6424
COCHIN-11.
ERNAKULAM

പ്രീ ഡിഗ്രി

രസതന്ത്രം

ഒന്നാം ഭാഗം

609

177
കേരളഭാഷാ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട്

പ്രീ ഡിഗ്രി

രസതന്ത്രം

ഒന്നാം ഭാഗം

കേരള ഭാഷാ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട്

NOORAV-UL ISLAM HIGH SCHOOL
COCHIN-11.
ERNAKULAM

പ്രീഡിഗ്രി

രസതന്ത്രം

ഒന്നാം ഭാഗം

Malayalam
Pre-degree Chemistry (Part one)
Authors
Prof· C· Bhaskara Pillai,
K· P· Dharmaraja Iyer
First Published May 1971·
Copies 2000
Printed at
Navayugom Press, Trivandrum – 14·
Price Rs· 9·00
Published by
State Institute of Languages,
Trivandrum
Copyright
State Institute of Languages,
Trivandrum

Published under the scheme for production of University level literature in Indian languages, with the assistance of the Ministry of Education and Youth Services Government of India·

SIL/44/71

MUNAVIRUL ISLAM HIGH SCHOOL
COCHIN-11.
ERNAKULAM

പ്രീഡിഗ്രി

രസതന്ത്രം

ഒന്നാം ഭാഗം

പ്രൊഫ. സി. ഭാസ്കരപിള്ള
കെ. പി. ധർമരാജയ്യർ

കേരള ഭാഷാ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട്
തിരുവനന്തപുരം

ജനറൽ എഡിറ്റർ

എൻ. വി. കൃഷ്ണവാരിയർ

ചീഫ് എഡിറ്റർ

പ്രൊഫ. സി. കെ. മൂസത്

സാങ്കേതിക എഡിറ്റർ

പി. എം. മധുസൂദനൻ

പരിശോധകൻ

ഡോ. എൻ. എസ്. വാരിയർ

പ്രൂഫ്

എം. എൻ. സുബ്രഹ്മണ്യൻ

സി. പി. നാരായണൻ

ആമുഖം

കേന്ദ്രഗവൺമെന്റു് നൽകുന്ന ധനസഹായം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി മലയാളത്തിൽ സർവകലാശാലാനിലവാരത്തിലുള്ള ഗ്രന്ഥങ്ങൾ രചിക്കുന്നതിനു് ഒരു പരിപാടി കേരള ഭാഷാ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടു് തയ്യാറാക്കിയിട്ടുണ്ടു്. ഈ പരിപാടിയിൽ രസതന്ത്രം സംബന്ധിച്ച അറുപത്തിനാലു ഗ്രന്ഥങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഇവയിൽ നാലെണ്ണം പ്രീഡിഗ്രിതലത്തിലും ഏഴെണ്ണം ഡിഗ്രിതലത്തിലും രണ്ടെണ്ണം എൻജിനീയറിങ്ങു് വിദ്യാർഥികൾക്കും പാഠപുസ്തകങ്ങളാവൽ ഉദ്ദേശിച്ചുള്ളവയാണു്. അമ്പത്തൊമ്പതു് ഗ്രന്ഥങ്ങൾ രസതന്ത്രവിദ്യാർഥികളുടെ അധികവായനയ്ക്കു് ഉദ്ദേശിക്കപ്പെട്ടവയത്രേ. ജൂനിയർ ടെക്നിക്കൽ സ്കൂളുകളിലെ വിദ്യാർഥികൾക്കു വേണ്ടിയുള്ളതാണു് ഒരു പുസ്തകം. ഈ കൂട്ടത്തിൽ, അവസാനം പറഞ്ഞ ''ജൂനിയർ ടെക്നിക്കൽ രസതന്ത്രം'' 1970 ഏപ്രിൽ മാസത്തിൽ പ്രസിദ്ധപ്പെടുത്തുകയുണ്ടായി. രണ്ടാമതായി പ്രസിദ്ധപ്പെടുത്തുന്നതാണു് പ്രീഡിഗ്രി ക്ലാസ്സുകളിലെ വിദ്യാർഥികളുടെ ആവശ്യങ്ങൾ നിർവഹിക്കത്തക്കവണ്ണം തയ്യാറാക്കിയിട്ടുള്ള ''രസതന്ത്രം'' എന്ന ഈ ഗ്രന്ഥം.

മൂന്നു ഭാഗങ്ങളായി പ്രസിദ്ധപ്പെടുത്തുവാനുദ്ദേശിക്കുന്ന ''രസതന്ത്ര''ത്തിന്റെ ആദ്യത്തെ ഭാഗമാണിതു്. രസതന്ത്രത്തിന്റെ സിദ്ധാന്തപരങ്ങളായ വശങ്ങൾ ഇതിലടങ്ങുന്നു. ഇതിന്റെ രണ്ടാം ഭാഗത്തിൽ അലോഹങ്ങളെപ്പറ്റിയും മൂന്നാം ഭാഗത്തിൽ ലോഹങ്ങൾ, കാർബണിക രസതന്ത്രം എന്നിവയെപ്പറ്റിയും പ്രതിപാദിക്കുന്നതാണു്. മാധ്യമം പ്രാദേശികഭാഷയാകുന്നതിന്റെ ഫലമായി വിദ്യാർഥികളുടെ ഗ്രഹണശക്തി വർധിക്കുമെന്ന അടിസ്ഥാനത്തിൽ, ഇപ്പോഴത്തെ പ്രീഡിഗ്രി നിലവാരത്തിൽ നിന്നു് കുറച്ചു കൂടെ ഉയർന്ന നിലവാരത്തിലാണു് ഈ ഗ്രന്ഥത്തിലെ പ്രതിപാദനം.

ഈ ഗ്രന്ഥത്തിന്റെ ഒന്നും രണ്ടും ഭാഗങ്ങൾ രചിച്ചിട്ടുള്ളതു് തിരുവനന്തപുരം യൂനിവഴ്സിറ്റി കോളേജിലെ കെമിസ്ട്രി പ്രൊഫസറായ ശ്രീ സി. മാസ്സിലാപിള്ളയും അവിടത്തന്നെ കെമിസ്ട്രി ലക്ചററായ ശ്രീ കെ. പി. ധർമരാജയ്യരും ചേർന്നാണു്. മൂന്നാം ഭാഗം രചിച്ചതു് എറണാകുളം മഹാരാജാസ് കോളേജിലെ കെമിസ്ട്രി പ്രൊഫസർ ശ്രീ എൻ. ജോസഫ് പൗലോസ് ആകുന്നു. ദീർഘകാലത്തെ അധ്യാപനപരിചയമുള്ളവരാണു് പണ്ഡിതന്മാരായ ഈ ഗ്രന്ഥകാരന്മാർ. ഡോക്ടർ എൻ. എസ്. വാരിയരുടെ നിഷ്കൃഷ്ടപരിശോധനയ്ക്കു വിധേയമായിട്ടുണ്ടു് ഈ ഒന്നാം ഭാഗം.

വിജ്ഞാനതൽപരരായ കേരളീയരുടെ കൈകളിൽ ഈ പുസ്തകം ഞങ്ങൾ അർപ്പിക്കുന്നു. ഇതിലുള്ള കുറവുകൾ ചൂണ്ടിക്കാണിക്കുന്നവരോടു് ഞങ്ങൾ കൃതജ്ഞരായിരിക്കും; കാരണം, അടുത്ത പതിപ്പിൽ അവ പരിഹരിച്ചു് ഗ്രന്ഥം കൂടുതൽ പ്രയോജനകരമാക്കാമല്ലോ.

എൻ. വി. കൃഷ്ണവാരിയർ
ഡയരക്ടർ

കേരള ഭാഷാ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടു്,
തിരുവനന്തപുരം–1.
1 മെയ്, 1971.

ഉള്ളടക്കം

			പേജ്
അധ്യായം	1.	പ്രവേശിക	1
	2.	ദ്രവ്യവും പരിണാമവും	3
	3.	രാസസംയോജനനിയമങ്ങൾ	27
	4.	വാതകനിയമങ്ങൾ	51
	5.	അണുതന്മാത്രാസിദ്ധാന്തവും അവൊഗാഡ്രൊ നിയമവും	76
	6.	രാസതുല്യാങ്കഭാരം	111
	7.	അണുഭാരനിർണയം	139
	8.	പ്രതീകം, സൂത്രം, സമീകരണം	149
	9.	അണുസംരചന	178
	10.	ആവർതനനിയമവും മൂലകങ്ങളുടെ വർഗീകരണവും	192
	11.	റേഡിയോ ആക്റ്റിവത	210
	12.	സംയോജകതയും, ഇലക്ട്രോണിക സിദ്ധാന്തവും	221
	13.	ലായനികളും ലേയത്വവും ക്രിസ്റ്റലീകരണവും	241
	14.	ഖരാവസ്ഥ	263
	15.	ഉഭയദിശാപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും സന്തുലനാവസ്ഥയും	269
	16.	അമ്ലങ്ങളും ക്ഷാരകങ്ങളും ലവണങ്ങളും	281
	17.	ഓക്സീകരണവും നിരോക്സീകരണവും	297
	18.	ഉൽപ്രേരണം	309
	19.	രാസപരിവർത്തനങ്ങളിലെ ഊർജവ്യത്യാസങ്ങൾ	320
	20.	കൊളോയ്ഡീയാവസ്ഥ	338
	21.	വിസരണവും ഓസ്മോസനവും	350
		ശബ്ദാവലി	359
		സൂചിക	363

പ്രവേശിക

പരീക്ഷണങ്ങളും കൊണ്ടും നിരീക്ഷണങ്ങളും കൊണ്ടും യുക്തിസഹമായ ചിന്തകളും കൊണ്ടും മനുഷ്യൻ പ്രപഞ്ചത്തെപ്പറ്റി സമ്പാദിച്ചിട്ടുള്ള അറിവിന്റെ വ്യവസ്ഥിതരൂപമാണു് 'ശാസ്ത്രം'. പ്രകൃതിയിൽ നമുക്കു് അനുഭവപ്പെടുന്ന പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ യഥാർത്ഥജ്ഞാനത്തിലേയ്ക്കു് ശാസ്ത്രം നമ്മെ നയിക്കുന്നു. അനേകം നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു് സാമാന്യതത്ത്വങ്ങളും പലതും കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനും ചില സിദ്ധാന്തങ്ങളും ആവിഷ്കരിക്കുന്നതിനും കഴിഞ്ഞു. പരീക്ഷണങ്ങളും കൊണ്ടു് അവ മിക്കതും സമർത്ഥിക്കപ്പെട്ടു. നിസ്സാരക്കമായി സമർത്ഥിക്കാൻ സാധിക്കാതെ വന്നിട്ടുള്ളപ്പോഴും അവയെ ഭേദഗതി ചെയ്യുന്നതിനോ തിരസ്കരിക്കുന്നതിനോ അവൻ മടിച്ചിട്ടില്ല. ശാസ്ത്രീയതത്ത്വങ്ങളും സിദ്ധാന്തങ്ങളും നിയമങ്ങളും എല്ലാം സൂക്ഷ്മതരപഠനങ്ങളും വഴിയായി ഇനിയും പരിവർത്തനവിധേയമായിക്കൊണ്ടിരുന്നേക്കാം. എങ്കിലും പ്രപഞ്ചവും അതിലുള്ള എല്ലാ പ്രതിഭാസങ്ങളും ചില അടിസ്ഥാനപരമായ നിയമങ്ങൾക്കു് വിധേയങ്ങളാണെന്നു് അനുമാനിക്കാൻ മനുഷ്യനു കഴിഞ്ഞു. ഈ അടിസ്ഥാനനിയമങ്ങളെ കണ്ടെത്തുവാനും അവയെ സഫലമായി പ്രയോഗിക്കുവാനും വേണ്ടിയുള്ള മനുഷ്യന്റെ പരിശ്രമമാണു് ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ചെയ്തു കൊണ്ടിരിക്കുന്നതു്. ശാസ്ത്രവികാസം മൂലം ഉണ്ടായിട്ടുള്ള ഒട്ടു വളരെ നേട്ടങ്ങളോടൊപ്പം തന്നെ പ്രാധാന്യം അർഹിക്കുന്നതാണു് നമുക്കു ലഭിച്ചിട്ടുള്ള ശാസ്ത്രീയമായി ചിന്തിക്കാനുള്ള കഴിവു്. പരീക്ഷണശാലയിലും ഫാക്ടറികളിലും സ്വകാര്യജീവിതത്തിലും എന്നല്ല, സാമൂഹ്യജീവിതത്തിലും ഇന്നു് 'ശാസ്ത്രീയത' കടന്നു കൂടിയിരിക്കുന്നു. ഈ ശാസ്ത്രീയവീക്ഷണമാണു് പുരോഗതിയുടെ ബീജം ഉൾക്കൊള്ളുന്നതു്.

പ്രപഞ്ചത്തിലെ മൗലികനിയമങ്ങളും തത്ത്വങ്ങളും കണ്ടെത്തുവാനുള്ള മനുഷ്യന്റെ അന്വേഷണം വിവിധരംഗങ്ങളിലായി നടന്നു കൊണ്ടിരിക്കുകയാണു്. അങ്ങിനെ ശാസ്ത്രം പല ശാഖകളായി പിരിഞ്ഞിട്ടുണ്ടു്. അതിലൊന്നാണു് രസതന്ത്രം.

പദാർത്ഥങ്ങളും അവയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പരിണാമങ്ങളും ആണു് രസതന്ത്രത്തിലെ പഠനവിഷയങ്ങൾ. പദാർത്ഥങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനരൂപമായ ദ്രവ്യവും ഊർജവും തമ്മിലുള്ള പരസ്പരബന്ധവും പരസ്പരക്രിയകളും കൂടി ഇതിൽപ്പെടുന്നു. വാസ്തവത്തിൽ ദ്രവ്യ-ഊർജ പരസ്പരക്രിയകളിൽ കൂടിയാണു് ദ്രവ്യത്തിന്റെ സ്ഥിതിരൂപത്തെപ്പറ്റിയുള്ള അറിവു് ലഭിക്കുന്നതു്. അറിവും ആശയങ്ങളും എണ്ണ

അതിലും വണ്ണത്തിലും പെരുകിയതോടു കൂടി രസതന്ത്രവും പല ഉപശാഖകളായി പിരിഞ്ഞു. കാർബൺ യൗഗികങ്ങളെ സംബന്ധിക്കുന്ന കാർബണിക രസതന്ത്രം, മറ്റു മൂലകങ്ങളെയും അവയുടെ യൗഗികങ്ങളെയും സംബന്ധിക്കുന്ന അകാർബണിക രസതന്ത്രം, രസതന്ത്രത്തിലെ തത്വങ്ങളും സിദ്ധാന്തങ്ങളും നിയമങ്ങളും ഉപയോഗിക്കുന്ന ഭൗതിക രസതന്ത്രം (Physical Chemistry), രാസപരിവർത്തനങ്ങളും വിദ്യുച്ഛക്തിയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെ വിശദീകരിക്കുന്ന വിദ്യുത്രസതന്ത്രം (Electrochemistry), ജൈവമണ്ഡലത്തിലുള്ള രാസപരിവർത്തനങ്ങളെ പ്രതിപാദിക്കുന്ന ജീവരസതന്ത്രം (Biochemistry), രാസവ്യവസായങ്ങളെ വിവരിക്കുന്ന വ്യാവസായിക രസതന്ത്രം (Industrial Chemistry) തുടങ്ങിയ അനേകം ഉപശാഖകളും രസതന്ത്രത്തിനുണ്ട്.

രസതന്ത്രപഠനം എത്ര മാത്രം പ്രയോജനപ്പെടുമെന്നു കൂടി ചിന്തിക്കേണ്ടതാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ നില നില്പിനു തന്നെ കാരണം പരിണാമങ്ങളാണ്. പ്രത്യേകിച്ചും രാസപരിണാമങ്ങളാണ്. നമ്മുടെ ചുറ്റുപാടും കാണുന്ന സൃഷ്ടിസ്ഥിതിനാശപ്രക്രിയകളും അസംഖ്യം രാസപരിണാമങ്ങളുടെ സമാകലിതഫലമത്രേ. സൂര്യപ്രകാശം പച്ചിലകളിൽ പതിക്കുമ്പോൾ സംവേഗിക്കുന്ന രാസപരിണാമപരമ്പരകളാണ് സസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ചയ്ക്ക് കാരണമായിത്തീരുന്നത്. പ്രത്യക്ഷമായോ പരോക്ഷമായോ ഈ പ്രക്രിയയിൽ കൂടിയാണ് നമുക്കാവശ്യമുള്ള ആഹാരവും വസ്ത്രങ്ങളും ഇന്ധനങ്ങളുമെല്ലാം ലഭ്യമാകുന്നത്. ആധുനികജീവിതത്തിൽ അനപേക്ഷണീയങ്ങളായ ഏറക്കുറെ എല്ലാ പദാർഥങ്ങളും രാസപരിണാമങ്ങൾ വഴി നിർമിക്കപ്പെടുന്നു. ലോഹങ്ങൾ, കടലാസ്, മഷി, വസ്ത്രങ്ങൾ, ഇന്ധനങ്ങൾ, ഔഷധങ്ങൾ, ഗ്ലാസ് സാമഗ്രികൾ, പ്ലാസ്റ്റിക്കുകൾ, സുഗന്ധ പദാർഥങ്ങൾ, ചായങ്ങൾ, രാസവളങ്ങൾ, സിമന്റ്, കളിമൺ സാമഗ്രികൾ—അങ്ങിനെ പോകുന്നു പദാർഥങ്ങളുടെ ആ നീണ്ട പട്ടിക. വ്യാവസായിക-കാർഷിക രംഗങ്ങളിൽ രസതന്ത്രത്തിനുള്ള സ്ഥാനവും അദ്വിതീയമാണ്. ഇത്ര വ്യാപകമായ പ്രായോഗികത മറ്റു ശാസ്ത്രങ്ങൾക്കു ഉണ്ടോ എന്നു സംശയമാണ്. അതിനാൽ രസതന്ത്രത്തെപ്പറ്റിയുള്ള സാമാന്യജ്ഞാനം ഇന്നു നമുക്കു അനപേക്ഷണീയമായിത്തീർന്നിരിക്കുന്നു.

മറ്റു ശാസ്ത്രങ്ങളെപ്പോലെ തന്നെ രസതന്ത്രവും പരീക്ഷണങ്ങളിൽ അധിഷ്ഠിതമാണ്. രാസപരിണാമങ്ങളെ സംബന്ധിക്കുന്ന ആശയങ്ങളും നിയമങ്ങളും എല്ലാം സംജാതമായിട്ടുള്ളതു വിദഗ്ധമായി ആസൂത്രണം ചെയ്യപ്പെട്ട പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു ലഭിച്ച അറിവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. പരീക്ഷണങ്ങളിൽ അതിപ്രധാനമായ പങ്കു വഹിക്കുന്നതു ഉപകരണങ്ങളാണല്ലോ. പുതിയ പുതിയ ആശയങ്ങളും നിയമങ്ങളും കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനു ഉപകരണങ്ങൾ വഴിതെളിക്കുന്നതുപോലെ ഓരോരോ ആശയങ്ങളും നിയമങ്ങളും പുതിയ പുതിയ ഉപകരണങ്ങളുടെ കണ്ടുപിടിത്തത്തിനു കാരണമായിത്തീരുന്നു. അങ്ങിനെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ, നിയമങ്ങൾ, സിദ്ധാന്തങ്ങൾ, പരീക്ഷണങ്ങൾ, ഉപകരണങ്ങൾ എന്നിവ മനുഷ്യന്റെ യുക്തിചിന്തകളുമായി സമ്മേളിച്ചു പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ ശാസ്ത്രം ശുദ്ധവും (pure) പ്രയുക്തവും (applied) ആയ മാർഗങ്ങളിൽ കൂടി വികസിച്ചു നമ്മുടെ വിജ്ഞാനം വളർത്തുന്നു.

ദ്രവ്യവും പരിണാമവും

പദാർഥങ്ങൾക്ക് (substances) സ്ഥിതി ചെയ്യാൻ സ്പേസ് അഥവാ സ്ഥലം ആവശ്യമാണ്. ഉദാഹരണം: കല്ല്, മരം, പുസ്തകം, കസേര, വായു, ജലം മുതലായവ. ഈ പദാർഥങ്ങളെല്ലാം ദ്രവ്യത്തിന്റെ (matter) വിവിധരൂപങ്ങളാണ്. നമുക്ക് ചുറ്റും കാണപ്പെടുന്ന എല്ലാ വസ്തുക്കളിലും—ഖരങ്ങളും, ദ്രവങ്ങളും വാതകങ്ങളും എന്നിവയിലെല്ലാം—ദ്രവ്യം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. പ്രധാനമായും ദ്രവ്യങ്ങളെപ്പറ്റിയുള്ള പഠനമാണ് രസതന്ത്രം. പ്രത്യേകിച്ച് അചേതനങ്ങളായ പദാർഥങ്ങളുടെ സ്വഭാവം, അവയുടെ പരസ്പര പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ, ദ്രവ്യവും ഊർജവും തമ്മിലുള്ള പരസ്പരക്രിയകൾ മുതലായവ ഈ ശാസ്ത്രത്തിൽ കൈകാര്യം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

ദ്രവ്യത്തിന്റെ അവസ്ഥാത്രയം

ദ്രവ്യങ്ങൾക്ക് മൂന്ന് അവസ്ഥ (state)കളുണ്ട്. ഒരേ പദാർഥം തന്നെ ചിലപ്പോൾ മൂന്ന് അവസ്ഥകളിലും കാണപ്പെടുന്നു. സർവസാധാരണമായ ജലം ഒരു ദ്രവ(liquid)മാണല്ലോ. എന്നാൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ അതു നീരാവിയായിത്തീരുന്നു. ദ്രവാവസ്ഥയിലുള്ള ജലം ബാഷ്പാവസ്ഥയെ (വാതകാവസ്ഥയെ) പ്രാപിക്കുന്നു. ജലത്തെ നല്ല പോലെ തണുപ്പിച്ചാൽ അതു 'ഐസ്' ആയിത്തീരും. ഇതു ജലത്തിന്റെ ഖരാവസ്ഥ (solid state) യാണ്. അപ്പോൾ ഖരം, ദ്രവം, വാതകം എന്നീ മൂന്ന് അവസ്ഥകളും തമ്മിൽ എന്താണ് വ്യത്യാസം? ഖരവസ്തുക്കൾക്ക് ഒരു നിശ്ചിതരൂപവും നിശ്ചിതവ്യാപ്തവും (volume) ഉണ്ട്. ദ്രവങ്ങൾക്ക് നിശ്ചിതമായ വ്യാപ്തം ഉണ്ട്. പക്ഷെ അവയ്ക്ക് നിശ്ചിതരൂപമാണെന്നില്ല. ഏതു പാത്രത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നുവോ ആ പാത്രത്തിന്റെ രൂപം തന്നെയാണ് അവയ്ക്കുള്ളത്. വാതകങ്ങൾക്കാകട്ടെ ഇവ രണ്ടും ഇല്ല. പാത്രത്തിന്റെ രൂപവും വ്യാപ്തവും അനുസരിച്ച് വാതകത്തിന്റെ രൂപവും വ്യാപ്തവും മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കും.

ഒരേ പദാർഥം തന്നെ സാഹചര്യങ്ങൾക്ക് അനുസൃതമായി വിവിധ അവസ്ഥകളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഐസ് ചൂടാക്കിയാൽ ഉരുകി വെള്ളമാകുന്നു. കൂടുതൽ ചൂടാക്കിയാൽ വെള്ളം തിളച്ച് നീരാവിയാകുന്നു. ഇതു പോലെ നീരാവി തണുപ്പിച്ചാൽ വെള്ളമായും കൂടുതൽ തണുപ്പിച്ചാൽ ഐസായും മാറുന്നതു കാണാം. അപ്പോൾ ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ അവസ്ഥ അതിന്റെ താപനിലയെ അനുസരി

ച്ചിരിക്കും. താപനില മാത്രമല്ല മർദം (pressure) കൂടി കണക്കിലെടുക്കേണ്ടതാണ്. സ്ഥിരമായ മർദത്തിൽ താപനിലയനുസരിച്ചാണ് ഓരോ പദാർഥത്തിന്റേയും അവസ്ഥാഭേദങ്ങൾ. വളരെ താണ താപനിലകളിൽ ഖരമായും വളരെ കൂടിയ താപനിലകളിൽ വാതകമായും ഇടയ്ക്കുള്ള താപനിലകളിൽ ദ്രവമായും പദാർഥങ്ങൾ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു എന്നു് മൊത്തത്തിൽ പറയാം. നിശ്ചിതമർദത്തിൽ ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ അവസ്ഥ ഒന്നിൽ നിന്നു് മറ്റൊന്നായി മാറുന്നതിനു് താപനിലയിൽ വേണ്ടത്ര മാറ്റം വരുത്തിയാൽ മതിയാകുമെന്നു് വ്യക്തമാണു്. അതു പോലെ തന്നെ ഒരു നിശ്ചിതതാപനിലയിൽ മർദത്തിൽ വ്യത്യാസം വരുന്നതു കൊണ്ടു് അവസ്ഥാന്തരം ഉണ്ടാക്കാവുന്നതാണു്. ഉദാഹരണമായി, സാധാരണ താപനിലയിലും അന്തരീക്ഷമർദത്തിലും വാതകാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന അമോണിയയെ മർദം ഉപയോഗിച്ചു് ദ്രവമാക്കാം. അതു പോലെ സാധാരണ താപനിലയിൽ ദ്രവമായ ജലത്തിന്റെ മേലുള്ള മർദം വളരെ കുറച്ചാൽ അതിനെ ബാഷ്പമാക്കാവുന്നതാണു്. ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ അവസ്ഥയെ നിർണയിക്കുന്നതു് അതിന്റെ താപനിലയും മർദവും ആണു്; ഓരോ അവസ്ഥയ്ക്കും അതതിന്റെ പ്രത്യേകമായ താപനിലയിലും മർദത്തിലും ഉള്ള ചില പരിധികളും ഉണ്ടു്.

ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളും മിശ്രിതങ്ങളും

ദ്രവ്യങ്ങൾ രണ്ടു വിധം ഉണ്ടു്—ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളും മിശ്രിതങ്ങളും (pure substances and mixtures). ഒന്നിലധികം പദാർഥങ്ങൾ അവ പ്രത്യേകമായി സ്ഥിതി ചെയ്യുമ്പോഴുള്ള രീതിക്ക 'ഗുണ'ങ്ങളും പ്രദർശിപ്പിച്ചു കൊണ്ടു് ഒന്നിച്ചു് സ്ഥിതി ചെയ്യുമ്പോൾ അതിനെ മിശ്രിതം എന്നു പറയുന്നു. മിശ്രിതത്തിൽ ഓരോന്നും ഏറക്കുറെ 'സ്വതന്ത്ര'മായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഓരോ പദാർഥത്തിന്റേയും പ്രത്യേകസ്വഭാവം കൊണ്ടാണല്ലോ നാം അവയെ തിരിച്ചറിയുന്നതു്. മിശ്രിതത്തിലുള്ള ഓരോ ഘടകപദാർഥവും അതതിന്റെ പ്രത്യേകസ്വഭാവം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി പഞ്ചസാരയും മണലും കലർന്ന മിശ്രിതത്തിനു മണലിന്റെയും പഞ്ചസാരയുടെയും പ്രത്യേകഗുണധർമങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. മിശ്രിതത്തിലെ ഘടകങ്ങൾ (components) വേർപെടുത്തിയാൽ ശുദ്ധപദാർഥങ്ങൾ കിട്ടുന്നു. ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളിൽ ഒരു പദാർഥം മാത്രമേ ഉള്ളൂ. മിശ്രിതത്തിൽ ഒന്നിലധികം ഉണ്ടു്. മിശ്രിതങ്ങളുടെ മറ്റൊരു പ്രത്യേകത അവ പലപ്പോഴും 'ഭിന്നാത്മക' (heterogeneous) ങ്ങളാണെന്നുള്ളതാണു്. എന്നാൽ എല്ലാ ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളും ഏകാത്മക (homogeneous) ങ്ങളാണു്. ഏകാത്മകങ്ങളായ മിശ്രിതങ്ങളുണ്ടു്; ഇവയാണു് ലായനികൾ (solutions).

ഒരു മിശ്രിതത്തെ സാമാന്യം എളുപ്പത്തിൽ, അതായതു് ലളിതമായ മാർഗങ്ങളിൽ കൂടി ഘടകങ്ങളായി വേർതിരിക്കാവുന്നതാണു്. അരിയിൽ നിന്നു് കല്ലും കട്ടയും മാറ്റുന്നതും, നെല്ലുവിത്തു് പൊരിച്ചു കിട്ടുന്ന മലരിൽ നിന്നു് ഉമി വേർപെടുത്തുന്നതും മറ്റും നമുക്കു് പരിചിതങ്ങളാണല്ലോ. മണലും ഉപ്പും കലർത്തിയ മിശ്രിതത്തിലെ ഘടകങ്ങളെയും എളുപ്പത്തിൽ വേർതിരിച്ചെടുക്കാം. മിശ്രിതത്തെ വെള്ളത്തിൽ കലക്കുമ്പോൾ ഉപ്പു് ലയിക്കുകയും മണൽ അതേ പടി കിടക്കു-

കയും ചെയ്യും. ലായനി അരിച്ചെടുത്തു് വറ്റിച്ചാൽ ഉപ്പു് കിട്ടുന്നു. മണൽ കഴുകി ഉണക്കി ശുദ്ധമാക്കിയെടുക്കാം. ഇതു പോലെ മറ്റു മിശ്രിതങ്ങളിലെ ഘടകങ്ങളേയും അനുയോജ്യമായ ലളിതമാർഗങ്ങളിൽ കൂടി വേർതിരിക്കാം. ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളുടെ പ്രത്യേകത അവയുടെ നിശ്ചിതമായ ചേരുവ (composition) ആണു്. എന്നാൽ മിശ്രിതങ്ങൾക്കു് നിശ്ചിതമായ ചേരുവ ഇല്ല. ഘടകങ്ങൾ ഏതനുപാതത്തിലും കലർത്താം. ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളെ മിശ്രിതങ്ങളിൽ നിന്നു് തിരിച്ചറിയുന്നതിനു് താഴെയുള്ള പട്ടിക ഉപകരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 2—1

ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളും മിശ്രിതങ്ങളും

ശുദ്ധപദാർഥങ്ങൾ	മിശ്രിതങ്ങൾ
1. ഏകാത്മകങ്ങളാണു്	1. പ്രായേണ ഭിന്നാത്മകങ്ങളാണു്
2. ലളിതമാർഗങ്ങളാൽ കൊണ്ടു് ഒന്നിലധികം ഘടകങ്ങളായി വേർതിരിക്കാൻ സാധ്യമല്ല	2. ലളിതമാർഗങ്ങളാൽ കൊണ്ടു് ഒന്നിലധികം ഘടകങ്ങളായി വേർതിരിക്കാം.
3. നിശ്ചിതമായ ചേരുവയുണ്ടു്	3. നിശ്ചിതമായ ചേരുവയില്ല

മൂലകങ്ങളും യൗഗികങ്ങളും

രണ്ടു തരം ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളാണു് ഉണ്ടു്—മൂലക (element) ങ്ങളും യൗഗിക (compound)ങ്ങളും. മൂലകങ്ങളിൽ നിന്നു് അവയെക്കാൾ ലളിതങ്ങളായ പദാർഥങ്ങളെ ലഭിക്കുവാൻ സാധ്യമല്ല. കാരണം, അവ മറ്റൊന്നും ചേർന്നു് ഉണ്ടാകുന്നവയല്ല; അവയിൽ അവ മാത്രമാണുള്ളതു്. സ്വർണം, ഓക്സിജൻ, മെർക്കുറി മുതലായവ മൂലകങ്ങളാണു്.

ഒരു പദാർഥത്തിൽ നിന്നു് അതിനെക്കാൾ ലളിതമായ മറ്റൊന്നും ഉണ്ടാക്കാൻ സാധ്യമല്ലെങ്കിൽ അതിനു് മൂലകം എന്നു പറയാം. യൗഗികങ്ങളും ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളാണു്. എന്നാൽ ഇവയെ ചില പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കു് വിധേയമാക്കിയാൽ മൂലകങ്ങളെ ലഭിക്കും. യൗഗികങ്ങളും മൂലകങ്ങളുടെ സംയോജനം (combination) കൊണ്ടുണ്ടാകുന്നവയാണു്, എങ്കിലും മിശ്രിതങ്ങളല്ല. യൗഗികത്തിനു് അതിലടങ്ങിയിട്ടുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ സ്വഭാവം ഒന്നും തന്നെ കാണുകയില്ല. ഉദാഹരണമായി, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നീ വാതകമൂലകങ്ങളെ ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന യൗഗികമാണു് ജലം. ജലത്തിൽ അല്പം അമ്ലം ചേർത്തു വിദ്യുത്പ്രവാഹം പ്രവേശിപ്പിച്ചാൽ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും ആയി വേർതിരിയുന്നു. അതു പോലെ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും കലർത്തിയ മിശ്രിതം ''സ്പാർക്കു്'' ചെയ്താൽ ഒരു സ്ഫോടനത്തോടു കൂടി ജലം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതിൽ നിന്നു് ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജ

നും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന യൗഗികമാണു് ജലമെന്നു് മനസ്സിലാക്കാം. അതായതു് ജലം എന്നതു് ഈ വാതകങ്ങളുടെ മിശ്രിതമല്ല. ഒന്നിലധികം മൂലകങ്ങളും സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന ഒരു ശുദ്ധപദാർഥമാണു് യൗഗികം.

യൗഗികവും മിശ്രിതവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ ശ്രദ്ധേയങ്ങളാണു്. താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള പട്ടികയിൽ അവയെ സമാഹരിച്ചിട്ടുണ്ടു്.

പട്ടിക 2-2

യൗഗികങ്ങളും മിശ്രിതങ്ങളും

യൗഗികങ്ങൾ	മിശ്രിതങ്ങൾ
1. ഏകാത്മകങ്ങളാണു്	1. മിക്കതും ഭിന്നാത്മകങ്ങളാണു്.
2. ലളിതമാർഗങ്ങളം കൊണ്ടു് ഇവയെ ഘടകങ്ങളായി വേർതിരിക്കാൻ സാധ്യമല്ല.	2. ലളിതമാർഗങ്ങളം കൊണ്ടു് ഘടകങ്ങളായി വേർതിരിക്കാം.
3. ഇവയുടെ ഗുണധർമങ്ങളം ഘടകങ്ങളുടേതിൽ നിന്നു വ്യത്യസ്തങ്ങളായിരിക്കും.	3. ഇവയുടെ ഗുണധർമങ്ങളം ഘടകങ്ങളുടേതു തന്നെയായിരിക്കും
4. ഇവയ്ക്കു് നിശ്ചിതമായ ചേരുവ ഉണ്ടു്.	4. ഇവയ്ക്കു് നിശ്ചിതമായ ചേരുവ ഇല്ല.
5. യൗഗികങ്ങളം ഘടകങ്ങളുടെ സംയോജനം മൂലം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഊർജം ഒന്നുകിൽ ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നു അല്ലെങ്കിൽ അവശോഷണം (absorb) ചെയ്യപ്പെടുന്നു.	5. മിശ്രിതം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഊർജവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുണമെന്നില്ല; ഉണ്ടെങ്കിൽ തന്നെ അതു് താരതമ്യേന കുറവായിരിക്കും.

ജലം ഒരു യൗഗികമാണു്

ജലം ഏകാത്മകമാണു്. അതിന്റെ ചേരുവ നിശ്ചിതമാണു്. ജലത്തിൽ എപ്പോഴും ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ 1.008:8 എന്ന ഭാരാനുപാതത്തിൽ ഉണ്ടായിരിക്കും. ജലത്തിൽ നിന്നു് ഈ ഘടകങ്ങളം വേർതിരിക്കുന്നതിനു് ലളിതമാർഗങ്ങളം കൊണ്ടു് സാധ്യമല്ല. ഘടകങ്ങളായ ഹൈഡ്രജന്റെയും ഓക്സിജന്റെയും യാതൊരു ഗുണധർമങ്ങളും ജലത്തിനില്ല. അതിനാൽ ഇവയിൽ നിന്നു് തികച്ചും ഭിന്നമായ ഒരു പദാർഥമാണു് ജലം. ജലം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഒട്ടു വളരെ താപോർജം ഉന്മുക്തമാകുന്നു. ഇക്കാരണങ്ങളാൽ ജലം ഒരു യൗഗികമാണെന്നു് അനുമാനിക്കാം.

വായു ഒരു മിശ്രിതമാണു്

വായു ഏകാത്മകമാണെങ്കിലും അതിനു് നിശ്ചിതമായ ചേരുവ ഇല്ല. സ്ഥലഭേദമനുസരിച്ചു് ചേരുവ അല്പസ്വല്പം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കും. നൈട്രജൻ, ഓക്സി

ജൻ, നീരാവി, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, അക്രിയവാതകങ്ങളുടെ (inert gases) ലേശങ്ങളും (traces) എന്നീ ഘടകങ്ങളാണു വായുവിലുള്ളതു്. ഇവ തമ്മിൽ കലർത്തിയാൽ വായു കിട്ടും—ഏതനുപാതത്തിലായാലും ശരി. കലർത്തുമ്പോഴും ഊർജവിസർജനമോ ഊർജാവശോഷണമോ സംഭവിക്കുന്നില്ല. ലളിതമാർഗങ്ങളും കൊണ്ടു് വായുവിലെ ഘടകങ്ങളും വേർപെടുത്താവുന്നതാണു്. വായു തണുപ്പിച്ചാൽ അതിലെ നീരാവി തണുത്തു ജലമായി മാറും. കൂടിയ മർദത്തിൽ തണുപ്പിച്ചാൽ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡും ദ്രവമായി വേർതിരിയുന്നു അതിനുശേഷം ഉന്നതമർദത്തിൽ കൂടുതൽ ശീതീകരിച്ചാൽ ''ദ്രവവായു'' (liquid air) കിട്ടും. ആംശികസ്വേദനം ചെയ്തു ഘടകങ്ങളെ ഓരോന്നായി വേർതിരിച്ചെടുക്കാം.

ഘടകങ്ങളും ഓരോന്നിന്റെയും ഗുണധർമങ്ങളും വായുവിനുണ്ടു്. ഇക്കാരണങ്ങളാൽ വായു ഒരു മിശ്രിതമാണെന്നു് തീരുമാനിക്കാവുന്നതാണു്.

ഒരേ ഘടകങ്ങളിൽ നിന്നു് കിട്ടുന്ന യൗഗികവും മിശ്രിതവും

ഇരുമ്പുപൊടിയും ഗന്ധകവും (sulphur) തമ്മിൽ കലർത്തിയാൽ അവയുടെ മിശ്രിതം കിട്ടും. മഞ്ഞനിറത്തിലുള്ള ഗന്ധകത്തരികളും ചാരനിറമുള്ള ഇരുമ്പുതരികളും മിശ്രിതത്തിൽ വെവ്വേറെ കാണാം. വളരെ നേർത്ത പൊടികളാണു് കലർത്തുന്നതെങ്കിൽ പോലും മിശ്രിതം ഒരു മൈക്രോസ്കോപ്പിൽ വച്ചു് പരിശോധിച്ചാൽ രണ്ടു തരം തരികളും പ്രത്യേകം കാണാം. ഈ മിശ്രിതത്തിനു് ഇരുമ്പിന്റെയും ഗന്ധകത്തിന്റെയും ഗുണധർമങ്ങളും ഉണ്ടു്. ഏതനുപാതത്തിലും ഘടകങ്ങളും തമ്മിൽ കലർത്താം. കലർത്തുമ്പോഴും ഊർജവ്യത്യാസം ഒന്നും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. മിശ്രിതത്തിന്റെ എല്ലാ പ്രത്യേകതകളും ഇതിനുണ്ടു്. ഈ മിശ്രിതത്തിൽ നിന്നു് ഘടകങ്ങളെ എളുപ്പത്തിൽ വേർതിരിച്ചെടുക്കാം. ഒരു കാന്തദണ്ഡു് (magnetic bar) കൊണ്ടു് മിശ്രിതം സ്പർശിച്ചാൽ ഇരുമ്പുതരികളും എല്ലാം അതിൽ പറ്റിപ്പിടിക്കുന്നു. ഗന്ധകം കാന്തത്തിൽ പറ്റുകയുമില്ല. ഇത്തരത്തിലുള്ള വേർതിരിക്കൽ സാധ്യമാകണമെങ്കിൽ തരികളും മുഴുപ്പുള്ളവയായിരിക്കണം. ചെറിയ പൊടികളാണെങ്കിൽ ഗന്ധകത്തരികളും ഇരുമ്പുതരികളുംക്കിടയിൽ പറ്റിപ്പിടിക്കുന്നതിനാൽ മിശ്രിതം മുഴുവനും കൂടി കാന്തത്തിന്റെ അറ്റത്തു് പറ്റിച്ചേർന്നിരിക്കും. അല്പം കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡു് ഒഴിച്ചു് മിശ്രിതം കലുക്കിയാൽ ഗന്ധകം മുഴുവനും അതിൽ അലിയുകയും ഇരുമ്പു മാത്രം അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്യും. ലായനി ഊറ്റിയെടുത്തു് വാറ്റിച്ചാൽ ഗന്ധകം കിട്ടുന്നു. ലളിതമാർഗങ്ങളും കൊണ്ടു് മിശ്രിതം വേർതിരിക്കാം എന്നതിനു് തെളിവാണു് ഇതു്. മിശ്രിതത്തിൽ ആസിഡു് ചേർത്താൽ അതിലെ ഇരുമ്പു മാത്രമേ ആസിഡിൽ അലിയുകയുള്ളു; പ്രത്യേക മണമൊന്നുമില്ലാത്ത ഹൈഡ്രജൻ വാതകം ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഗന്ധകം അവശേഷിക്കുന്നു. ഈ മിശ്രിതം ഒരു ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിൽ അല്പം ചൂടാക്കി നോക്കുക. പെട്ടെന്നു് മിശ്രിതം ഉരുകി ഊർജസ്വലതയോടെ ജ്വലിക്കുന്നതു

കാണാം. ഒടുവിൽ കറുത്ത ഒരു കട്ട അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്യും. ഈ പദാർഥം ഒന്നു പരിശോധിച്ചു നോക്കുക. ഇരുമ്പോ ഗന്ധകമോ അല്ലാത്ത ഒരു പുതിയ പദാർഥമാണു് അതെന്നു് എളുപ്പത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാം. ഇതിൽ അല്പം ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലം ചേർത്താൽ ചീഞ്ഞ മുട്ടയുടെ മണമുള്ള ഹൈഡ്രജൻ സൽഫൈഡു് ഉണ്ടാകും. പുതിയ ഈ പദാർഥം ആസിഡിൽ അലിഞ്ഞു് ഹൈഡ്രജൻ സൽഫൈഡുണ്ടാകുമ്പോഴും ഒടുവിൽ ഗന്ധകം അവശേഷിക്കുകയില്ല. അതു് ഒരു കാന്തത്തിന്റെ ആകർഷണത്തിനും വിധേയമാകുകയില്ല. അതിന്റെ ഒരംശവും കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡിൽ ലയിക്കുകയില്ല. ഇരുമ്പും ഗന്ധകവും 55.85:32.07 എന്ന അനുപാതത്തിൽ കലർത്തി ചൂടാക്കിക്കിട്ടുന്ന പദാർഥത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകളാണു് മേൽ വിവരിച്ചിട്ടുള്ളതു്. അനുപാതം വ്യത്യാസപ്പെടുത്തി ചൂടാക്കിയാൽ ഈ പദാർഥവും അധികമുള്ള ഘടകവും ലഭിക്കും. ഉദാഹരണമായി, 70 ഗ്രാം ഇരുമ്പും 32.07 ഗ്രാം ഗന്ധകവും കലർത്തിക്കിട്ടുന്ന മിശ്രിതം ചൂടാക്കിയാൽ അധികം വരുന്ന ഇരുമ്പും (14.15 gm) പുതിയ പദാർഥവും ചേർന്ന മിശ്രിതമാണു് കിട്ടുന്നതു്. ഇതിൽ ഗന്ധകം ഒട്ടും തന്നെ കാണുകയില്ല. ഇതു് ഒട്ടും കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡിൽ ലയിക്കുന്നില്ല. പുതിയ പദാർഥത്തിന്റെയും ഇരുമ്പിന്റെയും ഗുണധർമങ്ങളും ഈ മിശ്രിതത്തിൽ കാണാം. ഗന്ധകം കൂട്ടലുള്ള മിശ്രിതം ആണുപയോഗിക്കുന്നതെങ്കിൽ അവസാനം കിട്ടുന്ന പദാർഥത്തിൽ പുതിയ പദാർഥത്തിനു പുറമെ അധികമുള്ള ഗന്ധകവും അടങ്ങിയിരിക്കും. ഈ ഗന്ധകം കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡു കൊണ്ടു് ലയിപ്പിച്ചു് മാറ്റാവുന്നതാണു്.

ഇതിൽ നിന്നു് മനസ്സിലാക്കേണ്ടതു് ഗന്ധകവും ഇരുമ്പും ചേർന്നു് ഒരു യൗഗികം ഉണ്ടാകുന്നു എന്നും ഈ യൗഗികത്തിനു് നിശ്ചിതമായ ഒരു ചേരുവ ഉണ്ടെന്നും ആണു്. ഫെറസു് സൽഫൈഡു് എന്നു പറയുന്ന ഈ പദാർഥം ഇരുമ്പിന്റെയോ ഗന്ധകത്തിന്റെയോ ഗുണധർമങ്ങളം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നില്ല; എങ്കിലും ഇതിൽ ഗന്ധകവും ഇരുമ്പും ഉണ്ടു്. അവ സ്വതന്ത്രങ്ങളല്ല. അവ തമ്മിൽ ''സംയോജിച്ചിരി''ക്കുന്നതായി നാം പറയുന്നു. ഫെറസു് സൽഫൈഡിന്റെയും ഇരുമ്പും ഗന്ധകവും തമ്മിലുള്ള മിശ്രിതത്തിന്റെയും ഗുണധർമങ്ങം താരതമ്യപ്പെടുത്തി യൗഗികങ്ങളും മിശ്രിതങ്ങളും തമ്മിലുള്ള അന്തരം വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കാം.

മിശ്രിതങ്ങളെ വേർപെടുത്താനുള്ള മാർഗങ്ങം

പ്രകൃതിയിൽ നിന്നു ലഭിക്കുന്ന മിക്ക പദാർഥങ്ങളും അശുദ്ധ (impure)ങ്ങളാണു്. ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളുടെ പഠനം, ഉപയോഗം എന്നിവ സാധ്യമാകുണമെങ്കിൽ അവയെ ശുദ്ധമായി സംഭരിക്കേണ്ടതാണു്. അതിനാൽ കലർപ്പുകളെ നീക്കം ചെയ്തു ശുദ്ധപദാർഥം ലഭിക്കുക എന്നതു് രസതന്ത്രത്തിൽ അതിപ്രധാനമായ ഒരു പ്രക്രിയയാണു്. വ്യാവസായികമണ്ഡലത്തിലും മിശ്രിതഘടകങ്ങളുടെ പൃഥക്കരണം (separation) ഒട്ടും അപ്രധാനമല്ല; അതു പോലെ തന്നെയാണു് നിത്യജീവിതത്തിലും. പ്രകൃതിവസ്തുക്കളെ സംസ്കരണക്രിയകൾക്കു് വിധേയമാക്കി അവ

യിലെ ഘടകങ്ങളെ വേർപെടുത്തിയാണു് ഗന്ധകം, കറിയുപ്പു്, നൈടജൻ, ശുദ്ധ ജലം, വെടിയുപ്പു് (നൈറ്റർ) മുതലായ ഒട്ടനേകം പദാർഥങ്ങളും വൻതോതിൽ ഉല്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതു്. ഒരു മിശ്രിതത്തിൽ മുഖ്യമായി ഒരു പദാർഥവും കുറഞ്ഞ തോതിൽ മറ്റു പദാർഥങ്ങളും കലർന്നിരുന്നാൽ ആ അല്പഘടകങ്ങളെ അപദ്രവ്യങ്ങൾ (impurities) എന്നു പറയുന്നു. സാധാരണമായി അപദ്രവ്യങ്ങളെ വേർതിരിച്ചെടുക്കേണ്ടതില്ല. എന്നാൽ ചിലപ്പോൾ അപദ്രവ്യങ്ങളും പ്രയോജനപ്രദങ്ങളായിരിക്കും. ചെറിയ തോതിൽ ലാബറട്ടറികളിലും വൻതോതിൽ വ്യവസായശാലകളിലും ഓരോ വസ്തുക്കളും നിർമിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അവയിൽ അപദ്രവ്യങ്ങൾ കടന്നു കൂടുന്നു. അവയെ വേർതിരിച്ചു് വസ്തുക്കളെ ശുദ്ധീകരിക്കേണ്ടതുണ്ടു്. മിശ്രിതങ്ങളുടെ ഘടകങ്ങൾ വേർതിരിക്കുന്നതിനും പദാർഥങ്ങളുടെ ശുദ്ധീകരണത്തിനും അനവധി പ്രക്രമങ്ങൾ (processes) ഉണ്ടു്. എല്ലാ വിധം മിശ്രിതങ്ങൾക്കും ഉപയോഗിക്കാവുന്ന ഒരു പൊതുമാർഗം പ്രയോഗത്തിൽ ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഓരോന്നിനും യോജിച്ചതു തിരഞ്ഞെടുക്കണം. ചില മാർഗങ്ങളെപ്പറ്റിയുള്ള പരാമർശം മാത്രമാണു് ചുവടെ ചേർക്കുന്നതു്.

പല ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളും ഒന്നിച്ചു കൂടിയ വസ്തുവാണല്ലോ മിശ്രിതം. ഇവയെ വേർപെടുത്തുന്നതിനു് മൗലികമായി അവലംബിക്കപ്പെടുന്ന തത്വം ഘടകങ്ങളുടെ ഗുണധർമങ്ങളിൽ വ്യത്യാസങ്ങൾ ഉണ്ടെന്നുള്ളതാണു്. ഉദാഹരണമായി ഉപ്പും മണലും കലർന്ന മിശ്രിതം എങ്ങിനെ വേർതിരിക്കും എന്നു ചിന്തിക്കാം. ഘടകങ്ങളിൽ ഒന്നു് (ഉപ്പു്) വെള്ളത്തിൽ ലയിക്കും, മറ്റേതു് (മണൽ) ലയിക്കുന്നില്ല. ഭൗതികഗുണധർമത്തിലുള്ള ഈ വ്യത്യാസം പ്രയോജനപ്പെടുത്തി പ്രസ്തുത മിശ്രിതത്തെ വേർപെടുത്താം. മിശ്രിതത്തിൽ വേണ്ടത്ര വെള്ളം ഒഴിച്ചു് കലക്കി ഫിൽറ്റർ പേപ്പർ ഉപയോഗിച്ചു് അരിക്കുമ്പോൾ മണൽ ഫിൽറ്റർ പേപ്പറിൽ തങ്ങുന്നു. ഉപ്പു് ലായനിയായി വേർതിരിയുന്നു. ഈ ലായനി വറ്റിച്ചു് ജലം മാറുമ്പോൾ ശുദ്ധമായ ഉപ്പു് കിട്ടും.

ചില മിശ്രിതങ്ങളിലെ ഘടകങ്ങൾക്കുള്ള ''രാസഗുണധർമവ്യത്യാസങ്ങൾ'' പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയും അവയെ വേർതിരിക്കാം. എന്നാൽ ഇത്തരം രാസമാർഗങ്ങളിൽ ചില ഘടകങ്ങൾക്കു് നഷ്ടം സംഭവിക്കാനിടയുണ്ടു്. മാത്രമല്ല, രാസമാർഗങ്ങൾ (chemical methods) കൂടുതൽ ചെലവുള്ളതുമാണു്. സാധാരണമായി സ്വേദനം (distillation), ലയിപ്പിക്കൽ, ബാഷ്പീകരണം മുതലായ ഭൗതികമാർഗങ്ങൾ (physical methods) ആണു് മിശ്രിതത്തിലെ ഘടകങ്ങൾ വേർതിരിക്കുന്നതിനു് ഉപയോഗിക്കാറുള്ളതു്.

ഹൈഡ്രജൻ, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് എന്നീ വാതകങ്ങളുടെ മിശ്രിതം വേർതിരിക്കാനുള്ള ഒരു രാസമാർഗവും ഒരു ഭൗതികമാർഗവും പരിശോധിക്കാം. മിശ്രിതത്തെ പൊട്ടാഷു് ലായനിയിൽ കൂടി കടത്തി വിട്ടാൽ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുകയും ശുദ്ധമായ ഹൈഡ്രജൻ കിട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു. പൊട്ടാഷു് ലായനിയിൽ അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെട്ട കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് വീണ്ടെടുക്കാം. ആ ലായനിയിൽ വേണ്ടത്ര ആസിഡു് ചേർത്താൽ കാർ

ബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് കിട്ടുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ പൊട്ടാഷ് ലായനിയും ആസിഡും നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ഇതു രാസമാർഗമാണ്. ഇനി ഭൗതികമാർഗം നോക്കുക. ഉന്നത മർദത്തിൽ തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് ദ്രവീഭവിക്കും. എന്നാൽ ഈ താപനിലയിൽ ഹൈഡ്രജൻ വാതകമായിത്തന്നെയിരിക്കും. ഈ തത്വം ഉപയോഗിച്ച് മിശ്രിതത്തിൽ നിന്നും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് മാത്രം ദ്രവമാക്കി മാറിയെടുക്കാം. ഈ മാർഗത്തിൽ ഒരു ഘടകവും നഷ്ടപ്പെടുന്നില്ല.

പൊതുവെ ഭൗതികമാർഗങ്ങളാണ് സ്വീകാര്യമെങ്കിലും ചില മിശ്രിതങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ ഇത്തരം മാർഗങ്ങളും അനുയോജ്യമല്ല. അപ്പോഴും കഴിയുന്നതും ആദായകരമായ ഒരു രാസമാർഗം സ്വീകരിക്കപ്പെടുന്നു. (ബോക്സൈറ്റ് ശുദ്ധീകരണം നോക്കുക). ചില സാമാന്യ ഭൗതികമാർഗങ്ങളും ഇവിടെ പ്രതിപാദിക്കാം.

1. പെറുക്കി മാറ്റൽ

സാമാന്യം വലിപ്പമുള്ള ഖരവസ്തുക്കളും കലർന്ന മിശ്രിതം വേർപെടുത്തുന്നതിനും ഈ മാർഗം സ്വീകരിക്കാം. അരിയിൽ നിന്നും കല്ല് പെറുക്കി മാറ്റുന്നതു് ഇതിനുദാഹരണമാണ്. ചെറിയ തരികളാണെങ്കിൽ ഒരു ലെൻസിന്റെ സഹായത്തോടു കൂടിയും ഘടകങ്ങളെ വേർതിരിക്കാം. പാറക്ഷണങ്ങൾക്കിടയിൽ നിന്നും രത്നങ്ങളും മറ്റും ഇങ്ങനെയാണ് വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നതു്. രണ്ടു തരം 'ക്രിസ്റ്റലു'കളും കലർന്ന മിശ്രിതത്തിൽ നിന്നും ഓരോന്നും വേർതിരിക്കുന്നതിനും ഈ മാർഗം സ്വീകരിക്കാം.

2. ഘനത്വവ്യത്യാസം ഉപയോഗിച്ചുള്ള വേർതിരിക്കൽ

നെല്ലിൽ നിന്നും പതിരു മാറ്റുന്നതു് നമുക്കു് പരിചിതമാണല്ലോ. നല്ല കാറ്റുള്ള സ്ഥലത്തു് പതിരുള്ള നെല്ലു് ഉയരത്തിൽ നിന്നും കീഴ്പ്പോട്ട് ഇട്ടുമ്പോൾ ഭാരം കൂടിയ നെല്ലു് നേരെ താഴെ വീഴുകയും ഭാരം കുറഞ്ഞ പതിരു് കാറ്റടിച്ചു് അല്പം അകലത്തിൽ വീഴുകയും ചെയ്യും. ഒരു ഫാൻ (fan) ഉപയോഗിച്ചാണു് ഇക്കാലത്തു് പതിരു മാറ്റുന്നതു്. ധാന്യങ്ങളിലും മറ്റും ഉള്ള പൊടി മുതലായവ മാറ്റുന്നതിനും മുറം ഉപയോഗിച്ചു് ചേറ്റുന്നതും (പേറ്റുന്നതും) ഇതേ തത്വം ഉപയോഗിച്ച തന്നെയാണ്. സ്വർണത്തരികൾ കലർന്ന മണ്ണിൽ നിന്നും ലോഹം വേർപെടുത്തുന്നതിനും മണ്ണിന്റെ ഘനത്വ (density) ക്കുറവു് പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു. ഒരു ജലപ്രവാഹത്തിൽ മിശ്രിതം കഴുകിയാൽ ഘനത്വം കുറഞ്ഞ മണ്ണു് ഒലിച്ചു പോകുന്നു. എന്നാൽ സ്വർണത്തരികൾ ഒലിച്ചു പോകുന്നില്ല. ഇതു പോലെതന്നെ ഘനത്വം കൂടിയ ചില അയിരുകൾ (ores) ശുദ്ധി ചെയ്യാനും ഈ ക്ഷാളന മാർഗം സ്വീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

3. നിഷ്കർഷണം — ഒരു ഘടകം മാത്രം ലയിപ്പിച്ചു് മാറ്റുക

മിശ്രിതത്തിൽ ഉള്ള ഒരു ഘടകം മാത്രം ലയിക്കുന്ന ഒരു ദ്രവം കൊണ്ടു് ആ ഘടകം ലയിപ്പിച്ചു് മാറ്റാം. ഉപ്പും മണലും കലർന്ന മിശ്രിതത്തിൽ നിന്നും ഉപ്പു്

വെള്ളത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചു് മാറ്റുന്നതിനെപ്പറ്റി മുമ്പു് പ്രസ്താവിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഇതിനെ നിഷ്കർഷണം (extraction) എന്നു പറയുന്നു. ലയിപ്പിച്ചു കിട്ടുന്ന ലായനിയിൽ നിന്നു് ലായകത്തെ (solvent) ബാഷ്പീകരിച്ചു് മാറ്റുമ്പോൾ ഘടകം മാത്രം കിട്ടുന്നു. മറ്റൊരു ഉദാഹരണം എടുക്കാം: കരി, ഗന്ധകം, വെടിയുപ്പു് (നൈറ്റർ) എന്നിവയുടെ മിശ്രിതമാണു് വെടിമരുന്നു് (gun-powder). ഇതിലെ ഘടകങ്ങളെ ഓരോന്നായി നിഷ്കർഷണം ചെയ്യാം. വെടിമരുന്നു് വെള്ളത്തിൽ ഇട്ടു് കലക്കിയാൽ നൈറ്റർ മാത്രം ലയിച്ചു് കരിയും ഗന്ധകവും അവശേഷിക്കുന്നു. ഈ മിശ്രിതം അരിച്ചു് എടുത്ത ശേഷം ലായനി വറ്റിച്ചു് നൈറ്റർ വീണ്ടെടുക്കാം. കരിയും ഗന്ധകവും കലർന്ന മിശ്രിതത്തിൽ നിന്നു് കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡിൽ ഗന്ധകം ലയിപ്പിച്ചു് വേർപെടുത്താവുന്നതാണു്, അപ്പോഴും കരി മാത്രം അവശേഷിക്കുന്നു.

കാർബണികയൗഗികങ്ങളേയും പ്രകൃതിവസ്തുക്കളിൽ നിന്നു് തക്കതായ ലായകങ്ങളം കൊണ്ടു് നിഷ്കർഷണം ചെയ്താണു് വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നതു്. ഒരുദാഹരണം പറയാം. എണ്ണക്കുരുക്കളിൽ നിന്നു് എണ്ണയെടുക്കുന്നതിനു് 'ചക്ക'കം ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ടു്. എന്നാൽ ഈ രീതിയിൽ എണ്ണയെടുക്കുമ്പോഴും അതിന്റെ ഒരു ഭാഗം പിണ്ണാക്കിന്റെ കൂടെ നഷ്ടപ്പെടുന്നു. തക്കതായ ലായകങ്ങളം (ഉദാ: പെട്രോളം, ബെൻസീൻ) ഉപയോഗിച്ചു് നിഷ്കർഷണം ചെയ്താൽ കൂടുതൽ എണ്ണ കിട്ടുന്നു.

വാതകമിശ്രിതങ്ങളിൽ നിന്നു് ചില ഘടകങ്ങളെ ഈ മാർഗം ഉപയോഗിച്ചു് വേർതിരിക്കാവുന്നതാണു്. ഉദാഹരണമായി, വൻതോതിൽ ഹൈഡ്രജൻ നിർമിക്കുമ്പോൾ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് കലർന്ന ഹൈഡ്രജൻ ആണു് മിക്കപ്പോഴും ലഭിക്കുന്നതു്. കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് ഉന്നതമർദത്തിൽ ജലത്തിൽ സുഗമമായി ലയിക്കുന്നതിനാൽ വാതകമിശ്രിതത്തെ മർദിച്ചു്, മഴ പെയ്യുന്നതു പോലെ മുകളിൽ നിന്നു് ജലധാരയൊഴുകുന്ന ഒരു വലിയ ടവറിന്റെ (tower) ചുവട്ടിൽ നിന്നു് മേൽപോട്ടു് പ്രവഹിപ്പിക്കുമ്പോൾ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് മാത്രം ജലത്തിൽ അലിഞ്ഞു ചേരുന്നു.

4. അരിക്കൽ

ഖരപദാർഥങ്ങളെ ദ്രവങ്ങളിൽ നിന്നു വേർതിരിക്കുന്നതിനാണു് അരിക്കൽ (filtration) ഉപയോഗിക്കുന്നതു്. മിശ്രിതം ഒരു ഫിൽറ്റർ പേപ്പർ കമ്പിളിൽ ഒഴിച്ചാൽ ദ്രവം പേപ്പറിനുള്ളിൽ കൂടി കീഴ്പോട്ടു് ഒഴുകും. ഖരപദാർഥം കമ്പിളിൽ തന്നെ കിടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഫിൽറ്റർ പേപ്പർ കമ്പിളം ഒരു ഫണലിനകത്തു വെച്ചു കൊണ്ടാണു് അരിക്കുന്നതു്. ലാബറട്ടറികളിൽ വൃത്തത്തിൽ വെട്ടിയ ചെറിയ ഫിൽറ്റർ പേപ്പറുകളം ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. വൃത്തത്തെ നാലായി മടക്കി നിവർത്തുമ്പോൾ ഫണലിൽ പതിഞ്ഞിരിക്കുന്ന കമ്പിളം (cone) കിട്ടും. (ചിത്രം നോക്കുക.)

ചിത്രം 2_1

വ്യവസായശാലകളിൽ ഇത്തരം ചെറിയ തോതിലുള്ള അരിക്കൽ തീരെ പറ്റിയതല്ല. കട്ടിയുള്ള കാൻവാസ് തുണിയാണ് ഫിൽറ്റർ പേപ്പറിനു പകരം അവിടെ ഉപയോഗിക്കുന്നത്. മിശ്രിതത്തിൽ മർദം ചെലുത്തി അരിക്കൽ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നതിനു്, 'ഫിൽറ്റർ പ്രസ്സുകൾ' ഉപയോഗിക്കുന്നു. ജലശുദ്ധീകരണത്തിനു് വലിയ ഫിൽറ്റർ മെത്തകൾ (filter beds) ഉപയോഗിക്കുന്നു. മണൽ, കരിക്കട്ട മുതലായവയുടെ കട്ടിയുള്ള പടലത്തിൽ കൂടിയാണ് ജലം കീഴോട്ടു വരുന്നതു്.

5. ഊറ്റൽ

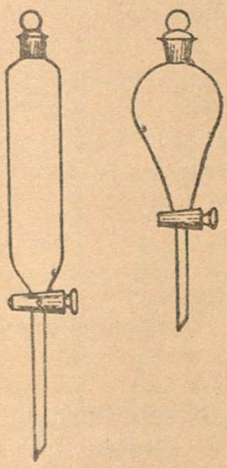
മിശ്രിതത്തിലെ ഖരപദാർഥത്തിനു് ദ്രവത്തേക്കാൾ ഘനത്വം കൂടുതലാണെങ്കിൽ ഖരം പാത്രത്തിൽ അടിയുകയും ദ്രവം മുകളിൽ നിൽക്കുകയും ചെയ്യും. തെളിഞ്ഞ ദ്രവം ഊറ്റി (decant) യെടുക്കാം.

6. അപകേന്ദ്രണം

അരിക്കലിനു പകരം ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒരു മാർഗമാണ് അപകേന്ദ്രണം (centrifugation). മിശ്രിതം തക്കതായ ഒരു പാത്രത്തിൽവെച്ചു് ശക്തിയായി കറക്കുന്നതിനാണ് അപകേന്ദ്രണം എന്നു പറയുന്നതു്. ഭ്രമണവേഗം കൂടുമ്പോൾ ഖരം പാത്രത്തിലടിയുന്നു. വ്യാവസായികമായും ലാബറട്ടറികളിലും പല തരത്തിലുള്ള അപകേന്ദ്രകങ്ങൾ (സെൻട്രി ഫ്യൂജുകൾ) ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. ഫിൽറ്റർ പേപ്പറിനുള്ളിൽ കൂടി കടന്നു പോകാത്തവണ്ണമുള്ള അതിസൂക്ഷ്മങ്ങളായ തരികൾ പോലും ഈ മാർഗമുപയോഗിച്ചു് വേർപെടുത്താവുന്നതാണ്.

7. പൃഥക്കരണഫണലുപയോഗിച്ച് അമിശ്രണീയങ്ങളായ ദ്രവങ്ങൾ വേർപെടുത്തൽ

അമിശ്രണീയങ്ങളായ(immiscible)രണ്ടു ദ്രവങ്ങൾ തമ്മിൽ കലർത്തിയാൽ അവ രണ്ടു പടലങ്ങളായി കിടക്കും. ഘനത്വം കൂടിയ ദ്രവം ചുവട്ടിലും മറ്റേതു മുകളിലുമായി വേർതിരിയുന്നു മണ്ണെണ്ണയും വെള്ളവും കലർത്തി കുലുക്കി ഒരു കപ്പിയിൽ ഒഴിച്ചു വെച്ചാൽ മണ്ണെണ്ണ മുകളിലും വെള്ളം ചുവട്ടിലുമായി രണ്ടു ദ്രവപടലങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. കപ്പിയുടെ ചുവട്ടിൽ ഒരു ടാപ്പ് ഉണ്ടെങ്കിൽ വെള്ളം മാത്രം ഊറ്റിയെടുക്കാമല്ലൊ. അമിശ്രണീയ ദ്രവങ്ങളുടെ മിശ്രിതം വേർതിരിക്കാനുള്ളസൗകര്യപ്രദമായ ഉപകരണമാണു പൃഥക്കരണഫണൽ. (ചിത്രം 2–2)



ചിത്രം 2–2

മിശ്രിതം ഫണലിൽ എടുത്തു അല്പനേരം വെയ്ക്കുമ്പോൾ പടലങ്ങൾ വേർതിരിയുന്നു. ചുവട്ടിലെ ദ്രവപടലം ടാപ്പിൽ കൂടി ഊറ്റിയെടുക്കാം. നിഷ്കർഷണവിധിയിലും ഇത്തരം ഫണലുകൾ വളരെ പ്രയോജനപ്പെടുന്നു. ദ്രവങ്ങളെ കഴുകി ശുദ്ധീകരിക്കുന്നതിനും അവ പ്രയോജനപ്പെടുന്നു.

8. ക്രിസ്റ്റലീകരണം

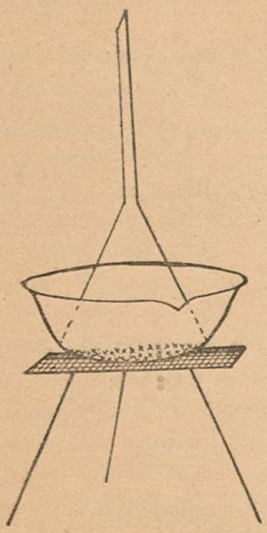
ക്രിസ്റ്റലുകളെപ്പറ്റി മറ്റൊരു അധ്യായത്തിൽ വിശദമായി പ്രതിപാദിക്കുന്നുണ്ടു്. ക്രിസ്റ്റലുകൾ നിർമിക്കാൻ പല മാർഗങ്ങളും ഉണ്ടെങ്കിലും, സാധാരണമായി പൂരിതലായനി തയ്യാറാക്കിച്ചും ബാഷ്പീകരിച്ചും ആണു് ക്രിസ്റ്റലീകരണം (crystallisation) നടത്തുന്നതു്. ക്രിസ്റ്റൽ രൂപത്തിൽ വേർതിരിയുന്ന പദാർഥം മിക്കവാറും ശുദ്ധമായിരിക്കും. മാലിന്യങ്ങൾ മദർ ലിക്കറിൽ തങ്ങുന്നു. ആവർത്തിച്ചു് ക്രിസ്റ്റലീകരിച്ചാൽ പദാർഥത്തെ അത്യധികം ശുദ്ധമാക്കാം.

വ്യത്യസ്തലേയത്വമുള്ള രണ്ടു പദാർഥങ്ങളുടെ മിശ്രിതം വേർതിരിക്കുന്നതിനും ക്രിസ്റ്റലീകരണം ഉപയോഗിക്കാം. മിശ്രിതം ലായകത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചു് കിട്ടുന്ന ലായനി ബാഷ്പീകരിച്ചാൽ ആദ്യം ഉണ്ടാകുന്ന ക്രിസ്റ്റലുകൾ ലേയത്വം കുറവായ ഘടകമായിരിക്കും. എന്നാൽ മറ്റേ ഘടകവും അല്പം അടങ്ങിയിരിക്കാം. അതായതു് ആദ്യത്തെ ക്രിസ്റ്റലുകളിൽ ലേയത്വം കുറഞ്ഞ ഘടകത്തിന്റെ അളവു കൂടിയിരിക്കും. ലായനിയിൽ ലേയത്വം കൂടിയ ഘടകം കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നു. ഈ ക്രിസ്റ്റലുകൾ ലയിപ്പിച്ചു് വീണ്ടും ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കുമ്പോൾ ലേയത്വം കുറഞ്ഞ ഘടകത്തിന്റെ ശതമാനം വർധിക്കും. ഇപ്രകാരം ആവർത്തിച്ചു് നടത്തുന്ന ക്രിസ്റ്റലീകരണം കൊണ്ടു് ലേയത്വം കുറഞ്ഞ പദാർഥത്തെയും ലേയത്വം കൂടിയതിനെയും സമ്പൂർണമായി വേർതിരിക്കാം. ഈ പ്രക്രിയക്കാണു് ''ആംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണം'' (fractional crystallisation) എന്നു പറയുന്നതു്. ബുദ്ധിമുട്ടുള്ളതാണെങ്കിലും മറ്റു മാർഗങ്ങളുടെ അഭാവത്തിൽ ഈ മാർഗം പലപ്പോഴും സ്വീകരിക്കപ്പെട്ടു

വരുന്നുണ്ട്. മദാം ക്യൂറി റേഡിയം വേർതിരിച്ചതു് റേഡിയം ബ്രോമൈഡ്, ബേരിയം ബ്രോമൈഡ് എന്നിവയുടെ ആംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണം കൊണ്ടായിരുന്നു. ആംശിക ക്രിസ്റ്റലീകരണം വ്യവസായങ്ങളിൽ സാർവത്രികമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന പഞ്ചസാര, കറിയുപ്പു്, മഗ്നീഷ്യം സൽഫേറ്റു്, പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡ്, കോപ്പർ സൽഫേറ്റു് ഇത്യാദി പദാർഥങ്ങൾ വൻതോതിൽ ശുദ്ധി ചെയ്യുന്നതു് അവയുടെ ആവർത്തിച്ചുള്ള ക്രിസ്റ്റലീകരണം കൊണ്ടാണു്.

9. ഉൽപതനം

ചില ഖരപദാർഥങ്ങളും സാധാരണമർദത്തിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ ഉരുകാതെ നേരിട്ടു് ബാഷ്പമാകുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ഖരാവസ്ഥയിൽ നിന്നു ബാഷ്പാവസ്ഥയിലേയ്ക്കു നേരിട്ടുള്ള പരിവർത്തനത്തിനു് ഉൽപതനം (sublimation) എന്നു പറയുന്നു. അയൊഡീൻ ചൂടാക്കി വേർപെടുത്താം. മിശ്രിതം ഒരു കടലാസിൽ എടുത്തു അതിനു മുകളിൽ വലിയ ഒരു ഫണൽ കമിഴ്ത്തി വെച്ച ശേഷം ചൂടാക്കിയാൽ ബാഷ്പം ഫണലിന്റെ ഉൾഭിത്തികളിൽ തണുത്തു ക്രിസ്റ്റലുകളായി പറ്റിപ്പിടിക്കുന്നു. ഫണൽ ശ്രദ്ധിച്ചു് മാറ്റിയ ശേഷം പറ്റിപ്പിടിച്ച പദാർഥം ചുരണ്ടിയെടുക്കാം. അമോണിയം ക്ലോറൈഡ്, മെർക്കുറിക് ക്ലോറൈഡ്, അയൊഡിൻ എന്നിവ ഉൽപതനം കൊണ്ടാണു് ശുദ്ധീകരിക്കപ്പെടുന്നതു്. (ചിത്രം 2–3)



ചിത്രം 2–3

10. കാന്തികവേർതിരിക്കൽ

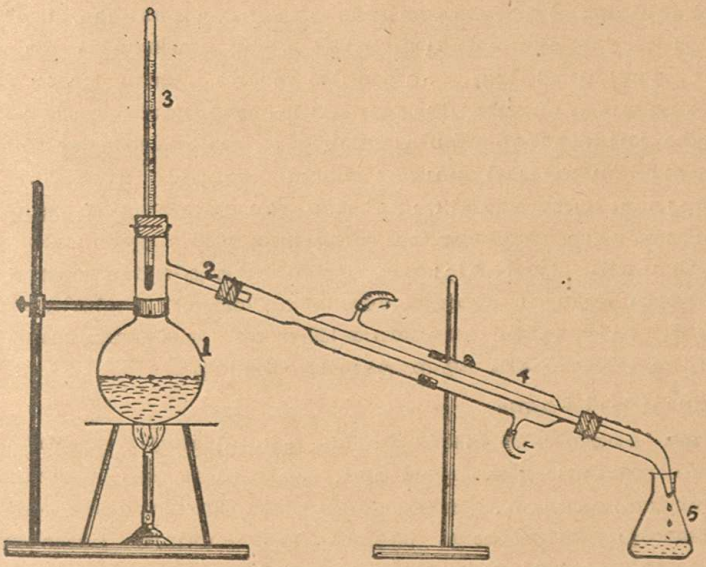
മിശ്രിതത്തിലെ ഒരു ഘടകം മാത്രം കാന്തം കൊണ്ടു് ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നതാണെങ്കിൽ അതിനെ ശക്തിയുള്ള കാന്തം കൊണ്ടു് അകറ്റിയെടുക്കാം. വെള്ളത്തിന്റെ അയിരും ആയ കാസ്സിറൈറ്റിൽ (cassiterite) അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ടങ്സ്റ്റൻ യൗഗികം വേർതിരിക്കുന്നതു് ഈ രീതിയിലാണു്. മോണാസൈറ്റ് മണലുകളുടെ സംസ്കരണത്തിലും കാന്തികവേർതിരിക്കൽ ഉപയോഗപ്പെടുന്നുണ്ടു്.

11. സ്വേദനം

ഒരു ദ്രവം തിളപ്പിച്ചു് കിട്ടുന്ന ആവി തണുപ്പിച്ചു് വീണ്ടും ദ്രവമായി സംരേഷിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണു് സ്വേദനം അഥവാ വാറ്റൽ (distillation). ലായനികളിൽ നിന്നു് ലായകം മാത്രം വേർതിരിക്കുന്നതിനു് ഈ രീതി ഉപയോഗിക്കാം. ഉദാഹരണമായി സമുദ്രജലത്തിൽ പല ഖരപദാർഥങ്ങളും അലിഞ്ഞടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഇതിൽ നിന്നു് ശുദ്ധജലം വേർതിരിക്കുന്നതിനു് സ്വേദനമാർഗം ഉപയോഗിക്കാം. തിളപ്പിച്ചാൽ ജലം മാത്രം ആവിയാകുന്നു. ലീനവസ്തുക്കൾ (non-volatile) ബാഷ്പശീലങ്ങളല്ല.

സ്വേദനത്തിനു് വേണ്ട ഉപകരണങ്ങളും പല തരത്തിലുണ്ടു്. തിളക്കുന്ന ദ്രവത്തിൽ നിന്നുള്ള ബാഷ്പം തക്കതായ കുഴലിൽ കൂടി നയിക്കപ്പെടുകയും ഈ കുഴൽ ബാഹ്യമായി ശീതജലം കൊണ്ടു് തണുപ്പിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ബാഷ്പം തണുത്തു് ശുദ്ധമായ ദ്രവം ഉണ്ടാകും. ഈ ദ്രവം സംരേഷിക്കുന്നതിനു് പ്രത്യേകമാ

യി ഒരു പാത്രം (ഗ്രാഹി) വെച്ചിരിക്കുന്നു. ബാഹ്യമായി തണുപ്പിച്ച് ബാഷ്പത്തെ ഘനീകരിക്കുന്ന (condense) കഴലുകളാണ് ഘനീകാരി(condenser) കരം. കഴത്തിൽ അല്പം കീഴ്പോട്ട് ചരിവുള്ള ഒരു പാർശ്വനാളി കൂടിയുള്ള അടിയുരുണ്ട ഫ്ളാസ്കുകളാണ് ഈ ആവശ്യത്തിനു സാധാരണമായി ഉപയോഗിക്കാറുള്ളത്. ഉപകരണ സജ്ജീകരണം ചിത്രം 2–4 ൽ നോക്കുക.



ചിത്രം 2–4

1. സേദനഫ്ളാസ്ക്
2. പാർശ്വനാളി
3. തെർമോമീറർ
4. ഘനീകാരി
5. ഗ്രാഹി

ദ്രവങ്ങളെ ശുദ്ധീകരിക്കുന്നതിനു സാധാരണമായി ഉപയോഗിക്കുന്നതു സേദനപ്രക്രിയയാണ്. സേദനത്തിന്റെ താപനില കാണുന്നതിനു വേണ്ടി ഒരു തെർമോമീറർ കൂടി ഘടിപ്പിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു. ദ്രവം ശുദ്ധീകരിക്കുമ്പോൾ ശുദ്ധമായ ദ്രവത്തിന്റെ തിളനില (boiling point) യിൽ ലഭിക്കുന്ന 'സേദം' (distillate) മാത്രമേ സംഭരിക്കപ്പെട്ടുന്നുള്ളൂ.

ചില ദ്രവങ്ങളെ അവയുടെ തിളനിലയിൽ (കാഥനാങ്കത്തിൽ) വിഘടനം ചെയ്തു പോകുന്നതിനാൽ താഴ്ന്ന മർദത്തിൽ സേദനം ചെയ്യേണ്ടി വരും. പല കാർബണിക യൗഗികങ്ങളും ശുദ്ധീകരിക്കുന്നതും നേർത്ത ഹൈഡ്രജൻ പെറോക്സൈഡിൽ നിന്നും വെള്ളം മാറ്റുന്നതും ഇത്തരത്തിലാണ്. മർദം കുറയുമ്പോൾ തിളനിലയും കുറയുന്നു. തന്മൂലം കുറഞ്ഞ താപനിലയിൽ സേദനം നടക്കുകയും

വിഘടനം ഒഴിവാക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. (ഹൈഡ്രജൻ പെറോക്സൈഡ് നോക്കുക)

മിശ്രിതത്തിൽ ഒന്നിലധികം ദ്രവങ്ങളും ഉണ്ടെങ്കിൽ തിളപ്പിച്ചു കിട്ടുന്ന ബാഷ്പത്തിൽ ആ ഘടകങ്ങളെല്ലാം ഉണ്ടായിരിക്കും. അതിനാൽ സ്വേദവും മിശ്രിതമായിരിക്കും. എന്നാൽ ദ്രവത്തിന്റെയും ബാഷ്പത്തിന്റെയും ചേരുവകളും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കും. തിളനില താണ ഘടകം ബാഷ്പത്തിൽ കൂടുതലായി കാണുന്നതിനാൽ സ്വേദത്തിൽ ഈ ഘടകത്തിന്റെ ശതമാനം ദ്രവത്തിലുള്ളതിലും അധികമായിരിക്കും. ആകയാൽ ആദ്യഘട്ടത്തിൽ കിട്ടുന്ന സ്വേദത്തിൽ ഈ ഘടകം ഏറ്റവും കൂടുതലുണ്ടായിരിക്കും. ഫ്ളാസ്കിൽ അവശേഷിക്കുന്ന ദ്രവത്തിൽ തിളനില കൂടിയ ഘടകം സാന്ദ്രീഭവിക്കുകയും ചെയ്യും. തുടർച്ചയായി സ്വേദനം നടത്തുമ്പോൾ താപനില ക്രമേണ വർധിച്ചുവരുന്നു. ഓരോരോ താപനിലകളിൽ സ്വേദം പ്രത്യേകമായി സംഭരിച്ചാൽ അവയുടെ ചേരുവ അല്പാല്പം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കും. ഇപ്രകാരം പ്രത്യേകമായി സംഭരിക്കുന്ന സ്വേദാംശങ്ങളെ (fractions) വീണ്ടും സ്വേദനം ചെയ്ത മിശ്രിതത്തിലെ ഘടകങ്ങളെ വേർപെടുത്തുന്ന രീതിയാണ് ആംശികസ്വേദനം. ദ്രവീകരിച്ച വായുവിൽ നിന്ന് ഓക്സിജൻ, നൈട്രജൻ, അക്രിയവാതകങ്ങളും എന്നിവ ആംശികസ്വേദനം വഴിയാണ് വേർതിരിക്കുന്നത്. കോക്കർ, പെട്രോളിയം മുതലായവയിൽ നിന്ന് ഘടകങ്ങളും വേർതിരിക്കുന്നതിനും ആംശികസ്വേദനം ആണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

12. ബാഷ്പീകരണം

ഒരു ലായനിയിൽ നിന്ന് ലീനം (solute) മാത്രം വേർതിരിക്കാൻ ഇതിലെ ലായകം ബാഷ്പീകരിച്ചാൽ മതി. എന്നാൽ ലായകം സംഭരിക്കണമെങ്കിൽ സ്വേദനം ചെയ്യണം. ജലലായനികളിൽ നിന്ന് സാധാരണമായി ജലം സംഭരിക്കാറില്ല. ലീനം മാത്രം എടുക്കുകയാണ് പതിവ്. ഉദാഹരണമായി ഉപ്പുവെള്ളത്തിൽ നിന്ന് ഉപ്പ് വേർപെടുത്തുന്നതിന് ലായനി ചൂടാക്കി വറ്റിച്ചാൽ മതി. പരന്ന തളികയിൽ ലായനി ചൂടാക്കി ജലം ബാഷ്പീകരിച്ച് മാറ്റാവുന്നതാണ്. സൽഫ്യൂറിക് ആസിഡ് ലായനി സാന്ദ്രീകരിക്കുന്നതിനും ബാഷ്പീകരണ (evaporation) വിധി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു.

13. ദ്രവണം

വാതക മിശ്രിതങ്ങളിൽ നിന്ന് ചില ഘടകങ്ങളെ മാറ്റാൻ എളുപ്പമാണ്. ഉദാഹരണമായി അമോണിയാ നിർമാണത്തിൽ നൈട്രജനും ഹൈഡ്രജനും കലർന്ന മിശ്രിതം ഉന്നതമർദത്തിൽ സംയോജിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ വാതകങ്ങളും മൂഴവനും രാസപരമായി സംയോജിച്ചിരിക്കുകയില്ല. അതിനാൽ ഈ പ്രക്രിയയിൽ നിന്ന് കിട്ടുന്നതു നൈട്രജനും ഹൈഡ്രജനും അമോണിയയും ചേർന്ന മിശ്രിതമാണ്. ഈ മിശ്രിതത്തിൽ മർദം ചെലുത്തുമ്പോൾ അമോണിയ മാത്രം ദ്രവമായി വേർപെടുന്നു.

14. അധിശോഷണം

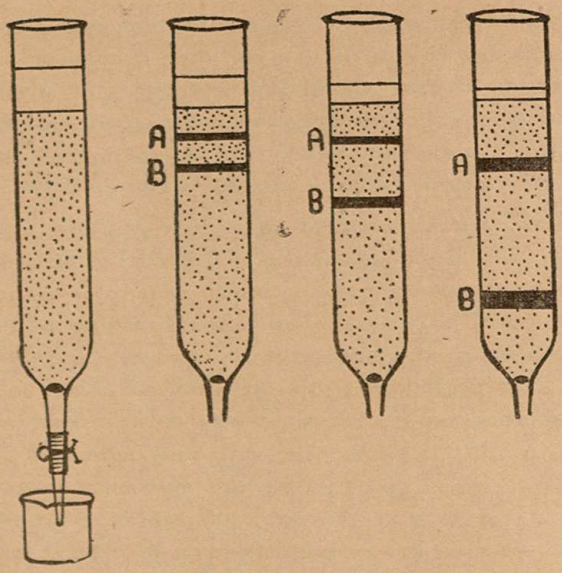
വാതകങ്ങളെയും ലീനങ്ങളെയും ഉപരിതലത്തിൽ ഗ്രഹിക്കാനുള്ള കഴിവും ചില ഖരപദാർഥങ്ങൾക്കുണ്ട്. ഉദാഹരണം സക്രിയ-കാർബൺ (ആക്റ്റീവ

കാർബൺ) ക്ലോറീനിലോ ഓക്സിജനിലോ നീരാവിയിലോ കരിയെ നിശ്ചിത താപനിലയിൽ ചൂടാക്കിക്കിട്ടുന്ന ഒന്നാണ് സക്രിയകാർബൺ. വളരെ നേർപ്പിച്ച ഏതെങ്കിലും ചായത്തിന്റെ ലായനിയിൽ ഇതു ഇട്ട് കുലുക്കുമ്പോൾ ചായം മുഴുവനും അതു ഗ്രഹിക്കുന്നതായി കാണാം. ഈ പ്രക്രിയക്ക് അധിശോഷണം (adsorption) എന്നു പറയുന്നു. ചിരട്ടക്കരിയിൽ കൂടി അരിച്ച് ജലം ശുദ്ധീകരിക്കുന്ന രീതി തന്നെയാണ് ഇവിടേയും അവലംബിക്കപ്പെടുന്നതു്.

പഞ്ചസാരനിർമാണത്തിന്റെ അവസാനഘട്ടത്തിൽ ലായനി കരിയിൽ കൂടി അരിച്ച് നിറമില്ലാത്ത ശുദ്ധമായ ക്രിസ്റ്റലുകളായി നിർമിക്കപ്പെടുന്നു. മിക്ക കാർബണികയൗഗികങ്ങളും നിർമിക്കുമ്പോൾ അവസാനം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കുന്നതിനു മുമ്പ് ലായനി സക്രിയകാർബൺ ചേർത്തിളക്കുന്നതു് പതിവാണ്. ഇത്തരം ഖരപദാർഥങ്ങളെ അധിശോഷകങ്ങൾ (adsorbents) എന്നു പറയുന്നു. ഫുള്ളേഴ്സ് എർത്ത് എന്നറിയപ്പെടുന്ന മണ്ണ്, അലുമിനിയം ഓക്സൈഡ് മുതലായ അധിശോഷകങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് എണ്ണകളിലും കൊഴുപ്പുകളിലും മറ്റും ഉള്ള ദുർഗന്ധവും നിറവും ഉണ്ടാക്കുന്ന അപദ്രവ്യങ്ങളെ അകറ്റുന്നു. വിഷവാതകങ്ങൾ കലർന്ന വായു ശുദ്ധമാക്കുന്നതിനു് സജീവകാർബൺ ഉപയോഗിക്കുന്നു. വായു കരിക്കട്ടയുടെ ഉപരിതലത്തിലൂടെ ഒഴുക്കിയാൽ വിഷാംശം അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഈ തത്വം ആസ്പദമാക്കിയാണ് ''വാതക മുഖാവരണങ്ങൾ'' (ഗ്യാസ് മാസ്ക്) ആസൂത്രണം ചെയ്തിരിക്കുന്നതു്. യുദ്ധഭൂമിയിലും വിഷവാതകമുണ്ടാകാനിടയുള്ള ഫാക്ടറികളും മുതലായ സ്ഥലങ്ങളിലും ഇത്തരം ഗ്യാസ് മാസ്കുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്. മൂക്കും വായും മൂടത്തക്ക വണ്ണം മുഖത്തു ഘടിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന തുമ്പിക്കൈ പോലുള്ള ഈ ഉപകരണത്തിൽ സജീവകാർബൺ നിറച്ചിരിക്കും. ശ്വസിക്കുന്ന വായു ഇതിൽ കൂടി കടന്നു വരുന്നതിനാൽ വായുവിലെ വിഷാംശത്തെ കരി അധിശോഷണം ചെയ്ത് ശുദ്ധവായു മാത്രം ഉള്ളിലേക്കു് കടത്തി വിടുന്നു.

15. വർണരേഖാവിശ്ലേഷണം

അധിശോഷണം ആസ്പദമാക്കിയുള്ള ഒരു വേർതിരിക്കൽ മാർഗമാണ് ഇതു്. ഒരു അധിശോഷകത്തിനു് വിവിധപദാർഥങ്ങളെ അധിശോഷണം ചെയ്യാനുള്ള കഴിവു് വ്യത്യസ്തമാണ്. അധിശോഷണശേഷിയിലുള്ള വ്യത്യാസം മിശ്രിതങ്ങൾ വേർപെടുത്തുന്നതിനു് പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു. പെട്രോളിൽ ലയിക്കുന്ന A, B എന്ന രണ്ടു പദാർഥങ്ങളുടെ മിശ്രിതം ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇവയിൽ A അലുമിനയിൽ B-യെക്കാൾ കൂടുതൽ സുഗമമായി അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നുവെന്നു വെയ്ക്കുക. ഈ മിശ്രിതം വേർപെടുത്തുന്നതിനു് വർണരേഖാവിശ്ലേഷണം (ക്രോമറ്റോഗ്രാഫി) ഉപയോഗിക്കാം.



ചിത്രം 2_5

റബ്ബർകഴലും ക്ലിപ്പും ചുവട്ടിൽ ഘടിപ്പിച്ച ബ്യൂററ്റു പോലുള്ള ഒരു കഴലിൽ (ചിത്രം2_5) ചുവട്ടിൽ അല്പം പഞ്ഞി വച്ച ശേഷം അലുമിനയും പെടോളും കലത്തിയ കഴമ്പ് (slurry) ഒഴിക്കുക. അലുമിന ചുവട്ടിൽ അടിയുകയും പെടോളം മുകളിൽ തെളിഞ്ഞു നില്ക്കുകയും ചെയ്യും. ക്ലിപ്പ് തുറന്ന് പെടോളം സാവധാനം ചോത്തിക്കളയുക. അലുമിനയുടെ മുകൾപ്പരപ്പിൽ അല്പം പെടോളം നില്ക്കുന്നതു വരെ ഈ പ്രക്രിയ തുടരണം. A-B മിശ്രിതം പെടോളിൽ ലയിപ്പിച്ച് കിട്ടുന്നലായനി ഏകദേശം 1 മി.ലി. ശ്രദ്ധിച്ച് അലുമിനാ കോളത്തിനു മുകളിൽ ഒഴിക്കുക. ക്ലിപ്പ് തുറന്നാൽ ക്രമേണ ദ്രവം അലുമിനാ കോളത്തിൽ കൂടി കീഴ്പോട്ടു നീങ്ങും. എന്നാൽ ലായനിയിലെ A യും Bയും അലുമിനയിൽ അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനാൽ പെടോളം മാത്രം കീഴ്പോട്ട് പോകുന്നു. മുകൾപ്പരപ്പിലെ ലായനി തീരാറാകുമ്പോൾ ഇളക്കം തട്ടാതെ കുറെക്കൂടി പെടോളം ഒഴിക്കുക. പെടോളം കീഴ്പോട്ട് നീങ്ങുമ്പോൾ അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെട്ട ലീനം അല്പം അതിൽ ലയിക്കുന്നു. എന്നാൽ ലായനി കുറേക്കൂടി കീഴ്പോട്ട് വരുമ്പോൾ ലീനം കലരാത്ത അലുമിനയുമായി സമ്പർക്കമുണ്ടാകുന്നതിനാൽ ലായനിയിലെ ലീനം അവിടെ അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതായത് ലീനം ക്രമേണ കോളത്തിൽ കൂടി കീഴ്പോട്ട് സഞ്ചരിക്കുന്നു. എന്നാൽ A അലുമിനയിൽ B യെക്കാളും സുഗമമായി അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനാൽ അധിശോഷിതമായ Aയെക്കാളധികം B പെടോളിൽ ലയിക്കുന്നു. അതായത് Aയെക്കാളും വേഗത്തിൽ B കീഴ്പോട്ട് നീങ്ങുന്നു. അതിനാൽ കോളത്തിൽ കൂടി കുറെ നേരം പെടോളം ഒഴുക്കിക്കഴിയുമ്പോൾ A യും Bയും കോളത്തിലെ വ്യത്യസ്തമേഖലകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു

തായി കാണാം. A യുടെയും B യുടെയും സ്ഥാനങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അകലം ക്രമേണ കൂടി വരുന്നു (ചിത്രം 2–5) ലായകത്തിന്റെ നിക്ഷാളനം (എലൂഷൻ) തുടർന്നാൽ ഒടുവിൽ B കോളത്തിൽ നിന്നു മുക്തമായിത്തീരുകയും ലായനിയായി ചുവട്ടിൽ സംഭരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. തുടർന്നു A യും ലായകം കൊണ്ടു ലയിപ്പിച്ചു പുറത്തെടുക്കാം. A യും B യും നിറമുള്ളവയാണെങ്കിൽ അവയെ കോളത്തിൽ നിറമുള്ള വലയങ്ങളായി കാണാവുന്നതാണു. A യും B യും വേർപെട്ടു കഴിയുമ്പോഴാണു കോളം ട്യൂബിൽ നിന്നു കുത്തി വെളിയിലെടുക്കുന്നതു. A യുടെയും B യുടെയും മേഖലകൾ മുറിച്ചെടുത്തു അവയെ പ്രത്യേകമായി ലായകങ്ങൾ കൊണ്ടു നിഷ്കർഷണം ചെയ്തു വേർതിരിക്കാവുന്നതാണു.

1906–ൽ ത്സ്വെത് (Tswett) എന്ന റഷ്യൻ സസ്യശാസ്ത്രജ്ഞനാണു ഈ തന്ത്രം കണ്ടുപിടിച്ചതു. പച്ചിലകളിലെ ക്ലോറോഫിൽ എന്ന പദാർഥത്തെ കാൽസിയം കാർബണേറ്റിൽ കൂടി അദ്ദേഹം വർണരേഖാപൃഥക്കരിച്ചു നാലു ഘടകങ്ങളായി വേർതിരിക്കുകയുണ്ടായി. നിറമുള്ള പദാർഥങ്ങൾ വേർതിരിക്കുന്നതിനു ആദ്യമായിട്ടുപയോഗിച്ചതിനാലാണു ഈ തന്ത്രത്തിനു ക്രോമറ്റോഗ്രാഫി എന്ന പേരുണ്ടായതു. ഇന്നു ഈ മാർഗം വളരെ വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയുടെ ഒട്ടനവധി വകഭേദങ്ങളും ആവിഷ്കരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു. പ്രത്യേകതരം ഫിൽറ്റർ പേപ്പർ ഉപയോഗിച്ചുള്ള ''പേപ്പർ ക്രോമറ്റോഗ്രാഫിയും'' വാതകമിശ്രിതങ്ങളെ വേർതിരിക്കുന്നതിനുള്ള വാതകക്രോമറ്റോഗ്രാഫിയും ഇന്നു പ്രചാരം സിദ്ധിച്ച പദ്ധതികളാണു. തീവ്രമായ യാതൊരു പ്രതിപ്രവർത്തനവും ഇതിൽ ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഏതു സങ്കീർണങ്ങളായപദാർഥങ്ങളെയും യാതൊരു കേടും വരാതെ വേർതിരിക്കാൻ ഈ മാർഗം കൊണ്ടു സാധിക്കും. അല്പം മാത്രമേ മിശ്രിതപദാർഥം ഉള്ളൂ എങ്കിലും ക്രോമറ്റോഗ്രാഫിഉപയോഗിച്ചു അതിനെ പൃഥക്കരിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.

16. ഉരുക്കി വേർതിരിക്കൽ

ഒരു ഖരമിശ്രിതത്തിലെ ഒരു ഘടകം മാത്രം ഉരുക്കി മാറുന്നതിനാണു ഉരുക്കി വേർതിരിക്കൽ (ലിക്വേഫാക്ഷൻ) എന്നു പറയുന്നതു. മറ്റുള്ളവ ഈ താപനിലയിൽ ഖരമായിത്തന്നെയിരിക്കണം. മെഴുകും മണ്ണും കലർന്ന മിശ്രിതത്തിൽ നിന്നു മെഴുകു മാത്രം ഉരുക്കി അതിലെ മണ്ണു മാറ്റാമല്ലോ. ചെരിവുതലത്തിൽ വച്ചു ചൂടാക്കിയാൽ മെഴുകു ഉരുകി ഒഴുകി വേർപെടുന്നു. ചില ലോഹങ്ങളും അയിരുകളും ശുദ്ധി ചെയ്യുന്നതിനു ഉരുക്കി വേർതിരിക്കൽ വിധി ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ടു. ഉദാഹരണമായി ചില നിക്ഷേപങ്ങളിൽ ബിസ്മത്ത് സ്വതന്ത്രാവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്നുണ്ടു. ഖനിജം അല്പം ശുദ്ധി ചെയ്ത ശേഷം ഉരുക്കി വേർതിരിക്കലിനു വിധേയമാക്കുമ്പോൾ ദ്രവണാങ്കം കുറഞ്ഞ ബിസ്മത്ത് മാത്രം ദ്രവമായി വേർതിരിയുന്നു.

17. പ്ലവനവിധി

അയിരുകളും മറ്റും ശുദ്ധീകരിക്കുന്നതിനു സാധാരണമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന മാർഗമാണു പ്ലവനം (ഫ്ളോട്ടേഷൻ). അയിരിലുള്ള മണ്ണും ചെളിയും

മറ്റും മാറ്റി ശുദ്ധമായ ലോഹയൗഗികം ലഭിക്കുന്നതിനു് ആവിഷ്ക്കരിക്കപ്പെട്ട ഈ പ്രക്രിയ ഇപ്പോഴും മറ്റു കാര്യങ്ങൾക്കും പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നുണ്ടു്. ചെമ്പിന്റെ സൽഫൈഡു് അയിരുകൾ പ്ലവനം കൊണ്ടു് ശുദ്ധീകരിക്കാം. നന്നായി പൊടിച്ച അയിരും വെള്ളവും തക്കതായ ഒരു തൈലവും ചേർത്തു് ചൂടാക്കി അതിൽ കൂടി വായു കടത്തി വിട്ടു് പതയ്ക്കുകയാണു് ഈ പ്രക്രിയയിൽ ചെയ്യുന്നതു്. അയിരിലുള്ള കോപ്പർ സൽഫൈഡു് തരികൾ വെള്ളം കൊണ്ടു് നനയാത്തതും (താമ്രയിലയും ചേമ്പിലയും പോലെ) എന്നാൽ തൈലം കൊണ്ടു നനയുന്നതുമാണു്. അതിനാൽ സൽഫൈഡു് തരികൾ പതയിൽ തങ്ങി നിൽക്കുന്നു. മണ്ണും കല്ലും മറ്റു് അഴുക്കുകളും വെള്ളം കൊണ്ടു് നനയുന്നവയായതിനാൽ ചുവട്ടിലടിയുന്നു. മുകളിൽ നിന്നു് പത കോരിയെടുത്തു അതിൽ നിന്നു ശുദ്ധമായ സൽഫൈഡു് എടുക്കാം.

18. മറ്റു മാർഗങ്ങൾ

ഇത്തരത്തിൽ അനവധി മാർഗങ്ങൾ മിശ്രിതങ്ങളെ വേർതിരിക്കുന്നതിനു് ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഓരോ മിശ്രിതത്തിലും ഉള്ള ഘടകങ്ങളുടെ സ്വഭാവങ്ങൾക്കു് അനുസൃതമായ പ്രക്രിയയാണു് സ്വീകരിക്കപ്പെടുന്നതു്. ഭൗതികമാർഗങ്ങൾ ഒന്നും തന്നെ പറ്റാതാകുമ്പോൾ രാസമാർഗങ്ങളും ഉപയോഗിക്കാറുണ്ടു്. ഉദാഹരണമായി, അലുമിനിയം അയിരു് ആയ ബോക്സൈറ്റിൽ അലുമിനിയം ഓക്സൈഡിനു പുറമെ മണലും (സിലിക്ക) അയേൺ ഓക്സൈഡും ചേർന്നിരിക്കും. ഈ മാലിന്യങ്ങൾ മാറ്റുന്നതിനു് രാസമാർഗങ്ങളാണു ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നതു്. (അലുമിനിയം നോക്കുക.)

ദ്രവ്യത്തിന്റെ പരിണാമങ്ങൾ

പരിതസ്ഥിതികൾ മാറുന്നതിനനുസരിച്ചു് എല്ലാ പദാർഥങ്ങളിലും പരിണാമങ്ങൾ ഉണ്ടാകും. ഒരു പച്ചയിരുമ്പു് കഷണം കാന്തത്തിന്റെ സാമീപ്യം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ കാന്തഗുണം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. ഒരു മഗ്നീഷ്യം റിബ്ബൺ വായുവിൽ ചൂടാക്കിയാൽ ഊർജസ്വലമായി ജ്വലിച്ചു് ഒടുവിൽ വെളുത്ത ഒരു 'ഭസ്മം' ആയിത്തീരുന്നു. ഒരു നാകത്തുണ്ടു് നീലനിറമുള്ള കോപ്പർ സൽഫേറ്റു് ലായനിയിൽ മുക്കിയാൽ നാകത്തിന്മേൽ ചെമ്പിന്റെ ചുവന്ന തരികൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രവർത്തനം തുടരാനനുവദിച്ചാൽ ഒടുവിൽ ലായനിയുടെ നിറം നഷ്ടപ്പെടും. പരിശോധിച്ചാൽ ഈ ലായനിയിൽ സിങ്കു് സൽഫേറ്റു് ഉണ്ടെന്നു് അറിയാം. ഒരു അലുമിനിയക്കഷണം ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലത്തിലിട്ടാൽ അതു് ക്രമേണ ലയിച്ചു് ഹൈഡ്രജൻ വാതകം ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ പല വിധത്തിലുള്ള മാറ്റങ്ങളും ദ്രവ്യങ്ങൾക്കു് ഉണ്ടാകുന്നതായി നാം കാണുന്നുണ്ടു്. ഇവയെ സൂക്ഷ്മമായി പഠിക്കുമ്പോൾ ചിലതിലെല്ലാം മൂലപദാർഥം നശിക്കുന്നതായും പകരം പുതിയ പദാർഥങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതായും മനസ്സിലാകും. മഗ്നീഷ്യം വായുവിൽ കത്തുമ്പോൾ തികച്ചും വ്യത്യസ്തഗുണങ്ങളോടു കൂടിയ ഒരു വെളുത്ത പദാർഥമാണു് കിട്ടുന്നതു്.

പുതിയ പദാർഥമോ പദാർഥങ്ങളോ ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്ന പരിണാമങ്ങളെ രാസപരിണാമങ്ങൾ (Chemical changes) എന്നു പറയുന്നു. പുതിയ പദാർഥങ്ങൾ ഒന്നും ഉണ്ടാകാത്ത പരിണാമങ്ങൾക്കു ഭൗതികപരിണാമങ്ങൾ (physical changes) എന്നും പറയുന്നു. ഏതു തരം പരിണാമമായാലും അതിനു പറ്റിയ സാഹചര്യം അനിവാര്യമാണു്. തണുത്ത ലോഹക്കഷണം ചൂടാകണമെങ്കിൽ ചൂടുള്ള ഒരു വസ്തുവിന്റെ സമ്പർക്കം ആവശ്യമാണു്. നാകത്തുണ്ടും കോപ്പർ സൽഫേറ്റ് ലായനിയും തമ്മിലുള്ള സമ്പർക്കം കൊണ്ടു മാത്രമേ അവസ്ഥാ പരിണാമം സംഭവിക്കുകയുള്ളൂ. ഭൗതികപരിണാമങ്ങളിൽ, സാഹചര്യങ്ങൾ പഴയതു പോലെയാകുമ്പോൾ പദാർഥവും പൂർവാവസ്ഥയിലാകുന്നു. എന്നാൽ രാസപരിണാമങ്ങളിൽ സാഹചര്യം പഴയതു പോലെയായാലും പദാർഥങ്ങൾ പൂർവസ്ഥിതിയിലാകുന്നില്ല. മഗ്നീഷ്യം വായുവിൽ കത്തി ഉണ്ടാകുന്ന വെളുത്ത ഭസ്മം തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ തന്നത്താൻ മഗ്നീഷ്യമാകുന്നില്ല. അതിനാൽ രാസപരിണാമങ്ങൾ ശാശ്വതങ്ങളാണെന്നും ഭൗതികപരിണാമങ്ങൾ താല്ക്കാലികങ്ങളാണെന്നും മനസ്സിലാക്കാം.

രാസപരിണാമങ്ങൾ നടക്കുന്നതോടൊപ്പം താപം, പ്രകാശം മുതലായ ഊർജങ്ങൾ മോചിപ്പിക്കുകയോ അവശോഷിപ്പിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഭൗതികപരിണാമങ്ങളിൽ ഊർജവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുമെന്നില്ല; ഉണ്ടാകുന്നെങ്കിൽ സാധാരണമായി അതിന്റെ അളവു് കുറവായിരിക്കും. രാസപരിണാമങ്ങളുടെയും ഭൗതികപരിണാമങ്ങളുടെയും സ്വഭാവവ്യത്യാസങ്ങൾ താഴെയുള്ള പട്ടികയിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 2–3

പരിണാമങ്ങൾ

തിരിച്ചറിയാനുള്ള സ്വഭാവം	ഭൗതികം	രാസികം
	പുതിയ പദാർഥങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നില്ല	പുതിയ പദാർഥമോ പദാർഥങ്ങളോ ഉണ്ടാകുന്നു
മറ്റു പ്രത്യേകതകൾ	1. മാറ്റം താൽക്കാലികമാണു് 2. നിഷ്പ്രയാസം പൂർവാവസ്ഥയിലേയ്ക്കു കൊണ്ടുവരാം 3. ഊർജവ്യത്യാസം ഉണ്ടാവണമെന്നില്ല. ഉണ്ടാകുന്നെങ്കിൽ തന്നെ കുറവായിരിക്കും	1. മാറ്റം ശാശ്വതമാണു് 2. പൂർവാവസ്ഥയിലേയ്ക്കു കൊണ്ടുവരാൻ എളുപ്പമല്ല 3. എല്ലാ രാസപരിണാമങ്ങളിലും ഊർജവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതിന്റെ അളവു് കൂടുതലായിരിക്കും.

ദ്രവ്യപരിണാമങ്ങളും ദ്രവ്യഗുണങ്ങളും

ഒരു പരിണാമം ഉണ്ടെന്നു് നാം പറയുന്നതു് എപ്പോഴാണു്? ദ്രവ്യത്തിനു് മാറ്റം ഉണ്ടാകുക എന്നു വെച്ചാൽ നാം ഉദ്ദേശിക്കുന്നതു് അതിന്റെ ഗുണധർമങ്ങളും വ്യത്യാസപ്പെടുക എന്നാണു്. ഓരോ പദാർത്ഥത്തിന്റെയും സ്വഭാവങ്ങളെയാണു് അവയുടെ ഗുണധർമങ്ങളും എന്നു പറയുന്നതു്. ഈ ഗുണധർമങ്ങളും കൊണ്ടാണു് ഓരോ പദാർത്ഥത്തെയും നാം തിരിച്ചറിയുന്നതു്; വ്യക്തികൾക്കുള്ള പ്രത്യേകതകളും കൊണ്ടു് അവരെ തിരിച്ചറിയുന്നതു പോലെ തന്നെ. ഉദാഹരണമായി 'ജലം' എന്ന പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഗുണധർമങ്ങളും നോക്കുക. സാധാരണ താപനിലയിൽ ജലം ദ്രവമാണു്. നിറം, മണം, രുചി ഇവയൊന്നും ഇല്ല. ഉപ്പു, പഞ്ചസാരയും ഇതിൽ ലയിക്കും. മണൽ, ഗന്ധകം, കരി മുതലായവ ഇതിൽ ലയിക്കുകയില്ല. ചൂടാക്കിയാൽ 100°C-ൽ തിളച്ചു് ആവിയാകുന്നു. തണുപ്പിച്ചാൽ 0°C-ൽ ഐസു് ആയിത്തീരുന്നു. 29°C-ൽ ജലത്തിന്റെ ഘനത്വം (density) 0.9959 gm/ml ആണു്. ഇങ്ങനെ എത്ര ഗുണധർമങ്ങളും വേണമെങ്കിലും പറയാം. മേൽക്കൊടുത്തിട്ടുള്ളവയിൽ ഒന്നും തന്നെ ജലത്തിന്റെ രാസപരിണാമമാകുന്നില്ല. ഇവയെ ഭൗതിക ഗുണധർമങ്ങളും എന്നു പറയുന്നു. പദാർത്ഥത്തിന്റെ രാസപരിണാമങ്ങളുടെ വിവരണമാണു് അതിന്റെ രാസഗുണധർമങ്ങളും. ജലത്തിന്റെ ചില രാസഗുണധർമങ്ങളും പരിശോധിക്കാം. ജലത്തിനു് സോഡിയവുമായി സമ്പർക്കമുണ്ടായാൽ ഹൈഡ്രജൻ വാതകവും സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡു് ലായനിയും ഉണ്ടാകുന്നു. വെള്ളത്ത നിർജല കോപ്പർ സൽഫേറ്റിനെ(anhydrous copper sulphate) ജലം നീലനിറമുള്ള ജലയോജിത കോപ്പർ സൽഫേറ്റായി (hydrated copper sulphate) മാറ്റുന്നു. അമ്ലം ചേർത്ത ജലത്തിൽ കൂടി വൈദ്യുതി പ്രവഹിപ്പിച്ചാൽ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും ലഭിക്കുന്നു. ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഗുണധർമങ്ങളുടെ ഈ ദ്വശപരിവർത്തനങ്ങളും വരുമ്പോൾ രാസപരിണാമം നടന്നതായി നാം പറയുന്നു. പരിവർത്തനത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകളിൽ നിന്നു് അതു് രാസികമോ ഭൗതികമോ എന്നും മനസ്സിലാക്കാം.

ചില ഉദാഹരണങ്ങളും കൊണ്ടു വസ്തുത വിശദീകരിക്കാം.

1. **ഉപ്പു് വെള്ളത്തിൽ ചേർത്തു് കലക്കിയാൽ ലായനിയുണ്ടാകുന്നു**

ഉപ്പു് + വെള്ളം = ലായനി

ഇതു് ഒരു ഭൗതികപരിണാമമാണു്. കാരണം ഇതിൽ പുതിയ പദാർത്ഥം ഒന്നും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. ലായനിയിൽ ഉപ്പിന്റെയും വെള്ളത്തിന്റെയും ഗുണങ്ങളും കാണാം. ലയനം (dissolution) എന്ന ഈ പരിണാമം താൽക്കാലികമാണു്. ലായനി വറ്റിച്ചാൽ ഉപ്പു് കിട്ടുമല്ലോ. ലായനിയുണ്ടാകുമ്പോൾ അല്പം താപവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുമെങ്കിലും ഇതു് തുച്ഛമാണു്. ഇക്കാരണങ്ങളും കൊണ്ടു് ഇതു് ഒരു ഭൗതികപരിണാമമാണെന്നു് കരുതാം.

2. **മെഴുകു് ചൂടാക്കിയാൽ ഉരുകി ദ്രവമാകുന്നു**

ചൂടു്

മെഴുകു് (ഖരം) → മെഴുകു് (ദ്രവം)

ഈ പരിവർത്തനത്തിലും പുതിയതായി ഒന്നും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. ഖരമായാലും ദ്രവമായാലും പദാർത്ഥം ഒന്നു തന്നെയാണു്. ഒരേ രാസഗുണധർമങ്ങളാണു്

രണ്ടിനും ഉള്ളതു്. ദ്രവം തണുപ്പിച്ചാൽ വീണ്ടും ഖരാവസ്ഥയിലുള്ള മെഴുകു കിട്ടുന്നു. അതിനാൽ ഉരുകൽ എന്ന ഈ പരിണാമം ഭൗതികം തന്നെ.

3. നാകം (zinc) നേർത്ത സൽഫ്യൂറിക് ആസിഡിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ ഹൈഡ്രജൻ വാതകവും സിങ്ക് സൽഫേറ്റ് ലായനിയും ഉണ്ടാകുന്നു.

ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ സംജാതമാകുന്ന ഹൈഡ്രജനും സിങ്ക് സൽഫേറ്റും പുതിയ പദാർഥങ്ങളാണു്. അതിനാൽ ഇതു് ഒരു രാസപരിവർത്തനമാണു് എന്നു പറയണം.

രാസപരിണാമങ്ങളുടെ പ്രഭേദങ്ങൾ

പദാർഥങ്ങളിൽനിന്നു് പുതിയ പദാർഥങ്ങൾ ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്ന പ്രക്രിയകളാണല്ലോ രാസപരിണാമങ്ങൾ. രാസപരിണാമങ്ങൾക്കു് പ്രതിപ്രവർത്തനം എന്നും പേരുണ്ടു്. രാസപരിണാമത്തിനു വിധേയമാകുന്ന പദാർഥങ്ങളെ അഭികാരകങ്ങൾ (Reactants) എന്നും തൽഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന പുതിയ പദാർഥങ്ങളെ ഉല്പന്നങ്ങൾ (Products, Resultants) എന്നും പറയുന്നു. അഭികാരകങ്ങളുടെയും ഉല്പന്നങ്ങളുടെയും എണ്ണം, സ്വഭാവങ്ങൾ എന്നിവയനുസരിച്ചു് രാസപരിവർത്തനങ്ങൾക്കു പ്രഭേദങ്ങൾ കല്പിക്കാവുന്നതാണു്.

1. **സംശ്ലേഷണം**:—ഒന്നിലധികം അഭികാരകങ്ങൾ ചേർന്നു് ഒരേ ഒരു പുതിയ പദാർഥം ഉണ്ടാകുന്ന രാസപരിണാമമാണു് സംയോജനം (combination) അഥവാ സംശ്ലേഷണം (synthesis). ഉദാഹരണങ്ങൾ: (a) ഗന്ധകം ഓക്സിജനിൽ ജ്വലിച്ചു് സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡ് ഉണ്ടാകുന്നു.

ഗന്ധകം + ഓക്സിജൻ = സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡ്

(b) സൽഫർഡൈഓക്സൈഡ് ജലത്തിൽ ലയിച്ചു് സൽഫ്യൂറിക് ആസിഡ് ഉണ്ടാകുന്നു.

സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡ് + ജലം = സൽഫ്യൂറിക് ആസിഡ്

(c) അമോണിയാ വാതകവും ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് വാതകവും കലത്തിയാൽ അവ തമ്മിൽ പ്രവർത്തിച്ചു് വെളുത്ത അമോണിയം ക്ലോറൈഡ് ഉണ്ടാകുന്നു.

(d) നിറമില്ലാത്ത നൈട്രിക് ഓക്സൈഡും ഓക്സിജനും വാതകങ്ങൾ കലർത്തിയാൽ തവിട്ടുനിറമുള്ള നൈട്രജൻ പെറോക്സൈഡുണ്ടാകുന്നു.

നൈട്രിക് ഓക്സൈഡ് + ഓക്സിജൻ = നൈട്രജൻ പെറോക്സൈഡ്

2. **വിഘടനം**

ഒരു പദാർഥം ഒന്നിലധികം പദാർഥങ്ങളായിത്തീരുന്ന രാസപരിണാമമാണു് വിഘടനം. (decomposition)

ഇതു് സംയോജനത്തിന്റെ വിപരീതമാണു്.

ഉദാഹരണങ്ങൾ (a) ചെമന്ന മെർക്കുറിക് ഓക്സൈഡ് ചൂടാക്കുമ്പോൾ ഓക്സിജനും മെർക്കുറിയും ഉണ്ടാകുന്നു.

മെർക്കുറിക് ഓക്സൈഡ് = മെർക്കുറി + ഓക്സിജൻ.

b. അല്പം ആസിഡ് ചേർത്ത ജലത്തിൽ വൈദ്യുതിപ്രവാഹം നടത്തുമ്പോൾ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും ഉണ്ടാകുന്നു.

ജലം = ഹൈഡ്രജൻ + ഓക്സിജൻ

c. കാൽസിയം കാർബണേറ്റ് ചൂടാക്കുമ്പോൾ കാൽസിയം ഓക്സൈഡും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് വാതകവും ഉണ്ടാകുന്നു.

കാൽസീയം കാർബണേറ്റ് = കാൽസിയം ഓക്സൈഡ്
+ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്

വിഘടനം നടക്കുന്നതിനു മിക്കപ്പോഴും ഊർജം ആവശ്യമാണു്. താപം അവശോഷണം ചെയ്തു് നടക്കുന്ന വിഘടനങ്ങളെ താപവിഘടനങ്ങൾ (thermal decom position)എന്നും വിദ്യുച്ഛക്തി കൊണ്ടു നടക്കുന്നവ ''വൈദ്യുത വിഘടനങ്ങൾ'' എന്നും പ്രകാശാഗിരണം കൊണ്ടു് സംഭവിക്കുന്ന വിഘടനങ്ങളെ ''തേജോവിഘടനങ്ങൾ'' അഥവാ ''ഫോട്ടോ വിഘടനങ്ങൾ''(photo decomposition) എന്നും വിളിയ്ക്കപ്പെടുന്നു. വിഘടനത്തിനു് ''വിയോജനം'' (dissociation) എന്നും പറയാം (ഉല്പന്നങ്ങൾ തിരിച്ചു് സംയോജിക്കുമെങ്കിൽ).

3. വിസ്ഥാപനം

ഒരു മൂലകം ഒരു യൗഗികത്തിൽ പ്രവർത്തിച്ചു് യൗഗികത്തിലുള്ള ഒരു മൂലകത്തെ പുറംതള്ളി ആ സ്ഥാനം സ്വയം കരസ്ഥമാക്കി മറ്റൊരു യൗഗികം ഉണ്ടാക്കുന്ന രാസപരിണാമമാണു് വിസ്ഥാപനം (displacement). ഒരു മൂലകം + ഒരു യൗഗികം = മറ്റൊരു മൂലകം + മറ്റൊരു യൗഗികം

ഉദാഹരണങ്ങൾ:

a. സോഡിയം ജലവുമായി പ്രവർത്തിച്ചു് ജലത്തിൽ നിന്നു് ഹൈഡ്രജൻ വിടർത്തുകയും സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. സോഡിയം + ജലം = സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് + ഹൈഡ്രജൻ.

b. ഹൈഡ്രജൻ വാതകത്തെ ചൂടാക്കിയ കോപ്പർ ഓക്സൈഡിൽ കൂടി കടത്തി വിട്ടാൽ കോപ്പർ ഓക്സൈഡിൽ നിന്നു് കോപ്പർ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടുകയും ജലം ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഹൈഡ്രജൻ + കോപ്പർ ഓക്സൈഡ് = ജലം + കോപ്പർ

c. രക്തതപ്തമായ (red hot) ഇരുമ്പിൽ കൂടി നീരാവി കടത്തി വിട്ടാൽ ഇരുമ്പു് നീരാവിയിൽ നിന്നു് ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുകയും അയേൺ ഓക്സൈഡുണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇരുമ്പു് + നീരാവി = അയേൺ ഓക്സൈഡ് + ഹൈഡ്രജൻ

4. ഉഭയവിഘടനം

രണ്ടു യൗഗികങ്ങൾ തമ്മിൽ പ്രവർത്തിച്ചു് അവയുടെ ഓരോ ഭാഗങ്ങൾ തമ്മിൽ സംയോജിച്ചു് പുതിയ ഒരു യൗഗികവും ശേഷഭാഗങ്ങൾ തമ്മിൽ സംയോജിച്ചു മറ്റൊരു പുതിയ യൗഗികവും ഉണ്ടാകുന്ന രാസപരിണാമമാണു് ഉഭയവിഘടനം അഥവാ ഉഭയവിസ്ഥാപനം (metathesis double decomposition).

ഉദാഹരണങ്ങൾ:—

a. സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് ലായനിയിൽ സിൽവർ നൈട്രേറ് ലായനി ചേർക്കുമ്പോൾ സോഡിയം നൈട്രേറ് ലായനിയും സിൽവർ ക്ലോറൈഡ് എന്ന വെളുത്ത അലേയമായ ഖരപദാർഥവും ഉണ്ടാകുന്നു. ലായനികളിൽ നിന്നും മറ്റും ഉണ്ടാകുന്ന അലേയപദാർഥങ്ങൾക്ക് അവക്ഷേപം (precipitate) എന്നു പറയുന്നു.

സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് + സിൽവർ നൈട്രേറ് = സിൽവർ ക്ലോറൈഡ് + സോഡിയം നൈട്രേറ്

b. സൾഫ്യൂറിക് അമ്ലവും സോഡിയം ക്ലോറൈഡും തമ്മിൽ ചേർക്കുമ്പോൾ ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് വാതകവും സോഡിയം സൾഫേറും ഉണ്ടാകുന്നു.

സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് + സൾഫ്യൂറിക് അമ്ലം = ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് + സോഡിയം സൾഫേറ്

c. പൊട്ടാസിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡും നൈട്രിക് അമ്ലവും കലർത്തിയാൽ പൊട്ടാസിയം നൈട്രേറും ജലവും ഉണ്ടാകുന്നു.

പൊട്ടാസിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് + നൈട്രിക് അമ്ലം = പൊട്ടാസിയം നൈട്രേറ് + ജലം

5. സമാവയവീകരണം

അനുകൂലമായ പരിതസ്ഥിതിയിൽ ഒരു പദാർഥം അതേ സംഘടനവും താന്മാത്രികസൂത്രവും ഉള്ള മറ്റൊരു പദാർഥമായി പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനമാണ് സമാവയവീകരണം (isomerisation). ഉദാഹരണമായി അമോണിയം സയനേറ് ചൂടാക്കുമ്പോൾ യൂറിയ ആയിത്തീരുന്നു. യൗഗികത്തിന്റെ തന്മാത്രയിലുള്ള അണുക്കളുടെ വിന്യാസം മാറുന്നതിനാലാണ് ഇത്തരം പരിണാമങ്ങൾ നടക്കുന്നത്.

6. ന്യൂക്ലിയർ പ്രവർത്തനങ്ങൾ (റേഡിയോ ആക്ടിവിറ്റി നോക്കുക)

കുറിപ്പുകൾ

1. രാസപരിണാമങ്ങൾ ഇവയിൽ ഒന്നിലും പെടാത്തവയായും ചിലപ്പോൾ കാണാം. അവ തീരെ വിരളമെന്നു പറയുവയ്യ. പൊട്ടാസിയം ഫെറോസയനൈഡ് ക്രിസ്റ്റലുകളും സാന്ദ്രസൾഫ്യൂറിക് ആസിഡും ചേർത്തു ചൂടാക്കിയാൽ പൊട്ടാസിയം സൾഫേറും, അമോണിയം സൾഫേറും, കാർബൺ മോണോക്സൈഡ് എന്നിവയുണ്ടാകുന്നു. സങ്കീർണങ്ങളായ ഇത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ പല ഘട്ടങ്ങളായിട്ടാണു നടക്കുന്നത്.

2. പ്രതിസ്ഥാപനം: ഒരു മൂലകവും ഒരു യൗഗികവും പ്രവർത്തിച്ച് രണ്ടു പുതിയ യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രക്രിയയാണ് പ്രതിസ്ഥാപനം (substitution). യൗഗികത്തിലെ ഒരു മൂലകം വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടുകയും വിസ്ഥാപകമൂലകം വിസ്ഥാപിതമൂലകത്തോടു സംയോജിച്ചു ഒരു യൗഗികവും ആദ്യത്തെ യൗഗിക

ത്തിലെ ബാക്കി ഭാഗവുമായി സംയോജിച്ചു മറെറാരു യൗഗികവും ഉണ്ടാകുന്നു. ഒരു ഹൈഡ്രോകാർബണായ മീഥേൻ, ക്ലോറീനുമായി പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ മീഥൈൽ ക്ലോറൈഡും ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡും ഉണ്ടാകുന്നു.

മൂലകവും യൗഗികവും തമ്മിലുള്ള പ്രത്യേകതരം ഉഭയവിഘടനമായി പ്രതിസ്ഥാപനത്തെ കരുതാം. സിങ്കു് സൽഫൈഡും ഓക്സിജനും ചേർന്നു് സിങ്കു് ഓക്സൈഡും സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡും ഉണ്ടാകുന്നതും പ്രതിസ്ഥാപനത്തിനു മറെറാരുദാഹരണമാണു്.

മീഥേൻ + ക്ലോറിൻ=മീഥൈൽ ക്ലോറൈഡു് + ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡു്.

സിങ്കു് സൽഫൈഡു് + ഓക്സിജൻ = സിങ്കു്

ഓക്സൈഡു് + സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡു്

3. **പോളിമറീകരണം.** ഒരേ യൗഗികത്തിന്റെ ഒന്നിലധികം തന്മാത്രകളും തമ്മിൽ സംയോജിച്ചു് മറെറാരു പദാർഥമുണ്ടാകുന്ന രാസപരിണാമമാണു് പോളിമറീകരണം. ഉദാഹരണമായി അസററലീൻ വാതകം 700°C- നു മേൽ ചൂടാക്കിയ ഒരു കഴലിൽ കൂടി കടത്തിയാൽ ബെൻസീനായി പരിണമിക്കുന്നു. ഒരു പ്രത്യേകതരം സംയോജനമാണു് പോളിമറീകരണം.

അഭ്യാസം

1. മിശ്രിതം, ശുദ്ധപദാർഥം, യൗഗികം, മൂലകം എന്നിവയ്ക്കു് ഉദാഹരണസഹിതം വ്യാഖ്യാനം നൽകുക.

2. താഴെ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന മിശ്രിതങ്ങളെ വേർതിരിക്കാൻ മാർഗങ്ങളും ആസൂത്രണം ചെയ്യുക.

a. ഗന്ധകവും മണലും കലർന്ന മിശ്രിതം
b. ബെൻസീനും നൈട്രോബെൻസീനും ചേർന്ന ദ്രവമിശ്രിതം
c. ഉപ്പും കർപ്പൂരവും ചേർന്ന മിശ്രിതം
d. ഹൈഡ്രജൻ, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് എന്നിവയുടെ മിശ്രിതം.
e. വായു
f. മണ്ണെണ്ണയും വെള്ളവും
g. കരിമരുന്നു്

3. രാസപരിണാമം എന്നാൽ എന്തു്? അതിന്റെ പ്രഭേദങ്ങളും എന്തെല്ലാം? ഓരോന്നിനും ഈ രണ്ടു് ഉദാഹരണങ്ങളും കൊടുക്കുക.

4. ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും കലർന്ന മിശ്രിതവും ജലവും ഉദാഹരണമായെടുത്തു് മിശ്രിതവും യൗഗികവും തമ്മിൽ ഒരു താരതമ്യപഠനം നടത്തുക.

5. ചുരുക്കത്തിൽ വിശദമാക്കുക:—

a. അവക്ഷേപം
b. പ്രതിപ്രവർത്തനം
c. അധിശോഷണം
d. വർണവിശ്ലേഷണം
e. ആംശികസേദനം
f. ഉരുക്കി വേർതിരിക്കൽ
g. ഭൗതികഗുണങ്ങളും
h. നിഷ്കർഷണം
i. പ്ലവനവിധി
j. വിയോജനം

രാസസംയോജനനിയമങ്ങൾ

നമുക്കു് അനുഭവപ്പെടുന്ന എല്ലാ പ്രതിഭാസങ്ങളും ചില നിയമങ്ങൾക്കു് വിധേയങ്ങളാണു്. അനേകം നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു് അനുമാനിക്കപ്പെടുന്ന പൊതുതത്വങ്ങളാണു് നിയമങ്ങൾ. ഒരു നിയമത്തിന്റെ സാധുത്വം വ്യക്തമാക്കുന്നതിനു് അനുയോജ്യമായ പരീക്ഷണങ്ങളും വഴി തെളിക്കുന്നു. ഒരു നിയമത്തിന്റെ പ്രാബല്യം പരിശോധിക്കുന്നതിനായി ആസൂത്രണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പരീക്ഷണങ്ങളും എല്ലാം ആ നിയമത്തിനു് അനുസൃതമായി കല്പിക്കുമ്പോൾ അതു സമർഥിക്കപ്പെട്ടതായി കരുതാം. ഇപ്രകാരം പരീക്ഷണാധിഷ്ഠിതമായ സ്ഥിരീകരണം ലഭിച്ചു കഴിയുമ്പോൾ, ആ നിയമം അനുസരിക്കപ്പെടുന്നതു് എന്തു കൊണ്ടാണെന്നു് കണ്ടുപിടിക്കാൻ നാം തുനിയുന്നു. ഈ സരണിയിലുള്ള ശാസ്ത്രീയ ചിന്തകളും നമ്മെ ചില അഭ്യൂഹ(hypothesis)ങ്ങളിലൂടെ ഒരു സിദ്ധാന്ത(theory)ത്തിൽ എത്തിച്ചേരാൻ സഹായിക്കും. അങ്ങിനെ ഉണ്ടാകുന്ന സിദ്ധാന്തങ്ങളും ശരിയാണോ എന്നു പരിശോധിക്കാൻ വീണ്ടും തക്കതായ പരീക്ഷണങ്ങളും നടത്താം. ഇപ്രകാരം പരീക്ഷണനിരീക്ഷണങ്ങളും സിദ്ധാന്തങ്ങളിലേക്കും സിദ്ധാന്തങ്ങളും കൂടുതൽ പരീക്ഷണങ്ങളിലേയ്ക്കും നമ്മെ നയിക്കുന്നതോടൊപ്പം ശാസ്ത്രം പ്രായോഗികമായും താത്വികമായും വളരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെയുള്ള ശാസ്ത്രത്തിന്റെ വളർച്ചയ്ക്കു് ഒരു ഉദാഹരണമാണു് ''രാസസംയോജനനിയമ''ങ്ങളുടെ ആവിഷ്കരണവും തുടർന്നുണ്ടായ സർവപ്രധാനമായ അണു-തന്മാത്രാ-സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ആവിർഭാവവും.

രാസപരിണാമങ്ങളെപ്പറ്റിയുള്ള പഠനങ്ങളിൽ നിന്നു് അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപന്നങ്ങളുടേയും പരിമാണങ്ങളും തമ്മിൽ ചില ബന്ധങ്ങളും ഉണ്ടെന്നു് തെളിഞ്ഞു. അതായതു്, ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ട പദാർഥങ്ങളും ചില പരിമാണാത്മക (quantitave) നിയമങ്ങൾക്കു് വിധേയങ്ങളാണു് എന്നു സാരം. ലവോയ്സിയേ, പ്രൗസ്റ്റ്, ബെർത്തൊലെ, ബെഴ്സീലിയസ്, ഡാൽട്ടൻ, റിഷ്റ്റർ തുടങ്ങിയ രസതന്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ഗവേഷണങ്ങളാണു് ഇത്തരം നിയമങ്ങളുടെ അസ്തിത്വം കാട്ടിത്തന്നിട്ടുള്ളതു്. യൗഗികങ്ങളുടെ രാസസംഘടനകളെ സംബന്ധിക്കുന്ന പഠനങ്ങളിൽ നിന്നും മൗലികങ്ങളായ രാസസംയോജനനിയമങ്ങൾ രൂപം കൊണ്ടു. രസതന്ത്രത്തിൽ പരിമാണാത്മകപഠനങ്ങൾക്കു് പ്രാമുഖ്യം കിട്ടിയതോടു കൂടിയാണു് പില്ക്കാലത്തു് വിപ്ലവകരമായ പുരോഗതി കൈവരുത്തുന്നതിനു് നിദാനങ്ങളായിത്തീർന്ന ഈ നിയമങ്ങൾ ഉണ്ടായതു്.

യതു്. അതിനാൽ ലാബറട്ടറിയിൽ ബാലൻസു് സ്ഥാനം പിടിച്ചപ്പോൾ സത്യങ്ങൾ ഓരോന്നായി പുറത്തു വന്നു. പ്രസിദ്ധ ഫ്രഞ്ചു് രസതന്ത്രജ്ഞനായ ലവോയ്സിയേയാണു് രസതന്ത്രലാബറട്ടറിയിൽ ബാലൻസിന്റെ ഉപയോഗം ആദ്യമായി കൊണ്ടുവന്നതെന്നു് പറയാറുണ്ടെങ്കിലും അതു് ഒരു അർധസത്യം മാത്രമാണു്. ലവോയ്സിയേയുടെ എല്ലാ ഗവേഷണങ്ങളിലും പരിമാണാത്മകവശത്തിനു് അഗ്രിമസ്ഥാനം ഉണ്ടായിരുന്നുവെന്നതു് ശരിയാണു്. എന്നാൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ കാലത്തിനു് എത്രയോ മുമ്പു തന്നെ അത്തരം പഠനങ്ങൾ നടത്തിയിട്ടുണ്ടു്. വാൻഹെൽമോണ്ടു്, റോബർട്ടു് ബോയ്ൽ, ജോസഫു് ബ്ലാക്കു് എന്നിവർ തികഞ്ഞ ചിട്ടയോടു കൂടിത്തന്നെ പരിമാണാത്മകമായ ഗവേഷണം നടത്തിയിരുന്നതായി ചരിത്രം പറയുന്നു. വാസ്തവത്തിൽ ബ്ലാക്കിന്റെ ഗവേഷണമായിരുന്നു ലവോയ്സിയേയ്ക്കു് മാതൃകയായിരുന്നതു്. ബ്ലാക്കു് തുടങ്ങി വെച്ച ഗവേഷണശൃംഖല ലാവോയ്സിയേ പൂർത്തിയാക്കിയിട്ടുണ്ടു്. ജ്വലനത്തെ പറ്റിയും മറ്റും ഉണ്ടായിരുന്ന പല തെറ്റിദ്ധാരണകളും മാറ്റി നവീന രസതന്ത്രത്തിനു് അടിത്തറ ഇട്ടുറപ്പിനു് ലവോയ്സിയേയ്ക്കു് കഴിഞ്ഞതു് അദ്ദേഹം പ്രചരിപ്പിച്ച പരിമാണാത്മകമാർഗങ്ങൾ കൊണ്ടായിരുന്നു. രാസപരിവർത്തനങ്ങളെ സംബന്ധിക്കുന്ന അഞ്ചു് മൗലികനിയമങ്ങളാണു് 'രാസ-സംയോജന നിയമങ്ങൾ' അഥവാ ''സ്റ്റോയ്ക്യോമെട്രിക് നിയമങ്ങൾ (laws of stoichiometry) എന്നു് അറിയപ്പെടുന്നതു്.

1. ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമം

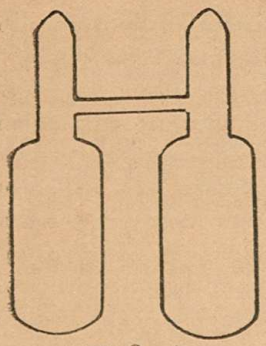
രാസപരിണാമങ്ങളിൽ ദ്രവ്യത്തിനു് നാശം ഉണ്ടാകുന്നില്ലെന്ന തത്വം പൗരാണികയവനചിന്തകന്മാരുടെ ശ്രദ്ധയിൽ പെട്ടിരുന്നു. പില്ക്കാലത്തു് ജ്വലനം, ശ്വാസോഛ്വാസം മുതലായവയെപ്പറ്റി നടത്തപ്പെട്ട പല പരീക്ഷണങ്ങളിലും ദ്രവ്യത്തിനു രാസപരിണാമപ്രക്രിയകളിൽ ഉൽപത്തിവിനാശങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നില്ലെന്ന തത്വം ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതായി കാണുന്നുണ്ടു്. എന്നാൽ ദ്രവ്യസംരക്ഷണ (conservation of matter) ത്തെ പറ്റി വ്യക്തമായി പ്രതിപാദിച്ചതു് 1774-ൽ ലവോയ്സിയേയായിരുന്നു. ദ്രവ്യോല്പത്തിയും ദ്രവ്യവിനാശവും വിലക്കുന്ന ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമം ഇപ്രകാരം പ്രസ്താവിക്കാം: ഒരു വ്യൂഹ (system)ത്തിൽ ഉള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും എന്തു തന്നെയായിരുന്നാലും വ്യൂഹത്തിന്റെ മൊത്തം ഭാരം വ്യത്യാസപ്പെടുകയില്ല. മറ്റൊരു തരത്തിൽ പ്രസ്താവിച്ചാൽ, ഒരു രാസക്രിയ നടക്കുമ്പോൾ അതിൽ പങ്കാളിത്തമുള്ള വിവിധദ്രവ്യങ്ങളുടെ ആകെ ഭാരത്തിനു് വ്യത്യാസമുണ്ടാകുന്നില്ല. രാസപരിവർത്തനങ്ങളിൽ ദ്രവ്യങ്ങൾക്കു് തരഭേദം ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടെങ്കിലും ദ്രവ്യത്തിന്റെ പരിമാണത്തിനു് മാറ്റം ഉണ്ടാകുകയില്ലെന്നു് ഇതിൽ നിന്നു് അനുമാനിക്കാം. ഉദാഹരണമായി A, B എന്നീ പദാർഥങ്ങൾ തമ്മിൽ സംയോജിച്ചു് C എന്ന പദാർഥം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ C യുടെ ഭാരം അതിന്റെ ഉല്പത്തിക്കു് വേണ്ട A യുടേയും B യുടേയും മൊത്തം ഭാരം തന്നെയായിരിക്കും. ദ്രവ്യോല്പത്തിയും ദ്രവ്യനാശവും സംഭവിക്കാതിരിക്കുന്നതിനാലാണല്ലോ ഇപ്രകാരം വരുന്നതു്. അതായതു്, രാസപരിവർത്തനങ്ങളിൽ ദ്രവ്യം സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു എന്നർഥം. രസം, കറുത്തീയം, ചെമ്പു് മുതലായ ലോഹങ്ങൾ വായുവിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന അവയുടെ സ്നേങ്ങൾക്കു്(calxes)

ലോഹത്തെക്കാൾ ഭാരക്കൂടുതൽ ഉണ്ടായിരിക്കുമെന്ന യാഥാർഥ്യം കണ്ടറിഞ്ഞ പ്രാചീനപണ്ഡിതന്മാർക്കു് പക്ഷെ ദ്രവ്യസംരക്ഷണതത്വം ദർശിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. ലാവോയ്സിയേ ആകട്ടെ, സ്നേഹകരണത്തെ ലോഹവും വായുവിലെ ഓക്സിജനും തമ്മിലുള്ള സംയോജനമായി മനസ്സിലാക്കി. തന്മൂലം ഭസ്മത്തിനു് ലോഹത്തെക്കാൾ ഭാരക്കൂടുതൽ കാണുന്നതിൽ അസ്വാഭാവികമായിട്ടൊന്നും കണ്ടില്ല. അക്കാലത്തു് പ്രചരിച്ചിരുന്ന സിദ്ധാന്തപ്രകാരം കത്തുന്ന പദാർഥങ്ങളിലും ലോഹങ്ങളിലും ഫ്ളോജിസ്റ്റൺ എന്ന ഒരു മിഥ്യാപദാർഥം അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതായി കരുതപ്പെട്ടിരുന്നു. ഫ്ളോജിസ്റ്റന്റെ ബഹിർഗമനമാണു് ജ്വാലയെന്നും അവർ വിശ്വസിച്ചു. എന്നാൽ ജ്വലനത്തിൽ ഭാരക്കൂടുതൽ ഉണ്ടാകുന്നതായി കണ്ടപ്പോൾ ഫ്ളോജിസ്റ്റണു് ഋണാത്മകഭാരം ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്നു് വിശ്വസിക്കേണ്ടതായി വന്നു. കഴമ്പില്ലാത്ത ഈ വാദം അവസാനിപ്പിച്ചതു് ലാവോയ്സിയേ ആണു്. ഓക്സിജൻ കണ്ടുപിടിച്ചതോട് കൂടിയാണു് ഫ്ളോജിസ്റ്റൺ സിദ്ധാന്തം തെറ്റാണെന്നു് തെളിയിക്കപ്പെട്ടതു്. ലാവോയ്സിയേ നടത്തിയ പല പരീക്ഷണങ്ങളും അദ്ദേഹത്തിന്റെ ദ്രവ്യസംരക്ഷണതത്വം സമർഥിക്കുന്നതിനു് വേണ്ടിയുള്ളവയായിരുന്നതിനാൽ അദ്ദേഹം ഈ തത്വം അടിസ്ഥാനപരമായി സ്വീകരിച്ചു കൊണ്ടു് ഫ്ളോജിസ്റ്റൺ സിദ്ധാന്തികളെ തോല്പിച്ചു കളഞ്ഞു.

ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമപ്രകാരം ഒരു രാസപരിവർത്തനത്തിലെ അഭികാരകങ്ങളുടെ മൊത്തം ഭാരം ഉല്പന്നങ്ങളുടെ മൊത്തം ഭാരത്തോടു് സമമായിരിക്കണമല്ലോ. ഈ അനുമാനം പരീക്ഷണങ്ങളാൽ കൊണ്ടു് പരിശോധിക്കാവുന്നതാണു്. ഈ വഴിക്കു് അനവധി പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടെങ്കിലും ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമത്തെ വളരെ കർശനമായി ശരിനോക്കലിനു (verification) വിധേയമാക്കിയതു് ലാൻഡോൾട്ടും (1893—1908) ഹെഡ്വെയ്ലറും (1901) ആണു്. ഇവർ പല തരത്തിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും നടത്തി അവയിൽ ദ്രവ്യത്തിന്റെ ആകെ ഭാരത്തിനു് മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നില്ലെന്നു് സമർഥിച്ചു. ഇത്തരം പരീക്ഷണങ്ങളിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന പാത്രമെടുത്തു് അതിന്നകത്തു് അനുയോജ്യമായ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടത്തപ്പെടുന്നു. പരിവർത്തനത്തിനു് മുമ്പും അതിനു ശേഷവും പാത്രത്തിന്റെ കൃത്യമായ ഭാരം നിർണയിക്കപ്പെടുന്നു. പരിവർത്തനഫലമായി ഭാരവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നില്ലെന്നു് കണ്ടാൽ ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമം ശരിയാണെന്ന സംശയാതീതമായി സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

ശരിനോക്കൽ

ലാൻഡോൾട്ടിന്റെ പരീക്ഷണം ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമത്തിന്റെ ശരിനോക്കലിനു ഏറ്റവും അനുയോജ്യമാണു്. ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതു പോലെയുള്ള ഒരു യേനഗ്ലാസു് പാത്രം (Jena glass vessel) ആണു് ലാൻഡോൾട്ടു് ഉപയോഗിച്ച ഉപകരണം.



ചിത്രം 3--1

സമാന്തരങ്ങളായ രണ്ടു കുഴലുകളും തമ്മിൽ മറ്റൊരു ചെറിയ കുഴലു കൊണ്ടു വിലങ്ങനെ ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്ന H ആകൃതിയിലുള്ള ഈ ഉപകരണത്തിന്റെ ഓരോ ഭാഗത്തും ഓരോ അഭികാരക (reactant) ലായനികളും നിറച്ച ശേഷം കൂർത്ത അഗ്രങ്ങളോടു കൂടിയ ഒരു ബ്ലോപൈപ്പ് ജ്വാലയിൽ വെച്ച് ഉരുക്കി സീൽ ചെയ്യുന്നു. ഇതേ വിധത്തിൽ തന്നെ നിറക്കപ്പെട്ട മറ്റൊരു ഉപകരണവും ആദ്യത്തേതും കൂടി ഒരു രാസതുലാസ്സിൽ (chemical balance) വെച്ച് സൂക്ഷ്മമായി സന്തുലനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതിനു ശേഷം അവയിൽ ഒരെണ്ണം പുറത്തെടുത്ത് രണ്ടു ഭാഗത്തുമുള്ള ലായനികളും തമ്മിൽ കലരത്തക്കവണ്ണം നന്നായി കുലുക്കി പ്രതിപ്രവർത്തനം നടത്തുന്നു. അപ്പോൾ അഭികാരകങ്ങൾക്കു രാസപരിണാമം ഉണ്ടാകുകയും തൽഫലമായി ഉല്പന്നങ്ങൾ ഉണ്ടായിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു. മിക്ക രാസപരിണാമങ്ങളിലും താപം ഉല്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ ഉപകരണത്തിന്റെ താപനില അല്പം ഉയരുന്നതു കാണാം. മുറിയിലെ താപനിലയിലേക്ക് ഉപകരണം തണുക്കുമ്പോൾ വീണ്ടും തുലാസ്സിൽ യഥാസ്ഥാനത്തു വെയ്ക്കുന്നു. രാസപരിണാമം കൊണ്ട് ഭാരത്തിൽ എന്തെങ്കിലും വ്യത്യാസം ഉണ്ടായിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ തുലാസ്സിന്റെ സന്തുലനാവസ്ഥ നഷ്ടപ്പെടുമല്ലോ. സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ മാറ്റം വരുന്നില്ലെന്നു കണ്ടാൽ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായി ഭാരവ്യത്യാസം ഉണ്ടായിട്ടില്ലെന്നു അനുമാനിക്കാം. പരീക്ഷണത്തിനിടയിൽ മുറിയിലെ പരിതസ്ഥിതികളിൽ ഉണ്ടായേക്കാവുന്ന മാറ്റം കൊണ്ട് ഉൽപ്ലാവകത (buoyancy) യിൽ വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നതെങ്കിൽ പരിഹരിക്കാനാണ് രണ്ടു ഉപകരണങ്ങളും തമ്മിൽ സന്തുലനം ചെയ്യപ്പെടുന്നതു്.

ഈ പരീക്ഷണത്തിൽ ലാൻഡോൾട്ട് പല രാസ-പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു. അവയിലൊന്നിലും ഗണ്യമായ ഭാരവ്യത്യാസം അദ്ദേഹം കണ്ടില്ല താഴെ ചേർത്തിട്ടുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും ഈ പരീക്ഷണത്തിൽ ഉപയോഗിക്കാവുന്നവയാണ്.

a) സിൽവർ സൽഫേറ്റ് ലായനി ഒരു കുഴലിലും ഫെറസ് സൽഫേറ്റ് ലായനി രണ്ടാമത്തെ കുഴലിലും നിറച്ച് അവ തമ്മിൽ കലർത്തുമ്പോൾ സിൽവറും ഫെറിക് സൽഫേറ്റ് ലായനിയും ഉണ്ടാകുന്നു.

b) ഒരു കുഴലിൽ ഹൈഡ്രയൊഡിക് ആസിഡും മറ്റേതിൽ അയൊഡിക് ആസിഡും എടുത്തു് കുലുക്കുമ്പോൾ അവ തമ്മിൽ പ്രവർത്തിച്ച് അയൊഡീൻ ഉണ്ടാകുന്നു.

c) ഒരു കുഴലിൽ സോഡിയം സൽഫൈറ്റ് ലായനിയും മറ്റേതിൽ അയൊഡീൻ ലായനിയും എടുത്തു് അവ തമ്മിൽ കലർത്തുമ്പോൾ അയൊഡീൻ ലായനിയുടെ നിറം നഷ്ടപ്പെടും. സോഡിയം അയൊഡൈഡും സോഡിയം സൽഫേറ്റും ഉണ്ടാകുന്നതിനാലാണിതു്.

d) സിൽവർ നൈട്രേറ്റ് ലായനിയും പൊട്ടാസിയം ക്രോമേറ്റ് ലായനിയും തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ചുവന്ന സിൽവർ ക്രോമേറ്റ് അവക്ഷേപിക്കുകയും ലായനിയിൽ പൊട്ടാസിയം നൈട്രേറ്റ് ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

(e) ബേറിയം ക്ലോറൈഡ് ലായനിയും സോഡിയം സൽഫേറ്റ് ലായനിയും തമ്മിൽ കലർത്തുമ്പോൾ സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് ലായനിയും അവിലേയമായ (insoluble)വെളുത്ത ബേറിയം സൽഫേറ്റും ഉണ്ടാകുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ഏതു പ്രതിപ്രവർത്തനവും ഈ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണു്. എന്നാൽ ചില കാര്യങ്ങൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതുണ്ടു്.

(i) പ്രവർത്തനം നടക്കുന്നതിനു് താപനത്തിന്റെ ആവശ്യം ഉണ്ടാകരുതു്.

(ii) പ്രവർത്തനത്തോടൊപ്പം അധികം പുകയുണ്ടാകാൻ പാടില്ല.

(iii) വാതകോല്പന്നങ്ങൾ ഉണ്ടാകരുതു്.

ഈ നിബന്ധനകളിൽ ഉൾപ്പെടാത്ത പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമത്തിനു് തികച്ചും വിധേയങ്ങളാണു്. എന്നാൽ അത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചു് ശരിനോക്കൽ നടത്തുമ്പോൾ ചില മുൻകരുതലുകൾ എടുക്കേണ്ടിവരും. ഉദാഹരണമായി ലാൻഡോൾട്ടിന്റെ എല്ലാ പരീക്ഷണങ്ങളിലും വളരെ കുറഞ്ഞതെങ്കിലും സ്പഷ്ടമായ ഭാരനഷ്ടം ഉണ്ടായിരുന്നു. ഈ ഭാരനഷ്ടം തികച്ചും അനുവദനീയമാണു്. രണ്ടു കാരണങ്ങളാൽ ഈ ഭാരനഷ്ടത്തെ വിശദീകരിക്കാവുന്നതാണു്. ഒന്നാമതായി മിക്കവാറും എല്ലാ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലും അല്പമെങ്കിലും തപോല്പാദനം ഉണ്ടാകുന്നു. തൽഫലമായി ഉപകരണത്തിന്റെ താപനില ഉയരുന്നു. അപ്പോൾ വായുവിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന നീരാവിയുടെ ഒരു ഭാഗം നഷ്ടമാകുന്നു. വീണ്ടും പഴയ താപനിലയിലേക്കു് ഉപകരണം തണുപ്പിച്ചു് വളരെ നേരം കഴിഞ്ഞതിനു ശേഷം മാത്രമേ നഷ്ടപ്പെട്ട നീരാവി വീണ്ടും ഉപരിതലത്തിൽ അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നുള്ളു. രണ്ടാമതായി, താപവിസർജനത്താൽ താപനില ഉയരുമ്പോൾ ഉപകരണം അല്പം വികസിക്കും. വീണ്ടും തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ ഈ വികാസം നിലനിൽക്കുന്നു. പാത്രം ചുരുങ്ങി പൂർവാവസ്ഥയിലുണ്ടായിരുന്ന വ്യാപ്തം ആയിത്തീരാൻ വളരെ നാളുകൾ തന്നെ വേണ്ടിവരും. ഇക്കാരണത്താൽ ഉപകരണത്തിന്റെ ഉൾപ്രാവകതയിൽ അല്പം വ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ രണ്ടു അപാകതകൾ പരിഹരിക്കുന്നതിനായി ഉപകരണത്തിന്റെ ഭാരം പ്രതിപ്രവർത്തനം കഴിഞ്ഞ വളരെയേറെ സമയത്തിനു ശേഷം നിർണയിച്ചാൽ മതിയാകുന്നതാണു്. അങ്ങനെ പരീക്ഷണം നടത്തിയപ്പോൾ ഭാരനഷ്ടം വളരെ തുച്ഛമാണെന്നു് ലാൻഡോൾട്ട് കണ്ടുപിടിച്ചു. അതിസൂക്ഷ്മമായ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ ഉണ്ടായ ഭാരനഷ്ടം ഒരു കോടിയിൽ ഒരംശം മാത്രമായിരുന്നു.

ലാൻഡോൾട്ട് പരീക്ഷണത്തിന്റെ വകഭേദം

സാധാരണ ലാബറട്ടറികളിൽ ലാൻഡോൾട്ടിന്റെ പരീക്ഷണം അല്പം വ്യത്യാസപ്പെടുത്തി ലളിതമാക്കാവുന്നതാണു്. അഭികാരകലായനികളിൽ

ഒരെണ്ണം ഒരു കോണികഫ്ളാസ്കിൽ എടുക്കുക. മറേറ ലായനി ഒരു ചെറിയ ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിൽ നിറച്ച് ലായനികളും തമ്മിൽ കലരാത്ത വിധം ടെസ്റ്റ് ട്യൂബ് ഫ്ളാസ്കിനുള്ളിൽ നിർത്തുക. ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിൽ ഒരു ചരട് കെട്ടി അതു് ഫ്ളാസ്കിന്റെ വായിൽ കൂടി പുറത്തേയ്ക്കു് പിടിച്ചു കൊണ്ടു് ഒരു റബ്ബർ കോക്ക് കൊണ്ടു് ഫ്ളാസ്കു് അടയ്ക്കുക. (ചിത്രം 3–2)

ചിത്രം 3–2

ഫ്ളാസ്കിന്റെ മൊത്തം ഭാരം നിർണയിച്ച ശേഷം ലായനികളും തമ്മിൽ കലരത്തക്കവണ്ണം കുലുക്കുക. പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നുണ്ടെങ്കിൽ മുറിയിലെ താപനിലയിലേക്കു് തണുക്കുന്നതിനായി കുറെ സമയം വെയ്ക്കുക. ഇടയ്ക്കിടെ ഫ്ളാസ്കു് കുലുക്കുന്നതു് നല്ലതാണു്. തണുത്ത ശേഷം, ഫ്ളാസ്കിന്റെ മൊത്തം ഭാരം വീണ്ടും നിർണയിക്കുക. അഗണ്യമായ ഭാരവ്യത്യാസമേ ഉണ്ടാകുന്നുള്ളു എന്നു് കാണാവുന്നതാണു്.

കുറിപ്പു്:–അടുത്ത കാലത്തായി ന്യൂക്ലിയർ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലും, റേഡിയോ ആക്ടിവിറ്റി പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലും ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമം അസാധുവാണു് എന്നു് മനസ്സിലായിരിക്കുന്നു. ''ദ്രവ്യം + ഊർജം'' എപ്പോഴും സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു; അവ വെവ്വേറെ സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നില്ല. ദ്രവ്യത്തിന്റെ സംരക്ഷണം പോലെത്തന്നെ ഊർജത്തിന്റെ സംരക്ഷണവും അടിസ്ഥാനപരമായ ഒരു തത്വമാണു്. ഈ രണ്ടു നിയമങ്ങളും (ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമവും ഊർജസംരക്ഷണനിയമവും) സാധാരണപരിവർത്തനങ്ങളിലെല്ലാം ഏറക്കുറെ ശരിയാണു്. എന്നാൽ ന്യൂക്ലിയർ പരിവർത്തനങ്ങളിൽ ഇവ രണ്ടും വെവ്വേറെ അനുസരിക്കപ്പെടുന്നില്ല. ദ്രവ്യത്തിന്റെയും ഊർജത്തിന്റെയും ആകത്തുക ഇത്തരം പരിവർത്തനങ്ങളിൽ സ്ഥിരമായിത്തന്നെയിരിക്കും. ദ്രവ്യവും ഊർജവും പരസ്പരം രൂപാന്തരീകരിക്കപ്പെടുന്നതിനാലാണു് ഇത്തരം പരിവർത്തനങ്ങളിൽ ദ്രവ്യവും ഊർജവും വെവ്വേറെ സംരക്ഷിക്കപ്പെടാത്തതു്.

നിശ്ചിതാനുപാതനിയമം

യൗഗികങ്ങളുടെ ചേരുവകളെ സംബന്ധിക്കുന്ന ഈ നിയമം 17–ാം ശതകത്തിൽ തന്നെ പലരും ഊഹിച്ചിരിക്കുന്നുണ്ടെന്നു് അനുമാനിക്കാം. പരിമാണാത്മകവിശ്ലേഷണവിധികളിൽ (quantitative analytical methods) ഗവേഷണം നടത്തിയിരുന്ന പലരും ഓരോ യൗഗികങ്ങൾക്കും നിശ്ചിതമായ ചേരുവ ഉണ്ടായിരിക്കുമെന്ന ഈ തത്വം അംഗീകരിക്കാൻ പരോക്ഷമായെങ്കിലും നിർബന്ധിതരായിട്ടുണ്ടു്. 1703–ൽ കങ്ഖൽ (Kunckel) പച്ചനിറമുള്ള ഭാഗം വെള്ളിയിൽ നിന്നും പതിനാറു ഭാഗം ''വെളുത്ത വെള്ളി ഭസ്മം'' (white silver calx) കിട്ടുമെന്നും കണ്ടുപിടിച്ചു. (സിൽവർ ക്ലോറൈഡാണു് ഈ പേരിൽ അറിയപ്പെട്ടിരുന്നതു്). 1784 നോടടുത്ത കാലഘട്ടത്തിൽ ബെർഗ്മാൻ അനവധി ലോഹലവണങ്ങളെ വിശ്ലേഷണം ചെയ്തിട്ടുണ്ടു്. യൗഗികങ്ങളുടെ ചേരുവയി

ലുള്ള സുസ്ഥിരത ഇവർ അംഗീകരിച്ചിട്ടുണ്ടാകണം. എന്നാൽ ഓരോ ശുദ്ധയൗഗികത്തിനും സുസ്ഥിരവും പ്രത്യേകവും ആയ ചേരുവയാണു് ഉള്ളതെന്നും ഈ ചേരുവ വ്യത്യാസപ്പെടുത്താൻ മനുഷ്യൻ അശക്തനാണെന്നും മറ്റും വ്യക്തമായി പ്രതിപാദിച്ചതു് സുപ്രസിദ്ധഫ്രഞ്ചുരസതന്ത്രജ്ഞനായ പ്രൗസ്റ്റു് (1754–1826) ആയിരുന്നു. ഖനിജങ്ങളെയും കൃത്രിമമായി നിർമിക്കപ്പെട്ട യൗഗികങ്ങളെയും സംബന്ധിക്കുന്ന ഒരു സുദീർഘമായ ഗവേഷണപരമ്പരയുടെ ഫലമായിട്ടാണു് പ്രൗസ്റ്റു് സ്ഥിരാനുപാതനിയമത്തിൽ എത്തിച്ചേർന്നതു്. യൗഗികങ്ങളുടെ ചേരുവ സ്ഥിരമായ ഒന്നല്ലെന്നു് ശക്തിയുക്തം വാദിച്ച സി. എൽ. ബെർത്തൊലെയുടെ വാദമുഖങ്ങളെ ഖണ്ഡിച്ചു് ഈ നിയമത്തിന്റെ പ്രാബല്യം സമർഥിക്കുന്നതിനു് പ്രൗസ്റ്റു് വളരെയേറെ വിഷമിച്ചിരുന്നു. പ്രൗസ്റ്റു്—ബെർത്തൊലെ സംവാദചരിത്രത്തിലെ അതിപ്രധാനമായ ഒരു സംഭവമിതാണു്. വെള്ളത്തീയവും (Tin) കറുത്തീയവും (Lead) മറ്റും വായുവിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ അവ ഓക്സിജനെ അല്പാല്പമായി ഗ്രഹിക്കുകയും ഒരു പരിധി വരെ അതു് തുടരുകയും ചെയ്യുന്നു എന്നും അതിനാൽ ഓക്സൈഡിനു് സ്ഥിരമായ ചേരുവ ഇല്ലെന്നും ബെർത്തൊലെ വാദിച്ചു. ഈ പരിവർത്തനം തുടർച്ചയായി നടക്കുന്നു എന്നതിനു് തെളിവായി തുടർച്ചയായുണ്ടാകുന്ന നിറവ്യത്യാസം അദ്ദേഹം ചൂണ്ടിക്കാട്ടി. ഓക്സിജനും ലോഹവും തമ്മിൽ ഒരു പരിധി വരെ ഏതു് അനുപാതത്തിലും സംയോജനം നടക്കുന്നു എന്നു് അദ്ദേഹം വാദിച്ചു ഈ അഭിപ്രായങ്ങളെ പ്രൗസ്റ്റു് നിരാകരിച്ചു. ലോഹം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുമ്പോൾ തുടർച്ചയായി കൂടുതൽ കൂടുതൽ ഓക്സിജൻ ലോഹം ഗ്രഹിക്കുന്നതായി തോന്നാമെങ്കിലും ഇടയ്ക്കു കിട്ടുന്ന പദാർഥം ഒരു നിശ്ചിത യൗഗികമല്ലെന്നും ഓരോ ഘട്ടത്തിലും ഉള്ള പദാർഥങ്ങൾ ഒന്നിലധികം ഓക്സൈഡുകളോ, അഥവാ ഓക്സൈഡും ലോഹവും ചേർന്ന മിശ്രിതങ്ങളോ ആണെന്നും ഇവയെയാണു് ബെർത്തൊലെയൗഗികങ്ങളായി തെറ്റിദ്ധരിച്ചിട്ടുള്ളതെന്നും വിശദീകരിച്ചു കൊണ്ടു് പ്രൗസ്റ്റു് സ്ഥിരാനുപാതതത്ത്വത്തെ മുറുകെപ്പിടിച്ചു. മാത്രമല്ല, നിശ്ചിതാനുപാത നിയമം (law of definite proportions) കൊണ്ടു് മിശ്രിതത്തെയും ലായനിയെയും യൗഗികങ്ങളിൽ നിന്നു് തിരിച്ചറിയേണ്ടതാണെന്നും അദ്ദേഹം വാദിച്ചു. 1799–ൽ പ്രൗസ്റ്റു് പ്രഖ്യാപിച്ച നിശ്ചിതാനുപാതനിയമം ഇത്തരം ഒട്ടനവധി ദുർഘടങ്ങളെ തരണം ചെയ്തു് ഒടുവിൽ 1805–ൽ മാത്രമാണു് സാർവത്രികമായി അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടതു്. 1807–ൽ ഡാൾട്ടന്റെ അണുസിദ്ധാന്തം ആവിർഭവിച്ചതോടു കൂടി നിശ്ചിതാനുപാതതത്ത്വത്തെപ്പറ്റിയുള്ള വാദപ്രതിവാദങ്ങളും അസ്തമിക്കുകയുംചെയ്തു.

പ്രസ്താവന: മൂലകങ്ങൾ നിശ്ചിതാനുപാതത്തിൽ സംയോജിച്ചു് യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. അതിനാൽ ഓരോ ശുദ്ധയൗഗികങ്ങളുടെയും രാസചേരുവ സ്ഥിരമായിരിക്കും. ഈ ചേരുവ യൗഗികത്തിന്റെ നിർമാണരീതിയേയും മറ്റും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നതല്ല. ഓരോ യൗഗികത്തിലും ഒരേ മൂലകങ്ങൾ നിശ്ചിതമായ അനുപാതത്തിൽ സംയോജിച്ചിരിക്കുമെന്നു് സാരം. ഉദാഹരണമായി ഒരേ യൗഗികം തന്നെ പല വിധത്തിലും നിർമിക്കാം. പ്രകൃതിയിൽ തന്നെ ഈ യൗഗികം

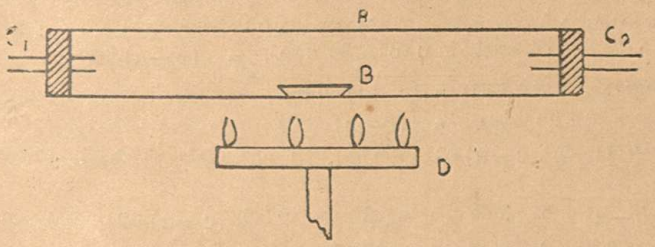
കണ്ടെന്നു വരാം. ഈ സാമ്പിളുകൾക്കെല്ലാം ഒരേ രാസവാക്യം തന്നെ ആയിരിക്കുമെന്നാണ് നിശ്ചിതാനുപാതനിയമം അനുശാസിക്കുന്നത്. ജലത്തിന്റെ കാര്യം തന്നെ എടുത്തു നോക്കുക. ശുദ്ധജലം പല തരത്തിലും നിർമിക്കാം: പ്രകൃതിജലം സ്വേദനം ചെയ്തും മറ്റും ശുദ്ധീകരിക്കുക; വായുവിലോ ഓക്സിജനിലോ ഹൈഡ്രജൻ കത്തിക്കുക; ചൂടാക്കിയ കോപ്പർ ഓക്സൈഡിനു മീതെ കൂടി ഹൈഡ്രജൻ കടത്തി വിടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന നീരാവി തണുപ്പിക്കുക; നീലനിറത്തിലുള്ള ജലയോജിത കോപ്പർ സൽഫേറ്റ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ ചൂടാക്കുക—എന്നിങ്ങനെ പല പ്രകാരത്തിലും ആകാം. ഈ സാമ്പിളുകളെയെല്ലാം രാസപരിശോധന നടത്തിയാൽ അവയിലെല്ലാം ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും മാത്രമാണുള്ളതെന്നും ഈ രണ്ടു മൂലകങ്ങളും യഥാക്രമം 1.008:8 എന്ന ഭാരാനുപാതത്തിൽ സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നും കാണാവുന്നതാണ്.

ചെമ്പ് വായുവിലോ ഓക്സിജനിലോ ശക്തിയായി ചൂടാക്കിയും, കോപ്പർ കാർബണേറ്റ് ചൂടാക്കിയും മറ്റു മാർഗങ്ങളിലൂടെയും കിട്ടുന്ന കറുത്ത കോപ്പർ ഓക്സൈഡ് (ക്യൂപ്രിക് ഓക്സൈഡ്) സാമ്പിളുകൾ ഓരോന്നും പരിശോധിച്ചാൽ അവയ്ക്കെല്ലാം ഒരേ രാസവാക്യമാണുള്ളതെന്നു പരീക്ഷണങ്ങൾ കൊണ്ടു തെളിയിക്കാവുന്നതാണ്.

നിശ്ചിതാനുപാതനിയമത്തിന്റെ ശരിനോക്കൽ

ഒരേ യൗഗികം തന്നെ പല രീതികളിൽ നിർമിച്ച് ആ സാമ്പിളുകളുടെയെല്ലാം രാസവാക്യം ഒന്നു തന്നെയെന്നു പരീക്ഷണങ്ങൾ കൊണ്ടു തെളിഞ്ഞാൽ നിശ്ചിതാനുപാതനിയമം ശരിയാണെന്നു വ്യക്തമാകുന്നതാണ്. വളരെ ക്ലേശിക്കാതെ വിശ്ലേഷണം ചെയ്ത് വാക്യം നിർണയിക്കാവുന്ന യൗഗികങ്ങളാണ് ശരിനോക്കലിനു തിരഞ്ഞെടുക്കേണ്ടത്. കോപ്പർ ഓക്സൈഡിനേറെയും ലെഡ് ക്ലോറൈഡിനേറെയും വാക്യങ്ങളെ ആസ്പദമാക്കിയുള്ള രണ്ടു പരീക്ഷണങ്ങൾ ഇവിടെ വിവരിക്കാം.

1. കോപ്പർ ഓക്സൈഡിന്റെ വാക്യനിർണയം വളരെ എളുപ്പത്തിൽ നടത്താവുന്നതാണ്. കോപ്പറും ഓക്സിജനും സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന ഈ യൗഗികം ചൂടാക്കിക്കൊണ്ട് അതിന്മേൽ കൂടി ഹൈഡ്രജൻ കടത്തി വിടുമ്പോൾ ഓക്സൈഡിലെ ഓക്സിജൻ മുഴുവനും ഹൈഡ്രജൻ അപഹരിച്ച് ജലം ഉണ്ടാവുകയും ശുദ്ധമായ ചെമ്പ് അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്യും. കോപ്പർ ഓക്സൈഡ് + ഹൈഡ്രജൻ = കോപ്പർ + നീരാവി. നിശ്ചിതഭാരം ഓക്സൈഡ് ഇത്തരത്തിൽ പരിവർത്തനവിധേയമാക്കി അതിൽ നിന്ന് കിട്ടുന്ന ചെമ്പിന്റെ ഭാരം നിർണയിക്കാം. ഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരവും അതിലുള്ള ചെമ്പിന്റെ ഭാരവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം ആണ് അതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഓക്സിജന്റെ ഭാരം. ഈ പരിവർത്തനത്തിനു വേണ്ട ഉപകരണമാണ് ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നത്.



ചിത്രം 3—3

ഏകദേശം 100 സെ. മീ. നീളമുള്ളതും കഠിനഗ്ലാസ് കൊണ്ട് നിർമിക്കപ്പെട്ടതുമായ ഒരു കുഴൽ — ദഹനനളി (combustion tube) — വിലങ്ങനെ ക്ലാമ്പ് ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു (A). ദഹന നളിയുടെ രണ്ടറ്റങ്ങളും ഓരോ ദ്വാരമുള്ള റബ്ബർ കോർക്കുകളും കൊണ്ട് ഭദ്രമായി അടച്ചിട്ടുണ്ട്. കോർക്കുകളിലെ ദ്വാരങ്ങളിൽ കൂടി ഓരോ ചെറിയ ഗ്ലാസ് കുഴലുകളും ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു (C_1, C_2). ചെറിയ ഒരു പോഴ്സിലേൻബോട്ട് വൃത്തിയാക്കി ഉണക്കി അതിന്റെ ഭാരം സൂക്ഷ്മമായി നിർണയിക്കുക. ഏകദേശം 1 ഗ്രാം ശുദ്ധമായ ശുഷ്കകോപ്പർ ഓക്സൈഡ് ബോട്ടിൽ എടുത്ത് വീണ്ടും ഭാരം നിർണയിക്കുക. അതിനു ശേഷം ഒരു കോർക്ക് നീക്കി ദഹനനളിയുടെ മധ്യഭാഗത്തായി ബോട്ട് വെയ്ക്കുക (B). കോർക്ക് വീണ്ടും ഉറപ്പിച്ച കഴിഞ്ഞ് ഒരറ്റത്തു കൂടി ശുദ്ധവും ശുഷ്കവുമായ ഹൈഡ്രജൻ പ്രവഹിപ്പിക്കുക. പ്രവാഹം സാവധാനത്തിൽ മതി. വാതകം ഒരറ്റത്തു കൂടി പ്രവേശിച്ച് മറേ അറ്റത്തു കൂടി പുറത്തേക്കു പോകുന്നു. ഈ സമയത്ത് അനേകം ജ്വാലകളോട് കൂടി കത്തുന്ന ഒരു പ്രത്യേക ബർണർ (D) ഉപയോഗിച്ച് ദഹനനളിയുടെ മധ്യഭാഗം ചൂടാക്കുക. ബോട്ടിലുള്ള ഓക്സൈഡ് ചൂട് പിടിക്കുമ്പോൾ ഹൈഡ്രജനുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുകയും ക്രമേണ ഓക്സൈഡ് മുഴുവനും ചെമ്പ് ആയിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു. അപ്പോഴുണ്ടാകുന്ന നീരാവി വാതകധാരയിൽ കൂടി പുറംതള്ളപ്പെടും. പരിവർത്തനം പൂർത്തിയാകുമ്പോൾ ബർണർ അണച്ച് ദഹനക്കുഴലും ബോട്ടും ഹൈഡ്രജൻ പ്രവാഹത്തിൽ തന്നെ തണുക്കാൻ അനുവദിക്കുക. ഇപ്പോൾ ബോട്ടിനുള്ളിൽ ഓക്സൈഡിലുണ്ടായിരുന്ന ചെമ്പു മാത്രമേ അവശേഷിക്കുന്നുള്ളൂ. ചെമ്പോട് കൂടി ബോട്ടിനെ ദഹനനളിയുടെ പുറത്തെടുത്ത് അതിന്റെ ഭാരം വീണ്ടും സൂക്ഷ്മമായി നിർണയിക്കുക. ബോട്ടിനെ പിന്നെയും ദഹനനളിക്കകത്തു വെച്ച് ചൂടാക്കലും ഹൈഡ്രജൻ പ്രവാഹത്തിൽ തണുപ്പിച്ച് ഭാരം നിർണയിക്കലും ആവർത്തിക്കുക. പരിവർത്തനം പൂർത്തിയായോ എന്ന് പരിശോധിക്കുന്നതിനാണിത്. പൂർത്തിയായാൽ ബോട്ടിന്റെ ഭാരം സ്ഥിരമായിരിക്കും. ഭാരം സ്ഥിരമായി കിട്ടുന്നതു വരെ ഈ ക്രിയകളും ആവർത്തിക്കണം.

ഇതേ പരീക്ഷണം തന്നെ പല കോപ്പർ ഓക്സൈഡ് സാമ്പിളുകളും ഉപയോഗിച്ച് ആവർത്തിക്കാം. ഓരോന്നിന്റെയും ചേരുവ താഴെ ചേർത്തിരിക്കുന്ന വിധത്തിൽ കണക്കാക്കുക.

ബോട്ടിന്റെ ഭാരം = a ഗ്രാം

ബോട്ടിന്റെയും കോപ്പർ ഓക്സൈഡിന്റെയും ഭാരം = b ഗ്രാം

ബോട്ടിന്റെയും കോപ്പറിന്റെയും സ്ഥിരമായ ഭാരം = c ഗ്രാം

$\therefore$ കോപ്പർ ഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരം = $(b-a)$ ഗ്രാം

കോപ്പറിന്റെ ഭാരം = $(c-a)$ ഗ്രാം

ഓക്സിജന്റെ ഭാരം = $(b-c)$ ഗ്രാം

അതായത് $(c-a)$ ഗ്രാം കോപ്പർ $(b-c)$ ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്നു.

$(b-a)$ ഗ്രാം കോപ്പർ ഓക്സൈഡിൽ $(c-a)$ ഗ്രാം കോപ്പറും $(b-c)$ ഗ്രാം ഓക്സിജനും സംയോജിച്ചിരിക്കണം.

$$\therefore \text{കോപ്പർ ഓക്സൈഡിലെ കോപ്പറിന്റെ ശതമാനം} = \frac{(c-a)}{(b-a)} \times 100$$

$$\text{ഓക്സിജന്റെ ശതമാനം} = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100$$

എല്ലാ സാമ്പിളുകളിലും ഉള്ള മൂലകങ്ങളുടെ ശതമാനങ്ങളും തുല്യമാണെന്നും ഈ പരീക്ഷണത്തിൽ നിന്നും വ്യക്തമാകും. അതായത് യൗഗികങ്ങൾക്ക് നിശ്ചിത ഘടനാവ ഉണ്ടെന്നും അനുമാനിക്കാം. നിശ്ചിതാനുപാതനിയമപ്രകാരം നാം പ്രതീക്ഷിക്കുന്നതും ഇതു തന്നെയാണല്ലോ.

2. ലെഡ് ക്ലോറൈഡിന്റെ ഘടനാവ നിർണയിച്ച് നിശ്ചിതാനുപാത നിയമം ശരിയാണോ എന്നു പരിശോധിക്കുവാനുള്ള ഒരു പരീക്ഷണം കൂടി പറയാം. അഭികാരകങ്ങളും പല അളവുകളിൽ എടുത്ത് നിർമിക്കപ്പെടുന്ന ഒരു യൗഗികത്തിന്റെ ഓരോ സാമ്പിളിനും ഘടനാവ ഒന്നു തന്നെയാണെന്ന് ഈ പരീക്ഷണം കൊണ്ട് തെളിയുന്നു.

വൃത്തിയാക്കിയതും ഉണക്കിയതുമായ രണ്ടു പോഴ്സിലേൻ ഡിഷുകളുടെ ഭാരം കാണുക. അവയിൽ ഓരോന്നിലും വ്യത്യസ്തഭാരമുള്ള കറുത്തീയത്തകിടുകളും (lead foils)—ഏകദേശം 1 മുതൽ 2 ഗ്രാം വരെയാകാം—ഇട്ട ശേഷം അവയുടെ ഭാരം വീണ്ടും നിർണയിക്കുക. ഡിഷുകളെ ഓരോ കവർഗ്ലാസ്സു കൊണ്ട് അടച്ച് ഓരോന്നിലും വേണ്ടത്ര 2:1 നൈട്രിക് ആസിഡ് അല്പാല്പമായി ചേർത്ത് ലോഹം മുഴുവനും വിലയിപ്പിക്കുക. കറുത്തീയവും ആസിഡും പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുന്നതോടെ ലെഡ് നൈട്രേറ്റും നൈട്രജൻ പെറോക്സൈഡ് വാതകവും ഉണ്ടാകും. വാതകം ബഹിർഗമിക്കുകയും ഡിഷിലെ ലായനിയിൽ ലെഡ് നൈട്രേറ്റ് അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കവർഗ്ലാസിന്റെ അടിഭാഗത്തു പറ്റിയിരിക്കാവുന്ന ലായനി നഷ്ടപ്പെടാതിരിക്കുന്നതിനു അല്പം ശുദ്ധജലം കൊണ്ട് അടിഭാഗം ഡിഷിലേക്കു തന്നെ കഴുകി ഒഴിക്കുക. അടുത്തതായി ഓരോ ഡിഷിലും വേണ്ടതിലധികം സാന്ദ്രഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് ഒഴിക്കുക. ലായനിയിലെ ലെഡ് നൈട്രേറ്റ് മുഴുവനും ലെഡ് ക്ലോറൈഡായിത്തീരുന്നു. ലെഡ് ക്ലോറൈഡിനു പുറമേ ഡിഷുകളിൽ അധികമുള്ള നൈട്രിക് ആസിഡും ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡും ഉണ്ടായിരിക്കും. അടുത്ത

തായി ഡിഷുകം നീരാവിബാത്തിൽ വെച്ച് (steam bath) ചൂടാക്കുമ്പോൾ ജലം, നൈട്രിക് ആസിഡ്, ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് എന്നിവയെല്ലാം ബാഷ്പീഭവി (volatilize) ക്കുകയും ലെഡ്ക്ലോറൈഡു മാത്രം അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ സമയം ഡിഷ് ബാത്തിൽ നിന്നു മാറ്റി അതിന്റെ പുറം തുടച്ച ശേഷം ഒരു മണൽ ബാത്തിൽ വെച്ച് സാവധാനം ചൂടാക്കുക. ജലാംശം ലേശം പോലും അവശേഷിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ അതു് അകറ്റുന്നതിനാണിതു്. എന്നാൽ വളരെ കൂടുതൽ ചൂടാക്കിയാൽ ലെഡ്ക്ലോറൈഡു തന്നെ ആവിയായി നഷ്ടപ്പെടാവുന്നതിനാൽ നിയന്ത്രിതമായി വേണം ചൂടാക്കുവാൻ. അല്പനേരം ചൂടാക്കിയശേഷം ഡിഷുകം ഡെസിക്കേറ്ററിനുള്ളിൽ വെച്ച് തണുപ്പിക്കുക. ഡിഷുകം തണുക്കുമ്പോൾ അവയുടെ ഭാരം നിർണയിക്കുക. മണൽ ബാത്തിൽ വെച്ച് ചൂടാക്കലും ഭാരം നിർണയിക്കലും സ്ഥിരമായ ഭാരം വരുന്നതു വരെ ആവർത്തിക്കേണ്ടതാണു്. ഡിഷിന്റെ ഭാരം, ഡിഷും ലെഡ്സ്ലും കൂടിയുള്ള ഭാരം, ഡിഷും ലെഡ്ക്ലോറൈഡും കൂടിയുള്ള ഭാരം എന്നിവയിൽ നിന്നു് ലെഡ്ക്ലോറൈഡ് സാമ്പിളുകളുടെ ചേരുവകൾ കണക്കാക്കാം. രണ്ടു സാമ്പിളുകൾക്കും ഒരേ ചേരുവ തന്നെയാണുള്ളതെന്നു് കാണാം. ഈ വസ്തുത നിശ്ചിതാനുപാതനിയമത്തിനു് അനുസൃതമാണല്ലോ.

കുറിപ്പ്: 1. ഐസോടോപുകം കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടതോടു കൂടി നിശ്ചിതാനുപാതനിയമം അല്പം ഭേദഗതി ചെയ്യേണ്ടതായി വരുന്നു. ഉദാഹരണമായി സാധാരണ കുത്തിയത്തിൽ നിന്നു് കിട്ടുന്ന ലെഡ് ക്ലോറൈഡും, യുറേനിയത്തിന്റെ റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ക്ഷയം (decay) കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന ലെഡ്സ്ലിൽ നിന്നു് കിട്ടുന്ന ലെഡ്ക്ലോറൈഡും തമ്മിൽ രാസചേരുവയിൽ അല്പം വ്യത്യാസം ഉണ്ടായിരിക്കും. എന്നാൽ മൂലകങ്ങളിൽ സാധാരണയായുള്ള ഐസോടോപ് അനുപാതം സ്ഥിരമായതിനാൽ നിശ്ചിതാനുപാതനിയമം മിക്കവാറും സാധുവാണു്.

2. ഈ നിയമത്തിനു് വിലോമം ഇല്ല. അതായതു്, രണ്ടു് യൗഗികങ്ങൾക്കു് രാസചേരുവ ഒന്നു തന്നെയാണെങ്കിലും അവ ഒരേ പദാർഥങ്ങളാകണമെന്നില്ല (പോളിമെറീകരണം, ഐസോമെറിസം എന്നിവ നോക്കുക).

3. ബഹുഗുണാനുപാതനിയമം

ഒരേ മൂലകങ്ങളും തമ്മിൽ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ അനുപാതങ്ങളിൽ സംയോജിച്ചു് ഒന്നിലധികം യൗഗികങ്ങളും ഉണ്ടാകാമെന്ന വസ്തുത പ്രൗസ്റ്റും മറ്റും മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നു. ഓരോ യൗഗികത്തിനും നിശ്ചിതമായ അനുപാതവും ഉണ്ടായിരിക്കും. എന്നാൽ ഒരേ മൂലകങ്ങളിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന വ്യത്യസ്തയൗഗികങ്ങളുടെ രാസചേരുവകളും തമ്മിലുള്ള ലളിതമായ ബന്ധം പ്രൗസ്റ്റിനു പോലും പിടികിട്ടിയിരുന്നില്ല. അക്കാലത്തു് നിർണയിക്കപ്പെട്ടിരുന്ന രാസചേരുവകൾ അത്ര വളരെ സൂക്ഷ്മമായിരുന്നില്ല എന്നതായിരിക്കാം അതിനു കാരണം. എന്നാൽ അണുസിദ്ധാന്തത്തിനു് രൂപം കൊടുത്തു കൊണ്ടിരിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ ഉപജ്ഞാതാവായ ജോൺ ഡാൾട്ടൺ, ഒരേ മൂലകങ്ങളും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന വ്യത്യസ്തയൗഗികങ്ങളുടെ രാസചേരുവകളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം വ്യക്തമാക്കുന്ന ബഹുഗുണാ

നുപാതനിയമം (law of multiple proportions) അന്നു സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഊഹിച്ചെടുക്കുകയും തുടർന്നുണ്ടായ പരീക്ഷണംങ്ങളാൽ കൊണ്ടു് അതു ശരിയാണോ എന്ന പരിശോധിക്കുകയും ചെയ്തു. 1803 – ലാണു ഡാൾട്ടൺ ബഹുഗുണാനുപാതനിയമം പ്രഖ്യാപിച്ചതു്. കാർബണിന്റെ ഓക്സൈഡുകളുടെയും ഹൈഡ്രോകാർബൺ വാതകങ്ങളുടെയും ചേരുവകളിൽ നിന്നു് ഈ നിയമം ആവിഷ്കരിക്കപ്പെട്ടതായി കരുതാം. എങ്കിലും അന്നു സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഈ നിയമം അദ്ദേഹം പ്രതീക്ഷിച്ചതിനാൽ മാത്രമാണു് കണ്ടെത്തിയതു്. കാരണം ഡാൾട്ടന്റെ പരീക്ഷണങ്ങളാകട്ടെ അതുറപ്പാക്കാനും സൂക്ഷ്മതയുള്ളവയായിരുന്നില്ല.

പ്രസ്താവന: രണ്ടു മൂലകങ്ങൾ തമ്മിൽ സംയോജിച്ചു് ഒന്നിലധികം യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകുമ്പോൾ അവയിൽ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഏതെങ്കിലും ഒരു നിശ്ചിതഭാരവുമായി ചേർന്നു് ഓരോ യൗഗികങ്ങളിലും ഉണ്ടാകാൻ വേണ്ട മറ്റേ മൂലകത്തിന്റെ വ്യത്യസ്തഭാരങ്ങൾ തമ്മിൽ ലളിതമായ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കും.

A, B എന്ന രണ്ടു മൂലകങ്ങൾ യോജിച്ചു് X, Y എന്ന രണ്ടു യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. X എന്ന യൗഗികത്തിൽ A യും B യും $l : m$ എന്ന അനുപാതത്തിലും Y എന്ന യൗഗികത്തിൽ അവ $p : q$ എന്ന അനുപാതത്തിലും സംയോജിക്കുന്നു എന്നും സങ്കല്പിക്കുക. ബഹുഗുണാനുപാതനിയമപ്രകാരം ഒരു നിശ്ചിതഭാരം A യുമായി സംയോജിച്ചു് X, Y എന്നിവ ഉണ്ടാകാൻ വേണ്ട യൂടെ B ഭാരങ്ങൾതമ്മിൽ ലളിതമായ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഉദാഹരണമായി 1 ഗ്രാം A യുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട B യുടെ ഭാരങ്ങൾ എടുക്കാം. X എന്ന യൗഗികത്തിൽ 1 ഗ്രാം A യുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട B യുടെ ഭാരം = m ഗ്രാം

$\therefore$ 1 ഗ്രാം A യുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട B യുടെ ഭാരം = $\frac{m}{l}$ ഗ്രാം.

Y എന്ന യൗഗികത്തിൽ p ഗ്രാം A യുമായി സംയോജിക്കാൻ q ഗ്രാം B വേണം.

$\therefore$ 1 ഗ്രാം A യുമായി സംയോജിക്കാൻ $\frac{q}{p}$ ഗ്രാം B വേണം. 1 ഗ്രാം A യുമായി സംയോജിച്ചു് X ഉണ്ടാകാൻ $\frac{m}{e}$ ഗ്രാം B യും Y ഉണ്ടാകാൻ $\frac{q}{p}$ ഗ്രാം B യും വേണ്ടി വരുന്നു. ഈ ഭാരങ്ങളുടെ അനുപാതം, അതായതു് $\frac{m}{l} : \frac{q}{p}$ എന്നതു് ഒരു പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ആയിരിക്കുമെന്നാണു് ബഹുഗുണാനുപാതനിയമം അനുശാസിക്കുന്നതു്. ഒന്നു രണ്ടു് ഉദാഹരണങ്ങൾ നോക്കുക. കാർബണും ഓക്സിജനും ചേർന്നു് കാർബൺ മോണോക്സൈഡു്, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് എന്നീ രണ്ടു യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടു്. വിശ്ലേഷണം ചെയ്തു് ഇവയുടെ ചേരുവ നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. കാർബൺ മോണോക്സൈഡിൽ കാർബണും ഓക്സിജനും 3:4 എന്ന അനുപാതത്തിലും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ അവ

3 : 8 എന്ന അനുപാതത്തിലും ആണു് സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നതു്. ഈ ചേരുവകളും ബഹുഗുണാനുപാതനിയമപ്രകാരമുള്ളതാണോ എന്നു് പരിശോധിക്കാം. ഈ നിയമപ്രകാരം നിശ്ചിതഭാരം ഒരു മൂലകവുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട മറ്റേ മൂലകത്തിന്റെ ഭാരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം ലളിതമായ പൂർണസംഖ്യകളോടായിരിക്കണം. 3 ഗ്രാം കാർബണുമായി സംയോജിക്കുന്ന ഓക്സിജന്റെ ഭാരങ്ങൾ എടുക്കാം. കാർബൺ മോണോക്സൈഡിൽ 3 ഗ്രാം കാർബണുമായി സംയോജിക്കാൻ 4 ഗ്രാം ഓക്സിജൻ വേണം. കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ 3 ഗ്രാം കാർബണുമായി സംയോജിക്കാൻ 8 ഗ്രാം ഓക്സിജനും വേണം. 3 ഗ്രാം കാർബണുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട ഓക്സിജന്റെ ഭാരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം = 4 : 8.

= 1 : 2.

ഇതു് ഒരു ലളിതമായ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ആണല്ലോ. ഇനി മറ്റൊരു രീതിയിലും ഇതു് വ്യക്തമാക്കാം. നിശ്ചിതഭാരം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ചു് കാർബൺ മോണോക്സൈഡും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡും ഉണ്ടാകാൻ വേണ്ട കാർബണിന്റെ ഭാരങ്ങൾ തമ്മിലും ലളിതമായ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കണമല്ലോ. 1 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്ന കാർബൺ എത്രയാണെന്നു് കണക്കാക്കാം. കാർബൺ മോണോക്സൈഡിൽ കാർബണും ഓക്സിജനും 3 : 4 എന്ന അനുപാതത്തിൽ സംയോജിക്കുന്നു. അതായതു് 4 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്ന കാർബണിന്റെ ഭാരം 3 ഗ്രാം ആണു്. ആകയാൽ 1 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കാൻ $\frac{3}{4}$ ഗ്രാം കാർബൺ വേണം. കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ കാർബണും ഓക്സിജനും 3:8 എന്ന അനുപാതത്തിൽ സംയോജിക്കുന്നു. അതായതു് 8 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി 3 ഗ്രാം കാർബൺ സംയോജിക്കുന്നു.

∴ 1 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട കാർബണിന്റെ ഭാരം $\frac{3}{8}$ ഗ്രാം ആണു്. 1 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ചു് കാർബൺ മോണോക്സൈഡും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡും ഉണ്ടാകാൻ വേണ്ട കാർബണിന്റെ ഭാരങ്ങൾ $\frac{3}{4}$: $\frac{3}{8}$ അതായതു് 2:1 എന്ന അനുപാതത്തിലാണു്. ഇതു് ലളിതമായ പൂർണസംഖ്യാനുപാതമാണല്ലോ.

നൈട്രജനും ഓക്സിജനും ചേർന്നു് അഞ്ചു വ്യത്യസ്ത ഓക്സൈഡുകൾ ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടു്. ഇവയുടെ ചേരുവകൾ താഴെ ചേർത്തിരിക്കുന്നു.

ഓക്സൈഡു്	നൈട്രജൻ : ഓക്സിജൻ അനുപാതം
നൈട്രസു് ഓക്സൈഡു്	7 : 4
നൈട്രികു് ഓക്സൈഡു്	7 : 8
നൈട്രജൻ ടൈഓക്സൈഡു്	7 : 12
നൈട്രജൻ പെറോക്സൈഡു്	7 : 16
നൈട്രജൻ പെൻറോക്സൈഡു്	7 : 20

ഇവയിൽ നിശ്ചിതഭാരം (7 ഗ്രാം) നൈട്രജനുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട ഓക്സിജന്റെ ഭാരങ്ങൾ യഥാക്രമം 4 ഗ്രാം, 8 ഗ്രാം, 12 ഗ്രാം, 16 ഗ്രാം,

20 ഗ്രാം എന്നിവയാണു്. ഈ ഭാരങ്ങളും 1:2:3:4:5 എന്ന പൂർണസംഖ്യാനുപാതത്തിലാണെന്നു് സ്പഷ്ടമാണല്ലോ.

മീഥെയ്ൻ, എഥിലിൻ എന്നീ ഹൈഡ്രോകാർബണുകളുടെ ചേരുവകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണു് ഡാൽട്ടൺ ബഹുഗുണാനുപാതനിയമം ശരിയാണോ എന്നു പരീക്ഷിച്ചതെങ്കിലും അദ്ദേഹത്തിന്റെ വിശ്ലേഷണം സൂക്ഷ്മമായിരുന്നില്ല. ഈ നിയമത്തിനു് ദൃഢമായ പിൻതുണ ലഭിച്ചതു് ബെഴ്സീലിയസിന്റെ സൂക്ഷ്മമായ ചേരുവനിർണയങ്ങളിൽ നിന്നാണു്. അതു പോലെ 1904-ൽ ഗൈ (Guye), ബോഗ്ഡൻ (Bogden) എന്നിവരുടെ നൈട്രസ് ഓക്സൈഡിന്റെ ചേരുവനിർണയം, 1905-ലെ ഗ്രേയുടെ (Gray) നൈട്രിക് ഓക്സൈഡ് വിശ്ലേഷണം, 1910-ൽ ഗൈ, ഡ്രൂഗിനിൻ (Druginin) എന്നിവരുടെ നൈട്രജൻ പെന്റോക്സൈഡ് വിശ്ലേഷണം മുതലായവയിൽ നിന്നു് ബഹുഗുണാനുപാത നിയമം സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെട്ടു.

ശരിനോക്കൽ

ലാബറട്ടറിയിൽ ഈ നിയമത്തിന്റെ ശരിനോക്കൽ നടത്താൻ എളുപ്പമാണു്. ചെമ്പും ഓക്സിജനും ചേർന്ന രണ്ടു് ഓക്സൈഡുകളും ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടു്—കറുത്ത കൃപ്രിക് ഓക്സൈഡും ചെമന്ന കൃപ്രസ് ഓക്സൈഡും. ഇവയുടെ ചേരുവകളും നിർണയിച്ചാൽ, അവ ബഹുഗുണാനുപാതനിയമം അനുസരിക്കുന്നതായി കാണാം. ഈ ഓക്സൈഡുകളും വിശ്ലേഷണം ചെയ്യുന്നതിനു് അവയെ നിശ്ചിതഭാരം വീതം എടുത്തു് ചൂടാക്കിക്കൊണ്ടു് ഹൈഡ്രജൻ കടത്തി നിരോക്സീകരിച്ചു് (reduce) കിട്ടുന്ന ചെമ്പിന്റെ ഭാരങ്ങളും നിർണയിച്ചാൽ മതി. നിശ്ചിതാനുപാതനിയമം ശരിയാണോ എന്നു പരിശോധിക്കുന്നതിനു് വിവരിച്ചിട്ടുള്ള ഒന്നാമത്തെ പരീക്ഷണം ഇതിനും ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണു്.

കുറിപ്പു്: (a) നിശ്ചിതാനുപാതനിയമത്തിലെന്ന പോലെ ബഹുഗുണാനുപാതനിയമത്തിലും ഐസോടോപ്പുകളുടെ കാര്യം കൂടി കണക്കിലെടുത്താൽ അല്പം ഭേദഗതി ആവശ്യമാണു്. (b) നിയമത്തിൽ പറയുന്നതു പോലെ എല്ലായ്പ്പോഴും ലളിതമായ പൂർണസംഖ്യകളുടെ അനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കുകയില്ല. പ്രത്യേകിച്ചു് ജൈവയൗഗികങ്ങളിലും മറ്റും കാണുന്ന അനുപാതങ്ങളും പൂർണസംഖ്യാനുപാതമാണെങ്കിലും ഈ പൂർണസംഖ്യകളും വലിയവയാണു്. ഉദാഹരണമായി മീഥെയ്ൻ, ഡെക്കെയ്ൻ എന്നിവ രണ്ടും കാർബണും ഹൈഡ്രജനും ചേർന്നു് ഉണ്ടാകുന്നവയാണു്. മീഥെയ്നിൽ കാർബൺ-ഹൈഡ്രജൻ അനുപാതം 3:1.008 ആണു്; ഡെക്കെയ്നിൽ $\frac{60}{11}$: 1.008. ഇവയിൽ 1.008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട കാർബണിന്റെ ഭാരങ്ങളും തമ്മിലുള്ള അനുപാത 11:20 ആണല്ലോ. ഇതിലും വലിയ സംഖ്യകളുടെ അനുപാതവും പല യൗഗികങ്ങളിലും കാണുന്നുണ്ടു്. സാധാരണമായി ചെറിയ പൂർണസംഖ്യകളുടെ അനുപാതം ആണു് ഉള്ളതെങ്കിലും കൂടുതൽ സൂക്ഷ്മമായി നിയമം നിർവചിക്കുമ്പോൾ ''പൂർണസംഖ്യാനുപാതം'' എന്നു പറയുന്നതായിരിക്കും ഉചിതം.

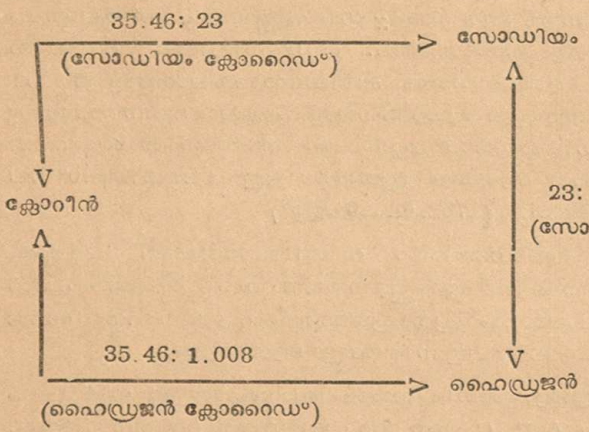
4. തുല്യാനുപാതനിയമം

രാസപരിണാമങ്ങളിൽ അഭികാരകങ്ങൾ തമ്മിൽ പരിമാണാത്മകമായി നിശ്ചിതബന്ധം ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്ന തത്വം അൽ ജിൽ ഡാകി മുതലായ ചില രസവാദികളും പോലും അംഗീകരിച്ചിരുന്നു. എങ്കിലും രാസതുല്യത എന്ന സങ്കല്പം (1766–ൽ) ആദ്യമായി പ്രതിപാദിച്ചതു് കാവെൻഡിഷ്ു് ആണു്. ഒരു നിശ്ചിത പരിമാണം ആസിഡുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കാൻ വേണ്ട ചുണ്ണാമ്പു്, അത്രയും ആസിഡുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കാൻ വേണ്ട പൊട്ടാഷു് എന്നിവയുടെ ഭാരങ്ങൾ രാസികമായി തുല്യങ്ങളാണെന്നു കാവെൻഡിഷ് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഉദാഹരണമായി ഒരു നിശ്ചിത പരിമാണം ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡിനെ ഉദാസീനമാക്കാൻ x ഗ്രാം ചുണ്ണാമ്പു് വേണ്ടി വരുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. അത്രയും തന്നെ ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡിനെ ഉദാസീനമാക്കുന്നതിനു y ഗ്രാം പൊട്ടാഷും വേണമെന്നു് വിചാരിക്കുക. അപ്പോൾ x ഗ്രാം ചുണ്ണാമ്പും y ഗ്രാം പൊട്ടാഷും ഒരേ രാസധർമം (നിശ്ചിതപരിമാണം ആസിഡിനെ ഉദാസീനമാക്കൽ) ആണു് അനുഷ്ഠിക്കുന്നതു്. അതിനാൽ x ഗ്രാം ചുണ്ണാമ്പും y ഗ്രാം പൊട്ടാഷും രാസികമായി തുല്യങ്ങൾ ആണെന്നു് കരുതാം. ബേഴ്സീലിയസ്, വെൻസൽ (Wenzel), ബെർഗ്മാൻ മുതലായവരുടെ പരിമാണാത്മകപഠനങ്ങളിൽ നിന്നു് പദാർഥങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ എല്ലാം തന്നെ രാസതുല്യതാസിദ്ധാന്തം പ്രായോഗികമാണെന്നു് ഏറെക്കുറെ അനുമാനിക്കാമായിരുന്നു. ഈ തത്വം നിയമരൂപത്തിൽ ആദ്യമായി പ്രതിപാദിച്ചതു് ജെറമിയാസ് ബഞ്ചമിൻ റിശ്റ്റർ ആയിരുന്നു. (1792–94 കാലത്തു്)

പ്രസ്താവന: ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ നിശ്ചിതഭാരവുമായി പ്രത്യേകം പ്രത്യേകം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഏർപ്പെടുന്ന രണ്ടോ അതിലധികമോ പദാർഥങ്ങളുടെ ഭാരങ്ങൾ, അവ പരസ്പരം പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നതിനു് വേണ്ട ഭാരങ്ങൾ തന്നെയോ അവയുടെ ലഘുഗുണിതങ്ങളോ ആയിരിക്കും.

മൂലകങ്ങൾക്കു മാത്രമല്ല, യൗഗികങ്ങൾക്കും ബാധകമായ ഈ നിർവചനം അല്പം കൂടി വിശദമാക്കാം. A, B, C എന്ന മൂന്നു പദാർഥങ്ങൾ ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇവയിൽ A യും B യും തമ്മിൽ $x : y$ എന്ന അനുപാതത്തിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നു. A യും C യും തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനം $x : z$ എന്ന അനുപാതത്തിൽ നടക്കുന്നു. B യും C യും തമ്മിൽ പരസ്പരം പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ അനുപാതം B യും C യും ഒരു നിശ്ചിതഭാരം A യുമായി പ്രത്യേകം പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനു് വേണ്ട ഭാരങ്ങളുടെ അനുപാതം തന്നെയോ അതിന്റെ ലഘുഗുണിതമോ ആയിരിക്കണമെന്നാണു് നിയമത്തിൽ നിന്നു് മനസ്സിലാക്കേണ്ടതു്. നിശ്ചിതഭാരം (x ഗ്രാം) A യുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനു വേണ്ട B, C എന്നിവയുടെ ഭാരങ്ങൾ $y : z$ എന്ന അനുപാതത്തിലാണല്ലോ. B യും C യും പരസ്പരം പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ അവ $y : z$ എന്ന അനുപാതത്തിലോ അഥവാ അതുമായി പൂർണസംഖ്യകളാൽ ബന്ധപ്പെടുത്താവുന്ന അനുപാതത്തിലോ ആയിരിക്കും എന്നാണു് റിശ്റ്ററുടെ നിയമം അനുശാസിക്കുന്നതു്.

സോഡിയം, ക്ലോറിൻ, ഹൈഡ്രജൻ എന്നീ മൂലകങ്ങളും തമ്മിൽ ഉള്ള സംയോജനങ്ങളും ഉദാഹരണമായി എടുക്കാം. സോഡിയവും ക്ലോറിനും തമ്മിൽ സംയോജിച്ച് സോഡിയം ക്ലോറൈഡുണ്ടാകുന്നു. ഇതിൽ 23 ഗ്രാം സോഡിയത്തോട് 35.46 ഗ്രാം ക്ലോറിൻ വീതം സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു. ക്ലോറിനും ഹൈഡ്രജനും തമ്മിൽ ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് ഉണ്ടാകുമ്പോൾ 35.46 ഗ്രാം ക്ലോറിനു 1.008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജൻ വീതമാണ് സംയോജിക്കുന്നത്. അപ്പോൾ ഒരേ ഭാരം ക്ലോറിനോട് പ്രത്യേകം പ്രത്യേകം സംയോജിക്കുന്ന ഹൈഡ്രജന്റെയും സോഡിയത്തിന്റെയും ഭാരങ്ങളും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം 1.008: 23 ആണെന്നു വ്യക്തമാണ്. സോഡിയം ഹൈഡ്രജനുമായി പരസ്പരം പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുന്നതായാൽ അവയുടെ അനുപാതം 1.008:23തന്നെയോ അതിന്റെ ലഘുഗുണിതമോ ആയിരിക്കണം എന്നാണ് നിയമം അനുശാസിക്കുന്നത്. ഹൈഡ്രജൻ സോഡിയവുമായി സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന സോഡിയം ഹൈഡ്രൈഡിൽ അവയുടെ അനുപാതം 1.008:23 തന്നെയാണ് എന്നു തെളിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. തുല്യാനുപാതനിയമം (law of equivalent proportions)ഇവിടെ അനുസരിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നു വ്യക്തം.



മറ്റൊരു ഉദാഹരണം കൂടി നോക്കാം. സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡ് ക്ലോറിനുമായി 64:70. 9 എന്ന അനുപാതത്തിൽ സംയോജിച്ച് സൽഫ്യൂറൈൽ ക്ലോറൈഡുണ്ടാകുന്നു. സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡ് സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡുമായി 64:40 എന്ന അനുപാതത്തിൽ സംയോജിച്ച് സോഡിയം ബൈസൽഫൈറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നു. നിശ്ചിതഭാരം സൽഫർഡൈഓക്സൈഡുമായി പ്രത്യേകമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട ക്ലോറിൻ, സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് എന്നിവയുടെ ഭാരങ്ങളും 70.9:40 എന്ന അനുപാതത്തിലാണ്. ക്ലോറിനും സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡും പരസ്പരം പ്രവർത്തിക്കുന്നതു 70.9: 80 എന്ന അനുപാതത്തിലാണ്. ഈ അനുപാതം ആദ്യത്തേതിന്റെ പകുതിയാണ്. അതായതു്, സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡും ക്ലോറിനും തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തന

ത്തിൽ അവയുടെ അണുപാതം അവ ഓരോന്നും പ്രത്യേകമായി നിശ്ചിതമോ സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനു വേണ്ട ഭാരങ്ങളുടെ അണുപാതത്തിന്റെ ഒരു പൂർണസംഖ്യാഗുണിതം (ഇരട്ടി) ആണു. തുല്യാണുപാത നിയമപ്രകാരം തന്നെയാണു് ഇതു് സംഭവിച്ചിരിക്കുന്നതു്.

5. വാതകവ്യാപ്തനിയമം

മേൽ വിവരിക്കപ്പെട്ട നാലു നിയമങ്ങളും പദാർഥങ്ങളുടെ ഭാരമാനവേരുവകളെ സംബന്ധിക്കുന്നവയാണു്. ഈ നിയമങ്ങൾക്കു് താത്വികമായ വിശദീകരണം നൽകാൻ പര്യാപ്തമായിട്ടാണു് ഡാൾട്ടൺ അണുസിദ്ധാന്തം ഉന്നയിച്ചതു്. എന്നാൽ 1807-ൽ അണുസിദ്ധാന്തം പ്രഖ്യാപിതമായതിനു ശേഷം നടന്ന അതിപ്രധാനമായ ഒരു സംഭവമാണു് 1808-ൽ ഉണ്ടായ ഗേ-ലൂസ്സാക്കിന്റെ ''വാതകവ്യാപ്തനിയമ'' (law of gaseous volumes) ത്തിന്റെ ആവിർഭാവം. ഈ നിയമം രാസപരിണാമങ്ങളിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന വാതകങ്ങളുടെ (അഭികാരകങ്ങളോ ഉല്പന്നങ്ങളോ ആയ വാതകങ്ങളുടെ) വ്യാപ്തങ്ങളെ സംബന്ധിക്കുന്നതാണു്. അതിനാൽ മുൻപറഞ്ഞ നാലു നിയമങ്ങളിൽ നിന്നു വ്യത്യസ്തമാണു് വാതകവ്യാപ്തനിയമം. ഡാൾട്ടൺ സിദ്ധാന്തത്തിൽനിന്നു് ആദ്യത്തെ നാലുനിയമങ്ങളും വ്യുൽപാദിപ്പിക്കാം. എന്നാൽ ഗേ-ലൂസ്സാക്കിന്റെ നിയമം അങ്ങിനെയായിരുന്നില്ല. ഈ സാഹചര്യത്തിൽ നടന്ന താത്വികചർച്ചകളിൽ നിന്നാണു് തന്മാത്രാ സിദ്ധാന്തം ഉടലെടുത്തതു്. (അധ്യായം 5 നോക്കുക.) അങ്ങിനെ പദാർഥങ്ങളുടെ രചനയെപ്പറ്റിയുള്ള വ്യക്തമായ സിദ്ധാന്തത്തിനു് രൂപം നല്കിയതു് ഗേ-ലൂസ്സാക്കിന്റെ നിയമമായിരുന്നു. ഗേ-ലൂസ്സാക്, സ്വന്തമായും ഹംബോൾട്ടിന്റെ സഹകരണത്തോടുകൂടിയും നടത്തിയ അനവധി പരീക്ഷണങ്ങളുടെ ഫലങ്ങളെ ആധാരമാക്കിയാണു് 1808-ൽ ഈ നിയമം കണ്ടുപിടിച്ചതു്.

പ്രസ്താവന: ഒരു രാസപരിവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന അഭികാരകങ്ങളോ ഉൽപന്നങ്ങളോ ആയ വാതകങ്ങളുടെ ഒരേ താപനിലയിലും മർദത്തിലും ഉള്ള വ്യാപ്തങ്ങളും തമ്മിൽ ചെറിയ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കും.

സുപരിചിതങ്ങളായ ചില പദാർഥങ്ങളുടെയും വ്യാപ്തവേരുവകളിൽ ഈ നിയമത്തിന്റെ പ്രാബല്യം വ്യക്തമായി കാണാവുന്നതാണു്. അമോണിയ, ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ്, നീരാവി, നൈട്രജൻ ഓക്സൈഡുകൾ, സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡ്, കാർബൺ ഓക്സൈഡുകൾ മുതലായവയുടെ വ്യാപ്തവേരുവ നിർണയങ്ങൾക്കുള്ള പരീക്ഷണങ്ങൾ അതതു് യൗഗികങ്ങളെ പറ്റിയുള്ള വിവരണങ്ങളുടെ കൂടെ ചേർത്തിട്ടുള്ളതു് നോക്കുക.

ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡു് വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തവേരുവ ചിന്തിക്കാം. ഒരു വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജനുമായി ഒരു വ്യാപ്തം ക്ലോറിൻ സംയോജിച്ചു് 2 വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡു് ഉണ്ടാകുന്നു. അതിനാൽ ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുത്ത ഹൈഡ്രജൻ, ക്ലോറിൻ, ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡു് എന്നീ വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തങ്ങൾ 1:1:2 എന്ന അനുപാതത്തിലാണു്.

കാർബൺ ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ചു് കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു്

ഉണ്ടാകുമ്പോഴും ഓരോ വ്യാപ്തം ഓക്സിജനിൽ നിന്നും അതുപോലെ തന്നെ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് ലഭിക്കുന്നതായി പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്ന് കാണാം. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന ഓക്സിജന്റെയും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെയും വ്യാപ്തങ്ങളും 1:1 എന്ന ചെറിയ പൂർണസംഖ്യാനുപാതത്തിലാണ്.

അമോണിയ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തവേരുവ നിർണയത്തിൽ നിന്ന് ഒരു വ്യാപ്തം നൈട്രജൻ അതിന്റെ മൂന്നിരട്ടി വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജനുമായി സംയോജിച്ച് രണ്ടു വ്യാപ്തം അമോണിയ ഉണ്ടാകുന്നതായിക്കാണാം. നൈട്രജൻ, ഹൈഡ്രജൻ, അമോണിയ എന്നീ വാതകങ്ങളുടെ 1:3:2 എന്ന വ്യാപ്തനുപാതത്തിലാണ് ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്നത്. ഇതും ചെറിയ പൂർണ സംഖ്യാനുപാതമാണല്ലോ.

ഇതു പോലെ തന്നെ വാതകങ്ങളുടെ തമ്മിലുള്ള മറ്റെല്ലാ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലും വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തങ്ങളുടെ തമ്മിൽ ചെറിയ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം കാണാവുന്നതാണ്.

കുറിപ്പ്:—വളരെ ശ്രദ്ധയോടുകൂടി നടത്തപ്പെട്ട പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്ന് വാതകവ്യാപ്തനിയമം സൂക്ഷ്മമായി അനുസരിക്കപ്പെടുന്നില്ലെന്നു തെളിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി മോർലിയും മറ്റും അതിനിഷ്കർഷയോടെ നടത്തിയ ചേരുവ നിർണയങ്ങളിൽ നിന്ന് ജലത്തിൽ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും 2.00269:1 എന്ന അനുപാതത്തിലാണ് സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നതെന്ന് കാണാം. മിക്കവാറും ഇതു 2:1 എന്ന പൂർണസംഖ്യാനുപാതമാണെങ്കിലും സൂക്ഷ്മമായി പറഞ്ഞാൽ പൂർണസംഖ്യാനുപാതത്തിൽ നിന്നു ചെറിയ ഒരു വ്യത്യാസത്തോടുകൂടിയതാണ്. അല്പമായ ഈ വ്യത്യാസത്തിനു കാരണം വാതകവ്യാപ്തനിയമത്തിനു ആധാരമായ അവൊഗാഡ്രോനിയമം (അധ്യായം 5) വാതകങ്ങളാൽ അതിസൂക്ഷ്മമായി അനുസരിക്കപ്പെടുന്നില്ല എന്നുള്ളതാണ്. എന്നാൽ സാധാരണ സാഹചര്യങ്ങളിൽ വാതകവ്യാപ്തനിയമം അനുസരിക്കപ്പെടുന്നതായി പരിഗണിക്കാം.

രാസസംയോജനനിയമങ്ങളെ ആസ്പദമാക്കിയുള്ള ചില പരികലനങ്ങൾ

(a) 7.456 ഗ്രാം പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡും 16.99 ഗ്രാം സിൽവർ നൈട്രേറ്റും എടുത്ത് ലായനികളാക്കി കലർത്തുമ്പോൾ 14.33 ഗ്രാം സിൽവർ ക്ലോറൈഡ് അവക്ഷേപമായി ലഭിച്ചു. അഭികാരകങ്ങളും മുഴുവനും പ്രവർത്തിച്ചെങ്കിൽ ലായനിയിൽ ഉണ്ടായ പൊട്ടാസിയം നൈട്രേറ്റ് എത്ര?

പരികലനം: പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡിന്റെയും സിൽവർ നൈട്രേറ്റിന്റെയും ലായനികൾ തമ്മിൽ ചേർക്കുമ്പോൾ സിൽവർ ക്ലോറൈഡും പൊട്ടാസിയം നൈട്രേറ്റും ലഭിക്കുന്നു. ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമപ്രകാരം അഭികാരകങ്ങളുടെ മൊത്തം ഭാരം ഉൽപന്നങ്ങളുടെ മൊത്തം ഭാരത്തിനു സമമായിരിക്കണം.

പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ ഭാരം + സിൽവർ നൈട്രേറ്റിന്റെ ഭാരം
= സിൽവർ ക്ലോറൈഡിന്റെ ഭാരം + പൊട്ടാസിയം നൈട്രേറ്റിന്റെ ഭാരം

പൊട്ടാസിയം നൈട്രേറിന്റെ ഭാരം

= പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ ഭാരം + സിൽവർനൈട്രേറിന്റെ ഭാരം—സിൽവർക്ലോറൈഡിന്റെ ഭാരം

= 7.456 + 16.99 — 14.33 = 10.116 ഗ്രാം.

(b) 7.945 ഗ്രാം കോപ്പർ ഓക്സൈഡിനെ തീരെ കുടി ഉന്നതമായ താപനിലയിൽ ഹൈഡ്രജൻ കടത്തി പ്രവർത്തിപ്പിച്ചപ്പോൾ 6.345 ഗ്രാം കോപ്പർ അവശേഷിക്കുകയും 1.8016 ഗ്രാം ജലം ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്തു. എത്ര ഗ്രാം ഹൈഡ്രജൻ ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുത്തു?

പരികലനം: ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമപ്രകാരം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ അഭികാരകങ്ങളുടെ മൊത്തം ഭാരവും ഉൽപന്നങ്ങളുടെ മൊത്തം ഭാരവും സമമാണ്.

കോപ്പർ ഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരം + ഹൈഡ്രജന്റെ ഭാരം

= കോപ്പറിന്റെ ഭാരം + ജലത്തിന്റെ ഭാരം

ഹൈഡ്രജന്റെ ഭാരം x ഗ്രാം എന്നിരിക്കട്ടെ.

$$7.945 + x = 6.345 + 1.8016$$

$$x = 6.345 + 1.8016 - 7.945$$

$$= 8.1466 - 7.945$$

$$= 0.2016$$

പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുത്ത ഹൈഡ്രജന്റെ

ഭാരം = 0.2016 ഗ്രാം

(c) ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 2.172 ഗ്രാം സിങ്ക് നൈട്രിക് ആസിഡിൽ അലിയിപ്പിച്ച് കിട്ടുന്ന സിങ്ക് നൈട്രേറ് ലായനി വറ്റിച്ച് ഉണ്ടാകുന്ന ക്രിസ്റ്റലുകളും ചൂടാക്കി വിഘടനം ചെയ്യിച്ചപ്പോൾ 2.703 ഗ്രാം സിങ്ക് ഓക്സൈഡ് ലഭിച്ചു. മറ്റൊരു പരീക്ഷണത്തിൽ 1.629 ഗ്രാം സിങ്ക് സൽഫ്യൂറിക് ആസിഡിൽ അലിയിപ്പിച്ച കിട്ടുന്ന സിങ്ക് സൽഫേറ് ലായനിയിൽ വേണ്ടതിലധികം സോഡിയം കാർബണേറ് ചേർത്ത് അവക്ഷേപമായി കിട്ടുന്ന സിങ്ക് കാർബണേറും വിഘടനം ചെയ്യിച്ചപ്പോൾ 2.027 ഗ്രാം സിങ്ക് ഓക്സൈഡുണ്ടായിരുന്നു. ഈ വസ്തുതകളും നിശ്ചിതാനുപാതനിയമത്തിനു അനുസൃതമാണെന്നു തെളിയിക്കുക.

പരികലനം: ഒന്നാമത്തെ പരീക്ഷണത്തിൽ 2.172 ഗ്രാം സിങ്കിൽ നിന്നും 2.703 ഗ്രാം സിങ്ക് ഓക്സൈഡു കിട്ടുന്നു.

ഈ സാമ്പിളിൽ ഉള്ള സിങ്കിന്റെ

$$\text{ശതമാനം} = \frac{2.172}{2.703} \times 100 = 80.36$$

രണ്ടാമത്തെ പരീക്ഷണത്തിൽ 1.629 ഗ്രാം സിങ്കിൽ നിന്നും 2.027 ഗ്രാം സിങ്ക് ഓക്സൈഡു കിട്ടുന്നു.

∴ രണ്ടാമത്തെ സാമ്പിളിൽ ഉള്ള സിങ്കിന്റെ

$$\text{ശതമാനം} = \frac{1.629}{2.027} \times 100 = 80.37$$

∴ സിങ്ക് ഓക്സൈഡിന്റെ (വ്യത്യസ്തരീതികളിൽ നിർമിക്കപ്പെട്ട) രണ്ടു സാമ്പിളുകളിലും മിക്കവാറും ഒരേ ചേരുവ ഉണ്ടെന്നു കാണാം. (ഇവ തമ്മിൽ

ലുള്ള വ്യത്യാസം പരീക്ഷണങ്ങളിലെ പരിമിതികളും കണക്കിലെടുക്കുമ്പോഴും അഗണ്യമാണ്). ഓരോ യൗഗികത്തിനും സ്ഥിരമായ ചേരുവ ഉണ്ടെന്നു കാണിക്കുന്ന ഈ പരീക്ഷണം നിശ്ചിതാനുപാതനിയമത്തെ സമർഥിക്കുന്നു.

(d) രണ്ടു കോപ്പർ ഓക്സൈഡും സാമ്പിളുകളുടെ ചേരുവനിർണയത്തിൽ ലഭിച്ച ഫലങ്ങളും താഴെ ചേർക്കുന്നു.

	സാമ്പിൾ 1	സാമ്പിൾ 2
കോപ്പർ ഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരം	1.59 ഗ്രാം	1.193 ഗ്രാം
അതിലുള്ള കോപ്പറിന്റെ ഭാരം	1.27 ഗ്രാം	0.953 ഗ്രാം

ഈ പരീക്ഷണങ്ങളും ഏതു രാസസംയോജനനിയമത്തെ അനുസരിക്കുന്നു എന്നും അതു് എങ്ങിനെയെന്നും വിശദമാക്കുക.

പരികലനം: ഒരേ യൗഗികത്തിന്റെ (കോപ്പർ ഓക്സൈഡ്) രണ്ടു സാമ്പിളുകളുടേ ചേരുവകളാണു് നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു് ലഭിക്കുന്നതു്. നിശ്ചിതാനുപാതനിയമപ്രകാരം ഈ രണ്ടു സാമ്പിളുകൾക്കും ഒരേ ചേരുവ തന്നെ ഉണ്ടായിരിക്കണം. അതിനാൽ ഈ നിയമത്തിന്റെ ശരിനോക്കലിനു ഈ നിരീക്ഷണങ്ങളും ഉപയോഗിക്കാം

ഒന്നാമത്തെ സാമ്പിളിൽ 1 .59ഗ്രാം ഓക്സൈഡിൽ 1.27 ഗ്രാം കോപ്പർ ഉണ്ടു്.

∴ 1–ാം സാമ്പിളിൽ കോപ്പറിന്റെ ശതമാനം

$$= \frac{1.27}{1.59} \times 100 = 79.87$$

(ബാക്കി ഓക്സിജനാണെന്നു് വ്യക്തം)

രണ്ടാമത്തെ സാമ്പിളിൽ 1.193 ഗ്രാം ഓക്സൈഡിൽ 0. 953 ഗ്രാം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

∴ 2–ാം സാമ്പിളിൽ കോപ്പറിന്റെ

$$\text{ശതമാനം} = \frac{0.953}{1.193} \times 100 = 79.88$$

അതിനാൽ രണ്ടു സാമ്പിളും കോപ്പർ ഓക്സൈഡുകളിലും ഒരേ ശതമാനം കോപ്പർ ഉണ്ടു് (ഒരേ ശതമാനം ഓക്സിജനും). ഒരേ യൗഗികത്തിനു് ഒരേ ചേരുവ ഉണ്ടാകണമെന്നുള്ള നിശ്ചിതാനുപാതനിയമം ഇവിടെ അനുസരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

(e) ഒരു ലോഹത്തിന്റെ രണ്ടു വ്യത്യസ്ത ക്ലോറൈഡുകളിൽ 50 ശതമാനവും 33.33 ശതമാനവും വീതം ലോഹം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഈ വസ്തുത ബഹുഗുണാനുപാതനിയമത്തിനു് അനുസൃതമാണോ എന്നു് പരിശോധിക്കുക.

പരികലനം:—ഒന്നാമത്തെ ക്ലോറൈഡിൽ 50% ലോഹം ഉണ്ടു്.

∴ 100 ഗ്രാം ക്ലോറൈഡിൽ 50 ഗ്രാം ലോഹവും 50 ഗ്രാം ക്ലോറീനും ഉണ്ടു്.

50 ഗ്രാം ക്ലോറീനുമായി സംയോജിക്കുന്ന ലോഹത്തിന്റെ ഭാരം = 50 ഗ്രാം

1 ഗ്രാം ക്ലോറിനുമായി സംയോജിക്കുന്ന ലോഹത്തിന്റെ ഭാരം = $\frac{50}{50}$ = 1 ഗ്രാം

രണ്ടാമത്തെ ക്ലോറൈഡിൽ 33. 33% ലോഹം ഉണ്ട്. അതിലുള്ള ക്ലോറിന്റെ ശതമാനം = 100 — 33.33 = 66.67

∴ 66.67 ഗ്രാം ക്ലോറിനുമായി സംയോജിക്കുന്ന ലോഹം = 33.33 ഗ്രാം

∴ 1 ഗ്രാം ക്ലോറിനുമായി സംയോജിക്കുന്ന ലോഹം = $\frac{33.33}{66.67}$ = 0.4999 ഗ്രാം

അപ്പോൾ ഒരു നിശ്ചിതഭാരം (1 ഗ്രാം) ക്ലോറിനുമായി സംയോജിച്ച് രണ്ട് വ്യത്യസ്ത ക്ലോറൈഡുകൾ ഉണ്ടാകാൻ വേണ്ടി വരുന്ന ലോഹത്തിന്റെ ഭാരങ്ങൾ, 1ഗ്രാം, 0. 4999ഗ്രാം എന്നിവയാണ്. ഈ ഭാരങ്ങളുടെ അനുപാതം ചെറിയ പൂർണസംഖ്യകളുടേതാകണമെന്നാണ് ബഹുഗുണാനുപാതനിയമം അനുശാസിക്കുന്നത്".

അനുപാതം = 1:0.4999

ഇത് മിക്കവാറും 2:1 ആണെന്നു സ്പഷ്ടമാണല്ലോ. അപ്പോൾ ചെറിയ പൂർണ്ണസംഖ്യാനുപാതം തന്നെയാണ് ഇത്. ബഹുഗുണാനുപാതനിയമം ഇവിടെ അനുസരിക്കപ്പെട്ടുന്നതായി കാണാം.

(f) ഒരു മൂലകത്തിനു മൂന്ന് ഓക്സൈഡുകൾ ഉണ്ട്. ഇവയിൽ മൂലക-ഓക്സിജൻ അനുപാതങ്ങൾ യഥാക്രമം 1:2, 2:3, 1:1 എന്നിവയാണ്. ഇവ ബഹുഗുണാനുപാതനിയമത്തിനു അനുസൃതമാണെന്ന് വിശദമാക്കുക.

പരികലനം: മൂന്ന് ഓക്സൈഡുകളെ യഥാക്രമം A, B, C എന്നു വിളിക്കാം.

A യിൽ 1 ഗ്രാം മൂലകവുമായി 2 ഗ്രാം ഓക്സിജൻ സംയോജിക്കുന്നു.

B യിൽ 2 ഗ്രാം മൂലകവുമായി 3 ഗ്രാം ഓക്സിജൻ സംയോജിക്കുന്നു.

B യിൽ 1 ഗ്രാം മൂലകവുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട ഓക്സിജൻ = $\frac{3}{2}$ = 1. 5 ഗ്രാം.

C യിൽ 1 ഗ്രാം മൂലകവുമായി സംയോജിക്കുന്ന ഓക്സിജൻ = 1 ഗ്രാം.

1 ഗ്രാം മൂലകവുമായി സംയോജിച്ച് A, B, C എന്ന മൂന്ന് ഓക്സൈഡുകൾ ഉണ്ടാകുന്നതിനു വേണ്ട ഓക്സിജന്റെ ഭാരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള

അനുപാതം = 2: 1. 5: 1

= 4: 3: 2

ഇത് ചെറിയ പൂർണസംഖ്യകളുടെ അനുപാതമാണല്ലോ. അതായത് ബഹുഗുണാനുപാതനിയമം അനുസരിക്കപ്പെട്ടുന്നു എന്നു സാരം.

(g) കാർബണും ഹൈഡ്രജനും മീഥേനിൽ 3:1.008 എന്ന അനുപാതത്തിലും കാർബണും ഓക്സിജനും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ 3:8 എന്ന അനുപാതത്തിലും സംയോജിക്കുന്നു. ജലത്തിൽ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും 1.008: 8 എന്ന അനുപാതത്തിലാണ് സംയോജിക്കുന്നത്. ഈ വസ്തുതകളിൽ നിന്നും തുല്യാനുപാതനിയമം വ്യക്തമാക്കുക.

പരികലനം: കാർബണും ഹൈഡ്രജനും 3:1.008 എന്ന അനുപാതത്തിലും കാർബണും ഓക്സിജനും 3:8 എന്ന അനുപാതത്തിലും പ്രത്യേകമായി സംയോജിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഒരു നിശ്ചിതഭാരം (3 ഗ്രാം) കാർബണുമായി

പ്രത്യേകപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഏർപ്പെടുന്ന ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവയുടെ വ്യത്യസ്തഭാരങ്ങളാണ് 1.008 ഗ്രാം, 8 ഗ്രാം എന്നിവയാണല്ലോ.

ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും പരസ്പരം സംയോജിക്കുമ്പോൾ ഈ ഭാരാനുപാതത്തിലോ അതിന്റെ ലഘുഗുണിതമായ അനുപാതത്തിലോ ആയിരിക്കും സംയോജനം എന്നാണ് തുല്യാനുപാതനിയമം അനുശാസിക്കുന്നത്. ജലത്തിൽ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും അപ്രകാരം തന്നെ (1.008:8) ആണ് സംയോജിക്കുന്നത്. അതു കൊണ്ടു തുല്യാനുപാതനിയമം അനുസരിക്കപ്പെടുന്നു എന്നതിനു ഇതൊരു ദൃഷ്ടാന്തമാണ്.

(h) സൽഫർ ഡൈ ഓക്സൈഡിൽ 50% ഓക്സിജനും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ 72.73% ഓക്സിജനും ഉണ്ട്. കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡിൽ 84.21% സൽഫറാണെങ്കിൽ തുല്യാനുപാതനിയമം അനുസരിക്കപ്പെടുന്നു എന്നു തെളിയിക്കുക.

പരികലനം:—സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡിൽ സൽഫർ 50%–ം ഓക്സിജൻ 50%–ം ആണ് ∴ 50 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്ന സൽഫർ = 50 ഗ്രാം. കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ ഓക്സിജൻ 72.73%–ം കാർബൺ 100—72.73 = 27.27%–ം ആണ്.

$$\therefore \text{50 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്ന കാർബൺ} = \frac{27.27}{72.73} \times 50$$

$$= 18.75 \text{ ഗ്രാം}$$

∴ നിശ്ചിതഭാരം (50 ഗ്രാം) ഓക്സിജനുമായി പ്രത്യേകം സംയോജിക്കുവാൻ വേണ്ട സൽഫർ, കാർബൺ എന്നിവയുടെ ഭാരങ്ങളുടെ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം

$$= 50:18.75 = 1:0.3749$$

കാർബണും സൽഫറും പരസ്പരം സംയോജിക്കുന്നതു ഇതേ അനുപാതത്തിലോ അഥവാ ഇതിന്റെ പൂർണസംഖ്യാഗുണിതമായ അനുപാതത്തിലോ ആയിരിക്കും എന്നാണ് തുല്യാനുപാതനിയമം അനുശാസിക്കുന്നത്.

കാർബണും സൽഫറും സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡിൽ 84.21% സൽഫറും 100—84.21 = 15.79% കാർബണും ഉണ്ട്.

സൽഫർ–കാർബൺ സംയോജനാനുപാതം = 84.21:15.71

$$= 1:0.1875$$

ഈ അനുപാതം ആദ്യത്തേതിന്റെ മിക്കവാറും ഇരട്ടി (പൂർണസംഖ്യാഗുണിതം) ആണല്ലോ. അതിനാൽ തുല്യാനുപാതനിയമം അനുസരിക്കപ്പെടുന്നു.

തുടർന്നു വായിക്കുന്നതിനു:

1. Mee, A. J. : *Physical chemistry*, ELBS, (1960)
2. Partington J. R : *General and Inorganic Chemistry* Macmillan & Co
3. Mithra: *A Text book of Inorganic Chemistry*, Ghosh and Co., Calcutta (1960)

4. Partington, J. R. : *A Short History of Chemistry*, Macmillan & Co , London (1939).
5 Glinka: *General Chemistry*, Foreign Lang. Pub. House Moscow (1953).

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. രാസപരിണാമങ്ങളിൽ ദ്രവ്യത്തിനു് നാശവും സൃഷ്ടിയും സംഭവിക്കുന്നില്ലെന്നു് തെളിയിക്കാനുള്ള ഒരു പരീക്ഷണം വിവരിക്കുക.

2. ചില ലോഹങ്ങൾ വായുവിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ അവയുടെ ഭാരം വർധിക്കുന്നതായി കാണുന്നു. ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമത്തിനു് വപരീതമായി തോന്നാവുന്ന ഈ സംഗതി നിയമം ഉപയോഗിച്ചു് വ്യാഖ്യാനിക്കുക.

3. ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും ചേർന്നു് ജലം ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന രാസസംയോജനനിയമങ്ങൾ ഏവ? അവ ഓരോന്നും വിശദമായി വിവരിക്കുക.

4. നിശ്ചിതാനുപാതനിയമം എന്നാൽ എന്തു്? ഉദാഹരണസഹിതം വിശദീകരിക്കുക.

ഈ നിയമത്തിന്റെ ശരി നോക്കാൻ ഒരു പരീക്ഷണം വിവരിക്കുക.

5. വിവിധതരത്തിൽ സിൽവറിനെ സിൽവർ ക്ലോറൈഡാക്കിയപ്പോൾ ലഭിച്ച ഫലങ്ങൾ ആണു് താഴെ ചേർത്തിരിക്കുന്നതു്.

പരീക്ഷണനമ്പർ	സിൽവറിന്റെ ഭാരം	സിൽവർ ക്ലോറൈഡിന്റെ ഭാരം
1	10.16 ഗ്രാം	13.50 ഗ്രാം
2	54.28 ഗ്രാം	72.11 ഗ്രാം
3	6.99 ഗ്രാം	9.29 ഗ്രാം

ഇവ നിശ്ചിതാനുപാതനിയമപ്രകാരമാണോ എന്നു് പരിശോധിക്കുക.

6. ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമം ചിലപ്പോൾ ലംഘിക്കപ്പെടുന്നുണ്ടു്. എപ്പോൾ? കാരണസഹിതം ചർച്ച ചെയ്യുക.

7. ബഹുഗുണാനുപാതനിയമം പ്രസ്താവിച്ചു് രണ്ടു ഉദാഹരണങ്ങൾ എടുത്തു് വിശദീകരിക്കുക.

8. ഒരു ലോഹത്തിന്റെ രണ്ടു് വ്യത്യസ്തഓക്സൈഡുകളിൽ 20—ഉം 27.27—ഉം ശതമാനം വീതം ഓക്സിജൻ ഉണ്ടെന്നു് നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. ഈ വസ്തുത ബഹുഗുണാനുപാതനിയമത്തിനു അനുസൃതമാണെന്നു തെളിയിക്കുക.

9. തുല്യാനുപാതനിയമം എന്നാൽ എന്തു്? ഉദാഹരണസഹിതം വിവരിക്കുക.

10. x, y, z എന്ന മൂന്നു് പദാർഥങ്ങൾ തമ്മിൽ താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്നു.

a) x, y എന്നിവ ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന യൗഗികത്തിൽ 75 % x ഉണ്ടു്.

b) x, z എന്നിവ ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന യൗഗികത്തിൽ 42.86 % x ഉണ്ടു്.

c) y–ഉം z–ഉം തമ്മിൽ 1:8 എന്ന അനുപാതത്തിൽ സംയോജിക്കുന്നു. ഇവ തുല്യാനുപാതനിയമപ്രകാരമാണെന്നു് സമർഥിക്കുക.

11. വാതകവ്യാപ്തനിയമം നിർവചിക്കുക. മറ്റു രാസസംയോജനനിയമങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ചു് ഇതിന്റെ പ്രത്യേകത വിശദമാക്കുക. പരിചിതങ്ങളായ ഉദാഹരണങ്ങളും കൊണ്ടു് ഈ നിയമത്തിന്റെ സാരം വ്യക്തമാക്കുക.

12. ഒരു ഖരപദാർഥം (A) ചൂടാക്കുമ്പോൾ വിഘടനം സംഭവിച്ചു് മറ്റൊരു ഖരപദാർഥവും (B) ഒരു വാതകവും (C) ഉണ്ടാകുന്നു. ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 0.5 ഗ്രാം A ചൂടാക്കുമ്പോൾ 0·29 ഗ്രാം B ഉണ്ടായി. വിഘടനത്തിലുണ്ടായ വാതകത്തിന്റെ അന്തരീക്ഷമർദത്തിലും, മുറിയിലെ താപനിലയിലും ഉള്ള വ്യാപ്തം 116.7 മി.ലി. ആണെങ്കിൽ അതിന്റെ ഘനത്വം എത്ര?

13. 5 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനും 24 ഗ്രാം ഓക്സിജനും ചേർത്തു് ഒരു വലിയ പാത്രത്തിനുള്ളിൽ വെച്ചു് ചൂടാക്കിയപ്പോൾ അവ തമ്മിൽ പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുകയും 27 024 ഗ്രാം ജലം ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്തു. മിശ്രിതത്തിലെ ഓക്സിജൻ മുഴുവനും പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കു കൊണ്ടു എങ്കിൽ ജലത്തിന്റെ രാസസൂത്രം കണക്കാക്കുക.

വാതകനിയമങ്ങൾ

ദ്രവ്യത്തിന്റെ മൂന്ന് അവസ്ഥകളിൽ വാതകാവസ്ഥ വളരെ പ്രാധാന്യം അർഹിക്കുന്നു. ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഘടനയെപ്പറ്റിയുള്ളതും അതിപ്രധാനവുമായ തന്മാത്രാസിദ്ധാന്തം രൂപം പ്രാപിച്ചതു് വാതകങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതകളെ മനസ്സിലാക്കിയതോടു കൂടിയാണു്. വാതകങ്ങളുടെ ഭൗതികഗുണങ്ങളെ സംബന്ധിക്കുന്ന ചില പൊതുനിയമങ്ങളും കണ്ടുപിടിച്ച ഉൗർജതന്ത്രജ്ഞന്മാർ ആ നിയമങ്ങളുടെ വ്യഖ്യാനത്തിനു വേണ്ടി വാതകങ്ങളും എല്ലാം തന്നെ ഏറക്കുറെ സ്വതന്ത്രമായി ലക്ഷ്യമില്ലാതെ ചീറിപ്പാഞ്ഞുകൊണ്ടേയിരിക്കുന്ന 'കണ'ങ്ങളുടെ സഞ്ചയമാണെന്നു് സിദ്ധാന്തിച്ചു. ഇതോടൊപ്പം തന്നെ രാസസംയോജനനിയമങ്ങൾക്കു് വ്യാഖ്യാനം നൽകാൻ വേണ്ടി ഡാൾട്ടൺ അണുസിദ്ധാന്തവും ഉന്നയിച്ചു. എന്നാൽ ഗേ-ലൂസ്സാക്കിന്റെ വാതകവ്യാപ്തനിയമത്തിനു് വിശദീകരണം നൽകാൻ ഡാൾട്ടൺ സിദ്ധാന്തത്തിനു് കഴിയാതെ വന്നപ്പോളുണ്ടായ താത്വികചർച്ചകളുടെ ഫലമായി രസതന്ത്രജ്ഞന്മാരും തന്മാത്രാസിദ്ധാന്തം അംഗീകരിച്ചു. അങ്ങിനെ തന്മാത്ര (molecule) എന്ന സങ്കല്പത്തിനു് അടിസ്ഥാനം വാതകങ്ങളുടെ രാസ-ഭൗതികസ്വഭാവങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതകളും ആയിരുന്നു. ഇക്കാര്യം കൊണ്ടു തന്നെ വാതകപഠനത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം വ്യക്തമാണല്ലോ. വാതകങ്ങളുടെ ഭൗതികഗുണധർമങ്ങളും തമ്മിലുള്ള നിശ്ചിതബന്ധങ്ങളുടെ വ്യക്തമായ പ്രകാശനമാണു് വാതകനിയമങ്ങളും ഓരോന്നും. മർദം, വ്യാപ്തം, താപനില, ഘനത്വം മുതലായ ഭൗതികഗുണധർമങ്ങളും തമ്മിൽ എപ്രകാരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നു് ഈ നിയമങ്ങളും അനുശാസിക്കുന്നു. ഇവയുടെ താത്വികപ്രാധാന്യം മുമ്പു പറഞ്ഞുവല്ലോ. പ്രായോഗികമായും ഈ നിയമങ്ങളും ഉപയോഗപ്രദങ്ങളാണു്. ഉദാഹരണമായി ഒരു നിശ്ചിതഭാരം വാതകത്തിന്റെ ഏതെങ്കിലും ഒരു താപനിലയിലും മർദത്തിലും ഉള്ള വ്യാപ്തം അറിയാമെങ്കിൽ മറ്റു പരിതസ്ഥിതികളിൽ അതിന്റെ വ്യാപ്തം കണക്കാക്കുന്നതിനു വാതകനിയമങ്ങൾ സഹായിക്കുന്നു. അതുപോലെ മറ്റു പല പ്രധാനസംഗതികളും ഈ നിയമങ്ങൾ കൊണ്ടു് കണക്കാക്കിയെടുക്കാവുന്നതാണു്. വാതകനിയമങ്ങളുടെ വളരെ ചുരുക്കത്തിലുള്ള ഒരു വിവരണം മാത്രമാണു് ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ നൽകാൻ പോകുന്നതു്.

I ബോയ്ൽ നിയമം

ഒരു ദ്രവത്തിൽ സ്ഥാപിച്ച കുഴലിലെ വായുവിനെ നിർവാതപമ്പു് ഉപയോഗിച്ചു് ക്രമേണ പുറത്തു കളയുമ്പോൾ ദ്രവം കുഴലിലേയ്ക്കു് സ്വയം ഉയർന്നു

വരുന്ന പ്രതിരോസത്തെപ്പറ്റി പ്രസിദ്ധ ഇംഗ്ലീഷ് ശാസ്ത്രജ്ഞനായ റോബർട്ട് ബോയ്ൽ ഗവേഷണം നടത്തിയിരുന്നു. അതിനോട് അനുബന്ധിച്ച ചില നിരീക്ഷണങ്ങളും അദ്ദേഹത്തെ വായുവിന്റെ മർദവ്യാപ്തബന്ധം മനസ്സിലാക്കാനുള്ള പരീക്ഷണങ്ങളിലേയ്ക്ക് ആകർഷിച്ചു. തൽഫലമായി 1662-ൽ അദ്ദേഹം ബോയ്ൽ നിയമം എന്ന് വിഖ്യാതമായിത്തീർന്ന നിയമം കണ്ടുപിടിച്ചു.

വാതകങ്ങൾക്ക് നിശ്ചിതവ്യാപ്തം ഇല്ലെന്ന് പ്രസിദ്ധമാണല്ലൊ. വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തം അവയുടെ മർദം, താപനില, പരിമാണം എന്നീ മൂന്നു സംഗതികളെ ആശ്രയിച്ചാണ് ഇരിക്കുന്നത്. അതിനാൽ സ്ഥിരമായ താപനിലയിൽ ഒരു നിശ്ചിതപരിമാണം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം അതിന്റെ മർദത്തെ മാത്രം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു അതായത്, മർദവും വ്യാപ്തവും പരസ്പരബന്ധം ഉള്ളവയാണ് മർദത്തിനു വിധേയമാകുമ്പോൾ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം കുറയുന്നു. മർദം കുറച്ചാൽ വാതകം വികസിക്കുന്നു. മർദത്തിനു വിധേയമായി ഒരു വാതകം ചുരുങ്ങുകയും വികസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിനു ബോയ്ൽ അന്നു പറഞ്ഞ കാരണം, വാതകങ്ങളുടെ ചെറിയ കണങ്ങൾ കമ്പിളിനൂലുകൾ പോലെയോ ചുരുണ്ട സ്പ്രിംഗ് പോലെയോ ആണെന്നും മറ്റും ആണ്. ഈ വ്യാഖ്യാനം ഇന്നു പരിഹാസ്യമായി തോന്നാമെങ്കിലും മർദവും വ്യാപ്തവും തമ്മിൽ അദ്ദേഹം കണ്ടുപിടിച്ച പരിമാണാത്മകമായ ബന്ധം ഇന്നും നാം ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നു. സാധാരണ മർദങ്ങളിൽ ബോയ്ൽ നിയമത്തിനു അനുസൃതമായിട്ടാണ് വാതകങ്ങൾ പെരുമാറുന്നത്. എന്നാൽ ഉയർന്ന മർദങ്ങളിൽ ബോയ്ൽ നിയമത്തിൽ നിന്നും വാതകങ്ങൾ അല്പമെല്ലാം വ്യതിചലിക്കുന്നുണ്ടെന്നും പിൽക്കാലത്തു നടത്തപ്പെട്ട പരീക്ഷണങ്ങൾ തെളിയിച്ചിട്ടുണ്ട്. എന്തു കൊണ്ട് ഈ വ്യതിചലനം ഉണ്ടാകുന്നു എന്നും പിൽക്കാലത്തു കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ട.

പ്രസ്താവന: സ്ഥിരമായ താപനിലയിൽ ഒരു നിശ്ചിതപരിമാണം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം അതിന്റെ മർദത്തോട് പ്രതിലോമാനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

അതായത് ഒരു വാതകത്തിന്റെ മർദം എത്ര മടങ്ങ് വർധിക്കുന്നുവോ അത്രയും മടങ്ങ് അതിന്റെ വ്യാപ്തം കുറയുന്നു. മറിച്ച് മർദം എത്ര മടങ്ങ് കുറയുന്നുവോ അത്രയും മടങ്ങ് വ്യാപ്തം വർധിക്കുന്നു. മർദം ഇരട്ടിച്ചാൽ വ്യാപ്തം പകുതിയായി കുറയും മർദം പത്തിരട്ടിയാക്കിയാൽ വ്യാപ്തം പത്തിൽ ഒന്നായി കുറയും. മറിച്ച് മർദം പത്തിൽ ഒന്നാകുമ്പോൾ വ്യാപ്തം പത്തിരട്ടിയായി വർധിക്കുന്നു.

നിശ്ചിതപരിമാണം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം V എന്നും മർദം P എന്നും ചിത്രീകരിച്ചാൽ ബോയ്ൽ നിയമപ്രകാരം $V \propto \frac{1}{P}$

അതായത്, $V = \frac{K\,1}{P}$ (K എന്നത് ആനുപാതികതാസ്ഥിരാങ്കം)

അഥവാ $P \cdot V = K$

K ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാണ്. അപ്പോൾ P-യും V-യും വ്യത്യാസപ്പെട്ടാലും P.V സ്ഥിരമായിരിക്കുമെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം (താപനിലയും പരിമാണവും മാറുന്നില്ലെങ്കിൽ). നിശ്ചിതതാപനിലയിൽ വരുന്ന മർദ-വ്യാപ്തവ്യതിയാനങ്ങളിൽ, എപ്പോഴും മർദത്തെ വ്യാപ്തം കൊണ്ട് ഗുണിച്ച് കിട്ടുന്ന സംഖ്യ സുസ്ഥിരമായിരി

ക്കും എന്നു് സാരം. ഉദാഹരണമായി രണ്ടു് അന്തരീക്ഷമർദത്തിൽ ഒരു വാതകത്തിനു് 5 ലി. വ്യാപ്തം ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. താപനിലയിൽ വ്യത്യാസം വരുത്താതെ മർദം 4 അന്തരീക്ഷമാക്കുമ്പോൾ വ്യാപ്തം $2\frac{1}{2}$ ലി. ആയിത്തീരുന്നു. ആദ്യത്തെ മർദ-വ്യാപ്തഗുണനഫലം $(2 \times 5 = 10)$ തന്നെയാണു് അവസാനത്തേതും $(4 \times 2\frac{1}{2} = 10)$.

P_1, P_2, P_3, P_4 ..... തുടങ്ങിയ മർദങ്ങളിൽ ഒരു നിശ്ചിതഭാരം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം യഥാക്രമം V_1, V_2, V_3, V_4 .... എന്നിവയാണെങ്കിൽ, ബോയ്ൽ നിയമപ്രകാരം,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = P_4 V_4 \text{ .....}$$

ഈ തത്വം ഉപയോഗിച്ചു് ഒരു നിശ്ചിതപരിമാണം വാതകത്തിന്റെ ഒരു നിശ്ചിതമർദത്തിലുള്ള വ്യാപ്തം അറിയാമെങ്കിൽ അതേ താപനിലയിൽ മറ്റേതെങ്കിലും മർദത്തിൽ അതിന്റെ വ്യാപ്തം കണക്കാക്കാവുന്നതാണു്. ഉദാഹരണമായി 10 അന്തരീക്ഷമർദത്തിൽ 5 ലിറ്റർ വാതകം ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. അതേ താപനിലയിൽ മർദം 2 അന്തരീക്ഷമാക്കിയാൽ എത്ര വ്യാപ്തം ഉണ്ടായിരിക്കുമെന്നു നോക്കാം. 2 അന്തരീക്ഷം മർദത്തിൽ വ്യാപ്തം x ആണെന്നിരിക്കട്ടെ.

10 അന്തരീക്ഷം മർദത്തിൽ വ്യാപ്തം = 5 ലി.

$\therefore P_1 V_1 = 10 \times 5 = 50$

2 അന്തരീക്ഷം മർദത്തിൽ വ്യാപ്തം = x ലി.

$\therefore P_2 V_2 = 2 \times x = 2x$

$P_1 V_1 = P_2 V_2$.

$\therefore 50 = 2x \; ; \; x = \frac{50}{2} = 25$

$\therefore$ 2 അന്തരീക്ഷം മർദത്തിൽ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം = 25 ലി

ബോയ്ൽ നിയമത്തിന്റെ ശരിനോക്കൽ

ഒരു നിശ്ചിതപരിമാണം വാതകത്തെ പല മർദങ്ങൾക്കു വിധേയമാക്കി, ഓരോ മർദത്തിലും ഉള്ള അതിന്റെ വ്യാപ്തം നിർണയിച്ചു് ഓരോ മർദത്തിലുമുള്ള മർദ-വ്യാപ്തഗുണനഫലം $(P \times V)$ കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. ഇവയെല്ലാം ഒന്നുതന്നെയാണെന്നു് ബോയ്ൽ നിയമത്തിൽ നിന്നുള്ള അനുമാനം നിഷ്പ്രയാസം പരിശോധിച്ചു് നിയമം ശരിയാണോയെന്നു തിട്ടപ്പെടുത്താം.

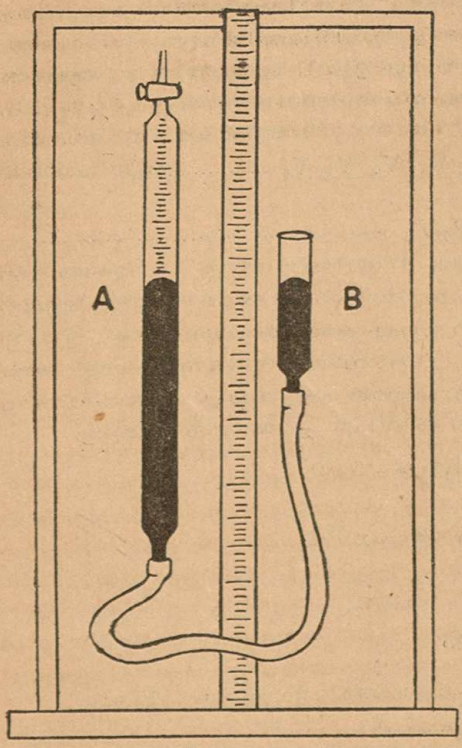
സാധാരണ ലാബറട്ടറികളിൽ നടത്താവുന്ന ഒരു പരീക്ഷണം മാത്രമേ ഇവിടെ വിവരിക്കുന്നുള്ളൂ ഇത്തരം പരീക്ഷണങ്ങൾക്കുള്ള പലതരം ഉപകരണങ്ങളും ആവിഷ്കരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. ഇവയെല്ലാം തന്നെ

(a) ഒരു നിശ്ചിതപരിമാണം വാതകത്തെ അടക്കം ചെയ്യാവുന്നവയും.

(b) വാതകത്തിന്റെ മർദം വ്യത്യാസപ്പെടുത്താവുന്നവയും.

(c) മർദവും വ്യാപ്തവും അളക്കാവുന്നവയും ആയിരിക്കും.

വളരെ ലളിതമായ ഒരു ഉപകരണമാണു് ചിത്രത്തിൽ (4–1)കൊടുത്തിരിക്കുന്നതു്. ഒരു ''വാതകബ്യൂററാ''ണിതു്. വ്യാപ്തം അടയാളപ്പെടുത്തിയതു്



ചിത്രം 4-1

മുകളിൽ ടാപ്പ് ഉള്ളതും ആയ ഒരു ഗ്ലാസ് കഴലാണ് ഇതിന്റെ മുഖ്യ ഭാഗം (A) അംശാങ്കനം (graduation) മുകളിൽ നിന്നും കീഴ്പോട്ടാണ്. അല്പം കൂടി വണ്ണമുള്ളതും തുറന്നതുമായ മറൊരു ഗ്ലാസ് കഴലാണ് B. ഇതിൽ അംശാങ്കനം ഇല്ല A യും B യും കത്തനെ ഉറപ്പിച്ചിട്ടുള്ള ഒരു സ്റ്റെയ്ലിന്റെ ഇരുവശങ്ങളിലായും സ്റ്റെയ്ലിനു സമാന്തരമായും ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. B സ്റ്റാൻഡിൽ മേൽപോട്ടോ കീഴ്പോട്ടോ യഥേഷ്ടം മാറ്റി ക്ലാമ്പ് ചെയ്യാവുന്നതാണ്. A യുടെയും B യുടെയും ചുവട്ടുഭാഗങ്ങൾ തമ്മിൽ ഒരു നീണ്ട റബ്ബർ കഴൽ കൊണ്ട് പരസ്പരം ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. കഴലുകൾ എല്ലാം നനവില്ലാത്തതും വഴക്കമുള്ളതും ആയിരിക്കണം.

ആദ്യമായി B യിൽ രസം ഒഴിക്കുക. ഈ സമയത്ത് A യുടെ ടാപ്പ് തുറന്നു വെയ്ക്കണം. ഏകദേശം 150 മി. ലി. രസം വേണ്ടി വരും. അടുത്തതായി A യുടെ ടാപ്പ് തുറന്ന് ശ്രദ്ധയോടെ B ഉയർത്തുമ്പോൾ രസം A യിൽ ഉയരുകയും അതിലുള്ള വായു പുറന്തള്ളപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. വായു മുഴുവനും വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെട്ടുമ്പോൾ—കഴലിൽ രസം നിറയുമ്പോൾ—ടാപ്പ് അടക്കുക. ഇനി ബ്യൂററ്റിൽ നിശ്ചിതപരിമാണം വായുവോ മറ്റേതെങ്കിലും നനവില്ലാത്ത വാതകമോ നിറക്കണം. ടാപ്പ് തുറന്ന കൊണ്ട് കഴൽ B താഴ്ത്തുമ്പോൾ ബ്യൂററ്റിലേക്ക് വായു കടക്കും. ഏകദേശം പകുതിയോളം വായു നിറയുമ്പോൾ ടാപ്പ് അടക്കുക. ഇപ്പോൾ ബ്യൂററ്റിനുള്ളിൽ അടക്കപ്പെട്ട വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം പല മർദങ്ങളിലും അളക്കുകയാണ് പരീക്ഷണത്തിന്റെ രീതി.

കഴൽ B ഉയർത്തുകയോ താഴ്ത്തുകയോ ചെയ്ത് ബ്യൂററ്റിലേയും കഴലിലേയും രസനിരപ്പുകൾ (mercury levels) സമമാക്കുക. ഈ സ്ഥിതിയിൽ വാതകത്തിന്റെ മർദം അന്തരീക്ഷമർദം തന്നെയാണല്ലോ. ലാബറട്ടറിയിലെ ബറോമീറ്ററിൽ നിന്നും അന്തരീക്ഷമർദം എത്രയാണെന്നും മനസ്സിലാക്കാം. ഇത് P സെ.മീ. രസം ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. ബ്യൂററ്റിലെ അംശാങ്കനങ്ങളിൽ നിന്നും വാത

കത്തിന്റെ വ്യാപ്തം കുറിക്കുക. ഇതു് ബ്യൂററ്റിലെ വാതകത്തിന്റെ അന്തരീക്ഷമർദത്തിലുള്ള വ്യാപ്തം ആണു്.

അടുത്തതായി കഴൽ B ഉയർത്തി മറ്റൊരു ഉയരത്തിൽ ഉറപ്പിക്കുക. ഇപ്പോഴും രസനിരപ്പുകൾ തമ്മിൽ വ്യത്യാസം ഉണ്ടായിരിക്കും. വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തവും വ്യത്യാസപ്പെട്ടതായി കാണാം. ബ്യൂററ്റിലെ രസനിരപ്പു് കഴൽ B യിലേതിൽ നിന്നു് h_1 സെ. മീ. താഴെ ആണെന്നു് ഇരിക്കട്ടെ. നിരപ്പിലുള്ള ഈ വ്യത്യാസം സ്റ്റെയ്ലിൽ നിന്നു് നേരിട്ടു അളക്കാവുന്നതാണു്. വാതകത്തിന്റെ ഇപ്പോഴുള്ള മർദം A യിലെ രസനിരപ്പിന്റെ നേരെയുള്ള B യിലെ മർദമാണു്. (ദ്രവങ്ങളിൽ ഒരേ നിരപ്പിലുള്ള ബിന്ദുക്കളിൽ ഒരേ മർദമാണല്ലോ). അതായതു് B യിലുള്ള അന്തരീക്ഷമർദത്തെക്കാളും h_1 സെ. മീ. രസത്തിന്റെ മർദത്തോളം A യിൽ കൂടുതലാണു്. അപ്പോൾ വാതകത്തിന്റെ ഇപ്പോഴത്തെ മർദം P_1 ആണെങ്കിൽ,

$$P_1 = P + h_1 \text{ സെ. മീ. രസം}$$

ഈ മർദത്തിലുള്ള വ്യാപ്തം കുറിക്കുക. ഇപ്രകാരം B പല ഉയരങ്ങളിൽ ഉറപ്പിച്ചു് ഉണ്ടാകുന്ന ഓരോ മർദത്തിലും വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം കുറിക്കുക. B യിലെ രസനിരപ്പു് A യിലേതിനേക്കാളും താഴെയാണെങ്കിൽ A യിലെ മർദം വായുമണ്ഡലമർദത്തെക്കാളും അത്രത്തോളം കുറവായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി B യിലെ നിരപ്പു് A യിലേതിനേക്കാളും x സെ. മീ. താഴെയാണെങ്കിൽ വാതകത്തിന്റെ മർദം $(P-x)$ സെ. മീ. രസം ആയിരിക്കും. അങ്ങിനെ വായുമണ്ഡലമർദത്തെക്കാളും കൂടുതലും കുറവും ആയ മർദങ്ങളിൽ വ്യാപ്തങ്ങളും നിർണയിക്കുക.

ബോയ്ൽ നിയമപ്രകാരം മർദവ്യാപ്തഗുണനഫലം സ്ഥിരമായിരിക്കണം. നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു് ഈ സംഗതി ശരിയാണോ എന്നു പരിശോധിക്കുക. ഓരോ മർദത്തെയും ആ മർദത്തിലുള്ള വ്യാപ്തം കൊണ്ടു് ഗുണിച്ചു കിട്ടുന്ന സംഖ്യകളും ഒത്തു നോക്കുക. ഇവയെല്ലാം ഏറെക്കുറെ ഒന്നു തന്നെയാണെന്നു കാണാം. അതായതു് സ്ഥിരമായ താപനിലയിൽ നിശ്ചിതഭാരം വാതകത്തിന്റെ ''മർദം × വ്യാപ്തം'' സ്ഥിരമായിരിക്കും. ഇതു ബോയ്ൽ നിയമത്തിന്റെ മറ്റൊരു രൂപമാണല്ലോ (പരീക്ഷണത്തിനിടയിൽ മുറിയിലെ താപനില വ്യത്യാസപ്പെടുന്നില്ലെന്നു സങ്കല്പം).

ബോയ്ൽ നിയമം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ചില പരികലനങ്ങൾ

1. 15 ലി. അന്തരീക്ഷവായുവിനെ 8 വായുമണ്ഡലമർദത്തിൽ ഒരു സിലിണ്ടറിനുള്ളിൽ നിറച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ സിലിണ്ടറിന്റെ വ്യാപ്തം എത്ര?

പരികലനം: 1. വായുമണ്ഡലമർദത്തിൽ വ്യാപ്തം = 15 ലി

8 വായുമണ്ഡലമർദത്തിൽ വ്യാപ്തം V ലി. ആണെന്നിരിക്കട്ടെ.

മർദം × വ്യാപ്തം സ്ഥിരമാണല്ലോ.

$$\therefore 1 \times 15 = 8 \times V$$

$$\therefore V = \frac{1 \times 15}{8} = 1.875 \text{ ലി}$$

∴ 8 വായുമണ്ഡലമർദത്തിൽ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം = സിലിണ്ഡറിന്റെ വ്യാപ്തം = 1.875 ലി.

2. ഒരു ഉരുക്കു സിലിണ്ഡറിൽ (50 ലി. വ്യാപ്തം) നിറച്ചിട്ടുള്ള കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെ മർദം 5 വായുമണ്ഡലമാണു്, സിലിണ്ഡർ തുറന്നു വിട്ടാൽ എത്ര വ്യാപ്തം വാതകം കിട്ടും?

പരികലനം: —സിലിണ്ഡറിനുള്ളിൽ 5 വായുമണ്ഡലമർദത്തിൽ 50 ലി. വാതകം ഉണ്ടു്. തുറന്നു വിട്ടാൽ മർദം = 1 വായുമണ്ഡലം. ഈ മർദത്തിൽ വ്യാപ്തം x ആണെങ്കിൽ,

$5 \times 50 = x \times 1$

∴ $x = 5 \times 50 = 250$

∴ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം = 250 ലി.

3. ബോയ്ൽ നിയമത്തിൽ നിന്നു് ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വവും മർദവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം വ്യൽപാദിപ്പിക്കുക.

നിശ്ചിതവ്യാപ്തം വാതകത്തിന്റെ ഭാരമാണു് അതിന്റെ ഘനത്വം. ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം d ഗ്രാം/ലി. എന്നിരിക്കട്ടെ. മർദം വ്യത്യാസപ്പെടുത്തിയാൽ വ്യാപ്തവും വ്യത്യാസപ്പെടും. വ്യാപ്തം മർദത്തിനോടു് പ്രതിലോമാനുപാതത്തിലായിരിക്കുമെന്നാണു് ബോയ്ൽ നിയമം.

V ലിറ്റർ വാതകത്തിന്റെ ഭാരം w ഗ്രാം ആണെങ്കിൽ ഘനത്വം $d = \frac{w}{V}$

∴ വ്യാപ്തം $V = \frac{w}{d}$

താപനിലയും ഭാരവും സ്ഥിരമാണെങ്കിൽ ബോയ്ൽ നിയമപ്രകാരം

$V \propto \frac{1}{P}$

∴ $\frac{w}{d} \propto \frac{1}{P}$

∴ $\frac{1}{d} \propto \frac{1}{P}$, അതായതു് $d \propto P$

∴ സ്ഥിരമായ താപനിലയിൽ ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം അതിന്റെ മർദത്തിനു ക്രമാനുപാതിക (directly proportional) മായിരിക്കും.

4. 75 സെ. മീ. രസമർദത്തിൽ ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം 1.5 ഗ്രാം/ലി. ആണെങ്കിൽ അതേ താപനിലയിൽ 70 സെ.മീ. രസമർദത്തിലുള്ള ഘനത്വം എത്ര?

പരികലനം: $d \propto p$ (പ്രശ്നം 3 നോക്കുക)

∴ $\frac{d}{p}$ സ്ഥിരമായിരിക്കും

75 സെ.മീ. മർദത്തിൽ $d = 1.56$ ഗ്രാം ലി.

70 സെ. മീ. മർദത്തിൽ d = x എന്നിരിക്കട്ടെ.

$$\therefore \frac{1.56}{75} = \frac{x}{70}$$

$$\therefore x = \frac{70 \times 1.56}{75} = 1.456$$

∴ 70 സെ. മീ. മർദത്തിൽ ഘനത്വം = 1. 456 ഗ്രാം/ലി.

മറ്റൊരു രീതി: 75 സെ.മീ. മർദത്തിൽ 1.56 ഗ്രാം വാതകത്തിനു 1 ലി. വ്യാപ്തം ഉണ്ടു്. ഇതേയും വാതകത്തെ 70 സെ.മീ. മർദത്തിലാക്കുമ്പോൾ വ്യാപ്തം V ആകുമെന്നിരിക്കട്ടെ. ബോയ്ൽ നിയമപ്രകാരം $75 \times 1 = 70 \times V$

∴ 1.56 ഗ്രാം വാതകത്തിന്റെ 70 സെ. മീ. മർദത്തിലുള്ള $V = \frac{75 \times 1}{70}$ ലി.

∴ $\frac{75}{70}$ ലി. വാതകത്തിനു 70 സെ. മീ. മർദത്തിൽ ഭാരം = 1.56ഗ്രാം

∴ ഘനത്വം = $\frac{\text{ഭാരം}}{\text{വ്യാപ്തം}} = 1.56 \div \frac{75}{70} = \frac{1.56 \times 70}{75} = 1.456$ഗ്രാം/ലി.

ചാൾസ് നിയമം

ചൂടാക്കുമ്പോൾ എല്ലാ വസ്തുക്കളും വികസിക്കുന്നു. എന്നാൽ വാതകങ്ങളുടെ വികാസം ഖരങ്ങളുടെയും ദ്രവങ്ങളുടെയും വികാസത്തെക്കാൾ വളരെ കൂടുതലാണു്. വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തവും താപനിലയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധമാണു് ചാൾസ് നിയമത്തിലെ പ്രതിപാദ്യം. 1787-ൽ ഫ്രഞ്ചുശാസ്ത്രജ്ഞനായ ജാഖെ അലക്സാണ്ടർ ചാൾസ്(Jacques Alexandre Charles)ആണു് ഈ നിയമം കണ്ടുപിടിച്ചതു്. എന്നാൽ മറ്റു പലരും ഈ വിഷയത്തിൽ ഗവേഷണങ്ങൾ നടത്തിയിരുന്നു. പ്രത്യേകിച്ചു് ജോസഫ് ലൂയി ഗേ-ലൂസ്സാക് ചാൾസിന്റെ ഗവേഷണഫലങ്ങൾ അറിയാതെ തന്നെ (1803-ൽ) തത്വത്തിൽ ഇതേ നിയമത്തിൽ എത്തിച്ചേർന്നു. അതിനാൽ ഈ നിയമത്തിനു് ചാൾസ്-ഗേ ലൂസ്സാക് നിയമം എന്നും ചിലർ പറയുന്നുണ്ടു്.

പ്രസ്താവന: സ്ഥിരമായ മർദത്തിൽ ഒരു നിശ്ചിതപരിമാണം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം താപനില ഓരോ ഡിഗ്രി സെൻറിഗ്രേഡ് വർധിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ 0°C ൽ ഉള്ള വ്യാപ്തത്തിന്റെ $\frac{1}{273}$ വീതം കൂടുന്നു.

ഒരു നിശ്ചിതഭാരം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം 0°C ൽ V_0 ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇതേയും വാതകത്തിന്റെ താപനില 1°C ഉയർത്തിയാൽ വികാസം $\frac{V}{273}$ ആയിരിക്കും; താപനില 1° C താഴ്ത്തിയാൽ വ്യാപ്തം അതേയും ചുരുങ്ങുകയും

ചെയ്യുന്നു. ഈ നിയമമനുസരിച്ച് വാതകങ്ങളുടെ ഏതെങ്കിലും ഒരു താപനിലയിലുള്ള വ്യാപ്തം അറിയാമെങ്കിൽ മറ്റ് ഏതു താപനിലയിലും ഉള്ള അതിന്റെ വ്യാപ്തം കണക്കാക്കാം.

കേവലതാപനില: ഒരു നിശ്ചിതപരിമാണം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം $t°C$താപനിലയിൽ V_t ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. $0°c$ ൽ ഇതിന്റെ വ്യാപ്തം V_o ആണെങ്കിൽ, അതിന്റെ താപനില $0°c$ ൽ നിന്ന് $t°c$ വരെ ഉയർത്തിയാൽ വികാസം $= V_t - V_o$

താപനിലയിൽ ഉണ്ടായ വ്യത്യാസം $= t - 0 = t°c$

ചാൾസ് നിയമപ്രകാരം $1°c$ നു $\frac{V_o}{273}$ ആണു വികാസം

$\therefore t°C$ നു വികാസം $= t \times \frac{V_o}{273}$

$\therefore V_t - V_o = t \times \frac{V_o}{273}$

$V_t = V_o + t\frac{V_o}{273}$

$= V_o \left(1 + \frac{t}{273}\right)$

$= V_o \left(\frac{273 + t}{273}\right)$

$= \frac{V_o}{273}(273 + t)$

ഇതിൽ V_o, 273 എന്നിവ സ്ഥിരാങ്കങ്ങളാണല്ലോ.

$\therefore V_t \propto (273 + t)$

$(273 + t)$ എന്നതിനെ T എന്നു ചിത്രീകരിക്കാം. $\therefore V_t \propto T$

ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം, സ്ഥിരമായ മർദത്തിൽ, അതിന്റെ താപനിലയോട് കൂടി 273 കൂട്ടിക്കിട്ടുന്ന തുകയ്ക്ക് (T) ആനുപാതികമായിരിക്കും. ഈ തുക താപനിലയോട് ബന്ധപ്പെട്ടതാണല്ലോ. ഇതിനെ കേവല-താപനില എന്നു പറയുന്നു. സെൻറിഗ്രേഡിലുള്ള താപനിലയോട് കൂടി 273 കൂട്ടുമ്പോൾ കേവലതാപനില കിട്ടുന്നു. ഇതിനു കെൽവിൻ താപനില എന്നും പറയുന്നുണ്ട്.

ഉദാഹരണമായി $10°C = 273 + 10 = 283°$ K അഥവാ $283°$ A. ഡിഗ്രി ചിഹ്നത്തിനു ശേഷം 'K' (കെൽവിൻ എന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുവാൻ) എന്നോ, അഥവാ 'A' (Absolute എന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കാൻ) എന്നോ കൂടി ചേർത്താണു കേവലതാപനില എഴുതുന്നത്.

$\therefore V_t = \frac{V_o}{273}(273 + t)$

$= \frac{V_o}{273} T$

$\therefore \quad \frac{V_t}{T} = \frac{V_o}{273}$ = ഒരു സ്ഥിരാങ്കം (പരിമാണവും മർദവും സ്ഥിരമാണെങ്കിൽ) ആകയാൽ, ഒരു നിശ്ചിത പരിമാണം വാതകം കൊണ്ടു് പരീക്ഷണം ചെയ്യുമ്പോൾ വാതകത്തിന്റെ സ്ഥിരമർദത്തിലുള്ള വ്യാപ്തത്തെ കേവലതാപനില കൊണ്ടു് ഹരിച്ചു് കിട്ടുന്ന സംഖ്യ സ്ഥിരമായിരിക്കും. അഥവാ, സ്ഥിരമർദത്തിൽ നിശ്ചിതപരിമാണം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം അതിന്റെ കേവലതാപനിലയ്ക്കു് ക്രമാനുപാതികമായിരിക്കും.

ഈ രീതികളിലും ചാൾസ് നിയമം എഴുതാവുന്നതാണു്.

താപനില കുറയുമ്പോൾ വ്യാപ്തവും കുറയുമല്ലോ. എന്നാൽ താപനില താഴ്ന്നു് —273° C ൽ എത്തുമ്പോൾ വ്യാപ്തം 0 ആയിത്തീരുന്നു എന്നു് ചാൾസ് നിയമത്തിൽ നിന്നു് തെളിയിക്കാം. t °C-ൽ ഉള്ള വ്യാപ്തം

$$V_t = \frac{V_o}{273}(273 + t)$$

$t = -273$ ആണെങ്കിൽ,

$$V_{-273} = \frac{V_o}{273}(273 - 273)$$

$$= \frac{V_o}{273} \times 0 = 0$$

അതായതു് —273° C-ൽ വാതകങ്ങൾക്കു് വ്യാപ്തം ഇല്ലാതാകുന്നു. അതിനു് സ്ഥിതി ചെയ്യാൻ സ്ഥലം ആവശ്യമില്ലാതാകുന്നു. കാരണം, —273° C എന്നതു് 0° K ആണല്ലോ.

$$-273^\circ C = -273 + 273 = 0^\circ K$$

അതിനാൽ 0° K ൽ വാതകങ്ങൾക്കു വ്യാപ്തം ഇല്ലാതാകുന്നു. ഈ താപനിലക്കു് (0° K ക്കു) കേവലപൂജ്യം (Absolute zero) എന്നു് പറയുന്നു. ഈ താപനില വരെ ഇതുവരെയും വാതകങ്ങളെ തണുപ്പിക്കാൻ സാധിച്ചിട്ടില്ല. വാതകങ്ങളെ മാത്രം സംബന്ധിക്കുന്നേടത്തോളം ചാൾസ് നിയമപ്രകാരം താപനില കേവലപൂജ്യമാകുമ്പോൾ വ്യാപ്തം ഇല്ലാതാകുന്നുവല്ലോ. എന്നാൽ ഈ താപനിലയ്ക്കു് എത്രയോ മുമ്പു തന്നെ വാതകങ്ങളെല്ലാം ദ്രവങ്ങളായും പിന്നീടു് ഖരങ്ങളായും തീരുന്നു. അതിനാൽ 0° K ൽ വാതകങ്ങൾക്കു് അസ്തിത്വം തന്നെ ഉണ്ടാകുന്നില്ല.

സ്ഥിരമർദത്തിൽ വ്യാപ്തം കേവലതാപനിലക്കു് ആനുപാതികമാണെന്നുള്ള തത്വം ഉപയോഗിച്ചു് വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തം, താപനില എന്നിവ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പരികലനങ്ങൾ സാധ്യമാണു് :

ഉദാഹരണങ്ങൾ താഴെ കൊടുക്കുന്നു.

1. 50° C ൽ 25 മി. ലി. വ്യാപ്തമുള്ള ഒരു വാതകത്തിന്റെ താപനില 100° C ആക്കി ഉയർത്തിയാൽ അതിന്റെ വ്യാപ്തം എത്ര? (മർദം സ്ഥിരമാണു്)

പരികലനം: $50^\circ C = 273 + 50 = 323^\circ K$

$100^\circ C = 273 + 100 = 373^\circ K$

$323^\circ K$ യിൽ വ്യാപ്തം = 25 മി.ലി.

$373^\circ K$ യിൽ വ്യാപ്തം = x എന്നിരിക്കട്ടെ.

ചാൾസ് നിയമപ്രകാരം $\frac{V}{T}$ സ്ഥിരമായിരിക്കണം.

$$\therefore \frac{25}{323} = \frac{x}{373}$$

$$\therefore x = \frac{373 \times 25}{323} = 28.87$$

$100^\circ C$ ൽ ഉള്ള വ്യാപ്തം = 28.87 മി. ലി.

2. $0^\circ C$ ൽ 1 ലിറ്റർ വായുവിനെ ചൂടാക്കി അതേ മർദത്തിൽ തന്നെ 1.5 ലിറ്ററാക്കാൻ ഏതു താപനില വരെ ചൂടാക്കണം?

പരികലനം:

$0^\circ C = 273 + 0 = 273^\circ K$

$273^\circ K$ യിൽ ഉള്ള വ്യാപ്തം = 1 ലിറ്റർ.

$T^\circ K$ വരെ ചൂടാക്കണമെന്നിരിക്കട്ടെ.

$T^\circ K$ യിൽ വ്യാപ്തം = 1.5 ലിറ്റർ

$\frac{\text{വ്യാപ്തം}}{\text{കേവലതാപനില}}$ സ്ഥിരമാണല്ലോ.

$$\therefore \frac{1}{273} = \frac{1.5}{T}$$

$$\therefore T = 273 \times 1.5 = 409.5$$

വാതകവ്യാപ്തം 1.5 ലിറ്ററാകാൻ വേണ്ട താപനില $= 409.5^\circ K - 273 = 409.5 - 273 = 136.5^\circ C$

മറ്റൊരു രീതി

$0^\circ C$ ൽ ഉള്ള വ്യാപ്തം = 1 ലി.

ചാൾസ് നിയമപ്രകാരം $1^\circ C$ നു ഈ വ്യാപ്തത്തിന്റെ $\frac{1}{273}$ വികാസം ഉണ്ടായിരിക്കണം.

ഓരോ $\frac{1}{273}$ ലി. വികാസത്തിനും ഉയരേണ്ട താപനില $= 1^\circ C$

$\therefore$ 0.5 ലി. വികാസത്തിനു ഉയരേണ്ട താപനില

$$= 0.5 \div \frac{1}{273} = 0.5 \times 273 = 136.5^\circ C$$

ആദ്യത്തെ താപനില $= 0^\circ C$

$\therefore$ 1.5 ലി. ആകുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന

താപനില = 0 + 136.5 = 136 .5° C

3. ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം 27° C ൽ 2.15 ഗ്രാം/ലി. ആണു്. അതേ മർദ്ദത്തിൽ 100° C ൽ ഉള്ള ഘനത്വം എത്ര ? ?

പരികലനം:

$27° C = 273 + 27 = 300° K$

$100° C = 273 + 100 = 373° K$

300° K യിൽ ഘനത്വം = 2.15 ഗ്രാം/ ലി.

അതായതു്, 2.15 ഗ്രാം വാതകത്തിന്റെ 300° K യിലെ വ്യാപ്തം= 1 ലി.

ഇതുയും വാതകത്തെ 373° K വരെ ചൂടാക്കിയാൽ വ്യാപ്തം x ആകുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ.

ചാൾസ് നിയമപ്രകാരം, $\frac{\text{വ്യാപ്തം}}{\text{കേവലതാപനില}}$ സ്ഥിരമാണു്.

$$\therefore \frac{1}{300} = \frac{x}{373}$$

$$x = \frac{373}{300}$$

$\therefore$ 373° K യിൽ 2.15 ഗ്രാം വാതകത്തിനു് $\frac{373}{300}$ ലി. വ്യാപ്തം ഉണ്ടായിരിക്കും.

$\therefore$ 373° K (100° C) യിൽ ഘനത്വം = $\frac{\text{ഭാരം}}{\text{വ്യാപ്തം}}$

$$= 2.15 \div \frac{373}{300}$$

$$= \frac{2.15 \times 300}{373}$$

$$= 1.729 \text{ ഗ്രാം / ലി.}$$

കുറിപ്പു്: (1) സൂക്ഷ്മപരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു് നിർണയിക്കപ്പെട്ട വികാസം ഓരോ ഡിഗ്രി താപനിലയിലെ വർധനവിനും 0° C ൽ ഉള്ള വ്യാപ്തത്തിന്റെ $\frac{1}{273.16}$ ആണു്; $\frac{1}{273}$ അല്ല. എങ്കിലും സൗകര്യത്തെ ഉദ്ദേശിച്ചു് മാത്രം 273.16 എന്നതിനു് പകരം 273 എന്ന പൂർണസംഖ്യ സാധാരണമായി ഉപയോഗിക്കാറുണ്ടു്. അതിനാൽ കേവലതാപനില സൂക്ഷ്മമായി പറയുമ്പോൾ "സെൻറിഗ്രേഡു് താപനില + 273.16" എന്നു് കണക്കാക്കേണ്ടതാണു്. അതുപോലെ തന്നെ കേവല പൂജ്യം, — 273° C അല്ല; — 273.16° C ആണു്.

(2) ഗേലൂസ്സാക് നിയമം: നിശ്ചിതപരിമാണം വാതകത്തിന്റെ മർദം, സ്ഥിരമായ വ്യാപ്തത്തിൽ അതിന്റെ കേവലതാപനിലക്ക് ക്രമാനുപാതികമായിരിക്കും.

$$\therefore P \propto T$$

$$\frac{P}{T} = \text{സ്ഥിരാങ്കം}$$

സാമാന്യവാതകനിയമം

ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം അതിന്റെ മർദത്തെയും താപനിലയേയും എപ്രകാരം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നു നാം കണ്ടു കഴിഞ്ഞു. വ്യാപ്തത്തിന്റെ മർദവുമായുള്ള ബന്ധം ബോയ്ൽ നിയമവും, താപനിലയുമായുള്ള ബന്ധം ചാൾസ് നിയമവും വ്യക്തമാക്കിത്തരുന്നു. എന്നാൽ ബോയ്ൽ നിയമം സ്ഥിരമായ താപനിലയിലും ചാൾസ് നിയമം സ്ഥിരമായ മർദത്തിലും മാത്രമേ അനുസരിക്കപ്പെടുന്നുള്ളു. അതിനാൽ ഈ രണ്ടുനിയമങ്ങളും കൂട്ടിച്ചേർത്തു് ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തെ അതിന്റെ മർദം, താപനില എന്നിവയുടെ ഒരു ഫലന (function) മാക്കാവുന്നതാണു്. വ്യാപ്തം, മർദം, താപനില എന്നീ ഭൗതിക ഗുണധർമങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ഈ ബന്ധത്തിനാണു് വാതകത്തിന്റെ അവസ്ഥാസമീകരണം (equation of state of a gas) എന്നു പറയുന്നതു്. ഈ സമീകരണത്തിലെ പ്രതിപാദ്യമാണു് സാമാന്യവാതകനിയമം.

ബോയ്ൽ–ചാൾസ് നിയമങ്ങളിൽ നിന്നു് ഈ സമീകരണം രണ്ടു തരത്തിൽ വ്യൽപാദിപ്പിക്കാം.

1. ബോയ്ൽ നിയമപ്രകാരം സ്ഥിരതാപനിലയിൽ ഒരു നിശ്ചിതഭാരം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം അതിന്റെ മർദത്തോടു് പ്രതിലോമാനുപാതത്തിലായിരിക്കണം.

ie. $V \propto 1/P$

$$\therefore V = K \cdot \frac{1}{P} \quad (K \text{ ഒരു സ്ഥിരാങ്കം})$$

അഥവാ $PV = K$

ഓരോ താപനിലയിലും $PV\ (= K)$ സ്ഥിരമായിരിക്കും. സ്ഥിരമായ താപനിലയിൽ മാത്രമേ ഈ നിയമം ശരിയായിരിക്കുകയുള്ളു എന്നും പറയേണ്ടതുണ്ടു്.

താപനില വ്യത്യാസപ്പെടുമ്പോൾ വ്യാപ്തം വ്യത്യാസപ്പെടുന്നതിനാൽ PVയും വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. സ്ഥിരമായ മർദത്തിൽ V കേവലതാപനിലയ്ക്കു് (T) ക്രമാനുപാതികമായിരിക്കണം.

$$\therefore PV \propto T$$

ie. $PV = KT \quad (K \text{ ഒരു സ്ഥിരാങ്കം})$

അഥവാ $\frac{PV}{T} = K$

ഇതാണ് സാമാന്യവാതകനിയമം. നിശ്ചിതഭാരം വാതകത്തിന്റെ മർദ വ്യാപ്തഗുണനഫലത്തെ അതിന്റെ കേവലതാപനില കൊണ്ട് ഹരിച്ചു കിട്ടുന്ന സംഖ്യ സ്ഥിരമായിരിക്കും. P, V, T എന്നിവ വ്യത്യാസപ്പെടുമ്പോഴും $\frac{PV}{T}$ യിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നില്ലെന്നാണ് സാരം.

2. ഈ തത്വം മറ്റൊരു രീതിയിൽ വ്യൽപാദിപ്പിക്കാം. ഒരു നിശ്ചിത ഭാരം വാതകത്തിനു മർദം P_1 ഉം കേവലതാപനില T_1 ഉം ആയിരിക്കുമ്പോൾ വ്യാപ്തം V_1 ആണെന്നും, മർദം P_2 ഉം കേവലതാപനില T_2 ഉം ആകുമ്പോൾ വ്യാപ്തം V_2 ആണെന്നും ഇരിക്കട്ടെ. അതായതു് P_1 , V_1 , T_1 , എന്നീ പരിത: സ്ഥിതികളിൽനിന്നു് വാതകത്തെ P_2 , V_2 , T_2 എന്നിവയിലേയ്ക്കു് മാറ്റുന്നു. ഈ പരിവർത്തനം പടിപടിയായി നടത്താം.

ആദ്യമായി, താപനില T_1 ൽ തന്നെ സ്ഥിരമായിവെച്ചുകൊണ്ട് മർദം P_1 ൽ നിന്നും P_2 ആക്കുക. അപ്പോൾ വ്യാപ്തം V_1 ൽ നിന്നു് V^1 ലേക്കു മാറുന്നു. എന്നിരിക്കട്ടെ. സ്ഥിരതാപനിലയിലുള്ള ഈ പരിവർത്തനത്തിൽ ബോയ്ൽ നിയമം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ

$P \quad V_1 = P_2 \quad V^1$ എന്നു് കിട്ടുന്നു.

$$\therefore \quad V^1 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

അടുത്ത പടിയായി വാതകത്തിന്റെ മർദം (P_2) സ്ഥിരമാക്കിക്കൊണ്ടു് അതിന്റെ താപനില T_1 ൽ നിന്നും T_2 ആക്കി മാറ്റുമ്പോൾ വ്യാപ്തം V_2 ആയിത്തീരും.

ചാൾസ് നിയമപ്രകാരം, $V^1 / T_1 = V_2 / T_2$

$$\therefore \quad V^1 = V^2 T_1 / T_2$$

എന്നാൽ $V^1 = P^1 V_1 / P_2$ എന്നു് മുമ്പു് കണ്ടുവല്ലോ.

$$\therefore \quad V_2 T_1 / T_2 = P_1 V_1 / P_2$$

ഈ സമീകരണത്തെ P_2 / T_1 കൊണ്ടു് ഗുണിക്കുമ്പോൾ

$$P_2 V_2 / T_2 = P_1 V_1 / T_1$$

അതായതു് മർദം, വ്യാപ്തം, കേവലതാപനില എന്നിവയിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാകുമ്പോഴും $P \times V/T$ സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നു.

$P \cdot V/T = K$ (K, ഒരു സ്ഥിരാങ്കം)

ഈ സംഖ്യ (K) വാതകത്തിന്റെ ഭാരത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. കാരണം, വ്യാപ്തം പരിമാണത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം (മോം)* വാതകത്തിന്റെ $P \times V/T$ ആണു് വാതകസ്ഥിരാങ്കം (gas constant) എന്നും മോളാർ വാതകസ്ഥിരാങ്കം (molar gas constant) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നതു്. ഈ സ്ഥിരാങ്കം എല്ലാ വാതകങ്ങൾക്കും

* അധ്യായം 5 നോക്കുക.

ഒന്നു തന്നെയാണു്. കാരണം, ഒരേ മർദത്തിലും താപനിലയിലും എല്ലാ വാതകങ്ങളുടെയും മോളാർ വ്യാപ്തം V (അധ്യായം 5) ഒന്നു തന്നെയാണു്.

മോളാർ വാതകസ്ഥിരാങ്കം, $R = PV/T$

$\therefore PV = RT$

ഇതാണു് സാമാന്യവാതകനിയമസമീകരണം (general gas law equation).

ഈ തത്വങ്ങളും ഉപയോഗിച്ചു് ഏതെങ്കിലും ഒരു താപനിലയിലും മർദത്തിലും ഒരു നിശ്ചിതഭാരം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം അറിയാമെങ്കിൽ മറ്റു മർദങ്ങളിലും താപനിലകളിലും അതിന്റെ വ്യാപ്തം എത്രയായിരിക്കുമെന്നു് കണക്കാക്കാവുന്നതാണു്. ചില പരികലനങ്ങളും നോക്കുക.

1. ഒരു വായുമണ്ഡലമർദത്തിലും 27° C ലും ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം 57 മി. ലി. ആണെങ്കിൽ 3 വായുമണ്ഡലമർദത്തിലും 77° C ലും അതിന്റെ വ്യാപ്തം എത്രയായിരിക്കും?

$27° C = 273 + 27 = 300° K$

$77° C = 273 + 77 = 350° K$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$P_1 = 1$ വാ. മ. $V_1 = 57$ മി. ലി. $T_1 = 300° K$

$P_2 = 3$ വാ. മ. $V_2 = ?$ $T = 350° K$

$$\frac{1 \times 57}{300} = \frac{3 \times V_2}{350}$$

$$V_2 = \frac{1 \times 57 \times 350}{300 \times 3} = 22.17 \text{ മി. ലി.}$$

2. 76 സെ. മീ. മർദത്തിലും 25° C താപനിലയിലും ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം 2.75 ഗ്രാം / ലി. ആണു്. എന്നാൽ 150 സെ. മീ. മർദത്തിലും 0° C ലും ഘനത്വം എത്ര?

2.75 ഗ്രാം വാതകത്തിനു് 76 സെ. മീ. മർദത്തിലും 25° C (298° K) ലും വ്യാപ്തം = 1 ലി. ഇത്രയും വാതകത്തെ 150 സെ.മീ. മർദത്തിലും 0° C (273° K) ലും ആക്കുമ്പോൾ ഉള്ള വ്യാപ്തം V ആണെന്നിരിക്കട്ടെ.

$\frac{\text{മർദം} \times \text{വ്യാപ്തം}}{\text{കേവലതാപനില}}$ സ്ഥിരമാണു്.

$$\therefore \frac{76 \times 1}{298} = \frac{150 \times V}{273}$$

$$\therefore V = \frac{76 \times 273 \times 1}{298 \times 150} \text{ ലി}$$

$\therefore$ 150 സെ.മീ. മർദത്തിലും 0° C ലും V ലി. വാതകത്തിന്റെ ഭാരം 2.75 ഗ്രാം.

$$\text{ഘനത്വം} = \frac{2.75}{V}$$

$$= 2.75 \div \frac{76 \times 273 \times 1}{298 \times 150}$$

$$= 5.925 \text{ ഗ്രാം / ലി.}$$

പ്രമാണതാപനിലയും മർദവും

വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം മർദത്തേയും താപനിലയേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ അതിന്റെ ഘനത്വം മുതലായ മറ്റു ഗുണധർമങ്ങളും ഓരോ സാഹചര്യങ്ങളിലും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കും. തന്മൂലം വാതകങ്ങളുടെ ഗുണധർമങ്ങൾ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ മർദവും താപനിലയും കൂടി സൂചിപ്പിക്കേണ്ടതാണ്. സാധാരണമായി വാതകങ്ങളുടെ ഗുണങ്ങൾ 0° C ലും (273° K) വായുമണ്ഡല മർദത്തിലും (=76 സെമീ. രസം) ആണ് പ്രസ്താവിക്കപ്പെടുന്നത്. ഇവയാണ് പ്രമാണതാപനിലയും (Standard temperature) പ്രമാണമർദവും ((standard pressure) (നോർമൽ താപനില, നോർമൽ മർദം എന്നും പറയാറുണ്ട്). പ്രമാണതാപനിലയും മർദവും എന്നതിനെ ചുരുക്കി S. T P. (Standard temperature and pressure) എന്നും N.T.P. (Normal temperature and pressure) എന്നും ആണ് സാധാരണമായി എഴുതാറുള്ളത്. ഒരു വാതകത്തിന്റെ S.T P. യിലെ വ്യാപ്തം, ഘനത്വം എന്നിവ അറിയാമെങ്കിൽ സാമാന്യവാതകനിയമം ഉപയോഗിച്ച് മറ്റേതു സാഹചര്യങ്ങളിലും ഉള്ള വ്യാപ്തവും ഘനത്വവും കണക്കാക്കാം. ഒരുദാഹരണം നോക്കുക.

ഒരു വാതകത്തിന് N T.P.യിൽ ഘനത്വം 1.5 ഗ്രാം/ലി. ആണെങ്കിൽ 27° C യിലും 750 മി. മീ. രസമർദത്തിലും അതിന്റെ ഘനത്വം എത്ര?

760 മി. മീ. മർദത്തിലും 0° C ലും (273° K) 1.5 ഗ്രാം വാതകത്തിന് 1 ലി വ്യാപ്തം ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഇതുയും വാതകത്തിന്റെ മർദം 750 മി മീ. രസവും താപനില 27° C (273 + 27 = 300° K) ഉം ആകുമ്പോൾ വ്യാപ്തം V ആണെങ്കിൽ, സാമാന്യവാതകനിയമപ്രകാരം.

$$\frac{760 \times 1}{273} = \frac{750 \times V}{300}$$

$$V = \frac{760 \times 300}{750 \times 273} \text{ ലി}$$

1.5 ഗ്രാം വാതകത്തിന്റെ പുതിയ വ്യാപ്തമാണിത്.

$$\text{ഘനത്വം} = \frac{1.5}{V =} \quad 1.347 \text{ ഗ്രാം/ലി.}$$

ഡാൾടന്റെ ആംശികമർദനിയമം

പരസ്പരം രാസപരമായി പ്രവർത്തിക്കാത്ത വാതകങ്ങളുടെ മിശ്രിതങ്ങളിൽ കാണുന്ന സ്വഭാവങ്ങളും അതിലെ ഓരോ ഘടകങ്ങളുടെയും സ്വഭാവങ്ങളുടെ ആകെ

ത്തുകയാണു്. മിശ്രിതത്തിന്റെ മർദവും ഓരോ ഘടകങ്ങളുടെയും സംഭാവനകളുടെ ആകത്തുകയാണു്. ഒരു പാത്രത്തിനുള്ളിൽ A, B എന്ന രണ്ടു വാതകങ്ങൾ ഉണ്ടെന്നും മിശ്രിതത്തിന്റെ മർദം P ആണെന്നും സങ്കല്പിക്കുക. വല്ല വിധത്തിലും പാത്രത്തിൽ നിന്നു് A മുഴുവനും മാറിയാൽ (വ്യാപ്തം മാറുന്നില്ല) മർദം കുറയുന്നു. B മാത്രമാണു് പാത്രത്തിൽ ഇപ്പോഴുള്ളതു്. ഇങ്ങനെയുള്ള B യുടെ മർദത്തെയാണു് മിശ്രിതത്തിൽ B യുടെ ആംശികമർദം എന്നു പറയുന്നതു്. ഇതുപോലെ മാത്രമായി A മിശ്രിതത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തിൽ അതേ താപനിലയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യാലുള്ള മർദമാണു് മിശ്രിതത്തിൽ A യുടെ ആംശികമർദം. ഒരു വാതകമിശ്രിതത്തിലെ മർദം (P) അതിലെ ഘടകങ്ങളുടെ ആംശികമർദങ്ങളുടെ തുകയാണെന്നു് പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു് ഡാൽടൺ കണ്ടുപിടിച്ചു (1801). ഈ വസ്തുതയാണു് ഡാൽടന്റെ ആംശികമർദനിയമം.

പ്രസ്താവന

പരസ്പരം രാസപരമായി പ്രവർത്തിക്കാത്ത വാതകങ്ങളുടെ മിശ്രിതങ്ങളിലെ മർദം, അവ ഓരോന്നും തനിച്ചു് അതേ താപനിലയിൽ മിശ്രിതത്തിന്റെ മുഴുവൻ വ്യാപ്തത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യാലുണ്ടാകുന്ന മർദങ്ങളുടെ (ആംശികമർദങ്ങളുടെ) തുകയായിരിക്കും.

ഉദാഹരണമായി 0.2 ഗ്രാം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡും 0.5 ഗ്രാം നൈടജനും കലർന്ന മിശ്രിതത്തിനു് 27° C ലും 76 സെ. മീ. മർദത്തിലും V ലിറ്റർ വ്യാപ്തം ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. 0.2 ഗ്രാം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് മാത്രം 27° C ൽ V ലിറ്റർ വ്യാപ്തത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യാലുള്ള മർദമാണു് അതിന്റെ ആംശികമർദം (P_1). അതുപോലെ തന്നെ 0.5 ഗ്രാം നൈടജൻ മാത്രം 27° C ൽ V ലിറ്റർ വ്യാപ്തത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യാലുള്ള മർദമാണു് നൈടജന്റെ ആംശികമർദം (P_2).

$P_1 + P_2$ = 76 സെ.മീ. എന്നാണു് ഡാൽടൻനിയമം അനുശാസിക്കുന്നതു്.

വാതകങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഈ നിയമത്തിനു വലിയ ഉപയോഗം ഉണ്ടു്. ഒരു മിശ്രിതത്തിൽ ഒരു ഘടകം മാത്രം എത്ര ഉണ്ടെന്നു് കണക്കാക്കുന്നതിനു് ഈ നിയമം പ്രയോജനപ്പെടുത്താം. ഉദാഹരണമായി, വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തം അളക്കുന്നതിനുള്ള പല വിശ്ലേഷണവിധികളിലും വാതകം ജലത്തിനു മീതെയാണു് ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നതു്. അതിനാൽ വാതകം ഈർപ്പമുള്ളതായിരിക്കും. അതായതു്, വാതകം യഥാർത്ഥത്തിൽ നീരാവി കലർന്ന ഒരു മിശ്രിതമായിരിക്കും. ഈ മിശ്രിതത്തിന്റെ വ്യാപ്തമാണു് നാം അളക്കുന്നതു്. ഇതിൽ എത്രമാത്രം ശുദ്ധമായ വാതകം ഉണ്ടെന്നു് കണക്കാക്കാം. ഈർപ്പമുള്ള വാതകത്തിന്റെ മർദം = അതിലുള്ള നീരാവിയുടെ ആംശികമർദം + ശുദ്ധമായ വാതകത്തിന്റെ ആംശികമർദം.

നീരാവിയുടെ ആംശികമർദം ആ താപനിലയിലുള്ള ജലത്തിന്റെ ബാഷ്പമർദമായിരിക്കും. ഓരോ താപനിലയിലും ദ്രവവുമായി സമ്പർക്കത്തിലുള്ള അതിന്റെ ബാഷ്പമർദമാണു് ദ്രവത്തിന്റെ പൂരിതമർദം എന്നു പറയുന്നതു്. ഈ ബാഷ്പമർദം ഓരോ താപനിലയിലും നിശ്ചിതമാണു്. ജലത്തിന്റെ

പൂരിതബാഷ്പമർദത്തെ, അകവസ് ടെൻഷൻ എന്നും പറയാറുണ്ട്. ഓരോ താപനിലയിലും അകവസ് ടെൻഷൻ നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ''ക്ലാർക് ടേബിൾസ്'' മുതലായ പട്ടികപുസ്തകങ്ങളിൽ ഇതും ചേർത്തിട്ടുണ്ട്. ഈർപ്പമുള്ള വാതകത്തിന്റെ താപനിലയറിഞ്ഞാൽ അതിലെ നീരാവിയുടെ ആംശികമർദം കണ്ടുപിടിക്കാമല്ലോ. ഡാൾടൻനിയമപ്രകാരം മൊത്തം മർദത്തിൽനിന്നു് അകവസ് ടെൻഷൻ കുറച്ചാൽ വാതകത്തിന്റെ ആംശികമർദം കിട്ടുന്നു. ഈർപ്പമുള്ള വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം V മി. ലി. ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. അതിന്റെ മർദം = P. ഈ താപനിലയിൽ അകവസ് ടെൻഷൻ = x

ശുദ്ധമായ വാതകത്തിന്റെ ആംശികമർദം = (P–x)

അതായതു് V മി. ലി. ശുദ്ധമായ വാതകത്തിന്റെ മർദം (P–x) ആയിരിക്കും. ഒരുദാഹരണം എടുക്കാം. ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 0.02 ഗ്രാം മഗ്നീഷ്യം ആസിഡുമായി പ്രവർത്തിച്ചു് എത്ര ഹൈഡ്രജൻ ഉണ്ടാകും എന്നു് നിർണയിക്കേണ്ടിവരുന്നു (രാസതുല്യങ്കഭാരം നോക്കുക). മഗ്നീഷ്യം തക്കതായ ഒരു ഉപകരണത്തിൽ ആസിഡുമായി പ്രവർത്തിപ്പിച്ചു് ഉണ്ടാകുന്ന ഹൈഡ്രജൻ ജലത്തിനു മീതെ അംശാങ്കിതമായ കുഴലുകളിൽ (graduated tubes) ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. കുഴലിലെ അംശാങ്കനങ്ങളിൽ നിന്നു് ഈർപ്പമുള്ള വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം വായുമണ്ഡലമർദത്തിൽ കൃത്യമായി അളക്കാം. ഈ വ്യാപ്തം 5.4 മി. ലി. ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. വാതകത്തിന്റെ താപനിലയും (t° C) ഈ താപനിലയിൽ ഉള്ള അകവസ് ടെൻഷനും കണ്ടുപിടിക്കുക. അകവസ് ടെൻഷൻ t° C ൽ 23 മി. മീ. ആണെണിരിക്കട്ടെ. വായുമണ്ഡലമർദം ബാറോമീറ്ററിൽനിന്നു് കാണാം. ഇതു് 754 മി. മീ. രസം ആണെങ്കിൽ ഡാൾടൺ നിയമപ്രകാരം,

754 = 23 + വാതകത്തിന്റെ ആംശികമർദം.

∴ വാതകത്തിന്റെ ആംശികമർദം

= 731 മി. മീ. രസം

അതായതു് 0.02 ഗ്രാം. മഗ്നീഷ്യത്തിൽ നിന്നു് 731 മി. മീ. മർദത്തിലും t° C ലും 54 മി. ലി. ശുദ്ധമായ ഹൈഡ്രജൻ കിട്ടിയിട്ടുണ്ടു് എന്നർഥം.

ചില മാതൃകാപരികലനങ്ങൾ

(1) 600 മി. മീ. രസമർദത്തിൽ 100 മി. ലി. നൈടജനും, 700 മി. മീ. രസമർദത്തിൽ 200 മി. ലി. ഓക്സിജനും 250 മി. ലി. വ്യാപ്തമുള്ള ഒരു ബംബിൽ നിറച്ചാൽ ഓരോ വാതകത്തിന്റെയും ബംബിലുള്ള ആംശികമർദങ്ങളും മിശ്രിതത്തിന്റെ മർദവും കണക്കാക്കുക.

പരികലനം:

മിശ്രിതത്തിന്റെ മർദം P മി. മീറ്ററും നൈടജന്റെയും ഓക്സിജന്റെയും ആംശികമർദങ്ങളും യഥാക്രമം P_1, P_2 മി. മീ. വീതവും ആണെങ്കിൽ,

$P = P_1 + P_2$.

മിശ്രിതത്തിൽ ഓരോ ഘടകവും 250 മി. ലി. വ്യാപ്തത്തിലാണു് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതു്. അപ്പോൾ 600 മി. മീ. മർദത്തിലുള്ള 100 മി. ലി. നൈടജന്റെ വ്യാപ്തം 250 മി. ലി. ആകുമ്പോൾ ഉള്ള മർദം = P_1 മി. മീ

ബോയ്ൽ നിയമപ്രകാരം, $600 \times 100 = P_1 \times 250$

$\therefore P_1 = 240$ മി. മീ.

= നൈട്രജന്റെ ആംശികമർദം.

ഇതുപോലെ തന്നെ $P_2 = \frac{700 \times 200}{250} = 560$ മി. മീ.

= ഓക്സിജന്റെ ആംശികമർദം

ആകെ മർദം, $P = P_1 + P_2 = 240 + 560 = 800$ മി. മീ.

(2) 1000 ലിറ്റർ വ്യാപ്തമുള്ള ഒരു സ്റ്റീൽ ഗ്ലോബിൽ നിറയെ ഹൈഡ്രജനും അതേ വലിപ്പമുള്ള മറ്റൊന്നിൽ നൈട്രജനും സംഭരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഹൈഡ്രജന്റെ മർദം 5 വായുമണ്ഡലവും നൈട്രജന്റേത് 2 വായുമണ്ഡലവും ആണ്. ഗ്ലോബുകളും തമ്മിൽ ഘടിപ്പിച്ച് വാതകങ്ങളും പരസ്പരം കലർത്തിയാൽ കിട്ടുന്ന മിശ്രിതത്തിന്റെ മർദം എത്ര?

(ഇവ തമ്മിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും ഒന്നും നടക്കുന്നില്ലെന്ന് കരുതുക)

പരികലനം

മിശ്രിതത്തിന്റെ വ്യാപ്തം = 2000 ലി.

$\therefore$ 5 വായുമണ്ഡലമർദത്തിലുള്ള 1000 ലിറ്റർ ഹൈഡ്രജൻ 2000 ലിറ്റർ ആക്കിയാൽ ഉള്ള മർദമാണ് മിശ്രിതത്തിലെ ഹൈഡ്രജന്റെ ആംശികമർദം (P_1).

ബോയ്ൽ നിയമപ്രകാരം

$5 \times 1000 = P_1 \times 2000$

$\therefore P_1 = 2.5$ വായുമണ്ഡലം

ഇതുപോലെ തന്നെ, നൈട്രജന്റെ ആംശികമർദം P_2 = ഒരു വായുമണ്ഡലം

$\therefore$ മിശ്രിതത്തിന്റെ മർദം $= P_1 + P_2 = 2.5 + 1 = 3.5$

IV ഗ്രഹാമിന്റെ വിസരണനിയമം

പദാർഥങ്ങളുടെ പരസ്പരവ്യാപനം ആണ് വിസരണം (diffusion). ഉദാഹരണമായി ഒരു ടെസ്റ്റ് ട്യൂബിൽ അല്പം കോപ്പർ സൽഫേറ്റ് ലായനി ഒഴിക്കുക. നീല നിറമുള്ള ഈ ലായനിയുടെ മുകളിലായി ശ്രദ്ധിച്ചും സാവധാനത്തിലും പിപ്പറ്റുകൊണ്ട് കുറെ ജലവും ഒഴിക്കുക. സൂക്ഷിച്ച് ഒഴിച്ചാൽ ടെസ്റ്റ് ട്യൂബിലെ ദ്രവം രണ്ട് പടലങ്ങളായി നിൽക്കും; ചുവട്ടിൽ നീല നിറമുള്ള ലായനി, മുകളിൽ നിറമില്ലാത്ത ജലവും. എന്നാൽ അനേക്കാതെയെച്ചിരുന്നാൽപോലും ക്രമേണ നീല നിറം മുകളിലോട്ട് വ്യാപിക്കുന്നതായി കാണാം. ഒടുവിൽ ഏകാത്മകമായ ഒരു ലായനി കിട്ടും. ഇതിനു കാരണം ലായനിയിൽ നിന്ന് കോപ്പർ സൽഫേറ്റ് സ്വയമേവ ജലത്തിലേക്ക് വ്യാപിക്കുന്നതാണെന്ന് സ്പഷ്ടമാണ്. ഇത്തരത്തിൽ പദാർഥങ്ങൾ സ്വയമേവ നടത്തുന്ന വ്യാപനമാണ് വിസരണം. ദ്രവങ്ങളിലും വാതകങ്ങളിലും വിസരണം ഏളുപ്പത്തിൽ സംഭവിക്കുന്നു. ഖരങ്ങളിലും വിസരണം നടക്കും; പക്ഷെ വളരെ സാവധാനത്തിൽ മാത്രമാണ്. വാതകങ്ങൾ എല്ലാം പരസ്പരം വിസരിക്കുന്നു. മിശ്രണസാധ്യങ്ങളായ ദ്രവങ്ങളിലും വിസരണം നടക്കുന്നു. വാതകങ്ങൾ വളരെ വേഗത്തിൽ വിസരിക്കുന്നു. ദ്രവങ്ങളിൽ അത്ര തന്നെ വേഗത്തിൽ വിസരണം സാധ്യമല്ല.

വാതകങ്ങളുടെ വിസരണം പ്രകടിപ്പിക്കാൻ ഒരു പരീക്ഷണം നോക്കുക.

കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് നിറച്ച ഒരു വാതകജാർ മുറിയിൽ വച്ച് തുറന്നു കത്തുന്ന ഒരു ഈർക്കിലി അതിനുള്ളിലേയ്ക്കു ഇറക്കുക. ഈർക്കിലി ക്ഷണത്തിൽ കെട്ടുപോകുന്നു. ഈ വാതകത്തിൽ ഈർക്കിലിയും മറ്റും കത്തുകയില്ലല്ലോ. എന്നാൽ കുറെ നേരം തുറന്നു വെച്ചതിനു ശേഷം വീണ്ടും കത്തുന്ന ഈർക്കിലി ഇതിലേയ്ക്കിയാൽ അതു ജാറിനുള്ളിൽ തുടർന്നു കത്തുന്നതായി കാണാം. അതുകൊണ്ടു ജാറിനുള്ളിലേയ്ക്കു വായു കടന്നിട്ടുണ്ടെന്നു അനുമാനിക്കാം. ജാറിൽനിന്നു കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് പുറത്തേക്കു പോയിരിക്കണം. ഈ വാതകത്തിനു വായുവിനെക്കാൾ ഘനതയുണ്ട്. എങ്കിൽ പോലും ജാറിൽനിന്നു ഈ വാതകം മേല്പോട്ടു പോകുന്നു. വായുവും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡും പരസ്പരം വിസരിക്കുന്നതിനാലാണു് ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നതു്.

വിസരണത്തെപ്പറ്റി ആദ്യമായി ശാസ്ത്രീയപഠനം നടത്തിയതു് ഇംഗ്ലീഷു ശാസ്ത്രജ്ഞനായ തോമസ് ഗ്രഹാം ആയിരുന്നു. ലായനികളിൽ നടക്കുന്ന വിസരണത്തെക്കുറിച്ചു് അദ്ദേഹം നടത്തിയ പഠനങ്ങളിൽനിന്നു കോളോയ്ഡീയ അവസ്ഥ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. കൊളോയ്ഡ്ശാസ്ത്രം ഇന്നു രസതന്ത്രത്തിന്റെ ഒരു പ്രമുഖശാഖയണു് ഈ ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പിതാവു് എന്ന ബഹുമതി ഗ്രഹാം നേടിയിട്ടുണ്ടു്. വാതകവിസരണത്തിൽ അദ്ദേഹം നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നു കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടതാണു് ''വിസരണനിയമം''. 1833-ൽ ഗ്രഹാം പ്രഖ്യാപിച്ച നിയമത്തെ ഇപ്രകാരം പ്രസ്താവിക്കാം.

സ്ഥിരമായ താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലും ഉള്ള വാതകങ്ങളുടെ വിസരണപ്രവേഗം അവയുടെ ഘനതയുടെ വർഗമൂലത്തോടു് പ്രതിലോമാനുപാതത്തിലാണു്.

ഒരു സമയമാത്രയിൽ (സെക്കൻറിലോ മിനിട്ടിലോ മണിക്കൂറിലോ) വിസരിക്കുന്ന വാതകത്തിന്റെ അളവിനെ — സാധാരണയായി വ്യാപ്തത്തെ — വിസരണപ്രവേഗം എന്നു പറയുന്നു. സുഷിരപ്പാത്രങ്ങളിൽനിന്നു സുഷിരങ്ങളിലൂടെ വിസരിക്കുന്ന വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തമാണു് ഇങ്ങനെ നിർണയിക്കപ്പെടുന്നതു്. ഗ്ലേസിതമല്ലാത്ത (unglazed) മൺപാത്രങ്ങളും കഴലുകളുമാണു് ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നതു്. വിസരണപ്രവേഗം പാത്രത്തേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ ഒരേ ഉപകരണം ഉപയോഗിച്ചു പരീക്ഷണം നടത്തിയാണു് പല വാതകങ്ങളുടെയും വിസരണം താരതമ്യപ്പെടുത്തുന്നതു്. d_1 ഘനതയുള്ള ഒരു വാതകത്തിന്റെ വിസരണപ്രവേഗം V_1 ആണെങ്കിൽ ഗ്രഹാം നിയമപ്രകാരം

$$V_1 \propto 1/\sqrt{d_1}$$

ഇതേ പരിതസ്ഥിതികളിൽ d_2 ഘനതയുള്ള മറ്റൊരു വാതകത്തിനു വിസരണപ്രവേഗം V_2 ആണെങ്കിൽ

$$V_2 \propto 1/\sqrt{d_2}$$

$$V_1 / V_2 = \sqrt{(d_2 / d_1)}$$

ഈ സമീകരണത്തിൽനിന്നു ഘനതയും കൂടിയ വാതകങ്ങളുടെ വിസരണപ്രവേഗം ഘനതയും കുറഞ്ഞവയുടേതിനേക്കാൾ കുറവാണെന്നു മനസ്സിലാക്കാം. ഹൈഡ്രജൻ ആണു് ഘനതയും ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വാതകം. അതിനാൽ ഈ വാത

കം മറെറല്ലാ വാതകങ്ങളേയുംകാൾ കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ വിസരിക്കുന്നു.

വിസരണ പ്രവേഗം നിർണയിച്ചു് ഗ്രഹാം നിയമപ്രകാരം രണ്ടു വാതകങ്ങളുടെ ഘനത്വങ്ങളും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം കണക്കാക്കാം.

$$V_1 / V_2 = \sqrt{(d_2 / d_1)}$$

$$\therefore \quad d_2 / d_1 = (V_1 / V_2)^2$$

ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം അറിയാമെങ്കിൽ മറേറ വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം നിർണയിക്കാം.

[ഘനത്വം തന്മാത്രാഭാരത്തിനു് ആനുപാതികമാണെന്നു് അടുത്ത അധ്യായത്തിൽ തെളിയിക്കപ്പെടുന്നതാണു്. അതിനാൽ ഘനത്വങ്ങളുടെ അനുപാതം തന്മാത്രാഭാരത്തിന്റെ അനുപാതം തന്നെയാണു്. വിസരണപ്രവേഗത്തിൽനിന്നു് വാതകങ്ങളുടെ തന്മാത്രാഭാരം നിർണയിക്കാമെന്നു് ഇതിൽനിന്നു് വ്യക്തമാണല്ലോ].

ചില പരികലനങ്ങൾ

(1) ഒരു വിസരണ ഉപകരണത്തിൽ ഓക്സിജന്റെ വിസരണപ്രവേഗം മിനിട്ടിൽ 56 മി. ലി. ആണെന്നും അതേ പരിതസ്ഥിതികളിൽ മറെറാരു വാതകത്തിന്റെ വിസരണപ്രവേഗം 63 മി. ലി. ആണെന്നും നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. ഈ പരിതസ്ഥിതിയിൽ ഓക്സിജന്റെ ഘനത്വം 1.43 ഗ്രാം/ലി. ആണെങ്കിൽ മറേറ വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം എത്ര?

പരികലനം:

ഓക്സിജന്റെ വിസരണപ്രവേഗം = 56 മി. ലി./മി.

ഓക്സിജന്റെ ഘനത്വം = 1.43 ഗ്രാം/ലി.

പരീക്ഷണവാതകത്തിന്റെ വിസരണപ്രവേഗം = 63 മി. ലി./മി.

വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം d ഗ്രാം/ലി. എന്നിരിക്കട്ടെ.

ഗ്രഹാം നിയമപ്രകാരം,

$$\frac{56}{63} = \sqrt{\frac{d}{1.43}}$$

$$\left(\frac{56}{63}\right)^2 = \frac{d}{1.43}$$

$$\therefore \quad d = 1.43 \times \left(\frac{56}{63}\right)^2 = \frac{1.43 \times 56 \times 56}{63 \times 63}$$

$$= 1.130 \text{ ഗ്രാം / ലി.}$$

$\therefore$ വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം = 1.130 ഗ്രാം / ലി.

(2) 100 മി. ലി. നൈട്രജനും അത്രയും വ്യാപ്തം മറെറാരു വാതകവും ഒരു ഉപകരണത്തിൽ കൂടി വിസരിക്കുന്നതിനു് യഥാക്രമം 2, 2.5 മിനിട്ടു വീതം വേണ്ടിവരുന്നു. നൈട്രജന്റെ ഘനത്വം 1.25 ഗ്രാം / ലി ആണെങ്കിൽ മറേറ വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം എത്ര?

പരികലനം:

100 മി. ലി. നൈട്രജൻ വിസരിക്കാൻ വേണ്ട സമയം = 2 മി.

∴ നൈട്രജന്റെ വിസരണപ്രവേഗം

$$= \frac{100}{2} = 50 \text{ മി. ലി. / മി.}$$

നൈട്രജന്റെ ഘനത്വം = 1.25 ഗ്രാം/ലി.

100 മി. ലി. വാതകത്തിനു് വിസരിക്കാൻ വേണ്ട സമയം = 2.5 മി.

∴ വാതകത്തിന്റെ വിസരണ വേഗം

$$= \frac{100}{2.5} = 40 \text{ മി. ലി. / മി}$$

വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം = d ഗ്രാം/ലി. എന്നിരിക്കട്ടെ.

ഗ്രഹാം നിയമപ്രകാരം,

$$\frac{50}{40} = \frac{\sqrt{d}}{1.25}$$

$$\left(\frac{50}{40}\right)^2 = \frac{d}{1.25}$$

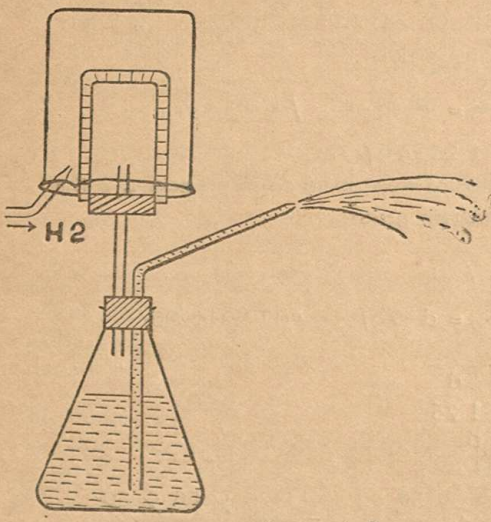
$$\therefore \quad d = 1.25 \times \left(\frac{50}{40}\right)^2 = \frac{1.25 \times 50 \times 50}{40 \times 40}$$

$$= 1.953$$

∴ വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം = 1.953 ഗ്രാം/ലി.

വാതകങ്ങളുടെ വിസരണപ്രവേഗം ആപേക്ഷികമായി പ്രദർശിപ്പിക്കാനുള്ള ഒരു പരീക്ഷണം

നാഴിയുടെ ആകൃതിയിലുള്ള ഒരു നിർഗ്ലേസിതപിഞ്ഞാണപ്പാത്രം എടുത്തു് അതിന്റെ വായിൽ, ഗ്ലാസ്കഴൽ ഉള്ള റബ്ബർ കോക്കു് ഉറപ്പിക്കുക. ഗ്ലാസ് കഴലിന്റെ ഒരറ്റം പാത്രത്തിനുള്ളിലേയ്ക്കു് അല്പം തള്ളി നില്ക്കണം. മറേറ അറ്റത്തു രണ്ടു ദ്വാരങ്ങളുള്ള ഒരു റബ്ബർ കോർക്കു് ഉണ്ടു്. ഈ കോക്കു് ഒരു കോണിക ഫ്ളാസ്കിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. അതായതു് സരന്ധ്രമായ പിഞ്ഞാണപ്പാത്രവും കോണികഫ്ളാസ്കും തമ്മിൽ ഗ്ലാസ്കഴൽ കൊണ്ടു് ബന്ധിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 4–2 നോക്കുക). കോണികഫ്ളാസ്കിന്റെ റബ്ബർ കോക്കിലുള്ള രണ്ടാമത്തെ ദ്വാരത്തിൽ കൂടി ഫ്ളാസ്കിന്റെ ചുവട്ടിൽ എത്തുന്ന ഒരു ഗ്ലാസ് കഴൽ കൂടി ഉറപ്പിക്കുക. ഈ കഴലിന്റെ പുറത്തേയ്ക്കുള്ള അറ്റം വളവുള്ളതും ജെറ്റ് രൂപത്തിലുള്ളതും ആണു്. സരന്ധ്രപാത്രത്തെയും കോണികഫ്ളാസ്കിനേയും ബന്ധിക്കുന്ന കഴലിന്റെ അഗ്രം ഫ്ളാസ്കിന്റെ കഴുത്തുവരെ മാത്രമേ കടന്നു നില്ക്കാൻ പാടുള്ളൂ. ഫ്ളാസ്കിൽ ഏകദേശം മുക്കാൽ ഭാഗം ജലം നിറച്ചശേഷം ഉപകരണം ക്ലാമ്പുകം കൊണ്ടു് ഉറപ്പിച്ചു് സജ്ജീകരിക്കുക. പിഞ്ഞാണപ്പാത്രത്തെ ഉൾക്കൊള്ളത്തക്ക വലിപ്പമുള്ള ഒരു വലിയ ബീക്കർ അതിനു മുകളിൽ കമഴ്ത്തിപ്പിടിച്ചുകൊണ്ടു് ബീക്കറിനടിയിൽ ഹൈഡ്രജൻ ഒഴുകുന്ന ഒരു ജാറ് ഒരുക്കി വെയ്ക്കുക. അല്പം സമയത്തിനുള്ളിൽ ബീക്കറിൽ ഹൈഡ്രജൻ നിറയുന്നു. ഇതോടൊപ്പം തന്നെ ഫ്ളാസ്കിലെ വളഞ്ഞ ജെറ്റ് കഴലിൽ കൂടി ജലം പുറത്തേയ്ക്കു് ചീറ്റുന്നതു കാണാം.



ചിത്രം 4_2

എന്താണിതിനു കാരണം? സരന്ധ്രപാത്രത്തിനുള്ളിൽ വായുവും പുറത്തു് (ബീക്കറിൽ) ഹൈഡ്രജനും ആണുള്ളതു്. ഇവ സ്സു് രണ്ടിനും പാത്രത്തിലെ രന്ധ്രങ്ങളിൽ കൂടി പരസ്പരം വിരസിക്കാവുന്നതുമാണു്.

ഹൈഡ്രജൻ വായുവിനെക്കാളും വളരെ ഘനത്വം കുറഞ്ഞ വാതകമായതിനാൽ ഹൈഡ്രജന്റെ പാത്രത്തിനുള്ളിലേസ്സുള്ള വിസരണപ്രവേഗം വായുവിന്റെ പുറത്തേക്കുള്ള വിസരണപ്രവേഗത്തെക്കാളും കൂടുതലായിരിക്കും. അതായതു് പാത്രത്തിനുള്ളിലേസ്സു കടക്കുന്ന ഹൈഡ്രജന്റെ വ്യാപ്തം അതിൽനിന്നു പുറത്തേസ്സു പോകുന്ന വായുവിന്റെ വ്യാപ്തത്തെക്കാളും കൂടുതലായിരിക്കും. അതുകൊണ്ടു് പാത്രത്തിനുള്ളിലെ മർദ്ദം ഉയരുകയും ഫ്ളാസ്കിലെ ജലം പുറത്തേസ്സു് തള്ളപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇതേ പരീക്ഷണത്തിൽ തന്നെ ഹൈഡ്രജനു പകരം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു പോലുള്ള, വായുവിനെക്കാളും ഘനത്വം കൂടിയ ഏതെങ്കിലും വാതകം ഉപയോഗിച്ചാൽ പാത്രത്തിനുള്ളിലെ മർദ്ദം കുറയുന്നതു കാണാം. അതിനാൽ ഫ്ളാസ്കിലെ ജെറ്റിൽ കൂടി വായു പുറത്തുനിന്നു അകത്തേസ്സു് കുമിളകളായി കടന്നു വരുന്നതും കാണാം.

വിസരണവിശ്ലേഷണം

വാതകങ്ങളെ അവയുടെ ഘനത്വവ്യത്യാസത്തിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന വിസരണപ്രവേഗവ്യത്യാസം പ്രയോജനപ്പെടുത്തി വേർതിരിക്കുന്ന പ്രക്രിയസ്സു് വിസരണവിശ്ലേഷണം (Atmolysis) എന്നു പറയുന്നു. മിശ്രിതം ഒരു സരന്ധ്രക്കുഴലിൽ കൂടി കടത്തിവിടുന്നു. ഈ കുഴലിനെ ആവരണം ചെയ്യുന്ന ഒരു കവചക്കുഴലും ഉണ്ടു് ഉൾക്കുഴലിൽ നിന്നു് വാതകങ്ങൾ പുറംകുഴലിലേക്കു് രന്ധ്രങ്ങളിൽ കൂടി വിസരിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഓരോ ഘടകവും വ്യത്യസ്തവേഗത്തിലായിരിക്കും വിസരിക്കുന്നതു് (അവയുടെ ഘനത്വത്തിൽ വ്യത്യാസം ഉണ്ടെങ്കിൽ). അപ്പോൾ ഘനത്വം ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ഘടകം ഏറ്റവും കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ വിസരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഉൾക്കുഴലിൽ കൂടി ഒഴുകുന്ന വാതകം ഘനം കൂടിയ ഘടകങ്ങൾ കൂടുതലുള്ളതും പുറംകുഴലിലുള്ളതു് നേരേ മറിച്ചും ആയിരിക്കും. രണ്ടു കുഴലുകളിലേയും വാതകങ്ങൾ പ്രത്യേകം ശേഖരിച്ചു് വീണ്ടും വീണ്ടും വിസരണവിശ്ലേഷണത്തിനു് വിധേയമാക്കിയാൽ മിശ്രിതത്തിലെ ഘടകങ്ങളെ വേർതി

രിക്കാവുന്നതാണു്. എന്നാൽ ഒരേ ഘനത്വം ഉള്ള വാതകങ്ങളെ ഇത്തരത്തിൽ വേർതിരിക്കാവുന്നതല്ല; കാരണം തുല്യഘനത്വമുള്ള വാതകങ്ങൾക്കു് വിസരണ പ്രവേഗവും തുല്യമായിരിക്കണം.

ചില ഐസോടോപ്പുകളെപ്പോലും ഇത്തരത്തിൽ വേർതിരിക്കാവുന്നതാണു്.

നിസ്സരണം

ചെറിയ ഒരു സുഷിരത്തിൽ കൂടി ഒരു വാതകത്തെ മർദിച്ചു് ബഹിർഗമിപ്പിക്കുന്നതിനാണു് നിസ്സരണം (Effusion) എന്നു പറയുന്നതു്. വിസരണം പോലെ തന്നെ നിസ്സരണപ്രവേഗവും ഘനത്വത്തിന്റെ വർഗമൂലത്തിനു് പ്രതിലോമാനുപാതികമായിരിക്കുമെന്നു് ഗ്രഹാം കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുണ്ടു്.

നിസ്സരണവിധിയും ഘനത്വനിർണയത്തിനും വാതകങ്ങളെ വേർതിരിക്കുന്നതിനും ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടുന്നുണ്ടു്.

V. അവൊഗാഡ്രോനിയമം

(അധ്യായം 5 നോക്കുക).

വാതകനിയമങ്ങളുടെ പ്രാബല്യം

വാതകനിയമങ്ങളെല്ലാം പരീക്ഷണങ്ങൾകൊണ്ടു് സമർഥിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. എന്നാൽ പിൽക്കാലത്തു് നടത്തപ്പെട്ട അതിസൂക്ഷ്മങ്ങളായ പരീക്ഷണങ്ങൾ തെളിയിക്കുന്നതു്, ഈ നിയമങ്ങൾ മിക്കവാറും അനുസരിക്കപ്പെട്ടുമെങ്കിലും, പൊതുവെ ഒരു വാതകവും ഈ നിയമങ്ങളെ കൃത്യമായി അനുസരിക്കുന്നില്ല എന്നാണു്. ഉദാഹരണമായി, ബോയ്ൽ നിയമപ്രകാരം നിശ്ചിതമായ താപനിലയിൽ ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം മർദമനുസരിച്ചു് മാറുമെങ്കിലും മർദം × വ്യാപ്തം എന്നതു് സ്ഥിരമായിരിക്കും. അതായതു് P V ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാണു്; P യിൽ മാറ്റമുണ്ടായാലും അതു് P V—യെ ബാധിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ സാധാരണ മർദങ്ങളിൽ ഈ വസ്തുത വാതകങ്ങൾ അനുസരിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും ഉന്നതമർദത്തിൽ P V, മർദത്തിനനുസരിച്ചു് മാറുന്നതായി കാണാം.

വാതകനിയമങ്ങൾക്കു് താത്വികമായ വ്യാഖ്യാനം നൽകപ്പെട്ടതു് പ്രസിദ്ധമായ ഗതിതന്മാത്രാസിദ്ധാന്തം (കൈനറിക് മോളിക്യൂളർ തിയറി) ഉന്നയിക്കപ്പെട്ടപ്പോൾ ആണു്. ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം വാതകങ്ങളെല്ലാം അദൃശ്യങ്ങളും അതിസൂക്ഷ്മങ്ങളും ആയ കണങ്ങളുടെ സമൂഹമാണു്. ഇവയാണു് തന്മാത്രകൾ. തന്മാത്രകളെപ്പറ്റി അടുത്ത അധ്യായത്തിൽ വിസ്തരിക്കുന്നുണ്ടു്. ഗതികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം വാതകതന്മാത്രകൾ പരസ്പരം ആകർഷിക്കാത്തവയും ബിന്ദു—ദ്രവ്യമാനങ്ങളും (Point masses) ആണു്. ഇവ സദാ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. തന്മാത്രകൾ, വാതകത്തെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പാത്രത്തിന്റെ ഭിത്തികളിലും പരസ്പരവും നിരന്തരം കൂട്ടിയിടിക്കുന്നു. ഭിത്തികളിലുള്ള അവയുടെ സംഘട്ടനം മൂലമാണു് വാതകത്തിനു് മർദം ഉണ്ടാകുന്നതു്. ഇത്തരം സങ്കല്പങ്ങളിൽനിന്നു് വാതകനിയമങ്ങൾ എല്ലാം വ്യൽപാദിപ്പിക്കാവുന്നതാണു്. എന്നാൽ ഗതികസിദ്ധാന്തത്തിലെ അനുശാസനങ്ങൾ ഒരു വാതകത്തിലും പരിപൂർണപ്രാബല്യം ഉള്ളവയല്ല. തന്മാത്രകൾക്കു് തുച്ഛമെങ്കിലും നിശ്ചിതമായ വ്യാപ്തം ഉണ്ടെന്നും അവ പരസ്പരം

ആകർഷിക്കുന്നുണ്ടെന്നും കണക്കിലെടുക്കുമ്പോൾ വാതകനിയമങ്ങളിൽനിന്നുള്ള അവയുടെ വ്യതിചലനം മനസ്സിലാക്കാം. വാതകനിയമങ്ങളെ എല്ലാം കൃത്യമായി അനുസരിക്കുന്ന വാതകത്തെ ''ആദർശവാതകം'' (Perfect gas or ideal gas) എന്നു പറയുന്നു. എന്നാൽ യഥാർഥ വാതകങ്ങളും (real gases) ഒന്നും തന്നെ ആദർശപരമായി പെരുമാറുന്നില്ല. എങ്കിലും വളരെ താണ മർദത്തിൽ അവ ഏറെക്കുറെ ആദർശവാതകങ്ങളായിത്തീരുന്നതിനാൽ ഈ പരിതസ്ഥിതിയിൽ വാതകനിയമങ്ങളെല്ലാം കൃത്യമായി അനുസരിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ വിഷയത്തെപ്പറ്റി കൂടുതലായുള്ള ചർച്ച ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ പരിധിക്കപ്പുറം ആണെന്നു പ്രസ്താവിച്ചുകൊണ്ടു തല്ക്കാലം അവസാനിപ്പിക്കുന്നു.

തുടർന്നു വായിക്കുന്നതിനു

1. Mitra: A text book of Inorganic Chemistry, Ghosh and Co., Calcutta, 1960.
2. J. R. Partington: General and Inorganic Chemistry Macmillan and Co.
3. Wood, Keenan, Bull and Bowman. Fundamentals of College Chemistry, Harper and Row, New York, 1963.
4. A. J. Mee. Physical Chemistry, E L B S, 1960
5. George C. Pimentel (Editor):Chemistry–An Experimental Science, National Council of Educational Research and Training, New Delhi, 1963.

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. നിർവചിക്കുക: കേവലതാപനില, S.T.P. വിസരണം, നിസ്സരണം, ചാൾസ് നിയമം, ഗേ ലൂസ്സാക് നിയമം, ആദർശവാതകം, വിസരണവിശ്ലേഷണം, ആംശികമർദം, വാതകസ്ഥിരാങ്കം.

2. സാമാന്യവാതകനിയമം എന്തു? ബോയ്ൽ ചാൾസ് നിയമങ്ങളിൽനിന്നു ഒരു വാതകത്തിന്റെ P, V, T എന്നിവ തമ്മിലുള്ള സാമാന്യവാതകനിയമസമീകരണം വ്യുൽപാദിപ്പിക്കുക.

3. താഴെ പറയുന്നവയുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ വിശദമാക്കുക.

(a) ഗ്രഹാംനിയമം
(b) ആംശികമർദനിയമം
(c) സാമാന്യവാതകനിയമം.

4. സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡ് വായുവിനെക്കാൾ സാവധാനത്തിൽ വിസരിക്കുന്നു എന്നു പ്രദർശിപ്പിക്കുവാനുള്ള ഒരു പരീക്ഷണം വിവരിക്കുക.

5. ബോയ്ൽ—ചാൾസ് നിയമങ്ങളുടെ പ്രയോജനം വിശദമാക്കുക.

6. ''വാതകനിയമങ്ങൾ ചിലപ്പോൾ അനുസരിക്കപ്പെടുന്നില്ല.'' എന്തുകൊണ്ടു?

7. 1.25 ലി. വ്യാപ്തമുള്ള ഒരു ഉരുക്കു സിലിണ്ടറിൽ നിറയെ ഹൈഡ്രജൻ ആണു്. 27° C ൽ അതിന്റെ മർദം 10.5 അന്തരീക്ഷം ആണു്. സിലിണ്ടർ എത്ര തണുപ്പിച്ചാൽ മർദം 9 അന്തരീക്ഷം ആകും (വ്യാപ്തം സ്ഥിരമാണു്)?

8. 800 മി. മീ. മർദത്തിൽ ഓക്സിജൻ നിറച്ച ഒരു ലിറ്റർ വ്യാപ്തമുള്ള ഒരു പാത്രത്തിലേയ്ക്കു് 400 മി. മീ മർദത്തിൽ 1 ലിറ്റർ ഹൈഡ്രജൻ കൂടി കടത്തി വിട്ടാൽ മിശ്രിതത്തിന്റെ മർദം എത്ര?

9. ഒരു ലോഹഗോളത്തിൽ 15 അന്തരീക്ഷം മർദത്തിൽ ഹൈഡ്രജൻ നിറച്ചിട്ടുണ്ടു് (27° C). മർദം 25 അന്തരീക്ഷം ആയാൽ ഗോളം പൊട്ടിത്തെറിക്കും. എത്ര താപനിലവരെ ഗോളം ചൂടാക്കാം?

10. S.T.P.യിൽ 1 ഗ്രാം വാതകത്തിനു് 750 മി. മീ. വ്യാപ്തം ഉണ്ടു്. 3 അന്തരീക്ഷം മർദത്തിലും 27° C ലും ഈ വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം എത്ര?

11. ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 75 8 മി.മീ മെർക്കുറി മർദത്തിലും 34° C ലും 408 മി. ലി. ഹൈഡ്രജൻ ജലത്തിനു മീതെ ശേഖരിക്കപ്പെട്ടു. N T P യിൽ ഹൈഡ്രജന്റെ ഘനത്വം 0.089 ഗ്രാം/ലി. ആണെങ്കിൽ ഈ പരീക്ഷണത്തിൽ എത്ര ഗ്രാം ശുദ്ധമായ ഹൈഡ്രജൻ ശേഖരിക്കപ്പെട്ടു (34 C-ൽ ജലബാഷ്പമർദം 40 മി. മീ.)?

12. A എന്ന വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം B എന്നതിന്റെ ഘനത്വത്തെക്കാൾ 16 ഇരട്ടിയാണു്, ഇവയുടെ നിസ്സരണപ്രവേഗങ്ങളും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം കണക്കാക്കുക?

13. S. T. P യിൽ ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം 1.44 ഗ്രാം/ലി ആണെങ്കിൽ 27° C ലു, 750 മി. മീ. മർദത്തിലും ഘനത്വം എത്ര?

14. ഒരു വിസരണോപകരണത്തിൽ നിശ്ചിത വ്യാപ്തം ഓക്സിജനു് വിസരിക്കാൻ 6 മിനിട്ടു് വേണ്ടിവന്നു. അത്രയും വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജൻ 1.5 മിനിട്ടിൽ വിസരിച്ചു. ഓക്സിജന്റെ ഘനത്വം 1.44 ഗ്രാം/ലി ആണെങ്കിൽ ഹൈഡ്രജന്റേതു എത്ര ?

15. 20 ലി. നൈട്രജൻ (753 മി. മീ. മർദം) 3 ലിറ്ററുള്ള ഒരു സിലിണ്ടറിനുള്ളിലാക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ മർദം എന്തായിരിക്കും ? ഈ പ്രക്രിയ 27° C – ലാണു് നടക്കുന്നതു്. സിലിണ്ടർ 50° C–വരെ ചൂടാക്കിയാൽ മർദം എന്തായിരിക്കും ?

16. S. T. P. യിൽ ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം 1.26 ഗ്രാം/ലി. ആണു്. ഏതു താപനിലയിൽ ഘനത്വം 1.20 ഗ്രാം/ലി. ആകും ? (മർദം 760 മി. മീ. തന്നെ). ഈ താപനിലയിൽ വാതകത്തിന്റെ മർദം എത്രയാകുമ്പോൾ ഘനത്വം വീണ്ടും 1. 26 ഗ്രാം/ലി ആകും ?

17. 27° C – ലും 750 മി.മീ. മർദത്തിലും ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം 100 മി. ലി. ആണു്. ഇതേ താപനിലയിൽ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം 120 മി. ലി. ആകുമ്പോൾ മർദം എത്ര ? ഈ പുതിയ മർദത്തിൽ വാതകം വീണ്ടും 100 മി. ലി. ആക്കുന്നതിനു് എന്തു ചെയ്യണം ?

അണുതന്മാത്രാസിദ്ധാന്തവും അവൊഗാദ്രോ നിയമവും

പദാർഥങ്ങളെ അസീമിതമായി (unlimited) വിഭജിക്കാൻ സാധ്യമല്ലെന്നും അവ വെവ്വേറെയുള്ള കണങ്ങളായിട്ടാണു് (particles) സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതെന്നും, തുടർച്ചയായി അവയെ വിഭജിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നാൽ ഒടുവിൽ ഈ അവിഭാജ്യകണങ്ങളിൽ (indivisible particles) എത്തിച്ചേരുമെന്നും പൗരാണികരായ ഭാരതീയ ചിന്തകന്മാരും യവനചിന്തകന്മാരും അനുമാനിച്ചിരുന്നു. എന്നാൽ ഇവരുടെ നിഗമനങ്ങൾക്കു് പരീക്ഷണങ്ങൾകൊണ്ടു് സമർഥനം ഉണ്ടായിട്ടില്ല. തന്മൂലം ഇത്തരം പൗരാണികസിദ്ധാന്തങ്ങൾക്കു് വലിയ പ്രചാരം കിട്ടിയില്ല. കണങ്ങളായിട്ടുള്ള ഘടനയാണു് (Constitution) പദാർഥങ്ങൾക്കുള്ളതെന്നു് ഭാരതീയനായ കണാദമഹർഷിയും ('കണ'സിദ്ധാന്തം ഉന്നയിച്ചതിനാലാണത്രെ ഇദ്ദേഹം ''കണാദ''നായതു്!) യവനചിന്തകന്മാരായ ല്യൂസിപ്പസും (Leucipus) ഡെമോക്രിറ്റസും (Democritus) എന്നിവരും പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ടു്. ആധുനികമായ അണുസിദ്ധാന്തത്തോടു് സാദൃശ്യമുള്ള ചില നിഗമനങ്ങളിൽ ലുക്രേഷ്യസും (Lucretius) എന്ന യവനതത്വചിന്തകൻ എത്തിയിരുന്നതായി ചരിത്രം പറയുന്നു. ദൃശ്യവും സ്ഥൂലവുമായ ഓരോ പദാർഥവും അദൃശ്യങ്ങളും അതിസൂക്ഷ്മങ്ങളുമായ കണങ്ങളാൽ നിർമിതമാണെന്നും പരീക്ഷണങ്ങൾകൊണ്ടു് സമർഥിക്കാൻ പൗരാണികർക്കു് കഴിഞ്ഞില്ല. പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി ഓരോ സിദ്ധാന്തവും പരിശോധിക്കുക എന്നതു് അക്കാലത്തു് നടപ്പില്ലായിരുന്നു. ബ്രിയാൻ ഹിഗ്ഗിൻസും (Bryan Higgins, 1737-1820) മില്യം ഹിഗ്ഗിൻസും (William Higgins, 1769–1825) എന്ന രണ്ടു് ഐറിഷ് രസതന്ത്രജ്ഞന്മാർ ഒരു പടി കൂടി മുമ്പോട്ടു കടന്നു്, രാസസംയോജനങ്ങളിൽ അഭികാരകങ്ങളുടെ അന്തിമകണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള സംയോജനമാണു് നടക്കുന്നതെന്നും മറ്റും അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. എന്നാൽ എല്ലാ പദാർഥങ്ങളുടെയും അന്തിമകണങ്ങൾക്കു് ഒരേ ഭാരമാണുള്ളതെന്നു് തെറ്റായിസങ്കല്പിച്ചതിനാൽ അവർക്കു് വളരെയൊന്നും മുമ്പോട്ടു പോകാൻ സാധിച്ചില്ല. ഈ കാലഘട്ടത്തിൽ രണ്ടു് ചിന്താസരണികൾ തെളിഞ്ഞു കഴിഞ്ഞിരുന്നു. ഒന്നാമതായി രാസസംയോജനനിയമങ്ങൾ; രണ്ടാമതു് വാതകനിയമങ്ങൾ. ഈ നിയ

മങ്ങൾക്കു് ഏതെങ്കിലും അടിസ്ഥാനപരമായ കാരണം ഉണ്ടായിരിക്കണം. ആ മൗലികതത്ത്വം കണ്ടെത്താനുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ചിന്തകളിൽ 1808-ൽ പ്രഖ്യാപിക്കപ്പെട്ട വിപ്ലവകരമായ അണു-സിദ്ധാന്തത്തിലാണു് ചെന്നു കലാശിച്ചതു്. പദാർഥങ്ങളുടെ ഘടനയെപ്പറ്റിയുള്ള പരീക്ഷണാധിഷ്ഠിതമായ ആദ്യത്തെ സിദ്ധാന്തമാണു് ജോൺ ഡാൾടൻ (John Dalton, 1766–1844) ഉന്നയിച്ച അണുസിദ്ധാന്തം. രാസപരിണാമങ്ങളെപ്പറ്റി അന്നുവരെയുള്ള പരിമാണാത്മകങ്ങളും (quantitative) ഗുണാത്മകങ്ങളും (qualitative) ആയ വിജ്ഞാനശകലങ്ങളെ എല്ലാം പാസ്പരം കോർത്തിണക്കിയ ഒന്നായിരുന്നു ഡാൾടന്റെ സിദ്ധാന്തം. പ്രത്യേകിച്ചു് രാസസംയോജനനിയമങ്ങളുടെ പ്രാബല്യത്തിനുള്ള താത്വികമായ വിശദീകരണം സാധിച്ചു എന്നതു് ഡാൾടന്റെ സങ്കല്പങ്ങൾക്കു് നല്ല പിന്തുണയായിത്തീർന്നു. രാസപരിണാമങ്ങളുടെ യഥാർഥരൂപം അണുസിദ്ധാന്തത്തിൽ കൂടി നേടുന്നതിനും തദ്വാരാ രസതന്ത്രത്തിലെ ആധുനികഘട്ടം ഉൽഘാടനം ചെയ്യുന്നതിനും അങ്ങിനെ ഡാൾടനു് സാധിച്ചു. അണുസിദ്ധാന്തത്തിലെ മൗലികസങ്കല്പങ്ങൾ പില്ക്കാലത്തു് ലഭിച്ച പുതിയ വിജ്ഞാനത്തിന്റെ വെളിച്ചത്തിൽ മാറേണ്ടതായി വന്നിട്ടുണ്ടെങ്കിലും ഡാൾടൻ വിഭാവനം ചെയ്ത സാമാന്യതത്ത്വങ്ങൾക്കു് ഇന്നും പ്രാബല്യമുണ്ടു്.

ഡാൾടൻസിദ്ധാന്തത്തിലെ അഭിഗൃഹീതങ്ങൾ

1. മൂലകങ്ങളെല്ലാം വളരെയധികം (എന്നാൽ നിശ്ചിത എണ്ണം) അതി സൂക്ഷ്മങ്ങളും അദൃശ്യങ്ങളുമായ കണങ്ങൾ (particles) കൊണ്ടു് നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഈ കണങ്ങളെ അവയുടെ 'അണുക്കൾ' അഥവാ 'ആറ്റങ്ങൾ' (atoms) എന്നു പറയുന്നു.

2. ഈ അണുക്കൾ അനശ്വരങ്ങളും (indestructible) അവിഭാജ്യങ്ങളും (indivisible) ആണു്. (''a—tomos'' = മുറിക്കാൻ പാറാത്ത, എന്ന ഗ്രീക്കു പദത്തിൽ നിന്നാണു് ആറ്റം—atom—എന്ന പദത്തിന്റെ വ്യുൽപത്തി).

3. യൗഗികങ്ങളുടെ അന്തിമമാത്രകം (ultimate particles) അവയിലുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കൾ തമ്മിൽ നിശ്ചിതമായ പൂർണസംഖ്യാനുപാതത്തിൽ സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന ''യൗഗികാണുക്കൾ'' (compound atoms) ആണു്.

(ഇവയെ നാം തന്മാത്രകം അഥവാ മോളിക്യൂളകം എന്നാണു് ഇന്നു് പറയുന്നതു്. ഇവയെ പറ്റി പിന്നീടു് ചർച്ച ചെയ്യുന്നതാണു്).

4. ഒരേ പദാർഥത്തിന്റെ അണുക്കൾ (യൗഗികാണുക്കളായാലും മൂലകാണുക്കളായാലും) എല്ലാ വിധത്തിലും അന്യോന്യം തിരിച്ചറിയാൻ പറ്റാത്ത വിധം ഒന്നുപോലെയിരിക്കും. അതായതു് ഒരേ പദാർഥത്തിന്റെ എല്ലാ അണുക്കൾക്കും ഒരേ ഗുണധർമങ്ങൾ തന്നെയായിരിക്കും—ഭാരം, വലിപ്പം, ആകൃതി മുതലായവ.

5. വ്യത്യസ്ത മൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കൾ ഗുണധർമങ്ങളിൽ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കും.

വളരെ ലളിതങ്ങളാണെങ്കിലും ഈ മൗലികസങ്കല്പങ്ങൾ യുക്തിയുക്തങ്ങളാണു്. ഇവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ രാസസംയോജനനിയമങ്ങൾ വ്യുൽപാദി

പ്പിക്കപ്പെട്ടു. രസതന്ത്രത്തിന്റെ തുടർന്നുള്ള വളർച്ചയും ഈ അഭിഗൃഹീതങ്ങളുടെ ഉറച്ച അസ്ഥിവാരത്തിലാണു് ഉണ്ടായതു്.

രാസസംയോജനനിയമങ്ങളുടെ വ്യുൽപത്തി

1. ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമം:—അണുക്കളും അനശ്വരങ്ങളാണെന്നുള്ള ഡാൾടൻ സങ്കല്പത്തിൽനിന്നു് സ്വാഭാവികമായി അനുമാനിക്കാവുന്നതാണു് ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമം. രാസപരിണാമങ്ങളിൽ അണുക്കളും തമ്മിലുള്ള സംയോജനരീതി വ്യത്യസ്തമാകുന്നതല്ലാതെ മൂലകാണുക്കളുടെ നാശമോ ഉല്പത്തിയോ ഉണ്ടാകുന്നില്ലെന്നു് ഡാൾടൻ വ്യക്തമാക്കി. ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും തമ്മിൽ സംയോജിച്ചു് ജലം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ, ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും ഓക്സിജൻ അണുക്കളും നിശ്ചിതസംഖ്യകംവീതം സംയോജിച്ചാണു് ജലത്തിന്റെ ഓരോ യൗഗികാണുക്കളും ഉണ്ടാകുന്നതു്. അഭികാരകങ്ങളായ എല്ലാ ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും ഓക്സിജൻ അണുക്കളും സംയോജിതാവസ്ഥയിൽ ജലത്തിന്റെ യൗഗികാണുക്കളിൽത്തന്നെ ഉണ്ടായിരിക്കും. അണുക്കൾക്കു് ഉല്പത്തിയും ക്ഷയവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല അതിനാൽ ദ്രവ്യത്തിനും വൃദ്ധിക്ഷയങ്ങളും സംഭവിക്കുന്നില്ല. അതായതു്, ഉല്പന്നമായ ജലത്തിന്റെ ഭാരം അതിന്റെ ഉല്പാദകങ്ങളായ വേണ്ടിവന്ന ഹൈഡ്രജന്റെയും ഓക്സിജന്റെയും മൊത്തം ഭാരം തന്നെയായിരിക്കണം.

സോഡിയം, ക്ലോറിൻ എന്നിവയുടെ യൗഗികമായ സോഡിയം ക്ലോറൈഡും വെള്ളി (സിൽവർ), നൈടജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവയുടെ യൗഗികമായ സിൽവർ നൈടേറും തമ്മിൽ അഭിക്രിയ നടക്കുമ്പോൾ സോഡിയം ക്ലോറൈഡിലെ സോഡിയം അണുക്കളും സിൽവർ നൈടേറിലെ സിൽവർ അണുക്കളും പരസ്പരം സ്ഥാനങ്ങൾ കൈമാറുന്നു. തൽഫലമായി സിൽവർ ക്ലോറൈഡും സോഡിയം നൈടേറും ഉണ്ടാകുന്നു. അഭികാരകങ്ങളിലെ എല്ലാ അണുക്കളും ഉല്പന്നങ്ങളിൽ ഉണ്ടു്. അവ പുനഃസംവിധാനം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കും എന്നേയുള്ളു. ഇതുപോലെ എല്ലാ രാസപരിണാമങ്ങളിലും അഭികാരകങ്ങളിലെ ഓരോ മൂലകങ്ങളുടെയും എണ്ണം, ഉല്പന്നങ്ങളിലുള്ള അവയുടെ എണ്ണം തന്നെയായിരിക്കും. അതായതു് രാസപരിണാമങ്ങളിൽ ദ്രവ്യം സംരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു.

2. സ്ഥിരസംഘടനനിയമം: ഒരു യൗഗികത്തിലുള്ള എല്ലാ യൗഗികാണുക്കളും എല്ലാ വിധത്തിലും ഒന്നുപോലെയിരിക്കുമെന്ന ഡാൾടന്റെ അഭിഗൃഹിതമനുസരിച്ചു് യൗഗികാണുക്കളുടെ സംഘടനവും നിശ്ചിതമായിരിക്കണമല്ലോ. അതായതു് മൂലകാണുക്കൾ നിശ്ചിതസംഖ്യകംവീതം സംയോജിച്ചുണ്ടായതാണു് ഓരോ യൗഗികാണുവും. ഓരോ മൂലകങ്ങളുടെയും അണുക്കൾക്കു നിശ്ചിതമായ ഭാരവും ഉണ്ടു്. അതിനാൽ യൗഗികാണുക്കളുടെ ഭാരസംഘടനവും (Composition by weight) നിശ്ചിതമായിരിക്കണം. യൗഗികത്തിന്റെ ഭാരസംഘടനവും ഇതുതന്നെയാണല്ലോ. ഉദാഹരണമായി ജലത്തിന്റെ യൗഗികാണുക്കൾ രണ്ടു് ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവും വീതം സംയോജിച്ചു് ഉണ്ടാകുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. ഹൈഡ്രജൻ അണുവിനു് x ഗ്രാം ഭാരവും ഓക്സിജൻ അണുവിനു് y ഗ്രാം ഭാരവും ഉണ്ടെന്നും വെയ്ക്കുക. അപ്പോൾ ജലത്തിൽ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും $2x : y$ എന്ന ഭാരാനുപാതത്തിലാണു് സംയോജിച്ചിട്ടുള്ളതു്. ഈ

അനുപാതം നിശ്ചിതമാണു്. കാരണം ജലത്തിന്റെ എല്ലാ യൗഗികാണുക്കളിലും രണ്ടു് ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവും ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഇതു പോലെ ഓരോ യൗഗികങ്ങൾക്കും നിശ്ചിതമായ സംഘടനം ഉണ്ടായിരിക്കും.

3. ബഹുഗുണാനുപാതനിയമം: രണ്ടു മൂലകങ്ങൾ തമ്മിൽ ഒന്നിലധികം യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതു് അവയുടെ അണുക്കൾ വ്യത്യസ്ത അനുപാതങ്ങളിൽ സംയോജിക്കുന്നതു കൊണ്ടാണെന്നു് ഡാൾടൻ വിശദീകരിച്ചു. എന്നാൽ ഈ അനുപാതങ്ങൾ (അണുക്കളുടെ എണ്ണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ളതു്) ഓരോന്നും പൂർണ സംഖ്യാനുപാതങ്ങൾ ആയിരിക്കണം. A, B എന്നീ മൂലകങ്ങൾ തമ്മിൽ രണ്ടു യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ — X, Y എന്നിവ. യൗഗികം X-ന്റെ യൗഗികാണുക്കളിൽ m A – അണുക്കളും n B – അണുക്കളും സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു. Y-യിൽ p A- അണുക്കളും q B-അണുക്കളുമാണു് സംയോജിക്കുന്നതു്. m, n, p, q എന്നിവ പൂർണസംഖ്യകൾ ആയിരിക്കണമല്ലോ. ഗുണിതാനുപാതനിയമപ്രകാരം ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഒരേ ഭാരവുമായി ചേർന്നു് ഓരോ യൗഗികവും ഉണ്ടാകാൻ വേണ്ടിവരുന്ന മറ്റേ മൂലകത്തിന്റെ ഭാരങ്ങൾ തമ്മിൽ ചെറിയ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കണം.

m A – അണുക്കളോടു ചേർന്നു് X ഉണ്ടാകാൻ
n B – അണുക്കൾ വേണം.
p A – അണുക്കളോടു ചേർന്നു് Y ഉണ്ടാകാൻ
q B – അണുക്കൾ വേണം.
m A – അണുക്കളോടു ചേർന്നു് Y ഉണ്ടാകാൻ
$\frac{q}{p} \times m$ B – അണുക്കൾ വേണം.

അതായതു് m A അണുക്കളോടുകൂടി സംയോജിച്ചു് X, Y എന്നീ യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകാൻ യഥാക്രമം n B – അണുക്കളും $\frac{q}{p} \times m$ B അണുക്കളും വേണ്ടിവരുന്നു.

A –യുടെ ഒരേ എണ്ണം അണുക്കളോടു ചേർന്നു് രണ്ടു യൗഗികങ്ങളും ഉണ്ടാകാൻ വേണ്ട B അണുക്കളുടെ എണ്ണങ്ങൾ n: $\frac{q}{p} \times m$ എന്ന അനുപാതത്തിലാണു്. ഒരേ എണ്ണം A യുടെ അണുക്കൾ ഒരു നിശ്ചിതഭാരത്തെ കുറിക്കുന്നു (A അണുക്കൾക്കെല്ലാം സമമായ ഭാരമാണല്ലോ). സംഖ്യകൾ തമ്മിലുള്ള ഈ അനുപാതം ഭാരങ്ങളുടെയും അനുപാതമായിരിക്കും.

∴ ഒരേ ഭാരം A യുമായി സംയോജിക്കുന്നതിനു വേണ്ട B യുടെ ഭാരങ്ങൾ തമ്മിൽ ഉള്ള അനുപാതം $= n : \frac{q}{p} \times m$

$= n \cdot p : q \cdot m$

p, q, m, n എന്നിവ പൂർണസംഖ്യകളായതിനാൽ ഈ അനുപാതവും പൂർണസംഖ്യാനുപാതമായിരിക്കും.

4. പാരസ്പരികാനുപാതനിയമം:—A, B, C എന്നിങ്ങനെ മൂന്നു മൂലകങ്ങൾ ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇവയുടെ അണുക്കളുടെ ഭാരം യഥാക്രമം a, b, c എന്നിവയാണു്. A യും B യും തമ്മിൽ സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന യൗഗികത്തിൽ (AB) അവയുടെ ഓരോ അണുക്കൾ വീതം സംയോജിക്കുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. അപ്പോൾ AB യൗഗികത്തിൽ A യും B യും $a : b$ എന്ന ഭാരാനുപാതത്തിൽ സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു. AC യൗഗികത്തിൽ ഒരു A അണുവിനോടുകൂടി ഒരു C അണു സംയോജിക്കുന്നതായാൽ, ഇതിൽ A യും C യും തമ്മിൽ $a : c$ എന്ന ഭാരാനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും. ഇനി, B യും C യും ഒന്നുകിൽ അവയുടെ ഓരോ അണുക്കൾ വീതം സംയോജിക്കും; അല്ലെങ്കിൽ x B അണുക്കളും y C അണുക്കളും തമ്മിൽ സംയോജിക്കും (x, y എന്നിവ പൂർണസംഖ്യകളാവണം). ഓരോ അണുക്കൾ വീതം സംയോജിക്കുന്നതായാൽ BC യൗഗികത്തിൽ ഭാരാനുപാതം $b:c$ ആണു്. അതായതു് B യും C യും പ്രത്യേകമായി ഒരേ ഭാരം A യോടു കൂടി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട ഭാരങ്ങളുടെ അനുപാതം തന്നെ.

B യുടെയും C യുടെയും x—ഉം y—ഉം അണുക്കൾ വീതമാണു് സംയോജിക്കുന്നതെങ്കിൽ അവയുടെ ഭാരാനുപാതം $xb : yc$ എന്നതാണു്. ഇതിൽ xb എന്നതു് b യുടെയും yc എന്നതു് c യുടെയും ലഘുഗ്രന്നിതങ്ങളാണെന്നു് സ്പഷ്ടം. അപ്പോൾ B യും C യും തമ്മിൽ സംയോജിക്കുന്ന ഭാരങ്ങൾ അവ പ്രത്യേകമായി ഒരേ ഭാരം A യോടു് സംയോജിക്കുന്നതിനു വേണ്ട ഭാരങ്ങൾ തന്നെയോ അല്ലെങ്കിൽ അവയുടെ പൂർണസംഖ്യാഗുണിതങ്ങളോ ആയിരിക്കും. ഇതാണു് പാരസ്പരികാനുപാതനിയമം.

വാതകവ്യാപ്തനിയമവും ബേഴ്സീലിയസിന്റെ പരികല്പനയും

യൗഗികങ്ങളുടെ ഭാരസംഘടനങ്ങളെ സംബന്ധിക്കുന്ന നാലു നിയമങ്ങളും ഡാൾടൻസിദ്ധാന്തത്തിൽ നിന്നു വ്യൽപാദിപ്പിക്കപ്പെട്ട ഈ കാലഘട്ടത്തിലാണു് ഗേ ലൂസ്സാക്കിന്റെ വാതകവ്യാപ്തനിയമം പ്രഖ്യാപിക്കപ്പെട്ടതു്. അപ്പോൾ ഈ നിയമത്തിനും വ്യാഖ്യാനം നൽകേണ്ടതായി വന്നു. എന്നാൽ ഡാൾടൻസിദ്ധാന്തത്തിൽ അണുക്കളുടെ എണ്ണങ്ങൾ തമ്മിൽ അഭിക്രിയകളിൽ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കുമെന്നല്ലാതെ അവയുടെ വ്യാപ്തത്തെപ്പറ്റി ഒന്നും പറയുന്നില്ല. വാതകവ്യാപ്തനിയമപ്രകാരം ഒരഭിക്രിയയിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തങ്ങൾ തമ്മിൽ ചെറിയ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഇതു് പരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നു് തെളിയിക്കപ്പെട്ട ഡാൾടൻസിദ്ധാന്തപ്രകാരം അവയുടെ അണുക്കൾ തമ്മിൽ ചെറിയ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കണം എന്നേ ഉള്ളൂ. ഈ വസ്തുതകൾ രണ്ടും കൂട്ടിച്ചേർത്തു് നോക്കുക. അഭിക്രിയയിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തങ്ങൾ തമ്മിലും (ഗേലൂസ്സാക്) അവയുടെ അണുക്കളുടെ എണ്ണങ്ങൾ തമ്മിലും (ഡാൾടൻ) പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കും. ഇതിൽനിന്നു ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തവും അതിലുള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണവും തമ്മിൽ ലളിതമായ ഒരു ബന്ധം ഉണ്ടെന്നു അനുമാനിക്കേണ്ടിവരുന്നു. അക്കാലത്തു രസതന്ത്രജ്ഞന്മാരിൽ അഗ്രേസരനായിരുന്ന ബേഴ്സീലിയസ് ആണു് ഈ ബന്ധത്തെപ്പറ്റി ഒരു പരികല്പന (hypothesis) നടത്തിയതു്. ഒരേ പരിത

സ്ഥിതികളിൽ(ഒരേ താപനിലയും ഒരേ മർദവും)തുല്യവ്യാപ്തം വാതകങ്ങളിൽ തുല്യഎണ്ണം അണുക്കൾ ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്നും അദ്ദേഹം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു.എന്നാൽ ഈ പരികല്പന അണുക്കളുടെ അവിഭാജ്യതാസിദ്ധാന്തത്തിനു വിരുദ്ധമാണെന്നു തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് വാതകത്തിന്റെ സംഘടനം നോക്കുക. ഒരു വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജനും ഒരു വ്യാപ്തം ക്ലോറീനും തമ്മിൽ സംയോജിച്ചു 2 വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് വാതകം ഉണ്ടാകുന്നു എന്നു പരീക്ഷണംമൂലം തെളിയിക്കുന്നു. ഈ വസ്തുതയിൽ ബെഴ്സീലിയസിന്റെ പരികല്പന പ്രയോഗിച്ചു നോക്കാം. 1 വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജനിൽ x അണുക്കൾ ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. എങ്കിൽ 1 വ്യാപ്തം ക്ലോറീനിലും 1 വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡിലും അവയുടെ x അണുക്കൾ വീതം തന്നെ ഉണ്ടായിരിക്കണം ('ഒരേ വ്യാപ്തം വാതകങ്ങളിൽ ഒരേ എണ്ണം അണുക്കൾ' എന്നാണല്ലൊ ബെഴ്സീലിയസ് അഭിപ്രായപ്പെട്ടതു്). അപ്പോൾ, x ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും x ക്ലോറീൻ അണുക്കളും ചേർന്നു $2x$ ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് യൗഗികാണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

1 ഹൈഡ്രജൻ അണുവും 1 ക്ലോറീൻ അണുവും സംയോജിച്ചു 2 ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് യൗഗികാണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതിൽനിന്നു ഒരു ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് യൗഗികാണുവിൽ $\frac{1}{2}$ ഹൈഡ്രജൻ അണുവും $\frac{1}{2}$ ക്ലോറീൻ അണുവും സംയോജിച്ചിരിക്കണം എന്നു വരുന്നു. അതായതു് ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കൾക്കും ക്ലോറീൻ അണുക്കൾക്കും വിഭജനം സംഭവിക്കുന്നു എന്നർഥം. ഇതു് ഡാൾട്ടന്റെ മൗലികസങ്കല്പത്തിനു് (അണുക്കളുടെ അവിഭാജ്യത) വിരുദ്ധമാണല്ലോ. ഇതുപോലെ മറ്റു പല വ്യാപ്തസംഘടനകളിലും ബെഴ്സീലിയസ് തത്വം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ അണുക്കളുടെ അവിഭാജ്യതാതത്വം ഉപേക്ഷിക്കേണ്ടതായി വരുന്നു. ഡാൾട്ടൻസിദ്ധാന്തത്തെ മുറുകെപ്പിടിച്ചുകൊണ്ടു് ഒരു ചേരിയും ബെഴ്സീലിയസ് പരികല്പനയെ അംഗീകരിച്ചുകൊണ്ടു് മറ്റൊരു ചേരിയും രസതന്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ഇടയിലുണ്ടായി. അവരുടെ സംവാദങ്ങളുടെ ഫലമായി ഡാൾട്ടൻസിദ്ധാന്തം അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടെങ്കിലും ബെഴ്സീലിയസ് ഉന്നയിച്ച പരികല്പന തികച്ചും തെറ്റാണെന്നു അഭിപ്രായപ്പെടുന്നതിനു് പ്രയാസമുണ്ടായിരുന്നു. ഒന്നാമതു് ഇത്തരത്തിൽ ഒരു ബന്ധം ഉണ്ടായിരിക്കണം എന്നതിൽ തർക്കമില്ല. രണ്ടാമതു് ബെഴ്സീലിയസ് പരസ്പരബന്ധമില്ലാതെ തോന്നിയിരുന്ന പല ശാസ്ത്രസത്യങ്ങളേയും ഒന്നിച്ചിണക്കി ശാസ്ത്രത്തിൽ ചിട്ടയും ക്രമവും കൊണ്ടുവരികയും രസതന്ത്രത്തെ പുതിയ മാർഗങ്ങളിലേക്കു് നയിക്കുകയും ചെയ്ത പ്രതിഭാശാലിയാണു്. ആ വ്യക്തിത്വം അദ്ദേഹത്തിന്റെ പരികല്പനയെ ചോദ്യം ചെയ്യാനുള്ള ധൈര്യത്തെ പോലും ചിലരിൽ നിന്നു് അകറ്റിക്കളഞ്ഞു.

അവൊഗാഡ്രൊയുടെ നിയമം

അടിസ്ഥാനപരമായ ഈ താത്വികവിവാദത്തിനു് അന്ത്യവിരാമം ഇട്ടുകൊണ്ടു് ശാസ്ത്രത്തെ മുമ്പോട്ടു കൊണ്ടുപോയതു് അമാഡ്യോ അവൊഗാഡ്രൊ (Amadeo Avogadro, 1776—1856) എന്ന ഇറ്റാലിയൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു.

ട്ടറിനിലെ ഒരു കോളേജിൽ ഊർജതന്ത്രപ്രൊഫസ്സറായിരുന്ന അവൊഗാഡ്രൊ, തീരെ പ്രശസ്തനല്ലായിരുന്നു. 1811-ൽ ഒരു ഫ്രഞ്ചുജേർണലിൽ അദ്ദേഹം പ്രസിദ്ധപ്പെടുത്തിയ ഒരു പ്രബന്ധത്തിലാണു് ഡാൽടൻ—ബെഴ്സീലിയസ് പ്രതിസന്ധിക്കു് പോംവഴി നിർദേശിച്ചതു്. പിൽക്കാലത്തു് സർവപ്രധാനമായി അംഗീകരിക്കപ്പെട്ട ഈ നിർദേശമാണു് അവൊഗാഡ്രൊ നിയമം. എന്നാൽ അക്കാലത്തു് ഈ പ്രബന്ധം അധികം ആരും ശ്രദ്ധിച്ചില്ല. 1814-ൽ ആംപിയർ (Ampere) ഏറെക്കുറെ ഇതേ തത്വം തന്നെ ഉന്നയിക്കുകയുണ്ടായി. അവൊഗാഡ്രൊനിയമത്തിനുള്ള പരമമായ പ്രാധാന്യം തികച്ചും മനസ്സിലാക്കിയതു് 1860-ൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശിഷ്യനായിരുന്ന കന്നിസ്സാറോ (Cannizzaro), കാൾസ് റൂഹെയിലെ (Karls Ruhe) ചരിത്രപ്രസിദ്ധമായ രസതന്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ സമ്മേളനത്തിൽ വച്ചു്, വിഖ്യാതമായ ''Course in Chemical Philosophy'' എന്ന പ്രബന്ധം അവതരിപ്പിച്ചപ്പോഴാണു്.

ബെഴ്സീലിയസിന്റെ പരികല്പന അല്പം ഭേദഗതി ചെയ്താണു് പ്രശ്നത്തിനു് അവൊഗാഡ്രൊ പരിഹാരം കണ്ടെത്തിയതു്. 'യൗഗികാണുക്കൾ' എന്നു് ഡാൽടൻ വിവരിച്ച യൗഗികങ്ങളുടെ അന്തിമാതൃകകൾക്കു് രാസപരിണാമങ്ങളിൽ വിഘടനം സംഭവിക്കാവുന്നതുപോലെ തന്നെ മൂലകങ്ങളിലും വിഘടനം സംഭവിക്കാവുന്ന കണങ്ങളാണുള്ളതെന്നും ഈ കണങ്ങൾ അവിഭാജ്യങ്ങളായ അണുക്കൾ ചേർന്നു് ഉണ്ടാകുന്നവയാണെന്നും അവൊഗാഡ്രൊ പരികല്പിച്ചു.

ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ സ്വതന്ത്രമായി നിലനില്ക്കാൻ കെൽപുള്ള ഏറ്റവും ചെറിയ കണങ്ങളെ അദ്ദേഹം തന്മാത്രകൾ എന്നു വിളിച്ചു.

യൗഗികാണുക്കൾ എന്നു് ഡാൽടൻ പരാമർശിക്കുന്നതു് യഥാർഥത്തിൽ ഈ തന്മാത്രകളെയാണു്. മൂലകങ്ങളും തന്മാത്രകളായിത്തന്നെയാണു് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതു്. എന്നാൽ മൂലകതന്മാത്രകളിൽ ഒരിനം അണുക്കൾ മാത്രമേ ഉണ്ടാകൂ. യൗഗികതന്മാത്രകളിലാകട്ടെ ഒന്നിലധികം മൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. ചില മൂലകതന്മാത്രകൾ അവയുടെ അണുക്കൾ തന്നെയാവാം. മറ്റു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ഇവയുടെ തന്മാത്രകളിൽ ഒരിനം മാത്രമാണുള്ളതു്. ഒരേ പദാർഥത്തിന്റെ എല്ലാ തന്മാത്രകളും എല്ലാത്തരത്തിലും ഒന്നുപോലെയായിരിക്കും. അവയ്ക്കു് നിശ്ചിതമായ സംഘടനവും മറ്റു ഗുണധർമങ്ങളും ഉണ്ടു്. നിശ്ചിത സംഖ്യയിൽ അണുക്കൾ ചേർന്നു് തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. തന്മാത്രകൾക്കു് രാസപരിണാമങ്ങളിൽ വിഘടനം സംഭവിക്കാം—അവയിൽ ഒന്നിലധികം അണുക്കൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ. ഈ താന്മാത്രികപരികല്പനത്തിൽ അധിഷ്ഠിതമാണു് അവൊഗാഡ്രൊനിയമം. ഡാൽട്ടന്റെ അവിഭാജ്യതാസിദ്ധാന്തം കൈവിടാതെ തന്നെ ഗേ ലൂസ്സാക്കിന്റെ വാതകവ്യാപ്തനിയമം വിശദീകരിക്കാൻ അവൊഗാഡ്രൊനിയമത്തിനു കഴിയുകയും ചെയ്തു.

ഒരേ താപനിലയിലും മർദത്തിലും ഒരേ വ്യാപ്തം വാതകങ്ങളിൽ ഉള്ള തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം തുല്യമായിരിക്കും.

ഒരു പരികല്പന എന്ന നിലയിൽ ഉന്നയിക്കപ്പെട്ട ഈ തത്വം ഇന്നു് അവൊഗാഡ്രൊനിയമം എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. കാരണം, മറ്റു വാതകനിയമ

ങ്ങളും (അധ്യായം 4) ഗതിക-സിദ്ധാന്തത്തിൽ നിന്നു (Kinetic theory) വ്യൽപാദിപ്പിക്കാവുന്നതു പോലെ തന്നെ അവൊഗാഡ്രൊനിയമവും വ്യൽപാദിപ്പിക്കാം. ഈ നിയമത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം എത്രയെന്നു പറഞ്ഞു ഫലിപ്പിക്കാൻ സാധ്യമല്ല. തന്മാത്രകളുടെ സംഘടനം, അതായതു് അവ ഓരോ മൂലകങ്ങളുടെയും എത്രയെത്ര അണുക്കൾ വീതം ചേർന്നുണ്ടാകുന്നു എന്നു് നിർണയിക്കാനും, അണുക്കളുടെയും തന്മാത്രകളുടെയും ആപേക്ഷികഭാരം നിർണയിക്കാനും മറ്റും ഈ നിയമം പ്രയോജനപ്പെടുന്നു (അനുബന്ധം നോക്കുക). തന്നെയല്ല ഡാൾട്ടൻസിദ്ധാന്തത്തിനു സ്ഥിരപ്രതിഷ്ഠ നൽകിയതും വാസ്തവത്തിൽ അവൊഗാഡ്രൊനിയമമാണു്.

ഗെ ലൂസ്സാക് നിയമത്തിനു് വിശദീകരണം

അവൊഗാഡ്രൊനിയമപ്രകാരം ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്ത, അതിലുള്ള തന്മാത്രകളുടെ സംഖ്യക്കു് ആനുപാതികമായിരിക്കണം. അതിനാൽ രാസപരിണാമങ്ങളിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തങ്ങളും തമ്മിൽ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടായിരിക്കണം. (ഗെ ലൂസ്സാക് നിയമം). കാരണം, രാസപരിണാമങ്ങളിൽ പദാർഥങ്ങളുടെ തന്മാത്രകളും പൂർണസംഖ്യാനുപാതത്തിലാണു് പങ്കെടുക്കുന്നതു്. ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും തമ്മിൽ സംയോജിച്ചു് നീരാവി ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഈ മൂന്നു വാതകങ്ങളുടെയും വ്യാപ്തങ്ങൾ തമ്മിൽ 2:1:2 എന്ന പൂർണസംഖ്യാനുപാതം ഉണ്ടല്ലോ. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ രണ്ടു് ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകളോടു് ഒരു ഓക്സിജൻ തന്മാത്ര വീതം സംയോജിച്ചു് രണ്ടു നീരാവി തന്മാത്രകൾ വീതം ഉണ്ടാകുന്നു എന്നതാണു് അതിനു കാരണം.

വ്യാപ്തസംഘടനകളിൽ അവൊഗാഡ്രൊനിയമപ്രയോഗം

വാതകങ്ങൾ പങ്കെടുക്കുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ അവൊഗാഡ്രൊനിയമം പ്രയോഗിച്ചു് മോളിക്യൂളുകളുടെ ഘടന നിർണയിക്കാം. ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡിന്റെ വ്യാപ്തസംഘടനം തന്നെയെടുക്കാം. ഒരേ താപനിലയിലും മർദത്തിലും 1 വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജൻ + 1 വ്യാപ്തം ക്ലോറിൻ = 2 വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് എന്നു് പരീക്ഷണങ്ങൾ തെളിയിക്കുന്നു. അവൊഗാഡ്രൊനിയമപ്രകാരം ഒരു വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജനിൽ n തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ ഒരു വ്യാപ്തം ക്ലോറിനിലും ഒരു വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡിലും n തന്മാത്രകൾ തന്നെ ഉണ്ടാവണം.

$\therefore$ n ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകളും n ക്ലോറിൻ തന്മാത്രകളും സംയോജിച്ചു് $2 \times n$ ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡു് തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

$\therefore$ ഒരു ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രയും ഒരു ക്ലോറിൻ തന്മാത്രയും സംയോജിച്ചു 2 ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

അതായതു് ഓരോ ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡു് തന്മാത്രയിലും $\frac{1}{2}$ ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രയും $\frac{1}{2}$ ക്ലോറിൻ തന്മാത്രയും സംയോജിച്ചിരിക്കും. അണുക്കളുടെ അവിഭാജ്യത അംഗീകരിക്കുമ്പോൾ, ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രയിലും ക്ലോറിൻ തന്മാത്രയിലും ഉള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണങ്ങൾ ഇരട്ടയായിരിക്കണം എന്നു് അനുമാനിക്കാം. എങ്കിൽ മാത്രമേ $\frac{1}{2}$ തന്മാത്ര എന്നതു് പൂർണസംഖ്യയിൽ പറയാവുന്ന അണുക്കൾ

ആകുന്നുള്ള ഒരു തന്മാത്രയിലുള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണമാണു് അതിന്റെ അണുകത (atomicity.) അപ്പോഴം ഹൈഡ്രജൻ, ക്ലോറീൻ എന്നിവയുടെ അണുകതകഠം 2, 4, 6 മുതലായ ഏതെങ്കിലും ഇരട്ട സംഖ്യകളായിരിക്കണം. നീരാവി, അമോണിയ മുതലായ മറ്റു പല വാതകങ്ങളുടെയും വ്യാപ്തസംഘടനങ്ങളിൽ നിന്നും അവൊഗാഡ്രൊനിയമപ്രകാരം ഇത്തരം അനുമാനങ്ങഠം ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടു്, ഹൈഡ്രജൻ, ക്ലോറീൻ, ഓക്സിജൻ, നൈടജൻ, തുടങ്ങിയ സാധാരണമൂലകവാതകങ്ങളുടെ അണുകത ഒരു ഇരട്ടസംഖ്യയായിരിക്കണമെന്നു് വിശ്വസിക്കേണ്ടി വരുന്നു. ഏറ്റവും ചെറിയ ഇരട്ടസംഖ്യയായ 2 ആണു് ഇവയുടെ അണുകത എന്നു് സങ്കല്പിക്കപ്പെട്ടു (ഡാംട്ടന്റെ ലളിതതമതത്വം– Dalton's principle of maximum simplicity). ഈ തത്വം വെറും ഊഹമായിരുന്നെങ്കിലും പിൽക്കാലത്തു് ശരിയാണെന്നു് തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. തന്മാത്രയുടെ അണുകത പരീക്ഷണങ്ങഠംകൊണ്ടു് നമുക്കു് നിർണയിക്കാവുന്നതാണു്.

ഹൈഡ്രജന്റെയും ക്ലോറീന്റെയും അണുകത 2 ആണു്. അതായതു് അവയുടെ തന്മാത്രകളിൽ രണ്ടു് അണുക്കഠം വീതം ഉണ്ടു്. അതിനാൽ $\frac{1}{2}$ ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്ര = $\frac{1}{2} \times 2 = 1$ ഹൈഡ്രജൻ അണു.

$\frac{1}{2}$ ക്ലോറീൻ തന്മാത്ര = $\frac{1}{2} \times 2 = 1$ ക്ലോറീൻ അണു.

∴ ഒരു ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡു് മോളികൃളിൽ ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവും ഒരു ക്ലോറീൻ അണുവും സംയോജിച്ചിരിക്കുഠ. അങ്ങിനെ ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡു് തന്മാത്രയെ HCl എന്നു് ചിത്രീകരിക്കാഠ. ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ തന്മാത്രയിൽ ഉള്ള ഓരോ മൂലകാണുക്കളുടെയും എണ്ണങ്ങഠം സൂചിപ്പിച്ചു് ഇത്തരത്തിൽ ചുരുക്കം എഴുതുന്നതിനെയാണു് അതിന്റെ ''ആണവസൂത്രം'' (Molecular formula) എന്നു് പറയുന്നതു്. ഓരോ മൂലകത്തിനും ഓരോ പ്രതീകങ്ങഠം—സിംബലുകഠം—ഉണ്ടു്. (അധ്യായം 8 നോക്കുക). ഹൈഡ്രജന്റെ പ്രതീകം H എന്നാണു്. H എന്ന മാത്രം എഴുതിയാൽ ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണു എന്നാണു് അർഥം. അതുപോലെ Cl എന്നു് എഴുതിയാൽ ഒരു ക്ലോറീൻ അണു എന്നും. ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രയിൽ രണ്ടു് ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കഠം ഉള്ളതിനാൽ അതിന്റെ തന്മാത്രീയസൂത്രം H_2 എന്നാണു്. ഇതുപോലെ ക്ലോറീൻ തന്മാത്ര Cl_2 ആണു്. ഈ വാതകങ്ങഠം തന്മാത്രകളായിട്ടാണല്ലോ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതു്. അതിനാൽ ഹൈഡ്രജൻക്ലോറീൻ സംയോജനത്തെ ഇപ്രകാരം ചിത്രീകരിക്കാം:

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

മറ്റൊരു ഉദാഹരണം കൂടി നോക്കാം. നീരാവിയുടെ വ്യാപ്തസംഘടനം നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു് (അധ്യായം 25).

2 വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജൻ + 1 വ്യാപ്തം ഓക്സിജൻ = 2 വ്യാപ്തം നീരാവി.

ഈ പരീക്ഷണഫലത്തിൽ അവൊഗാഡ്രൊനിയമം പ്രയോഗിക്കുക. ഒരേ വ്യാപ്തം വാതകങ്ങളിൽ ഒരേ എണ്ണം തന്മാത്രകഠം ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഒരു വ്യാപ്തം വാതകത്തിൽ n തന്മാത്രകഠം ഉണ്ടെങ്കിൽ;

$2n$ ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകം + n ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകം = $2n$ നീരാവിതന്മാത്രകം.

∴ 2 ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകം + 1 ഓക്സിജൻ തന്മാത്ര = 2 നീരാവിതന്മാത്രകം.

∴ 1 നീരാവി തന്മാത്രയിൽ 1 ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രയും $\frac{1}{2}$ ഓക്സിജൻതന്മാത്രയും ഉണ്ടായിരിക്കണം. സാധാരണമൂലകവാതകങ്ങളംക്ക അണുകത 2 ആണെന്നതത്വപ്രകാരം ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്ര H_2 ആണു്; ഓക്സിജൻ തന്മാത്ര O_2 ആണു്.

∴ $\frac{1}{2}$ ഓക്സിജൻ തന്മാത്ര = $\frac{1}{2}$ O_2 = 1 ഓക്സിജൻ അണു.

∴ നീരാവിയുടെ ഒരു തന്മാത്രയിൽ ഒരു ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രയും (= 2 H അണുക്കളം) ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവും (O) സംയോജിച്ചിരിക്കും. അതായതു് നീരാവിയുടെ തന്മാത്രീയസൂത്രം = H_2O.

ഇതുപോലെ തന്നെ മറ്റു പല യൗഗികങ്ങളുടെയും ഫോർമുലാനിർണയം അവൊഗാഡ്രൊനിയമം ഉപയോഗിച്ചു് സാധിക്കുന്നു.

അണുഭാരവും തന്മാത്രാഭാരവും

അണുക്കളും തന്മാത്രകളും അത്യന്തസൂക്ഷ്മകണങ്ങളായതിനാൽ നിശ്ചിതഭാരപദാർഥത്തിലുള്ള അവയുടെ എണ്ണം തിട്ടപ്പെടുത്തുവാനോ അവയെ ഓരോന്നായി എടുത്തു് പഠിക്കാനോ മാർഗമുണ്ടായിരുന്നില്ല. പ്രത്യേകിച്ചു് അവയുടെ ഭാരം നിർണയിക്കുക എന്നതു് അസാധ്യമായിരുന്നു. എന്നാൽ തന്മാത്രകളിലുള്ള ഓരോ അണുക്കളുടെയും എണ്ണം അവൊഗാഡ്രൊനിയമപ്രകാരം കണ്ടുപിടിക്കാമെന്നു വന്നപ്പോൾ അണുക്കളുടെയും മോളികൃളുകളുടെയും ആപേക്ഷികമായ ഭാരം നിർണയിക്കാനുള്ള മാർഗങ്ങളും തെളിഞ്ഞുവന്നു. അതായതു് അവയുടെ പരമമായ ഭാരം (absolute weight) അജ്ഞാതമായിത്തന്നെയിരുന്നെങ്കിലും ഒരണുവിന്റെ ഭാരം മറ്റൊരണുവിന്റെ ഭാരത്തിന്റെ എത്ര മടങ്ങാണെന്നു് കണക്കാക്കാൻ വഴിയുണ്ടായി. ഇപ്രകാരം ഒരണുവിന്റെ ഭാരവും ഏതെങ്കിലും മാനകമായ (standard) ഒരണുവിന്റെ ഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെയാണു് ''അണുഭാരം'' (atomic-weight) എന്നു പറയുന്നതു്. അതുപോലെ ഒരു മോളികൃളിന്റെ ഭാരവും മാനകമായ ഒരണുവിന്റെ ഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു് ''തന്മാത്രാഭാരം'' (Molecular weight). ഏറ്റവും ഘനത്വം കുറഞ്ഞ വാതകമാണു് ഹൈഡ്രജൻ. അതിനാൽ ഏറ്റവും ഭാരം കുറഞ്ഞ അണുക്കളാണു് H അണുക്കൾ. ഇക്കാരണത്താൽ ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഭാരമാണു് മാനകമായി സ്വീകരിക്കപ്പെട്ടതു്.

ഹൈഡ്രജൻ മാനകത്തിൽ അണുഭാരം

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം, ഹൈഡ്രജൻ മാനകത്തിൽ (Hydrogen standard, Hydrogen scale) ആ മൂലകത്തിന്റെ ഒരണുവിന്റെ ഭാരവും ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു്.

ഈ നിർവചനപ്രകാരം ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം A ആണെങ്കിൽ,

$$A = \frac{\text{മൂലകത്തിന്റെ ഒരണുവിന്റെ ഭാരം}}{\text{ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഭാരം}}$$

അതായതു് മൂലകത്തിന്റെ ഒരണുവിനു് ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഭാരത്തിന്റെ A മടങ്ങു് ഭാരം ഉണ്ടു്. മറ്റു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ A എന്നതു് ഒരു മൂലകാണുവിന്റെ യഥാർഥഭാരം തന്നെയായി കരുതാം. എന്നാൽ ഏകകം (unit) ഗ്രാം അല്ല; ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഭാരമാണു്. ഈ ഏകകത്തിനു് അണുഭാര ഏകകം (Atomic weight unit, AWU അഥവാ Atomic Mass Unit, AMU) എന്നു് പറയുന്നു.

$\therefore$ 1 മൂലക അണുവിന്റെ ഭാരം = A അണുഭാര ഏകകം (AMU)

= A × (1 H അണുവിന്റെ ഭാരം)

ഈ മാനകത്തിൽ ഹൈഡ്രജന്റെ അണുഭാരം 1 ആയിരിക്കണമെന്നു് വ്യക്തമാണല്ലോ. അതുകൊണ്ടു് ഈ മാനകത്തെ H = 1 എന്നു് സൂചിപ്പിക്കാറുണ്ടു്.

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം കണക്കാക്കാൻ, ആ മൂലകത്തിന്റെ ഹൈഡ്രജനുമായുള്ള യൗഗികത്തിന്റെ തന്മാത്രീയസൂത്രവും ഭാരസംഘടനവും നിർണയിച്ചാൽ മതി. യൗഗികം വാതകമാണെങ്കിൽ വ്യാപ്തസംഘടനത്തിൽ നിന്നു് അവൊഗാഡ്രോനിയമം പ്രയോഗിച്ചു് സൂത്രം കണക്കാക്കാമല്ലോ. വിശ്ലേഷണംകൊണ്ടു് ഭാരസംഘടനവും നിർണയിക്കാം. ഉദാഹരണമായി ഓക്സിജന്റെ അണുഭാരം ഹൈഡ്രജൻ മാനകത്തിൽ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതു് നോക്കുക.

ജലത്തിൽ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും 1:7.98 എന്ന ഭാരാനുപാതത്തിൽ സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നു് പരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നു് നിർണയിക്കാം. (അധ്യായം 25). നീരാവിയുടെ വ്യാപ്തസംഘടനത്തിൽ അവൊഗാഡ്രൊ നിയമപ്രയോഗത്താൽ തന്മാത്രീയസൂത്രം H_2O ആണെന്നു് മുമ്പു് തെളിയിക്കപ്പെട്ട. ഈ വസ്തുതകളിൽ നിന്നു് ഓക്സിജന്റെ അണുഭാരം കണക്കാക്കാം.

ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഭാരം x ഗ്രാം എന്നും ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ ഭാരം y ഗ്രാം എന്നും ഇരിക്കട്ടെ.

$\therefore$ ഓക്സിജന്റെ അണുഭാരം (H = 1) = ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ ഭാരം ÷ ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഭാരം = $\frac{y}{x}$

ജലത്തിൽ (H_2O) രണ്ടു് H അണുക്കൾക്കു് ഒരു O അണു വീതം സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു.

$\therefore$ $2 \times x$ ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനു് $1 \times y$ ഗ്രാം ഓക്സിജൻ വീതം സംയോജിച്ചു് ജലം ഉണ്ടാകുന്നു. അപ്പോൾ ജലത്തിൽ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും തമ്മിൽ $2x : y$ എന്ന ഭാരാനുപാതത്തിലാണു് സംയോജിക്കുന്നതു്. ഇതു് 1:7.98 ആണെന്നു് നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്.

$\therefore$ $2x : y = 1 : 7.98$

$$\frac{2x}{y} = \frac{1}{7.98}$$

$$\frac{y}{2x} = 7.98$$

$$\frac{y}{x} = 2 \times 7.98 = 15.96$$

∴ ഓക്സിജന്റെ അണുഭാരം (H = 1) = 15.96; അതായതു് ഓക്സിജൻ അണുക്കൾക്കു് H- അണുക്കളുടെ 15.96 മടങ്ങു് ഭാരമാണുള്ളതു്.

ഇതുപോലെ ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും ഹൈഡ്രജൻ യൗഗികങ്ങളുടെ ഭാര സംഘടനം, തന്മാത്രീയസൂത്രം എന്നിവയിൽനിന്നു് അവയുടെ അണുഭാരങ്ങളും കണക്കാക്കാം. എന്നാൽ പല മൂലകങ്ങളും ഹൈഡ്രജനുമായി സംയോജിക്കുന്നില്ല. ഉദാഹരണം: ചെമ്പു്, മെർക്കറി മുതലായവ. ഇത്തരം മൂലകങ്ങളുടെ ഓക്സിജൻ യൗഗികത്തിന്റെയോ (ഓക്സൈഡു്) ക്ലോറീൻ യൗഗികത്തിന്റെയോ (ക്ലോറൈഡു്) ഫോർമുലയും ഭാരസംഘടനവും നിർണയിക്കാമെങ്കിൽ മൂലകാണുക്കൾക്കു് ക്ലോറീന്റെയോ ഓക്സിജന്റെയോ അണുക്കളുടെ എത്ര മടങ്ങു് ഭാരം ഉണ്ടെന്നു് കണക്കാക്കാം. O, Cl എന്നിവയുടെ അണുഭാരങ്ങളും H_2O, HCl എന്നിവയുടെ സംഘടനങ്ങളിൽ നിന്നു് നിർണയിക്കാവുന്നതിനാൽ മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം (H = 1) പിന്നീടു് കണക്കാക്കാവുന്നതാണു്.

ഓക്സിജൻമാനകം

H = 1 എന്ന മാനകത്തിൽ നേരിട്ടു് അണുഭാരം നിർണയിക്കുന്നതിനു് മൂലകത്തിന്റെ ഹൈഡ്രൈഡിന്റെ ഭാരസംഘടനവും സൂത്രവും ആവശ്യമാണല്ലോ. പല മൂലകങ്ങളുംക്കും അനുയോജ്യമായ ഒരു ഹൈഡ്രൈഡു് ഇല്ലെന്നുള്ളതുകൊണ്ടും ഹൈഡ്രജൻ ഏറ്റവും ഘനത്വം കുറഞ്ഞ വാതകമാകയാൽ ഭാരസംഘടനാനിർണയത്തിൽ വന്നുകൂടാവുന്ന അല്പമായ പിശകുകളും പോലും അണുഭാരത്തിൽ സാരമായ തെറ്റുകളും വരുത്തുമെന്നുള്ളതുകൊണ്ടും അണുഭാരമാനകം ഓക്സിജനിലേയ്ക്കു് മാറ്റി. മിക്ക മൂലകങ്ങളും ഓക്സിജനുമായി അനുയോജ്യങ്ങളായ ഓക്സൈഡുകളും തരുന്നുമുണ്ടു്. അണുഭാരങ്ങളും എല്ലാം പൂർണസംഖ്യകളായിരിക്കും എന്നു് പ്രൗട്ടു് ഉന്നയിച്ച പരികല്പനയും (Prout's hypothesis) ഈ മാനകമാറ്റത്തിനും കാരണമായിരുന്നു. ഓക്സിജൻ മാനകത്തിൽ അണുഭാരങ്ങളും മിക്കതും പൂർണസംഖ്യകളോടു് അടുത്തായിരുന്നു. ഓക്സിജന്റെ അണുഭാരം 16 വരത്തക്ക വണ്ണമാണു് ഈ മാനകത്തിൽ, അണുഭാരം നിർവചിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതു് (തന്മൂലം ഈ മാനകത്തിനു് O = 16 എന്നു പറയാറുണ്ടു്). അതായതു് അണുഭാര ഏകകം, O = 16 മാനകത്തിൽ, ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ $\frac{1}{16}$ ഭാരമാണു്.

ഓക്സിജൻമാനകത്തിൽ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം, ആ മൂലകത്തിന്റെ ഒരണുവിന്റെ ഭാരവും ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ പതിനാറിൽ ഒരു ഭാഗം ഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു്.

ഉദാഹരണമായി ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം 89 ആണെങ്കിൽ ആ മൂലകത്തിന്റെ ഓരോ അണുവിനും ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ $\frac{39}{16}$ മടങ്ങു

ഭാരമാണുള്ളതു്. (ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ $\frac{1}{16}$ -ന്റെ 39 മടങ്ങു് ഭാരം). ഈ മാനകത്തിൽ ഹൈഡ്രജന്റെ അണുഭാരം 1.008 ആണു്. അടുത്ത കാലം വരെ അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടിരുന്ന ഈ മാനകത്തിനു് ''രസതന്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ അണുഭാരമാനകം'' (Chemists' atomic weight scale) എന്നു് പറഞ്ഞിരുന്നു. ഓരോ മൂലകങ്ങളിലും അല്പം വ്യത്യാസപ്പെട്ട ഭാരങ്ങളുള്ള അണുക്കളാണുള്ളതു്. ഇവ തമ്മിൽ രാസഗുണങ്ങളിൽ കാര്യമായ ഒരു വ്യത്യാസവും ഇല്ല. അണുഭാരവ്യത്യാസമുള്ള ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത അണുക്കളാണു് ഐസോട്ടോപ്പുകൾ (Isotopes) എന്നു പറയുന്നതു് (അധ്യായം 9, 11 നോക്കുക). മിക്ക മൂലകങ്ങൾക്കും ഒന്നിലധികം ഐസോട്ടോപ്പുകൾ ഉണ്ടു്. എന്നാൽ ഈ ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ ശതമാനം ഓരോന്നിലും നിശ്ചിതമായിരിക്കും. അപ്പോൾ എല്ലാ മൂലകങ്ങളും അവയുടെ ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ മിശ്രിതങ്ങളാണു്. ഓക്സിജനിലും മൂന്നു് ഐസോട്ടോപ്പുകൾ ഉണ്ടു്. അതിനാൽ O=16 എന്ന മാനകം യഥാർത്ഥത്തിൽ ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ ശരാശരി ഭാരം = 16 എന്ന അർത്ഥത്തിലാണു്. രാസപരിണാമങ്ങളിലും ഐസോട്ടോപ്പു് അനുപാതം സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നതിനാൽ ഈ മാനകം സ്വീകാര്യമാണു്. ഓക്സിജനിലുള്ള മൂന്നു് ഐസോട്ടോപ്പുകളിൽ ഏറ്റവും ഭാരം കുറഞ്ഞ ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ ഭാരം = 16 എന്ന മാനകമാണു് ''ഊർജതന്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ മാനകം'' എന്നു് അറിയപ്പെട്ടിരുന്നതു്. ഈ മാനകത്തിൽ ഓക്സിജൻ ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ അണുഭാരങ്ങൾ 16, 17, 18 എന്നിവയാണു്. ഇവയിൽ O^{17}, O^{18} എന്നിവയുടെ ശതമാനങ്ങൾ വളരെ തുച്ഛമാണു്. അതുകൊണ്ടു് $O^{16} = 16$ എന്ന മാനകത്തിലും $O = 16$ എന്ന മാനകത്തിലും ഉള്ള അണുഭാരങ്ങൾ തമ്മിൽ വലിയ വ്യത്യാസം ഉണ്ടായിരിക്കുകയില്ല.

അന്തർദേശീയ അണുഭാരമാനകം

1961-ൽ അന്തർദേശീയമായി അംഗീകരിക്കപ്പെട്ട അണുഭാരമാനകത്തിൽ കാർബൺ ഐസോട്ടോപ്പായ C^{12}-അണുവിന്റെ $\frac{1}{12}$ ഭാരമാണു് അണുഭാരഏകകം. അതായതു് ഈ മാനകത്തിൽ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം ആ മൂലകത്തിന്റെ ഒരണുവിന്റെ ഭാരവും ഒരു C^{12} അണുവിന്റെ $\frac{1}{12}$ ഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു്.

ഈ നിർവചനപ്രകാരമുള്ള അണുഭാരങ്ങളും ഓക്സിജൻ മാനകത്തിലുള്ള അണുഭാരങ്ങളെക്കാളും വളരെ തുച്ഛമായി മാത്രമെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടുള്ളൂ.

തന്മാത്രാഭാരങ്ങൾ

അണുഭാരഏകകത്തിൽ തന്നെയുള്ള ഒരു തന്മാത്രയുടെ ഭാരമാണു് തന്മാത്രാഭാരം. അതിനാൽ അണുഭാരമാനകം മാറ്റപ്പെട്ടതോടു കൂടി തന്മാത്രാഭാരത്തിന്റെ നിർവചനവും മാറുന്നു.

ഹൈഡ്രജൻ മാനകത്തിൽ ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം ആ

പദാർഥത്തിന്റെ ഒരു തന്മാത്രയുടെ ഭാരവും ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു്.

ഓക്സിജൻ മാനകത്തിൽ ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം ആ പദാർഥത്തിന്റെ ഒരു തന്മാത്രാഭാരവും ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ $\frac{1}{16}$ ഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു്.

1961-ലെ അന്തർദേശീയമാനകത്തിൽ പദാർഥത്തിന്റെ ഒരു മോളിക്യൂളിന്റെ ഭാരവും ഒരു C^{12} അണുവിന്റെ പന്ത്രണ്ടിൽ ഒന്നു് ഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു് തന്മാത്രാഭാരം.

അണുഭാരവും തന്മാത്രാഭാരവും ഒരേ മാനകത്തിൽ നിർവചിക്കപ്പെട്ടതു. അതായതു് അണുഭാരം ഏകകത്തിലുള്ള ഒരണുവിന്റെ ഭാരം അണുഭാരമെന്നും ഒരു തന്മാത്രയുടെ ഭാരം തന്മാത്രാഭാരമെന്നും കരുതാം. അതുകൊണ്ടു് തന്മാത്രാഭാരം ആ തന്മാത്രയിലുള്ള അണുക്കളുടെ അണുഭാരങ്ങളുടെ ആകെത്തുകയായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി ജലത്തിന്റെ തന്മാത്രീയസൂത്രം H_2O എന്നാണല്ലോ.

$\therefore$ ജലത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം = $2 \times$ ഹൈഡ്രജന്റെ അണുഭാരം + $1 \times$ ഓക്സിജന്റെ അണുഭാരം = $2 \times 1.008 + 1 \times 16 = 18.016$.

മൂലകങ്ങളുടെ തന്മാത്രകം അവയുടെ അണുക്കം തന്നെയോ ഒന്നിലധികം അണുക്കം ചേർന്നുണ്ടാകുന്നവയൊ ആയിരിക്കും. അതിനാൽ മൂലകങ്ങളുടെ തന്മാത്രാഭാരം അവയുടെ അണുഭാരം തന്നെയൊ അതിന്റെ ലഘുഗുണിതമോ ആയിരിക്കണം. ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്ര H_2 ആണു്.

$H = 1.008$.

$\therefore$ തന്മാത്രാഭാരം = $2 \times 1.008 = 2.016$.

പൊതുവെ,

മൂലകങ്ങളുടെ തന്മാത്രാഭാരം = അണുകത $\times$ അണുഭാരം.

ഗ്രാം അണുഭാരവും ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരവും

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം ഗ്രാമിൽ പ്രസ്താവിക്കുന്നതിനെ അതിന്റെ ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരം അഥവാ ഗ്രാം അണു (gram atom) എന്നു പറയുന്നു.

ഉദാഹരണമായി ഓക്സിജൻ മാനകത്തിൽ ക്ലോറിന്റെ അണുഭാരം = 35.46

$\therefore$ 1 ഗ്രാം അണുഭാരം ക്ലോറിൻ = 35.46 ഗ്രാം.

3.546 ഗ്രാം ക്ലോറിൻ = $\frac{1}{10}$ ഗ്രാം അണുക്ലോറിൻ

w ഗ്രാം ക്ലോറിൻ = $\frac{w}{35.46}$ ഗ്രാം അണുക്ലോറിൻ.

ഇതുപോലെ ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം ഗ്രാമിൽ പ്രസ്താവിക്കുന്നതിനെ അതിന്റെ ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം അഥവാ ഗ്രാം മോളിക്യൂം അഥവാ മോം (mole) എന്നു പറയുന്നു.

ഉദാഹരണമായി ജലത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം = 18.016

$\therefore$ 1 ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം ജലം = 18.016 ഗ്രാം.

36.032 ഗ്രാം ജലം = 2 മോൾ

w ഗ്രാം ജലം $= \frac{w}{18.016}$ മോൾ

ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ മോളിക്യൂൾ ഭാരം M ആണെങ്കിൽ ആ പദാർഥത്തിന്റെ 1 മോൾ $= M$ ഗ്രാം.

w ഗ്രാം പദാർഥം $= \frac{w}{M}$ മോൾ

അവൊഗാഡ്രോസംഖ്യ:

ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരം മൂലകത്തിലുള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണമാണ് അവൊഗാഡ്രോസംഖ്യ. ഈ സംഖ്യ എല്ലാ മൂലകങ്ങൾക്കും ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും.

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം A ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. അതായത് മൂലകത്തിന്റെ ഒരു അണുവിനു A അണുഭാരഏകകം ഭാരമുണ്ട്. അണുഭാരഏകകം ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ഭാരമോ ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ $\frac{1}{16}$ ഭാരമോ ഏതു വേണമെങ്കിലും ആയിക്കൊള്ളട്ടെ. അണുഭാരഏകകം x ഗ്രാം എന്നു വിചാരിക്കുക.

$\therefore$ മൂലകത്തിന്റെ 1 ഗ്രാം അണു $= A$ ഗ്രാം.

മൂലകത്തിന്റെ ഒരണുവിന്റെ ഭാരം

$= A$ അണുഭാരഏകകം

$= A \times x$ ഗ്രാം.

$\therefore A$ ഗ്രാം (= 1 ഗ്രാം അണു) മൂലകത്തിലുള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണം =

$= A \div$ ഒരണുവിന്റെ ഭാരം

$= A \div A \times x$

$= \frac{A}{A \times x}$

$= \frac{1}{x}$

ഈ സംഖ്യ എല്ലാ മൂലകങ്ങൾക്കും ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കുമല്ലോ. അപ്പോൾ ഏതു മൂലകമായാലും ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരത്തിൽ $\frac{1}{x}$ അണുക്കൾ ഉണ്ടായിരിക്കും.

$\therefore$ അവൊഗാഡ്രോസംഖ്യ $= \frac{1}{x} = \frac{1}{\text{അണുഭാരഏകകം ഗ്രാമിൽ}}$

ഇതുപോലെതന്നെ ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം (ഒരു മോൾ) പദാർഥത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണവും $\frac{1}{x}$ തന്നെയാണെന്നു തെളിയിക്കാം. മോളിക്യൂൾ ഭാരം M ആണെന്നിരിക്കട്ടെ.

1 മോൾ = M ഗ്രാം

1 മോളിക്യൂളിന്റെ ഭാരം = M അണുഭാര ഏകകം = $M\ x$ ഗ്രാം

∴ 1 മോൾ പദാർഥത്തിൽ (M ഗ്രാമിൽ) ഉള്ള മോളിക്യൂളുകളുടെ എണ്ണം

$= M \div$ ഒരു മോളിക്യൂളിന്റെ ഭാരം

$= M \div M\ x$

$= \frac{M}{M\ x}$

$= \frac{1}{x}$

∴ അവൊഗാഡ്രൊസംഖ്യ = 1 ഗ്രാം അണുഭാരം മൂലകത്തിലുള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണം = ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം (1 മോൾ) പദാർഥത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം = $\frac{1}{x}$

= അണുഭാരഏകകത്തിന്റെ വ്യൽക്രമം

അവൊഗാഡ്രൊ സംഖ്യ നേരിട്ടു നിർണയിക്കാനുള്ള പല മാർഗങ്ങളും ഇന്നു ആസൂത്രണം ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു. അതിനാൽ ഒരണുവിന്റെയോ തന്മാത്രയുടെയോ ഭാരം നമുക്കു കണക്കാക്കാവുന്നതാണു. ഓക്സിജൻ മാനകത്തിൽ അവൊഗാഡ്രൊ സംഖ്യ $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ ആണു. ഇതിൽ നിന്നു ഒരു ക്ലോറീൻ അണുവിന്റെ ഭാരം കണക്കാക്കി നോക്കാം:

ക്ലോറീന്റെ അണുഭാരം = 35. 46

∴ 1 ഗ്രാം അണു ക്ലോറിൻ = 35. 46 ഗ്രാം

1 ഗ്രാം അണു (35.46ഗ്രാം) ക്ലോറീനിൽ 6.023×10^{23} അണുക്കളുണ്ടു.

∴ 6.023×10^{23} ക്ലോറീൻ അണുക്കളുടെ ഭാരം = 35.46 ഗ്രാം.

∴ 1 ക്ലോറീൻ അണുവിന്റെ ഭാരം = $\frac{35.46}{6 \cdot 023 \times 10^{23}} = 5.887 \times 10^{-23}$ ഗ്രാം.

അതുപോലെ, ജലത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം = 18.016

∴ 1 മോൾജലം = 18.016 ഗ്രാം.

18.016 ഗ്രാം (1 മോൾ) ജലത്തിൽ 6.023×10^{23} തന്മാത്രകളുണ്ടു.

6.023×10^{23} തന്മാത്രകളുടെ ഭാരം = 18.016 ഗ്രാം

∴ 1 ജലതന്മാത്രാഭാരം = $\frac{18.016}{6.023 \times 10^{23}} = 2.991 \times 10^{-23}$ ഗ്രാം.

വാതകങ്ങളുടെ താന്മാത്രികവ്യാപ്തം

ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം (ഒരു മോൾ) പദാർഥത്തിന്റെ വ്യാപ്തമാണു അതിന്റെ ഗ്രാം മോളിക്യൂളർ വ്യാപ്തം അഥവാ മോളാർ വ്യാപ്തം.

ഒരു മോൾ എല്ലാ പദാർഥങ്ങളിലും ഒരേ എണ്ണം (അവൊഗാഡ്രൊസംഖ്യ) തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടെന്നു തെളിയിക്കപ്പെട്ടുവല്ലോ. അവൊഗാഡ്രൊനിയമപ്രകാരം ഒരേ വ്യാപ്തം വാതകങ്ങളിൽ ഒരേ എണ്ണം തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഒരേ താപനിലയിലും ഒരേ മർദത്തിലും ഒരു മോൾ ഏതു വാതകത്തിലും, ഒരേ എണ്ണം

തന്മാത്രകം ഉണ്ടായിരിക്കും. അവൊഗാഡ്രൊനിയമം വിലോമമായി (Conversely) പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ഒരു മോളം എല്ലാ വാതകങ്ങളുടെയും വ്യാപ്തം തുല്യമായിരിക്കുമെന്നു കിട്ടുന്നു.

അതായതു് ഒരേ താപനിലയിലും മർദത്തിലും എല്ലാ വാതകങ്ങളുടെയും മോളാർവ്യാപ്തം തുല്യമായിരിക്കും.

അവൊഗാഡ്രൊനിയമത്തിൽ നിന്നു് കിട്ടുന്ന ഈ നിഗമനം തന്മാത്രാഭാരം നിർണയിക്കുന്നതിനു് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

$$\text{മോളാർ വ്യാപ്തം} = \frac{\text{1 മോളം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം}}{} = \frac{\text{1 മോളം വാതകത്തിന്റെ ഭാരം}}{\text{ഘനത്വം}} = \frac{\text{തന്മാത്രാഭാരം}}{\text{ഘനത്വം}}$$

$$\therefore \text{തന്മാത്രാഭാരം} = \text{മോളാർ വ്യാപ്തം} \times \text{ഘനത്വം}$$

വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തം താപനിലയെയും മർദത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ മോളാർ വ്യാപ്തവും ഓരോ താപനിലയിലും മർദത്തിലും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. അതുപോലെ തന്നെ ഘനത്വവും താപനിലയെയും മർദത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കും (അധ്യായം 4 നോക്കുക).

എങ്കിലും മോളാർ വ്യാപ്തം × ഘനത്വം സ്ഥിരമായിരിക്കും. സാധാരണമായി വാതകങ്ങളുടെ ഗ്രണധർമങ്ങളം പ്രസ്താവിക്കുന്നതു് N.T.P യിൽ ആണല്ലോ. മോളാർവ്യാപ്തവും N T P. യിൽ നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. ഒരു വാതകത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരവും ഘനത്വവും അറിയാമെങ്കിൽ മോളാർവ്യാപ്തം കണക്കാക്കാം.

$$\text{മോളാർവ്യാപ്തം} = \frac{\text{തന്മാത്രാഭാരം}}{\text{ഘനത്വം}}$$

ഏതെങ്കിലും ഒരു വാതകത്തിന്റെ മോളാർവ്യാപ്തം നിർണയിച്ചാൽ മതി; എല്ലാ വാതകങ്ങളുടെയും മോളാർവ്യാപ്തം അതു തന്നെയാണു്. വാതകങ്ങളുടെ N. T. P. യിൽ ഉള്ള മോളാർവ്യാപ്തം 22. 4 ലിറ്റർ ആണെന്നു് നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. ഉദാഹരണമായി ഓക്സിജന്റെ കാര്യം എടുക്കാം.

ഓക്സിജന്റെ മോളിക്യുലർ ഭാരം = 32

$\therefore$ 1 മോളം ഓക്സിജൻ = 32 ഗ്രാം

ഓക്സിജന്റെ N. T. P. യിലെ ഘനത്വം = 1.429 ഗ്രാം/ലിറ്റർ

$\therefore$ മോളാർവ്യാപ്തം = 1 മോളം ഓക്സിജന്റെ വ്യാപ്തം = 32 ഗ്രാം ഓക്സിജന്റെ വ്യാപ്തം = $32 \div 1.429 = 22.4$ ലി (N. T. P. യിൽ)

$\therefore$ വാതകങ്ങളുടെ N. T. P. യിലുള്ള മോളാർവ്യാപ്തം = 22.4 ലി.

22.4 ലി. വാതകത്തിനു് N. T. P യിൽ 1 മോളം ഭാരം ഉണ്ടായിരിക്കും.

$\therefore$ തന്മാത്രാഭാരം = 22. 4 ലി വാതകത്തിന്റെ ഭാരം (N. T. P യിൽ) = 22.4 × N. T. P. യിലുള്ള ഘനത്വം.

ഘനത്വത്തിൽനിന്നു നേരിട്ടു തന്മാത്രാഭാരം നിർണയിക്കാമെന്നു ഇതിൽ നിന്നു മനസ്സിലാക്കാം. ഘനത്വം ഏതെങ്കിലും താപനിലയിലും മർദത്തിലും നിർണയിച്ചാൽ N. T. P. യിലുള്ള ഘനത്വം കണക്കാക്കാമല്ലോ (അധ്യായം 4).

ഉദാഹരണം:

ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ, നിർവാതനം ചെയ്യപ്പെട്ട ഒരു ഗ്ലാസു ഗ്ലോബിന്റെ ഭാരം 59. 5 ഗ്രാം ആയിരുന്നു. ഇതിൽ 1 അന്തരീക്ഷ മർദത്തിലും (76 സെ. മീ. മെർക്കുറി) 0° C – ലും (N.T.P) കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു നിറച്ചു ഭാരം നിർണയിച്ചപ്പോഴം 59.775 ഗ്രാം ഭാരം ഉണ്ടായിരുന്നു. ഗ്ലോബിന്റെ വ്യാപ്തം 140 മി. ലി. ആണെങ്കിൽ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം കണക്കാക്കുക.

പരികലനം:

ഗ്ലോബു നിറച്ചു കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരം = 59.775 – 59.5
= 0.275 ഗ്രാം.

ഗ്ലോബിന്റെ വ്യാപ്തം = 140 മി. ലി.
= 0.14 ലി.

∴ N. T. P. യിൽ 0.14 ലി. വാതകത്തിനു 0.275 ഗ്രാം ഭാരം ഉണ്ടു.

∴ N.T.P. യിലെ ഘനത്വം $= \frac{0.275}{0.14}$ ഗ്രാം/ലി

തന്മാത്രാഭാരം $= 22.4 \times \frac{0.275}{0.14} = 44.0$

ബാഷ്പഘനത്വം

ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വവും മറ്റൊരു വാതകത്തിന്റെ അതേ പരിതസ്ഥിതിയിലുള്ള ഘനത്വവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു ആപേക്ഷിക ഘനത്വം (Relative density). ഉദാഹരണമായി ഓക്സിജന്റെ ഘനത്വം 1.44 ഗ്രാം/ലി. ഉം ഹൈഡ്രജന്റെ അതേ താപനിലയിലും മർദത്തിലും ഉള്ള ഘനത്വം 0. 09 ഗ്രാം/ലി. ഉം ആണെങ്കിൽ ഹൈഡ്രജനെ ആസ്പദമാക്കിയുള്ള ഓക്സിജന്റെ ആപേക്ഷികഘനത്വം $\frac{1.44}{0.09} = 16$ ആണു. അതായതു ഓക്സിജനു ഹൈഡ്രജന്റെ 16 ഇരട്ടി ഘനത്വമുണ്ടു. (ഹൈഡ്രജന്റെ ഘനത്വം 1 ആയാൽ ഓക്സിജന്റെ ഘനത്വം 16 ആയിരിക്കും എന്നും വ്യാഖ്യാനിക്കാം). ഒരു വാതകത്തിന്റെ ബാഷ്പഘനത്വം ഹൈഡ്രജനെ ആസ്പദമാക്കിയുള്ള ആപേക്ഷികഘനത്വമായിട്ടാണു ആദ്യം നിർവചിക്കപ്പെട്ടതെങ്കിലും അണുഭാരമാനകം ഓക്സിജൻ ആക്കിയതോടുകൂടി ബാഷ്പഘനത്വവും അതിനനുസൃതമായി നിർവചിക്കപ്പെട്ടു.

ഒരു വാതകത്തിന്റെ ബാഷ്പഘനത്വം ആ വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വവും ഓക്സിജന്റെ ഘനത്വത്തിന്റെ $\frac{1}{16}$ ഉം തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു. (ഘനത്വങ്ങൾ രണ്ടും ഒരേ താപനിലയിലും മർദത്തിലും ആയിരിക്കണം).

$$\text{ബാഷ്പഘനത്വം} = \frac{\text{വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം}}{\text{ഓക്സിജന്റെ ഘനത്വം}} \times 16$$

അവൊഗാഡ്രൊനിയമത്തിൽ നിന്നും ബാഷ്പഘനത്വം തന്മാത്രാഭാരത്തിന്റെ പകുതിയാണെന്നും തെളിയിക്കാം.

$$\text{ബാഷ്പഘനത്വം} = \frac{\text{വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം}}{\frac{1}{16} \times \text{ഓക്സിജന്റെ ഘനത്വം}}$$

$$= \frac{1 \text{ ലിറ്റർ വാതകത്തിന്റെ ഭാരം}}{\frac{1}{16} \times 1 \text{ ലിറ്റർ ഓക്സിജന്റെ ഭാരം}}$$

1 ലിറ്റർ വാതകത്തിൽ n തന്മാത്രകം ഉണ്ടെങ്കിൽ 1 ലിറ്റർ ഓക്സിജനിലും n തന്മാത്രകം ഉണ്ടെന്നും അവൊഗാഡ്രൊനിയമം അനുശാസിക്കുന്നു.

$$\therefore \text{ബാഷ്പഘനത്വം} = \frac{n \text{ വാതക തന്മാത്രകളുടെ ഭാരം}}{\frac{1}{16} \times (n \text{ ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളുടെ ഭാരം})}$$

$$= \frac{n \times 1 \text{ വാതകതന്മാത്രയുടെ ഭാരം}}{\frac{1}{16} \times n \times 1 \text{ ഓക്സിജൻ തന്മാത്രയുടെ ഭാരം}}$$

$$= \frac{1 \text{ വാതകതന്മാത്രയുടെ ഭാരം}}{\frac{1}{16} \times 1 \text{ ഓക്സിജൻ തന്മാത്രയുടെ ഭാരം}}$$

സാധാരണ മൂലകവാതകങ്ങളുടെ അണുകത 2 ആയതിനാൽ ഒരു ഓക്സിജൻ തന്മാത്രയിൽ 2 ഓക്സിജൻ അണുക്കളുണ്ടു്.

$$\therefore \text{ബാഷ്പഘനത്വം} = \frac{1 \text{ വാതകതന്മാത്രാഭാരം}}{\frac{1}{16} \times 2 \text{ ഓക്സിജൻ അണുക്കളുടെ ഭാരം}}$$

$$= \frac{1}{2}\left[\frac{1 \text{ വാതകതന്മാത്രാഭാരം}}{\frac{1}{16} \times 1 \text{ ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ ഭാരം}}\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times \text{വാതകത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം}$$

$$\therefore \text{തന്മാത്രാഭാരം} = 2 \times \text{ബാഷ്പഘനത്വം}.$$

ഈ തത്വം ഉപയോഗിച്ചു് പദാർഥങ്ങളുടെ തന്മാത്രാഭാരനിർണയം സാധിക്കുന്നു. പദാർഥങ്ങളുടെ ബാഷ്പഘനത്വം നേരിട്ടു് നിർണയിക്കാവുന്നതാണു്. ഘനത്വത്തിൽനിന്നും ബാഷ്പഘനത്വം കണക്കാക്കാം. മോളാർവ്യാപ്തം N. T. P. യിൽ 22.4 ലി. ആണല്ലോ. അതായതു് തന്മാത്രാഭാരം = N. T. P. യിൽ 22.4 ലി. വാതകത്തിന്റെ ഭാരം = 22.4 × N. T. P. യിലെ ഘനത്വം.

എന്നാൽ തന്മാത്രാഭാരം = 2 × ബാഷ്പഘനത്വം.

∴ 2 × ബാഷ്പഘനത്വം = 22.4 × N. T. P. യിലെ ഘനത്വം.

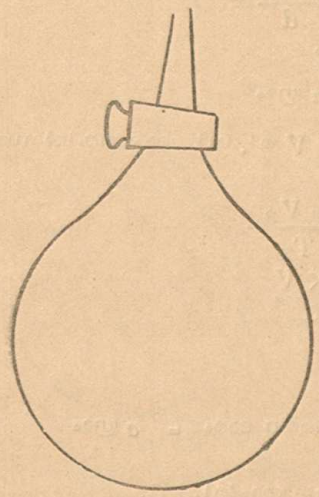
∴ ബാഷ്പഘനത്വം = 11.2 × N.T.P യിലെ ഘനത്വം = N.T.P യിൽ 11.2 ലി. വാതകത്തിന്റെ ഭാരം.

ഘനത്വമോ ബാഷ്പഘനത്വമോ നേരിട്ടു് നിർണയിച്ചു് മോളികൃൂർ ഭാരം കണക്കാക്കാം.

ബാഷ്പഘനത്വനിർണയവും ഘനത്വനിർണയവും

1. **റേനാൾട്ടിന്റെ വിധി:** റേനാൾട്ടിന്റെ ഘനത്വനിർണയവിധിയിൽ ഒരു നിശ്ചിതവ്യാപ്തം വാതകത്തിന്റെ ഭാരം നിശ്ചിതതാപനിലയിലും മർദത്തിലും നിർണയിക്കപ്പെടുന്നു.

ഏകദേശം 3 ലിറ്ററോളം വ്യാപ്തമുള്ള രണ്ടു വലിയ ഗ്ലാസു് ഗ്ലോബുകളാണു് ഇതിനു വേണ്ട ഉപകരണങ്ങളിൽ (ചിത്രം 5—1).



ചിത്രം 5_1

ആദ്യമായി രണ്ടു ഗ്ലോബുകളും കഴുകി വൃത്തിയാക്കി നല്ലവണ്ണം ഉണക്കുന്നു. ഇതിനു് ഗ്ലോബുകളെ നിർവാതനം ചെയ്ത ശേഷം ഫോസ്ഫറസു് പെന്റോക്സൈഡിൽ കൂടി കടത്തി ശുഷ്കമാക്കിയ വായു ഉള്ളിലേക്കു് കടത്തി വിടുന്നു. വീണ്ടും നിർവാതനം ചെയ്യുന്നു. ഇപ്രകാരം നിർവാതനം ചെയ്യലും ശുഷ്കമായ വായു നിറയ്ക്കലും ആവർത്തിച്ചു നടത്തുമ്പോൾ ഗ്ലോബിന്റെ ഉൾഭാഗത്തിൽ അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കാവുന്ന നീരാവിയുടെ നേരിയ അംശം പോലും നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെ ഉണക്കി നിർവാതനം ചെയ്ത രണ്ടു ഗ്ലോബുകളും സൂക്ഷ്മമായ ഒരു തുലാസിൽ രണ്ടു ഭാഗത്തുമായി തൂക്കി അവയെ സന്തുലനം ചെയ്യുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഉണ്ടാകാവുന്ന വ്യതിയാനങ്ങൾ കൊണ്ടുള്ള പിശകുകൾ ഇല്ലായ്മ ചെയ്യാനാണു് രണ്ടു ഗ്ലോബുകളും ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നതു്. സന്തുലനം ചെയ്ത ശേഷം ഒരു ഗ്ലോബിൽ ഘനത്വം നിർണയിക്കാനുള്ള ശുദ്ധമായ വാതകം നിറയ്ക്കുന്നു. വാതകത്തിന്റെ താപനിലയും മർദവും കൃത്യമായി കുറിക്കണം. വീണ്ടും ഈ ഗ്ലോബു് തുലാസ്സിൽ യഥാസ്ഥാനത്തു് വെയ്ക്കുമ്പോൾ സന്തുലനാവസ്ഥ നഷ്ടമാകും. തുലാസിന്റെ മറേ തട്ടിൽ വേണ്ടത്ര കട്ടികൾ ഇട്ടു് സന്തുലനാവസ്ഥ വീണ്ടെടുക്കുന്നു. ഇപ്പോൾ തട്ടിൽ കൂടുതലായി ചേർത്ത ഭാരം

ഗ്ലോബ് നിറയെയുള്ള വാതകത്തിന്റെ ഭാരമാണ്. ഇനി ഗ്ലോബിന്റെ വ്യാപ്തം നിർണയിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഇതിനു വാതകം നിറച്ച ഗ്ലോബിൽ ശുദ്ധജലം നിറച്ച ശേഷം ഭാരം നിർണയിക്കുന്നു. ഇതിൽനിന്നും ഗ്ലോബിൽ നിറയാൻ വേണ്ട ജലത്തിന്റെ ഭാരം കിട്ടുന്നു. ഈ ഭാരത്തെ ജലത്തിന്റെ ഘനത്വം കൊണ്ട് ഭാഗിക്കുമ്പോൾ ഗ്ലോബിന്റെ വ്യാപ്തം കിട്ടുന്നു.

പരികലനം:

വാതകത്തിന്റെ ഭാരം $= a$ ഗ്രാം

താപനില $= t°C$

$= 273 + t$

$= T° K$

മർദം $= P$ സെ. മീ. മെർക്കുറി

ഗ്ലോബ് നിറയാൻ വേണ്ട ജലത്തിന്റെ ഭാരം $= w$ ഗ്രാം

ജലത്തിന്റെ $t°C$-ൽ ഉള്ള ഘനത്വം $= d$ ഗ്രാം/മി. ലി.

$\therefore$ ഗ്ലോബിന്റെ വ്യാപ്തം $= \frac{w}{d}$ മി. ലി.

P സെ. മീ. മർദത്തിലും $t°C$ താപനിലയിലും

$\frac{w}{d}$ മി. ലി. വാതകത്തിന്റെ ഭാരം $= a$ ഗ്രാം

N.T.P യിൽ ഇതേയും വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം V മി. ലി. ആണെങ്കിൽ സാമാന്യവാതകനിയമപ്രകാരം,

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

അതായത് $$\frac{P \times w/d}{T} = \frac{76 \times V}{273}$$

$$\therefore V = \frac{P \times 273 \times w}{T \times 76 \times d} \text{ മി. ലി.}$$

N. T. P. യിൽ V മി. ലി. വാതകത്തിന്റെ ഭാരം $= a$ ഗ്രാം

$\therefore$ N. T. P. യിൽ ഘനത്വം $= \frac{a}{V}$ ഗ്രാം/മി. ലി.

$= \frac{1000\ a}{V}$ ഗ്രാം/ലി

$= \frac{1000 \times a \times 76 \times T \times d}{P \times 273 \times w}$ ഗ്രാം/ലി.

ബാഷ്പഘനത്വം $= 11.2 \times$ N.T.P യിലെ ഘനത്വം

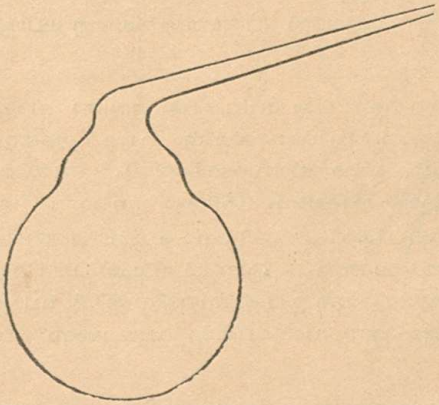
$= \frac{11.2 \times 1000 \times a \times 76 \times T \times d}{P \times 273 \times w}$

$$\text{തന്മാത്രാഭാരം} = 2 \times \text{ബാഷ്പ ഘനത്വം}$$

$$= \frac{22.4 \times 1000 \times a \times 76 \times T \times d}{P \times 273 \times W}$$

2. ഡ്യൂമാസ്വിധി: സാധാരണ താപനിലയിൽ ദ്രവങ്ങളായ പദാർഥങ്ങളുടെ ബാഷ്പ ഘനത്വനിർണയത്തിനു ഈ വിധി അനുയോജ്യമാണു. പദാർഥം ബാഷ്പമായി (വാതകാവസ്ഥയിൽ) സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന താപനിലയിൽ ഘനത്വം നിർണയിച്ചാൽ വാതകനിയമങ്ങളിൽനിന്നു, ആ പദാർഥം N T P യിൽ വാതകമായിരുന്നാൽ ഉണ്ടാകാവുന്ന ഘനത്വം കണക്കാക്കാം. ഇതിൽനിന്നു ബാഷ്പഘനത്വമോ തന്മാത്രാഭാരമോ കണക്കാക്കാം. അപ്പോൾ സാധാരണ താപനിലയിൽ വാതകമല്ലാത്ത പദാർഥങ്ങളുടെയും തന്മാത്രാഭാരം ഈ രീതിയിൽ നിർണയിക്കാം.

ഏകദേശം 150 മി. ലി. ധാരിതയുള്ളതും (capacity) ജൊറുപോലെ ഒരു വശത്തേയ്ക്കു വളച്ചു വലിച്ചിട്ടുള്ളതുമായ നീണ്ട കഴുത്തുള്ള ഒരു ഗ്ലാസ് ബംബ് (ഡ്യൂമാസ് ബംബ്) ആണു ഉപകരണം.



ചിത്രം 5_2

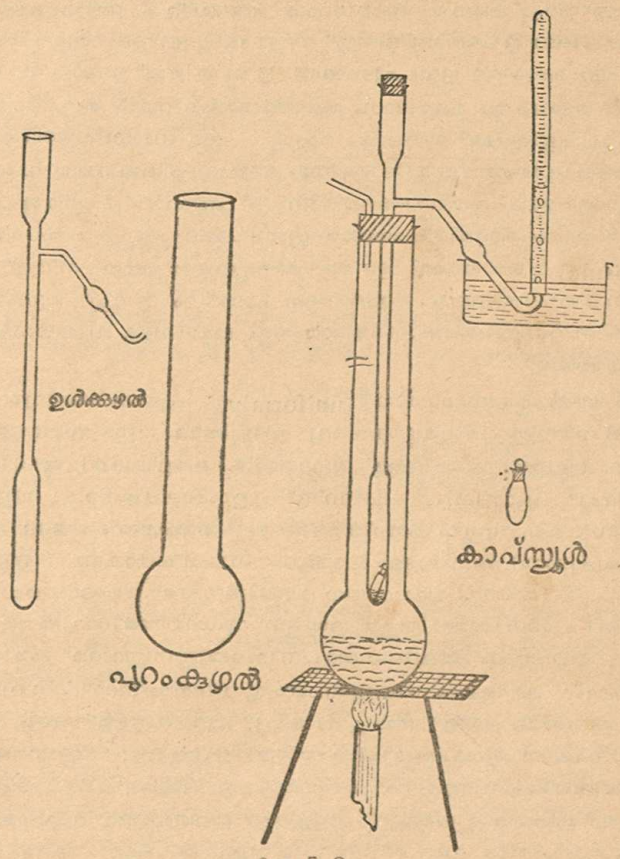
ഈ ബംബിൽ നിറയെ പദാർഥത്തിന്റെ ബാഷ്പം എടുത്തു ഭാരം നിർണയിക്കുകയാണു പരീക്ഷണം. ആദ്യം തന്നെ ബംബ് വൃത്തിയാക്കി ഉണക്കി അതിന്റെ സൂക്ഷ്മമായ ഭാരം കണ്ടു പിടിക്കുന്നു. പിന്നീടു ബംബിന്റെ കൃത്യ അറവു ബാഷ്പഘനത്വം നിർണയിക്കാനുള്ള ദ്രവത്തിൽ മുക്കിക്കൊണ്ടു ബംബിന്റെ പുറം അല്പം ചൂടാക്കുമ്പോൾ അകത്തെ വായു വികസിക്കുകയും ദ്രവത്തിൽ കുമിളകളായി പുറത്തേയ്ക്കു പോകുകയും ചെയ്യുന്നു വീണ്ടും ബംബ് തണുക്കുമ്പോൾ ഉള്ളിലുള്ള വായു സങ്കോചിച്ചു മർദം കുറയുന്നതിനാൽ ദ്രവം ബംബിനുള്ളിലേയ്ക്കു വലിച്ചെടുക്കപ്പെടും. ഒന്നോരണ്ടോ മി. ലി. ദ്രവം ബംബിൽ നിറയുമ്പോൾ അതിനെ അനുയോജ്യമായ ഒരു ദ്രവബാത്തിൽ (liquid bath) കഴിയുന്നതും മുക്കിവെച്ചു (അഗ്രം മുങ്ങരുതു) ചൂടാക്കുന്നു. ബംബിലെ പദാർഥത്തിന്റെ തിളനിലയേക്കാൾ (boiling point) 40 °C എങ്കിലും കൂടുതലായിരിക്കണം ബാത്തിന്റെ താപനില. ഉദാഹരണമായി ബ്രൊമീന്റെ ബാഷ്പഘനത്വമാണു നിർണയിക്കുന്നതെങ്കിൽ തിളയ്ക്കുന്ന ജലം, ബാത്തിൽ ഉപയോഗിക്കാം. ഉയർന്ന തിളനില ഉള്ള പദാർഥങ്ങൾക്കു എണ്ണയോ ദ്രവപാരഫിനോ (liquid paraffin) ബാത്തായി ഉപയോഗിക്കണം. ബാത്തിൽവച്ചു ചൂടാക്കുമ്പോൾ ബംബിലെ ദ്രവം തിളച്ചു ബാഷ്പീഭവിക്കുന്നതിനാൽ ബംബിന്റെ കഴുത്തിൽ കൂടി ബ

ഷ്പം പുറത്തുള്ള് ചീറ്റുന്നതു കാണാം. ബഹംബിൽ നിറയാൻ വേണ്ടതിലധികമുള്ള ബാഷ്പത്തിന്റെ ബഹിർഗമനം നിലയ്ക്കുമ്പോഴും ബഹംബിന്റെയും അതിനുള്ളിലെ ബാഷ്പത്തിന്റെയും താപനില ബാത്തിന്റെതു തന്നെയെന്നു് അനുമാനിക്കാം. ഈ സമയത്തു് ഒരു റബ്ബർപൈപ്പു് ജാലകൊണ്ടു് ബഹംബിന്റെ കഴുത്തു് സീൽ ചെയ്യുന്നു. അതോടൊപ്പം ബഹംബിന്റെ താപനിലയും അന്തരീക്ഷമർദവും കുറിക്കുന്നു. ഈ താപനിലയിലും മർദത്തിലും ബാഷ്പം ബഹംബിൽ നിറഞ്ഞിരിക്കുകയാണു്. ബഹംബു് പുറത്തെടുത്തു് തണുപ്പിച്ചു് അതിന്റെ പുറം വൃത്തിയാക്കി ഉണക്കിയ ശേഷം സീൽ ചെയ്തപ്പോഴത്തെ കഷണം വേർപെടുത്തിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ അതും കൂടി ചേർത്തു് ഭാരം സൂക്ഷ്മമായി നിർണയിക്കുന്നു. ഈ ഭാരത്തിൽ നിന്നു് ബഹംബിന്റെ തനിച്ചുള്ള ഭാരം കുറച്ചു് ബാഷ്പത്തിന്റെ ഭാരം കണക്കാക്കാം. ബഹംബിന്റെ ധാരിത നിർണയിക്കാൻ അതിന്റെ സീൽ ചെയ്ത അഗ്രം ശുദ്ധജലത്തിനടിയിൽ മുക്കിക്കൊണ്ടു് മുറിക്കുന്നു. അപ്പോഴത്തെ അതിനുള്ളിൽ ജലം നിറയുന്നു. കഷണങ്ങളും കൂടി ചേർത്തു് ജലം നിറച്ച ബഹംബിന്റെ ഭാരം സൂക്ഷ്മമായി നിർണയിക്കുന്നു. ജലത്തിന്റെ ഭാരത്തിൽ നിന്നു് അതിന്റെ വ്യാപ്തം (=ബഹംബിന്റെ ധാരിത) കണക്കാക്കാമല്ലോ. ബാഷ്പ ഘനത്വവും തന്മാത്രാഭാരവും കണക്കാക്കുന്നതു് റേനോൾട്ടു് വിധിയിൽ പറഞ്ഞിരിക്കുന്നതു പോലെ തന്നെ.

3. വിക്ടർ മേയർ വിധി: സാധാരണ താപനിലയിൽ ദ്രവമോ ഖരമോ ആയ പദാർഥങ്ങളുടെ ബാഷ്പഘനത്വനിർണയത്തിനു് വിക്ടർ മേയറുടെ ഉപകരണം വളരെ സൗകര്യപ്രദമാണു്. മിക്ക ലാബറട്ടറികളിലും ബുദ്ധിമുട്ടില്ലാതെ എളുപ്പത്തിലും വേഗത്തിലും ഈ പരീക്ഷണം നടത്താവുന്നതാണു്. ഒരു നിശ്ചിതഭാരം പദാർഥത്തെ ബാഷ്പീകരിച്ചു് കിട്ടുന്ന ബാഷ്പത്തിന്റെ വ്യാപ്തം അളക്കുകയാണു് ഈ വിധിയിലെ തന്ത്രം. എന്നാൽ ബാഷ്പത്തിന്റെ വ്യാപ്തം നേരിട്ടല്ല അളക്കുന്നതു്. വായു നിറഞ്ഞ ഉപകരണത്തിനുള്ളിൽ ബാഷ്പീകരണം നടക്കുമ്പോൾ ആദ്യം ചെയ്യപ്പെടുന്ന വായുവിന്റെ വ്യാപ്തമാണു് അളക്കപ്പെടുന്നതു്.

ഗ്ലാസു് നിർമിതമായ വിക്ടർ മേയർ ഉപകരണത്തിനു് രണ്ടു ഭാഗങ്ങളുണ്ടു്—ഒരു ഉഹംകുഴലും (inner tube) അതിനെ ഉഹംക്കൊള്ളത്തക്ക വലിപ്പമുള്ള ഒരു കവചക്കുഴലും (jacket tube). ഇതിനെ പുറംകുഴൽ (outer tube) എന്നും പറയുന്നു. ഉഹംകുഴലിന്റെ ചുവട്ടിൽ ഏകദേശം 15 സെ. മീറ്ററോളം വണ്ണം കൂടിയിരിക്കുന്നു (3–4 സെ. മീ. വ്യാസം). ബാക്കി ഭാഗം നീണ്ടു വണ്ണം കുറഞ്ഞിരിക്കും. മുകഹംഭാഗത്തും അല്പം വികസിച്ചിരിക്കുന്നു. കുഴലിനു് ആകെയുള്ള നീളം ഏകദേശം 60 സെ. മീ. വരും. കുഴലിന്റെ വാസ്തു് അല്പം താഴെയായി ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ ഒരു പാർശ്വക്കുഴലുണ്ടു് (side tube).

പുറംകുഴലിനും ഏതാണ്ടു് 60 സെ. മീ. നീളം വരും. ഏകദേശം 6 സെ. മീ. വ്യാസമുള്ള ഈ കുഴലിന്റെ അധോഭാഗത്തിനു് ഒരു ബഹംബിന്റെ ആകൃതിയുണ്ടു്. ഉഹംകുഴൽ പുറംകുഴലിനുള്ളിൽ ഇറക്കി ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ



ചിത്രം.5_3

സജ്ജീകരിക്കാം. പാർശ്വക്കുഴലിന്റെ അറ്റം ഒരു ഗ്ലാസ്പാത്രത്തിലുള്ള വെള്ളത്തിൽ മുങ്ങി നിൽക്കത്തക്ക വണ്ണമാണ് ഉപകരണം ക്രമപ്പെടുത്തുന്നത്. ഈ കുഴലിൽ കൂടി ആദേശം ചെയ്യപ്പെടുന്ന വായു ശേഖരിക്കുവാൻ ഒരു അംശാങ്കിതമായ ഗ്ലാസ്കുഴൽ കൂടി (സ്നാതകോത്തരവിദ്യാർത്ഥി) വെള്ളം നിറച്ച് വെയ്ക്കണം.

പരീക്ഷണം: ബാഷ്പീഭവനത്വം നിർണയിക്കാനുള്ള പദാർഥം ബാഷ്പമാകുന്നതിനു വേണ്ട ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ താപനിലയിൽനിന്നും (ദ്രവമാണെങ്കിൽ തിളനില) 30° C എങ്കിലും കൂടിയ തിളനിലയുള്ള ഒരു ദ്രവം തിരഞ്ഞെടുത്തു പുറംകുഴലിലുള്ള ബാഹ്യബിന്റെ പകുതിയോളം നിറയ്ക്കണം. സാധാരണ അനിലീൻ (തിളനില = 183° C), ജലം (തിളനില = 100° C) എന്നിവയാണ് ഉപയോഗിക്കാറുള്ളത്. ദ്രവം നിറച്ചു കഴിഞ്ഞു ഉൾക്കുഴൽ ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ ഒരു റബ്ബർ കോർക്കുകൊണ്ടു വായുരോധകമായി അടച്ചു പുറം

കുഴലിനകത്തു് ഉറപ്പിക്കണം. സരന്ധ്രമായ അഞ്ചാറു പിഞ്ഞാണക്ഷണങ്ങളും കൂടി പുറംകുഴലിലെ ദ്രവത്തിലിട്ടാലുടനെ നല്ലതാണു് (തിളക്കൽ ക്രമമായി നടക്കുവാനായി). പുറംകുഴലിലെ ദ്രവം ചൂടാക്കുന്നു. ദ്രവം തിളച്ചു് ഉണ്ടാകുന്ന ബാഷ്പം പുറംകുഴലിൽ ഉയരുകയും മുകൾഭാഗം തണുത്തതായതിനാൽ അവിടെ ഘനീഭവിച്ചു് വീണ്ടും ചുവട്ടിലേക്കു് ഒഴുകുകയും ചെയ്യും. ഈ ബാഷ്പത്തിൽ നിമഗ്നമായ ഉൾക്കുഴൽ ക്രമേണ ചൂടു പിടിക്കുകയും അതിനുള്ളിലെ വായു വികസിക്കുന്നതിനാൽ കുമിളകളായി പാർശ്വക്കുഴലിൽനിന്നു് ബഹിർഗമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുമ്പോൾ ഗ്ലാസ്–അടപ്പുള്ള ഒരു ചെറിയ കാപ്സ്യൂൾ (capsule) വൃത്തിയാക്കി ഉണക്കി ഭാരം സൂക്ഷ്മമായി നിർണയിക്കണം. അതിൽ ബാഷ്പഘനത്വം കാണാനുള്ള പദാർഥം നിറച്ചു് ഭദ്രമായി അടച്ചു് വീണ്ടും ഭാരം നിർണയിക്കണം. രണ്ടു ഭാരങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം പദാർഥത്തിന്റെ ഭാരമാണു്.

ഉൾക്കുഴൽ ഏകസമാനമായി (uniformly) ചൂടാക്കിക്കഴിയുമ്പോൾ പാർശ്വക്കുഴലിൽ നിന്നുള്ള കുമിളകളുടെ വരവു് നിലക്കുന്നു. ഈ സമയത്തു് പാർശ്വക്കുഴലിന്റെ ജലത്തിനടിയിലുള്ള അറ്റത്തിനു മുകളിലായി യൂഡിയോമീറർ ജലം നിറച്ചു് ക്ലാമ്പണം. പിന്നീടു് ഉൾക്കുഴലിന്റെ റബ്ബർ–അടപ്പു് തുറന്നു് ഗ്ലാസ്–കാപ്സ്യൂൾ കുഴലിനുള്ളിൽ ഇട്ടു് തൽക്ഷണം തന്നെ അടയ്ക്കണം. കാപ്സ്യൂൾ ചൂടായി അതിലുള്ള പദാർഥം ബാഷ്പമാകുന്നു. ഈ ബാഷ്പം അതിന്റെ വ്യാപ്തത്തോളം വായുവിനെ കുഴലിൽനിന്നു് ആട്ടിപ്പുറത്താക്കും. വായു കുമിളകളായി പാർശ്വക്കുഴലിൽകൂടി ഉയർന്നു് യൂഡിയോമീറററിൽ മുകൾഭാഗത്തു് നിറയുന്നു. ബാഷ്പം കുഴലിലെ താപനിലയെത്തുന്നതുവരെ കുമിളകൾ വന്നുകൊണ്ടിരിക്കും. കുമിളകൾ നിലയ്ക്കുമ്പോൾ യൂഡിയോമീറററിന്റെ വായു് ശ്രദ്ധാപൂർവം തള്ളവിരൽകൊണ്ടു് അടച്ചു പിടിച്ചു് പുറത്തെടുത്തു് ജലം നിറച്ച ഒരു സിലിണ്ഡറിക പാത്രത്തിനുള്ളിൽ കമഴ്ത്തി വെയ്ക്കണം. അല്പനേരത്തിനുള്ളിൽ യൂഡിയോമീറററിലെ വായുവിനു് പാത്രത്തിലെ ജലത്തിന്റെ താപനിലയാകുമ്പോൾ യൂഡിയോമീറററിനകത്തും പുറത്തുമുള്ള ജലതലങ്ങൾ സമമാക്കി പിടിച്ചുകൊണ്ടു് വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം അംശാങ്കനങ്ങളിൽനിന്നു് കണ്ടുപിടിക്കണം. പാത്രത്തിലെ ജലത്തിന്റെ താപനിലയും അന്തരീക്ഷമർദവും കൂടി കുറിച്ചെടുക്കണം.

പരികലനം: കാപ്സ്യൂളിൽ എടുത്ത പദാർഥത്തിന്റെ ഭാരം = w ഗ്രാം

ശേഖരിക്കപ്പെട്ട വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം = V മി. ലി.

താപനില = $t°\,C = 273 + t = T°\,K$.

അന്തരീക്ഷമർദം = P സെ. മീ. മെർക്കുറി.

$t°$ C-ൽ ഉള്ള അക്വസ്ടെൻഷൻ = h സെ. മീ. മെർക്കുറി

∴ ശുദ്ധമായ വായുവിന്റെ മർദം = $(P-h)$ സെ. മീ. മെർക്കുറി.

∴ w ഗ്രാം പദാർഥത്തിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന ബാഷ്പത്തിനു് $T°K$ യിലും $(P-h)$ സെ. മീ. മർദത്തിലും V മി. ലി. വ്യാപ്തം ഉണ്ടായിരിക്കും (ഈ പരിതസ്ഥിതിയിൽ വാതകമായിത്തന്നെയിരുന്നാൽ).

ഇതുയും വാതകത്തിന്റെ 273°K യിലും 76 സെ. മീ. മെർക്കുറി മർദത്തിലും (N.T.P.) ഉള്ള വ്യാപ്തം x മി. ലി. ആണെങ്കിൽ സാമാന്യവാതകനിയമപ്രകാരം,

$$\frac{(P-h)\cdot V}{T} = \frac{76 \times x}{273}$$

$$\therefore x = \frac{(P-h) \times V \times 273}{76 \times T} \text{ മി. ലി.}$$

$$= \frac{(P-h) \times V \times 273}{1000 \times 76 \times T} \text{ ലി.}$$

N. T. P. യിൽ ഇതുയും വ്യാപ്തം വാതകത്തിന്റെ ഭാരം = w ഗ്രാം

ബാഷ്പഘനത്വം = N. T. P യിൽ 11.2 ലി. വാതകത്തിന്റെ ഭാരം

$$= \frac{w}{x} \times 11.2$$

$$= \frac{11.2 \times w \times 1000 \times 76 \times T}{(P-h) \times V \times 273}$$

തന്മാത്രാ ഭാരം = 2 × ബാഷ്പഘനത്വം

കുറിപ്പുകൾ:—

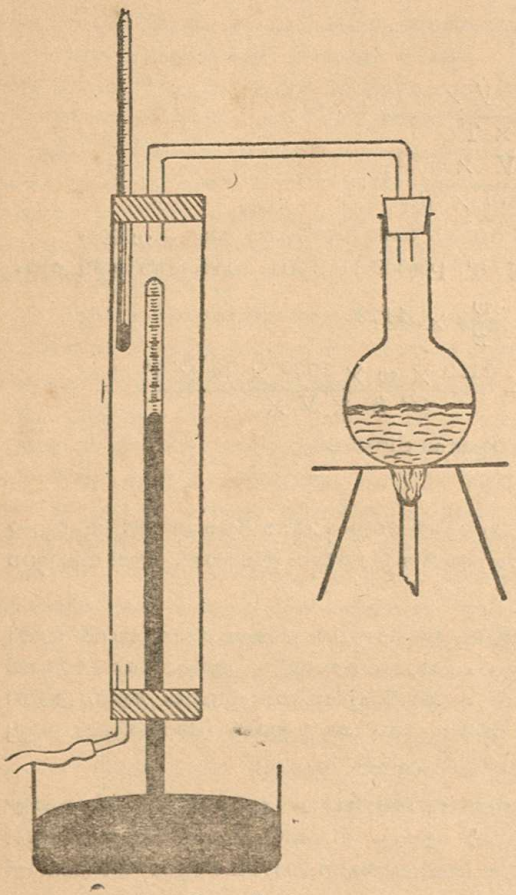
1. ഉൽക്കഴലിനകത്തു് ചുവട്ടിൽ അല്പം പഞ്ഞിയോ അസ്ബസ്റോസ്വുളോ ഗ്ലാസ്വുളോ വെക്കുന്നതായാൽ കാപ്സ്യം ഇട്ടുമ്പോൾ കഴൽ പൊട്ടുന്നതിനുള്ള സാധ്യത ഇല്ലാതാകുന്നു.

2. ഓരോ പരീക്ഷണത്തിലും ഉൽക്കഴലിൽ ഉണ്ടാകാവുന്ന ബാഷ്പശീലമുള്ള (volatile) പദാർഥങ്ങളെല്ലാം മറ്റേറെണ്ടതോണു് (മുൻപരീക്ഷണത്തിൽ നിന്നു് അവശേഷിക്കുന്ന പദാർഥം). കഴൽ ചൂടായിരിക്കുമ്പോൾ തന്നെ അതിനുള്ളിലേയ്ക്കു് വണ്ണം കുറഞ്ഞ ഒരു നീണ്ട ഗ്ലാസ് കഴൽ ഇറക്കി അതിൽ കൂടി അല്പനേരം വായു കടത്തി വിട്ടാൽ ഉൽക്കഴൽ ശുദ്ധമാകും.

3. ഖരപദാർഥങ്ങളുടെ ബാഷ്പഘനത്വവും ഈ പരീക്ഷണം കൊണ്ടു് നിർണയിക്കാം. എന്നാൽ പദാർഥം എളുപ്പം ബാഷ്പമാകുന്നതായിരിക്കണം. ഉയർന്ന താപനിലയിൽ മാത്രം ബാഷ്പമാകുന്ന പദാർഥങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ ഈ തത്വം തന്നെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്ന അനുയോജ്യങ്ങളായ ഉപകരണങ്ങളും ആസൂത്രണം ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. ഗ്ലാസ് കഴലുകൾക്കു പകരം പിഞ്ഞാണക്കഴലുപയോഗിച്ചു് ലോഹങ്ങളുടെയും മറ്റും ബാഷ്പഘനത്വം നിർണയിക്കാവുന്നതാണു്.

4. ഹോഫ്മാൻ വിധി: ചില പദാർഥങ്ങളും അന്തരീക്ഷമർദത്തിൽ ബാഷ്പമാകുമ്പോൾ വിഘടിക്കും. ഇവയുടെ ബാഷ്പഘനത്വനിർണയം ഡ്യൂമാസ് വിധിയോ വിക്ടർ മേയർ വിധിയോ കൊണ്ടു് സാധിക്കുകയില്ല. ഇത്തരം പദാർഥങ്ങൾക്കും കൂടി പ്രയോജനപ്പെടുത്താവുന്ന ഉപകരണമാണു്

ഹോഫ്മാൻ വിധിയിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നതു്. ഇതിൽ ഒരു നിശ്ചിത ഭാരം പദാർഥം വളരെ താണ മർദത്തിൽ ബാഷ്പമാക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ അവസ്തു് വിഘടനം ഉണ്ടാകുന്നില്ല.



ചിത്രം 5_4

ഒരു ബാരോമീറർ നളിയിൽ മെർക്കുറി നിറച്ചു് ഒരു ഡിഷിലുള്ള മെർക്കുറിക്കു മീതെ കമഴ്ത്തി ക്ലാമ്പു ക. ഈ നളിയെ ആവരണം ചെയ്യാൻ മാത്രം വലിപ്പമുള്ള ഒരു പുറംകുഴൽ കോർക്കുകൊണ്ടു് അതിൽ ഉറപ്പിക്കുക. ഈ കവചനളിയിൽ കൂടി പദാർഥം ബാഷ്പമാകാൻ വേണ്ട താപനിലയിൽ നിന്നു് 15—20° C കൂടുതൽ താപനിലയിൽ തിളക്കുന്ന ഒരു ദ്രവത്തിന്റെ ബാഷ്പം പ്രവഹിപ്പിക്കുക.

ബാഷ്പപ്രവാഹം കുറെ നേരം തുടരുമ്പോഴും മെർക്കുറിതലം സ്ഥിരമായി നില്ക്കും. ഈ സമയത്തു് മെർക്കുറിതലത്തിന്റെ ഉയരം കുറിക്കുക. ഇതിനിടയിൽ മുൻപരീക്ഷണത്തിൽ ഉള്ളതുപോലെ ഒരു കാപ്സ്യൂളിൽ നിശ്ചിതഭാരം പദാർഥം എടുക്കുക. ഡിഷിലെ മെർക്കുറിക്കടിയിൽ കൂടി കാപ്സ്യൂൾ തുറന്നു പോകാതെ ശ്രദ്ധിച്ചു് ബാരോമീറർ നളിയുടെ ഉള്ളിലേയ്ക്കു് കടത്തി വിടുക. മെർക്കുറിക്കു് വളരെ കൂടുതൽ ഘനത്വമുള്ളതിനാൽ, കാപ്സ്യൂൾ താനേ നളിയിലെ മെർക്കുറി സ്തംഭത്തിൽ കൂടി ഉയർന്നു് മുകൾഭാഗത്തുള്ള നിർവാതമേഖലയിൽ (Vacuum-zone) എത്തുന്നു. പദാർഥം ബാഷ്പീഭവിക്കുന്നതിനാൽ ഈ മേഖലയിൽ ബാഷ്പം നിറയുകയും അതിന്റെ മർദം കൊണ്ടു് മെർക്കുറിതലം താഴുകയും ചെയ്യും. തലം സ്ഥിരമാകുമ്പോൾ അതിന്റെ ഉയരം കുറിക്കുക. ആദ്യത്തെ ഉയരവും ഇപ്പോഴത്തെ ഉയരവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം ബാഷ്പത്തിന്റെ മർദമായിരിക്കും. കവചക്കുഴലിൽ ഉറപ്പിച്ചിട്ടുള്ള തെർമോമീറ്ററിൽ നിന്നു് ബാഷ്പത്തിന്റെ താ-

പനിലയും കുറിക്കുക. വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം മെർക്കുറിതലത്തിന്റെ മുകളിലുള്ള നളിയുടെ വ്യാപ്തമാണു്. നളിയിലെ അംശാങ്കനങ്ങളിൽ നിന്നു് ഈ വ്യാപ്തവും കണ്ടുപിടിക്കുക. പദാർഥത്തിന്റെ ഭാരവും അതിന്റെ ബാഷ്പാവസ്ഥയിൽ നിശ്ചിതതാപനിലയിലും മർദത്തിലും ഉള്ള വ്യാപ്തവും ഇപ്പോൾ അറിയാമല്ലോ. ഇവയിൽ നിന്നു് ബാഷ്പഘനത്വം കണക്കാക്കാം.

അനുബന്ധം A

ഡാൽട്ടന്റെ അണുസിദ്ധാന്തത്തിലെ മൗലികസങ്കല്പങ്ങളും ആധുനികവിജ്ഞാനത്തിന്റെ വെളിച്ചത്തിൽ കുറെയെല്ലാം ഭേദഗതി ചെയ്യേണ്ടതായിട്ടുണ്ടു്. മുഖ്യമായി അണുക്കളുടെ അവിഭാജ്യത്വം ഒരു മൂലകത്തിന്റെ എല്ലാ അണുക്കളും ഒരേ പോലെയുള്ളവയാണെന്ന സങ്കല്പത്തിനും ഇന്നു പ്രസക്തിയില്ല. അണുക്കളെ വിഭജിക്കാമെന്നും അവയ്ക്കു് ഒരു ആന്തരഘടനയുണ്ടെന്നും തെളിയിക്കപ്പെട്ട കഴിഞ്ഞു. ന്യൂക്ലിയാർ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലും റേഡിയോ ആക്ടീവു് ക്ഷയത്തിലും (Radio-active decay) അണുക്കൾക്കു് വിഘടനം സംഭവിക്കുന്നു (അധ്യായം 11 നോക്കുക).

അതുപോലെ ഒരേ മൂലകത്തിൽതന്നെ അണുഭാരത്തിൽ വ്യത്യാസമുള്ള പല തരം അണുക്കളും ഉണ്ടായിരിക്കുമെന്നും തെളിയിക്കപ്പെട്ട (ഐസോട്ടോപ്പുകൾ നോക്കുക). അണുക്കളെക്കാൾ ചെറിയ കണങ്ങളും ഉണ്ടെന്നും അണുക്കൾക്കു് വിഘടനം സംഭവിക്കുകയോ സംഭവിപ്പിക്കുകയോ ചെയ്യാമെന്നും മറ്റും കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടെങ്കിലും സാധാരണ രാസപ്രക്രിയകളിൽ അണുക്കൾക്കു് വിഘടനം സംഭവിക്കുന്നില്ല. അതിനാൽ ഇത്തരം രാസപരിണാമങ്ങളിൽ ഡാൽട്ടൻ സിദ്ധാന്തം തികച്ചും പ്രബലങ്ങളാണു്.

അനുബന്ധം B

അവൊഗാഡ്രൊനിയമത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങളും.

1. ഗെലൂസ്സാക് നിയമത്തിനു് താത്വികമായ വ്യാഖ്യാനം നൽകുക.

2. സാധാരണ മൂലകവാതകങ്ങൾക്കു് അണുകത രണ്ടാണെന്നു് തെളിയിക്കുക.

3. വ്യാപ്തസംഘടനങ്ങളിൽ നിന്നു് വാതകങ്ങളുടെ സൂത്രവാക്യം നിർണയിക്കുക.

4. വാതകങ്ങളുടെ എല്ലാം മോളാർ വ്യാപ്തം ഒന്നുതന്നെയാണെന്നു് തെളിയിക്കുക.

5. ബാഷ്പഘനത്വം തന്മാത്രാഭാരത്തിന്റെ പകുതിയാണെന്നു് തെളിയിക്കുക.

6. ഘനത്വം തന്മാത്രാഭാരത്തിനു് ആനുപാതികമാണെന്നു് തെളിയിക്കുക (വാതകങ്ങൾക്കു്).

7. തന്മാത്രാഭാരനിർണയം.

അനുബന്ധം C

മറ്റു വാതകനിയമങ്ങളും പോലെ തന്നെ ഗതികസിദ്ധാന്തത്തിൽനിന്നു്

അവൊഗാഡ്രൊനിയമവും വ്യൽപാദിപ്പിക്കാം. എന്നാൽ വാതകങ്ങളം ഒന്നും തന്നെ ആദർശപരമല്ലാത്തതിനാൽ വളരെ കർശനമായി ആ നിയമങ്ങളം അനുസരിക്കപ്പെടുന്നില്ല (അധ്യായം 4) അവൊഗാഡ്രൊനിയമവും ഈ പരിമിതിക്കു് അധീനമാണു്. എങ്കിലും സാധാരണ മർദങ്ങളിലും താപനിലകളിലും വാതകനിയമങ്ങളം എല്ലാം ഏറെക്കുറെ കൃത്യമായിത്തന്നെ അനുസരിക്കപ്പെടുന്നു.

അനുബന്ധം D

ചില മാതൃകാപരികലനങ്ങളം

1. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഹൈഡ്രജൻ മാനകത്തിലുള്ള അണുഭാരം 24 ആണു്. ഈ മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം O = 16 എന്ന മാനകത്തിൽ എത്ര? (H = 1·008 ഓക്സിജൻ മാനകം).

പരികലനം:

ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ ഭാരം x ഗ്രാം എന്നും ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെയു് y ഗ്രാം എന്നും ഇരിക്കട്ടെ.

$\therefore$ മൂലകത്തിന്റെ ഒരണുവിന്റെ ഭാരം $= 24 \times y$ ഗ്രാം. മൂലകത്തിന്റെ O=16 എന്ന മാനകത്തിൽ ഉള്ള അണുഭാരം A ആണെങ്കിൽ,

$$A = \frac{\text{മൂലകത്തിന്റെ ഒരണുവിന്റെ ഭാരം}}{1/16 \times x}$$

$$\frac{y}{1/16.x} = 1.008$$

$$\therefore \quad y = 1.008 \times \tfrac{1}{16} \times x$$

$$A = \frac{24\,y}{1/16\;x} = \frac{24 \times 1.008 \times \frac{1}{16}\,x}{1/16.x}$$

$$= 24 \times 1.008$$

$$= 24.192$$

2) O = 16 എന്ന മാനകത്തിൽ Cl = 35.46; S = 32 എന്നാൽ S = 10 എന്ന മാനകത്തിൽ Cl, O എന്നിവയുടെ അണുഭാരങ്ങളം കണക്കാക്കുക.

പരികലനം:

S = 32 എങ്കിൽ O = 16

$\therefore$ S = 10 ആണെങ്കിൽ,

$O = \frac{16}{32} \times 10 = 5$

S = 32 ആയാൽ Cl = 35.46

$\therefore$ S = 10 ആണെങ്കിൽ,

$$Cl = \frac{35.46 \times 10}{32} = 11.08$$

3. ഓക്സിജൻ മാനകത്തിൽ അവൊഗാഡ്രൊ സംഖ്യ 6.023×10^{23} ആണു്. എന്നാൽ ഹൈഡ്രജൻമാനകത്തിൽ അവൊഗാഡ്രൊസംഖ്യ എത്ര? (H = 1.008, O = 16).

പരികലനം:

O = 16 മാനകത്തിൽ 1 ഗ്രാം അണു ഹൈഡ്രജൻ = 1.008 ഗ്രാം

∴ 1.008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനിൽ 6.023×10^{23} അണുക്കൾ ഉണ്ടു്.

ഹൈഡ്രജൻ മാനകത്തിൽ ഹൈഡ്രജന്റെ അണുഭാരം = 1

∴ ഈ മാനകത്തിൽ 1 ഗ്രാം അണു ഹൈഡ്രജൻ = 1 ഗ്രാം.

H = 1 മാനകത്തിൽ അവൊഗാഡ്രൊസംഖ്യ = 1 ഗ്രാം അണു (1 ഗ്രാം) ഹൈഡ്രജനിൽ ഉള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണം = $\frac{6\ 023 \times 10^{23}}{1.008}$

$= 5.973 \times 10^{23}$

4. ഓക്സിജൻ മാനകത്തിൽ വാതകങ്ങളുടെ N. T. P യിലെ മോളാർ വ്യാപ്തം 22.4 ലി ആണു്. ഹൈഡ്രജൻ മാനകത്തിൽ N. T. P യിലെ മോളാർ വ്യാപ്തം എത്ര?

(H = 1.008, O = 16)

പരികലനം:

മോളാർവ്യാപ്തം = 1 മോൾ പദാർഥത്തിന്റെ വ്യാപ്തം. O = 16 മാനകത്തിൽ ഹൈഡ്രജന്റെ (H_2) മോളിക്യുലർ ഭാരം = $2 \times 1.008 = 2.016$

∴ 2.016 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനു് N. T. P. യിൽ 22.4 ലി. വ്യാപ്തം ഉണ്ടു്. ഹൈഡ്രജൻ മാനകത്തിൽ ഹൈഡ്രജന്റെ മോളിക്യുലർ ഭാരം = $2 \times 1 = 2$.

∴ ഈ മാനകത്തിൽ മോളാർവ്യാപ്തം = 2 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജന്റെ വ്യാപ്തം = $\frac{22.4}{2.016} \times 2 = 22.22$ ലി.

5. 27° C ലും 76 സെ. മീ. മെർക്കറി മർദത്തിലും ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വം 1.35 ഗ്രാം/ലി. ആണെങ്കിൽ തന്മാത്രാഭാരം എത്ര?

പരികലനം:

തന്മാത്രാഭാരം = 22.4 × N. T. P.യിലെ ഘനത്വം.

27 °C (300 °K)ലും 76 സെ. മീ. മർദത്തിലും 1.35 ഗ്രാം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം = 1 ലി. ഇതേയും വാതകത്തിനു് N.T.P. യിൽ(273° K; 76 സെ. മീ. മർദം) വ്യാപ്തം x ലി. ആണെങ്കിൽ, സാമാന്യവാതകനിയമപ്രകാരം,

$$\frac{76 \times 1}{300} = \frac{76 \times x}{273}$$

$$\therefore x = \frac{273}{300} \text{ ലി.}$$

N.T.P യിൽ $\frac{273}{300}$ ലി. വാതകത്തിന്റെ ഭാരം = 1.35 ഗ്രാം

∴ N.T.P.യിലെ ഘനത്വം = N.T.P യിൽ 1 ലി വാതകത്തിന്റെ ഭാരം

$$= 1.35 \div \frac{273}{300}$$

$$= \frac{1.35 \times 300}{273} \text{ ഗ്രാം/ലി}$$

$$\therefore \text{തന്മാത്രാഭാരം} = 22.4 \times \frac{1.35 \times 300}{273}$$

$$= 33.23$$

6. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഓക്സൈഡ് തന്മാത്രകളിൽ ഒരു മൂലകആണവും രണ്ട് ഓക്സിജൻ അണുക്കളും ഉണ്ട്. ഓക്സൈഡിൽ 25% ഓക്സിജൻ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം എത്ര?

പരികലനം:

മൂലക അണുവിന്റെ പ്രതീകം X ആണെങ്കിൽ ഓക്സൈഡിന്റെ സൂത്രം = XO_2.

ഒരു X അണുവിന്റെ ഭാരം x ഗ്രാം എന്നും ഒരു O-അണുവിന്റെ ഭാരം y ഗ്രാം എന്നും സങ്കല്പിക്കുക.

$$\therefore \text{X-ന്റെ അണുഭാരം} = \frac{x}{\frac{1}{16} \times y} = 16. \frac{x}{y}$$

ഓക്സൈഡിൽ 25% ഓക്സിജൻ ഉണ്ട്.

$$\therefore \text{ഓക്സിജൻ മൂലക അനുപാതം} = 25:75$$
$$= 1:3$$

ഓക്സൈഡിൽ രണ്ട് ഓക്സിജൻ അണുവിനും ഒരു X-അണു വീതം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

$$\therefore \text{ഓക്സിജൻ മൂലകഅനുപാതം} = 2y:x$$

$$\therefore 2y : x = 1:3$$

$$\frac{2y}{x} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{x}{2y} = 3$$

$$\frac{x}{y} = 2 \times 3$$

$$\text{അണുഭാരം} = 16 \times \frac{x}{y} = 16 \times 2 \times 3 = 96$$

7. കാർബൺ ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ച് കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് വാതകം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഓരോ വ്യാപ്തം കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിനും ഓരോ വ്യാപ്തം ഓക്സിജൻ വീതം ആവശ്യമുണ്ടെന്നു പരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നു നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. N.T.P.യിൽ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ ഘനത്വം 1.964 ഗ്രാം/ലി ആണ്. ഈ വസ്തുതകളിൽനിന്നും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ സൂത്രം വ്യൽപാദിപ്പിക്കുക. (O = 16; C = 12·01)

പരികലനം:

ഒരു വ്യാപ്തം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ ഒരു വ്യാപ്തം ഓക്സിജൻ സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു.

1 വ്യാപ്തം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ x തന്മാത്രകം ഉണ്ടെങ്കിൽ ഒരു വ്യാപ്തം ഓക്സിജനിലും x തന്മാത്രകം ഉണ്ടായിരിക്കണം. (അവൊഗാഡ്രൊ നിയമം.)

$\therefore$ x കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് തന്മാത്രകളിൽ x ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകം സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു.

$\therefore$ 1 കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് തന്മാത്രയിൽ 1 ഓക്സിജൻ തന്മാത്ര (അതായതു് 2 ഓക്സിജൻ അണുക്കം) വീതം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

$\therefore$ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ സൂത്രവാക്യം

$= C_nO_2$

$C = 12.01$, $O = 16$

$\therefore$ തന്മാത്രാഭാരം $= n \times 12.01 + 2 \times 16$

$= 12.01\,n + 32$

N. T. P. യിൽ ഘനത്വം $= 1.964$ ഗ്രാം/ലി.

$\therefore$ തന്മാത്രാഭാരം $= 22.4 \times 1.964$

$= 44.08$

$\therefore$ $12.01\,n + 32 = 44.08$

$\therefore n = \dfrac{44.08 - 32}{12.01}$

$= \dfrac{12.08}{12.01}$

ഇതു് ഒരു പൂർണസംഖ്യയായിരിക്കണം. അതുകൊണ്ടു് $n = 1$

തന്മാത്രാസൂത്രം $= CO_2$

8. ഒരേ വ്യാപ്തം ഓക്സിജനും മറെറാരു വാതകവും വിസരിക്കുന്നതിനു് യഥാക്രമം 4.5, 5 മിനിട്ടുകം വീതം വേണ്ടിവന്നു. എന്നാൽ വാതകത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം എത്ര?

പരികലനം:

t മിനിട്ടിൽ V മി. ലി. വാതകം വിസരിക്കുന്നെങ്കിൽ വിസരണ വേഗം $= \dfrac{V}{t}$

$\therefore$ വിസരണവേഗം $\propto \dfrac{1}{t}$ (V സ്ഥിരമാണെങ്കിൽ).

ഗ്രഹാം നിയമപ്രകാരം,

$\dfrac{V}{t} \propto \dfrac{1}{\sqrt{d}}$ (d = ഘനത്വം)

$$\frac{1}{t} \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$$

$\therefore$ t (വിസരണസമയം) $\propto \sqrt{}$

ഒരേ വ്യാപ്തം രണ്ടു വാതകങ്ങളും വിസരിക്കുന്നതിനു് t_1 , t_2 സമയങ്ങളും ആവശ്യമാണെങ്കിൽ,

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\sqrt{d_1}}{\sqrt{d_2}}$$

മോളിക്യൂലർ ഭാരം (M) $\propto$ ഘനത്വം (d)

$$\therefore \frac{d_1}{d_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

$$\therefore \frac{t_1}{t_2} = \frac{\sqrt{M_1}}{\sqrt{M_2}}$$

ഓക്സിജന്റെ വിസരണസമയം $= 4.5$ മിനിട്ടു് (t_1)

,, തന്മാത്രാഭാരം $= 32$ (M_1)

വാതകത്തിന്റെ വിസരണസമയം $= 5$ മിനിട്ടു് (t_2)

,, തന്മാത്രാഭാരം $= M_2$

$$\therefore \frac{4.5}{5} = \frac{\sqrt{32}}{\sqrt{M_2}}$$

$$\therefore \left(\frac{4.5}{5}\right)^2 = \frac{32}{M_2}$$

$$\therefore M_2 = \frac{32 \times 5^2}{(4.5)^2} = 39.5$$

തുടർന്നു വായിക്കുക:—

1. Mitra. A Text book of Inorganic Chemistry, Ghosh and Co., Calcutta (1960).
2. Glinka, General Chemistry, Foreign Languages Publishing House, Moscow (1958).
3 Partington J. R, A text book of Inorganic Chemistry, ELBS (1960).
4. A. J Mee, Physical Chemistry ELBS(1960)
5 Partington J. R, A Short History of Chemistry, Macmillan & Co , London (1939)

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. ഡാംട്ടൻസിദ്ധാന്തത്തിലെ അഭിഗൃഹീതങ്ങൾ ഏവ? ഇവയുടെ പ്രാബല്യം പരിശോധിക്കുക. ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഗുണിതാനുപാതനിയമത്തിനു് വ്യാഖ്യാനം നൽകുക.

2. വാതകവ്യാപ്തനിയമം അവൊഗാഡ്രൊ നിയമത്തിൽനിന്നു് വ്യുൽപാദിപ്പിക്കുക.

3. തെളിയിക്കുക:

(a) തന്മാത്രാഭാരം = 2 × ബാഷ്പഘനത്വം.

(b) വാതകങ്ങളുടെ മോളാർ വ്യാപ്തങ്ങളും ഒരേ താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലും ഒന്നു തന്നെ.

(c) ഒരു വാതകത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം അതിന്റെ ഘനത്വത്തിനു് ആനുപാതികമായിരിക്കും.

4. അവൊഗാഡ്രൊ നിയമം പ്രസ്താവിക്കുക. ഈ നിയമത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം വ്യക്തമാക്കുക.

5. അണുഭാരം എന്നാൽ എന്തു്? ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരം മൂലകത്തിലുള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണം എല്ലാ മൂലകങ്ങളിലും ഒന്നുതന്നെയാണു്. എന്തുകൊണ്ടു്?

6. നിർവചിക്കുക:—അവൊഗാഡ്രൊ സംഖ്യ, അണുകത, മോളം, മോളാർ വ്യാപ്തം, ബാഷ്പഘനത്വം, അണുഭാര ഏകകം.

7. ക്ലോറോഫോമിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം നിർണയിക്കാനുള്ള ഒരു പരീക്ഷണം വിവരിക്കുക.

8. ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘനത്വവും തന്മാത്രാഭാരവും തമ്മിൽ എപ്രകാരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നു് വിശദമാക്കുക. ഈ ബന്ധത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം വ്യക്തമാക്കുക.

9. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരവും തന്മാത്രാഭാരവും തമ്മിൽ താരതമ്യപ്പെടുത്തുക. സാധാരണ മൂലകവാതകങ്ങളുടെയും അണുകത രണ്ടാണെന്നു് കാര്യകാരണസഹിതം സമർഥിക്കുക.

10. അണു, തന്മാത്ര എന്നിവ തമ്മിൽ താരതമ്യപ്പെടുത്തുക.

11. വിക്ടർമേയർ ഉപകരണത്തിൽ ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ബാഷ്പഘനത്വം നിർണയിച്ചപ്പോൾ 1.15 ഗ്രാം പദാർഥത്തിൽനിന്നു് 27°C-ലും 758 മി. ലി. മെർക്കറി മർദത്തിലും 31. 5 മി. ലി. വായു (ഈർപ്പമുള്ള) സംഭരിക്കപ്പെട്ടു. പദാർഥത്തിന്റെ ബാഷ്പഘനത്വവും മോളികുലർ ഭാരവും കണക്കാക്കുക. (27°C-ൽ ജലബാഷ്പമർദം 26.709 മി. ലി).

12. ക്ലോറിൻ, നൈട്രജൻ, മീഥേൻ (CH_4) എന്നീ വാതകങ്ങളുടെ N.T.P യിലുള്ള ഘനത്വം കണക്കാക്കുക.

(N.T.P. യിൽ മോളാർ വ്യാപ്തം = 22.4 ലി; Cl = 35.46; C = 12.01; H = 1.008; N = 14.01)

13. കാർബൺ മോണോക്സൈഡിന്റെ സൂത്രം നിർണയിക്കുന്നതിനായി നടത്തപ്പെട്ട ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽനിന്നു്, 2 വ്യാപ്തം കാർബൺ മോണോക്സൈഡ് + 1 വ്യാപ്തം ഓക്സിജൻ = 2 വ്യാപ്തം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് എന്നു് കിട്ടുന്നു. കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ സൂത്രം CO_2 ആണെങ്കിൽ കാർബൺ മോണോക്സൈഡിന്റെ സൂത്രം നിർണയിക്കുക.

14. അണുഭാര ഏകകം എന്നാൽ എന്തു്? O = 16 എന്ന മാനകത്തിൽ അണുഭാര ഏകകം എത്ര ഗ്രാം ? (അവൊഗാഡ്രൊസംഖ്യ = 6.023×10^{23}).

15. ജലത്തിന്റെ ഫോർമുല H_2O ആണെങ്കിൽ അതിലുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ ശതമാനങ്ങളം കണക്കാക്കുക. (H = 1.008; O = 16)

16. ക്ലോറോഫോമിന്റെ സൂത്രം $CHCl_3$ ആണു്. 10 ഗ്രാം ക്ലോറോഫോമിൽ എത്ര ഗ്രാം ക്ലോറിൻ ഉണ്ടായിരിക്കും? ഇത്രയും ക്ലോറിനു് N.T.P.യിൽ എത്ര വ്യാപ്തം ഉണ്ടായിരിക്കും ?

(N. T. P. യിൽ മോളോർ വ്യാപ്തം = 22.4 ലി.
C = 12.01, Cl = 35.46; H = 1.008)

രാസതുല്യാങ്കഭാരം

പാരസ്പരികാനുപാതനിയമം ചർച്ച ചെയ്തപ്പോഴും രാസതുല്യാങ്കത്തെയെ പറ്റി പരാമർശിച്ചുവല്ലോ. വിവിധ മൂലകങ്ങളും സംയോജിക്കുന്ന ഭാരാനുപാത പഠനം തുല്യാങ്കഭാരനിയമത്തിന്റെ കണ്ടെത്തലിനു സഹായിച്ചു. അങ്ങനെയാണു് മൂലകങ്ങളും അവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങളുംക്കു് അനുപാതമായ പരിമാണങ്ങളിൽ സംയോജിക്കുന്നുവെന്ന നിഗമനത്തിലെത്തിയതു്. തുല്യാങ്കഭാരം നിർവചിക്കുന്നതിനുള്ള മാനകം സൗകര്യം പോലെ തിരഞ്ഞെടുക്കാവുന്നതാണു്. എങ്കിലും സാധാരണയായി മൂലകങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരനിർവചനത്തിനു് തുല്യാങ്കങ്ങളായ 1 ഗ്രാം അണുഭാരം ഹൈഡ്രജൻ (1.008 ഗ്രാം), $\frac{1}{2}$ ഗ്രാം അണുഭാരം ഓക്സിജൻ (8 ഗ്രാം). ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരം ക്ലോറിൻ (35.46 ഗ്രാം) എന്നിവയാണു് മാനകങ്ങളായി സ്വീകരിച്ചിരിക്കുന്നതു്. മൂലകങ്ങളും അവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങളുംക്കു് ആനുപാതികമായാണു് രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഏർപ്പെടുന്നതു്.

നിർവചനം: 1.008 ഭാരഭാഗം ഹൈഡ്രജൻ, 8 ഭാരഭാഗം ഓക്സിജൻ, 35.46 ഭാരഭാഗം ക്ലോറിൻ അഥവാ ഒരു തുല്യാങ്കഭാരം മറേറതെങ്കിലും മൂലകം എന്നിവയുമായി സംയോജിക്കുന്നതിനോ അവയെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്നതിനോ അവയാൽ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനോ എത്ര ഭാരഭാഗം മൂലകം വേണമെന്നു പ്രസ്താവിക്കുന്ന സംഖ്യയാണു് ആ മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം.

ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രജൻ ബ്രോമൈഡു് എടുക്കാം. ഇതിൽ 80 ഗ്രാം ബ്രോമിൻ 1. 008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനുമായി സംയോജിക്കുന്നു. അതായതു് 1. 008 ഭാരഭാഗം ഹൈഡ്രജൻ 80 ഭാരഭാഗം ബ്രോമിനുമായി സംയോജിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ടു് ബ്രോമിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം 80 ആണു്.

അല്ലുങ്ങളിൽ നിന്നു് (ഉദാ: ഹൈഡ്രോക്ലോറികു് അമ്ലം) 1.008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജൻ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ യഥാക്രമം 12.16 ഗ്രാം മഗ്നീഷ്യം, 27.93 ഗ്രാം ഇരുമ്പു് അല്ലെങ്കിൽ 32.69 ഗ്രാം സിങ്കു് വീതം ആവശ്യമാണു്. ഇതിൽ നിന്നു് മഗ്നീഷ്യം, ഇരുമ്പു്, സിങ്കു് എന്നീ ലോഹങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം യഥാക്രമം 12. 16, 27. 93, 32. 69 വീതം ആണെന്നു മനസ്സിലാക്കാം.

അണുഭാരവും തുല്യാങ്കഭാരവും

ഒരു മൂലകം Aയും ഹൈഡ്രജനും സംയോജിച്ചു് ഉണ്ടാകുന്ന ഒരു യൗഗികം

നമുക്കു് പരിഗണിയ്ക്കാം. മൂലകം Aയുടെ 1 അണു n ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളുമായി സംയോജിക്കുന്നുവെന്നിരിക്കട്ടെ. രാസസംയോജനത്തിൽ അണുക്രമം വിഭജനം സംഭവിക്കാത്തതുകൊണ്ടു് n പൂർണസംഖ്യയാണു്. ഈ സംഖ്യ n–നെ മൂലകം A യുടെ സംയോജകത എന്നു പറയാം. Aയുടെ ഗ്രാം അണുഭാരം x എങ്കിൽ 1 ഗ്രാം അണുഭാരം ഹൈഡ്രജനു തുല്യമായ ഭാരം, അതായതു്, A യുടെ തുല്യാങ്കഭാരം $\left(\frac{x}{n}\right)$ ആണു്. ഇവയിൽ നിന്നു നമുക്കു താഴെ കുറിക്കുന്ന സമീകരണം കിട്ടുന്നു.

$$x = \left(\frac{x}{n}\right) \times n$$

അതായതു്, അണുഭാരം = തുല്യാങ്കഭാരം × സംയോജകത

ഈ തത്വം അണുഭാര നിർണയത്തിനു് ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ടു്.

മൂലകങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം

പൊതുവെ, ഒരു തുല്യാങ്കഭാരം മൂലകവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നതിനു വേണ്ട മറ്റൊരു മൂലകത്തിന്റെ ഭാരമാണല്ലോ അതിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം. അതിനാൽ ഒരു നിശ്ചിതഭാരം ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ, ക്ലോറീൻ മുതലായ ഏതെങ്കിലും മൂലകവുമായി സംയോജിക്കുന്നതിനോ വിസ്ഥാപനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നതിനോ വേണ്ടതായ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ പരിമാണം പരീക്ഷണങ്ങളം കൊണ്ടു് നിർണയിച്ചാണു് അതിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കപ്പെടുന്നതു്. ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും രാസസ്വഭാവങ്ങളം കണക്കിലെടുത്തു് അതാതിനു് യോജിച്ച നിർണയവിധികളാണു് ഉപയോഗിക്കേണ്ടതു്. ഉദാഹരണമായി മഗ്നീഷ്യം, അലൂമിനിയം എന്നിവ അമ്ലങ്ങളിൽ നിന്നു് ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ നിശ്ചിതഭാരം ലോഹം എത്ര ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുമെന്നു് നിർണയിച്ചു് അവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങളം കണ്ടുപിടിക്കാവുന്നതാണു്. എന്നാൽ സൽഫർ, കാർബൺ, ചെമ്പു് എന്നിവയ്ക്കു് ഈ രീതി സ്വീകാര്യമല്ല. ഇവ ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്കയില്ലല്ലോ. തുല്യാങ്കഭാരനിർണയവിധികളെ പൊതുവെ അഞ്ചായി തരം തിരിക്കാം.

(a) **വിശ്ലേഷണവിധികൾ**

തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കപ്പെടേണ്ട മൂലകത്തിന്റെ ഹൈഡ്രൈഡു്, ഓക്സൈഡു്, ക്ലോറൈഡു്, അഥവാ തുല്യാങ്കഭാരം അറിയാവുന്ന മറ്റൊരു മൂലകവുമായുള്ള യൗഗികം—ഇവയിലേതിന്റെയെങ്കിലും രാസസംഘടനം നേരിട്ടോ അല്ലാതെയോ നിർണയിച്ചു് തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കുന്ന രീതിയാണു് ഇതു്.

ഉദാഹരണം കോപ്പറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കോപ്പർ ഓക്സൈഡിന്റെ സംഘടനം നിർണയിച്ചു് കണ്ടുപിടിക്കാം.

(b) **വിസ്ഥാപനവിധികൾ**

നിശ്ചിതഭാരം മൂലകത്താൽ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടുന്നതോ അഥവാ ഒരു നിശ്ചിതഭാരം മൂലകത്തെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ വേണ്ടതോ ആയ ഹൈഡ്രജന്റെയോ തുല്യാങ്കഭാരം അറിയാവുന്ന മറ്റേതെങ്കിലും മൂലകത്തിന്റെയോ പരിമാണം നിർണയിക്കുകയാണു് വിസ്ഥാപനവിധികളിലെ തത്വം.

ഉദാഹരണം: മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കുന്നതിനു്, നിശ്ചിതഭാരം മഗ്നീഷ്യം വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്ന ഹൈഡ്രജന്റെ പരിമാണം നിർണയിക്കുന്നു.

(c) ഒരു യൗഗികത്തെ മറ്റൊന്നാക്കി തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഒരു യൗഗികത്തെ മറ്റൊരു യൗഗികമാക്കുമ്പോൾ അവ തമ്മിലുള്ള ഭാരാനുപാതത്തിൽ നിന്നു് തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കാം.

ഉദാഹരണമായി ഒരു മൂലകത്തിന്റെ നിശ്ചിതഭാരം ഓക്സൈഡിൽ നിന്നു് എത്ര ഭാരം ക്ലോറൈഡു് കിട്ടുമെന്നു് നിർണയിച്ചാൽ ആ മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കാം.

(d) ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് വിധി

(ഇലക്ട്രോളിസിസ് നോക്കുക)

(e) അണുഭാരവും സംയോജകതയും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം തുല്യാങ്കഭാരം ആയിരിക്കും.

ചില മൂലകങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരനിർണയത്തിനുള്ള പരീക്ഷണങ്ങൾ താഴെ വിവരിക്കുന്നു.

1. ഹൈഡ്രജനെ ആസ്പദമാക്കി ലോഹങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം

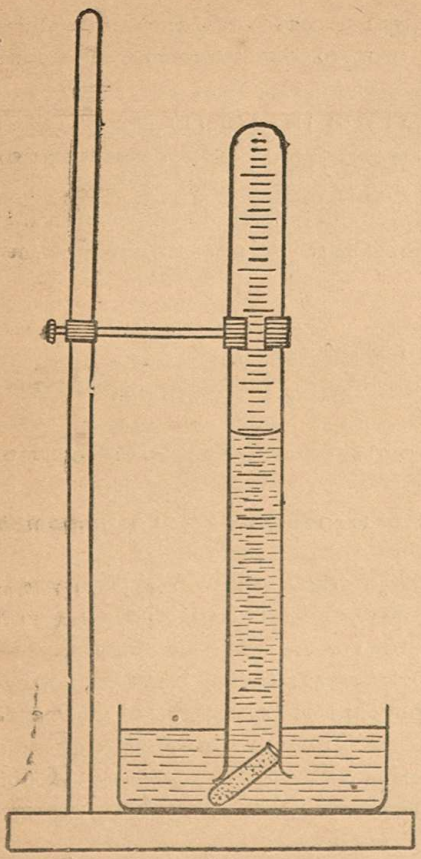
മഗ്നീഷ്യം, സിങ്കു് (നാകം), അലൂമിനിയം, അയേൺ (ഇരുമ്പു്) മുതലായ ലോഹങ്ങളെ സാധാരണ താപനിലയിൽ നേർത്ത അമ്ലങ്ങളുമായി പ്രവർത്തിച്ചു് ഹൈഡ്രജൻ വാതകത്തെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്നു. വേണ്ടതിലധികം അമ്ലം ഉണ്ടെങ്കിൽ ലോഹം മുഴുവനും അമ്ലവുമായി പ്രവർത്തിക്കുകയും അതിനു് തുല്യാങ്കമായ ഹൈഡ്രജൻ ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. നിശ്ചിതഭാരം ലോഹത്തിൽനിന്നു ഇപ്രകാരം കിട്ടുന്ന വാതകം മുഴുവനും സംഭരിച്ചു് അതിന്റെ വ്യാപ്തം അളക്കുന്നു. ഇതിൽനിന്നു് ഹൈഡ്രജന്റെ ഭാരം കണക്കാക്കാം. 1.008 ഭാരം ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ വേണ്ടത്ര ലോഹത്തിന്റെ ഭാരമാണു് അതിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം.

ഈ തത്വം ആസ്പദമാക്കിയുള്ള രണ്ടു് പരീക്ഷണവിധികൾ ചുവടെ ചേർക്കുന്നു.

(a) യൂഡിയോമീറർ ഉപയോഗിച്ചു് മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം

ഭാരം കൃത്യമായി നിർണയിക്കപ്പെട്ട ഒരു മഗ്നീഷ്യം കഷണത്തെ യൂഡിയോമീറററിനുള്ളിൽ വെച്ചു് അമ്ലത്തിൽ ലയിപ്പിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഹൈഡ്രജൻ ശേഖരിച്ചു് അതിന്റെ വ്യാപ്തം അളക്കുന്നതാണു് ഈ പരീക്ഷണം.

1–2 സെ. മീ. വ്യാസമുള്ള ട്രൂവായ ഒരു ഗ്ലാസ്കുഴലാണു് യൂഡിയോമീറർ. കുഴൽ അംശാങ്കനം ചെയ്തിട്ടുള്ളതിനാൽ അതിൽ നിറയുന്ന വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തം നേരിട്ടു് അളക്കാം. കുഴലിന്റെ ഒരറ്റം സീൽ ചെയ്തതും മറ്റേ അറ്റം തുറന്നതുമാണു്. സീൽ ചെയ്യപ്പെട്ട അറ്റം മുതൽ കീഴ്പോട്ടാണു് അംശാങ്കനം. സാന്ദ്രഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലം അത്രയും തന്നെ വ്യാപ്തം ജലം ചേർത്തു നേർപ്പി



ചിത്രം 6_1

ച്ച കിട്ടുന്ന ലായനി(1:1ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലം) നിറച്ച ശേഷം യൂഡിയോമീറർ ഒരു ഗ്ലാസ്തളികയിലുള്ള ജലത്തിനു മീതെ കമഴ്ത്തി ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ ക്രമീകരിക്കുക. (ചിത്രം 6_1). വളരെ ചെറിയ ഒരു ടെസ്റ്റ് ട്യൂബിൽ നല്ലവണ്ണം മിനുക്കിയ ഒരു ചെറിയ കഷണം മഗ്നീഷ്യം റിബ്ബൺ (ഏകദേശം 0.03 ഗ്രാം) എടുത്തു് അതിന്റെ ഭാരം കൃത്യമായി നിർണയിക്കുക. ടെസ്റ്റ്ട്യൂബ് തനിച്ചും അതിൽ മഗ്നീഷ്യം വെച്ച ശേഷവും ഉള്ള ഭാരങ്ങൾ നിർണയിച്ചു് മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെ ഭാരം കണക്കാക്കാം. മഗ്നീഷ്യം എടുത്തിരിക്കുന്ന ട്യൂബിൽ ജലം നിറച്ചു് വായു കടക്കാത്തവിധം അടച്ചുകൊണ്ടു് നെടുകെ യൂഡിയോമീററിനകത്തു് വായു മുകളിലേക്കായി നിർത്തുക. മഗ്നീഷ്യം ഘനത്വം കുറഞ്ഞതാകയാൽ യൂഡിയോമീററിനകത്തു് ഉയരുന്നു. അതോടൊപ്പം, മഗ്നീഷ്യം അമ്ലവുമായി പ്രവർത്തിച്ചു് ഹൈഡ്രജൻ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടും. വാതകം കുമിളകളായി ഉയർന്നു് യൂഡിയോമീററിന്റെ മുകളിൽ സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു. മഗ്നീഷ്യം മുഴുവനും അലിഞ്ഞു തീർന്നാൽ ഉപകരണം മുറിയുടെ താപനിലയിലേക്കു തണുക്കുവാൻ അനുവദിക്കണം. യൂഡിയോമീററിന്റെ വായു തള്ളവിരൽകൊണ്ടടച്ചു് പുറത്തെടുത്തു് ജലം നിറച്ച ഒരു വലിയ ഗ്ലാസ്ജാറിൽ വാതകം പുറത്തു പോകാതെ കമഴ്ത്തി നിർത്തുക. യൂഡിയോമീറർ ജാറിലുള്ള ജലത്തിന്റെ താപനിലയിലെത്തുമ്പോൾ അതിനെ ഉയർത്തി അതിനുള്ളിലും പുറത്തുമുള്ള ജലതലങ്ങൾ സമമാകത്തക്കവണ്ണം പിടിച്ചുകൊണ്ടു് വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം കണ്ടുപിടിക്കുക. (ജലതലങ്ങൾ സമമാകുമ്പോൾ വാതകത്തിന്റെ മർദം അന്തരീക്ഷമർദത്തിനു് സമമാകുന്നു). ജാറിലെ ജലത്തിന്റെ താപനിലയും (t°C) അന്തരീക്ഷമർദവും (p മി. മീ.) കണ്ടുപിടിക്കുക. വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം V മി. ലി. ആണെന്നിരിക്കട്ടെ.

പരികലനം:

മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെ ഭാരം = w ഗ്രാം. w ഗ്രാം മഗ്നീഷ്യം p മി. മീ. മർദത്തിലും $t°$ C ലും V മി. ലി. ഈർപ്പമുള്ള ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്നു. $t°$ C ൽ ജലത്തിന്റെ ബാഷ്പമർദം h മി. മീ. എങ്കിൽ, ശുഷ്കഹൈഡ്രജന്റെ മർദം $(P-h)$ മി. മീ. ആണ്.

ഹൈഡ്രജന്റെ N. T. P. യിലെ വ്യാപ്തം V_0 ആകട്ടെ. വാതകനിയമപ്രകാരം

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

ഇവിടെ,

$P_0 = 760$ മി. മീ. $\quad P_1 = (P-h)$ മി. മീ.

$T_0 = 273° K \quad T_1 = (273 + t)°K$

$V_0 = ? \quad V_1 = V$

$$\therefore \quad V_0 = \frac{P_1 V_1}{T_1} \times \frac{T_0}{P_0} = \frac{(P-h) V \times 273}{(273+t) \times 760} \text{ മി. ലി.}$$

ഹൈഡ്രജന്റെ ഘനത്വം N. T. P. യിൽ 0.089 ഗ്രാം/ലി. ആണ്.

$\therefore$ വ സ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെട്ട ഹൈഡ്രജന്റെ ഭാരം

$$= \text{വ്യാപ്തം} \times \text{ഘനത്വം} = \frac{V_0 \times 0.089}{1000} \text{ ഗ്രാം}$$

$$= x \text{ ഗ്രാം.}$$

x ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ വേണ്ട മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെ ഭാരം w ഗ്രാം ആയതിനാൽ 1.008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ വേണ്ട മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെ ഭാരം $= \frac{1.008 \times w}{x}$ ഗ്രാം

$$\therefore \text{ മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം} = \frac{1.008 \times w}{x}$$

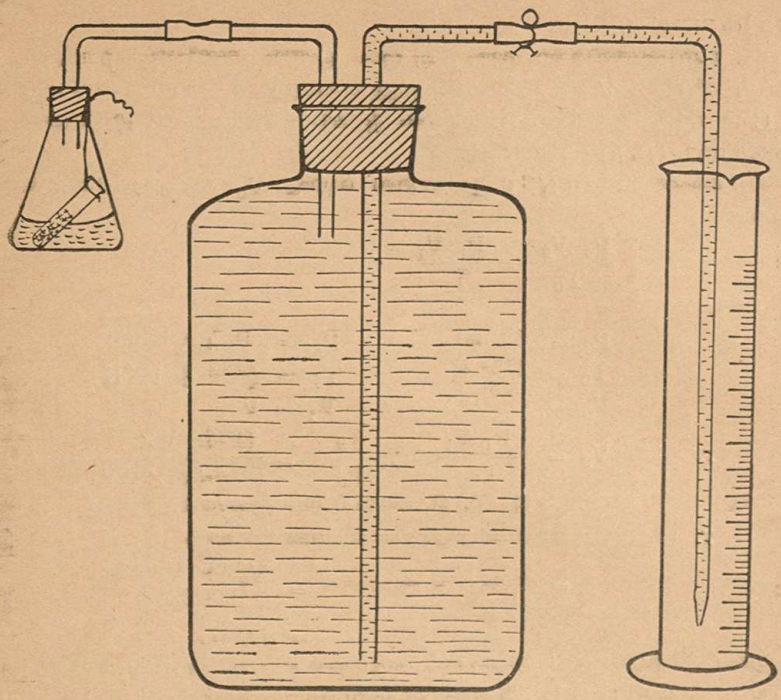
അലൂമിനിയം, സിങ്ക് (നാകം) മുതലായ ലോഹങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരവും ഈ മാർഗമുപയോഗിച്ച് നിർണയിക്കാം.

(b) ഹൈഡ്രജൻ വിസ്ഥാപനപരീക്ഷണത്തിനുള്ള മറ്റൊരുപകരണം

വായുബദ്ധമായ ഒരുപകരണത്തിൽ നിശ്ചിതഭാരം ലോഹവും അമ്ലവും തമ്മിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടത്തി ഉണ്ടാകുന്ന ഹൈഡ്രജൻ ഉപകരണത്തിൽ നിന്നും തുല്യവ്യാപ്തം ജലത്തെ ആദേശം ചെയ്യുന്നു. ഈ ജലത്തിന്റെ വ്യാപ്തമാണ് ഈ പരീക്ഷണത്തിൽ അളക്കപ്പെടുന്നത്.

ഉപകരണസജ്ജീകരണം ചിത്രത്തിൽ കാണാം.

ഒരു ചെറിയ ടെസ്റ്റ് ട്യൂബിന്റെ ഭാരം കൃത്യമായി നിർണയിച്ച ശേഷം അതിൽ ചെറിയ ഒരു കഷണം ലോഹം എടുത്തു (0 1 – 0 2 ഗ്രാം) വീണ്ടും ഭാരം നിർണയിക്കുക. ടെസ്റ്റ് ട്യൂബ് ടൈൻകൊണ്ട് ഒരു ചെറിയ കോണികഫ്ളാസ്കിനുള്ളിൽ നെടുകെ അല്പം ചെരിഞ്ഞ് നിൽക്കത്തക്ക വണ്ണം വെച്ചുകൊണ്ട്



ചിത്രം 6_2

ഫ്ളാസ്കിന്റെ വായ് ഒരു ദ്വാരമുള്ള റബ്ബർകോർക്കുകൊണ്ട് അടയ്ക്കുക. ഫ്ളാസ്കിനുള്ളിൽ ഏകദേശം 50 മി. ലി. 1:1 ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലം ഒഴിച്ചിരിക്കണം. അമ്ലവും ലോഹവും തമ്മിൽ സമ്പർക്കമുണ്ടാകാത്ത വിധം ടെസ്റ്റ്ട്യൂബ് നിറയ്ക്കണം. ഫ്ളാസ്കിൽ ഘടിപ്പിച്ച റബ്ബർകോർക്കിന്റെ ദ്വാരത്തിൽ കൂടിയുള്ള ചെറിയ ഗ്ലാസ്ട്യൂബ് ജലം നിറച്ച ഒരു വലിയ കപ്പിയുമായി ബന്ധിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. വലിയ കപ്പിയിൽനിന്നു ഒരു സൈഫൺകുഴൽ അതിനടുത്തുള്ള ഒരു അളവുജാറിലേയ്ക്ക് ഇറക്കിയിരിക്കുന്നു. സൈഫൺകുഴലിലും വലിയ കപ്പിയിലും മുഴുവൻ ജലം നിറഞ്ഞിരിക്കണം. [ഫ്ളാസ്കിൽ അമ്ലവും ലോഹവും എടുക്കുന്നതിനു മുമ്പ് ഉപകരണം വായുരോധിയാണോ എന്നു പരിശോധിക്കണം. ഇതിനു കപ്പിയിൽ ജലം നിറച്ച ശേഷം സൈഫൺ കുഴലിലും ജലം നിറച്ച് അതിന്റെ ക്ലിപ്പ് അടയ്ക്കുക. ഫ്ളാസ്ക് അതിന്റെ സ്ഥാനത്തു ഉറപ്പിക്കുക. ഇനി ക്ലിപ്പ് തുറന്നാൽ ഉപകരണം വായുരോധിയാണെങ്കിൽ കപ്പിയിൽനിന്നു ജലം സൈഫണിൽകൂടി പുറത്തേയ്ക്ക് ഒഴുകുകയില്ല] . ഉപകരണം ശരിപ്പെടുത്തിയാൽ പിന്നെ സൈഫൺകുഴലിന്റെ ക്ലിപ്പ് തുറന്നിടണം. ഫ്ളാസ്ക് കുലുക്കി ലോഹവും അമ്ലവും തമ്മിൽ പ്രതിപ്രവർത്തിപ്പിക്കുക. ഹൈഡ്രജൻ ഉണ്ടാവുകയും തന്മൂല

കപ്പിയിൽ നിന്നു് ജലം സൈഫൺ കഴലിൽ കൂടി അളവുജാറിലേക്കു തള്ളപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ലോഹം മുഴവനും അലിഞ്ഞ ശേഷം ഉപകരണം തണുത്തു കഴിയുമ്പോഴും അളവുജാറിലേയും കപ്പിയിലേയും ജലനിരപ്പു് സമമാകത്തക്ക വണ്ണം ജാർ താഴ്ത്തുകയോ ഉയർത്തുകയോ ചെയ്യുക തലങ്ങൾ സമമാകുമ്പോൾ ജാറിലെ ജലത്തിന്റെ വ്യാപ്തം നോക്കുക. ഈ വ്യാപ്തം വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെട്ട ഈർപ്പമുള്ള ഹൈഡ്രജന്റെ വ്യാപ്തമായിരിക്കും. അന്തരീക്ഷമർദവും താപനിലയും കണ്ടുപിടിച്ചു് മുൻപരീക്ഷണത്തിൽ വിവരിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കാവുന്നതാണു്.

2. ഓക്സിജൻ ആസ്പദമാക്കിയുള്ള തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം

8 ഭാരം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിപ്പിക്കാൻ വേണ്ട മൂലകത്തിന്റെ ഭാരമാണു് അതിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം. അതിനാൽ മൂലകത്തിന്റെ ഓക്സൈഡിന്റെ സംഘടനത്തിൽ നിന്നു് തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കാം. നിശ്ചിതഭാരം ഓക്സൈഡിൽ നിന്നു് കിട്ടുന്ന മൂലകത്തിന്റെ ഭാരം നിർണയിച്ചും നിശ്ചിതഭാരം മൂലകത്തിൽ നിന്നു് കിട്ടുന്ന ഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരം നിർണയിച്ചും ഓക്സൈഡിന്റെ സംഘടനം ലഭിക്കുന്നു മൂലകത്തിന്റെയും ഓക്സൈഡിന്റെയും പ്രത്യേക സ്വഭാവങ്ങളും അനുസരിച്ചു് സംഘടനനിർണയവിധികളും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ചില ഉദാഹരണങ്ങളും മാത്രമേ ഇവിടെ വിവരിക്കുന്നുള്ളൂ.

(a) ഓക്സൈഡ് വിശ്ലേഷണരീതിയിൽ കോപ്പറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം

ഓക്സൈഡിൽ നിന്നു് എളുപ്പത്തിൽ മൂലകം കിട്ടുമെങ്കിൽ ഈ രീതി സ്വീകരിക്കാം. ഉദാഹരണമായി കോപ്പർ ഓക്സൈഡ് ഹൈഡ്രജൻ പ്രവാഹത്തിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ ശുദ്ധമായ കോപ്പർ (ചെമ്പു്) അവശേഷിക്കുന്നു. ഓക്സിജൻ ഹൈഡ്രജനുമായി സംയോജിച്ചു് നീരാവിയായിപ്പോകുന്നു. നിശ്ചിതഭാരം ഓക്സൈഡിൽ നിന്നു് എത്ര ഗ്രാം കോപ്പർ കിട്ടുമെന്നു് അങ്ങനെ എളുപ്പത്തിൽ നിർണയിക്കാം. നിശ്ചിതാനുപാതനിയമത്തിന്റെ പ്രാംബല്യപരിശോധനക്കായി ഇതേ പരീക്ഷണം തന്നെയാണു് വിവരിച്ചിട്ടുള്ളതു് (അധ്യായം 3).

പരികലനം:

കോപ്പർ ഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരം $= a$ ഗ്രാം

അതിലുള്ള കോപ്പറിന്റെ ഭാരം $= b$ ഗ്രാം

$\therefore$ ഓക്സിജന്റെ ഭാരം $= (a-b)$ ഗ്രാം.

$(a-b)$ ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട കോപ്പർ $= b$ ഗ്രാം

$\therefore$ 8 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട കോപ്പർ

$$= 8 \times \frac{b}{(a-b)} \text{ ഗ്രാം}$$

$$\therefore \text{ കോപ്പറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം } = \frac{8\,b}{a-b}$$

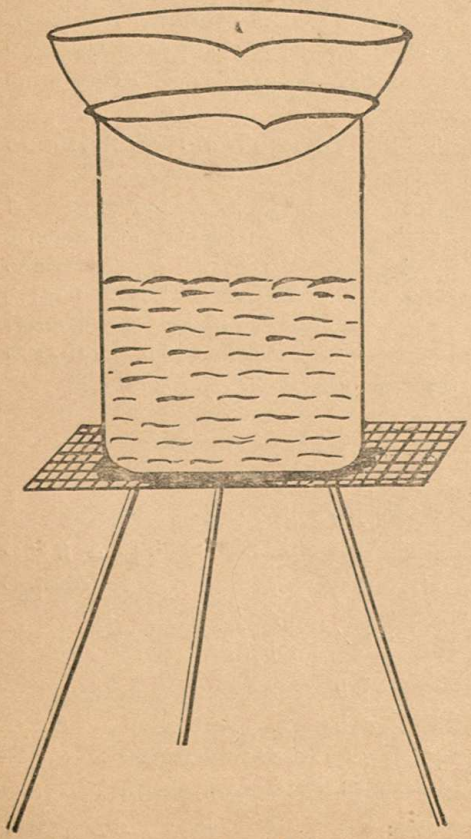
(b) സംശ്ലേഷണരീതിയിൽ കോപ്പർ തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം

നിശ്ചിതഭാരം കോപ്പറിനെ ഓക്സൈഡാക്കി പരിവർത്തനം ചെയ്തിച്ചു് അതിന്റെ ഭാരം നിർണയിക്കുന്നതാണു് ഈ വിധി. കോപ്പറിനെ സുഗമമായി

ഓക്സൈഡാക്കാൻ അതിനെ നൈട്രിക് അമ്ലത്തിൽ വിലയിപ്പിച്ച് കിട്ടുന്ന കോപ്പർ നൈട്രേറ്റിനെ തപിപ്പിച്ചാൽ മതിയാകും.

$$\text{കോപ്പർ} \xrightarrow[\text{അമ്ലം}]{\text{നൈട്രിക്}} \text{കോപ്പർ നൈട്രേറ്റ്} \xrightarrow{\text{ചൂട്}} \text{കോപ്പർ ഓക്സൈഡ്}.$$

ഉദ്ദേശം 1 ഗ്രാം തൂക്കമുള്ള ശുദ്ധമായ ഒരു ചെമ്പുതകിട് ഭാരം നിർണയിക്കപ്പെട്ട ഒരു ഉണക്കിയ പോർസ്‌ലേൻ ഡിഷിൽ വെച്ച് വീണ്ടും ഭാരം കാണുക. കവർ ഗ്ലാസുകൊണ്ട് ഡിഷ് അടച്ച ശേഷം ഏകദേശം 10 മി.ലി. 1:1 നൈട്രിക് അമ്ലം അല്പാല്പമായി ഡിഷിന്റെ മുരടിൽ കൂടി (Spout) ഒഴിക്കുക. തവിട്ടു നിറമുള്ള നൈട്രജൻ പെറോക്സൈഡ് വാതകവും കോപ്പർ നൈട്രേറ്റ് ലായനിയും ഉണ്ടാകും. വാതകനിർഗമനംകൊണ്ട് ലായനിയുടെ ചെറിയ കണങ്ങളും തെറിച്ചു പോയാൽ അവ കവർ ഗ്ലാസിന്റെ ചുവട്ടിൽ തട്ടുന്നതിനാൽ തിരികെ ഡിഷിലേക്കു തന്നെ വീഴുന്നു. ലോഹം പൂർണമായി ലയിച്ചു കഴിയുമ്പോൾ കവർഗ്ലാസിന്റെ അടിയിൽ പറ്റിയിട്ടുള്ള ലായനി ശുദ്ധജലം കൊണ്ട് കഴുകി ഡിഷിൽ തന്നെ വീഴ്ത്തുക. ഡിഷ് അതിലുള്ള ലായനിയോട് കൂടി ഒരു നീരാവി ബാത്തിൽവച്ച് ചൂടാക്കി വറ്റിക്കുക. ഒരു ബീക്കറിൽ വെള്ളം തിളപ്പിച്ചു വെച്ചാൽ മതി (ചിത്രം 6_3 നോക്കുക). ലായനി മുഴുവനും വറ്റിക്കഴിഞ്ഞാൽ കോപ്പർനൈട്രേറ്റ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ ഡിഷിൽ അവശേഷിക്കുന്നു. ഈ സമയത്ത് ഡിഷ് മാറ്റി അതിന്റെ പുറം തുടച്ച് ഒരു മണൽബാത്തിൽ വെച്ച് ശക്തിയായി ചൂടാക്കുക. നീല കലർന്ന പച്ച നിറമുള്ള കോപ്പർ നൈട്രേറ്റ് വിഘടിക്കുകയും ഡിഷിൽ കറുത്ത കോപ്പർ ഓക്സൈഡ് മാത്രം അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്യും.



ചിത്രം 6_3

പച്ച നിറം നിശ്ശേഷം മാറുമ്പോൾ വിഘടനം പൂർത്തിയായതായി കണക്കാക്കാം. വിഘടനം പൂർത്തിയായെന്ന് ഉറപ്പിക്കാനായി ഡിഷ് നേരിട്ട് ഒരു വയർ ഗോസിൽ (wire gauze) വച്ച് അല്പനേരം ചൂടാക്കുക. ഒരു ഡെസിക്കേറ്ററിൽ

വെച്ച് തണുപ്പിച്ച ശേഷം ഡിഷിന്റെ ഭാരം നിർണയിക്കുക. ഭാരംസ്ഥിരമാകുന്നതുവരെ ഈ പ്രക്രിയ തുടരുക. തുല്യാങ്കഭാരം ഇപ്രകാരം കണക്കാക്കാം:—

ഡിഷിന്റെ ഭാരം = x ഗ്രാം.
ഡിഷ് + കോപ്പർ = y ഗ്രാം.
ഡിഷ് + കോപ്പർഓക്സൈഡ് = z ഗ്രാം.
∴ കോപ്പറിന്റെ ഭാരം = $(y-x)$ ഗ്രാം.
ഓക്സിജന്റെ ഭാരം = $(z-y)$ ഗ്രാം
∴ $(z-y)$ ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്ന കോപ്പറിന്റെ ഭാരം = $(y-x)$ ഗ്രാം.

8 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്ന കോപ്പറിന്റെ ഭാരം

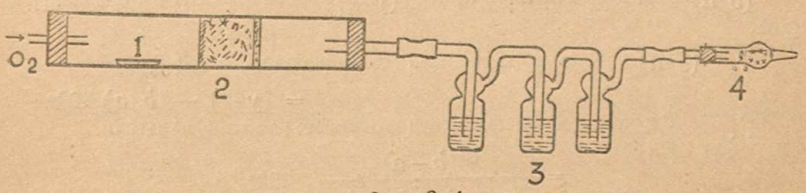
$$= 8\frac{(y-x)}{(z-y)} \text{ ഗ്രാം.}$$

∴ കോപ്പറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം $= 8 \times \frac{(y-x)}{(z-y)}$

(c) കാർബണിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം

നിശ്ചിതഭാരം കരി ശുദ്ധമായ ഓക്സിജനിൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് ഉണ്ടാകും. ഈ വാതകത്തിനും അമ്ലഗുണമുള്ളതിനാൽ ഇതിനെ കോസ്റ്റിക് പൊട്ടാഷ് ലായനിയിൽ അവശോഷണം ചെയ്യാം. പൊട്ടാഷ് ലായനിയുടെ ഭാരവർധനവ് കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരമായിരിക്കും. ഈ പരീക്ഷണത്തിൽ വേണ്ടതിലധികം ഓക്സിജൻ ഉണ്ടെങ്കിൽ കൂടി അല്പം കാർബൺ മോണോക്സൈഡ് ഉണ്ടായേക്കാം. അതിനാൽ ഉല്പന്നവാതകമിശ്രിതം ചൂടാക്കിയ കോപ്പർ ഓക്സൈഡിൽകൂടി കടത്തിവിട്ട് പൂർണമായും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡാക്കേണ്ടതാണ്.

ഉപകരണം ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ സംവിധാനം ചെയ്യുക (ചിത്രം 6_4) ശുചിയാക്കി ഉണക്കി ഭാരംനിർണയിക്കപ്പെട്ട ഒരു പോർസ്ലേൻ ബോട്ടിൽ ഏകദേശം 0.5 ഗ്രാം ശുദ്ധമായ പഞ്ചസാരക്കരി (Sugar charcoal) എടുത്ത് വീണ്ടും ഭാരം നിർണയിക്കുക. ബോട്ട് കരിയോടുകൂടി ഒരു ദഹനനളിയിൽ വെയ്ക്കുക. ദഹനനളിയുടെ ഒരറ്റത്ത് ഒരു പ്രവേശനക്കഴലും (inlet tube) മറ്റേ അറ്റത്ത് ബഹിർഗമനക്കഴലും (out let tube) ഉറപ്പിച്ചിരിക്കണം. ബോട്ട് പ്രവേശന



ചിത്രം 6_4

1. ബോട്ട്
2. CuO
3. പൊട്ടാഷ് ബംബുകം
4. $CaCl_2$ കഴൽ

ക്കഴലിനടുത്താണു്. മറേറ അറ്റത്തു് അല്പം ഗ്ലാസ്വൂൂം കൊണ്ടു് കുറെ കോപ്പർ ഓക്സൈഡ് തരികളും അമർത്താതെ നിറക്കണം. ബഹിർഗമനക്കഴൽ ഒരു പൊട്ടാഷ്ബംബിലേക്കും പൊട്ടാഷ ബംബു് ഒരു കാൽസിയം ക്ലോറൈഡ് കഴലിലേക്കും റബ്ബർക്കഴലുകൊണ്ടു് ഘടിപ്പിക്കുക. ദഹനനളിയിൽ നിന്നു വരുന്ന വാതകത്തിൽനിന്നു് കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് മുഴുവനും പൊട്ടാഷ്ലായനി അവശോഷണം ചെയ്യും. ലായനിയിൽ നിന്നു് ജലം ആവിയായിപ്പോയാൽ ആ നീരാവിയെ അവശോഷണം ചെയ്യാനാണു് കാൽസിയം ക്ലോറൈഡ് കഴൽ.

പൊട്ടാഷ് ബംബുകളും കാൽസിയം ക്ലോറൈഡ് കഴലും ചേർന്നുള്ള മൊത്തം ഭാരം നിർണയിക്കുക. ഇവയെ യഥാസ്ഥാനത്തു് ഘടിപ്പിച്ച ശേഷം ദഹനനളി ചൂടാക്കിക്കൊണ്ടു് പ്രവേശനക്കഴലിൽ കൂടി ശുദ്ധമായതും ഉണക്കിയതും ആയ ഓക്സിജൻ വാതകം പ്രവഹിപ്പിക്കുക. കരി ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ചു് കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് ഉണ്ടാകുന്നു. കുറച്ചു കാർബൺ മോണോക്സൈഡും ഉണ്ടാകുന്നു. കോപ്പർ ഓക്സൈഡിൽത്തട്ടിപ്പോകുമ്പോൾ കാർബൺ മോണോക്സൈഡ് കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡായി മാറുന്നു. ഓക്സിജൻ പ്രവാഹം ഈ വാതകത്തെ പൊട്ടാഷ് ബംബുകളിലേക്കു് വഹിക്കുന്നു. ഇവിടെ ഈ വാതകം അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. കരി മുഴുവനും കത്തിത്തീർന്നാൽ ഉപകരണം ഓക്സിജൻ പ്രവാഹത്താൽതന്നെ തണുപ്പിച്ചു് പൊട്ടാഷ് ബംബിന്റെയും കാൽസിയം ക്ലോറൈഡ് കഴലിന്റെയും മൊത്തം ഭാരം നിർണയിക്കുക.

പരികലനം

ബോട്ടിന്റെ ഭാരം = a ഗ്രാം

ബോട്ട് + കാർബൺ = b ഗ്രാം

∴ കാർബണിന്റെ ഭാരം = $(b-a)$ ഗ്രാം

അവശോഷണ വ്യൂഹത്തിന്റെ (പൊട്ടാഷ് ബംബു് + കാൽസിയം ക്ലോറൈഡ് കഴൽ) ആദ്യഭാരം = x ഗ്രാം

അവശോഷണ വ്യൂഹത്തിന്റെ (പൊട്ടാഷ് ബംബു് + കാൽസിയം ക്ലോറൈഡ് കഴൽ) അന്ത്യഭാരം = y ഗ്രാം

∴ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരം = $(y-x)$ ഗ്രാം

$(b-a)$ ഗ്രാം കാർബണിൽ നിന്നു് $(y-x)$ഗ്രാം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് കിട്ടുന്നു.

∴ $(b-a)$ ഗ്രാം കാർബണുമായി സംയോജിക്കുന്ന ഓക്സിജൻ

$= (y-x) - (b-a)$ ഗ്രാം

∴ 8 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്ന കാർബൺ

$$= \frac{8\,(b-a)}{(y-x)-(b-a)} \text{ ഗ്രാം}$$

∴ തുല്യാങ്കഭാരം $= \dfrac{8\,(b-a)}{(y-x)-(b-a)}$

[ഗന്ധകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരവും ഇതേ രീതിയിൽ നിർണയിക്കാവുന്നതാണ്. ദഹനനളിയിൽ കോപ്പർ ഓക്സൈഡ് ആവശ്യമില്ലെന്നു മാത്രം].

3. ക്ലോറിനുമായുള്ള സംയോജനം ആസ്പദമാക്കി തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം

നിശ്ചിതഭാരം ക്ലോറൈഡിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള മൂലകത്തിന്റെയോ ക്ലോറിന്റെയോ ഭാരം നിർണയിച്ചും, നിശ്ചിതഭാരം മൂലകത്തിൽനിന്നും എത്ര ക്ലോറൈഡ് കിട്ടുമെന്നു നിർണയിച്ചും മൂലകക്ലോറിൻസംയോജനാനുപാതം കണക്കാക്കിയാൽ മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം (35.46 ഭാരം ക്ലോറിനുമായി സംയോജിക്കാനുള്ള മൂലകത്തിന്റെ ഭാരം) കണ്ടുപിടിക്കാം. ലെഡിന്റെ (കറുത്തീയം) തുല്യാങ്കഭാരം ഈ രീതിയിൽ നിർണയിക്കാവുന്നതാണ്.

പരീക്ഷണം: ഉദ്ദേശം 0 5 ഗ്രാം തൂക്കം വരുന്ന ശുദ്ധമായ ലെഡ് തകിട് വൃത്തിയാക്കി ഉണക്കി ഭാരം നിർണയിക്കപ്പെട്ട ഒരു പോർസ്ലേൻ ഡിഷിൽ ഇട്ട് അതിന്റെ ഭാരം വീണ്ടും നിർണയിക്കുക. ഡിഷ് കവർഗ്ലാസ്സുകൊണ്ട് അടച്ച് ഏകദേശം 10മി ലി. 1:1 നൈടിക് അമ്ലം അല്പാല്പമായി ചേർത്ത് ലെഡ് അലിയിക്കുക. ഡിഷിൽ ലെഡ് നൈട്രേറ് ലായനി അവശേഷിക്കും. ഒരു നിരാവിബാത്തിൽ വെച്ച് ഡിഷ് ചൂടാക്കിയാൽ വിലയനം വേഗത്തിൽ നടക്കും. ഈ ലായനിയിലേയ്ക്ക് വേണ്ടതിലധികം—5 മി. ലി.—സാന്ദ്രഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലം ഒഴിക്കുക. (കവർഗ്ലാസിന്റെ അടിഭാഗം ശുദ്ധജലംകൊണ്ട് ഡിഷിലേക്ക് കഴുകി ഒഴിക്കണം). ലെഡ് നൈട്രേറ് മുഴുവനും ലെഡ് ക്ലോറൈഡാകുന്നു. ലേയത്വം കുറഞ്ഞ ഈ പദാർഥം വെളുത്ത അവക്ഷേപമായി വേർതിരിയുന്നതു കാണാം. ഇപ്പോൾ ഡിഷിൽ ലെഡ് ക്ലോറൈഡിനു പുറമെ, ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലവും നൈടിക് അമ്ലവും (അധികമുള്ളത്) ജലവും ചേർന്ന മിശ്രിതമുണ്ടായിരിക്കും. ഒരു മണൽബാത്തിൽ വച്ച് ഡിഷ് നിയന്ത്രിതമായി ചൂടാക്കി മിശ്രിതം വറ്റിക്കുമ്പോൾ ദ്രവാംശം എല്ലാം ബാഷ്പമായിപ്പോകുന്നു. ഖരമായ ലെഡ് ക്ലോറൈഡ് അവശേഷിക്കുമ്പോൾ, അതു് ഉരുകാതെയും ബാഷ്പീഭവിച്ചു പോകാതെയും ശ്രദ്ധിച്ച് കൂടുതൽ ചൂടാക്കി ഈർപ്പം മുഴുവനും മാറ്റുക. ഡിഷ് ഒരു ഡെസിക്കേറ്ററിൽ തണുപ്പിച്ച് ഭാരം നിർണയിക്കുക. ചൂടാക്കലും തണുപ്പിച്ച് ഭാരം നിർണയിക്കലും സ്ഥിരമായ ഭാരം കിട്ടുന്നതുവരെ ആവർത്തിക്കുക.

പരികലനം:

ഡിഷിന്റെ ഭാരം = a ഗ്രാം

ഡിഷ് + ലെഡ് '' = b ഗ്രാം

ഡിഷ് + ലെഡ് ക്ലോറൈഡ് '' = c ഗ്രാം

∴ ലെഡിന്റെ ഭാരം = $(b-a)$ ഗ്രാം

ക്ലോറിന്റെ ഭാരം = $(c-b)$ ഗ്രാം

$(c-b)$ ഗ്രാം ക്ലോറിനുമായി സംയോജിക്കുന്ന ലെഡ് = $(b-a)$ ഗ്രാം

∴ 35.46 ഗ്രാം ക്ലോറിനുമായി സംയോജിക്കുന്ന ലെഡ്

$$= \frac{(b-a)}{(c-b)} \times 35.46 \text{ ഗ്രാം}$$

$\therefore$ ലെഡിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം $= \frac{(b-a)}{(c-b)} \times 35.46.$

4. ഒരു മൂലകത്തെ മറ്റൊന്നുകൊണ്ടു് വിസ്ഥാപനം ചെയ്തു് തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം

പില മൂലകങ്ങളും അമ്ലങ്ങളിൽ നിന്നു് ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്നതു പോലെ രാസവീര്യം കൂടുതലുള്ള ലോഹങ്ങളും രാസവീര്യം കുറവുള്ള വയെ അവയുടെ യൗഗികങ്ങളിൽനിന്നു് വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്നതു് സാധാരണമാണു്. കോപ്പർ സൽഫേറ്റ് ലായനിയിൽ ഇരുമ്പുകഷണം ഇട്ടാൽ കോപ്പർ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടും. അതുപോലെ സിൽവർ നൈട്രേറ്റിൽ നിന്നു് സിൽവറിനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാനുള്ള കഴിവു് സിങ്കിനുണ്ടു്. പൊട്ടാസിയം അയൊഡൈഡിൽനിന്നു് അയൊഡിനെ ക്ലോറിൻ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യും. ഇത്തരത്തിൽ ഒരു മൂലകം മറ്റൊന്നിനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുമ്പോഴും അവയുടെ പരിമാണങ്ങളും ഓരോന്നിന്റെയും തുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾക്കു് അനുക്രമാനുപാതികമായിരിക്കും. അതിനാൽ അവയിൽ ഒന്നിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം അറിയാമെങ്കിൽ മറ്റേതിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കാം.

സിങ്കിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം

ശുചിയായ ഒരു ഡിഷ് ഉണക്കി അതിന്റെ ഭാരം നിർണയിക്കുക. അതിൽ ഉദ്ദേശം 1 ഗ്രാം നാകപ്പൊടി (സിങ്ക് ഡസ്റ്റ്) എടുത്തു് വീണ്ടും ഭാരം നിർണയിക്കുക. ഡിഷിൽ ഏകദേശം 20 മി. ലി. സാന്ദ്ര കോപ്പർ സൽഫേറ്റ് ലായനി ഒഴിച്ചു് ചെറിയ ഒരു ഗ്ലാസ്സു് ഉണ്ടുകൊണ്ടു് മിശ്രിതത്തെ കലക്കിക്കൊണ്ടിരിക്കുക. സിങ്ക് വിലയിച്ചു് സിങ്ക് സൽഫേറ്റ് ഉണ്ടാവുകയും പകരം കോപ്പർ സൽഫേറ്റിൽ നിന്നു് അതിനു് തുല്യാങ്കമായ കോപ്പർ വിസ്ഥാപിതമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനിടയിൽ ഒരു ഫിൽറ്റർ പേപ്പർ വായു ഓവനിൽവച്ചു് (air-oven) 120°C-ൽ അരമണിക്കൂറോളം ഉണക്കി, ഡെസിക്കേറ്ററിൽ തണുപ്പിച്ചു് അതിന്റെ ഭാരം കൃത്യമായി നിർണയിക്കുക. ഡിഷിൽ ഉള്ള മിശ്രിതം ഈ ഫിൽറ്റർ പേപ്പറിൽ കൂടി അരിക്കുക. ചെമ്പുതരികളും നിശ്ലേഷം ഫിൽറ്റർ പേപ്പറിലേക്കു് വരത്തക്ക വണ്ണം പല പ്രാവശ്യം ഡിഷ് അല്പം ജലംകൊണ്ടു് കഴുകി ഒഴിക്കണം. ഫിൽറ്റർ പേപ്പറിലുള്ള ലായനിയുടെ അംശം മുഴുവനും നീക്കപ്പെട്ടുന്നതുവരെ ഫിൽറ്റർ കോണിലുള്ള ചെമ്പുതരികളും കുറേശ്ശെ ജലം ഉപയോഗിച്ചു് കഴുകിക്കൊണ്ടിരിക്കുക. കോപ്പർ സൽഫേറ്റ് നിശ്ലേഷം നീങ്ങിയോ എന്നു് പരിശോധിക്കുവാനായി ഫണലിൽനിന്നു വരുന്ന അഞ്ചാറുതുള്ളി നിസ്യന്ദം (ഫിൽട്രേറ്റ്) അല്പം നേർത്ത പൊട്ടാസിയം ഫെറോസയനൈഡ് ലായനിയിൽ ഒഴിക്കുക. കോപ്പർ സൽഫേറ്റുണ്ടെങ്കിൽ തവിട്ടുനിറത്തിലുള്ള അവക്ഷേപം ഉണ്ടാകുന്നു. അവക്ഷേപം ഉണ്ടാകുന്നെങ്കിൽ കഴുകൽ വീണ്ടും തുടരേണ്ടതാണു്. അതിനു ശേഷം ഫണൽ അതിലുള്ള ഫിൽറ്റർ കോണോടുകൂടി 120°C താപനിലയിൽ വായു ഓവനിൽ വെച്ചു് ഒരു മണിക്കൂറോളം ഉണക്കുക. ഡെസിക്കേറ്ററിൽ വെച്ചു് തണുപ്പിച്ച ശേഷം ഫണലിൽനിന്നും, തരികളും നഷ്ടപ്പെടാതെ ഫിൽറ്റർ പേപ്പർ പുറത്തെടുത്തു് (ചെമ്പുതരികളോടു കൂടി) അതിന്റെ ഭാരം കൃത്യമായി നിർണയിക്കുക.

പരികലനം:

ഡിഷിന്റെ ഭാരം = x ഗ്രാം

ഡിഷ് + സിങ്ക് ഭാരം = y ഗ്രാം

∴ സിങ്കിന്റെ ഭാരം = $(y-x)$ ഗ്രാം

ഫിൽറ്റർപേപ്പറിന്റെ ഭാരം = a ഗ്രാം

ഫിൽറ്റർപേപ്പർ + കോപ്പർ ഭാരം = b ഗ്രാം

കോപ്പറിന്റെ ഭാരം = $(b-a)$ ഗ്രാം

∴ $(y-x)$ ഗ്രാം സിങ്ക് $(b-a)$ ഗ്രാം കോപ്പറിനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്നു.

കോപ്പറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 31.77

∴ സിങ്കിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 31.77 ഭാരം കോപ്പറിനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ വേണ്ട സിങ്കിന്റെ ഭാരം

$$= \frac{(y-x)}{(b-a)} \times 31.77$$

കുറിപ്പ്: നിശ്ചിതഭാരം കോപ്പർ സൽഫേറ്റിലുള്ള കോപ്പർ മുഴുവനും വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ വേണ്ട സിങ്കിന്റെ ഭാരം നിർണയിച്ച് സിങ്കിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണ്ടുപിടിക്കാം. കോപ്പർ സൽഫേറ്റിന്റെ സംഘടനം കൃത്യമായി നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതിനാൽ നിശ്ചിതഭാരം കോപ്പർ സൽഫേറ്റിൽ എത്ര കോപ്പർ ഉണ്ടെന്നും കണക്കാക്കാം.

5. ഒരു യൗഗികത്തെ മറ്റൊന്നായി രൂപാന്തരണം ചെയ്ത് തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കൽ

(a) ഒരു ബൈനറിയൗഗികം മറ്റൊരു ബൈനറിയൗഗികമാക്കുക: മൂലകങ്ങളും തമ്മിൽ അവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾക്ക് ആനുപാതികമായി സംയോജിക്കുന്ന, രണ്ടു മൂലകങ്ങളും മാത്രമുള്ള യൗഗികമാണ് ''ബൈനറിയൗഗികം''. ഉദാഹരണമായി കോപ്പർ ഓക്സൈഡ് (CuO), ജലം (H_2O) ഇത്യാദി. ഇവയിൽ മൂലകങ്ങളുടെ അനുപാതം അവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരാനുപാതം തന്നെയായിരിക്കും. ഈ തത്വം ഉപയോഗിച്ച് തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം നടത്താം. ഉദാഹരണമായി ഒരു മൂലകത്തിന്റെ x ഗ്രാം ക്ലോറൈഡിൽനിന്ന് y ഗ്രാം ഓക്സൈഡ് കിട്ടുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. ഇതിൽനിന്നു മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കുന്നതു ഇപ്രകാരമാണ്. മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം E ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. ക്ലോറിന്റെയും ഓക്സിജന്റെയും തുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾ യഥാക്രമം 35.46, 8 എന്നിവയാണല്ലോ. E ഗ്രാം മൂലകത്തിനു 35.46 ഗ്രാം ക്ലോറിൻവീതം സംയോജിച്ചാണ് ക്ലോറൈഡുണ്ടാകുന്നതു്. അതുപോലെ E ഗ്രാം മൂലകത്തിനു 8 ഗ്രാം ഓക്സിജൻ വീതം ഓക്സൈഡിലും സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു.

∴ E ഗ്രാം മൂലകം അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ക്ലോറൈഡിന്റെയും ഓക്സൈഡിന്റെയും ഭാരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം = $(E+35.46) : (E+8)$

∴ $x : y$ = $(E+35.46) : (E+8)$

∴ $\frac{x}{y}$ = $\frac{E+35.46}{E+8}$

x, y എന്നിവ അറിയാവുന്നതിനാൽ E കണക്കാക്കാം. മൂന്നു മൂലകങ്ങളും തമ്മിൽ ഉണ്ടാകുന്ന രണ്ടു ബൈനറിയൗഗികങ്ങളും തമ്മിലുള്ള പരിമാണാത്മകബന്ധം പരീക്ഷണം കൊണ്ടു നിർണയിച്ചു മൂന്നാമത്തെ മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു.

ഉദാഹരണം: ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 2.23 ഗ്രാം ലെഡ് ഓക്സൈഡ് നൈട്രിക് അമ്ലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചു കിട്ടുന്ന ലായനി ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലവുമായി പ്രവർത്തിപ്പിക്കുമ്പോൾ 2.425 ഗ്രാം ലെഡ് ക്ലോറൈഡ് ഉണ്ടായി. ലെഡിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കുക.

ലെഡിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം E യാണെങ്കിൽ $(E + 8)$ ഗ്രാം ഓക്സൈഡിൽ നിന്നു $(E + 35.46)$ ഗ്രാം ക്ലോറൈഡ് കിട്ടണം. 2.23 ഗ്രാം ഓക്സൈഡിൽ നിന്നു 2.425 ഗ്രാം ക്ലോറൈഡ് കിട്ടുന്നു.

$$\therefore \quad \frac{E + 8}{E + 35\,46} = \frac{2{\cdot}23}{2{\cdot}425} \qquad \therefore E = 103{\cdot}5$$

(b) രണ്ടിലധികം മൂലകങ്ങളുള്ള യൗഗികങ്ങളുടെ രൂപാന്തരണം: അണുക്കളും രാസപരിവർത്തനങ്ങളിൽ വിഘടനം സംഭവിക്കുന്നില്ല. അതുപോലെ തന്നെ ചില ''അണുസമൂഹ''ങ്ങളും (groups of atoms) പല രാസ-അഭിക്രിയകളിലും അവിഭാജ്യമായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നുണ്ടു. ഇത്തരം അണുസഞ്ചയങ്ങളാണു 'റാഡിക്കലുകൾ' (Radicals). റാഡിക്കലുകൾക്കു തന്മാത്രകളെപ്പോലെ സ്വതന്ത്രമായി സ്ഥിതി ചെയ്യാനുള്ള കഴിവില്ല. ഇവ യൗഗികങ്ങളുടെ ഭാഗമായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി എല്ലാ നൈട്രേറ്റുകളിലും നൈട്രിക് അമ്ലത്തിലും നൈട്രജനും ഓക്സിജനും ചേർന്ന NO_3 റാഡിക്കൽ ഉണ്ടു. അതുപോലെ എല്ലാ അമോണിയം യൗഗികങ്ങളിലും NH_4 റാഡിക്കൽ ഉണ്ടു. സംഫേറ്റ് റാഡിക്കൽ (SO_4), കാർബണേറ്റ് റാഡിക്കൽ (CO_3), ക്ലോറേറ്റ് റാഡിക്കൽ (ClO_3) മുതലായ അനവധി റാഡിക്കലുകളും ഉണ്ടു. ഇലക്ട്രിക് ചാർജ് വഹിക്കുന്ന റാഡിക്കലുകളെയും അണുക്കളെയും ''അയോണുകളും'' എന്നു പറയുന്നു (ഇലക്ട്രോകെമിസ്ട്രി നോക്കുക). ചാർജ് വഹിക്കാത്ത CH_3 (മീഥൈൽ), ഈഥൈൽ (C_2H_5) മുതലായ റാഡിക്കലുകളും ഉണ്ടു. മൂലകങ്ങൾക്കെന്നപോലെ റാഡിക്കലുകൾക്കും തുല്യാങ്കഭാരം സങ്കല്പിക്കാം. ഉദാഹരണമായി SO_4 (സൽഫേറ്റ്) റാഡിക്കലിന്റെ കാര്യം എടുക്കുക. സൽഫ്യൂറിക് അമ്ലത്തെ (H_2SO_4) ഹൈഡ്രജനും സൽഫേറ്റ് റാഡിക്കലും ചേർന്ന യൗഗികമായി കരുതാം. ഇതിൽ 2×1.008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനോടു 96 ഗ്രാം $(32 \times 1 + 16 \times 4)$ സൽഫേറ്റ് റാഡിക്കൽ സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു.

$\therefore$ 2 തുല്യാങ്കഭാരം ഹൈഡ്രജനോടു 96 ഗ്രാം SO_4 റാഡിക്കൽ സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു.

$\therefore$ 1 തുല്യാങ്കഭാരം (1.008 ഭാരം) ഹൈഡ്രജനുമായി 48 ഭാരം സംഫേറ്റ് റാഡിക്കൽ സംയോജിക്കുന്നു.

$\therefore$ SO_4 ന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 48. ഇതുപോലെ റാഡിക്കലുകളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം കൂടി കണക്കിലെടുത്തു മൂലകങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കാം.

ഉദാഹരണമായി ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 1.06 ഗ്രാം സോഡിയം കാർബണേറ്റ് അമ്ലവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിപ്പിച്ച് കിട്ടുന്ന ലായനിയിൽ നിന്ന് 1.42 ഗ്രാം സോഡിയം സൽഫേറ്റ് ലഭിച്ചു. ഇതിൽ നിന്ന് സോഡിയത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കാം. സോഡിയത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം E യാണെങ്കിൽ E ഗ്രാം സോഡിയം 48 ഗ്രാം SO_4 റാഡിക്കലുമായി സംയോജിക്കുന്നു. അതുപോലെ E ഗ്രാം സോഡിയം 30 ഗ്രാം കാർബണേറ്റ് റാഡിക്കലുമായി സംയോജിക്കുന്നു. (കാർബണേറ്റ് റാഡിക്കലിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം 30 ആണ്).

$$\therefore \quad \frac{E + 48}{E + 30} = \frac{1.42}{1.06}$$

അതായത്, $(E + 30)\ 1.42 = (E + 48)\ 1.06$.

$$\therefore \quad 0.36\ E = 8.28$$

$$\therefore \quad E = \frac{8.28}{0.36} = 23.0$$

6. ഇലക്ട്രോളിസിസ് വിധി

(ഇലക്ട്രോകെമിസ്ട്രി നോക്കുക.)

ഫാരഡേ നിയമപ്രകാരം ഒരു ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം—അതായത് തുല്യാങ്കഭാരത്തോളം ഗ്രാം—മൂലകത്തെ ഇലക്ട്രോളിസിസ് കൊണ്ട് നിക്ഷേപിക്കുന്നതിന് 96490 കൂളം വൈദ്യുതി ആവശ്യമാണ്.

അതിനാൽ ഒരു നിശ്ചിത പരിമാണം വൈദ്യുതി പ്രവഹിപ്പിച്ച് നിക്ഷിപ്തമാകുന്ന മൂലകത്തിന്റെ പരിമാണം നിർണയിച്ച്, അതിൽനിന്ന് 96490 കൂളം വൈദ്യുതികൊണ്ട് എത്ര ഗ്രാം മൂലകം നിക്ഷേപിക്കാം എന്ന് കണക്കാക്കാം. ഇതു മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരമായിരിക്കും.

ചില മാതൃകാപരികലനങ്ങൾ

1. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കാനുള്ള പരീക്ഷണത്തിൽ 0.5 ഗ്രാം മൂലകത്തിൽനിന്ന് 0.99 ഗ്രാം ഓക്സൈഡുണ്ടാകുന്നതായി കാണുന്നു. എന്നാൽ മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം എത്ര?

പരികലനം:

ഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരം $\equiv$ 0.99 ഗ്രാം

ഇതിൽ ഉള്ള മൂലകം $\equiv$ 0.5 ഗ്രാം

$\therefore$ 0.5 ഗ്രാം മൂലകവുമായി സംയോജിക്കുന്ന ഓക്സിജൻ $\equiv$ 0.49 ഗ്രാം. 0.49 ഗ്രാം ഓക്സിജൻ 0.5 ഗ്രാം മൂലകവുമായി സംയോജിക്കുന്നു.

$\therefore$ 8 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കാൻ വേണ്ട മൂലകം

$$= \frac{0.5 \times 8}{0.49} = 8.163 \text{ ഗ്രാം}$$

മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം $= 8.163$

2. ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 0.0327 ഗ്രാം ഭാരമുള്ള ഒരു മഗ്നീഷ്യം കഷണം ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിപ്പിച്ചപ്പോൾ 32.75 മി. ലി. ഈർപ്പമുള്ള ഹൈഡ്രജൻ ലഭിച്ചു. (17°C ; 753 മി. മീ. മർദം). 17°C-ൽ ജല

ബാഷ്പമർദ്ദം 14.4മി. മീ. ആണെങ്കിൽ മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കുക.

പരികലനം:

മൊത്തം മർദ്ദം = 753 മി. മീ

ജലബാഷ്പ മർദ്ദം = 14 4 മി. മീ.

∴ ഹൈഡ്രജന്റെ മാത്രം മർദ്ദം = 753—14. 4

= 738.6 മി. മീ.

∴ 17°C..ലും 738.6 മി. മീ. മർദത്തിലും 32.75 മി. ലി. ശുദ്ധമായ ഹൈഡ്രജൻ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെട്ടുന്നു.

ഇതുയും ഹൈഡ്രജന്റെ N T P യിൽ (273° K; 760 മി. മീ. മർദം) ഉള്ള വ്യാപ്തം V മി. ലി. ആണെങ്കിൽ

$$\frac{738.6 \times 32.75}{(273 + 17)} = \frac{760 \times V}{273}$$

$$\therefore V = \frac{738.6 \times 32.75 \times 273}{290 \times 760} \text{ മി. ലി.}$$

= 30.04 മി. ലി.

N. T. P യിൽ ഹൈഡ്രജന്റെ ഘനത്വം = 0.089 ഗ്രാം/ലി.

∴ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെട്ട ഹൈഡ്രജന്റെ ഭാരം

$$= \frac{30\ 04 \times 0\ 089}{1000} = 0\ 002673 \text{ ഗ്രാം}$$

0 002673 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ 0.0327 ഗ്രാം മഗ്നീഷ്യം വേണ്ടിവരുന്നു.

∴ മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 1.008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ വേണ്ട മഗ്നീഷ്യത്തിന്റെ ഭാരം

$$= \frac{0.0327 \times 1.008}{0.002673} = 12.32$$

(3) 0.5 ഗ്രാം സിങ്കുപൊടി വേണ്ടതിലധികം സിൽവർ നൈട്രേറ്റുമായി പ്രവർത്തിപ്പിച്ചപ്പോൾ 1.664 ഗ്രാം സിൽവർ ഉണ്ടായി. സിങ്കിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം 32.5 ആണെങ്കിൽ സിൽവറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം എത്ര?

പരികലനം:

സിൽവറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 1 തുല്യാങ്കഭാരം സിങ്കിൽ നിന്നു കിട്ടുന്ന സിൽവറിന്റെ ഭാരം.

0.5 ഗ്രാം സിങ്ക് വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്ന സിൽവർ

= 1.664 ഗ്രാം.

സിങ്കിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 32.5

∴ 32.5 ഗ്രാം സിങ്ക് വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്ന സിൽവർ

$$= \frac{1.664 \times 32.5}{.5}$$

= 108.2 ഗ്രാം

∴ സിൽവറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 108.2.

4. ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 0.2923 ഗ്രാം സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ച് അധികം സിൽവർ നൈട്രേറ്റ് ലായനി ചേർത്തു് സിൽവർ ക്ലോറൈഡ് ആക്കി അവക്ഷേപം ചെയ്യിക്കപ്പെട്ടു. സിൽവർ ക്ലോറൈഡ് അരിച്ച് കഴുകി ശുദ്ധമാക്കി ഉണക്കിയപ്പോഴം അതിന്റെ ഭാരം 0.7167 ഗ്രാം ആയിരുന്നു. സോഡിയത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കുക. (സിൽവറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 107.9)

പരികലനം:

സോഡിയത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം x ആണെന്നിരിക്കട്ടെ.

∴ 35.46 ഗ്രാം ക്ലോറിനുമായി x ഗ്രാം സോഡിയം സംയോജിക്കുന്നു.

ഇതുപോലെ 35.46 ഗ്രാം ക്ലോറിനുമായി 107.9 ഗ്രാം സിൽവർ സംയോജിക്കുന്നു.

∴ $(x+35.46)$ ഗ്രാം സോഡിയം ക്ലോറൈഡിൽനിന്നു് $(107.9+35.46$ = 143.36 ഗ്രാം സിൽവർക്ലോറൈഡ് കിട്ടും.

പരീക്ഷണത്തിൽ 0.2923 ഗ്രാം സോഡിയം ക്ലോറൈഡിൽ നിന്നു് 0.7167 ഗ്രാം സിൽവർ ക്ലോറൈഡുണ്ടാകുന്നു.

$$\therefore \frac{(x+35.46)}{143.36} = \frac{0.2923}{0.7167}$$

$$\therefore x = 23.02$$

5. ഒരു ലോഹക്ലോറൈഡിനെ സൽഫേറ്റു് ആക്കിയപ്പോഴം 0.336 ഗ്രാം ക്ലോറൈഡിൽനിന്നു് 0.4116 ഗ്രാം സൽഫേറ്റു് ലഭിച്ചു. സൽഫേറ്റു് റാഡിക്കലിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം 48 ആണെങ്കിൽ ലോഹത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം എത്ര?

പരികലനം:

ലോഹത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം E ആണെങ്കിൽ, $(E + 35.46)$ ഗ്രാം ക്ലോറൈഡിൽ നിന്നു് $(E + 48)$ ഗ്രാം സൽഫേറ്റു് ഉണ്ടാകണം.

0.336 ഗ്രാം ക്ലോറൈഡിൽ നിന്നു് 0.4116 ഗ്രാം സൽഫേറ്റു് കിട്ടുന്നു.

$$\therefore \frac{E+35.46}{E+48} = \frac{0.336}{0.4116}$$

നിർധാരണം ചെയ്യുമ്പോഴം E = 20 28

6. സിൽവറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം 107. 88 ആണെങ്കിൽ സിൽവർ ക്ലോറൈഡിലുള്ള സിൽവറിന്റെ ശതമാനം എത്ര?

പരികലനം:

ക്ലോറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 35.46

∴ 107.88 ഗ്രാം സിൽവർ 35.46 ഗ്രാം ക്ലോറിനുമായി സംയോജിക്കുന്നു.

∴ $(107.88 + 35.46)$ ഗ്രാം സിൽവർ ക്ലോറൈഡിൽ 107.88 ഗ്രാം സിൽവർ ഉണ്ടു്.

$$\therefore \text{സിൽവറിന്റെ ശതമാനം} = \frac{107.88 \times 100}{(107.88+35.46)} = 75.30$$

അനുബന്ധം 1.

പരിവർത്തിതുല്യാങ്കഭാരം:-ഒരേ മൂലകങ്ങളും തമ്മിൽ ഒന്നിലധികം അനുപാതങ്ങളിൽ സംയോജിച്ച് വ്യത്യസ്ത യൗഗികങ്ങളും ഉണ്ടാകാമല്ലൊ. അതിനാൽ ഇപ്പോഴുള്ള ഓരോ യൗഗികങ്ങളിലും തുല്യാങ്കഭാരം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി കോപ്പർ ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ച് രണ്ട് ഓക്സൈഡുകളും ഉണ്ടാകുന്നു. കറുത്ത കപ്രിക് ഓക്സൈഡും ചുവന്ന കുപ്രസ് ഓക്സൈഡും. ഇവ യഥാക്രമം Cu O, Cu_2 O എന്നിവയാണ്. കുപ്രിക് ഓക്സൈഡിൽ ഒരു ഗ്രാം അണു (16) ഓക്സിജനോട് കൂടി 1 ഗ്രാം അണു കോപ്പർ സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഇതിൽ കോപ്പറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം അതിന്റെ അണുഭാരത്തിന്റെ പകുതിയാണ്. കുപ്രസ് ഓക്സൈഡിൽ 16 ഗ്രാം ഓക്സിജനോട് കൂടി 2 ഗ്രാം അണു കോപ്പർ സംയോജിക്കുന്നതിനാൽ ഇതിൽ തുല്യാങ്കഭാരം 1 ഗ്രാം അണു അതായത് അണുഭാരം തന്നെയാണ്.

ഇതുപോലെ മെർക്കുറിയും ക്ലോറിനും ചേർന്ന് രണ്ട് ക്ലോറൈഡുകളുണ്ടാകുന്നു. മെർക്കുറസ് ക്ലോറൈഡും ($Hg_2 Cl_2$) മെർക്കുറിക് ക്ലോറൈഡും ($Hg Cl_2$). ഇവയിൽ മെർക്കുറസ് ക്ലോറൈഡിൽ മെർക്കുറിയുടെ തുല്യാങ്കഭാരം അതിന്റെ അണുഭാരം തന്നെയാണ്; മെർക്കുറിക് ക്ലോറൈഡിൽ അണുഭാരത്തിന്റെ പകുതിയും.

അനുബന്ധം 2.

യൗഗികങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം: മൂലകങ്ങളെക്കുറിച്ചെന്നതുപോലെ യൗഗികങ്ങളുടെയും തുല്യാങ്കഭാരം കല്പിക്കാവുന്നതാണ്. യൗഗികങ്ങളും തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ അവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങളും ആനുപാതികമായി പങ്കെടുക്കുന്നു എന്ന തത്വത്തെ ആസ്പദമാക്കിയാണ് യൗഗികങ്ങളുടെയും തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കപ്പെടുന്നത്. ഓരോ യൗഗികങ്ങളുടെയും രാസസ്വഭാവത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് തുല്യാങ്കമാനകം സങ്കല്പിക്കപ്പെടുന്നത്. മൂലകങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ 1.008 ഭാരം ഹൈഡ്രജനും മറ്റും മാനകമാക്കിയാണ് തുല്യാങ്കഭാരനിർവചനം. മൂലകങ്ങളും തമ്മിലുള്ള സംയോജനവും വിസ്ഥാപനവും ആണ് അവിടെ മാനകമായ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ. എന്നാൽ യൗഗികങ്ങൾക്ക് പല തരത്തിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും മാനകമായി സൗകര്യംപോലെ സ്വീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി അമ്ലങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർവചിക്കപ്പെടുന്നത് അവയിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ഹൈഡ്രജനെ ആസ്പദമാക്കിയാണ്. ലോഹങ്ങളും കൊണ്ടും ലോഹതുല്യങ്ങളായ റാഡിക്കലുകളെക്കൊണ്ടും ആദേശം ചെയ്യപ്പെടാവുന്ന ഹൈഡ്രജനാണ് ഒരു യൗഗികത്തിന്നു അമ്ലസ്വഭാവം ഉണ്ടാകുന്നത്. അതുപോലെ ഒരു ''ഓക്സീകാരകത്തിന്റെ'' തുല്യാങ്കഭാരം അതിൽനിന്നും റെഡോക്സ് പ്രവർത്തനത്തിനു ലഭിക്കാവുന്ന ഓക്സിജന്റെ പരിമാണത്തെ ആസ്പദമാക്കിയാണ് നിർവചിക്കപ്പെടാറുള്ളത്.

ആസിഡുകളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം

1 തുല്യാങ്കം (1.008 ഭാരം) അയണീകരണയോഗ്യമായ ഹൈഡ്രജൻ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള അമ്ലത്തിന്റെ ഭാരമാണ് അതിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം.

ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലത്തിൽ, 36.46 ഗ്രാം അമ്ലത്തിനു 1. 008 ഗ്രാം വീതം ഹൈഡ്രജൻ ഉണ്ട്. അതിന്റെ സൂത്രത്തിൽ നിന്നും ഈ വസ്തുത മനസ്സിലാക്കാം.

∴ 1.008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജൻ 36.46 ഗ്രാം HCl-ൽ ഉണ്ട്.

∴ HCl-ന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 36.46

സൽഫ്യൂറിക് അമ്ലത്തിന്റെ (H_2SO_4) ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരത്തിൽ (98 ഗ്രാം) 2×1.008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജൻ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

∴ 1.008 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജൻ, $\frac{98}{2}$ = 49 ഗ്രാം ($\frac{1}{2}$ മോൾ) അമ്ലത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

∴ സൽഫ്യൂറിക് അമ്ലത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = $\frac{1}{2}$ തന്മാത്രാഭാരം = 49.

പൊതുവെ, അമ്ലത്തിന്റെ സൂത്രവാക്യത്തിൽ അയണീകരണയോഗ്യമായ n ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളാണുള്ളതെങ്കിൽ (അതായത് അമ്ലത്തിന്റെ ബേസികത n ആണെങ്കിൽ) 1 തന്മാത്രാഭാരം അമ്ലത്തിൽ $n \times 1.008$ ഭാരം (n തുല്യാങ്കഭാരം) ഹൈഡ്രജൻ ഉണ്ടായിരിക്കും.

∴ 1.008 ഭാരം (1 തുല്യാങ്കഭാരം) ഹൈഡ്രജൻ $\frac{1}{n}$ തന്മാത്രാഭാരം അമ്ലത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കും.

∴ അമ്ലത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = $\frac{\text{തന്മാത്രാഭാരം}}{\text{ബേസികത}}$

ബേസുകളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം

ഒരു തുല്യാങ്കഭാരം അമ്ലത്തെ പൂർണമായി ഉദാസീനമാക്കാൻ ആവശ്യമായ ബേസിന്റെ ഭാരമാണ് അതിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം. ഉദാഹരണമായി ഒരു തുല്യാങ്കഭാരം ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലത്തെ ഉദാസീനമാക്കാൻ 40 ഭാരഭാഗം സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് വേണം. അതായത് സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 40. ഇവയുടെ പ്രതിപ്രവർത്തനസമീകരണം പരിശോധിച്ചാൽ ഈ അനുപാതം കിട്ടുകയും ചെയ്യും.

$$HCl + Na\,OH = NaCl + H_2O$$

∴ 1 തന്മാത്രാഭാരം (36. 46) HClനെ ഉദാസീനമാക്കാൻ 1 തന്മാത്രാഭാരം NaOH (= 40) ആവശ്യമാണ്.

∴ Na OH-ന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = അതിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം. സോഡിയം കാർബണേറ്റിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരവും അമ്ലത്തെ ആസ്പദമാക്കിയാണ് നിർവചിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്.

$$Na_2CO_3 + 2\,HCl \longrightarrow 2\,NaCl + H_2O + CO_2$$

∴ ഒരു സൂത്രഭാരം Na_2CO_3 രണ്ട് സൂത്രഭാരം ($2 \times 36.46 = 2$ തുല്യാങ്കഭാരം) HCl-മായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

∴ Na_2CO_3 യുടെ തുല്യാങ്കഭാരം = 1 തുല്യാങ്കഭാരം HCl-മായി പ്രവർത്തിക്കാൻ വേണ്ട ഭാരം = $\frac{\text{സൂത്രഭാരം}}{2} = \frac{106}{2} = 53$

ലവണങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം

അമ്ലക്ഷാരപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഒരു ലവണത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം എന്നത്, ഒരു തുല്യാങ്കഭാരം അമ്ലവും ഒരു തുല്യാങ്കഭാരം ക്ഷാരവും തമ്മിൽ പ്രവർത്തിച്ചുണ്ടാകുന്ന ലവണത്തിന്റെ ഭാരമായിട്ടാണ് നിർവചിക്കപ്പെടുന്നത്.

ഓക്സീകാരകങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം

ഒരു തുല്യാങ്കഭാരം (8 ഭാരം) ഓക്സിജനോ തത്തുല്യമായ മറ്റു മൂലകങ്ങളോ റെഡോക്സ് പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ നൽകാൻ വേണ്ടത്ര ഓക്സീകാരകത്തിന്റെ (oxidising agent) ഭാരമാണ് അതിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം.

പൊട്ടാസിയം പെർമാൻഗനേറേറ് സൽഫ്യൂറിക് അമ്ലത്തിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യത്തിൽ ഒരു നല്ല ഓക്സീകാരകമാണ്. ഇത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പെർമാൻഗനേറേറിൽനിന്നും ഓക്സിജൻ ഉണ്ടാകുന്നതായും തൽക്ഷണം ഈ ഓക്സിജൻ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നതായും സങ്കല്പിക്കാം.

$$2\,K\,Mn\,O_4 + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2\,MnSO_4 + 3H_2O + 5\,(O)$$

$\therefore$ 2 തന്മാത്രാഭാരം $K\,Mn\,O_4 \equiv 5(O)$

$= 5 \times 16$ ഭാരം

$= 10 \times 8$ ഭാരം $= 10$ തുല്യാങ്കഭാരം.

$\therefore$ 1 തുല്യാങ്കഭാരം (8 ഭാരം) ഓക്സിജൻ നൽകാൻ വേണ്ട പെർമാൻഗനേറ്

$$= \frac{2 \text{ തന്മാത്രാഭാരം}}{10} = \frac{\text{തന്മാത്രാഭാരം}}{5}$$

$= 31.6$

ഇത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ $K\,MnO_4$ ന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം 31.6 ആണ്.

നിരോക്സീകാരകങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം

ഒരു തുല്യാങ്കഭാരം ഓക്സീകാരകവുമായി പ്രവർത്തിക്കുവാൻ വേണ്ട നിരോക്സീകാരകത്തിന്റെ (Reducing agent) ഭാരമാണ് അതിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം.

ഒരു തുല്യാങ്കം ഓക്സിജനുമായോ മറ്റു മൂലകങ്ങളുമായോ റെഡോക്സ് പ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൾപ്പെടാൻ വേണ്ട ഭാരമായും നിരോക്സീകാരകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർവചിക്കാവുന്നതാണ്. (ഒരു തുല്യാങ്കഭാരം ഓക്സിജൻ, ഒരു തുല്യാങ്കഭാരം ഓക്സീകാരകം എന്നിവ രാസതുല്യാങ്കങ്ങളാണല്ലോ).

ഹലൊജനുകളുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന യൗഗികങ്ങൾ

ഹലൊജനുകളുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന യൗഗികങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം, 1 തുല്യാങ്കഭാരം (1ഗ്രാം അണു) ഹലൊജനുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനു വേണ്ട അവയുടെ ഭാരമാണ്. ഉദാഹരണമായി അയൊഡീനും സോഡിയം തയോസൽഫേറ്റും തമ്മിൽ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പ്രവർത്തനം നടക്കുന്നു.

$$2Na_2\,S_2\,O_3 + I_2 \longrightarrow Na_2\,S_4\,O_6 + 2Na\,I$$

$\therefore$ 2 തന്മാത്രാഭാരം തയോസൽഫേറ് രണ്ടു ഗ്രാംഅണു അയൊഡീനുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

$\therefore$ $Na_2\,S_2\,O_3$ യുടെ തുല്യാങ്കഭാരം

$$= \frac{2 \times \text{തന്മാത്രാഭാരം}}{2}$$

$=$ തന്മാത്രാഭാരം

അനുബന്ധം 3

ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരവും നോർമലതയും

ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ''തുല്യാങ്കഭാരത്തോളം ഗ്രാം'' ആണു് ആ പദാർഥത്തിന്റെ 1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം. (gram equivalent weight).

ഉദാഹരണമായി ഓക്സിജന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 8

∴ 1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം ഓക്സിജൻ = 8 ഗ്രാം

16 ഗ്രാം ഓക്സിജൻ = $\frac{16}{8}$ = 2 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം

പദാർഥങ്ങളുടെ പരിമാണങ്ങളും ഗ്രാം, ഗ്രാം അണു, ഗ്രാം തന്മാത്ര എന്നീ മാതൃകകളിൽ പ്രസ്താവിക്കുന്നതുപോലെ തന്നെ ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരമായും പറയാവുന്നതാണു്.

തുല്യാങ്കഭാരം E ആയിട്ടുള്ള ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ W ഗ്രാം ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. ഈ ഭാരത്തെ തുല്യാങ്കഭാരമാക്കാം.

1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം = E ഗ്രാം

$$\therefore W \text{ ഗ്രാം} = \frac{W}{E} \text{ ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം}$$

ലായനികളുടെ സംഘടനം ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരത്തിൽ പ്രസ്താവിക്കുന്നതു് വളരെ പ്രയോജനപ്രദമാണു് (ടൈട്രേഷൻ നോക്കുക).

നോർമലത

ഒരു ലിറ്റർ ലായനിയിൽ എത്ര ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം പദാർഥം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു എന്നു് കുറിക്കുന്നതാണു് അതിന്റെ നോർമലത.

ഉദാഹരണമായി സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡിന്റെ ഒരു ലായനിയിൽ ലിറ്ററിനു് 8 ഗ്രാം NaOH ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. സാന്ദ്രത = 8 ഗ്രാം/ ലി

Na OH-ന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 40

∴ 1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം Na OH = 40 ഗ്രാം

∴ 8 ഗ്രാം NaOH = $\frac{8}{40}$ = 0. 2 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം.

∴ ഈ ലായനിയിൽ 0. 2 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം/ലി NaOH ഉണ്ടു്.

∴ ലായനിയുടെ നോർമലത (N) = 0. 2. (N എന്നതു് നോർമലതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.) ഈ ലായനിയെ ''0.2 N ലായനി'' (0.2 നോർമൽ ലായനി) എന്നു പറയുന്നു.

നോർമൽ ലായനി എന്നു പറഞ്ഞാൽ 1 N-ലായനി എന്നാണു് അർഥം. ഡെസി-നോർമൽ ലായനിയെ 0. 1 N, $\frac{1}{10}$ N അഥവാ $\frac{N}{10}$ ലായനി എന്നു പറയാം.

അനുബന്ധം: 4 ടൈട്രേറ്റർ

പരസ്പരം പ്രവർത്തിക്കുന്ന രണ്ടു പദാർഥങ്ങളുടെ ലായനികളും തമ്മിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടത്തി, നിശ്ചിത വ്യാപ്തം ഒരു ലായനിയുമായി പ്രവർത്തി

ക്കുന്നതിനു് എത്ര വ്യാപ്തം മറേറ ലായനി വേണ്ടിവരും എന്നു് നിർണയിച്ചു്, ഒരു ലായനിയുടെ സാന്ദ്രത അറിയാമെങ്കിൽ മറേറ ലായനിയുടെ സാന്ദ്രത കണക്കാക്കാം. ഈ വിധിയാണു് വ്യാപ്തവിശ്ലേഷണം (Volumetric analysis). നിശ്ചിത വ്യാപ്തം ഒരു ലായനിയോടു് കൂടി പ്രവർത്തിക്കുവാൻ വേണ്ട മറേറ ലായനിയുടെ വ്യാപ്തം നിർണയിക്കുന്ന പരീക്ഷണമാണു് 'ടൈട്രേറ്റൽ' (Titration അനുമാപനം). A, B എന്നീ പദാർഥങ്ങളുടെ ലായനികളാണു് ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ.

V_1 മി. ലി. A-ലായനിയുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുവാൻ V_2 മി. ലി B-ലായനി വേണ്ടിവരുന്നു എന്നു് നിർണയിക്കപ്പെടുന്നു. A, B ലായനികളുടെ നോർമലത യഥാക്രമം N_1, N_2 എന്നിവയാണെന്നും സങ്കല്പിക്കുക.

പദാർഥങ്ങളുടെ പരസ്പരപ്രവർത്തനത്തിലുള്ള അവയുടെ ഭാരങ്ങളും തുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾക്കു് ആനുപാതികമായിരിക്കും. ഇത്തരത്തിലാണല്ലോ യൗഗികങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങളും നിർവചിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതു്. അതിനാൽ 1 തുല്യാങ്കഭാരം A യുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന B യുടെ ഭാരമാണു് B യുടെ തുല്യാങ്കഭാരം. അപ്പോൾ 1 തുല്യാങ്കഭാരം A യുമായി 1 തുല്യാങ്കഭാരം B പ്രവർത്തിക്കും. x തുല്യാങ്കഭാരം A യുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനു് x തുല്യാങ്കഭാരം B വേണം. അതായതു്, പരസ്പരം പ്രവർത്തിക്കുന്ന രണ്ടു പദാർഥങ്ങളും ഒരേ ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾ വീതമാണു്. അപ്രകാരം ചെയ്യുന്നതു് എന്നർഥം.

∴ V_1 മി. ലി. A ലായനിയിൽ എത്ര ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം A ഉണ്ടോ അത്രയും ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം B, V_2 മി. ലി. B ലായനിയിൽ ഉണ്ടായിരിക്കണം.

A ലായനിയുടെ നോർമലത = N_1. അതായതു് 1 ലിറ്റർ A ലായനിയിൽ N_1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം A യുണ്ടു്.

∴ V_1 മി. ലി. A ലായനിയിൽ $\frac{N_1 \times V_1}{1000}$ ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം A ഉണ്ടു്.

B ലായനിയുടെ നോർമലത N_2 ആണു്.

∴ V_2 മി. ലി. B ലായനിയിൽ $\frac{N_2 V_2}{1000}$ ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം B യുണ്ടു്.

∴ $\frac{N_1 V_1}{1000} = \frac{N_2 V_2}{1000}$

അഥവാ $N_1 V_1 = N_2 V_2$

ഈ സമീകരണമാണു് വ്യാപ്തവിശ്ലേഷണത്തിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നതു്. V_1, V_2 എന്നിവ പരീക്ഷണത്തിൽ നിന്നു് നിർണയിക്കപ്പെടുന്നു. അപ്പോൾ, ഒരു ലായനിയുടെ നോർമലത അറിയാമെങ്കിൽ മറേറതിന്റെ നോർമലത കണ്ടുപിടിക്കാം. N_1 അറിയാമെങ്കിൽ, $N_2 = \frac{N_1 V_1}{V_2}$

നോർമലത = 1 ലിറ്ററിൽ ഉള്ള ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം.

പദാർഥത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം E ആണെങ്കിൽ

സാന്ദ്രത = (നോർമലത × E) ഗ്രാം/ലി.

ഉദാഹരണം:

ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 20 മി. ലി. 0.2 N സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്ലൈഡ് ലായനിയെ ഉദാസീനമാക്കുന്നതിന് 16 മി. ലി. ഹൈഡ്രോക്ലോറിക അമ്ലം വേണ്ടിവന്നു. അമ്ലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത കണക്കാക്കുക.

പരികലനം

അമ്ലത്തിന്റെ വ്യാപ്തം = V_1 = 16 മി. ലി.

അമ്ലത്തിന്റെ നോർമലത = N_1

Na OH ന്റെ വ്യാപ്തം = V_2 = 20 മി. ലി.

,, നോർമലത = N_2 = 0.2

$V_1 N_1$ = $V_2 N_2$.

$$\therefore \quad N_1 = \frac{V_2 \ N_2}{V_1}$$

$$= \frac{20 \times 0.2}{16}$$

$$= 0 \ 25$$

$\therefore$ HCl ലായനിയുടെ നോർമലത = 0.25

$\therefore$ 1 ലിറ്റർ ലായനിയിൽ 0.25 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം HCl ഉണ്ട്.

HCl-ന്റെ 1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം = 36.46

$\therefore$ സാന്ദ്രത $= 0.25 \times 36.46 = 9.115$ ഗ്രാം/ലി

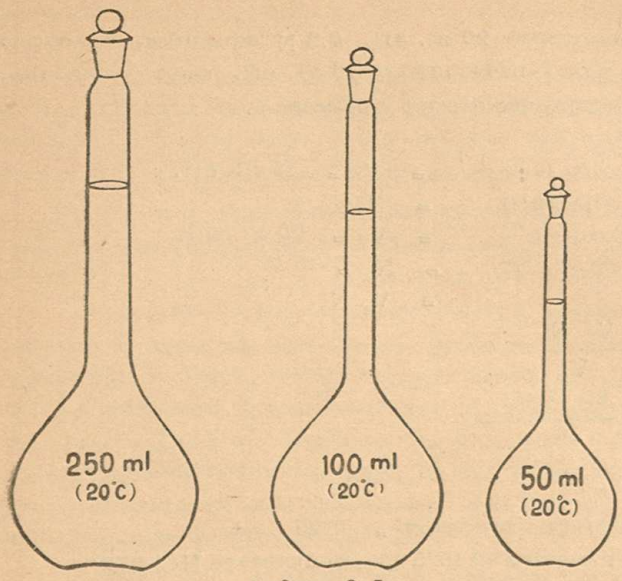
മാനകലായനി

നോർമലത അറിയാവുന്ന ഒരു ലായനിയെ മാനകലായനി (Standard-Solution) എന്നു പറയുന്നു. ടൈട്രേഷൻകൊണ്ട് ഒരു ലായനിയുടെ നോർമലത നിർണയിക്കുന്നതിനു ''മാനകീകരണം'' (Standardisation) എന്നു പറയുന്നു.

നിശ്ചിതഭാരം പദാർഥം വിലയിപ്പിച്ചു നിശ്ചിത വ്യാപ്തം ലായനി ഉണ്ടാക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്നതു ഒരു മാനകലായനി ആയിരിക്കുമല്ലോ. ഇതിനു 'മാനകഫ്ളാസ്കുകം' (Standard flasks) ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. മാനകഫ്ളാസ്കിന്റെ ചിത്രം അടുത്ത പേജിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 6_5)

ഫ്ളാസ്കിന്റെ കഴുത്തിനു മുറയും ഒരു വൃത്താകാര അടയാളം ഉണ്ട്. ഈ അടയാളം വരെ ഏതെങ്കിലും ദ്രവം ഫ്ളാസ്കിൽ എടുത്താൽ അതിന്റെ വ്യാപ്തം ഫ്ളാസ്കിൽ കുറിച്ചിടത്തോളം ആയിരിക്കും. (നിശ്ചിത താപനിലയിൽ ഉള്ള വ്യാപ്തമാണ് കുറിച്ചിരിക്കുന്നതു). 1, 2, 5, 10. 20, 25, 50, 100, 200, 250, 500, 1000, 2000 മി.ലി.വ്യാപ്തങ്ങൾ ഉള്ള മാനകഫ്ളാസ്കുകൾ ഉണ്ട്.

ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ എകദേശം ഡെസിനോർമൽ (= 0.1 N) ആയ ഒരു മാനകലായനിയുണ്ടാക്കണം എന്നിരിക്കട്ടെ. എത്ര വ്യാപ്തം ലായനി ആവശ്യമുണ്ടോ ആ വ്യാപ്തമുള്ള മാനകഫ്ളാസ്കിൽ ഒരു ഫണലും വൃത്തിയാക്കി കഴുകി



(ചിത്രം 6–5)

അവയെ വാറ്റുവെള്ളംകൊണ്ട് അനുക്ഷാളനം ചെയ്യുക. 250 മി. ലി. മാനകലായനിയാണുണ്ടാക്കേണ്ടതെന്നിരിക്കട്ടെ. പദാർത്ഥത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം അറിഞ്ഞിരിക്കണം. ഇതു് E ആണെങ്കിൽ 0.1 N ലായനി എന്നു വെച്ചാൽ $0.1 \times E$ ഗ്രാം പദാർഥം 1 ലിറ്റർ ലായനിയിൽ ഉണ്ടാവണം എന്നർഥം.

∴ 250 മി.ലി. 0.1 N ലായനിയിൽ $\frac{0.1 \times E \times 250}{1000} = \frac{0.1\,E}{4}$ ഗ്രാം പദാർഥം ഉണ്ടായിരിക്കണം. സോഡിയം കാർബണേറ്റിന്റെ കാര്യം എടുക്കാം.

ഇതിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 53.

∴ 250 മി. ലി 0.1 N സോഡിയം കാർബണേറ്റു് ലായനിയുണ്ടാക്കാൻ

$$\frac{0.1 \times 53}{4} = 1.325 \text{ ഗ്രാം } Na_2CO_3 \text{ വേണം.}$$

ഒരു വേയിങ്ങ് ബോട്ടിലിൽ (weighing bottle) ഏകദേശം ഇരുപതു രാസശുദ്ധമായ സോഡിയം കാർബണേറ്റു് എടുക്കുക. ബോട്ടിലിന്റെ ഭാരം കൃത്യമായി നിർണയിച്ച ശേഷം അതിലുള്ള പദാർഥത്തെ പുറത്തു പോകാതെ ശ്രദ്ധിച്ചു് മാനക ഫ്ളാസ്കിൽ വെച്ചിട്ടുള്ള ഫണലിലേയ്ക്കു് തട്ടിയിടുക. വീണ്ടും വേയിങ്ങ് ബോട്ടിലിന്റെ ഭാരം കൃത്യമായി നിർണയിക്കുക. രണ്ടു ഭാരങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം ഫ്ളാസ്കിലേക്കു് തട്ടിയിട്ട സോഡിയം കാർബണേറ്റിന്റെ ഭാരമാണു്. ഇതു് 1.3690 ഗ്രാം ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. വാഷ് ബോട്ടിൽ കൊണ്ടു് വാറ്റുവെള്ളം ഫണലിൽ ചുറ്റിലും ഒഴിച്ചു് Na_2CO_3 മുഴുവനും ഫ്ളാസ്കിനുള്ളിലേക്കു് ആക്കുക. ഫണലിന്റെ അകവും അറ്റവും ഫ്ളാസ്കിനകത്തേക്കു് വീണ്ടും വീണ്ടും കഴുകിയെടുക്കണം. ഫണൽ മാറ്റി, ഫ്ളാസ്കു് സാവധാനം കുലുക്കി (ലായനി പുറത്തു പോകാതെ) സോഡിയം കാർബണേറ്റു് വിലയിപ്പിച്ച ശേഷം കൂടുതൽ വാറ്റു ജലം ഒഴിച്ചു് ലായനിയുടെ വ്യാപ്തം ഫ്ളാസ്കിലെ അടയാളം വരെയാക്കുക. അപ്പോൾ ലായനിയുടെ മൊത്തം വ്യാപ്തം 250 മി. ലി. ആയിരിക്കും. ഫ്ളാസ്കു് അടച്ചു് ലായനി നല്ലവണ്ണം കുലുക്കി ഏകാത്മകമാ

ക്കണം. ഈ ലായനി മാനകലായനിയാണു്. ഇതിന്റെ കൃത്യമായ നോർമലത കണക്കാക്കുക:

250 മി. ലി. ലായനിയിലുള്ള Na_2CO_3 = 1.3690 ഗ്രാം

∴ 1000 മി. ലി. ലായനിയിലുള്ള Na_2CO_3

$$= \frac{1.3690 \times 1000}{250}$$

$$= 1.3690 \times 4 \text{ ഗ്രാം}$$

സാന്ദ്രത = (1.3690 × 4) ഗ്രാം/ലി

തുല്യാങ്കഭാരം = 53

∴ 1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം = 53 ഗ്രാം

∴ (1.369 × 4) ഗ്രാം = $\frac{1.369 \times 4}{53}$ ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം.

∴ നോർമലത = $\frac{1.369 \times 4}{53}$

= 0.1033 N.

അനുമാപനം ചെയ്യുന്നതെങ്ങിനെ?

അനുമാപനത്തിൽ ഒരു ലായനിയുടെ നിശ്ചിതവ്യാപ്തത്തെ പിപ്പറ്റുകൊണ്ടു കോണിക ഫ്ളാസ്കിൽ എടുത്തു് അതിലേക്കു് മറേറാ ലായനി ബ്യൂററിൽനിന്നു അല്പാല്പമായി ഒഴിച്ചുകൊണ്ടു് മിശ്രിതം കലക്കിക്കൊണ്ടിരിക്കണം. ബ്യൂററിൽ നിന്നു് വീഴുന്ന ഓരോ തുള്ളിയും പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിനു വിധേയമാകുന്നു. പ്രതിപ്രവർത്തനം എപ്പോൾ പൂർത്തിയാകുന്നു എന്നു് അറിയണം. ഇതിനു് സാധാരണമായി ചില നിറമുള്ള പദാർഥങ്ങൾ സൂചകമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ അന്ത്യം (end-point) വരുമ്പോൾ ലായനിക്കു് പെട്ടെന്നു് നിറം മാറ്റം ഉണ്ടാകാൻ പറ്റിയ പദാർഥങ്ങളാണു് ഉപയോഗിക്കേണ്ടതു്. സ്ഥിരമായ നിറംമാറ്റം ഉണ്ടായാൽ ഫ്ളാസ്കിൽ ഉള്ള പദാർഥം മുഴുവനും പ്രതിപ്രവർത്തിനു് വിധേയമായതായി തീരുമാനിക്കാം. ഈ സമയം ബ്യൂററിന്റെ ടാപ്പു് അടച്ചു് അതിലെ വ്യാപ്തം കുറിക്കുക.

പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ അന്ത്യം നിറം മാറ്റം കൊണ്ടു് സൂചിപ്പിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങളെ ''സൂചകങ്ങൾ'' (indicators) എന്നതന്നെയാണു് വിളിക്കുന്നതു്. പല കാർബണിക വ്യായങ്ങളും ഇതിനുപയോഗിക്കുന്നു. ചായങ്ങളുടെ വളരെ നേർത്ത ലായനിയുടെ രണ്ടോ മൂന്നോ തുള്ളികളാണു് ഉപയോഗിച്ചാൽ മതിയാകും. അമ്ലക്ഷാരപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ (ഉദാസീനീകരണം—Neutralisation) ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന സൂചകങ്ങൾക്കു് അമ്ലലായനിയിൽ ഒരു നിറവും ക്ഷാരലായനിയിൽ മറെറാരു നിറവും ആണു് ഉണ്ടാകുന്നതു് (പട്ടിക 6–1 നോക്കുക).

സംസൂചകം	അമ്ലത്തിലെ നിറം	ക്ഷാരത്തിലെ നിറം
ലിറ്റ്മസ്	ചുവപ്പ്	നീല
ഫിനോഫ്ഥലീൻ	നിറമില്ല	പിങ്ക്
മീഥൈൽ ഓറഞ്ച്	പിങ്ക്	മഞ്ഞ
മീഥൈൽറെഡ്	പിങ്ക്	മഞ്ഞ

പട്ടിക 6_1

സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് ലായനിയും ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ല ലായനിയും തമ്മിലുള്ള ടൈറ്റേറ്റർ വിവരിക്കാം. വൃത്തിയായി കഴുകി വാറ്റു ജലംകൊണ്ട് പ്രക്ഷാളനം ചെയ്ത കോണിക്ക് ഫ്ളാസ്കിൽ നിശ്ചിത വ്യാപ്തം 20 മി. ലി. എന്നിരിക്കട്ടെ. ക്ഷാരം പിപ്പറ്റ്കൊണ്ട് എടുക്കുക. (പിപ്പറ്റ് നല്ലവണ്ണം കഴുകി, ക്ഷാരലായനി കൊണ്ട് അനുക്ഷാളനം ചെയ്ത ശേഷമാണ് പിപ്പറ്റു ചെയ്യേണ്ടതു്). ലായനിയിലേയ്ക്ക് ഒന്നു രണ്ടു തുള്ളി ''ഫിനോഫ്ഥലീൻ സംസൂചകം'' ഒഴിക്കുക. ഇപ്പോൾ ലായനിയുടെ നിറം പിങ്ക് ആയിരിക്കും. കഴുകിയ ഒരു ബ്യൂററ്റു് അനുമാപനത്തിനുള്ള അമ്ലലായനി കൊണ്ട് അനുക്ഷാളനം ചെയ്ത് അതിൽ ലായനി നിറയ്ക്കുക. ബ്യൂററിന്റെ മുരലും കൂടി നിറയ്ക്കണം. ബ്യൂററിനുള്ളിലെ ലായനിയുടെ തലം അതിലെ അംശാങ്കനങ്ങൾക്കു നേരെയായിരിക്കണം. ലായനിയുടെ തലം കുറിക്കുക. അനന്തരം ബ്യൂററിനെ സ്റ്റാൻഡിൽ ക്ലാമ്പുചെയ്ത് ക്ഷാരലായനിയെടുത്തിട്ടുള്ള കോണിക ഫ്ളാസ്ക് അതിനടിയിൽ വയ്ക്കുക. ഫ്ളാസ്ക് തുടർച്ചയായി കുലുക്കിക്കൊണ്ട് (അതിലുള്ള ലായനി വട്ടത്തിൽ ചുറ്റത്തക്കവണ്ണം) ബ്യൂററിന്റെ ടാപ്പ് നിയന്ത്രിതമായി തുറന്ന് അമ്ലം ഒഴിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുക. ഓരോ തുള്ളി അമ്ലവും ഫ്ളാസ്കിലുള്ള ക്ഷാരവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുന്നു. ക്രമേണ ഫ്ളാസ്കിലുള്ള ലായനിയിലെ ക്ഷാരം തീർന്നു വരുന്നു. ക്ഷാരം തീരുന്നതുവരെ നിറം പിങ്ക് ആയിരിക്കും. ഒടുവിൽ —പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ അന്ത്യത്തിൽ—പിങ്ക് നിറം നിശ്ശേഷം നഷ്ടമാകുന്നു. കാരണം പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിനു് വേണ്ട അമ്ലലായനി ഒഴിച്ചുകഴിഞ്ഞാലുടൻ ലായനി അമ്ലമയമായിത്തീരുന്നു. തുച്ഛമായ അമ്ലത്തിന്റെ ആധിക്യം കൊണ്ട് പിങ്കുനിറം നഷ്ടപ്പെടുകയാണു്. ഈ സമയത്തു് ബ്യൂററ്റു് അടച്ചു് അതിലെ ലായനിയുടെ തലം കുറിക്കുക. ആദ്യത്തെയും അവസാനത്തെയും പാഠ്യാങ്കങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമാണു് പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിനു് ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ട അമ്ലത്തിന്റെ വ്യാപ്തം. ഇതിനു് ''ടൈറേർമൂല്യം'' എന്നു പറയുന്നു. പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കുക. ടൈറേർമൂല്യം സ്ഥിരമാകുന്നതുവരെ ആവർത്തിക്കേണ്ടതാണു്.

അനുമാപനം ചെയ്യുമ്പോൾ ഫ്ളാസ്കിനടിയിൽ ഒരു വെളുത്ത പശ്ചാത്തലം ഉണ്ടെങ്കിൽ നിറം മാറ്റം വ്യക്തമായി കാണാം. സാധാരണമായി വെളുത്ത

'പോർസ്‌ലേൻ ടൈലുകം'' (പിഞ്ഞാണപ്പലകകം) ഇതിൻപയോഗിക്കാറുണ്ട്.

ടൈട്രേറ്റൽ അവസാനിക്കാറാകുമ്പോഴും ബ്യൂററ്റിൽ നിന്നു് ലായനി സാവധാനത്തിൽ തുള്ളികളായി വേണം ഒഴിക്കുവാൻ. അത്യം കുഴഞ്ഞു് കൂടുതൽ ഒഴിച്ചുപോകാതിരിക്കുവാനാണിതു്.

തുടർന്നു വായിക്കുക:

1) A. J. Mee, Physical Chemistry, E L B S (1960)
2) Mithra, A text book of Inorganic Chemistry, Ghosh & Co , Calcutta (1960)
3) Alexeyev, Quantitative Analysis, MIR Publishers, Moscow.
4) Wood, Keenan, Bull & Bowman, Fundamentals of College Chemistry, Harper & Row Pub , New York (1963)
5) Glinka, General Chemistry, Foreign Languages, Pub Home Moscow (1958).

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. നിർവചിക്കുക — മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം, ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം, നോർമലത, അന്നമാപനം, മാനകലായനി, മാനകീകരണം, റാഡിക്കൽ, സംസൂചകം.

2. ലാബറട്ടറിയിൽ സിൽവറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കാനുള്ള ഒരു പരീക്ഷണം വിവരിക്കുക.

(സൂചന: സിൽവറിനെ സിൽവർ ക്ലോറൈഡാക്കുക).

3. താഴെപ്പറയുന്ന യൗഗികങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കുക:

(a) പൊട്ടാസിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് (KOH) (b) നൈട്രിക് അമ്ലം (HNO_3) (c) സോഡിയം കാർബണേറ്റ് (Na_2CO_3)

ഒരു രാസപരീക്ഷണത്തിൽ 20 മി ലി സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് ലായനിയെ ഉദാസീനമാക്കാൻ 25 മി. ലി. നൈട്രിക് അമ്ലം ആവശ്യമാണെന്നു് നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡിന്റെ സാന്ദ്രത 4. 5 ഗ്രാം/ലി. ആണെങ്കിൽ നൈട്രിക് അമ്ലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത കണക്കാക്കുക.

4. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം 68. 67 ആണു്. ക്ലോറിൻ, ബ്രോമിൻ എന്നിവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങളും 35. 46, 79. 91 എന്നിവയുമാണു്. മൂലകത്തിന്റെ 15 ഗ്രാം ക്ലോറൈഡിൽ നിന്നു് എത്ര ബ്രോമൈഡ് കിട്ടും?

5. ശുദ്ധമായ സോഡിയം ക്ലോറൈഡും സിൽവർ നൈട്രേറ്റും തന്നാൽ സോഡിയത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം എങ്ങിനെ നിർണയിക്കും. (സിൽവറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 107. 9)

6. താഴെക്കൊടുത്തിട്ടുള്ള ലായനികളുടെ നോർമലത കണക്കാക്കുക.

(i) 1. 5 ഗ്രാം/മി. ലി. സാന്ദ്രതയുള്ള സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ്.
(ii) 8 ഗ്രാം/ലി. സാന്ദ്രതയുള്ള പൊട്ടാസിയം പെർമാൻഗനേറ്റ് ലായനി
(iii) 2% സൽഫ്യൂറിക് അമ്ല ലായനി.

7. സാന്ദ്രസൽഫ്യൂറിക് അമ്ലത്തിന്റെ നോർമലത 36 ആണ്. എന്നാൽ
(i) ഇതിൽ നിന്നും 500 മി. ലി. 1 N അമ്ലം ഉണ്ടാക്കുന്നതെങ്ങിനെ?
(ii) അതിന്റെ സാന്ദ്രത എത്ര?
(iii) 15 മി. ലി. സാന്ദ്ര അമ്ലത്തെ 1 ലി. ആക്കി നേർപ്പിച്ച കിട്ടുന്ന ലായനിയുടെ സാന്ദ്രതയും നോർമലതയും കണക്കാക്കുക.

8. ഒരു അമ്ലത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കാനായി കൃത്യമായി 1.575 ഗ്രാം ഒരു 100 മി. ലി. മാനകഫ്ളാസ്കിൽ എടുത്തു ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചു ഫ്ളാസ്കിലെ അടയാളം വരെ നേർപ്പിച്ചു. ഈ ലായനികൊണ്ടു ഒരു മാനക-സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് ലായനിയുടെ 20 മി. ലി. നെ അനുമാപനം ചെയ്തപ്പോൾ ടൈറേർമൂല്യം 22. 5 മി. ലി. ആയിരുന്നു. സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് ലായനിയുടെ സാന്ദ്രത 4.5 ഗ്രാം/ലി. ആണെങ്കിൽ അമ്ലത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം എത്ര?

9. വെളുത്തീയം (ടിൻ) സാന്ദ്രനൈടിക് അമ്ലവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ ടിൻ ഓക്സൈഡ് ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 1.204 ഗ്രാം ടിന്നിൽനിന്നും 1. 528 ഗ്രാം സ്റ്റാനിക് ഓക്സൈഡ് ലഭിച്ചു. ടിന്നിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം എത്ര? ഇതിൽനിന്നും സ്റ്റാനിക് ക്ലോറൈഡിൽ ഉള്ള ടിന്നിന്റെ ശതമാനം കണക്കാക്കുക?

10. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരവും തുല്യാങ്കഭാരവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം വ്യക്തമാക്കുക.

11. ഒരു ലോഹക്ലോറൈഡ് ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചു അധികം സിൽവർ നൈട്രേറ് ലായനികൊണ്ടു പ്രതിപ്രവർത്തിപ്പിച്ചപ്പോൾ 1.579 ഗ്രാം സിൽവർ ക്ലോറൈഡ് ലഭിച്ചു. പരീക്ഷണത്തിൽ 0.8195 ഗ്രാം ക്ലോറൈഡ് ആണ് കിട്ടിയതെങ്കിൽ ലോഹത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം എത്ര?

12. ഒരു ലോഹത്തിന്റെ രണ്ടു ക്ലോറൈഡുകളിൽ യഥാക്രമം 65.6,55.8 ശതമാനം വീതം ക്ലോറിൻ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതായി പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. ഓരോന്നിലും ഉള്ള ലോഹത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾ കണക്കാക്കുക?

13. 0.4465 ഗ്രാം ലോഹം അമ്ലവുമായി പ്രവർത്തിച്ചപ്പോൾ 0.05004 ഗ്രാം ശുദ്ധമായ ഹൈഡ്രജൻ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെട്ടു. ഈ ലോഹത്തിന്റെ ഓക്സൈഡിന്റെയും ക്ലോറൈഡിന്റെയും സംഘടനങ്ങൾ കണക്കാക്കുക?

അണുഭാരനിർണയം

രാസസംഘടനവും തന്മാത്രാസൂത്രവും ഉപയോഗിച്ച് അണുഭാരം എങ്ങനെ കണക്കാക്കാമെന്ന് 5-ാം അധ്യായത്തിൽ വിവരിച്ചിരുന്നല്ലോ. എന്നാൽ എല്ലാ മൂലകങ്ങളുടെയും അണുഭാരങ്ങൾ ഇത്തരത്തിൽ നിർണയിക്കാൻ സാധ്യമല്ല. അനുയോജ്യങ്ങളായ യൗഗികങ്ങൾ അതിനുണ്ടാകേണ്ടതാണ്. അണുഭാരം കൃത്യമായി നിർണയിക്കൽ വളരെ പ്രാധാന്യമുള്ള സംഗതിയാണ്. അണുഭാരങ്ങൾ നിർണയിക്കപ്പെട്ട കഴിഞ്ഞാൽ പിന്നെ ഓരോ യൗഗികങ്ങളുടെയും സംഘടനത്തിൽ നിന്ന് അവയുടെ തന്മാത്രാസൂത്രം നിർണയിക്കാം. രാസപരികലനങ്ങൾക്ക് മിക്കപ്പോഴും അണുഭാരം ആവശ്യവുമാണ്. ബെഴ്സീലിയസിന്റെയും റിച്ചേഡ്സിന്റെയും സ്റ്റാസിന്റെയും മറ്റും അണുഭാരനിർണയയജ്ഞങ്ങൾ എക്കാലത്തും സ്മരിക്കപ്പെട്ട . അടിസ്ഥാനപരമായ ഒന്നായതിനാൽ അണുഭാരം വളരെയധികം സൂക്ഷ്മതയോടുകൂടി അറിയേണ്ടതാണ്. രാസസംഘടനത്തിൽനിന്ന് അണുഭാരം കണക്കാക്കുന്ന മാർഗം മുമ്പ് പ്രസ്താവിച്ചിട്ടുണ്ട്. മറ്റുള്ള അണുഭാരനിർണയമാർഗങ്ങളാണ് ഈ അധ്യായത്തിൽ പരാമർശിക്കപ്പെടുന്നത്.

1. കന്നിസ്സാരോ വിധി

ഒരേ മൂലകം പല യൗഗികങ്ങളിലും കാണുന്നുണ്ടല്ലോ. ഇവയുടെയെല്ലാം തന്മാത്രകളിൽ മൂലകത്തിന്റെ ഒന്നോ അതിലധികമോ അണുക്കൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. അതായത് ഒരു ഗ്രാം തൻമാത്രാഭാരം യൗഗികത്തിൽ ഒരു ഗ്രാം അണുമൂലകമോ അഥവാ ഒന്നിലധികം (ഒരു പൂർണസംഖ്യ) ഗ്രാം അണുമൂലകമോ ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ അനവധി യൗഗികങ്ങൾ പരിശോധിച്ചാൽ, അവയിൽ ഒന്നിൽനിന്നൊഴികെ മറ്റെല്ലാം തന്മാത്രയിൽ മൂലകത്തിന്റെ ഒരണുമാത്രം ഉണ്ടായിരിക്കാം. അതായത് ഈ യൗഗികത്തിന്റെ ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരത്തിൽ മൂലകത്തിന്റെ ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരം മാത്രമേ ഉണ്ടായിരിക്കുകയുള്ളൂ. മറ്റു യൗഗികങ്ങളുടെ ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരത്തിൽ ഈ പരിമാണത്തിന്റെ ഒരു പൂർണസംഖ്യാഗുണിതമായിരിക്കും മൂലകത്തിന്റെ പരിമാണം. അപ്പോൾ ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ നിരവധി യൗഗികങ്ങൾ വിശ്ലേഷണം ചെയ്ത് ഓരോന്നിന്റെയും ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള മൂലകത്തിന്റെ പരിമാണം നിർണയിച്ചാൽ, അവയിൽ ഏറ്റവും കുറവ് ഏതിലാണോ അതിലുള്ള മൂലക

ത്തിന്റെ ഭാരമായിരിക്കും അതിന്റെ അണുഭാരം. മറ്റു യൗഗികങ്ങളിൽ ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരത്തിലുള്ള മൂലകത്തിന്റെ ഭാരം ഈ ഭാരം തന്നെയോ അഥവാ അതിന്റെ ഒരു പൂർണസംഖ്യാഗുണിതമോ ആയിരിക്കും. കന്നിസ്സാറോയുടെ വിധി ഇതാണു്. ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ അനവധി യൗഗികങ്ങളുടെ തന്മാത്രാഭാരങ്ങളും അവയുടെ ഓരോന്നിന്റെയും ഭാരസംഘടനങ്ങളും കൃത്യമായി നിർണയിക്കേണ്ടതുണ്ടു്. തന്മാത്രാഭാരങ്ങളും ബാഷ്പഘനത്വത്തിൽ നിന്നു് നിർണയിക്കാം. യൗഗികത്തിൽ മൂലകത്തിന്റെ ശതമാനം വിശ്ലേഷണമാർഗങ്ങളും ഉപയോഗിച്ചു് നിർണയിക്കേണ്ടതാണു്. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ കാര്യം എടുത്തു് വിവക്ഷിതം വ്യക്തമാക്കാം. കാർബണിന്റെ അണുഭാരം നിർണയിക്കണമെന്നിരിക്കട്ടെ. തന്മാത്രാഭാരവും ഭാരസംഘടനവും നിർണയിക്കാവുന്ന കുറെ കാർബൺ യൗഗികങ്ങളും തിരഞ്ഞെടുക്കുക. ഉദാഹരണമായി കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു്, കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡു്, കാർബൺ മോണോക്സൈഡു് ക്ലോറോഫോം, ആൽക്കഹോളും മുതലായവ. ഇവയിൽ കാർബൺ ഓക്സൈഡുകളും രണ്ടും വാതകങ്ങളായതിനാൽ ഇവയുടെ ഘനത്വം നിർണയിച്ചു് തന്മാത്രാഭാരങ്ങളും നിർണയിക്കാം (അധ്യായം 5). മറ്റു യൗഗികങ്ങളും ബാഷ്പശീലമുള്ള ദ്രവങ്ങളായതിനാൽ വിക്ടർ മേയർ വിധി പ്രകാരം ഇവയുടെ തന്മാത്രാഭാരങ്ങളും കണ്ടുപിടിക്കാം. കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ സംഘടനം നിർണയിക്കാനുള്ള പരീക്ഷണം കാർബണിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരനിർണയത്തിൽ (അധ്യായം 6) വിവരിച്ചിട്ടുണ്ടു്. അതിനാൽ നിശ്ചിതഭാരം യൗഗികത്തിൽ നിന്നു് എത്ര കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് ലഭിക്കുമെന്നു് പരീക്ഷണങ്ങളും കൊണ്ടു് നിർണയിച്ചാൽ മറ്റു യൗഗികങ്ങളുടെയും കാർബൺ ശതമാനങ്ങളും കണ്ടുപിടിക്കാം.

പട്ടിക–7–1

യൗഗികം	തന്മാത്രാഭാരം	കാർബൺ ശതമാനം	1 തന്മാത്രാഭാരം യൗഗികത്തിലുള്ള കാർബൺ
കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു്	44	27.27	12
ക്ലോറോഫോം	119.4	10.05	12
ആൽക്കഹോളും	46.05	52.11	24
എഥിലീൻ	28.03	85.8	24
അസെറിക് അമ്ലം	60.03	39.97	24
മെഥനോളും	32.03	37.47	12
ബ്യൂട്ടേൻ	58.08	82.63	48

കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം 44 ആണെന്നും അതിലുള്ള കാർബണിന്റെ ശതമാനം 27.27 ആണെന്നും നിർണയിക്കപ്പെട്ട എന്നിരിക്കട്ടെ. ഇനി ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിലുള്ള കാർ

ബൺ എത്രയാണെന്നു് കണക്കാക്കണം. 1 ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം = 44 ഗ്രാം. അതു കൊണ്ടു് 44 ഗ്രാം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ (1 ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം) $44 \times \frac{27.27}{100}$ = 12 ഗ്രാം കാർബൺ ഉണ്ടു്. ഇതുപോലെ മറ്റു യൗഗികങ്ങളിലും അവയുടെ ഓരോന്നിന്റെയും 1 ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരത്തിൽ എത്ര ഗ്രാം കാർബൺ ഉണ്ടെന്നു് നിർണയിക്കുക. ഇവയാണു് പട്ടിക 7–1 ൽ ചേർത്തിട്ടുള്ളതു്.

പട്ടികയിലെ അവസാനത്തെ കള്ളി പരിശോധിച്ചാൽ കാർബണിന്റെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ഭാരം 12 ആണെന്നും 24, 48 എന്നിവ 12 ന്റെ ഗുണിതങ്ങളാണെന്നും വ്യക്തമാണല്ലൊ. അതുകൊണ്ടു് കാർബണിന്റെ അണുഭാരം 12 ആണു്.

പട്ടിക 7—2 ൽ നൈട്രജന്റെ അണുഭാരം നിർണയിക്കുന്നതെങ്ങിനെയെന്നു കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക–7–2

യൗഗികം	തന്മാത്രാഭാരം	നൈട്രജന്റെ ശതമാനം	1 ഗ്രാം തന്മാത്ര യൗഗികത്തിലുള്ള നൈട്രജൻ
അമോണിയ	17	82.4	14
നൈട്രസ് ഓക്സൈഡ്	44	63.6	28
നൈട്രിക് ഓക്സൈഡ്	28	46.7	14
നൈട്രജൻ ഡൈ ഓക്സൈഡ്	46	30.4	28
സയാനജൻ	52	53.8	28

നൈട്രജന്റെ ഏറ്റവും ചുരുങ്ങിയ ഭാരം 14 ആണു്. അതിനാൽ നൈട്രജന്റെ അണുഭാരം 14.

2. ഡ്യുലോങ്ങ് പെറ്റി നിയമം ഉപയോഗിച്ചു് അണുഭാരനിർണയം

''ഖരമൂലകങ്ങളുടെ അണുതാപം (Atomic heat) ഏകദേശം 6. 4 കലോറിയായിരിക്കും.''. ഈ നിയമം ഫ്രഞ്ചുശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരായ ഡ്യുലോങ്ങും പെറ്റിയും 1819ൽ കണ്ടുപിടിച്ചു.

ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരം മൂലകത്തിന്റെ താപധാരിതയാണു് (Heat Capacity) അതിന്റെ അണുതാപം. അതായതു് ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരം മൂലകത്തിന്റെ താപനില 1°C ഉയർത്തുന്നതിനു വേണ്ടത്ര താപമാണു് അണുതാപം.

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം A ആണെങ്കിൽ അതിന്റെ ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരം = A ഗ്രാം. 1 ഗ്രാം മൂലകത്തിന്റെ താപനില 1°C ഉയർത്തുന്നതിനുള്ള താപമാണു് അതിന്റെ വിശിഷ്ട താപം (Specific heat) എന്നു പറയുന്നതു്. ഇതു് പരീക്ഷണദ്വാരാ നിർണയിക്കാവുന്നതുമാണു്.

∴ അണുതാപം = A ഗ്രാം മൂലകത്തിന്റെ താപനില 1°C ഉയർത്തുവാനുള്ള താപം = A × വിശിഷ്ട താപം. എന്നാൽ അണുതാപം 6.4 കലോറിയാണെന്നുള്ള ഡ്യുലോങ്ങ് പെററി നിയമപ്രകാരം, 6.4 = അണുഭാരം × വിശിഷ്ട താപം.

$$\therefore \text{അണുഭാരം} = \frac{6.4}{\text{വിശിഷ്ടതാപം}}$$

അപ്പോൾ ഒരു ഖരമൂലകത്തിന്റെ വിശിഷ്ടതാപം നിർണയിച്ചാൽ അതിന്റെ അണുഭാരം കണക്കാക്കാമല്ലോ. എന്നാൽ ഡ്യുലോങ്ങ് പെററി നിയമം കർശനമായി അനുസരിക്കപ്പെടുന്നില്ല. അതായത് അണുതാപം കൃത്യം 6.4 കലോറിയായിരിക്കുകയില്ല; ഏകദേശം 6.4 കലോറിയായിരിക്കും എന്നേയുള്ളൂ. എന്നാൽ ഈ ഏകദേശ അണുഭാരത്തിൽനിന്നും കൃത്യമായ അണുഭാരം കണക്കാക്കാം.

മൂലകങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരത്തെപ്പററി ചർച്ച ചെയ്തപ്പോൾ, തുല്യാങ്കഭാരവും അണുഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം സംയോജകതയായിരിക്കണം എന്നും തെളിയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഇതും പൂർണസംഖ്യ ആയിരിക്കയും ചെയ്യും.

$$\therefore \frac{\text{അണുഭാരം}}{\text{തുലാങ്കഭാരം}} = \text{സംയോജകത} = \text{പൂർണസംഖ്യ}$$

തുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾ കൃത്യമായി നിർണയിക്കാവുന്നതാണ്.

∴ കൃത്യമായ അണുഭാരം = തുല്യാങ്കഭാരം × സംയോജകത.

ഡ്യുലോങ്ങ് പെററി നിയമത്തിൽ നിന്നും കണക്കാക്കപ്പെട്ടുന്ന ഏകദേശ അണുഭാരത്തെ തുല്യാങ്കഭാരം കൊണ്ടു ഭാഗിച്ചാൽ കിട്ടുന്ന സംഖ്യ പൂർണസംഖ്യയായിരിക്കുകയില്ല. എന്നാൽ ഇതും ഒരു പൂർണസംഖ്യയോടു വളരെ അടുത്തതായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി ഏകദേശം അണുഭാരം ÷ തുല്യാങ്കഭാരം = 2.85 എന്നു കിട്ടുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. 2.85 നോടു അടുത്ത പൂർണസംഖ്യ 3 ആയതിനാൽ സംയോജകത 3 എന്നു കിട്ടുന്നു.

$$\therefore \frac{\text{കൃത്യമായ അണുഭാരം}}{\text{തുല്യാങ്കഭാരം}} = 3$$

∴ കൃത്യമായ അണുഭാരം = 3 × തുല്യാങ്കഭാരം.

ഇത്തരത്തിൽ കൃത്യമായ തുല്യാങ്കഭാരം, വിശിഷ്ടതാപം എന്നിവ നിർണയിച്ചു അണുഭാരം കൃത്യമായി കണ്ടുപിടിക്കാം.

ഉദാഹരണം:

ഇരുമ്പിന്റെ വിശിഷ്ടതാപം 0.112 കലോറി/ഗ്രാം ആണു. തുല്യാങ്കഭാരം 27.9 ആണെങ്കിൽ അണുഭാരം കൃത്യമായി കണക്കാക്കുക.

പരികലനം:

വിശിഷ്ടതാപം = 0.112 കലോറി/ഗ്രാം

$$\therefore \text{ഏകദേശ അണുഭാരം} = \frac{6.4}{0.112} = 57.14$$

തുല്യാങ്കഭാരം = 27.9

$$\frac{\text{അണുഭാരം}}{\text{തുല്യാങ്കഭാരം}} = \frac{57.14}{27.9} = 2.048$$

∴ സംയോജകത = 2
(2.048-നെ പൂർണസംഖ്യയാക്കി തിരുത്തുമ്പോൾ)
∴ കൃത്യമായ അണുഭാരം = 2 × 27.9
= 55.8

കുറിപ്പ്:

1. ഡ്യുലോങ് പെറ്റിനിയമം ഏകദേശമായി മാത്രമേ അനുസരിക്കപ്പെടുന്നുള്ളു. എന്നതിനു പുറമെ പല മൂലകങ്ങളുടെയും അണുതാപം 6.4 ൽ നിന്നു് വളരെ വ്യത്യസ്തമാണു് (ഉദാഹരണം കാർബൺ).

2. ഖരമൂലകങ്ങളുടെ അണുഭാരം നിർണയിക്കുന്നതിനു മാത്രമേ ഈ വിധി ഉപയോഗിക്കാൻ സാധിക്കുകയുള്ളു.

3. മിത്ഷർലിക്കിന്റെ സമരൂപതാനിയമം ഉപയോഗിച്ച് അണുഭാരനിർണയം

അനവധി ക്രിസ്റ്റലുകളുടെ പരിശോധന നടത്തി 1819-ൽ മിത്ഷർലിക്കു് (Mitscherlich) കണ്ടുപിടിച്ച സാമാന്യതത്വമാണു് സമരൂപതാനിയമം (law of isomorphism). ഒരേ രൂപത്തിലുള്ള ക്രിസ്റ്റലുകളാണു് രണ്ടു പദാർഥങ്ങൾക്കുള്ളതെങ്കിൽ അവ ''സമരൂപികം'' (isomorphous) ആണെന്നു പറയുന്നു.

''സമരൂപികളായ പദാർഥങ്ങൾക്കു് ഒരേ തരത്തിലുള്ള സൂത്രം ഉണ്ടായിരിക്കും'' എന്നതാണു് സമരൂപതാനിയമം. അതായതു് സൂത്രങ്ങളിലുള്ള സാദൃശ്യം (രാസസംഘടനത്തിലുള്ള സാദൃശ്യം) ക്രിസ്റ്റൽരൂപങ്ങളിലും പ്രതിഫലിക്കുന്നു എന്നർഥം. ഉദാഹരണമായി അലൂമിനിയം ഓക്സൈഡും ക്രോമിയം ഓക്സൈഡും സദൃശങ്ങളായ സൂത്രങ്ങളും ഉള്ളവയാണു്. Al_2O_3 യും Cr_2O_3 യും ഇവയുടെ ക്രിസ്റ്റൽരൂപങ്ങളും ഒരുപോലുള്ളവയാണു്; അതായതു് അവ സമരൂപികളാണു്. ഇതു പോലെ തന്നെ പൊട്ടാഷ് ആലവും ക്രോംആലവും [$K_2SO_4Al_2(SO_4)_3\ 24\ H_2O$; $K_2SO_4Cr_2(SO_4)_3\ 24\ H_2O$] സമരൂപികളാണു്. നിക്കൽ സൽഫേറ്ഹെപ്റ്റാഹൈഡ്രേറ്റും സിങ്ക്സൽഫേറ്ഹെപ്റ്റാഹൈഡ്രേറ്റും സമരൂപികളാണു്. ഇവയുടെ സൂത്രങ്ങളും യഥാക്രമം $NiSO_4 7H_2O$; $Zn\ SO_4 7\ H_2O$ എന്നിവയാണു്.

സമരൂപികളായ ഇത്തരം ജോഡികളിൽ ഒരെണ്ണത്തിന്റെ സൂത്രത്തിൽനിന്നു് ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുക്രമം മാറ്റി പകരം അതുപോലെ മറ്റേ മൂലകത്തിന്റെ അണുക്രമം ചേർക്കുമ്പോൾ മറ്റേ പദാർഥത്തിന്റെ സൂത്രം കിട്ടുന്നു. അതായതു് ഒന്നിന്റെ ക്രിസ്റ്റൽ ഘടനയിൽ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുക്കളുടെ സ്ഥാനത്തു് മറ്റൊരു മൂലകത്തിന്റെ അണുക്രമം ഘടിപ്പിച്ചാൽ ക്രിസ്റ്റൽഘടനക്കു് മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നില്ലെങ്കിൽ മാത്രമേ സമരൂപത ഉണ്ടാകുന്നുള്ളു. ഉദാഹരണമായി അലൂമിനിയം ഓക്സൈഡ് ക്രിസ്റ്റലിൽനിന്നു് Al അണുക്രമം മാറ്റി അവക്കു പകരം ക്രോമിയം അണുക്രമം ഘടിപ്പിച്ചാൽ ക്രിസ്റ്റൽ ഘടനയിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. ഇക്കാരണത്താൽ സമരൂപികളായ പദാർഥങ്ങൾ തമ്മിൽ ഖരാവസ്ഥയിൽ മിശ്രണീയങ്ങളായിരിക്കും. അതായതു് അവ തമ്മിൽ 'ഖരലാ

യനി' (solid solution) ഉണ്ടാകാം എന്നർഥം. അതുകൊണ്ട് ഇവയുടെ മിശ്ര ക്രിസ്റ്റലുകളും (mixed crystals) ഉണ്ടാകാവുന്നതുമാണ്.

പദാർഥങ്ങളുടെ സൂത്രം നിർണയിക്കുന്നതിനാണ് സമരൂപതാനിയമം പ്രയോജനപ്പെടുന്നത്. സൂത്രം അറിയാവുന്ന ഒരു പദാർഥത്തോട് സമരൂപിയായ മറ്റൊരു യൗഗികത്തിന്റെ സൂത്രവാക്യം അങ്ങനെ കണക്കാക്കാം. സൂത്രവും രാസസംഘടനവും അറിയാമെങ്കിൽ അണുഭാരം കണക്കാക്കാമല്ലോ. ഒന്നു രണ്ടുദാഹരണങ്ങളംകൊണ്ട് ഈ പരികലനം വ്യക്തമാക്കാം.

(a) പൊട്ടാസിയം പെർമാൻഗനേറ്റും പൊട്ടാസിയം പെർക്ലോറേറ്റും ($KClO_4$) സമരൂപികളാണ്. പൊട്ടാസിയം പെർമാൻഗനേറ്റിൽ 34.81% മാൻഗനീസ് ഉണ്ടെന്നു നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. എന്നാൽ മാൻഗനീസിന്റെ അണുഭാരം കണക്കാക്കുക. [K = 39.1 , O = 16]

പരികലനം:

പൊട്ടാസിയം പെർക്ലോറേറ്റിന്റെ സൂത്രം = $KClO_4$

∴ പൊട്ടാസിയം പെർമാൻഗനേറ്റിന്റെ സൂത്രം = $K\,Mn\,O_4$

∴ ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം പൊട്ടാസിയം പെർമാൻഗനേറ്റിൽ ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരം മാൻഗനീസ് (Mn) ഉണ്ടായിരിക്കും.

Mn ന്റെ അണുഭാരം A ആണെങ്കിൽ $KMnO_4$ ന്റെ ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം = $39.1 + A + 16 \times 4 = (A + 103.1)$.

ഇതിൽ A ഗ്രാം Mn അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതിനാൽ Mn ന്റെ ശതമാനം

$$= \frac{A \times 100}{(A + 103.1)}$$

ഇതു 34.81 % ആണെന്നു നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

$$\therefore \frac{A + 100}{(A + 103.1)} = 34.81$$

$$100\,A = 34.81\,A + 34.81 \times 103.1$$

$$65.19\,A = 34.81 \times 103.1$$

$$\therefore A = \frac{34.81 \times 103.1}{65.19}$$

$$= 55.04$$

മാൻഗനീസിന്റെ അണുഭാരം = 55.04

(b) ടൈറേനിയം ഓക്സൈഡായ റുട്ടൈൽ എന്ന ഖനിജത്തിൽ 60.04% ടൈറേനിയം ഉണ്ട്. ഇതു കാസ്സിറൈറൈറ്റിനോടു (SnO_2) സമരൂപിയാണ്. എന്നാൽ ടൈറേനിയത്തിന്റെ അണുഭാരം എത്ര ?

പരികലനം:

$S_n\,O_2$–വുമായി സമരൂപിയായതിനാൽ റുട്ടൈലിന്റെ ഫോർമുല } = $Ti\,O_2$

∴ Ti = A ആണെങ്കിൽ റുട്ടൈലിൽ ടൈറേനിയത്തിന്റെ

$$\text{ശതമാനം} = \frac{A \times 100}{A + 32} = 60.04$$

$$\therefore \quad 100\,A = 60{\cdot}04(A+32)$$

$$A\,(100-39{\cdot}36) = 39.96 \times 32$$

$$\therefore \quad A = \frac{60.04 \times 32}{39.96} = 48.07$$

∴ ടൈറേനിയത്തിന്റെ അണുഭാരം = 48.07

(അധ്യായം 15 കൂടി നോക്കുക)

4. മൂലകവാതകങ്ങളുടെ അണുകതയും തന്മാത്രാഭാരവും നിർണയിച്ച് അണുഭാരം കണക്കാക്കൽ:

മൂലകങ്ങളുടെ തന്മാത്രകം അവയുടെ ഒരണു മാത്രമോ അതിലധികം അണുക്കം ചേർന്നുണ്ടാകുന്നവയോ ആയിരിക്കും. ഒരു തന്മാത്രയിലുള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണമാണ് അണുകത.

∴ തന്മാത്രാഭാരം = അണുകത × അണുഭാരം

$$\therefore \text{അണുഭാരം} = \frac{\text{തന്മാത്രാഭാരം}}{\text{അണുകത}}$$

അപ്പോൾ തന്മാത്രാഭാരവും അണുകതയും നിർണയിച്ചാൽ അണുഭാരം കണക്കാക്കാം. തന്മാത്രാഭാരം ബാഷ്പഘനത്വത്തിൽ നിന്നോ ഘനത്വത്തിൽ നിന്നോ കണ്ടുപിടിക്കാം. വാതകങ്ങളുടെ സ്ഥിരമർദത്തിലുള്ള വിശിഷ്ടതാപവും (Specific heat at constant pressure) സ്ഥിരവ്യാപ്തത്തിലുള്ള വിശിഷ്ടതാപവും (Specific heat at constant volume) തമ്മിൽ വ്യത്യാസമുണ്ടായിരിക്കുമെന്നും, ഇവ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം അണുകതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുമെന്നും കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. അണുതക 1 ആയ ഏക-അണുക-പദാർഥങ്ങൾക്ക് (monatomic) ഈ അനുപാതം 1.67 ആയിരിക്കും; ദ്വ്യണുക പദാർഥങ്ങൾക്ക് (diatomic) 1.4 ആയിരിക്കും. വിശിഷ്ട താപങ്ങളും ഓരോന്നും നിർണയിച്ച് അനുപാതം കണക്കാക്കാനും അല്ലെങ്കിൽ അവയുടെ അനുപാതം നേരിട്ട് നിർണയിക്കാനും പരീക്ഷണവിധികളുണ്ട്. അതിനാൽ ഈ അനുപാതത്തിന്റെ പരിമാണം നോക്കി അണുകത കണ്ടുപിടിക്കാം.

$$\text{അണുഭാരം} = \frac{\text{തന്മാത്രാഭാരം}}{\text{അണുകത}}$$

5. സംയോജകതയും തുല്യാങ്കഭാരവും ഉപയോഗിച്ച് അണുഭാരനിർണയം

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരവും തുല്യാങ്കഭാരവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കഴിഞ്ഞ അധ്യായത്തിൽ തെളിയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടല്ലോ.

അണുഭാരം = തുല്യാങ്കഭാരം × സംയോജകത.

ഈ ബന്ധം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി അണുഭാരം നിർണയിക്കാം. തുല്യാങ്കഭാരങ്ങളും കൃത്യമായി കണ്ടുപിടിക്കാവുന്നതാണ്. മറ്റു മൂലകങ്ങളുമായുള്ള സാദൃശ്യം കൊണ്ടോ, യൗഗികങ്ങളുടെ സൂത്രത്തിൽ നിന്നോ, മറ്റു തരത്തിലോ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ സംയോജകത നിർണയിക്കാമെങ്കിൽ അണുഭാരം കണക്കാക്കാം. (വാസ്തവത്തിൽ ഡ്യൂലോങ് പെറ്റിനിയമവും സംയോജകത നിർണയിക്കുന്നതിനാണല്ലോ ഉപയോഗിക്കുന്നത്.)

ഉദാഹരണം:

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം = 80. ഈ മൂലകത്തിന്റെ ഹൈഡ്രജൻ യൗഗികത്തിന്റെ (ഹൈഡ്രൈഡ്) വ്യാപ്തസംഘടനത്തിൽനിന്നു് അതിന്റെ സൂത്രം നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. ഒരു മൂലകാണു ഒരു H അണുവുമായി സംയോജിച്ചാണു് ഹൈഡ്രൈഡുണ്ടാകുന്നതെങ്കിൽ മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം എത്ര?

പരികലനം:

സംയോജകത = 1 മൂലകാണുവുമായി സംയോജിക്കുന്ന H അണുക്കളുടെ എണ്ണം = 1

∴ അണുഭാരം = തുല്യാങ്കഭാരം × സംയോജകത

= 80 × 1 = 80

6. ആവർത്തനപട്ടികയിൽ നിന്നു് അണുഭാരനിർണയം

ആവർത്തനപട്ടികയിൽ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ചുറ്റിലും ഉള്ള മൂലകങ്ങളുടെ അണുഭാരങ്ങളുടെ ശരാശരി അണുഭാരമായിരിക്കും ആ മൂലകത്തിന്റേതു്. പ്രത്യേകിച്ചു് ഒരേ ഗ്രൂപ്പിൽപെട്ട മൂലകങ്ങളിൽ ഒന്നിന്റെ അണുഭാരം അതിന്റെ തൊട്ടു മുകളിലും താഴെയും ഉള്ളവയുടെ അണുഭാരങ്ങളുടെ ശരാശരിയായിരിക്കും. ഈ വസ്തുത മറ്റു തരത്തിൽ നിർണയിക്കപ്പെട്ടന്ന അണുഭാരം ശരിയാണോ എന്നു് പരിശോധിക്കാൻ കൊള്ളാം എന്നല്ലാതെ ഒരു അണുഭാരനിർണയവിധിയായി ഉപയോഗിക്കാറില്ല. ചില മൂലകങ്ങളുടെ അണുഭാരം ഇത്തരത്തിൽ പരിശോധിച്ചു് തെറ്റാണെന്നു തെളിയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്.

7. ഭൗതികമാർഗങ്ങൾ

ഒരു മൂലകത്തിലുള്ള ഓരോ ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെയും അണുഭാരങ്ങളും, അവയുടെ അനുപാതം എന്നിവ കൃത്യമായി നിർണയിക്കുന്നതിനു് ''മാസ്സ്പെക്ട്രോഗ്രാഫ്'' മുതലായ ഉപകരണങ്ങളും ഉണ്ടു്. ഇവയെപ്പറ്റിയുള്ള ചർച്ചകളും ഈ ഗ്രന്ഥത്തിന്റെ പരിധികൾക്കപ്പുറമാണു്.

അഭ്യാസങ്ങൾ

(5–ാം അധ്യായം കൂടി നോക്കുക)

1. അണുഭാരം എന്നാൽ എന്തു്? ജലത്തിന്റെ രാസസംഘടനം (H : O = 1 : 7.98), സൂത്രം (H_2O) എന്നിവയിൽ നിന്നു് ഹൈഡ്രജന്റെ അണുഭാരം കണക്കാക്കുക (O = 16). ഇതിൽ നിന്നു് നീരാവിയുടെ ബാഷ്പപ്രഘനത്വം, തന്മാത്രാഭാരം എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക.

2. ഒരു ലോഹത്തിന്റെ വിശിഷ്ട താപം 0.109 കലോറി/ഗ്രാം ആണു്. 0.5869 ഗ്രാം ലോഹത്തെ ഓക്സൈഡാക്കിയപ്പോൾ 0.7469ഗ്രാം ഓക്സൈഡ് ലഭിച്ചു ലോഹത്തിന്റെ അണുഭാരം, തുല്യാങ്കഭാരം, സംയോജകത എന്നിവ കണക്കാക്കുക.

3. 'സമരൂപത' എന്നാൽ എന്തു്? സമരൂപതാനിയമം നിവ്വചിക്കുക.

റുബീഡിയം ക്ലോറൈഡും പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡും (KCl) സമരൂപികളാണു്. 2.42 ഗ്രാം റുബീഡിയം ക്ലോറൈഡിൽ നിന്നു് ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 2.867 ഗ്രാം സിൽവർ ക്ലോറൈഡ് കിട്ടി. സിൽവറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം 107.9

ആണെങ്കിൽ റുബീഡിയത്തിന്റെ (Rb) തുല്യാങ്കഭാരവും അണുഭാരവും കണക്കാക്കുക.

4. നിർവചിക്കുക:—അണുതാപം, വിശിഷ്ടതാപം, അണുകത, താപധാരിത.

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ വിശിഷ്ടതാപം 0.114 കലോറി/ഗ്രാം ആണെന്നും അതിന്റെ ഓക്സൈഡിൽ 30 % ഓക്സിജൻ ഉണ്ടെന്നും പരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നു് നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. മൂലകത്തിന്റെ കൃത്യമായ അണുഭാരം എത്ര?

5. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ N. T. P. യിലുള്ള ഘനത്വം 4.478 ഗ്രാം/ലി ആയിരുന്നു. വിശിഷ്ടതാപം 0.0334 കലോറി/ഗ്രാം ആണു്. മൂലകത്തിന്റെഓക്സൈഡു് ചൂടാക്കുമ്പോൾ വിയോജിക്കുന്നു. 0.4326 ഗ്രാം ഓക്സൈഡിൽ നിന്നു് 0.4006 ഗ്രാം മൂലകം ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ വസ്തുതകളിൽനിന്നു് മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം, തുല്യാങ്കഭാരം, തന്മാത്രാഭാരം, അണുകത, ബാഷ്പഘനത്വം എന്നിവ കണക്കാക്കുക.

6. ഒരു ലോഹത്തിന്റെ ക്ലോറൈഡിൽ 34.5% ലോഹം ഉണ്ടെന്നു് നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. ലോഹത്തിന്റെ വിശിഷ്ടതാപം 0.1143 കലോറി/ഗ്രാം ആണെങ്കിൽ അണുഭാരം എത്ര?

ഈ ലോഹത്തിന്റെ ഓക്സൈഡിൽ എത്ര ശതമാനം ലോഹം ഉണ്ടായിരിക്കും?

7. നൈട്രജന്റെ അണുഭാരം പരീക്ഷണശാലയിൽ എങ്ങനെ നിർണയിക്കാമെന്നു് വിവരിക്കുക.

8. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ബ്രോമൈഡു് ജലത്തിൽ അലിയിച്ചു് അധികം സിൽവർ നൈട്രേറ്റു കൊണ്ടു് പ്രതിപ്രവർത്തിപ്പിച്ച കിട്ടുന്ന സിൽവർ ബ്രോമൈഡു് അരിച്ചു്, കഴുകി ഉണക്കി ഭാരം നിർണയിച്ചപ്പോൾ, 0.3789 ഗ്രാം ബ്രോമൈഡിൽ നിന്നു് 0.5636 ഗ്രാം സിൽവർ ബ്രോമൈഡു് കിട്ടി. സിൽവർ, ബ്രോമിൻ എന്നിവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾ യഥാക്രമം 107. 9, 80 എന്നിവയാണു്. ഈ മൂലകത്തിന്റെ സംയോജകത 3 ആണെങ്കിൽ അതിന്റെ അണുഭാരം കണക്കാക്കുക. അണുഭാരപ്പട്ടികയിൽ നിന്നു് ഈ മൂലകം ഏതാണെന്നു് കണ്ടുപിടിക്കുക. ഇതിന്റെ വിശിഷ്ടതാപം എത്രയായിരിക്കും?

9. താഴെപ്പറയുന്ന സൽഫർ യൗഗികങ്ങളിലുള്ള സൽഫർ ശതമാനവും അവയുടെ തന്മാത്രാ ഭാരവും നിർണയിക്കപ്പെട്ടു:—

യൗഗികം	തന്മാത്രാഭാരം	സൽഫറിന്റെ ശതമാനം
ഹൈഡ്രജൻ സൽഫൈഡു്	34	94. 12
കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡു്	76. 1	84. 1
സൽഫർ ക്ലോറൈഡു്	135	47. 41
സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡു്	64	50
സൽഫ്യൂറിൽ ക്ലോറൈഡു്	135	23. 7

(a) സൽഫറിന്റെ അണുഭാരം തിട്ടപ്പെടുത്തുക.

(b) ഹൈഡ്രജനെ ആസ്പദമാക്കി സൽഫറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം കണക്കാക്കുക.

10. അണുഭാര നിർണയവിധികളും വിവരിക്കുക. കോപ്പറിന്റെ അണുഭാരനിർണയത്തിനു് ഇതിൽ ഏതു വിധിയാണു് നിങ്ങളും സ്വീകരിക്കുക? കാരണമെന്തു്?

11. അമോണിയാ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തസംഘടനം നിർണയിച്ചപ്പോൾ ഒരു വ്യാപ്തം നൈട്രജനും മൂന്നു വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജനും തമ്മിൽ സംയോജിച്ചു് രണ്ടു വ്യാപ്തം അമോണിയാവാതകം ഉണ്ടാകുന്നതായി കണ്ടു. അമോണിയയിൽ 82. 25% നൈട്രജൻ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതായി ഭാരസംഘടനാനിർണയത്തിൽ നിന്നു് മനസ്സിലായി. ഈ വസ്തുതകളിൽ നിന്നു് അമോണിയ, നൈട്രജൻ എന്നിവയെപ്പറ്റി എന്തെല്ലാം സംഗതികളും നിങ്ങൾക്കു് അറിയാൻ സാധിക്കും എന്നു് വിശദമാക്കുക. (H = I· 008).

തുടർന്നു വായിക്കുക: മുൻ അധ്യായങ്ങളിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള പുസ്തകങ്ങളും

പ്രതീകം, സൂത്രം, സമീകരണം

ഓരോ ശാസ്ത്രവിഭാഗത്തിലും ധാരാളം സാങ്കേതികസംജ്ഞകൾ ആവർത്തിച്ചു് ഉപയോഗിക്കേണ്ടതായി വരും. അതുകൊണ്ടു് ഇവയ്ക്കു് അനുയോജ്യമായ പ്രതീകങ്ങളും അഥവാ സിംബലുകളും ഉപയോഗിക്കുന്നതു് കൂടുതൽ സൗകര്യപ്രദമാണു്. ഗണിതത്തിലെ പല ചിഹ്നങ്ങളും നമുക്കു് പരിചിതമാണു്. രസതന്ത്രത്തിൽ മൂലകങ്ങളെപ്പറ്റിയുള്ള പരാമർശം വീണ്ടും വീണ്ടും വരുന്നതുകൊണ്ടു് അവയെ പ്രതീകങ്ങളാൽ കൊണ്ടാണു് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യാറുള്ളതു്. ഈ രീതി വളരെ നൂറ്റാണ്ടുകൾക്കു മുമ്പു മുതൽ സ്വീകരിച്ചു വരുന്നതുമാണു്. പഴയ കാലത്തു് രസവാദികൾ (alchemists) ഉപയോഗിച്ചിരുന്ന ചില പ്രതീകങ്ങൾ വളരെ രസാവഹമായിരുന്നു—ചന്ദ്രക്കലയാണു് സിൽവറിനു് അവർ ഉപയോഗിച്ച പ്രതീകം. കൈയ്യിന്റെ ചിത്രം, പട്ടിയുടെ രൂപം മുതലായ പ്രതീകങ്ങളും അവർ ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു. പില്ക്കാലത്തു് ഈ രീതി അപര്യാപ്തവും ക്ലിഷ്ടവുമാണെന്നു് മനസ്സിലായി. മൂലകങ്ങൾക്കു് ഇന്നറിയപ്പെടുന്ന രീതിയിൽ പ്രതീകങ്ങൾ നിശ്ചയിച്ചതു് ബെഴ്സീലിയസിന്റെ കാലം മുതലാണു് (1811). അദ്ദേഹം മൂലകങ്ങളുടെ ചുരുക്കപ്പേരിനെ പ്രതീകമായി സ്വീകരിച്ചു. ആധുനികനിർവചനപ്രകാരം പ്രതീകമെന്നാൽ മൂലകത്തെ (അതിന്റെ ഒരണുവിനെ) ശാസ്ത്രീയവും ലളിതവുമായ രീതിയിൽ കുറിക്കലാണു്. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ പ്രതീകമായി ഉപയോഗിക്കുന്നതു് സാധാരണ അതിന്റെ ഇംഗ്ലീഷിലോ ലത്തീനിലോ ഉള്ള പേരിന്റെ ആദ്യക്ഷരത്തെയാണു്. ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രജന്റെ (Hydrogen) പ്രതീകം 'H' എന്നും ഓക്സിജന്റെയും (Oxygen) 'O' എന്നുമാണു്. എന്നാൽ ഒന്നിലധികം മൂലകങ്ങളുടെ പേരുകളും ഒരേ അക്ഷരത്തിൽ തുടങ്ങുമ്പോൾ ഈ രീതി അപര്യാപ്തമായിത്തീരുന്നു. അങ്ങിനെയുള്ള സന്ദർഭങ്ങളിൽ പദം ഉച്ചരിക്കുമ്പോൾ പ്രാധാന്യം തോന്നിക്കുന്ന വേറൊരു അക്ഷരം കൂടി ചേർത്തു ആദ്യക്ഷരത്തെ പ്രതീകമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം:—

ബോറോൺ	**B**oron B
ബേരിയം	**Ba**rium Ba

ബിസ്മഥ് **Bi**smuth – Bi
ബ്രോമിൻ **Br**omine – Br

പുരാതനകാലം മുതല്ക്കേ അറിയുകയും ലത്തീൻനാമം സ്ഥിരപ്രതിഷ്ഠ നേടുകയും ചെയ്തിട്ടുള്ള പല മൂലകങ്ങൾക്കും അവയുടെ ലത്തീൻ നാമത്തിൽ നിന്നു തന്നെയാണു പ്രതീകങ്ങളും എടുത്തിട്ടുള്ളതു്.

ഉദാഹരണം:—

കോപ്പർ (ചെമ്പു്)	**Cu**prum	Cu
അയേൺ (ഇരുമ്പു്)	**Fe**rrum	Fe
ഗോൾഡ് (സ്വർണം)	**Au**rum	Au
സിൽവർ (വെള്ളി)	**Ag**entum	Ag
ടിൻ (വെളുത്തീയം)	**Sn**nnum	Sn
ലെഡ്(കറുത്തീയം)	**Pb**lumbum	Pb
ടങ്സ്റ്റൺ (ജർമൻ പേരു്)	**W**olfram	W

പ്രതീകം മൂലകത്തിന്റെ മാത്രമല്ല, അതിന്റെ ഒരണുവിന്റെയും അണുഭാരത്തിന്റെയും കൂടിയാണു്. ഉദാഹരണമായി O എന്ന പ്രതീകം ഓക്സിജനെന്ന മൂലകത്തെയും ഓക്സിജന്റെ ഒരണുവിനെയും 16 എന്ന അതിന്റെ അണുഭാരത്തെയും കാണിക്കുന്നു. സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കേണ്ടി വരുന്ന മൂലകങ്ങളും, അവയുടെ പ്രതീകങ്ങളും, അണുഭാരങ്ങളും എന്നിവ പട്ടിക 8–1 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

സൂത്രം:–പ്രതീകം കൊണ്ടു് മൂലകങ്ങളുടെ ഒരണുവിനെ കുറിക്കുന്നതു പോലെ, ഒരു തന്മാത്രയിലെ മൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കളുടെ എണ്ണത്തെയാണു് സൂത്രം കാണിക്കുന്നതു്. ഉദാഹരണമായി ജലത്തിന്റെ സൂത്രം H_2O എന്നാണു്. ഇതു് ജലത്തിന്റെ ഒരു തന്മാത്രയെ ആണു് കുറിക്കുന്നതു്. കൂടാതെ വെള്ളത്തിന്റെ ഒരു തന്മാത്രയിൽ രണ്ടു് ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവും സംയോജിച്ചിരിക്കുമെന്നു കൂടി അതു് വ്യക്തമാക്കുന്നു. അതുപോലെ $CuSO_4$ എന്നുള്ളതു് ഒരു കോപ്പർ അണുവും ഒരു സൽഫർ അണുവും നാലു് ഓക്സിജനണുക്കളും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന കോപ്പർ സൽഫേറ്റ് തന്മാത്രയെ കുറിക്കുന്നു.

സൂത്രങ്ങളിൽ സംഖ്യകൾ രണ്ടു വിധത്തിൽ കാണാവുന്നതാണു്. പ്രതീകത്തിന്റെ വലതുഭാഗത്തു് അല്പം താഴെയായി എഴുതുന്ന സംഖ്യ ആ മൂലകത്തിന്റെ എത്ര അണുക്കളുണ്ടെന്നു് കാണിക്കുന്നു. (മൂലകത്തിന്റെ ഒരണു മാത്രമാണുള്ളതെങ്കിൽ പ്രതീകം മാത്രം എഴുതപ്പെടുന്നു; 1 എന്ന സംഖ്യ പ്രത്യേകമായി സൂചിപ്പിക്കാറില്ല). സൂത്രത്തിന്റെ ഇടതുവശത്തു് സാമാന്യം വലുതായി എഴുതുന്ന സംഖ്യ എത്ര തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടെന്നും കാണിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം:

$3H_2$ എന്നതു് രണ്ടു് ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കൾ വീതമുള്ള 3 ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകളെയാണു് സൂചിപ്പിക്കുന്നതു്. അപ്പോൾ ആകെയുള്ള H അണുക്കളുടെ എണ്ണം $= 3 \times 2 = 6$.

പട്ടിക 8_1

മൂലകം	മലയാളം പേരു്	ഇംഗ്ലീഷിൽ (ലാറ്റിനിൽ) പേരു്	ചിഹ്നം	അണുഭാരം
ഹൈഡ്രജൻ	—	Hydrogen	H	1·008
ഹീലിയം	—	Helium	He	4·003
ബോറോൺ	—	Boron	B	10·82
കാർബൺ	കരി	Carbon	C	12·01
നൈട്രജൻ	—	Nitrogen	N	14·008
ഓക്സിജൻ	—	Oxygen	O	16·000
ഫ്ളൂറിൻ	—	Fluorine	F	19·000
നിയോൺ	—	Neon	Ne	20·183
സോഡിയം	—	Natrium (Sodium)	Na	22.991
മഗ്നീഷ്യം	—	Magnesium	Mg	24·32
അലൂമിനിയം	—	Aluminium	Al	26·98
സിലിക്കൺ	—	Silicon	Si	28·09
ഫോസ്ഫറസ്	ഭാവഹം	Phosphorus	P	30·975
സൽഫർ	ഗന്ധകം	Sulphur	S	32·066
ക്ലോറിൻ	—	Chlorine	Cl	35·457
ആർഗൺ	—	Argon	A	39.944
പൊട്ടാസിയം	—	Kalium(Potassium)	K	39·100
കാൽസിയം	—	Calcium	Ca	40·08
ടൈറ്റേനിയം	—	Titanium	Ti	47·9
ക്രോമിയം	—	Chromium	Cr	52·01
മാൻഗനീസ്	—	Manganese	Mn	54·93
അയേൺ	ഇരുമ്പ്	Ferrum (Iron)	Fe	55·85
കൊബാൾട്ട്	—	Cobalt	Co	58·94
നിക്കൽ	—	Nickel	Ni	58·71
കോപ്പർ	ചെമ്പ്	Cuprum (Copper)	Cu	63·54
സിങ്ക്	നാകം	Zinc	Zn	65·38
ആർസനിക്	—	Arsenic	As	74.91
ബ്രോമിൻ	—	Bromine	Br	79·916
ക്രിപ്ടോൺ	—	Krypton	Kr	83·80
സ്ട്രോൺഷ്യം	—	Strontium	Sr	87·63
മോളിബ്ഡിനം	—	Molybdenum	Mo	95·95
പലേഡിയം	—	Palladium	Pd	106·4
സിൽവർ	വെള്ളി	Argentum (Silver)	Ag	107·88
കാഡ്മിയം	—	Cadmium	Cd	112·41
ടിൻ	വെളുത്തീയം	Stannum (Tin)	Sn	118·7
ആന്റിമണി	—	Stibinum(Antimony)	Sb	121·76
അയൊഡിൻ	—	Iodine	I	128·91
സെനോൺ	—	Xenon	Xe	131·3
ബേരിയം	—	Barium	Ba	137·36
ടങ്സ്റ്റൻ	—	Wolfram(Tungsten)	W	183·86
പ്ലാറ്റിനം	—	Platinum	Pt	195·09
ഗോൾഡ്	സ്വർണം	Aurum (Gold)	Au	197·00
മെർക്കറി	രസം	Hydrargyrum (Mercury)	Hg	200·61
ലെഡ്	കറുത്തീയം	Plumbum (Lead)	Pb	207·21
ബിസ്മത്	—	Bismuth	Bi	209·00
റെഡോൺ	—	Radon	Rn	222·00
റേഡിയം	—	Radium	Ra	226·05
തോറിയം	—	Thorium	Th	232·05
യുറേനിയം	—	Uranium	U	238·07

$5\ C_6H_{12}O_6$ എന്നതു് 6 കാർബൺ അണുക്കളും 12 ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും 6 ഓക്സിജൻ അണുക്കളും വീതമുള്ള അഞ്ചു് ഗ്ലൂക്കോസു് തന്മാത്രകളെയാണു് കുറിക്കുന്നതു്. ഇവിടെ ആകെ $5 \times 6 = 30$ കാർബൺ അണുക്കളും, $5 \times 12 = 60$ ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും, $5 \times 6 = 30$ ഓക്സിജൻ അണുക്കളും ആണു് ഉള്ളതു്. 5 ഗ്ലൂക്കോസു് തന്മാത്രകളിൽ ആകെയുള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണം $30+60+30=120$ ആണു്. ഇതുപോലെ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണവും സൂത്രവും കിട്ടിയാൽ ആകെയുള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണം കണ്ടുപിടിക്കാം.

രണ്ടു യൗഗികങ്ങളുടെ നിശ്ചിത എണ്ണം തന്മാത്രകൾ വീതം സംയോജിച്ചു് അല്പം സങ്കീർണങ്ങളായ യൗഗികങ്ങൾ ചിലപ്പോൾ ഉണ്ടാകാറുണ്ടു്. ഇത്തരം യൗഗികങ്ങളുടെ സൂത്രങ്ങളിൽ ഓരോ യൗഗികത്തിന്റെയും തന്മാത്ര സംഖ്യ അതതു സൂത്രത്തോടു ചേർത്തു് കാണിക്കണം; സൂത്രങ്ങൾക്കിടയിൽ ഒരു പൂർണവിരാമ ബിന്ദു ഇടണമെന്നു മാത്രം. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ഇതിനുദാഹരണമാണു്. ജലയോജിത കോപ്പർസൽഫേറിന്റെ ഒരു തന്മാത്രയാണിതു്. ഈ തന്മാത്രയിൽ ഒരു കോപ്പർ സൽഫേറു് തന്മാത്രയും ($CuSO_4$) അഞ്ചു് ജലതന്മാത്രകളും ($5H_2O$) സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു.

4 $[CuSO_4 \cdot 5H_2O]$ എന്നെഴുതിയാൽ നാലു ജലയോജിത കോപ്പർ സൽഫേറിന്റെ തന്മാത്രകളെയാണു് കുറിക്കുന്നതു്.

ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ, സ്വതന്ത്രമായി സ്ഥിതിചെയ്യാൻ കഴിവുള്ള ഏറ്റവും ചെറിയ കണമാണു് അതിന്റെ തന്മാത്ര. പല മൂലകങ്ങളുടെയും അണുക്കൾക്കു് ഈ കഴിവുണ്ടായിരിക്കും. എന്നാൽ സാധാരണ മൂലകവാതകങ്ങളുടെ അണുക്കൾക്കു് ഈ കഴിവില്ല. ഇവയുടെ തന്മാത്രകൾ നിശ്ചിത എണ്ണം മൂലക അണുക്കൾ ചേർന്നുണ്ടാകുന്നു. 'H' എന്നതു് ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിനെ കാണിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഈ പ്രതീകം വാതകരൂപത്തിലുള്ള ഹൈഡ്രജന്റെ സ്വതന്ത്രസ്ഥിതിയെ കാണിക്കുന്നില്ല. ഹൈഡ്രജൻ വാതകത്തെക്കാണിക്കണമെങ്കിൽ H_2 എന്ന തന്മാത്രാരൂപം തന്നെ എഴുതണം (അധ്യായം 5 നോക്കുക). ഇതുപോലെയാണു് ഓക്സിജന്റെ കാര്യവും (പട്ടിക 8–2 നോക്കുക).

പട്ടിക 8–2

മൂലകം	പ്രതീകം (അണു)	തന്മാത്രാസൂത്രം
ഓക്സിജൻ	O	O_2
ഫ്ലൂറിൻ	F	F_2
ക്ലോറിൻ	Cl	Cl_2
നൈട്രജൻ	N	N_2

അക്രിയവാതകങ്ങളുടെ (inert gases) അണുക്കൾക്കു് സ്വതന്ത്രമായി നിലനിൽക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ടു്. He ഒരു ഹീലിയം അണുവിനെ കാണിക്കുന്നതോടൊപ്പം വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള അതിന്റെ സ്വതന്ത്രസ്ഥിതിയേയും കാണിക്കുന്നു. മറുതരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ അക്രിയവാതകങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ അണുവും തന്മാത്രയും ഒന്നുതന്നെ. പല ഖരമൂലകങ്ങളുടെ കാര്യത്തിലും ഇതേ അവസ്ഥയാണു്. ഉദാഹരണമായി Cu എന്നതു് കോപ്പറിന്റെ ഒരണുവിനെ കാണിക്കുന്നതോടൊപ്പം കോപ്പർ ലോഹത്തെയും പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു.

റാഡിക്കൽ

അണുക്കൾക്കു് രാസപരിണാമങ്ങളിൽ വിഘടനം സംഭവിക്കുന്നില്ലല്ലോ. അതുപോലെ ചില അണുസഞ്ചയങ്ങളും (അണുക്കളുടെ ഒരു കൂട്ടം) രാസപരിണാമങ്ങളിൽ പലപ്പോഴും വിഘടനം ഉണ്ടാകാതെ അതേപടി നിൽക്കുന്നതായി കാണാം. അതായതു് അഭികാരകത്തിലും ഉല്പന്നത്തിലും ഈ അണുസഞ്ചയം ഉണ്ടായിരിക്കും. ഇവയാണു് റാഡിക്കലുകൾ. ഇവയ്ക്കു് തന്മാത്രകളെ പോലെ സ്വതന്ത്രമായ നിലനില്പില്ല; അണുക്കളുമായോ റാഡിക്കലുകളുമായോ കൂടിച്ചേർന്നു മാത്രമേ അവ നിലനിൽക്കുന്നുള്ളൂ. അതായതു് റാഡിക്കലുകൾ തന്മാത്രകളുടെ ഭാഗമാണു്. ഉദാഹരണമായി എല്ലാ നൈട്രേറ്റുകളിലും നൈട്രിക് അമ്ലത്തിലും ഒരു നൈട്രജൻ അണുവും മൂന്നു് ഓക്സിജൻ അണുക്കളും ചേർന്നുള്ള നൈട്രേറ്റ് റാഡിക്കൽ ഉണ്ടു്. നൈട്രിക് അമ്ലത്തിൽ പൊട്ടാസിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് ചേർത്തു് പൊട്ടാസിയം നൈട്രേറ്റ് ഉണ്ടാകുമ്പോൾ അമ്ലത്തിലുള്ള നൈട്രേറ്റ് റാഡിക്കലുകൾ അതേപടി തന്നെ ഉല്പന്നമായ പൊട്ടാസിയം നൈട്രേറ്റിലും കാണുന്നു ഇതുപോലെ തന്നെ മറ്റു റാഡിക്കലുകളും പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഒന്നിച്ചു തന്നെ നിൽക്കുന്നു. ഇത്തരം റാഡിക്കലുകളെയും അവയിലുള്ള മൂലക അണുക്കളുടെ എണ്ണങ്ങളും കാണിക്കുന്ന സൂത്രമാണു് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നതു്. ഉദാഹരണമായി,

NO_3	നൈട്രേറ്റ് റാഡിക്കൽ
SO_4	സൽഫേറ്റ് റാഡിക്കൽ
OH	ഹൈഡ്രോക്സിൽ റാഡിക്കൽ
CH_3	മീഥൈൽ റാഡിക്കൽ
NH_4	അമോണിയം റാഡിക്കൽ

വിദ്യുത്ചാർജ് വഹിക്കുന്ന റാഡിക്കലുകളാണു് അയോണുകൾ (അന്യത്ര).

യൗഗികങ്ങളുടെ സൂത്രത്തിൽ ഇത്തരം റാഡിക്കലുകളുടെ എണ്ണം അണുക്കളുടേതുപോലെ തന്നെയാണു് സൂചിപ്പിക്കുന്നതു്. ഉദാഹരണമായി $(NH_4)_2SO_4$, $Fe(OH)_3$, $Al_2(SO_4)_3$ മുതലായവ. ഇവിടെ റാഡിക്കലിന്റെ സൂത്രം ബ്രാക്കറ്റിലെഴുതിയിരിക്കുന്നു. വലതുവശത്തു് അല്പം താഴെ ചെറുതായി കുറിച്ചിരിക്കുന്ന സംഖ്യകൾ ആ റാഡിക്കലിന്റെ എണ്ണത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

സംയോജകത

മൂലകങ്ങളുടെ രാസസംയോജനശേഷിയെയാണു് സംയോജകത എന്ന പദം കൊണ്ടു് വിവക്ഷിക്കുന്നതു്. രാസസംയോജനശേഷി അളക്കുന്നതിനു് ഹൈഡ്രജൻ അണുവാണു് മാനകം. ഒരു മൂലകഅണുവിനു് എത്ര ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളുമായി സംയോജിക്കാൻ കഴിയുമോ അതാണു് ആ മൂലകത്തിന്റെ സംയോജകത. മിക്കവാറും യൗഗികങ്ങളിൽ ഒന്നോ അതിലധികമോ ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും ഒരു മൂലക അണുവിനോടു് സംയോജിച്ചിട്ടുള്ളതിനാൽ ഈ രീതിയിൽ നിർവചിക്കപ്പെടുന്ന സംയോജകത പൂർണസംഖ്യയായിരിക്കും. ചില ഉദാഹരണങ്ങളും നോക്കാം. ജലത്തിന്റെ ഒരു തന്മാത്രയിൽ (H_2O) രണ്ടു ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവിനോടു് സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു.

അതായത് ഒരു ഓക്സിജൻ അണുവിനു് രണ്ടു് ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളുമായി സംയോജിക്കാൻ കഴിവുണ്ടു്. അപ്പോൾ ഓക്സിജന്റെ സംയോജകത 2 ആണു്. ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് തന്മാത്രയിൽ (HCl) ഒരു ക്ലോറിൻ അണു ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവുമായി സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ ക്ലോറിന്റെ സംയോജകത 1 ആകുന്നു. അമോണിയാതന്മാത്രയുടെ സൂത്രം NH_3 എന്നാണു്. അതായതു് ഒരു നൈട്രജൻ അണു മൂന്നു് ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളുമായി സംയോജിക്കുന്നു. അതു കൊണ്ടു് നൈട്രജന്റെ സംയോജകത $= 3$. മീഥേൻ വാതകത്തിന്റെ സൂത്രത്തിൽ നിന്നും (CH_4) കാർബണിന്റെ സംയോജകത 4 ആണെന്നു് കാണാം.

അപ്പോൾ M എന്ന ഒരു മൂലകത്തിന്റെ സംയോജകത x ആണെങ്കിൽ അതിന്റെ ഹൈഡ്രൈഡിന്റെ സൂത്രം MHx ആയിരിക്കും. മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറയുമ്പോൾ ഒരു M അണുവിനു് x ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളുടെ സംയോജനശേഷിയുണ്ടെന്നു് കരുതാം. ഈ ഉദാഹരണങ്ങളിൽനിന്നും ഓരോ മൂലകത്തിനും സ്വന്തമായ സംയോജകതയുണ്ടെന്നു് മനസ്സിലാക്കാം. മൂലകത്തിന്റെ ഹൈഡ്രൈഡിന്റെ സൂത്രത്തിൽനിന്നു് ഈ സംയോജകത എത്രയെന്നു് നിശ്ചയിക്കുകയും ചെയ്യാം. എന്നാൽ എല്ലാ മൂലകങ്ങളും ഹൈഡ്രജനുമായി സംയോജിക്കുന്നില്ല. മിക്ക ലോഹങ്ങളും ഇക്കൂട്ടത്തിൽപ്പെടുന്നു. അങ്ങിനെയുള്ള അവസരങ്ങളിൽ ഹൈഡ്രജനു സമാനമായ സംയോജകതയുള്ള മറ്റു മൂലകങ്ങളെ മാനകമായി സ്വീകരിക്കാം. ഉദാഹരണമായി ക്ലോറിനു് സംയോജകത 1 ആണെന്നു് കണ്ടുവല്ലോ. അതിനാൽ എത്ര ക്ലോറിനണുക്കളും ഒരു മൂലകാണുവുമായി സംയോജിക്കുന്നു എന്നു് കണ്ടുപിടിച്ചു് താദ്ശമൂലകങ്ങളുടെ സംയോജകത നിശ്ചയിക്കാം. ഉദാഹരണമായി അലൂമിനിയം ക്ലോറിനുമായി സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന അലൂമിനിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ സൂത്രം $AlCl_3$ എന്നാണു്. അതായതു് ഒരു അലൂമിനിയം അണു 3 ക്ലോറിൻ അണുക്കളുമായി സംയോജിക്കുന്നു. അലൂമിനിയത്തിന്റെ സംയോജകത ക്ലോറിന്റെ സംയോജകതയുടെ മൂന്നിരട്ടിയാണെന്നു് സ്പഷ്ടം. അപ്പോൾ അലൂമിനിയത്തിന്റെ സംയോജകത 3 ആണെന്നു് നിശ്ചയിക്കാം.

മൂലകങ്ങളുടെ ഓക്സൈഡുകളുടെ സൂത്രത്തിൽനിന്നും അവയുടെ സംയോജകത കണക്കാക്കാം. എന്നാൽ ഓക്സിജനു് സംയോജകത 2 ആണെന്നു് ഓർക്കേണ്ടതാണു്. ഉദാഹരണമായി ക്രോമിയം ഓക്സൈഡിന്റെ സൂത്രം Cr_2O_3 എന്നാണു്. അപ്പോൾ 2 Cr അണുക്കളുടെ സംയോജകതയാണു് 3 ഓക്സിജനണുക്കൾക്കുള്ളതെന്നു് കരുതാം. ഓക്സിജനണുവിന്റെ സംയോജകത $= 2$

$$\therefore \text{ക്രോമിയത്തിന്റെ സംയോജകത} = \frac{3 \times 2}{2}$$

$$= 3$$

ടൈറേനിയം ഡൈഓക്സൈഡിൽ (TiO_2) ഒരു Ti അണു രണ്ടു് O അണുക്കളുമായി സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ടൈറേനിയത്തിന്റെ സംയോജകത $2 \times 2 = 4$ ആണു്.

ഇതുപോലെ അനുയോജ്യമായ ഒരു യൗഗികത്തിന്റെ സൂത്രത്തിൽ നിന്നും ഓരോ മൂലകങ്ങളുടെയും സംയോജകത നിർണയിക്കാവുന്നതാണു്.

രണ്ടു മൂലകങ്ങളും തമ്മിൽ വ്യത്യസ്ത അനുപാതങ്ങളിൽ സംയോജിച്ച് ഒന്നിലധികം യൗഗികങ്ങളും ഉണ്ടാകാമല്ലോ. അപ്പോഴും ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ തന്നെ സംയോജകത ഓരോ യൗഗികങ്ങളിലും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കാവുന്നതാണ്. പല മൂലകങ്ങളും ഈ ''പരിവർത്തിസംയോജകത'' (Variable valency) പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നുണ്ട്. ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത സംയോജകതാവസ്ഥകളെ യൗഗികങ്ങളിൽ സൂചിപ്പിക്കുന്നതിനു് അവയുടെ പേരിന്റെ കൂടെ പ്രത്യേക പരസർഗങ്ങളും ചേർക്കാറുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി ഫെറസ് യൗഗികങ്ങളിൽ ഇരുമ്പിന്റെ സംയോജകത 2 ആണു്; ഫെറിക് യൗഗികങ്ങളിൽ മൂന്നും. സ്റ്റാനിക് യൗഗികങ്ങളിൽ ടിന്നിന്റെ സംയോജകത 4 ആണു് (ഉദാ: $SnCl_4$) സ്റ്റാനസ് യൗഗികങ്ങളിൽ ടിന്നിന്റെ സംയോജകത 2 ആണു് (ഉദാ: $SnCl_2$). കുപ്രിക് ഓക്സൈഡിൽ (CuO) ചെമ്പിന്റെ സംയോജകത = 2. കുപ്രസ് ഓക്സൈഡിൽ (Cu_2O) ചെമ്പിന്റെ സംയോജകത 1 ആണു്. (—'അസ്' എന്ന പരസർഗം, കുറഞ്ഞ സംയോജകതാവസ്ഥയേയും —'ഇക്' എന്നതു് കൂടിയ സംയോജകതാവസ്ഥയെയും കുറിക്കാനാണുപയോഗിക്കുന്നതു്).

റാഡിക്കലുകൾക്കും തനതായ സംയോജകതയുണ്ടു്. മൂലകങ്ങൾക്കു് സംയോജകത നിശ്ചയിക്കുന്നതുപോലെ തന്നെ റാഡിക്കലുകൾക്കും നിശ്ചയിക്കാവുന്നതാണു്. ഉദാഹരണമായി സൽഫേറ്റ് റാഡിക്കലിന്റെ (SO_4) സംയോജകത 2 ആണു്. കാരണം സൽഫ്യൂറിക് അമ്ലത്തിൽ ഒരു SO_4 റാഡിക്കൽ 2 H–അണുക്കളുമായി സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു. സൽഫ്യൂറിക് അമ്ലത്തിന്റെ സൂത്രത്തിൽ നിന്നും (H_2SO_4) ഈ വസ്തുത ഗ്രഹിക്കാം. അതുപോലെ പൊട്ടാസിയം ഹൈഡ്രോക്സൈസിന്റെ സൂത്രം KOH എന്നായതിനാൽ OH റാഡിക്കലിന്റെ സംയോജകത I ആണു്. (പൊട്ടാസിയത്തിന്റെ സംയോജകത 1 ആണല്ലോ).

മൂലകങ്ങളെയും റാഡിക്കലുകളെയും അവയുടെ സംയോജകതയനുസരിച്ചു് വർഗീകരിക്കാം. സംയോജകത 1 ആണെങ്കിൽ അവയെ ഏകസംയോജകങ്ങളും (monovalent) എന്നും 2 ആണെങ്കിൽ ദ്വിസംയോജകങ്ങളും (divalent) എന്നും 3 ആയാൽ ത്രിസംയോജകമെന്നും മറ്റും പറയുന്നു. സംയോജകത ഒന്നിലധികമെങ്കിൽ മൊത്തത്തിൽ ബഹുസംയോജകമെന്നു് (Polyvalent) പറയുന്നു. ഹീലിയം, നിയോൺ തുടങ്ങിയ അക്രിയവാതകങ്ങളും രാസസംയോജനശേഷിയില്ലാത്തവയാണെന്നു് അടുത്ത കാലം വരെ കരുതപ്പെട്ടിരുന്നു. (ഇവയുടെ യൗഗികങ്ങളൊന്നും അറിയപ്പെട്ടിരുന്നില്ല.) അതുകൊണ്ടു് ഇവയുടെ സംയോജകത പൂജ്യമെന്നു് നിശ്ചയിക്കപ്പെട്ടു. ഇക്കാരണത്താൽ അക്രിയവാതകളെ പൂജ്യസംയോജകമൂലകങ്ങളെന്നു് (zerovalent elements) വിളിക്കാറുണ്ടു്.

മൂലകങ്ങളെയും റാഡിക്കലുകളെയും സംയോജകതയനുസരിച്ചു് വർഗീകരിച്ചു് പട്ടിക 8–3 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

യൗഗികങ്ങളുടെ സൂത്രം എഴുതുന്ന രീതി

മൂലകങ്ങളുടെ ഹൈഡ്രൈഡുകൾക്കു് സൂത്രം എന്താണെന്നു് നിശ്ചയിക്കാൻ വളരെ എളുപ്പമാണു്. മൂലകത്തിന്റെ സംയോജകത എത്രയാണോ അത്രയും ഹൈഡ്രജനണുക്കൾ ആണല്ലോ ഒരു മൂലകാണുവുമായി സംയോജിക്കുന്നതു്.

പട്ടിക 8_3 സംയോജകതയനുസരിച്ചുള്ള വർഗീകരണം

ഏകസംയോജകം Monovalent—1		ദ്വിസംയോജകം Divalent—2		ത്രിസംയോജകം Trivalent—3		ചതുസ്സംയോജകം Tetravalent—4	
മൂലകങ്ങൾ		മൂലകങ്ങൾ		മൂലകങ്ങൾ		മൂലകങ്ങൾ	
ഹൈഡ്രജൻ	H	ഓക്സിജൻ	O	ബോറോൺ	B	കാർബൺ	C
ഫ്ലൂറിൻ	F	സൽഫർ	S	നൈട്രജൻ	N	സൽഫർ	S
സോഡിയം	Na	മഗ്നീഷ്യം	Mg	ഫോസ്ഫറസ്	P	സിലിക്കൺ	S
പൊട്ടാസിയം	K	കാൽസിയം	Ca	അലൂമിനിയം	Al	ടൈറ്റേനിയം	Ti
സിൽവർ	Ag	സ്ട്രോൺഷിയം	Sr	ബിസ്മത്	Bc	ടിൻ (സ്റ്റാനിക്)	Sn
കോപ്പർ (കുപ്രസ്)	Cu	ബേരിയം	Ba	ഗോൾഡ് (ആറിക്)	Au	ലെഡ് (പ്ലംബിക്)	Pb
ഗോൾഡ് (ആറസ്)	Au	സിങ്ക്	Zn	അയേൺ (ഫെറിക്)	Fe	പ്ലാറ്റിനം (പ്ലാറ്റിനിക്)	Pt
മെർക്കറി (മെർക്കുറസ്)	Hg	കോപ്പർ (കുപ്രിക്)	Cu	ക്രോമിയം	Cr	തോറിയം	Th
ബ്രോമിൻ	Br	മെർക്കറി (മെർക്കുറിക്)	Hg	ആർസനിക്	As	യുറേനിയം	U
അയൊഡിൻ	I	അയേൺ (ഫെറസ്)	Fe	ആന്റിമണി	Sb		
റാഡിക്കലുകൾ		ടിൻ (സ്റ്റാനസ്)	Sn	റാഡിക്കലുകൾ		റാഡിക്കലുകൾ	
അമോണിയം	NH_4	ലെഡ് (പ്ലംബസ്)	Pb	അലൂമിനേറ്റ്	AlO_3	ഓർത്തോസിലിക്കേറ്റ്	SiO_4
നൈട്രേറ്റ്	NO_3	കാഡ്മിയം	Cd	ഫോസ്ഫേറ്റ്	PO_4	പൈറോഫോസ്ഫേറ്റ്	P_2O_7
നൈട്രൈറ്റ്	NO_2	പ്ലാറ്റിനം (പ്ലാറ്റിനസ്)	Pt	ആർസനേറ്റ്	AsO_4	ഫെറി സയനൈഡ്	$Fe(CN)_6$
ക്ലോറേറ്റ്	ClO_3	റാഡിക്കലുകൾ		ആർസനൈറ്റ്	AsO_3		
ഹൈഡ്രോക്സൈഡ്	OH						
ബൈകാർബണേറ്റ്	HCO_3	സൽഫേറ്റ്	SO_4				
ബൈസൽഫേറ്റ്	HSO_4	സൽഫൈറ്റ്	SO_3				
ബൈസൽഫൈറ്റ്	HSO_3	കാർബണേറ്റ്	CO_3				
പെർമാനേറ്റ്	MnO_4	ക്രോമേറ്റ്	CrO_4				
		ഡൈക്രോമേറ്റ്	Cr_2O_7				
		സിലിക്കേറ്റ്	SiO_3				
		സിങ്കേറ്റ്	ZnO_2				

പഞ്ചസംയോജകം Pentavalent—5		ഷഡ്സംയോജകം Hexavalent—6		സപ്തസംയോജകം Heptavalent—7		അഷ്ടസംയോജകം Octavalant—8	
മൂലകങ്ങൾ		മൂലകങ്ങൾ		മൂലകങ്ങൾ		മൂലകങ്ങൾ	
നൈട്രജൻ	N	സൽഫർ	S	ക്ലോറിൻ	Cl	ഓസ്മിയം	Os
ഫോസ്ഫറസ്	P	ടങ്സ്റ്റൻ	W	മാൻഗനീസ്	Mn	ഇറിഡിയം	Ir
ആർസനിക്	As	ക്രോമിയം	Cr			റുഥീനി	Ru
ആന്റിമണി	Sh	മോളിബ്ഡിനം	Mo				
വനേഡിയം	V	യുറേനിയം	U				
ബിസ്മത്	Bi						

NH_3, H_2S മുതലായവ ഉദാഹരണങ്ങളാണു്. എന്നാൽ സംയോജകത ഒന്നിൽ കൂടുതലായ മൂലകങ്ങളും റാഡിക്കലുകളും ചേർന്നുള്ള സൂത്രം എഴുതുന്നതു് അല്പം ആലോചിച്ചു ചെയ്യേണ്ടതുതാണു്. അത്തരം സന്ദർഭങ്ങളിൽ സൂത്രം എഴുതാൻ സഹായിക്കുന്ന നിയമം ഓർത്തിരുന്നാൽ മതി.

നിയമം:— A, B എന്നീ മൂലകങ്ങളുടെ സംയോജകതകം യഥാക്രമം x, y എന്നിവയാണെങ്കിൽ അവ തമ്മിലുണ്ടാകുന്ന യൗഗികത്തിന്റെ സൂത്രം A_yB_x എന്നായിരിക്കും. (A-യും B-യും റാഡിക്കലുകളായാലും ഈ നിയമം പ്രസക്തമാണു്.)

സൂത്രം എഴുതുന്നതിന്റെ ക്രമം:—

1) യൗഗികത്തിന്റെ പേരു കിട്ടിയാൽ മൂലകങ്ങളും (റാഡിക്കലുകളും) അടുത്തടുത്തായെഴുതുക. റാഡിക്കലുകളെ പ്രത്യേകമായി ബ്രാക്കറ്റിനകത്തെഴുതണം.

2) സംയോജകതകം അന്യോന്യം മാറ്റി പ്രതീകങ്ങളുടെ (റാഡിക്കലുകളാണെങ്കിൽ സൂത്രത്തിന്റെ വലത്തു ഭാഗത്തു്) അല്പം താഴെ എഴുതുക.

3) ഇങ്ങനെയെഴുതിയ സംഖ്യകൾക്കു് പൊതുഘടകം ഉണ്ടെങ്കിൽ വെട്ടിച്ചുരുക്കി ഏറ്റവും ചെറിയ പൂർണസംഖ്യകളാക്കി എഴുതുക. (ഈ നിയമം കാർബണിക യൗഗികങ്ങൾക്കു് ബാധകമല്ല).

ഉദാഹരണങ്ങൾ:—

1) യൗഗികം: അലൂമിനിയം ഓക്സൈഡ്

ഒന്നാം നിയമപ്രകാരം AlO

സംയോജകതകം Al-നു് മൂന്നും O-നു് 2-ഉം ആയതിനാൽ, രണ്ടാം നിയമപ്രകാരം, സൂത്രം = Al_2O_3

2) യൗഗികം: ഫെറിക് സൽഫേറ്റ്

Fe സംയോജകത = 3 (ഫെറിക് യൗഗികം)

(SO_4) സംയോജകത = 2

സൂത്രം: $Fe_2(SO_4)_3$

3) യൗഗികം: കോപ്പർ സൽഫേറ്റ്

Cu സംയോജകത = 2

(SO_4) സംയോജകത = 2

സൂത്രം: $Cu_2(SO_4)_2 = Cu(SO_4)$

4) യൗഗികം: സ്റ്റാനിക് സൽഫൈഡ്

Sn (സ്റ്റാനിക്) സംയോജകത = 4

S സംയോജകത = 2

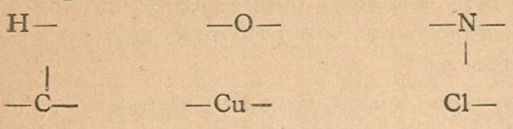
സൂത്രം: $Sn_2S_4 = SnS_2$

ഗ്രാഫിക സൂത്രം

സംയോജകത കുറെക്കൂടി വ്യക്തമാക്കുന്നതിനു്, യൗഗികങ്ങളുടെ സൂത്രം ഗ്രാഫിക (graphic) രീതിയിലും എഴുതാറുണ്ടു്. ഈ രൂപത്തിലുള്ള ഗ്രാഫികസൂ

രൂത്തിൽ മൂലകങ്ങളുടെ ഓരോ സംയോജകതയേയും പ്രതീകത്തിൽ നിന്നുള്ള ചെറുവരകളായി പ്രത്യേകം കാണിക്കുന്നു.

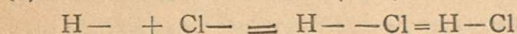
ഉദാഹരണം:



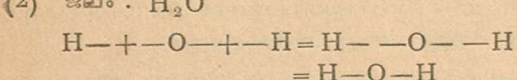
അണുക്കളും തമ്മിലുള്ള സംയോജനത്തെ ഈ ചെറുവരകളും തമ്മിൽ യോജിപ്പിച്ച് ചിത്രീകരിക്കാം.

ഉദാഹരണങ്ങൾ:-

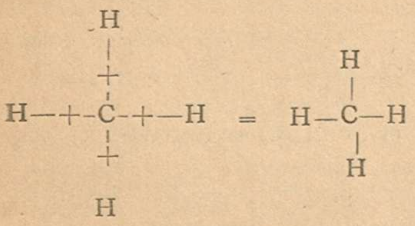
(1) ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് (HCl)



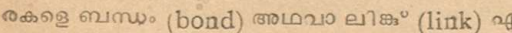
(2) ജലം : H_2O



(3) മീഥേൻ : CH_4 (കാർബൺ ഹൈഡ്രൈഡ്)



(4) കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, CO_2 :



ഈ രൂപത്തിലുള്ള ചിത്രീകരണത്തിൽ അണുക്കൾക്കിടയിലുള്ള ചെറുവരകളെ ബന്ധം (bond) അഥവാ ലിങ്ക് (link) എന്നു വിളിക്കുന്നു. (ഗ്രാഫിക സൂത്രങ്ങൾക്ക് സഹസംയോജകയൗഗികങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം പ്രത്യേകം അർഥമുണ്ട്). ബന്ധങ്ങൾ അണുവിനുള്ള സംയോജനശേഷിയെ കാണിക്കുന്നു എന്നല്ലാതെ, അണുക്കൾ തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷികമായ സ്ഥാനത്തെ കൃത്യമായി കാണിക്കുന്നില്ല. സംയോജകത എത്രയെന്നുള്ള സൗകര്യപ്രദമായ ചിത്രീകരണം മാത്രമേ അതുകൊണ്ടുദ്ദേശിക്കുന്നുള്ളൂ.

രാസസമീകരണം

രാസപരിണാമങ്ങളെ പ്രതീകങ്ങളും സൂത്രങ്ങളും കൊണ്ട് പൂർണമായും പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതിനെയാണ് രാസസമീകരണം എന്നു പറയുന്നത്. ഉദാഹരണ

മായി ഇരുമ്പും ഗന്ധകവും ചേർത്തു് ഫെറസു് സൽഫൈഡു് എന്ന യൗഗികം ഉണ്ടാകുന്നുവെന്നിരിക്കട്ടെ. ഈ പരിണാമം സാധാരണഗതിയിൽ എഴുതുന്നതിങ്ങനെയാണു്:—

ഇരുമ്പു് + സൽഫർ = ഫെറസു് സൽഫൈഡു്

എന്നാൽ പ്രതീകങ്ങളും സൂത്രവും ഉപയോഗിച്ചു്,

$$Fe + S \longrightarrow FeS$$

എന്നെഴുതുമ്പോഴും അതൊരു രാസസമീകരണമായി. ആദ്യത്തെ രീതിയെക്കാൾ കൂടുതൽ സൗകര്യം ഈ രീതിക്കുണ്ടു്. ഓരോ വസ്തുക്കളുടെയും എത്രയെത്ര അണുക്കൾ അല്ലെങ്കിൽ തന്മാത്രകൾ രാസപരിണാമത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്നുവെന്നു് കാണിക്കുന്നതു് ഇതിന്റെ സർവപ്രധാനമായ മെച്ചമാണു്. കൂടാതെ പ്രതീകങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നതിനാൽ ലാളിത്യവും കൈവരുന്നു. ചുരുക്കത്തിൽ രാസപരിണാമത്തിന്റെ ശാസ്ത്രീയവും ലളിതവും പൂർണവുമായ പ്രകടനമാണു് രാസസമീകരണത്തിൽകൂടി സാധിക്കുന്നതു്.

രാസസമീകരണമെഴുതുന്നതിനും മനസ്സിലാക്കുന്നതിനും ചില സങ്കേതങ്ങൾ അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതുണ്ടു്. ഒരു രാസപരിണാമത്തിൽ പരിണാമവിധേയങ്ങളായ വസ്തുക്കളെ അഭികാരകങ്ങൾ (Reactants) എന്നു് പറയുന്നു. ഒന്നിലധികം അഭികാരങ്ങൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ അവയുടെ സൂത്രങ്ങൾക്കിടയിൽ + ചിഹ്നം ചേർത്തിരിക്കും. അതുപോലെ പരിണാമഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഉല്പന്നങ്ങൾ ഒന്നിലധികമുണ്ടെങ്കിൽ അവയ്ക്കിടയിലും + ചിഹ്നം ഇടുന്നു. അഭികാരകങ്ങൾ ഇടത്തുവശത്തും ഉല്പന്നങ്ങൾ വലത്തു വശത്തും എഴുതി അവക്കിടയിൽ ഏതു ദിശയിലേക്കാണു് പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നതെന്നു് സൂചിപ്പിക്കാൻ അമ്പടയാളം (⟶) ഉപയോഗിക്കണം. ഒരുദാഹരണം നോക്കാം. സിങ്കു് (നാകം) സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലവുമായി പ്രവർത്തിച്ചു് സിങ്കുസൽഫേറ്റും ഹൈഡ്രജനും ഉണ്ടാകുന്നു.

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$$

അഭികാരകങ്ങൾ ⟶ ഉല്പന്നങ്ങൾ

ചിലപ്പോൾ മറ്റു ചില ആശയങ്ങളും സമീകരണത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്താറുണ്ടു്.

(1) സൂത്രത്തിനടുത്തു് മേലോട്ടുള്ള അമ്പടയാളം ആ പദാർഥം വാതകമാണെന്നു് സൂചിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കാറുണ്ടു്. ഉദാഹരണമായി,

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2 \uparrow$$

(2) അതുപോലെ താഴോട്ടുള്ള അമ്പടയാളം കൊണ്ടു് അവക്ഷേപിക്കുന്നതായി സൂചിപ്പിക്കാം. ഉദാഹരണമായി,

$$AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3$$

(3) അഭികാരകങ്ങളുടെയും ഉല്പന്നങ്ങളുടെയുമിടയ്ക്കുള്ള അമ്പടയാളത്തിനു മുകളിൽ, പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന രാസത്വരകം (അന്യത്ര) കുറിക്കുന്നു.

$$2KClO_3 \xrightarrow{MnO_2} 2KCl + 3O_2$$

(4) പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നതിനു വേണ്ട മറ്റു പരിതസ്ഥിതികളും അമ്പടയാളത്തിനു മുകളിലൊ താഴെയോ സൂചിപ്പിക്കാം. ഉദാ:—

$$Fe + S \xrightarrow{\text{താപം}} FeS$$

രാസസമീകരണത്തിൽ നിന്നും വ്യക്തമാകുന്ന വസ്തുതകളും എന്തെല്ലാമാണെന്നും ഒരുദാഹരണം കൊണ്ടു മനസ്സിലാക്കാം. കാർബൺ വായുവിൽ ജ്വലിച്ചു കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതിന്റെ രാസസമീകരണം ഇങ്ങനെയാണു്:—

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

(1) കാർബണിന്റെ ഒരണുവും ഓക്സിജന്റെ ഒരു തന്മാത്രയും (2 അണുക്കളും) ചേർന്നു് ഒരു കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡു് തന്മാത്ര ഉണ്ടാകുന്നു.

(2) 12 ഭാരഭാഗം കാർബൺ 32 ഭാരഭാഗം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ചു് 44 ഭാരഭാഗം കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡു് ഉണ്ടാകുന്നു.

(3) ഇടത്തുവശത്തുള്ള ഒരു കാർബൺ അണുവും 2 ഓക്സിജൻ അണുക്കളും (ആകെ 3 അണുക്കളും) വലത്തുവശത്തും കാണുന്നുണ്ടു്.

മേൽക്കണ്ടതെല്ലാം സാമാന്യതത്വങ്ങളാണു്. ഇനി ഒരു രാസപരിണാമത്തിന്റെ പ്രസ്താവനയിൽ നിന്നു് ശരിയായ രാസസമീകരണം എഴുതുന്നതെങ്ങിനെയാണെന്നു നോക്കാം.

(a) പ്രസ്താവന: മെർക്കറിക് ഓക്സൈഡ് തപിപ്പിക്കുമ്പോൾ വിഘടനം നടന്നു് മെർക്കറിയും ഓക്സിജനും ഉണ്ടാകുന്നു.

ഈ പ്രസ്താവനയെ പ്രതീകങ്ങളും സൂത്രവും ഉപയോഗിച്ചു് സമീകരണരൂപത്തിലാക്കുമ്പോൾ,

$$HgO \xrightarrow{\text{താപം}} Hg + O \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

എന്നു കിട്ടും. ഇതിനെ സമീകരണത്തിന്റെ പ്രാഗ്രൂപം (Skeleton) എന്നു വിളിക്കാം. ഓക്സിജൻ വാതകാവസ്ഥയിൽ തന്മാത്രകളായിട്ടാണു് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്. അതുകൊണ്ടു് ഓക്സിജനെ O_2 എന്നെഴുതണം. അപ്പോൾ,

$$HgO \longrightarrow Hg + O_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

എന്നെഴുതിയാൽ വലത്തുവശത്തു് രണ്ടു് ഓക്സിജൻ അണുക്കളും ഉണ്ടാകുന്നു. ഇടത്തുവശത്തു് ഒന്നേയുള്ളൂ. ഇടത്തുവശത്തും രണ്ടു് ഓക്സിജൻ അണുക്കളും വരത്തക്കവണ്ണം രണ്ടു മെർക്കറിക് ഓക്സൈഡു് തന്മാത്രകളും എഴുതുമ്പോൾ,

$$2\,HgO \longrightarrow Hg + O_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iii)$$

എന്നായിത്തീരുന്നു. ഇപ്പോൾ ഇടത്തുവശത്തു് രണ്ടു് മെർക്കറി അണുക്കളുണ്ടെങ്കിലും വലത്തുവശത്തു് ഒന്നേയുള്ളൂ. രണ്ടു വശങ്ങളിലും ഉള്ള Hg അണുക്കളുടെയും എണ്ണം ഒന്നാക്കുമ്പോൾ,

$$2\,HgO \xrightarrow{\text{താപം}} 2\,Hg + O_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iv)$$

എന്നുകിട്ടുന്നു. ഇപ്രകാരം തുലനം ചെയ്യപ്പെട്ട രാസസമീകരണത്തിന്റെ രൂപത്തിലാണു് ഒരു രാസപരിണാമം രേഖപ്പെടുത്തേണ്ടതു്.

b. പ്രസ്താവന: പൊട്ടാസിയം ക്ലോറേറ്റ് തപിപ്പിക്കുമ്പോൾ വിഘടനം മൂലം പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡും ഓക്സിജനും ഉണ്ടാകുന്നു.

മേൽക്കണ്ട തത്ത്വങ്ങൾ അനുസരിച്ച് തുലനം ചെയ്ത രാസസമീകരണം ഇങ്ങനെയുണ്ടാക്കാം:

$KClO_3 \longrightarrow KCl + O$ (i)

$KClO_3 \longrightarrow KCl + O_2$ (ii)

$KClO_3 \longrightarrow KCl + 1\frac{1}{2} O_2$ (iii)

$2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2$ (iv)

c. പ്രസ്താവന: അലൂമിനിയം ലോഹം ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലവുമായി പ്രവർത്തിച്ച് അലൂമിനിയം ക്ലോറൈഡും ഹൈഡ്രജനും ഉണ്ടാകുന്നു.

$Al + HCl \longrightarrow AlCl_3 + H$

$Al + HCl \longrightarrow AlCl_3 + H_2$

$Al + 3HCl \longrightarrow AlCl_3 + 1\frac{1}{2} H_2$

$2Al + 6HCl \longrightarrow 2\,AlCl_3 + 3\,H_2\uparrow$

രാസസമീകരണമെഴുതുമ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ:—

1. രാസപരിണാമത്തിന്റെ പ്രസ്താവനയിൽനിന്ന് സമീകരണത്തിന്റെ പ്രാഗ്രൂപം എഴുതുക. ഓരോ പദാർഥത്തിന്റെയും തന്മാത്രാസൂത്രം എഴുതണം.

2. ഇടത്തെ അറ്റം മുതൽ ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും അണുക്കളുടെ എണ്ണം തിട്ടപ്പെടുത്തുകയും ഓരോന്നിന്റെയും അത്രയും എണ്ണം വലതുവശത്തുണ്ടോ എന്ന് തീർച്ചപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുക.

3. സമീകരണത്തിൽ ഒരേ റാഡിക്കൽ തന്നെ രണ്ടുവശത്തും വരുന്നുണ്ടെങ്കിൽ ആ റാഡിക്കലിന്റെ എണ്ണം എടുത്താൽ മതിയാകും; അതിലുള്ള ഓരോ അണുക്കളുടെയും പ്രത്യേകമായ എണ്ണം എടുക്കേണ്ടതില്ല.

4. മൂലകപദാർഥങ്ങൾ സമീകരണത്തിലുണ്ടെങ്കിൽ അവയുടെ അണുക്കളുടെ എണ്ണം തുലനം ചെയ്യുന്നതു് അവസാനമാക്കുന്നതാണു് നല്ലതു്.

5. ഓരോ മൂലകാണുക്കളുടെയും എണ്ണം ഇരുഭാഗത്തും എണ്ണി സമമാണെന്നു് ബോധ്യപ്പെടുക; ഇല്ലെങ്കിൽ വേണ്ടവിധത്തിൽ സമമാക്കുക.

പ്രഥമദൃഷ്ട്യാ ഇതെല്ലാം ബുദ്ധിമുട്ടുള്ളതായി തോന്നാമെങ്കിലും രാസപരിണാമങ്ങളുമായി പരിചയമുണ്ടാകുമ്പോൾ സമീകരണമെഴുതുന്നതിനു് പ്രയാസമില്ലാതാകുന്നതാണു്. ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ കൂടി നോക്കാം:

(a) സാന്ദ്രഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലവും പൊട്ടാസിയം പെർമാൻഗനേറ്റും പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡ്, മാൻഗനീസ് ക്ലോറൈഡ്, ജലം, ക്ലോറിൻ എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്നു.

$KMnO_4 + HCl \longrightarrow KCl + MnCl_2 + H_2O + Cl_2$

ഇതു് സമീകരണത്തിന്റെ പ്രാഗ്രൂപമാണു്. ഇതിൽ K, Mn എന്നീ അണുക്കളുടെ എണ്ണം ഇരുവശത്തും ഒന്നുതന്നെ. O അണുക്കൾ ഇടതുവശത്തു 4 ഉണ്ടു്. അതുകൊണ്ടു് വലതുവശത്തും 4 ഓക്സിജൻ അണുക്കൾ വേണം.

$KMnO_4 + HCl \longrightarrow KCl + MnCl_2 + 4\,H_2O + Cl_2$ ഇപ്പോൾ വലതുവശത്ത് 8 H അണുക്കളും ഇടതുവശത്ത് ഒന്നേയുള്ളൂ.

$KMnO_4 + 8HCl \longrightarrow KCl + MnCl_2 + 4H_2O + Cl_2$

ഇതിൽ ക്ലോറിൻ അണുക്കളുടെ എണ്ണം ഇരുഭാഗത്തും വ്യത്യസ്തമാണല്ലോ. (വലതുവശത്ത് അഞ്ചും ഇടതുവശത്ത് എട്ടും). ഇടതുവശത്തുള്ള 8 Cl അണുക്കളിൽ മുന്നെണ്ണം വലതുവശത്തുള്ള യൗഗികങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കണം. ശേഷിച്ച 5Cl അണുക്കളും വാതകരൂപത്തിൽ വലതുവശത്ത് കാണണം. അപ്പോൾ,

$KMnO_4 + 8HCl \longrightarrow KCl + MnCl_2 + 4H_2O + 2\frac{1}{2}Cl_2$

എന്നെഴുതുമ്പോൾ സമീകരണം തുലനം ചെയ്യപ്പെട്ടുന്നു. സമീകരണത്തെ മുഴുവനും രണ്ടു കൊണ്ട് ഗുണിച്ച് ഭിന്നസംഖ്യ ഒഴിവാക്കുമ്പോൾ സമീകരണത്തിന്റെ അവസാനരൂപം കിട്ടുന്നു.

$2KMnO_4 + 16HCl \longrightarrow 2\,KCl + 2\,MnCl_2 + 8\,H_2O + 5Cl_2\uparrow$

b) അഭികാരകങ്ങൾ: $NaOH$, $Al_2(SO_4)_3$

ഉല്പന്നങ്ങൾ: Na_2SO_4, $Al(OH)_3$.

$Na(OH) + Al_2(SO_4)_3 \longrightarrow Na_2(SO_4) + Al(OH)_3$ (പ്രാഗ്രൂപം)

ഇതിൽ (OH) റാഡിക്കലിന്റെ എണ്ണം സമമാക്കുമ്പോൾ

$3\,Na(OH) + Al_2(SO_4)_3 \longrightarrow Na_2(SO_4) + Al(OH)_3$

എന്നു കിട്ടുന്നു. (SO_4) റാഡിക്കലിന്റെ എണ്ണം സമമാക്കുമ്പോൾ,

$3\,Na(OH) + Al_2(SO_4)_3 \longrightarrow 3\,Na_2(SO_4) + Al(OH)_3$ എന്നാകുന്നു. അവസാനമായി Na, Al എന്നീ അണുക്കളുടെ എണ്ണം തുലനം ചെയ്യുമ്പോൾ

$6\,Na(OH) + Al_2(SO_4)_3 \longrightarrow 3Na_2(SO_4) + 2Al(OH)_3$ എന്ന ശരിയായ സമീകരണം കിട്ടുന്നു.

ഭാഗികരാസസമീകരണം

പല രാസപരിണാമങ്ങളും നടക്കുന്നതു് അഭികാരകങ്ങളുടെ പ്രത്യേകമായ ചില രാസഗ്രൂപങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചായിരിക്കും. അങ്ങനെയുള്ള പരിണാമങ്ങളുടെ സമീകരണം ഒരേ പടിയിൽ കാണിക്കുക വിഷമമാണു്. ആ അവസരങ്ങളിൽ അഭികാരകങ്ങളിൽ ഓരോന്നിന്റെയും രാസഗ്രൂപങ്ങളെ പ്രകടമാക്കുന്ന ഭാഗിക-സമീകരണങ്ങൾ പ്രത്യേകം എഴുതുന്നു. ആകെയുള്ള ഫലം പ്രകാശിപ്പിക്കാൻ ഈ ഭാഗികസമീകരണങ്ങളെ കൂട്ടിയെഴുതിയാൽ മതി. സമീകരണങ്ങൾ കൂട്ടുമ്പോൾ ബീജഗണിതത്തിലുള്ള സങ്കലന സങ്കേതങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കണം.

ഉദാഹരണങ്ങൾ:–

1, കോപ്പറും സാന്ദ്രസൽഫ്യൂരിക് അമ്ലവും ചേർത്തു് ചൂടാക്കുമ്പോൾ കോപ്പർ സൽഫേറ്റും വെള്ളവും സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡും ഉണ്ടാകുന്നു.

$Cu + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + H_2O + SO_2$ (പ്രാഗ്രൂപം)

സാന്ദ്രസൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം ഓക്സീകാരകം ആയതിനാൽ,

$H_2SO_4 \longrightarrow H_2O + SO_2 + (O)$

എന്ന ഭാഗികസമീകരണം പ്രസക്തമാണു്. ഇതിലുണ്ടാകുന്ന നവജാത (nascent) ഓക്സിജൻ കോപ്പറിനെ കോപ്പർ ഓക്സൈഡാക്കുന്നു. (നവജാത ഓക്സിജൻ വാത കാവസ്ഥയിൽ അല്ലാത്തതു കൊണ്ടു് അണുവായിട്ടതന്നെ കാണിച്ചാൽ മതി).

$$Cu + O \longrightarrow CuO$$

കോപ്പർ ഓക്സൈഡു് ഒരു ബേസു് ആയതിനാൽ അതു് സൽഫൂരിക് അമ്ലവുമായി പ്രവർത്തിച്ചു് കോപ്പർ സൽഫേറ്റും വെള്ളവും ഉണ്ടാകുന്നു.

$$CuO + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + H_2O$$

മൊത്തം പ്രതിപ്രവർത്തനം ഈ ഭാഗികസമീകരണങ്ങളുടെയെല്ലാം ആകത്തുകയാണു്.

$$H_2SO_4 \longrightarrow H_2O + SO_2 + O$$
$$Cu + O \longrightarrow CuO$$
$$CuO + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + H_2O$$

$$Cu + 2H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

2. സാന്ദ്രനൈട്രിക് അമ്ലവും സൽഫറും പേർത്തു് തിളപ്പിക്കുമ്പോൾ സൽഫൂരിക് അമ്ലവും വെള്ളവും നൈട്രജൻ ഡൈഓക്സൈഡും ഉണ്ടാകുന്നു.

$$[2HNO_3 \longrightarrow H_2O + 2NO_2 + O] \times 3$$
$$S + 3O \longrightarrow SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

$$6HNO_3 + S \longrightarrow H_2SO_4 + 2H_2O + 6NO_2$$

ഇവിടെ ഒന്നാമത്തെ ഭാഗികസമീകരണത്തെ മൂന്നുകൊണ്ടു് ഗുണിക്കേണ്ടി വരുന്നതു് രണ്ടാമത്തേതിൽ മൂന്നു് O അണുക്കൾ ആവശ്യമുള്ളതുകൊണ്ടാണു്.

ഭാഗികസമീകരണങ്ങൾ കൊണ്ടു് രാസപരിണാമം പ്രകാശിപ്പിക്കുന്നതിനു് അഭികാരകങ്ങളുടെ രാസഗുണധർമ്മങ്ങളും ശീലവും അറിഞ്ഞിരിക്കണം.

രാസസമീകരണത്തിൽ നിന്നു് വ്യക്തമാകാത്ത കാര്യങ്ങൾ:-

1. രാസപരിണാമം നടക്കുന്നതിനു് വേണ്ട പ്രത്യേകപരിതസ്ഥിതികൾ.
2. രാസപരിണാമത്തിനു് വേണ്ടിവരുന്ന സമയം.
3. ഒരേ അഭികാരകങ്ങളിൽ നിന്നു് മറ്റു വല്ല ഉല്പന്നങ്ങളും ഉണ്ടാകാനുള്ള സാധ്യത.
4. താപമോ മറ്റു ഊർജങ്ങളോ ഉണ്ടാകുകയോ അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നുണ്ടോ എന്നു്.

സംഘടനവും സൂത്രവും

തന്മാത്രാഭാരം

ഒരു വസ്തുവിന്റെ സൂത്രം അറിയാമെങ്കിൽ അതിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം എളുപ്പത്തിൽ കണക്കാക്കാം. തന്മാത്രകളിലുള്ള ഓരോ അണുക്കളുടെയും അണുഭാരം അണുഭാരപ്പട്ടികയിൽ നിന്നു് എഴുതെടുക്കുക. ഓരോ അണുഭാരത്തെയും തന്മാത്രകളിലുള്ള ആ അണുവിന്റെ എണ്ണം കൊണ്ടു് ഗുണിക്കുക. ഇങ്ങനെ കിട്ടുന്ന സംഖ്യകളെല്ലാം കൂടി കൂട്ടുമ്പോൾ തന്മാത്രാഭാരം കിട്ടുന്നു.

ഉദാഹരണം:—

1. സൽഫൂരിക് അമ്ലം

സൂത്രം H_2SO_4

H = 1.008	∴ 2 × 1.008	= 2.016
S = 32.066	1 × 32.066	= 32.066
O = 16.00	4 × 16.00	= 64.00
∴ തന്മാത്രാഭാരം		= 98.082

2. ഗ്ലൂക്കോസ്:

സൂത്രം $C_6H_{12}O_6$

C = 12.011	6 × 12.011	= 72.066
H = 1.008	12 × 1.008	= 12.096
O = 16.00	6 × 16	= 96.00
∴ തന്മാത്രാഭാരം		= 180.162

ശതമാനസംഘടനം:

യൗഗികങ്ങളുടെ സംഘടനം പ്രസ്താവിക്കുന്നത് സാധാരണമായി ഒരു നിശ്ചിതഭാരം യൗഗികത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഓരോ മൂലകങ്ങളുടെയും ഭാരങ്ങളും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമായിട്ടാണ്. ഉദാഹരണമായി ജലത്തിന്റെ സംഘടനം H : O = 1 : 7.98 എന്നു പറയുമ്പോൾ 1 ഭാരം ഹൈഡ്രജനും 7.98 ഭാരം ഓക്സിജൻ വീതം സംയോജിച്ചാണ് ജലം ഉണ്ടാകുന്നതെന്ന് മനസ്സിലാക്കണം. ഈ അനുപാതം ശതമാനമായി പ്രസ്താവിക്കുന്നതിനെ ശതമാനസംഘടനം എന്നു പറയുന്നു.

നൂറു ഭാരഭാഗം യൗഗികത്തിൽ ഓരോ മൂലകവും എത്ര ഭാരഭാഗം വീതം അടങ്ങിയിട്ടുണ്ടോ, ആ സംഖ്യകളാണ് യൗഗികത്തിലുള്ള ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും ശതമാനം. ഇപ്രകാരം ഘടകമൂലകങ്ങളുടെ ഭാരം ശതമാനമായി പ്രസ്താവിക്കുന്നതിനെയാണ് യൗഗികത്തിന്റെ ശതമാനസംഘടനം എന്നു പറയുന്നത്.

ഓരോ യൗഗികത്തിന്റെയും സൂത്രത്തിൽ നിന്നും അതിന്റെ സംഘടനം കണക്കാക്കാം.

ഉദാഹരണം:—

1. സൽഫർ ഡൈഓക്സൈഡ്.

സൂത്രം = SO_2

S = 32, O = 16

∴ തന്മാത്രാ ഭാരം = 32 + 2 × 16 = 64

∴ 64 ഭാരഭാഗം SO_2 -ൽ 32 ഭാരഭാഗം സൽഫർ ഉണ്ട്.

$$\therefore \text{സൽഫറിന്റെ ഭാരശതമാനം} = \frac{32 \times 100}{64} = 50.$$

$$\text{ഓക്സിജന്റെ ഭാരശതമാനം} = \frac{32 \times 100}{64} = 50.$$

2. വെള്ളം.

സൂത്രം = H_2O

തന്മാത്രാഭാരം = 2 × 1.008 + 16 = 18.016.

∴ ജലത്തിലുള്ള ഹൈഡ്രജന്റെ ഭാരശതമാനം

$$= \frac{2.016 \times 100}{18.016}$$

$$= 11.11$$

ഓക്സിജന്റെ ഭാരശതമാനം $= \frac{16 \times 100}{18.016}$

$$= 88.89.$$

ശതമാനസംഘടനം മൂലകങ്ങളേയോ മാത്രമായിട്ടേ കണക്കാക്കാവൂ എന്നില്ല. യൗഗികത്തിലെ ഏതു ഘടകത്തിന്റെയും ശതമാനം കണക്കാക്കാം. ഉദാഹരണമായി മഗ്നീഷ്യം സൽഫേറ്റിൽ ($MgSO_4$) ഉള്ള മഗ്നീഷ്യം ഓക്സൈഡിന്റെയും (MgO) സൽഫർ ട്രൈഓക്സൈഡിന്റെയും (SO_3) ശതമാനങ്ങളും ഇപ്രകാരം കണ്ടുപിടിക്കാം.

$MgSO_4 = 24.30 + 32 + 4 \times 16$

$= 120.30$

$MgO = 24.3 + 16 = 40.3$

$SO_3 = 32 + 16 \times 3 = 80$

∴ MgO യുടെ ഭാരശതമാനം $= \frac{40.3 \times 100}{120.3}$

$= 33.51$

SO_3 യുടെ ഭാരശതമാനം $= \frac{80 \times 100}{120.3}$

$= 66.49$

ജലയോജിത കോപ്പർ സൽഫേറ്റിലുള്ള ജലത്തിന്റെ ശതമാനം കണക്കാക്കിനോക്കാം.

സൂത്രം $= CuSO_4 \cdot 5H_2O$

തന്മാത്രാഭാരം $= 63.54 + 32 + 64 + 5 \times 18$

$= 249.54$

∴ 249.54 ഗ്രാം ജലയോജിത കോപ്പർ സൽഫേറ്റിൽ 5×18 ഗ്രാം ജലം ഉണ്ട്.

∴ ജലത്തിന്റെ ശതമാനം $= \frac{5 \times 18 \times 100}{249.54}$

$= 36.09$

ശതമാനസംഘടനത്തിൽ നിന്നും സൂത്രനിർണയം

ആനുഭവിക സൂത്രം

ഒരു വസ്തുവിന്റെ തന്മാത്രകളിലുള്ള ഓരോ അണുക്കളുടെയും എണ്ണം കൃത്യമായി കാണിക്കുന്ന സൂത്രമാണ് അതിന്റെ തന്മാത്രാസൂത്രം. എന്നാൽ തന്മാത്രകളിലുള്ള ഓരോ മൂലകാണുക്കളുടെയും എണ്ണം തമ്മിലുള്ള അനുപാതം മാത്രം സൂചിപ്പിക്കുന്ന സൂത്രവും ഉപയോഗിക്കേണ്ടിവരും. ഇതാണ് വസ്തുവിന്റെ ആനുഭവിക സൂത്രം. ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രജൻ പെറോക്സൈഡിന്റെ തന്മാത്രാസൂത്രം

H_2O_2 എന്നാണു്. അതായതു് ഈ തന്മാത്രയിൽ 2 H അണുക്കളും 2 O അണുക്കളും ഉണ്ടു്. അണുക്കളുടെ എണ്ണങ്ങളും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം = 2:2 =1:1. ഭാരസംഘടനത്തിൽ നിന്നു് സൂത്രം വ്യൽപാദിപ്പിക്കുമ്പോഴും ഈ അനുപാതം മാത്രമേ പലപ്പോഴും കിട്ടുകയുള്ളു. അണുക്കളുടെ സംഖ്യാനുപാതം സൂചിപ്പിച്ചു് സൂത്രം ഉണ്ടാക്കുമ്പോൾ HO എന്നു കിട്ടുന്നു. അതായതു് ഹൈഡ്രജൻ പെറോക്സൈഡിന്റെ ആനുഭവികസൂത്രം =HO മറ്റു ചില ഉദാഹരണങ്ങളും കൂടി നോക്കുക.

യൗഗികം	തന്മാത്രാസൂത്രം	ആനുഭവിക സൂത്രം
അസറലീൻ	C_2H_2	CH
ഗ്ലൂക്കോസു്	$C_6H_{12}O_6$	CH_2O
എഥിലീൻ	C_2H_4	CH_2
വെള്ളം	H_2O	H_2O

ഈ ഉദാഹരണങ്ങളിൽ നിന്നു് തന്മാത്രാസൂത്രം ആനുഭവികസൂത്രം തന്നെയോ അതിന്റെ ഒരു ലഘുഗുണിതമോ ആയിരിക്കും എന്നു വ്യക്തമാണു്.

യൗഗികത്തിന്റെ ശതമാന സംഘടനം അതിലെ ഓരോ മൂലകങ്ങളുടെയും ഭാരാനുപാതമാണല്ലോ. അതിനാൽ ഇതിനെ അതാതു് അണുക്കളുടെ ഭാരം കൊണ്ടു് (അണുഭാരം കൊണ്ടു്) ഹരിക്കുമ്പോൾ അണുക്കളുടെ എണ്ണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം കിട്ടുന്നു. ഇതിൽ നിന്നു് ആനുഭവിക സൂത്രം കണ്ടുപിടിക്കാം. തന്മാത്രാഭാരം കൂടി അറിയാമെങ്കിൽ തന്മാത്രാസൂത്രവും കിട്ടുന്നു. ശതമാനസംഘടനത്തിൽ നിന്നു് തന്മാത്രാസൂത്രം വ്യൽപാദിപ്പിക്കുന്നതിനു് താഴെപ്പറയുന്ന മാർഗം സ്വീകരിക്കാം:

(1) യൗഗികത്തിലുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ ഭാരശതമാനത്തെ (അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ക്ലിപ്ത ഭാരം യൗഗികത്തിലുള്ള അവയുടെ ഭാരത്തെ) അതാതു് അണുഭാരം കൊണ്ടു് ഹരിക്കുക.

(2) ഈ സംഖ്യകൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു് അണുക്കളുടെ എണ്ണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ളതു്. ഇതിനെ പൂർണസംഖ്യാനുപാതമാക്കുക. ഏറ്റവും ചെറിയ സംഖ്യ കൊണ്ടു് എല്ലാറ്റിനെയും ഹരിക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന അനുപാതം മിക്കപ്പോഴും പൂർണസംഖ്യാനുപാതമായിരിക്കും. അല്ലെങ്കിൽ അതിനെ ഒരു ചെറിയ സംഖ്യ കൊണ്ടു് ഗുണിക്കുമ്പോൾ പൂർണസംഖ്യാനുപാതം കിട്ടും.

(3) ഈ പൂർണസംഖ്യകൾ ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും പ്രതീകത്തോടു് ചേർത്തു് എഴുതി ആനുഭവികസൂത്രം കണ്ടുപിടിക്കുക.

(4) ആനുഭവിക സൂത്രത്തിൽ നിന്നു് സൂത്രഭാരം കണക്കാക്കുക (അണുഭാരങ്ങളുടെ ആകത്തുക).

(5) തന്മാത്രാഭാരം കണ്ടുപിടിക്കുക (ബാഷ്പഘനത്വത്തിൽ നിന്നോ മറ്റോ).

(6) തന്മാത്രാഭാരത്തെ ആനുഭവിക സൂത്രഭാരം കൊണ്ടു ഹരിക്കുമ്പോൾ ഒരു ചെറിയ പൂർണസംഖ്യ കിട്ടുന്നു.

(7) ആനുഭവികസൂത്രത്തെ ഈ പൂർണസംഖ്യ കൊണ്ടു് ഗുണിക്കുമ്പോൾ തന്മാത്രാസൂത്രം കിട്ടുന്നു.

ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ നോക്കുക.

a) ഒരു യൗഗികത്തിൽ 40% കാർബണും 6.66% ഹൈഡ്രജനും ബാക്കി ഓക്സിജനുമാണു്. യൗഗികത്തിന്റെ ആനുഭവികസൂത്രം എന്തു്? യൗഗികത്തിന്റെ ബാഷ്പീഭവനത്വം 30 ആണെങ്കിൽ തന്മാത്രാസൂത്രം കണ്ടുപിടിക്കുക.

യൗഗികത്തിൽ $C = 40\%$

$H = 6.66\%$

$\therefore O = 100 - (40 + 6.66)$

$= 53.34\%$

പരികലനം പട്ടികയുടെ രൂപത്തിൽ താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

മൂലകം	ശതമാനം	ശതമാനം ÷ അണുഭാരം	അണുക്കളുടെ സംഖ്യാനുപാതം
C	40	$\frac{40}{12} = 3.33$	$\frac{3.33}{3.33} = 1$
H	6.66	$\frac{6.66}{1} = 6.66$	$\frac{6.66}{3.33} = 2$
O	53.34	$\frac{53.34}{16} = 3.33$	$\frac{3.33}{3.33} = 1$

$\therefore$ ആനുഭവികസൂത്രം $= CH_2O$

ആനുഭവികസൂത്രഭാരം $= 1 \times 12 + 2 \times 1 + 1 \times 16 = 30$

ബാഷ്പീഭവനത്വം $= 30$

$\therefore$ തന്മാത്രാഭാരം $= 2 \times 30 = 60$

$\frac{\text{തന്മാത്രാഭാരം}}{\text{ആനുഭവികസൂത്രഭാരം}} = \frac{60}{30} = 2$

$\therefore$ തന്മാത്രാസൂത്രം $= (CH_2O)_2 = C_2H_4O_2$

b ഒരു യൗഗികത്തിന്റെ 1.84 ഗ്രാം വിശ്ലേഷണം ചെയ്തപ്പോൾ അതിൽ 0.96 ഗ്രാം കാർബണും 0.24 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനും ഉണ്ടെന്നു കണ്ടു. യൗഗികത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം 46 ആണെന്നും നിർണയിക്കപ്പെട്ടു, എങ്കിൽ തന്മാത്രാസൂത്രം എന്തു്?

പരികലനം

യൗഗികത്തിലെ ഓക്സിജന്റെ കാര്യം പലപ്പോഴും പ്രസ്താവിച്ചെന്നു വരില്ല. മറ്റു ഘടകങ്ങളുടെ മൊത്തം പരിമാണം യൗഗികത്തിന്റെ പരിമാണമാകുന്നില്ലെങ്കിൽ വ്യത്യാസം ഓക്സിജന്റെ ഭാരമാണെന്നു കരുതണം.

ഈ യൗഗികത്തിന്റെ 1.84 ഗ്രാമിൽ ഉള്ള

കാർബൺ $= 0.96$ ഗ്രാം

ഹൈഡ്രജൻ $= 0.24$ ഗ്രാം

ആകെ ഭാരം $= 1.2$ ഗ്രാം

$\therefore$ ഓക്സിജന്റെ ഭാരം $= 1.84 - 1.2 = 0.64$ ഗ്രാം

മൂലകം	1.34 ഗ്രാം യൗഗികത്തിലുള്ള ഭാരം	മൂലകഭാരം ÷ അണുഭാരം	അണുക്കളുടെ സഖ്യാനുപാതം
C	0.96	$\frac{.96}{12} = 0.08$	$\frac{0.08}{0.04} = 2$
H	0.24	$\frac{.24}{1} = 0.24$	$\frac{0.24}{0.04} = 6$
O	0.64	$\frac{.64}{16} = 0.04$	$\frac{0.04}{0.04} = 1$

ആനുഭവികസൂത്രം = C_2H_6O

ആനുഭവികസൂത്രഭാരം = $(2 \times 12) + (6 \times 1) + (1 \times 16) = 46$

തന്മാത്രാഭാരം = 46

$$\frac{\text{തന്മാത്രാഭാരം}}{\text{ആനുഭവികസൂത്രഭാരം}} = \frac{46}{46} = 1$$

∴ തന്മാത്രാസൂത്രം = C_2H_6O

c) ഗ്ലൗബർലവണത്തിൽ 9.97% സൽഫറും 14.31% സോഡിയവും 6.25% ഹൈഡ്രജനും 69.47% ഓക്സിജനും ഉണ്ടെങ്കിൽ അതിന്റെ സൂത്രം നിർണയിക്കുക. (ഇതിലുള്ള ഹൈഡ്രജൻ മുഴുവൻ ജലമായിട്ടാണ് വർത്തിക്കുന്നത്).

പരികലനം:

മൂലകം	ഭാരശതമാനം	ശതമാനം ÷ അണുഭാരം	അണുക്കളുടെ സഖ്യാനുപാതം
Na	14.31	$\frac{14.31}{23} = 0.6232$	$\frac{.6232}{.3116} = 2$
S	9.97	$\frac{9.97}{32} = 0.3116$	$\frac{.3116}{.3116} = 1$
H	6.25	$\frac{6.25}{1} = 6.25$	$\frac{6.25}{.3116} = 20.05$
O	69.47	$\frac{69.47}{16} = 4.342$	$\frac{4.342}{.3116} = 13.93$

സംഖ്യാനുപാതം 2 : 1 : 20.05 : 13.93 എന്നാണ് കിട്ടുന്നത്. ഇതു പൂർണസംഖ്യാനുപാതമായിരിക്കണമല്ലോ. അതിനാൽ 20.05, 13.93 എന്നിവയെ യഥാക്രമം 20, 14 എന്നു തിരുത്താവുന്നതാണ്.

∴ സൂത്രം $Na_2SH_{20}O_{14}$ എന്നു കിട്ടുന്നു. ഇതിൽ ഹൈഡ്രജൻ മുഴുവനും ജലമായി വർത്തിക്കുന്നതിനാൽ (H_2O), 20 H അണുക്കളും 10 ഓക്സിജനണുക്കളുമായി ചേർന്നു $10H_2O$ മോളികൃളകളുണ്ട്. ബാക്കിയുള്ള O അണുക്കളും = 14 — 10 = 4

∴ സൂത്രം = $Na_2SO_4 . 10H_2O$

d) ഒരു ജലയോജിതയൗഗികം തപിപ്പിച്ചപ്പോൾ അതിന്റെ 45.6% ഭാരം നഷ്ടപ്പെട്ട് നിർജലയൗഗികമായിത്തീർന്നു. നിർജലപദാർഥത്തിൽ

10.5% അലൂമിനിയം, 15.1% പൊട്ടാസിയം, 24.8% സൽഫർ, 49.6% ഓക്സിജൻ എന്നിവയുണ്ട്. നിർജലവും ജലയോജിതവുമായ യൗഗികങ്ങളുടെ സൂത്രങ്ങളും നിർണയിക്കുക.

പരികലനം:

നിർജല യൗഗികത്തിന്റെ സൂത്രം:

മൂലകം	ഭാരശതമാനം	ശതമാനം ÷ അണുഭാരം	അണുക്കളുടെ സംഖ്യാനുപാതം
Al	10 5	$\frac{10.5}{27} = 0.388$	$\frac{.388}{.388} = 1$
K	15.1	$\frac{15.1}{39.1} = 0.388$	$\frac{.388}{.388} = 1$
S	24.8	$\frac{24.8}{32} = 0.776$	$\frac{.776}{.388} = 2$
O	49.6	$\frac{49.6}{16} = 3.1$	$\frac{3.1}{.388} = 7.991 = 8$

∴ നിർജല യൗഗികത്തിന്റെ സൂത്രം = $Al\ K\ S_2\ O_8$

ആനുഭവിക സൂത്രഭാരം = $27+39.1+2 \times 32+8 \times 16$

$= 258.1$

ജലയോജിതയൗഗികത്തിൽ 45.6% ജലമുണ്ട്.

∴ അതിൽ $100 - 45.6 = 54.4\%$ നിർജല വസ്തുവുണ്ട്.

∴ ജലയോജിത യൗഗികത്തിന്റെ സൂത്രഭാരം

$$= \frac{258.1 \times 100}{54.4} = 474.4$$

∴ 474.4 ഭാരം യൗഗികത്തിൽ $474.4 - 258.1 = 216.3$ ഭാരം ജലമുണ്ട്.

ജലത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം = 18

∴ ജലതന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം $= \frac{216.3}{18}$

$= 12.02$

ഇതു പൂർണസംഖ്യയായിരിക്കണമെന്നുള്ളതിനാൽ 12 02 എന്ന സംഖ്യയെ 12 എന്നു തിരുത്താം.

∴ ജലയോജിത വസ്തുവിന്റെ സൂത്രം $= Al\ K\ S_2O_8 \cdot 12H_2O$

രാസസമീകരണങ്ങളെ ആസ്പദമാക്കിയുള്ള പരികലനങ്ങൾ:

ഒരു വസ്തുവിന്റെ സൂത്രത്തിൽ നിന്നു അതിൽ ഏതെല്ലാം മൂലകങ്ങളാണുള്ളതെന്നും അവയുടെ ഏതു അണുക്കളം വീതം ഉണ്ടെന്നും മനസ്സിലാക്കാമല്ലോ. മാത്രമല്ല തന്മാത്രാഭാരവും കണക്കാക്കാം. ഈ കാര്യങ്ങളം മനസ്സിൽ വെച്ചുകൊണ്ടു രാസപരിണാമത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെ ഭാരം കണ്ടുപിടിക്കാം.

രാസസമീകരണം ഇതിനാവശ്യമാണ്. ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും ചേർന്ന് ജലം ഉണ്ടാകുന്നതു് ഉദാഹരണമായെടുക്കാം. ഈ പരിണാമത്തിന്റെ സമീകരണം

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

എന്നാണ്. രണ്ടു ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്രകളും ഒരു ഓക്സിജൻ തന്മാത്രയുമായി സംയോജിച്ചു് രണ്ടു് ജലതന്മാത്രകളും ഉണ്ടാകുന്നു. ഹൈഡ്രജന്റെ അണുഭാരം 1.008 ആണ്. ഓക്സിജന്റെ അണുഭാരം 16 ഉം. അപ്പോൾ പ്രസ്തുതത്തെ ഇങ്ങനെയെഴുതാം:

4×1.008 ഭാരഭാഗം ഹൈഡ്രജൻ 2×16 ഭാരഭാഗം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ചു് 2×18.016 ഭാരഭാഗം ജലം ഉണ്ടാകുന്നു.

ഇപ്രകാരം പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലുള്ള പദാർഥങ്ങളുടെ ഭാരാനുപാതം കിട്ടിക്കഴിഞ്ഞാൽ അതിനെ ആസ്പദമാക്കി പല പരികലനങ്ങളും സാധ്യമാണ്. ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ നോക്കുക.

a) 1 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനിൽ നിന്നു് എത്ര ഗ്രാം ജലം ഉണ്ടാക്കാം?

സമീകരണത്തിൽ നിന്നു് 4×1.008ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനിൽ നിന്നു് 2×18.016ഗ്രാം ജലം ഉണ്ടാകുമെന്നു് കാണാം.

$\therefore$ 4.032 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന ജലം = 36.032 ഗ്രാം

1 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന ജലം

$$= \frac{36.032}{4.032} = \underline{8.941 \text{ ഗ്രാം}}$$

b) 5 ഗ്രാം ഓക്സിജൻ എത്ര ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനുമായി സംയോജിക്കും?

സമീകരണത്തിൽ നിന്നു്, 4.032 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജൻ 32 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുമെന്നു് കാണാം.

$\therefore$ 5 ഗ്രാം ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്ന ഹൈഡ്രജന്റെ ഭാരം

$$= \frac{4.032}{32} \times 5 = \underline{0.63 \text{ ഗ്രാം}}$$

നിശ്ചിതഭാരം ജലം ഉണ്ടാകാൻ വേണ്ടിവരുന്ന ഹൈഡ്രജന്റെയും ഓക്സിജന്റെയും പരിമാണം, നിശ്ചിതഭാരം ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും കലർത്തിയ മിശ്രിതം പ്രതിപ്രവർത്തനവിധേയമാക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ജലത്തിന്റെ ഭാരവും അവശേഷിക്കുന്ന വാതകത്തിന്റെ പരിമാണവും, എന്നിങ്ങനെ സമീകരണത്തിൽ നിന്നു് പലതും കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്. യൗഗികങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കുന്നതിനും സമീകരണങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കേണ്ടതാണ് (അധ്യായം 6 നോക്കുക). ചില പരികലനങ്ങൾ കൂടി നോക്കുക.

1. 5 ഗ്രാം പൊട്ടാസിയം ക്ലോറേറ്റിനെ ചൂടാക്കി എത്ര ഗ്രാം ഓക്സിജൻ നിർമിക്കാം?

(K = 39.1 ; Cl = 35.5 ; O = 16)

പരികലനം:

$$2\ K\ ClO_3 \longrightarrow 2\ KCl + 3O_2$$

$2 \times [39.1 + 35.5 + (3 \times 16)] = 2 \times [39.1 + 35.5] + 3 \times (2 \times 16)$

$(= 245.2)$ $(= 149.2)$ $(= 96)$

245.2 ഗ്രാം $KClO_3$യിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന ഓക്സിജൻ = 96 ഗ്രാം

∴ 5 ഗ്രാം $KClO_3$യിൽ നിന്നും കിട്ടുന്ന ഓക്സിജൻ

$$= \frac{5 \times 96}{245.2} = \underline{1.957 \text{ ഗ്രാം}}$$

2. 30 ഗ്രാം സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡിനെ സോഡിയം കാർബണേറ്റും ആക്കുവാൻ എത്ര ഗ്രാം മാർബിളിൽ ($CaCO_3$) ഉള്ള കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് വേണ്ടിവരും?

പരികലനം:

ഇതിൽ രണ്ടു പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളാണുള്ളത്. മാർബിളിൽ നിന്നും CO_2 നിർമിക്കുക; മാർബിളും ചൂടാക്കുമ്പോൾ CO_2 കിട്ടും. CO_2 നെ സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡിൽ പ്രവർത്തിപ്പിക്കുക.

$$2\ NaOH + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

30 ഗ്രാം NaOH—നെ Na_2CO_3 ആക്കാൻ എത്ര കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് വേണ്ടിവരുമെന്നു ആദ്യം കണക്കാക്കാം.

$$2\ NaOH + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

$2(23 + 16 + 1) = (12 + 2 \times 16)$

$(= 80)$ $(= 44)$

∴ 80 ഗ്രാം NaOH—നു 44 ഗ്രാം CO_2 വേണ്ടിവരും.

∴ 30 ഗ്രാം NaOH—നു വേണ്ടിവരുന്ന CO_2

$$= \frac{44 \times 30}{80} = 15.6 \text{ ഗ്രാം.}$$

ഇനി ഇത്രയും CO_2 കിട്ടാൻ എത്ര മാർബിൾ വേണമെന്നു നോക്കാം.

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

$[40 + 12 + (3 \times 16)]$ $[12 + (2 \times 16)]$

$(= 100)$ $(= 44)$

∴ 100 ഗ്രാം മാർബിളിൽനിന്നും 44 ഗ്രാം CO_2 കിട്ടും.

16.5 ഗ്രാം CO_2 നിർമിക്കാൻ വേണ്ട $CaCO_3 = \frac{100}{44} \times 16.5$

$= 37.5$ ഗ്രാം

∴ 30 ഗ്രാം NaOH–നെ Na_2CO_3 ആക്കാൻ 37.5 ഗ്രാം മാർബിൾ ആവശ്യമാണു.

3. 100 ടൺ സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം നിർമിക്കാൻ 80% മാത്രം FeS_2 അടങ്ങിയ എത്ര ടൺ അയേൺ പൈറൈറീസ് ഖനിജം വേണം?

(Fe = 55.8; S = 32)

പരികലനം:

100 ടൺ സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലമുണ്ടാക്കാൻ എത്ര ടൺ ശുദ്ധമായ FeS_2 വേണമെന്നു കണക്കാക്കാം. 1 തന്മാത്ര FeS_2-ൽ 2 S അണുക്കളുണ്ട്.

ഒരു മോളിക്യൂൾ സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലത്തിൽ (H_2SO_4) ഒരു സൽഫർ അണുവാണുള്ളത്. അതുകൊണ്ട് 1 തന്മാത്ര FeS_2-ൽ നിന്നും രണ്ട് സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലതന്മാത്രകൾ കിട്ടും.

$$FeS_2 \longrightarrow 2\,H_2SO_4$$

ഇത് പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സമീകരണമല്ല.

FeS_2-ന്റെ സൂത്രഭാരം $= 55.8 + (2 \times 32) = 119.8$

H_2SO_4-ന്റെ സൂത്രഭാരം $= (2 \times 1.008) + 32 + (4 \times 16)$
$= 98.016$

$\therefore$ 119.8 ഭാരം FeS_2-ൽ നിന്നും 2×98.016 ഭാരം സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം കിട്ടുന്നു.

$\therefore$ 100 ടൺ സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം ഉണ്ടാക്കാൻ വേണ്ട

$$FeS_2 = \frac{119.8 \times 100}{2 \times 98.016} \text{ ടൺ}$$

ഖനിജത്തിൽ 80% FeS_2 ആണുള്ളത്.

$$\therefore \text{ആവശ്യമായ } FeS_2 = \frac{119.8 \times 100}{2 \times 98016} \times \frac{100}{80} \text{ ടൺ}$$
$$= 73.37 \text{ ടൺ.}$$

അതായത് 100 ടൺ സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം ഉണ്ടാക്കാൻ 73.37 ടൺ ഖനിജം ആവശ്യമാണ്.

4) 0.9031 ഗ്രാം സോഡിയം ക്ലോറൈഡും പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡും ചേർന്ന മിശ്രിതം സാന്ദ്രസൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം ചേർത്ത് ചൂടാക്കിയപ്പോൾ കിട്ടിയ സൽഫേറ്റ് മിശ്രിതത്തിന്റെ ഭാരം 1.0784 ഗ്രാം ആണ്. മിശ്രിതത്തിലുള്ള സോഡിയം ക്ലോറൈഡിന്റെയും (NaCl) പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡിന്റെയും (KCl) ഭാരം എത്ര?

(Na = 23, K = 39.1, Cl = 35.5)

പരികലനം:

NaCl, KCl എന്നിവയെ Na_2SO_4, K_2SO_4 എന്നിവയാക്കുന്നതാണ് പ്രക്രിയ.

$$2\,NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2\,HCl$$
$$2\,[23 + 35.5] \qquad [(2 \times 23) + 32 + (4 \times 16)]$$
$$(= 2 \times 58.5) \qquad (= 142)$$
$$2\,KCl + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2\,HCl$$
$$2\,[39.1 + 35.5] \qquad [(2 \times 39.1) + 32 + (4 \times 16)]$$
$$(= 2 \times 74.6) \qquad (= 174.2)$$

സമീകരണങ്ങളിൽനിന്നു്,

a) 2 × 58.5 ഗ്രാം NaCl–ൽ നിന്നു് 142 ഗ്രാം Na_2SO_4 കിട്ടുമെന്നും,

b) 2 × 74.6 ഗ്രാം KCl–ൽ നിന്നു് 174.2 ഗ്രാം K_2SO_4 കിട്ടുമെന്നും, മനസ്സിലാക്കാം.

.9031 ഗ്രാം മിശ്രിതത്തിൽ ഉള്ള NaCl–ന്റെ തോതം x ഗ്രാം എന്നിരിക്കട്ടെ.

∴ മിശ്രിതത്തിലുള്ള KCl = (0.9031 — x) ഗ്രാം

∴ x ഗ്രാം NaCl –ൽ നിന്നു് കിട്ടുന്ന Na_2SO_4

$$= \frac{142 \times x}{2 \times 58.5} \text{ ഗ്രാം}$$

ഇതുപോലെ മിശ്രിതത്തിലുള്ള (0.9031 – x) ഗ്രാം KCl –ൽ നിന്നു് കിട്ടുന്ന K_2SO_4

$$= \frac{174.2 \times (0.9031 - x)}{2 \times 74.6} \text{ ഗ്രാം}$$

ആകെയുള്ള സൽഫേറ്റു് =

$$\frac{142 \times +}{2 \times 58.5} = \frac{174.2 \times (0.9031 - x)}{2 \times 74.6} \text{ ഗ്രാം.}$$

ഇതു് 1.0784 ഗ്രാം ആണെന്നു തന്നിട്ടുണ്ടു്.

$$\therefore 1.0784 = \frac{142 \times x}{2 \times 58.5} + \frac{174.2 \times (0.9031 - x)}{2 \times 74.6}$$

ഇതിൽ നിന്നു് x നിർധാരണം ചെയ്യുമ്പോൾ,

x = 0.494 എന്നു് കിട്ടും.

∴ മിശ്രിതത്തിലുള്ള NaCl = 0.494 ഗ്രാം

∴ മിശ്രിതത്തിലുള്ള KCl = 0.9031 — 0.494

= 0.4091 ഗ്രാം.

5) 3.603 ഗ്രാം ജലം ഇലക്ട്രൊളൈസു് ചെയ്യുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഹൈഡ്രജന്റെയും ഓക്സിജന്റെയും വ്യാപ്തങ്ങൾ NTP യിൽ എത്രയായിരിക്കും?

പരികലനം:

$$2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$$

$$2 \times 18.016 \qquad 2 \times 2.016 + 32$$

വാതകങ്ങളുടെ N T Pയിൽ ഉള്ള ഗ്രാം തന്മാത്രാ വ്യാപ്തം 22.4 ലിറ്ററാണല്ലോ.

∴ 2 × 18.016 ഗ്രാം ജലത്തിൽ നിന്നു് N T P യിൽ 2 × 22.4 ലി. ഹൈഡ്രജനും 22.4 ലി. ഓക്സിജനും കിട്ടുന്നു.

∴ 3.603 ഗ്രാം ജലത്തിൽ നിന്നു് N T Pയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഹൈഡ്രജൻ

$$= \frac{2 \times 22.4 \times 3.603}{2 \times 18.016} = 4.48 \text{ ലി.}$$

ഓക്സിജന്റെ വ്യാപ്തം = 2.24 ലി. (N T P)

6) അശുദ്ധമായ ഒരു സാമ്പിളം ചുണ്ണാമ്പുകല്ലിനെ (lime stone) 2.8 ഗ്രാം ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിപ്പിച്ചപ്പോൾ കിട്ടിയ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ വ്യാപ്തം N T P യിൽ 539.6 മി. ലി. ആണ്. ഈ സാമ്പിളിൽ ഉള്ള കാൽസിയം കാർബണേറിന്റെ ശതമാനം എത്ര ?

(Ca = 40, C = 12, O = 16)

പരികലനം:

$$CaCO_3 + 2\,HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

$(40 + 12 + 48) = 100$ 22.4 ലി

∴ 1 ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം (100 ഗ്രാം) $CaCO_3$ യിൽ നിന്നും 1 ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം CO_2 കിട്ടുന്നു.

വാതകങ്ങളുടെ തന്മാത്രാ വ്യാപ്തം N T P യിൽ 22.4 ലി. ആയതിനാൽ 100 ഗ്രാം $CaCO_3$—യിൽനിന്നും 22.4 ലി. CO_2 ലഭിക്കുന്നു.

∵ പരീക്ഷണത്തിൽ ലഭിച്ച CO_2 = 539.6 മി. ലി.
= 0.5396 ലി.

∴ 0.5396 ലി. CO_2 ഉണ്ടാക്കാൻ വേണ്ട $CaCO_3$

$$= \frac{100 \times 0.5396}{22.4} = 2.408 \text{ ഗ്രാം.}$$

2.8 ഗ്രാം സാമ്പിളിൽ ഉള്ള $CaCO_3$ = 2.408 ഗ്രാം.

∴ സാമ്പിളിലുള്ള $CaCO_3$—ന്റെ ശതമാനം

$$= \frac{2.408 \times 100}{2.8} = 85.8.$$

7. ഒരു ലിറ്റർ ജലത്തിൽ എത്ര ജലയോജിത കോപ്പർസൽഫേറ്റ് ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) ലയിപ്പിച്ചാൽ 1 മി. ലി. ലായനിയിൽ 0.1 മി. ഗ്രാം വീതം കോപ്പർ കാണും?

(Cu = 63.57, S = 32, O = 16)

പരികലനം:

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$—യുടെ തന്മാത്രാഭാരം
= 249.57

∴ 249.57 ഗ്രാം $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ —ൽ 63.57 ഗ്രാം കോപ്പർ കാണും.

1 മി. ലി. ലായനിയിലുണ്ടാകേണ്ട കോപ്പർ = 0.1 മി. ഗ്രാം

∴ 1 ലി. ലായനിയിൽ ഉണ്ടാകേണ്ട കോപ്പർ
= 0.1 × 1000 മി. ഗ്രാം = 0.1 ഗ്രാം

0.1 ഗ്രാം കോപ്പർ ഉണ്ടാക്കാൻ ലയിപ്പിക്കേണ്ട $CuSO_4 5H_2O$

$$= \frac{249.57}{63.57} \times 0.1 = 0.3937 \text{ ഗ്രാം}$$

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. റാഡിക്കൽ എന്നാൽ എന്ത് ? ഉദാഹരണസഹിതം വിശദമാക്കുക. ഇവയും തന്മാത്രകളും തമ്മിൽ താരതമ്യപ്പെടുത്തുക.

2. താഴെപ്പറയുന്ന യൗഗികങ്ങളുടെ സൂത്രങ്ങൾ എഴുതുക (a) ഫെറിക് ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് (b) ലെഡ് (പ്ലംബസ്) ക്ലോമേറേറ് (c) സ്റ്റാനിക് സൽഫേറേറ് (d) മഗ്നീഷ്യം നൈട്രൈഡ് (e) കാൽസിയം ഫോസ്ഫേറേറ് (f) കാൽസിയം ബൈക്കാർബണേറേറ് (g) അലൂമിനിയം കാർബൈഡ് (h) ആർസനിക് ഓക്സൈഡ് (i) ഫെറിക് ഓക്സൈഡ്.

3. പൂർത്തിയാക്കുക:

a) $Fe + HCl \longrightarrow$

b) $Zn Cl_2 + H_2S \longrightarrow$

c) $Al + H_2 SO_4 \longrightarrow$

d) $KNO_3 \longrightarrow KNO_2 +$

e) $Ca_3 (PO_4)_2 + H_2 SO_4 \longrightarrow$

4. ഒരു രാസസമീകരണം എഴുതുക. ഇതിൽ നിന്നും നിങ്ങൾ എന്തെല്ലാം മനസ്സിലാക്കുന്നു?

5. താഴെപ്പറയുന്ന രാസപരിണാമങ്ങൾക്കു സമീകരണങ്ങൾ എഴുതുക.

a) ഈഥേൻ (C_2H_6) ഓക്സിജനിൽ കത്തുമ്പോൾ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡും വെള്ളവും ഉണ്ടാകുന്നു.

b) ബേരിയം ക്ലോറൈഡ് ലായനിയും സിൽവർ നൈട്രേറ് ലായനിയും കലർത്തുമ്പോൾ ബേരിയം നൈട്രേറ് ലായനിയും സിൽവർ ക്ലോറൈഡ് അവക്ഷേപവും കിട്ടുന്നു.

c) സിങ്ക് സൽഫൈഡ് വായുവിൽ വറുക്കുമ്പോൾ ഓക്സിജനുമായി പ്രവർത്തിച്ച് സിങ്ക് ഓക്സൈഡും സൽഫർ ഡൈ ഓക്സൈഡും ഉണ്ടാകുന്നു.

d) അലൂമിനിയം കാർബൈഡും ജലവും തമ്മിൽ പ്രവർത്തിച്ച് മീഥേനും (CH_4) അലൂമിനിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡും ഉണ്ടാകുന്നു.

6. താഴെപ്പറയുന്ന യൗഗികങ്ങളുടെ ശതമാനസംഘടനങ്ങൾ കണക്കാക്കുക.

CaO, $NaNO_3$, TiO_2, SO_3

7. $Al_{12} Mg_5 Si_2 O_{27}$ എന്ന വസ്തുവിലുള്ള $Al_2 O_3$, MgO, SiO_2 എന്നിവയുടെ ശതമാനങ്ങൾ കണക്കാക്കുക.

8. ആനുപാതികസൂത്രവും തന്മാത്രാസൂത്രവും തമ്മിലുള്ള സാദൃശ്യങ്ങളും വ്യത്യാസങ്ങളും ഉദാഹരണസഹിതം വ്യക്തമാക്കുക.

9. ഒരു കാർബണികയൗഗികത്തിൽ 42.1 % കാർബണും 6.43 % ഹൈഡ്രജനും ബാക്കി ഓക്സിജനുമാണ്. ഇതിന്റെ ഒരു മോളിക്യൂളിൽ 6 കാർബൺ ആറ്റങ്ങളുണ്ടെങ്കിൽ അതിന്റെ സൂത്രം നിർണയിക്കുക.

10. a) 77.8 % ഇരുമ്പ് അടങ്ങിയ അയേൺ ഓക്സൈഡിന്റെ സൂത്രം എന്താണ്?

b) ഇതിന്റെ രാസനാമം പ്രസ്താവിക്കുക.

c) ഈ യൗഗികത്തിൽ ഇരുമ്പിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം എത്ര?

d) ഈ ഓക്സൈഡും കാർബണും ചേർത്തു് ചൂടാക്കുമ്പോഴും കാർബൺ മോണോക്സൈഡും (CO) ഇരുമ്പും ഉണ്ടാകുന്നെങ്കിൽ 10 ഗ്രാം ഓക്സൈഡിനെ ലോഹമാക്കാൻ ആവശ്യമായ കാർബൺ എത്ര?

11. 3.23 ഗ്രാം ജലയോജിത സിങ്കു് സൽഫേറ്റു് തപിപ്പിച്ചപ്പോഴും 1.42 ഗ്രാം ജലം നഷ്ടപ്പെട്ടു. എന്നാൽ ജലയോജിത യൗഗികത്തിന്റെ സൂത്രം എന്തു്?

12. 0.4293 ഗ്രാം ഹൈഡ്രോകാർബൺ ഓക്സിജനിൽ കത്തിച്ചപ്പോഴും 0.3645 ഗ്രാം ജലം ലഭിച്ചു. ഇതിന്റെ ബാഷ്പഘനത്വം 53 ആണെങ്കിൽ സൂത്രം എന്തു്?

13. 64 9 % HgO, 2.7 % H_2O, 32.4 % N_2O_5 എന്നിവയടങ്ങിയ യൗഗികത്തിന്റെ സൂത്രം നിർണയിക്കുക.

14. 100 ഗ്രാം കാൽസിയം കാർബണേറ്റു് പൂർണമായി വിഘടിപ്പിക്കാൻ എത്ര ഗ്രാം സൽഫ്യൂരിക്കു് അമ്ലം വേണം? എത്ര ഗ്രാം കാൽസിയം സൽഫേറ്റു് ഉണ്ടാകും?

15. 0.585 ഗ്രാം അശുദ്ധമായ കറിയുപ്പു് വേണ്ടതിലധികം സിൽവർ നൈട്രേറ്റു് ലായനിയുമായി പ്രവർത്തിപ്പിച്ചപ്പോഴും 1.39 ഗ്രാം സിൽവർ ക്ലോറൈഡു് ഉണ്ടായി. കറിയുപ്പിൽ എത്ര ശതമാനം NaCl ഉണ്ടു്?

16. സാന്ദ്രഹൈഡ്രോക്ലോറിക്കു് അമ്ലത്തിൽ 35 ശതമാനം HCl ഉണ്ടു്. അതിന്റെ ഘനത്വം 1.185 ഗ്രാം/മി. ലി. ആണു്. എന്നാൽ 10 മി. ലി. അമ്ലത്തിൽനിന്നു് ഉൽപാദിപ്പിക്കാവുന്ന ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡിന്റെ N T P യിലുള്ള വ്യാപ്തം എന്തു്?

17. 5 ഗ്രാം തപിപ്പിച്ച ഇരുമ്പു് നീരാവിയുമായി പ്രവർത്തിപ്പിച്ചാൽ ഉണ്ടാകുന്ന അയേൺ ഓക്സൈഡിന്റെ ഭാരവും ഹൈഡ്രജന്റെ N T P യിലുള്ള വ്യാപ്തവും കണക്കാക്കുക.

18. 20 ഗ്രാം $KClO_3$ ചൂടാക്കി വിഘടിപ്പിക്കുമ്പോഴും ഉണ്ടാകുന്ന ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ചു് ജലം ഉണ്ടാകാൻ എത്ര ഗ്രാം ഹൈഡ്രജൻ വേണം?

ഇത്രയും ഹൈഡ്രജൻ എത്ര ഗ്രാം സിങ്കു്, നേർത്ത സൽഫ്യൂരിക്കു് അമ്ലവുമായി പ്രവർത്തിക്കുമ്പോഴും കിട്ടുന്നു?

19. ഒരു പൈറോലുസൈറ്റു് സാമ്പിളിൽ 55 % (ഭാരത്തിന്റെ) MnO_2 ഉണ്ടു്. ഈ സാമ്പിളും ഉപയോഗിച്ചു് 15 ഗ്രാം ക്ലോറിൻ നിർമിക്കാൻ എത്ര ഗ്രാം വേണ്ടിവരും?

$$(MnO_2 + 4\,HCl \longrightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2)$$

20. 10 മി. ലി. കാർബൺ ഡൈ സൽഫൈഡു് (CS_2) മുഴുവനും ഓക്സിജനിൽ കത്തിക്കുമ്പോഴും ഉണ്ടാകുന്ന ഓരോ വാതകത്തിന്റെയും N T P യിൽ ഉള്ള വ്യാപ്തങ്ങൾ എത്ര? കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡിന്റെ ഘനത്വം = 2.6 ഗ്രാം/മി. ലി.

21. 100 മി.ലി. ഹൈഡ്രജൻ പെറോക്സൈഡു് ലായനി ചൂടാക്കിയപ്പോഴും 12°C-ലും 750 മി. മീ. മെർക്കറി മർദത്തിലും 5 ലിറ്റർ ഈർപ്പമുള്ള ഓക്സിജൻ ലഭിച്ചു. 1 ലിറ്റർ ലായനിയിൽ എത്ര ഗ്രാം H_2O_2 ലയിച്ചിട്ടുണ്ടു്?

$$(2\,H_2O_2 \longrightarrow 2\,H_2O + O_2)$$

22 27°C താപനിലയിലും 750 മി മീ മർദത്തിലും 1 ലിറ്റർ നൈട്രസ് ഓക്സൈഡുണ്ടാക്കാൻ എത്ര ഗ്രാം NH_4NO_3 ആവശ്യമുണ്ട്?

$$(NH_4NO_3 \longrightarrow N_2O + 2H_2O)$$

23 20 വ്യാപ്തശതമാനം മീഥേനും (CH_4) 80 വ്യാപ്തശതമാനം കാർബൺ മോണോക്സൈഡും (CO) ചേർന്ന 1250 മിലി (N T Pയിൽ) വാതകമിശ്രിതം പൂർണമായി കത്തിക്കുവാൻ ആവശ്യമായ ഓക്സിജൻ ഉൽപാദിപ്പിക്കാൻ എത്ര ഗ്രാം $KClO_3$ വേണം?

24 1 ഗ്രാം സോഡിയം ക്ലോറൈഡും 2 ഗ്രാം പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡും ചേർത്ത് ജലത്തിൽ അലിയിച്ച് വേണ്ടതിലധികം സിൽവർ നൈട്രേറ് ലായനി ചേർക്കുമ്പോൾ അവക്ഷേപിക്കുന്ന സിൽവർ ക്ലോറൈഡിന്റെ ഭാരം എന്ത്? ഇതിലെ സിൽവർ ക്ലോറൈഡിൽ നിന്ന് എത്ര ഗ്രാം സിൽവർ ലഭിക്കും?

25 ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 15 മിലി ഹൈഡ്രോകാർബൺ വാതകം 65 മി ലി ഓക്സിജൻ ചേർത്ത് സ്പാർക്ക് ചെയ്തപ്പോൾ ലഭിച്ച വാതകമിശ്രിതത്തിനു 50 മിലി വ്യാപ്തമുണ്ടായിരുന്നു. (CO_2 + അധികമുള്ള O_2). ഇതിൽ നിന്ന് CO_2 പൊട്ടാഷ് ലായനിയിൽ അവശോഷണം ചെയ്തപ്പോൾ 20 മിലി ഓക്സിജൻ അവശേഷിച്ചു. (എല്ലാ വ്യാപ്തങ്ങളും ഒരേ താപനിലയിലും മർദത്തിലുമാണ്). ഹൈഡ്രോകാർബൺ വാതകത്തിന്റെ സൂത്രം അവൊഗാഡ്രോനിയമം ഉപയോഗിച്ച് വ്യൽപാദിപ്പിക്കുക.

ഒൻപതു്

അണുസംരചന

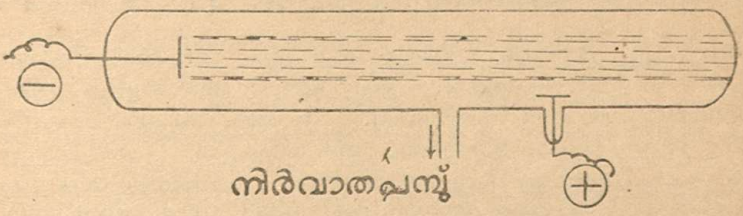
കഴിഞ്ഞ നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആരംഭത്തോടു കൂടി പരീക്ഷണവിജ്ഞാനശാഖ വളർന്നപ്പോഴും ഉണ്ടായ ശാസ്ത്രീയപുരോഗതിയിൽ നിന്നു് യുക്തിക്കു നിരക്കുന്ന ചില സിദ്ധാന്തങ്ങളും പൊന്തിവന്നു. അവയിൽ ഏറ്റവും പ്രധാനമായതാണു് ഡാൾടന്റെ അണുസിദ്ധാന്തം. ഈ സിദ്ധാന്തത്തെപ്പറ്റി മുന്നാമദ്ധ്യായത്തിൽ പഠിച്ചുകഴിഞ്ഞതാണു്. ഡാൾടന്റെ മൗലികസങ്കല്പങ്ങളിൽ ചിലതിനു് പിൽക്കാല പരീക്ഷണങ്ങളും മാറ്റം വരുത്തിയിട്ടുണ്ടു്. പ്രത്യേകിച്ചു് അണുക്കളുടെ അവിഭാജ്യത സാധാരണ രാസപരിണാമങ്ങളെസ്സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം തികച്ചും പ്രസക്തങ്ങളാണെങ്കിലും അണുക്കളെ വിഘടിക്കുകയോ വിഘടിപ്പിക്കുകയോ ചെയ്യാമെന്നു് ഇന്നു നമുക്കറിയാം. ഓരോ അണുക്കളും ചില അതിസൂക്ഷ്മങ്ങളായ കണങ്ങളാൽ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നും ഈ കണങ്ങളുടെ അണുവിലുള്ള സംവിധാനരീതിയാണു് ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും പ്രത്യേക ഗുണധർമങ്ങൾക്കു നിദാനമെന്നും അറിയപ്പെട്ടുകഴിഞ്ഞു. അണുക്കളുടെ സംരചനയെ പറ്റിയുള്ള (structure) ഒരു ലഘുപരാമർശമാണു് ഈ അധ്യായത്തിലുള്ളതു്. ലായനികളിലും വളരെ കുറഞ്ഞ മർദത്തിലുള്ള വാതകങ്ങളിലും കൂടി വൈദ്യുതി കടത്തിവിടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രതിഭാസങ്ങൾ, റേഡിയോ ആക്ടീവത, പദാർഥങ്ങളിൽ ആൽഫാകിരണങ്ങൾ, എക്സ്-റേ മുതലായവയുടെ പ്രവർത്തനം, മൂലകങ്ങളെ പലതരത്തിലും ഉത്തേജിപ്പിക്കുമ്പോൾ അവയിൽ നിന്നു് നിർഗമിക്കുന്ന പ്രകാശകിരണങ്ങളുടെ വിശ്ലേഷണം, എന്നിങ്ങനെ അനവധി രംഗങ്ങളിൽ കൂടി ലഭിച്ചിട്ടുള്ള പരീക്ഷണവസ്തുതകളെ മുൻനിർത്തിയാണു് അണുക്കളുടെ ആന്തരമായ സംരചനയെ പറ്റിയുള്ള സിദ്ധാന്തങ്ങൾ രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളതു്.

ഒരു ലായനിയിൽ കൂടി വൈദ്യുതി കടത്തിവിടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന രാസവിഘടനത്തെ സംബന്ധിക്കുന്ന ഫാരഡേ നിയമങ്ങൾ (അനുബന്ധം) ചർച്ചചെയ്തു് സ്റ്റോണി (G. Johnston Stoney) 1874-ൽ വൈദ്യുതിയുടെ ഏറ്റവും ചെറിയ—ഒരു നിശ്ചിത അളവിലുള്ള—ഒരു 'മാത്ര'യുണ്ടായിരിക്കണമെന്ന പ്രസ്താവനയുമായി മുമ്പോട്ടു വന്നു. അദ്ദേഹം തന്നെ 1891-ൽ ഈ വൈദ്യുത്-മാത്രക്കു് ഇലക്ട്രോൺ (Electron) എന്ന പേരും നിർദേശിച്ചു. ഋണവൈദ്യുതിയുടെ ഇന്നു നമുക്കറിയാവുന്ന ഏറ്റവും ചെറിയ ഘടകവും ഇതു തന്നെയാണു്. എന്നാൽ എല്ലാ

അണുക്കളിലും അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതാണു് ഇലക്ട്രോൺ എന്നും മറ്റും സ്ഥാപിച്ചതു് ജെ. ജെ തോംസണത്രെ (J. J. Thompson).

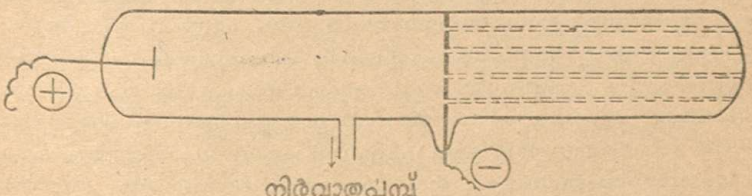
കാഥോഡ് കിരണങ്ങൾ

മർദ്ദം വളരെ കുറഞ്ഞ വായുവിൽ കൂടി വൈദ്യുതി കടത്തിവിട്ടപ്പോൾ കണ്ട ചില അസാധാരണ പ്രതിഭാസങ്ങളെ ക്രൂക്സ് (Crookes), തോംസൺ മുതലായ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെ ആ ദിശയിൽ കൂടുതൽ പരീക്ഷണങ്ങളിലേക്കു് പ്രേരിപ്പിച്ചു. ഗ്ലാസു് കുഴലിൽ 0 001 മിമീ മർദമുള്ള വായു ഉൾക്കൊള്ളിച്ചു് അതിൽ കൂടി ഒരറ്റത്തു നിന്നു് മറ്റേ അറ്റത്തേക്കു് വൈദ്യുതി കടത്തിവിടുകയാണു് ഈ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ ചെയ്യുന്നതു്. വിദ്യുത്പ്രവാഹം കൊണ്ടു് കാഥോഡിൽ നിന്നു് ഒരു തരം കിരണങ്ങളെ പുറപ്പെട്ടു് നേർരേഖാപഥത്തിൽ കൂടി ആനോഡിലേക്കു് പോകുന്നതായി കണ്ടു. ഇതാണു് കാഥോഡ് കിരണം (ചിത്രം 9_1).



ചിത്രം 9_1

പിൽക്കാലത്തു് ആനോഡിൽ നിന്നു് ഒരു കിരണം കാഥോഡിലേക്കു് പോകുന്നുണ്ടെന്നും കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. ഈ കിരണം കാഥോഡിൽ ആകർഷിക്കപ്പെട്ടു് അവിടെ ലയിച്ചുപോകുന്നു. എന്നാൽ ദ്വാരങ്ങളുള്ള കാഥോഡാണെങ്കിൽ ഈ കിരണങ്ങളും അവയിലൂടെ പുറത്തേയ്ക്കു് കടന്നുവരും. (ചിത്രം 9_2). ഈ കിരണമാണു് ആനോഡ് കിരണം.



ചിത്രം 9_2

കാഥോഡ് കിരണത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകൾ

1. കാഥോഡ് കിരണക്കുഴലിൽ കുറഞ്ഞ മർദത്തിൽ ഏതു വാതകം നിറച്ചിരുന്നാലും കാഥോഡ് കിരണത്തിന്റെ സ്വഭാവത്തിനു് ഒരു വ്യത്യാസവുമില്ല.

2. ഈ കിരണം ചെറുതെങ്കിലും നിശ്ചിതഭാരമുള്ള കണങ്ങളുടെ നിരന്തര പ്രവാഹമാണു്. അതു കൊണ്ടു് അതിന്റെ പ്രയാണമാർഗത്തിലുള്ള ലഘുതമങ്ങളായ വസ്തുക്കളെ ചലിപ്പിക്കാനുള്ള ശക്തി അതിനുണ്ടു്. ഉദാഹരണമായി കിര

ണത്തിന്റെ പഥത്തിൽ ഒരു അലൂമിനിയം ചക്രം ഉറപ്പിച്ചിരുന്നാൽ കിരണങ്ങളും ഇലകളിൽ തട്ടുമ്പോൾ ചക്രം തിരിയുന്നതായി കാണാം.

3. വിദ്യുത്-മണ്ഡലത്തിന്റെയും കാന്തിക-മണ്ഡലത്തിന്റെയും പ്രവർത്തനം കൊണ്ട് ഈ കിരണത്തെ നേർരേഖയിൽ നിന്നു വ്യതിചലിപ്പിക്കാം. ഈ പ്രത്യേകതയെ ആധാരമാക്കിയാണ് കാഥോഡ് കിരണം വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്നവയും ദ്രവ്യമാനമുള്ളവയുമായ കണങ്ങളാണെന്നു തോംസൺ തെളിയിച്ചത്".

(ഈ കണങ്ങളുടെ ദ്രവ്യമാനം ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ $\frac{1}{1836}$ ഉം ചാർജ് ഋണവിദ്യുത്തിന്റെ ഏറ്റവും ചെറിയ മാത്രയുമാണ്).

4. കാഥോഡ് കിരണം ലോഹങ്ങളിൽ പതിക്കുമ്പോൾ X-കിരണം (എക്സ് റേ) ഉണ്ടാകുന്നു.

ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ $\frac{1}{1836}$ ാരവും 4.8×10^{-7} സ്ഥിര വിദ്യുത്മാത്ര (esu) ഋണ വിദ്യുത്ചാർജ്ജും ഉള്ള ഈ കാഥോഡ് കിരണകണങ്ങളാണ് ഇലക്ട്രോണുകൾ. ഇവ എല്ലാ അണുക്കളിലും ഉള്ള ഘടകമാണെന്നു തോംസൺ അനുമാനിച്ചു. സ്വതവേ വിദ്യുത്പരമായി അണുക്കൾ നിഷ്പക്ഷങ്ങളായതിനാൽ അവയിലെല്ലാം ഋണചാർജ്ജുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉണ്ടെന്നുള്ള വസ്തുതയിൽ നിന്നു ധനവൈദ്യുതിയും അണുക്കളിൽ ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്നു അനുമാനിക്കാം. ആനോഡ് കിരണത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തോടു കൂടി ഇതു തെളിഞ്ഞു.

ആനോഡ് കിരണങ്ങൾ അഥവാ കനാൽ കിരണങ്ങൾ

കാഥോഡ് കിരണക്കുഴലുകളിലുള്ള വാതക അണുക്കളിൽ നിന്നാണ് ഇലക്ട്രോണുകൾ ലഭിക്കുന്നതു്. ഇവയുടെ പ്രവാഹമാണ് കാഥോഡ് കിരണം. അണുക്കളിൽ നിന്നു ഋണചാർജ്ജുള്ള ഇലക്ട്രോൺ വേർപെടുമ്പോൾ അവശേഷിക്കുന്നതു് ധനവിദ്യുത് ഉള്ള കണങ്ങളാണ്. ഇവയുടെ നിരന്തര പ്രവാഹത്തെയാണ് ആനോഡ് കിരണം അഥവാ ധനകിരണം എന്നു വിളിക്കുന്നതു്. ഭാരക്കൂടുതൽ കാരണം ഈ കണങ്ങൾക്കു പ്രവേഗം കുറവായിരിക്കും. കൂടാതെ ഋണവിദ്യുത്ചാർജ്ജുള്ള കാഥോഡിൽ അവ ആവാഹിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യും. (ഈ കാരണത്താലാണ് ആനോഡ് കിരണത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകൾ വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കാൻ കാലതാമസം നേരിട്ടതു്.) എന്നാൽ കാഥോഡിൽ ധാരാളം ദ്വാരങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കിയാൽ സംവേഗം മൂലം ഇവ മറുവശത്തു് കടക്കും. ഈ സ്ഥിതിയിൽ ഇവയുടെ പ്രത്യേകതകൾ മനസ്സിലാക്കാൻ പ്രയാസമില്ല.

ആനോഡ് കിരണത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകൾ

(1) നിശ്ചിത ദ്രവ്യമാനവും ധനവിദ്യുത് ചാർജ്ജും ഉള്ള കിരണങ്ങളുടെ പ്രവാഹമാണ് ആനോഡ് കിരണം.

(2) ഓരോ വാതകത്തിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന ആനോഡ് കിരണങ്ങളിലെ കണങ്ങൾക്കു ദ്രവ്യമാനം, ധനചാർജ്, പ്രവേഗം എന്നിവയിൽ കാര്യമായ വ്യത്യാസങ്ങൾ ഉണ്ട്.

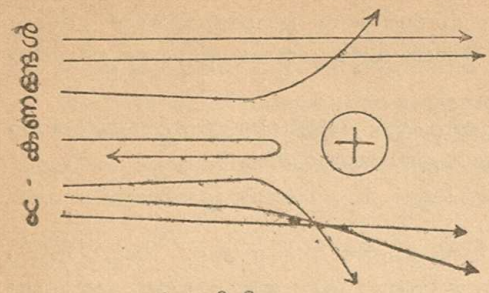
(3) ഇവ ഋജുരേഖാപഥത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. എന്നാൽ വിദ്യുത് മണ്ഡലത്തിന്റെയോ കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെയോ പ്രയോഗത്താൽ അവയുടെ ഋജുഗമനത്തിനു് വ്യതിയാനം ഉണ്ടാക്കാം.

(4) കണങ്ങളുടെ ദ്രവ്യമാനം, അവ ഏതു പദാർഥത്തിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്നോ അതിന്റെ അണുഭാരത്തോടു് ഏകദേശം തുല്യമായിരിക്കും.

അണുകേന്ദ്രം

മുകളിലുള്ള പ്രസ്താവനകളുടെ വെളിച്ചത്തിൽ അണുക്കളും അവിഭാജ്യങ്ങളാണെന്നുള്ള വിശ്വാസം മാറേണ്ടതായി വന്നു. എല്ലാ അണുക്കളിലും ഋണവിദ്യുത്-ചാർജുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ടെന്നും അവയെ സന്തുലിതമാക്കുന്നതിനു് വേണ്ട ധനവിദ്യുത് ചാർജുള്ള മറ്റൊരു ഭാഗം ഉണ്ടെന്നും നാം മനസ്സിലാക്കിക്കഴിഞ്ഞു 1911-ൽ റഥർഫോർഡ് നടത്തിയ ചില പരീക്ഷണങ്ങളും അണുക്കളുടെ ആന്തരസംരചനയെപ്പറ്റി മനസ്സിലാക്കാൻ നമുക്കു് സഹായകമായിത്തീർന്നതു്. റേഡിയോ-ആക്ടീവു് വസ്തുക്കളിൽ നിന്നു് (പ്രധാനമായി റേഡിയത്തിൽ നിന്നു്) ലഭിക്കുന്ന α-കണങ്ങളും വളരെ ലോലമായ ലോഹത്തകിടുകളിൽ പതിപ്പിക്കുന്നതാണു് റഥർഫോർഡിന്റെ പരീക്ഷണം. (α-കണങ്ങളെപ്പറ്റി ''റേഡിയോ ആക്ടീവത'' ചർച്ച ചെയ്യുന്ന അധ്യായത്തിൽ പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ടു്). α-കണങ്ങൾക്കു് ധനവിദ്യുത്ചാർജ്ജും ഏകദേശം ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ നാലിരട്ടി ഭാരവും ഉണ്ടു്. ഭാരക്കൂടുതൽ കൊണ്ടു് വളരെയധികം സംവേഗമുള്ള പ്രക്ഷേപ്യങ്ങളാണിവ. സംവേഗം കൂടുതലുള്ളതിനാൽ ലോഹത്തകിടിൽ കൂടി അവ കടന്നുപോകുമെന്നാണു് റഥർഫോർഡ് പ്രതീക്ഷിച്ചതു്. എന്നാൽ അവയിൽ ചിലതു് തട്ടിത്തെറിപ്പിച്ച രീതിയിൽ വ്യതിചലിക്കുന്നതായും ചുരുക്കം ചിലതെങ്കിലും നേരെ തിരിച്ചുവരുന്നതായും കണ്ടു. ഈ വസ്തുത വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ടതാണെന്നു് അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി. ഇതു സംബന്ധിച്ചു് അദ്ദേഹം ഉന്നയിച്ച-ഇന്നും പൊതുവേ അംഗീകരിച്ചിട്ടുള്ള- വാദഗതി ഇങ്ങനെയാണു്:— ''വളരെ സംവേഗമുള്ള α-കണങ്ങളെ നേരെ തിരിച്ചുപായിക്കണമെങ്കിൽ, അവയുടെ മാർഗത്തിൽ ധനവിദ്യുത്ചാർജ്ജും ദ്രവ്യമാനവും കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്ന വസ്തുക്കളും ഉണ്ടായിരിക്കണം. കൂടാതെ ധാരാളം α-കണങ്ങളും ദിശാവ്യതിചലനം കൂടാതെ പോകുന്നതു്, അണുവിനുള്ളിൽ ധനചാർജ് എല്ലായിടത്തും വ്യാപിച്ചു കിടപ്പില്ലാത്തതിനാലും, വളരെയധികം സ്ഥലം ശൂന്യമായിരിക്കുന്നതിനാലുമാണു്.'' (ചിത്രം 9-3 നോക്കുക)

റഥർഫോർഡിന്റെ നിഗമനപ്രകാരം അണുവിൽ നാം ഉണ്ടെന്നു മനസ്സിലാക്കുന്ന ധനവിദ്യുത്ചാർജ്ജും ദ്രവ്യമാനവും വളരെ ചെറിയ ഒരു സ്ഥലത്തു് — അണുവിന്റെ മൊത്തം വലിപ്പത്തിന്റെ എത്രയോ മടങ്ങു് ചെറുതായ സ്ഥലത്തു് —കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്ന ഈ കേന്ദ്രമാണു് അണുകേന്ദ്രം എന്നറിയപ്പെടുന്നതു്. പിൽക്കാലത്തു് നടത്തപ്പെട്ട പല പരീക്ഷണങ്ങളും റഥർഫോർഡിന്റെ പരീക്ഷണവും എല്ലാം വെച്ചുകൊണ്ടു് അണുസംരചനയെപ്പറ്റി നമുക്കു ലഭിച്ചിട്ടുള്ള വസ്തുതകളാണു് താഴെ പറയുന്നവയാണു്.



ചിത്രം 9_3

1. അണുവിനു് രണ്ടു ഭാഗങ്ങളുണ്ടു്; അണുകേന്ദ്രവും ചുറ്റുമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളും.

2. അണുകേന്ദ്രം അണുവിന്റെ ആകെ വലുപ്പത്തിന്റെ വളരെ വളരെ ചെറിയ ഒരംശം മാത്രമാണു്.

3. അണുവിന്റെ ഭാരവും ധനവൈദ്യുതചാർജ്ജും അണുകേന്ദ്രത്തിലാണു്.

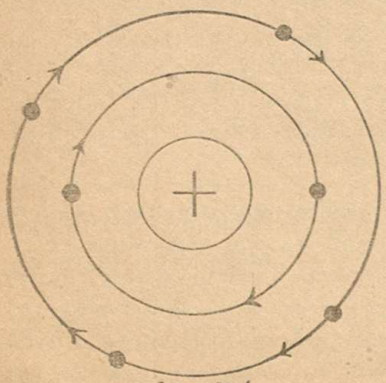
4. കേന്ദ്രത്തിനു ചുറ്റുമായി ഉപേക്ഷ്യഭാരങ്ങളായ ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ടു്

5. അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ധനവൈദ്യുതചാർജ്ജു് എത്ര മാത്രകളുണ്ടോ (ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്ജു് ആണു് ഈ മാത്ര) അത്രയുമായിരിക്കും ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം.

6. ഇലക്ട്രോണുകളും അവയുടെ ഊർജത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പല തലങ്ങളിലാണു്.

7. സ്ഥിരവൈദ്യുത–ആകർഷണം മൂലം (ഋണചാർജ്ജു് ഉള്ള) ഇലക്ട്രോണുകളും (ധനചാർജ്ജുള്ള) അണുകേന്ദ്രത്തിൽ പതിക്കുന്നതിനുള്ള സാധ്യതയുണ്ടു്. ഈ സാധ്യത ഇല്ലാതാകുന്നതു് അവ അണുകേന്ദ്രത്തെ ചുറ്റി കറങ്ങുന്നതുകൊണ്ടാണു്. തന്മൂലമുണ്ടാകുന്ന അപകേന്ദ്രബലം സ്ഥിരവൈദ്യുത–ആകർഷണത്തെ സന്തുലിതമാക്കുന്നു.

വിവിധ രംഗങ്ങളിൽ കൂടി നാം നേടിയിട്ടുള്ള അറിവു വെച്ചുകൊണ്ടു് അണുവിനെ അനന്തസൂക്ഷ്മമായ ഒരു സൗരയൂഥത്തോടു് ഉപമിക്കാം. സൗരയൂഥത്തിലെ സൂര്യനെപ്പോലെയാണു് അണുവിലെ അണുകേന്ദ്രം നിലകൊള്ളുന്നതു്. സൂര്യൻ ഗ്രഹങ്ങളെ ആകർഷിച്ചു നിർത്തിയിരിക്കുന്നതു പോലെ അണുകേന്ദ്രം ഇലക്ട്രോണുകളെ ആകർഷിച്ചു നിത്തിയിരിക്കുന്നു. ഈ ആകർഷണഫലമായി ഗ്രഹങ്ങളും സൂര്യനിലും ഇലക്ട്രോണുകളും അണുകേന്ദ്രത്തിലും പതിക്കാതിരിക്കുന്നതു് അവയുടെ അപകേന്ദ്രബലം കൊണ്ടാണു്.



ചിത്രം 9_4

അണുകേന്ദ്രത്തെക്കുറിച്ചു് പില്ക്കാല പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു് വളരെ വിപുലമായ അറിവു കിട്ടിയിട്ടുണ്ടു്. അണുകേന്ദ്രങ്ങളിൽ വിദ്യുത്ചാർജ്ജുള്ള കണങ്ങളും ചാർജില്ലാത്ത നിഷ്പക്ഷകണങ്ങളും ഉണ്ടെന്നു് കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. ഇത്തരം കണങ്ങളും നിശ്ചിതസംഖ്യവീതം ഒന്നിച്ചു ചേർന്നതാണു് ഓരോ മൂലകഅണുവിന്റെയും അണുകേന്ദ്രം. അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ധനവൈദ്യുത്ചാർജിനെ സന്തുലിതമാക്കാൻ വേണ്ടത്ര ഇലക്ട്രോണുകളും കേന്ദ്രത്തിനു പുറത്തു പ്രദക്ഷിണം വെച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അണുക്കളിലെ ഘടകങ്ങളാണു് മൗലികകണങ്ങളും എന്നറിയപ്പെടുന്നതു്.

അവശ്യവിജ്ഞേയവും സുഗ്രാഹ്യവുമായ ചില മൗലികകണങ്ങളും താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയാണു്.

1. ഇലക്ട്രോൺ:—ഋണവൈദ്യുതിയുടെ ഏറ്റവും ചെറിയ മാത്രയാണിതു്. ഇതിന്റെ ദ്രവ്യമാനം ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ $\frac{1}{1836}$ -ഉം ചാർജ് 4.8×10^{-7} സ്ഥിരവൈദ്യുതമാത്രയുമാണു് (esu). അണുവിന്റെ കേന്ദ്രത്തെ ചുറ്റി ഇവ നിരന്തരമായി ഭ്രമണം ചെയ്യുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അണുവിനു വെളിയിൽ സ്വതന്ത്രാവസ്ഥയിലും ഇലക്ട്രോണുകൾ കാണപ്പെടുന്നുണ്ടു്. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ നിരന്തരധാരയാണല്ലോ കാഥോഡ് കിരണങ്ങൾ.

2. പ്രോട്ടോൺ:—ഈ കണം ധനവൈദ്യുതിയുടെ ഏറ്റവും ചെറിയ മാത്രയാണു്. അതായതു് 4.8×10^{-7} esu ധനചാർജാണു് പ്രോട്ടോണിനുള്ളതു് (ഇലക്ട്രോണിനുള്ള ഋണചാർജിന്റെ പരിമാണം തന്നെ). ഇതിന്റെ ദ്രവ്യമാനം ഹൈഡ്രജൻ അണുവിനേറ്റതന്നെ. വേറൊരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, ധനചാർജുള്ള ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവാണു് പ്രോട്ടോൺ. ഓരോ മൂലകങ്ങളുടെയും അണുക്കളിൽ ഉള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെസംഖ്യ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. അണുകേന്ദ്രത്തിലാണു് പ്രോട്ടോണുകൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്. അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ധനചാർജ് മുഴുവനും ഈ പ്രോട്ടോണുകളെക്കൊണ്ടുള്ളതാണു്; അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തിൽ കാര്യമായ ഒരംശവും. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ സംഖ്യ അണുസംഖ്യാകേന്ദ്രത്തിനു വെളിയിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സംഖ്യ തന്നെയാണെന്നു് സ്പഷ്ടമാണു്. ഹൈഡ്രജൻ അണുവിൽ ഒരു പ്രോട്ടോൺ മാത്രമാണു് അണുകേന്ദ്രം. തൻമൂലമാണു് പ്രോട്ടോണിനു് ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം ഉള്ളതു്.

3. ന്യൂട്രോൺ:—വൈദ്യുതനിഷ്പക്ഷമായ—അതായതു് ചാർജില്ലാത്ത—ഒരു കണമാണു് ന്യൂട്രോൺ. ഇതിനു് ഏകദേശം പ്രോട്ടോണിനോടു്(ഹൈഡ്രജൻ അണുവിനോടും)തുല്യമായ ദ്രവ്യമാനമുണ്ടു്. ചില സഹചര്യങ്ങളിൽ ന്യൂട്രോണിനെ ഒരു പ്രോട്ടോണും ഒരിലക്ട്രോണും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന കണമായി കരുതേണ്ടിവരുന്നു.

പ്രോട്ടോൺ + ഇലക്ട്രോൺ $\rightleftharpoons$ ന്യൂട്രോൺ. ന്യൂട്രോണുകളും പ്രോട്ടോണുകളും ചേർന്നതാണു് അണുകേന്ദ്രം. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ദ്രവ്യമാനം ഉപേക്ഷ്യമായതിനാൽ അണുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനമാണു്; അതായതു് അണുകേന്ദ്രത്തിലെ പ്രോട്ടോണുകളുടെയും ന്യൂട്രോണുകളുടെയും ദ്രവ്യമാനമാണു്.

മേൽപറഞ്ഞവ കൂടാതെ അണുസംരചനയിൽ അവശ്യഘടകങ്ങളായ മറ്റു പല മൗലികകണങ്ങളും ഉണ്ടു്, മെസോൺ, പോസിട്രോൺ, ന്യൂട്രിനോ മുതലായവ. ഇവയെപ്പറ്റിയുള്ള ചർച്ച ഈ ഗ്രന്ഥത്തിന്റെ പരിധിക്കപ്പുറമാണു്.

അണുസംഖ്യയും അണുഭാരവും

അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണമാണു് അണുസംഖ്യ. അണു

കേന്ദ്രത്തിന്റെ ധനവിദ്യുത്ചാർജ്ജും ഇതു തന്നെയാണു് (ഇലക്ട്രോണിക ചാർജ് ഒരു മാത്രയായി കണക്കാക്കുമ്പോൾ). പ്രോട്ടോണിന്റെ ധനചാർജിനു് പാരിമാണികമായി തുല്യമായ ഋണചാർജാണല്ലോ ഒരു ഇലക്ട്രോണിനുള്ളതു്. അതിനാൽ (അണു മൊത്തത്തിൽ വൈദ്യുതനിഷ്പക്ഷമായതുകൊണ്ടു്) ഒരു അണുവിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം അണുസംഖ്യ തന്നെ ആയിരിക്കണം. ചുരുക്കത്തിൽ അണുസംഖ്യയെ അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണമായോ, അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ധനവിദ്യുത്ചാർജായോ, കേന്ദ്രത്തിനു പുറത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണമായോ കണക്കാക്കാം എന്നർഥം. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ രാസഗുണധർമങ്ങളും മിക്കവാറും അതിന്റെ അണുവിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സംഖ്യയെയും അവയുടെ സംവിധാനത്തെയും ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നതു്. ആ സ്ഥിതിക്കു് അണുസംഖ്യയാണു് അണുഭാരത്തെക്കാൾ പ്രാധാന്യം കല്പിക്കേണ്ടതു്.

അണുഭാരത്തിന്റെ മാനകം സ്വേച്ഛാപരമാണു് (അന്യത്ര). ഹൈഡ്രജനണുവിന്റെ ഭാരവും ഓക്സിജനണുവിന്റെ $\frac{1}{16}$ ഭാരവും (H = 1.008) മറ്റും അണുഭാര ഏകകങ്ങളായി സ്വീകരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. മൗലികകണങ്ങളുടെ ഭാരവും അണുഭാര ഏകകത്തിൽ തന്നെയാണു് പ്രസ്താവിക്കാറുള്ളതു്. ആ സ്ഥിതിക്കു് അണുഭാരം അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള ന്യൂട്രോണുകളുടെയും പ്രോട്ടോണുകളുടെയും എണ്ണങ്ങളുടെ തുകയാണു്. (പ്രോട്ടോണിന്റെയും ന്യൂട്രോണിന്റെയും ഭാരങ്ങൾ ഏകദേശം 1 അണുഭാര ഏകകമാണല്ലോ). ഹൈഡ്രജൻ ഒഴികെയുള്ള എല്ലാ മൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കളിലും ന്യൂട്രോണുകളുണ്ടു്. അതിനാൽ ഇവയുടെ അണുഭാരവും അണുസംഖ്യയും തമ്മിൽ വ്യത്യാസമുണ്ടായിരിക്കണം.

ഇതുയും വെച്ചുകൊണ്ടു് ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുസംഖ്യയും അണുഭാരവും അറിയാമെങ്കിൽ അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള മൗലിക കണങ്ങൾ ഓരോന്നും എത്ര വീതം ഉണ്ടെന്നും അണുവിൽ എത്ര ഇലക്ട്രോണുകളുണ്ടെന്നും കണക്കാക്കാം. [അണുഭാര നിർണയത്തെപ്പറ്റി മുമ്പു് പ്രസ്താവിച്ചിട്ടുണ്ടു് (അധ്യായം 7). അണുസംഖ്യയും നേരിട്ടു് നിർണയിക്കാവുന്നതാണു്. α-കിരണങ്ങളുടെ ചിതറൽ (scattering) അളന്നും മൂലകങ്ങളിൽ കാഥോഡ്കിരണം തട്ടുമ്പോൾ നിർഗമിക്കുന്ന എക്സ്റേയുടെ ഗുണധർമങ്ങളിൽ നിന്നും അണുസംഖ്യ നിർണയിക്കാവുന്നതാണു്.]

ഹൈഡ്രജൻ:— അണുസംഖ്യ = 1

അണുഭാരം = 1 (ഹൈഡ്രജൻ മാനകം)

അണുസംഖ്യ 1 ആയതിനാൽ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ 1 പ്രോട്ടോൺ ഉണ്ടെന്നു് കരുതാം. അണുഭാരവും 1 ആയതിനാൽ കേന്ദ്രത്തിൽ ന്യൂട്രോൺ ഇല്ല. കേന്ദ്രത്തിനു വെളിയിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം = കേന്ദ്രത്തിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം = അണുസംഖ്യ = 1

ഹീലിയം:—

അണുസംഖ്യ = 2

അണുഭാരം = 4

$\therefore$ പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം = 2

അണുഭാരം = പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം
+ ന്യൂട്രോണുകളുടെ എണ്ണം

$\therefore$ 4 = 2 + ന്യൂട്രോണുകളുടെ എണ്ണം

$\therefore$ ന്യൂട്രോണുകളുടെ എണ്ണം = 4 — 2 = 2

2 പ്രോട്ടോണുകളുള്ളതിനാൽ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണവും 2 ആയിരിക്കണം.

കാർബൺ:—

അണുസംഖ്യ	=	6
അണുഭാരം	=	12
$\therefore$ പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം	=	6
ന്യൂട്രോണുകളുടെ എണ്ണം	=	12 — 6 = 6
ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം	=	6

പൊട്ടാസിയം:—

അണുസംഖ്യ	=	19
അണുഭാരം	=	39
$\therefore$ പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം	=	19
ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം	=	19
ന്യൂട്രോണുകളുടെ എണ്ണം	=	39 — 19
	=	20

സാമാന്യമായി പറയുമ്പോൾ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരം A-യും അണുസംഖ്യ Z-ഉം ആണെങ്കിൽ,

അണുവിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം = Z
അണുവിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം = Z
അണുവിലുള്ള ന്യൂട്രോണുകളുടെ എണ്ണം = A − Z

സ്ഥാനീയങ്ങൾ

ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ വിവിധ അണുക്കളുടെ അണുകേന്ദ്രങ്ങളിലുള്ള ന്യൂട്രോണുകളുടെ എണ്ണം ചിലപ്പോൾ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കാം. എന്നാൽ രണ്ടുതരം അണുക്കളിലും ഉള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും. അതായത് രണ്ടിന്റെയും അണുസംഖ്യ ഒന്നുതന്നെ എന്നർഥം. തന്മൂലം ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണവും ഒന്നുതന്നെയാവണം. രാസഗുണധർമങ്ങൾ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ മൂലകത്തിന്റെ ഇങ്ങനെയുള്ള വിവിധ അണുക്കൾക്ക് രാസപരമായി വ്യത്യാസമൊന്നുമുണ്ടായിരിക്കുകയില്ല. എന്നാൽ അണുഭാരങ്ങൾ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. അങ്ങനെ ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ തന്നെ വ്യത്യസ്ത-അണുഭാരമുള്ള അണുക്കളെയാണ് അതിന്റെ സ്ഥാനീയങ്ങൾ (ഐസോട്ടോപ്പുകൾ) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. മിക്ക മൂലകങ്ങൾക്കും സ്ഥാനീയങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഉദാഹരണമായി ഓക്സിജന് മൂന്ന് സ്ഥാനീയങ്ങളുണ്ട്. ഇവയുടെ അണുഭാരങ്ങൾ യഥാക്രമം 16, 17, 18 എന്നിവയാണ്. എല്ലാറ്റിന്റെയും അണുസംഖ്യ 8 തന്നെയാണ്.

ഈ ഐസൊട്ടോപ്പുകളെ അവയുടെ അണുഭാരമനുസരിച്ച് യഥാക്രമം O^{16}, O^{17}, O^{18} എന്നു് കാണിക്കാവുന്നതാണു്. ഇവയുടെ അണുക്കളിലുള്ള കണങ്ങളും താഴെക്കൊടുക്കുന്നു:—

പട്ടിക 9—1

ഐസോട്ടോപ്	പ്രോട്ടോൺ	ന്യൂട്രോൺ	ഇലക്ട്രോൺ
O^{16}	8	8	8
O^{17}	8	9	8
O^{18}	8	10	8

മൂലക അവസ്ഥയിലും യൗഗിക അവസ്ഥയിലും ഉള്ള ഓക്സിജനിലെല്ലാം അല്പമെങ്കിലും നിശ്ചിതമായ ശതമാനം O^{17}, O^{18} എന്നീ ഐസോട്ടോപ്പുകളും മുഖ്യമായും O^{16} ഐസോട്ടോപ്പുമാണുള്ളതു്.

ഹൈഡ്രജന്റെ സ്ഥാനീയങ്ങളും സാധാരണ ഹൈഡ്രജൻ, ഘനഹൈഡ്രജൻ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഡ്യൂട്ടറിയം, ട്രിഷിയം (Tritium) എന്നിവയാണു്. സാധാരണ ഹൈഡ്രജന്റെ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ഒരു പ്രോട്ടോൺ മാത്രമാണുള്ളതു്. ഘന ഹൈഡ്രജന്റെ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ഒരു പ്രോട്ടോണും ഒരു ന്യൂട്രോണും ഉണ്ടു്. ട്രിഷിയത്തിന്റേതിൽ ഒരു പ്രോട്ടോണും രണ്ടു ന്യൂട്രോണുകളുമാണുള്ളതു്. സാധാരണ ഹൈഡ്രജൻ ഏതവസ്ഥയിലിരുന്നാലും അതിൽ 6500:1 എന്ന തോതിൽ ഘന ഹൈഡ്രജനും 10^8:1 എന്ന തോതിൽ ട്രിഷിയവും ഉണ്ടായിരിക്കും.

ഐസോട്ടോപ്	അണുഭാരം	അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള ന്യൂട്രോൺ
സാധാരണ ഹൈഡ്രജൻ (H^1, H)	1	0
ഡ്യൂട്ടറിയം (D, H^2)	2	1
ട്രിഷിയം (T, H^3)	3	2

അണുകേന്ദ്രത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസം

അണുക്കളെ അനന്തസൂക്ഷ്മങ്ങളായ സൗരയൂഥത്തോടുപമിക്കാമെന്നു് നാം കണ്ടു കഴിഞ്ഞു. ഇലക്ട്രോണുകളും അണുകേന്ദ്രത്തിനു ചുറ്റും നിരന്തരം സഞ്ചരിച്ചു കൊണ്ടാണിരിക്കുന്നതു്. ഈ സഞ്ചാരപഥങ്ങളെയാണു് കക്ഷ്യകളും ഏന്നു പറയുന്നതു്. ഈ ഇലക്ട്രോണുകളെയും അവയുടെ കക്ഷ്യകളെയും പറ്റിയുള്ള യുക്തിസഹമായ ചില നിഗമനങ്ങളും ആധാരികമായി മുമ്പോട്ടുവെച്ചതു് നീൽസ് ബോർ (Niels Bohr) ആണു്. പ്രധാനമായും അണു-സ്പെക്ട്രങ്ങളുടെ പഠനത്തിൽ നിന്നാണു് ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസത്തെപ്പറ്റിയുള്ള അറിവു ലഭിച്ചിട്ടുള്ളതു്. ബോറിന്റെ സിദ്ധാന്തമാണു് ഇക്കാര്യത്തിൽ (വേണ്ടവിധത്തിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങളോടു കൂടി) അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതു്. പ്രസിദ്ധമായ ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തത്തിൽ നിന്നാണു് ബോർ സിദ്ധാന്തം രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളതു്.

അണുവിന്റെ വ്യാപ്തത്തിൽ വളരെ ചെറിയ ഒരംശം മാത്രമാണു് അണുകേന്ദ്രത്തിനു് സ്ഥിതിചെയ്യാൻ വേണ്ടിവരുന്നതു്. കേന്ദ്രത്തിനു് ചുറ്റുമുള്ള ശൂന്യതയിൽ വിവിധ കക്ഷ്യകളിലാണു് ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സഞ്ചാരം. ഈ കക്ഷ്യകൾ തമ്മിൽ ഊർജസ്ഥിതിയിൽ നിശ്ചിതമായ വ്യത്യാസം ഉണ്ടു്. അതായതു്

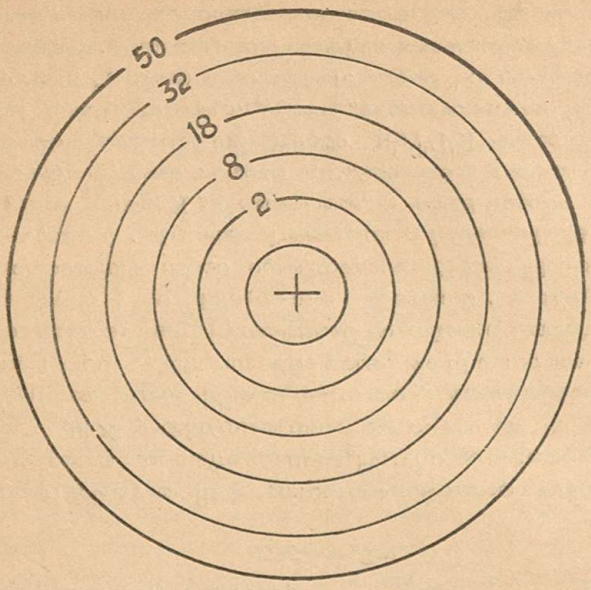
ചില നിശ്ചിത-ഊർജതലങ്ങളിലാണ് ഇലക്ട്രോണുകൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഈ ഊർജതലങ്ങളെയാണ് നാം കക്ഷ്യകം എന്നു പറയുന്നത്. ഊർജവ്യത്യാസത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഈ ഊർജതലങ്ങളെ (കക്ഷ്യകളെ) 1, 2, 3, 4,.....n, എന്നിങ്ങനെയുള്ള സംഖ്യകൾ കൊണ്ട് പ്രതിനിധീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ സംഖ്യകൾക്കു പകരം യഥാക്രമം K,L,M,N....എന്നിങ്ങനെ അക്ഷരങ്ങൾ കൊണ്ടും ഊർജതലങ്ങൾക്ക് പേരുകൾ കൊടുക്കാറുണ്ട്. ഈ ഊർജതലങ്ങളെ ഷെല്ലുകൾ(Shells) എന്നും പറയുന്നു. ഏറ്റവും ഊർജം കുറഞ്ഞ തലമാണ് K-ഷെൽ. അണുകേന്ദ്രത്തിനു ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള കക്ഷ്യ—ഒന്നാംകക്ഷ്യ—ആണിത്. രണ്ടാമത്തെ തലത്തിൽ (L-ഷെൽ) ഉള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഊർജം ഒന്നാമത്തേതിലുള്ളതിനെക്കാൾ അധികമാണ്. മൂന്നാമത്തെ തലത്തിലുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോണിനും രണ്ടാമത്തേതിലുള്ളതിനെക്കാളധികം ഊർജമുണ്ടായിരിക്കും. ഓരോ കക്ഷ്യയിലും (ഷെല്ലിലും) ഉണ്ടാകാവുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സംഖ്യയ്ക്ക് ഒരു പരിധിയുണ്ട്. അതായത് ഒരു ഊർജതലത്തിൽ ഒരു നിശ്ചിത എണ്ണം ഇലക്ട്രോണിൽ കൂടുതൽ ഉണ്ടാകാൻ പാടില്ല. ഈ പരിധിയെ കാണിക്കുന്ന സൂത്രം $2 \times n^2$ എന്നാണ്, 'n' എന്നത് ഊർജതലത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന സംഖ്യയാണ്. ഓരോ ഷെല്ലിലും ഉണ്ടാകാവുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി എണ്ണം താഴെ പട്ടികയിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 9_2

കക്ഷ്യ (n)	ഷെൽ	പരമാവധി ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം
1	K	$2\times1^2 = 2$
2	L	$2\times2^2 = 8$
3	M	$2\times3^2 = 18$
4	N	$2\times4^2 = 32$
5	O	$2\times5^2 = 50$
6	P	$2\times6^2 = 72$

ഈ ആശയം ചിത്രരൂപത്തിലും പ്രകടിപ്പിക്കാം. (ചിത്രം 9_5)

1, 2, 3 .....എന്നിങ്ങനെയുള്ള ഊർജതലങ്ങളും കക്ഷ്യകളായി സങ്കല്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അവയെ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും കൂടുതൽ കൂടുതൽ അകലത്തിലുള്ളവയായി കണക്കാക്കാം. അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നകലുന്തോറും അവയിലെ ഇലക്ട്രോണുകളിന്മേൽ അണുകേന്ദ്രത്തിനുള്ള ആകർഷണബലവും കുറഞ്ഞുവരുന്നു. ഒരു അണുവിലെ അവസാനത്തെ പുറംകക്ഷ്യയിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ അധികം ക്ലേശിക്കാതെ നീക്കം ചെയ്യുവാൻ സാധിക്കുന്നതു അതുകൊണ്ടാണ്. രാസപരിണാമങ്ങളിൽ അണുക്കളുടെ പുറംകക്ഷ്യകളിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തിലും വിന്യാസത്തിലും മാറ്റം വരുന്നു. അതിനാൽ അണുവിന്റെ ഏറ്റവും പുറം കക്ഷ്യയിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ 'സംയോജകതാ—ഇലക്ട്രോണുകൾ' (Valency eletrons) എന്നും പറയാറുണ്ട്. അണുക്കളിലുള്ള എല്ലാ കക്ഷ്യകളും ഇലക്ട്രോണുകൾ കൊണ്ട് നിറഞ്ഞിരിക്കണമെന്നില്ല. ഉദാഹരണമായി ഓക്സിജൻ



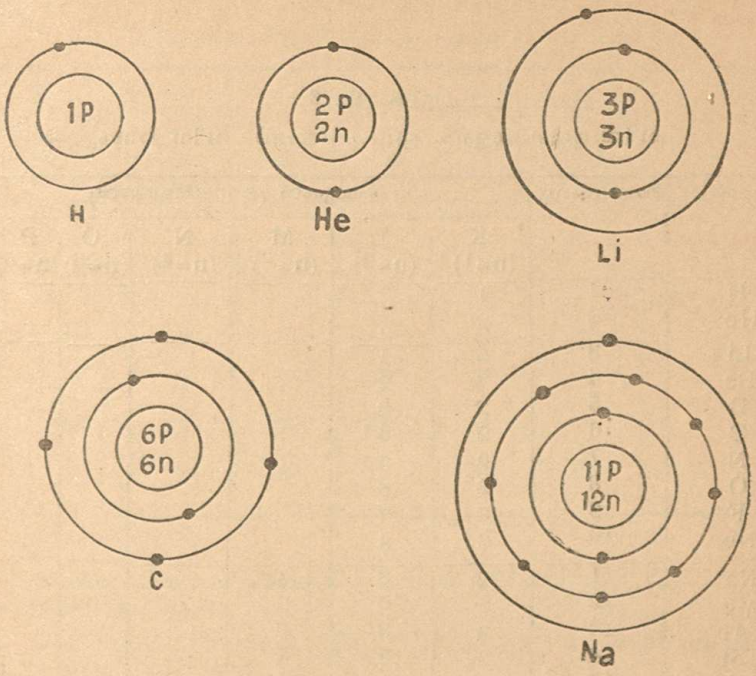
ചിത്രം 9–5

ഓരോ ഷെല്ലിലും ഉണ്ടാകാവുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ പരമാവധി എണ്ണം.

അണുവിൽ 8 ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ട്. ഇതിൽ ഒന്നാമത്തെ കക്ഷ്യയുടെ (n=1) ഇലക്ട്രോൺ ധാരിത $2 \times 1^2 = 2$ ആണ്. അതിനാൽ O–അണുവിലെ K–ഷെല്ലിൽ 2 ഇലക്ട്രോണുണ്ട്. ബാക്കിയുള്ള 6 ഇലക്ട്രോണുകളും L – ഷെല്ലിൽ (n=2) ആണ്. L–ഷെല്ലിൽ 8 ($= 2 \times 2^2$) ഇലക്ട്രോൺ വരെ ഉണ്ടാകാമല്ലോ. അപ്പോൾ ഓക്സിജനിൽ K–ഷെൽ പൂർണമാണ്. എന്നാൽ L–ഷെൽ അപൂർണമാണ്.

ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ബോറിന്റെ പരികല്പനകളെയുക്തിസഹമായി പരിഷ്കരിച്ചത് ബറി (Bury, 1921) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ്. ബോർ–ബറി വ്യവസ്ഥകളിൽ നിന്ന് ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസം വ്യൽപാദിപ്പിക്കാം. അതിവിടെ പ്രസ്താവിക്കുന്നില്ല.

അണുസംഖ്യ കുറവായ ചില മൂലകങ്ങളുടെ അണുസംരചനയാണ് ചിത്രം 9–6ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളത്.



ചിത്രം 9_6

ചില മൂലകങ്ങളുടെ ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസമാണ് പട്ടിക 9_3ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

അക്രിയവാതകങ്ങളുടെ ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസം പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധേയമാണ്. ബോർ–ബറി വ്യവസ്ഥകളനുസരിച്ച് ഓരോ ഊർജതലങ്ങളിലും പരമാവധി ഉണ്ടാകാവുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളും ഇവയുടെ അണുക്കളിൽ ഉണ്ട്. അതുപോലെ തന്നെ അവയുടെ (ഹീലിയം ഒഴിച്ച്) അറ്റത്തെ പുറം കക്ഷ്യയിൽ എപ്പോഴും 8 ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ടെന്നുള്ളതും സുപ്രധാനമായ മറ്റൊരു കാര്യമാണ്. അടുത്ത ഒരധ്യായത്തിൽ മൂലകങ്ങളുടെ സംയോജകതയെ പറ്റി വിവരിക്കുന്ന അവസരത്തിൽ അക്രിയവാതകങ്ങളുടെ ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസത്തിന്റെ (പട്ടിക 9.4) പ്രാധാന്യം മനസ്സിലാകും.

പട്ടിക 9—3

ചില മൂലകങ്ങളുടെ ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസം

മൂലകം	അണുസംഖ്യ	കക്ഷ്യകം (ഊർജതലങ്ങൾ)					
		K (n=1)	L (n=2)	M (n=3)	N (n=4)	O (n=5)	P (n=6)
H	1	1					
He	2	2					
Li	3	2	1				
Be	4	2	2				
B	5	2	3				
C	6	2	4				
N	7	2	5				
O	8	2	6				
F	9	2	7				
Ne	10	2	8				
Na	11	2	8	1			
Mg	12	2	8	2			
Al	13	2	8	3			
Si	14	2	8	4			
P	15	2	8	5			
S	16	2	8	6			
Cl	17	2	8	7			
Ar	18	2	8	8			
K	19	2	8	8	1		
Ca	20	2	8	8	2		
Sc	21	2	8	9	2		
Ti	22	2	8	10	2		
— —	— —	— —	— —	— —	— —		
Zn	30	2	8	18	2		
Ga	31	2	8	18	3		
Ge	32	2	8	18	4		
— —	— —	— —	— —	— —	— —		
Kr	36	2	8	18	8		
Rb	37	2	8	18	8	1	

പട്ടിക 9–4

ആക്രിയവാതകങ്ങളുടെ ഇലക്ട്രോൺവിന്യാസം

മൂലകം	അണു സംഖ്യ	കക്ഷ്യകം (ഊർജതലങ്ങൾ)					
		K (n=1)	L (n=2)	M (n=3)	N (n=4)	O (n=5)	P (n=6)
He	2	2					
Ne	10	2	8				
A	18	2	8	8			
Kr	36	2	8	18	8		
Xe	54	2	8	18	18	8	
Rn	86	2	8	18	32	18	8

തുടർന്നു വായിക്കുക:

1. Glinka, "General Chemistry'', Foreign Languages Publishing House, Moscow (1958).

2. George C Pimentel (Ed), "Chemistry an experimental Science", NCERT, (1963).

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. കാഥോഡ് കിരണങ്ങൾ എന്നാൽ എന്ത്? അവയുടെ പ്രത്യേകതകൾ എന്തെല്ലാം?

2. കനാൽ കിരണങ്ങൾ എങ്ങനെ ലഭിക്കുന്നു? അവയുടെ സ്വഭാവം വിവരിക്കുക.

3. റുഥർഫോർഡിന്റെ പരീക്ഷണത്തിൽ നിന്ന് ലഭിച്ച വസ്തുതകൾ ഏവ?

4. അണുകേന്ദ്രത്തിന് അണുവിന്റെ മൊത്തം വ്യാപ്തത്തിന്റെ വളരെ ചെറിയ ഒരംശം വ്യാപ്തമേ ഉള്ളൂ. ഈ നിഗമനത്തിനു് ആധാരമായ പരീക്ഷണം വിവരിക്കുക.

5. 'മൗലികകണങ്ങൾ' എന്നാൽ എന്ത്? ഇവയിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടവ ഏവ? ഓരോന്നും അണുവിൽ എവിടെ എങ്ങനെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു?

6. അണുസംഖ്യ എന്നാൽ എന്ത്? ഇതിന്റെ പ്രാധാന്യം വിശദമാക്കുക.

7. സ്ഥാനീയങ്കം എങ്ങനെയുണ്ടാകുന്നു? ഉദാഹരണസഹിതം വ്യക്തമാക്കുക.

8. താഴെപ്പറയുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ അണുസംരചന വിശദമായി കൊടുക്കുക.

a) ഫ്ളൂറിൻ b) പൊട്ടാസിയം
c) ക്രിപ്റ്റോൺ d) സൽഫർ
e) കാർബൺ

പത്തു്

ആവർതനനിയമവും മൂലകങ്ങളുടെ വർഗീകരണവും

പരീക്ഷണഫലങ്ങളായ വസ്തുതകളെ അടുക്കി ചിട്ടപ്പെടുത്തുക എന്നുള്ളതു് ശാസ്ത്രീയചിന്താഗതിയുടെ കാതലായ ഭാഗമാണു്. ഈ സ്വഭാവവിശേഷമാണു് മൂലകങ്ങളെപ്പറ്റി കൂടുതൽ പഠിക്കുവാനും അവയെ ക്രമാനുഗതമായി വർഗീകരിക്കുവാനും പ്രചോദനം നൽകിയതു്. റോജർ ബേക്കൺ (1214–1292) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ മൂലകങ്ങളെ നിർവചിച്ചു അക്കാലം തൊട്ട മൂലകങ്ങളും പലതും കണ്ടുപിടിച്ചപ്പോഴും സ്വാഭാവികമായി ശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ ചിന്താമണ്ഡലത്തിൽ ഇവയുടെ വർഗീകരണം ഒരു ആശയമായി രൂപം പൂണ്ടു. മൂലകങ്ങളെ അവയുടെ ചില സ്വഭാവങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വർഗീകരിക്കാനുള്ള ശ്രമം കാലേകൂട്ടിത്തന്നെ തുടങ്ങിയതാണു്. ഖരം, ദ്രവം, വാതകം എന്നീ വ്യത്യസ്തഭൗതികാവസ്ഥകളാണു് വർഗീകരണത്തിനു് മാനദണ്ഡമായി ആദ്യം അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടതു്. ലോഹം, അലോഹം എന്നിങ്ങനെയുമാകാമായിരുന്നു. എന്നാൽ കുറെക്കൂടി വസ്തുനിഷ്ഠവും അവഗാഢവും വിപുലവുമാണു് മൂലകങ്ങളുടെ രാസഗുണധർമങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള അവയുടെ വർഗീകരണം. ഈ രംഗത്തു വന്നിട്ടുള്ള പുരോഗതിയുടെ ചരിത്രപരമായ ഒരവലോകനം തികച്ചും പ്രസക്തമാണു്.

പ്രൗട്ടിന്റെ ഏകകസിദ്ധാന്തം

പതിനെട്ടാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആരംഭത്തോടുകൂടി അണുഭാരത്തെപ്പറ്റി സാമാന്യം വിശദമായ അറിവു ലഭിച്ചു. പല മൂലകങ്ങളുടെയും അണുഭാരം കണ്ടുപിടിക്കുകയും ചെയ്തു. അണുഭാരവും മൂലകങ്ങളുടെ ഗുണധർമങ്ങളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടുപിടിക്കാനുള്ള ശ്രമമാണു് പ്രൗട്ടു് നടത്തിയതു്. മിക്ക മൂലകങ്ങളുടെയും അണുഭാരം ഹൈഡ്രജൻ അണുഭാരത്തിന്റെ പൂർണസംഖ്യാഗുണിതമാണെന്നുള്ള നിരീക്ഷണത്തിൽ നിന്നും, ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കൾ കൂടിച്ചേർന്നാണു് മറ്റു് അണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നതെന്നു് പ്രൗട്ടു് പ്രസ്താവിച്ചു (1815). എന്നാൽ തുടർന്നുള്ള സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു് പല മൂലകങ്ങളുടെയും അണുഭാരം പ്രൗട്ടു് സിദ്ധാന്തിച്ചതുപോലെ ഹൈഡ്രജൻ അണുഭാരത്തിന്റെ ലഘുഗുണിതമല്ലെന്നും,

പ്രത്യേത ഭിന്നങ്ങളോടുകൂടിയ സംഖ്യകളാണെന്നും തെളിഞ്ഞു. പ്രൗട്ടിന്റെ സിദ്ധാന്തം സ്വാഭാവികമായും തിരസ്കരിക്കപ്പെട്ടു. ഇന്നത്തെ അനുഭവത്തിൽ ഹൈഡ്രജൻ അണുവല്ലെങ്കിലും ഹൈഡ്രജൻ അണുവിനോടു് ഏതാണ്ടു് തുല്യഭാരമുള്ള മൗലിക കണങ്ങളാണു് എല്ലാ അണുക്കളിലും ഉള്ളതെന്നു് തെളിഞ്ഞിട്ടുണ്ടു് (അധ്യായം 9). അതിനാൽ മൂലകങ്ങളുടെ സംരചനാപരമായ പരസ്പരബന്ധത്തെപ്പറ്റിയുള്ള പഠനത്തിന്റെ പ്രാരംഭമായി പ്രൗട്ടിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തെ പരിഗണിക്കാം.

ഡോബറൈനറുടെ ത്രികനിയമം

1829-ൽ ശ്രദ്ധേയമായ മറെറാരു സിദ്ധാന്തം ഡോബറൈനർ മുന്നോട്ടു വെച്ചു. രാസസാമ്യമുള്ള ചില മൂലകത്രയങ്ങളെ അണുഭാരത്തിന്റെ ആരോഹക്രമത്തിൽ നിരത്തിയാൽ നടുവിലുള്ള മൂലകത്തിന്റെ അണുഭാരവും അതിന്റെ ചില പ്രധാന ഗുണധർമങ്ങളും മറ്റുള്ള രണ്ടുമൂലകങ്ങളുടെ അണുഭാരങ്ങളുടെയും ഗുണധർമങ്ങളുടെയും ശരാശരിയാണെന്നു് അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി. ഇതാണു് ത്രികനിയമം. ഇതിനു് ഉപോൽബലകമായി ചില ഉദാഹരണങ്ങളും ചൂണ്ടിക്കാണിക്കപ്പെട്ടു:

(1) ക്ലോറിൻ , അണുഭാരം = 35.46
ബ്രോമിൻ , അണുഭാരം = 80
അയൊഡിൻ , അണുഭാരം = 127

ഇതിൽ മധ്യമൂലകമായ ബ്രോമിന്റെ അണുഭാരം ക്ലോറിന്റെയും അയൊഡിന്റെയും അണുഭാരങ്ങളുടെ ശരാശരിയോടു് $\left(\frac{35.46+127}{2}\right)$ ഏകദേശം തുല്യമാണല്ലോ.

(2) ലിഥിയം = 7
സോഡിയം = 23
പൊട്ടാസിയം = 39

(3) ഫോസ്ഫറസ് = 31
ആർസനിക് = 75
ആൻറിമണി = 121

ഈ സിദ്ധാന്തത്തിനു് ചില അപാകതകളുണ്ടു്. ഒന്നാമതായി, അറിയപ്പെടുന്ന എല്ലാ മൂലകങ്ങളെയും ത്രികങ്ങളായിക്കൊണ്ടുവരിക അസാധ്യമാണു്. രണ്ടാമതായി, സാദൃശ്യമുള്ള ചില മൂലകങ്ങളെ വേർപെടുത്തേണ്ടതായി വരുന്നു. ഉദാഹരണമായി ക്ലോറിൻ, ബ്രോമിൻ, അയൊഡിൻ എന്നിവയോടു് വളരെ സാദൃശ്യമുള്ളതാണു് ഫ്ളൂറിൻ. ഇതിനെ, ഡോബറൈനറുടെ സിദ്ധാന്തം അപ്പാടെ അംഗീകരിക്കുമ്പോൾ, മറ്റുള്ളവയിൽ നിന്നു് വേർപെടുത്തേണ്ടി വരും. അങ്ങനെ ത്രികനിയമം അപര്യാപ്തമായതിനാൽ തിരസ്കരിക്കപ്പെട്ടു.

ഡ്യൂമാസിന്റെ സിദ്ധാന്തം

ഡ്യൂമാസിന്റെ സിദ്ധാന്തം മൂലകങ്ങളുടെ വർഗീകരണശ്രമത്തിലുള്ള അടുത്ത പടിയായി കരുതാം. ''ഗുണധർമങ്ങളിൽ സാദൃശ്യമുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ

അണുഭാരങ്ങളും ലളിതമായ ചില അങ്കഗണിത നിയമങ്ങളുംക്കു വിധേയമാണു്'' എന്നു് അദ്ദേഹം പ്രസ്താവിച്ചു. ഒന്നുരണ്ടുദാഹരണങ്ങളും കൊണ്ടു് ഈ തത്വം വ്യക്തമാക്കാം:

(1)

മൂലകം	അണുഭാരം	അങ്കഗണിതനിയമം
നൈട്രജൻ	14	14
ഫോസ്ഫറസ്	31	14+17
ആർസനിക്	75	14+17+44
ആൻറിമണി	119	14+17+44+44
ബിസ്മത്ത്	207	14+17+44+44+44+44

(2)

F	19	19
Cl	35	19+16
Br	81	19+16+46
I	127	19+16+46+46

എന്നാൽ ഇതുപോലെയുള്ള അങ്കഗണിതനിയമങ്ങളുംക്കു വിധേയമായ അണുഭാരമുള്ള എല്ലാ മൂലകങ്ങളും സാദൃശ്യമുള്ളവയായിക്കൊള്ളണമെന്നില്ല. ഈ കാരണം കൊണ്ടു് ഇതു് ഒരു പൊതുതത്വമായി അംഗീകരിക്കുവാൻ വിഷമമാണു്. അങ്ങനെ ഡ്യൂമാസിൻെറ സിദ്ധാന്തപ്രകാരമുള്ള വർഗീകരണം ആധുനികരീതിക്കു് പാറിയതല്ല.

ന്യൂലാൻഡിൻെറ അഷ്ടകനിയമം

ശ്രദ്ധേയമായ ഒരു സിദ്ധാന്തം പിന്നീടവതരിപ്പിച്ചതു് ന്യൂലാൻഡ്സാണു്. അതിങ്ങനെ സംഗ്രഹിക്കാം: ''മൂലകങ്ങളെ അവയുടെ അണുഭാരത്തിൻെറ ക്രമത്തിൽ അണിനിരത്തിയാൽ എട്ടാമത്തെ മൂലകത്തിനു് ഒന്നാമത്തെ മൂലകത്തിൻെറ രാസഗുണധർമങ്ങളും ആവർത്തിക്കുന്നതായിരിക്കും.'' അതായതു് സംഗീതശാസ്ത്രത്തിൽ എട്ടാമത്തെ സ്വരം ഒന്നാമത്തേതിൻെറ ആവർത്തനമാകുന്നതുപോലെ! ഇതു വ്യക്തമാക്കുന്നതിനു് മൂലകങ്ങളെ അവയുടെ വർധിച്ചുവരുന്ന അണുഭാരക്രമത്തിൽ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

സ	രി	ഗ	മ	പ	ധ	നി	
1	2	3	4	5	6	7	
H	Li	Be	B	C	N	O	I
8	9	10	11	12	13	14	
F	Na	Mg	Al	Si	P	S	II
15	16	17	18	19	20	21	
Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe	III

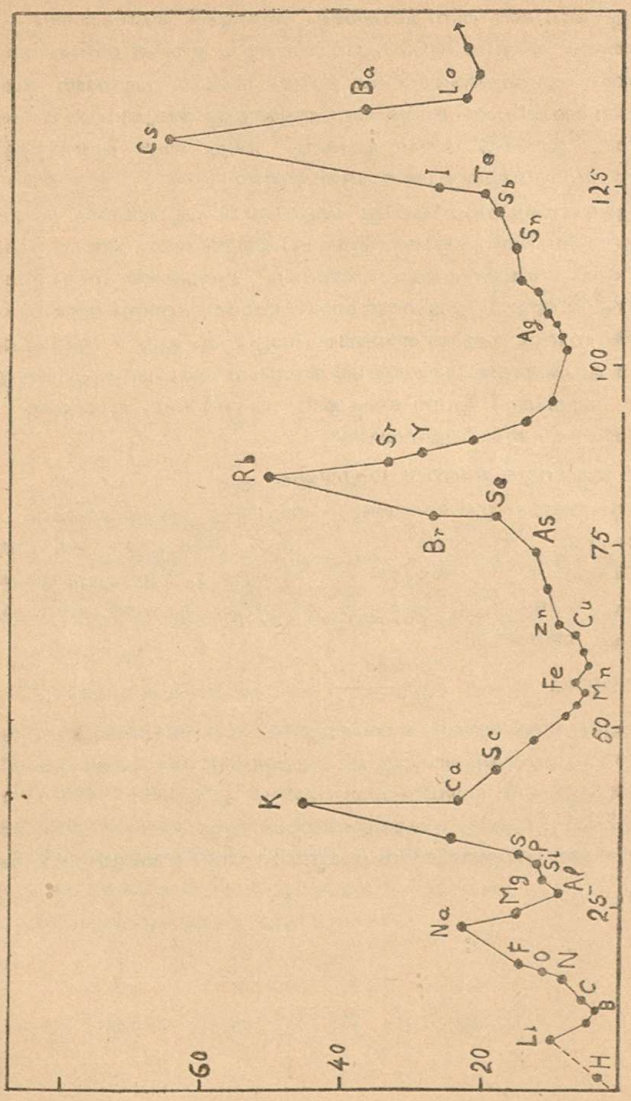
അക്കാലത്തു് അറിഞ്ഞിരുന്ന മൂലകങ്ങളും അവയുടെ അണുഭാരങ്ങളും വെച്ചുകൊണ്ടുള്ള ക്രമമാണു് മുകളിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു്. ഇതിൽ ഒന്നാമത്തെ മൂലകമായ ഹൈഡ്രജനും എട്ടാമത്തെതായ ഫ്ളൂറിനും തമ്മിൽ ഏറക്കുറെ സാദൃശ്യമുണ്ടു്. അതുപോലെ ബോറോണും അതുതൊട്ടു് എട്ടാമതുള്ള അലൂമിനിയവും രാസസാമ്യമുള്ളവയാണു്. ഇങ്ങനെ ഓരോ മൂലകവും അതുതൊട്ടു് എട്ടാമതുള്ള മൂലകവും തമ്മിൽ രാസഗുണധർമങ്ങളിൽ സാദൃശ്യമുണ്ടായിരിക്കും. ഇന്നിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മൂലകങ്ങളെ വർഗീകരിച്ചു കാണിക്കുന്ന പട്ടികയാണു് മേൽകൊടുത്തിട്ടുള്ളതു് (ന്യൂലാൻഡിന്റെ പട്ടിക). ഈ പട്ടികയിൽ ഒന്നും രണ്ടും വരികൾ (I, II) അഷ്ടകനിയമം അനുസരിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും മൂന്നാമത്തെ വരിയിൽ നിയമം ലംഘിക്കപ്പെടുന്നുണ്ടു്. ഉദാഹരണമായി ഫോസ്ഫറസും അതിൽനിന്നു് എട്ടാമതുള്ള മാൻഗനീസും തമ്മിൽ യാതൊരു സാദൃശ്യവും ഇല്ല. ഇതുപോലെ അണുഭാരംകൂടിയ മൂലകങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ അഷ്ടകനിയമം തികച്ചും അപ്രായോഗികവുമാണു്. എങ്കിലും ഇന്നറിയപ്പെടുന്ന ആവർത്തനപട്ടികയുടെ ആദ്യരൂപം ന്യൂലാൻഡിന്റെ പട്ടിക തന്നെയാണു്.

ലോഥാർ മേയറുടെ അണുവ്യാപ്തവക്രം

മൂലകങ്ങളുടെ ഗുണധർമങ്ങളും അവയുടെ അണുഭാരങ്ങളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെപ്പറ്റി വ്യക്തമായ സംഗതികളും ആദ്യമായി അവതരിപ്പിച്ചതു് ലോഥാർ മേയറാണു്. അദ്ദേഹം അന്നറിയപ്പെട്ടിരുന്ന എല്ലാ മൂലകങ്ങളുടെയും അണുവ്യാപ്തം കണ്ടുപിടിച്ചു. ഒരു ഗ്രാം അണുഭാരം മൂലകത്തിന്റെ വ്യാപ്തമാണു് അണുവ്യാപ്തം. അതായതു്,

$$\text{അണുവ്യാപ്തം} = \frac{\text{അണുഭാരം}}{\text{ഘനത്വം}}$$

അണുവ്യാപ്തവും അണുഭാരവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം വ്യക്തമായി കാണുന്നതിനു് മേയർ അണുവ്യാപ്തങ്ങളെ അതാതു മൂലകങ്ങളുടെ അണുഭാരങ്ങൾക്കെതിരെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്തു് ഒരു ഗ്രാഫ് വരച്ചുണ്ടാക്കി. ഇതാണു് അണുവ്യാപ്ത വക്രം. (ചിത്രം 10.1). ഇതിൽ സമാനഗുണധർമങ്ങളുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ അണുവ്യാപ്തം ആപേക്ഷികമായി വക്രത്തിന്റെ സമസ്ഥാനങ്ങളിൽ തന്നെ നിലകൊള്ളുന്നതായി കണ്ടു.



ചിത്രം 10_1; ലോഥാർ മേയർ വക്രം

രാസഗുണ ധർമങ്ങളിൽ സാമ്യമുള്ള Li, Na, K, Rb, Cs എന്നിവ വക്രത്തിലെ ഉച്ചകോടികളിൽ കാണാം. അതുപോലെ F, Cl, Br, I എന്നിവ വക്രത്തിന്റെ സമ–ആരോഹണസ്ഥാനങ്ങളിലാണ് കാണുന്നത്. ചിത്രത്തിൽ

അലോഹാത്മകങ്ങളായ മൂലകങ്ങളും ഗ്രാഫിന്റെ ആരോഹണഭാഗത്തും ക്ഷാരലോഹാത്മക മൂലകങ്ങളും അവരോഹണഭാഗത്തും ഉയേധർമികളായവ ഗ്രാഫിന്റെ പാത്തികളിലും കാണാം. അങ്ങനെ അണുഭാരത്തോടു് ബന്ധപ്പെട്ടതാണു് അണുവ്യാപ്തവും രാസഗുണധർമങ്ങളും എന്നു് ആദ്യമായി വ്യക്തമാക്കിയതു് ലോഥാർ മേയറാണു്. ആവർത്തനനിയമം ഒരു പ്രത്യേക രൂപത്തിൽ ആദ്യമായി പ്രതിപാദിച്ചതും അദ്ദേഹം തന്നെയാണു്. മേയറുടെ നിർവചനപ്രകാരമുള്ള ആവർത്തനനിയമം ഇങ്ങനെയാണു്: ''മൂലകങ്ങളുടെ ഗുണധർമങ്ങളും അവയുടെ അണുവ്യാപ്തങ്ങളുടെ ആവർത്തന ഫലനങ്ങളാണു്''. അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശ്രമം പ്രധാനമായും അണുഭാരത്തെ മൂലകങ്ങളുടെ ഭൗതികഗുണധർമങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ടുള്ളതായിരുന്നു. അതുകൊണ്ടു് അതിന്റേതായ ചില പോരായ്മകളും ഉണ്ടായിരുന്നു. എന്നിരിക്കിലും ആധുനികമായ ആവർത്തനപട്ടികയുടെ സഹാവിഷ്കാരകൻ എന്ന ബഹുമതി ലോഥാർ മേയർക്കു് ലഭിച്ചു.

മെൻഡലീഫിന്റെ ആവർത്തനനിയമം

ലോഥാർ മേയർ തന്റെ നിയമം ആവിഷ്ക്കരിക്കുന്നതിനു് ഏതാനും മാസങ്ങൾക്കുമുമ്പു് (മാർച്ചു് 1869), റഷ്യൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഡിമിത്രി മെൻഡലീഫ് (Dimitri Mendeleef) പീരിയോഡികനിയമം (ആവർത്തനനിയമം) പൂർണരൂപത്തിൽ അവതരിപ്പിച്ചു. മൂലകങ്ങളുടെ രാസഗുണധർമങ്ങളെ അണുഭാരവുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തുകയായിരുന്നു അദ്ദേഹം ചെയ്തതു്. ഏറെക്കാലത്തെ നിഷ്കൃഷ്ടവും സൂക്ഷ്മവുമായ നിരവധി ശാസ്ത്രീയനിരീക്ഷണങ്ങളുടെ ഫലമായിട്ടാണു് മൂലകങ്ങളുടെ വർഗീകരണത്തെ സംബന്ധിച്ച ഈ നിയമം ആവിഷ്ക്കരിച്ചതു്. സമഗ്രവും പൂർണവുമായിരുന്നതുകൊണ്ടു് ഈ നിയമം പൊതുവേ സ്വീകാര്യമായിത്തീർന്നു. നിയമത്തെ ഇങ്ങനെ സംഗ്രഹിക്കാം: ''മൂലകങ്ങളുടെ രാസപരവും ഭൗതികവുമായ ഗുണധർമങ്ങളും അവയുടെ അണുഭാരത്തിന്റെ ആവർത്തന ഫലനങ്ങളാണു്''.

ഇന്നു് അംഗീകരിച്ചിട്ടുള്ള പട്ടിക 1869-ൽ മെൻഡലീഫ് ആവിഷ്കരിച്ചതുതന്നെയാണെന്നു് കരുതാം. പിന്നീടു് കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുള്ള മൂലകങ്ങൾക്കുവേണ്ടി ഉചിതമായ കൂട്ടിച്ചേർക്കലോ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തലോ അതിൽ സാധിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടു്. അല്ലാതെ മൗലികമായ വ്യതിയാനങ്ങളൊന്നും ആ പട്ടികയെ പാടേ മാക്കേണ്ടി വന്നിട്ടില്ല.

മൂലകങ്ങളെ അവയുടെ അണുഭാരത്തിന്റെ ക്രമത്തിൽ അടുക്കുകയാണു് മെൻഡലീഫും ചെയ്തതു്. അപ്പോൾ സമാനഗുണധർമങ്ങളുള്ളവ സമ-അന്തരാളത്തിൽ വരുമെന്നുകണ്ടു. അങ്ങനെ, സമാനഗുണങ്ങളുള്ളവയെ ഒന്നിനു താഴെ മറ്റൊന്നായും എന്ന രീതിയിൽ വിന്യസിച്ചുനോക്കി. ഇപ്രകാരമുള്ള ഒരു അടുക്കിനു് ഗ്രൂപ്പു് എന്നു പറയുന്നു. അണുഭാരക്രമത്തിലുള്ള ഒരു നിരയ്ക്കു് കാലം എന്നു് പറയുന്നു.

ആവർത്തനപട്ടിക — വിവരണം

ആവർത്തനപട്ടികയിൽ ഇന്നു് നമുക്കറിയാവുന്ന മൂലകങ്ങളെ എല്ലാം ഏഴു കാലങ്ങളായും പതിനെട്ടു ഗ്രൂപ്പുകളായും തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. കാലങ്ങളെ അവയിൽ

കാലം (പീരിയഡ്)	ഗ്രൂപ്പ്	ഗ്രൂപ്പ്									
		I A	I B	II A	II B	III A	III B	IV A	IV B	V A	V B
1	1	1 H 1·008									
2	2	3 Li 6.940		4 Be 9·013		5 B 10·82		6 C 12.011		7 N 14.008	
3	3	11 Na 22.991		12 Mg 24.32		13 Al 26.98		14 Si 28·09		15 P 30·975	
4	4	19 K 39.100		20 Ca 40·08		21 Sc 44·96		22 Ti 47·90		23 V 50·95	
	5		29 Cu 63·540		30 Zn 65·38		31 Ga 69·72		32 Ge 72·60		33 As 74·91
5	6	37 Rb 85·48		38 Sr 87·63		39 Y 88·92		40 Zr 91·22		41 Nb 92·91	
	7		47 Ag 107·88		48 Cd 112·41		49 In 114·82		50 Sn 118·7		51 Sb 121·76
6	8	55 Cs 132·91		56 Ba 137·36		57 * La 138·92		72 Hf 178·5		73 Ta 180·95	
	9		79 Au 197·0		80 Hg 200·61		81 Tl 204·39		82 Pb 207·21		83 Bi 209·0
7	10	87 Fr (223)		88 Ra 226·05		89 ** Ac 227		90 Th 232·05		91 Pa 231	

* ലാന്ഥനൈഡുകൾ	57 La 138·92	58 Ce 140·13	59 Pr 140·92	60 Nd 144·27	61 Pm (145)	62 Sm 150·35	63 Eu 152
** ആക്ടിനൈഡുകൾ	89 Ac 227	90 Th 232·05	91 Pa 231	92 U 238·07	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)

VI A	VI B	VII A	VII B	VIII (A)	(O) (B)
			(H)	സിംബലിനു മുകളിൽ ഇടതു വശം അണുസംഖ്യയും ചുവട്ടിൽ അണുഭാരവും ആകുന്നു. ബ്രാക്കറ്റിലുള്ള അണുഭാരങ്ങൾ ഒരു ഐസൊട്ടോപ്പിന്റെ താകുന്നു.	2 He 4·003
	8 O 16.00		9 F 19		10 Ne 20.183
	16 S 32.066		17 Cl 35.457		18 A 39.944
24 Cr 52.01		25 Mn 54·94		26 Fe 55.85 / 27 Co 58.94 / 28 Ni 58.71	
	34 Se 78.96		35 Br 79.916		36 Kr 83.8
42 Mo 95.95		43 Tc (99)		44 Ru 101.1 / 45 Rh 102.91 / 46 Pd 106.4	
	52 Te 127.61		53 I 126.91		54 Xe 131.3
74 W 183.86		75 Re 186.22		76 Os 190.2 / 77 Ir 192.2 / 78 Pt 195.09	
	84 Po 210		85 At (210)		86 Rn 222
92 U 238·07					

64 Gd 157.26	65 Tb 158.93	66 Dy 162.51	67 Ho 164.94	68 Er 167.27	69 Tm 168.94	70 Yb 173.04	71 Lu 174.99
96 Cm (245)	97 Bk (249)	98 Cf (249)	99 Es (253)	100 Fm (255)	101 Md (256)	102 No —	103 Lw (257)

ലുംക്കൊള്ളുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ എണ്ണമനുസരിച്ച് ഹ്രസ്വം, ദീർഘം, അതിദീർഘം എന്നിങ്ങനെ മൂന്നു തരത്തിലുണ്ട്. മൂലകങ്ങളുടെ എണ്ണം എട്ടോ അതിൽ കുറവോ ആണെങ്കിൽ ആ കാലം ഹ്രസ്വവും പതിനെട്ടാണെങ്കിൽ ദീർഘവും പതിനെട്ടിൽ കൂടുതലാണെങ്കിൽ അതിദീർഘവുമാണു്.

കാലം 1 (ഹ്രസ്വം)

ഈ കാലത്തിൽ ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം എന്നീ രണ്ടു മൂലകങ്ങളേ ഉള്ളൂ.

കാലം 2 (ഹ്രസ്വം)

ലിഥിയം, ബറീലിയം, ബോറോൺ, കാർബൺ, നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ, ഫ്ളൂറിൻ, നിയോൺ എന്നിങ്ങനെ അണുഭാരക്രമത്തിൽ എട്ടു മൂലകങ്ങളാണു് ഇതിലുള്ളതു്. ഈ എട്ടു മൂലകങ്ങളിൽ ഏഴെണ്ണവും (നിയോൺ ഒഴികെ) ഓരോ ഗ്രൂപ്പിന്റെ ആദ്യത്തെ മൂലകങ്ങളാണു്.

കാലം 3 (ഹ്രസ്വം)

Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, A എന്നിവയാണു് ഈ കാലത്തിലുള്ളതു്. ഇവയിൽ ഓരോന്നും രണ്ടാം കാലത്തിൽ അതേ ഗ്രൂപ്പിൽവരുന്ന മൂലകങ്ങളോടു് വളരെ സാദൃശ്യമുള്ളവയാണെന്നു് സ്പഷ്ടമാണു്. ഉദാഹരണമായി സോഡിയം ലിഥിയത്തോടും, മഗ്നീഷ്യം ബറീലിയത്തോടും, സിലിക്കൺ കാർബണോടും വളരെ സാദൃശ്യമുള്ളവയാണു്. (അണുഭാരക്രമത്തിൽ Cl കഴിഞ്ഞാൽ K ആണു് വരേണ്ടതു്; പിന്നീടു് A. എന്നാൽ ഇവ തികച്ചും അസ്ഥാനത്തായിരിക്കും. അതിനാൽ A, K എന്നിവയുടെ കാര്യത്തിൽ അണുഭാരക്രമം തെറ്റിയിട്ടുണ്ടു്.)

കാലം 4 (ദീർഘം):

സോഡിയത്തോടു് സാമ്യമുള്ള പൊട്ടാസിയത്തിൽ തുടങ്ങി അണുഭാരക്രമേണ കൂടുന്ന 18 മൂലകങ്ങളുള്ള ഒരു കാലമാണിതു്. ഇതിലെ അവസാന മൂലകമായ ക്രിപ്റ്റോൺ അതിനു മുകളിലുള്ള ആർഗണുമായി സാമ്യമുള്ളതാണു്. മൂന്നാം കാലത്തിലുള്ളതിനെക്കാൾ കൂടുതലായിവരുന്ന (18 — 8 = 10) പത്തു മൂലകങ്ങൾക്കു് അതിനു മുകളിൽ (അതേ ഗ്രൂപ്പിൽ) ഉള്ള ഏതെങ്കിലും മൂലകവുമായി സ്പഷ്ടമായ സാമ്യമൊന്നുമില്ല. തന്മൂലം ഈ പത്തു മൂലകങ്ങളെ (സ്കാൻഡിയം—Sc മുതൽ സിങ്ക്—Zn വരെ) സംക്രമണ മൂലകങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു.

കാലം 5 (ദീർഘം):

റുബീഡിയത്തിൽ (Rb) തുടങ്ങി സെനോൺ (Xe) വരെ 18 മൂലകങ്ങളും ഈ കാലത്തിലുണ്ടു്. ഇതു് നാലാം കാലത്തിന്റെ ശരിയായ ആവർത്തനമാണു്. ഈ കാലത്തിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ടെലൂറിയത്തിനു് (അണുഭാരം 127.6) അപ്പുകഴിഞ്ഞുവരുന്ന അയൊഡിനെക്കാളും (അണുഭാരം 126.9) അണുഭാരം കൂടുതലാണു്. ഈ ''വിപര്യയം'' മെൻഡലീഫിന്റെ ആവർത്തനനിയമത്തിന്റെ ലംഘനമാണു്.

കാലം 6 (അതിദീർഘം)

32 മൂലകങ്ങളാണിതിൽ ഉള്ളതു്— സീസിയം (Cs) തുടങ്ങി റേഡോൺ (Rn) വരെ. Cs, Ba, La (ലൻഥാനം) എന്നീ ആദ്യത്തെ മൂന്നുമൂലകങ്ങളുടെ കാര

ത്തിൽ മുൻ കാലത്തിന്റെ ആവർത്തനമാണു്. എന്നാൽ ലൻഥാനം കഴിഞ്ഞു വരുന്ന 14 മൂലകങ്ങളും വളരെയേറെ പരസ്പരസാദൃശ്യമുള്ളവയാണു്. ഇവയ്ക്കു് ഓരോന്നിനും പ്രത്യേകം സ്ഥാനങ്ങളും നൽകാതെ ലൻഥാനത്തിന്റെ കള്ളിയിൽത്തന്നെയാണു് എല്ലാറ്റിനേയും പ്രതിഷ്ഠിച്ചിട്ടുള്ളതു്. ഈ പതിനഞ്ചെണ്ണത്തിനു ശേഷം വരുന്ന ഹാഫ്നിയം (Hf) മുതലുള്ള മൂലകങ്ങളെല്ലാം മുൻ കാലത്തിന്റെ ആവർത്തനമാണു്. ലൻഥാനത്തിന്റെ കള്ളിയിൽ തന്നെ സ്ഥാനം കൊടുത്തിരിക്കുന്ന 14 മൂലകങ്ങളെ ഒന്നിച്ചു ചേർത്തു് അന്തസ്സംക്രമണമൂലകങ്ങളും എന്നു പറയുന്നു. ഈ പീരീഡിന്റെ ഒടുവിലത്തെ മൂന്നു മൂലകങ്ങളും— പൊളോണിയം (Po) അസ്റ്റാറ്റൈൻ (At), റേഡോൺ (Rn)—സ്വാഭാവിക റേഡിയോ ആക്റ്റീവതയുള്ളവയാണു്.

കാലം 7 (അതിദീർഘം)

ഒരു അപൂർണ ശ്രേണിയാണിതു്. സീസിയത്തിനു് (Cs) സമാനമായ ഫ്രാൻസിയം (Fr) മുതൽ ലാറൻസിയം (Lw) വരെയുള്ള 17 മൂലകങ്ങളാണു് ഇതിലുള്ളതു്. ഇവയിൽ റേഡിയം (Ra), ആക്റ്റിനിയം (Ac), പ്രോടാക്റ്റിനിയം (Pa), യുറേനിയം (U) എന്നിവ മാത്രമേ പ്രകൃതിയിൽ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ. ഫ്രാൻസിയവും നെപ്റ്റ്യൂണിയം മുതൽ ലാറൻസിയംവരെയുള്ള മൂലകങ്ങളും ഭൂമിയിൽ സ്വാഭാവികമായി കാണപ്പെടുന്നില്ല. അണു മൂലകാന്തരണം വഴി അവ കൃത്രിമമായി നിർമിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളവയാണു്. ഈ പീരീഡിലെ എല്ലാ മൂലകങ്ങളും റേഡിയോ ആക്റ്റീവതയുള്ളവയും തദ്വാരാ അസ്ഥിര-അണുകേന്ദ്രങ്ങളോടുകൂടിയവയുമാണു്. നെപ്റ്റ്യൂണിയം (Np) തുടങ്ങിയുള്ള മൂലകങ്ങളെ ''അതീത യുറേനിയ മൂലകങ്ങളും'' അഥവാ ട്രാൻസ്യുറേനിയ മൂലകങ്ങളും എന്നു പറയുന്നു ആറാംകാലത്തിലുള്ളതുപോലെ ആക്റ്റിനിയം കഴിഞ്ഞുവരുന്ന 14 മൂലകങ്ങളും അതിന്റെ കള്ളിയിൽ തന്നെയാണു് സ്ഥാപിക്കേണ്ടതു്. മുൻകാലത്തിലെ അന്തസ്സംക്രമണമൂലകങ്ങൾക്കു് സമാനങ്ങളാണിവ. ലാറൻസിയത്തിനുശേഷമുള്ള മറ്റു മൂലകങ്ങളും കൂടി ഉണ്ടെങ്കിലേ ഈ കാലം പൂർണമാകുന്നുള്ളൂ ഈ മൂലകങ്ങളും നിർമിക്കാനുള്ള ശ്രമങ്ങളും അവിരാമമായും അതിതീവ്രമായും നടക്കുന്നുണ്ടു്. ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഇക്കാര്യത്തിൽ ശ്രദ്ധാപൂർവിശ്വാസികളാണു്.

ഗ്രൂപ്പുകൾ

ഒരേ ഗ്രൂപ്പിലുള്ള മൂലകങ്ങളും സദൃശഗുണങ്ങളും ഉള്ളവയായിരിക്കുമെന്നു മുമ്പു് പ്രസ്താവിച്ചല്ലോ. ആകെ 9 ഗ്രൂപ്പുകളാണുള്ളതു്. എന്നാൽ നാലാമത്തേതു മുതലുള്ള ദീർഘകാലങ്ങളിൽ 18 മൂലകങ്ങളും വരുമ്പോൾ ഒരു ഗ്രൂപ്പിലുള്ള കള്ളികളിൽത്തന്നെ രണ്ടു മൂലകങ്ങളും കാണുന്നു. ഇവയെ A ഉപഗ്രൂപ്പു് (A-subgroup) B ഉപഗ്രൂപ്പു് (B-sub-group) എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കുന്നു. ഈ വിഭജനം 1 മുതൽ 7വരെയുള്ള ഗ്രൂപ്പുകളിൽ കാണാം. 8-ാംഗ്രൂപ്പിൽ മുന്നു മൂലകങ്ങളും ഒരുമിച്ചുകാണുന്നു. ഒൻപതാമത്തേതിനു ഉപഗ്രൂപ്പുകളില്ല. ഇതിനെ പൂജ്യഗ്രൂപ്പു് (zero group) എന്നും വിളിക്കാറുണ്ടു്.

ഗ്രൂപ്പുകളുടെ പ്രത്യേകതകൾ

1. സംയോജകത: പൊതുവേ പറഞ്ഞാൽ ഗ്രൂപ്പു് നമ്പർ ആ ഗ്രൂപ്പിലുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ സംയോജകതയെ കാണിക്കുന്നു. ഇവ ഓക്സിജനെ ആസ്പദമാക്കി

യുള്ള സംയോജകതയെ മാത്രമേ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നുള്ളൂ. എന്നു തന്നെയല്ല, എട്ടാമത്തെ ഗ്രൂപ്പിനു് ഈ വസ്തുത ബാധകവുമല്ല. ഹൈഡ്രജനെ ആസ്പദമാക്കിയുള്ള സംയോജകത ഒന്നു മുതൽ നാലാം ഗ്രൂപ്പു വരെ ക്രമേണ ഗ്രൂപ്പു് നംബറനുസരിച്ചു് കൂടിവന്നു് അഞ്ചാംഗ്രൂപ്പു മുതൽ ഒന്നുവീതം കുറയുന്നു. ഈ വസ്തുതയാണു് താഴെ വ്യക്തമായി കൊടുത്തിരിക്കുന്നതു്.

ഓക്സിജൻ-സംയോജകത:—

ഗ്രൂപ്പു്:	1	2	3	4	5	6	7
യൗഗികം:	R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7
സംയോജകത:	1	2	3	4	5	6	7

ഹൈഡ്രജൻ-സംയോജകത:—

ഗ്രൂപ്പു്:	1	2	3	4	5	6	7
യൗഗികം:	RH	RH_2	RH_3	RH_4	RH_3	RH_2	RH
സംയോജകത:	1	2	3	4	3	2	1

(R= ഒരു മൂലക അണു).

2 വിദ്യുത്-രാസഗുണധർമങ്ങൾ: അതാതു കാലങ്ങളിലെ ഏറ്റവും കൂടുതൽ വിദ്യുത് ധന സ്വഭാവം ഉള്ള മൂലകങ്ങളെ ഒന്നാം ഗ്രൂപ്പിൽ കാണാം. രണ്ടാം ഗ്രൂപ്പിലുള്ളവയ്ക്കു് അതുതന്നെ വിദ്യുത് ധനസ്വഭാവം ഇല്ല. മൂന്നാമത്തെ ഗ്രൂപ്പിൽ ഈ ഗുണം വളരെ കുറഞ്ഞിരിക്കും, വിദ്യുത് ധന സ്വഭാവം കുറയുന്നതനുസരിച്ചു് വിദ്യുത് ഋണ സ്വഭാവം(electronegative character) കൂടിവരും. നാലാം ഗ്രൂപ്പിൽ രണ്ടു ഗുണങ്ങളും സമമായി കാണപ്പെടുന്നു. വേണമെങ്കിൽ വിദ്യുത് ധന ഗുണമോ വിദ്യുത് ഋണഗുണമോ ഇല്ലാത്തവയെന്നു പറയാം. അഞ്ചാം ഗ്രൂപ്പു മുതൽ വിദ്യുത് ഋണ സ്വഭാവം കൂടിവരുന്നു. ഏഴാം ഗ്രൂപ്പിൽ ഇതു് ഏറ്റവും കൂടുതൽ കാണാം. എട്ടാംഗ്രൂപ്പു് ഈ പൊതുതത്വങ്ങളിൽനിന്നു് വ്യത്യസ്തമായി അധികവും വിദ്യുത് ധന ഗുണത്തോടുകൂടിയവയാണു്. "പൂജ്യംഗ്രൂപ്പു്" മൂലകങ്ങളുടെ വിദ്യുത് രാസ സ്വഭാവം പൂജ്യം തന്നെ. ഒരേ ഗ്രൂപ്പിനകത്തു് ഏറ്റവും വിദ്യുത്ധനസ്വഭാവമുള്ളതു് ഏറ്റവും താഴെയുള്ള മൂലകത്തിനാണു്. താഴെനിന്നു് മുകളിലോട്ടു പോകുന്തോറും വിദ്യുത് ധന ഗുണം കുറഞ്ഞുവരും—അതായതു് വിദ്യുത് ഋണ ഗുണം കൂടിവരുന്നു.

3 ഭൗതികഗുണധർമങ്ങൾ: ഓരോ ഗ്രൂപ്പിലും മൂലകങ്ങളുടെ ഭൗതിക ഗുണധർമങ്ങളും ക്രമമായ രീതിയിൽ വ്യത്യാസപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കും. ആപേക്ഷിക ഘനത്വം, ഉരുകൽനില, തിളനില എന്നീ ഗുണധർമങ്ങളിൽ ഈ വസ്തുത സ്പഷ്ടമായി കാണാം. അണുവ്യാപ്തവും ക്രമമായ രീതിയിൽ വ്യത്യാസപ്പെട്ടുവരുന്നു. ലോഥർമേയറുടെ അണുവ്യാപ്തവക്രത്തിൽ നിന്നു് ഈ വസ്തുത കണ്ടുകഴിഞ്ഞു.

ആവർത്തനപട്ടികകൊണ്ടുള്ള പ്രയോജനങ്ങൾ

(1) ചിട്ടയുള്ള വർഗീകരണം: മെൻഡലീഫിന്റെ കാലത്തു് അറിയപ്പെടാത്ത മൂലകങ്ങളും പലതുമുണ്ടായിരുന്നു. അതുകൊണ്ടു്, അറിയപ്പെട്ടിരുന്ന

എല്ലാ മൂലകങ്ങൾക്കും ഗുണമനുസരിച്ച് സ്ഥാനം നൽകിക്കൊണ്ടും അറിയപ്പെടാത്തവയ്ക്ക് സ്ഥലം വിട്ടുകൊണ്ടുമുള്ള ഒരു പട്ടികയാണ് അദ്ദേഹം ഉണ്ടാക്കിയത്. ഇതു് അദ്ദേഹത്തിന്റെ ദീർഘവീക്ഷണത്തെയും സാഹസികതയെയും കാണിക്കുന്നു. ഇത്ര ചിട്ടയിലും സരളമായും മൂലകങ്ങളെ വർഗീകരിച്ചിട്ടുള്ള പട്ടികകൾ വേറെയില്ല.

(2) **സാദൃശ്യങ്ങളെ പ്രകടമാക്കുന്നു:** സദൃശഗുണങ്ങളുള്ള മൂലകങ്ങൾ ഒരേ ഗ്രൂപ്പിൽ വരുന്നതായി നാം മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. ഒരേ ഗ്രൂപ്പിൽ തന്നെ സാദൃശ്യത്തിനു് കുറവുണ്ടെങ്കിൽ അതിലുള്ള മൂലകങ്ങളെ A, B എന്നിങ്ങനെ രണ്ടു് ഉപഗ്രൂപ്പുകളായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. അങ്ങനെ അറിയപ്പെടുന്ന മൂലകങ്ങളെ 9 ഗ്രൂപ്പുകളിലാക്കിയതു കൊണ്ടു് ഇവയുടെ രാസഗുണധർമങ്ങൾ ഈ 9 ഗ്രൂപ്പുകളുടെ പഠനം കൊണ്ടു് വ്യക്തമാകുന്നു.

(3) **പുതിയ മൂലകങ്ങളെപ്പറ്റിയുള്ള പ്രവചനം:** മെൻഡലീഫിന്റെ കാലത്തു് അറിയപ്പെടാതിരുന്ന ചില മൂലകങ്ങൾക്കു് പട്ടികയിൽ സ്ഥലം വിട്ടിരുന്നതായി പറഞ്ഞല്ലോ. ഇവയിൽ ചിലതിനെപ്പറ്റിയെങ്കിലും ഒരു പട്ടികൂടി മുന്നോട്ടു കടന്നു് അവയുടെ അണുഭാരം, രാസ-ഭൗതികഗുണധർമങ്ങൾ മുതലായവയെ പറ്റി മെൻഡലീഫ് പ്രവചനം നടത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി സ്കാൻഡിയം (Sc), ഗാലിയം (Ga), ജെർമാനിയം (Ge) എന്നിവ അന്നറിയപ്പെട്ടിരുന്നില്ല. പട്ടികയിൽ അവയ്ക്കു് നീക്കിവയ്ക്കപ്പെട്ടിരുന്ന സ്ഥാനങ്ങൾക്കു ചുറ്റുമുള്ള (അതേ കാലത്തിലും ഗ്രൂപ്പിലും) മൂലകങ്ങളുടെ ഗുണങ്ങൾ പഠിച്ച് അവയെ യഥാക്രമം ഏകാ-ബോറോൺ, ഏകാ-അലൂമിനിയം ഏകാ-സിലിക്കൺ എന്നു വിളിക്കുകയും ഓരോന്നിന്റെയും ഗുണധർമങ്ങൾ പ്രവചിക്കുകയും ചെയ്തു. ഈ പ്രവചനങ്ങൾ എത്രമാത്രം ശരിയായിട്ടുള്ളതാണെന്നു് വർഷങ്ങൾക്കുശേഷം ആ മൂലകങ്ങൾ കണ്ടുപിടിച്ചപ്പോൾ തെളിഞ്ഞു. ഉദാഹരണമായി ജെർമാനിയത്തിന്റെ ഗുണധർമങ്ങൾ നോക്കുക:

ഗുണധർമം	മെൻഡലീഫ് പ്രവചിച്ച ഏകാ-സിലിക്കന്റെ ഗുണധർമങ്ങൾ	ജെർമാനിയത്തിന്റെ യഥാർഥഗുണധർമങ്ങൾ
1. അണുഭാരം	72	72.6
2. ആപേക്ഷിക ഘനത്വം	5.3	4.37
3. അണുവ്യാപ്തം	13	13.2
4. ഭൗതികാവസ്ഥ	കറുത്ത തവിട്ടുനിറമുള്ള ഖരം	തവിട്ടുനിറമുള്ള ഖരം
5. ജ്വലനസ്വഭാവം	ഓക്സിജനിൽ ജ്വലിച്ച് വെളുത്ത RO_2 ഉണ്ടാകും	ജ്വലനഫലമായി GeO_2 ഉണ്ടാകുന്നു

6. അമ്ലമായുള്ള പ്രവർത്തനം	പ്രവർത്തനമില്ല	പ്രവർത്തനമില്ല
7. ക്ഷാരവുമായുള്ള പ്രവർത്തനം	തപിപ്പിച്ച ക്ഷാരത്തിൽ അല്പം ലയിക്കും.	ഉരുക്കിയ ക്ഷാരത്തിൽ ലയിക്കും.
8. ഓക്സൈഡിന്റെ ഗുണധർമങ്ങൾ	ആപേക്ഷികഘനത്വം = 4.7 ചൂടാക്കിയാൽ ഉരുകാത്തതും അല്പം ക്ഷാരസ്വഭാവമുള്ളതുമായിരിക്കും.	ആപേക്ഷികഘനത്വം = 4.7 ചൂടാക്കിയാൽ ഉരുകുന്നില്ല. അല്പം ക്ഷാരസ്വഭാവം ഉണ്ട്.
9. ക്ലോറൈഡിന്റെ ഗുണധർമങ്ങൾ	RCl_4 ഒരു ദ്രവമായിരിക്കും.	$GeCl_4$ ഒരു ദ്രവമാണ്.
10. ഫ്ളൂറൈഡിന്റെ ഗുണധർമങ്ങൾ	RF_4 വാതകമായിരിക്കുകയില്ല.	GeF_4 ഒരു ഖരവസ്തുവാണ്.

സ്കാൻഡിയം, ഗാലിയം എന്നിവയുടെ കാര്യത്തിലും മെൻഡലീഫിന്റെ പ്രവചനങ്ങൾ ശരിയാണെന്നു തെളിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ഈ നൂറ്റാണ്ടിൽ, കാണപ്പെടേണ്ടുള്ള ദ്രവ്യവിശ്വാസത്തിൽ അന്വേഷിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ട മൂലകങ്ങളാണ് ടെക്നീഷിയം (Tc), ഫ്രാൻസിയം (Fr), അസ്റ്റാറ്റൈൻ (At) എന്നിവ. എന്നാൽ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനു മുൻപുതന്നെ ഇവയുടെ ഗുണധർമങ്ങൾ പ്രവചിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു.

(4) അണുഭാരം ശരിയായി മനസിലാക്കാനുള്ള ഉപാധി: ഒരു മൂലകത്തിനു് ആവർത്തനപട്ടികയിൽ ഒരു സ്ഥാനം മാത്രമേ കാണുകയുള്ളുവല്ലോ. അതുകൊണ്ടു് പുതുതായി കണ്ടുപിടിക്കപ്പെടുന്ന മൂലകത്തിന്റെ ഗുണധർമങ്ങൾ അതിന്റെ സ്ഥാനത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ ഗുണധർമങ്ങളിൽനിന്നു് പ്രവചിക്കാം; ഉദാഹരണമായി അണുഭാരം സംശയം വരുന്ന ഘട്ടത്തിൽ തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിച്ചു് അണുഭാരം തിട്ടപ്പെടുത്താം. ഉദാഹരണമായി ബറീലിയത്തിനു് അലൂമിനിയത്തോടു് വളരെയധികം സാദൃശ്യമുണ്ട്. ആ നിലക്കു് ഇതിന്റെ സ്ഥാനം അലൂമിനിയത്തിന്റെ ഗ്രൂപ്പിൽ (ഗ്രൂപ്പ് 3) വരണമല്ലോ. ബറീലിയത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം 4.5 ആണെന്നു നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. അലൂമിനിയത്തിനേതുപോലെ സംയോജകത 3 ആണെങ്കിൽ അണുഭാരം $4.5 \times 3 = 13.5$ ആകണം. എന്നാൽ രണ്ടാംകാലത്തിൽ കാർബണിനും (അണുഭാരം=12) നൈട്രജനും (അണുഭാരം=14) ഇടയ്ക്കു് തരിശായ കള്ളികളുമില്ല. അപ്പോൾ ബറീലിയത്തിന്റെ അണുഭാരം വേറെയായിരിക്കണം; അതുകൊണ്ടതിന്നു സ്ഥാനവും വേറെയാവണം. തരിശായ സ്ഥലം അലൂമിനിയത്തിനു മുകളിൽ കാണാതിരുന്നതു മൂലം ബറീലിയത്തിന്റെ രാസഗുണധർമങ്ങളെപ്പറ്റി ഒരു പുനഃപഠനം വേണ്ടിവരുമെന്നു് മെൻഡലീഫ് അസന്ദിഗ്ധമായി പ്രഖ്യാപിച്ചു. സംയോജകത 2 എന്നു നിശ്ചയിച്ചാൽ അണുഭാരം $4.5 \times 2 = 9$ എന്നാകും. അപ്പോൾ മഗ്നീഷ്യത്തിനു മുകളിലുള്ള തരിശായ സ്ഥലം അതിനു് യോജിക്കുകയും ചെയ്യും. അങ്ങനെ ബറീലിയത്തിനു് രണ്ടാം ഗ്രൂപ്പിൽ

ഭാവിഷ്യത്തിനു മുകളിലുള്ള സ്ഥാനമാണു് അദ്ദേഹം നിശ്ചയിച്ചതു്. പില്ലാലത്തു് നടന്ന സമഗ്രമായ പഠനങ്ങളും ഈ സ്ഥാനനിർണയം തെറ്റല്ലെന്നു് തെളിയിച്ചു.

ഇതുപോലെ തന്നെ ഇൻഡിയത്തിന്റെ (Indium) അണുഭാരം തിരുത്തപ്പെട്ടു. ഇൻഡിയത്തിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരം 38 ആണെന്നു് നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. സംയോജകതയുള്ള അതിന്റെ സാദൃശ്യം കൊണ്ടു് സംയോജകത 2 ആണെന്നു് കരുതി ഇൻഡിയത്തിന്റെ അണുഭാരം $38 \times 2 = 76$ ആണെന്ന ഊഹിച്ചു. അണുഭാരം 76 ആകുമ്പോൾ അതിനു അനുയോജ്യമായ ഒരു സ്ഥാനവും പട്ടികയിൽ ഇല്ല. എന്നാൽ സംയോജകത മൂന്നാണെങ്കിൽ അണുഭാരം $38 \times 3 = 114$ ആകുന്നു. ഇതിനു പറ്റിയ ഒരു സ്ഥാനം പട്ടികയിൽ ഒഴിഞ്ഞു കിടപ്പുണ്ടു്. അണുഭാരം 114 ആണെന്നുറപ്പിച്ചു കൊണ്ടു് ഇൻഡിയത്തിനു് കാഡ്മിയത്തിനും ടിന്നിനും ഇടയ്ക്കു മൂന്നാം ഗ്രൂപ്പിൽ സ്ഥാനം കൊടുത്തു. പിൽക്കാലത്തു് ഇൻഡിയത്തിന്റെ സൂക്ഷ്മമായ അണുഭാരം 114.76 ആണെന്നു് നിർണയിക്കപ്പെട്ടു.

ആവർത്തനപട്ടികയിലെ അപാകതകൾ

(1) **ദുർലഭലോഹങ്ങളുടെ (rare metals) സ്ഥാനം:** ലന്തനത്തിനും ഹാഫ്നിയത്തിനും ഇടയ്ക്കുള്ള 14 ദുർലഭലോഹങ്ങൾക്കു് പട്ടികയിൽ ഓരോന്നിനും പ്രത്യേകമായ സ്ഥാനമില്ല. ലന്തനത്തിന്റെ ഒരു കള്ളിക്കകത്തു് ഇവയെല്ലാം കൂടി സ്ഥാപിക്കപ്പെടണം. അല്ലെങ്കിൽ പട്ടികയ്ക്കു പുറത്തു് സ്ഥലം കണ്ടുപിടിക്കണം. ഇതിൽ ഒന്നാമത്തേതു് പട്ടികയുടെ സരളതയ്ക്കും ക്രമീകൃതസംവിധാനത്തിനും വിരുദ്ധമാണു്. അതിനാൽ രണ്ടാമത്തെ പോംവഴി സ്വീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ ഏഴാം കാലത്തിൽ ആക്റ്റിനിയം കഴിഞ്ഞു വരുന്ന മൂലകങ്ങൾക്കും പട്ടികയ്ക്കു വെളിയിൽ സ്ഥാനം കൊടുക്കേണ്ടിവരുന്നു.

(2) **അണുഭാരക്രമത്തിന്റെ ലംഘനം:** ആവർത്തനപട്ടികയിൽ മൂലകങ്ങളെ വർധിച്ചു വരുന്ന അണുഭാരക്രമത്തിലാണല്ലോ അടുക്കിയിരിക്കുന്നതു്. ഈ നിയമം നാലു ജോഡി മൂലകങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ ലംഘിച്ചിരിക്കുന്നു.

(a) 39.9 അണുഭാരമുള്ള ആർഗൺ (A) (ഗ്രൂപ്പ് പൂജ്യം) അണുഭാരം 39.1 ഉള്ള പൊട്ടാസിയത്തിനു് (ഗ്രൂപ്പ് 1) മുമ്പു് വരുന്നു.

(b) എട്ടാം ഗ്രൂപ്പിൽ കോബാൾട്ട് (Co, 59) അതിനെക്കാളും അണുഭാരം കുറഞ്ഞ നിക്കലിനു് (Ni, 58.6) മുൻപിലാണു്.

(c) 6-ാം ഗ്രൂപ്പിലെ ടെല്ലൂറിയം (Te, 127.6) അതിനെക്കാളും അണുഭാരം കുറഞ്ഞ അയൊഡിനു് (I, 126.9; ഗ്രൂപ്പ് 7) മുൻപിൽ ആണു്.

(d) അണുഭാരം 231 ഉള്ള പ്രോടാക്റ്റിനിയം (Pa) അണുഭാരം 232.1 ഉള്ള തോറിയത്തിനു് Th) മുൻപിലും വന്നിരിക്കുന്നു.

ഈ സ്ഥാനവിപര്യയങ്ങൾക്കു് (inverted positions) കാരണം, അണുഭാരത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി പട്ടികയുണ്ടാക്കിയതിനാലാണു്. എന്നാൽ അണു

സംഖ്യ (atomic number) അടിസ്ഥാനമായി സ്വീകരിച്ചാൽ ഈ മൂലകങ്ങളും വേണ്ട സ്ഥാനത്തു തന്നെയാണെന്നു മനസ്സിലാക്കാം.

(3) രാസഗുണധർമസാദൃശ്യം വിഗണിക്കുന്നു: കോപ്പർ, സിൽവർ, ഗോൾഡ് എന്നിവ ലിഥിയം, സോഡിയം, പൊട്ടാസിയം എന്നിവയുമായി രാസസാമ്യമില്ലാത്തവയാണെങ്കിലും ഉണ്ടെന്നതോന്നത്തക്കവണ്ണം ഒരേ ഗ്രൂപ്പ് ലാണു (ഗ്രൂപ്പ് 1) ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നതു്. നേരെ മറിച്ചു് ബേരിയവും, ലെഡും, കോപ്പറും, മെർക്കറിയും തുടങ്ങി രാസപരമായി വളരെ സമാനതയുള്ള പല മൂലകങ്ങളെയും വിഭിന്ന ഗ്രൂപ്പുകളിലാണു് ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളതു്.

(4) പട്ടികയിൽ ഹൈഡ്രജന്റെ സ്ഥാനം: ആവർത്തന പട്ടികയിൽ ഹൈഡ്രജനു കൊടുക്കേണ്ട ശരിയായ സ്ഥാനം ഇപ്പോഴും തീരുമാനിക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ല. ഹൈഡ്രജനെ Li, Na, K ഇവയുടെ മുകളിലായി ഒന്നാം ഗ്രൂപ്പിലോ അല്ലെങ്കിൽ F, Cl, Br എന്നിവയുടെ മുകളിലായി ഏഴാം ഗ്രൂപ്പിലോ ഉൾപ്പെടുത്തുകയാണു് സാധാരണ പതിവു്. ഒരു മൂലകത്തിനു് രണ്ടു സ്ഥാനം കല്പിക്കുന്നതു തന്നെ യുക്തിക്കു നിരക്കാത്തതാണല്ലോ. പോരെങ്കിൽ, സ്ഥാനം എവിടെ നിശ്ചയിച്ചാലും രാസപരമായ ചില പോരായ്മകളും ഉണ്ടു്. ഒന്നാം ഗ്രൂപ്പിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുന്നതിനു് ഉപോൽബലകമായ വസ്തുതകൾ ഇവയാണു്:

(a) അലോഹങ്ങളുമായുള്ള ഹൈഡ്രജൻ യൗഗികങ്ങൾ (ഉദാ: HCl) വൈദ്യുത വിശ്ലേഷണം ചെയ്യുമ്പോൾ ഹൈഡ്രജൻ സോഡിയമോ പൊട്ടാസിയമോ പോലെകാഥോഡിലാണു് ഉല്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതു്. ഇതു് ഹൈഡ്രജൻ പ്രസ്തുത ലോഹങ്ങളെപ്പോലെ വിദ്യുത്ധനസ്വഭാവമുള്ളതാണെന്നു് കാണിക്കുന്നു.

(b) Na, K എന്നിവയെപ്പോലെ ഹൈഡ്രജനും എല്ലായ്പോഴും ഏകസംയോജകമാണു്.

(c) ക്ഷാരലോഹങ്ങളെപ്പോലെ ഹൈഡ്രജന്റെ അണുവിലും ബാഹ്യപഥത്തിൽ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ മാത്രമേ ഉള്ളൂ.

(d) പല അവസരങ്ങളിലും ഹൈഡ്രജൻ ലോഹങ്ങളാൽ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടുകയോ ലോഹങ്ങളെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുകയോ ചെയ്യും.

(e) ഒന്നാം ഗ്രൂപ്പിൽ മൂലകങ്ങളുടെ വിദ്യുത് ധനസ്വഭാവം അണുഭാരം കൂടുന്നതനുസരിച്ചു് കൂടുന്നു. അപ്പോൾ അണുഭാരം ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ഹൈഡ്രജനെ ലിഥിയത്തേക്കാൾ വിദ്യുത്ധനസ്വഭാവം കുറഞ്ഞ മൂലകമായി കരുതാം.

(f) ഏഴാം ഗ്രൂപ്പിൽ വിദ്യുത് ഋണ സ്വഭാവം അണുഭാരം കുറയുന്നതനുസരിച്ചു് കൂടുന്നു. അങ്ങനെ വരുമ്പോൾ അണുഭാരം ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ഹൈഡ്രജൻ ഏഴാം ഗ്രൂപ്പിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുകയാണെങ്കിൽ അതു് ഏറ്റവുംകൂടിയ വിദ്യുത് ഋണ സ്വഭാവമുള്ളതാവണം. എന്നാൽ വാസ്തവത്തിൽ ഇങ്ങനെയല്ലല്ലോ. അതുകൊണ്ടു് ഏഴാം ഗ്രൂപ്പിനെക്കാൾ ഒന്നാം ഗ്രൂപ്പു തന്നെയാണു് ഹൈഡ്രജനു് ഉത്തമമായ സ്ഥാനം.

മേൽപറഞ്ഞ കാരണങ്ങളാൽ ഹൈഡ്രജനെ പലപ്പോഴും ക്ഷാരകലോഹങ്ങളുടെ മുകളിൽ കാണിക്കുന്നു. ഇനി ഹൈഡ്രജനു് ഏഴാം ഗ്രൂപ്പിൽ ഹാലൊജനകങ്ങളുടെ മുകളിൽ സ്ഥാനം നൽകാനുള്ള കാരണങ്ങളും നോക്കാം.

(a) അണുഭാരം കുറഞ്ഞ ഫ്ളൂറിൻ, ക്ലോറിൻ എന്നിവയെപ്പോലെ ഹൈഡ്രജനും സാധാരണ താപനിലയിൽ വാതകമാണു്

(b) ഹാലൊജനുകളും ലോഹങ്ങളുമായിച്ചേർന്നു് ഉണ്ടാകുന്ന തരത്തിലുള്ള യൗഗികങ്ങളും ഹൈഡ്രജനും ലോഹങ്ങളും തമ്മിൽ ഉണ്ടാകുന്നു. ഉദാഹരണം — NaCl, NaH , CaF_2 , CaH_2

(c) കാർബണിക യൗഗികങ്ങളിൽ ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും ഹാലൊജൻ അണുക്കളിൽ പ്രതിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടാം.

(d) ഏഴാം ഗ്രൂപ്പിൻ ഫ്ളൂറിനു മുകളിൽ ഹൈഡ്രജനു സ്ഥാനം നിശ്ചയിക്കുകയാണെങ്കിൽ പട്ടികയിൽ രണ്ടു മൂലകങ്ങളുടെ ഇടയ്ക്കു് തരിശുസ്ഥലം ഇടേണ്ടിവരികയില്ല.

(e) ഹാലൊജനുകളെപ്പോലെ ഹൈഡ്രജൻ അലോഹമാണു്.

(f) ഹാലൊജനുകളുടെയും ഹൈഡ്രജനും അണുകത 2 ആണു്.

ആധുനിക–ആവർത്തന പട്ടിക

അണുഭാരക്രമത്തിലുള്ള വിപര്യയം ആവർതന പട്ടികയുടെ ഒരു പോരായ്മയാണെന്നു കണ്ടല്ലോ. കൂടാതെ, ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ കാര്യംകൂടി കണക്കിലെടുക്കുമ്പോൾ മൂലകങ്ങളുടെ വർഗീകരണത്തിൽ അണുഭാരത്തിനു് അടിസ്ഥാനപരമായ പ്രാധാന്യം ഇല്ലെന്നു കാണാം. അതിനാൽ അണുസംഖ്യയെ അടിസ്ഥാനമാക്കുന്നതാണു് ഉത്തമം. പട്ടികയിലുള്ള ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും ക്രമനമ്പർ തന്നെയാണു് അണുസംഖ്യയെന്നു കാണാം. അങ്ങനെയാകുമ്പോൾ മെൻഡലീഫിന്റെ ആവർതനനിയമം തന്നെ ''മൂലകങ്ങളുടെ ഗുണധർമങ്ങളും അവയുടെ അണുസംഖ്യയുടെ ആവർതന ഫലമാണു്'' എന്നു് മാറ്റാവുന്നതാണു്.

അണുസംഖ്യ മൂലകങ്ങളുടെ ക്രമസംഖ്യയാണെന്നുള്ളതിനു പുറമെ മൗലിക പ്രാധാന്യമുള്ള ഒരു വസ്തുത കൂടിയാണു്. അണുസംഖ്യ അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള ധനവിദ്യുത്മാത്രകളുടെ എണ്ണത്തെയും അണുകേന്ദ്രത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തെയും കുറിക്കുന്നു. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഐസോട്ടോപ്പുകൾക്കു് അണുഭാരത്തിൽ വ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുമെങ്കിലും അണുസംഖ്യ ഒന്നുതന്നെയാണല്ലോ. അതിനാൽ അണുസംഖ്യയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ നോക്കുമ്പോൾ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ എല്ലാ ഐസോട്ടോപ്പുകൾക്കുംകൂടി ഒരു സ്ഥാനം മാത്രമേ ഉണ്ടാകാൻ പാടുള്ളൂ. അണുഭാരത്തിന്റെ കാര്യത്തിലുള്ള സ്ഥാനവിപര്യയങ്ങൾക്കും (ഉദാ: A & K) പ്രസക്തിയില്ലാതാകുന്നു. കാരണം, അണുഭാരത്തിനു വിപര്യയം ഉണ്ടെങ്കിലും അണുസംഖ്യ അനുക്രമം കൂടിക്കൊണ്ടുതന്നെയിരിക്കും.

അണുസംഖ്യയെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളതായാലും ആവർത്തനപട്ടികയിൽ ഒർല്ലഭലോഹങ്ങൾക്കും ആക്റ്റിനിയം കഴിഞ്ഞുള്ള 14 ലോഹങ്ങൾക്കും സ്ഥാനമില്ല. ഇവയെ പട്ടികയ്ക്കു വെളിയിൽ എഴുതേണ്ടി വരുന്നു. ഇതുപോലെ

ചിത്രം 10_2 നീൽസ് ബോറിന്റെ ആവർത്തനപട്ടിക

തന്നെ പ്രാധാന്യമുള്ള കാര്യമാണു് ഹൈഡ്രജന്റെ സ്ഥാനനിർണയം. ഈ രണ്ടു വിഷമതകളുംകൂടി ഒഴിവാക്കുവാൻ സഹായിക്കുന്ന പല വ്യത്യസ്ത രൂപങ്ങളിലും പട്ടികകൾ ആവിഷ്കരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. ഓരോന്നും ഓരോ ശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ ബുദ്ധിപ്രദർശനമാണെന്നു പറയാം. പലതിലും പ്രയോജനപ്രദമായ പല കാര്യങ്ങളും ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഇവയിൽ ചിലതിന്റെ ചിത്രീകരണം ഗോപുരം പോലേയും ചിലതിന്റേതു് കൊട്ടാരം പോലേയും മറ്റു ചിലതിന്റേതു് സർപ്പിലവും ആണു്. ഇവയിൽ നിന്നെല്ലാം വ്യത്യസ്തവും പ്രയോജനപ്രദവുമാണു് നീൽസ് ബോർ സംവിധാനംചെയ്ത ആവർത്തനപട്ടിക. ഇതിന്റെ മാതൃകയാണു് 208–ാം പേജിലുള്ള ചിത്രം 10–2.

തുടർന്നു വായിക്കുക:

1. Partington, "Text book of Inorganic Chemistry", E L B S (1960)
2. George C. Pimentel (Ed), "Chemistry – an experimental science", N C E R T, (1963).

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. അണുസംഖ്യ 14 ഉള്ള മൂലകം കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടില്ലെന്നുള്ള സങ്കല്പത്തിൽ അതിന്റെ ഗുണധർമങ്ങൾ കാരണസഹിതം പ്രവചിക്കുക.
2. മൂലകങ്ങളുടെ വർഗീകരണത്തെ സംബന്ധിച്ചു് നടന്നിട്ടുള്ള ശ്രമങ്ങൾ സംക്ഷേപിക്കുക.
3. ആവർത്തനപട്ടികയുടെ നിർമാണത്തിൽ മെൻഡലീഫിനുള്ള പങ്കെന്തു്?
4. ആവർത്തനപട്ടികയുടെ ഒരു ലഘുവിവരണം നൽകുക.
5. ആവർത്തനനിയമത്തെപ്പറ്റി ഉപന്യസിക്കുക.
6. ആവർത്തനപട്ടികയുടെ പോരായ്മകൾ എന്തെല്ലാം?
7. "അണുസംഖ്യയാണു് ആവർത്തനനിയമത്തിനു് അണുഭാരത്തെക്കാൾ ഉത്തമമായ അടിസ്ഥാനം"—എങ്ങനെ? എന്തുകൊണ്ടു്?
8. ആവർത്തനപട്ടികയിലെ ഗ്രൂപ്പുകളെപ്പറ്റി സാമാന്യവിവരണം നൽകുക.
9. കുറിപ്പെഴുതുക.
   (a) സ്ഥാനവിപര്യയമുള്ള മൂലകജോഡികൾ
   (b) ആവർത്തനനിയമം
   (c) അണുവ്യാപ്തം
   (d) അഷ്ടകനിയമം
   (e) ആധുനിക ആവർത്തന പട്ടിക
   (f) ആവർത്തകത

പതിനൊന്നു്

റേഡിയോ ആക്ററിവത

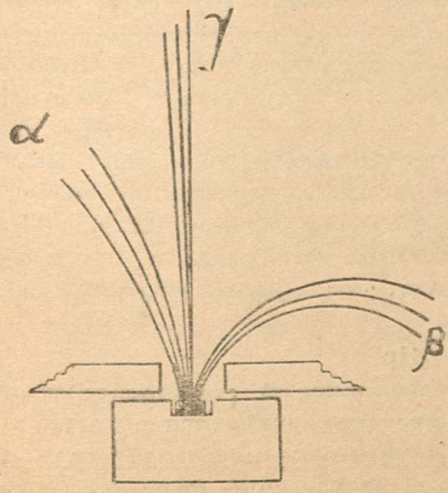
1895—ൽ ഹെന്ററി ബെക്കറൽ (Henri Becquerel) യാദൃച്ഛികമായി കണ്ടുപിടിച്ച പ്രതിഭാസമാണു് റേഡിയോ ആക്ററിവത. ചില പദാർഥങ്ങളിൽ പ്രകാശം പതിപ്പിച്ചാൽ അവയിൽ നിന്നു് നിശ്ചിതവർണമുള്ള പ്രകാശം വികിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം പ്രതിദീപ്തിശീലമുള്ള (fluorescent) പദാർഥങ്ങളിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന പ്രകാശകിരണങ്ങളെ പറ്റി ഗവേഷണം നടത്തുകയായിരുന്ന ബെക്കറൽ, ശക്തമായ പ്രതിദീപ്തിയുള്ള യുറേനിയം ലവണങ്ങൾ അദ്ദേഹത്തെ ആകർഷിച്ചിരുന്നു. ഒരു ദിവസം, പൊതിഞ്ഞു വെച്ചിരുന്ന ഒരു യുറേനിയം ലവണത്തിനടുത്തുണ്ടായിരുന്ന (പൊട്ടാസിയം യുറാനൈൽ സൽഫേറ്റ്) ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് പ്ലേറ്റ് യാദൃച്ഛികമായി പരിശോധിച്ചപ്പോൾ അതിൽ കറുത്ത അടയാളങ്ങൾ ഉള്ളതായി അദ്ദേഹം കണ്ടുപിടിച്ചു. യുറേനിയം ലവണത്തിന്റെ സാമീപ്യമാണിതിനു കാരണമെന്നും ഇരുട്ടിൽ പോലും യുറേനിയം യൗഗികങ്ങൾ ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് പ്ലേറ്റിൽ പ്രവർത്തിക്കുമെന്നും കണ്ടുപിടിച്ചപ്പോൾ ഈ പ്രതിഭാസത്തിനു് നിദാനം പ്രതിദീപ്തിയല്ലെന്നു മനസ്സിലായി. തുടർന്നുള്ള പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു് യുറേനിയം യൗഗികങ്ങൾ സദാ ഏതോ അദൃശ്യകിരണങ്ങൾ വികിരണം ചെയ്യുന്നുണ്ടെന്നു വ്യക്തമായി. പ്രകാശകിരണങ്ങളോ മറേറതെങ്കിലും ബാഹ്യപ്രേരണയോ കൂടാതെ തന്നെ സ്വയമേവ ഇത്തരം അദൃശ്യകിരണങ്ങൾ നിർഗമിക്കുന്നു പ്രതിഭാസത്തെ റേഡിയോ ആക്ററിവത എന്നു പറയുന്നു. ഈ അദൃശ്യകിരണങ്ങൾക്കു് X കിരണങ്ങൾക്കുള്ളതു പോലെ തന്നെ സിങ്ക് സൽഫൈഡ്, ബേരിയം പ്ലാററിനോസയനൈഡ് മുതലായ ചില വസ്തുക്കളെ സംദീപ്തമാക്കാനും ഖരവസ്തുക്കളിൽകൂടി കടന്നുപോകാനും വാതകങ്ങളെ അയണീകരിക്കുന്നതിനും ഉള്ള കഴിവുണ്ടു് റേഡിയോ ആക്ററിവത പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു പദാർഥത്തെ ''റേഡിയോ ആക്ററീവ് പദാർഥം'' എന്നു പറയുന്നു. യുറേനിയം യൗഗികങ്ങളിലും, മൂലകരൂപത്തിലുള്ള യുറേനിയത്തിലും എല്ലാം റേഡിയോ ആക്ററിവത ഒരുപോലെയുണ്ടു്. അതായതു് യുറേനിയം എന്ന മൂലകത്തിന്റെ പ്രത്യേകതയാണു് ഇതിനു കാരണം.

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ റേഡിയോ ആക്ററിവത അതിന്റെ സ്വതഃസിദ്ധമായ ഗുണധർമവിശേഷമാണു്. മൂലകം ഏതവസ്ഥയിലാണെങ്കിലും അതു് ഏതു

GH SCHOOL ... PUTHUPPALLY

യൗഗികത്തിന്റെ ഭാഗമായിരുന്നാലും അതിന്റെ റേഡിയോ ആക്ററിവതയിൽ വ്യത്യാസമില്ല. അതുപോലെതന്നെ ഏല്ലാ താപനിലയിലും ഒരു മൂലകത്തിനു തുല്യമായ റേഡിയോ ആക്ററിവതയാണുള്ളതു്. അതായതു് ഒരു മൂലകത്തിന്റെ റേഡിയോ ആക്ററിവതയെ രാസപരിണാമങ്ങളും കൊണ്ടും പരിതസ്ഥിതിയിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങളുംകൊണ്ടും ഒരു വിധത്തിലും മാററാൻ സാധിക്കുന്നില്ല.

പിൽക്കാലത്തു് (1898—1902) മദാം ക്യൂറിയും (Madam Curie) മറ്റു പലരും യുറേനിയത്തിനു മാത്രമല്ല മറ്റു ചില മൂലകങ്ങൾക്കും റേഡിയോ ആക്ററിവതയുണ്ടെന്നു് കണ്ടുപിടിച്ചു. ഈ ശക്തി ഏററവും അധികമായിക്കണ്ടതു് മദാം ക്യൂറി കണ്ടുപിടിച്ച 'റേഡിയം' എന്ന മൂലകത്തിനാണു്. റേഡിയത്തിനു് യുറേനിയത്തെക്കാളും അനേകലക്ഷം മടങ്ങു റേഡിയോ ആക്ററിവതയുണ്ടു്. ആക്ററിനിയം, പൊളോണിയം, തോറിയം മുതലായ മൂലകങ്ങൾക്കും സ്വതഃസിദ്ധമായ റേഡിയോ ആക്ററിവതയുണ്ടെന്നു കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ട കാലാന്തരത്തിൽ ചില മൂലകങ്ങളെ കൃത്രിമമായി റേഡിയോ ആക്ടീവ് ആക്കാമെന്നും മനസ്സിലായി. അപ്പോൾ റേഡിയോ ആക്ടീവു് പദാർഥങ്ങളെ രണ്ടായി തരം തിരിക്കാം. (1) പ്രകൃത്യാ റേഡിയോ ആക്ററിവ് ആയവ (2) കൃത്രിമമായി ഈ സ്വഭാവം നേടിയവ ഇവയുടെ സ്വഭാവങ്ങളെ യഥാക്രമം സ്വതഃസിദ്ധ റേഡിയോ ആക്ററിവത (natural radioactivity) എന്നും കൃത്രിമ റേഡിയോ ആക്ററിവത (artificial radioactivity) എന്നും പറയുന്നു. സ്വതഃസിദ്ധമായ ആക്ററിവതയുള്ളവയിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടതു് റേഡിയമാണു് റേഡിയത്തിൽ നിന്നു് ഉണ്ടാകുന്ന വികിരണത്തിൽ മൂന്നു തരം കിരണങ്ങളുണ്ടെന്നു് 1902—ൽ റഥർഫോർഡ് കണ്ടുപിടിച്ചു. ഒരു വിദ്യുത്മണ്ഡലത്തിലോ കാന്തികമണ്ഡലത്തിലോ കൂടി കടത്തിവിട്ടപ്പോൾ മൂന്നുതരം കിരണങ്ങളും മൂന്നുവിധത്തിൽ വ്യതിചലിക്കുന്നു എന്നതിൽ നിന്നാണു് റേഡിയോ ആക്ററിവ് പദാർത്ഥങ്ങളുടെ വികിരണത്തിന്റെ സ്വഭാവം വ്യക്തമായതു്. വ്യതിചലനവ്യത്യാസം കൊണ്ടു് വികിരണം വിദ്യുത്മണ്ഡലത്തിൽ മൂന്നായി പിരിയുന്നു (ചിത്രം 11—1) ഈ കിരണങ്ങളെ α കിരണം, β കിരണം, γ കിരണം എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 11—1

കിരണങ്ങളിൽ ഉള്ള കണങ്ങളുടെ ദ്രവ്യമാനം, ചാർജ്, വേഗം എന്നിവയിലുള്ള വ്യത്യാസം കൊണ്ടാണു് അവയുടെ സ്വഭാവവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നതു്.

α കിരണം: ഇതു് വെറും ഊർജ കിരണമല്ല. വിദ്യുത്ചാർജുള്ള കണങ്ങളുടെ തുടർച്ചയായ ഒരു ധാരയാണു്. ഇതിലുള്ള ഓരോ കണങ്ങൾക്കും ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ നാലിരട്ടി ഭാരവും രണ്ടുമാത്ര ധനവിദ്യുത്ചാർജും ഉണ്ടു്. പ്രകാശകിരണത്തിന്റെ ഏകദേശം $\frac{1}{9}$ വേഗതയോടെ ഇവ റേഡിയത്തിൽ നിന്നും ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്നു. ധനചാർജുള്ളതിനാൽ ഇവ വിദ്യുത്

മണ്ഡലത്തിൽ ഋണഇലക്ട്രോഡിലേക്കു് ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. സാധാരണഗതിയിൽഖരപദാർഥങ്ങളിൽക്കൂടി കടന്നുപോകാറില്ലെങ്കിലും ചില ലോഹങ്ങളുടെ ലോലമായ തകിടുകളിൽക്കൂടി ഇവ കുറെയൊക്കെ കടന്നുപോകും. വാതകങ്ങളെ അയണീകരിക്കാനിതിനു് കഴിവുണ്ടു്. രണ്ടു പ്രോട്ടോണും രണ്ടു ന്യൂട്രോണും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രമാണു് α കണം.

β കിരണം: ഇതും α കിരണംപോലെ കണങ്ങളുടെ ധാരയാണു്. ഇതിനു് കാഥോഡു് കിരണത്തോടു് വളരെ സാദൃശ്യമുണ്ടു്. β കണങ്ങളും ഇലക്ട്രോണുകളും തന്നെയാണു്. ഏകദേശം പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയാണിവയ്ക്കുള്ളതു്. ഋണചാർജുള്ളതിനാൽ β കിരണം ധനഇലക്ട്രോഡിലേക്കു് ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. വാതകങ്ങളെ ചെറിയതോതിൽ അയണീകരിക്കാനുള്ള കഴിവും β കിരണത്തിനുണ്ടു്.

γ കിരണം: ഇതു് ശരിക്കും ഊർജകിരണംതന്നെ; കണങ്ങളുടെ ധാരയല്ല, പ്രകാശകിരണംപോലെയാണെങ്കിലും വേധനക്ഷമത (penetrating power) ഇതിനു് വളരെ കൂടുതലാണു് X കിരണത്തോടു് സാദൃശ്യമുള്ള γ കിരണത്തിനു് അതിനെക്കാളും ശക്തിയുണ്ടു്. വിദ്യുത്ചാർജുള്ള കണങ്ങളില്ലാത്തതിനാൽ γ കിരണത്തിനു് വിദ്യുത്മണ്ഡലത്തിൽ യാതൊരു വ്യതിയാനവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. കട്ടിയുള്ള ലോഹത്തകിടുകളിൽ കൂടിയും ഇതിനു് കടന്നുപോകാൻ കഴിയും.

മൂലകത്തിന്റെ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നാണു് ഈ കിരണങ്ങളും ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്നതു്. അതായതു് അണുക്കളുടെ സ്വയമേവയുള്ള വിഘടനമാണു് ഈ റേഡിയോ ആക്ററീവു് വികലനത്തിൽ (Radioactive disintegration) സംഭവിക്കുന്നതു്. അണുകേന്ദ്രത്തിൽനിന്നു് ഘടകകണങ്ങളും പൊയ്പോകുന്നതിനാൽ റേഡിയോ ആക്ററീവു് വികലനത്താൽ ഒരു മൂലകം മറെറാന്നായിത്തീരുന്നു. രണ്ടു മാത്ര ധനചാർജുള്ള ഒരു α കണം വേർപെടുമ്പോൾ അണുകേന്ദ്രത്തിലെ രണ്ടുമാത്ര ധനചാർജു് നഷ്ടപ്പെടുന്നു. അതായതു് അണുസംഖ്യ രണ്ടു കുറയുന്നു. α കണത്തിനു് ദ്രവ്യമാനം 4 ആണു്. തന്മൂലം ഒരു α കണം ഉത്സർജിക്കുമ്പോൾ അണുഭാരം 4 മാത്ര കുറയുന്നു. ഒരു α കണം ഉത്സർജിക്കുന്ന ഒരു മൂലകം അണുസംഖ്യ രണ്ടു കുറഞ്ഞതും അണുഭാരം നാലു കുറഞ്ഞതുമായ പുതിയ ഒരു അണു ആയിത്തീരുന്നു. ഉദാഹരണമായി അണുസംഖ്യ 88-ഉം അണുഭാരം 226-ഉം ഉള്ള റേഡിയം അണുവിൽനിന്നു് ഒരു α കണം ഉത്സർജിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അണുസംഖ്യ 86-ഉം (88-2) അണുഭാരം 222 ഉം (226—4) ഉള്ള റേഡോൺ അണു ഉണ്ടാകുന്നു. അതായതു് റേഡിയം മറെറാരു മൂലകമായിത്തീരുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ ഇപ്രകാരം സംഗ്രഹിക്കാം:

$$_{88}Ra^{226} \longrightarrow {}_{86}Rn^{222} + {}_{2}\alpha^{4}\ ({}_{2}He^{4})$$

ഇതുപോലുള്ള അണുകേന്ദ്ര സമീകരണങ്ങളിൽ (അണുകേന്ദ്രത്തിനു്—ന്യൂക്ലിയസിനു്—മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്ന പരിണാമങ്ങളുടെ സമീകരണങ്ങളും) ഓരോ കണങ്ങളുടെയും (അണുക്കളുടെയും) പ്രതീകങ്ങളുടെ തൊട്ടു വലതുവശത്തു് അല്പം മുകളിൽ അണുഭാരവും ഇടതു ചുവട്ടിലായി അണുസംഖ്യയും (ധനചാർജു്) സൂചിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. α കണം ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രം തന്നെയായതുകൊണ്ടു്

ഇതിനെ ${}_2He^4$ എന്നാണ് എഴുതാറുള്ളത്. ഇലക്ട്രോണിനു ${}_{-1}e^0$ എന്നാണ് പ്രതീകം.

ഒരു അണുവിൽനിന്നും β കണം (ഇലക്ട്രോൺ) ഉത്സർജിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അണുകേന്ദ്രത്തിനു 1 പ്രോട്ടോൺ നഷ്ടപ്പെടുന്നു—അതായത് അണുകേന്ദ്രത്തിനു 1 ധനചാർജ്ജ് കൂടുതലാകുന്നു. തന്മൂലം അണുസംഖ്യ 1 കൂടുന്നു. ഇലക്ട്രോണിനു നിസ്സാരമായ ഭാരമേ ഉള്ളൂ. അതിനാൽ അണുഭാരത്തിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. അണുസംഖ്യ മാറുന്നതിനാൽ പുതിയതായി ഉണ്ടാകുന്നത് മറ്റൊരു മൂലകത്തിന്റെ അണുവാണ്. അങ്ങനെ ആദ്യത്തെ മൂലകത്തിനോടു തുല്യമായ അണുഭാരമുള്ള മറ്റൊരു മൂലകത്തിന്റെ അണു ഉണ്ടാകുന്നു. ഉദാഹരണമായി റേഡിയം-B യുടെ അണുസംഖ്യ 82-ഉം അണുഭാരം 214-ഉം ആണ്. [റേഡിയത്തിൽ നിന്നു ${}_{-88}Ra^{226}$—തുടർച്ചയായി 3 α കണങ്ങളെ ഉത്സർജിച്ചുണ്ടാകുന്ന മൂലകമാണ്, Ra-B] ഈ മൂലകം β കണം ഉത്സർജിക്കുന്നു. തൽഫലമായി അണുസംഖ്യ 83 ഉള്ളതും എന്നാൽ അണുഭാരം 214 തന്നെയായതുമായ Ra-C (റേഡിയം—C) എന്ന മൂലകം ഉണ്ടാകുന്നു.

$${}_{82}Ra\text{-}B^{214} \longrightarrow {}_{83}Ra\text{-}C^{214} + {}_{-1}e^0$$

റേഡിയം-C-യും ഇലക്ട്രോൺ ഉത്സർജിക്കുന്നതാണ്. തൽഫലമായി Ra-C (റേഡിയം -C') ഉണ്ടാകുന്നു.

$${}_{83}RaC^{214} \longrightarrow {}_{84}Ra - C^{1\,214} + {}_{-1}e^0$$

ഐസോട്ടോപ്പ്

മേൽ പ്രസ്താവിച്ച αകണങ്ങളുടെയും β കണങ്ങളുടെയും ഉത്സർജനം ഒന്നിനു പുറകെ ഒന്നായി ചിലപ്പോൾ നടന്നെന്നു വരാം. അപ്പോൾ ഒരു α കണത്തിന്റെ നഷ്ടം കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന അണുസംഖ്യയിലുള്ള രണ്ടു മാത്രയുടെ കുറവ് രണ്ടു β കണങ്ങളെ ഉത്സർജിക്കുമ്പോൾ പരിഹരിക്കപ്പെടുമല്ലോ. എന്നാൽ അണുഭാരത്തിലുള്ള കുറവ് ഇല്ലാതാകുന്നില്ല. ഉദാഹരണമായി റേഡിയത്തിൽ നിന്നു വികലനത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന Ra-A (റേഡിയം A) എന്ന മൂലകം ആദ്യം ഒരു α കണം ഉത്സർജിച്ചു Ra-B ആകുന്നു. Ra-B ഒരു β കണം ഉത്സർജിച്ചു Ra-C യും പിന്നീടു ഒരു β കണം കൂടി ഉത്സർജിച്ചു Ra-C'-ഉം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതിൽ Ra-A Ra-C' എന്നിവ ഒരേ അണുസംഖ്യയുള്ളവയാണ്.

$${}_{84}Ra\text{-}A^{218} \longrightarrow {}_{82}Ra\text{-}B^{214} + {}_{2}\alpha^4$$

$${}_{82}Ra\text{-}B^{214} \longrightarrow {}_{83}Ra\text{-}C^{214} + {}_{-1}e^0$$

$${}_{83}Ra\text{-}C^{214} \longrightarrow {}_{84}Ra\text{-}C'^{214} + {}_{-1}e^0$$

Ra-A, Ra-C' എന്നീ അണുക്കൾക്കു ഒരേ അണുസംഖ്യയുള്ളതിനാൽ അവ ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത അണുഭാരങ്ങളുള്ള അണുക്കളാണ്. അതായത്

അവ ഐസോട്ടോപ്പുകളാണ് (അന്യത്ത). ഒരേ രാസഗ്രണധർമങ്ങളായിരിക്കും രണ്ടിനും ഉള്ളതു്. മേൽ പ്രസ്താവിച്ചതിൽ നിന്നു് വിവിധ തരത്തിലുള്ള വികിരണങ്ങളും കൊണ്ടു് മൂലകങ്ങളുംക്കു് ഐസൊട്ടോപ്പുകളും ഉണ്ടാകുമെന്നു് വ്യക്തമാണല്ലോ. എന്നാൽ ഐസൊട്ടോപ്പുകളും ഉണ്ടാകുവാൻ വികിരണം നടന്നിരിക്കണമെന്നില്ല. റേഡിയോ ആക്ററിവതയില്ലാത്ത മൂലകങ്ങളുംക്കും ഐസോട്ടോപ്പുകളും ഉണ്ടു്. അണുരചനയിലുള്ള വ്യത്യാസമാണല്ലോ ഐസോട്ടോപ്പുകളും ഉണ്ടാകാനുള്ള കാരണം (അധ്യായം 9). വികിരണം മൂലമുണ്ടായതായാലും പ്രകൃത്യാ ഉള്ളതായാലും ഒരു മൂലകത്തിന്റെ വിവിധ ഐസോട്ടോപ്പുകളിൽ ഉള്ള ന്യൂട്രോണുകളുടെ എണ്ണം വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. മിക്കവാറും എല്ലാ മൂലകങ്ങളുംക്കും ഐസോട്ടോപ്പുകളും ഉണ്ടു്. ഇവയിൽ ചിലതു് റേഡിയോ ആക്ററിവതയുള്ളവയുമാണു്. താഴെ ചേർത്തിരിക്കുന്ന ഉദാഹരണങ്ങളിൽ റേഡിയോ ആക്ററീവ് ഐസോട്ടോപ്പുകളെ ചുവട്ടിൽ വരയിട്ടു് പ്രത്യേകം കാണിച്ചിട്ടുണ്ടു്.

മൂലകം		ഐസോട്ടോപ്പുകൾ
H	—	${}_1H^1$, ${}_1H^2$, ${}_1H^3$
C	—	${}_6C^{10}$, ${}_6C^{11}$, ${}_6C^{12}$, ${}_6C^{13}$, ${}_6C^{14}$, ${}_6C^{15}$
Co	—	${}_{27}Co^{54}$, ${}_{27}Co^{55}$, ${}_{27}Co^{56}$, ${}_{27}Co^{57}$, ${}_{27}Co^{58}$, ${}_{27}Co^{59}$, ${}_{27}Co^{60}$, ${}_{27}Co^{61}$, ${}_{27}Co^{62}$

ഐസോബാർ (സമഭാരികം)

വിവിധമൂലകങ്ങളുടെ അണുക്കൾക്കു് ചിലപ്പോൾ ഒരേ അണുഭാരം ഉണ്ടാകാം. ഇവയെ ഐസോബാറുകൾ എന്നു പറയുന്നു.

ഉദാഹരണങ്ങൾ:

(i) ${}_6C^{14}$, ${}_7N^{14}$, ${}_8O^{14}$

(ii) ${}_{26}Fe^{56}$, ${}_{27}Co^{56}$, ${}_{28}Ni^{56}$

ഐസോട്ടോപ്പുകളെന്നപോലെ ഐസോബാറുകളും റേഡിയോ ആക്ററിവത കൊണ്ടു മാത്രമേ ഉണ്ടാകൂ എന്നില്ല. ഐസോബാറുകൾക്കു് ഒരേ അണുഭാരമുള്ളതിനാൽ അവയുടെ അണുക്കളിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെയും ന്യൂട്രോണുകളുടെയും ആകെ എണ്ണം ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും. എന്നാൽ അണുസംഖ്യകളിൽ വ്യത്യാസമുള്ളതിനാൽ, ഓരോന്നിലുമുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. തദ്വാരാ ന്യൂട്രോണുകളുടെ എണ്ണവും മാറുന്നു.

ഐസോബാർ	ന്യൂട്രോൺ	പ്രോട്ടോൺ
${}_6C^{14}$	8	6
${}_7N^{14}$	7	7
${}_8O^{14}$	6	8

റേഡിയോ ആക്ററീവ് വികലനം

ഒരു മൂലകത്തിന്റെ റേഡിയോ ആക്ററീവ് വികലനം കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന പുതിയ മൂലകവും റേഡിയോ ആക്ററീവ് ആണെങ്കിൽ അതും തുടർന്നു് പരിവർത്തനവിധേയമാകുന്നു. ഒടുവിൽ റേഡിയോ ആക്ററിവതയില്ലാത്ത—അതാ

യതു് സ്ഥിരമായ അണുകേന്ദ്രമുള്ള—ഒരു മൂലകം ഉണ്ടാകുന്നതോടുകൂടി ഈ പരിണാമപരമ്പര അവസാനിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി യുറേനിയം റേഡിയോ ആക്ററിവു് വികലനങ്ങൾക്കു ശേഷം ഒടുവിൽ ലെഡിന്റെ ഐസോട്ടോപ്പായിത്തീരുന്നു.

റേഡിയോ ആക്ററിവതയിൽ കൂടി മൂലകങ്ങൾക്കു് ഐസോട്ടോപ്പുകളും ഐസോബാറുകളും ഉണ്ടാകുമെന്നു മനസ്സിലായപ്പോൾ പല പ്രശ്നങ്ങൾക്കും യുക്തിപൂർവമായ ഉത്തരം ലഭിച്ചു. ഇവയിൽ ചിലതു് താഴെ കൊടുക്കുന്നു.

(1) ആവർത്തന പട്ടികയിൽ ചില മൂലകങ്ങളുടെ സ്ഥാനവിപര്യയം: ആവർത്തനപട്ടികയുടെ ന്യൂനതകളിൽ പ്രധാനമായ ഒന്നു് ചില അവസരങ്ങളിൽ മൂലകങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങൾക്കു് വിപര്യയം ഉണ്ടെന്നുള്ളതാണു്. അതായതു് അണുഭാരം കൂടുതലുള്ള മൂലകം അതിലും കുറഞ്ഞ അണുഭാരമുള്ള മറ്റൊന്നിനു മുൻപു വരുന്നു. ഇതിനു കാരണം, മുൻപുവരുന്ന മൂലകത്തിൽ അണുഭാരം കൂടുതലുള്ള ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ അനുപാതം കൂടിയിരിക്കുന്നു എന്നതാണു്. അതായതു് മൂലകത്തിന്റെ ശരാശരി അണുഭാരം കൂടിയിരിക്കും. എന്നാൽ അണുസംഖ്യയുടെ കാര്യത്തിൽ ക്രമമായ വർധനവു തന്നെ കാണാം.

(2) പൂർണസംഖ്യയല്ലാത്ത അണുഭാരങ്ങൾ: മിക്കവാറും മൂലകങ്ങൾക്കെല്ലാം ഒന്നിലധികം ഐസോട്ടോപ്പുകൾ ഉണ്ടു്. അങ്ങനെ വരുമ്പോൾ രാസപരമായി നിർണയിക്കപ്പെടുന്ന അണുഭാരം ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ ശരാശരിയായിരിക്കുമല്ലോ. അതിനാൽ ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ പ്രത്യേകമായ അണുഭാരങ്ങൾ പൂർണസംഖ്യകളാണെങ്കിൽപോലും രാസഅണുഭാരം പൂർണസംഖ്യയായിരിക്കുകയില്ല ഉദാഹരണമായി ക്ലോറിനിൽ അണുഭാരം 35 ഉം 37 ഉം ഉള്ള രണ്ടു് ഐസോട്ടോപ്പുകളാണുള്ളതു്. ഇവയിൽ Cl^{35}, 77. 15 ശതമാനവും Cl^{37}, 22. 85 ശതമാനവും ആണു് ഉള്ളതു്. അപ്പോൾ ശരാശരി അണുഭാരം $= \frac{35 \times 77.15 + 37 \times 22\ 85}{100}$

$= 35.457.$

വളരെ വിഷമംപിടിച്ച പ്രക്രിയകളിലൂടെയാണെങ്കിലും ഐസോട്ടോപ്പുകളെ വേർതിരിച്ചെടുക്കാം. രാസഗുണധർമങ്ങളിൽ വ്യത്യാസമൊന്നുമില്ലാത്തതിനാൽ ഇവയെ രാസപ്രക്രിയ മൂലം വേർതിരിക്കാൻ സാധിക്കുന്നില്ല. ആംശിക സ്വേദനം, വിഭേദവിസരണം (Differential diffusion), ആംശികവൈദ്യുത വിശ്ലേഷണം മുതലായ വിധികളാണു് ഐസോട്ടോപ്പുകളെ വേർതിരിക്കുന്നതിനു പയോഗിക്കുന്നതു്.

റേഡിയോ ആക്ററിവു് ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ നിർമാണം

ആദ്യകാലങ്ങളിൽ റേഡിയം, യുറേനിയം, തോറിയം മുതലായ ചില മൂലകങ്ങൾക്കു മാത്രമേ റേഡിയോ ആക്ററിവത ഉള്ളുവെന്നാണു് വിചാരിച്ചിരുന്നതു്. എന്നാൽ ഇവയുടെ വികലനം മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന പല മൂലകങ്ങൾക്കും റേഡിയോ ആക്ററിവതയുണ്ടെന്നു് പിന്നീടു് കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. അവയിൽ പലതും ഐസോട്ടോപ്പുകളാണു്. ഈ പഠനം വിപുലമായ തോതിൽ തുടർന്നപ്പോൾ പല

മൂലകങ്ങൾക്കും വളരെ ചെറിയ തോതിലാണെങ്കിലും റേഡിയോ ആക്ററീവു് ഐസോട്ടോപ്പുകളും ഉണ്ടെന്നു് വ്യക്തമായി. ഇതിനുദാഹരണങ്ങളാണു് റേഡിയോ ആക്ററീവു് കാർബൺ ($_6C^{14}$), റേഡിയോ ആക്ററീവു് ഫോസ്ഫറസു് ($_{15}P^{32}$), റേഡിയോ ആക്ററീവു് അയൊഡിൻ ($_{53}I^{131}$) മുതലായവ ഇതിനും പുറമേ ശക്തമായ വികിരണങ്ങളും ഏൽപ്പിക്കുമ്പോൾ ഏതു മൂലകത്തിൻറെയും റേഡിയോ ആക്ററീവു് ഐസോട്ടോപ്പു് ഉണ്ടാക്കിയെടുക്കാമെന്നും കണ്ടിട്ടുണ്ടു്. ഇങ്ങനെയാണു് കാൻസർ ചികിത്സയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന $_{27}Co^{60}$ (കോബാൾട്ടു്–60) എന്ന ഐസോട്ടോപ്പു് ഉണ്ടാക്കുന്നതു്.

കൃത്രിമറേഡിയോആക്ററിവതയും നൂതനമൂലകങ്ങളുടെ സൃഷ്ടിയും റേഡിയോ ആക്ററീവു് മൂലകങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള വികിരണങ്ങളും മറ്റു പല മൂലകങ്ങളുടെയും അണുകേന്ദ്രങ്ങളിൽ ഏൽക്കുമ്പോൾ വികിരണത്തിലുള്ള കണങ്ങളോടു കൂടിച്ചേർന്നു് അസ്ഥിരങ്ങളായ പുതിയ അണുകേന്ദ്രങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നു. ഇവ മിക്കവാറും ഉടനെ തന്നെ പൊട്ടിപ്പിളരുന്നു. തൽഫലമായി പുതിയ അണുക്കളും ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ വസ്തുത പരീക്ഷണങ്ങളിൽ കൂടി ആദ്യമായി തെളിയിച്ചതു് റഥർഫോർഡാണു് (1919). അദ്ദേഹം നൈടജൻ അണുകേന്ദ്രത്തെ റേഡിയത്തിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന α കിരണം കൊണ്ടു് ആഘാതം ഏൽപിച്ചപ്പോൾ ഓക്സിജൻറെയും ഹൈഡ്രജൻറെയും അണുകേന്ദ്രങ്ങളും ഉണ്ടായി. അതായതു് കൃത്രിമമായി ഒരു മൂലകത്തെ (നൈടജനെ) മറെറാന്നാക്കാമെന്നു് (ഓക്സിജൻ) സമർഥിക്കപ്പെട്ടു.

$$_7N^{14} + {}_2He^4 \longrightarrow {}_9F^{18} \longrightarrow {}_8O^{17} + {}_1H^1$$

(α കണം) (അസ്ഥിരം) (പ്രോട്ടോൺ)

പിന്നീടു് α കണം മാത്രമല്ല, മറ്റു പല കണങ്ങളും അണുക്കളെ (അണുകേന്ദ്രത്തെ) ശിഥിലീകരിച്ചു് പുതിയ മൂലകങ്ങളും ഉണ്ടാക്കാനുപയോഗിക്കാമെന്നു കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുണ്ടു്. ഇലക്ട്രോൺ, പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ എന്നിവയെല്ലാം ഉപയോഗിക്കാവുന്നവയാണു്. ഈ കണങ്ങളെത്തന്നെ വിദ്യുത്കാന്തികമണ്ഡലത്തിലും കാന്തികമണ്ഡലത്തിലും കൂടി കടത്തിവിട്ടു് ഉയർന്ന ഊർജം ഉള്ളവയാക്കാം. സൈക്ലോട്രോൺ, ബീറാട്രോൺ, ബെവാട്രോൺ മുതലായ ഉപകരണങ്ങളും ഇതിനുപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ പ്രകൃതിയിൽ ഇല്ലാത്ത മൂലകങ്ങളും ഉണ്ടാക്കാനും സാധിച്ചിട്ടുണ്ടു്. ടെക്നീഷ്യം (Tc), അസ്ററാറൈൻ (At), ഫ്രാൻസിയം (Fr) എന്നിവ കൃത്രിമമായി സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടവയാണു്; അതോടെ ആവർത്തനപട്ടികയിലെ മൂന്നു സ്ഥാനങ്ങളുടെ ശൂന്യത നികത്തപ്പെട്ടു. ഇവയെല്ലാം അത്യധികം അസ്ഥിരങ്ങളായ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുള്ളവയാകയാൽ പെട്ടെന്നു് വികലനം നടന്നു് മറ്റു മൂലകങ്ങളായി രൂപാന്തരപ്പെടുന്നവയാണു്.

മേൽപറഞ്ഞിട്ടുള്ളവ കൂടാതെ യുറേനിയത്തെക്കാളും കൂടുതൽ അണുസംഖ്യയുള്ള ''അതീത യുറേനിയ'' മൂലകങ്ങളും സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. ഇവയിൽ പലതും വളരെ പെട്ടെന്നു് വികലനം ചെയ്യുന്നു. പക്ഷേ, പ്ലട്ടോണിയംപോലെ ചിലതു് കുറെയൊക്കെ സ്ഥിരതയുള്ളവയാണു്. ഈ മൂലകങ്ങളുടെ സൃഷ്ടിയിൽ വ്യാപൃതനായ ഗ്ലെൻ ടി. സീബോർഗു് എന്ന നോബൽ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഈ അവസരത്തിൽ സ്മരണീയനാണു്. അണുസംഖ്യ 103 ഉള്ള ലാറൻസിയം വരെയുള്ള

അതീതയുറേനിയ മൂലകങ്ങളും യാഥാർഥ്യങ്ങളായിക്കഴിഞ്ഞു. അതിനപ്പുറമുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ സൃഷ്ടിക്കുവേണ്ട പ്രയത്നങ്ങളും നടക്കുന്നുമുണ്ട്. അതീതയുറേനിയ മൂലകങ്ങളും പട്ടിക 11–1–ൽ ചേർത്തിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 11—1

മൂലകം	പ്രതീകം	അണുസംഖ്യ
നെപ്ററ്യൂണിയം	Np	93
പ്ലൂട്ടോണിയം	Pu	94
അമേരിസിയം	Am	95
ക്യൂറിയം	Cm	96
ബെർക്കീലിയം	Bk	97
കാലിഫോർണിയം	Cf	98
ഐൻസ്റ്റൈനിയം	Es	99
ഫെർമിയം	Fm	100
മെൻഡലീവിയം	Md	101
നൊബീലിയം	No	102
ലാറൻസിയം	Lw	103

അർധ–ആയുസ്സ്

മൂലകാണുക്കളുടെ സ്വയമേവയുള്ള വിഘടനമാണല്ലോ റേഡിയോ ആക്ററിവത. ഓരോ മൂലകത്തെയും സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം പരിത:സ്ഥിതിയും രാസപരമായ അതിന്റെ അവസ്ഥയും എന്തുതന്നെയായിരുന്നാലും ഈ സ്വയം വികലനത്തിനു ഒരു മാററവും ഇല്ല.

റേഡിയോ ആക്ററീവ് വിഘടനത്തിന്റെ പ്രവേഗം പ്രസ്താവിക്കുന്നതു് ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും ''അർധ–ആയുസ്സ്'' കൊണ്ടാണു്. ഒരു നിശ്ചിത തോരം മൂലകത്തിന്റെ നേർപകുതിഭാഗം ക്ഷയിക്കുവാൻ (decay) വേണ്ട കാലമാണു് അതിന്റെ അർധ–ആയുസ്സ്. വേറൊരുരീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ ഒരു നിശ്ചിതഭാരം മൂലകത്തിന്റെ റേഡിയോ ആക്ററിവത നേർപകുതിയാകാൻ വേണ്ട സമയമാണു് അർധ–ആയുസ്സ്. ഓരോ ഐസോട്ടോപ്പുകൾക്കും നിശ്ചിതമായ അർധായുസ്സ് ഉണ്ടു്. ശീഘ്രമായി ക്ഷയിക്കുന്ന മൂലകങ്ങൾക്കു് അർധായുസ്സ് വളരെ കുറഞ്ഞും മന്ദമായി ക്ഷയിക്കുന്നവയ്ക്കു് വളരെ കൂടിയുമിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണമായി യുറേനിയത്തിന്റെ, U_I എന്ന ഐസോട്ടോപ്പിനു് അർധായുസ്സ് 4.51×10^9 വർഷമാണു്; എന്നാൽ റേഡോണിന്റെയു് 3.825 ദിവസവും റേഡിയം–C' എന്ന ഐസോട്ടോപ്പിന്റെയു് വെറും 1.637×10^{-4} സെക്കണ്ടുമാണു്. റേഡിയ $\frac{226}{88}Ra$ ത്തിന്റെ അർധായുസ്സ് 1620 വർഷമാണു്.

അണുസംഖ്യ	ഐസോട്ടോപ്പ്	ഉത്സർജിക്കുന്നകണം	അർധായുസ്സ്
92	U_I	α	4.51×10^9 വർഷം
90	I_o	α	8×10^4 ,,
88	Ra	α	1620 ,,
86	Rn	α	3.825 ദിവസം
82	Ra-B	β	26.8 മിനിറ്റ്
83	Ra-C	β	19.7 ,, -4
84	Ra-C'	α	1.637×10 സെക്കണ്ട്

ഏതുമാത്രം മൂലകമെടുത്താലും അതിന്റെ പകുതിഭാഗം ക്ഷയിക്കുന്നതിനു വേണ്ട സമയം ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി 10 ഗ്രാം റേഡിയത്തിൽനിന്നു 5 ഗ്രാം റേഡിയം വിഘടനം ചെയ്തു നശിക്കാൻ 1620 വർഷം വേണം. 50 ഗ്രാം റേഡിയത്തിൽനിന്നു 25 ഗ്രാം ക്ഷയിക്കുന്നതിനു വേണ്ട സമയവും 1620 വർഷം തന്നെ. അതായതു് ഓരോ മൂലകവും അതിന്റെ അർധായുസ്സോളം കാലംകൊണ്ടു് പകുതിയായി കുറയുന്നു. ഇതിൽനിന്നു് രസകരമായ ഒരു സംഗതി വ്യക്തമാണു്. മൂലകത്തിന്റെ പരിമാണം ഏതായിരുന്നാലും അതു് അനന്തകാലത്തോളം വികലനം തുടർന്നുകൊണ്ടുതന്നെയിരിക്കും.

റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ

1) അണു-ബോംബുകളും അണുകേന്ദ്രറിയാക്റ്ററുകളും നിർമിക്കുവാൻ: നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ അണുകേന്ദ്രങ്ങളെ അനായോജ്യമായ കണങ്ങളെ കൊണ്ടു് പിളർക്കാൻ സാധിക്കുന്നു. ഈ ശിഥിലീകരണത്തിൽ പുതിയ അണുകേന്ദ്രങ്ങളും ചില കണങ്ങളും ഉണ്ടാകാം. ഉദാഹരണമായി 'യുറേനിയം-235, U^{235}_{92},എന്ന ഐസോട്ടോപ്പിൽ ന്യൂട്രോണുകളെ കടത്തിവിട്ടു് അതിനെ പിളർക്കാം. ഈ പ്രക്രിയയിൽ ഒരു ന്യൂട്രോൺ U^{235}_{92} അണുകേന്ദ്രത്തിൽ കടന്നു കൂടിയുണ്ടാകുന്ന U^{235}_{92} അണുകേന്ദ്രം ക്ഷണത്തിൽ സ്വയമേവ തകർന്നു് ഒന്നിലധികം ന്യൂട്രോണുകളെയും മറ്റു് അണുകേന്ദ്രങ്ങളെയും ഉത്സർജിക്കുന്നു. ഈ ന്യൂട്രോണുകളും മറ്റു് U^{235}_{92} കേന്ദ്രങ്ങളുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനാൽ ന്യൂട്രോണുകളും കൂടുതലായുണ്ടാകുന്നു. അവയും U^{235}_{92} അണുകേന്ദ്രങ്ങളെ തകർക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ ഒരു ശൃംഖലാപ്രതിപ്രവർത്തനം (Chain reaction)നടക്കുകയും തൽഫലമായി ദശലക്ഷക്കണക്കിൽ അണുക്കൾക്കു് ഞൊടിയിടയിൽ വികലനം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ ചെറിയ ഒരംശം ഊർജമായി മാറുന്നുണ്ടു്. ദ്രവ്യമാനം അൽപം മാത്രമേ നശിക്കുന്നുള്ളു എങ്കിലും അതിൽ നിന്നു് ഉണ്ടാകു

ന്ന ഊർജം വളരെ അധികമാണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ള അത്യധികം ഊർജം ക്ഷണനേരം കൊണ്ട് മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ അത്യുഗ്രമായ സ്ഫോടനം ഉണ്ടാകാം. ഈ തത്ത്വം ആണ് അണുബാംബിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

അണുകേന്ദ്ര റിയാക്റ്റുകളിലും ഈ തത്ത്വം തന്നെയാണ് പയോഗിക്കുന്നതെങ്കിലും ശൃംഖലാപ്രതിപ്രവർത്തനം നിയന്ത്രിതമായ വേഗത്തിലാണ് നടക്കുന്നത്. അതിനാൽ ക്രമാതീതമായ ഊർജവിസർജനം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. നിയന്ത്രിതമായി ലഭിക്കുന്ന ഈ അണുകേന്ദ്ര ഊർജം പ്രയോജനകരമായ വിധത്തിൽ ഉപയോഗിക്കാം. ആധുനിക മനുഷ്യന് വിപുലമായ തോതിൽ ആവശ്യമായിരിക്കുന്ന ഊർജത്തിന് ഭാവിയിൽ ഒരു പ്രധാനമാർഗമായി കാണുന്നത് ഈ അണുകേന്ദ്ര ഊർജമാണ്. ഇപ്പോൾ തന്നെ അണുശക്തി ഗണ്യമായ തോതിൽ വിദ്യുച്ഛക്തിയുണ്ടാക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്. ഇന്ത്യയിൽ 1969 ഏപ്രിൽ മുതൽ പ്രവർത്തിച്ചു തുടങ്ങിയ താരാപ്പൂർ അണുകേന്ദ്രറിയാക്റ്റർ ഈ തരത്തിൽപ്പെടുന്ന ഒന്നാണ്. റേഡിയോ ആക്റ്റിവ് ഐസോട്ടോപ്പുകൾ നിർമിക്കുന്നതും റിയാക്റ്റുകളിലാണ്.

2) അണുജ്ഞാപകങ്ങൾ (ട്രേസറുകൾ):

റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് പദാർഥങ്ങളിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന വികിരണം എത്ര ചെറിയ തോതിലാണെങ്കിലും അവയുടെ സാന്നിധ്യം വെളിവാക്കാൻ അത്യുപകരിക്കുന്നു. ഈ കാരണംകൊണ്ട് സാധാരണ മൂലകങ്ങളുടെയും അവയുടെ റേഡിയോ ഐസോട്ടോപ്പ് കലർത്തിയാൽ മതി, ഈ മൂലകങ്ങൾ രാസപരിണാമങ്ങളിൽ എവിടെയെല്ലാം ചെന്നെത്തുന്നു എന്നു മനസ്സിലാക്കാം. ഇങ്ങനെ അഭിക്രിയകളുടെ ക്രിയാവിധി മനസ്സിലാക്കാനും മറ്റും സാധിക്കുന്നു. അതുപോലെതന്നെ വിസരണപ്രവേഗം, ലേയത്വം മുതലായവ നിർണയിക്കുന്നതിലും റേഡിയോ-ഐസോട്ടോപ്പുകൾ പ്രയോജനപ്പെടുന്നു. ജൈവരസതന്ത്രത്തിലും കൃഷിശാസ്ത്രത്തിലും ഇവയുടെ പ്രയോജനം വളരെ ശ്രദ്ധേയമാണ്. ജീവികൾ ആഹാരപദാർഥങ്ങളെ എങ്ങനെയാണ് അവശോഷണം ചെയ്യുന്നത്, എവിടെയാണവയെ സംഭരിച്ചുവെയ്ക്കുന്നത്, എങ്ങനെയാണവയെ ഉപയോഗിക്കുന്നത് എന്നിവയെല്ലാം മനസ്സിലാക്കാൻ റേഡിയോ ഐസോട്ടോപ്പുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. C, N, O, P മുതലായ ജൈവവസ്തുക്കളിൽക്കാണുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ ഐസോട്ടോപ്പുകളാണ് ഇങ്ങനെ ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

റേഡിയോ ആക്റ്റിവതയില്ലാത്ത ഐസോട്ടോപ്പുകളും ഇത്തരം പഠനങ്ങളിൽ ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്. (ഉദാഹരണം: ഡ്യൂട്ടീരിയം). ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ സാന്നിധ്യംകൊണ്ട് പദാർഥങ്ങളുടെ പരിണാമപഥത്തെയും മറ്റും പിന്തുടരുന്നതിനാൽ അവയെ 'ട്രേസർ' എന്നു പറയുന്നു.

3) വൈദ്യശാസ്ത്രത്തിൽ:

രോഗനിർണയത്തിനും ചികിത്സക്കും വേണ്ടി റേഡിയോ ഐസോട്ടോപ്പുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. റേഡിയോ സോഡിയം, റേഡിയോഫോസ്ഫറസ്, റേഡിയോ-കോബാൾട് മുതലായവ ഇക്കൂട്ടത്തിൽ പെടുന്നു. $_{27}Co^{60}$ ൽ നിന്നുള്ള അതിശക്തമായ വികിരണം അർബുദചികിത്സയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഔഷധങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനം നിർണയിക്കുന്നതിനും ചില ഐസോട്ടോപ്പുകൾ സഹായിക്കുന്നു.

4) മറ്റു ഉപയോഗങ്ങൾ:

കാർബൺ ഐസോട്ടോപ്പായ $_6C^{14}$ റേഡിയോ ആക്റ്റീവാണു് എല്ലാ കാർബണിക യൗഗികങ്ങളിലും ഇതിന്റെ ചെറിയ ഒരംശം ഉണ്ടായിരിക്കും. എന്നാൽ കാലക്രമേണ വികിരണശേഷി കുറഞ്ഞുകൊണ്ടിരിക്കും. അങ്ങനെ ഒരു പദാർത്ഥത്തിലുള്ള റേഡിയോ കാർബണിന്റെ ശതമാനം മനസ്സിലാക്കിയാൽ അതിന്റെ കാലപ്പഴക്കം തിട്ടപ്പെടുത്താൻ സാധിക്കും. പുരാവസ്തുഗവേഷണത്തിൽ ഈ തത്വം ധാരാളം ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ടു്.

ആഹാരപദാർത്ഥങ്ങളെ വളരെക്കാലം കേടു വരാതെ സൂക്ഷിക്കുന്നതിനു് വികിരണം തട്ടിച്ചാൽ മതി. ഈ ആവശ്യത്തിനു് റേഡിയോ-ഐസോട്ടോപ്പുകളും ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ടു്.

കൂടാതെ വ്യവസായങ്ങളിൽ പല വിധത്തിലുള്ള പരിശോധനകളിലും റേഡിയോ-ഐസോട്ടോപ്പുകളും സഹായിക്കുന്നു.

തുടർന്നു വായിക്കുക:

(1) Glinka, 'General Chemistry', Foreign languages publishing house, Moscow (1958)

(2) A. J. Mee, Physical Chemistry, E L B S (1960)

അഭ്യാസം

1. താഴെപ്പറയുന്നവ എന്താണെന്നു് വിശദമാക്കുക:

a) ഐസോട്ടോപ്പു്
b) റേഡിയോ ആക്റ്റിവത
c) അണുസംഖ്യ
d) ഐസോബാർ
e) അർധായുസ്സു്
f) കൃത്രിമ വികലനം
g) അതീതയുറേനിയ മൂലകങ്ങൾ

2. ഒരു ഐസോട്ടോപ്പിന്റെ അർധായുസ്സു് 15 മിനിറ്റാണു്. 15 ഗ്രാം പദാർഥം 24 മണിക്കൂർ കൊണ്ടു് എത്ര ഗ്രാം ആയിത്തീരുന്നു?

3. മൂലകങ്ങളെ കൃത്രിമമായി നിർമ്മിക്കുന്നതെങ്ങിനെ?

4. റേഡിയോ ഐസോട്ടോപ്പുകളുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കുക.

5. റേഡിയത്തിൽ നിന്നു് ഉത്സർജിക്കപ്പെടുന്ന കിരണങ്ങൾ ഏവ? അവയുടെ സവിശേഷതകൾ വിവരിക്കുക.

6. താഴെപ്പറയുന്ന സമീകരണങ്ങളെപ്പറ്റി നിങ്ങൾക്കു് എന്തെല്ലാം മനസ്സിലാക്കാം?

a) $_3Li^7 + {}_1H^1 \longrightarrow 2\,{}_2He^4$

b) $_3Li^7 + {}_2\alpha^4 \longrightarrow {}_5B^{10} + {}_0n^1$ (n = ന്യൂട്രോൺ)

c) $$_{92}U^{235} + {}_0n^1 \longrightarrow {}_{92}U^{239} \xrightarrow{-\beta} {}_{93}Np^{239} \xrightarrow{-\beta} {}_{94}Pu^{239}$$

7. റിയാക്റ്റൻസ്, അണുബോംബു് എന്നിവയുടെ പ്രവർത്തനം എന്താണു്? ഇവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്തു്?

സംയോജകതയും ഇലക്ട്രോണിക സിദ്ധാന്തവും

സംയോജകതയെപ്പറ്റി ചില കാര്യങ്ങളും മുൻ ഒരു അധ്യായത്തിൽ പ്രസ്താവിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. എന്നാൽ അണുക്കളും തമ്മിൽ എന്തു കൊണ്ടാണു് സംയോജിക്കുന്നതു്? ഈ സംയോജന ശക്തിക്കു് വ്യത്യാസം വരുന്നതിന്റെ കാരണം എന്താണു്? സ്വാഭാവികമായി മനസ്സിൽ ഉദിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങളാണിവ. സംയോജകതയെ സംഖ്യകളിൽ കൂടി പ്രകാശിപ്പിക്കാൻ തുടങ്ങിയിട്ടു് നൂറിൽപരം വർഷങ്ങളായി. അന്നും അതിനുമുൻപും മേൽപറഞ്ഞ ചോദ്യങ്ങളും ഉദിച്ചിരുന്നു. ഉത്തരം കണ്ടുപിടിക്കാനുള്ള ശ്രമം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വിവിധമാർഗങ്ങളിൽ കൂടി തുടരുകയും ചെയ്തു. എന്നാൽ അണുക്കളുടെ സംരചനയെപ്പറ്റി വ്യക്തമായ അറിവുണ്ടായതിനു ശേഷമാണു് ഈ കാര്യത്തിൽ ഗണ്യമായ പുരോഗതി ഉണ്ടായതു്. ഇതിനെ പറ്റി ചരിത്രപരമായ ഒരവലോകനം പ്രയോജനപ്രദമായിരിക്കും.

ബഴ്സീലിയസിന്റെ സിദ്ധാന്തമാണു് (1812) ആദ്യം പ്രസ്താവിക്കേണ്ടിയിരിക്കുന്നതു്. അദ്ദേഹത്തിന്റെ വീക്ഷണത്തിൽ അണുക്കൾക്കു് സ്വതേ തന്നെയുള്ള വൈദ്യുതചാർജ് ആണു് സംയോജനത്തിനു് കാരണം. ഓരോ അണുക്കൾക്കും ധനചാർജും ഋണചാർജും ഉള്ള ഓരോ ധ്രുവങ്ങളും ഉണ്ടു്. ധ്രുവങ്ങളിലുള്ള ചാർജുകൾ തുല്യമല്ലാത്തതിനാൽ അണുക്കൾക്കു് മൊത്തത്തിൽ ധനചാർജോ ഋണചാർജോ ഉണ്ടായിരിക്കും. വിപരീത ചാർജുള്ള അണുക്കളും തമ്മിലുള്ള സ്ഥിരവൈദ്യുത-ആകർഷണമാണു് (electrostatic attraction) അവയുടെ സംയോജനം സാധിപ്പിക്കുന്നതു്. യൗഗികമുണ്ടാകുമ്പോൾ അണുക്കളുടെ ചാർജുകൾ പരസ്പരം പൂർണമായോ ആംശികമായോ ഉദാസീനമാക്കപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ യൗഗികത്തിനും ചാർജ് ഉണ്ടായിരിക്കും. വിപരീതചാർജുള്ള യൗഗികങ്ങളും തമ്മിലും സംയോജനം ഉണ്ടാകും. ഉദാഹരണം:

$$Cu^{+} + O^{--} \longrightarrow Cu^{+}O$$

$$S^{+} + 3O^{--} \longrightarrow S^{--}O_3$$

$$Cu^{+}O + SO_3^{--} \longrightarrow CuO \cdot SO_3 \quad (CuSO_4)$$

ഈ രീതിയിലുള്ള വിശദീകരണം പല യൗഗികങ്ങളിലും പ്രായോഗികമായിരിക്കാമെങ്കിലും കാർബണിക യൗഗികങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ അപ്രകാരമല്ല. പദാർഥങ്ങളുടെ ധന-ഋണ ചാർജ്ജുകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള ഈ ''ദ്വൈത സിദ്ധാന്തം'' (dualistic theory) ഉപേക്ഷിക്കപ്പെട്ടെങ്കിലും, പല സംഗതികളിലും ആധുനിക സംയോജകതാസിദ്ധാന്തങ്ങളുമായി ബഴ്സീലിയസിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തിനു സാദൃശ്യം ഉണ്ടെന്നുള്ളതു ശ്രദ്ധേയമാണു.

1852-ൽ ഫ്രാങ്ലാൻഡ് (Frankland) അണുക്കൾക്കു നിശ്ചിതതോതിലുള്ള സംയോജനശേഷിയുണ്ടെന്നു പ്രസ്താവിച്ചു. എന്നാൽ ഒരു യൗഗികം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഈ സംയോജനശേഷി അതിന്റെ പൂർണതയിൽ കാണണമെന്നില്ല. അതായതു് വിവിധ യൗഗികങ്ങളിൽ ഒരേ മൂലകത്തിനു് വിവിധ തരത്തിലായിരിക്കാം സംയോജകത. ഹൈഡ്രജന്റെ സംയോജകത 'ഒന്നു്' എന്ന സങ്കല്പത്തിൽ ഒരു മൂലകാണുവിനു് എത്ര ഹൈഡ്രജനണുവുമായി സംയോജിക്കാൻ കഴിയുമോ അതിനെ ആ അണുവിന്റെ സംയോജകതയായി പ്രഖ്യാപിച്ചതും അദ്ദേഹം തന്നെയാണു'. അണുക്കളെ സംയോജകതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അദ്ദേഹം തരം തിരിച്ചു. ചുരുക്കത്തിൽ ഇന്നുള്ള സംയോജകതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിത്തറ പാകിയതു് ഫ്രാങ്ലാൻഡ്' ആണെന്നു പറയാം.

പിന്നീടു് പല ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും പരീക്ഷണങ്ങളുടെ വെളിച്ചത്തിൽ പല സിദ്ധാന്തങ്ങളും ഉന്നയിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിലും അവയിൽ പലതും പ്രസ്താവയോഗ്യമാകത്തക്കവണ്ണം പ്രാധാന്യം അർഹിക്കുന്നില്ല. 1897-ൽ ജെ. ജെ. തോംസൺ അണുക്കളിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾക്കുള്ള സ്ഥാനം കണ്ടുപിടിച്ചതിനു ശേഷമാണു് ഈ കാര്യത്തിൽ സുപ്രധാനമായ ചില സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ഉണ്ടായതു്. അദ്ദേഹം (1904-ൽ) രാസസംയോജനം അണുക്കൾ തമ്മിലുള്ള ഇലക്ട്രോൺ കൈമാറ്റം മൂലമാണു് ഉണ്ടാകുന്നതെന്നുള്ള നിഗമനത്തിൽ എത്തിയിരുന്നു. ഈ കാലത്തുതന്നെ ആബെഗ് (Abegg, 1904) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ, ഒരു മൂലകത്തിനു് വിവിധ മൂലകങ്ങളുമായി സംയോജിക്കുമ്പോൾ വിവിധസംയോജകതകൾ ഉണ്ടാകാം എന്നുള്ള കാര്യം സുപ്രധാനവസ്തുതയായി ചൂണ്ടിക്കാണിച്ചു. പല മൂലകങ്ങൾക്കും രണ്ടുവിധം സംയോകതകൾ—അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഭാഷയിൽ സംയോജകതയും പ്രതിസംയോജകതയും (Valency and contravalency)—ഉണ്ടെന്നും രണ്ടും ചേർന്നുള്ള തുക എട്ടാണെന്നും കാണിച്ചു. ഇതാണു് ആബെഗ്ഗിന്റെ ''എട്ടിന്റെ ചട്ടം'' (Rule of eight) എന്നറിയപ്പെടുന്നതു്. ലോഹങ്ങളിൽ സാധാരണയായി കണ്ടുവരുന്ന സംയോജകതയെ ''ധനസംയോജകത''യെന്നും, അലോഹങ്ങളിൽ കണ്ടുവരുന്നതിനെ ''ഋണസംയോജകത''യെന്നും അദ്ദേഹം തീരുമാനിച്ചു. മൂലകങ്ങൾക്കുള്ള സംയോജകതയെ, അദ്ദേഹം ആവർത്തനപ്പട്ടികയിലെ ഗ്രൂപ്പുകളുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി താഴെക്കാണുന്ന പ്രകാരം എഴുതി:

ഗ്രൂപ്പ്	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
സാധാരണ സംയോജകത	+1	+2	+3	±4	−3	−2	−1	0
പ്രതിസംയോജകത	−7	−6	−5	∓4	+5	+6	+7	+8

ഉദാഹരണമായി അഞ്ചാം ഗ്രൂപ്പിലെ ഫോസ്ഫറസ് എടുക്കാം. ഇതിന്റെ സാധാരണസംയോജകതയായ —3, PH_3 എന്ന യൗഗികത്തിൽ കാണാം. ഇതിന്റെ തന്നെ പ്രതിസംയോജകതയായ +5, PCl_5 എന്ന യൗഗികത്തിലും കാണാം. അതുപോലെ ഏഴാം ഗ്രൂപ്പിലുള്ള ക്ലോറിന്റെ സാധാരണ സംയോജകത —1 ആണല്ലൊ. ഇതു HCl എന്ന യൗഗികത്തിൽ പ്രകടമാണു. പ്രതിസംയോജകതയായ +7, Cl_2O_7 എന്ന യൗഗികത്തിലും ഉണ്ടു.

മേൽ പട്ടികയിൽനിന്നു ധനസംയോജകത ഗ്രൂപ്പ് നമ്പർ ആണെന്നു കാണാം. ഇതു ഒരു പ്രത്യേകതയാണു. ഡ്രൂഡ് (Drude, 1904) എട്ടിന്റെ ചട്ടം വിശദമായി പഠിച്ചു ഇങ്ങനെ പ്രസ്താവിച്ചു:— "ആബെഗ്ഗിന്റെ ധനസംയോജകത സാധാരണ സംയോജകതയോ പ്രതിസംയോജകതയോ ആയിക്കൊള്ളട്ടെ—അതു അണുവുമായി ദുർബലബന്ധമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ (loosely attached electrons) എണ്ണത്തെയാണു കാണിക്കുന്നതു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഋണസംയോജകത, അണുവിനു മറ്റണുക്കളിൽ നിന്നു വേർപെടുത്തി സ്വന്തമാക്കാൻ കഴിയുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തെയും കാണിക്കുന്നു." ഡ്രൂഡിന്റെ പ്രസ്താവന സംയോജകതയെ സംബന്ധിച്ചുള്ള ഇലക്ട്രോണികസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ മർമപ്രധാനമായ ഭാഗമാണു.

1913നോടുകൂടി ഓരോ അണുവിലുമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം കൃത്യമായി മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിഞ്ഞു. പിന്നീടുള്ള പഠനങ്ങളും ഇതിന്റെ വെളിച്ചത്തിലായി. കോസ്സലും ലൂയിസും (W. Kossel and G. N. Lewis) ഈ അവസരത്തിൽ പ്രത്യേകം സ്മരണീയരാണു. അവർ വെവ്വേറെ പഠനം നടത്തുകയും ഏതാണ്ടു ഒരേ കാലത്തുതന്നെ (1916) മൗലികമായ രീതിയിൽ ഒരേ നിഗമനത്തിലെത്തിച്ചേരുകയുംചെയ്തു. ആവർത്തനപ്പട്ടികയിൽ അക്രിയവാതകങ്ങളുടെ തൊട്ടു മുൻപുവരുന്ന മൂലകങ്ങളും എപ്പോഴും ഋണവൈദ്യുതങ്ങളും ഏകസംയോജകങ്ങളുമാണു. നേരെ മറിച്ചു അക്രിയവാതകങ്ങൾക്കു പിൻപു വരുന്ന മൂലകങ്ങളും ധനവൈദ്യുതങ്ങളും ഏകസംയോജകങ്ങളുമാണു. അക്രിയവാതകങ്ങളുടെ ഇരുവശങ്ങളിലുമുള്ള മൂലകങ്ങളും താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്നു:

ഗ്രൂപ് VII	ഗ്രൂപ് 0	ഗ്രൂപ് 1
(സംയോജകത = —1)	(സംയോജകത = 0)	(സംയോജകത = +1)
F (9)	Ne (10)	Na (11)
Cl (17)	A (18)	K (19)
Br (35)	Kr (36)	Rb (37)
I (53)	Xe (54)	Cs (55)

(ബ്രാക്കറ്റിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതു അണുസംഖ്യയാണു)

ഇതുപോലെ മറ്റു മൂലകങ്ങളെയും പറ്റിയുള്ള പഠനത്തിനുശേഷം അവർ രണ്ടു പ്രധാനപ്പെട്ട നിഗമനങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേർന്നു.

(1) എല്ലാ അണുക്കളിലും ഏറ്റവും പുറം ഷെല്ലിലുള്ള (outermost shell) ഇലക്ട്രോണുകളും സംയോജകതാ-ഇലക്ട്രോണുകളാണ്.

(2) രാസസംയോജനം നടക്കുമ്പോൾ അണുക്കൾ സമീപസ്ഥമായ അക്രിയവാതകത്തിന്റെ ഇലക്ട്രോൺ സംരചനക്കു തുല്യമായ സംരചന സ്വന്തമായുണ്ടാക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്നു.

ഇവയിൽ രണ്ടാമത്തെ നിഗമനം വിശദമായി മനസ്സിലാക്കേണ്ടിയിരിക്കുന്നു. രാസപ്രവർത്തനാസക്തിയില്ലാത്ത അക്രിയവാതകങ്ങളുടെ അണുക്രമം സ്വതന്ത്രമായിത്തന്നെ നിലനിൽക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ട്; തന്നെയല്ല അവ പ്രായേണ മറ്റു യാതൊരു മൂലകത്തോടും കൂടിച്ചേരുന്നതുമില്ല. ഇതിനു കാരണം, അവയുടെ പുറം ഷെല്ലിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളും എണ്ണത്തിലും സംവിധാനത്തിലും അവസ്ഥാ രാസപരമായി നിഷ്ക്രിയതാസ്വഭാവം നൽകുന്നു എന്നതാണ്. അതായതു് അക്രിയവാതകാണുക്കളിലുള്ള ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസം നിഷ്ക്രിയതാസ്വഭാവം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രത്യേകതരത്തിലുള്ള സ്ഥിരത (നിഷ്ക്രിയതാസ്വഭാവം) നേടുകയെന്നുള്ളതാണു് മറ്റു അണുക്കളുടെയും ലക്ഷ്യം. അങ്ങിനെ സ്ഥിരത നേടാനുള്ള ശ്രമത്തിൽ അവ ഇലക്ട്രോണുകളെ വിട്ടുകൊടുക്കുകയോ, സ്വീകരിക്കുകയോ, പങ്കായിട്ടു് ഉപയോഗിക്കുകയോ ചെയ്യും. ഈ പ്രക്രിയകളും സംഭവിക്കണമെങ്കിൽ അണുക്രമം തമ്മിൽ വളരെയധികം സാമീപ്യം ആവശ്യമാണല്ലൊ. ഇത്തരം സ്ഥിരസാമീപ്യത്തെയാണു് രാസസംയോജനം എന്നു പറയുന്നതു്. ഇനി അക്രിയവാതകങ്ങളുടെ ഇലക്ട്രോൺ രചന എന്താണെന്നു നോക്കാം.

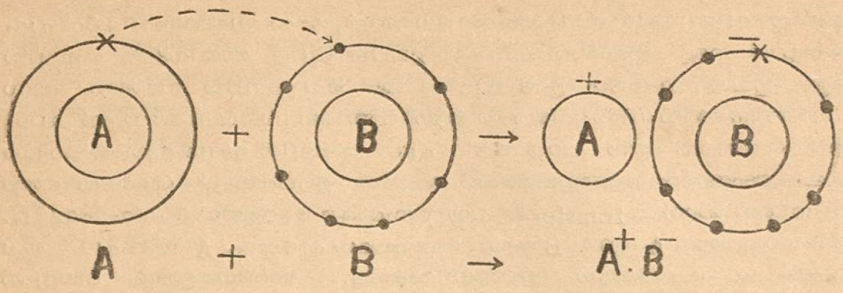
വാതകം.	അണുവിലുള്ള ആകെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം (അണുസംഖ്യ)	വിവിധ തലങ്ങളിലുള്ള ഇലക്ട്രോൺ വിതരണം					
		K	L	M	N	O	P
He	2	2					
Ne	10	2,	8				
A	18	2,	8,	8			
Kr	36	2,	8,	18,	8		
Xe	54	2,	8.	18,	18,	8	
Rn	86	2,	8,	18,	32,	18,	8

ഇവയിൽ ഹീലിയം ഒഴികെയുള്ള എല്ലാ അണുക്കളിലും ഏറ്റവും പുറം ഷെല്ലിൽ എട്ടു് ഇലക്ട്രോൺ വീതമാണുള്ളതു്. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഈ അഷ്ടത്വമാണു് അക്രിയവാതകങ്ങൾക്കു് സ്ഥിരത (stability) നേടിക്കൊടുക്കുന്നതു്. അപ്പോൾ മറ്റു മൂലകാണുക്കളും ഈ അഷ്ടത്വം നേടാനും അതുവഴി സ്ഥിരതയ്ക്കും ശ്രമിക്കുന്നു. ഇതു് പല വിധത്തിൽ സാധിക്കാം.

1. വിദ്യുത് സംയോജകത

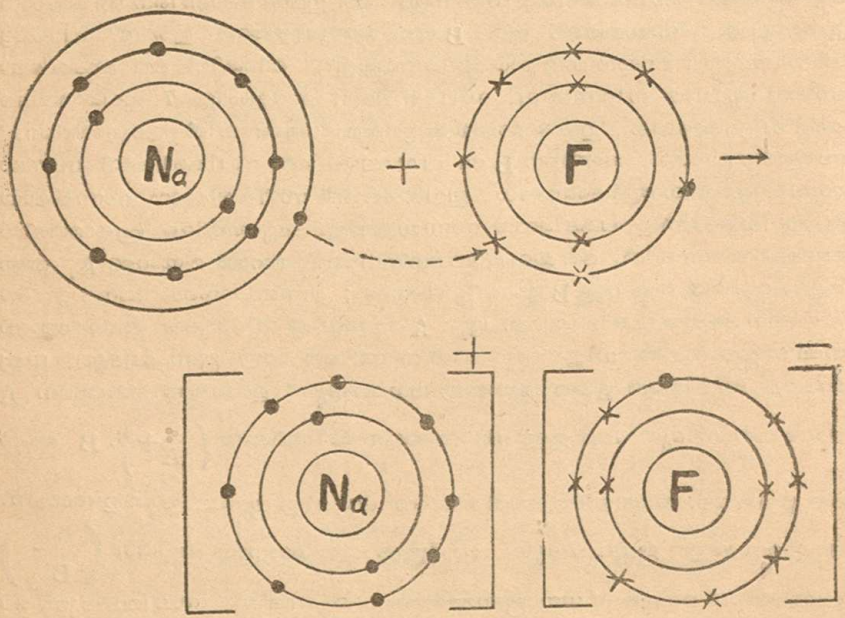
യൗഗികത്തിന്റെ ഘടകാണുക്കളിൽ ഒന്നിന്റെ ഏറ്റവും പുറമേയുള്ള ഷെല്ലിൽ ഇലക്ട്രോണുകളും എട്ടിൽ കുറവായും, ഇലക്ട്രോൺ കൈമാറ്റം

മൂലം ഈ വിടവ് പരിഹരിക്കത്തക്കവിധത്തിൽ, മറ്റേ ഘടകാണുവിന്റെ പുറം ഷെല്ലിൽ ഉള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ ഉപേക്ഷിച്ചാൽ അതിനടുത്ത ഷെല്ലിൽ എട്ട് ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ടായിരിക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ നടക്കുന്ന രാസസംയോജനത്തിൽ നിന്ന് ലഭ്യമായ യൗഗികത്തിലെ സംയോജകതയ്ക്കാണ് വിദ്യുത്സംയോജകത എന്നു പറയുന്നത്. പുറം ഷെല്ലിൽ മൂന്നോ അതിൽ കുറവോ ഇലക്ട്രോണുകളും ആണുള്ളതെങ്കിൽ അവയെ ഉപേക്ഷിച്ച് (മറ്റൊരു അണുവിനു കൈമാറ്റം— transfer- ചെയ്ത്) സ്ഥിരത നേടുകയായിരിക്കും എളുപ്പം. ഉദാഹരണമായി A എന്നും B എന്നും രണ്ടണുക്കളും എടുക്കാം. A യുടെ പുറം ഷെല്ലിൽ ഒരിലക്ട്രോൺ ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. അതിനകത്തുള്ള ഷെല്ലിൽ എട്ട് ഇലക്ട്രോൺ ഉണ്ടെന്നും വെയ്ക്കുക. B യുടെ പുറം ഷെല്ലിൽ 7 ഇലക്ട്രോണുകളാണുള്ളത്. Aയ്ക്ക് പുറം ഷെല്ലിൽ അഷ്ടത്വം നേടാൻ രണ്ടു മാർഗങ്ങളും അവലംബിക്കാം. ഒന്നുകിൽ പുറം ഷെല്ലിലെ ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ കൈമാറുക (ഉപേക്ഷിക്കുക); അല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരണുവിൽ നിന്ന് 7 ഇലക്ട്രോണുകളെ സ്വീകരിക്കുക. ഇവയിൽ സരളമായ മാർഗം ആദ്യത്തെതാണെന്ന് സ്പഷ്ടമാണ്. അങ്ങിനെയാണ് സംഭവിക്കുന്നതും. ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ കൈമാറാൻ A എപ്പോഴും സന്നദ്ധമാണ്. ഇനി B യുടെ കാര്യമെടുക്കാം. ഇതിനു പുറംചട്ടയിൽ അഷ്ടത്വം നേടാൻ രണ്ടു മാർഗങ്ങളാണുള്ളത്. ഒന്നുകിൽ ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ എവിടെ നിന്നെങ്കിലും സ്വീകരിക്കുക; അല്ലെങ്കിൽ 7 ഇലക്ട്രോണുകളെ വിട്ടുകൊടുക്കുക. ഇലക്ട്രോൺ കിട്ടാൻ മാർഗമുണ്ടെങ്കിൽ ആദ്യത്തെതാണ് സരളമായ മാർഗം. അങ്ങിനെ B ഒരിലക്ട്രോണിനെ സ്വീകരിക്കാൻ സന്നദ്ധമാണ്. ഇങ്ങനെയുള്ള അണുക്കളെ—ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകരിക്കാൻ സന്നദ്ധമായതും ഇലക്ട്രോൺ ഉപേക്ഷിക്കാൻ സന്നദ്ധരായതും—ഏതെങ്കിലും പ്രകാരത്തിൽ അടുപ്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ, ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ കൈമാറാൻ തയ്യാറുള്ള A, അതു സ്വീകരിക്കാൻ തയ്യാറുള്ള Bയ്ക്ക് വിട്ടുകൊടുക്കും; രണ്ടണുക്കളുടെയും പുറംചട്ടയിൽ അങ്ങനെ അഷ്ടത്വം കിട്ടുകയും ചെയ്യും. A അണുവിൽ നിന്ന് ഒരു ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുന്നു. അതായത് അണുവിൽ നിന്ന് ഒരു മാത്ര ഋണ-വിദ്യുത് നഷ്ടമാകുന്നു. അതിനാൽ A-ക്ക് ഒരു മാത്ര ധന-വിദ്യുത് ഉണ്ടാകുന്നു. അങ്ങനെ A അണു ധന-വിദ്യുത് ചാർജുള്ള ഒരു അയോണായിത്തീരുന്നു $\left(A^{+} \right)$. B അണു ഒരു ഇലക്ട്രോൺ നേടുന്നതിനാൽ അതിനു ഒരു മാത്ര ഋണ-വിദ്യുത് ഉണ്ടാവുന്നു. അങ്ങനെ അതു ഋണ-വിദ്യുത് ചാർജുള്ള അയോണായിത്തീരുന്നു $\left(B^{-} \right)$. ഇത്തരത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ധന-ഋണ അയോണുകൾ തമ്മിൽ സ്ഥിരവിദ്യുതാകർഷണം കാണണമല്ലോ. ഈ ആകർഷണത്താൽ Aയും Bയും സ്ഥിരസാമീപ്യം ഉണ്ടാകുന്നു— ചുരുക്കത്തിൽ രാസ സംയോജനം നടക്കുന്നു. ഈ ആശയം ചിത്രം 12-1ൽ നിന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.



(ചിത്രം 12–1)

(കത്തുകരംകൊണ്ടും ഗ്രണനചിഹ്നംകൊണ്ടും ഇലക്ട്രോണുകളെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു് അവയുടെ ഉടമവ്യത്യാസം കാണിക്കുവാൻ മാത്രമാണു്. ഇലക്ട്രോണുകരം തമ്മിൽ വ്യത്യാസമില്ലെന്നു് വ്യക്തമാണല്ലോ.) ഇനി ചില ഉദാഹരണങ്ങരം നോക്കാം.



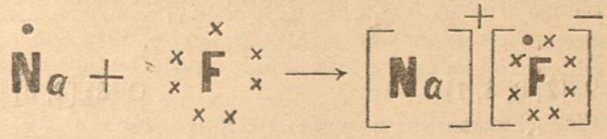
ചിത്രം 12–2

1. സോഡിയം അണുവിന്റെയും ഫ്ളൂറിൻ അണുവിന്റെയും ഇലക്ട്രോൺ രചനയാണു് താഴെക്കൊടുക്കുന്നതു്.

Na (11) [2, 8, 1] , F (9) [2, 7]

ഇവ തമ്മിൽ സംയോജിക്കുമ്പോൾ സോഡിയം അണു അതിന്റെ ഏറ്റവും പുറം ഷെല്ലിലുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോൺ കൈമാറുന്നതിനാൽ നിയോണിന്റെ ഇലക്ട്രോൺ രചനയും (2, 8) ഒരു ധനവിദ്യുച്ചാർജ്ജുമുള്ള സോഡിയം അയോണായിത്തീരുന്നു (Na^+). ഇങ്ങനെ കിട്ടുന്ന ഇലക്ട്രോണിനെ ഫ്ളൂറിൻ അതിന്റെ പുറം ഷെല്ലിൽ സ്വീകരിച്ചു് ഒരു ഋണചാർജ്ജും നിയോൺ രചനയുമുള്ള (2, 8) ഫ്ളൂറൈഡ് അയോണായും മാറുന്നു. (F^-). ഈ പ്രക്രിയയാണു് ചിത്രം 12–2 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതു്.

പ്രായേണ ഇങ്ങനെയുള്ള ചിത്രീകരണങ്ങളിൽ ഏറ്റവും പുറംപാട്ട മാത്രം കാണിച്ചാൽ മതിയാകും; രാസപരിണാമങ്ങളിൽ പങ്കില്ലാത്ത ഉൾഷെല്ലുകൾ കാണിക്കാറില്ല. (ചിത്രം 12–3)



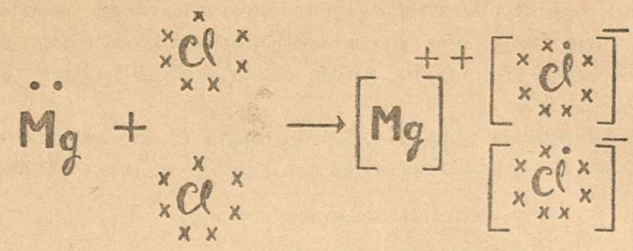
ചിത്രം 12–3

സാധാരണ കാണിക്കാറുള്ളതു് Na^+ F^- എന്നാണു്, അല്ലെങ്കിൽ NaF എന്നുമാത്രം. ഈ പ്രതിനിധാനത്തിൽ അയോണുകൾക്കു് അക്രിയാത്മകങ്ങളായ ഇലക്ട്രോണിക രചനയാണുള്ളതെന്നു് ഒരിക്കൽ കൂടി ഓർമിപ്പിച്ചുകൊള്ളട്ടെ.

2 മഗ്നീഷ്യം, ക്ലോറിൻ എന്നിവയുടെ ഇലക്ട്രോണികരചന താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്നു:—

Mg (12) [2, 8, 2] , Cl (17) [2, 8, 7]

ഇവയിൽ Mg-യിൽനിന്നു് രണ്ടിലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെട്ടാലേ അഷ്ടത്വം ഉണ്ടാകുകയുള്ളൂ. എന്നാൽ ക്ലോറിനു് ഒരിലക്ട്രോൺ മാത്രമേ വേണ്ടതുള്ളൂ അതിനാൽ Mg നൽകുന്ന രണ്ടിലക്ട്രോണുകളെ സ്വീകരിക്കാൻ രണ്ടു് Cl അണുക്കളും വേണം. അപ്പോഴാകട്ടെ ഈ ഇലക്ട്രോൺ കൈമാറ്റം കൊണ്ടു് രണ്ടു് ധനചാർജ്ജും നിയോണിന്റെ ഇലക്ട്രോൺ രചനയുമുള്ള (2,8) മഗ്നീഷ്യം അയോണും $(Mg^{2+}$ അഥവാ $Mg^{++})$ ഓരോ ഋണചാർജ്ജും ആർഗൺ രചനയുമുള്ള 2, 8, 8 രണ്ടു ക്ലോറൈഡ് അയോണുകളും (Cl^-) ഉണ്ടാകുന്നു. ഓരോ മഗ്നീഷ്യം അയോണിലും രണ്ടു ധനചാർജ്ജുള്ളതിനാൽ അതിനു് രണ്ടു് ക്ലോറൈഡ് അയോണുകളുമായി ഒരേസമയം സംയോജിക്കേണ്ടിവരുന്നു.



ചിത്രം 12_4

Mg^{++} Cl_2^{--} എന്നോ, അല്ലെങ്കിൽ $MgCl_2$ എന്ന മാത്രമോ കാണിക്കുന്നു.

3. പൊട്ടാസിയവും ഓക്സിജനും ചേർന്നു പൊട്ടാസിയം ഓക്സൈഡുണ്ടാകുന്നതിപ്രകാരമാണു:

K (19) [2, 8, 8, 1] O (8) [2, 6]

ഇവയിൽ K അണുവിനു കൈമാറാൻ ഒരിലക്ട്രോണേ ഉള്ളൂ. എന്നാൽ ഓക്സിജനണുവിനു രണ്ടിലക്ട്രോണുകളെ സ്വീകരിക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ടു. അതിനാൽ ഒരു O അണു രണ്ടു K അണുക്കളിൽനിന്നും ഓരോ ഇലക്ട്രോൺ വീതം സ്വീകരിച്ചു പുറംഷെല്ലിൽ അഷ്ടത്വം സ്ഥാപിക്കുന്നു. തന്മൂലം ഓരോ പൊട്ടാസിയം അണുവും ആർഗൺ രചനയും, (2, 8, 8) ഏകധന ചാർജ്ജുമുള്ള പൊട്ടാസിയം അയോണായും $\left(K^{+}\right)$ ഓക്സിജൻ അണു നിയോൺ രചനയും രണ്ടു ഋണ ചാർജ്ജും ഉള്ള ഓക്സൈഡ് അയോണായും (O^{--}) തീരുന്നു.

സാധാരണമായി $K_2^{++}O^{--}$ എന്നോ K_2O എന്ന മാത്രമോ എഴുതുന്നു.

K^{+} [2, 8, 8]
O^{--} [2, 8]

മുൻ ഉദാഹരണങ്ങളിലെ അണുക്കളുടെ (അയോണുകളുടെ) സംയോജനവിധത്തെയാണു വിദ്യുത്-സംയോജകത എന്ന വിളിക്കുന്നതു. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന യൗഗികങ്ങളാണു വിദ്യുത് സംയോജിതയൗഗികങ്ങൾ (Electrovalent Compounds) അഥവാ അയണികയൗഗികങ്ങൾ (Ionic compounds). ഇവയിൽ ഓരോ അണുവിന്റെയും സംയോജകത, അവയിൽനിന്നു നഷ്ടമാകുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം തന്നെയാണു. $Na^{+}F^{-}$ ൽ Na യ്ക്കു ഒരു ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുന്നതിനാൽ അതിന്റെ സംയോജകത $= +1$. F ആകട്ടെ ഒരു ഇലകട്രോൺ സ്വീകരിക്കുന്നതിനാൽ അതിന്റെ സംയോജകത $= -1$. K_2O ൽ $K = +1, O = -2$.

വിദ്യുത്സംയോജിതയൗഗികങ്ങളും ഖരാവസ്ഥയിൽ അയോണുകളുടെ നിശ്ചിതക്രമമനുസരിച്ചുള്ള സംവിധാനം കൊണ്ട് ക്രിസ്റ്റൽ രൂപത്തിൽ ഇരിക്കുന്നു. വിപരീതചാർജ്ജുകളുള്ള സമീപസ്ഥങ്ങളായ രണ്ട് അയോണുകളെ വേർപെടുത്തുവാൻ വിഷമമാണ്, ഉരുകിയ അവസ്ഥയിലും ലായനിയിലും ചിട്ടയിലുള്ള അയോണ് സംവിധാനം നഷ്ടപ്പെട്ടുമെങ്കിലും വിപരീത അയോണുകളും സമീപവാസികളായിത്തന്നെയിരിക്കും. വിദ്യുത്സംയോജിത യൗഗികങ്ങളുടെ ചില പ്രത്യേകതകളും താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്നു:

(a) ഉരുകിയ അവസ്ഥയിലും ജലം പോലുള്ള ധ്രുവീയലായകങ്ങളിലും (പോളാർ ലായകങ്ങളും) ഇവ വിദ്യുച്ചാലകങ്ങളാണ് (electrical conductors) അയോണുകളാണ് ഇതിനു കാരണം.

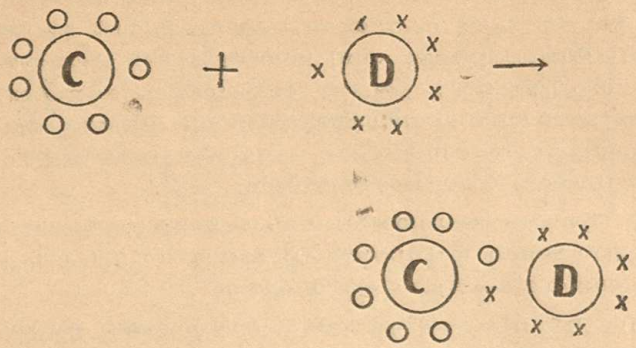
(b) അയണിക യൗഗികങ്ങൾക്ക് പ്രായേണ വളരെ ഉയർന്ന ദ്രവണാങ്കങ്ങൾ നിലയും തിളനിലയും ആണുള്ളതു്. പരസ്പരം യോജിച്ച് ചിട്ടയിലിരിക്കുന്ന ക്രമീകരണം തകർക്കാൻ വേണ്ടിവരുന്ന ഉയർന്ന ഊർജ്ജമാണിതിനു കാരണം.

(c) ജലം പോലെയുള്ള ധ്രുവീയലായകങ്ങളിൽ സാധാരണമായി വിലയിക്കുന്നു. അതേ സമയം കാർബണികലായകങ്ങളിൽ പ്രായേണ വിലയിക്കുകയില്ല.

2. സഹസംയോജകത

വിദ്യുത് സംയോജകതയിൽ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ കൈമാറ്റം നടക്കുന്നുവെന്നു് നാം കണ്ടുകഴിഞ്ഞുവല്ലോ എന്നാൽ കൈമാറ്റത്തിനു പകരം പങ്കാളിത്വത്തിൽക്കൂടി ഇലക്ട്രോൺ ജോഡികളും ഉണ്ടാവുകയും തദ്വാരാ കുറവു നികത്തുകയും ചെയ്യാം; ഇതു് സംഭവിക്കുന്നതു് സംയോജിക്കുന്ന അണുക്കളുടെ പുറം ഷെല്ലിൽ എട്ടിൽ കുറവായി (എന്നാൽ എട്ടിനോടടുത്ത സംഖ്യ) ഇലക്ട്രോണുകളും ഉള്ളപ്പോഴാണ്. ഇത്തരത്തിൽ രണ്ടണുക്കളും തമ്മിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സംയോജകതയ്ക്കു് സഹസംയോജകത എന്നു പറയുന്നു. കാർബണിക യൗഗികങ്ങളുടെ രചനയ്ക്കു് മതിയായ വിശദീകരണം കൊടുക്കാനുള്ള ശ്രമത്തിലാണ് ജി. എൻ. ലൂയിസ് ഇത്തരത്തിലുള്ള സംയോജകതയുടെ അസ്തിത്വം തെളിയിച്ചതു്. അകാർബണിക യൗഗികങ്ങളിലും ഇത്തരം സംയോജകത കണ്ടുവരുന്നുണ്ട്.

C, D എന്നീ രണ്ടണുക്കൾക്കു് അവയുടെ പുറം ഷെല്ലിൽ ഏഴ് ഇലക്ട്രോൺ വീതം ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇവ രണ്ടും അഷ്ടത്വം നേടി അടുത്തുള്ള അക്രിയവാതകത്തിന്റെ ഇലക്ട്രോണികരചന കൈവരുത്താൽ ശ്രമിക്കും. എന്നാൽ C യും D യും തമ്മിൽ ഇലക്ട്രോൺ കൈമാറ്റം നടത്തുക അസാധ്യമാണ്. പിന്നെ നടക്കാവുന്നതെന്താണ്? രണ്ട് അണുക്കളും ഓരോ ഇലക്ട്രോൺ വീതം സംഭാവന ചെയ്ത് ഒരു പൊതുവായ ഇലക്ട്രോൺ ജോഡി സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഈ ഇലക്ട്രോൺ ജോഡി രണ്ടണുക്കൾക്കും തുല്യമായി അവകാശപ്പെടാവുന്ന പൊതുസ്വത്താണ്. ഇക്കാരണത്താൽ രണ്ടണുക്കളും അഷ്ടത്വം നേടി അക്രിയവാതകസമാനങ്ങളായിത്തീരുന്നു. പൊതുസ്വത്തായ ഇലക്ട്രോൺ ജോഡി രണ്ടണുക്കളേയും ബന്ധിച്ചു നിർത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ ''ബന്ധിക്കലിനു'' ബോൺഡ് (bond), ലിങ്ക് (link) അഥവാ ബന്ധം എന്നു പറയുന്നു. (ചിത്രം 12–5)



ചിത്രം 12_5

രണ്ടണുക്കളുടെയും ഇടയ്ക്കുള്ള ബോണ്ട് സാധാരണമായി ഒരു ചെറിയ നേർവര കൊണ്ടാണ് കാണിക്കുന്നത്. മേൽപറഞ്ഞ ഉദാഹരണത്തിലെ യൗഗികത്തെ C–D എന്നെഴുതുന്നു. ഈ ചെറിയ നേർവര രണ്ടണുക്കൾക്കും പൊതുവായ ഒരു ജോഡി ഇലക്ട്രോണുകളെയാണ് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത്. (മറ്റുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെ സാധാരണമായി കാണിക്കാറില്ല.)

സഹസംയോജകതയെ സംബന്ധിച്ച് താഴെപ്പറയുന്ന സംഗതികൾ ഓർത്തിരിക്കേണ്ടതാണ്:

1) പൊതുവായ ഇലക്ട്രോൺ ജോഡി (അഥവാ ജോഡികൾ) രണ്ട് അണുക്കളുടെയും തുല്യസംഭാവന മൂലം ഉണ്ടാകുന്നതാണ്.

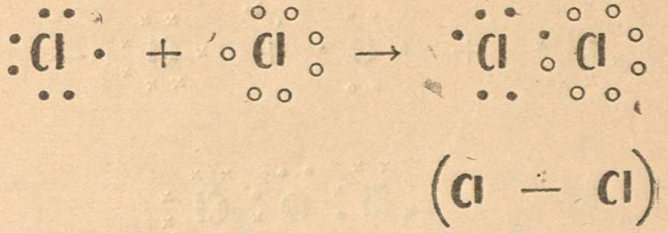
2) ഇങ്ങനെയുള്ള ഒരു ജോഡിയുടെ നിർമാണം കൊണ്ട് അഷ്ടത പൂർത്തിയാക്കുവാൻ കഴിയുന്നില്ലെങ്കിൽ (അക്രിയവാതക രചന ഉണ്ടാകുന്നില്ലെങ്കിൽ) കൂടുതൽ ജോഡികൾ ഉണ്ടാകാം. അതായത് അണുവിന്റെ പുറംചട്ടയിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം ഒരു അക്രിയവാതകാണുവിന്റെതിൽ നിന്നും കുറവാകുമ്പോൾ, ഓരോ ഇലക്ട്രോണിന്റെയും കുറവ് ഓരോ ജോഡി സൃഷ്ടിച്ച് പരിഹരിക്കാവുന്നതാണ്.

3) മേൽ പ്രസ്താവിച്ച ഒന്നിൽ കൂടുതൽ ജോഡികൾ രണ്ടണുക്കൾക്കിടയിൽ തന്നെയാകാം; അല്ലെങ്കിൽ രണ്ടിലധികം അണുക്കളുള്ള യൗഗികങ്ങളിൽ ഓരോ ജോഡി അണുക്കൾക്കിടയിലും ആകാം. അതായത് ഒരേ അണുതന്നെ ഒന്നിലധികം മറ്റണുക്കളുമായി സഹസംയോജകബന്ധങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കാം.

4) ഒരു അണുവിനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം കുറവു നികത്താൻ ഉണ്ടാകേണ്ട ഇലക്ട്രോൺ ജോഡികളുടെ എണ്ണമാണ് ആ അണുവിന്റെ സംയോജകത.

ചില ഉദാഹരണങ്ങളും നോക്കാം.

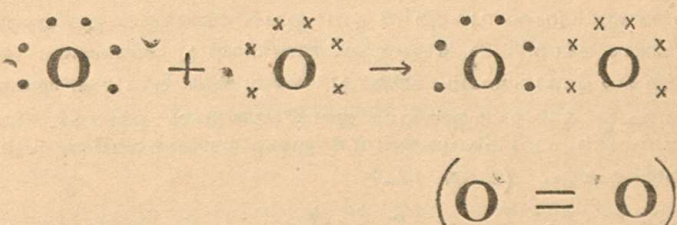
(a) ക്ലോറിൻ അണുവിന്റെ ഇലക്ട്രോൺസംവിധാനം 2, 8, 7 എന്നാണല്ലോ. പുറം ഷെല്ലിൽ ഏഴ് ഇലക്ട്രോണുകളേയുള്ള. അതുകൊണ്ട് സ്വതന്ത്രമായ നിലനില്പില്ല. ഈ പരിതസ്ഥിതിയിൽ രണ്ടു ക്ലോറിൻ അണുക്കളും തമ്മിൽ സംയോജിച്ച് ഉണ്ടാകുന്ന ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ജോഡിയുടെ ''സഹഭോജനം'' കൊണ്ട് കുറവു നികത്താം. ഇങ്ങനെയാണ് ക്ലോറിൻ തന്മാത്ര (Cl_2) ഉണ്ടാകുന്നത് (ചിത്രം 12–6).



ചിത്രം 12–6

ഇതിനെ Cl—Cl എന്നോ Cl_2 എന്നോ എഴുതുന്നു. ഇവിടെ ക്ലോറിനു സംയോജകത ഒന്നാണെന്നു വ്യക്തമാണല്ലോ.

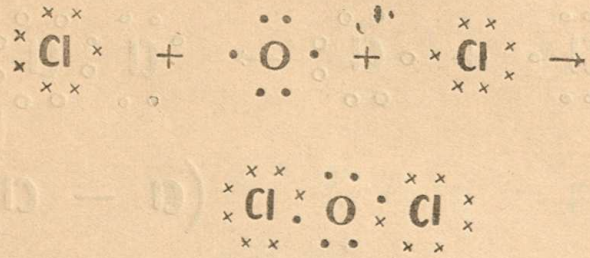
(b) ഓക്സിജൻ അണുവിന്റെ ഇലക്ട്രോണികസംവിധാനം 2,6 എന്നാണ്. ഇവിടെ അക്രിയവാതകസംവിധാനമായ (2,8)ൽ നിന്നും 2 ഇലക്ട്രോണുകളുടെ കുറവാണുള്ളത്. തന്മൂലം കുറവു നികത്തുവാൻ രണ്ടു ജോഡികൾ ഉണ്ടാകണം. അതിനാൽ രണ്ടു ഓക്സിജനണുക്കൾ ചേർന്നു ഓരോന്നിനും അഷ്ടത്വം ലഭിക്കത്തക്കവണ്ണം O_2 തന്മാത്ര ഉണ്ടാകുമ്പോൾ രണ്ടു ജോഡി പൊതുഇലക്ട്രോണുകൾ ആവശ്യമായി വരുന്നു. (ചിത്രം 12–7)



ചിത്രം 12–7

സാധാരണചിത്രീകരണത്തിൽ O = O എന്നു കാണിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ രണ്ടണുക്കൾക്കിടയിൽ രണ്ടു ബോൺഡുകൾ(അതായത് രണ്ടു ജോഡി ഇലക്ട്രോണുകൾ) ഉണ്ടാകുമ്പോൾ അതിനെ ദ്വിബന്ധം(ഡബിൾ ബോൺഡ്) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

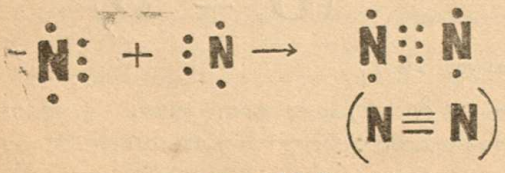
ഓക്സിജനണുവിന്നു് ഇലക്ട്രോൺ കുറവായ മറ്റു് അണുക്കളുമായി സംയോജിച്ചും അക്രിയവാതകരചന ഉണ്ടാകാം. ഉദാഹരണമായി 2, 8, 7 എന്ന ഇലക്ട്രോൺ രചനയുള്ള ക്ലോറിൻ അണുക്കളാണു് ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്നതെന്നിരിക്കട്ടെ. ക്ലോറിനണുവിന്റെ ഇലക്ട്രോൺ കുറവു് നികത്താൻ ഒരു ജോഡി പൊതുഇലക്ട്രോണുകളേ ആവശ്യമുള്ളു. എന്നാൽ ഒരു ജോഡി മാത്രം കൊണ്ടു് ഓക്സിജന്റെ കുറവു് തീരുന്നില്ല അതുകൊണ്ടു് ഓക്സിജൻ അണു വേറൊരു ക്ലോറിൻ അണുവുമായി സംയോജിച്ചു് ഒരു പൊതുജോഡി കൂടി നിർമിക്കും. രണ്ടു ജോഡിയാകുമ്പോഴും ഓക്സിജനും അഷ്ടത്വം നേടുന്നു. (ചിത്രം 12–8)



ചിത്രം 12–8

അതായതു് Cl—O—Cl എന്ന യൗഗികം ഉണ്ടാകുന്നു. ഇവിടെ ഓരോ ജോഡിയുടെയും നിർമാണം കൊണ്ടു് അക്രിയവാതകരചന കൈവരുന്നതിനാൽ ക്ലോറിൻ അണുവിന്റെ സംയോജകത ഒന്നാണു്. ഓക്സിജനു് രണ്ടു ജോഡികരം ആവശ്യമായതിനാൽ അതിന്റെ സംയോജകത രണ്ടുമാണു്.

(c) നൈട്രജൻ അണുവിന്റെ ഇലക്ട്രോൺ സംവിധാനം 2,5 ആണല്ലോ. അതായതു് പുറംകംബുകത്തിൽ മൂന്നു് ഇലക്ട്രോണുകരം കൂടിയുണ്ടെങ്കിലേ അക്രിയവാതക രചന (2,8) കിട്ടുകയുള്ളു. അതിനാൽ N അണുക്കരം ചേർന്നു് N_2 തന്മാത്രകം ഉണ്ടാകുമ്പോഴും ഓരോ N അണുക്കളും മൂന്നിലക്ട്രോൺവീതം സംഭാവനചെയ്തു് മൂന്നു പൊതുജോഡി ഇലക്ട്രോണുകരം ഉണ്ടാകും. തന്മൂലം ഓരോ അണുവിനും പുറം കംബുകത്തിൽ 8 ഇലക്ട്രോണുകരംവീതം ഫലത്തിൽ ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യും. (ചിത്രം 12–9)

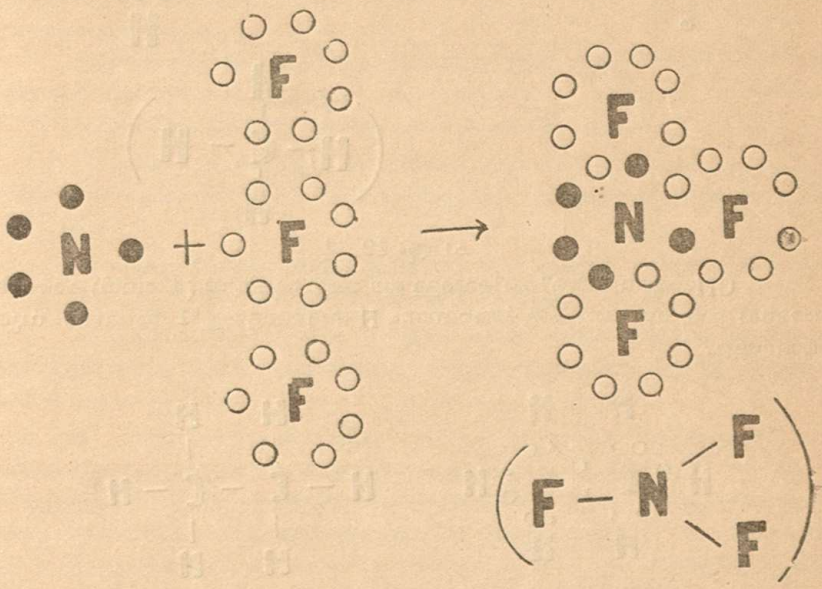


ചിത്രം 12–9

സാധാരണയായി N ≡ N എന്നാണെഴുതുന്നതു്. ഇങ്ങനെ രണ്ടു് അണുക്കരംക്കിടയിൽ മൂന്നു പൊതുജോഡി ഇലക്ട്രോണുകരം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുമ്പോരം

അതിനെ ത്രിബന്ധം (ട്രിപ്പിൾബോണ്ട്) എന്നു പറയുന്നു.

നൈട്രജൻ അണു മറ്റണുക്കളുമായി ചേർന്നും സഹസംയോജകയൗഗികങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നു. ഉദാഹരണമായി നൈട്രജനും ഫ്ളൂറിനും തമ്മിലുള്ള സംയോജനം നോക്കാം. ഫ്ളൂറിന്റെ ഇലക്ട്രോണികസംവിധാനം 2,7 എന്നാണല്ലോ. അഷ്ടത്വം നേടാൻ ഫ്ളൂറിനണുവിനു ഒരു ഇലക്ട്രോണേ ആവശ്യമുള്ളൂ. എന്നാൽ നൈട്രജനാകട്ടെ, മൂന്നു ജലക്ട്രോൺ വേണ്ടിയിരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഒരു N അണു മൂന്നു F അണുക്കളുമായി സംയോജിച്ച് മൂന്നു പൊതുജോഡി ഉണ്ടാകുന്നു.

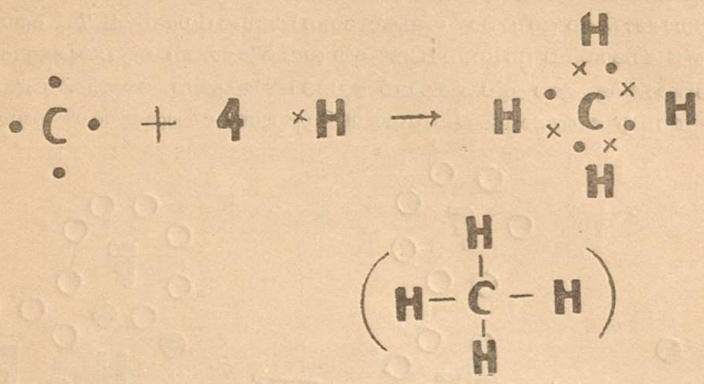


ചിത്രം 12_10

ഈ യൗഗികത്തിൽ (നൈട്രജൻ ട്രൈഫ്ളൂറൈഡ്) നൈട്രജനണുവിലെ മൂന്നു ഇലക്ട്രോണുകളും ഉപയോഗിച്ചാണു മൂന്നു പൊതുജോഡികളും ഉണ്ടാകുന്നത്. അതിനാൽ നൈട്രജന്റെ സംയോജകത 3 ആണു; ഫ്ളൂറിന്റെ സംയോജകത ഒന്നും.

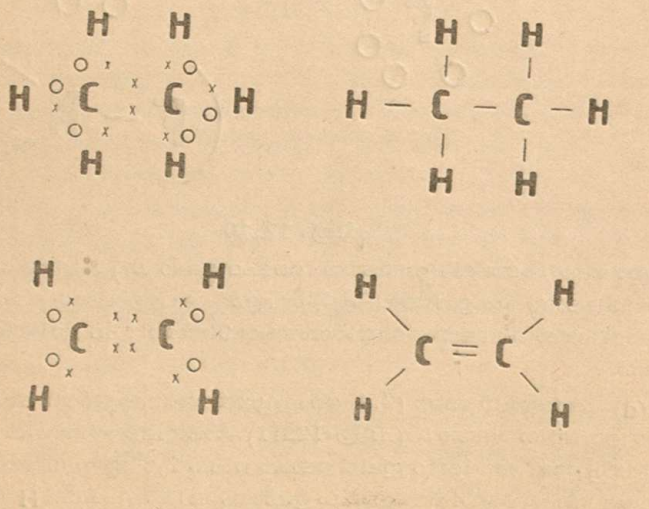
(d) കാർബൺ അണു (2,4) ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളുമായി സംയോജിക്കുന്നതെങ്ങിനെയെന്നു നോക്കാം. (ചിത്രം 12_11). കാർബൺ അണുവിനു 4 ഇലക്ട്രോൺ ലഭിച്ചാലേ അതിന്റെ ഇലക്ട്രോൺ രചന 2,8 എന്ന നിയോൺ രചനയാകുകയുള്ളൂ. അതായതു 4 ജോഡികളും ഉണ്ടാകേണ്ടിയിരിക്കുന്നു. H അണുവിൽ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ മാത്രമാണുള്ളതു്. അതിനാൽ ഹൈഡ്രജൻ അഷ്ടത്വം നേടുന്നില്ല. എന്നാൽ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകരിക്കുമ്പോൾ ഹീലിയത്തിന്റെ രചന (2 ഇലക്ട്രോൺ–ദ്വിത്വം) ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതും സ്ഥിരതയുള്ളതാണു്.

അപ്പോഴും കാർബണിലെ ഓരോ ഇലക്ട്രോണും 4 H അണുക്കളിൽ ഓരോന്നിലുമുള്ള ഓരോ ഇലക്ട്രോണും ചേർന്ന് 4 C-H ബോണ്ടുകളുണ്ടാകുന്നു.



ചിത്രം 12_11

CH_4 എന്ന ചിത്രീകരിക്കാവുള്ള ഈ യൗഗികത്തിൽ (മീഥേൻ) കാർബൺ അണുവിന്റെ സംയോജകത 4ആണെന്നും H അണുക്കളുടേത് 1 ആണെന്നും വ്യക്തമാണല്ലോ.



ചിത്രം 12_12

ഒരേ തന്മാത്രകളിൽ തന്നെ ഒരു കാർബൺ അണു ഒന്നിലധികം മറ്റു അണുക്കളുമായി (കാർബൺ അണുക്കളോ മറ്റുള്ളവയോ രണ്ടുമോ) ഒരേ സമയം തന്നെ ബോണ്ടുകൾ ഉണ്ടാക്കാം. ഒന്നിലധികം കാർബൺ അണുക്കളുള്ള കാർബണിക യൗഗികതന്മാത്രകളിൽ ഒരു കാർബൺ അണുവും മറ്റൊരു കാർബൺ അണുവും തമ്മിൽ ഏക ബന്ധമോ (ഉദാ: ഈഥേൻ) ദ്വിബന്ധമോ (ഉദാ: എഥിലീൻ) ത്രിബന്ധമോ (ഉദാ: അസറ്റലീൻ) ഉണ്ടാകാം. (ചിത്രം 12–12 നോക്കുക). രണ്ടു കാർബൺ അണുക്കൾ തമ്മിൽ ഒരു ജോഡി ഇലക്ട്രോണുകൾ പങ്കായിട്ടുള്ളപ്പോൾ ഏക ബന്ധവും രണ്ടു ജോഡിയുണ്ടെങ്കിൽ ദ്വിബന്ധവും മൂന്നു ജോഡിയുള്ളപ്പോൾ ത്രിബന്ധവും ഉണ്ടാകുന്നു.

ഇതുപോലെ സഹസംയോജകതയാൽ ഉണ്ടാകുന്ന യൗഗികങ്ങളെ സഹസംയോജിത യൗഗികങ്ങൾ (Covalent compound) എന്നു പറയുന്നു. സഹസംയോജിത യൗഗികങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതകൾ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു:—

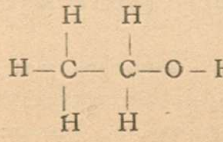
1. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ കൈമാറ്റം (ത്യാഗവും സ്വീകരണവും) ഇല്ലാത്തതിനാൽ സഹസംയോജിത യൗഗികങ്ങളിലെ ഘടകങ്ങൾക്കു് അയോണികഭാവം ഇല്ല.

2. അയോണികഭാവമില്ലാത്തതിനാൽ ഇവയ്ക്കു് വിദ്യുത് ചാലകതയില്ല. അതിനാൽ ഇവ വിദ്യുത് അപഘടനീയങ്ങളല്ല.

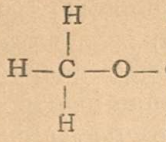
3. ഇവ ധ്രുവീയമല്ലാത്ത ലായകങ്ങളിൽ (കാർബണിക ലായകങ്ങളിൽ) സാധാരണയായി ലയിക്കുന്നു. എന്നാൽ ജലം പോലുള്ള ധ്രുവീയലായകങ്ങളിൽ ലേയത്വം നന്നേ കുറയും.

4. സഹസംയോജകബന്ധം (Covalent bond) വളരെ ദൃഢമാണു്; സ്ഥിരവൈദ്യുതബലം പോലെയുള്ള ആകർഷണബലമല്ല ഇത്തരം ബോണ്ടുകളുടെ ഉറപ്പിനു് കാരണം. അതിനാൽ രാസപരിണാമങ്ങളിൽ കൂടി ഇത്തരം യൗഗികങ്ങളിലെ ഉറച്ച ബന്ധങ്ങളെ തകർക്കുക എന്നതു് അത്ര എളുപ്പമല്ല. ഇവയുടെ രാസപരിണാമങ്ങൾ അതുകൊണ്ടു തന്നെയാണു് പ്രായേണ സാവധാനത്തിൽ സംഭവിക്കുന്നതു്.

5. തന്മാത്രകളിലെ അണുക്കൾ തമ്മിൽ ബോണ്ടുകളാൽ ബന്ധിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതുകൊണ്ടു് ഓരോ അണുവിന്റെയും ആപേക്ഷികമായ സ്ഥാനം നിശ്ചിതമാണു്. അങ്ങനെ സഹസംയോജിത–തന്മാത്രകൾക്കു് സ്പേസ്–ഐസോമെറിസം ഉണ്ടാകാം. ഉദാഹരണമായി C_2H_6O എന്ന ഫോർമുലയുള്ള രണ്ടു യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകാം. ഇവയിൽ ഓരോന്നിലും അണുക്കളുടെയും ബോണ്ടുകളുടെയും സംവിധാനങ്ങൾ വ്യത്യസ്തമാണു്.



(CH_3CH_2OH) എന്ന സംരചനയുള്ള എഥിൽ ആൽക്കഹോളും



(CH$_3$—O—CH$_3$) എന്ന സംരചന ഉള്ള ഡൈമീഥൈൽ ഈഥറും ഒരേ തന്മാത്രാസൂത്രം ഉള്ളവയാണെങ്കിലും (C$_2$ H$_6$ O) അവ രണ്ടും രണ്ടു് വ്യത്യസ്ത യൗഗികങ്ങളാണു്. ഇതു പോലെ ഒരേ സൂത്രമുള്ള ഒന്നിലധികം വ്യത്യസ്ത യൗഗികങ്ങളെയാണു് സമാവയവികം എന്നു പറയുന്നതു്. ഈ പ്രതിഭാസമാണു് സമാവയവത അഥവാ സ്പോസു് ഐസോമെറിസം.

6. സഹസംയോജിത യൗഗികങ്ങളുടെ ഓരോ തന്മാത്രകളും, അതിലുള്ള അണുക്കളുടെ സുദൃഢബന്ധം മൂലം സുവ്യക്തമായ ഒരു തനിമയാണു് (entity). തത്ഫോരാ തന്മാത്രകളും തമ്മിലുള്ള ആകഷ്ണബലത്തിനു് ബന്ധങ്ങളുടേതിനോളം പ്രസക്തിയില്ല. അതു കൊണ്ടു് അവയെ പരസ്പരം വേർപ്പെടുത്തുവാൻ വളരെ കുറച്ചു് ഊർജം മതിയാകും. ഇക്കാരണത്താൽ ഉരുകൽനിലയും തിളനിലയും താരതമ്യേന താണതാണു്.

3. ഉപസഹസംയോജകത

സഹസംയോജകതയുടെ ഒരു വിശേഷരൂപമാണിതു്. ഇതിലും ഇലക്ട്രോൺ ജോഡികളുടെ രൂപീകരണമാണു് അണുക്കളെ ബന്ധിച്ചനിർത്തുന്നതു്. പക്ഷേ ഒരു വ്യത്യാസം മാത്രം; സഹഭാജിക്കപ്പെടുന്ന (പൊതുവായ) ഇലക്ട്രോൺ ജോഡി ഒരണുവിന്റെ മാത്രം സംഭാവനയാണു്. ഈ അണു ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുന്നില്ലെന്നു് പ്രത്യേകം പ്രസ്താവ്യമാണു്. അതായതു് അയോണുകരം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. ബന്ധങ്ങരം തന്നെയാണു് ഉണ്ടാകുന്നതു്. ഇലക്ട്രോൺ ജോഡി പ്രദാനം ചെയ്യുന്ന അണുവിനെ ദാതാവു് (donor) എന്നും അതിന്റെ പങ്കുപറ്റുന്ന അണുവിനെ ഗ്രാഹി (acceptor) എന്നും വിളിക്കാം. എന്നാൽ ഈ പേരുകരംക്കു് അവധാനിപ്പിക്കുന്ന അർഥവ്യാപ്തി ഇല്ല. രണ്ടു് അണുക്കളും ഫലത്തിൽ സഹസംയോജകതയാൽ ബന്ധിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുമെന്നു് കരുതിയാൽ മതി.

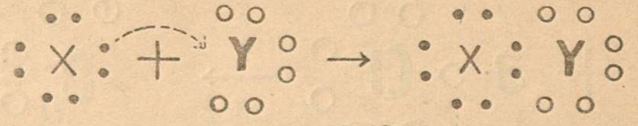
ഉപസഹസംയോജകബോണ്ടുകരം ഉണ്ടാകുവാൻ താഴെപ്പറയുന്ന വ്യവസ്ഥകരം പാലിക്കപ്പെടേണ്ടതാണു്:—

1. പുറം ഷെല്ലിൽ, മറ്റൊരു ബന്ധരൂപീകരണത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിട്ടില്ലാത്ത ഇലക്ട്രോൺ ജോഡിയോ ജോഡികളോ (lone pair of electrons) ഉള്ളതും എട്ടു് ഇലക്ട്രോൺ ഉള്ളതും ആയ അണുക്കരംക്കേ ''ദാതാവാ''യിത്തീരാൻ സാധിക്കുകയുള്ളു.

2. മൂലകരൂപത്തിലോ യൗഗികരൂപത്തിലോ അഷ്ടത്വം പ്രാപിക്കാതെ തന്നെ നിലനിൽക്കാൻ കഴിവുള്ള അണുക്കളാണു് ''ഗ്രാഹി''കളായിത്തീരുന്നതു്.

ഈ നിബന്ധനകരംക്കു് വിധേയമായി രണ്ടു് അണുക്കരം തമ്മിൽ ഇലക്ട്രോൺ ജോഡികളുടെ ദാനവും ഗ്രഹണവും തന്മൂലം ബോണ്ടുരൂപീകരണവും നടക്കുമ്പോരം ഗ്രാഹിയായ അണുവിനും അഷ്ടത്വം ഉണ്ടാകുന്നു. ഉദാഹരണമായി X, Y എന്ന രണ്ടു് അണുക്കരം ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. X അണുവിനു് പുറം

ഷെല്ലിൽ അഷ്ടത്വവും ഒരു സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോൺ ജോഡിയും ഉണ്ട്. Yഎന്ന അണുവിനു് (മൂലകരൂപത്തിലോ യൗഗികരൂപത്തിലോ) പുറം ഷെല്ലിൽ ആറു് ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇവ തമ്മിൽ ഉപസഹസംയോജകതകൊണ്ടു് ബന്ധം ഉണ്ടാകുന്നു.



ചിത്രം 12_13

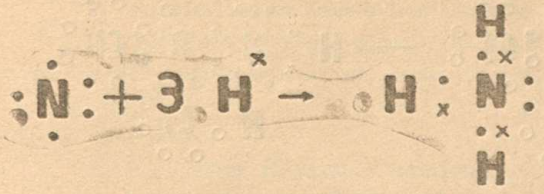
ഇവിടെ ദാനഗ്രഹണങ്ങളും വ്യക്തമാക്കാൻ ബന്ധം അസ്ത്രരൂപത്തിൽ അടയാളപ്പെടുത്തുന്നു.

$$X \longrightarrow Y$$

X, Y എന്നിവയ്ക്കു് അയോണികഭാവം ഇവിടെ ഉണ്ടാകുന്നില്ലെന്നു് പ്രത്യേകം ഓർക്കണം.

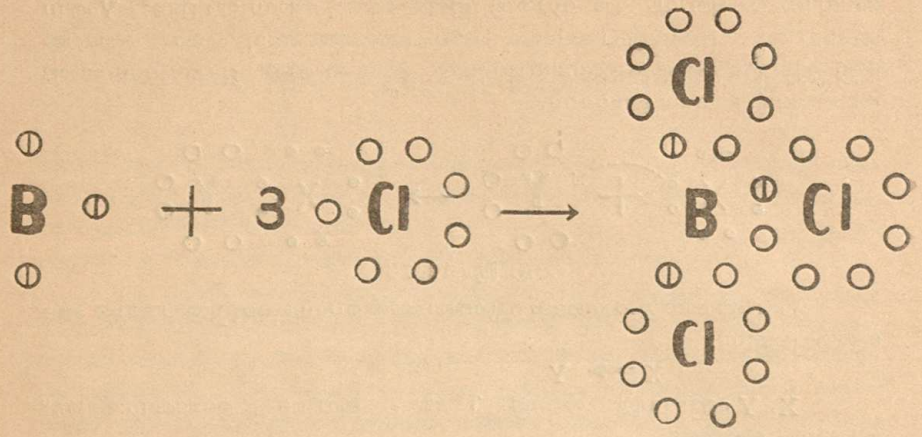
ചില ഉദാഹരണങ്ങളും നോക്കുക.

(a) അമോണിയ തന്മാത്രയിൽ ഉള്ള നൈട്രജൻഅണുവിനു് എട്ടു് ഇലക്ട്രോണുകളും പുറം ഷെല്ലിലുണ്ടെങ്കിലും അവയിൽ ഒരു ജോഡി മാത്രം ബന്ധരൂപീകരണത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിട്ടില്ലാത്തതാണു്. (ചിത്രം 12_14) അതിനാൽ അമോണിയായിലെ നൈട്രജൻ അണുവിനു് ദാതാവായി പ്രവർത്തിക്കാൻ സാധിക്കുന്നുണ്ടു്



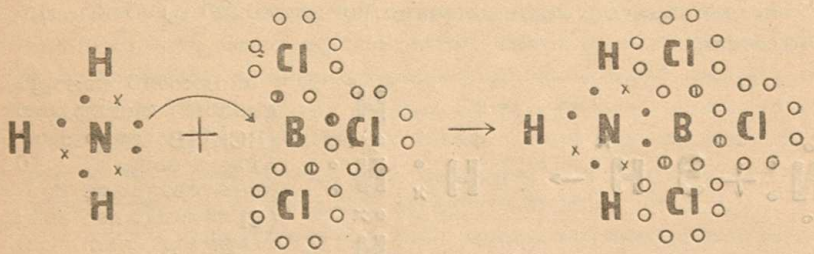
ചിത്രം 12_14

ബോറോൺ ട്രൈക്ലോറൈഡു് തന്മാത്രയിൽ (BCl_3) B അണുവിനു് പുറം ഷെല്ലിൽ 6 ഇലക്ട്രോണുകളേ ഉള്ളൂ. (Cl അണുക്കൾക്കു് അഷ്ടത്വം ഉണ്ടു്.) അതിനാൽ B അണുവിനു് രണ്ടു് ഇലക്ട്രോണുകളെ കൂടി ഗ്രഹിക്കാൻ സന്നദ്ധമാണു്.



ചിത്രം 12–15

ഈ പരിതസ്ഥിതിയിൽ അമോണിയയിലെ N അണുവും BCl_3 ലെ B അണുവും തമ്മിൽ ദാന–ഗ്രഹണങ്ങളം കൊണ്ട് ഉപസഹസംയോജനം (കോഓർഡിനേഷൻ) ഉണ്ടാകും (ചിത്രം 12–16). സാധാരണ $H_3N \longrightarrow BCl_3$ എന്നോ $NH_3 \longrightarrow BCl_3$ എന്നോ എഴുതാവുന്നതാണ്.



ചിത്രം 12–16

(b) S അണുവിനും (2, 8, 6) O അണുവിനും (2, 6) പൂംചട്ടയിൽ 6 ഇലക്ട്രോണുകളം ആണുള്ളത്. അതിനാൽ ഇവയുടെ ഓരോ അണുക്കളം ചേർന്ന് സഹസംയോജകതയാൽ ഒരു ബിബന്ധം ഉണ്ടായാൽ രണ്ടിനും അഷ്ടകം കിട്ടുന്നു. എന്നാൽ ഈ പരിതസ്ഥിതിയിൽ S അണുവിൽ രണ്ട് സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോൺ ജോഡികളം ഉണ്ട്. ഇവയെ ബന്ധരൂപീകരണത്തിനു് ഉപയോഗിക്കാം. ഓക്സിജൻ അണുവിനു് 6 ഇലക്ട്രോണുകളാണുള്ളത്. അതിനാൽ S = O എന്ന സംരചനയിൽ രണ്ട് ഓക്സിജൻ അണുക്കളെ കൂടി ഉപസഹസംയോജകബന്ധത്താൽ ഘടിപ്പിക്കാം. S = O യിൽ ഒരു O അണു ചേർന്നു് സൽഫർഡൈഓക്സൈഡും (SO_2, $O \leftarrow S = O$) രണ്ട് O അണുക്കളം ചേർന്നു് സൽഫർട്രൈഓക്സൈഡും (SO_3, $O \leftarrow \underset{\downarrow}{S} = O$; O) ഉണ്ടാകുന്നു.

ചിത്രം 12–17

ഉപസഹസംയോജകതയുടെ പ്രത്യേകതകൾ:

സഹസംയോജകതയുടെ പ്രത്യേകതകൾ മിക്കവാറും ഇതിനും യുക്തമാണ്. എന്നാൽ ഇലക്ട്രോൺ ജോഡി ഒരു അണുവിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്നതിനാൽ രണ്ടാവിൽ വളരെ ചെറിയതോതിൽ ധനചാർജ്ജും ഗ്രാഹിയിൽ തത്തുല്യമായ ഋണചാർജ്ജും കാണാം. അങ്ങനെ ആംശികമായ ധ്രുവത (പോളാരിറ്റി) ഉണ്ടാകുന്നതിനാൽ ഇത്തരം യൗഗികങ്ങൾക്ക് സഹസംയോജിതയൗഗികങ്ങളിൽനിന്ന് അല്പം വ്യത്യസ്തമായ ഗുണധർമങ്ങളാണുള്ളത്.

(1) ബന്ധരൂപീകരണം നടക്കുന്നതിനാൽ അണുക്കൾ തമ്മിൽ സുദൃഢമായ ബന്ധമാണുള്ളത്. തന്നെയല്ല, തന്മാത്രകളിൽ അണുക്കളുടെ ആപേക്ഷിക സ്ഥാനങ്ങൾ നിശ്ചിതമായിരിക്കും. തന്മൂലം ഇത്തരം യൗഗികങ്ങളിലും സമാവയവത കാണാവുന്നതാണ്.

(2) ലായനികളിൽ അയണീകരിക്കുന്നില്ല.

(3) ഉരുകൽനിലയിലും തിളനിലയിലും ഉപസഹസംയോജിത യൗഗികങ്ങൾ അയണികയൗഗികങ്ങളുടെയും സഹസയോജിതയൗഗികങ്ങളുടെയും മദ്ധ്യസ്ഥങ്ങളാണ്.

തുടർന്നു വായിക്കുക:

1. A J. Mee, Physical Chemistry' ELBS (1960)
2. Glinka, General Chemistry, Foreign languages publishing house, Moscow (1958)

അഭ്യാസങ്ങൾ:

1. സംയോജകത എന്നാൽ എന്ത്? സംയോജകത എങ്ങനെ നിർണയിക്കാം.
2. അണുഭാരം, തുല്യാങ്കഭാരം എന്നിവയുമായി സംയോജകത എങ്ങിനെ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?
3. ഇലക്ട്രോണിക സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന തത്വങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.
4. ആബെഗ്ഗിന്റെ എട്ടിന്റെ ചട്ടം ഉദാഹരണസഹിതം വിവരിക്കുക.
5. അക്രിയവാതകങ്ങളുടെ ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസത്തിനു സംയോജ

തകയുടെ ഇലക്ട്രോണിക സിദ്ധാന്തത്തിൽ ഉള്ള സ്ഥാനം വിശദമാക്കുക.

6. മൂന്നുതരം സംയോജകതകളും എങ്ങനെയുണ്ടാകുന്നു. അവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങളും എന്തെല്ലാം ?

7. നൈട്രജനും ഹൈഡ്രജനും ചേർന്നു് അമോണിയാതന്മാത്ര ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതു് സഹസംയോജിതയൗഗികമാണു്. NH_3 യിലെ N അണുവിൽ ഒരു സ്വതന്ത്രജോഡിയുണ്ടു്. ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡിൽ H^+, Cl^- അയോണുകളുണ്ടു്. NH_3 ഒരു H^+ അയോണിനെ ഉപസഹസംയോജനം കൊണ്ടു് സ്വീകരിച്ചു് (NH_4^+) ഉണ്ടാകുന്നു. NH_4Cl-ൽ ഉള്ള അയോണുകളും തമ്മിൽ അയണികബന്ധമാണുള്ളതു്. ഈ വസ്തുതകളും വിശദമായി ചിത്രങ്ങളുപയോഗിച്ചു് വിശദമാക്കുക.

8. ദ്വിബന്ധവും ത്രിബന്ധവും എങ്ങനെയുണ്ടാകുന്നു ?

9. താഴെപ്പറയുന്ന യൗഗികങ്ങളുടെ ഇലക്ട്രോണിക സംവിധാനം വിശദീകരിക്കുക:

(a) KCl (b) Ca_3N_2
(c) CCl_4 (d) $CHCl_3$
(e) MgO (f) HF
(g) PCl_3 (h) $POCl_3$
(i) H_2 (j) H_2O

ലായനികളും ലേയത്വവും ക്രിസ്റ്റലീകരണവും

ഒന്നിലധികം പദാർഥങ്ങളുടെ ഏകാത്മകമിശ്രിതങ്ങളെ ആണു് ലായനികൾ എന്നു് പറയുന്നതു്. വാതകം, ദ്രവം, ഖരം എന്നീ മൂന്നു് അവസ്ഥകളിലും ലായനികൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും കലർന്ന മിശ്രിതം ഒരു വാതകലായനിയാണു്. വായുവും ഒരു വാതകലായനിയാണു്. കറിയുപ്പു് വെള്ളത്തിൽ 'അലിയിച്ചു്' കിട്ടുന്ന ''ഉപ്പുവെള്ളം'' ദ്രവലായനിയാണു്. അല്പം ചെമ്പു ചേർത്തു് ഉരുക്കി കട്ടിയാക്കിയ 'സ്വർണം' ഒരു ഖരലായനിയാണു്. പല കൂട്ടലോഹങ്ങളും ഖരലായനികളാണു്. ഘടകപദാർഥങ്ങളുടെ അവസ്ഥ ഏതായിരുന്നാലും, ലായനിയുടെ അവസ്ഥയനുസരിച്ചാണു് അവയെ ഖരലായനി, ദ്രവലായനി, വാതകലായനി എന്നു് വേർതിരിച്ചു് പറയുന്നതു്. പഞ്ചസാര ജലത്തിൽ അലിഞ്ഞു് കിട്ടുന്നതും ആൽക്കഹോൾ ജലത്തിൽ മിശ്രണം ചെയ്തു് കിട്ടുന്നതും, അമോണിയാവാതകം ജലത്തിൽ അലിഞ്ഞു കിട്ടുന്നതും ആയ ലായനികളെല്ലാം ദ്രവലായനികളാണു്. ലായനിയിലെ ഒരു ഘടകത്തെ നാം സാധാരണമായി 'ലായകം' എന്നും മറ്റുള്ളവയെ ''ലീനങ്ങൾ'' എന്നും പറയാറുണ്ടു്. ലയിപ്പിക്കുന്ന പദാർഥം ലായകം എന്നും ലയിക്കുന്ന പദാർഥം ലീനം എന്നും പറയുന്നു. എന്നാൽ ഈ പദങ്ങൾ ആപേക്ഷികങ്ങളാണു്. എങ്കിലും പരിചയം, കീഴ്വഴക്കം, സൗകര്യം എന്നിവ പരിഗണിച്ചു് ഏതു ഘടകത്തെ ലായകമാക്കി പറയണമെന്നു് നിർണയിക്കാം. സാധാരണയായി മറ്റുള്ളവയെ അപേക്ഷിച്ചു് കൂടുതലുള്ളതോ, മറ്റുള്ളവയെ തന്നിൽ മറയ്ക്കുന്നതോ അഥവാ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതോ ആയ ഘടകത്തെയാണു് ലായകമായി കരുതുന്നതു്. ലായക-ലീനങ്ങൾ തമ്മിൽ ഏകാത്മകമായി മിശ്രണം നടക്കുക എന്ന പ്രക്രിയയ്ക്കു് (ലായനി ഉണ്ടാകുക എന്ന പ്രക്രിയ) ''ലയനം'' (dissolution) എന്നു പറയുന്നു. ഘടകങ്ങളെ ലായകമെന്നും ലീനമെന്നും തരംതിരിക്കാൻ എപ്പോഴും സാധിക്കുകയില്ല. ഉദാഹരണമായി ആൽക്കഹോളും ജലവും തമ്മിൽ ഏതനുപാതത്തിലായാലും ലായനിയുണ്ടാകുന്നു. അതായതു് അവ പൂർണമായും മിശ്രണീയങ്ങളാണു്. ഇവയിൽ ഏതിനെ വേണമെങ്കിലും ലായകമായി കരുതാവുന്നതാ

ണു്. അപ്പോഴും പതിവും സൗകര്യവും നോക്കി ലായനിയിലെ ഒരു ഘടകത്തെ ലായകമാക്കി കണക്കാക്കിയാൽ മറ്റുള്ളവ ലീനങ്ങളായി കരുതപ്പെടുന്നു.

ലായനികളെപ്പറ്റിയുള്ള പഠനങ്ങളും കൊണ്ടു് നമുക്കു് വളരെ പ്രയോജനങ്ങളും ഉണ്ടായിട്ടുണ്ടു് ഉദാഹരണമായി ലായനികളുടെ ഘടനാകൃണങ്ങളും സംഘടനവും (composition) തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തിൽ നിന്നു് ലീനത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം നിർണയിക്കാവുന്നതാണു്. അതു പോലെ വൈദ്യുതചാലകതാശേഷി അളന്നു് പല സംഗതികളും ഗ്രഹിക്കാം. പല രാസപ്രവർത്തനങ്ങളും ലായനിയിൽ നടത്തുന്നതാണു് സൗകര്യപ്രദം. പദാർഥങ്ങളുടെ നിർമാണം, സംസ്കരണം, സ്വഭാവപഠനം, ഘടനാനിർണയം ഇത്യാദി അനവധി സംഗതികളിൽ ലായനികളുടെ പഠനം സഹായിക്കുന്നു.

ഒരു പദാർഥം എന്തുകൊണ്ടു് ലയിക്കുന്നു

ഈ ചോദ്യത്തിനു് എളുപ്പത്തിൽ ഒരു ഉത്തരം നൽകുക സാധ്യമല്ല. ലയനത്തെപ്പറ്റി പഠിക്കണമെങ്കിൽ ലായനികളെപ്പറ്റി സമഗ്രമായി പഠനം നടത്തേണ്ടിയിരിക്കുന്നു. ചില പദാർഥങ്ങളും തമ്മിൽ സ്വയമേവ ലായനിയുണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ മറ്റു ചിലവ തമ്മിൽ കലരുന്നില്ല. ഉദാഹരണമായി ഉപ്പു് വെള്ളത്തിൽ ലയിക്കുന്നു, എന്നാൽ ഗന്ധകവും കരിയും വെള്ളത്തിൽ ലയിക്കുന്നില്ല. ഗന്ധകം കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡിൽ ലയിക്കുന്നു. ഉപ്പു് അതിൽ ലയിക്കുകയില്ല. ഇതിനെല്ലാം എന്താണു് കാരണം? ഇങ്ങനെ പ്രതിഭാസങ്ങൾക്കു് പല കാരണങ്ങളും ഉണ്ടു്. ഓരോ ലായനികളിലും ഓരോ വിശദീകരണം നൽകാനും പറയേക്കാം. സാമാന്യമായി പറയുമ്പോൾ ലായകലീന തന്മാത്രകളുടെ പാരസ്പരിക ക്രിയാവിശേഷങ്ങളാണു് ലയനത്തിൽ മൗലികമായിട്ടുള്ളതു്. ഇതു് ലായകം, ലീനം എന്നിവയുടെ സംരചനകളെ (structure) യും പരിതഃസ്ഥിതികളെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ചില ലായനികളിലെ ലായകത്തിന്റെ തന്മാത്രകം തമ്മിലുള്ള ആകർഷണത്തെയും ലീനത്തിന്റെ തന്മാത്രകം തമ്മിലുള്ള ആകർഷണത്തെയുംകാൾ അധികമാണു് ലായക–ലീന തന്മാത്രകളുടെപരസ്പരാകർഷണം. അതിനാൽ ലായകവും ലീനവും തമ്മിൽ ഏറ്റവും കൂടിക്കലർന്നിരിക്കാനുള്ള സ്വാഭാവിക പ്രവണത ഉണ്ടാകുന്നു. ആൽക്കഹോളും ജലവും തമ്മിലുള്ള മിശ്രണീയത (miscibility) ഇത്തരത്തിൽ വ്യാഖ്യാനിക്കാം. ചില ലീനങ്ങൾക്കു് അയോണുകളായി വിയോജിക്കാനുള്ള പ്രവണതയുണ്ടായിരിക്കും. എന്നാൽ അയോണുകൾക്കു് സ്ഥിതിചെയ്യാൻ പര്യാപ്തമായ ലായകങ്ങളും ആവശ്യമാണു്. ഉദാഹരണമായി ഉപ്പു് വെള്ളത്തിൽ ലയിക്കുന്നതു്, ഖരാവസ്ഥയിലുള്ള ഈ ലവണത്തിലെ ഘടകങ്ങളായ അയോണുകളും ക്രിസ്റ്റൽബലങ്ങളുടെ അധീനതയിൽനിന്നു് ഉന്മുക്തമായി സ്ഥിതിചെയ്യാൻ പറ്റിയ ജലത്തിലേക്കു് വ്യാപിക്കുന്നതിനാലാണു്. എന്നാൽ മണ്ണെണ്ണക്കു് അയോണുകളെ തന്നിൽ അധിവസിപ്പിക്കുവാൻ തക്കതായ സംരചനയില്ലാത്തതിനാൽ ഉപ്പിനെ അതു് ഒട്ടും ലയിപ്പിക്കുന്നില്ല. ഇതുപോലെ ലയനത്തിനു് പല വ്യാഖ്യാനങ്ങളും നൽകപ്പെടുന്നു.

ലയനപരിധിയും ലേയത്വവും

ഒരു ബീക്കറിൽ അല്പം വെള്ളം എടുത്തു് അതിൽ അല്പാല്പമായി ആൽക്കഹോളം ഒഴിച്ചു് കലക്കുക. ഒഴിക്കുന്ന ഓരോ ഭാഗം ആൽക്കഹോളും വിലയിക്കുന്നതായികാണാം. എത്രയധികം ആൽക്കഹോളം ഒഴിച്ചാലും ഏകാത്മമായ മിശ്രിതം (ലായിനി) ലഭിക്കുന്നു. അതായതു് ഈ പദാർഥങ്ങളും രണ്ടും ഏതനുപാതത്തിലും മിശ്രണീയമാണു്. അതിനാൽ ആൽക്കഹോളും ജലവും തമ്മിൽ പൂർണമായി മിശ്രണീയങ്ങളാണെന്നു് പറയപ്പെടുന്നു. എല്ലാ പദാർഥങ്ങളും ഇതുപോലല്ല. ഉദാഹരണമായി കറിയുപ്പു് ജലത്തിൽ ലയിക്കുന്ന പദാർഥമാണല്ലൊ. എന്നാൽ ഉപ്പും വെള്ളവും തമ്മിൽ ഏതനുപാതത്തിലും മിശ്രണീയമല്ല. ഒരു നിശ്ചിതപരിമാണം ജലത്തിൽ ലയിപ്പിക്കാവുന്ന ഉപ്പിന്റെ പരിമാണത്തിനു് ഒരു സീമ (limit) ഉണ്ടു്. അതിലപ്പുറം ലയനം സാധ്യമല്ല. ഒരു ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിൽ അല്പം ജലം എടുത്തു് അതിൽ ഒരു നുള്ളു് ഉപ്പു് ചേർത്തു് കുലുക്കിയാൽ ഉപ്പു മുഴുവനും അലിയുന്നു. അല്പം കൂടി ഉപ്പുചേർത്തു് കുലുക്കുമ്പോഴും അതും അലിയുന്നു. ഇങ്ങനെ കൂടുതൽ കൂടുതൽ ഉപ്പു് അലിയിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നാൽ ഒടുവിൽ ഇനി ഉപ്പുചേർത്താൽ അലിയാത്ത ഒരു സ്ഥിതിയുണ്ടാകും. അതിനു ശേഷം ഒരുതരി ഉപ്പുപോലും ആ ലായിനിയിൽ അലിയിക്കുക സാധ്യമല്ല. ഈ പരിധി കഴിഞ്ഞു് ചേർക്കപ്പെടുന്ന ഉപ്പു് ഖരമായിത്തന്നെ കിടക്കുന്നതു കാണാം. ഈ സ്ഥിതിയിൽ ലായനി ലീനംകൊണ്ടു് ''പൂരിതം'' ആണെന്നു് പറയാം (saturated). ലീനത്തെ ലയിപ്പിക്കാനുള്ള ലായകത്തിന്റെ ശേഷി പൂർണമായും ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടുകഴിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ഒരു പാത്രത്തിൽ ജലം നിറച്ചാലെന്നതു പോലെ ലായനി ലീനംകൊണ്ടു് നിറക്കപ്പെട്ടുകഴിഞ്ഞു. പൂരിതലായനിയും ഖരാവസ്ഥയിലുള്ള ഉപ്പും കലർന്ന ഈ മിശ്രിതം ഒന്നു ചൂടാക്കിനോക്കുക. കൂടുതൽ ഉപ്പു് അലിയുന്നതായി കാണാം. ആകയാൽ താപനില കൂട്ടുമ്പോഴും 'ലയനശേഷി'യും കൂട്ടുന്നതായി കരുതാം. ഓരോ താപനിലയിലും ഒരു നിശ്ചിതപരിമാണം ലായകത്തിൽ ലയിപ്പിക്കാവുന്ന ലീനത്തിനു് ഒരു നിശ്ചിത അളവുണ്ടു്. ഈ പരിധി എത്തിയ ലായനിയെ ''പൂരിതലായനി'' (saturated solution) എന്നും ഈ പരിധിയിൽ കുറവായി ലീനം അടങ്ങിയ ലായനിയെ ''അപൂരിതലായനി'' (unsaturated solution) എന്നും പറയുന്നു. പൂരിതലായനിയുടെ സംഘടനം (composition) ആണല്ലൊ ലയനസീമ. ഇതിനെയാണു് ലേയത്വം (solubility) എന്നു പറയുന്നതു.

നിർദിഷ്ട താപനിലയിൽ ഉള്ള പൂരിതലായനിയുടെ സംഘടനമാണു് ഒരു വസ്തുവിന്റെ ആ ലായകത്തിലുള്ള ലേയത്വം. ഈ സംഘടനം പലതരത്തിൽ പ്രസ്താവിക്കാം. നിശ്ചിതഭാരം (1 ഗ്രാം, 100 ഗ്രാം, 1000 ഗ്രാം ഇത്യാദി) ലായകത്തെ പൂരിതമാക്കാൻ വേണ്ട ലീനത്തിന്റെ ഭാരം, നിശ്ചിതവ്യാപ്തം (ഉദാ: 1 ലി) ലായകത്തെ പൂരിതമാക്കാൻ വേണ്ട ലീനത്തിന്റെ പരിമാണം, നിശ്ചിതവ്യാപ്തം പൂരിതലായനിയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ലീനത്തിന്റെ പരിമാണം ഇങ്ങനെ പലവിധത്തിലും ലേയത്വത്തെ പ്രകാശിപ്പിക്കാം.

പൂരണവും അതിപൂരണവും

നിശ്ചിത പരിമാണം ലായകത്തെ അല്പാല്പമായി ലേയം (Solute) ചേർത്തു് പൂരിതമാക്കാമെന്നു് കണ്ടുവല്ലോ. ലയനത്തിന്റെ പരിധിയാണു് പൂരിതലായനി എന്നും കണ്ടു. എന്നാൻ ചില സാഹചര്യങ്ങളിൽ പൂരിതലായനിയെക്കാൾ കൂടുതൽ ലീനം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ലായനി ഉണ്ടാക്കാവുന്നതാണു്. ഇതാണു് ''അതിപൂരിതലായനി'' (Supersaturated solution) അതിനാൽ നിർദിഷ്ടതാപനിലയിൽ ഏറ്റവും അധികം ലീനം അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ലായനിയാണു് പൂരിതലായനി എന്നുള്ള സാധാരണ നിർവചനം അപര്യാപ്തമാണു്. പൂരിതലായനിയുടെ പ്രത്യേകത, അതിനു് ലീനവുമായി സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ (equilibrium) സ്ഥിതിചെയ്യാൻ കഴിയും എന്നതാണു്. സ്വയം ഒരു പരിവർത്തനവും ഉണ്ടാകാത്ത സ്ഥിതിയാണു് ''സന്തുലനാവസ്ഥ'' അപ്പോഴും പൂരിതലായനിയും ലീനവും തമ്മിൽ സമ്പർക്കത്തിൽ ഇരുന്നാൽ യാതൊരു മാറ്റവും ഉണ്ടാവുകയില്ല. എന്നാൽ അപൂരിതമോ അതിപൂരിതമോ ആയ ലായനികളും ലീനങ്ങളുടെ സമ്പർക്കമുണ്ടാകുമ്പോഴും സ്വയംപരിവർത്തന വിധേയമാകുന്നു. അപൂരിതലായനിയാണെങ്കിൽ അതിലേക്കു് കൂടുതൽ ലീനം ലയിക്കുകയും തന്മൂലം ലായനിയുടെ ഘനത്വം കൂടുകയുംചെയ്യും. ഈ സ്വയമേയുള്ള ലയനം വേണ്ടത്ര ലീനം ഉണ്ടെങ്കിൽ ലായനി പൂരിതമാകുന്നതുവരെ തുടരും. അതിപൂരിതലായനിയാണെങ്കിൽ ലീനത്തിന്റെ സമ്പർക്കമുണ്ടാകുമ്പോഴും, ലായനിയിൽനിന്നു് പൂരണത്തിനു് വേണ്ടതിലധികമുള്ള ലീനം വേർതിരിഞ്ഞുപോകുന്നു. തന്മൂലം ലായനിയുടെ ഘനത്വം കുറയുന്നു. ലായനി പൂരിതമായാൽ അതിനു് ലീനത്തിന്റെ സമ്പർക്കത്തിൽ മാറ്റം ഒന്നും ഉണ്ടാവുകയില്ല അപ്പോഴും, അപൂരിതമോ അതിപൂരിതമോ ആയ ലായനികളും വേണ്ടത്ര ലീനവുമായി സമ്പർക്കമുണ്ടാകുമ്പോഴും ലായനിയുടെ സംഘടനം വ്യത്യാസപ്പെട്ടു് (സ്വയമേവ) ഒടുവിൽ ലീനവുമായി സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യാൻ കഴിവുള്ള പൂരിതലായനി ആയിത്തീരുന്നു. ഈ തത്വം ആസ്പദമാക്കിയാണു് പൂരിതലായനി നിർവചിക്കപ്പെടേണ്ടതു്.

നിർവചനങ്ങൾ: ശുദ്ധമായ ലേയവുമായി നിശ്ചിതതാപനിലയിൽ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യാൻ കഴിവുള്ള ലായനിയാണു് ആ താപനിലയിലുള്ള **പൂരിതലായനി.**

നിശ്ചിതതാപനിലയിൽ പൂരിതലായനിയിൽ ഉള്ളതിനേക്കാളധികം ലീനം അടങ്ങിയ ലായനിയെ **അതിപൂരിതലായനി** എന്നും പൂരിതലായനിയിലുള്ളതിലും കുറവു് ലീനം അടങ്ങിയ ലായനിയെ **അതിപൂരിതലായനി** എന്നും പറയുന്നു.

നിശ്ചിതതാപനിലയിൽ നിർദിഷ്ട ലീനത്തിന്റെ ഒരു ലായകത്തിലുള്ള പൂരിതലായനിയുടെ സംഘടനമാണു് ആ താപനിലയിലും ലായകത്തിലും ഉള്ള അതിന്റെ **ലേയത്വം.**

ഒരു അതിപൂരിതലായനി വെറുതെ വെച്ചിരുന്നാൽ അതിൽ മാറ്റം ഒന്നും ഉണ്ടാകണമെന്നില്ല എന്നാൽ സ്വയമേവ ലീനത്തെ ബഹിഷ്കരിച്ചു് പൂരിത

ലായനിയാകാനുള്ള പ്രവണത ഉള്ളതിനാൽ അതിപൂരിതലായനി എപ്പോഴും അസ്ഥിരമാണ് (unstable). ലീനം പുറംതള്ളപ്പെട്ട് പൂരിതലായനിയാകുക എന്ന സ്വയമേവ നടക്കുന്ന പ്രക്രിയ ഏതവസരത്തിലും സംഭവിച്ചേക്കാവുന്നതാണ്. ലായനി ശക്തിയായി കുലുക്കുകയോ ലായനി വെച്ചിട്ടുള്ള പാത്രത്തിന്റെ ഉൾഭിത്തിയിൽ ഉരസുകയോ ലായനിയിൽ കരട്ടകഷ്ണം വീഴുകയോ മറ്റോ ചെയ്താൽ ഈ സ്വയം പരിവർത്തനം നടക്കാനുള്ള സാധ്യത വളരെ കൂടുന്നു. അതു പോലെ ലീനത്തിന്റെ ഒരു ചെറിയ തരി അതിപൂരിതലായനിയിൽ ചേർത്തു് ഇളക്കുമ്പോഴും തൽക്ഷണം അധികപ്പറ്റുള്ള ലീനം ക്രിസ്റ്റലുകളായി പുറം തള്ളപ്പെടുന്നു. ലീനം കൊണ്ടു് ''വിത്തിടുക'' (seeding) എന്നാണു് ഈ തന്ത്രത്തിനു് പറയുന്നതു്. അനക്കാതെയും ശല്യപ്പെടുത്താതെയും സൂക്ഷിച്ചാൽ അതിപൂരിതലായനികൾ വളരെക്കാലം ഇരിക്കും. എങ്കിലും നേരിയ ശല്യങ്ങൾ കൊണ്ടു പോലു അവ ലീനം 'കക്ക'കയും പൂരിതലായനിയാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ അതിപൂരിതലായനികൾ ''മിതസ്ഥായി''കളാണെന്നു് പറയാം (Metastable). അസ്ഥിരമാണെങ്കിലും സ്വയം പരിവർത്തനങ്ങൾ ഇല്ലാതെ കുറെ നേരം നില്ക്കുന്ന സ്ഥിതിയാണു് മിതസ്ഥായിത്വം. അതിപൂരിതലായനി പൂരിതലായനിയിൽ നിന്നു് ഉണ്ടാക്കാം. ഓരോ താപനിലയിലും ലേയത്വം നിശ്ചിതമാണല്ലോ. സാധാരണയായി താപനില കൂടുമ്പോൾ ലേയത്വവും കൂടുന്നു. അതിനാൽ പൂരിതലായനി തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ ലേയത്വം കുറയുന്നതിനാൽ ലീനം ബഹിഷ്കൃതമാകണം. അപൂരിതലായനിയേയും വേണ്ടത്ര തണുപ്പിച്ചാൽ അതു പൂരിതമാവുകയും വീണ്ടും തണുപ്പിച്ചാൽ ലീനം വേർപെടുകയും ചെയ്യും എന്നു് ഊഹിക്കാം. പൂരിതലായനിയിൽ നിന്നു് ലീനം വേർപെടുത്തുന്നതിനു്, അതിൽ നിന്നു് കുറെ ലായകം ബാഷ്പീകരിച്ചാലും മതിയാകും. നിശ്ചിത പരിമാണം ലായകത്തിനു് ഒരു നിശ്ചിത പരിമാണം ലീനം മാത്രമേ ഗ്രഹിക്കാൻ കഴിയുന്നുള്ളു. അതുകൊണ്ടു് ലായകം അല്പം കുറഞ്ഞാൽ അതിനനുസൃതമായി ലീനം വേർതിരിയേണ്ടതാണു് എന്നാൽ ഇത്തരത്തിൽ പൂരിതലായനിയിൽ നിന്നു് ലീനം വേർതിരിയുന്നതിനുള്ള ഏതെങ്കിലും മാറ്റം (തണുപ്പിക്കൽ അഥവാ ലായകം ബാഷ്പീകരിക്കൽ) മന്ദമായും മൃദുവായും നടത്തിയാൽ ലീനം വേർതിരിയാതെ ലായനിയിൽ തന്നെ തങ്ങിനിന്നേക്കാം. ലായനിയിലുള്ള ലായകത്തിനു് വഹിക്കാവുന്നതിലധികം ലീനം ഇപ്പോൾ ഇതിലുണ്ടു്. അതായതു് ലായനി അതിപൂരിതമാകുന്നു. എന്നാൽ 'അതിപൂരണം,' വർധിക്കുന്തോറും അസ്ഥിരതയും വർധിക്കുന്നു ഒടുവിൽ ലീനം ക്രിസ്റ്റലുകളായി വേർതിരിയുകയും ലായനി പൂരിതമാവുകയും ചെയ്യും. ആകയാൽ പൂരിതലായനിയെ, അതിൽ നിന്നു് ലീനം വേർതിരിയാനുള്ള പ്രക്രിയയ്ക്കു മന്ദമായും മൃദുവായും വിധേയമാക്കിയാൽ, അതിപൂരിതലായനി ഉണ്ടാക്കാം. ഉദാഹരണമായി പൊട്ടാസിയം ക്രോമൈഡിന്റെ പൂരിതലായനി ഉണ്ടാക്കി ഇളക്കുകയോ തട്ടാതെ പെട്ടെന്നു് അല്പം തണുപ്പിച്ചാൽ ലീനം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കുന്നില്ല. ലായനി അതിപൂരിതമായിരിക്കും. എന്നാൽ ലായനി നന്നായി കലക്കിയാൽ ലീനം വേർപെടും. പൂരിതലായനി തുറന്നുവച്ചു് അല്പം ലായകം ബാഷ്പീകരി

ച്ചാലും ഇതേ അനുഭവം തന്നെയുണ്ടാകും വാസ്തവത്തിൽ ലായനികളിൽ നിന്നും ലീനത്തിന്റെ ക്രിസ്റ്റലുകളും ഉണ്ടാകുന്നതു് എപ്പോഴും അതിപൂരിതാവസ്ഥയിൽ നിന്നാണു്. സോഡിയം തയോസൽഫേറ്റു് ക്രിസ്റ്റലുകളും അഞ്ചാറു തുള്ളി വെള്ളവും ചേർത്തു് ഒരു ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിൽ ചൂടാക്കിയാൽ ക്രിസ്റ്റലുകളും ലയിക്കുകയും നിറമില്ലാത്ത തെളിഞ്ഞ ലായനി ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യും. ഈ ലായനി അനക്കം കൂടാതെ തണുപ്പിച്ചാൽ ക്രിസ്റ്റലുകളും വേർതിരിയുകയില്ല കൊഴുത്ത ഈ ലായനി സോഡിയം തയോസൽഫേറ്റിന്റെ അതിപൂരിതലായനിയാണു്. ഒരു ചെറിയ തരി ലീനം അതിലിട്ടു് കുലുക്കിയാൽ ('വിതയ്ക്കുക') അതിപൂരിത ലായനിയിൽ നിന്നു് ക്രിസ്റ്റലുകളും ധാരാളം ഉണ്ടാകുന്നതു കാണാം. (വെള്ളം ചേർക്കാതെയും ഈ പരീക്ഷണം നടത്താം. കാരണം സോഡിയം തയോസൽഫേറ്റു് ക്രിസ്റ്റലുകളിൽ ക്രിസ്റ്റൽജലം ഉണ്ടു്).

ഒരു ലായനി പൂരിതമോ അപൂരിതമോ അതിപൂരമോ എന്നു് പരിശോധിക്കുന്നതെങ്ങനെ

മുന്നുതരം ലായനികളും അല്പം ലീനം ചേർത്തു് കുലുക്കുമ്പോഴും മുന്നുവിധത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുമെന്നു് മുകളിൽ വിവരിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലൊ. ഈ വസ്തുത ഓർമിച്ചാൽ ലായനി ഏതുതരത്തിലുള്ളതാണെന്നു് നിർണയിക്കാം, പരിശോധിക്കേണ്ട ലായനിയിൽ അല്പം ശുദ്ധമായ ലേയം ചേർത്തു് കുലുക്കുമ്പോഴും ലായനിയിലും ലീനത്തിലും വരുന്ന മാറ്റങ്ങളാണു് പട്ടികയിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതു്:—

ലായനിയുടെ തരം	ലീനത്തിൽ വരുന്ന മാറ്റം	ലായനിയിൽ വരുന്ന മാറ്റം
അപൂരിതലായനി	അലിയുന്നു.	സാന്ദ്രത കൂടുന്നു
പൂരിതലായനി	മാറ്റം ഒന്നും ഇല്ല	മാറ്റം ഒന്നും ഇല്ല
അതിപൂരിതലായനി	കൂടുതൽ ലീനം ഉണ്ടാകുന്നു	ലായനിയുടെ സാന്ദ്രത കുറയുന്നു

ഈ പരിവർത്തനങ്ങളും കാഴ്ചയിൽ തന്നെ സ്പഷ്ടമായി പലപ്പോഴും കാണാവുന്നതാണു്. വളരെ ചെറിയ ഒരു തരി ലീനം അല്പം ലായനിയിൽ ചേർത്തിളക്കുമ്പോഴും ലീനം അലിഞ്ഞുപോകുന്നെങ്കിൽ ലായിനി അപൂരിതമാണെന്നും കൂടുതൽ ലീനം വേർപെടുന്നുണ്ടെങ്കിൽ ലായനി അതിപൂരിതമാണെന്നും രണ്ടും സംഭവിക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ ലായനി പൂരിതമാണെന്നും നിശ്ചയിക്കാം. എന്നാൽ പലപ്പോഴും കണ്ണു കൊണ്ടു് ഇതിൽ ഏതാണു് സംഭവിക്കുന്നതെന്നു നിശ്ചയിക്കാൻ വിഷമമാണു്. ഉദാഹരണമായി തുഛമായ അതിപൂരണം മാത്രമുള്ള ലായനിയാണെങ്കിൽ ലീനത്തിന്റെ ബഹിഷ്കരണം നേരിട്ടു കാണാൻ മാത്രം സ്പഷ്ടമല്ല. അതിനാൽ ലീനം ചേർക്കുന്നതിനു മുമ്പും അതിനു ശേഷവും ലായനിയെ വിശ്ലേഷണം ചെയ്തു് അതിന്റെ സാന്ദ്രത കണ്ടുപിടിച്ചാൽ മാത്രമേ ലായനി

യിൽ പരിവർത്തനം ഉണ്ടായോ എന്നും ഉണ്ടായെങ്കിൽ അതു് എന്തൊണെന്നും അറിയാൻ സാധിക്കുകയുള്ളു.

ലായനികളുടെയും മിശ്രിതങ്ങളുടെയും സംഘടനങ്ങളും പ്രസ്താവിക്കുന്നതിനുള്ള സാധാരണ രീതികളും

1) ഭാരാനുപാതം

മിശ്രിതത്തിലുള്ള ഓരോ ഘടകങ്ങളുടെയും ഭാരങ്ങളും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണു് ഭാരാനുപാതം.

ഉദാ: 10 ഗ്രാം മിശ്രിതത്തിൽ 2 ഗ്രാം A, 4 ഗ്രാം B, 4 ഗ്രാം C എന്നിവയാണുള്ളതെങ്കിൽ,

A: B: C = 2: 4: 4 = 1 : 2 : 2 എന്നാണു് ഭാരാനുപാതം.

2. ഭാരശതമാനം

100 ഭാരം മിശ്രിതത്തിലുള്ള ഓരോ ഘടകങ്ങളുടെയും ഭാരമാണു് ആ ഘടകങ്ങളുടെ ശതമാനങ്ങളും.

മുമ്പു് കണ്ട ഉദാഹരണത്തിൽ 10 ഗ്രാം മിശ്രിതത്തിൽ 2 ഗ്രാം A, 4 ഗ്രാം B, 4 ഗ്രാം C എന്നിവയാണുള്ളതു്.

$\therefore$ A യുടെ ശതമാനം $= \frac{2 \times 100}{10} = 20\%$

ഇതുപോലെ B യുടെയും C യുടെയും ശതമാനങ്ങളും 40 വീതമാണു്. (ഘടകങ്ങളുടെ ശതമാനങ്ങളുടെ ആകത്തുക 100 ആയിരിക്കണം).

3. ഭാരഭിന്നം

1 ഗ്രാം മിശ്രിതത്തിലുള്ള ഓരോ ഘടകങ്ങളുടെയും ഭാരമാണു് ആ ഘടകങ്ങളുടെ ഭാരഭിന്നം. ഇതു് ശതമാനത്തിന്റെ 100-ൽ ഒന്നു് ആയിരിക്കണമല്ലോ. മുമ്പു് പറഞ്ഞ ഉദാഹരണത്തിൽ, A യുടെ ഭാരഭിന്നം $= \frac{2}{10} = 0.2$

B യുടെ ഭാരഭിന്നം $= \frac{4}{10} = 0.4$

C ,, ,, $= \frac{4}{10} = 0.4$

ഒരു മിശ്രിതത്തിലുള്ള ഘടകങ്ങളുടെ ഭാരഭിന്നങ്ങളുടെ തുക 1 ആയിരിക്കണമെന്നു് സ്പഷ്ടം.

മോൾഅനുപാതം, മോൾശതമാനം, മോൾഭിന്നം

ഭാരത്തെ 'മോളു' മാത്രയിൽ (ഗ്രാം തന്മാത്രഭാരം) കണക്കാക്കി മേല്പറഞ്ഞ മൂന്നു രീതികളിലും സംഘടനം പ്രസ്താവിക്കാം. 6 മോൾ വെള്ളവും ($=6 \times 18.06$ ഗ്രാം) 4 മോൾ ആൽക്കഹോളും (4×46 ഗ്രാം) അടങ്ങിയ ലായനിയുടെ കാര്യം എടുക്കുക. ഇതിൽ ആൽക്കഹോളും വെള്ളവും

മോൾ അനുപാതം $= 4:6 = 2:3$

മോളം ശതമാനങ്ങളം 40, 60 എന്നിവയാണ്

മോളം ഭിന്നങ്ങളം 0, 4, 0.6 എന്നിവയും

5. മോളാലിറ്റി

ലായനികളുടെ വിഷയത്തിൽ സാധാരണമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന പദമാണ് ''മോളാലിറ്റി''

1000 ഗ്രാം ലായകത്തിൽ എത്ര മോളം ലീനം ഉണ്ടെന്നു പ്രസ്താവിക്കുന്നതിനാണ് മോളാലിറ്റി എന്നു പറയുന്നതു്. ഉദാഹരണമായി 100 ഗ്രാം ജലത്തിൽ 3 ഗ്രാം യൂറിയാ (തന്മാത്രാഭാരം = 60) ലയിച്ചു കിടക്കുന്ന ലായനിയുടെ മോളാലിറ്റി കണക്കാക്കാം.

100 ഗ്രാം ജലത്തിൽ ഉള്ള യൂറിയ = 3 ഗ്രാം

$\therefore$ 1000 ഗ്രാം ജലത്തിലുള്ള യൂറിയ = $\frac{3}{100} \times 1000 = 30$ ഗ്രാം

1 മോളം യൂറിയ = 60 ഗ്രാം

$\therefore$ 30 ഗ്രാം യൂറിയ = $\frac{30}{60} = 0.5$ മോളം

$\therefore$ 1000 ഗ്രാം ജലത്തിൽ ഉള്ള യൂറിയ = 0.5 മോളം

$\therefore$ ലായനിയുടെ മോളാലിറ്റി = 0.5 m.

('m' എന്നതു് മോളാലിറ്റിയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു'')

ഈ ലായനിയെ 0.5 മോളാൽ ലായനി (0.5 m) എന്നു പറയാം.

6. മോളാരിറ്റി അഥവാ മോളാർ സാന്ദ്രത

ഒരു ലിറ്റർ ലായനിയിലുള്ള ഓരോ ഘടകത്തിന്റെയും പരിമാണം എത്ര മോളം ഉണ്ടെന്നു പറയുന്നതാണ് ലായനിയിലെ ഏതു പദാർത്ഥത്തിന്റെ മോളാർ സാന്ദ്രത.

ഉദാഹരണമായി 1 ലിറ്റർ ലായനിയിൽ 36 ഗ്രാം ഗ്ലൂക്കോസ് ലയിച്ചിട്ടുണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ.

$\therefore$ 1 ലിറ്ററിൽ ഉള്ള ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ ഭാരം = 36 ഗ്രാം

1 മോളം ഗ്ലൂക്കോസ് ($C_6H_{12}O_6$) = 180 ഗ്രാം

$\therefore$ 36 ഗ്രാം = $\frac{36}{180} = 0.2$ മോളം

$\therefore$ ഈ ലായനിയിൽ ലിറ്ററിനു 0.2 മോളം വീതം ഗ്ലൂക്കോസ് ഉണ്ടു്.

$\therefore$ ലായനിയുടെ സാന്ദ്രത = 0.2 M

(0.2 മോളം / l)

[ഒരു ലിറ്റർ ലായനിയിലുള്ള ഭാരത്തെ അതിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം കൊണ്ടു ഭാഗിക്കുമ്പോൾ മോളാരിറ്റി കിട്ടുന്നു.]

7. നോർമാലിറ്റി (അധ്യായം 6 നോക്കുക; അനുബന്ധം 3)

8. 1 ലിറ്ററിലുള്ള ഭാരം

1 ലിറ്റർ ലായനിയിലുള്ള ഓരോ ഘടകത്തിന്റെയും ഭാരമാണിതു്.

ഇതിനെ തന്മാത്രാഭാരം കൊണ്ടു് ഭാഗിച്ചാൽ മോളാർസാന്ദ്രതയും തുല്യാങ്കഭാരം കൊണ്ടു് ഭാഗിച്ചാൽ നോർമാലിറ്റിയും കിട്ടുന്നു.

9 വ്യാപ്യശതമാനം

100 വ്യാപ്യം ലായനിയിൽ എത്ര വ്യാപ്യം ഘടകം ഉണ്ടെന്നു് പ്രസ്താവിക്കുന്നതാണു് ആ ഘടകത്തിന്റെ വ്യാപ്യശതമാനം. വാതകമിശ്രിതങ്ങളിലും ദ്രവമിശ്രിതങ്ങളിലും വ്യാപ്യശതമാനവും വ്യാപ്യഭിന്നവും ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടുന്നുണ്ടു്.

ലേയത്വനിർണയം

സാമാന്യമായി പറയുമ്പോൾ പൂരിതലായനിയുടെ സംഘടനമാണു് ലേയത്വം. ഒരു വസ്തുവിന്റെ ലേയത്വം താപനില, മർദം, ലായകം എന്നിവ അനുസരിച്ചു് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കും. നിശ്ചിതതാപനിലയിലും മർദത്തിലും ഒരു വസ്തുവിന്റെ ലേയത്വം ഓരോ ലായകത്തിലും നിശ്ചിതമായിരിക്കും. അതിനാൽ പദാർഥങ്ങളുടെ പരിശുദ്ധി അറിയുന്നതിനും മറ്റും ലേയത്വം ഒരു പരിശോധനവിധി (test) ആയി ഉപയോഗിക്കാം. ലേയത്വം കൃത്യമായി അറിയേണ്ടി വരുന്ന പല സന്ദർഭങ്ങളും ഉണ്ടു് പരീക്ഷണശാലകളിലും വ്യവസായശാലകളിലും മറ്റു തന്മൂലം ലേയത്വനിർണയം പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു. പല വ്യവസായിക പ്രക്രിയകളുടെയും ആസൂത്രണത്തിനു് അതിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന പദാർഥങ്ങളുടെ ലേയത്വം അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതുണ്ടു്. ലീനത്തിന്റെയും ലായകത്തിന്റെയും സ്വഭാവങ്ങൾക്കനുസരിച്ചു് ലേയത്വനിർണയത്തിനു് പല വിധികളും ഉണ്ടു്. നിശ്ചിതതാപനിലയിലും മർദത്തിലും പൂരിതലായനി ഉണ്ടാക്കി അതിനെ അനായാസ്യമായ വിധിപ്രകാരം വിശ്ലേഷണം ചെയ്തു് നേരിട്ടു് ലേയത്വം നിർണയിക്കാം. ലേയത്വനിർണയത്തിനു് നേരിട്ടല്ലാത്ത പരോക്ഷവിധികളും ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ടു്. പൂരിതലായനിയുടെ വിശ്ലേഷണം നടത്താനുപയോഗിക്കുന്ന ചില പ്രധാന മാർഗങ്ങളും താഴെച്ചേർക്കുന്നു.

(a) ഒരു നിശ്ചിതപരിമാണം പൂരിതലായനിയിൽ നിന്നു് ലായകം ബാഷ്പീകരിച്ചു് മാറ്റുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന ലീനത്തിന്റെ പരിമാണം നിർണയിക്കുക.

(b) നിശ്ചിതപരിമാണം പൂരിതലായനിയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ലീനത്തിന്റെ പരിമാണം ടൈട്രേഷൻ കൊണ്ടോ ഭാരവിശ്ലേഷണം കൊണ്ടോ നിർണയിക്കുക.

(c) പൂരിതലായനിയുടെ സംഘടനം, ചാലകത (conductivity), അപവർത്തകത (refractivity) മുതലായ ഭൗതിക ഗുണധർമങ്ങളിൽ നിന്നും നിർണയിക്കുക.

(d) ലേയത്വം വളരെ കുറഞ്ഞ പദാർഥങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ പൂരിതലായനികളും പ്രത്യേക മൈക്രോവിധികളും പ്രയോഗിച്ചു് വിശ്ലേഷണം ചെയ്യുക.

ലേയത്വം പല തരത്തിലും നിർവചിക്കപ്പെടാറുണ്ടു്. പൂരിതലായനിയുടെ സംഘടനമാണല്ലോ ലേയത്വം. അതിനാൽ സംഘടനം പ്രസ്താവിക്കാനുള്ള രീതികളെല്ലാം ലേയത്വംപ്രസ്താവിക്കുവാനും ഉപയോഗിക്കാം. സാധാരണയായി, 100 ഗ്രാം ലായകത്തെ നിർദിഷ്ടതാപനിലയിലും മർദത്തിലും പൂരിതമാക്കാൻ ആവശ്യമായ ലീനത്തിന്റെ പരിമാണമായിട്ടാണു് ലേയത്വം നിർവചിക്കാറുള്ളതു്. പലപ്പോഴും 1000 ഗ്രാം ലായകത്തെ പൂരിതമാക്കാൻ വേണ്ട ലീനമായും പ്രസ്താവിക്കപ്പെടുന്നുണ്ടു്.

അതിനാൽ ലേയത്വം എത്രയെന്നു് പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ, താപനില, മർദം. ലായകം എന്നിവയും ലേയത്വമാത്രയും സൂചിപ്പിക്കേണ്ടതാണു്. ഉദാഹരണമായി ഒരു വസ്തുവിന്റെ 30°C-യിലും 1 അന്തരീക്ഷം മർദത്തിലും ജലത്തിലുള്ള ലേയത്വം = 37.5 ഗ്രാം/100 ഗ്രാം ജലം.

ഇത്തരത്തിൽ വ്യക്തമായി ലേയത്വം പ്രസ്താവിക്കേണ്ടതാണു്.

ലാബറട്ടറി -താപനിലയിൽ കറിയുപ്പിന്റെ ലേയത്വനിർണയം

ഒരു വലിയ ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിൽ ഏകദേശം 20 മിലി ശുദ്ധജലം (വാറ്റുജലം എടുത്തു് അതിൽ അല്പാല്പമായി ശുദ്ധമായ സോഡിയം ക്ലോറൈഡ്, (ചേർത്തു്) കലുക്കുക. രണ്ടു മൂന്നു തരി ഉപ്പു് അലിയാതെ അവശേഷിക്കുന്നതുവരെ കലുക്കണം. വലിയ ഒരു ബീക്കറിൽ തണുത്ത വെള്ളം എടുത്തു് അതിനുള്ളിൽ ടെസ്റ്റ്ട്യൂബു് (ലായനിയോടുകൂടി) നിർത്തുക. നിശ്ചിത താപനിലയിൽ പൂരിതലായനി ഉണ്ടാക്കാനാണിതു്. ഇടയ്ക്കിടയ്ക്കു് കലുക്കിക്കൊണ്ടു് ഏകദേശം അരമണിക്കൂർ കഴിയുമ്പോൾ ലായനി പൂരിതമായെന്നു് കരുതാം. ഇതിനിടയിൽ ഒരു പെറിയ പോർസ്ലേൻ ഡിഷു് ശുചിയാക്കിയ ശേഷം ഉണക്കി ഡെസിക്കേറ്ററിൽ വച്ചു് തണുപ്പിച്ചു് അതിന്റെ ഭാരം സൂക്ഷ്മമായി നിർണയിക്കുക. ഒരു പിപ്പറ്റു കൊണ്ടു് ഏകദേശം 10 മിലി തെളിഞ്ഞ പൂരിതലായനി ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിൽ നിന്നു വലിച്ചെടുത്തു് ഭാരം നിർണയിച്ച ഡിഷിലേക്കു് ഒഴിക്കുക. ഡിഷിന്റെ ഭാരം ലായനിയോടുകൂടി നിർണയിച്ചശേഷം ഒരു നീരാവി ബാത്തിൽവച്ചു് ചൂടാക്കുക. ലായനിയിൽ നിന്നു് ലായകം (ജലം) ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഉപ്പിന്റെ ക്രിസ്റ്റലുകളും മാത്രം അവശേഷിക്കുമ്പോൾ ഡിഷിനെ ബാത്തിൽനിന്നു് മാറ്റി പുറം തുടച്ചു് ഒരു മണൽ-ബാത്തിൽ വെച്ചു് നന്നായി ചൂടാക്കുക. ജലാംശം നിശ്ശേഷം മാറുന്നതിനാണിതു്. അല്പനേരം ചൂടാക്കിക്കഴിഞ്ഞു് ഡിഷു് ഡെസിക്കേറ്ററിൽ വച്ചു് തണുപ്പിച്ചു് അതിന്റെ ഭാരം വീണ്ടും നിർണയിക്കുക. മണൽ-ബാത്തിൽ വെച്ചു് ചൂടാക്കി, തണുപ്പിച്ചു് ഭാരം നിർണയിക്കുന്നതു് സ്ഥിരമായ ഭാരം കിട്ടുന്നതുവരെ ആവർത്തിക്കണം.

പരികലനം:—

ഡിഷിന്റെ ഭാരം = a ഗ്രാം.
ഡിഷു് + പൂരിതലായനി = b ഗ്രാം.
ഡിഷു് + ലീനം (സ്ഥിരമായ ഭാരം) = c ഗ്രാം.

∴ ലീനത്തിന്റെ ഭാരം = (c — a) ഗ്രാം.
ലായകത്തിന്റെ ഭാരം = (b — c) ഗ്രാം.

∴ (b — c) ഗ്രാം ജലത്തെ പൂരിതമാക്കാൻ (c — a) ഗ്രാം ലീനം വേണം.

∴ ലേയത്വം = 100 ഗ്രാം ലായകത്തെ പൂരിതമാക്കാൻവേണ്ട ലീനം

$$= \frac{(c - a)}{(b - c)} \times 100 \text{ ഗ്രാം}/100 \text{ ഗ്രാം ജലം.}$$

ലേയത്വം 1000 ഗ്രാം ലായകത്തിലോ 1 ഗ്രാം ലായകത്തിലോ ആണ് പ്രസ്താവിക്കുന്നതെങ്കിൽ അതനുസരിച്ച് കണക്കാക്കേണ്ടതാണ്.

കുറിപ്പ്: പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡ്, പൊട്ടാസിയം ഡൈക്രോമേറ്റ് മുതലായ ലീനങ്ങളുടെ ലേയത്വവും ഈ രീതിയിൽ നിർണയിക്കാം. ചൂടാക്കുമ്പോൾ ആവിയാകുന്നതോ വിഘടനം ചെയ്യുന്നതോ ആയ വസ്തുക്കളുടെ ലേയത്വം ഇത്തരത്തിൽ നിർണയിക്കാൻ നിവൃത്തിയില്ല.

ലാബറട്ടറിയുടേതിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായ താപനിലകളിൽ ലേയത്വനിർണയം

ഏതു താപനിലയിലുമുള്ള ലേയത്വം നിർണയിക്കുന്നതിനും മേൽവിവരിച്ചിട്ടുള്ളതിൽ നിന്നും അല്പം ഭേദഗതി ആവശ്യമാണ്. പൂരിതലായനി നിർദിഷ്ട താപനിലയിൽ ഉണ്ടാക്കണം. ഇതു മുറിയിലെ താപനിലയിൽ നിന്നും താഴെയാണെങ്കിൽ ഐസും വെള്ളവും കലർത്തിയ ബാത്തും ഉപയോഗിക്കാം. മുറിയിലേതിൽനിന്നും ഉയർന്ന താപനിലയിൽ ബാത്തു ഉണ്ടാക്കാൻ ചൂടുവെള്ളം ഉപയോഗിക്കാം. സ്ഥിരമായ താപനിലയിൽത്തന്നെയിരിക്കുന്ന ''തർമോസ്റ്റാറ്റുകൾ'' (Thermostats) ഉപയോഗിക്കുകയാണ് ഏറ്റവും നല്ലതു്. താണ താപനിലകളിൽ പൂരിതലായനി പിപ്പറ്റു കൊണ്ടു ഭാരം നിർണയിച്ച ഡിഷിലേക്ക് എടുത്തു അതിലുള്ള ലീനം എത്രയാണെന്നു കണ്ടുപിടിക്കാം. എന്നാൽ മുറിയിലെ താപനിലയെക്കാൾ അധികം താപനിലയിലുള്ള പൂരിതലായനി ഇത്തരത്തിൽ പിപ്പറ്റു കൊണ്ടു വലിച്ചെടുക്കുന്നതിനിടയിൽ ലായനി തണുത്തു പോകുന്നതിനാൽ ലീനം വേർപെട്ടു പോകുന്നു. അതു കൊണ്ടു പൂരിതലായനി ഇത്തരത്തിൽ എടുക്കാൻ നിവൃത്തിയില്ല. ഭാരം നിർണയിച്ച ഒരു ''പൈക്നോമീറ്റർ''കൊണ്ടു അല്പം പൂരിതലായനി വലിച്ചെടുത്തു വീണ്ടും പൈക്നോമീറ്ററിന്റെ ഭാരം നിർണയിക്കണം. ഭാരവ്യത്യാസം പൂരിതലായനിയുടെ ഭാരമാണ്. ലായനിയും വേർതിരിയുന്ന ലീനവും പൂർണമായി പൈക്നോമീറ്ററിൽ നിന്നു ചൂടുവെള്ളം കൊണ്ടു കഴുകി ഭാരം നിർണയിക്കപ്പെട്ട ഡിഷിൽ എടുത്തു വറ്റിച്ചു ലീനത്തിന്റെ ഭാരം നിർണയിക്കപ്പെടുന്നു.

ലേയത്വം എല്ലായ്പോഴും സംഗതികളെ ആശ്രയിക്കുന്നു

ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ലേയത്വം മുഖ്യമായി മൂന്നു സംഗതികളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

(i) ലായകം
(ii) താപനില
(iii) മർദം

(i) നിശ്ചിത താപനിലയിലും മർദത്തിലും ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ലേയത്വം ഓരോ ലായകങ്ങളിലും നിശ്ചിതമായിരിക്കും. ഈ വസ്തുത പദാർഥങ്ങളുടെ ശുദ്ധി പരിശോധിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്. ലായകത്തിന്റെയും ലീനത്തിന്റെയും ശുദ്ധിപരിശോധനയ്ക്കും ലേയത്വനിർണയം ഉപയോഗിക്കാം. അതുപോലെ ഒരു ലായകത്തിൽ ഓരോ പദാർഥങ്ങൾക്കും ഉള്ള ലേയത്വം വ്യത്യസ്തമായി

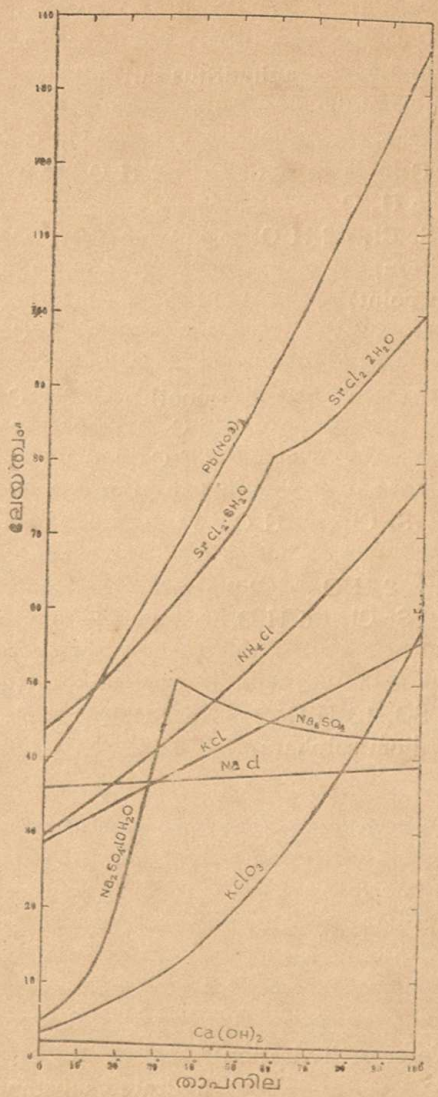
രിക്കുന്നതിനാൽ പദാർഥങ്ങളുടെ ശുദ്ധീകരണത്തിനും മിശ്രിതങ്ങളെ വേർതിരിക്കുന്നതിനും ഈ വസ്തുത പ്രയോജനപ്പെടുന്നു (അധ്യായം 2).

(ii) മർദം അനുസരിച്ചും ഒരു വസ്തുവിന്റെ നിർദിഷ്ട ലായകത്തിലും താപനിലയിലും ഉള്ള ലേയത്വം വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. എന്നാൽ മർദത്തിനുള്ള സ്വാധീനം വാതകമല്ലാത്ത ലീനങ്ങളിൽ തുച്ഛമാണു്. വാതകങ്ങളെക്കെല്ലാം മർദം കൂടുമ്പോൾ ലേയത്വം കൂടുന്നു. അന്തരീക്ഷമർദത്തിൽ ജലത്തിൽ അല്പം മാത്രം ലേയത്വമുള്ള കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് വാതകം ഉന്നതമർദത്തിൽ ധാരാളം ലയിക്കുന്നു. സോഡാക്കുപ്പികളിലെ ഉന്നതമർദത്തിൽ ലായനിയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് കുപ്പിയുടെ അടപ്പു തുറക്കുമ്പോൾ ബഹിർഗമിക്കുന്നതു മർദം കുറയുന്നതിനാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ലേയത്വത്തിലുള്ള കുറവു കൊണ്ടാണു്.

(iii) ലേയത്വവും താപനിലയും, ലേയത്വവക്രം

ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ലേയത്വം ഒരേ ലായകത്തിൽ തന്നെ നിശ്ചിതമർദത്തിൽ ഓരോ താപനിലയിലും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു താപനിലയനുസരിച്ചുള്ള ലേയത്വവ്യതിയാനരീതിയും പരിമാണവും നിർണയിച്ചു് ആ വസ്തുവിനെക്കുറിച്ചു് പലതും നമുക്കു് ഗ്രഹിക്കാവുന്നതാണു്. ഉദാഹരണമായി, ലീനം ലയിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന താപമാറ്റം (Heat change) പല താപനിലകളിലുള്ള അതിന്റെ ലേയത്വങ്ങളിൽ നിന്നു് കണക്കാക്കാം.

സാധാരണമായി താപനില കൂടുന്തോറും ലേയത്വം കൂടുന്നതായിക്കാണാം. എങ്കിലും ചില വസ്തുക്കൾക്കു് ലേയത്വം കുറയുന്നുമുണ്ടു്. കാൽസിയം സൽഫേറ്റിന്റെ ജലത്തിലുള്ള ലേയത്വം താപനില കൂടുമ്പോൾ കുറഞ്ഞുവരുന്നു. താപനില കൂടുമ്പോൾ എല്ലാ വാതകങ്ങൾക്കും ലേയത്വം കുറയുന്നു. ചില പദാർഥങ്ങളുടെ ലേയത്വം താപനില വ്യത്യാസപ്പെടുമ്പോൾ വലിയ മാറ്റമില്ലാതിരിക്കുന്നു. ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ലേയത്വവും താപനിലയും ഇണക്കി വരയ്ക്കപ്പെടുന്ന ഗ്രാഫാണു് ആ പദാർഥത്തിന്റെ ലേയത്വവക്രം. ഇത്തരം ലേയത്വവക്രങ്ങളിൽ നിന്നു്, ഏതെങ്കിലും താപനിലയിൽ ഉള്ള ലേയത്വം കണ്ടുപിടിക്കാവുന്നതാണു്. തന്നെയല്ല, ഇവയുടെ രൂപത്തിൽ നിന്നു് പലതും അറിയാൻ സാധിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി, അനുക്രമം വ്യത്യാസപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ലേയത്വവക്രങ്ങളിൽ ചിലപ്പോൾ ചില 'ഒടിവുകൾ' കാണാം. അതായതു് ഒരു താപനില വരെ തുടർച്ചയായി കൂടുകയോ കുറയുകയോ ചെയ്യുന്ന ലേയത്വം ആ താപനിലയ്ക്കുപുറം പെട്ടെന്നു് കൂടുന്നതായോ കുറയുന്നതായോ കാണാം. ലീനത്തിനു് ആ താപനിലയിൽ വന്നുകൂടുന്ന ചില പരിവർത്തനങ്ങളാണു് ഇതിനു് കാരണം. ലേയത്വവക്രങ്ങളിലുള്ള ഇത്തരം 'ഒടിവുകൾ' ലീനത്തിൽ പരിവർത്തനങ്ങൾ ഉണ്ടെന്നറിയുന്നതിനും ഈ പരിവർത്തനം ഏതു താപനിലയിൽ ഉണ്ടാകുന്നു എന്നറിയുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു (ചിത്രം 13_1 നോക്കുക).



ചിത്രം 13_1

താപനില_ലേയത്വവക്രം

$Ca(OH)_2$ ന്റെ ലേയത്വം മാത്രം 1000 ഗ്രാം ലായകത്തിലാണ് കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

ഉദാഹരണമായി ചില ജലയോജിതലവണങ്ങളും (hydrated salts) ഒരു നിശ്ചിത താപനിലക്കു മുകളിൽ വിയോജിച്ചു് മറെറാരു ജലയോജിത ലവണമോ നിർജലലവണമോ (anhydrous salt) ആയിത്തീരുന്നു. അതിനാൽ ഈ താപനിലയിൽ ആ ലവണത്തിന്റെ ലേയത്വവക്രത്തിനു് ഒടിവു് ഉണ്ടായിരിക്കും സ്ട്രോൺഷിയം ക്ലോറൈഡ് ക്രിസ്റ്റലുകളും 60° C-നു് താഴെ $Sr Cl_2 \cdot 6 H_2 O$ ആയും 60° C-നു് മുകളിൽ $Sr Cl_2 \cdot 2 H_2O$ ആയും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ $Sr Cl_2 \cdot 6 H_2 O$ ക്രിസ്റ്റലുകളും ചൂടാക്കിയാൽ 60° C ആകുമ്പോഴും അവ വിയോജിച്ചു് $Sr Cl_2 \cdot 2 H_2O$ ആകുന്ന ഇത്തരം പരിവർത്തനങ്ങൾക്കു് സംക്രമണം (Transition) എന്നും സംക്രമണം നടക്കുന്ന താപനിലക്കു് സംക്രമണബിന്ദു (Transition point) അഥവാ സംക്രമണതാപനില എന്നും പറയുന്നു. സ്ട്രോൺഷിയംക്ലോറൈഡിന്റെ ലേയത്വവക്രത്തിൽ 60°C-ൽ കാണുന്ന ഒടിവു് ഈ സംക്രമണത്തിന്റെ പ്രതിഫലനമാണു്. പരിവർത്തനബിന്ദു ഒന്നുമില്ലെങ്കിൽ വക്രം ഒടിവില്ലാത്തതായിരിക്കും (smooth). 60° C-നു് മുകളിലുള്ളതു് $SrCl_2 \cdot 2 H_2O$-ന്റെ ലേയത്വവക്രവും 60° C-നു് താഴെയുള്ളതു് $Sr Cl_2 \cdot 6 H_2O$-ന്റെലേയത്വവക്രവുമാണു്. ഇവ തമ്മിൽ 60° C-ൽ സന്ധിക്കുന്നു. അതിനാലാണു് വക്രത്തിൽ ഒടിവുണ്ടാകുന്നതു്. സംക്രമണബിന്ദു അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതുണ്ടു്. 60° C-നു് മുകളിൽ $Sr Cl_2 . 2 H_2O$ ആണു് സ്ഥിരതയുള്ളതു്. അതിനാൽ പൂരിതലായനിയിൽ നിന്നു് ലീനം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കുമ്പോഴും 60° C-നു് മുകളിലാണെങ്കിൽ $Sr Cl_2 \cdot 2 H_2O$ ക്രിസ്റ്റലുകളായിരിക്കും ലഭിക്കുന്നതു്. 60° C-നു് താഴെയാണെങ്കിലോ $Sr Cl_2 \cdot 6 H_2O$ ക്രിസ്റ്റലുകളും ഉണ്ടാവുകയുള്ളൂ. ഇതുപോലെ തന്നെ സോഡിയംസൽഫേറ്റ് ക്രിസ്റ്റലിനും സംക്രമണം സംഭവിക്കുന്നുണ്ടു്. 32 °C-ൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഈ സംക്രമണം ഗ്ലൗബർ ലവണം (Glauber's salt) എന്നറിയപ്പെടുന്ന $Na_2 SO_4 10 H_2O$ ഉം $Na_2 SO_4$ ഉം തമ്മിലാണു് (hydrated and anhydrous sodium sulphate).

ക്രിസ്റ്റലനജലം

ഒരു പൂരിതലായനി തണുപ്പിക്കുകയോ അതിൽ നിന്നു് ലായകം ബാഷ്പീകരിക്കുകയോ ചെയ്താൽ താൽക്കാലികമായി ലായനി അതിപൂരിതമാവുകയും അതിപൂരണം വർധിക്കുമ്പോഴും ലീനം ക്രിസ്റ്റലുകളായി വേർതിരിയുകയും ചെയ്യുന്നു. ചില ക്രിസ്റ്റലുകളും ജലലായനിയിൽനിന്നു് വേർതിരിഞ്ഞുണ്ടാകുമ്പോഴും അവയിൽ നിശ്ചിതപരിമാണം ജലംകൂടി അല്പസ്വല്പം അയഞ്ഞ മട്ടിലാണെങ്കിലും രാസസംയോജിതമായിത്തന്നെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഇപ്രകാരം ഒരു ക്രിസ്റ്റലിൽ രാസസംയോജിതമായ ജലമാണു് ക്രിസ്റ്റലനജലം അഥവാ ഹൈഡ്രേഷൻ ജലം (Water of hydration). ക്രിസ്റ്റലനജലം അടങ്ങിയ പദാർഥങ്ങളെ ''ജലയോജിത പദാർഥങ്ങൾ'' (hydrated substance - ഹൈഡ്രേറിത പദാർഥങ്ങൾ) എന്നു പറയുന്നു. ഇത്തരം ഹൈഡ്രേറ്റുകളിൽ നിന്നു് (ജലയോജിത പദാർഥങ്ങളിൽ നിന്നു്) ക്രിസ്റ്റലനജലം എളുപ്പത്തിൽ (ഉദാ: ചൂടാക്കുമ്പോൾ) നിഷ്കാസനം ചെയ്യാം. ക്രിസ്റ്റലനജലം നഷ്ടപ്പെട്ടു് അവശേഷിക്കുന്ന പദാർഥത്തെ നിർജലപദാർഥം (anhydrous substance) എന്നു പറയുന്നു. ഒരു ഹൈഡ്രേ

ഠറിൽനിന്നു് ക്രിസ്റ്റലനജലം നീക്കുന്ന പ്രക്രിയക്കു് ''നിർജലീകരണം'' അഥവാ ''ഡീഹൈഡ്രേഷൻ'' എന്നു പറയുന്നു. പല ക്രിസ്റ്റലുകളുടെയും ക്രിസ്റ്റൽരൂപവും നിറവും നിർജലീകരണത്താൽ നഷ്ടപ്പെടുന്നതായി കാണാം. അതിനാൽ അവയുടെ ക്രിസ്റ്റലനഅവസ്ഥക്കു് ആധാരം അതിലുള്ള ജലമാണെന്നു് കരുതപ്പെടുന്നു. (അതിനാലാണു് ക്രിസ്റ്റലനജലം എന്നു് പേരുണ്ടായതു്.) ഉദാഹരണമായി നീല കോപ്പർ സൽഫേറ്റ്ക്രിസ്റ്റലുകളം(blue vitriol,തുരിശു്) ചൂടാക്കുമ്പോൾ അവ നിർജലീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതോടൊപ്പം അവ പൊടിഞ്ഞു് പോകുന്നു. നീലനിറവും നഷ്ടപ്പെടുന്നു. അവശേഷിക്കുന്നതു് വെളുത്ത നിർജല കോപ്പർ സൽഫേറ്റാണു്. ഈ പദാർഥം വീണ്ടും ജലവുമായി സമ്പർക്കമുണ്ടായാൽ മുൻപോലെ നീലനിറമുള്ള ജലയോജിത ക്രിസ്റ്റലുകളായി മാറുന്നു.

$$Cu\ SO_4\ 5H_2O \rightleftharpoons Cu\ SO_4 + 5\ H_2O$$

ചില ഹൈഡ്രേറ്റുകൾക്കു് നിർജലീകരണം സംഭവിക്കുന്നതു് ഒന്നിച്ചല്ല,പടിപ്പടിയായിട്ടാണു്. അതായതു് ക്രിസ്റ്റലനജലം മുഴുവൻ നഷ്ടമാകാതെ ജലതന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കുറവായ മറ്റൊരു ഹൈഡ്രേറ്റു് ഉണ്ടാവുകയും. ഇതു് കൂടുതൽ തീവ്രമായി നിർജലീകരിക്കുമ്പോൾ അതിലും കുറവു് ജലം ഉള്ള ഹൈഡ്രേറ്റുണ്ടാകുകയും ചെയ്യും. ഈ ഹൈഡ്രേറ്റുകൾ ഓരോന്നും നിശ്ചിതതാപനിലകൾക്കുള്ളിൽ മാത്രമേ സ്ഥിരമായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നുള്ളൂ. സ്ട്രോൺഷിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ കാര്യം തന്നെ എടുക്കാം. സാധാരണ താപനിലയിൽ ഹെക്സാഹൈഡ്രേറ്റു് ക്രിസ്റ്റലുകളം സ്ഥിരങ്ങളാണു്.($Sr\ Cl_2 \cdot 6\ H_2O$) ഇവയെ ചൂടാക്കിയാൽ 60°C എത്തുമ്പോൾ ക്രിസ്റ്റലനജലം ഭാഗികമായി നഷ്ടമാകും— $Sr\ Cl_2 \cdot 2\ H_2O$ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ ഡൈഹൈഡ്രേറ്റു് വീണ്ടും ചൂടാക്കിയാൽ 100°C-ൽ നിർജലമായിത്തീരുന്നു. 60°C-ലും 100°C-ലും ഉള്ള ഈ സംക്രമണങ്ങളം രണ്ടും ഉഭയദിശീയങ്ങളം (reversible) ആണു്.

$$SrCl_2 \cdot 6\ H_2O \underset{60°C}{\rightleftharpoons} SrCl_2 \cdot 2\ H_2O + (4H_2O) \underset{100°C}{\rightleftharpoons} SrCl_2 + 2H_2O$$

ഓരോ ഹൈഡ്രേറ്റിനും താപനിലയിലെ നിശ്ചിത പരിധിക്കുള്ളിൽ മാത്രമേ സ്ഥിരതയുണ്ടായിരിക്കുകയുള്ളൂ (ജലവുമായി സമ്പർക്കമുണ്ടെങ്കിൽ).$Sr_2\ Cl_2.2HO$ 60°C നും 100°C നും ഇടയ്ക്കു മാത്രമേ ജലത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ സ്ഥിരമായി സ്ഥിതിചെയ്യുകയുള്ളൂ. 100°C നു മീതെ അതു് വിയോജിക്കും. 60°C നു് താഴെ അതു് ജലവുമായി സംയോജിച്ചു് $Sr\ Cl_2 \cdot 6\ H_2O$ ആകുകയും ചെയ്യും. (ജലസമ്പർക്കമില്ലാതെ $Sr\ Cl_2 \cdot 2\ H_2O$ എന്നതു് 60°C നു് താഴെയും സ്ഥിതിചെയ്യും).

ലായനിയിൽ നിന്നു ലീനം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കുന്നതിനു് പൊതുവെയുള്ള മാർഗം അതിനെ അതിപൂരിതമാക്കുകയാണെന്നു സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഇതു് മൂന്നു തരത്തിൽ സാധിക്കുന്നു.

(a) പൂരിതലായനി തണുപ്പിക്കുക.

b) പൂരിതലായനിയിൽ നിന്നു് ലായകം ബാഷ്പീകരിക്കുക.

(c) ലായനിയിലേക്കു് മറെറാരു ലായകം—ലീനവസ്തുവിനു ലേയത്വം കുറവുള്ള ഏതെങ്കിലും ലായകം—ഒഴിക്കുക. ഒഴിക്കുന്ന ഈ ലായകം ലായനിയിലുള്ള ലായകവുമായി മിശ്രണീയമാകണം. ഉദാഹരണമായി ആൽക്കഹോളിൽ ലയിപ്പിച്ച പല കാർബണികയൗഗികങ്ങളും ലായനിയിൽ അല്പാല്പമായി ജലം ചേർത്തു് ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കാവുന്നതാണു്.

കുറിപ്പു്: എല്ലാ ക്രിസ്റ്റലുകളിലും ക്രിസ്റ്റലനജലം ഉണ്ടായിരിക്കുകയില്ല. പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡു്, സോഡിയം ക്ലോറൈഡു്, നാഫ്ഥലീൻ, സൽഫർ മുതലായവയുടെ ക്രിസ്റ്റലുകളിൽ ജലം ഇല്ല.

ക്രിസ്റ്റലനജലനിർണയം

പദാർഥങ്ങളിൽ എത്ര ശതമാനം ക്രിസ്റ്റലനജലം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു എന്നു് നിർണയിച്ചാൽ അവയുടെ സൂത്രം കണക്കാക്കാം. അതായതു് ഹൈഡ്രേറ്റിൽ ഉള്ള നിർജലപദാർഥത്തിന്റെയും ജലത്തിന്റെയും ഭാരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തിൽ നിന്നു് അവയുടെ സൂത്രം നിർണയിക്കാം. രാസവിശ്ലേഷണവിധികൾ കൊണ്ടു് ക്രിസ്റ്റലനജലം തിട്ടപ്പെടുത്താം. ഓരോ പദാർഥത്തിന്റെയും രാസസ്വഭാവമനുസരിച്ചു് പ്രത്യേകമായ വിശ്ലേഷണവിധികൾ സ്വീകരിക്കേണ്ടതാണു്. നിർജലപദാർഥം ചൂടാക്കുമ്പോൾ വിഘടനം ചെയ്യാത്തതാണെങ്കിൽ, നിശ്ചിതഭാരം ക്രിസ്റ്റൽ (ഹൈഡ്രേറ്റു്) ഭാരം നിർണയിച്ചെടുത്തു ചൂടാക്കി നിർജലീകരിച്ചു് കിട്ടുന്ന അവശിഷ്ടപദാർഥത്തിന്റെ ഭാരം നിർണയിച്ചാൽ അതിന്റെ സംഘടനം കണ്ടുപിടിക്കാം. ബേരിയം ക്ലോറൈഡു് ($BaCl_2 \cdot 2\,H_2O$), സിങ്കു് സൽഫേറ്റു് ($ZnSO_4 \cdot 7\,H_2O$), സോഡിയം സൽഫേറ്റു് ($Na_2SO_4 \cdot 10\,H_2O$) മുതലായവയുടെ സംഘടനം ഇത്തരത്തിൽ നിർണയിക്കാവുന്നതാണു്.

പരീക്ഷണം

ശുചിയാക്കിയ ഒരു ക്രൂസിബിളും നല്ലവണ്ണം ചൂടാക്കി ഡെസിക്കേററിൽ വെച്ചു് തണുപ്പിച്ചു് അതിന്റെ ഭാരം സൂക്ഷ്മമായി കാണുക. ഉദ്ദേശം 2 ഗ്രാം ബേരിയം ക്ലോറൈഡു് ക്രിസ്റ്റലുകളും അതിൽ എടുത്തു് വീണ്ടും ഭാരം കാണുക. ക്രൂസിബിളും ചൂടാക്കി നിർജലീകരിക്കുക. ആദ്യം നിയന്ത്രിതമായും പിന്നീടു് നല്ലപോലെയും ചൂടാക്കണം. ത്രിപാദിയിൽ (Tripod stand) ഒരു ക്ലേപൈപ്പു് ത്രികോണം (Clay pipe triangle) വെച്ചു് ക്രൂസിബിളും അതിന്മേൽ വച്ചാണു് ചൂടാക്കുന്നതു്. ക്രിസ്റ്റലുകളും വിയോജിച്ചു് അതിലുള്ള ജലം ആവിയായിപ്പോകും. നിർജലലവണം ക്രൂസിബിളിൽ അവശേഷിക്കുന്നു. ഏകദേശം അരമണിക്കൂർ ചൂടാക്കുമ്പോൾ വിഘടനം പൂർത്തിയായതായി കരുതാം. ക്രൂസിബിളും ഒരു ഡെസിക്കേററിൽ വെച്ചു് തണുപ്പിച്ചു് അതിന്റെ ഭാരം സൂക്ഷ്മമായി കാണുക. ചൂടാക്കലും ഭാരം നിർണയിക്കലും സ്ഥിരമായ ഭാരം കിട്ടുന്നതുവരെ ആവർത്തിക്കുക.

പരികലനം:

ക്രൂസിബിളിന്റെ ഭാരം = a ഗ്രാം
ക്രൂസിബിളും + ഹൈഡ്രേറ്റും = b ഗ്രാം
ക്രൂസിബിളും + നിർജലപദാർഥവും = c ഗ്രാം
∴ ഹൈഡ്രേറ്റിന്റെ ഭാരം = (b — a) ഗ്രാം
ജലത്തിന്റെ ഭാരം = (b — c) ഗ്രാം
∴ ഹൈഡ്രേറ്റിലെ ജലത്തിന്റെ ശതമാനം = $\frac{(b - c)}{(b - a)} \times 100$

ഹൈഡ്രേറ്റിന്റെ സൂത്രം കണക്കാക്കുന്നതു് ഇപ്രകാരമാണു്. നിർജല പദാർഥത്തിന്റെയും ജലത്തിന്റെയും ശതമാനങ്ങളെ അതാതിന്റെ തന്മാത്രാ ഭാരം കൊണ്ടു് ഭാഗിച്ചു കിട്ടുന്ന സംഖ്യകളുടെ അനുപാതം ക്രിസ്റ്റലിലുള്ള നിർജല പദാർഥത്തിന്റെയും ജലത്തിന്റെയും തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണങ്ങളും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമായിരിക്കും. ഈ അനുപാതത്തെ പൂർണസംഖ്യാനുപാതമാക്കുക. ഉദാഹരണമായി S എന്ന പദാർഥത്തിന്റെ ഹൈഡ്രേറ്റിൽ x% ജലം ഉണ്ടെന്നു് നിർണയിച്ചു എന്നിരിക്കട്ടെ. അപ്പോൾ 100 ഗ്രാം ക്രിസ്റ്റലിൽ x ഗ്രാം ജലവും (100–x) ഗ്രാം S-ഉം സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു.

$S : H_2O = (100 - x) : x$

S-ന്റെ തന്മാത്രാഭാരം M ആണെന്നിരിക്കട്ടെ.

ജലത്തിന്റെ തന്മാത്രാ ഭാരം = 18

∴ $\frac{100 - x}{M} : \frac{x}{18}$ എന്നതു് ക്രിസ്റ്റലിലുള്ള S-ന്റെയും H_2O-ന്റെയും തന്മാത്രികാനുപാതമാണു്. ഈ അനുപാതത്തെ പൂർണസംഖ്യാനുപാതമാക്കുക. p : q എന്ന പൂർണസംഖ്യാനുപാതം കിട്ടുന്നു. എങ്കിൽ p തന്മാത്ര S-ഉം q തന്മാത്ര ജലവും വീതം സംയോജിച്ചിരിക്കുന്നു. അതായതു് ഹൈഡ്രേറ്റിന്റെ സൂത്രം $(S)_p\,(H_2O)_q$ എന്നാണു്. സാധാരണമായി ഇതു് p S. q H_2O എന്നാണു് എഴുതാറുള്ളതു്. ഉദാഹരണം:

$CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$; $3\,CdSO_4 \cdot 8\,H_2O$.

ഒരു മാതൃകാപരികലനം:

ഗ്ലൗബർ ലവണത്തിന്റെ സൂത്രം നിർണയിക്കാനുള്ള ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ 0.805 ഗ്രാം ജലയോജിതലവണം നിർജലീകരിച്ചപ്പോൾ 0.355 ഗ്രാം നിർജലസോഡിയം സൽഫേറ്റു് ലഭിച്ചു. ഗ്ലൗബർ ലവണത്തിന്റെ സൂത്രം വ്യൽപാദിപ്പിക്കുക.

ഹൈഡ്രേറ്റിന്റെ ഭാരം = 0.805 ഗ്രാം

Na_2SO_4-ന്റെ ഭാരം = 0.355 ഗ്രാം

∴ H_2O-യുടെ ഭാരം = 0.805 — 0.355
= 0.450 ഗ്രാം

∴ $Na_2SO_4 : H_2O$ (ഭാരാനുപാതം) = 0.355 : 0.450.

Na_2SO_4-ന്റെ സൂത്രഭാരം = 142; H_2O = 18

$\therefore$ $Na_2SO_4 : H_2O$ തന്മാത്രാനുപാതം

$= \frac{0.355}{142} : \frac{0.450}{18}$

$= 0.0025 : 0.025$

$= 1 : 10$

$\therefore$ ഗ്ലൗബർ ലവണത്തിന്റെ സൂത്രം

$= Na_2SO_4 \cdot (H_2O)_{10}$

$= Na_2SO_4 \cdot 10\,H_2O$

പ്രസ്വേദനവും ഉൽഫുല്ലനവും

ചില ജലയോജിതലവണങ്ങളും തുറന്നു വെച്ചാൽ അവ സ്വയമേവ വിയോജിച്ചു് നിർജലമാകുന്നു. ക്രിസ്റ്റലനജലം നഷ്ടപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇതോടൊപ്പം ക്രിസ്റ്റലുകളും പൊടിഞ്ഞുപോകുന്നതായും കാണാം. ഈ പ്രതിഭാസത്തിനു് ''ഉൽഫുല്ലനം'' എന്നു പറയുന്നു. ക്രിസ്റ്റലിൽ നിന്നു് ജലം ബാഷ്പമായി അന്തരീക്ഷത്തിലേക്കു് പോകുന്നതുകൊണ്ടാണിതു സംഭവിക്കുന്നതു്. ഉദാഹരണമായി സോഡിയം സൽഫേറ്റു് ഡെക്കാഹൈഡ്രേറ്റു് ക്രിസ്റ്റലുകളും (ഗ്ലൗബർ ലവണം, $(Na_2SO_4 \cdot 10\,H_2O)$ ഉൽഫുല്ലമാകുന്നു. തെളിഞ്ഞ സ്ഫടികസദൃശങ്ങളായ ഗ്ലൗബർ ലവണത്തിന്റെ ക്രിസ്റ്റലുകളും തുറന്നു വെച്ചാൽ ക്രമേണ അവ പൊടിഞ്ഞു വെളുത്ത നിർജലസോഡിയം സൽഫേറ്റു് ആയിത്തീരുന്നു. ഇതു പോലെ അലക്കുസോഡാ ക്രിസ്റ്റലുകളും (washing soda crystals—$Na_2CO_3 \cdot 10\,H_2O$) ഉൽഫുല്ലനവിധേയമാണു്. ഹൈഡ്രേറ്റുകൾക്കു് എന്തുകൊണ്ടാണു് ഇത്തരം വിയോജനം സംഭവിക്കുന്നതെന്നു നോക്കാം.

ഓരോ ഹൈഡ്രേറ്റുകൾക്കും നിശ്ചിതമായ താപനിലകൾക്കുള്ളിൽ മാത്രമേ ജലസമ്പർക്കത്തിൽ സ്ഥിരമായി സ്ഥിതിചെയ്യാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂഎന്നു് നാം നേരത്തെ കണ്ടുവല്ലോ. അതുപോലെത്തന്നെ സ്ഥിരമായ താപനിലയിൽ ഓരോ ഹൈഡ്രേറ്റിനും സ്ഥിതിചെയ്യാൻ നിശ്ചിതമായ 'ബാഷ്പമർദം' (ജലബാഷ്പമർദം) ഉണ്ടായിരിക്കണം. അതായതു് ചില ബാഷ്പമർദപരിധികൾക്കുള്ളിൽ മാത്രമേ ഓരോ ഹൈഡ്രേറ്റുകളും സ്ഥിരമായിരിക്കുകയുള്ളൂ. ഇതിൽ കൂടുവാണു് അന്തരീക്ഷത്തിലെ ബാഷ്പമർദമെങ്കിൽ, ഹൈഡ്രേറ്റു് വിയോജിക്കുന്നു. ഒരു ഹൈഡ്രേറ്റു് സ്ഥിരമായിരിക്കാൻ വേണ്ട ജലബാഷ്പമർദമാണു് അതിന്റെ വിയോജനമർദം (Dissociation pressure). അതിനാൽ ഹൈഡ്രേറ്റിന്റെ വിയോജനമർദത്തെക്കാളും കുറവാണു് വായുവിലുള്ള നീരാവിയുടെ ആംശികമർദമെങ്കിൽ ഹൈഡ്രേറ്റു് വിയോജിച്ചു് അതിലുള്ള ജലം ആവിയായിത്തീരും. അതായതു് ക്രിസ്റ്റൽ ഉൽഫുല്ലമാകുന്നു.

ഈ പ്രതിഭാസത്തിനു നേർ വിപരീതമായ മറ്റൊന്നാണു് 'പ്രസ്വേദനം'. ചില പദാർഥങ്ങളും വായുവിൽ നിന്നു് നീരാവി വലിച്ചെടുക്കുന്നു. ഇവയെ ''ആർദ്രതാഗ്രാഹികം'' (hydroscopic substance) എന്നു പറയുന്നു. പദാർഥം ഒരു ഹൈഡ്രേറ്റാകുന്നതു വരെയോ അഥവാ ഒരു ലായനി ആയിത്തീരുന്നതു വരെയോ ഈ നീരാവിഅവശോഷണം (Moisture absorption) തുടരുന്നു. ചില ഹൈഡ്രേറ്റുകളുടെ വിയോജനമർദം സാധാരണ അന്തരീക്ഷത്തിലുള്ള നീരാവിമർദത്തെക്കാളും വളരെ കുറവാണു്, ഇത്തരം പദാർഥങ്ങളും വായുവിൽ നിന്നു്

നീരാവി അവശോഷണം ചെയ്യും. തന്മൂലം അവശോഷണം ചെയ്ത ജലത്തിൽ പദാർഥം ലയിച്ചു് ലായനി ഉണ്ടാകുന്നു. ലായനിയുടെ ബാഷ്പമർദം അന്തരീക്ഷവായുവിലെ നീരാവിയുടെ മർദത്തിനു് തുല്യമാകുന്നതു വരെ അവശോഷണം തുടരും. അപ്പോഴും പദാർഥം ''വെള്ളമൊലിക്കുന്നു'' എന്നു നാം പറയുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസമാണു് പ്രസേദനം. ഇത്തരം ഖരപദാർഥങ്ങളെ പ്രസേദ്യപദാർഥങ്ങളെന്നും പറയുന്നു. ഉദാ: കാൽസിയം ക്ലോറൈഡു്, മഗ്നീഷ്യം പെർക്ലോറേറ്റു്, പൊട്ടാസിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡു്, സിങ്കു് ക്ലോറൈഡു് മുതലായനിർജലയൗഗികങ്ങളും വായുവിൽ തുറന്നു വെച്ചാൽ പ്രസേദനം ഉണ്ടാകുന്നു. ഒരു ചെറിയ കട്ട നിർജലകാൽസിയം ക്ലോറൈഡു് ഒരു കവർഗ്ലാസിൽ വെച്ചു നോക്കുക. അതിന്റെ ഉപരിതലം നിമിഷങ്ങൾക്കകം വെള്ളമൊലിച്ചു തുടങ്ങുന്നു. ക്രമേണ പദാർഥം ലായനിയായിത്തീരുന്നു—കാഴ്ചയിൽ ഉരുകുന്നതു പോലെ തോന്നും.

അനുബന്ധം I. ചില ഹൈഡ്രേറ്റുകൾ

രാസനാമം (Chemical name)	മറ്റു പേരുകൾ	സൂത്രം
സോഡിയം തയോ സൽഫേറ്റു്	ഹൈപ്പോ	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$
സോഡിയം ടെട്രാ-ബോറേറ്റു്	ബോറാക്സു് (പൊൻകാരം)	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$
ഫെറസു് സൽഫേറ്റു്	ഗ്രീൻ വിടിയോളം (അന്നഭേദി)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$
സിങ്കു് സൽഫേറ്റു്	വൈറ്റു് വിടിയോളം	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$
കാൽസിയം സൽഫേറ്റു് ഡൈ ഹൈഡ്രേറ്റു്	ജിപ്സം	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
കാൽസിയം സൽഫേറ്റു് ഹെമിഹൈഡ്രേറ്റു്	പ്ലാസ്റ്റർ ഓഫു് പാരീസു്	$2CaSO_4 \cdot H_2O$
മഗ്നീഷ്യം സൽഫേറ്റു്	എപ്സം ലവണം	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$
ഓക്സാലിക് ആസിഡു്	——	$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$
കോപ്പർ സൽഫേറ്റു്	ബ്ലൂ വിടിയോളം (തൂരിശു്, മയിൽതുത്തം)	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$
ഫെറസു് അമോണിയം സൽഫേറ്റു്	മോർ ലവണം (Mohr's salt)	$FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$
പൊട്ടാസിയം അലൂമിനിയം സൽഫേറ്റു്	പൊട്ടാഷു് ആലം (ആലം, പടിക്കാരം)	$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ $[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$
അമോണിയം ഫെറിക് സൽഫേറ്റു്	ഫെറിക് ആലം	$(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ $[NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$

ആർദ്രതാഗ്രാഹികളായ എല്ലാ പദാർഥങ്ങളും പ്രസേച്യങ്ങളാകണമെന്നില്ല. നിർജലങ്ങളായ ചില ലവണങ്ങളും (ഉദാ: $CuSO_4$) തുറന്നുവെച്ചാൽ അവ വായുവിൽ നിന്നും നീരാവിയുമായി സംയോജിച്ചു ഹൈഡ്രേറ്റു ഉണ്ടാകുമെങ്കിലും പരിവർത്തനം ഇതോടുകൂടി നിന്നുപോകുന്നു. കാരണം ഹൈഡ്രേറ്റും സ്ഥിരമാണു്. അതിനാൽ പ്രസേചനം സംഭവിക്കുന്നില്ല. ആർദ്രതാഗ്രാഹികളായ ചില ദ്രവങ്ങളും ഉണ്ടു്. ഉദാ: സാന്ദ്രസൽഫൂരികു് അമ്ലം, ഗ്ലിസറിൻ മുതലായവ അന്തരീക്ഷവായുവിലെ നീരാവിയുടെ മർദത്തോടു് സമമായ ബാഷ്പമർദമുള്ള ലായനിയാകുന്നതു വരെ അവശോഷണം തുടരുന്നു.

ആർദ്രതാഗ്രാഹികളും പ്രസേച്യങ്ങളുമായ പദാർഥങ്ങളും നാം ഡെസിക്കേറ്ററുകളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഉദാ: സാന്ദ്രസൽഫൂരികു് അമ്ലം, നിർജല കാൽസിയം ക്ലോറൈഡു്, നിർജലമഗ്നീഷ്യം പെർക്ലോറേറ്റു്

അനുബന്ധം 2. ചില മാതൃകാപരികലനങ്ങൾ

1. ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ലേയത്വം 25°C-ൽ 23 ഗ്രാം / 100 ഗ്രാം ജലം ആണെങ്കിൽ (a) 56 ഗ്രാം പദാർഥത്തെ 25°C-ൽ അലിയിക്കുന്നതിനു് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞതു് എത്ര ജലം വേണം? (b) 50 ഗ്രാം പൂരിതലായനി വറ്റിച്ചാൽ എത്ര ലീനം കിട്ടും?

പരികലനം:

(a) 23 ഗ്രാം ലീനത്തിനു് ആവശ്യമുള്ള ജലം = 100 ഗ്രാം.

$\therefore$ 56 ഗ്രാം ലീനത്തിനു് ആവശ്യമുള്ള ജലം $= \frac{100}{23} \times 56 = 243.5$ ഗ്രാം

(b) 23 ഗ്രാം ലീനം 100 ഗ്രാം ജലത്തെ പൂരിതമാക്കുമ്പോൾ 123 ഗ്രാം പൂരിതലായനിയുണ്ടാകും.

$\therefore$ 123 ഗ്രാം പൂരിതലായനിയിൽ ഉള്ള ലീനം = 23 ഗ്രാം

$\therefore$ 50 ഗ്രാം പൂരിതലായനിയിൽ ഉള്ള ലീനം $= \frac{50 \times 23}{123} = 9.349$ ഗ്രാം

2. ഒരു വസ്തുവിന്റെ ലേയത്വം 100°C-ൽ 1 ഗ്രാം ജലത്തിനു് 0.76 ഗ്രാം, 30°C-ൽ 1 ഗ്രാം ജലത്തിനു് 0.48 ഗ്രാം എന്നിങ്ങനെയാണു്. ഒരാൾ 38 ഗ്രാം വസ്തു അടങ്ങിയ 100°C-ൽ ഉള്ള പൂരിതലായനി എടുത്തു് 30°C വരെ തണുപ്പിക്കുന്നു. എത്ര ലീനം ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കും? ലായനിയിൽ എത്ര ലീനം അവശേഷിക്കും?

പരികലനം:

100°C-ൽ 0.76 ഗ്രാം ലേയത്തിൽ നിന്നു് 1 + 0.76 = 1.76 ഗ്രാം പൂരിതലായനിയുണ്ടാകും.

$\therefore$ 100° C-ൽ 38 ഗ്രാം ലീനം അടങ്ങിയ പൂരിതലായനി

$= \frac{1.76}{.76} \times 38 = 88$ ഗ്രാം

∴ പൂരിതലായനിയിൽ 38 ഗ്രാം ലീനവും (88–38)= 50ഗ്രാം ജലവും ഉണ്ട്. ഈ ലായനി 30°C വരെ തണുപ്പിച്ചാൽ 50 ഗ്രാം ജലത്തെ ഈ താപനിലയിൽ പൂരിതമാക്കാൻ വേണ്ട ലീനം മാത്രം ലായനിയിൽ തങ്ങുന്നു. ബാക്കി ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കുന്നു.

30°C–ൽ 1 ഗ്രാം ജലത്തിനു 0.48 ഗ്രാം ലീനം വേണം.

∴ 30°C–ൽ 50 ഗ്രാം ജലത്തിനു $0.48 \times 50 = 24$ ഗ്രാം ലീനം വേണം.

∴ വേർതിരിയുന്ന ലീനം = 38–24 = 14 ഗ്രാം

ലായനിയിൽ ഉള്ള ലീനം = 24 ഗ്രാം

3. ഒരു ബേസിനിൽ 27 ഗ്രാം ലീനവും 50 ഗ്രാം ലായകവും അടങ്ങിയ പൂരിത ലായനിയുണ്ട്. ഈ ലായനി തുറന്നുവെച്ച് കുറെ ലായകം ബാഷ്പീകരിച്ചപ്പോൾ 18 ഗ്രാം ലീനം ലഭിച്ചു. എന്നാൽ എത്ര ലായകം ബാഷ്പീകരിച്ചുപോയി?

പരികലനം: ലായനിയിൽ ശേഷിക്കുന്ന ലീനം = 27–18 = 9 ഗ്രാം

∴ 9 ഗ്രാം ലീനത്തെ പൂരിതലായനിയാക്കാൻ വേണ്ടത്ര ലായകം ബാക്കിയുണ്ട്.

27 ഗ്രാം ലീനത്തിനു വേണ്ട ലായകം = 50 ഗ്രാം

∴ 9 ഗ്രാം ലീനത്തിനു വേണ്ട ലായകം $= \frac{50}{27} \times 9 = 16.67$ ഗ്രാം

∴ ബാഷ്പീകരിച്ചു പോയ ലായകം = 50–16.67 = 33.33 ഗ്രാം

4. 20°C–ൽ പൊട്ടാസിയം ബ്രോമൈഡിന്റെ ലേയത്വം 64 ഗ്രാം / 100 ഗ്രാം ജലം ആണ്.

(a) 5 ഗ്രാം പൊട്ടാസിയം ബ്രോമൈഡ് 100 ഗ്രാം ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചു. കിട്ടുന്ന ലായനിയെ 20° C–ൽ പൂരിതമാക്കാൻ എത്ര ഗ്രാം K Br വേണം?

(b) 20° C–ൽ 75 ഗ്രാം പൂരിതലായനി വറ്റിച്ചാൽ എത്ര K Br കിട്ടും?

(c) 10 ഗ്രാം ജലത്തെ പൂരിതലായനിയാക്കാൻ എത്ര K Br ആവശ്യമുണ്ട്?

പരികലനം:

(a) 100 ഗ്രാം ജലത്തെ പൂരിതമാക്കാൻ വേണ്ട K Br = 64 ഗ്രാം

∴ ലായനിയിൽ 5 ഗ്രാം KBr ഉണ്ട്.

∴ ഇനിയും ചേർക്കേണ്ട KBr = 64–5 = 59 ഗ്രാം.

(b) 100 ഗ്രാം ജലത്തെ പൂരിതമാക്കാൻ 64 ഗ്രാം KBr വേണം

∴ 100 ഗ്രാം ജലത്തിൽ നിന്നു 164 ഗ്രാം പൂരിതലായനി ഉണ്ടാകും.

∴ 164 ഗ്രാം പൂരിതലായനിയിൽ 64 ഗ്രാം KBr ഉണ്ട്.

∴ 75 ഗ്രാം പൂരിതലായനിയിൽ ഉള്ള

$$K\,Br = \frac{64}{164} \times 75 = 29.27 \text{ ഗ്രാം}$$

(c) 100 ഗ്രാം ജലത്തെ പൂരിതമാക്കാൻ വേണ്ട KBr = 64 ഗ്രാം

∴ 1 ഗ്രാം ജലത്തെ പൂരിതമാക്കാൻ വേണ്ട KBr $= \frac{64}{100}$

∴ 10 ഗ്രാം ജലത്തെ പൂരിതമാക്കാൻ വേണ്ട KBr

$$= \frac{64}{100} \times 10 = 6.4 \text{ ഗ്രാം}$$

തുടർന്നു വായിക്കുക

(1) Pauling L, General Chemistry, Vakils, Feffer & Simons, Bombay.
(2) Mahan, College Chemistry, Addison Wesley, Massachussetts.
(3) Mithra, Text book of Inorganic Chemistry, Ghosh & Co, Calcutta (1960)
(4) Wood, Kenan, Bull & Bowmann, Fundamentals of College Chemistry, Harper & Row, N. Y (1963).
(5) Partington, Text book of Inorganic Chemistry, ELBS (1960)

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. നിർവചിക്കുക: ലായനി, പൂരിതലായനി, ലേയത്വം, ഉൽഫുല്ലനം, ക്രിസ്റ്റലന ജലം, ലയനം, മോളാരിറ്റി, ലേയത്വവക്രം, സംക്രമണ താപനില, നിർജലീകരണം, വിയോജനമർദ്ദം, ആർദ്രതാഗ്രാഹി.
2. ലേയത്വം എന്നാൽ എന്തു? ലാബറട്ടറിയിലെ താപനിലയിൽ പൊട്ടാസിയം ഡൈക്രോമേറ്റിന്റെ ലേയത്വം നിർണയിക്കുന്നതെങ്ങനെ എന്നു വിവരിക്കുക.
3. ലേയത്വവക്രങ്ങൾ എന്തെന്നും അവയുടെ പ്രയോജനങ്ങൾ ഏവയെന്നും വ്യക്തമാക്കുക.
4. ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ലേയത്വം പല താപനിലകളിൽ നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. അവയാണു പട്ടികയിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതു. പദാർത്ഥത്തിന്റെ ലേയത്വവക്രം വരച്ചു അതിൽ നിന്നു എന്തെല്ലാം അനുമാനിക്കാം എന്നു വിശദമാക്കുക.

താപനില (°C)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ലേയത്വം (ഗ്രാം/100 ഗ്രാം ജലം)	10 5	13	18.3	23.4	28.1	29	29.8	30 5	31.2

5. ബേരിയം ക്ലോറൈഡ് ക്രിസ്റ്റലിന്റെ സൂത്രം നിങ്ങളുടെ ലാബറട്ടറിയിൽ എങ്ങനെ നിർണയിക്കുമെന്നു വിശദമായി വിവരിക്കുക.
6. ഉൽഫുല്ലനം, പ്രസ്വേദനം ഇവ തമ്മിൽ താരതമ്യപഠനം നടത്തുക. ഈ പ്രതിഭാസങ്ങൾക്കു എന്താണു കാരണം എന്നു ഉദാഹരണസഹിതം വ്യക്തമാക്കുക.
7. ലേയത്വം എന്തെല്ലാം സംഗതികളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു, എപ്രകാരം?
8. 'അതിപൂരണം' എന്നാൽ എന്തു? ഉദാഹരണസഹിതം വ്യക്തമാക്കുക.

ഖരാവസ്ഥ

ഒരേ പദാർഥം തന്നെ മർദത്തെയും താപനിലയെയും ആശ്രയിച്ച് ഖരം, ദ്രവം, വാതകം എന്നീ മൂന്നവസ്ഥകളിലും കാണപ്പെടുന്നുണ്ടല്ലോ (അധ്യായം 2). ഈ മൂന്ന് അവസ്ഥകളും തമ്മിൽ ഒരേ പദാർഥത്തിന്റെ കാര്യത്തിൽ രാസഗ്രഹണ ധർമങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം സാരമായ വ്യത്യാസം ഒന്നുമില്ലെങ്കിലും ഭൗതികഗ്രഹണധർമങ്ങളും മൂന്ന് അവസ്ഥകളിലും വളരെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പദാർഥത്തിന്റെ സംരചന (Structure) ഓരോ അവസ്ഥയിലും വളരെ വ്യത്യസ്തമായതിനാലാണ് ഇപ്രകാരം സംഭവിക്കുന്നത്. വാതകങ്ങളിൽ ഏറക്കുറെ സ്വതന്ത്രങ്ങളായിത്തന്നെ വളരെ വേഗത്തിൽ പാഞ്ഞുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന തന്മാത്രകളാണുള്ളത്. അവയെ മർദിച്ചും തണുപ്പിച്ചും ദ്രവമാക്കുമ്പോൾ തന്മാത്രകളുടെ ഊർജം നഷ്ടപ്പെടുന്നു. തന്നെയല്ല അവയുടെ സാമീപ്യത്താൽ ആകർഷണബലം കൂടുതൽ ശക്തമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഖരാവസ്ഥയിലാകുമ്പോൾ അവയുടെ സ്വാതന്ത്ര്യം മിക്കവാറും നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ഖരങ്ങളിൽ തന്മാത്രകളോ, അയോണുകളോ അഥവാ അണുക്കളോ പട്ടാളച്ചിട്ടയോടുകൂടി ഏറ്റവും ക്രമാനുസൃതമായി പരസ്പരം ഘടിപ്പിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇത്തരം ഘടനാവ്യത്യാസങ്ങൾ കൊണ്ട് അവയുടെ ഭൗതികസ്വഭാവങ്ങളിൽ വലിയ മാറ്റം കാണുന്നുണ്ട്. ഖരാവസ്ഥയെപ്പറ്റിയുള്ള പഠനങ്ങൾ വളരെ പണ്ടു മുതൽ നടന്നിരുന്നെങ്കിലും ആധുനികഗവേഷണങ്ങൾ ഖരങ്ങളിൽ കാണുന്ന പല പ്രത്യേകതകളെയും വെളിച്ചത്തു കൊണ്ടുവന്നിരിക്കുന്നു. ഖരാവസ്ഥയിൽ നടക്കുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെപ്പറ്റി ഇന്നും നമുക്ക് വളരെയൊന്നും അറിയുവാൻ സാധിച്ചിട്ടില്ല. ഖരങ്ങളുടെ ചില പ്രത്യേകതകളെ ട്രാൻസിസ്റ്ററുകളിലും മറ്റും പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഖരങ്ങളിലുള്ള സൂക്ഷ്മഘടനയെപ്പറ്റി നേരിട്ടുള്ള അറിവ് കിട്ടിയതു X-രേയുടെ സഹായത്താലാണ്. ഖരങ്ങളിലെ ആന്തരസൗന്ദര്യം 1913-ൽ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ട X-രേ വിഭംഗനപഠനങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ശരിക്കും മനസ്സിലാക്കാവുന്നതാണ്. ഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഖരങ്ങളെ മൂന്നു തരമുണ്ട്.

1. ക്രിസ്റ്റലിതഖരങ്ങൾ

മിക്കവാറും എല്ലാ ഖരങ്ങളും ഈ വിഭാഗത്തിൽ പെടുന്നു. ബാഹ്യമായി നിശ്ചിത ജ്യാമിതീയരൂപമുള്ള ഖരപദാർഥങ്ങളാണ് ക്രിസ്റ്റലിതഖരങ്ങൾ.

പദാർഥം മറ്റു് അവസ്ഥകളിൽ നിന്നു് ഖരാവസ്ഥയിലേക്കു വേർതിരിയുന്നതു് പ്രായേണ ഇത്തരം ജ്യാമിതീയ രൂപത്തിലുള്ള 'തരി'കം ആയിട്ടാണു്. ഇവയാണു് ക്രിസ്റ്റലുകം. ക്രിസ്റ്റലുകളുടെ വശങ്ങം എല്ലാം സമതലബഹുഭുജങ്ങം (plane polygons) ആണു്. ഈ വശങ്ങം തമ്മിൽ ഋജുരേഖകളിൽ പ്രതിഛേദിക്കുമല്ലോ (Intersect). ഇവ ക്രിസ്റ്റലിന്റെ വക്കുകളാണു്. ഒന്നിലധികം വക്കുകം തമ്മിൽ പ്രതിഛേദിക്കുന്ന ബിന്ദുക്കം ക്രിസ്റ്റലിന്റെ മൂലകളാണു്. ഒരു ക്രിസ്റ്റലിന്റെ സമതലങ്ങളായ വശങ്ങം തമ്മിൽ ഉള്ള കോണം നിശ്ചിതമായിരിക്കും. പല ബാഹ്യാകൃതികളാണു് ഒരേ പദാർഥത്തിന്റെ ക്രിസ്റ്റലുകംക്കു് ഉണ്ടാകുന്നതെങ്കിലും സംഗതവശങ്ങം ഉംക്കൊള്ളുന്ന കോണങ്ങം ഒന്നു തന്നെയായിരിക്കും (ദീർഘചതുരവും സമചതുരവും പോലെത്തന്നെ). ഓരോ പദാർഥത്തിന്റെയും പ്രത്യേകതയായിരിക്കും ഈ ക്രിസ്റ്റൽ കോണങ്ങം. നല്ല ആകൃതിയുള്ള ക്രിസ്റ്റലുകം പൊട്ടിച്ചാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ചെറിയ തരികളുടെ രൂപം കാഴ്ചയിൽ ക്രിസ്റ്റലിന്റെ രൂപവുമായി തീരെ സാമ്യമില്ലാത്തതാണെങ്കിലും അവയിൽ പോലും ക്രിസ്റ്റലിലെ കോണങ്ങം തന്നെയായിരിക്കും ഉള്ളതു്.

ഒരു ക്രിസ്റ്റലിത ഖരപദാർഥം, വാതകമോ ദ്രവമോ ലായനിയോ ആയ തരളാവസ്ഥയിൽ (fluid state) നിന്നു് ആവിർഭവിക്കുമ്പോം, പ്രക്രിയ സാവധാനം നടന്നാൽ നല്ല രൂപഭദ്രതയുള്ള ക്രിസ്റ്റലുകം ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ കൊച്ചു ക്രിസ്റ്റലുകളുടെ വശങ്ങളിൽ വേർതിരിയുന്ന പദാർഥം നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ ക്രിസ്റ്റൽ വളരുന്നു. എന്നാൽ 'ക്രിസ്റ്റലീകരണം' ശീഘ്രമാണെങ്കിൽ വളരെ ചെറിയ ക്രിസ്റ്റലുകളായിരിക്കും ഉണ്ടാകുന്നതു്. ഉദാഹരണമായി കോപ്പർ സൽഫേറ്റിന്റെ പൂരിതലായനി ഒരു ബീക്കറിൽ തുറന്നു വച്ചിരുന്നാൽ ക്രമേണ ലായകം ബാഷ്പീകരിച്ചുപോകുന്തോറും കൊച്ചു ക്രിസ്റ്റലുകം ഉണ്ടാകുന്നതായും അവ വളരുന്നതായും കാണാം. എന്നാൽ ഉന്നതതാപനിലയിൽ പൂരിതലായനിയുണ്ടാക്കി പെട്ടെന്നു് തണുപ്പിക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന ക്രിസ്റ്റലുകം വളരെ ചെറുതായിരിക്കും. പൂരിതലായനിയിൽ ഒരു കൊച്ചുക്രിസ്റ്റൽ കുതിരവാലുകൊണ്ടോ, നൈലോൺ നൂലു കൊണ്ടോ, തലനാരു കൊണ്ടോ കുക്കിയിട്ടു് വെച്ചിരുന്നാൽ ലായനിയിൽ നിന്നു് ജലം ബാഷ്പീകരിച്ചു പോകുന്തോറും ക്രിസ്റ്റൽ വളർന്നു വരുന്നതായി കാണാം. കുറെ നാളുകം കൊണ്ടു് ഇത്തരത്തിലുള്ള വളരെ വലിയ ക്രിസ്റ്റലുണ്ടാക്കാം.

ക്രിസ്റ്റലുകളുടെ പ്രത്യേകതകം പഠിച്ചതിൽ നിന്നു്, അവയുടെ ജ്യാമിതീയരൂപവും മറ്റും ആന്തരഘടനയുടെ പ്രതിഫലനമാണെന്നു് തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. പദാർഥങ്ങളെ—പ്രത്യേകിച്ചു്, ഖനിജങ്ങളെ—തിരിച്ചറിയുന്നതിനു് ക്രിസ്റ്റൽ പഠനങ്ങം തന്മൂലം വളരെ സഹായിക്കുന്നു.

ക്രിസ്റ്റലിത ഖരങ്ങംക്കു് നിശ്ചിതമായ ഉരുകൽനില ഉണ്ടായിരിക്കും.

2. കാചസമപദാർഥങ്ങം

ഗ്ലാസു്, പ്ലാസ്റ്റിക്കുകം മുതലായവ ഇക്കൂട്ടത്തിൽ പെടുന്നു. ഇവയ്ക്കു് നിശ്ചിതമായ ഗളനബിന്ദു ഇല്ല. ചൂടാക്കുമ്പോം ഇവ ക്രമേണ ദൃഢത (rigidity) നഷ്ടപ്പെട്ടു് ഒടുവിൽ ദ്രവീഭവിക്കുന്നു. വാസ്തവത്തിൽ ഇവ ഖരങ്ങളേയല്ല. അതി

ശീതിത ദ്രവങ്ങളാണു് (Super-cooled liquids). സാധാരണയായി ഒരു ദ്രവ തണുപ്പിച്ചാൽ നിശ്ചിത താപനിലയിൽ അതു് ഖരീഭവിക്കുന്നു. എന്നാൽ അധികം ഇളക്കം തട്ടാതെ സാവധാനത്തിൽ ഒരു ദ്രാവകം തണുപ്പിച്ചാൽ അതു് ഖരാങ്കത്തിനു് (freezing point) താഴെയും ദ്രവമായിത്തന്നെയിരുന്നേക്കാം. ഒരു ദ്രവം ഹിമാങ്കത്തിനു താഴെ എപ്പോഴും അസ്ഥിരമാണു്. ഒന്നു നല്ല പോലെ കലുക്കിയാൽ പെട്ടെന്നു് ഖരീഭവിക്കും. ഇപ്രകാരം ഒരു ദ്രവത്തെ അതിന്റെ ഹിമാങ്കത്തിനു താഴെ തണുപ്പിക്കുന്നതിനു് (ഖരീഭവിക്കാതെ തന്നെ) ''അതിശീതീകരണം'' (Super cooling) എന്നു പറയുന്നു.

ഗ്ലാസു്, പ്ലാസ്റ്റിക് മുതലായവ ഇത്തരത്തിൽ വളരെയധികം അതിശീതിതമായ ദ്രവങ്ങളാണു്. ഇവയിലും ഖരങ്ങളിലെ ഘടനാപരമായ ചിട്ടയും ക്രമവും കാണുന്നില്ല.

3. അരൂപപദാർഥങ്ങൾ

നിശ്ചിത ഉരുകൽനില ഉണ്ടെങ്കിലും ക്രിസ്റ്റൽ രൂപമില്ലാത്തവയാണു് അരൂപഖരങ്ങൾ (amorphous solids). ഇത്തരം പദാർഥങ്ങൾ വളരെ വിരളമായിട്ടേ കാണുന്നുള്ളൂ. വളരെ തണുപ്പിച്ച പ്രതലത്തിൽ വാതകാവസ്ഥയിൽ നിന്നു് പെട്ടെന്നു് ഒരു പദാർഥം ഘനീഭവിക്കുമ്പോൾ അരൂപപദാർഥം കിട്ടുന്നു. ഉന്നതതാപനിലയിൽ കുറെ നേരം വെച്ചിരുന്നാൽ (അനീലനം, annealing), ഈ പദാർഥം ക്രിസ്റ്റലിതമായിത്തീരുന്നു. അരൂപങ്ങളായിക്കരുതപ്പെട്ടിരുന്ന പല ഖരവസ്തുക്കളും സൂക്ഷ്മപരിശോധനയ്ക്കു് വിധേയമാക്കിയപ്പോൾ അവ യഥാർഥത്തിൽ ക്രിസ്റ്റലിതഖരങ്ങളാണെന്നു് തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. ഉദാഹരണമായി അരൂപങ്ങളായി കരുതപ്പെട്ടിരുന്ന പലതരം ''കരികളും'' (charcoal) ഗ്രാഫൈറ്റിന്റെ ക്രിസ്റ്റലിത ഘടനയുള്ളവയാണെന്നു് തെളിയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്.

ഖരാവസ്ഥ എന്നുള്ളതിനു് പര്യായമായി ക്രിസ്റ്റലിത അവസ്ഥ എന്നു് ചിലർ ഉപയോഗിക്കുന്നു. കാരണം ഏറക്കുറെ എല്ലാ ഖരവസ്തുക്കളും ക്രിസ്റ്റലിത വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു.

ക്രിസ്റ്റൽവ്യൂഹങ്ങൾ

ക്രിസ്റ്റലുകളിൽ ഏറ്റവും പ്രകടമായ സ്വഭാവവിശേഷം അവയിലുള്ള ''സമമിതി'' (symmetry) യാണു്. സാങ്കല്പികമായ ചില ചലനങ്ങൾ കൊണ്ടു് ഒരു വസ്തുവിന്റെ രൂപം ആവർത്തിച്ചു് പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നെങ്കിൽ ആ വസ്തുവിൽ സമമിതി ഉണ്ടെന്നു പറയാം. ഉദാഹരണമായി ഒരു സമചതുരത്തകിടിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ കൂടി ഒരു അക്ഷം (axis) സങ്കല്പിച്ചു് ആ അക്ഷത്തെ ആധാരമാക്കി തകിടു് കറക്കുന്നതായി സങ്കല്പിച്ചാൽ, ഒരു പൂർണമായ ഭ്രമണത്തിൽ ചതുരത്തകിടിന്റെ തിരിച്ചറിയാൻ വയ്യാത്ത നാലു ഭാവങ്ങൾ ഉണ്ടാകും. ഇതു് ഒരു തരം സമമിതിയാണു്. ക്രിസ്റ്റലുകളിൽ അനവധി സമമിതികൾ ഉണ്ടു് ക്രിസ്റ്റലുകളിലെ സമമിതിസ്വഭാവങ്ങൾ, വശങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള കോണങ്ങൾ മുതലായവയെ ആസ്പദമാക്കി ഒട്ടനവധി ആകൃതികളിൽ കാണുന്ന ക്രിസ്റ്റലുകളെ ഏഴു വ്യൂഹങ്ങളിൽപ്പെടുന്നവയായി തരം തിരിക്കാം. (ചിലർ ആറു വ്യൂഹങ്ങളായും തരം

തിരിക്കുന്നു). ഈ ഏഴു വ്യൂഹങ്ങളും ക്രിസ്റ്റലിന്റെ ആന്തരഘടനയുടെ (internal structure) അടിസ്ഥാനത്തിലാണു് സംജാതമാകുന്നതു്. ഒരു സമതലത്തെ വിടവില്ലാതെ നികത്തുന്നതിനു് അഞ്ചു തരം ബഹുഭുജത്തകിടുകളും (polygonal plates) കൊണ്ടു മാത്രമേ സാധിക്കുകയുള്ളു. അതു പോലെ തന്നെ സമതലവശങ്ങളുള്ള (plane sides) ഏഴു തരം ഘനരൂപങ്ങളും കൊണ്ടു് മാത്രമേ ഒരു സ്ഥലം (space) വിടവില്ലാതെ നിറയ്ക്കാൻ സാധിക്കുകയുള്ളു. ഈ ഏഴു ഘനരൂപങ്ങളിലുള്ള സമമിതികളാണു് ഓരോ വ്യൂഹത്തിലും കാണുന്നതു്. ക്രിസ്റ്റലിന്റെ സമമിതിക്കു് ആസ്പദം ഈ ഘനരൂപങ്ങളുടെ സമമിതിയാണു്. അതിനാൽ ക്രിസ്റ്റലിന്റെ സമമിതികളിൽ നിന്നു് അതു് ഏതു വ്യൂഹത്തിൽ പെട്ടതാണെന്നു് നിർണയിക്കാം. അതിനാൽ ഘടകമാത്രകം (അയോൺ, തന്മാത്ര അഥവാ അണു) എപ്രകാരം ക്രിസ്റ്റലിൽ സംവിധാനംചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നു് മനസ്സിലാക്കാം.

1) ത്രിനതാക്ഷ വ്യൂഹം (Triclinic system)
2) ഏകനതാക്ഷ '' (Monoclinic '')
3) സമപതുർഭുജ '' (ortho rhombic '')
4) ത്രിസമനതാക്ഷ '' (Trigonal '')
5) ദ്വിസമലംബാക്ഷ '' (tetragonal '')
6) ഷഡ്ഭുജ '' (Hexagonal '')
7) ത്രിസമഘന '' (Cubic '')

സമരൂപതയും ബഹുരൂപതയും

വ്യത്യസ്തങ്ങളായ പദാർഥങ്ങൾക്കു് ഒരേ ക്രിസ്റ്റൽ രൂപമാണെങ്കിൽ അവയെ സമരൂപികം എന്നു പറയാം (isomorphous). ഈ പ്രതിഭാസമാണു് സമരൂപത. സമരൂപികളായ പദാർഥങ്ങൾക്കു് സദൃശങ്ങളായ സൂത്രം ഉണ്ടായിരിക്കുമെന്നു് അനുശാസിക്കുന്ന മിത്ഷർലിഖിന്റെ സമരൂപതാനിയമത്തെ പറ്റി മുമ്പു് പ്രസ്താവിച്ചിട്ടുണ്ടു് (അധ്യായം 7). അണുഭാരനിർണയത്തിൽ ഈ നിയമം പ്രയോജനപ്പെടുന്നു. സമരൂപമുള്ള പദാർഥങ്ങൾ തമ്മിൽ മിശ്രക്രിസ്റ്റലുകൾ ഉണ്ടാകും. ഖനിജങ്ങളിൽ (minerals) ഇത്തരം മിശ്രക്രിസ്റ്റലുകൾ ധാരാളം കാണാം. ഉദാഹരണമായി ഫെറിക് ഓക്സൈഡും (Fe_2O_3) ക്രോമിയം ഓക്സൈഡും (Cr_2O_3) സമരൂപികളായതിനാൽ ഇവയുടെ മിശ്ര ക്രിസ്റ്റലുകൾ ചില ഖനിജങ്ങളിൽ കാണുന്നു.

മിത്ഷർലിഖ് നിയമത്തിനു് പല അപവാദങ്ങളും ഉണ്ടു്. സദൃശസൂത്രങ്ങളുണ്ടെങ്കിലും പദാർഥങ്ങൾ സമരൂപികളാകാറില്ല. അതായതു് നിയമത്തിനു് വിലോമമായ പ്രാബല്യം ഇല്ല എന്നർഥം. അതു പോലെ ചില പദാർഥങ്ങൾ സമരൂപികളാണെങ്കിലും അവയുടെ സൂത്രങ്ങൾക്കു് സാദൃശ്യം ഇല്ല.

ഒരേ പദാർഥം തന്നെ വ്യത്യസ്ത ക്രിസ്റ്റൽരൂപങ്ങളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന പ്രതിഭാസമാണു് ബഹുരൂപത. വ്യത്യസ്ത ക്രിസ്റ്റൽ രൂപങ്ങളെ ബഹുരൂപകങ്ങൾ (Polymorphs) എന്നു പറയുന്നു. ആന്തരഘടനയിലുള്ള വ്യത്യാസം കൊണ്ടാണു്

പലതരം ബഹുരൂപകങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നതു്. സിലിക്ക (SiO_2) കാൽസിയം കാർബണേറ്റു്, മുതലായവക്കു് ബഹുരൂപത കാണുന്നു. മൂലകങ്ങളുടെ ബഹുരൂപത്തിനു് അപരരൂപത (അല്ലോട്രോപി) എന്നു പറയുന്നതു്; കാർബൺ, സൽഫർ ഫോസ്ഫറസ്, ടിൻ മുതലായ മൂലകങ്ങളിൽ ഈ പ്രതിഭാസം കാണുന്നുണ്ടു്. (അനുബന്ധം). ചില മർദ്ദപരിധികൾക്കുള്ളിലും താപനിലകൾക്കുള്ളിലും ഓരോ ബഹുരൂപകത്തിനും സ്ഥിരതയുണ്ടായിരിക്കും.

ക്രിസ്റ്റലുകൾ ഉണ്ടാകുന്ന വിധം

ഒരു പദാർത്ഥം ദ്രവ അവസ്ഥയിൽ നിന്നു് (fluid state) അഥവാ വിലയീകരണാവസ്ഥയിൽ നിന്നു് ഘനീഭവിക്കുമ്പോഴും. സ്വയമേവ ക്രിസ്റ്റലീകരണാവസ്ഥയെ പ്രാപിക്കുന്നു. ദ്രവത്തെയോ വാതകത്തെയോ തണുപ്പിക്കുകയോ പൂരിതലായനിയെ തണുപ്പിക്കുകയോ ബാഷ്പീകരിക്കുകയോ ചെയ്യുമ്പോഴും ക്രിസ്റ്റലുകൾ സ്വയമേവ ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ രൂപഭദ്രതയും മുഴുപ്പും ഉള്ള കുറെയേറെ ക്രിസ്റ്റലുകൾ വളരെ വിരളങ്ങളാണു്. ക്രിസ്റ്റലിന്റെ ആകൃതിയും വലിപ്പവും പൂർണതയും അഴകും അതുണ്ടാകുമ്പോഴുള്ള പരിതസ്ഥിതികളെ വളരെയധികം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രകൃതിരത്നങ്ങളായ രത്നങ്ങളും കൃത്രിമമായി ഉണ്ടാക്കുവാൻ ഇന്നും സാധിച്ചിട്ടില്ല. അടുത്ത കാലത്തു് മാണിക്യം (Ruby) മുതലായ ചുരുക്കം ചില രത്നങ്ങളും കൃത്രിമമായി നിർമിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. ഭൂഗർഭത്തിലുള്ള പ്രത്യേക സാഹചര്യങ്ങളും ലാബറട്ടറിയിൽ സൃഷ്ടിക്കുക, എന്നതു് അത്ര എളുപ്പമല്ല. വളരെ സാവധാനത്തിൽ ക്രിസ്റ്റലീകരണം നടക്കുമ്പോഴാണു് വലിപ്പമുള്ള ക്രിസ്റ്റലുകൾ കിട്ടുന്നതു്. ലായനിയിൽ നിന്നു് ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കുമ്പോഴും താൽക്കാലികമായ അതിപൂരണവും ദ്രവത്തിൽ നിന്നു് ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കുമ്പോഴും താൽക്കാലികമായ അതിശീതീകരണവും ഉണ്ടാകുന്നു. തൽഫലമായി ചെറിയ ക്രിസ്റ്റലുകൾ രൂപമെടുക്കുന്നു. അതിപൂരണവും അതിശീതീകരണവും പരിമിതമായിട്ടാണെങ്കിൽ ചെറിയ ക്രിസ്റ്റലുകൾ സാവധാനം വളർന്നു വരുന്നു. എന്നാൽ പെട്ടെന്നുള്ള ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിൽ അതിപൂരണമോ അതിശീതീകരണമോ ക്രമാതീതമാകുന്നതിനാൽ വളരെ ചെറിയ ക്രിസ്റ്റലുകളാണു് ഉണ്ടാകാറുള്ളതു്.

ലായനിയിൽ നടക്കുന്ന ഒരു രാസപരിവർത്തനത്തിൽ ഉല്പന്നരൂപേണ ഒരു ഖരപദാർത്ഥം ഉണ്ടാകുന്നതായാൽ, പ്രതിപ്രവർത്തനം സാവധാനത്തിൽ നടത്തി അതിനെ സാമാന്യം വലിയ ക്രിസ്റ്റലുകളാക്കി വേർതിരിക്കാം. ഖരപദാർത്ഥത്തിനു് അതിപൂരണം ഏറ്റവും കുറവായ പരിതസ്ഥിതികളിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടത്തുമ്പോഴും ഇതു് സാധ്യമാണു്. പല അവക്ഷേപങ്ങളും ഇത്തരത്തിൽ മുഴുപ്പുള്ള ക്രിസ്റ്റലുകളാക്കി നിർമിക്കാവുന്നതാണു്. ഉദാഹരണമായി ബേരിയംക്ലോറൈഡു് ലായനിയിലേയ്ക്കു് കുറെ സൽഫ്യൂരിക് ആസിഡു് ചേർത്താൽ വെളുത്ത ബേരിയം സൽഫേറ്റു് അവക്ഷേപിക്കപ്പെടും. വളരെ ചെറിയ തരികളായിരിക്കും ലഭിക്കുന്നതു്. അതിനാൽ അവ പെട്ടെന്നു് അടിയുകയില്ല. എന്നാൽ ബേരിയംക്ലോറൈഡിന്റെ ലായനി ഏതാണ്ടു് തിളക്കുന്ന താപനിലയിൽ വെച്ചു കൊണ്ടു് ഓരോ തുള്ളികളായി നേർപ്പിച്ച സൽഫ്യൂരിക് ആസിഡു് ഒഴിച്ചു് ലായനി ഇള

ക്കിക്കൊണ്ടിരുന്നാൽ കിട്ടുന്ന ബേരിയം സൽഫേറ്റ് ക്രിസ്റ്റലുകൾക്ക് കൂടുതൽ വലിപ്പമുണ്ടായിരിക്കും. ഗോവിശ്ലേഷണങ്ങളിൽ നടത്തപ്പെടുന്ന അവക്ഷേപണങ്ങളിൽ ഇതുപോലുള്ള സംഗതികൾക്ക് വലിയ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. അവക്ഷേപം അരിച്ച് എടുക്കുവാൻ വലിയ ക്രിസ്റ്റലുകളാണെങ്കിൽ വളരെ എളുപ്പമാണല്ലോ.

തുടർന്നു വായിക്കുക

1. Alexyev V. Quantitative Analysis, Mir Publishers, Moscow.
2. Woods, Keenan, Bull and Bowman, "Fundamentals of College Chemistry", Harper & Row, New York (1963).
3. Y. Flint, Essentials of Crystallography.
4. L. Pauling, General Chemistry, Vakils, Feffer & Simons, Bombay.
5. Mahan, College Chemistry, Addison-Weseley, Massachussetts.

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. കുറിപ്പുകൾ എഴുതുക: (a) കാചസമഘടങ്ങൾ, (b) സമരൂപതയും ബഹുരൂപതയും (c) ക്രിസ്റ്റൽ വ്യൂഹങ്ങൾ.
2. ക്രിസ്റ്റലുകൾ എങ്ങനെയുണ്ടാക്കാം? തുരിശുക്രിസ്റ്റൽ ലാബറട്ടറിയിൽ എങ്ങനെയുണ്ടാക്കാം എന്നു വിവരിക്കുക.
3. ഒരു പദാർത്ഥത്തിനു പല അവസ്ഥകൾ എന്തു കൊണ്ടു ഉണ്ടാകുന്നു?
4. സമരൂപതാനിയമത്തിന്റെ പ്രയോജനം വിശദമാക്കുക.

ഉഭയദിശാപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും സന്തുലനാവസ്ഥയും

സാധാരണ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും ഉൽപന്നങ്ങളായി രൂപാന്തരം പ്രാപിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഉൽപന്നങ്ങളും തമ്മിൽ പ്രതിപ്രവർത്തിച്ചു് വീണ്ടും പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും ആയിത്തീരുക എന്നതു് സ്വയമേവ സംഭവിക്കുന്നില്ല. ഉദാഹരണമായി സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്ലൈഡും ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡും തമ്മിൽ രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുമ്പോൾ സോഡിയം ക്ലോറൈഡും ജലവും ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ സോഡിയം ക്ലോറൈഡും ജലവും തമ്മിൽ സ്വയമേവ രാസപ്രവർത്തനം നടന്നു് HCl-ഉം NaOH-ഉം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. അതുപോലെതന്നെ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും മുഴുവനുമോ അവയിൽ ഒരെണ്ണമോ തീർന്നുപോകുന്നതു വരെ പ്രതിപ്രവർത്തനം തുടരുന്നതായും സാധാരണമായി കാണുന്നു. HCl, NaOH എന്നിവ തമ്മിൽ കലർത്തുമ്പോൾ, അമ്ലമാണു് കൂടുതലുള്ളതെങ്കിൽ NaOH മുഴുവനും പ്രതിപ്രവർത്തനവിധേയമാകുന്നു. അധികമുള്ള അമ്ലം അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. രണ്ടും രാസതുല്യാങ്കമായ അളവുകളിൽ (chemicallv equivalent) കലർത്തിയാൽ അവ രണ്ടും പൂർണമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. എന്നാൽ എല്ലാ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും ഇപ്രകാരം പൂർത്തിയാകാറില്ല. പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും പ്രവർത്തിച്ചു് ഉല്പന്നങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്തോറും പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗം (velocity) കുറഞ്ഞുവരികയും ഒടുവിൽ പ്രവർത്തനം നിലച്ചുപോകുകയും ചെയ്യുന്നതായി ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ അനുവേപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഉന്നത മർദ്ദത്തിലും ഉന്നത താപനിലയിലും നൈട്രജനും ഹൈഡ്രജനും തമ്മിൽ കലർത്തിയാൽ അല്പം മാത്രമേ അമോണിയ ഉണ്ടാകുന്നുള്ളൂ. ക്രമേണ അമോണിയയുടെ പരിമാണം കൂടി വരികയും ഒരു നിശ്ചിത പരിമാണം അമോണിയ ഉണ്ടാകുമ്പോൾ പ്രതിപ്രവർത്തനം നിലച്ചുപോയതായി അനുഭവപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അതായതു് പ്രതിപ്രവർത്തനഫലമായി കിട്ടുന്നതു് N_2 , H_2 , NH_3 എന്നീ മൂന്നു വാതകങ്ങളും അടങ്ങിയ ഒരു മിശ്രിതമാണു്. ഈ മിശ്രിതത്തിൽ N_2 , H_2 എന്നിവയുണ്ടെങ്കിലും അവ സംയോജിക്കുന്നില്ല.

മറിച്ച് അമോണിയാ വാതകം ഇതേ പരിതസ്ഥിതിയിൽ എടുക്കുമ്പോഴും അതു വിയോജിച്ച് കുറെ നൈട്രജനും ഹൈഡ്രജനും ഉണ്ടാകും. എന്നാൽ വിയോജനം പൂർത്തിയാകുന്നതിനു മുമ്പു തന്നെ പ്രതിപ്രവർത്തനം നിലച്ചുപോകും. അതായതു് ഒരേ പരിതസ്ഥിതിയിൽ തന്നെ നൈട്രജൻ–ഹൈഡ്രജൻ സംയോജനവും അമോണിയയുടെ വിയോജനവും സംഭവിക്കാം. പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലെ ഉല്പന്നം വീണ്ടും പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളായിത്തീരുന്നു എന്നു സാരം. ഇത്തരത്തിൽ, ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലെ ഉൽപന്നങ്ങളും വീണ്ടും പ്രവർത്തിച്ചു് പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളായിത്തീരുന്നുണ്ടെങ്കിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെ ഉഭയദിശാപ്രതിപ്രവർത്തനം എന്നു പറയുന്നു. ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഉഭയദിശത (reversibility) അതിന്റെ സമീകരണത്തിൽ ഇരുവശത്തേക്കും അസ്രൂചിഹ്നങ്ങളും വരച്ചു് സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം:

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

അതായതു് $N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$

എന്ന അഗ്ര പ്രതിപ്രവർത്തനവും (forward reaction),

$2NH_3 \longrightarrow N_2 + 3H_2$ എന്ന പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനവും (backward reaction) ഒരേ സമയം തന്നെ നടക്കുന്നു എന്നാണു് മനസ്സിലാക്കേണ്ടതു്. മറ്റൊരു ഉദാഹരണം കൂടി നോക്കാം. ഹൈഡ്രജനും അയൊഡിൻ ബാഷ്പവും തമ്മിൽ സാമാന്യം ഉയർന്ന താപനിലയിൽ സംയോജിക്കുന്നതു് ഉഭയദിശയായിട്ടാണു്. അതായതു് ഇവ തമ്മിൽ സംയോജനം പൂർണമായി നടക്കുന്നില്ല. പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളിൽ ഒരു നിശ്ചിത ഭാരം സംയോജിച്ചു് HI ഉണ്ടായിക്കഴിയുമ്പോൾ ആ പ്രതിപ്രവർത്തനം നിലച്ചുപോലാവുകയും, അതുപോലെ തന്നെ HI ഈ താപനിലയിൽ അപൂർണമായി വിയോജിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

ഉഭയദിശാപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലെല്ലാം രാസ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ അന്ത്യത്തിൽ കിട്ടുന്നതു് പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും ഉല്പന്നങ്ങളും കലർന്നുള്ള മിശ്രിതമാണു്. പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളിൽ നിന്നു് ആരംഭിച്ചാൽ കുറെ ഉല്പന്നങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നതോടു കൂടി പ്രവർത്തനം നിലച്ചുപോയതായി അനുഭവപ്പെടും. ഉല്പന്നങ്ങളും മാത്രം എടുത്തു് ആരംഭിച്ചാൽ കുറെ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നതോടു കൂടി പ്രവർത്തനം നിലച്ച പോലെ അനുഭവപ്പെടുന്നു. അതായതു് പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും ഉല്പന്നങ്ങളും തമ്മിൽ ഒരു സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. സ്വയം പരിവർത്തനം ഒന്നും ഉണ്ടാകാത്ത അവസ്ഥയാണു് സന്തുലനം (equilibrium) ഉഭയദിശാ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ നിശ്ചിതപരിമാണം പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും ഉല്പന്നങ്ങളും ഉണ്ടെങ്കിൽ സന്തുലനാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും മാത്രമുണ്ടെങ്കിൽ അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തനം നടന്നു് കുറെ ഉല്പന്നങ്ങളും ഉണ്ടാകുകയും തന്മൂലം സന്തുലനത്തിൽ എത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉല്പന്നങ്ങളും മാത്രം എടുക്കുമ്പോഴും അവ പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തന

ത്തിനു വിധേയമായി കുറെ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളെ ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്നതിനാലും സന്തുലനം ഉണ്ടാകുന്നു. അതായതു്, ഉഭയദിശാ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ അന്ത്യഫലം ഈ സന്തുലനാവസ്ഥയിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തക ഉൽപന്നങ്ങളുടെ മിശ്രിതമാണു്. (സന്തുലന മിശ്രിതം, equilibrium mixture).

സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ വ്യൂഹത്തിൽ അഗ്ര-പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും രണ്ടും സ്തംഭിച്ചതായിട്ടാണു് തോന്നുക. കാരണം സന്തുലനമിശ്രിതത്തിന്റെ സംഘടനം മാറുന്നതേയില്ല എന്നതു തന്നെ. ഏതെങ്കിലും പ്രതിപ്രവർത്തനം നടന്നാൽ മാത്രമല്ലേ സംഘടനം വ്യത്യാസപ്പെടുകയുള്ളൂ? എന്നാൽ ഇതു് ഒരു തോന്നൽ മാത്രമാണു്. യഥാർഥത്തിൽ 'നിശ്ചല'മായി തോന്നുന്ന സന്തുലനാവസ്ഥയിലും അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തനവും പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനവും നടക്കുന്നുണ്ടു്. രണ്ടും തുല്യവേഗത്തിലുമാണു്. അതിനാൽ അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഏതുമാത്രം ഉൽപന്നങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടോ അതുതന്നെ പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുത്തു പ്രാരംഭികപ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളെ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. അതിനാൽ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെയും ഉൽപന്നങ്ങളുടെയും പരിമാണത്തിൽ പ്രത്യക്ഷത്തിൽ യാതൊരു മാറ്റവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. തുല്യവേഗത്തിലുള്ള രണ്ടു് പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും പരസ്പരം നിഷ്ഫലമാക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇത്തരം രാസ-സന്തുലനത്തെ ഗതിക സന്തുലനം (dynamic equilibrium) എന്നു പറയുന്നു.

ദ്രവ്യമാനക്രിയാനിയമവും സന്തുലനവും

രാസസന്തുലനം ഗതികമായതിനാൽ പ്രതിപ്രവർത്തനപ്രവേഗത്തെ (velocity of reactions) സംബന്ധിക്കുന്ന ''ദ്രവ്യമാനക്രിയാനിയമം'' പ്രയോഗിച്ചു് സന്തുലനം വ്യാഖ്യാനിക്കാവുന്നതാണു്. ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത (concentration) കുറയുകയും ഉല്പന്നങ്ങളുടേതു് കൂടുകയും ചെയ്തുകൊണ്ടിരിക്കും. ഒരു സമയമാത്രയിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു ഉല്പന്നത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വർധനവായോ ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തകത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന കുറവായോ ആണു് പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗം പ്രസ്താവിക്കാറുള്ളതു്. പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിശ്ചിത താപനിലയിലും മർദത്തിലും ഉള്ള പ്രവേഗം മുഖ്യമായും പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ പരിമാണത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധമാണു് 1867 ൽ നോർവീജിയക്കാരായ ഗുൽഡ്ബർഗ്, വാഗെ എന്നിവർ (Guldberg and Waage) കണ്ടുപിടിച്ച ദ്രവ്യമാനക്രിയാനിയമം അഥവാ മാസ്ആക്ഷൻ നിയമം. ''ഒരു രാസപരിവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗം പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ ക്രിയാശീലദ്രവ്യമാനങ്ങൾക്കു് (active masses) അനുക്രമാനുപാതികമായിരിക്കും.'' ഇതാണു് മാസ്ആക്ഷൻ നിയമം. ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ക്രിയാശീലദ്രവ്യമാനം അതിന്റെ മോളാർസാന്ദ്രതയുടെ മോഡംസംഖ്യാവർഗമാണു്. ഉദാഹരണമായി,

$$2A + 3B \longrightarrow C + 3D$$

എന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ A, B എന്നീ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത C_A, C_B എന്നു് ചിത്രീകരിച്ചാൽ,

A യുടെ ക്രിയാശീലദ്രവ്യമാനം $= C_A^2$

B യുടെ ക്രിയാശീലദ്രവ്യമാനം $= C_B^3$

(2, 3 എന്നീ സംഖ്യകളും A യുടെയും B യുടെയും ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലെ ''മോളംസംഖ്യ''കളാണു്.)

$\therefore$ പ്രതിപ്രവർത്തനപ്രവേഗം $\propto C_A^2 . C_B^3$

അതായതു് പ്രവേഗം $= K C_A^2 \cdot C_B^3$

ഇതിൽ K എന്നതു് ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാണു്. താപനിലയെയും മർദ്ദത്തെയും പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്ന ഈ സ്ഥിരാങ്കം പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗസ്ഥിരാങ്കം (Velocity constant) എന്നു് അറിയപ്പെടുന്നു. പ്രവേഗസ്ഥിരാങ്കം കൂടിയ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും ശീഘ്രഗതിയിൽ നടക്കുന്നവയും മറിച്ചുള്ളവ മന്ദഗതിയിൽ നടക്കുന്നവയുമാണു്.

ഉഭയദിശാ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തനവും പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനവും ഒരേ സമയത്തുതന്നെ നടക്കുന്നു. ഓരോന്നിന്റെയും പ്രവേഗം അതാതിന്റെ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സാന്ദ്രതയെ അനുസരിച്ചിരിക്കുന്നു.

$$2A + 3B \rightleftharpoons C + 3D$$

ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനം ഉഭയദിശീയമായി സ്ഥിതിക്കു് A യും B യും മാത്രം എടുത്തു് പ്രതിപ്രവർത്തനം തുടങ്ങുമ്പോൾ C_A, C_B എന്നിവ ഏറ്റവും കൂടുതലായിരിക്കും. അതിനാൽ അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗം ആരംഭത്തിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലായിരിക്കും. അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗസ്ഥിരാങ്കം k_1 ആണെങ്കിൽ അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തന പ്രവേഗം $= k_1 \cdot C_A^2 C_B^3$ ആകുന്നു. C യും D യും ക്രമേണ ഉല്പാദിതമാകുന്തോറും അവയുടെ സാന്ദ്രതകളും കൂടിവരുന്നു. അതിനാൽ പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ($C + 3D \longrightarrow 2A + 3B$) പ്രവേഗം കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അങ്ങനെ അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗം കുറഞ്ഞുവരികയും പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗം കൂടിവരികയും ചെയ്തു് ഒടുവിൽ രണ്ടു പ്രവേഗങ്ങളും സമമാകുന്നതോടുകൂടി സന്തുലനാവസ്ഥയുണ്ടാകുന്നു. പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗം $= k_2 \cdot C_C \cdot C_D^3$.

(k_2 = പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗസ്ഥിരാങ്കം; C_C, C_D എന്നിവ ഉല്പന്നങ്ങളുടെ സാന്ദ്രതയും).

അപ്പോൾ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ,

$$k_1 \cdot C_A^2 \cdot C_B^3 = k_2 \cdot C_C \cdot C_D^3 \cdot$$

$$\therefore \frac{k}{k_2} = \frac{C_C \cdot C_D^3}{C_A^2 \cdot C_B^3}$$

$\frac{k_1}{k_2}$ എന്നതും ഒരു സ്ഥിരാങ്കമായിരിക്കണം. കാരണം k_1, k_2 എന്നിവ സ്ഥിരാങ്കങ്ങളാണ്.

$\therefore$ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ $\frac{C_C \cdot C_D{}^3}{C_A{}^2 \cdot C_B{}^3} = K$, ഒരു സ്ഥിരാങ്കം.

ഈ സ്ഥിരാങ്കത്തിനും പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം (equilibrium constant) എന്നു പറയുന്നു. ഓരോ താപനിലയിലും മർദത്തിലും സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഓരോ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിനും നിശ്ചിതമാണ്.

ഉഭയദിശീയമായ ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ, സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ ഉള്ള ഉല്പന്നങ്ങളുടെ ക്രിയാശീലദ്രവ്യമാനഗുണനഫലവും (Product of the active masses of the products) പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ ക്രിയാശീലദ്രവ്യമാനങ്ങളുടെ ഗുണനഫലവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമാണ് സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം:

$n_1 A + n_2 B + \cdots \rightleftharpoons n_3 C + n_4 D + \cdots$ എന്ന ഒരു സാമാന്യ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ, സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം, $K = \frac{C_C^{n_3} \cdot C_D^{n_4} \cdots}{C_A^{n_1} \; C_B^{n_2} \cdots}$

ഇതിൽ ഓരോ സാന്ദ്രതകളും (C_A, C_B മുതലായവ) സന്തുലനാവസ്ഥയിലുള്ള സാന്ദ്രതകളാണെന്നു പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കുക. സാന്ദ്രതകളും വ്യത്യസ്തമാകാമെങ്കിലും, ഈ സംഖ്യയിൽ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാവുകയില്ല.

വാതകാവസ്ഥയിൽ നടക്കുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ സാന്ദ്രതകൾക്കു പകരമായി ഓരോ പദാർഥത്തിന്റെയും ആംശികമർദം ഉപയോഗിച്ചാണ് സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കം പ്രസ്താവിക്കുന്നതു്. സാന്ദ്രത ഉപയോഗിച്ചു് നിർവചിക്കപ്പെടുന്ന സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിനു് K_c എന്നും ആംശിക മർദങ്ങളിൽനിന്നു് കണക്കാക്കുന്ന സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിനു് K_p എന്നും പ്രത്യേക ചിഹ്നങ്ങൾ നൽകിവരുന്നു.

അമോണിയാ സംശ്ലേഷണത്തിൽ, നൈട്രജനും ഹൈഡ്രജനും ഉന്നത മർദത്തിൽ സംയോജിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനം ഉഭയദിശീയമാണ്.

$N_2 + 3\,H_2 \rightleftharpoons 2\,NH_3$

ഇതിൽ,

$K_c = \frac{C_{NH_3}^2}{C_{N_2} \cdot C_{H_2}^3}$

$$K_p = \frac{p^2_{NH_3}}{p_{N_2} \cdot p^3_{H_2}}$$

സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം വളരെ കൂടുതലാണെങ്കിൽ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ ഉല്പന്നങ്ങളം കൂടുതലായിരിക്കുമെന്നു് വ്യക്തമാണു് അതായതു് പ്രതിപ്രവർത്തനം ഉഭയദിശീയമാണെങ്കിലും അതു സംഭവിക്കാനുള്ള പ്രവണത വളരെ കൂടുതലാണെന്നു് അനുമാനിക്കാം. അപ്പോൾ സന്തുലനാവസ്ഥയുടെ പരിമാണപരമായ ചിത്രീകരണമാണു് സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിൽകൂടി സാധിക്കുന്നതു്. ഉഭയദിശാപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളം സന്തുലനാവസ്ഥ വരെ മാത്രമേ നടക്കുകയുള്ളു. അതിനാൽ ഇത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ എത്രമാത്രം ഉല്പന്നങ്ങം ലഭിക്കുമെന്നു് കണക്കാക്കാൻ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം പ്രയോജനപ്പെടുന്നു. അതുപോലെ തന്നെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഏതേതു പരിതസ്ഥിതികളിലാണു് ഏറ്റവും കൂടുതലുള്ളതു് എന്നു നിർണയിച്ചു് ആ പരിതസ്ഥിതികളിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടത്തി ഏറ്റവും കൂടുതൽ ഉല്പന്നങ്ങം ലഭിക്കുവാനും സാധിക്കും. വ്യാവസായികരംഗത്തിൽ ഈ തത്വങ്ങം വളരെ പ്രയോജനപ്രദങ്ങളാണു്. ഉദാഹരണമായി അമോണിയാസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഉന്നതതാപനിലകളിൽ വളരെ ചെറിയ സംഖ്യയാണു്. തന്മൂലം ഉന്നതതാപനിലകളിൽ സന്തുലനമിശ്രിതത്തിൽ അമോണിയയുടെ സാന്ദ്രത താരതമ്യേന കുറവായിരിക്കും എന്നു് അനുമാനിക്കാം. അതായതു് കഴിയുന്നതും കുറഞ്ഞ താപനിലയായിരിക്കും അമോണിയാസംശ്ലേഷണത്തിനു് കൂടുതൽ ഫലപ്രദം എന്നു് മനസ്സിലാക്കാം. വ്യാവസായിക പ്രക്രിയകം ആസൂത്രണം ചെയ്യുമ്പോം അതിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങളെ പറ്റിയുള്ള വിവരങ്ങം അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതു് അത്യന്താപേക്ഷിതമാണു്.

ലേ ഷാത്ലിയർ — ബ്രൗൺ തത്വം

അസന്തുലനാവസ്ഥകളിൽ നിന്നു് (non-equilibrium states) വ്യൂഹങ്ങം സ്വയമേവ പരിവർത്തനങ്ങംക്കു് വിധേയമായി സന്തുലനാവസ്ഥയിലെത്തുന്നു. സന്തുലനാവസ്ഥയിലെത്തുന്നതിനുള്ള പ്രവണത എല്ലാ വ്യൂഹങ്ങളിലും നൈസർഗികമായിത്തന്നെയുണ്ടു്. അതിനാൽ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഒരു വ്യൂഹത്തിൽ നാം ഏതെങ്കിലും ഒരു മാറ്റം വരുത്തി അതിന്റെ സന്തുലനത്തിനു് ഉലച്ചിൽ ഉണ്ടാക്കിയാൽ വ്യൂഹം സന്തുലനം വീണ്ടെടുക്കുന്നതിനായി സ്വയം പരിവർത്തനവിധേയമാകും. അതായതു് സന്തുലനത്തെ ഉലയ്ക്കുന്ന ഏതൊന്നിനെയും വ്യൂഹം ചെറുക്കുന്നു എന്നർഥം. പരിതസ്ഥിതികളിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാക്കുമ്പോം സന്തുലനാവസ്ഥയിലുള്ള വ്യൂഹങ്ങം എപ്രകാരം പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്നു് അറിയുവാനുള്ള സാമാന്യതത്വമാണു് ''ലേ ഷാത്ലിയർ-ബ്രൗൺ തത്വം''.

നിർവ്വചനം: ഒരു വ്യൂഹം സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുമ്പോൾ അതിന്റെ പരിതസ്ഥിതികളിൽ മാറ്റം വരുത്തുന്ന ഏതെങ്കിലും ഒരു ഞെരുക്കം (Constraint) പ്രയോഗിച്ചാൽ ആ ഞെരുക്കത്തിന്റെ ഫലത്തെ ഇല്ലാതാക്കാൻ തക്കവണ്ണം വ്യൂഹം സ്വയം പരിവർത്തിതമാവുകയോ, ഇല്ലാതാക്കാൻ പരിശ്രമിക്കുകയോ ചെയ്യും.

സന്തുലനാവസ്ഥയെ ഉലയ്ക്കുന്നതിനുള്ള മാറ്റങ്ങളും മുഖ്യമായി മൂന്നു വിധത്തിലാണു്.

1. താപനിലയിൽ മാറ്റം വരുത്തുക.
2. മർദ്ദം വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുക.
3. പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെയോ ഉല്പന്നങ്ങളുടെയോ സാന്ദ്രത വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുക. വിപരീതങ്ങളായ രണ്ടു പരിവർത്തനങ്ങളും തമ്മിലുള്ള സന്തുലനമാണല്ലോ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ ഉള്ളതു്, അതിനാൽ വ്യൂഹത്തിൽ രണ്ടു തരത്തിൽ മാത്രമേ പരിവർത്തനം ഉണ്ടാകാൻ സാധിക്കുകയുള്ളു. ഒന്നു്, അഗ്രപരിവർത്തനം സംഭവിക്കുക, രണ്ടു്, പശ്ചപരിവർത്തനം സംഭവിക്കുക. ഇവയിൽ എന്തു കൊണ്ടാണോ സന്തുലനത്തെ ശല്യപ്പെടുത്തിയ ഞെരുക്കത്തെ (constraint) നിഷ്ഫലമാക്കാൻ സാധിക്കുന്നതു് ആ പരിവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തകം നാം ചേർക്കുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. വ്യൂഹത്തിന്റെ പ്രവണത ഈ പ്രതിപ്രവർത്തകത്തിന്റെ പരിമാണം കുറയ്ക്കുന്നതിനായിരിക്കും എന്നു് ലേ ഷാത്ലിയർ തത്വം പറയുന്നു. അതായതു് അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കും എന്നു സാരം.

(1) സന്തുലന-താപനില മാറ്റിയാൽ

പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ എല്ലാം താപം വിസർജിക്കപ്പെടുകയോ അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുകയോ ചെയ്യും. ('താപരസതന്ത്രം' നോക്കുക.) ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ താപം ഉല്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നെങ്കിൽ അതിനെ ''താപോന്മോചകപ്രതിപ്രവർത്തനം'' (exothermic reaction) എന്നും, അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നെങ്കിൽ അതിനെ ''താപശോഷകപ്രതിപ്രവർത്തനം'' (endothermic reaction) എന്നും പറയുന്നു. ഉഭയദിശാപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഒന്നു് താപോന്മോചകമാണെങ്കിൽ മറ്റേതു താപശോഷകമായിരിക്കുമല്ലോ. ഉദാഹരണമായി അമോണിയ ഉണ്ടാക്കുമ്പോൾ താപം ഉല്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. അതായതു് നൈട്രജൻ ഹൈഡ്രജൻ സംയോജനം താപോന്മോചകമാണു്. അതിനാൽ അമോണിയയുടെ വിയോജനം താപശോഷകമാണു്.

$$N_2 + 3\,H_2 \rightleftharpoons 2\,NH_3 + \text{താപം}.$$

ഈ വ്യൂഹത്തിൽ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ ഉള്ള താപനില ഉയർത്തിയാൽ ലേ ഷാത്ലിയർ തത്വപ്രകാരം വ്യൂഹത്തിന്റെ പ്രവണത താപം അവശോഷണം ചെയ്യുന്നതിനായിരിക്കും (താപനില കുറയ്ക്കുവാനുള്ള പരിശ്രമം). അതായതു് പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കും എന്നർഥം. അതുകൊണ്ടു് ഉന്നതതാപനിലയിൽ സന്തുലനമിശ്രിതത്തിൽ അമോണിയയുടെ അളവു് കുറവായിരി

ക്കും. താപനില കുറച്ചാൽ വ്യൂഹം താപനിലയെ ഉയർത്തുവാൻ ശ്രമിക്കും. അതായത് താപം ഉല്പാദിതമാകുന്ന അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കും. അതിനാൽ കുറഞ്ഞ താപനിലയിൽ സന്തുലനമിശ്രിതത്തിൽ അമോണിയയുടെ അളവ് താരതമ്യേന കൂടുതലായിരിക്കും. അപ്പോൾ ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനം വഴി അമോണിയാനിർമാണം നടത്താൻ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ താപനിലയാണ് അനുയോജ്യം. എന്നാൽ താപനില കുറയുമ്പോൾ അഗ്ര-പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ പ്രവേഗം വളരെ കുറഞ്ഞുപോകുന്നു. അതായത് മിശ്രിതം സന്തുലനാവസ്ഥ പ്രാപിക്കുവാൻ വളരെ കാലതാമസം ഉണ്ടാകുന്നു. അതിനാൽ വളരെ താണ താപനിലയും വളരെ ഉയർന്ന താപനിലയും അനുകൂലമല്ല. വ്യാവസായികമായി ഒരു ഇഷ്ടതമ താപനിലയിലാണ് (optimum temperature) ഈ സംശ്ലേഷണം നടത്തപ്പെടുന്നത്. (അമോണിയാനിർമാണം നോക്കുക.) തന്നെയല്ല വേഗം സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ എത്തുന്നതിനു ഒരു ഉൽപ്രേരകം (catalyst) കൂടി ഉപയോഗിക്കണം.

ഇതുപോലെതന്നെ മറ്റു ഉദയദിശാപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലും കൂടിയ താപനില താപശോഷകമായ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിനു അനുകൂലമായും, കുറഞ്ഞ താപനില താപോത്സേചകപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിനു അനുകൂലമായും ഇരിക്കും.

(2) സന്തുലനമർദം മാറിയാൽ

ഒരു സന്തുലനത്തിൽ മർദം മാറുമ്പോൾ വ്യൂഹത്തിന്റെ പരിശ്രമം മർദത്തിലുള്ള മാറ്റത്തെ ഇല്ലായ്മ ചെയ്യുവാനായിരിക്കും. വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള സന്തുലനങ്ങളിൽ, മർദം ഉയർത്തിയാൽ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കുറച്ച് മർദഫലം കുറയ്ക്കുവാൻ വ്യൂഹം ശ്രമിക്കും. അതായത് അഗ്ര-പശ്ചപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഏതൊന്നിലാണോ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കുറയുന്നത് ആ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നതാണ്. ഉദാഹരണമായി $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$ എന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ മർദം ഉയർന്നതാണെങ്കിൽ കൂടുതൽ അമോണിയ ഉണ്ടാകും. കാരണം, അമോണിയ ഉണ്ടാകുമ്പോൾ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കുറയുന്നു. ($1 N_2$, $3 H_2$ അങ്ങിനെ ആകെ 4 തന്മാത്രകൾ സംയോജിച്ച് $2 NH_3$ തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു.) മർദം കുറച്ചാൽ വ്യൂഹം തൽഫലത്തെ തടയുവാനുള്ള പരിശ്രമത്തിൽ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കൂട്ടുന്നു. അതിനാൽ അമോണിയ വിയോജിക്കുന്നു. അമോണിയാനിർമാണത്തിനു ഏറ്റവും കൂടുതൽ മർദം ഏറ്റവും അനുകൂലമായിരിക്കും. അതിനാൽ കഴിയുന്നതും കൂടുതൽ മർദത്തിലാണ് ഈ സംശ്ലേഷണം നടത്തുന്നത്.

മർദത്തിന്റെ സ്വാധീനം മറ്റൊരു രീതിയിലും വ്യാഖ്യാനിക്കാം. മർദം കൂട്ടിയാൽ വ്യാപ്തം കുറയുകയും മർദം കുറച്ചാൽ വ്യാപ്തം കൂടുകയും ചെയ്യുമല്ലോ. അതിനാൽ ഒരു സന്തുലനത്തിൽ മർദം ഉയർത്തുമ്പോൾ വ്യാപ്തം കുറയ്ക്കുന്നതിനാണ് വ്യൂഹം ശ്രമിക്കുന്നത്, മർദം കുറച്ചാൽ വ്യാപ്തം കൂട്ടുന്നതിനും. തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കുറയുമ്പോൾ വ്യാപ്തം കുറയുമല്ലോ. ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം വ്യത്യാസപ്പെടുന്നില്ല. ഉദാ:

$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2\,HI.$$

അതിനാൽ മർദം വ്യത്യാസപ്പെടുത്തിയാൽ ഇത്തരം സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ യാതൊരു മാറ്റവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല.

(3) പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെയോ ഉല്പന്നങ്ങളുടെയോ സാന്ദ്രത വ്യത്യാസപ്പെടുത്തിയാൽ

ഉഭയദിശാപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തകത്തിന്റെ സാന്ദ്രത (അഥവാ ആംശികമർദം) കൂടിയാൽ ലേ ഷാത്‌ലിയർ തത്വപ്രകാരം, ആ പദാർഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രത കുറയ്ക്കാനായി വ്യൂഹം പരിശ്രമിക്കും. അതിനാൽ അഗ്രപ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നു. മറിച്ച് ഉൽപന്നങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത കൂട്ടിയാൽ പശ്ച പ്രതിപ്രവർത്തനവും നടക്കും. അതുപോലെ ഉല്പന്നത്തിന്റെ സാന്ദ്രത കുറച്ചാൽ, അതു് കൂട്ടുന്നതിനായി വ്യൂഹത്തിൽ അഗ്ര പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നു. അതിനാൽ ഉഭയദിശാപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഉല്പന്നത്തെ തുടർച്ചയായി നീക്കം ചെയ്തുകൊണ്ടിരുന്നാൽ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും പൂർണമായിത്തന്നെ പരിവർത്തനവിധേയമാകുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഇരുമ്പും നീരാവിയും കൂടി ഉന്നത താപനിലയിൽ ഉഭയദിശീയമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

$$3\ Fe + 4\ H_2O \rightleftarrows Fe_3O_4 + 4\ H_2 .$$

ഈ പരിവർത്തനത്തിൽ ഇരുമ്പിനു മീതെ നീരാവി പ്രവഹിപ്പിച്ചാൽ ഉല്പന്നമാകുന്ന ഹൈഡ്രജനെ തുടർച്ചയായി നീരാവിയുടെ പ്രവാഹം നീക്കുന്നു. തന്മൂലം ഇരുമ്പ് മുഴുവനും Fe_3O_4 ആയിത്തീരുന്നു. (ഹൈഡ്രജൻ നിർമാണം നോക്കുക) അതുപോലെ, പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും വേണ്ടതിലധികം (excess) എടുത്താൽ കൂടുതൽ ഉല്പന്നം ലഭിക്കുന്നു.

ചില സന്തുലനങ്ങളിൽ ലേ ഷാത്‌ലിയർ തത്വപ്രയോഗം

A. ഭൗതിക സന്തുലനങ്ങൾ

(1) ലേയത്വസന്തുലനം

ലേ ഷാത്‌ലിയർ തത്വം ഭൗതികസന്തുലനങ്ങൾക്കും ബാധകമാണ്. ലീനവുമായി സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന (പൂരിത) ലായനിയുടെ സംഘടനമാണ് ലേയത്വം.

ശുദ്ധമായ ലീനം ⇄ പൂരിതലായനി.

ഈ സന്തുലനത്തിൽ ലേ ഷാത്‌ലിയർ തത്വം പ്രായോഗികമാണ്. താപനില കൂട്ടിയാൽ, താപശോഷകമായ ലയനം സംഭവിക്കുന്നു. മിക്കവാറും ലീനങ്ങളും ലയിക്കുമ്പോൾ താപം അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ ഉന്നത താപനിലയിൽ ലേയത്വം കൂടുന്നു. ചില പദാർഥങ്ങൾക്ക് താപനില കൂടുമ്പോൾ ലേയത്വം കുറയുന്നു. ഇത്തരം പദാർഥങ്ങളുടെ (ഉദാ: വാതകങ്ങൾ) 'ലയനം' താപോന്മോചകമാണ്.

വാതകങ്ങളുടെ ലേയത്വം മർദം കൂടുമ്പോൾ കൂടുന്നുണ്ട്. കാരണം, മർദം കൂട്ടിയാൽ വ്യാപ്തം കുറയ്ക്കാനായിരിക്കും അവയുടെ പ്രവണത. വാതകം ലായനി

യിലേക്കു് കൂടുതൽ ലയിക്കുമ്പോൾ വ്യാപ്തം കുറയുമല്ലോ. ഖരാവസ്ഥയിലോ ദ്രാവകാവസ്ഥയിലോ ഉള്ള ലീനങ്ങൾ ഒരു ദ്രാവകലായകത്തിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ വലിയ വ്യാപ്തവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. അതിനാൽ ഇവയുടെ ലേയത്വത്തെ മർദ്ദം കാര്യമായി ബാധിക്കുന്നില്ല.

(2) ഉരുകൽ സന്തുലനം

ഒരു ഖരപദാർത്ഥം അതിന്റെ ദ്രാവകരൂപവുമായി സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന താപനിലയാണു് അതിന്റെ ഉരുകൽനില. ഇതും മർദ്ദമനുസരിച്ചു് വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി അന്തരീക്ഷമർദ്ദത്തിൽ 0°C-ൽ ഉരുകുന്ന ഐസു് ഉന്നതമർദ്ദങ്ങളിൽ 0°C-നു് തഴെയാണു് ഉരുകുന്നതു്. എന്നാൽ മറ്റു പല പദാർത്ഥങ്ങൾക്കും മർദ്ദം കൂടുമ്പോൾ ഉരുകൽനിലയും കൂടുന്നു. ഇതിന്റെ കാരണം ലേ ഷാത്ലിയർ തത്വപ്രയോഗത്താൽ ലഭിക്കുന്നു.

$$\text{ഖരം} \rightleftharpoons \text{ദ്രാവകം}.$$

ഇതാണു് ഉരുകൽ സന്തുലനം (melting equilibrium). ഇവയിൽ ഖരാവസ്ഥയിലും ദ്രാവകാവസ്ഥയിലും ഘനത്വങ്ങൾ വ്യത്യസ്തങ്ങളാകയാൽ വ്യാപ്തവ്യത്യാസം ഉണ്ടു്. ഐസിന്റെ കാര്യത്തിൽ ഖരമായ ഐസിനു് ദ്രാവകമായ ജലത്തെക്കാൾ വ്യാപ്തം കൂടുതലാണു് (ഘനത്വം കുറവാണു്). അതിനാൽ ഉരുകുമ്പോൾ വ്യാപ്തം കുറയുന്നു. അപ്പോൾ സാധാരണ മർദ്ദത്തിൽ 0°C-ൽ ഐസും ജലവും തമ്മിൽ സന്തുലനാവസ്ഥയുണ്ടായിരിക്കും. മർദ്ദം കൂട്ടിയാൽ ലേ ഷാത്ലിയർ തത്വപ്രകാരം വ്യാപ്തം കുറയണം; അതായതു് ഐസു് ദ്രാവകമാകണം. അതിനാൽ ഉയർന്ന മർദ്ദത്തിൽ 0°C-ലും ദ്രാവകമായിരിക്കും. അതായതു് മർദ്ദം കൂട്ടിയാൽ ഉരുകൽനില കുറയുന്നു. എന്നാൽ ഖരാവസ്ഥയിൽ ഘനത്വം കൂടുതലുള്ള മറ്റു മിക്ക പദാർത്ഥങ്ങൾക്കും മറിച്ചാണു് സംഭവിക്കുന്നതു്. അതിനാൽ അവയുടെ ഉരുകൽനില മർദ്ദം കൂടുമ്പോൾ ഉയരുന്നു.

B രാസസന്തുലനങ്ങൾ

1. അമോണിയാസംശ്ലേഷണം

$$N_2 + 3\,H_2 \rightleftharpoons 2\,NH_3 + \text{താപം}.$$

(ഇതിൽ ലേ ഷാത്ലിയർ തത്വപ്രയോഗം നേരത്തെ ചർച്ചചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്.)

2. സൽഫർ ട്രൈഓക്സൈഡ് സംശ്ലേഷണം

$$2\,SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2\,SO_3 + \text{താപം}.$$

(a) മർദ്ദം: ഈ സന്തുലനത്തിൽ മർദ്ദം കൂടുമ്പോൾ ലേ ഷാത്ലിയർ തത്വപ്രകാരം തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കുറയുന്ന ദിശയിലേക്കു് പരിവർത്തനം നടക്കുന്നു. അതായതു് കൂടുതൽ SO_3 ഉണ്ടാകുന്നു. (3 തന്മാത്രകളിൽനിന്നു് 2 SO_3 ഉണ്ടാകുന്നു). അതിനാൽ ഈ സംശ്ലേഷണത്തിനു് ഉയർന്ന മർദ്ദങ്ങളാണു് കൂടുതൽ അനുകൂലമായതു്.

(b) **താപനില:** താപനില കൂട്ടുമ്പോൾ താപം അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനം കൂടുതലായി നടക്കുമെന്നു ലേ ഷാത്‌ലിയർ തത്വം അനുശാസിക്കുന്നു. താപനില കൂട്ടുമ്പോൾ SO_3 യുടെ വിയോജനം കൂടുതലായി സംഭവിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ താപനിലകളിൽ ആണു് ഏറ്റവും അധികം SO_3 സന്തുലന മിശ്രിതത്തിൽ ഉണ്ടായിരിക്കുക. എന്നാൽ, താപനില കുറയ്ക്കുന്നതും സന്തുലനാവസ്ഥ എത്തുന്നതിനു് വളരെ നാളുകളോ മാസങ്ങളോ തന്നെ വേണ്ടിവരുന്നു. ഇതും ദോഷകരമാണു്. തന്മൂലം ഒരു ഇഷ്ടമായ താപനില (വളരെ കൂടിയതും വളരെ കുറഞ്ഞതും അല്ലാത്തതു) യിലാണു് ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടത്തുന്നതു്. പെട്ടെന്നു് സന്തുലനാവസ്ഥയെത്തുന്നതിനായി പ്ലാറ്റിനം, V_2O_5 മുതലായ ഉൽപ്രേരകങ്ങളും കൂടി ഉപയോഗിക്കാറുണ്ടു്.

(c) **പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ ആധിക്യം:** പ്രതിപ്രവർത്തനമിശ്രിതത്തിൽ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ ആധിക്യം ഉണ്ടെങ്കിൽ അതു് കുറയ്ക്കാനായിരിക്കും വ്യൂഹം ശ്രമിക്കുന്നതു്. (ലേ ഷാത്‌ലിയർ തത്വം) അതിനാൽ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ ആധിക്യം എപ്പോഴും കൂടുതൽ ഉല്പന്നങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതിനു് അനുകൂലമായിരിക്കും.

നൈടിക് ഓക്സൈഡ് സംശ്ലേഷണം

(നൈടിക് അമ്ലം നിർമാണം നോക്കുക)

$$N_2 + O_2 \rightleftarrows 2NO - \text{താപം}$$

ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ NO ഉണ്ടാകുമ്പോൾ താപം അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ താപനില ഉയർത്തുമ്പോൾ ലേ ഷാത്‌ലിയർ തത്വപ്രകാരം വ്യൂഹം താപം അവശോഷണം ചെയ്യുന്ന ദിശയിലേയ്ക്കു് ചലിക്കുന്നതിനാൽ ഉന്നത താപനിലയിൽ സന്തുലന മിശ്രിതത്തിൽ കൂടുതൽ NO ഉണ്ടായിരിക്കും. വളരെ കൂടിയ താപനിലയിലാണു് വ്യാവസായികമായി ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടത്തുന്നതു് (3000°C).

ഇതിൽ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണത്തിൽ വ്യത്യാസം ഒന്നും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. അതിനാൽ മർദത്തിനു് ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ സ്വാധീനം ഇല്ല.

പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ ആധിക്യം എപ്പോഴും പ്രയോജനപ്രദമാണല്ലോ. ഇതുപോലെതന്നെ എല്ലാ സന്തുലനങ്ങളിലും ലേ ഷാത്‌ലിയർ തത്വം പ്രയോഗിച്ചു് അനുകൂലമായ പരിതസ്ഥിതികളും മുൻകൂറായി നിർണയിക്കാവുന്നതാണു്. എന്നാൽ ഈ തത്വം പരിമാണാത്മകരൂപമായ അനുമാനങ്ങളും തരുന്നില്ല. ഉദാഹരണമായി താപനില 10°C ഉയർത്തിയാൽ എത്ര ശതമാനം ഉല്പന്നത്തിൽ വർധനവുണ്ടാകുന്നു എന്നു് മനസ്സിലാക്കാൻ ലേഷാത്‌ലിയർ തത്വം പ്രയോജനപ്പെടുന്നില്ല. ഇത്തരം പരിമാണാത്മക നിഗമനങ്ങൾക്കു് സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഓരോ പരിതസ്ഥിതിയിലും നിർണയിക്കേണ്ടതാണു്. അല്ലെങ്കിൽ പരിതസ്ഥിതികളിൽ മാറ്റം വരുമ്പോൾ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം എത്രമാത്രം വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു എന്നു് കണക്കാക്കേണ്ടതാണു്.

തുടർന്നു വായിക്കുക:

1. Andrew J. Scarlett, College Chemistry, Henry Holt & Co., New York (1958).
2. Glinka, General Chemistry, Foreign Languages Publishing House, Moscow, (1958).
3. Partington, Text book of Inorganic Chemistry, ELBS (1960).
4. A. J Mee, Physical Chemistry, ELBS (1960).

അഭ്യാസങ്ങൾ:

1. ''സന്തുലനം'' എന്നാൽ എന്തു്? ഉഭയദിശാ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്തുകൊണ്ടു് സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ എത്തുന്നു എന്നു് ഉദാഹരണങ്ങൾ കൊണ്ടു് വിശദമാക്കുക.

2. താഴെ പറയുന്ന സന്തുലനത്തിനുള്ള സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിനു് വ്യഞ്ജകങ്ങൾ (expressions) എഴുതുക.

$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2 + \text{താപം}$$

ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ താപനിലക്കു് എത്രമാത്രം സ്വാധീനം ഉണ്ടെന്നു് വ്യക്തമാക്കുക.

3. ലേ ഷാത്ലിയർ തത്വം നിർവചിക്കുക. ഈ തത്വം പ്രയോഗിച്ചു് അമോണിയ, സൾഫർ ട്രൈഓക്സൈഡ്, നൈട്രിക് ഓക്സൈഡ് എന്നിവയുടെ സംശ്ലേഷണങ്ങൾക്കു് ഏറ്റവും അനുകൂലമായ പരിതസ്ഥിതികൾ നിർണയിക്കുക.

4. പൊട്ടാസിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ ലേയത്വം താപനില കൂടിയാൽ കൂടുന്നതെന്തുകൊണ്ടു്? വിശദമാക്കുക.

5. ലേ ഷാത്ലിയർ തത്വം എന്നാൽ എന്തു്? ഈ തത്വത്തിനുള്ള വ്യാവസായിക പ്രാധാന്യം വ്യക്തമാക്കുക.

6. A, B എന്നീ പദാർഥങ്ങൾ ജലലായനിയിൽ ഉഭയദിശീയമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. $A + B \rightleftharpoons C + D$. 1 മോൾ/ലിറ്റർ വീതം A യുടെയും B യുടെയും സാന്ദ്രതയുള്ള ഒരു ലായനി സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ എത്തുമ്പോൾ 0.4 മോൾ/ലിറ്റർ വീതം C യും D യും ഉണ്ടായെങ്കിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം കണക്കാക്കുക.

7. കുറിപ്പുകൾ എഴുതുക:
(a) പ്രവേഗസ്ഥിരാങ്കം
(b) ദ്രവ്യമാന-ക്രിയാനിയമം
(c) ഉഭയദിശത
(d) സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം

8. സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം എന്നാൽ എന്തു്? ഈ പരിമാണത്തിന്റെ പ്രയോജനം എന്തു്?

അമ്ലങ്ങളും ക്ഷാരകങ്ങളും ലവണങ്ങളും

'ആസിഡുകളും', 'ബേസുകളും' അവയുടെ പരസ്പര നശീകരണസ്വഭാവങ്ങളും പ്രാചീനകാലം മുതൽക്കു തന്നെ പലരേയും ആകർഷിച്ചിരുന്ന പുളിപ്പുരസവും മറ്റു ചില ഗുണങ്ങളുമുള്ള പദാർഥങ്ങളെ അമ്ലങ്ങളും (ആസിഡുകളും) എന്നും അവയ്ക്ക് വിരുദ്ധമായ സ്വഭാവമുള്ളവയെ ക്ഷാരകങ്ങളും (ബേസുകളും) എന്നും ഇവ രണ്ടും കൂടി സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന പദാർഥങ്ങളെ ലവണങ്ങളും (salts) എന്നും പൗരാണികർ കരുതിയിരുന്നു. എന്നാൽ കാലാന്തരത്തിൽ അമ്ല, ക്ഷാരക സങ്കല്പത്തിനു നൂതനമായ അർഥവ്യാപ്തി ഉണ്ടാവുകയും അമ്ല–ക്ഷാരക പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിനു് അതോടൊപ്പം പുതിയ വ്യാഖ്യാനങ്ങളും നൽകപ്പെടുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. പ്രാചീനചിന്തകന്മാരുടെ സിദ്ധാന്തങ്ങളും മുതൽ അമ്ലങ്ങളെയും ക്ഷാരകങ്ങളെയും സംബന്ധിക്കുന്ന ആധുനികസിദ്ധാന്തം വരെ നാതിദീർഘമായ ഒരു അവലോകനമാണു് ഈ അധ്യായത്തിൽ നടത്തുന്നതു്.

ആസിഡ് എന്ന പദം ''പുളിപ്പുള്ളതു്'' എന്നു് അർഥമുള്ള ''acidum'' എന്ന ലത്തീൻ പദത്തിൽ നിന്നു് ഉണ്ടായതായും ''മൂർച്ചയുള്ളതു്'' എന്നു് സൂചിപ്പിക്കുന്ന 'ac' എന്ന ധാതുവിൽ നിന്നു് ഉണ്ടായതായും കരുതപ്പെടുന്നു. വിനാഗിരി എന്നതിനു് തുല്യമായ ഫ്രഞ്ചുപദത്തിനു് (vinaiere) വീഞ്ഞിന്റെ (wine) മൂർച്ച എന്നാണത്രെ അർഥം. പുളിച്ച വീഞ്ഞിൽ ഭൂരിതന്റെ പുളിരസത്തിനു് നിദാനമായ ഒരു പദാർഥമുണ്ടെന്നും സേദനം (വാറ്റൽ)കൊണ്ടു് ഇതു് വേർതിരിക്കാമെന്നും പൗരാണികർ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഗേബർ (Geber) എന്ന രസവാദി (alchemist)ഏ. ഡി. 750–ൽ ഈ പദാർഥത്തെ പറ്റി (അസെറ്റിക് ആസിഡ്) വിശദമായി വിവരിച്ചിരുന്നു. പ്രാചീനകാലത്തു് പരിചിതങ്ങളായിരുന്ന പല അമ്ലങ്ങളും സസ്യങ്ങളിൽ നിന്നാണു് ലഭിച്ചിരുന്നതു്. ഇവ ബാഷ്പശീലമുള്ളവയും (Volatile) ആയിരുന്നു. അതുപോലെ ചില ഖനിജപദാർഥങ്ങളിൽനിന്നും (mineral substances) ബാഷ്പശീലമുള്ള അമ്ലങ്ങളും അവർ നിർമിച്ചിരുന്നു ഫെറസ് സൽഫേറ്റ് ക്രിസ്റ്റലുകളും (ഗ്രീൻ വിടിയോളും) വാറ്റുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന വിടിയോളും തൈലം (സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം, oil of vitriol), ഫെറസ് സൽഫേറ്റ്, ആലം, നൈറ്റർ എന്നിവയുടെ മിശ്രിതം വാറ്റുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന നൈ

റർ സ്പിരിറ്റ് (നൈടിക് അമ്ലം), കറിയുപ്പും വിടിയോഉം തൈലവും ചേർത്തു് വാറുമ്പോഉം കിട്ടുന്ന ലവണ-സ്പിരിറ്റു് (Spirit of salt) അഥവാ മ്യൂരിയാറ്റിക് അമ്ലം (ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ്) എന്നിവ പൗരാണികർക്കു് പരിചിതങ്ങളായിരുന്നു. ബാഷ്പശീലമുള്ള ഈ ''സ്പിരിറ്റു''കഉംക്കെല്ലാം പൂളിരസമുണ്ടെന്നും, നീല ലിറ്റ്മസിൻറെ(ലിക്കൻ എന്ന സസ്യത്തിൽ നിന്നു കിട്ടുന്ന ഒരു വർണകം —pigment—ആണു് ലിറ്റ്മസ്)നിറം ചുവപ്പാക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ടെന്നും, നാകം ഇരുമ്പു് മുതലായ ലോഹങ്ങളെ അലിയിക്കാനുള്ള ശക്തിയുണ്ടെന്നും അവർ മനസ്സിലാക്കി. സസ്യജങ്ങളും ഖനിജങ്ങളുമായ ഇത്തരം പദാർഥങ്ങളെയാണു് അമ്ലങ്ങഉം എന്നു് വിളിച്ചതു്. എങ്കിലും പരിശുദ്ധരൂപത്തിൽ ഒരു സസ്യഅമ്ലം ആദ്യമായി വേർതിരിക്കപ്പെട്ടതു് 18–ാംശതകത്തിൽ മാത്രമായിരുന്നു. ക്രിസ്റ്റലുകളായി നിർമിക്കപ്പെട്ട ആദ്യത്തെ അമ്ലം വാളൻപുളിയിലുള്ള ടാർടാറിക് ആസിഡാണു്. വീഞ്ഞുപാത്രങ്ങളിൽ അടിയുന്ന ഊറലുകളിൽ നിന്നു് ഷീലെയാണു് 1770–ൽ ഈ പദാർഥം നിർമിച്ചതു്. ബ്ലാഡർസ്റ്റോണുകളിൽ നിന്നു് യൂറിക് അമ്ലവും (1776), ഓക്സാലിസ് ചെടിയിൽ നിന്നു് ഓക്സാലിക് അമ്ലവും (1783), ചെറുനാരങ്ങയിൽ നിന്നു് സിട്രിക് അമ്ലവും (1784), മോരിൽ നിന്നു് ലാക്റ്റിക് അമ്ലവും(1780),ആപ്പിൾപഴത്തിൽ നിന്നു് മാലിക്അമ്ലവും (1786) ഷീലെ വേർതിരിച്ചു. ഖനിജ അമ്ലങ്ങഉംക്കും സസ്യഅമ്ലങ്ങഉംക്കും അമ്ലഗുണധർമങ്ങഉം ഉണ്ടായിരുന്നെങ്കിലും ഇവയിലുള്ള പൊതുതത്വം എന്താണെന്നു് പൗരാണികർക്കു് പിടികിട്ടിയില്ല.

ജലത്തിൽ ലയിക്കുന്നവയും ഉപ്പിനേറ്റു പോലെ പ്രത്യേകരുചിയുള്ളവയും ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കാവുന്നവയുമായ പദാർഥങ്ങളെ ''ലവണങ്ങഉം''എന്നു് വിളിച്ചു ഇത്തരം പല ലവണങ്ങളും വാറുമ്പോഉം അവയിലെ ബാഷ്പശീലമുള്ള സ്പിരിറ്റു് (volatile spirit) ഉൽപാദിപ്പിക്കാമെന്നും ഈ ബാഷ്പങ്ങഉം തണുപ്പിച്ചു് അമ്ലങ്ങഉം കിട്ടുമെന്നും മനസ്സിലാക്കിയപ്പോഉം അമ്ലങ്ങഉം ലവണങ്ങളിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ബാഷ്പശീലമുള്ള പദാർഥമായി കരുതപ്പെട്ട ലവണത്തിൽ നിന്നു് അമ്ലം നിഷ്കാസിതമാകുമ്പോഉം അവശേഷിക്കുന്ന പദാർഥത്തെ ''ബേസ്'' (ക്ഷാരകം) എന്നു് വിളിച്ചു. ഈ ക്ഷാരകവും അമ്ലവും തമ്മിൽ സംയോജിക്കുമ്പോഉം ലവണം പുനരുൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ, ലവണത്തിലുള്ള ബാഷ്പശീലമുള്ള ഭാഗമാണു് അമ്ലം എന്നും ബാഷ്പശീലമില്ലാത്ത ഭാഗമാണു് ക്ഷാരകം എന്നും കരുതി പ്രാചീനകാലത്തു് പരിചിതങ്ങളായിരുന്ന മറ്റൊരുതരം യൗഗികങ്ങളാണു് ക്ഷാരങ്ങഉം അഥവാ ആൽക്കലികഉം ഇവയുടെ ജലലായനികഉംക്കു് വഴുവഴുപ്പു് (Soapy feeling) ഒരുതരം എരുവുരുചിയു• ഉണ്ടു്. അമ്ലങ്ങളുടെ സ്വഭാവത്തിനു് കടകവിരുദ്ധമായ സ്വഭാവമാണു് ആൽക്കലികളുടേതെന്നും മനസ്സിലായി ഇവ ചുവന്ന ലിറ്റ്മസിനെ വീണ്ടും നീലയാക്കുന്നതുപോലെയല്ല അമ്ലങ്ങളുമായി സമ്പർക്കമുണ്ടായാൽ തൽക്ഷണം രണ്ടും പരസ്പരം നശിക്കുകയും പകരം ഒരു ലവണം ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. അമ്ലത്തിൻറെ വീര്യത്തെ നശിപ്പിക്കുന്നതു കൊണ്ടു് 'പ്രതിവീര്യം' ഉള്ളവയായിരുന്നു ആൽക്കലികഉം. ഇത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങഉം 'ഉദാസീനീകരണം' (Neutralisation) എന്നു

വിളിക്കപ്പെട്ട. കാരണം അമ്ലവും ക്ഷാരവും പരസ്പരം നിഷ്ക്രിയമാക്കുന്നു. രണ്ടു തരം ക്ഷാരങ്ങളും പണ്ടുമുതൽ പരിചിതമായിരുന്നു. ശക്തങ്ങളായ ദാഹകക്ഷാരങ്ങളും (Caustic alkalies) അത്രതന്നെ വീര്യം ഇല്ലാത്ത സൌമ്യക്ഷാരങ്ങളും (Mild alkalies). ചാരം ജലം കൊണ്ടു നിഷ്കർഷണം ചെയ്തു (extract) കിട്ടുന്ന ലായനി വറ്റിച്ചുകിട്ടുന്ന 'പൊട്ടാഷ്', ചില കടൽച്ചെടികളുടെ ചാരത്തിൽ നിന്നു കിട്ടുന്ന ''സോഡാ ആഷ്'' എന്നിവയാണു സൌമ്യക്ഷാരങ്ങൾ. ചുണ്ണാമ്പും ക്ഷാരമായി കരുതപ്പെട്ടു. ഈ മൂന്നു ക്ഷാരങ്ങളും സംഘടികനിർമാണത്തിൽ ബി. സി. 1400-ൽ പോലും ഈജിപ്തിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു. പൊട്ടാഷ്, സോഡാആഷ് എന്നിവയുടെ ലായനികളും ചുണ്ണാമ്പു ചേർത്തു തിളപ്പിച്ചു കിട്ടുന്ന തെളിഞ്ഞ ലായനി വറ്റിച്ചാണു കാസ്റ്റിക് ആൽക്കലികളായ 'കാസ്റ്റിക് പൊട്ടാഷ്', 'കാസ്റ്റിക് സോഡ' എന്നിവ നിർമിച്ചിരുന്നതു.

ബേസുകളും ആൽക്കലികളും അമ്ലങ്ങളുടെ ശത്രുക്കളാണെന്നും അവ അമ്ലങ്ങളെ ഉദാസീനമാക്കുമെന്നും മനസ്സിലായി. എങ്കിലും 17-ാംശതകത്തിലാണു അമ്ല, ക്ഷാരക പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ മൂലകാരണം അറിയാനുള്ള ജിജ്ഞാസ വളർന്നതു. ഈ വഴിക്കുള്ള പല രസാവഹങ്ങളായ അഭ്യൂഹങ്ങളും അക്കാലത്തു ഉന്നയിക്കപ്പെട്ടിരുന്ന ഉദാഹരണമായി 1683-ൽ ബെർട്ടാൻഡ് ഇപ്രകാരം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു:

''ലോലങ്ങളായ സൂചികളോടു ഏതാണ്ടു സാദൃശ്യമുള്ള ദ്രുധാങ്ങളും കൂർത്ത മുനകളുള്ളവയും ആയ കണങ്ങളാൽ നിർമിക്കപ്പെട്ട ദ്രവപദാർഥങ്ങളാണു ആസിഡുകൾ''. ആൽക്കലികളിൽ കവരങ്ങളുള്ള തരികളാണുള്ളതെന്നും ഈ കവരങ്ങളിൽ പല തരത്തിലുള്ള ദ്വാരങ്ങളും ഉണ്ടെന്നും അദ്ദേഹം കരുതി. ആൽക്കലികളിലെ തരികളുടെ കവരങ്ങളിൽ ഉള്ള ദ്വാരങ്ങളിൽ ആസിഡിന്റെ തരികളിലുള്ള മുനകളും പ്രവേശിക്കുമ്പോഴാണത്രെ ലവണം ഉണ്ടാകുന്നതു! മുനകളും ദ്വാരങ്ങളും നശിക്കുന്നതിനാൽ ആസിഡും ആൽക്കലിയും ഉദാസീനീകരിയ്ക്കപ്പെടുന്നു. 18-ാംശതകത്തിൽ പ്രാബല്യത്തിലിരുന്നിരുന്ന ഫ്ലോജിസ്റ്റൺ സിദ്ധാന്തവും (അന്യത്ര) അമ്ല-ക്ഷാരക പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ വ്യാഖ്യാനത്തിൽ കൈകടത്തിയിട്ടുണ്ടു. ഇത്തരം മിഥ്യാവാദങ്ങൾക്കു അറുതി വന്നതു ഓക്സിജൻ കണ്ടുപിടിച്ചപ്പോഴായിരുന്നു. ലവോയ്സിയേ, അമ്ലങ്ങളുടെ പ്രത്യേക ഗുണങ്ങൾക്കു കാരണം അവയിലുള്ള ഓക്സിജൻ ആണെന്നു അഭിപ്രായപ്പെട്ട ഓക്സിജൻ എന്ന പേരുതന്നെ ഈ തെറ്റിദ്ധാരണയിൽ നിന്നുണ്ടായതാണു, അമ്ലത്തെ ജനിപ്പിക്കുന്നതു, എന്ന അർഥത്തിലാണു ഓക്സിജൻ എന്ന പേരുണ്ടായതു. ഈ ഓക്സിജൻ സിദ്ധാന്തത്തിനു ഒരു കാരണം ഉണ്ടായിരുന്നു. പല അലോഹഓക്സൈഡുകളും അമ്ലഗുണങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നവല്ലോ (ഉദാ: സൾഫർ ഡൈഓക്സൈഡു്, സൾഫർ ട്രൈഓക്സൈഡു്) തന്നെയല്ല ഒരേ മൂലകത്തിന്റെ തന്നെ കൂടുതൽ ഓക്സിജൻ അടങ്ങിയ ഓക്സൈഡിനു്, ഓക്സിജൻ കുറഞ്ഞ ഓക്സൈഡിനു് ഉള്ളതിനെക്കാളും അധികം അമ്ലീയ ഗുണങ്ങളും ഉണ്ടെന്നും ലവോയ്സിയേ മനസ്സിലാക്കി. സൾഫർ ഡൈഓക്സൈഡിൽ നിന്നു് കിട്ടുന്ന സൾഫ്യൂരസ് അമ്ലത്തിനു് സൾഫർ ട്രൈ ഓക്സൈഡിൽനിന്നു് കിട്ടുന്ന സൾഫ്യൂരിക് അമ്ലത്തെക്കാളും വീര്യംവളരെ കു

വാണല്ലോ. 1810-ൽ ഹംഫ്രി ഡേവി ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡിൽ ഓക്സിജൻ ഇല്ലെന്നു തെളിയിച്ചപ്പോഴാണു് അമ്ലങ്ങളിൽ ഓക്സിജൻ നിർബന്ധമില്ലെന്നു് അനുമാനിക്കേണ്ടി വന്നതു്. 1814-ൽ ഗേ ലൂസ്സാക്കും തേനാഡും ലവോയ്സിയേയുടെ ഓക്സിജൻ സിദ്ധാന്തത്തെ തിരസ്കരിച്ചു. ഇക്കാലമായപ്പോഴേക്കും പ്രൂസ്സിക് അമ്ലം (ഹൈഡ്രജൻ സയനൈഡ്), ഹൈഡ്രോ സൽഫൂറിക് അമ്ലം (ഹൈഡ്രജൻ സൽഫൈഡ്) എന്നീ അമ്ലങ്ങളിലും ഓക്സിജൻ ഇല്ലെന്നു കണ്ടുപിടിച്ചു തുടർന്നു 1825-ൽ ബെഴ്സീലിയസ്, ലവോയ്സിയേയുടെ സിദ്ധാന്തം തെറ്റാണെന്നുള്ള സൂചിതിതമായ തീരുമാനമെടുത്തു.

ലാറന്റ് സിദ്ധാന്തം: ലാറന്റ് (Laurent) ആണു് അമ്ലങ്ങളിലെല്ലാം ഹൈഡ്രജൻ ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്നു് അഭിപ്രായപ്പെട്ടതു്. ചില ഓക്സൈഡുകളിൽ (ഉദാ: SO_2 , SO_3) ഹൈഡ്രജൻ ഇല്ലെങ്കിലും, അവ ജലവുമായി സംയോജിച്ചു് അമ്ലം ഉണ്ടാകുന്നതിനാൽ അവസ്സു് ജലത്തിൽ നിന്നു് ഹൈഡ്രജൻ ലഭിക്കുന്നതാണെന്നു് ലാറന്റ് വ്യാഖ്യാനിച്ചു.

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$$

ഇത്തരം ഓക്സൈഡുകളെ അദ്ദേഹം അമ്ലങ്ങളായി കരുതിയില്ല. ഇവയെ അമ്ലാൻഹൈഡ്രൈഡുകൾ എന്നാണു് വിളിച്ചതു്. ഈ സിദ്ധാന്തത്തിനു് പൊതുവെ അംഗീകാരം ലഭിച്ചു. ബേസുകളെപ്പറ്റിയും ആൽക്കലികളെപ്പറ്റിയും കൂടുതൽ വസ്തുതകൾ മനസ്സിലാക്കി. ലോഹഓക്സൈഡുകൾ, ഹൈഡ്രോക്സൈഡുകൾ, അമോണിയ, അതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട അമീനുകൾ, ആൻക്കലേയ്ഡുകൾ മുതലായവ ബേസുകളാണെന്നും അമ്ലവും ക്ഷാരകവും തമ്മിൽ ഉദാസീനീകരണം നടക്കുമ്പോൾ ലവണവും, ജലവും ഉണ്ടാകുന്നുവെന്നും മനസ്സിലാക്കി.

അറീനിയസ് സിദ്ധാന്തം: 1887-ൽ അറീനിയസ് പ്രസിദ്ധമായ ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് വിഘടന സിദ്ധാന്തം (Electrolytic dissociation theory) ഉന്നയിച്ചപ്പോഴാണു് അമ്ല, ക്ഷാരക സങ്കല്പത്തിൽ പുതിയ കാഴ്ചപ്പാടുണ്ടായതു്. അമ്ലങ്ങളും ക്ഷാരകങ്ങളും ലവണങ്ങളും ഇലക്ട്രോളൈറ്റുകളാണെന്നു മനസ്സിലായി) ഒരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ അറീനിയസും ഓസ്റ്റ്വാൾഡും ഉന്നയിച്ച അമ്ലക്ഷാരക സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ വിപുലീകരണങ്ങളാണു് പിൽക്കാലത്തുണ്ടായ അമ്ല, ക്ഷാരക സിദ്ധാന്തങ്ങൾ. അമ്ലങ്ങളിൽ എല്ലാം ഹൈഡ്രജൻ ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്നു് ലാറന്റ് അഭിപ്രായപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. എന്നാൽ ഹൈഡ്രജൻ യൗഗികങ്ങളും എല്ലാം അമ്ലങ്ങളല്ല. അറീനിയസ്-ഓസ്റ്റ്വാൾഡ് സിദ്ധാന്തപ്രകാരം അയണീകരിക്കാവുന്ന (ionizable) ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളെങ്കിലും ഒരു തന്മാത്രയിൽ ഉണ്ടെങ്കിൽ ആ പദാർഥം അമ്ലം ആയിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് ജലത്തിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അയോണും ഒരു ക്ലോറൈഡ് അയോണുമായി വിഘടിക്കുന്നു. $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ ഈ H^+ അയോണുകളാണു് അമ്ലീയഗുണങ്ങൾക്കു് നിദാനം എന്നു് അറീനിയസ് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ജലം തന്നെ തുച്ഛമായിട്ടാണെങ്കിലും ഉയേദിശീയമായി അയണീകൃതമായ ഒരു

പദാർഥമാണ്. $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$; അയോണുകളും ജല തന്മാത്രകളും തമ്മിലുള്ള സന്തുലനാവസ്ഥ ജലത്തിൽ ഉണ്ട്. OH^- അയോണുകളാണ് ക്ഷാര (ആൽക്കലി) ഗുണങ്ങൾക്ക് കാരണം; H^+ അയോണുകളാണ് അമ്ലീയഗുണങ്ങൾക്ക്. ജലത്തിൽ ഈ അയോണുകൾ രണ്ടും തുല്യസാന്ദ്രതയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതിനാൽ ജലം അമ്ലീയമോ ക്ഷാരീയമോ അല്ല-ഉദാസീനമാണ് (neutral) ഒരു അമ്ലം ജലത്തിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ അതിൽ നിന്ന് അയണീകരിച്ചുണ്ടാകുന്ന H^+ അയോണുകൾ കൊണ്ട് ജലത്തിലെ H^+ ന്റെ സാന്ദ്രത കൂട്ടുന്നു. ഒരു ക്ഷാരം ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചാൽ ഇതുപോലെ OH^- അയോണുകളുടെ സാന്ദ്രത കൂട്ടുന്നു. അമ്ലവും ക്ഷാരവും പരസ്പരം ഉദാസീനീകരിക്കുമ്പോൾ അമ്ലത്തിലെ H^+ അയോണും ക്ഷാരത്തിലെ OH^- അയോണും തമ്മിൽ സംയോജിച്ച് ജലം ഉണ്ടാകുന്നു. ബാക്കിയുള്ള അയോണുകൾ തമ്മിൽ സംയോജിച്ച് ലവണവും ഉണ്ടാകുന്നു.

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^- \; ; \; NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

$$Na^+ + Cl^- \rightarrow NaCl$$

ജലത്തിൽ ലയിക്കാത്ത ബേസുകൾ അമ്ലത്തെ ഉദാസീനമാക്കുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനവും അറീനിയസ് സിദ്ധാന്തപ്രകാരം വിശദീകരിക്കപ്പെട്ടു. ഉദാഹരണമായി കോപ്പർ ഓക്സൈഡ് സൾഫ്യൂരിക് അമ്ലത്തിൽ ലയിച്ച് അതിനെ ഉദാസീനമാക്കുന്നതു് ഇപ്രകാരമാണ്.

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{--}$$

$$CuO + 2H^+ \rightarrow Cu^{++} + H_2O$$

$$Cu^{++} + SO_4^{--} \rightarrow CuSO_4$$

ലൗറി-ബ്രോൺസ്റ്റഡ് സിദ്ധാന്തം

അറീനിയസ് സിദ്ധാന്തം ജലലായനിയിൽ ആസിഡ്-ബേസ് പ്രവർത്തനത്തെ വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നുവെങ്കിലും ജലേതരലായനികളിൽ തൃപ്തികരമല്ല. 1923-ൽ ബ്രിട്ടിനൽ ടി.എം. ലൗറിയും ഡെന്മാർക്കിൽ ബ്രോൺസ്റ്റഡും ഏതാണ്ട് ഒരേ സിദ്ധാന്തത്തിൽ തന്നെ എത്തിച്ചേർന്നു. അറീനിയസ് സിദ്ധാന്തം അപ

ര്യാപ്തമാണെന്നും അതിനാൽ ഇതിന്റെ വിപുലീകരണം ആവശ്യമാണെന്നും സമർഥിച്ചുകൊണ്ടാണ് ലൗറി-ബ്രോൺസ്റ്റഡ് സിദ്ധാന്തം ഉന്നയിക്കപ്പെട്ടത്.

ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം, അണീകരണത്താൽ ഹൈഡ്രജൻ അയോൺ (H^+) (പ്രോട്ടോൺ, H^+) ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഏതൊരു പദാർഥത്തെയും അമ്ലം എന്നു നിർവചിച്ചു. അതിനാൽ തന്മാത്രകളോ അയോണുകളോ അമ്ലങ്ങളാകാം. H^+ അയോണുമായി സംയോജിക്കാൻ കഴിവുള്ള പദാർഥത്തെ (തന്മാത്ര അഥവാ അയോൺ) ബേസ് എന്നും നിർവചിച്ചു. ഈ നിർവചനപ്രകാരം ഒരു അമ്ലത്തിൽ നിന്നും H^+ അയോൺ വിയോജിക്കുമ്പോൾ അവശേഷിക്കുന്നതു് ഒരു ബേസ് ആയിരിക്കണം. കാരണം ഇതു് H^+-ഉം ആയി സംയോജിച്ചാണല്ലോ അമ്ലത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്. ഉദാഹരണമായി HCl ഒരു അമ്ലം ആണു്. കാരണം അതിനു് H^+ ജനിപ്പിക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ടു്. Cl^--അയോൺ അവശേഷിക്കുന്ന ബേസുമാണു്. ജലത്തിൽ മാത്രമല്ല ഇപ്രകാരം സംഭവിക്കുന്നതു്. ഒരു ലായകത്തിൽ HCl ലയിക്കുമ്പോൾ വാസ്തവത്തിൽ H^+ ലായകതന്മാത്രയുമായി സംയോജിക്കുകയാണു്. ഉദാഹരണമായി ജലത്തിൽ,

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$$

ഇതിനു കാരണം H_2O ഒരു ബേസ് ആണു് എന്നുള്ളതാണു്. H_3O^+ ഒരു അമ്ലം ആണു്. Cl^- അയോൺ ബേസ് ആണു്. അമോണിയം അയോണുകൾക്കു് അമ്ലീയ ഗുണങ്ങളും ഉണ്ടു്. കാരണം, $NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$, ഈ വിഘടനം സാധ്യമാണു്. അമോണിയ ബേസുമാണു്. ഇപ്രകാരം ഒരു അമ്ലത്തിൽ നിന്നും H^+ അയോൺ വിയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന ബേസിനെ അതിന്റെ സംയുഗ്മി ബേസ് (coujugate base) എന്നു പറയുന്നു. ഒരു ബേസ് H^+ അയോണുമായി സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന അമ്ലമാണു് അതിന്റെ സംയുഗ്മി അമ്ലം. NH_3, NH_4^+ എന്ന അമ്ലത്തിന്റെ സംയുഗ്മി ബേസ് ആണു്. H_3O^+ (ഹൈഡ്രോണിയം അയോൺ) H_2O (ബേസ്) ന്റെ സംയുഗ്മി അമ്ലം ആണു്. ജലത്തിനു് അമ്ലഗുണങ്ങളും ഉണ്ടു്. കാരണം കൂടുതൽ വീര്യമുള്ള ബേസുകൾക്കു് H_2O വിൽ നിന്നും H^+ അയോൺ പ്രദാനം ചെയ്യാൻ സാധിക്കും.

$$\underset{\text{ബേസ്}}{NH_3} + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{അമ്ലം}}{NH_4^+} + \underset{\text{ബേസ്}}{OH^-}$$

OH^- അയോൺ ജലത്തിന്റെ സംയുഗ്മിബേസ് ആണ്. ഇതുപോലെതന്നെ അസറ്റിക് അമ്ലം ജലത്തിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ,

$$HAc + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Ac^- \quad (Ac = CH_3 \cdot COO^-)$$

അമ്ലം ബേസ് അമ്ലം ബേസ്

എന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനമാണ് നടക്കുന്നത്. അസെറ്റിക് അമ്ലം ജലവുമായി പ്രവർത്തിച്ച് അസെറ്റിക് അമ്ലത്തിന്റെ സംയുഗ്മിബേസ് ആയ അസെറേറ്റ് അയോണും ജലത്തിന്റെ സംയുഗ്മിഅമ്ലം ആയ H_3O^+ അയോണും ആണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. അപ്പോൾ ഒരു അമ്ലത്തിനോട് ജലം ബേസ് ആയും ബേസിനോട് ജലം അമ്ലമായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. പ്രോട്ടോണുമായി സംയോജനപ്രവണതയുള്ള ലായകങ്ങളെ 'പ്രോട്ടോഗ്രാഹി' ലായകങ്ങൾ (Protophilic) എന്നും പ്രോട്ടോൺ ഉല്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിവുള്ള ലായകങ്ങളെ ''പ്രോട്ടോജനക'' ലായകങ്ങളെന്നും (Protogenic) പറയുന്നു. ഈ രണ്ട് സ്വഭാവങ്ങളും ഇല്ലാത്ത ലായകങ്ങൾക്ക് ''അപ്രോട്ടിക'' ലായകങ്ങളെന്നും (aprotic) രണ്ട് സ്വഭാവങ്ങളും ഉള്ളവയെ ''ഉഭയപ്രോട്ടിക'' ലായകങ്ങളെന്നും (amphiprotic) പറയുന്നു. ജലം ഉഭയപ്രോട്ടികമത്രേ. ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഉഭയപ്രോട്ടികലായകങ്ങൾ അവയെക്കാൾ വീര്യമുള്ള അമ്ലങ്ങളോട് പ്രോട്ടോഗ്രാഹികളായും, അവയെക്കാൾ വീര്യമുള്ള ബേസുകളോട് പ്രോട്ടോജനകങ്ങളായും പെരുമാറുന്നു. ഉദാഹരണമായി സോഡിയം അസെറേറ്റ് ലായനി ക്ഷാരീയമാണ് (alkaline). കാരണം, അസെറേറ്റ് അയോൺ ജലവുമായി പ്രവർത്തിച്ച് OH^- ഉണ്ടാകുന്നു.

$$Ac^- + H_2O \rightleftharpoons HAc + OH^-$$

എന്നാൽ സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് ലായനി ഉദാസീനമാണ്. കാരണം Na^+ അമ്ലവും ബേസും അല്ല; Cl^- അയോണുകൾ ജലവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കാൻ തക്ക വീര്യമില്ലാത്തവയാണ്. അതിനാൽ ലായനിയിൽ H_3O^+ അയോണുകളോ OH^- അയോണുകളോ ഉണ്ടാകുന്നില്ല.

ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം, H^+ അല്ലാത്ത കാറ്റയോണുകളും OH^-, O^{--} എന്നിവയല്ലാത്ത ആനയോണുകളും തമ്മിലുള്ള യൗഗികങ്ങളാണ് ലവണങ്ങൾ.

മറ്റു സിദ്ധാന്തങ്ങൾ: ലൗറി–ബ്രോൺസ്റ്റഡ് സിദ്ധാന്തം മറ്റു ലായകങ്ങളിലും പ്രായോഗികമാണ് (പ്രോട്ടോഗ്രാഹിയോ പ്രോട്ടോജനകമോ ഉഭയപ്രോട്ടികമോ ആയവ) എന്നാൽ H^+ അയോണിന് വളരെ പ്രാധാന്യം കല്പിക്കുന്ന ഈ സിദ്ധാന്തം എല്ലാ ലായകങ്ങൾക്കും ബാധകമല്ല. അപ്രോട്ടിക ലായകങ്ങളിലും ജലത്തിൽ ഉള്ളതുപോലെതന്നെ സ്വയം അയണീകരണം (self-ionization)

സങ്കല്പിച്ചുകൊണ്ട് കൂടുതൽ വിപുലമായ ഒരു അമ്ല-ബേസ് സിദ്ധാന്തം ഫ്രാങ്ക്ലിൻ ഉന്നയിച്ചിട്ടുണ്ട്. എന്നാൽ ഈ സിദ്ധാന്തം അത്രയ്ക്കൊന്നും വിജയപ്രദമായിരുന്നില്ല.

മറ്റു സിദ്ധാന്തങ്ങളിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടതു് ലൂയിസ് സിദ്ധാന്തമാണു്. ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഒരു ജോഡി ഇലക്ട്രോണുകളെ മറ്റൊരു സ്പീഷീസിലേക്കു് പകരാൻ കഴിവുള്ള സ്പീഷീസിനു് ബേസ് എന്നും, ഒരു ജോഡി ഇലക്ട്രോണുകളെ സ്വീകരിക്കാൻ കഴിവുള്ളതിനെ അമ്ലം എന്നും നിർവചിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം സിദ്ധാന്തങ്ങളും എല്ലാം കൂടുതൽ പദാർഥങ്ങളെ അമ്ലങ്ങളായും ബേസുകളായും സങ്കല്പിക്കാൻ തക്ക വ്യാപ്തിയുള്ളവയാണെങ്കിലും ലൗറി-ബ്രോൺസ്റ്റഡ് സിദ്ധാന്തംപോലെ സൗകര്യപ്രദങ്ങളല്ല, പ്രത്യേകിച്ചു് ജലം പോലുള്ള ലായകങ്ങളിൽ. ലൗറി-ബ്രോൺസ്റ്റഡ് സിദ്ധാന്തപ്രകാരമുള്ള നിർവചനങ്ങളും സാധാരണക്കാരന്റെ അമ്ല-ബേസ് സങ്കല്പങ്ങളും തമ്മിൽ വലിയ വ്യത്യാസമില്ല. ഈ സിദ്ധാന്തമാണു് സാധാരണമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നതു്.

നിർവചനങ്ങൾ

1. **അമ്ലം:** ലോഹങ്ങളാലോ ലോഹസമങ്ങളായ റാഡിക്കലുകളാലോ പ്രതിസ്ഥാപനീയമായ (replaceable) ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളെ അടങ്ങിയ യൗഗികങ്ങളാണു് അമ്ലങ്ങൾ. ഇവയുടെ പ്രതിസ്ഥാപനീയ ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളെ അയണീകരിക്കാവുന്നവയും ആണു്. ലോഹങ്ങളാലോ ലോഹസമങ്ങളായ റാഡിക്കലുകളാലോ ഹൈഡ്രജനെ പ്രതിസ്ഥാപനം ചെയ്താൽ ലവണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

2. **ബേസുകൾ:** അമ്ലവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിച്ചു് ലവണവും ജലവും ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങളാണു് ബേസുകൾ. ചില ബേസുകൾ അമ്ലങ്ങളുമായി സംയോജിച്ചു് ലവണം മാത്രം ഉണ്ടാകുന്നു. (ഉദാഹരണം: അമോണിയ).

3. **ആൽക്കലികൾ** (ക്ഷാരങ്ങൾ): ജലത്തിൽ ലയിക്കുന്ന ബേസുകളാണു് ആൽക്കലികൾ.

4. **ലവണങ്ങൾ:** അമ്ലവും ബേസും തമ്മിൽ ഉദാസീനീകരണം നടക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന അയോണികയൗഗികമാണു് ലവണം. അമ്ലവും ബേസും തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനമാണു് ഉദാസീനീകരണം.

H^+ അല്ലാത്ത കാറ്റയോണുകളും OH^-, O^{--}_2 എന്നിവയല്ലാത്ത അനയോണുകളും തമ്മിലുള്ള യൗഗികങ്ങളായും ലവണങ്ങളെ നിർവചിക്കാം.

അമ്ലങ്ങൾ നിർമിക്കാനുള്ള പൊതുമാർഗങ്ങൾ

1. അമ്ല അൻഹൈഡ്രൈഡുകൾ (അലോഹ ഓക്സൈഡുകൾ പലതും ഇക്കൂട്ടത്തിൽ പെടുന്നു) ജലത്തിൽ വിലയിപ്പിക്കുക.

ഉദാ: $P_2O_5 + 3H_2O \longrightarrow 2H_3PO_4$

$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$.

2. അമ്ലത്തിന്റെ ഒരു ലവണത്തിൽ അതിനെക്കാൾ വീര്യം കൂടിയ മറ്റൊരു അമ്ലം ചേർത്തു് പ്രവർത്തിപ്പിക്കുക. ഉദാഹരണമായി കാൽസിയം അസെറേറ്റിൽ നേർത്ത സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിപ്പിച്ചാൽ അസെറ്റിക് അമ്ലം ലഭിക്കുന്നു.

$$CaAc_2 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + 2HAc$$

മിക്ക കാർബണികഅമ്ലങ്ങളും വീര്യം കുറഞ്ഞവയായതിനാൽ ഈ രീതിയിലാണു് അവ നിർമിക്കപ്പെടുന്നതു്. ബോറിക് ആസിഡ് ഈ രീതിയിൽ നിർമിക്കാം. (അന്യത്ര).

3. ബാഷ്പശീലമുള്ള ഒരു അമ്ലത്തിന്റെ ലവണത്തിൽ അത്രതന്നെ ബാഷ്പശീലമില്ലാത്ത മറ്റൊരു അമ്ലം പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ ബാഷ്പശീലമുള്ള അമ്ലം ''വിസ്ഥാപനം'' ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഉദാ: പൊട്ടാസിയം നൈട്രേറ്റിൽ നിന്നു് നൈട്രിക് അമ്ലനിർമ്മാണം.

$$2KNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2HNO_3$$

4. ക്രിസ്റ്റലനജലമുള്ള ചില ലവണങ്ങളും വാറ്റുമ്പോൾ ആ ലവണത്തിന്റെ അമ്ലം ഉണ്ടാകാം. ലവണവും ജലവും തമ്മിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടന്നാണു് അമ്ലം ഉണ്ടാകുന്നതു്.

ഉദാ: $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ വാറ്റുമ്പോൾ സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം ഉണ്ടാകുന്നു.

5. അലോഹക്ലോറൈഡുകളുടെ ജലഅപഘടനം കൊണ്ടു് അമ്ലങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കാം.

ഉദാ: $PCl_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_3 + 3HCl$. മറ്റു ഹാലൈഡുകളിൽ നിന്നും ഇത്തരത്തിൽ അമ്ലം ഉണ്ടാക്കാം.

6. അലോഹങ്ങളും സാന്ദ്രനൈട്രിക് അമ്ലം കൊണ്ടു് ഓക്സീകരിക്കുമ്പോൾ ഓക്സിഅമ്ലങ്ങൾ (ഓക്സിജൻ അടങ്ങിയ അമ്ലങ്ങൾ) ലഭിക്കുന്നു.

ഉദാ: അയൊഡിൻ നൈട്രിക് അമ്ലം ചേർത്തു് തിളപ്പിക്കുമ്പോൾ അയൊഡിക് അമ്ലം കിട്ടുന്നു. അതുപോലെ ഫോസ്ഫറസ് നൈട്രിക് അമ്ലം ചേർത്തു തിളപ്പിച്ചാൽ ഫോസ്ഫോറിക് അമ്ലം കിട്ടുന്നു.

7. ലവണലായനിയെ വിഭജനപഘടനം ചെയ്യുമ്പോൾ ആനോഡിൽ അമ്ലം ഉണ്ടാകുന്നു.

8. കാർബണികഅമ്ലങ്ങൾ നിർമിക്കുന്നതിനു് ആൽക്കഹോളുകളുടെ ഓക്സീകരണം, നൈട്രൈലുകളുടെയും അമ്ലക്ലോറൈഡുകളുടെയും ജലാപഘടനം മുതലായ മാർഗങ്ങളും ഉണ്ടു്.

9. അമ്ലക്ലോറൈഡുകളും ജലാപഘടിതമാകുമ്പോൾ അമ്ലം ഉണ്ടാകുന്നു.

ഉദാ: $SO_2Cl_2 + 2H_2O \rightarrow 2HCl + H_2SO_4$

$POCl_3 + 3H_2O \rightarrow 3HCl + H_3PO_4$

അമ്ലങ്ങളുടെ സാമാന്യഗുണങ്ങൾ

1. അമ്ലങ്ങളിൽ ഓരോ തന്മാത്രയിലും ഒന്നോ അതിലധികമോ അയണീകരിക്കാവുന്ന ഹൈഡ്രജൻ അണുക്കളും ഉണ്ടു്. ഇവ ലായനിയിൽ പൂർണമാ

യി അയണീകൃതമാണെങ്കിൽ അമ്ലത്തിനു് വീര്യം കൂടിയിരിക്കുന്നു. ഇവയെ പ്രബല അമ്ലങ്ങളം (strong aids) എന്നു പറയുന്നു. ഉദാ: H_2SO_4, HCl, HNO_3 എന്നിവ. ചില അമ്ലങ്ങളം ആംശികമായി മാത്രമേ അയണീകരിക്കപ്പെടുന്നുള്ളു. അതായതു് ഇവ ഉഭയദിശീയമായി അയണീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇവ വീര്യം കുറഞ്ഞിരിക്കുന്നതിനാൽ ദുർബല അമ്ലങ്ങളം (weak acids) എന്നു് അറിയപ്പെടുന്നു. ഉദാ: അസറ്റിക് അമ്ലം, ബോറിക് അമ്ലം, ഹൈഡ്രോസയനിക് അമ്ലം, ഹൈഡ്രജൻ സൽഫൈഡ് മുതലായവ.

$$H_2S \rightleftarrows 2H^+ + S^{--}$$

2. അമ്ലങ്ങളം അയണീകരിക്കപ്പെടാവുന്നവയായതിനാൽ അവയെല്ലാം ഇലക്ട്രൊളൈറ്റുകളാണു് (വിദ്യുദപഘടൃങ്ങളം).

3. ലിറ്റ്മസ് പോലുള്ള സസ്യവർണകങ്ങളുടെ നിറം മാറ്റുന്നതിനു് അമ്ലങ്ങൾക്കു് കഴിവുണ്ടു്. ലിറ്റ്മസിന്റെ നിറം ചുവപ്പാകുന്നു എന്നാൽ വീര്യം കുറഞ്ഞ അമ്ലങ്ങൾക്കു് ചിലപ്പോൾ ഈ ഗുണം കാണുന്നില്ല. പല കാർബണിക ചായങ്ങളുടെയും നിറം അമ്ലങ്ങൾക്കു് മാറ്റാൻ കഴിവുണ്ടു്. ഇവയുടെ നിറം പാസ്സ

വത്തിൽ ലായനിയിലുള്ള H^+ അയോണിന്റെ സാന്ദ്രതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും, ഇത്തരം ചായങ്ങളം ടൈട്രേഷനുകളിൽ സംസൂചകങ്ങളായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. (അന്യത്ര)

4. ചില ലോഹങ്ങളം അമ്ലങ്ങളിൽ നിന്നും ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്നു. ഇവയ്ക്കു് ഹൈഡ്രജനെക്കാളം അയണീകരണപ്രവണതയുള്ളതിനാലാണു് ഇപ്രകാരം സംഭവിക്കുന്നതു്. ഹൈഡ്രജനെക്കാളം കുറഞ്ഞ അയണീകരണപ്രവണതയുള്ള കോപ്പർ, സിൽവർ മുതലായ ലോഹങ്ങളം ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുകയില്ല. അയണീകരണ പ്രവണതയുടെ ക്രമത്തിൽ മൂലകങ്ങളെ എഴുതുമ്പോളം കിട്ടുന്ന പട്ടികയ്ക്കു് വൈദ്യുത-രാസ-ശ്രേണി (electrochemical series) എന്നു പറയുന്നു. ഇതിന്റെ ഭാഗമാണു് താഴെ ചേർത്തിരിക്കുന്നതു്.

Na
Mg
Al
Zn
Fe
Ni
Sn
H
Cu
Hg
Ag
Au

ഇതിൽ ഹൈഡ്രജന്റെ മുകളിലുള്ള ലോഹങ്ങൾക്ക് ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ കഴിവുണ്ടായിരിക്കും. അതുപോലെ തന്നെ ശ്രേണിയിലെ ഒരു മൂലകത്തിന് അതിന്റെ താഴെയുള്ളവയെ യൗഗികങ്ങളിൽ നിന്ന് വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ കഴിവുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി സിങ്ക് കോപ്പറിനെ മുകളിലാണ്. അതിനാൽ സിങ്ക്, കോപ്പർ ലവണങ്ങളിൽ നിന്ന് കോപ്പറിനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യും. കാരണം Zn-ന് അയണീകരണപ്രവണത കൂടുതലുണ്ട്.

$$Zn + Cu^{++} \rightarrow Zn^{++} + Cu$$

അമ്ലത്തിൽ നിന്ന് ഹൈഡ്രജൻ-വിസ്ഥാപനം നടക്കുമ്പോഴും ഇതുപോലുള്ള അയണിക പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്.

$$Zn + 2H^{+} \rightarrow Zn^{++} + H_2$$

$$(Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2).$$

ചില അമ്ലങ്ങളിൽ നിന്ന് ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യാൻ സാധ്യമല്ല. കാരണം അവ ഓക്സീകാരക അമ്ലങ്ങളാണ്. ഉദാഹരണമായി നൈട്രിക് അമ്ലം, സാന്ദ്രസൽഫൂരിക് അമ്ലം എന്നിവ.

5. അമ്ലങ്ങളും ആൽക്കലികളുമായി പ്രവർത്തിച്ച് ലവണവും ജലവും ഉണ്ടാക്കുന്നു. അതുപോലെ ബേസുകളും അമ്ലങ്ങളുമായി ലവണം ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്നു. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനമാണ് ഉദാസീനീകരണം (Neutralisatian).

6. അമ്ലങ്ങളും ആൽക്കഹോളുകളുമായി പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ 'എസ്റ്റർ' ജലവും ഉണ്ടാകുന്നു. (മൂന്നാം വാള്യം— ആൽക്കഹോൾ എന്ന അധ്യായം നോക്കുക.)

7. അമ്ലങ്ങളും ചില ലവണങ്ങളുമായി പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ ലവണത്തിലെ അമ്ലം മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന അമ്ലം വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്ന അമ്ലത്തേക്കാൾ വീര്യം കുറഞ്ഞതോ, ബാഷ്പശീലം കൂടിയതോ ആണെങ്കിലാണ് ഇപ്രകാരം നടക്കുന്നത്.

ഉദാ: $2KNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow 2HNO_3 + K_2SO_4$

$ZnS + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2S$

8. അമ്ലങ്ങളും പല പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലും 'ഉൽപ്രേരക'ങ്ങളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

അമ്ലങ്ങളുടെ ബേസികത

ചില അമ്ലങ്ങളുടെ സൂത്രത്തിൽ അയണീകരിക്കാവുന്ന ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണു മാത്രമേ ഉണ്ടായിരിക്കുകയുള്ളൂ. ഉദാ: $\underline{H}Cl$, $\underline{H}NO_3$, $CH_3COO\underline{H}$ (വലത്തിൽ വരയിട്ടിട്ടുള്ള H മാത്രമേ അയണീകൃതമാവുകയുള്ളൂ). എന്നാൽ മറ്റു ചില അമ്ലങ്ങളിൽ ഒന്നിലധികം അയണീകരിക്കാവുന്ന H അണുക്കളുണ്ട്.

ഉദാ: $\underline{\underline{H}}_2SO_4$, $\underline{\underline{H}}_3PO_4$, $\underline{\underline{H}}_2C_2O_4$ (ഓക്സാലിക് അമ്ലം). ഇവയിൽ നിന്ന് രണ്ടു തരം ലവണങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നു. അമ്ലത്തിലെ അയണീകരിക്കാവുന്ന H അണുക്കളും മുഴുവനും പ്രതിസ്ഥാപനം ചെയ്യുമ്പോൾ കിട്ടുന്നതു് ''നോർമൽ ലവണ''

വും, ആംശികമായി പ്രതിസ്ഥാപനം ചെയ്യ് കിട്ടുന്നതു് അമ്ലലവണവുമാകുന്നു. ഉദാഹരണമായി സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം പൂർണമായി ഉദാസീനമാക്കുമ്പോഴാം നോർമൽ സൽഫേറ്റു് അഥവാ സൽഫേറ്റു് ഉണ്ടാകുന്നു ഉദാ: Na_2SO_4. ഇതിന്റെ പകുതി മാത്രം ബേസ് കൊണ്ടു് ഉദാസീനമാക്കുമ്പോഴാം അമ്ലസൽഫേറ്റു് ഉണ്ടാകുന്നു; $NaHSO_4$.

ഒരു അമ്ലത്തിലുള്ള അയണീകരിക്കാവുന്ന H അണുക്കളുടെ എണ്ണമാണു് അതിന്റെ ബേസികത. HCl, HNO_3 എന്നിവയുടെ ബേസികത 1 ആണു്. അതിനാൽ ഇവയെ ''ഏക ബേസിക അമ്ലങ്ങൾ'' എന്നു പറയുന്നു (monobasic acids). H_2SO_4, $H_2C_2O_4$ എന്നിവ ദ്വിബേസികങ്ങളാണു് (dibasic). H_3PO_4 ത്രിബേസികമാണു് (tribasic). ബേസികത ഒന്നിൽ കൂടുതലുള്ള അമ്ലങ്ങളെ ബഹുബേസിക അമ്ലങ്ങൾ (Polybasic aids) എന്നു പൊതുവിൽ പറയുന്നു.

ബേസുകൾക്കുള്ള ഗുണങ്ങൾ

1. ബേസുകൾ അമ്ലങ്ങളുമായി പ്രവർത്തിച്ചു് (അമ്ലങ്ങളെ ഉദാസീനീകരിച്ചു്) ലവണങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.
   ഉദാ: $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$.
   $CuO + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + H_2O$.
2. ജലത്തിൽ ലയിക്കുന്ന ബേസുകളാണു് ആൽക്കലികൾ. ഇവ ചുവന്ന ലിറ്റ്മസിന്റെ നിറം നീലയാക്കുന്നു. ഉദാ: NaOH.
3. ക്ഷാരലായനികൾക്കു് വഴുവഴുപ്പു് (സോപ്പുലായനി പോലെ) അനുഭവപ്പെടുന്നു.
4. ക്ഷാരലായനികൾക്കു് ഒരുതരം എരിവു രുചിയുണ്ടു്.
5. ഒരു ബേസു് ലവണവുമായി പ്രവർത്തിക്കുമ്പോഴാം ലവണത്തിലെ ബേസു് വീര്യം കുറഞ്ഞതോ, കൂടുതൽ ബാഷ്പശീലമുള്ളതോ ആണെങ്കിൽ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.
   ഉദാ: $CaO + 2NH_4Cl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + NH_3$.
   $3NaOH + FeCl_3 \longrightarrow Fe(OH)_3 + 3NaCl$.
6. സാധാരണമായി ലോഹഓക്സൈഡുകൾ, ലോഹഹൈഡ്രോക്സൈഡുകൾ, അമോണിയ, അമോണിയാ വ്യുൽപന്നങ്ങൾ (derivatives) എന്നിവയാണു് ബേസുകൾ.
7. അമ്ലങ്ങളെപ്പോലെ ബേസുകളും ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഉൽപ്രേരകങ്ങളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ബേസുകളുടെ അമ്ലത

ഒരു സൂത്രഭാരം ബേസുമായി പൂർണമായ ഉദാസീനീകരണത്തിനു് ഒരു മോണോബേസികഅമ്ലത്തിന്റെ എത്ര സൂത്രഭാരങ്ങൾ വേണമെന്നുള്ള സംഖ്യയാണു് ബേസിന്റെ അമ്ലത. ആൽക്കലികളിൽ അവയിലുള്ള OH അയോണുകളുടെ സംഖ്യയായും അമ്ലത നിർവചിക്കാം.

$NaOH$, NH_4OH ഇവയെല്ലാം മോണോഅമ്ലക ബേസുകളാണു്. അതായതു് ഇവയുടെ അമ്ലത = 1.

$$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$$
$$NH_4OH + HCl \longrightarrow NH_4Cl + H_2O$$

$Cu O$, $Ca(OH)_2$ എന്നിവ

ദ്വി ആസിഡിക ബേസുകളാണു് (diacidic base)

$$CuO + 2\,HCl \longrightarrow Cu Cl_2 + H_2O$$

ലവണങ്ങൾ

ഒരു അമ്ലത്തിലെ ഹൈഡ്രജൻ അയോണുകളും ലോഹങ്ങളായോ ലോഹതുല്യറാഡിക്കലുകളായോ പ്രതിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെടാവുന്നവയാണു് ലവണങ്ങളും. അമ്ലവും ബേസും തമ്മിലുള്ള ഉദാസീനീകരണംകൊണ്ടു് ഈ പ്രതിസ്ഥാപനം സാധിക്കുന്നതിനാൽ ലവണങ്ങളും അമ്ല-ബേസു് പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഉല്പന്നങ്ങളാണു്. ലോഹങ്ങളും അമ്ലങ്ങളും തമ്മിൽ പ്രവർത്തിക്കുമ്പോഴും ലവണങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നു.

ഉദാ: $Mg + H_2SO_4 \longrightarrow Mg SO_4 + H_2$

$MgO + H_2SO_4 \longrightarrow Mg SO_4 + H_2O$

$Cu + 2H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + 2\,H_2O + SO_2$

എല്ലാ ലവണങ്ങളും അമ്ലങ്ങളെയും ബേസുകളെയും പോലെ ഇലക്ട്രൊലൈറ്റുകളാണു്. കാരണം, അവ അയണിക യൗഗികങ്ങളാണു്. ലവണത്തിലെ കാറ്റയോൺ, ബേസിൽ നിന്നു് ഉണ്ടാകുന്നതും ആനയോൺ, അമ്ലത്തിൽ നിന്നു് ഉണ്ടാകുന്നതുമാണു്.

പല ലവണങ്ങളും ജലത്തിൽ ലയിക്കുമെങ്കിലും പലതും അലേയങ്ങളാണു്.

ഉദാ: $BaSO_4$, $AgCl$, $CaCO_3$, CaF_2 എന്നിവയെല്ലാം അലേയങ്ങളാണു്.

ചില ലവണങ്ങളും തപിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അവയിലുള്ള അമ്ലഅൻഹൈഡ്രൈഡു് വിയോജിച്ചു പോകുകയും ബേസു് അവശേഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഉദാ: $CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2 \uparrow$

എന്നാൽ എല്ലാ ലവണങ്ങളും ഇപ്രകാരം വിയോജിക്കണമെന്നില്ല.

ഉദാ: $NaCl$, KCl, K_2SO_4

ലവണങ്ങളെ അവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട അമ്ലത്തിന്റെയും ബേസിന്റെയും പേരുകളെ ആസ്പദമാക്കി നാമകരണം ചെയ്യുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലത്തിന്റെ ലവണങ്ങളാണു് ക്ലോറൈഡുകളും (സോഡിയം ക്ലോറൈഡു്, കപ്രിക്ക്ലോറൈഡു്). സൽഫൂരിക് അമ്ലത്തിന്റെ ലവണങ്ങളാണു് സൽഫേറ്റുകളും. (കോപ്പർ സൽഫേറ്റു്. സോഡിയം സൽഫേറ്റു് മുതലായവ.) സൽഫ്യൂറസ് അമ്ലത്തിന്റെ ലവണങ്ങളാണു് സൽഫൈറ്റുകളും.

ലവണങ്ങളും അമ്ലങ്ങളും തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെ പറ്റിയും ലവണ–ബേസ് പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെപ്പറ്റിയും മുമ്പ് പ്രസ്താവിച്ചിട്ടുണ്ട്. രണ്ടു ലവണങ്ങളും തമ്മിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുമ്പോഴും സാധാരണമായി ദ്വിവിയോജനം (double decomposition) ഉണ്ടാകുന്നു.

$NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl + NaNO_3$

$BaCl_2 + Na_2SO_4 \longrightarrow BaSO_4 + 2\ NaCl.$

$KCl + Na\ NO_3 \longrightarrow KNO_3 + NaCl$

$Na_2\ Cr_2O_7 + 2\ KCl \longrightarrow K_2Cr_2O_7 + 2\ NaCl.$

ഇത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും ലവണങ്ങളുടെ നിർമാണത്തിൽ പ്രയോജനപ്പെടുന്നു.

ലവണങ്ങളുടെ വർഗീകരണം.

(a) നോർമൽ ലവണം

ഒരു അമ്ലത്തിലെ അയണീകരിക്കാവുന്ന ഹൈഡ്രജൻ മുഴുവനും പ്രതിസ്ഥാപനം ചെയ്യപ്പെട്ട് ഉണ്ടാകുന്ന ലവണങ്ങളാണിവ.

ഉദാ: Na_2SO_4, NaCl, Na_3PO_4, $CuSO_4$.

(b) അമ്ലലവണം

ബഹുബേസിക അമ്ലങ്ങളിലുള്ള അയണീകരിക്കാവുന്ന H അണുക്കളെ ഭാഗികമായി പ്രതിസ്ഥാപനം ചെയ്യുമ്പോഴും അമ്ലലവണങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നു.

ഉദാ: $NaHSO_4$ (സോഡിയം ബൈസൽഫേറ്റ് അഥവാ സോഡിയം അമ്ല സൽഫേറ്റ്)

$Ca(HSO_4)_2$ കാൽസിയം ബൈസൽഫേറ്റ്. അമ്ലലവണങ്ങളിൽ അയണീകരിക്കാവുന്ന H അണുക്കളും ഉണ്ട്. അതിനാൽ അവയെ അമ്ലങ്ങളായും ലവണങ്ങളായും കരുതാം.

(c) ബേസിക് ലവണം

ബഹു–അമ്ല (Polyacidic) ബേസുകളുടെ ഭാഗികമായ ഉദാസീനീകരണത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന ലവണങ്ങളാണ് ഇവ.

ഉദാ: Zn (OH) Cl.

(d) ഇരട്ടലവണം

രണ്ടു ലവണങ്ങളും സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന യൗഗികങ്ങളാണിവ. ഖരാവസ്ഥയിൽ ഇവ ഘടകലവണങ്ങളുടേതിൽ നിന്നു വ്യത്യസ്തമായ ഗുണങ്ങളും പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു എന്നാൽ ലായനിയിൽ ഘടകലവണങ്ങളുടെ മിശ്രിതമായിത്തന്നെ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ലവണങ്ങളിലെ അയോണുകൾക്ക് മാറ്റം ഉണ്ടാകാത്തതിനാലാണിത്. ഇരട്ട ലവണങ്ങൾക്ക് ഖരാവസ്ഥയിൽ മാത്രമേ അസ്തിത്വം ഉള്ളൂ. ഉദാ: പൊട്ടാഷ് ആലം, $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 \cdot 24\ H_2O$.

(e) സങ്കീർണലവണങ്ങൾ

സങ്കീർണ അയോണുകൾ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ലവണങ്ങളാണ് ഇവ. ഇവ യേയും രണ്ടു ലവണങ്ങൾ തമ്മിൽ സംയോജിച്ച് ഉണ്ടാകുന്നവയായി കരുതാം. എന്നാൽ ഘടകലവണങ്ങളിലെ അയോണുകൾ തമ്മിൽ സംയോജിച്ചുള്ള പുതിയ അയോണുകളാണ് സങ്കീർണലവണങ്ങളിൽ ഉള്ളത്. ഇവ ലായനി യിലും ഖരാവസ്ഥയിലും ഘടകലവണങ്ങളിൽ നിന്നും വളരെ വ്യത്യസ്തങ്ങളാ ണ്. ഉദാ: $K_4 \cdot Fe(CN)_6$ ഇതിൽ K^+, $[Fe(CN)_6]^{----}$ എന്നീ അയോ ണുകളാണുള്ളത്. $[Fe(CN)_6]^{----}$ ഒരു കോംപ്ലക്സ് അയോൺ ആണ്.

$$4\,KCN + Fe(CN)_2 \longrightarrow K_4Fe(CN)_6$$

ലവണങ്ങളുടെ ജലാപഘടനം

ജലവുമായുള്ള ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ദ്വിവിയോജനത്തെയാണ് ഹൈ ഡ്രോളിസിസ് അഥവാ ജലാപഘടനം എന്നു പറയുന്നത്. ഇത്തരം പ്രതിപ്ര വർത്തനങ്ങളിൽ ജലതന്മാത്രകൾ H^+, OH^- എന്നിങ്ങനെ വേർതിരിയുന്നതു പോലെ തോന്നും. ഉദാഹരണമായി ലവണങ്ങൾ ജലവുമായി അനായോജ്യപരി തസ്ഥിതികളിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടന്ന് അമ്ലവും ബേസും ഉണ്ടാകുന്നു.

$$Fe\,Cl_3 + 3\,H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3\,HCl$$

ഇതു് ഉദാസീനീകരണത്തിന്റെ വിപരീതമാണെന്നു് സ്പഷ്ടമാണല്ലോ. പല ലവണങ്ങളുടെയും ലായനികൾ അമ്ലീയസ്വഭാവമുള്ളതോ ബേസികസ്വഭാവ മുള്ളതോ ആയിരിക്കും. ഇതിനു് കാരണം ലവണം ജലാപഘടനത്തിനു വിധേ യമാകുന്നതിനാലാണ്. ഉദാഹരണമായി സോഡിയം അസെറേറ്റ് ലായനി ചുവന്ന ലിറ്റ്മസിനെ നീലയാക്കുന്നു. ലായനിയുടെ ക്ഷാരഗ്രണത്തിനു് കാരണം, $NaAC + H_2O \rightleftharpoons NaOH + HAC$ എന്ന ജലാപഘടന ക്രിയയാണ്. തൽഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന അമ്ലം ദുർബലവും ബേസ് പ്രബലവും ആണ്. അതിനാൽ ലായനി ബേസികസ്വഭാവമുള്ളതായിരിക്കും. ഇതുപോലെ തന്നെ പ്രബലബേസും ദുർബലഅമ്ലവും തമ്മിലുള്ള ലവണങ്ങളുടെ ലായനിക ളെല്ലാം ബേസികഗുണമുള്ളവയായിരിക്കും. എന്നാൽ ദുർബലബേസും പ്രബ ലഅമ്ലവും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന ലവണങ്ങളുടെ ലായനികൾ അമ്ലഗുണമുള്ളവ യായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി അമോണിയം ക്ലോറൈഡ് ലായനി അമ്ലീയ മാണ്.

$$NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + HCl$$

സോഡിയം കാർബണേറ്റ് ലായനി വളരെയധികം ബേസികമാണല്ലോ. ഇതും ജലാപഘടനം കൊണ്ട് വ്യാഖ്യാനിക്കപ്പെടുന്നു. പ്രബല അമ്ലവും, പ്രബ ലബേസും തമ്മിലുള്ള $NaCl$, K_2SO_4 മുതലായ ലവണങ്ങളുടെ ലായനികൾ ഉദാസീനങ്ങളായിരിക്കും. ഇവയ്ക്ക് ജലവിശ്ലേഷണം സംഭവിക്കുന്നില്ല.

തുടർന്ന് വായിക്കുക:

1. Andrew J. Scarlet, College Chemistry, Henry Holt and Co. New york (1958)

2. Glinka, General Chemistry, Foreign Languages Publishing House, Moscow, (1958)
3. A. J. Mee, Physical Chemistry, ELBS, (1960)
4. Partington, Short History of Chemistry, Macmillan & Co., (1939)
5. Day and Selbin, Theoretical Inorganic Chemistry, East-West Press (1962)

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. നിർവചിക്കുക: ലവണം, ബേസികത, ക്ഷാരം, ഉദാസീനീകരണം, അമ്ലം, പ്രോട്ടോഗ്രാഹിലായകം, ഉഭയപ്രോട്ടിക ലായകം, ബേസികലവണം.
2. ആധുനിക അമ്ല-ബേസ് സിദ്ധാന്തത്തെപ്പറ്റി ഉപന്യസിക്കുക.
3. കാരണം പറയുക:

(a) സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് ലായനി ഉദാസീനമാണ്, എന്നാൽ സോഡിയം അസെറേറ്റ് ലായനി ക്ഷാരീയമാണ്.

(b) സോഡിയം ക്ലോറൈഡിൽ നിന്ന് സാന്ദ്രസൽഫൂരിക് അമ്ലം ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ് ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്നു. എന്നാൽ അസറ്റിക് അമ്ലം അപ്രകാരം ചെയ്യുന്നില്ല.

(c) HCl - ന്റെ ജലലായനി പ്രബലഅമ്ലം ആണ്; എന്നാൽ H_2S - ലായനി ദുർബല അമ്ലം ആണ്.

(b) സോഡിയം ബൈസൽഫേറ്റ് ലായനി അമ്ലീയമാണ്.

(e) ജലം ഉഭയപ്രോട്ടികലായകമാണ്.

(f) സോഡിയം ക്ലോറൈഡിൽ അമോണിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് ചേർത്താൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം ഒന്നും ഉണ്ടാകുന്നില്ല; എന്നാൽ ക്രോമിയം ക്ലോറൈഡ് ലായനിയിൽ അമോണിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് ചേർത്താൽ $Cr(OH)_3$ അവക്ഷേപം ഉണ്ടാകുന്നു.

(g) ചില അമ്ലങ്ങളും നീലലിറ്റ്മസ്സിന്റെ നിറം ചുവപ്പാക്കുന്നില്ല.

4. നോട്ടുകുറിക്കുക. (a) ലവണങ്ങളുടെ ജലാപഘടനം (hydrolysis)
(b) ഉദാസീനീകരണം.
(c) ലൗറി-ബ്രോൺസ്റ്റഡ് സിദ്ധാന്തം
(d) ആൽക്കലികരം.

5. (a) അമ്ലം, ബേസ് എന്നിവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർവചിക്കുക.
(b) താഴെപ്പറയുന്ന യൗഗികങ്ങളുടെ തുല്യാങ്കഭാരം നിർണയിക്കുക.

(i) CuO (ii) NH_3 (iii) $H_2C_2O_4$ (iv) Na_2CO_3
(v) H_2SO_4 (vi) HNO_3 (vii) $Ca(OH)_2$
(viii) KOH.

6. സൽഫൈഡ് അയോണിന്റെ S $^{--}$) ജലവിശ്ലേഷണത്തിനു സമീകരണം എഴുതുക. Na_2S ലായനിയുടെ ക്ഷാരീയതക്കു വ്യാഖ്യാനം നൽകുക. ഈ ലായനിയിൽ H_2S ഉണ്ടായിരിക്കുമോ?

7. ലവണങ്ങളുടെ ജലലായനികൾ അമ്ലീയമോ ക്ഷാരീയമോ അഥവാ ഉദാസീനമോ ആയിരിക്കാം. ഉദാഹരണസഹിതം വ്യക്തമാക്കുക.

ഓക്സീകരണവും നിരോക്സീകരണവും

പദാർഥങ്ങളും വായുവിൽ കത്തുമ്പോഴും ധാരാളം ഓക്സിജൻ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള മറ്റു പദാർഥങ്ങളോടുകൂടി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുമ്പോഴും അവ ഓക്സിജനുമായി സംയോജിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയ്ക്ക് ഓക്സിഡേഷൻ അഥവാ ഓക്സീകരണം എന്നു പറഞ്ഞിരുന്നു. അതുപോലെ ഒരു യൗഗികത്തിൽ നിന്ന് ഓക്സിജൻ മാറുന്ന പരിവർത്തനങ്ങൾക്ക് റിഡക്ഷൻ അഥവാ നിരോക്സീകരണം എന്നും. വിരുദ്ധ സ്വഭാവമുള്ളവയാണല്ലോ ഓക്സിജനും ഹൈഡ്രജനും. അതിനാൽ ഓക്സിജൻ ചേർക്കുക എന്നതിനോട് തുല്യമായി ഹൈഡ്രജൻ മാറുക എന്ന ആശയവും ഒപ്പം പരിഗണിക്കപ്പെട്ടു. അങ്ങനെ ഒരു പദാർഥത്തോട് ഓക്സിജൻ ചേർക്കുക അഥവാ ഹൈഡ്രജൻ ഒരു പദാർഥത്തിൽ നിന്നു മാറുക എന്നീ പ്രക്രിയകളും ഓക്സീകരണമായും ഓക്സിജൻ മാറുക അഥവാ ഹൈഡ്രജൻ ചേർക്കുക എന്നിവ നിരോക്സീകരണമായും നിർവചിക്കപ്പെട്ട പില്ക്കാലത്ത് ഈ മൂലകങ്ങളുടെ വിരുദ്ധസ്വഭാവത്തിന്റെ പൊരുൾ ഓക്സിജന്റെ വിദ്യുത്-ഋണത (ഇലക്ട്രോ നെഗറ്റിവിത electro negativity)യും ഹൈഡ്രജന്റെ വിദ്യുത്-ധനതയും (electro positive character) ആണെന്ന് മനസ്സിലായി. (അതായത് ഋണവൈദ്യുതി വഹിക്കാനുള്ള ഓക്സിജന്റെ പ്രവണതയും ധനവൈദ്യുതി വഹിക്കാനുള്ള ഹൈഡ്രജന്റെ പ്രവണതയും). അപ്പോൾ ഓക്സീകരണവും നിരോക്സീകരണവും അല്പം കൂടി വ്യാപകമായ രീതിയിൽ നിർവചിക്കപ്പെട്ടു. ഓക്സിജനോ മറ്റേതെങ്കിലും ഒരു വിദ്യുത്-ഋണമൂലകമോ (electronegative element) ഒരു പദാർഥത്തോട് ചേർക്കുക, ഹൈഡ്രജനോ മറ്റേതെങ്കിലും വിദ്യുത്-ധനമൂലകമോ (electropositive element) ഒരു പദാർഥത്തിൽ നിന്നു മാറ്റിക്കളയുക എന്നീ പ്രക്രിയകളെ ഓക്സീകരണം എന്നും ഇവയ്ക്കു വിപരീതമായ പ്രക്രിയകൾ നിരോക്സീകരണം എന്നും നിർവചിക്കപ്പെട്ടു. ഉദാഹരണമായി ചൂടാക്കിയ കോപ്പർ ഓക്സൈഡിൽ കൂടി ഹൈഡ്രജൻ കടത്തിവിടുമ്പോൾ ഓക്സൈഡിലുള്ള ഓക്സിജൻ ഹൈഡ്രജനുമായി സംയോജിച്ച് നീരാവി ഉണ്ടാകുന്നു. കോപ്പർ അവശേഷിക്കുന്നു.

$$CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$$

ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ CuO-ൽ നിന്നു് ഓക്സിജൻ മാറ്റപ്പെടുന്നു. അതായതു് CuO നെ ഹൈഡ്രജൻ നിരോക്സീകരിക്കുന്നു. മറിച്ചു് CuO ഹൈഡ്രജനിലേക്കു് ഓക്സിജൻ ചേർക്കുന്നതിനാൽ ഈ പരിവർത്തനത്തിൽ CuO ഹൈഡ്രജനെ ഓക്സീകരിക്കുന്നു എന്നും പറയാം. അപ്പോൾ ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഒരു പദാർഥം ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുകയും ഒപ്പം മറൊന്നു് നിരോക്സീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതു് സ്വാഭാവികമാണു്. ഒരു പദാർഥത്തെ ഓക്സീകരിക്കുന്നതിനു് വേണ്ട ഓക്സിജൻ അഥവാ അലോഹം (വിദ്യുത്ഋണമൂലകം) മറൊന്നിൽ നിന്നു് വേണം ലഭിക്കാൻ. അതിനാൽ രണ്ടാമത്തെ പദാർഥത്തിൽ നിന്നു് ഈ അലോഹം നീക്കംചെയ്യപ്പെടണമല്ലോ. അതായതു് അതിനു് നിരോക്സീകരണം സംഭവിക്കണം എന്നർഥം. ഇതുപോലെതന്നെ എല്ലാ ഓക്സീകരണങ്ങളിലും ഒപ്പം നിരോക്സീകരണവും നടക്കുന്നു.

ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ഓക്സീകരണം സംഭവിപ്പിക്കുന്ന പദാർഥത്തെ ''ഓക്സീകാരകം'' (Oxidiser, Oxidant, Oxidising agent) എന്നും ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ നിരോക്സീകരണം സംഭവിപ്പിക്കുന്നതിനെ ''നിരോക്സീകാരകം'' (Reducer, Reductant, Reducing agent) എന്നും പറയുന്നു. മേൽപറഞ്ഞ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ CuO ഓക്സീകാരകവും H_2 നിരോക്സീകാരകവുംആണെന്നു് സ്പഷ്ടമാണല്ലോ മറൊരു ഉദാഹരണം നോക്കാം. ഹൈഡ്രജൻ സൽഫൈഡ്, ക്ലോറിൻ എന്നിവ തമ്മിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുമ്പോൾ H_2S-ലെ ഹൈഡ്രജനും ക്ലോറിനുമായി സംയോജിച്ചു HCl ഉണ്ടാകുന്നതിനാൽ സൽഫർ വിസ്ഥാപിതമാകുന്നു,

$$H_2S + Cl_2 \longrightarrow 2\,HCl + S$$

ഇവിടെ H_2S-ൽ നിന്നു് വിദ്യുത്ധനമൂലകമായ ഹൈഡ്രജൻ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതായതു് H_2S ഓക്സീകൃതമാകുന്നു. അതുപോലെ തന്നെ ക്ലോറിനിലേയ്ക്കു് ഹൈഡ്രജൻ ചേരുന്നു. ഇതു് നിരോക്സീകരണമാണു്. അപ്പോൾ Cl_2, H_2S-നെ ഓക്സീകരിക്കുകയും H_2S, Cl_2 നെ നിരോക്സീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു എന്നു പറയാം.

രണ്ടു യൗഗികങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ഓക്സീകരണ–നിരോക്സീകരണ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ സാധാരണമാണു്. ടിൻനസ് ക്ലോറൈഡ് ലായനിയിലേക്കു് മെർക്കറിക് ക്ലോറൈഡ് ലായനി ചേർക്കുമ്പോൾ മെർക്കറസ് ക്ലോറൈഡ് അവക്ഷേപവും സ്റ്റാനിക് ക്ലോറൈഡും ഉണ്ടാകുന്നു.

$$SnCl_2 + 2\,HgCl_2 \longrightarrow Sn\,Cl_4 + Hg_2\,Cl_2\downarrow$$

ഇതിൽ മെർക്കറിക് ക്ലോറൈഡിൽ നിന്നു് അലോഹമായ (വിദ്യുത്ഋണം) ക്ലോറിൻ $Sn\,Cl_2$ ലേക്കു് ചേരുന്നു. അതിനാൽ $Sn\,Cl_2$, $Hg\,Cl_2$–നെ നിരോക്സീകരിക്കുന്നു. അതോടൊപ്പം $SnCl_2$, $Sn\,Cl_4$ ആയി ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ ഏതു് ഓക്സീകരണപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും പരിശോധിച്ചാലും ഒപ്പംതന്നെ നിരോക്സീകരണവും സംഭവിക്കുന്നതായിക്കാണാം. അതിനാൽ ഓക്സീകരണവും നിരോക്സീകരണവും എപ്പോഴും ഒപ്പം സംഭവിക്കുന്നതായി അനുമാ

നിക്കാം. ഇത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെ സാമാന്യമായി റെഡോക്സ്-പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ (Redox reactions) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

റെഡോക്സ് പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഇലക്ട്രോണിക വ്യാഖ്യാനം

റെഡോക്സ് പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെ കൂടുതൽ ഗഹനമായി പരിശോധിച്ചാൽ ഓക്സീകരണത്തിൽ യഥാർഥത്തിൽ ഇലക്ട്രോൺ നീക്കം ചെയ്യലാണ് സംഭവിക്കുന്നതെന്നും മറിച്ച് നിരോക്സീകരണത്തിൽ ഇലക്ട്രോൺ ചേർക്കലാണ് സംഭവിക്കുന്നതെന്നും കാണാം. അതായത് ഓക്സീകരണം നടക്കുന്ന പദാർഥത്തിൽ നിന്ന് ഇലക്ട്രോണുകൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു; അപ്രകാരം നീക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ നിരോക്സീകരിക്കപ്പെടുന്ന പദാർഥത്തിൽ ചേരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉദാഹരണമായി കോപ്പർ ഓക്സൈഡും ഹൈഡ്രജനും തമ്മിലുള്ള $CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$ എന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനം തന്നെ എടുക്കുക.

CuO-ൽ Cu^{++} O^{--} എന്നീ അയോണുകളാണുള്ളത്. ഇവയിൽ H_2, O^{--} എന്നിവയിൽ നിന്നുള്ള രണ്ട് ഇലക്ട്രോണുകൾ Cu^{++} ൽ ചേർന്നാണ് Cu ഉണ്ടാകുന്നത്. അവശേഷിക്കുന്ന H_2, O എന്നിവ ചേർന്ന് H_2O ഉണ്ടാകുന്നു. O^{--} അയോണുകളിൽ നിന്ന് ഇലക്ട്രോണുകൾ നേരിട്ട് Cu^{++} അയോണുകൾ സ്വീകരിക്കുന്നില്ല. അതിനാലാണല്ലോ CuO [Cu^{++} O^{--}] എന്ന യൗഗികം നിലനിൽക്കുന്നത്. തന്മൂലം H_2 ആണ് ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ''ഇലക്ട്രോൺ ചേർക്കൽ'' നടത്തുന്നതായി വിചാരിക്കേണ്ടത്.

$$Cu^{++}\ O^{--} + H_2 \longrightarrow \{Cu + O^{--} + 2H^{+}\}$$
$$\longrightarrow Cu + H_2O$$

പ്രതിപ്രവർത്തനം ഈവിധം സങ്കല്പിക്കപ്പെടാവുന്നതാണ്.

മഗ്നീഷ്യം ഓക്സിജനിൽ കത്തുമ്പോൾ മഗ്നീഷ്യം ഓക്സൈഡുണ്ടാകുന്നു.

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$$

മഗ്നീഷ്യത്തിലേക്ക് ഓക്സിജൻ ചേർക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ Mg ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇലക്ട്രോൺ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം Mg യിൽ നിന്ന് ഇലക്ട്രോണുകൾ നഷ്ടമാകുന്നുമല്ലോ. MgO യിൽ Mg^{++} O^{--} എന്നീ അയോണുകളാണുള്ളത്. അപ്പോൾ Mg യിൽ നിന്ന് ഇലക്ട്രോൺ O യിലേക്ക് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്ന് സ്പഷ്ടം.

$$2Mg \longrightarrow 2Mg^{++} + 4 \text{ ഇലക്ട്രോൺ}$$
$$O_2 + 4 \text{ ഇലക്ട്രോൺ} \longrightarrow 2O^{--}$$
$$2Mg^{++} + 2O^{--} \longrightarrow 2MgO$$

H_2S-ഉം Cl_2-ഉം തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനം നോക്കുക. ഇതിൽ H_2S-ൽ നിന്ന് ഇലക്ട്രോണുകൾ നഷ്ടപ്പെട്ട് S ഉണ്ടാകുകയും HCl ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ അതിൽ ഗ്രഹിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. പ്രതിപ്രവർത്തനം ഇത്തരത്തിൽ കരുതാം.

$$H_2S \longrightarrow 2H^{+} + S^{--}$$

$$S^{--} + Cl_2 \longrightarrow S + 2Cl^{-}$$

$$2H^{+} + 2Cl^{-} \longrightarrow 2HCl$$

ലായനിയിൽ ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുമ്പോഴും HCl, $H^{+}Cl^{-}$ എന്ന അയോണുകളായിത്തന്നെയാണു് സ്ഥിതിചെയ്യുക.

ഫെറസ് ലവണങ്ങളുടെ ലായനികളിൽ ക്ലോറിൻ പ്രവർത്തിക്കുമ്പോഴും ഫെറിക് ലവണമാകുന്നു. ഉദാഹരണമായി

$$2FeCl_2 + Cl_2 \longrightarrow 2FeCl_3$$

ക്ലോറിൻ ചേർക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ $FeCl_2$ ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നതായി പറയാം. ഇലക്ട്രോണിക വ്യാഖ്യാനപ്രകാരം ഇതിൽ $FeCl_2$ലെ $2Cl^{-}$ അയോണുകളും ഇടപെടുന്നതേയില്ല.

$$2Fe^{++} + 4Cl^{-} \longrightarrow 2Fe^{+++} + 4Cl^{-} + 2e \quad (e = \text{ഇലക്ട്രോൺ})$$

$$Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^{-}$$

$$\therefore 2Fe^{+++} + 6Cl^{-} = 2FeCl_3$$

അതായതു് Fe^{++} അയോണുകളിൽ നിന്നു് ഇലക്ട്രോണുകളും ക്ലോറിൻ തന്മാത്രയിലേക്കു് ഗ്രഹിക്കപ്പെട്ടു് Cl^{-} അയോണുകളും ഉണ്ടാകുന്നു.

ഇതുപോലെ എല്ലാ റെഡോക്സ് പ്രവർത്തനങ്ങളിലും ഇലക്ട്രോൺ ''പകർച്ച'' ഉണ്ടാകുന്നതായി കാണാം. ഇലക്ട്രോണിക സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഓക്സീകരണവും നിരോക്സീകരണവും ഇപ്രകാരം നിർവചിക്കപ്പെടുന്നു.

''ഒരു സ്പീഷീസിൽ നിന്നു് (അയോൺ, തന്മാത്ര, റാഡിക്കൽ) ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനം ആണു് ഓക്സീകരണം.''

''ഒരു സ്പീഷീസിലേക്കു് ഇലക്ട്രോൺ ചേർക്കപ്പെടുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനം ആണു് നിരോക്സീകരണം.''

ഇതിൽ നിന്നും ഓക്സീകരണവും നിരോക്സീകരണവും എപ്പോഴും ഒപ്പം സംഭവിക്കുന്നതിനുള്ള കാരണം വ്യക്തമാണു്. രാസപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ സ്വതന്ത്രങ്ങളായി മോചിപ്പിക്കപ്പെടുകയില്ല. അതിനാൽ ഒരു സ്പീഷീസിൽ നിന്നു് ഇലക്ട്രോണുകൾ നഷ്ടമാകുമ്പോൾ ആ ഇലക്ട്രോണുകളെ സ്വീകരിക്കുന്നതിനു് മറ്റൊരു സ്പീഷീസും ഉണ്ടായിരിക്കണം. അതായതു് ഒന്നിനു് ഓക്സീകരണം (ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടം) നടക്കുമ്പോൾ മറ്റൊന്നിനു് നിരോക്സീകരണവും (ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകരണം) സംഭവിക്കണം. ഒരു പദാർഥം (രാസപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ) സ്വയമേവ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉല്പാദിപ്പിക്കുകയില്ല;

എന്നാൽ ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകരിക്കാൻ പ്രവണതയുള്ള മറ്റൊരു പദാർത്ഥത്തിലേക്ക് ഇലക്ട്രോണുകളെ പ്രദാനം ചെയ്യും. അതിനാൽ ഓക്സീകരണം നിരോക്സീകരണമില്ലാതെ സംഭവിക്കാൻ സാധ്യതയില്ല.

ഇലക്ട്രോണിക സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഒരു സ്പീഷീസിൽ നിന്നു് മറ്റൊന്നിലേക്കു് ഇലക്ട്രോണുകൾ മാറ്റപ്പെടുന്നതാണല്ലോ റെഡോക്സ് പ്രതിപ്രവർത്തനം. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം മാറ്റപ്പെടുമ്പോൾ 'സംയോജകതയിൽ' മാറ്റം സംഭവിക്കേണ്ടതാണു്. ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടമുണ്ടാകുന്ന (ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്ന) സ്പീഷീസിന്റെ സംയോജകത [ധനസംയോജകത] കൂടുന്നു. ഒരു ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ സംയോജകത ഒന്നു് കൂടുന്നു. നിരോക്സീകരിക്കപ്പെടുന്ന സ്പീഷീസിൽ ഇലക്ട്രോൺ ചേർക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ അതിന്റെ ധനസംയോജകത കുറയുന്നു—ഒരു ഇലക്ട്രോണിനു് 1 വീതം; അതായതു് അതിന്റെ ഋണസംയോജകത കൂടുന്നു. അതിനാൽ ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ട ഏതെങ്കിലും അണുവിന്റെ സംയോജകതയിൽ മാറ്റമുണ്ടെങ്കിൽ ആ പ്രതിപ്രവർത്തനം റെഡോക്സ് പ്രതിപ്രവർത്തനം ആയിരിക്കും. ഇലക്ട്രോൺ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം പല സാധാരണ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും റെഡോക്സ് വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നതായി കാണാം. ഉദാഹരണമായി ലോഹങ്ങൾ അമ്ലങ്ങളിൽ നിന്നു് ഹൈഡ്രജനെ വിസ്ഥാപനം ചെയ്യുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഇലക്ട്രോണികവ്യാഖ്യാനപ്രകാരം മാത്രമേ റെഡോക്സ് പ്രവർത്തനമായി കാണാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. ഇത്തരം പരിണാമങ്ങളിൽ ലോഹം ആറ്റം ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുകയും H^+ അയോണുകൾ ഹൈഡ്രജനാവുകയുമാണു് നടക്കുന്നതു്.

$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$ എന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ SO_4^{--} അയോണുകൾ വാസ്തവത്തിൽ ഇടപെടുന്നില്ല.

$$Zn + 2H^+ \longrightarrow Zn^{++} + H_2$$

ഈ പ്രവർത്തനമാണു് യാഥാർത്ഥ്യത്തോടടുത്തിണങ്ങിയതു്. ഇതിൽ Zn ആറ്റങ്ങളിൽ നിന്നു് ഇലക്ട്രോണുകൾ H^+ അയോണുകളിലേയ്ക്കു് ചേരുന്നു. അതായതു്,

$$Zn \longrightarrow Zn^{++} + 2e$$

$$2H^+ + 2e \longrightarrow H_2$$

ഇതിൽ Zn ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു; H^+ നിരോക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു. Zn ന്റെ സംയോജകത 0-ൽ നിന്നു് $+2$ ആയി ഉയരുന്നുണ്ടല്ലോ. അതുപോലെ H^+ അയോണിൽ ഹൈഡ്രജന്റെ സംയോജകത $+1$ ആണു്. H_2 ൽ അതിന്റെ സംയോജകത $=0$.

ഓക്സീകാരകങ്ങളും നിരോക്സീകാരകങ്ങളും

പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പഴയ സങ്കല്പപ്രകാരം (classical concept) ഓക്സിജനെയോ മറ്റു് അലോഹത്തെയോ, (വിദ്യുത്പ്രേരണമൂലകം) മറ്റൊരു പദാർഥത്തിനു് പ്രദാനം ചെയ്യാൻ കഴിവുള്ളവയും മറ്റൊരു പദാർഥത്തിൽ നിന്നു് ഒരു വിദ്യുത് ധനമൂലകം സ്വീകരിക്കാൻ കഴിവുള്ളവയും ആയ പദാർഥങ്ങളെയാണു് ഓക്സീകാരകങ്ങളായി കരുതേണ്ടതു്. (ഇതിനു് വിപരീതമായ സ്വഭാവമുള്ളവ നിരോക്സീകാരകങ്ങളുമാണു്.) ഇലക്ട്രോണികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകരണശേഷിയുള്ളവയാണു് ഓക്സീകാരകങ്ങളും. ഇലക്ട്രോൺ മറ്റൊന്നിലേക്കു് ചേർക്കാൻ കഴിവുള്ളവ നിരോക്സീകാരകങ്ങളും. ഒരേ പദാർഥം തന്നെ വ്യത്യസ്ത പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഓക്സീകാരകവും നിരോക്സീകാരകവുമായി പ്രവർത്തിക്കാം. കാരണം റെഡോക്സ് പ്രവർത്തനം ഓക്സീകാരകത്തിന്റെ ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകരണ പ്രവണത, ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്ന പദാർഥത്തിന്റെ ഇലക്ട്രോൺ പ്രദാന പ്രവണത എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. അതിനാൽ ഒരു ഓക്സീകാരകം ഒരു പദാർഥത്തെ ഓക്സീകരിക്കുമ്പോൾ മറ്റൊന്നിനെ ഓക്സീകരിക്കാതെ വരാം. ഉദാഹരണമായി സാന്ദ്രസൾഫൂരിക് അമ്ലം HI നെ ഓക്സീകരിച്ചു് അയൊഡിനാക്കുന്നു; എന്നാൽ H Cl ൽ അതിനു് പ്രവർത്തനം ഇല്ല. അതുപോലെതന്നെ SO_2 വാതകം H_2S നെ ഓക്സീകരിക്കുന്നു.

$$SO_2 + 2\,H_2S \longrightarrow 3\,S + 2\,H_2O$$

എന്നാൽ അതു് ബ്രോമിനെ നിരോക്സീകരിക്കുന്നു.

$$SO_2 + 2\,H_2O + Br_2 \longrightarrow H_2SO_4 + 2HBr$$

സംയോജകതാവസ്ഥ, ഓക്സീകരണാവസ്ഥ, ഓക്സീകരണസംഖ്യ

ഓരോ മൂലകത്തിന്റേയും സംയോജനശേഷി സാധാരണമായി അതിന്റെ 'സംയോജകത'യിൽ കൂടിയാണല്ലോ പ്രകാശിപ്പിക്കാറുള്ളതു് H, Cl എന്നിവയുടെ സംയോജകത 1 ആണെന്നും O,S എന്നിവയുടെ 2 ആണെന്നും (H_2S, H_2O), കാർബണിനു് സംയോജകത 4 ആണെന്നും സാധാരണമായി നാം പറയുമ്പോൾ ആ മൂലകാണുക്കൾ എത്ര ഹൈഡ്രജൻ അഥവാ മറ്റു ഏകസംയോജകാണുക്കളുമായി സംയോജിക്കുന്നു എന്നാണു് ഉദ്ദേശിക്കുന്നതു്. എന്നാൽ സംയോജകത സ്ഥിരമല്ല. ഉദാഹരണമായി SO_2, SO_3, H_2S എന്നിവയിൽ S-ന്റെ സംയോജകത യഥാക്രമം 4, 6, 2 എന്നിവയാണു്. അതായതു് ഒരണുവിന്റെ സംയോജകത ഓരോ യൗഗികത്തിലും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കാം. സംയോജകത എത്രയാണെന്നു് ബഹുണുകങ്ങളായ യൗഗികങ്ങളിൽ നിർണയിക്കുന്നതു് ചിലപ്പോൾ സാധിക്കുകയില്ല. സംയോജകത പ്രസ്താവിക്കുന്നതിനെക്കാൾ കൂടുതൽ സൗകര്യപ്രദമായ മറ്റൊരു മാർഗമാണു് ഒരു യൗഗികത്തിൽ ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും ''ഓക്സീകരണാവസ്ഥ'' പ്രസ്താവിക്കുന്നതു്. യൗഗികത്തിൽ സംയോജകതാ-ഇലക്ട്രോണുകൾ ഓരോ മൂലകങ്ങൾക്കും നിർദിഷ്ടരീതിയിൽ വിഭജിച്ചു് വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടതായി സങ്കല്പിച്ചാണു് ഓക്സീകരണാവസ്ഥ സങ്കല്പിക്കുന്നതു്. ഒരു മൂലകാണുവിൽ നിന്നു് ഒരു ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ അതിന്റെ സംയോജകത അവസ്ഥ അഥവാ ഓക്സീകരണ അവസ്ഥ ഒന്നു വീതം

വർധിക്കുന്നു എന്നാണ് സങ്കല്പം. മൂലകാവസ്ഥയിൽ ഓക്സീകരണ അവസ്ഥ ശൂന്യമായി കരുതപ്പെടുന്നു. ഇപ്രകാരം ഒരു മൂലക അണുവിൽ നിന്നു്, അതിന്റെ സംയോജിതാവസ്ഥയിൽ നഷ്ടപ്പെടുന്നതായി സങ്കല്പിക്കപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണമാണ് ആ മൂലകത്തിന്റെ ഓക്സീകരണ അവസ്ഥ അഥവാ ഓക്സീകരണ സംഖ്യ. ഉദാഹരണമായി സോഡിയം ക്ലോറൈഡിൽ Na, Cl എന്നീ അണുക്കളുടെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യകൾ കണക്കാക്കാം. ഈ യൗഗികത്തിൽ Na അണുവിൽ നിന്നു് 1 ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടമാകുന്നതിനാൽ അതിന്റെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യ $(+1)$ ആണു്. ഇതുപോലെ Cl അണു 1 ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകരിച്ചു് Cl^- അയോൺ ആകുന്നതിനാൽ അതിന്റെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ (-1) ആണു്. ഈ സംഖ്യകൾ തന്നെയാണു് അവയുടെ സംയോജകത അവസ്ഥ അഥവാ ഓക്സീകരണ അവസ്ഥ. ഒരു തന്മാത്രയിൽ ഉള്ള ചില അണുക്കളിൽ നിന്നു് ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടമാകുന്നതായി കരുതുമ്പോൾ അതുമായി ഇലക്ട്രോണുകൾ മറ്റു് അണുക്കളിൽ ചേർക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതായും കരുതേണ്ടതാണു്. അപ്രകാരമല്ലെങ്കിൽ തന്മാത്രയിൽ വിദ്യുത്ചാർജ് അവശേഷിക്കും; അതായതു് തന്മാത്ര ഒരു അയോൺ ആയിരിക്കും! അപ്പോൾ തന്മാത്രകളിൽ ഉള്ള ഓരോ അണുക്കളുടെയും ഓക്സീകരണ സംഖ്യകളുടെ ആകെത്തുക = 0. അതുപോലെ ഒരു അയോണിൽ ഉള്ള അണുക്കളുടെ ഓക്സീകരണസംഖ്യകളുടെ തുക അയോണിന്റെ ചാർജ് ആയിരിക്കണം. ഇപ്രകാരമുള്ള ചില മൗലികപ്രമാണങ്ങളെ ആസ്പദമാക്കിയാണു് ഓക്സീകരണ സംഖ്യ കണക്കാക്കപ്പെടുന്നതു്. ഓക്സീകരണ സംഖ്യ കണക്കാക്കുന്നതിനുള്ള സാമാന്യനിയമങ്ങൾ താഴെപ്പറയുന്നു:

1. ഒരു മൂലകത്തിലുള്ള അണുവിന്റെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യ = 0.

2. ഏകാണുകമായ ഒരു അയോണിന്റെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യ = അതിന്റെ വിദ്യുത് ചാർജ്.

3. സഹസംയോജക യൗഗികങ്ങളിൽ (Covalent compounds) ഉള്ള ഓരോ ജോഡി പൊതുഇലക്ട്രോണുകളും (shared electrons) അവയെ അവകാശപ്പെടുന്ന രണ്ടു് അണുക്കളിൽ വെച്ചു് കൂടുതൽ ഇലക്ട്രോനെഗറ്റീവത (electronegativity) യുള്ള അണുവിൽ ചേരുന്നതായി കണക്കാക്കുമ്പോൾ ഓരോ അണുക്കളിലും ഉണ്ടാകുന്ന ചാർജ് ആയിരിക്കും ആ അണുവിന്റെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ. ഉദാഹരണമായി H_2S ഒരു സഹസംയോജകയൗഗികമാണു്. ഇതിൽ ഓരോ H-S ബന്ധങ്ങളിലും ഈരണ്ടു് ഇലക്ട്രോണുകൾ വീതം H, S എന്നിവയ്ക്കു് തുല്യമായി അവകാശപ്പെട്ടവയാണു്. ഇവയിൽ, കൂടുതൽ ഇലക്ട്രോനെഗറ്റീവതയുള്ള S അണുവിനു് രണ്ടു് ഇലക്ട്രോണുകളും ചേർക്കപ്പെടുന്നതായി കരുതണം. അപ്പോൾ S അണുവിലേക്കു് രണ്ടു് ഇലക്ട്രോണുകൾ ഓരോ ബോർഡിൽ നിന്നും ഓരോന്നു് കൂടുതലായി കിട്ടുന്നു. H അണുക്കളിൽ നിന്നു് ഓരോ ഇലക്ട്രോണുകൾ വീതം നഷ്ടപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ S ന്റെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ $= -2$, H ന്റെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യ $= +1$.

4. ഒരു തന്മാത്രയിലുള്ള അണുക്കളുടെ ഓക്സീകരണസംഖ്യകളുടെ ആകെത്തുക = 0

5. **അയോണുകളിലുള്ള ഓരോ അണുക്കളുടെയും ഓക്സീകരണസംഖ്യകളുടെ തുക = അയോണിന്റെ ചാർജ്.**

6. സാധാരണ യൗഗികങ്ങളിൽ H, O എന്നിവയ്ക്ക് ഓക്സീകരണസംഖ്യകം $+1$, -2 എന്നിവയാണ്.

ഈ നിയമങ്ങളം അനുസരിച്ച് H_2SO_3, H_2SO_4 എന്നിവയിൽ ഉള്ള അണുക്കളുടെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യകം കണക്കാക്കാം.

(a) H_2SO_3 · O അണുവിന് ഓക്സീകരണ സംഖ്യ = -2.
H '' '' = $+1$

S അണുവിന്റെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ x ആണെങ്കിൽ, ഓക്സീകരണ സംഖ്യകളുടെ തുക പൂജ്യമാകേണ്ടതിനാൽ

$$2 \times (+1) + x + 3 \times (-2) = 0$$
$$2 + x - 6 = 0$$
$$\therefore \quad x = +4$$

S-ന് H_2SO_3 യിൽ ഓക്സീകരണസംഖ്യ = $+4$

(b) H_2SO_4 മേൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ കണക്കാക്കുമ്പോൾ,

$$2 \times (+1) + x + 4 \times (-2) = 0$$
$$\therefore \quad x = 8 - 2 = +6$$

അതായത് H_2SO_4-ൽ S ന്റെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ = $+6$

ഇതുപോലെതന്നെ SO_3^{--}, SO_4^{--} എന്നീ അയോണുകളിലും S-ന്റെ ഓക്സീകരണസ്ഥിതി യഥാക്രമം $(+4)$ ഉം $(+6)$ ഉം തന്നെയാണെന്നു കാണാം.

അപ്പോൾ H_2SO_3 യെ H_2SO_4 ആയി ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അല്ലെങ്കിൽ SO_3^{--} അയോണുകളെ (സൽഫൈറ്റുകളെ) SO_4^{--} അയോണുകളായി (സൽഫേറ്റായി) ഓക്സീകരിക്കുമ്പോൾ S-ന്റെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ $(+4)$ ൽ നിന്ന് $(+6)$ ആയി ഉയരുന്നു.

ഇതുപോലെതന്നെ എല്ലാ ഓക്സീകരണങ്ങളിലും ഓക്സീകരണസംഖ്യകൂടുന്നു; നിരോക്സീകരണത്തിൽ ഓക്സീകരണസംഖ്യ കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിലും റെഡോക്സ് പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് നിർവചനം നൽകാവുന്നതാണ്.

ചില റെഡോക്സ് പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഓക്സീകാരകത്തെയും നിരോക്സീകാരകത്തെയും തിരിച്ചറിയുന്നതിനും റെഡോക്സ് പ്രവർത്തനമാണെന്ന് നിർണയിക്കുന്നതിനും പോലും ഓക്സീകരണസംഖ്യകം വളരെ സൗകര്യപ്രദമാണ്. ഉദാഹരണമായി പൊട്ടാസിയം ഡൈക്രോമേറ്റ്, അമ്ലീയലായനിയിൽ നല്ല ഒരു ഓക്സീകാരകമാണെന്ന് പ്രസിദ്ധമാണല്ലോ. അമ്ലീയഡൈക്രോമേറ്റ് ലായനിയിൽ H_2S കടത്തിവിടുമ്പോൾ S അവക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. ഡൈക്രോമേറ്റ് ക്രോമിയം സൽഫേറ്റായും തീരുന്നു. ഇതിൽ H_2S-ൽ നിന്ന് S ഉണ്ടാകുന്നതു ഓക്സീകരണമാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. എന്നാൽ പൊട്ടാസിയം ഡൈക്രോമേറ്റ്, K_2SO_4,

$Cr_2(SO_4)_3$ എന്നിവയായിത്തീരുന്നതു് നിരോക്സീകരണമാണെന്നു് നിർണയിക്കാൻ പ്രയാസമാണു്. അതുപോലെ അമ്ലത്തിനു് ഇതിലുള്ള പങ്കും സംശയാസ്പദമാണു്. സാധാരണരീതിയിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനം ആംശികമായി എഴുതുമ്പോൾ,

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 3(O)$$
$$3(O) + 3H_2S \longrightarrow 3H_2O + 3S \downarrow$$

മൊത്തത്തിൽ $K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S \longrightarrow$

$$K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S \downarrow$$

H_2Sനു് ഓക്സീകരണം സംഭവിക്കുന്നതിനാൽ (H നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു). ഇതു് ഒരു റെഡോക്സ് പ്രതിപ്രവർത്തനമാണു്. അതിനാൽ H_2SO_4, $K_2Cr_2O_7$ എന്നിവയ്ക്കു് ഏതിനെങ്കിലും നിരോക്സീകരണം സംഭവിക്കുന്നുണ്ടു്. കാരണം ഓക്സീകരണമുണ്ടെങ്കിൽ അതോടൊപ്പംതന്നെ നിരോക്സീകരണവും നടക്കണമല്ലോ. പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ K^+, SO_4^{--} എന്നിവയ്ക്കു് ഒന്നും സംഭവിക്കുന്നില്ല. അതുകൊണ്ടു് യഥാർഥത്തിൽ, $Cr_2O_7^{--} + 8H^+ + 3H_2S \rightarrow$

$$2Cr^{+++} + 7H_2O + 3S \rightarrow$$

എന്നു് എഴുതുന്നതാണു് കൂടുതൽ ഉചിതം. എന്തു് അമ്ലം ആണെങ്കിലും ഇതേ അയോണിക പ്രതിപ്രവർത്തനം ആണു് നടക്കുന്നതു്. പഴയ സങ്കല്പ പ്രകാരവും H_2Sനു് ഓക്സീകരണം സംഭവിക്കുന്നു എന്ന ഏളുപ്പത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാം. പക്ഷെ, $Cr_2O_7^{--}$, H^+ എന്നിവ നിരോക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നുണ്ടോ?

$Cr_2O_7^{--}$ൽ നിന്നു് ഓക്സിജൻ മാറ്റപ്പെടുന്നതിനാൽ നിരോക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു എന്നു് കരുതാം. എന്നാൽ H^+ന്റെ കാര്യത്തിൽ ക്ലാസിക്കൽ സിദ്ധാന്തം അവതാളത്തിലാകുന്നു. ഓക്സീകരണസംഖ്യകൾ പരിഗണിക്കുമ്പോൾ ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലെ ഓക്സീകരണ–നിരോക്സീകരണങ്ങൾ വ്യക്തമായി കാണാം. Cr, O, H, S എന്നീ മൂലകങ്ങളാണിതിൽ ഉൾപ്പെട്ടിരുന്നതു്. ഇവയിൽ O, H എന്നിവയുടെ ഓക്സീകരണസംഖ്യകൾക്കു് പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നതേയില്ല. H^+, H_2S, H_2O എന്നിവയിലെല്ലാം Hന്റെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ (+1) ആണു്. Oയുടെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യ −2 തന്നെയാണു്. എന്നാൽ Cr, S എന്നിവയുടെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യകൾക്കു് മാറ്റം വരുന്നു. $Cr_2O_7^{--}$ അയോണിൽ Crന്റെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യ (+6) ആണു് [കാരണം: $2 \times$ Crന്റെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ $+ 7 \times (-2) =$ അയോൺ ചാർജു് $= -2$.

$\therefore$ Cr-ന്റെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യ

$$= \frac{-2-7\times(-2)}{3} = +6$$

Cr^{+++} ൽ Cr, + 3 ഓക്സീകരണസ്ഥിതിയിലാണ്.

$\therefore$ Cr അണുക്കളുടെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ (+ 6)-ൽ നിന്ന് (+ 3) ആയി കുറയുന്നു. അപ്പോൾ $Cr_2O_7^{--}$ അയോണുകൾക്ക് നിരോക്സീകരണം സംഭവിക്കുന്നു.

H_2S-ൽ S-ന്റെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യ (— 2) ആണ്. മൂലകാവസ്ഥയിൽ S ന് ഈ സംഖ്യ 0 ആണല്ലോ. അപ്പോൾ സംയോജിതമായ S ന്റെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ (— 2) ൽ നിന്ന് 0 ആയി ഉയരുന്നു. അതായത് H_2S ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു. അതുകൊണ്ട് മൊത്തത്തിൽ ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ

(a) $Cr_2O_7^{--}$ അയോണുകൾ Cr^{+++} ആയി നിരോക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു.
[Cr (+ 6) ⟶ Cr (+ 3)]

(b) H_2S നിരോക്സീകരിക്കപ്പെട്ട് S ഉണ്ടാകുന്നു. [S (— 2) ⟶ S (0)]

ഇതേ രീതിയിൽ എതു സങ്കീർണമായ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലും നടക്കുന്ന റെഡോക്സ് പ്രവർത്തനങ്ങളെ തിരിച്ചറിയുന്നതിനും ഓക്സീകരണ സ്ഥിതി പരിഗണിക്കുകയെന്നതു് ഏറ്റവും സൗകര്യപ്രദമായ ഒരു മാർഗമാണ്.

ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനം കൂടി നോക്കാം. സാന്ദ്രസൽഫൂരിക് അമ്ലവും KBr ഉം തമ്മിൽ പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ ബ്രോമിൻ ഉണ്ടാകുന്നു. പഴയ രീതിയിൽ,

$$2\,KBr + 2\,H_2SO_4 \rightarrow 2\,KHSO_4 + 2HBr$$
$$2\,HBr + H_2SO_4 \rightarrow 2\,H_2O + Br_2 + SO_2$$
$$2\,KBr + 3\,H_2SO_4 \rightarrow 2\,KHSO_4 + 2\,H_2O + Br_2 + SO_2$$

ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ K^+ അയോണുകൾക്ക് യാതൊരു മാറ്റവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. 3 സൽഫേറ്റ് അയോണുകളിൽ രണ്ടെണ്ണത്തിനു ഒന്നും സംഭവിക്കുന്നില്ല. അതിനാൽ, $2\,Br^- + 6\,H^+ + 3\,SO_4^{--} \rightarrow 2\,(HSO_4^-) + 2\,H_2O + Br_2 + SO_2$

ഇതിൽ H, O എന്നിവയുടെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യകൾക്ക് മാറ്റമില്ല. HSO_4^- അയോണുകളിലെ S അണുക്കൾക്കും മാറ്റമില്ല. എന്നാൽ ഒരു S അണുവിന്റെ ഓക്സീകരണ സംഖ്യ (+6) ൽ നിന്ന്, (+ 4) ആയിത്തീരുന്നു. (SO_4^{--} എന്നതു SO_2 ആകുമ്പോൾ) Br-ന്റെ ഓക്സീകരണസംഖ്യ (-1) ൽ നിന്ന് Br^- ൽ) 0 ആയി കൂടുന്നു. (Br_2 ൽ). അതായതു് Br^- അയോണുകളെ H_2SO_4 ഓക്സീകരിക്കുന്നു.

തുടർന്നു വായിക്കുക:

1. Dey and Selbin, Theoretical Inorganic Chemistry, Affiliated East-West Press, New Delhi. (1962)
2. Andrew J. Scarlet, College Chemistry, Henry Holt and Co., New York (1958)
3. George C. Pimentel (Edtr), Chemistry An Experimental Science, NCERT, Indian Edition (1963).
4. Wood, Keenan, Bull and Bowman, Fundamentals of College Chemistry. Harper and Row. New York (1963)
5. Glinka, General Chemistry, Foreign Languages Pub. House, Moscow (1958)

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. ക്ലാസ്സിക്കൽ നിർവചനവും ഇലക്ട്രോണിക നിർവചനവും നൽകുക.
   (a) ഓക്സീകരണം (b) നിരോക്സീകരണം.
   (c) ഓക്സീകാരകം
2. താഴെ പറയുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ റെഡോക്സ് പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഏവ ?

   അവയിലെ ഓക്സീകരണം, നിരോക്സീകാരകം എന്നിവ നിർണയിക്കുക.

   (a) $4\ HCl + MnO_2 \rightarrow 2H_2O + MnCl_2 + Cl_2$
   (b) $Mg + Cl_2 \rightarrow MgCl_2$
   (c) $KNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + HNO_3$
   (d) $Cu + 2\ H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 2\ H_2O + SO_2$
   (e) $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$
   (f) $2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 + 10\ HI \rightarrow K_2SO_4 + 2\ MnSO_4 + 8\ H_2O + 5\ I_2$
   (g) $2\ CO + O_2 \rightarrow 2\ CO_2$
   (h) $CaCO_3 + 2\ HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$
3. "ഓക്സീകരണം സംഭവിക്കുന്നതോടൊപ്പം നിരോക്സീകരണവും സംഭവിക്കുന്നു." എന്തുകൊണ്ട് ? ഉദാഹരണസഹിതം വിശദമാക്കുക.
4. താഴെ പറയുന്നവയിൽ ഉള്ള ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും ഓക്സീകരണ അവസ്ഥ നിർണയിക്കുക:

   $KMnO_4$, Cr_2O_3, CaH_2, HCl, KOH,
   ClO_2, MnO_2, CrO_2, Cl_2, S_2Cl_2,
   $SnCl_2$, $SnCl_4$, Fe_2O_3, H_2S,
   P_2O_5, PCl_3, $KClO_3$, CO, CO_2, Na_2SO_3
5. ഓക്സീകരണ അവസ്ഥ എന്നാൽ എന്ത് ? ഉദാഹരണങ്ങൾ കൊണ്ട് വ്യക്തമാക്കുക. ഈ സങ്കല്പത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ എന്തെല്ലാം ?

6. ലോഹഓക്സൈഡുകളെ കരി ചേർത്തു് ചൂടാക്കുമ്പോൾ സാധാരണമായി ലോഹം ഉണ്ടാകുന്നു. ലോഹനിഷ്കർഷണത്തിൽ ഈ പ്രവർത്തനം സാധാരണ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ കരിയുടെ പങ്കു് വിശദമാക്കുക. ക്ലാസ്സിക്കൽ സങ്കല്പങ്ങളും ഇലക്ട്രോണിക സങ്കല്പങ്ങളും ഉപയോഗിച്ചു് പ്രവർത്തനത്തിനു് വ്യാഖ്യാനം നൽകുക.

7 പൊട്ടാസിയം പെർമാൻഗനേറ്റു് അമ്ലം ചേർത്ത ലായനികളിൽ ഓക്സാലിക് അമ്ലത്തേയും ഓക്സലേറ്റുകളേയും CO_2 ആക്കി പരിവർത്തനം ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയുടെ അയോണിക-സമീകരണവും ക്ലാസിക്കൽ സമീകരണവും എഴുതുക. ഓരോ മൂലകത്തിനും സംഭവിക്കുന്ന ഓക്സീകരണസംഖ്യയിലുള്ള മാറ്റം വ്യക്തമാക്കുക.

8. ഹൈഡ്രജൻ, അലൂമിനിയം, HI, SO_2, H_2S എന്നിവയെല്ലാം നിരോക്സീകരണങ്ങളാണു്. എന്തുകൊണ്ടു് ?

9. ഒരേ പദാർഥം തന്നെ ചിലപ്പോൾ ഓക്സീകാരകമായും ചിലപ്പോൾ നിരോക്സീകാരകമായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഉദാഹരണസഹിതം കാരണം വ്യക്തമാക്കുക.

10. $2\,Na + 2\,H_2O \rightarrow 2\,NaOH + H_2$ ഇതു് റെഡോക്സ് പ്രവർത്തനമാണെന്നു് യുക്തിസഹമായി തെളിയിക്കുക.

ഉൽപ്രേരണം

രാസപരിവർത്തനങ്ങളുടെ പ്രവേഗം പരിതസ്ഥിതികളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. താപനില, മർദം, പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ സാന്ദ്രത, എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചു് ഒരേ പ്രതിപ്രവർത്തനം തന്നെ ശീഘ്രമായോ മന്ദമായോ നടക്കാവുന്നതാണു്. എന്നാൽ ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ അവയിൽ ഉൾപ്പെടാത്ത—അതായതു് പ്രതിപ്രവർത്തകമോ ഉല്പന്നമോ അല്ലാത്ത—ചില പദാർഥങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം കൊണ്ടു മാത്രം പ്രവേഗവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടു്. ഈ പ്രതിഭാസമാണു് ഉൽപ്രേരണം (Catalysis). ഒരു രാസപരിവർത്തനത്തിൽ പ്രതിപ്രവർത്തകമോ ഉല്പന്നമോ ആകാതെ സാന്നിധ്യം കൊണ്ടു മാത്രം പ്രവേഗത്തിൽ വ്യത്യാസം വരുത്തുന്ന പദാർഥത്തിനു് ഉൽപ്രേരകം (Catalyst) എന്നു പറയുന്നു. പ്രതിപ്രവർത്തനപ്രവേഗത്തെ വർധിപ്പിക്കുന്ന ഉൽപ്രേരകത്തിനു് ധനാത്മകഉൽപ്രേരകം അഥവാ അധിപ്രേരകം (positive catalyst) എന്നും പ്രവേഗത്തെ കുറയ്ക്കുന്ന ഉൽപ്രേരകത്തിനു് ഋണാത്മകഉൽപ്രേരകം അഥവാ അവപ്രേരകം (negative-catylist) എന്നും പറയുന്നു. പൊട്ടാസിയം ക്ലോറേറ്റു് ഒരു ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിൽ ചൂടാക്കിയാൽ അതു് 368°C ൽ ഉരുകി നിറമില്ലാത്ത ദ്രവമാകുന്നു. നിയന്ത്രിതമായി ചൂടാക്കുമ്പോൾ വിയോജനം കാര്യമായി സംഭവിക്കുന്നില്ല. ഈ സമയത്തു് അല്പം മാൻഗനീസു് ഡൈ ഓക്സൈഡ് അതിലിട്ടാൽ പെട്ടെന്നു് വിയോജനം സംഭവിക്കുകയും ധാരാളം ഓക്സിജൻ ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യും. കത്തുന്ന ഒരു ഈർക്കിൽ അണച്ചു് കനലോടു കൂടി ടെസ്റ്റ്ട്യൂബിനകത്തു കടത്തുമ്പോൾ ഈർക്കിൽ തൽക്ഷണം കത്തിപ്പിടിക്കുന്നതായി കാണാം. മാൻഗനീസു് ഡൈഓക്സൈഡ് ചേർക്കുന്നതിനു മുമ്പു് ഈ പരീക്ഷണം (test) നടത്തിയാൽ ഈർക്കിൽ കത്തിപ്പിടിക്കുകയില്ല; അതായതു് ഓക്സിജൻ ഉല്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നില്ല; ഉണ്ടെങ്കിൽ തന്നെ കുറച്ചു മാത്രമേയുള്ളു.

$$2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2.$$

വിയോജനം കഴിഞ്ഞു് കിട്ടുന്ന അവശിഷ്ടം (residue) പരിശോധിച്ചാൽ മാൻഗനീസു് ഡൈ ഓക്സൈഡു മുഴുവനും അതിൽത്തന്നെയുണ്ടെന്നു കാണാം. നിശ്ചിതഭാരം മാൻഗനീസു് ഡൈഓക്സൈഡു് ചേർത്തു് വിയോജനം നടത്തിക്കിട്ടു

ന്ന അവശിഷ്ടം (KCl, MnO_2 മിശ്രിതം) ജലം കൊണ്ട് നിഷ്കർഷണം ചെയ്ത് KCl നിശ്ലേഷം മാറ്റി മാൻഗനീസ് ഡൈഓക്സൈഡ് ഉണക്കി തൂക്കിനോക്കിയാൽ അതിന്റെ ഭാരത്തിൽ യാതൊരു മാറ്റവും വന്നിട്ടില്ലെന്ന് തെളിയിക്കാം. അപ്പോൾ MnO_2 ഈ പരിവർത്തനത്തിൽ പ്രതിപ്രവർത്തന വിധേയമാകുന്നില്ലെങ്കിലും തന്റെ സാന്നിധ്യം കൊണ്ട് $KClO_3$ ന്റെ വിയോജന പ്രവേഗം വളരെ വർധിപ്പിക്കുന്നു എന്ന് അനുമാനിക്കാം. അതായത് $KClO_3$ ന്റെ വിയോജനത്തിൽ MnO_2 ഉൽപ്രേരകമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. Fe_2O_3 യും ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെ ഉൽപ്രേരണം ചെയ്യുന്നുണ്ട്.

ഇതുപോലെതന്നെയുള്ള ഉൽപ്രേരിത പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും (catalytic-reactions) പലതും പണ്ടു മുതൽക്കു തന്നെ പരിചിതങ്ങളായിരുന്നു. പഴച്ചാറുകളും പുളിപ്പിച്ച് വീഞ്ഞുണ്ടാക്കുന്നതു തന്നെ വാസ്തവത്തിൽ ഒരു ഉൽപ്രേരിത പ്രവർത്തനമാണ്. 1761-ൽ പാർമെന്റിയറും (Parmentier) 1811-ൽ കിർക്കോഫും (Kirchoff) അണ്ണങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യത്തിൽ സ്റ്റാർച്ചിന്റെ ജലാപഘടനം കൊണ്ട് ഷുഗറുകൾ ഉണ്ടാകുന്ന പരിവർത്തനത്തെപ്പറ്റി പഠനം നടത്തിയിട്ടുണ്ട്. അണ്ണങ്ങളും ഈ പരിവർത്തനത്തിൽ ഉൽപ്രേരകങ്ങളാണ്. സൂക്ഷ്മങ്ങളായ ലോഹത്തരികളുടെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ഹൈഡ്രജൻ പെറോക്സൈഡിന്റെ വിയോജനത്തെപ്പറ്റി 1813-ൽ തേനാർഡ് (Thenard) പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ലോഹത്തരികൾ വിയോജനത്തിൽ ഉൽപ്രേരകങ്ങളാണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ള മറ്റു പല പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും പഠിക്കുകയും, 1835-ൽ ബെഴ്സീലിയസ് ഈ പ്രതിഭാസത്തിനു് അംഗീകാരം നൽകുകയും ചെയ്തു. അദ്ദേഹമാണ് ''കറാലിസിസ്'' എന്നപേർ നൽകിയതു്. തുടർന്ന് അനേകമനേകം ഉൽപ്രേരിത പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെ കണ്ടുപിടിക്കുകയും ഉൽപ്രേരകങ്ങളെ വ്യാവസായികമായി ധാരാളം പ്രയോജനപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്തു. മിക്ക ഘനവ്യവസായങ്ങളിലും ഉൽപ്രേരകങ്ങൾ ഏതെങ്കിലും ഒരു ഘട്ടത്തിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഉൽപ്രേരണത്തിൽ ഉൽപ്രേരകം എപ്രകാരമാണ് ഇടപെടുന്നതു് എന്നുള്ളതിനു് വ്യാഖ്യാനം നൽകാനുള്ള പല സിദ്ധാന്തങ്ങളും പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടെങ്കിലും ഉൽപ്രേരണത്തിനു് ശരിയായ ഒരു പൂർണസിദ്ധാന്തം ഇനിയും ഉണ്ടാകേണ്ടിയിരിക്കുന്നു.

1888-ൽ ഓസ്റ്റ്വാൾഡ് (Ostwald) നടത്തിയ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നും ഉൽപ്രേരണ-പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സവിശേഷതകളെല്ലാം പ്രതിപാദിക്കപ്പെട്ടവയാണ് താഴെ ചേർക്കുന്നതു്.

1. രാസപരിവർത്തനത്തിൽ ഉൽപ്രേരകത്തിനു് മാറ്റം ഒന്നും ഉണ്ടാകുന്നില്ല

ഈ പ്രസ്താവന തികച്ചും ശരിയല്ല. ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ രാസസംഘടനത്തിൽ മാറ്റംവരുന്നില്ല എന്നു പറയുന്നതായിരിക്കും കൂടുതൽ ശരിയായിട്ടുള്ളതു്. അതായതു് ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ പരിമാണം പരിവർത്തനത്തിനു മുമ്പും അതിനു ശേഷവും ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും എന്നു മാത്രം. ചില ഉൽപ്രേരകങ്ങളും താല്ലാലി

കമായിട്ടാണെങ്കിലും രാസപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്നുണ്ടെന്നു് തെളിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി പൊട്ടാസിയം ക്ലോറേറ്റിന്റെ വിയോജനത്തിൽ ഉൽപ്രേരകമായി സാമാന്യം പരുക്കനായ MnO_2 – തരികം ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ, ഒടുവിൽ അവശേഷിക്കുന്ന MnO_2 —നല്ല നേർമയുള്ള പൊടിയായിട്ടാണു് കാണുന്നതു്. അതുപോലെ ചില ഉൽപ്രേരകങ്ങളും പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുമായി സംയോജിച്ചു് അസ്ഥിരയൗഗികങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നതായും ഇവ പിന്നീടു് വിയോജിച്ചും മറുതരത്തിലും ഉൽപന്നങ്ങളെയും ഉൽപ്രേരകത്തെയും ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്നതായും അറിവായിട്ടുണ്ടു്. ഉദാഹരണമായി സൽഫൂരികു് അമ്ലനിർമാണത്തിനുള്ള ''ചേംബർ പ്രക്രിയയിൽ'' (Chamber process) SO_2, നൈട്രജൻ ഓക്സൈഡുകളും (NO, NO_2), വായു, നീരാവി എന്നിവയെ ഒരു ലെഡു് ചേംബറിനുള്ളിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനവിധേയമാക്കുമ്പോൾ സൽഫൂരികു് അമ്ലം ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രതിപ്രവർത്തനമിശ്രിതത്തിലെ നീരാവിയുടെ അളവു് വേണ്ടത്ര കുറയുമ്പോൾ ''ചേംബർ ക്രിസ്റ്റലുകളും'' എന്നു് അറിയപ്പെടുന്ന ഒരു ഖരപദാർഥം ഉണ്ടാകുന്നു. വീണ്ടും നീരാവിയുടെ അളവു് കൂട്ടുമ്പോൾ ഈ പദാർഥം അപ്രത്യക്ഷമാകുകയും സൽഫൂരികു് അമ്ലം ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ നൈട്രജൻ ഓക്സൈഡു് ഉൽപ്രേരകമാണു്. എങ്കിലും ചേംബർ ക്രിസ്റ്റലുകളിൽ ഇവ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ടു്.

$$2\,SO_2 + NO_2 + \underline{NO + O_2} + H_2O \longrightarrow 2\,SO_2(OH).O.NO$$

$$2\,SO_2(OH).O.NO + H_2O \longrightarrow 2\,H_2SO_4 + \underline{NO + NO_2}$$

(ചേംബർ ക്രിസ്റ്റലുകളും)

അപ്പോൾ ഉൽപ്രേരകങ്ങളായ NO, NO_2 എന്നിവ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്നുണ്ടു്. ഒടുവിൽ അവ പരിമാണാത്മകമായി പുനരുൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുകയാണു് ചെയ്യുന്നതു്.

2. **ഉൽപ്രേരകം വളരെ കുറച്ചുമാത്രമേ പരിവർത്തനത്തിൽ ആവശ്യമുള്ളു**

അതായതു്, വളരെ കുറച്ചുമാത്രം ഉൽപ്രേരകംകൊണ്ടു് ഏതു പ്രതിപ്രവർത്തകം ഉണ്ടെങ്കിലും അതിനെ മുഴുവൻ പരിവർത്തനം ചെയ്യിക്കാം. പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ പരിമാണത്തിനു് മാറ്റം ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഈ വസ്തുത സ്വാഭാവികമായി അനുമാനിക്കാമല്ലോ. എന്നാൽ ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഉൽപ്രേരകം ഒരു നിശ്ചിത പരിമാണത്തിലധികം ചേർക്കുമ്പോൾ മാത്രമേ പ്രതിപ്രവർത്തനം വേഗത്തിൽ നടക്കുന്നുള്ളു. ഉൽപ്രേരകം സംയോജനവിധേയമായി ''മാധ്യമിക-യൗഗികങ്ങൾ'' (intermediate compounds) ഉണ്ടാകുന്നതിനാലാണിതു്.

3. **ഉഭയദിശീയ-പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ (reversible reactions) അഗ്ര-പശ്ച-പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെ (forward and backward**

reactions) ഉൽപ്രേരകം തുലൃമായി ബാധിക്കുന്നതിനാൽ സന്തുലനസ്ഥിതിയിൽ മാറ്റം വരുത്തുവാൻ ഉൽപ്രേരകത്തിനു് കഴിവില്ല.

അതായതു് ഒരു ഉദ്ദേശിയ പ്രതിപ്രവർത്തനം ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യത്തിലും, അസാന്നിദ്ധ്യത്തിലും സന്തുലനാവസ്ഥയിലെത്തുമ്പോഴും, രണ്ടിലും ഉള്ള സന്തുലനമിശ്രിതം ഒന്നു തന്നെയായിരിക്കും. എന്നാൽ ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യത്തിൽ സന്തുലനാവസ്ഥയിലെത്തുന്നതിനു് താരതമ്യേന കുറച്ചു് സമയം മതിയാകും. ഇത്തരം പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൽപ്രേരകങ്ങളും ഉപയോഗിക്കുന്നതുകൊണ്ടു് ഉൽപന്നങ്ങളുടെ ഉല്പാദനം (yield) കൂടുന്നില്ല. എന്നാൽ ഉല്പാദനസമയം ഗണ്യമായി കുറയുന്നു.

4. ഉൽപ്രേരകത്തിനു് രാസപരിവർത്തനം സംഭവിപ്പിക്കാനുള്ള കഴിവില്ല.

അതായതു് ഉൽപ്രേരകം ഇല്ലാതെതന്നെ സംഭവിക്കാവുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെ കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ (അല്ലെങ്കിൽ കുറഞ്ഞ വേഗത്തിൽ) സംഭവിപ്പിക്കുവാനേ അതിനു് കഴിയൂ. ഈ തത്വം പല പ്രകാരത്തിലും ചോദ്യം ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യത്തിൽമാത്രം സംഭവിക്കുന്ന പല പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും ഉണ്ടു്.

5. ഉൽപ്രേരകം ഓരോ രാസപരിവർത്തനത്തിനും പ്രത്യേകമായിട്ടുള്ളതാണു്.

അതായതു് ഉൽപ്രേരകങ്ങൾക്കു് പ്രത്യേക നിർദിഷ്ടത്വമുണ്ടു്. ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ എല്ലാ പദാർത്ഥങ്ങളും ഉൽപ്രേരകങ്ങളായിരിക്കുകയില്ല. അതുപോലെ ഒരു പദാർഥം ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൽപ്രേരകമായിരിക്കാം. എന്നാൽ അതു് മറ്റു് പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഉൽപ്രേരകമാകണമെന്നില്ല. ഓരോ താഴിനും പ്രത്യേക താക്കോൽ എന്നതുപോലെ ഓരോ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിനും പ്രത്യേകമായിട്ടുണ്ടു് അതിന്റെ ഉൽപ്രേരകം.

6 വർധകക്രിയ

ചില പദാർഥങ്ങൾ സ്വയം ഉൽപ്രേരകങ്ങളല്ലെങ്കിലും സ്വസാന്നിദ്ധ്യംകൊണ്ടു് പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലുള്ള ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ ഉൽപ്രേരണശക്തിയെ വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതായി കാണുന്നുണ്ടു്. ഇത്തരം പദാർഥങ്ങളെ ''വർദ്ധകങ്ങൾ'' എന്നു പറയുന്നു.

$$CO + 2\,H_2 \xrightarrow{ZnO} CH_3OH \text{ (മെഥനോൾ)}$$

ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനം സിങ്ക്ഓക്സൈഡിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യത്തിൽ നടക്കുന്നു. ZnO ഇതിൽ ഉൽപ്രേരകമാണു്. എന്നാൽ ക്രോമിയം ഓക്സൈഡ് (Cr_2O_3) ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെ ഉൽപ്രേരണം ചെയ്യുന്നില്ല. പക്ഷെ, Cr_2O_3 യും ZnO-ഉം ചേർന്ന മിശ്രിതം വെറും ZnO-നെക്കാളും വളരെ മെച്ചപ്പെട്ട ഉൽപ്രേരകമാണു്. അതുകൊണ്ടു്, ZnO-ന്റെ ഉൽപ്രേരണശേഷിയെ (ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ Cr_2O_3 വർധിപ്പിക്കുന്നു. ZnO ഉൽപ്രേരകമാണു്; Cr_2O_3 അതിന്റെ വർധകവും.

7. ഉൽപ്രേരകവിഷം

ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമതയെ മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നവയാണല്ലോ വർധകങ്ങൾ. എന്നാൽ നേരേ മറിച്ചാണ് ഉൽപ്രേരകവിഷങ്ങൾ. സ്വസാന്നിധ്യത്താൽ ഒരു ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ ശക്തി ക്ഷയിപ്പിക്കുകയും ക്രമേണ അതിനെ നിഷ്ക്രിയമാക്കുകയും ചെയ്യുന്ന പദാർഥമാണ് ഉൽപ്രേരകവിഷം. ഉദാഹരണമായി സൽഫർ ട്രൈഓക്സൈഡ് നിർമാണത്തിൽ ($2\,SO_2 + O_2 \longrightarrow 2\,SO_3$) ഉൽപ്രേരകമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന പ്ലാറ്റിനത്തിന്റെ ഉൽപ്രേരണശക്തിയെ ആർസനിക് ഓക്സൈഡ്, ഹൈഡ്രജൻ-സയനൈഡ്, കാർബൺ മോണോക്സൈഡ് മുതലായ ചില പദാർഥങ്ങൾ സ്വസാന്നിധ്യത്താൽ നഷ്ടമാക്കുന്നു. പല ഘനവ്യവസായങ്ങളിലും കാതലായ ഘട്ടങ്ങളിൽ ഉൽപ്രേരകങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. അതിനാൽ പ്രതിപ്രവർത്തനമാശ്രിതത്തിൽ നിന്നും ഇത്തരം ഉൽപ്രേരകവിഷങ്ങളെ നിശ്ശേഷം നീക്കംചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്. വളരെ ചുരുങ്ങിയ അളവിൽ പോലും ''വിഷബാധ'' ഉണ്ടെങ്കിൽ അത് ഉൽപ്രേരണശക്തിയെ സാരമായി ക്ഷയിപ്പിക്കുകയും, (സാധാരണമായി വില കൂടിയ) ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ ആയുർദൈർഘ്യം വളരെ കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉൽപ്രേരകങ്ങൾ കൊണ്ട് സാധിതമാകുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പരിമാണത്തിനു താത്ത്വികമായി പരിധിയില്ലെങ്കിലും പ്രായോഗികമായി അവ കുറെ കഴിയുമ്പോൾ ഉപയോഗശൂന്യങ്ങളാകുന്നുണ്ട്. ഇതിനു ഒരു കാരണം 'വിഷബാധ'യാണ്.

8. ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ ഭൗതികസ്ഥിതി അനുസരിച്ച് അതിന്റെ ഉൽപ്രേരണശക്തി വ്യത്യസ്തമായിരിക്കുന്നു

ഉദാഹരണമായി പ്ലാറ്റിനം തന്നെ പല രൂപത്തിലും ഉപയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അവയുടെ ഉൽപ്രേരണശക്തി വ്യത്യസ്തമായിരിക്കുന്നു. അതിസൂക്ഷ്മങ്ങളായ തരികളുടെ രൂപത്തിലും സ്പോഞ്ചു രൂപത്തിലും ഉള്ളതിനു മറ്റുതരത്തിലുള്ളവയേക്കാൾ കൂടുതൽ ഉൽപ്രേരണശക്തിയുണ്ട്. പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും ഉൽപ്രേരകവും തമ്മിലുള്ള സമ്പർക്കം കൂടുതൽ ഉണ്ടാകുന്നതിനാലാണിത്. വളരെ ചെറിയ തരികൾക്ക് വളരെയധികം പ്രതലം ഉണ്ടല്ലോ.

ഋണാത്മക ഉൽപ്രേരണവും ധനാത്മക ഉൽപ്രേരണവും

സാധാരണമായി പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന ഉൽപ്രേരകങ്ങളാണ് (ധനാത്മക ഉൽപ്രേരകങ്ങൾ) കൂടുതൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നതെങ്കിലും, പ്രതിപ്രവർത്തന പ്രവേഗത്തെ കുറയ്ക്കുന്ന ഋണാത്മക ഉൽപ്രേരകങ്ങൾക്ക് (അവപ്രേരകങ്ങൾക്ക്) വളരെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. പദാർഥങ്ങളിൽ സ്വയം നടക്കുന്ന ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെ പലപ്പോഴും തടയേണ്ടതായിവരും. അങ്ങിനെയുള്ള അവസരങ്ങളിൽ അവപ്രേരകങ്ങൾ സഹായിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി സോഡിയം സൽഫൈറ്റ് ലായനി വായുവിൽ നിന്നു ഓക്സിജനുമായി സംയോജിച്ച് സൽഫേറ്റ് ആയി ഓക്സീകരിക്കപ്പെടുന്നു. അല്പം ബ്രൂസിൻ ഹൈഡ്രോക്ലോറൈഡ് ചേർത്താൽ ഈ ഓക്സീകരണം മിക്കവാറും തടയാം (പ്രതിപ്രവർത്തനപ്രവേഗം ഏതാണ്ട് ഒരു ശതമാനമായി കുറയ്ക്കാം). അല്പം ഗ്ലിസറിനോ ആൽക്കഹോളോ

ചേർത്താലും ഈ ഓക്സീകരണത്തെ മന്ദീഭവിപ്പിക്കാം. ബെൻസാൽഡിഹൈഡ് (C_6H_5CHO) വായുസമ്പർക്കത്തിൽ ബെൻസോയിക് അമ്ലം (C_6H_5-COOH) ആയി ഓക്സീകരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതു് തടയാൻ അല്പം ഹൈഡ്രോകിനോൺ അവപ്രേരകമായി ഉപയോഗിച്ചാൽ മതി.

ഹൈഡ്രജൻ പെറോക്സൈഡ് സ്വയം വിയോജനം ചെയ്തു് പോകാതിരിക്കുന്നതിനു് ഗ്ലിസറിൻ, ഫോസ്ഫോറിക് അമ്ലം മുതലായ അവപ്രേരകങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നുണ്ടു്.

എണ്ണകളും മറ്റു ഭക്ഷ്യപദാർഥങ്ങളും ഓക്സീകരണവിധേയമായി ചീത്തയാകുന്നതു തടയുന്നതിനു് ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ''ആൻറി ഓക്സിഡൻറുകൾ'' അവപ്രേരകങ്ങളാണു്.

ഇതുപോലുള്ള അനഭിലഷണീയങ്ങളായ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെ തടയുന്നതിനു് അവപ്രേരകങ്ങൾ സഹായിക്കുന്നു. അവപ്രേരകങ്ങൾക്കു് ''നിരോധകം'' (inhibitor) എന്നും പറയാം.

സ്വയംപ്രേരണം

ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഉൽപന്നങ്ങൾ തന്നെ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെ ഉൽപ്രേരണം ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസമാണു് സ്വയംപ്രേരണം. ഉദാഹരണമായി അമ്ലീയലായനിയിൽ $KMnO_4$, ഓക്സാലിക് അമ്ലത്തെ ഓക്സീകരിച്ചു് CO_2 ആക്കുന്നു. ഈ പരിവർത്തനത്തിൽ $KMnO_4$ മാൻഗനീസ് ലവണമായിത്തീരുന്നു. Mn ലവണങ്ങൾ ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെ ഉൽപ്രേരണം ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ ആരംഭത്തിൽ മന്ദമായി നടക്കുന്ന ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനം കുറെ നടക്കുമ്പോൾ വളരെ ശീഘ്രമായി പുരോഗമിക്കുന്നു; പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന Mn ലവണങ്ങളുടെ ഉൽപ്രേരണ ഫലമായിട്ടാണിതു്.

ഏകാത്മക ഉൽപ്രേരണവും ഭിന്നാത്മക ഉൽപ്രേരണവും

ഉൽപ്രേരകവും പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും ഒരേ അവസ്ഥ (phase) യിൽ ആണെങ്കിൽ ഈ ഉൽപ്രേരണത്തിനു് ഏകാത്മക ഉൽപ്രേരണമെന്നും അവ വ്യത്യസ്ത അവസ്ഥകളിലാണെങ്കിൽ ഭിന്നാത്മക ഉൽപ്രേരണമെന്നും പറയുന്നു. ഭിന്നാത്മക ഉൽപ്രേരണത്തിനു് സമ്പർക്ക ഉൽപ്രേരണം (contact catalysis) എന്നും പേരുണ്ടു്.

പഞ്ചസാര ലായനിയിൽ ഏതെങ്കിലും അമ്ലം ഒഴിച്ചാൽ ജലവിശ്ലേഷണം ഉണ്ടാകുകയും ഗ്ലൂക്കോസും ഫ്രക്ടോസും ലഭ്യമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ അമ്ലം (ഉൽപ്രേരകം.)

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

പഞ്ചസാര ഗ്ലൂക്കോസ് ഫ്രക്ടോസ്

പഞ്ചസാര, ജലം (പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങൾ) എന്നിവയെല്ലാം ഒരേ അവസ്ഥയിൽ (ലേയിതാവസ്ഥ) ആയതിനാൽ ഉൽപ്രേരണം ഏകാത്മകമാണു്.

സൾഫ്യൂരിക് അമ്ലനിർമാണത്തിനു് ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ചേംബർ ക്രമത്തിൽ SO_2, O_2 (വായു), നീരാവി എന്നീ വാതകങ്ങൾ നൈടജൻറെ

ഓക്സൈഡുകളുടെ ഉൽപ്രേരണത്തിനു വിധേയമാക്കിയാണു് അമ്ലം ഉണ്ടാക്കുന്നതു്. ഇതിലെ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും ഉൽപ്രേരകവും എല്ലാം വാതകാവസ്ഥയിലാണു്. ഇതിലും ഏകാത്മകഉൽപ്രേരണമാണു് നടക്കുന്നതു്.

വ്യാവസായികമായി കൂടുതൽ പ്രാധാന്യം സമ്പർക്ക ഉൽപ്രേരണത്തിനാണു്. മിക്ക ഘന–രാസവ്യവസായങ്ങളിലും സമ്പർക്കഉൽപ്രേരകങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നുണ്ടു്. സമ്പർക്കപ്രക്രമത്തിൽ (Contact process) സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം ഉണ്ടാകുന്നതു് SO_2, O_2 എന്നീ വാതകങ്ങൾ തമ്മിൽ പ്ലാറ്റിനം, വനേഡിയം പെൻറോക്സൈഡ്, ഫെറിക് ഓക്സൈഡ് മുതലായ ഖരഉൽപ്രേരകങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യത്തിൽ സംയോജിപ്പിച്ചു കിട്ടുന്ന SO_3 യിൽ നിന്നാണു്. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൽപ്രേരകം ഖരാവസ്ഥയിലും (Solid state) പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങൾ (SO_2 , O_2) വാതകാവസ്ഥയിലുമാണു്.

അമോണിയാ നിർമാണം, അമോണിയാ ഓക്സീകരണം ($4\ NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4\ NO + 6\ H_2O$) എന്നീ പ്രക്രിയകളിലും ഖരാവസ്ഥയിലുള്ള ഉൽപ്രേരകങ്ങളാണു് വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെ പരിവർത്തനം സാധിപ്പിക്കുന്നതു്. സസ്യഎണ്ണകളെ ഹൈഡ്രോജനീകരിച്ചു് വനസ്പതി നിർമിക്കുമ്പോൾ നിക്കൽഫോർമേറ്റു് ഉൽപ്രേരകമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളിൽ എണ്ണ ദ്രാവകാവസ്ഥയിലും ഹൈഡ്രജൻ വാതകാവസ്ഥയിലും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ഉൽപ്രേരകം ഖരാവസ്ഥയിലുമാണു്.

വാതകാവസ്ഥയിൽ നടത്തപ്പെടുന്ന അനവധി വ്യാവസായിക പ്രക്രിയകളിലും ഖരോൽപ്രേരകങ്ങളാണു് ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നതു്.

MnO_2 കൊണ്ടു് $KCl\ O_3$ ന്റെ വിയോജനം സംവേഗിപ്പിക്കുന്നതും ഭിന്നാത്മകഉൽപ്രേരണത്തിനു് ഉദാഹരണമാണു്.

ഉൽപ്രേരണസിദ്ധാന്തങ്ങൾ (ഉൽപ്രേരണത്തിന്റെ ക്രിയാവിധി)

ഉൽപ്രേരകം എപ്രകാരമാണു് പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കാതെതന്നെ അതിന്റെ പ്രവേഗത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്നതെന്നുള്ളതിനെപ്പറ്റി ഉൽപ്രേരണത്തിന്റെ ക്രിയാവിധിയെപ്പറ്റി പല സിദ്ധാന്തങ്ങളും ഉന്നയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. അവയിൽ പലതും ഓരോ പ്രത്യേക ഉൽപ്രേരണത്തിനു മാത്രം സ്വീകാര്യമാകയാൽ ഉൽപ്രേരണത്തെ സാമാന്യമായി വ്യാഖ്യാനിക്കുവാൻ പറ്റിയവയല്ല.

(1) മധ്യമികയൗഗികസിദ്ധാന്തം

ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഉൽപ്രേരകം പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുമായി സംയോജിച്ചു് (അല്ലെങ്കിൽ അവയിൽ ചിലതുമായി സംയോജിച്ചു്) അസ്ഥിരങ്ങളായ താൽക്കാലിക യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ മധ്യമിക യൗഗികങ്ങൾ പിന്നീടു് വിയോജനം ചെയ്യുകയോ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളിൽ ചിലതിനോടു കൂടി പ്രവർത്തിക്കുകയോ ചെയ്തു് ഉല്പന്നങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുകയും ഉൽപ്രേരകം പുനരുൽപാദിതമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഇത്തരം മധ്യമിക യൗഗിക

ങ്ങളും പ്രത്രക്കരിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടെന്നുള്ളതാണു് ഈ സിദ്ധാന്തത്തിനു് ഉപോൽബലകമായിത്തീർന്നതു്. ഉദാഹരണമായി ചേംബർ പ്രക്രമത്തിൽ നൈട്രോസോസൽഫ്യൂരിക് അമ്ലം [$SO_2 \cdot (OH) O.NO$] അഥവാ ''ചേംബർ ക്രിസ്റ്റലുകം'' മധ്യമിക യൗഗികമാണു്.

പൊട്ടാസിയം ക്ലോറേറു് വിയോജനത്തെ MnO_2 ഉൽപ്രേരണം ചെയ്യുമ്പോഴും മാൻഗനീസ് ട്രൈഓക്സൈഡ് (Mn_2O_3) മധ്യമിക യൗഗികമാണെന്നു് ഒരഭിപ്രായമുണ്ടു്. ഈ സങ്കല്പപ്രകാരം ക്രിയാവിധി താഴെ പറയുന്നതുപോലെയാണു്:—

$$2\ KClO_3 + 6\ MnO_2 \longrightarrow [6\ MnO_3] + 2\ KCl$$

$$[6\ MnO_3] \longrightarrow 6\ MnO_2 + 3O_2$$

ഈ സിദ്ധാന്തം എല്ലാ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലും ഉപയോഗിക്കാൻ സാധിക്കുകയില്ല; പ്രത്യേകിച്ചു് സമ്പർക്കോൽപ്രേരണങ്ങളിൽ. തീരെ അസംഭാവ്യങ്ങളായ യൗഗികങ്ങളും അംഗീകരിക്കേണ്ടതായി വരുന്നതിനാൽ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിനു് ചുരുക്കം ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ മാത്രമേ പ്രസക്തിയുള്ളു. മധ്യമികയൗഗികങ്ങൾക്കു് സംശയാതീതവും പരീക്ഷണാധിഷ്ഠിതവുമായ തെളിവുണ്ടെങ്കിൽ ഈ ക്രിയാവിധി അംഗീകരിക്കുന്നതിനു വിരോധമില്ലെന്നുമാത്രം.

2. അധിശോഷണസിദ്ധാന്തം

സമ്പർക്ക-ഉൽപ്രേരണത്തിനു മാത്രം പ്രായോഗികമായ ഈ സിദ്ധാന്തത്തെ ബീജാവാപം ചെയ്തതു് മൈക്കൽ ഫാരഡേയാണു്. ഉൽപ്രേരകപ്രതലത്തിൽ (Catalyst Surface) പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനാൽ അവയുടെ സാന്ദ്രത പ്രതലത്തിൽ കൂടുതലായിരിക്കുമെന്നും അതിനാലാണു് പ്രവേഗം കൂടുന്നതെന്നുമാണു് ഈ സിദ്ധാന്തം പറയുന്നതു്. എന്നാൽ സാന്ദ്രതയിൽ വരുന്ന വർധനവുകൊണ്ടുമാത്രം പരിമാണാത്മകമായി വിശദീകരിക്കാൻ സാധിക്കാത്തവണ്ണം അത്ര കൂടുതലാണു് പ്രവേഗത്തിൽ വരുന്ന മാറ്റം. തന്നെയല്ല അധിശോഷണം സാമാന്യമായി എല്ലാ പ്രതലത്തിലും സംഭവിക്കുന്നതിനാൽ എല്ലാ ഖരപദാർഥങ്ങളും കൂടുതലായോ കുറവായോ എല്ലാ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളെയും ഉൽപ്രേരണം ചെയ്യണമെന്നു് വരുന്നു. യാഥാർഥ്യം ഇങ്ങനെയല്ലല്ലോ. ഉൽപ്രേരകങ്ങളുടെ വിശിഷ്ടത (specificity)—അതായതു് ഓരോ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലും പ്രത്യേക ഉൽപ്രേരകങ്ങളും മാത്രമേ പ്രവർത്തിക്കുകയുള്ളു എന്നതു്— ഈ സിദ്ധാന്തത്തിനു് വിരുദ്ധമാണു്.

3. ആധുനിക സിദ്ധാന്തം

രാസപരിവർത്തനങ്ങളുടെ സാമാന്യമായ ക്രിയാവിധി മനസ്സിലാക്കപ്പെട്ടതോടുകൂടി ഉൽപ്രേരകങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനത്തെപ്പറ്റിയും കൂടുതൽ വ്യക്തമായ ചിത്രം ലഭിച്ചിട്ടുണ്ടു്. രാസപരിവർത്തനങ്ങളിൽ പ്രതിപ്രവർത്തക തന്മാത്രകളും തമ്മിൽ അടുക്കുകയും തൽഫലമായി അവയുടെ മൊത്തം ഊർജം വർധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. തന്മാത്രകളും തമ്മിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സംഘട്ടന

ങ്ങളും കൊണ്ടുംമറ്റും ഇത്തരം ക്ഷണികങ്ങളായ, ഊർജ്ജം കൂടുതലുള്ള, ''കണങ്ങളും'' ഉണ്ടാകുന്നു. ഉത്തേജിത സങ്കീർണകങ്ങൾ (activated complex) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഈ കണങ്ങളുടെ വിഘടനംകൊണ്ടാണു് ഉല്പന്നങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നതു്. ഉത്തേജിത സങ്കീർണകങ്ങളും പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും തമ്മിലുള്ള ഊർജവ്യത്യാസമാണു് പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഉത്തേജനോർജം (activation energy). ഉത്തേജനോർജം വളരെ കൂടുതലാണെങ്കിൽ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രവേഗം വളരെ കുറഞ്ഞിരിക്കും. ഉത്തേജനോർജം കുറവുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കു് പ്രവേഗം കൂടുതലായിരിക്കും.

ഉൽപ്രേരകങ്ങളും സാമാന്യമായി പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഉത്തേജനോർജം കുറയ്ക്കുന്നതിനാലാണു് അവയുടെ പ്രവേഗത്തെ വർധിപ്പിക്കുന്നതു്. (അവ പ്രേരകങ്ങളും നേരെമറിച്ചും). അതായതു് ഒരു പുതിയ മാർഗ്ഗത്തിൽക്കൂടി (ഉത്തേജനോർജം കുറവുള്ള മാർഗം) പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളെ നയിക്കുകയാണു് ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ പങ്കു്. ഉൽപ്രേരകംകൂടി ഉൾപ്പെടുന്ന ഉത്തേജിത സങ്കീർണകം ഉണ്ടാകുന്നതിനാലോ അല്ലെങ്കിൽ ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ പ്രതലങ്ങളിൽ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളും അധിശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിനാലോ ആണു് ഉത്തേജനോർജം കുറവുള്ള ഒരു പുതിയ മാർഗം ഉണ്ടാകുന്നതു്.

സമ്പർക്ക ഉൽപ്രേരണത്തിൽ അധിശോഷണം നടക്കുന്നുണ്ടെന്നുള്ളതിൽ സംശയമില്ല. എന്നാൽ സാധാരണ ഭൗതികബലങ്ങളും (physical forces) മൂലമുള്ള അധിശോഷണമല്ല നടക്കുന്നതു്. ഗ്രഹിക്കപ്പെടുന്ന തന്മാത്രകളും ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ പ്രതലത്തിൽപ്പെട്ട ചില കേന്ദ്രങ്ങളിൽ രാസപരമായി ബന്ധിച്ചപോലെ തന്നെയാണു് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്. ഇത്തരത്തിലുള്ള പ്രത്യേകതരം ശോഷണത്തെ (sorption) രാസ ശോഷണം എന്നു പറയുന്നു. ഉൽപ്രേരണത്തിൽ രാസശോഷണം അവശ്യം നടക്കേണ്ടതായതിനാൽ ഉൽപ്രേരകങ്ങളുടെ വിശിഷ്ടത രാസശോഷണത്തിന്റെ വിശിഷ്ടതയിൽ നിന്നു് സിദ്ധിക്കുന്നതാണു്. പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളെ രാസ ശോഷണം ചെയ്യാൻ എല്ലാ പദാർഥങ്ങൾക്കും കഴിവില്ലാത്തതിനാൽ അത്തരത്തിലുള്ള പ്രത്യേക പദാർഥങ്ങൾക്കു മാത്രമേ ഉൽപ്രേരണശക്തി ഉണ്ടാവുകയുള്ളു. ഉൽപ്രേരക പ്രതലത്തിലുള്ള ചില സക്രിയ കേന്ദ്രങ്ങളിലാണു് (active centres) രാസ ശോഷണവും തന്മൂലം ഉൽപ്രേരണവും ഉണ്ടാകുന്നതു്.

ഈ ആധുനിക സിദ്ധാന്തം മധ്യമിക യൗഗിക സിദ്ധാന്തത്തിന്റെയും അധിശോഷണസിദ്ധാന്തത്തിന്റെയും ചില വശങ്ങളും ഉൾക്കൊള്ളുന്നുണ്ടു്. മധ്യമിക യൗഗിക സിദ്ധാന്തത്തിൽ രാസബലങ്ങളും മാത്രം കൊണ്ടും അധിശോഷണ സിദ്ധാന്തത്തിൽ ഭൗതികബലം മാത്രം കൊണ്ടും ഉൽപ്രേരണത്തിനു വ്യാഖ്യാനം നൽകപ്പെടുന്നു. ആധുനിക സിദ്ധാന്തത്തിൽ രാസ-ഭൗതിക ബലവിശേഷങ്ങളും എല്ലാം ഉൾപ്പെടുന്നുണ്ടു്. ഒരു പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിനു് പറ്റിയ ഉൽപ്രേരകം പ്രവചിക്കുന്നതിനു പോലും ആധുനിക സിദ്ധാന്തം സഹായിക്കുന്നുണ്ടു്. എന്നാൽ ഉൽപ്രേരണത്തിന്റെ എല്ലാ വശങ്ങളുടെയും ഗുണാത്മകവും പരിമാണാത്മകവു

മായ വ്യാഖ്യാനങ്ങളും പൂർണമായി സാധ്യമാകത്തക്കവണ്ണം സൈദ്ധാന്തിക പുരോഗതി ഉണ്ടായിക്കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല.

എൻസൈം ഉൽപ്രേരണം

ജൈവമണ്ഡലത്തിലുള്ള പല പരിവർത്തനങ്ങളിലും ചില ജൈവ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലും ഉൽപ്രേരകങ്ങളായ ചില കാർബണിക യൗഗികങ്ങളുണ്ട്. പ്രോട്ടീൻവർഗ്ഗത്തിൽപ്പെട്ട ഇത്തരം യൗഗികങ്ങളാണ് എൻസൈമുകൾ. പഞ്ചസാരലായനിയിൽ ''യീസ്റ്റ്'' (ഒരു തരം പൂപ്പൽ പോലുള്ള സസ്യമാണിത്.) ഇട്ടാൽ ലായനി പുളിക്കുകയും (ferment) ആൽക്കഹോൾ, കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് എന്നിവയുണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. യീസ്റ്റിൽ ഉള്ള ഇൻവെർട്ടേസ്, സൈമേസ് എന്നീ എൻസൈമുകളുടെ ഉൽപ്രേരണത്താലാണ് ഈ പുളിക്കൽ സംഭവിക്കുന്നത്. സ്റ്റാർച്ച് ജലാപഘടനം ചെയ്ത് ഗ്ലൂക്കോസുണ്ടാക്കുന്നതിനു, മുളയ്ക്കുന്ന ബാർലിയിൽ ഉള്ള ഡയസ്റ്റേസ് എന്ന എൻസൈമിന്റെ ഉൽപ്രേരണം ആണ് പ്രയോജനപ്പെടുന്നത്. ഭക്ഷണസാധനങ്ങൾ ശരീരത്തിൽ ദഹനക്രിയകൾക്ക് വിധേയമാകുമ്പോൾ മിക്ക ഘട്ടങ്ങളിലും എൻസൈമുകളുടെ സഹായം ആവശ്യമാണ്. പല കാർബണിക യൗഗികങ്ങളുടെയും നിർമാണത്തിൽ എൻസൈം ഉൽപ്രേരണം പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നു.

വ്യാവസായിക പ്രാധാന്യമുള്ള ചില ഉൽപ്രേരിത പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ

	പ്രതിപ്രവർത്തനം	ഉൽപ്രേരകം
1.	$2\,SO_2 + O_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$ (ചേമ്പർ പ്രക്രമം)	നൈട്രജൻ ഓക്സൈഡുകൾ (NO, NO_2)
2.	$2\,SO_2 + O_2 \longrightarrow 2\,SO_3$ (സമ്പർക്ക പ്രക്രമം)	Pt, V_2O_5, Fe_2O_3
3.	$4\,NH_3 + 5\,O_2 \longrightarrow 4\,NO + 6\,H_2O$ (നൈട്രിക് അമ്ലനിർമാണം ഓസ്റ്റ്വാൾഡ് പ്രക്രമം)	പ്ലാറ്റിനം കമ്പിവല (platinum wire net)
4.	കാർബണിക യൗഗികങ്ങളുടെ ഹൈഡ്രോജനേഷൻ	നിക്കൽ, പല്ലേഡിയം, പ്ലാറ്റിനം, നിക്കൽഫോർമേറ്റ്
5.	$CO + H_2 \longrightarrow CH_3OH$ (മെഥനോൾസംശ്ലേഷണം)	ZnO (Cr_2O_3 വർധകമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു)
6.	ആൽക്കഹോൾ നിർമാണം	
	(a) $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$	(a) ഇൻവർട്ടേസ് (യീസ്റ്റിൽ ഉള്ളത്)
	(b) $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2$	(b) സൈമേസ് (യീസ്റ്റിൽ ഉള്ളത്)

7. ഫ്രീഡൽ—ക്രാഫ്റ്റ് പ്രതിപ്രവർത്തനം (ഉദാ: $C_6H_6 + CH_3Cl \longrightarrow C_6H_5CH_3 + HCl$) — നിർജല അലൂമിനിയം ക്ലോറൈഡ് ($AlCl_3$)

8. അമോണിയാസംശ്ലേഷണം

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

ഇരുമ്പ് (അയേൺ) (മോളിബ്ഡിനം, K_2O Al_2O_3 എന്നിവ വർധകങ്ങളായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു)

9. വെളുത്ത ഫോസ്ഫറസ് $\rightleftharpoons$ ചുവന്ന ഫോസ്ഫറസ് — അയൊഡിൻ

10. ബോഷ് പ്രക്രമം

$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$$

Fe_2O_3 (Cr_2O_3 വർധകമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു)

തുടർന്നു വായിക്കുക:

1. Glinka, "General Chemistry", Foreign languages publishing house, Moscow (1958)
2. J. R Partington, "General and Inorganic Chemistry", Macmillan (1960)
3. A. J Mee, "Physical Chemistry", ELBS (1960)

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. താഴെ പറയുന്നവ എന്താണെന്ന് വ്യക്തമാക്കുക: ഉൽപ്രേരകം, ഉത്തേജിതസങ്കീർണകം, സ്വ ഉൽപ്രേരണം, മധ്യമിക യൗഗികം, വർധകം, ഉൽപ്രേരകവിഷം.
2. ഉൽപ്രേരണത്തെ പറ്റിയുള്ള ആധുനികസിദ്ധാന്തം ചുരുക്കി വിവരിക്കുക?
3. ഉൽപ്രേരണത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകളും എന്തെല്ലാം? ഉദാഹരണസഹിതം വിവരിക്കുക.
4. പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഉൽപ്രേരണത്തിനുള്ള സ്ഥാനം, പ്രയോജനം എന്നിവ വിശദമാക്കുക.

പത്തൊൻപതു്

രാസപരിവർത്തനങ്ങളിലെ ഊർജവ്യത്യാസങ്ങൾ

ചില രാസപരിവർത്തനങ്ങളും നടക്കുമ്പോഴും ഊർജം ഉല്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. മറ്റു ചിലതിൽ ഊർജം അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു; അതായതു് ഊർജം കൊടുത്താൽ മാത്രമേ അവ സംഭവിക്കുകയുള്ളു. താപം, വൈദ്യുതി, പ്രകാശം എന്നീ വിധത്തിലുള്ള ഊർജങ്ങളാണു് രാസപരിണാമങ്ങളിൽ സാധാരണമായി ഉൾപ്പെടുന്നതു്. ചില രാസപരിവർത്തനങ്ങളുംകൊണ്ടു് ഊർജം ഉണ്ടാക്കാം. അതുപോലെ തന്നെ ഊർജം പുറമേ നിന്നും കൊടുത്തു് ചില രാസപരിവർത്തനങ്ങളും നടത്തുകയും ചെയ്യാം. പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലെ ഊർജവ്യത്യാസങ്ങളും സവ്വപ്രധാനങ്ങളാണു്. നമുക്കു് ആവശ്യമായ ഊർജം ലഭിക്കുന്നതു് മിക്കവാറും രാസപരിവർത്തനങ്ങളിൽ നിന്നാണു്. മോട്ടോർ വണ്ടികളും തീവണ്ടികളും വലിയ ആവിയന്ത്രങ്ങളും പ്രവർത്തിപ്പിക്കുക, നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ താപനില നിലനിർത്തുക, ഭക്ഷണം പാകം ചെയ്യുക, വലിയ ഫർണസുകളിലും മറ്റും ഉയർന്ന താപനിലയുണ്ടാക്കുക എന്നിങ്ങനെ അനവധി കാര്യങ്ങൾക്കായി നമുക്കു് ആവശ്യമുള്ള ഊർജം ലഭിക്കുന്നതു് ഇന്ധനങ്ങളിൽ നിന്നാണല്ലോ. ഇന്ധനങ്ങളും ജ്വലനത്തിനു് വിധേയമാകുമ്പോഴും ഉണ്ടാകുന്ന താപമാണു് ഈ അവസരങ്ങളിൽ നാം പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നതു്. ടോർച്ചുകളിൽ ഉള്ള സെല്ലുകളിലും ട്രാൻസിസ്റ്റർ റേഡിയോകളിലുള്ള സെല്ലുകളിലും രാസപരിവർത്തനങ്ങളിൽ നിന്നാണു് വിദ്യുച്ഛക്തി ഉൽപാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതു്. കാർബാററികളിലും രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുമ്പോഴാണു് വിദ്യുച്ഛക്തി ഉണ്ടാകുന്നതു്. കല്ലുരി, മണ്ണെണ്ണ, വിറകു് മുതലായവ വായുവിൽ കത്തിക്കുമ്പോഴും ഉണ്ടാകുന്ന താപമാണു് നാം സാധാരണമായി ഉപയോഗിക്കുന്നതു്. ലാബറട്ടറിയിലുള്ള ബർണറിൽ പെട്രോളും ബാഷ്പവും വായുവും കലർത്തിയ മിശ്രിതമാണു് കത്തുന്നതു്. ഓക്സിജനും അസെററലീനും (അഥവാ ഹൈഡ്രജനും) കൂടി കത്തിച്ചു് കിട്ടുന്ന ഉഗ്രമായ ചൂടാണു് ഉരുക്കു തകിടുകളെയും മറ്റും വിളക്കുന്നതിനു ഉപയോഗിക്കുന്നതു്. ബഹിരാകാശയാത്രയിൽ ഏറ്റവും അത്യാവശ്യമായ റോക്കററുകളിൽ ദ്രവഓക്സിജനും ദ്രവഹൈഡ്രജനും സംഭരിച്ചിട്ടുണ്ടു്. ഇവയുടെ പ്രതിപ്രവർത്തനം മൂലം ഉല്പാദിതമാകുന്ന ഊർജമാണു് അവിടെ ഉപയോഗിക്കുന്നതു്. ഇങ്ങ

നെ അനുയോജ്യമായ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ നിന്നു് ആവിർഭവിക്കുന്ന ഊർജം നാം ആവശ്യം പോലെ ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നു. അതിനാൽ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ നിന്നു് ലഭിക്കുന്ന ഊർജത്തെപ്പറ്റി പാരിമാണികപഠനം (quantitative study) ആശാസ്യമാണു്. ഉദാഹരണമായി ഇന്ധനങ്ങളുടെ താരതമ്യമൂല്യം നിർണയിച്ചിട്ടപ്പെടുത്തുന്നതിനു് അവയുടെ നിശ്ചിതഭാരം ജ്വലനവിധേയമാകുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന താപത്തിന്റെ പരിമാണം അറിഞ്ഞിരിക്കണം. ഈ പരിമാണമാണു് ഇന്ധനത്തിന്റെ ''കലോറികമൂല്യം''. ഇതുപോലെ തന്നെ ആഹാരപദാർഥങ്ങളിൽ നിന്നു് നമുക്കു് താപം ലഭിക്കുന്നതും അവയുടെ നിയന്ത്രിതമായ ജ്വലനംകൊണ്ടു തന്നെയാണു്. ഇവയുടെ കാര്യത്തിലും താരതമ്യമൂല്യം കലോറികമൂല്യംകൊണ്ടു് അറിയാവുന്നതേയുള്ളൂ. നമ്മുടെ ആവശ്യങ്ങൾക്കു വേണ്ട ഊർജം മറ്റുതരത്തിലും ലഭിക്കുന്നുണ്ടു്. അണുഊർജം, സൗരഊർജം (Solar energy) ജലപാതങ്ങളിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന വിദ്യുച്ഛക്തി എന്നിവയും ഉപയോഗിക്കുന്നു. എങ്കിലും സിംഹഭാഗവും രാസപരിവർത്തനങ്ങളിൽ നിന്നാണു് ലഭിക്കുന്നതു് എന്നു് എടുത്തു പറയേണ്ടിയിരിക്കുന്നു.

രാസപരിവർത്തനങ്ങളും ഊർജവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധങ്ങളെപ്പറ്റി സാമാന്യമായി പ്രതിപാദിക്കുന്നതു് രാസതാപഗതികത്തിൽ (Chemical thermodynamics) ആണു്. താപവും രാസപരിവർത്തനങ്ങളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധമാണു് താപരസതന്ത്രത്തിലെ (Thermochemistry) വിഷയം. പ്രകാശരസതന്ത്രത്തിൽ പ്രകാശവും പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധവും വിദ്യുത്രസതന്ത്രത്തിൽ വൈദ്യുതഊർജവും രാസപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധവും കൈകാര്യം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

താപരസതന്ത്രം

രാസപരിവർത്തനങ്ങളിലും അവയോടു് ബന്ധപ്പെട്ട ലയനം, ഉരുകൽ മുതലായ ഭൗതികപരിവർത്തനങ്ങളിലും ഉണ്ടാകുന്ന താപ വ്യത്യാസങ്ങളെപ്പറ്റിയുള്ള (താപ ഉല്പാദനം അഥവാ താപ അവശോഷണം) പരിമാണാത്മകപഠനങ്ങളാണു് താപരസതന്ത്രത്തിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതു്. ഒരു പ്രക്രിയയിൽ ഉല്പാദിതമാകുന്നതോ അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതോ ആയ താപത്തിന്റെ പരിമാണമാണു് പ്രക്രിയാതാപം. ഉദാഹരണമായി ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ദഹന-താപം (heat of combustion) ആ പദാർഥത്തിന്റെ ഒരു ഗ്രാം തന്മാത്രാഭാരം (മോളം) പൂർണമായി, വേണ്ടതിലധികം ഓക്സിജനിൽ ദഹിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന താപമാണു്. ഒരു മോളം യൗഗികം അതിന്റെ മൂലകങ്ങളിൽ നിന്നു് ഉണ്ടാകുമ്പോൾ അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന താപമാണു് ആ പദാർഥത്തിന്റെ ''സംഭവനതാപം'' (heat of formation). ഒരു മോളം ലീനം വളരെയധികം ചായകത്തിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ അവശോഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്ന താപമാണു് ആ ലീനത്തിന്റെ ലയനതാപം (heat of solution). ഇതുപോലെതന്നെ വിഘടനതാപം, ക്രിസ്റ്റലനതാപം, ഉരുകൽതാപം, ഹൈഡ്രോജനേഷൻ താപം മുതലായവയും നിർവചിക്കപ്പെടുന്നു.

പ്രക്രിയാതാപം നിർണയിക്കുന്നതിനുവേണ്ടി അനുയോജ്യമായ ഒരു 'കലോറിമീറ്ററിൽ' ആ പ്രക്രിയ നടത്തുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന താപനില വ്യത്യാസം കണ്ടുപിടിക്കണം.

താപം ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്ന പ്രക്രിയകളെ ''താപോത്പാദകം'' എന്നും താപം അവശോഷണംചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയകളെ ''താപശോഷകം'' എന്നും വിശേഷിപ്പിക്കാറുണ്ട്. ഒരു രാസപ്രതിപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സമീകരണത്തിൽ അതിൽ ഉണ്ടാകുന്ന താപത്തിന്റെ പരിമാണംകൂടി എഴുതേണ്ടതാണ്. അതുപോലെ പ്രതിപ്രവർത്തകങ്ങളുടെയും ഉൽപന്നങ്ങളുടെയും ഭൗതികാവസ്ഥയും കൂടി സൂചിപ്പിക്കേണ്ടതാണ്; കാരണം പ്രതിപ്രവർത്തനതാപം ഭൗതികാവസ്ഥകളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതുപോലെ സംഗതികം ഉൾപ്പെടുത്തി എഴുതുന്ന രാസസമീകരണങ്ങളാണ് താപരാസസമീകരണങ്ങൾ (Thermochemical equations). ഉദാഹരണമായി, $2\ H_2\ (g) + O_2\ (g) = 2\ H_2O\ (g) + 115.6$ കിലോ കലോറി. ഇതിൽനിന്ന് 2 മോൾ ഹൈഡ്രജനും (2 × 2.016 ഗ്രാം) 1 മോൾ ഓക്സിജനും (32 ഗ്രാം) സംയോജിച്ച് 2 മോൾ (2 × 18.015 ഗ്രാം) നീരാവിയുണ്ടാകുമ്പോൾ 115.6 കിലോകലോറി താപം ഉണ്ടാകുന്നു എന്നാണ് മനസ്സിലാക്കേണ്ടത്. 'g' എന്നത് എഴുതിയിരിക്കുന്നത് വാതകാവസ്ഥയെ (gas) സൂചിപ്പിക്കാനാണ്. പ്രതിപ്രവർത്തനതാപം പരിതസ്ഥിതികളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നതിനാൽ താപനില, മർദം എന്നിവ കൂടി സമീകരണത്തിൽ സൂചിപ്പിക്കേണ്ടതാണ്. മർദം പ്രത്യേകം പറഞ്ഞിട്ടില്ലെങ്കിൽ 1 അന്തരീക്ഷമാണെന്നു ധരിക്കേണ്ടതാണ്. ഒരു പ്രക്രിയയിൽ (സ്ഥിരമർദത്തിൽ) ഉണ്ടാകുന്ന താപാവശോഷണം ''എൻഥാല്പി'' (Heat content, Enthalpy) എന്നു പറയുന്ന ഒരു താപഗതികഗുണധർമത്തിൽ (thermodynamic property) ഉണ്ടാകുന്ന വർധനവാണെന്നു തെളിയിക്കാവുന്നതിനാൽ താപവ്യത്യാസങ്ങളെ എൻഥാല്പി വർധനവായിട്ടാണ് സമീകരണങ്ങളിൽ സൂചിപ്പിക്കാറുള്ളത്. ഉദാഹരണമായി, $2\ H_2\ (g) + O_2\ (g) = 2\ H_2O(g)$ $\triangle H_{298} = 115.6$ കിലോ കലോറി

[$\triangle H$ = എൻഥാല്പി വർധനവ്, 298 എന്നത് കേവല താപനിലയാണ്. $\triangle H$ താപാവശോഷണമാണല്ലോ. അപ്പോൾ അവശോഷണം = -115.6 എന്നു പറയുമ്പോൾ 115.6 കിലോകലോറി താപം മോചിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു എന്നർഥം.]

പ്രകാശരസതന്ത്രം

ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പ്രകാശം ഉണ്ടാകുന്നു; ചിലതു പ്രകാശം അവശോഷണം ചെയ്യുമ്പോൾ മാത്രമേ നടക്കുന്നുള്ളൂ. മിന്നാമിനുങ്ങും മറ്റു ചില ജീവികളും രാത്രിയിൽ സൃഷ്ടിക്കുന്ന പ്രകാശം ചില ജൈവപദാർഥങ്ങളുടെ പ്രതിപ്രവർത്തനം മൂലമാണ്. ഹൈഡ്രജനും ക്ലോറിനും കലർത്തിയാൽ പ്രകാശമുണ്ടെങ്കിൽ മാത്രമേ അവ തമ്മിൽ സംയോജിക്കുകയുള്ളൂ. ഇപ്രകാരം പ്രകാശോല്പാദനവും പ്രകാശാവശോഷണവും ഉൾപ്പെട്ട പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളാണ് പ്രകാശരാസപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ (photochemical reactions). ഇവയുടെ പഠനമാണ് പ്രകാശരസതന്ത്രം. ഇത്തരത്തിൽ ഒരു പ്രകാശരാസപ്രതിപ്രവർത്തനം ആണ് നമ്മുടെ

നിലനില്പിനു തന്നെ കാരണം. വായുവിലുള്ള CO_2 സസ്യങ്ങളുടെ ഇലകളിൽ സൂര്യപ്രകാശംകൊണ്ടു് സംഭവിക്കുന്ന പ്രകാശ രാസപ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കു് വിധേയമാകുമ്പോഴാണു് സ്റ്റാർച്ചു്, പഞ്ചസാരകം, പ്രോട്ടീനകം മുതലായ അസംഖ്യം കാർബണിക യൗഗികങ്ങൾ സംശ്ലേഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതു്, ജീവജാലങ്ങൾക്കു് ആവശ്യമായ ആഹാരം, വസ്ത്രം മുതലായവ ലഭ്യമാകുന്നതു് ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെയാണു് (പ്രകാശ സംശ്ലേഷണം—photosynthesis). സാധാരണ പരിതസ്ഥിതികളിൽ നടക്കാത്ത അനവധി പരിവർത്തനങ്ങൾ പ്രകാശകിരണനംകൊണ്ടു് (irradiation with light) സാധ്യമാക്കാം.

വിദ്യുത് രസതന്ത്രം

വിദ്യുത്പ്രവാഹം കൊണ്ടു് സംഭവിക്കുന്ന രാസപരിവർത്തനങ്ങൾ, രാസപരിവർത്തനങ്ങൾ കൊണ്ടു് ഉണ്ടാകുന്ന വിദ്യുൽപ്രവാഹം എന്നിവയെയും ഇവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രതിഭാസങ്ങളെയും പരിമാണാത്മകമായി പഠനം നടത്തുന്ന ശാസ്ത്രവിഭാഗമാണു് വിദ്യുത്രസതന്ത്രം. അലസ്സാന്ദ്രോ വോൾട്ടാ സുപ്രസിദ്ധമായ 'വോൾട്ടായിക പൈൽ' (voltaic pile) കണ്ടുപിടിച്ചതോടു കൂടിയാണു് വിദ്യുത് രസതന്ത്രം ജനിച്ചതു്. ചെമ്പുതകിടുകളും സിങ്കുതകിടുകളും ഇടവിട്ടടുക്കി അവസ്ഥിടയിൽ ലവണ ലായനിയിൽ കുതിർത്ത കട്ടിക്കടലാസുകളും നിറച്ചു് ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ട ഈ 'അടുക്കിൽ' നിന്നു് വിദ്യുൽപ്രവാഹം അനസ്യൂതമായി കിട്ടുമെന്നു് വോൾട്ടാ കണ്ടുപിടിച്ചു. സിങ്കുതകിടുകളെ എല്ലാം കൂടി യോജിപ്പിച്ച ലോഹശലാകയിലേയ്ക്കു് ചെമ്പുതകിടുകളെ കൂട്ടിയോജിപ്പിച്ച ശലാകയിൽനിന്നു് വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നു. നേർത്ത സൽഫ്യൂരിക്അമ്ലത്തിൽ ഒരു സിങ്ദണ്ഡും ഒരു ചെമ്പുദണ്ഡും പകുതിയോളം മുക്കി നിർത്തിക്കൊണ്ടു് (അവ തമ്മിൽ സ്പർശിക്കാത്തവിധം) അവയുടെ ലായനിക്കു വെളിയിൽ ഉള്ള അഗ്രങ്ങൾ തമ്മിൽ ഒരു ലോഹശലാക കൊണ്ടു് യോജിപ്പിച്ചാൽ ചെമ്പിൽ നിന്നു് സിങ്കിലേയ്ക്കു് വിദ്യുത്പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നു. അതോടൊപ്പം സിങ്കു് പ്രതിപ്രവർത്തനവിധേയമാകുന്നു. ഇതുപോലെ അനവധി രാസപരിവർത്തനങ്ങൾ അനായോജ്യമായ രീതിയിൽ നടത്തുമ്പോൾ വിദ്യുത്പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നതായി മനസ്സിലായി. സ്വയമേവ നടക്കുന്ന ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ താപം ഉല്പാദിതമാകുന്നതുപോലെ തന്നെ ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ വൈദ്യുതി ഉല്പാദിതമാകുന്നു. ടോർച്ച് ലൈറ്റിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഡ്രൈ സെൽ, ലെക്ലാൻഷെ സെൽ, ഡാനിയൽ സെൽ മുതലായ വൈദ്യുത സെല്ലുകളിൽ എല്ലാം ഓരോ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുമ്പോഴാണു് വിദ്യുത്പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുന്നതു്.

ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ സ്വയമേവ നടക്കുമ്പോൾ വൈദ്യുതി ഉൽപാദിതമാകുന്നതുപോലെ ചില പദാർഥങ്ങളുടെ ലായനിയിൽ ക്കൂടിയോ അവ ഉരുക്കി കിട്ടുന്ന ദ്രാവകങ്ങളിൽക്കൂടിയോ വിദ്യുത് പ്രവാഹം കടത്തി വിടുമ്പോൾ അവയ്ക്കു് വിയോജനം ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തിനു് ''ഇലക്ട്രോളിസിസ്'' (വിദ്യുത്അപഘടനം) എന്നു പറയുന്നു. [ചില പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ സ്വയമേവ നടക്കുന്നവയാണെങ്കിലും അവ ആരംഭിക്കുന്നതിനു് ചിലപ്പോൾ വിദ്യുത്സംഘലിംഗങ്ങളുടെ സഹായം ആവശ്യമാണു്. ഉദാഹരണമായി H_2, O_2 ഇവയുടെ മി

ശ്രീതം സ്പാർക്ക ചെയ്താൽ മാത്രമേ സംയോജനം ഉണ്ടാവുകയുള്ള. ചൂടാക്കിയാലും ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നതാണു്. തന്നെയല്ല, ആരംഭിക്കുന്നതിനു മാത്രമേ സ്പാർക്കിന്റെ ആവശ്യമുള്ള. ഇലക്ട്രോളിസിസിൽ സംഭവിക്കുന്ന രാസവിയോജനം സ്വയമേവ നടക്കുന്നതല്ല. വിദ്യുത് പ്രവാഹം നിലവിലുള്ളിടത്തോളം മാത്രമേ പ്രതിപ്രവർത്തനം നടക്കുകയുള്ള. പ്രവാഹം നിറുത്തിയാൽ പ്രതിപ്രവർത്തനവും നിന്നു പോകുന്നു]

ഇലക്ട്രോളിസിസിനെപ്പറ്റിയുള്ള ഒരു സാമാന്യ വിവരണം മാത്രമേ ഈ ഗ്രന്ഥത്തിന്റെ പരിധിയിൽ പെടുന്നുള്ള.

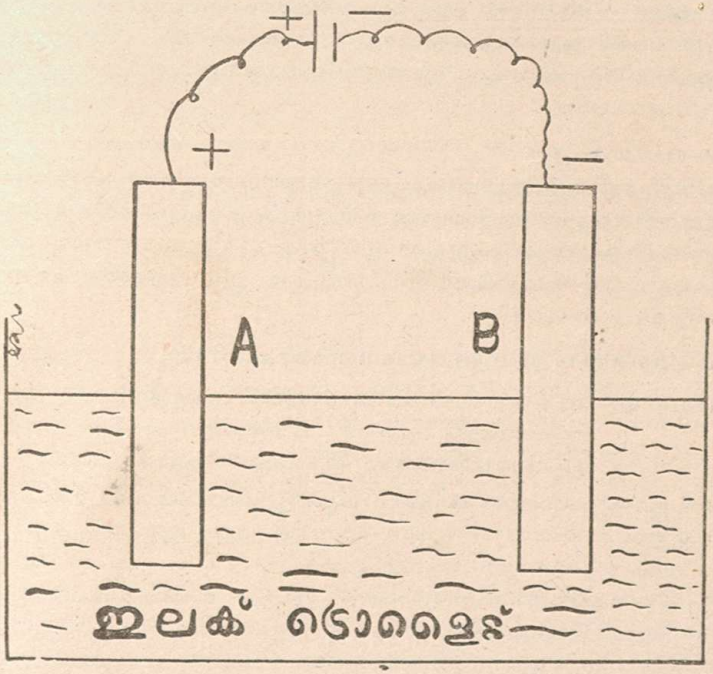
ലോഹചാലനവും ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് ചാലനവും

വിദ്യുത് പ്രവാഹം എല്ലാ പദാർഥങ്ങളിൽക്കൂടിയും സാധ്യമല്ല. മരം, സ്ഫടികം, പ്ലാസ്റ്റിക്കുകൾ, റബ്ബർ, ശുദ്ധജലം, ആൽക്കഹോൾ മുതലായവയിൽക്കൂടി വിദ്യുത്ചാലനം നടക്കുകയില്ല. ഇത്തരം പദാർഥങ്ങളെ ''വിദ്യുത് രോധികൾ'' (insulators) എന്നു പറയുന്നു. ലോഹങ്ങൾ, അമ്ലങ്ങളുടെയും ബേസുകളുടെയും ലവണങ്ങളുടെയും ജലലായനികൾ, ഉരുക്കിയ ലവണങ്ങൾ (molten salts) മുതലായവയിൽക്കൂടി വിദ്യുത്ചാലനം സാധ്യമാണു് ഇവയാണു് ചാലകങ്ങൾ (conductors) ചാലകങ്ങളുടെ സ്വഭാവമനുസരിച്ചു് രണ്ടു തരം ചാലനം (conduction) ഉണ്ടു്. ലോഹങ്ങളിൽക്കൂടി വിദ്യുത് പ്രവാഹം നടക്കുമ്പോൾ രാസപരിവർത്തനം ഒന്നും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. ഇങ്ങനെ രാസപരിവർത്തനം ഉണ്ടാകാതെ വിദ്യുത് ചാലനം നടത്തുന്ന ചാലകങ്ങൾക്കു് ലോഹചാലകങ്ങൾ എന്നും ഇത്തരം ചാലനത്തിനു് ലോഹചാലനം എന്നും പറയുന്നു. ലോഹങ്ങൾ ഇത്തരത്തിൽ പെടുന്നു. ലായനികളും, ഉരുക്കിയ ലവണങ്ങളും വിദ്യുത്ചാലനം നടത്തുമ്പോൾ അവയ്ക്കു് രാസപരിവർത്തനം ഉണ്ടാകുന്നു (ഇലക്ട്രോളിസിസ്). ഇത്തരത്തിലുള്ള ചാലകങ്ങളാണു് ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് ചാലകങ്ങൾ അഥവാ ഇലക്ട്രൊലൈറ്റുകൾ. ഉദാഹരണമായി നേർത്ത സൾഫ്യൂരിക് ആസിഡ് ഒരു വിദ്യുത്ചാലകമാണു്. എന്നാൽ വിദ്യുത് പ്രവാഹം നടക്കുമ്പോൾ ലായനിയിൽ ജലം വിഘടിച്ചു് H_2, O_2 എന്നിവയുണ്ടാകുന്നു. അതിനാൽ നേർത്ത സൾഫ്യൂരിക് അമ്ലം ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് ചാലകമാണു്.

ഈ രണ്ടുതരം ചാലകങ്ങളും തമ്മിൽ മൗലികമായ വ്യത്യാസമുണ്ടു്. ലോഹചാലകങ്ങളിൽ കൂടി വിദ്യുത്പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ വാസ്തവത്തിൽ അവയിൽ കൂടി ഇലക്ട്രോണുകൾ ഒഴുകുന്നു എന്നതേയുള്ള. ലായനിയിൽ കൂടി ഇലക്ട്രോണുകൾക്കു് സഞ്ചരിക്കാൻ സാധ്യമല്ല. ലോഹചാലകങ്ങളിൽ കൂടി മാത്രമേ ഇലക്ട്രോണുകൾക്കു് സഞ്ചരിക്കാൻ സാധിക്കുകയുള്ള. ലായനിയിൽ വിദ്യുത്പ്രവാഹത്തിനു് കാരണം അവയിലുള്ള വിദ്യുത് ചാർജ് വഹിക്കുന്ന കണങ്ങളാണു്; അതായതു് അയോണുകൾ.

ഒരു ഇലക്ട്രൊലൈറ്റിൽ കൂടി വിദ്യുത്പ്രവാഹം നടത്തുന്നതിനു് ലോഹചാലകങ്ങൾ ആവശ്യമാണു്. വിദ്യുത് സെല്ലിൽ നിന്നു് ലോഹശലാകയിൽ

കൂടി വിദ്യുത് ലായനിയിലേയ്ക്ക് പ്രവേശിച്ച് അതിൽ കൂടി ഒഴുകി മറ്റൊരു ലോഹക്കമ്പിയിൽ കൂടി ബഹിർഗ്ഗമിച്ച് തിരികെ സെല്ലിൽ എത്തിച്ചേരുമ്പോൾ പരിപഥം (circuit) പൂർത്തിയാകുന്നു. (ചിത്രം നോക്കുക)



(ചിത്രം 19_1)

ഇലക്ട്രൊലൈറ്റിലേക്ക് വൈദ്യുതിയെ പ്രവേശിപ്പിക്കുന്നതും അതിൽ നിന്നും നിർഗമിപ്പിക്കുന്നതും യഥാക്രമം A, B എന്നീ ലോഹദണ്ഡുകളാണ്. ഇവയാണ് ഇലക്ട്രോഡുകൾ. ലായനിയുമായി പ്രതിപ്രവർത്തനം ഉണ്ടാകാത്ത ലോഹങ്ങളുടെ ദണ്ഡുകളാണ് ഉപയോഗിക്കേണ്ടത് (ഉദാ: പ്ലാറ്റിനം). ഇവയിൽ വിദ്യുത്സെല്ലിന്റെ ധനാഗ്രത്തോട് (+ ടെർമിനലിനോട്) യോജിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള ഇലക്ട്രോഡിനെ (A) ധന-ഇലക്ട്രോഡ് (+ ഇലക്ട്രോഡ്) അഥവാ ആനോഡ് എന്നും സെല്ലിന്റെ ഋണാഗ്രത്തോട് (— ടെർമിനലിനോട്) യോജിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള (B) ഇലക്ട്രോഡിനെ ഋണഇലക്ട്രോഡ് (— ഇലക്ട്രോഡ്) അഥവാ കാഥോഡ് എന്നും പറയുന്നു. ഇലക്ട്രോളിസിസ് ദൃശ്യമാകുന്നത് ഈ ഇലക്ട്രോഡുകളിലാണ്. ഉദാഹരണമായി രണ്ട് പ്ലാറ്റിനം ഇലക്ട്രോഡുകൾ ഉപയോഗിച്ച് നേർത്ത സൾഫ്യൂരിക് അമ്ലം ഇലക്ട്രൊലൈസു ചെയ്താൽ രണ്ട് ഇലക്ട്രോഡുകളുടെയും ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും വാതകങ്ങൾ കുമിളകളായി ഉയരുന്നു കാണാം. വാതകങ്ങൾ പരിശോധിച്ചു നോക്കി

യാൽ ആനോഡിൽ നിന്നു വരുന്നതു് ഓക്സിജനാണെന്നും കാഥോഡിൽ നിന്നു് വരുന്നതു് ഹൈഡ്രജനാണെന്നും കാണാം. കോപ്പർ സൽഫേറു് ലായനി വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണം ചെയ്താൽ കാഥോഡിൽ കോപ്പർ (ചെമ്പു്) നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതായി കാണാം. ആനോഡിൽ നിന്നു് ഓക്സിജനും ഉണ്ടാകുന്നു. സാധാരണമായി ലോഹങ്ങളും ഹൈഡ്രജനും ഇലക്ട്രോലിസിസിൽ കാഥോഡിലും അലോഹങ്ങളും (ഹൈഡ്രജൻ ഒഴികെ) ആനോഡിലും ആണു് ഉണ്ടാകുന്നതു്. ഇതിന്റെ കാരണം പിന്നീടു് വ്യക്തമാക്കാം.

ഫാരഡേ നിയമങ്ങൾ

വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണത്തെപ്പറ്റി മൈക്കൽ ഫാരഡേ നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നു് അതിപ്രധാനങ്ങളായ രണ്ടു നിയമങ്ങളും കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയുടെ പരിമാണവും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന പദാർഥങ്ങളുടെ പരിമാണവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധങ്ങളാണു് ഫാരഡേ നിയമങ്ങളുടെ പ്രതിപാദ്യം.

ഫാരഡേയുടെ ഒന്നാം വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണ നിയമം (1832)

നിർവചനം: വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണത്തിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ഭാരം അതിനു് വിനിയോഗിക്കപ്പെട്ട വൈദ്യുതിയുടെ പരിമാണത്തിനു് ക്രമാനുപാതികമായിരിക്കും.

ഒരു ഇലക്ട്രൊലൈറ്റിൽ കൂടി വിദ്യുത്പ്രവാഹം കൊണ്ടു് ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ x ഗ്രാം നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. ഇതിനു് q കുളും (ആംപിയർ–സെക്കണ്ടു്) വൈദ്യുതി ആവശ്യമുണ്ടെങ്കിൽ 2 x ഗ്രാം നിക്ഷേപിക്കുന്നതിനു് 2q കുളും വൈദ്യുതി ആവശ്യമാണു്. $x/5$ ഗ്രാം നിക്ഷേപിക്കാൻ $q/5$ കുളും വൈദ്യുതി ആവശ്യമായിരിക്കും. q_1, q_2, q_3 കുളും വീതം വൈദ്യുതി പ്രവഹിച്ചാൽ യഥാക്രമം w_1, w_2, w_3....ഗ്രാം വീതം പദാർഥം ഇലക്ട്രോഡുകളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നെങ്കിൽ, ഫാരഡേയുടെ ഒന്നാം നിയമപ്രകാരം,

$$\frac{w_1}{q_1} = \frac{w_2}{q_2} = \frac{w_3}{q_3} \quad \text{.....ആകുന്നു.}$$

അതായതു് വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണത്തിൽ, നിർദിഷ്ടപരിമാണം വൈദ്യുതി (ഇവിടെ 1 കുളും) നിക്ഷേപിക്കുന്ന ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ ഭാരം (ഓരോ പദാർഥത്തിനും) നിശ്ചിതമായിരിക്കും. നിക്ഷിപ്തപദാർഥത്തിന്റെ ഭാരവും വിദ്യുത് പരിമാണവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം 1 കുളും വൈദ്യുതി നിക്ഷേപിക്കുന്ന പദാർഥത്തിന്റെ ഭാരമാണു്. ഇതു് ഓരോ പദാർഥത്തിനും സ്ഥിരമായിരിക്കും. 1 കുളും വൈദ്യുതിനിക്ഷേപിക്കുന്ന ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഭാരമാണു് അതിന്റെ വിദ്യുത് രാസ തുല്യാങ്കം (Electro chemical equivalent). ഉദാഹരണമായി സിൽവറിന്റെ വിദ്യുത്രാസതുല്യാങ്കം 0.00118 ഗ്രാം/കുളും ആണു്. (1.118×10^{-3} ഗ്രാം) അതായതു് ഏതെങ്കിലും സിൽവർ യൗഗികത്തിന്റെ വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണത്തിൽ സിൽവർ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഓരോ കുളും വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോഴും

1.118 മില്ലിഗ്രാം സിൽവർ വീതം നിക്ഷിപ്തമാകുന്നു. ഇതുപോലെ ഓരോ മൂലകങ്ങൾക്കും അതാതിന്റെതായ വിദ്യുത് രാസതുല്യാങ്കങ്ങളും ഉണ്ട്.

ഈ തത്വം പ്രയോജനപ്പെടുത്തി, ഒരു പരിപഥത്തിൽക്കൂടി പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയുടെ പരിമാണം അളക്കാം. ഈ ഉപകരണത്തിനു ''കൂളോമീറ്റർ'' എന്നു പറയുന്നു. പലതരം കൂളോമീറ്ററുകളും ഉണ്ട്. ഓരോന്നിലും ഓരോ ഇലക്ട്രൊളൈറ്റുകളാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഇവയെ ''വോൾട്ടാമീറ്റർ'' എന്നും പറയുന്നു.

ഫാരഡെയുടെ രണ്ടാമത്തെ വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണ നിയമം (1833)

നിർവചനം: വിവിധ ഇലക്ട്രൊളൈറ്റുകളിൽ കൂടി ഒരേ പരിമാണം വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ ഓരോ ഇലക്ട്രോഡുകളിലും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന വ്യത്യസ്തപദാർഥങ്ങളുടെ ഭാരങ്ങൾ അവയുടെ രാസതുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾക്ക് ആനുപാതികമായിരിക്കും.

ഒരു പരിപഥത്തിൽ ഒരു സിൽവർ കൂളോമീറ്ററും ഒരു കോപ്പർ കൂളോമീറ്ററും ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. അപ്പോൾ രണ്ടിലും ഒരേ പരിമാണം വിദ്യുച്ഛക്തി പ്രവഹിക്കുമല്ലോ. ഓരോ കൂളോമീറ്ററിലും കാഥോഡുകളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന സിൽവറിന്റെയും കോപ്പറിന്റെയും ഭാരങ്ങൾ യഥാക്രമം x ഗ്രാം, y ഗ്രാം എന്നിവയാണെങ്കിൽ ഈ നിയമപ്രകാരം $x : y = 107.88 : 31.77$. അഥവാ

$$\frac{x}{y} = 107.88/31.77.$$

(107.88 സിൽവറിന്റെയും 31.77 കോപ്പറിന്റെയും രാസതുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾ ആണ്). നിശ്ചിതപരിമാണം വിദ്യുച്ഛക്തി നിക്ഷേപിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ പരിമാണങ്ങൾ അവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾക്ക് ആനുപാതികമാണല്ലോ. ഒരു കൂളം വൈദ്യുതി നിക്ഷേപിക്കുന്ന ഭാരമാണ് ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും വിദ്യുത് രാസതുല്യാങ്കം. അതിനാൽ വിദ്യുത് രാസതുല്യാങ്കങ്ങൾ രാസതുല്യാങ്കഭാരങ്ങൾക്ക് ആനുപാതികമായിരിക്കും എന്നു രണ്ടാം നിയമത്തിൽ നിന്നു അനുമാനിക്കാം. e_1, e_2, e_3.... മുതലായവ ഓരോ മൂലകങ്ങളുടെ വിദ്യുത് രാസതുല്യാങ്കങ്ങളും E_1, E_2, E_3.... മുതലായവ യഥാക്രമം അവയുടെ തുല്യാങ്കഭാരങ്ങളും ആണെങ്കിൽ

$$\frac{E_1}{e_1} = \frac{E_2}{e_2} = \frac{E_3}{e_3} = \text{.....ആകുന്നു.}$$

അതായത് $\frac{\text{രാസതുല്യാങ്കഭാരം}}{\text{വിദ്യുത് രാസ തുല്യാങ്കം}}$ എല്ലാ മൂലകങ്ങൾക്കും ഒന്നു തന്നെയാണെന്നു മനസ്സിലാക്കാം. ഈ അനുപാതം 1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം മൂലകത്തിന്റെ ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് നിക്ഷേപത്തിനു വേണ്ടിവരുന്ന വിദ്യുച്ഛക്തിയുടെ പരിമാണമാണ്. ഉദാഹരണമായി തുല്യാങ്കഭാരം E യും വിദ്യുത് രാസതുല്യാങ്കം e യും ആയ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ കാര്യം എടുക്കാം.

1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം = E ഗ്രാം

1 ക്ലൂം വൈദ്യുതി e ഗ്രാം മൂലകത്തെ നിക്ഷേപിക്കുന്നു.

∴ e ഗ്രാം മൂലകത്തെ നിക്ഷേപിക്കാൻ വേണ്ട വൈദ്യുതി = 1 ക്ലൂം

∴ 1 ഗ്രാം മൂലകത്തെ നിക്ഷേപിക്കാൻവേണ്ട വൈദ്യുതി = $\frac{1}{e}$ ക്ലൂം

∴ 1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം (= E ഗ്രാം) മൂലകത്തെ നിക്ഷേപിക്കാൻ വേണ്ട വിദ്യുച്ഛക്തി = $E \times \frac{1}{e} = \frac{E}{e}$ ക്ലൂം.

ഈ പരിമാണം എല്ലാ മൂലകങ്ങൾക്കും ഒന്നുതന്നെയാണെന്നു രണ്ടാം നിയമം അനുശാസിക്കുന്നു. പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും ഈ പരിമാണം നിർണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. 1 ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം ഏതൊരു മൂലകത്തെയും നിക്ഷേപിക്കുന്നതിനും 96490 ക്ലൂം വൈദ്യുതി ആവശ്യമാണും.

ഈ പരിമാണത്തിനു 1 ഫാരഡേ എന്നു പറയുന്നു.

∴ $\frac{\text{തുല്യാങ്കഭാരം}}{\text{വിദ്യുത്രാസ തുല്യാങ്കഭാരം}} = 96490.$

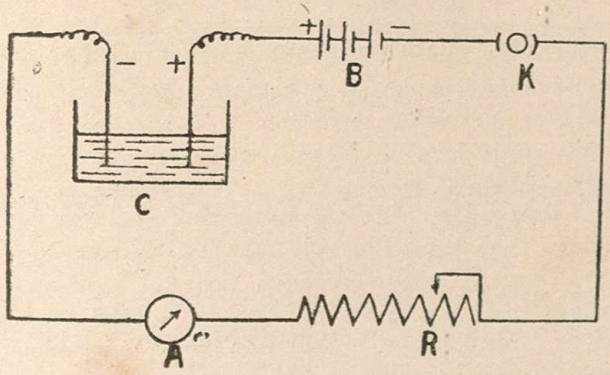
∴ തുല്യാങ്കഭാരം = 96490 × വിദ്യുത്രാസ തുല്യാങ്കഭാരം = 96490 ക്ലൂം വൈദ്യുതി നിക്ഷേപിക്കുന്ന മൂലകത്തിന്റെ ഭാരം. ഈ തത്വത്തെ ആസ്പദമാക്കിയാണു മൂലകങ്ങളുടെ വിദ്യുത് രാസതുല്യാങ്കം (തുല്യാങ്കഭാരവും) നിർണയിക്കുന്നതു്.

കോപ്പറിന്റെ തുല്യാങ്കഭാരനിർണയം (വിദ്യുത് രാസതുല്യാങ്ക നിർണയം)

നിശ്ചിതപരിമാണം വിദ്യുച്ഛക്തി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന മൂലകത്തിന്റെ ഭാരം നിർണയിച്ചാണു് അതിന്റെ വിദ്യുത്രാസ തുല്യാങ്കം കണക്കാക്കുന്നതു്. ഉദാഹരണമായി കോപ്പറിന്റെ വിദ്യുത് രാസ തുല്യാങ്കം താഴെ പറയുന്നതുപോലെ നിർണയിക്കാം.

ഒരു കോപ്പർ വോൾട്ടാമീറ്ററാണു് ഇതിനു് ഉപയോഗിക്കുന്നതു്. അല്പം സൾഫ്യൂരിക് അമ്ലവും ആൽക്കഹോളും ചേർന്ന കോപ്പർ സൾഫേറ്റ് ലായനിയാണു് ഇലക്ട്രൊളൈറ്റായി ഉപയോഗിക്കേണ്ടതു്. അടർന്നുപോകാതെ ദൃഢമായി ഇലക്ട്രോഡ് തകിടിൽ പറ്റിയിരിക്കുന്നവിധം കോപ്പർ നിക്ഷേപമുണ്ടാക്കാൻ വേണ്ടിയാണു് ഇലക്ട്രൊളൈറ്റിൽ അമ്ലവും ആൽക്കഹോളും ചേർക്കുന്നതു്. രണ്ടു ചെമ്പുതകിടുകളാണു് ഇലക്ട്രോഡുകളും, വോൾട്ടാമീറ്റർ (C), അക്യുമുലേറ്റർ (B), റിയോസ്റ്റാറ്റ് (R), അമ്മീറ്റർ (A), പ്ലഗ്കീ (K) എന്നിവ ശ്രേണിയായി (in series) ചെമ്പുകമ്പികളും കൊണ്ടു് യോജിപ്പിക്കുക.

(ചിത്രം നോക്കുക).



(ചിത്രം 19_2)

വിദ്യുത്പ്രവാഹം പ്ലഗ്കീ ഓൺചെയ്ത് പ്രവർത്തിപ്പിച്ചശേഷം റിയോസ്റ്റാറ്റ് ഏതാണ്ട് 0.2 ആംപിയർ വിദ്യുത്ധാര വരത്തക്കവണ്ണം തയാറാക്കുക. കീയിൽനിന്നും പ്ലഗ് മാറ്റിയശേഷം വോൾട്ടാമീറ്ററിലെ കാഥോഡ് തകിട് മാറ്റി കഴുകി ഉണക്കി ഭാരം നിർണയിക്കുക. കാഥോഡ് യഥാസ്ഥാനത്തു ഘടിപ്പിച്ചു വീണ്ടും പ്ലഗ്, കീയിൽവെച്ചു പ്രവാഹം പുനരാരംഭിക്കുക. ഇതോടൊപ്പംതന്നെ ഒരു സ്റ്റോപ്പ്വാച്ചു നടത്തിക്കുക. അമ്മീറ്ററിൽ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ധാര സ്ഥിരമായിരിക്കണം ധാരയിൽ ഏറ്റക്കുറച്ചിൽ ഉണ്ടെങ്കിൽ ഇടയ്ക്കിടയ്ക്ക് നിശ്ചിതസമയത്തിൽ ഒരിക്കൽ ധാര എത്ര ആംപിയർ ആണെന്ന് കുറിച്ചിടുക. ഒടുവിൽ ഇവയുടെ ശരാശരി കണക്കാക്കണം. അല്ലെങ്കിൽ, റിയോസ്റ്റാറ്റ്കൊണ്ട് ധാര സ്ഥിരമായിത്തന്നെ ശരിപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കണം. ഏകദേശം 2 മണിക്കൂറോളം വിദ്യുദ്പഘടനം നടന്നു കഴിയുമ്പോൾ പ്ലഗ് ഊരി പ്രവാഹം നിറുത്തുക; അതോടൊപ്പം സ്റ്റോപ്പ്വാച്ചും, സ്റ്റോപ്പ്വാച്ചിൽ നിന്ന് എത്ര സമയം വിദ്യുത്പ്രവാഹം ഉണ്ടായിരുന്നു എന്ന് കണ്ടുപിടിക്കാം. ധാര എത്ര ആംപിയർ ആണെന്ന് അമ്മീറ്ററിൽ നിന്ന് അറിയാം. കാഥോഡ്തകിട് വീണ്ടും മാറ്റിയെടുത്തു കഴുകി ഉണക്കി ഭാരം നിർണയിക്കുക. കാഥോഡിന്റെ ഭാരത്തിൽ ഉണ്ടായ വർധന നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട ചെമ്പിന്റെ ഭാരമാണല്ലോ. ഇതു w ഗ്രാം ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. ധാര I ആംപിയറും പ്രവാഹസമയം t സെക്കണ്ടും ആണെങ്കിൽ, wഗ്രാം കോപ്പർ നിക്ഷേപിക്കാൻ വേണ്ട വിദ്യുച്ഛക്തി = I × t കൂളും

∴ വിദ്യുത് രാസതുല്യാങ്കം = 1 കൂളും. വിദ്യുത് നിക്ഷേപിക്കുന്ന കോപ്പർ

$$= \frac{w}{I \times t} \text{ഗ്രാം / കൂളും}$$

തുല്യാങ്കഭാരം = ഗ്രാം തുല്യാങ്കഭാരം = 96490 കൂളും വൈദ്യുതി നിക്ഷേപിക്കുന്ന

$$\text{കോപ്പറിന്റെ ഭാരം} = 96490 \times \frac{w}{I \times t}$$

ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് ചാലനത്തിന്റെ ക്രിയാവിധി (മെക്കാനിസം)

വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണത്തിന്റെ (electrolysis) യഥാർത്ഥ ക്രിയാവിധി ആദ്യമായി മനസ്സിലാക്കിയത് മൈക്കൽ ഫാരഡേയാണല്ലോ. അതിനുമുമ്പും പല വിശദീകരണങ്ങളും നൽകപ്പെട്ടിരുന്നെങ്കിലും ഫാരഡേയുടെ ഗുരുവായിരുന്ന ഡേവിയുടെ സിദ്ധാന്തം ഉൾപ്പെടെയുള്ള അവയൊന്നും പരിമാണാത്മകമായി പ്രായോഗികമല്ലായിരുന്നു. ഫാരഡേയുടെ വിശദീകരണം ഇത്തരം ന്യൂനതകളൊന്നുമില്ലാത്തതായിരുന്നു. പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഘടനയെ പറ്റി അന്നുണ്ടായിരുന്ന അറിവ് അനുവദിക്കുന്നിടത്തോളം ആഴത്തിൽ മാത്രമേ ഫാരഡേ ഇറങ്ങിച്ചെന്നുള്ളൂ. ആ വിശദീകരണങ്ങളും ഇന്നും പ്രായോഗികങ്ങളാണല്ലോ. 1887-ൽ അറീനിയസ് അദ്ദേഹത്തിന്റെ വിഖ്യാതമായ ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് വിഘടന സിദ്ധാന്തം (Electrolytic dissociation theory) ഉന്നയിച്ചപ്പോഴാണ് ഇലക്ട്രോളിസിസിന്റെ പൂർണമായ ക്രിയാവിധി മനസ്സിലായത്.

ഒരു ഇലക്ട്രൊളൈറ്റിൽകൂടി വിദ്യുത്പ്രവാഹം ഉണ്ടാകുമ്പോഴെല്ലാം നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന പദാർത്ഥങ്ങളും ഇലക്ട്രോഡുകളിൽ മാത്രമാണുണ്ടാകുന്നത്. ഉദാഹരണമായി അമ്ലീകരിച്ച ജലം വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണം ചെയ്യുമ്പോഴും വാതകങ്ങളും (H_2, O_2) ഇലക്ട്രോഡുകളിൽനിന്നും മാത്രമേ ഉണ്ടാകുന്നുള്ളൂ. ലായനിയുടെ ഇതര ഭാഗങ്ങളിൽ വിഘടനം ഉണ്ടാകുന്നതായി കാണുന്നില്ല. ഇക്കാരണത്താൽ പദാർത്ഥം ഇലക്ട്രോഡുകളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നുണ്ടെന്നു അനുമാനിക്കാം. (ലായനിയിൽകൂടി) മറ്റൊരു വസ്തുത, ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ഏതു യൗഗികം വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണം ചെയ്യുമ്പോഴും ആ പദാർത്ഥം നിക്ഷേപിക്കുന്നത് ഒരു നിശ്ചിത ഇലക്ട്രോഡിൽ തന്നെയായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി ലോഹങ്ങളും ഹൈഡ്രജനും എപ്പോഴും കാഥോഡിൽ(—ഇലക്ട്രോഡ്) തന്നെയാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. അലോഹങ്ങളും(H_2 ഒഴികെ) എല്ലാം ആനോഡിലും. അപ്പോൾ ഇലക്ട്രൊളൈറ്റിൽ രണ്ടു ഭാഗങ്ങളുണ്ടെന്നും അവയിൽ ഒന്ന് ആനോഡിലേക്കും മറ്റൊന്ന് കാഥോഡിലേക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നു എന്നും അനുമാനിച്ചു. ഇലക്ട്രൊളൈറ്റിലെ ലോഹഭാഗം കാഥോഡിലേക്കും അലോഹഭാഗം ആനോഡിലേക്കും നീങ്ങുന്നു. വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണം നടക്കുമ്പോൾ ഇപ്രകാരം ഇലക്ട്രോഡിനെ ലാക്ഷ്യമാക്കി സഞ്ചരിക്കുന്നമാത്രകളെയാണ് അയോണുകൾ (ions) എന്ന് വിളിച്ചത്. ആനോഡിലേക്ക് നീങ്ങുന്നവ ആനയോണുകൾ, കാഥോഡിലേക്ക് നീങ്ങുന്നവ കാറ്റയോണുകൾ. ആനയോണുകൾ സ്വയം ആനോഡിലേക്ക് (+ ഇലക്ട്രോഡ്) നീങ്ങുന്നതിനാൽ അവ ഋണവിദ്യുച്ഛക്തി വഹിക്കുന്നുണ്ടെന്നും അതുപോലെ കാറ്റയോണുകൾ ധനവിദ്യുച്ഛക്തി വഹിക്കുന്നുണ്ടെന്നും അനുമാനിച്ചു. അപ്പോൾ വിദ്യുച്ഛക്തി വഹിക്കുന്ന അണുക്കളോ റാഡിക്കലുകളോ ആണ് അയോണുകൾ. അതിനാൽ അവ വിപരീതചാർജ് ഉള്ള ഇലക്ട്രോഡുകളിലേക്ക് ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഇലക്ട്രോഡിൽ എത്തുമ്പോൾ അയോണുകളുടെ ചാർജ് നഷ്ടപ്പെടുന്നു. അപ്പോൾ അവ സാധാരണ അണുക്കളായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഉരുകിയ സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണം ചെയ്യുമ്പോൾ ആ പദാർത്ഥം സോഡിയം അയോണായും (കാറ്റയോൺ) ക്ലോറൈഡ് അയോണായും (ആനയോൺ) വിയോജിക്കു

കയും തന്മൂലം Na^+ അയോണുകൾ കാഥോഡിലും Cl^- അയോണുകൾ ആനോഡിലും ചെന്നെത്തി അവിടെ വിചാർജിതങ്ങളാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ സോഡിയവും ക്ലോറിനും യഥാക്രമം കാഥോഡിലും ആനോഡിലും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു എന്നു് വ്യാഖ്യാനം നൽകപ്പെട്ടു.

അറീനിയസ് സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ ലായനികളിൽ അയോണുകളായി വിഘടിച്ചിരിക്കും. ഈ പ്രതിപ്രവർത്തനം ഉത്ഭവിശീയമായതിനാൽ അയോണുകൾ അവിഘടിത തന്മാത്രകളുമായി സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു, എന്നാൽ ഇതു് എല്ലാ ഇലക്ട്രൊലൈറ്റുകളിലും ശരിയല്ലെന്നു് തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. വിദ്യുത്പ്രവാഹകത (electrical conductiuity) കുറവുള്ള അസറ്റിക് അമ്ലം, അമോണിയം, ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് മുതലായ ദുർബല ഇലക്ട്രൊലൈറ്റുകളിൽ (weak electrolytes) മാത്രമേ ഇത്തരം സന്തുലനാവസ്ഥയുള്ളു.

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

HCl, KCl മുതലായ പ്രബല ഇലക്ട്രൊലൈറ്റുകൾ പൂർണമായി വിഘടിച്ചാണു് ലായനിയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്. അതായതു് ലായനിയിൽ അയോണുകൾ മാത്രമേ ഉള്ളു. NaCl, KCl മുതലായവ ഖരാവസ്ഥയിലും അയോണുകൾ ആയിട്ടാണു് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്. ഒരു യൗഗികം അയോണുകളായി വിഘടിക്കുന്നതിനെയാണു് ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് വിഘടനം അഥവാ അയണീകരണം (ionisation) എന്നു് പറയുന്നതു്. [അയോണുകളുടെ ഘടനയെ പറ്റിയും അയണികയൗഗികങ്ങളെപറ്റിയും ''സംയോജകതയുടെ ഇലക്ട്രോണികസിദ്ധാന്തം'' എന്ന അധ്യായത്തിൽ പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ടു്]

വിദ്യുദപഘടനത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രാഥമിക പരിവർത്തനവും ദ്വിതീയ പരിവർത്തനങ്ങളും

വിദ്യുദപഘടനത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന രാസപരിവർത്തനങ്ങളെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം—പ്രാഥമികമെന്നും ദ്വിതീയമെന്നും. ഇലക്ട്രൊലൈറ്റിലെ ലോഹഭാഗമായ കാറ്റയോണും അലോഹഭാഗമായ ആനയോണും യഥാക്രമം കാഥോഡിലേക്കും ആനോഡിലേക്കും ആകർഷിക്കപ്പെട്ടു് അവിടെ വിചാർജിതങ്ങളാവുക എന്നതാണു് പ്രാഥമികപരിവർത്തനം. അയോണുകളുടെ ചാർജ് നഷ്ടപ്പെട്ട ലഭ്യമാകുന്ന പദാർഥം സ്ഥിരമായുള്ളതാണെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോഡിൽ അതു് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ഈ പദാർഥം അസ്ഥിരമാണെങ്കിൽ (അഥവാ രാസവീര്യമുള്ളതാണെങ്കിൽ) ലായനിയിലെ ലായകവുമായോ ഇലക്ട്രോഡുമായോ പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടു് മറ്റു് ഉൽപന്നങ്ങളെ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രാഥമിക പരിവർത്തനത്തെ തുടർന്നുണ്ടാകാവുന്ന ഇത്തരം പരിവർത്തനങ്ങളാണു് ദ്വിതീയ പരിവർത്തനങ്ങൾ. ഉദാഹരണമായി ഉരുകിയ സോഡിയം ക്ലോറൈഡ്, ഗ്രാഫൈറ്റ് അഥവാ കാർബൺ ഇലക്ട്രോഡുകൾ ഉപയോ

ഗിച്ച് വിദ്യുദപഘടനം ചെയ്യുമ്പോൾ Na^+ അയോണുകൾ കാഥോഡിലും Cl^- അയോണുകൾ ആനോഡിലും വിചാർജിതങ്ങളായി ഇലക്ട്രോഡുകളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു

കാഥോഡ്:— $Na^+ \longrightarrow Na$

ആനോഡ്:— $Cl^- \longrightarrow Cl$; $2\,Cl \longrightarrow Cl_2$

ക്ലോറിനുമായി സംയോജിക്കുന്ന ഏതെങ്കിലും ലോഹമാണ് ആനോഡായി ഉപയോഗിക്കുന്നതെങ്കിൽ ക്ലോറിൻ അതുമായി സംയോജിച്ച് ദ്വിതീയഉൽപന്നം ഉണ്ടാക്കും. സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് ലായനി രണ്ട് കാർബൺ ഇലക്ട്രോഡുകൾ ഉപയോഗിച്ച് വിദ്യുദപഘടനം ചെയ്യുമ്പോൾ കാഥോഡിൽ സോഡിയം ലഭിക്കുകയില്ല. പ്രാഥമിക പരിവർത്തനങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സോഡിയം ജലവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തന വിധേയമാകുന്നതിനാൽ സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡും ഹൈഡ്രജൻ വാതകവും ആണ് കാഥോഡിൽ ഉണ്ടാകുന്നത്. കാഥോഡിന്റെ ചുറ്റിലും ഉള്ള ലായനി ചുവന്ന ലിറ്റ്മസ് കൊണ്ട് പരിശോധിച്ചാൽ അത് നീലയാകുന്നതു കാണാം. ആനോഡിൽ പ്രാഥമികമായി ക്ലോറൈഡ് അയോണുകൾ വിചാർജിതങ്ങളായിത്തീർന്ന് ക്ലോറിൻ ഉണ്ടാകും. അൽപം ക്ലോറിൻ ലായനിയിൽ അലിയുകയും ബാക്കി വാതകമായി പോകുകയും ചെയ്യും. ആനോഡിന്റെ അടുത്തു് ക്ലോറിൻ വാതകത്തിന്റെ മണം ഉണ്ടാകും. എന്നാൽ ക്രമേണ കാഥോഡിൽ ഉണ്ടാകുന്ന NaOH, ആനോഡിൽ ഉണ്ടാകുന്ന Cl_2 എന്നിവ ലായനിയിൽ കൂടി വിസരണംചെയ്ത് പരസ്പരം രാസപരിവർത്തനവിധേയമായി സോഡിയം ഹൈപ്പോക്ലോറൈറ്റ് ഉണ്ടാകും. സാന്ദ്രത കൂടുമ്പോൾ പ്രത്യേകിച്ച് ലായനി ചൂടുള്ളതും ആണെങ്കിൽ സോഡിയം ക്ലോറേറ്റ് ഉണ്ടാകും. അങ്ങിനെ $Na^+ \longrightarrow Na$; $2\,Cl^- \longrightarrow 2\,Cl \longrightarrow Cl_2$ എന്നീ പ്രാഥമിക പരിവർത്തനങ്ങളെ തുടർന്ന് പല ദ്വിതീയ പരിവർത്തനങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നു.

കോപ്പർ സൽഫേറ്റ് ലായനി പ്ലാറ്റിനം ഇലക്ട്രോഡുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഇലക്ട്രൊളൈസ് ചെയ്യുമ്പോൾ താഴെ പറയുന്ന പ്രാഥമിക പരിവർത്തനങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതായി കരുതാം.

ആനോഡ്: $SO_4^{--} \longrightarrow (SO_4)$

കാഥോഡ്: $Cu^{++} \longrightarrow Cu$

കാഥോഡിൽ ചെമ്പ് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ആനോഡിൽ ഉണ്ടാകുന്ന (SO_4) അസ്ഥിരമാണ്. ഈ റാഡിക്കൽ തൽക്ഷണം ജലവുമായി പ്രവർത്തിച്ച് സൽഫ്യൂരിക് അമ്ലവും ഓക്സിജനും ഉണ്ടാകുന്നു.

$$2\,SO_4 + 2\,H_2O \longrightarrow 2\,H_2SO_4 + O_2 \uparrow$$

ആനോഡിനു ചുറ്റും ലായനി അമ്ലീയമാകുന്നു എന്നു കാണാം. ഓക്സി

ജൻ വാതകവും ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ ആനോഡ് കോപ്പറാണെങ്കിൽ SO_4 കോപ്പറുമായി സംയോജിച്ച് $Cu SO_4$ ഉണ്ടാകുന്നു.

$$SO_4 + Cu \longrightarrow Cu SO_4$$

അതായത് എത്രമാത്രം ചെമ്പ് കാഥോഡിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നുണ്ടോ അത്രയും ചെമ്പ് ആനോഡിൽ നിന്നും ലായനിയിലേക്ക് ചേരുന്നു ($Cu SO_4$ ആയി) അതുകൊണ്ട് കോപ്പർസൽഫേറ്റിന്റെ സാന്ദ്രത ലായനിയിൽ സ്ഥിരമായിരിക്കും. അപ്പോഴും, കോപ്പർ ഇലക്ട്രോഡുകൾ ഉപയോഗിച്ച് $Cu SO_4$ ലായനി ഇലക്ട്രൊളൈസ് ചെയ്യുമ്പോൾ (ഉദാ: കോപ്പർ ക്ലോറൈഡിൽ) മൊത്തത്തിൽ ആനോഡായ കോപ്പർ തകിടിൽ നിന്നും കോപ്പർ ലായനിയിലേക്ക് പോകുകയും ലായനിയിൽ നിന്നും അതുതന്നെ കോപ്പർ കാഥോഡിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അതായത് ആനോഡിൽനിന്നും കോപ്പർ കാഥോഡിൽ നിക്ഷിപ്തമാകുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ കോപ്പറിന്റെ ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് സംസ്കരണത്തിൽ പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.

അയോൺ വിചാർജനത്തിന്റെ ആധുനിക വ്യാഖ്യാനം

അണുഘടനയെപ്പറ്റി മനസ്സിലായതോടുകൂടി അയോണുകളും അണുക്കളും തമ്മിൽ ഉള്ള ബന്ധം എന്താണെന്ന് വ്യക്തമായി. അണുക്കളിൽനിന്നും ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ അവ ധനഅയോണുകളാകും. അണുക്കൾ ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകരിച്ച് ഋണഅയോണുകളും ആകും. ഉദാഹരണമായി സോഡിയം ക്ലോറൈഡിൽ Na^+, Cl^- എന്നി അയോണുകളാണുള്ളത്. ഇവ യഥാക്രമം സോഡിയം അണുവിൽനിന്നും 1 ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെട്ടും, Cl അണുവിൽ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ചേർക്കപ്പെട്ടും ഉണ്ടായവയാണ്. ഇതുപോലെതന്നെ റാഡിക്കലുകളിൽനിന്നും അയോണുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. NH_4^+, SO_4^{--} മുതലായവ. അയോണുകൾ വിപരീതചാർജ് ഉള്ള ഇലക്ട്രോഡുകളിൽചെന്ന് വിചാർജിതങ്ങളാകുന്നതിപ്രകാരമാണ്. കാഥോഡിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ അധികമായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നുണ്ട്. ഇവയിൽനിന്നും ഈ ഇലക്ട്രോണുകളെ കാറ്റയോണുകൾ (ധന–അയോണുകൾ) സ്വീകരിക്കുമ്പോൾ അവ അണുക്കളായിത്തീരുന്നു.

ഉദാ: $Na^+ + e^- \longrightarrow Na$

ആനോഡിൽ ഇലക്ട്രോൺ പോരായ്മയുണ്ട് (ഇലക്ട്രോൺ കുറവ്). അതിനാലാണ് അതിനു ധനചാർജുള്ളത്. തന്മൂലം ആനയോണുകൾ ആനോഡിലേക്ക് ഇലക്ട്രോണുകൾ നൽകി വിചാർജിതങ്ങളായിത്തീരുന്നു.

ഉദാ: $Cl^- \longrightarrow Cl + e^-$.

ലോഹങ്ങളും ഹൈഡ്രജനും കാഥോഡിലാണ് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നത്. ഇതിനു കാരണം ഇവ യൗഗികങ്ങളിൽ കാറ്റയോണുകളായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു എന്നതാണ്. ലോഹങ്ങൾക്ക് ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുന്നതിനുള്ള പ്രവണതയുള്ളതിനാലാണ് ഇപ്രകാരം സംഭവിക്കുന്നത്. ഇക്കാരണത്താൽ ലോഹങ്ങൾ വിദ്യുത്–ധനങ്ങൾ (electropositive) എന്നും പറയപ്പെടുന്നു. ഇതുപോലെ

അലോഹങ്ങളേക്കാൾ ഇലക്ട്രോൺ സ്വീകരണപ്രവണതയുള്ളതുകൊണ്ട് വിദ്യുത് ഋണങ്ങളാകയാൽ അവ യൗഗികങ്ങളിൽ ആനയോണുകളായിരിക്കും. തന്മൂലം അവ വിദ്യുദ്പഘടന പ്രക്രിയയിൽ ആനോഡിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു.

വിദ്യുദ്പഘടനത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ

1. വൈദ്യുതിയുടെ പരിമാണം അളക്കുന്നതിനുള്ള കൂളാമീറ്ററുകളിൽ ഈ മാർഗം ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു.

2. ഇതുകൊണ്ട് രാസ തുല്യാങ്കം നിർണയിക്കാം.

3. സോഡിയം, ഹൈഡ്രജൻ, കാൽസിയം, ബേരിയം, മഗ്നീഷ്യം, അലൂമിനിയം, ക്ലോറിൻ മുതലായ മൂലകങ്ങളുടെയും, $NaOH, NaClO, KClO_3$, മുതലായ അനവധി യൗഗികങ്ങളുടെയും വൻതോതിലുള്ള നിർമാണം വിദ്യുദപഘടനം കൊണ്ടാണ് സാധിക്കുന്നത്.

4. വിദ്യുത്‌ലേപനം

വിദ്യുദപഘടനം കൊണ്ട് ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ ഏതെങ്കിലും പദാർഥ (ഉദാഹരണമായി ഒരു ലോഹം) ത്തിന്റെ 'ലേപനം' (Coating) ഉണ്ടാക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് വിദ്യുത്‌ലേപനം. വളരെ തുച്ഛമായ കനത്തിലും ഏക സമാനമായും ഉള്ള ലേപനം ഇത്തരത്തിൽ ലഭിക്കുന്നു. വില കുറഞ്ഞ ലോഹങ്ങളെ കൊണ്ട് നിർമിതമായ ആഭരണങ്ങളിൽ സ്വർണം പൂശുന്നതു് സാധാരണമാണല്ലോ. ഇരുമ്പ് തുരുമ്പിക്കാതിരിക്കുന്നതിനു് അതിൽ ക്രോമിയം പൂശുന്നതും ചെമ്പുപാത്രങ്ങളിൽ ഈയം പൂശുന്നതും നമുക്ക് പരിചിതങ്ങളാണ്. ഇത്തരം ''പൂശൽ'' കൊണ്ട് ഭംഗി വർധിപ്പിക്കാമെന്നതിനു പുറമേ വസ്തുക്കളുടെ പ്രതലത്തിന്റെ സംരക്ഷണവും സാധിക്കുന്നു. അലസലോഹങ്ങളെ കൊണ്ട് പൂശിയ ലോഹപ്രതലങ്ങളെ ലേപനത്തിന്നടിയിൽ സുരക്ഷിതങ്ങളായതിനാൽ അവ രാസപരിവർത്തനങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകാതെ നശിക്കാതിരിക്കുന്നു. വിദ്യുത് ലേപനം കൊണ്ട് മുഖ്യമായി ഉദ്ദേശിക്കുന്നതു് ലോഹനിർമിതമായ വസ്തുക്കളുടെ ഉപരിതല സംരക്ഷണവും അവയ്ക്ക് ആകർഷണീയത കൈവരുത്തലുമാണ്. വിദ്യുത്-ലേപനം ചെയ്യേണ്ട വസ്തുവിനെ കാഥോഡാക്കിയും ലേപനം ചെയ്യേണ്ട ലോഹം ആനോഡാക്കിയും ലോഹത്തിന്റെ ഒരു യൗഗിക ലായനി ഇലക്ട്രൊളൈറ്റാക്കിയും എടുത്തു് വിദ്യുദപഘടനം ചെയ്യുമ്പോൾ വസ്തുവിൽ ഏകസമാനമായി ലോഹം നിക്ഷിപ്തമാകുന്നതിനാൽ വസ്തുവിന്റെ പ്രതലത്തിൽ ''ലോഹം പൂശൽ'' ഉണ്ടാകുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഒരു ലോഹത്തളികയിൽ വെള്ളി പൂശണമെന്നിരിക്കട്ടെ. തളിക സിൽവർ നൈട്രേറ് ലായനിയിൽ തൂക്കിയിടുക. ലായനിയിൽ (തളികയിൽ തൊടാതെ) ഒരു വെള്ളിത്തകിട് അൽപം അകലെ തൂക്കിയിടുക. തളിക ഒരു അക്യുമുലേറ്ററിന്റെ ഋണ അഗ്രത്തോടും വെള്ളിത്തകിട് അതിന്റെ ധന അഗ്രത്തോടും യോജിപ്പിക്കുമ്പോൾ വിദ്യുദപഘടനം നടക്കുകയും തളികയിൽ സിൽവർ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യും. $AgNO_3$ ലായനിയിലെ Ag^+ അയോണുകൾ വിചാർജിതങ്ങളായിട്ടാണ് സിൽവർ നിക്ഷേപം ഉണ്ടാകുന്നതു്. NO_3^- അയോണുകൾ വെള്ളി-

ആനോഡിൽ വിചാർജിതങ്ങളാകുകയും Ag യുമായി സംയോജിച്ച് വീണ്ടും $AgNO_3$ ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങിനെ ആനോഡിൽ നിന്നും വെള്ളി ക്രമേണ തളികയിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു.

വിദ്യുത്ധാരാസാന്ദ്രത, താപനില, ലായനിയുടെ സാന്ദ്രത, വോൾട്ടേജ് മുതലായവയുടെ നിയന്ത്രണം കൊണ്ട് വളരെ ദൃഢവും മിനുക്കമുള്ളതുമായ നിക്ഷേപം ലഭിക്കുന്നു. കോപ്പർ പൂശുന്നതിനു 25% സൾഫ്യൂരിക് അമ്ലം ചേർന്ന കോപ്പർ സൾഫേറ്റ് ലായനിയോ വേണ്ടതിലധികം സോഡിയം സയനൈഡ് ലായനിയിൽ കോപ്പർ സൾഫേറ്റ് ലയിപ്പിച്ചു കിട്ടുന്ന സോഡിയം കോപ്പർ സയനൈഡ് ലായനിയോ ആണ് ഇലക്ട്രൊളൈറ്റായി ഉപയോഗിക്കുന്നത്. വെള്ളി പൂശുന്നതിനു പൊട്ടാസിയം ആർജെൻറോസയനൈഡ് ലായനിയോ ണ (സിൽവർ നൈട്രേറ്റ് ലായനിയിൽ വേണ്ടതിലധികം KCN ലായനി ചേർത്തു കിട്ടുന്ന ലായനി) സാധാരണമായി ഉപയോഗിക്കുന്നത്, സ്വർണം പൂശുന്നതിനും ഇതുപോലെ പൊട്ടാസിയം ആരോസയനൈഡ് ലായനി ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഇലക്ട്രൊളൈറ്റു മിശ്രിതങ്ങളും ഉപയോഗിച്ച് സങ്കരനിക്ഷേപം സാധ്യമാണ്. ഉദാഹരണമായി പിച്ചള (Zn + Cu) പൂശുവാൻ കോപ്പർ ലവണവും സിങ്ക് ലവണവും കലർന്നുള്ള ലായനിയിൽ വേണ്ടതിലധികം KCN ചേർത്തു കിട്ടുന്ന ''സയനൈഡ് ബാത്'' ഉപയോഗിക്കാം.

ഇത്തരം ഇലക്ട്രൊളൈറ്റു ബാത്തുകളിൽ ചില പദാർഥങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം കൊണ്ട് (ബോറിക് ആസിഡ്, പശകൾ, ഫ്ളവോബാറേറ്റുകൾ മുതലായവ) നിക്ഷേപത്തിന്റെ ഗുണം മെച്ചപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യാം.

5. വിദ്യുത് സംസ്കരണം

ഖനിജങ്ങളിൽ അയിരുകളിൽനിന്നും ലോഹങ്ങൾ നിഷ്കർഷിക്കുമ്പോൾ അശുദ്ധാവസ്ഥയിലാണ് അവ കിട്ടുന്നത്. ഈ അശുദ്ധലോഹം വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണംകൊണ്ട് വളരെയധികം ശുദ്ധമാക്കാവുന്നതാണ്. ഉദാഹരണമായി കോപ്പർ ഇലക്ട്രാഡുകൾ ഉപയോഗിച്ച് കോപ്പർ സൾഫേറ്റ് വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണം ചെയ്യുമ്പോൾ ആനോഡിൽ നിന്നും കോപ്പർ 'അലിയുക'യും കാഥോഡിൽ കോപ്പർ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുമെന്നു കണ്ടുവല്ലോ. അപ്പോൾ അശുദ്ധമായ കോപ്പർ ആനോഡായും ശുദ്ധമായ ഒരു കോപ്പർ തകിട് കാഥോഡായും $CuSO_4$ ലായനി വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണം ചെയ്യുമ്പോൾ ആനോഡിൽ നിന്നും ശുദ്ധമായ കോപ്പർ കാഥോഡിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. അശുദ്ധ കോപ്പറിൽനിന്നും അങ്ങിനെ കോപ്പർ ശുദ്ധരൂപത്തിൽ വേർപ്പെട്ടു കിട്ടുന്നു. അശുദ്ധികൾ എല്ലാം അലിയുകയോ ആനോഡിനടുത്തു 'ചെളി'പോലെ കിടക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിലാണ് കോപ്പർ സംസ്കരിക്കപ്പെടുന്നത്. അലൂമിനിയം, സിങ്ക്, ടിൻ മുതലായ മറ്റു ലോഹങ്ങളും ഇത്തരത്തിൽ സംസ്കരിക്കപ്പെടുന്നു.

6. മറ്റു പ്രയോജനങ്ങൾ

പൊളാരോഗ്രാഫി, ഇലക്ട്രോവിശ്ലേഷണം മുതലായ പല തരത്തിലുള്ള വിശ്ലേഷണവിധികളിൽ വിദ്യുദ്വിശ്ലേഷണവിധിയാണ് ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നത്.

വിദ്യുത് ലേപനം പോലെ തന്നെ ചില പ്രതലങ്ങളെ ഓക്സീകരിക്കുന്നതിനും മറ്റു തരത്തിലുള്ള വർണകങ്ങളും (pigments) പൂശുന്നതിനും ഇതു് ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നുണ്ടു്.

അഭ്യാസങ്ങൾ

1. താഴെ പറയുന്നവ എന്തെന്നു് വ്യക്തമാക്കുക.

(a) ആനയോൺ (b) കാഥോഡു് (c) പ്രതിപ്രവർത്തനതാപം

(d) പ്രകാശരാസ പ്രതിപ്രവർത്തനം (e) വിദ്യുദപഘടനം (f) വിദ്യുത് സംസ്ക്കരണം (g) വിദ്യുത്രാസ തുല്യാങ്കഭാരം.

2. ഫാരഡേ നിയമങ്ങളെ നിർവചിക്കുക. 1 ഫാരഡേ എന്നാൽ എന്തു്?

1000 ക്ലോം വൈദ്യുതി ഉപയോഗിച്ചു് എത്ര ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും ഉല്പാദിപ്പിക്കാം. (ഫാരഡേ = 96490 ക്ലോം)

3. 2 ആംപിയർ വിദ്യുത്ധാര 2 മണിക്കൂർ കൊണ്ടു് എത്ര കോപ്പർ നിക്ഷേപിക്കും?

(Cu = 63·54; ഫാരഡേ = 96490 ക്ലോം)

4. പ്ലാറ്റിനം ഇലക്ട്രോഡുകളും ഉപയോഗിച്ചു് Na_2SO_4 ലായനിയുടെ വിദ്യുദപഘടനം നടത്തുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രാഥമിക, ദ്വിതീയപരിവർത്തനങ്ങൾ ഏവ?

ഈ പരീക്ഷണത്തിൽ കാഥോഡിൽ 5 ഗ്രാം NaOH ഉണ്ടായിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ എത്ര ക്ലോം വിദ്യുച്ഛക്തി ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടു?

5. സിൽവറിന്റെ രാസതുല്യാങ്കം നിർണയിക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു വൈദ്യുത പരീക്ഷണം വിവരിക്കുക.

6. (a) വിദ്യുദപഘടനത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?

(b) ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ $AuCl_3$ ലായനി വിദ്യുദപഘടനം ചെയ്തു് 1 ലി. ക്ലോറിൻ ലഭിച്ചു. (25°C, 1 അന്തരീക്ഷം). എന്നാൽ കാഥോഡിൽ എത്ര ഗ്രാം സ്വർണം നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടു? ഇതിൽ എത്ര ക്ലോം വൈദ്യുതി ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടു?

7. താഴെപ്പറയുന്നവയുടെ വിദ്യുദപഘടനം കൊണ്ടു് ലഭ്യമാകുന്ന പദാർഥങ്ങൾ ഏവ?

(i) നേർത്ത അമ്ലലായനികൾ (Pt ഇലക്ട്രോഡുകൾ)

(ii) സാന്ദ്രഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലം (കാർബൺ ഇലക്ട്രോഡുകൾ)

(iii) സിൽവർ നൈട്രേറ്റ് ലായനി (Pt ഇലക്ട്രോഡുകൾ)

(iv) സിൽവർ നൈട്രേറ്റ് ലായനി (Ag ഇലക്ട്രോഡുകൾ)

(v) ഉരുകിയ കാൽസിയം ക്ലോറൈഡു് (കാർബൺ ഇലക്ട്രോഡുകൾ)

(vi) പൊട്ടാസിയം അയൊഡൈഡു് ലയനി (Pt ഇലക്ട്രോഡുകൾ)

8. താഴെപ്പറയുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ വിദ്യുത്രാസ തുല്യാങ്കങ്ങൾ കണക്കാക്കുക. (അവയുടെ സാധാരണ യൗഗികങ്ങളിലെ സംയോജകത പരിഗണിച്ചാൽ മതി.)

(a) അയൊഡിൻ (b) മഗ്നീഷ്യം (c) ഓക്സിജൻ (d) ഇരുമ്പ് (e) സിൽവർ

9. അയണീകരണം എന്നാൽ എന്ത്? ദുർബല ഏലക്ട്രൊലൈറ്റുകളും പ്രബല ഏലക്ട്രൊലൈറ്റുകളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എന്ത്?

10. ഒരു ഇരുമ്പു തകിടിൽ നിക്കൽ പൂശുന്നതെങ്ങിനെ? വിദ്യുത്‌ലേപനം കൊണ്ടുള്ള പ്രയോജനം വിശദമാക്കുക.

11. ലോഹചാലനവും ഇലക്ട്രോളിറ്റിക് ചാലനവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?

ആരേഖം (diagram) കൊണ്ട് ഇലക്ട്രോളിസിസിൽ സംഭവിക്കുന്ന പ്രക്രിയകളും വിശദമാക്കുക.

12. $NaOH$ ലായനി വിദ്യുദ്പഘടനം ചെയ്യുമ്പോൾ ആനോഡിൽ ഓക്സിജനും കാഥോഡിൽ ഹൈഡ്രജനും ഉണ്ടാകുന്നു. H_2SO_4 ലായനി വിദ്യുദ്പഘടനം ചെയ്യുമ്പോഴും H_2, O_2 എന്നിവ തന്നെയാണ് ലഭിക്കുന്നത്. എന്തുകൊണ്ട്?

13. $ZnSO_4$ ലായനി, $CuSO_4$ ലായനി, $FeSO_4$ ലായനി എന്നിവയിൽക്കൂടി ഒരേ പരിമാണം വിദ്യുത്പ്രവാഹം കൊണ്ട് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന ലോഹങ്ങളുടെ ഭാരാനുപാതം കണക്കാക്കുക.

14. (a) സാന്ദ്രഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലം വിദ്യുദ്പഘടനം ചെയ്യുമ്പോൾ കാഥോഡിൽ H_2 ഉം ആനോഡിൽ Cl_2 ഉം ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ നേർത്ത HCl അമ്ലം വിദ്യുദ്പഘടനം ചെയ്യുമ്പോൾ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും ഉണ്ടാകുന്നു. വ്യാഖ്യാനിക്കുക.

(b) പൊട്ടാസിയം അയൊഡൈഡ് ലായനി വിദ്യുദ്പഘടനം ചെയ്യുമ്പോൾ ആനോഡിൽ മോചിപ്പിക്കപ്പെട്ട അയൊഡിൻ സോഡിയം തയോസൽഫേറ്റ് ലായനികൊണ്ട് അനുമാപനം ചെയ്ത് നിർണയിക്കപ്പെട്ടു. 0.5 ആംപിയർ വിദ്യുത്ധാരയിൽ 15 മിനിട്ടുനേരം കൊണ്ട് 592.2 മില്ലിഗ്രാം അയൊഡിൻ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടാൽ അയൊഡിന്റെ വിദ്യുത്രാസതുല്യാങ്കവും തുല്യാങ്കഭാരവും നിർണയിക്കുക. അയൊഡിന്റെ സംയോജകത –1 ആണെങ്കിൽ അണുഭാരം എത്ര?

ഇരുപതു്

കൊളോയ്ഡീയ അവസ്ഥ

വിസരണത്തെപ്പറ്റി ഗവേഷണം നടത്തുന്നതിനിടയിൽ തോമസ് ഗ്രഹാം പദാർഥങ്ങളുടെ ലയിതാവസ്ഥയിലുള്ള വിസരണവേഗത്തെ ആസ്പദമാക്കി അവയെ രണ്ടായി തരം തിരിക്കാമെന്നു് കണ്ടുപിടിച്ചു(1861). പഞ്ചസാര, തുരിശു്, കറിയുപ്പു്, യൂറിയ മുതലായവയുടെ ലായനികളിൽ കൂടി താരതമ്യേന വേഗത്തിൽ വിസരിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു. എന്നാൽ പശ (glue), ജെലാറ്റിൻ, സ്റ്റാർച്ചു് മുതലായവ വളരെ സാവധാനത്തിലേ വിസരിക്കുന്നുള്ളു. ഇവയിൽ വിസരണവേഗം കൂടിയ ആദ്യത്തെ കൂട്ടത്തിലുള്ള പദാർഥങ്ങളെ ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കാവുന്നതിനാൽ അവയെ 'ക്രിസ്റ്റലോയ്ഡുകം' എന്നും രണ്ടാമത്തെ തരത്തിലുള്ളവയെ ക്രിസ്റ്റൽ രൂപത്തിലാക്കാൻ സാധിക്കാത്തതിനാൽ അവയെ (സാവധാനം വിസരിക്കുന്നവയെ) 'കൊളോയ്ഡുകം' എന്നും ഗ്രഹാം തരം തിരിച്ചു. ഗ്രീക്കുഭാഷയിലെ Kolla (= പശ), eido (= അതുപോലെ) എന്നീ പദങ്ങളിൽ നിന്നാണു് അദ്ദേഹം ''കൊളോയ്ഡ്'' എന്ന പദം സംശ്ലേഷണം ചെയ്തതു്. എന്നാൽ ഈ തരം തിരിക്കൽ ശരിയല്ലെന്നു് പിൽക്കാലത്തു് തെളിഞ്ഞിട്ടുണ്ടു്. കാരണം, ജലലായനികളിൽ ക്രിസ്റ്റലോയ്ഡായ സോഡിയം ക്ലോറൈഡിനെ ബെൻസീനിൽ കൊളോയ്ഡാക്കാം. അതുപോലെതന്നെ സൽഫർ, കാർബൺ ഡൈസൽഫൈഡിൽ ക്രിസ്റ്റലോയ്ഡാണെങ്കിലും ജലത്തിൽ അതിനെ കൊളോയ്ഡാക്കാം. അപ്പോൾ ഒരേ പദാർഥംതന്നെ വ്യത്യസ്തപരിതഃസ്ഥിതികളിൽ കൊളോയ്ഡായും ക്രിസ്റ്റലോയ്ഡായും പെരുമാറുന്നു. വിസരണവേഗം കണങ്ങളുടെ വലിപ്പമനുസരിച്ചിരിക്കും. ഒരു പദാർഥം കൊളോയ്ഡീയ അവസ്ഥയിൽ സാമാന്യം മുഴുപ്പുള്ള കണങ്ങളായിട്ടാണു് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതു്. ഈ കണങ്ങൾക്കു് സ്ഥിതിചെയ്യുവാൻ ഒരു മാധ്യമം ആവശ്യമാണു്. ക്രിസ്റ്റലോയ്ഡുകം ''ലായക''ത്തിൽ ലയിച്ചിരിക്കും. അവ ലായനിയിൽ തന്മാത്രകളായിട്ടോ അയോണുകളായിട്ടോ ആണു സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്. എന്നാൽ കൊളോയ്ഡുകം ''ലായക''ത്തിൽ (മാധ്യമം) ലയിക്കാത്തവയാണു്; അവ തന്മാത്രകളുടെ കണസമൂഹങ്ങളായിട്ടാണു് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്. ഈ കണങ്ങളാകട്ടെ അതിസൂക്ഷ്മങ്ങളായതിനാൽ കാഴ്ചയിൽ ഭിന്നാത്മകത ദൃശ്യമല്ല. ഇത്തരം അനവധി കണങ്ങളും

ചേർന്ന് മുഴപ്പുള്ള കണങ്ങളാകുമ്പോൾ അവയെ കാഴ്ചയിൽ തന്നെ തിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കും. ഇവയെ നിലംബനങ്ങൾ(Suspensions) എന്നു പറയുന്നു. ഉദാഹരണമായി ചോക്കുപൊടി വെള്ളത്തിൽവെച്ച് കലുക്കിയാൽ പാലു പോലെ വെളുത്ത മിശ്രിതം കിട്ടും. എന്നാൽ അല്പനേരം വച്ചിരുന്നാൽ ഇതു നിലംബനമാണെന്നു കാണാം. ചോക്കിന്റെ ചെറിയ തരികൾ സാവധാനം ചുവട്ടിലേക്ക് അടിയുന്നതു കാണാം. എന്നാൽ കൊളോയ്ഡ് കണങ്ങൾ ഇതുപോലെയല്ല. കണങ്ങളെ കാണുവാൻ സാധിക്കുകയില്ല. തന്നെയല്ല അവ ഫിൽറ്റർ പേപ്പറിൽ കൂടി കടന്നുപോകുകയും ചെയ്യും (ലീനങ്ങളെപ്പോലെ). നിലംബനകണങ്ങൾക്ക് ഫിൽറ്റർ പേപ്പറിൽകൂടി കടക്കുവാൻ സാധ്യമല്ലാത്തതിനാൽ അവയെ അരിച്ചു മാറ്റാവുന്നതാണ്. അപ്പോൾ കൊളോയ്ഡ് കണങ്ങളുടെ വലിപ്പം തന്മാത്രകളുടെയും നിലംബനങ്ങളുടെയും ഇടയ്ക്കാണ്. ഉദാഹരണമായി സാമാന്യം സാന്ദ്രമായ സോഡിയം തയോസൽഫേറ്റ് ലായനിയിൽ ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലം ഒഴിച്ചാൽ മഞ്ഞനിറത്തിലുള്ള സൽഫറിന്റെ നിലംബനം കിട്ടുന്നു. എന്നാൽ വളരെ നേർത്ത തയോസൽഫേറ്റ് ലായനിയും ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലവും ചേർക്കുമ്പോൾ അവക്ഷേപം ദൃഷ്ടിഗോചരമല്ല. മഞ്ഞിയ നീലിമയുള്ള സൽഫറിന്റെ ''കൊളോയ്ഡിയ ലായനി'' കിട്ടുന്നു. ഇതിലും സൽഫർ കണങ്ങൾ ജലത്തിൽ ലയിക്കാതെ കിടക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും അവ ദൃഷ്ടിഗോചരമല്ലാത്തവിധം ചെറുതാണ്. കുറെനേരം കഴിയുമ്പോൾ ഈ സൂക്ഷ്മകണങ്ങൾ പരസ്പരം ചേർന്ന് വലിയ കണങ്ങളാകുകയും അങ്ങിനെ നിലംബനമായിത്തീരുകയും ചെയ്യും.

കൊളോയ്ഡീയകണങ്ങളുടെ വ്യാസം ഏതാണ്ട് 10 മില്ലിമൈക്രോൺ ($m\mu$) മുതൽ 200 മില്ലിമൈക്രോൺ വരെയാകാം. ഇതിൽ കൂടുതൽ വലിപ്പമുള്ള കണങ്ങൾ നിലംബനമാണ്. (1 മില്ലിമൈക്രോൺ = 10^{-7} സെ. മീ.) 150 മില്ലിമൈക്രോണിൽ താഴെ വ്യാസമുള്ള കണങ്ങൾ മൈക്രോസ്കോപ്പിൽ കൂടി ദൃശ്യമല്ല. എന്നാൽ അൾട്രാമൈക്രോസ്കോപ്പിൽ (അതിസൂക്ഷ്മദർശിനി) 5 മില്ലിമൈക്രോൺ വലിപ്പമുള്ള കണങ്ങളെ വരെ കാണാം. അതിനാൽ കൊളോയ്ഡീയ കണങ്ങൾ സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ പരിധിയിൽ താഴെയായതിനാൽ ദൃശ്യമല്ലെങ്കിലും അതിസൂക്ഷ്മദർശിനിയിൽ കൂടി അവ ദൃശ്യമാകുന്നു.

സ്റ്റാർച്ച്, പ്രോട്ടീനുകൾ, മുതലായ ചില പദാർഥങ്ങളുടെ തന്മാത്രകൾക്കു തന്നെ വളരെ വലിപ്പമുണ്ട്. ഇവയ്ക്ക് കൊളോയ്ഡീയ കണങ്ങളുടെ വലിപ്പമുള്ളതിനാൽ ഇവയുടെ ലായനികൾ കൊളോയ്ഡീയസ്വഭാവം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു.

ഒരു ''കൊളോയ്ഡീയവ്യൂഹ''ത്തിൽ രണ്ട് അവസ്ഥകൾ (Phases) ഉണ്ട്. അവയിൽ ഒന്ന് സന്തതവും (continuous) മറ്റു കണങ്ങളായിട്ടുള്ളതുമാണ് (discontinuous). കണങ്ങൾക്ക് സന്തതമായ അവസ്ഥയിൽ ലേയത്വം ഉണ്ടാകാൻ പാടില്ലെന്ന് വ്യക്തമാണ്; ലേയത്വം ഉള്ള പദാർഥമാണെങ്കിൽ സാധാരണ ലായനിയാണ് കിട്ടുന്നത്. ഒരു കൊളോയ്ഡീയ വ്യൂഹത്തെ ഇപ്രകാരം നിർവചിക്കാം:— ഒരു ഏകാത്മക പദാർഥത്തിൽ (ലായനിയിൽ) അലിയാത്ത

മറ്റൊരു പദാർഥത്തെ അതിസൂക്ഷ്മങ്ങളായ കണങ്ങളായി അതിൽ പ്രകീർണനം (disperse) ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുള്ള ഭിന്നാത്മകമായ മിശ്രിതമാണ് 'കൊളോയ്ഡീയ വ്യൂഹം'. ഇതിനെ ''കൊളോയ്ഡീയലായനി'' എന്നും ചിലപ്പോൾ പറയുന്നുണ്ട്. കൊളോയ്ഡീയ വ്യൂഹങ്ങൾക്ക് പൊതുവെ സോൾ (Sol) എന്നും പറയുന്നു. കണങ്ങളായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന പദാർഥത്തെ പ്രകീർണിതപദാർഥം (dispersed-substance)എന്നും ഏതിലാണോ കണങ്ങൾ പ്രകീർണിതമായിട്ടുള്ളത് അതിനെ പ്രകീർണന മാധ്യമം (dispersion medium)എന്നും പറയുന്നു. മാധ്യമവും പ്രകീർണിതവും ഏതവസ്ഥകളിലുമാകാം. എന്നാൽ രണ്ടും വാതകമായാൽ അവ പൂർണമിശ്രണീയമായതുകൊണ്ട് സോൾ സാധ്യമല്ല. അങ്ങിനെ മാധ്യമ–പ്രകീർണിതങ്ങളുടെ അവസ്ഥകളെ ആശ്രയിച്ച് എട്ടു തരം സോൾ ഉണ്ടാകാം. ഇവയാണ് താഴെ ചേർത്തിരിക്കുന്നത്.

പ്രകീർണിതം	മാധ്യമം	പ്രത്യേകമായ പേരും
ഖരം	ഖരം	ഖരസോൾ
ഖരം	ദ്രവം	—
ഖരം	വാതകം	ഏറോസോൾ (Aerosol)
ദ്രവം	ഖരം	—
ദ്രവം	ദ്രവം	എമൽഷൻ (emulsion)
ദ്രവം	വാതകം	ഏറോസോൾ
വാതകം	ഖരം	ഖരപ്പത (solid foam)
വാതകം	ദ്രവം	പത (foam)

നമുക്ക് സുപരിചിതങ്ങളായ അനവധി വസ്തുക്കൾ കൊളോയ്ഡീയവ്യൂഹങ്ങളാണ്. മൂടൽമഞ്ഞ്, മേഘം, പുക എന്നിവയെല്ലാം ഏറോസോളുകളാണ്. പാൽ ഒരു എമൽഷൻ ആണ്. പല വർണഗ്ലാസുകളും ഖരസോളുകളാണ്. ഹൽവാ, ഇഡ്ഡലി, സോപ്പുപത, റൊട്ടി, വെണ്ണ, കഞ്ഞിവെള്ളം എന്നിവയും കൊളോയ്ഡീയ വസ്തുക്കളാണ്.

ജലം മാധ്യമമാണെങ്കിൽ സോളിനെ ''ജലസോൾ'' (Hydrosol) എന്നും കാർബണിക യൗഗികമാണ് മാധ്യമമെങ്കിൽ ''ഓർഗനോസോൾ'' എന്നും ബെൻസീൻ മാധ്യമമായിട്ടുള്ളവയെ ''ബെൻസോസോൾ'' എന്നും മറ്റും പറയുന്നു. ഒരു പ്രത്യേകതരം കൊളോയ്ഡീയ വ്യൂഹമാണ് 'ജെൽ'. ഇവയിൽ മാധ്യമവും പ്രകീർണിതവും അഖണ്ഡമായിട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഇത്തരം വ്യൂഹങ്ങൾ അർധഖരമായി വേർപെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി അലൂമിനിയം ലവണലായനിയിൽ അമോണിയാ ലായനി ചേർക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന അവക്ഷേപം എതാണ്ട് കട്ട പിടിച്ച കഞ്ഞി പോലിരിക്കും. ഈ പദാർഥം അലൂമിനിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡും ജലവും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന ജെൽ ആണ്. ചില ജെല്ലുകൾ 'ഉറയ്ക്കുന്നു'.

വ്യൂഹം മൊത്തത്തിൽ ഒരു അർധഖരപദാർഥമായിത്തീരുന്നു. ഇത്തരം ജെല്ലുകളെ ''ജെല്ലി'' എന്നു പറയുന്നു. ജെലാറ്റിൻ, സ്റ്റാർച്ച് എന്നിവ ഇക്കൂട്ടത്തിൽപ്പെടുന്നു. ഹൽവാ ഒരു ജെല്ലിയാണ്. മനുഷ്യന്റെയും ഇതരജീവികളുടെയും ശരീരത്തിൽ മിക്കവാറും എല്ലാ ദ്രവ്യങ്ങളും വാസ്തവത്തിൽ കൊളോയ്ഡീയമാണ്. ജീവന്റെ ഉല്പത്തി തന്നെ കൊളോയ്ഡീയാവസ്ഥയിൽ നിന്നാണെന്നു കരുതപ്പെടുന്നു.

ദ്രവസ്നേഹിസോളുകളും ദ്രവവിരോധിസോളുകളും

പ്രകീർണനം നടത്തുവാനുള്ള പദാർഥവും പ്രകീർണനമാധ്യമവും തമ്മിൽ സമ്പർക്കമുണ്ടാകുമ്പോൾ സ്വയമേവ സോൾ ഉണ്ടാകുമെങ്കിൽ അതിനെ ദ്രവസ്നേഹിസോൾ (lyophilic sol) എന്നു പറയുന്നു. സോളിലെ കണങ്ങൾക്ക് മാധ്യമത്തോട് അല്പമെല്ലാം ആസക്തിയുള്ളതുകൊണ്ടാണല്ലോ പ്രകീർണനം സ്വയം സംഭവിക്കുന്നത്. സ്റ്റാർച്ച് ലായനി (കഞ്ഞിവെള്ളം) ദ്രവസ്നേഹിസോൾ ആണ്. അല്പം സ്റ്റാർച്ച്, വെള്ളത്തിൽ കലക്കി വെച്ചിരുന്നാൽ ക്രമേണ അത് സോൾ ആയിത്തീരും. ചൂടാക്കുമ്പോൾ സോൾ പെട്ടെന്നുണ്ടാകും. എന്നാൽ ഇത്തരത്തിൽ സൽഫർ, ജലം എന്നിവയിൽ നിന്ന് സൽഫർ സോൾ നേരിട്ട് കിട്ടുന്നില്ല. അതായത് പ്രകീർണനം സ്വയം സംഭവിക്കുന്നില്ല. ഇത്തരം സോളുകളാണ് ദ്രവവിരോധി സോളുകൾ (lyophobic sol). സൽഫറിന് ജലത്തോട് ആസക്തിയില്ലാത്തതിനാലാണ് സൽഫർ സോൾ സ്വയം ഉണ്ടാകാത്തത്. മാധ്യമം ജലമാണെങ്കിൽ ജലവിരോധി സോൾ (hydrophobic)എന്നും ജലസ്നേഹി സോൾ(hydrophilic) എന്നും പറയുന്നു. ദ്രവസ്നേഹിസോളുകൾക്ക് സാധാരണ ലായനികളുമായി സാദൃശ്യമുണ്ട്. ദ്രവവിരോധിസോളുകളിൽ നിന്ന് കണങ്ങൾ അവക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടാൽ പിന്നെ തിരിച്ച് സോൾ ഉണ്ടാകാൻ സാധ്യമല്ല. എന്നാൽ ദ്രവസ്നേഹിസോളിൽ നിന്ന് കണങ്ങൾ അവക്ഷേപിച്ചു പോയാലും അവയെ വീണ്ടും എളുപ്പത്തിൽ സോൾ ആക്കാവുന്നതാണ്. അതിനാൽ ദ്രവസ്നേഹി സോളുകളെ ''ഉഭയദിശീയ കൊളോയ്ഡുകൾ'' (reversible colloids) എന്നും ദ്രവവിരോധി സോളുകളെ ''ഏകദിശീയ സോളുകൾ'' (irreversible colloids) എന്നും പറയാറുണ്ട്.

കൊളോയ്ഡുകളുടെ നിർമാണരീതികൾ

ഒരു പദാർഥത്തെ അനുയോജ്യമായ ഒരു മാധ്യമത്തിൽ കൊളോയ്ഡീയ രൂപത്തിലാക്കാൻ രണ്ടുവിധത്തിലുള്ള വിധികൾ ഉപയോഗിക്കാം.

(a) പ്രകീർണനവിധികൾ: സ്ഥൂലരൂപത്തിലുള്ള പദാർഥത്തെ ഉടച്ച് ചെറിയ കണങ്ങളാക്കുന്ന വിധിയാണിത്. അരയ്ക്കുക, പൊടിയ്ക്കുക, കലുക്കുക മുതലായ പ്രക്രിയകളിൽ കൂടി പ്രകീർണനം സാധിക്കുന്നു.

(b) സംഘനനവിധികൾ: അണുക്കളോ തന്മാത്രകളോ അയോണുകളോ ആയി സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന അവസ്ഥകളിൽ നിന്ന് കൊളോയ്ഡീയകണങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്ന രീതിയാണിത്. ഉദാഹരണമായി നേർത്ത സോഡിയം തയോസൽഫേറ്റ് ലായനിയും ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് അമ്ലവും തമ്മിൽ കലർത്തുമ്പോൾ

$$S_2O_3^{--} + H^+$$

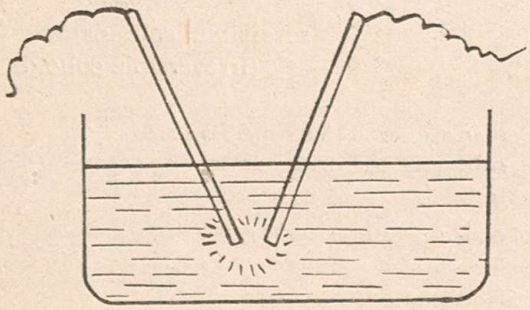
തയോസൽഫേറ്റ് അയോണുകളും H^+ അയോണുകളും തമ്മിൽ പ്രവർത്തിച്ച്

സൽഫർ ഉണ്ടാകുന്നു. കൊളോയ്ഡീയ വലിപ്പത്തിലുള്ള കണങ്ങളാണിവിടെ ഉണ്ടാകുന്നത്.

(a) ചില പ്രകീർണന വിധികൾ

(i) **യാന്ത്രികപ്രകീർണനം**: പ്രകീർണനം ചെയ്യേണ്ട പദാർഥവും പ്രകീർണനമാധ്യമവും കൂട്ടിച്ചേർത്തു് അതിവേഗത്തിൽ കറങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന (വിപരീതമായി) രണ്ടു ചക്രങ്ങൾക്കിടയിൽ പ്രവേശിപ്പിച്ചാൽ പദാർഥം മാധ്യമത്തിൽ പ്രകീർണിതമാകും; ഇത്തരം യന്ത്രങ്ങൾക്കു് കൊളോയ്ഡ് മിൽ എന്നു പറയുന്നു. ദ്രവവിരോധി സോപ്പാണെങ്കിൽകൊളോയ്ഡ് കണങ്ങളുടെ സുസ്ഥിരമായിരിക്കാൻ വേണ്ടി(അവക്ഷിപ്തമാകാതിരിക്കുന്നതിനായി)ചിലസ്ഥിരീകാരകങ്ങളും(stabiliser) കൂടി ചേർക്കേണ്ടതാണു്. ആർസിനിയസ്സു് സൽഫൈഡിനെ ജലത്തിൽ ഈ രീതിയിൽ പ്രകീർണനം ചെയ്യാം. എന്നാൽ ജലത്തിൽ അല്പം ഹൈഡ്രജൻ സൽഫൈഡു് കൂടി ഉണ്ടായിരിക്കണം (സ്ഥിരീകാരകം).

(ii) **വൈദ്യുത പ്രകീർണനം**: സാധാരണമായി ലോഹസോളുകളാണു് ഈ രീതിയിൽ ഉണ്ടാക്കുന്നതു്. പ്രകീർണനമാധ്യമത്തിൽ നിമഗ്നമായ രണ്ടു ലോഹത്തണ്ടുകളിൽ കൂടി വിദ്യുത്പ്രവാഹം കൊണ്ടു് വൈദ്യുത ആർക്കു് സൃഷ്ടിക്കുകയാണു് പ്രക്രിയ (ചിത്രം 20_1 നോക്കുക). അല്പം ആൽക്കലി കലർന്ന ജലത്തിനടിയിൽ ആർക്കു് സൃഷ്ടിച്ചു് സ്വർണം, വെള്ളി, പ്ലാറ്റിനം മുതലായ ലോഹങ്ങളുടെ ജലസോപ്പം ഇപ്രകാരം നിർമിക്കാം. ആൽക്കലി സ്ഥിരീകാരകമാണു്.



ചിത്രം 20_1

(iii) **പെപ്റ്റീകരണം**: ചില പദാർഥങ്ങൾ സ്വയമേവ പ്രകീർണിതമാകുന്നില്ലെങ്കിലും അവയെ മറ്റു ചില പദാർഥങ്ങൾ കലർന്ന പ്രകീർണനമാധ്യമം ചേർത്തു് കലുക്കിയാൽ സോപ്പുണ്ടാകാം. ഒരു പദാർഥത്തെ പ്രകീർണിതമാക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങളെ പെപ്റ്റീകരണസഹായി (peptising agent) എന്നും, പ്രകീർണിതമോ മാധ്യമമോ അല്ലാത്ത ഇത്തരം പദാർഥങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം കൊണ്ടു് പ്രകീർണനം സംഭവിക്കുന്ന പ്രതിഭാസത്തിനു് പെപ്റ്റീകരണം എന്നും പറയുന്നു. അലേയങ്ങളായ പല ലോഹഹൈഡ്രോക്സൈഡുകളെയും ആൽക്കലികൾ പെപ്റ്റീകരിക്കുന്നു.

ആർസീനിയസ് സംഫൈഡ് മുതലായ പല സൽഫൈഡുകളുടെയും അവക്ഷേപങ്ങളും ഹൈഡ്രജൻ സൽഫൈഡ് ലായനി കൊണ്ട് പെപ്റ്റീകരിക്കാം.

(b) സംഘനന രീതികൾ

(i) ലായക വിനിമയം: പ്രകീർണനീയപദാർഥം അനുയോജ്യമായ ഒരു ലായകത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചുകിട്ടുന്ന സാന്ദ്രമായ ലായനി, പദാർഥത്തിന് തുല്യമായ ലേയത്വമുള്ള മറ്റൊരു ലായകത്തിൽ ഒഴിക്കുമ്പോൾ പദാർഥം കൊളോയ്ഡീയ രൂപത്തിലാകുന്നു. ലായകങ്ങളും രണ്ടും പരസ്പരം മിശ്രണീയങ്ങളായിരിക്കണം. സൽഫർ, ഫോസ്ഫറസ് എന്നിവയുടെ ജലസോളുകളും ഇത്തരത്തിൽ നിർമിക്കാം. അവയുടെ ആൽക്കഹോളിലുള്ള സാന്ദ്രലായനി ധാരാളം ജലത്തിലേക്ക് ഒഴിച്ചു കലക്കുമ്പോൾ സോളും ഉണ്ടാകുന്നു.

(ii) പദാർഥത്തിന്റെ ബാഷ്പം മാധ്യമത്തിൽ ഘനീഭവിക്കുക: ബാഷ്പരൂപത്തിലുള്ള പദാർഥത്തെ മാധ്യമത്തിൽ ഘനീഭവിപ്പിക്കുമ്പോൾ സോൾ ലഭിക്കാറുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി സൽഫർ ബാഷ്പം ജലത്തിൽ കടത്തിവിടുമ്പോൾ സൽഫർസോൾ കിട്ടുന്നു. മേഘവും മൂടൽമഞ്ഞും ഇത്തരത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഏറോ സോളുകളാണ്.

(iii) രാസപരിണാമങ്ങൾ: അനുയോജ്യമായ രാസപരിണാമങ്ങളിൽ ഒരു പദാർഥം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ അനുഗ്രഹമായ പരിതസ്ഥിതികളാണെങ്കിൽ പദാർഥം കൊളോയ്ഡീയരൂപത്തിൽ ലഭിക്കുന്നു. ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ നോക്കാം. ഹൈഡ്രജൻ സൽഫൈഡ് ലായനിയും നേർത്ത നൈട്രിക് അമ്ലവും തമ്മിൽ കലർത്തുമ്പോൾ കിട്ടുന്നത് കലക്കമുള്ള (turbid) സൽഫർ സോൾ ആണ്. നൈട്രിക് അമ്ലം H_2S-നെ ഓക്സീകരിക്കുന്നതിനാലാണിത്.

$$H_2S + (O) \longrightarrow H_2O + S$$

ഔറിക് ക്ലോറൈഡിന്റെ ജലലായനിയിൽ സ്റ്റാനസ് ക്ലോറൈഡ് ലായനി ചേർക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന വയലറ്റ് നിറമുള്ള സ്വർണസോൾ നിരോക്സീകരണം കൊണ്ടാണുണ്ടാകുന്നത്.

$$2\,AuCl_3 + 3\,Sn\,Cl_2 \longrightarrow 3\,SnCl_4 + 2\,Au$$

തിളയ്ക്കുന്ന വെള്ളത്തിൽ ഒന്നു രണ്ടു തുള്ളി ഫെറിക് ക്ലോറൈഡ് ലായനി ഒഴിക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന ചുവന്ന ദ്രാവകം, ഫെറിക് ഹൈഡ്രോക്സൈഡിന്റെ സോൾ ആണ്. ജലാപഘടനം കൊണ്ടാണിതുണ്ടാകുന്നത്.

$$FeCl_3 + 3\,H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3\,HCl$$

ആർസീനിയസ് ഓക്സൈഡിന്റെ വളരെ നേർത്ത ജലലായനിയിൽ കൂടി ഹൈഡ്രജൻ സൽഫൈഡ് വാതകം കടത്തിവിടുമ്പോൾ ഉഭയവിഘടനം കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന As_2S_3 കൊളോയ്ഡീയാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. ഈ സോൾ മഞ്ഞനിറമുള്ളതാണ്.

$$As_2O_3 + 3\,H_2S \longrightarrow As_2S_3 + 3\,H_2O$$

കൊളോയ്ഡിയ ഗുണധർമങ്ങൾ

1. ഭിന്നാത്മകത: ഫിൽറ്ററർ പേപ്പറിൽ കൂടി സോൾകണങ്ങൾക്കു് കടന്നുപോകാവുന്നതിനാലും കാഴ്ചയിൽ കണങ്ങൾ വെവ്വേറെ കാണാൻ സാധിക്കാത്തതിനാലും സോളുകൾ ഏകാത്മകമായി തോന്നാം. അതായതു് സോൾ ഒരു ലായനിയാണെന്നു് തോന്നാം. എന്നാൽ സോൾ ഭിന്നാത്മകമാണെന്നു് സൂക്ഷ്മമായി പരിശോധിച്ചാൽ മനസ്സിലാകും. അതിസൂക്ഷ്മദർശിനിയിൽ (അൾട്രാമൈക്രോസ്കോപ്പു്) കൂടി സോൾ പരിശോധിക്കുമ്പോൾ അതിലുള്ള കണങ്ങൾ വെവ്വേറെ കാണാം. എന്നാൽ ചില ഗുണധർമങ്ങളിൽ സോളുകൾ ലായനികളോടു് സാമ്യമുള്ളവയാണു്. ഉദാഹരണമായി സോൾകണങ്ങളെ ഫിൽറ്ററർ പേപ്പർ കൊണ്ടു് അരിച്ചുമാറ്റാവുന്നതല്ല. (ലീനമെന്നപോലെ തന്നെ). ലായനികളെപ്പോലെ സോളുകളും നിശ്ചിതപരാസരണമർദമുള്ളവയാണു്.

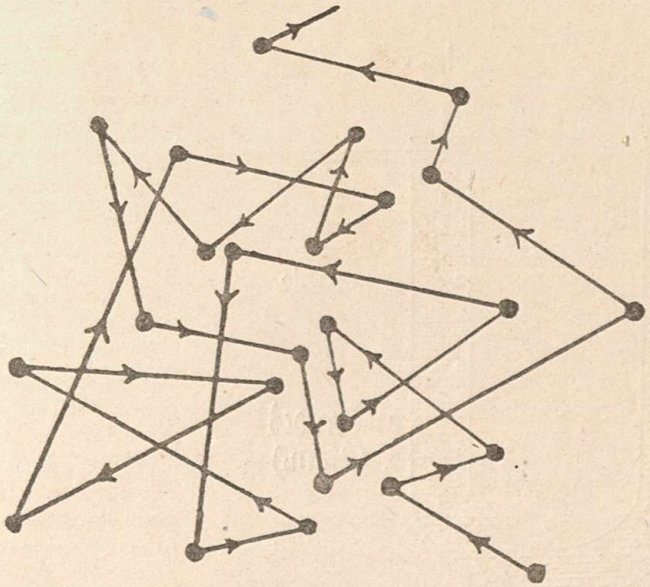
സോൾകണങ്ങളെ അരിച്ചുമാറ്റത്തക്കവണ്ണം സൂക്ഷ്മമായ രന്ധ്രങ്ങളുള്ള അൾട്രാഫിൽറ്ററുകൾ ഉണ്ടെന്നുള്ളതു് ശ്രദ്ധേയമാണു്.

2. ടിൻഡൽ പ്രഭാവം: സോൾകണങ്ങളിൽ പ്രകാശം പതിക്കുമ്പോൾ കിരണങ്ങൾ വികീർണനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. (ചിതറപ്പെടുന്നു). ഈ പ്രതിഭാസമാണു് ടിൻഡൽ പ്രഭാവം. നേരിയ സുഷിരങ്ങളിൽ കൂടി ഒരു മുറിക്കുള്ളിൽ കടക്കുന്ന സൂര്യകിരണത്തിൽ ധൂളികൾ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന കാഴ്ച നമുക്കെല്ലാം സുപരിചിതമാണല്ലോ. ധൂളികണങ്ങൾ പ്രകാശത്തെ ചിതറുന്നതിനാലാണിതു്. ഈ തത്വം പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയാണു് അൾട്രാമൈക്രോസ്കോപ് നിർമിച്ചിട്ടുള്ളതു്. ഇതിൽ തീവ്രമായ ഒരു പ്രകാശകിരണം സോളിൽ കൂടി കടന്നുപോകുന്നു. പ്രകാശകിരണത്തിന്റെ ദിശയ്ക്കു് കുത്തനായി ഘടിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള ഒരു സൂക്ഷ്മദർശിനിയിൽ കൂടി നോക്കുമ്പോൾ സോൾകണങ്ങൾ ആകാശത്തിൽ നക്ഷത്രങ്ങളെന്ന പോലെ ദൃശ്യമാകും. കണങ്ങളെ നേരിട്ടല്ല നാം കാണുന്നതു്. അവയുടെ പരിവേഷത്തെ (halos) ആണു്.

3. ബ്രൗണിയൻ ചലനം: അൾട്രാമൈക്രോസ്കോപ്പിൽ കൂടി ഒരു സോൾ പരിശോധിക്കുമ്പോൾ അതിലെ കണങ്ങൾ ദൃശ്യമാകുന്നതായി കണ്ടുവല്ലോ. ഈ കണങ്ങൾ അനസ്യൂതം ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതായി കാണാം. യാതൊരു ക്രമവും ചിട്ടയുമില്ലാത്ത ഈ ചലനത്തിനു് ബ്രൗണിയൻ ചലനം എന്നു പറയുന്നു. പരാഗത്തരികൾ ജലത്തിലിട്ടപ്പോൾ ഇത്തരം ചലനം ഉണ്ടെന്നു് റോബർട്ട് ബ്രൗൺ എന്ന സസ്യശാസ്ത്രജ്ഞൻ 1827 ൽ ആദ്യമായി കണ്ടുപിടിച്ചു. സോൾകണങ്ങളിൽ മാധ്യമതന്മാത്രകൾ ഏല്പിക്കുന്ന തട്ടലും മുട്ടലും കൊണ്ടാണു് ബ്രൗണിയൻ ചലനമുണ്ടാകുന്നതു്. (ചിത്രം 20–2 നോക്കുക).

ബ്രൗണിയൻചലനം പാരിമാണികമായി അളന്നു് കണങ്ങളുടെ വലിപ്പം, അവൊഗാഡ്രൊ സംഖ്യ മുതലായവ നിർണയിക്കാം.

4. ഇലക്ട്രോ ഫോറസനം അഥവാ കാറ്റഫോറസനം: ഒരു സോളിൽ കൂടി വിദ്യുത്പ്രവാഹം നടത്തുമ്പോൾ (ഇലക്ട്രോളിസിസിൽ എന്നപോലെ) കണങ്ങൾ ആനോഡിലേയ്ക്കോ കാഥോഡിലേയ്ക്കോ നീങ്ങുന്നതായി കാണാം. ഉദാഹരണമായി ആർസീനിയസ് സൽഫൈഡ് സോളിൽ



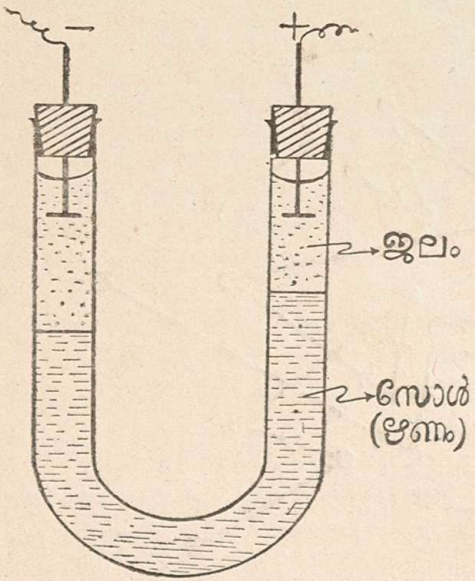
ചിത്രം 20_2

ഉള്ള കണങ്ങളും ആനോഡിലേക്കു് (ധന–ഇലക്ട്രോഡിലേയ്ക്കു്) സഞ്ചരിക്കുന്നതായി കാണാം. വിദ്യുത്പ്രവാഹംകൊണ്ടു് ഇലക്ട്രോഡിനെ ലക്ഷ്യമാക്കി സോളംകണങ്ങൾക്കു് ഉണ്ടാകുന്ന സംചലനത്തെയാണു് ഇലക്ട്രോഫോറസനം അഥവാ കാറഫോറസനം എന്നു പറയുന്നതു്. സോളംകണങ്ങൾക്കു് വിദ്യുത്ചാർജു് ഉണ്ടെന്നു ഇതിൽ നിന്നു അനുമാനിക്കാമല്ലൊ. പല ലോഹഓക്സൈഡുകളും ഹൈഡ്രോക്സൈഡുകളും ജലത്തിൽ ധനചാർജുള്ള സോളം കണങ്ങളായിട്ടാണു് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്. ലോഹസോളുകളിലും പല സൽഫൈഡു് സോളുകളിലും ഋണചാർജുള്ള കണങ്ങളാണുള്ളതു്. ഋണചാർജുള്ള കണങ്ങളാണെങ്കിൽ ധന ഇലക്ട്രോഡിലേക്കും ധനചാർജുള്ളവ ഋണഇലക്ട്രോഡിലേക്കും ആകൃഷ്ടമാകുന്നതിനാലാണു് ഈ സംചലനം ഉണ്ടാകുന്നതു്.

ഏതു് ഇലക്ട്രോഡിലേക്കു് സംചലനം നടക്കുന്നു എന്നു നോക്കി കണങ്ങളുടെ ചാർജു് ധനമോ ഋണമോ എന്നു നിശ്ചയിക്കാവുന്നതാണു്.

5. വിദ്യുത് ഓസ്മോസനം: വിദ്യുത് മണ്ഡലത്തിൽ കണങ്ങൾക്കു ചലനം ഉണ്ടാകുന്നതായി കണ്ടുവല്ലോ. എന്നാൽ കണങ്ങളെ അചലമായിവച്ചുകൊണ്ടു് വിദ്യുത്പ്രവാഹം നടത്തിയാൽ മാധ്യമം ചലിക്കുന്നതായി കാണാം. ഈ മാധ്യമത്തിന്റെ നീക്കത്തിനാണു് വിദ്യുത് ഓസ്മോസനം എന്നു പറയുന്നതു്.

6. സോളിന്റെ അവക്ഷേപണം അഥവാ കൊയാഗ്യുലീകരണം: ഒരു സോളിൽ ഏതെങ്കിലും ഇലക്ട്രൊറ്റു് ചേർത്താൽ അതിനു് സ്ഥിരത നഷ്ടപ്പെടുക



ചിത്രം 20_3

യും പ്രകീർണിതപദാർഥം അവക്ഷേപമായി വേർതിരിയുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയാണു് അവക്ഷേപണം അഥവാ കൊയാഗ്രുലീകരണം (Coagulation). സോളിൽ കണങ്ങളും പരസ്പരം ഒന്നിച്ചുകൂടി അവക്ഷേപിക്കാതിരിക്കുന്നതു് അവയുടെ ചാർജ്ജു കൊണ്ടാണു്. ഒരേ ചാർജ്ജുള്ള കണങ്ങളും പരസ്പരം വികർഷിക്കുന്നതിനാലാണു് അവ കൊയാഗ്രുലീകരിക്കാതിരിക്കുന്നതു്. എന്നാൽ ഇലക്ട്രൊളൈറ്റു് ചേർക്കുമ്പോൾ കണങ്ങളും അവയുടെ ചാർജിനു വിപരീതമായ ചാർജ്ജുള്ള അയോണുകളെ അധിശോഷണം ചെയ്യുകയും തദ്വാരാ അവയിലുണ്ടായിരുന്ന ചാർജിനെ നിഷ്ക്രിയമാക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോളാണു് കൊയാഗ്രുലീകരണം സംഭവിക്കുന്നതു്. ചാർജില്ലെങ്കിൽ കണങ്ങളുടെ സ്വാഭാവികമായ അവക്ഷേപണപ്രവണതയെ തടയാനുള്ള ഒന്നും തന്നെയില്ലല്ലോ.

പാലിൽ ഉപ്പുവെള്ളമോ, നാരങ്ങാനീരോ ഒഴിക്കുമ്പോൾ പിരിയുന്നതു് കൊയാഗ്രുലീകരണം കൊണ്ടാണു്. പാലിൽ കൊഴുപ്പുകളും പ്രോട്ടീനുകളും പ്രകീർണനം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുകയാണു്. ഉപ്പു്, നാരങ്ങാനീരു്, അമ്ലങ്ങളും മുതലായ ഏതെങ്കിലും ഇലക്ട്രൊളൈറ്റു് ചേർക്കുമ്പോൾ പ്രകീർണിതപദാർഥങ്ങൾ വേർതിരിയുന്നു.

റബ്ബർപ്പാലിൽ നിന്നു് റബ്ബർ വേർപെടുത്തുന്നതും കൊയാഗ്രുലീകരണം കൊണ്ടാണു്. റബ്ബർ പാൽ (കറ) ഒരു സോളാണു്. അസെറ്റിക് അമ്ലം അഥവാ ഫോർമിക് അമ്ലം ആണു് റബ്ബർ ഫാക്ടറികളിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നതു്.

നദീമുഖങ്ങളിൽ ഡെൽട്ടകൾ ഉണ്ടാകുന്നതും ഇലക്ട്രൊളൈറ്റുകളാൽ സംവേദിക്കുന്ന കൊയാഗ്രുലീകരണത്തിനു് ഉദാഹരണമാണു്. നദീജലത്തിലുള്ള കൊളോയ്ഡീയ മാലിന്യങ്ങളും സമുദ്രജലത്തിലെ ഇലക്ട്രൊളൈറ്റുകളുമായി (ലവണങ്ങൾ) സമ്പർക്കമുണ്ടാകുമ്പോഴാണല്ലോ ഡെൽട്ടകൾ ഉണ്ടാകുന്നതു്.

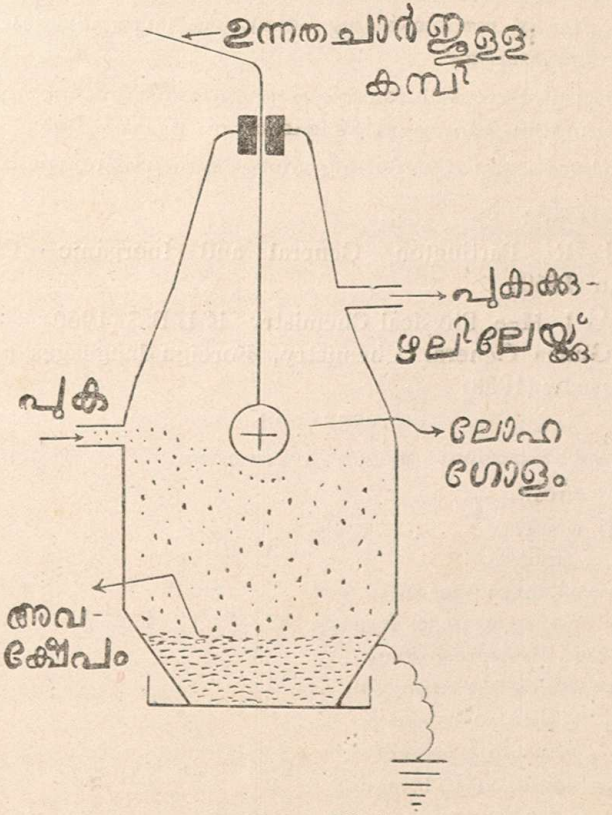
7. സംരക്ഷണം: ദ്രവസ്നേഹി സോളുകൾ വളരെ സ്ഥിരതയുള്ളവയാണു്. അതായതു് അവയെ എളുപ്പത്തിൽ കൊയാഗ്രുലീകരിക്കാവുന്നതല്ല. ഇവയുടെ സാന്നിധ്യമുണ്ടെങ്കിൽ ദ്രവവിരോധി സോളുകൾക്കും സ്ഥിരതയുണ്ടാകുന്നുണ്ടു്. ഉദാഹരണമായി ഒരു ഗോൾഡ് സോളിൽ അല്പം സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് ചേർത്താൽ

അവക്ഷേപണം നടക്കുന്നു. എന്നാൽ സ്റ്റാർച്ച് ലായനിയോ മറ്റേതെങ്കിലും ദ്രവസ്നേഹിസോളോ ചേർത്തു കഴിയുമ്പോൾ ഗോൾഡ് സോളിനെ കൊയാഗുലീകരിക്കാൻ ആദ്യത്തേതിലും അധികം സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് വേണ്ടിവരുന്നു. സ്വസാന്നിധ്യത്താൽ ഒരു ദ്രവവിരോധി സോളിനെ സ്ഥിരീകരിക്കുന്ന ദ്രവസ്നേഹിസോളിന്റെ ഗുണധർമത്തിനാണ് സംരക്ഷണം എന്നു പറയുന്നത്. മിക്ക ദ്രവവിരോധിസോളും നിർമിക്കുമ്പോൾ സംരക്ഷകപദാർഥങ്ങൾ ചേർക്കാറുണ്ട്.

കൊളോയ്ഡുകളുടെ പ്രയോഗവും പ്രയോജനവും

(1) ശരീരത്തിനുള്ളിൽ കൊളോയ്ഡീയ പദാർഥങ്ങൾക്ക് കൂടുതൽ പ്രവർത്തനക്ഷമതയുണ്ട്. അതിനാൽ പല ഔഷധങ്ങളും കൊളോയ്ഡീയ രൂപത്തിലുള്ളവയാണ്. കൊളോയ്ഡീയ സൽഫർ, സിൽവർ സോൾ, കോഡ്ലിവർ ഓയിൽ എമൽഷൻ മുതലായവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

(2) പുക ഒരു ഏറോസോൾ ആണല്ലോ. അതിനാൽ കണങ്ങൾക്ക് ചാർജ് ഉണ്ടായിരിക്കും. ഈ ചാർജ് പ്രയോജനപ്പെടുത്തി വ്യവസായശാലകളിൽ പുക



ചിത്രം 20_4

ക്കുഴലിലേക്ക് ഉയരുന്ന മിശ്രിതത്തിൽ നിന്നും കണങ്ങളെ വിദ്യുത്മണ്ഡലത്തിൽ കൂടി കടത്തി അവക്ഷേപണം ചെയ്യാ മാറാറുണ്ട്. (ചിത്രം 20_4). ഇത്തരം പുകകളിൽ ഉള്ള ചില രാസവസ്തുക്കളെ വീണ്ടെടുക്കുന്നതിനും ഈ മാർഗം സ്വീകരിക്കുന്നു.

(8) റബ്ബർപാലിൽ (latex)ഉള്ള കണങ്ങളുടെ വിദ്യുത്മണ്ഡലത്തിലുള്ള സംചലനം (ഇലക്ട്രോഫോറസനം) പ്രയോജനപ്പെടുത്തി ലോഹവസ്തുക്കളിലും മറും റബ്ബർ ലേപനം നടത്താറുണ്ട്.

(4) വിദ്യുത് ഓസ്മോസനം ഉപയോഗിച്ച് കൽക്കരി, കളിമണ്ണ് മുതലായവയിലെ ജലാംശം മാറാം.

(5) ജലശുദ്ധീകരണത്തിൽ കൊയാഗ്രുലീകരണതത്വം ഉപയോഗിച്ച് കൊളോയ്ഡീയ മാലിന്യങ്ങളെ കളയാറുണ്ട്.

(6) ആഹാരപദാർഥങ്ങളും ദഹിച്ചുചേരാൻ വേണ്ടി പലപ്പോഴും അവയെ കൊളോയ്ഡീയ രൂപത്തിലാക്കാറുണ്ട്. അരി, മരച്ചീനി മുതലായവ വേവിക്കുന്നതു് ഇക്കാരണത്താലാണു്.

(7) പ്രോട്ടീനുകളും മുതലായവയെ തിരിച്ചറിയുന്നതിനും അവയെ വിശ്ലേഷണം ചെയ്യുന്നതിനും മറും ഇലക്ട്രോഫോറസനം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

(8) പലതരം രത്നങ്ങളും വർണഗ്ലാസുകളും കൊളോയ്ഡുകളാണു്.

തുടർന്നു വായിക്കുക:

(1) J. R. Partington, General and Inorganic Chemistry. Mac Millan (1960)

(2) A. J. Mee, Physical Chemistry. E L B S (1960)

(3) Glinka. General Chemistry, Foreign languages publlshing house, Moscow (1958)

അഭ്യാസം

1. താഴെ പറയുന്നവ എന്തെന്നു് വ്യക്തമാക്കുക.

(a) സോൾ
(b) ജെൽ
(c) എമൽഷൻ
(d) ടിൻഡൽ പ്രഭാവം
(e) കൊളോയ്ഡീയ വലിപ്പം
(f) ബ്രൗണിയൻ ചലനം
(g) ഇലക്ട്രോഫോറസനം
(h) ദ്രവസ്നേഹിസോൾ
(i) കൊയാഗ്രുലീകരണം
(j) വൈദ്യുതപ്രകീർണനം.
(k) ഏറോസോൾ

(l) സംരക്ഷണം

(m) പെപ്റ്റീകരണം

2. ഒരു കൊളോഡീയ വ്യൂഹവും ലായനിയും തമ്മിൽ താരതമ്യപ്പെടുത്തുക.

3. അൾട്രാമൈക്രോസ്കോപ് എന്നാൽ എന്ത്?

4. താഴെപ്പറയുന്ന സോളുകളെ എങ്ങിനെയുണ്ടാക്കാം?

(i) ഗോൾഡ് സോൾ

(ii) സൾഫർ സോൾ

(iii) സ്റ്റാർച്ച് സോൾ

(iv) ആർസീനിയസ് സൾഫൈഡ് സോൾ

5. ഇലക് ട്രോഫോറസനത്തിന്റെ പ്രയോജനങ്ങൾ ഏവ?

6. ദ്രവവിരോധി സോളുകൾക്ക് വിദ്യുത് ചാർജ് ഉണ്ടെന്നും ഈ ചാർജ് ഉള്ളതു കൊണ്ടാണ് അവസ്സ് അസ്ഥിത്വം ഉള്ളതെന്നും എങ്ങിനെ തെളിയിക്കാം?

7. ദ്രവസ്നേഹി സോളുകളെ കായാഗ്രലീകരിക്കാൻ ദ്രവവിരോധി സോളുകളെ അപേക്ഷിച്ച് കൂടുതൽ ഇലക്ട്രൊലൈറ്റ് ആവശ്യമാണ്. എന്തുകൊണ്ട്?

8. പ്രകാശം സോൾ കണങ്ങളിൽ തട്ടിച്ചിതറുമ്പോൾ (ടിൻഡൽ പ്രഭാവം) കുറഞ്ഞ തരംഗദൈർഘ്യം (wavelength) ഉള്ള പ്രകാശം കൂടുതലായി ചിതറപ്പെടുന്നു. ഈ തത്വം കൊണ്ട് ആകാശത്തിന്റെ നീലനിറം എങ്ങിനെയുണ്ടാകുന്നു എന്ന് വ്യക്തമാക്കുക.

9. ആർസിനിയസ് സൾഫൈഡ് അവക്ഷേപണം കൊണ്ട് നിർമിച്ച പ്രോം നിങ്ങൾക്ക് കിട്ടുന്നു ഒരു സോൾ ആണെങ്കിൽ അതിൽ നിന്ന് നിങ്ങൾ എങ്ങിനെ As_2S_3 വേർ തിരിച്ചെടുക്കും?

ഇരുപത്തിഒന്നു്

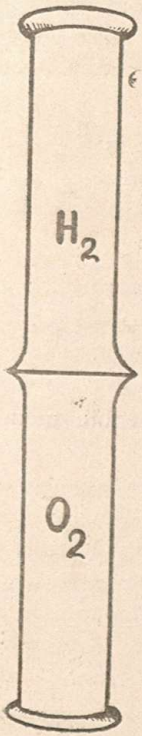
വിസരണവും ഓസ്മോസനവും

A. വിസരണം

മിശ്രണീയങ്ങളായ പദാർഥങ്ങളം തമ്മിലുള്ള സ്വയം വ്യാപനമാണു് വിസരണം. ഒരു മുറിക്കകത്തു് എവിടെയെങ്കിലും ഒരു കുപ്പി അമോണിയാ ലായനി തുറന്നാലുടൻ അമോണിയാ വാതകത്തിന്റെ രൂക്ഷമായ ഗന്ധം മുറിക്കുള്ളിലെല്ലാം അനുഭവപ്പെടുന്നു, അതുപോലെ തന്നെ ഒരു സെന്റുകുപ്പി ഒരു സ്ഥലത്തു വച്ചു് തുറന്നാലും അതിന്റെ സുഗന്ധം എല്ലായിടത്തും നിമിഷങ്ങൾക്കകം വ്യാപിക്കുന്നു. ഗന്ധമുണ്ടാക്കുന്ന പദാർഥം മുറിയിലെ വായുവുമായി സ്വയമേവ മിശ്രണം സംഭവിക്കുന്നതിനാലാണിതു്. അതായതു് പദാർഥം വിസരണം കൊണ്ടു് ഒരിടത്തു നിന്നു് മറ്റിടങ്ങളിലേക്കു് വ്യാപിക്കുന്നു. ഒരു ലായനിയും ലായകവും തമ്മിൽ സമ്പർക്കത്തിലിരുന്നാലും വിസരണം ദൃശ്യമാകും. ഉദാഹരണമായി അല്പം പൊട്ടാസിയം പെർമാൻഗനേറ്റു് ലായനി ഒരു ടെസ്റ്റു് ട്യൂബിൽ എടുത്തു് അതിനു മുകളിലായി ശ്രദ്ധിച്ചു് കുറെ ജലം ഒഴിച്ചുവെക്കുക. മുകളിൽ ജലവും ചുവട്ടിൽ പിങ്കു് നിറമുള്ള ലായനിയും ആയിരിക്കും. എന്നാൽ അല്പസമയത്തിനുള്ളിൽ പിങ്കു്നിറം മുകളിലേക്കും വ്യാപിക്കുന്നതു കാണാം. ഒടുവിൽ ഏകാത്മകമായ ഒരു ലായനി ഉണ്ടാകുന്നതുവരെ വിസരണം തുടരുന്നു. ഇതുപോലെ തന്നെ ജലവും ആൽക്കഹോളും തമ്മിൽ സമ്പർക്കത്തിലിരുന്നാലും വിസരണം സംഭവിക്കുന്നതായി കാണാം. വാതകങ്ങളിലും ദ്രവങ്ങളിലും ലായനികളിലും മാത്രമല്ല വിസരണം സംഭവിക്കുന്നതു്. ഖരങ്ങളിലും വിസരണം ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടു്. എന്നാൽ ദ്രവാവസ്ഥയിൽ (fluid) തന്മാത്രകൾ അഥവാ അയോണുകൾ ചഞ്ചലങ്ങളാണു്. അവയ്ക്കു് നിശ്ചിതമായ സ്ഥാനമൊന്നുമില്ല.അവ സഞ്ചരിച്ചുകൊണ്ടാണിരിക്കുന്നതു്. അതിനാൽ ദ്രവങ്ങളിൽ വിസരണം വളരെ എളുപ്പത്തിൽ സംഭവിക്കുന്നു. അതായതു് ദ്രവാവസ്ഥയിൽ വിസരണവേഗം താരതമ്യേന കൂടുതലാണു്. ഖരങ്ങളിൽ കാണുന്ന പ്രത്യേകത അവയുടെ ദൃഢതയാണു്. ഇതിനു കാരണം ഖരങ്ങളിലുള്ള ഘടകമാത്രകൾ നിശ്ചിതസ്ഥാനങ്ങളിൽ ഏറെക്കുറെ ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണു്.എങ്കിലും ഖരങ്ങളിലും ഘടകമാത്രകൾക്കു് അല്പസ്വല്പം ചലനങ്ങൾ

ധ്യമായതിനാൽ അവയിലും വിസരണം സംഭവിക്കുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ വിസരണവേഗം വളരെ കുറഞ്ഞിരിക്കുമെന്നുമാത്രം. ചെമ്പുകൊടിമരങ്ങളിൽ സ്വർണം പൂശാറുണ്ടല്ലോ. എന്നാൽ കാലക്രമത്തിൽ സ്വർണം ചെമ്പിനുള്ളിലേയ്ക്ക് വിസരിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ് ''ചെമ്പുതെളിയുന്നതു''. ഖരങ്ങളിലെ വിസരണവേഗം ഉയർന്ന താപനിലയിൽ കൂടിയിരിക്കും. സിമന്റേഷൻ പ്രക്രിയയിൽ ഉരുക്കുണ്ടാക്കുന്നതു് കാർബണിന്റെ ഇരുമ്പിലേയ്ക്കുള്ള വിസരണത്തെ ആസ്പദമാക്കിയാണു്. ഖരം, ദ്രവം, വാതകം എന്നീ മൂന്നവസ്ഥകളിലും വിസരണം സംഭവിക്കുമെന്നു് വ്യക്തമായല്ലോ, തന്മാത്രകളുടെ സ്വയം മിശ്രണമാണു് വിസരണം. അതിനാൽ അവസ്ഥകളുടെ സംരചനാവ്യത്യാസം കൊണ്ടു് വാതകങ്ങളിൽ വിസരണം ഏറ്റവും വേഗത്തിൽ സംഭവിക്കുമെന്നും ദ്രാവാവസ്ഥയിൽ അതിലും സാവധാനത്തിലും ഖരാവസ്ഥയിൽ ഏറ്റവും മന്ദമായും സംഭവിക്കുമെന്നും മനസ്സിലാക്കാം.

വിസരണം ഘനത്വത്തെ ആശ്രയിച്ചല്ല സംഭവിക്കുന്നതു് ഉദാഹരണമായി ഓക്സിജൻ നിറച്ച ഒരു വാതകജാർ തുറന്നുവച്ചു് അതിനുമുകളിൽ ഹൈഡ്രജൻ നിറച്ച ഒരു വാതക ജാർ കമഴ്ത്തിവെയ്ക്കുക, (ചിത്രം 21_1). സാധാരണഗതിയിൽ ഘനത്വം വളരെ കുറഞ്ഞ ഹൈഡ്രജൻ മുകളിൽതന്നെ നിൽക്കുമെന്നും



ചിത്രം 21_1

ഘനത്വംകൂടിയ ഓക്സിജൻ ചുവട്ടിലത്തെ ജാറിൽതന്നെ നില്ക്കുമെന്നും പ്രതീക്ഷിക്കാം. എന്നാൽ അല്പനേരം കഴിഞ്ഞു് രണ്ടു ജാറുകളും പരിശോധിച്ചാൽ അവയിൽ രണ്ടിലും ഹൈഡ്രജൻ–ഓക്സിജൻ മിശ്രിതമാണുള്ളതെന്നു് മനസ്സിലാകും. അതായതു്, ഘനത്വം കൂടുതലുണ്ടെങ്കിലും ഓക്സിജൻ മുകളിലേക്കും ഘനത്വം കുറഞ്ഞ ഹൈഡ്രജൻ കീഴോട്ടും വിസരിക്കുന്നു എന്നു് സ്പഷ്ടമാണു്. അതുപോലെ തന്നെ അല്പം ഗ്ലിസറിൻ ഒരു ടെസ്റ്റു് ട്യൂബിൽ എടുക്കുക അതിനു മുകളിൽ കുറെ ജലം ഒഴിച്ചു നിർത്തുക. ദ്രവങ്ങളും ക്രമേണ വിസരിക്കുന്നു. ഒടുവിൽ ഏകാത്മകമായ മിശ്രിതം ലഭിക്കുന്നു. ഇതിലും ഘനത്വം കൂടിയ ഗ്ലിസറിൻ മുകളിലേയ്ക്കും ഘനത്വം കുറഞ്ഞ ജലം കീഴ്പോട്ടും വിസരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും വിസരണം ഘനത്വത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല എന്നു് സ്പഷ്ടമാണല്ലോ.

വാതകങ്ങളുടെ വിസരണത്തെപ്പറ്റി വാതകനിയമങ്ങളെ ചർച്ച ചെയ്തിട്ടുള്ള അദ്ധ്യായത്തിൽ സവിസ്തരം പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ടു്. വിസരണവേഗത്തെസംബന്ധിക്കുന്ന ഗ്രഹാം നിയമവും അതിന്റെ പ്രയോജനങ്ങളും അവിടെ വിവരിച്ചിട്ടുണ്ടു്.

പ്രത്യേകിച്ച വാതകങ്ങളുടെ തന്മാത്രാഭാരം നിർണയിക്കുന്നതിനും വാതകമിശ്രിതങ്ങളെ വേർതിരിക്കുന്നതിനും (അറ്റ്മോളിസിസ്) വാതകവിസരണം ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നതായി കണ്ടുവല്ലൊ,

ദ്രാവാവസ്ഥയിലുള്ള വിസരണത്തെപ്പറ്റി പഠനം നടത്തുന്നതിനിടയിലാണ് ഗ്രഹാം കൊളോയ്ഡീയാവസ്ഥ കണ്ടുപിടിച്ചത് (അധ്യായം 20). ലീനങ്ങളുടെ വിസരണം ഉപയോഗിച്ച പല പദാർഥങ്ങളും പ്രകൃതിവസ്തുക്കളിൽ നിന്ന് വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നുണ്ട്. അതുപോലെതന്നെ വിസരണവേഗം നിർണയിച്ച് കൊളോയ്ഡീയകണങ്ങളുടെയും പ്രോട്ടീനുകൾ, പ്ലാസ്റ്റിക്കുകൾ മുതലായ പൊളിമെറുകളുടെയും വലിപ്പവും തന്മാത്രാ ഭാരവും നിർണയിക്കാവുന്നതാണ്.

ഐസോട്ടോപ്പുകളെ വേർതിരിച്ചെടുക്കാനും വിസരണം പ്രയോജനപ്പെടുന്നുണ്ട്.

കൽക്കരിഖനികളിലുണ്ടാകുന്ന പല സ്ഫോടനങ്ങൾക്കും കാരണം അവിടെയുണ്ടാകുന്ന മീഥേൻ വാതകമാണ്. ഘനത്വം കുറഞ്ഞ ഈ വാതകത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തെപ്പറ്റി മുന്നറിയിപ്പ് ലഭിക്കുന്നതിലുള്ള ഉപകരണത്തിൽ ഇതിന്റെ കൂടിയ വിസരണവേഗം (ഘനത്വം കുറവായതിനാൽ) പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നുണ്ട്.

വാതകമിശ്രിതങ്ങളുടെ സംഘടനം നിർണയിക്കുന്നതിനും വിസരണം ഉപയോഗിക്കാം.

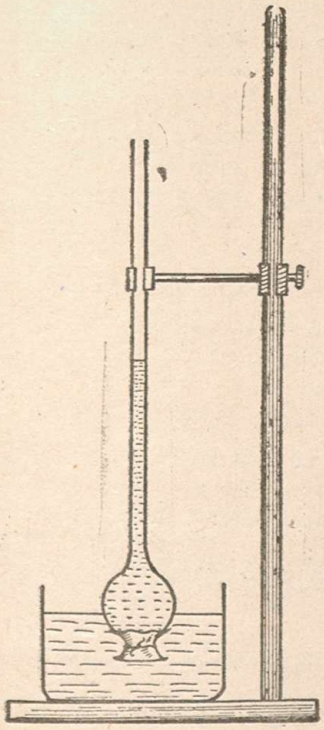
മുറിക്കുള്ളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന മലിനവായു പുറംതള്ളപ്പെടുന്നതു വിസരണം കൊണ്ടുകൂടിയാണ്. മുറികൾക്ക് വലിയ ജനാലകൾ ഉണ്ടെങ്കിൽ മലിനവായു കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ വിസരിച്ച് ശുദ്ധവായു ലഭിക്കാൻ സഹായകമാകും.

B. ഓസ്മോസനം

പിഗ്സ്ബ്ലാഡർ (പന്നിയുടെ ബ്ളാഡർ), മൃഗയുടെ അകത്തെ കടലാസുപോലുള്ള ചർമം, മുട്ടയുടെ പുറംതോടിനുള്ളിലെ നേരിയ ചർമം മുതലായ ചർമങ്ങൾക്ക് ലായനികളിലെ ലീനപദാർഥത്തെ തടഞ്ഞുനിർത്തുവാനുള്ള ശേഷിയുണ്ട്. എന്നാൽ ലായകത്തിനു അവയിൽകൂടി കടന്നുപോകാനും കഴിയും. ഇത്തരം ചർമങ്ങളെ അർധപാരഗമ്യ ചർമങ്ങൾ (semipermeable membranes) എന്നു പറയുന്നു.

അർധപാരഗമ്യചർമത്താൽ വ്യത്യസ്തസാന്ദ്രതകളുള്ള രണ്ടു ലായനികളെ വേർതിരിച്ചുവെച്ചാൽ അതായതു് ചർമത്തിന്റെ ഒരു വശത്തു് സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ ലായനിയും (അല്ലെങ്കിൽ ലായകം) മറുവശത്തു് സാന്ദ്രത കൂടിയ ലായനിയും വരത്തക്കവണ്ണം വെച്ചിരുന്നാൽ സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ ലായനിയിൽനിന്നു ലായകം സാന്ദ്രത കൂടിയ ലായനിയിലേക്കു സ്വയമേവ വിസരിക്കുന്നതായികാണാം. അർധപാരഗമ്യ ചർമത്തിൽ കൂടിയുള്ള ഒരു ലായകത്തിന്റെ വിസരണത്തെയാണ് ഓസ്മോസനം എന്നു പറയുന്നതു്. ചർമമില്ലെങ്കിൽ ലീനവും ലായകവും പരസ്പരം വിസരിച്ച് ലായനികം ഏകാത്മകമായിത്തീരും. എന്നാൽ ചർമത്തിൽ കൂടി ലീനങ്ങൾക്ക് കടന്നുപോകാൻ സാധ്യമല്ലാത്തതിനാൽ ലായകം മാത്രം വിസരിക്കുന്നു.

ഒരു തിസിൽ ഫണലിന്റെ വായ് മൂട്ടത്തോടിനകത്തെ ചർമം കൊണ്ട് അടച്ചുകെട്ടി അതിനുള്ളിൽ അല്പം പഞ്ചസാരലായനി ഒഴിക്കുക. ലായനിയോട്ടുകൂടി ഫണൽ ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ (ചിത്രം 21–2) ഒരു ബീക്കറിലെ ജലത്തിൽ കമഴ്ത്തി നിർത്തുക. ഫണലിനകത്തെ ലായനിയുടെ തലം ഒരു റബ്ബർ വലയം കൊണ്ട് അടയാളപ്പെടുത്തുക. കുറച്ചു സമയത്തിനു ശേഷം നോക്കുമ്പോൾ ലായനിയുടെ തലം ഉയർന്നിട്ടുള്ളതായി കാണാം. ബീക്കറിൽ നിന്നു ലായകം (ജലം) ലായനിയിലേക്ക് ചർമത്തിൽ കൂടി വിസരിക്കുന്നതിനാലാണിതു്. അതായതു് ഓസ്മോസനം നടക്കുന്നു. ഓസ്മോസനം ക്രമേണ സ്വയമേവ നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കും. ഒടുവിൽ ലായനിയുടെ തലം സ്ഥിരമായി നിൽക്കുന്ന ഒരവസ്ഥയുണ്ടാകുന്നു. കാരണം, ലായനിയുടെ തലം ഉയരുന്തോറും ഫണലിനകത്തു് ലായനിയുടെ സ്തംഭത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ദ്രവസ്ഥിതികമർദം കൂടിവരുന്നു. ലായകത്തിന്റെ ഉള്ളിലേയ്ക്കുള്ള സ്വയംപ്രവേശനബലത്തോടു് തുല്യമായ ദ്രവസ്ഥിതികമർദം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ആണു് തലം സ്ഥിരമായി നിൽക്കുന്നതു്—അതായതു് സന്തുലനാവസ്ഥയുണ്ടാകുന്നതു്—. അപ്പോൾ സന്തുലനാവസ്ഥയിലുള്ള ദ്രവസ്ഥിതികമർദം ഓസ്മോസനബലത്തിന്റെ അളവായി കണക്കാക്കാവുന്നതാണു്. ഈ മർദത്തെയാണു് ''ഓസ്മോസനമർദം'' എന്നു പറയുന്നതു്. ഒരു ലായകവും ലായനിയും തമ്മിൽ ഒരു അർധപാരഗമ്യചർമം കൊണ്ടു് വേർതിരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ലായനിയിലേക്കുള്ള ലായകത്തിന്റെ പ്രവാഹത്തെ (ഓസ്മോസനത്തെ) തടയുന്നതിനു് വേണ്ട മർദമാണു് ആ ലായനിയുടെ ഓസ്മോസനമർദം എന്നു് നിർവചിക്കാം.



ചിത്രം 21–2

ഒരു ലായനിയും ലായകവും അർധപാരഗമ്യ ചർമത്തിന്റെ ഇരുവശത്തുമായി സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യണമെങ്കിൽ ലായനിക്കു് ലായകത്തിന്റെതിനേക്കാൾ കൂടിയ മർദം ആവശ്യമാണു്. ഈ സ്ഥിതിയിൽ ഉള്ള മർദവ്യത്യാസമാണു് ഓസ്മോസനമർദം എന്നും പറയാം. ലായനിയുടെ വശത്തുള്ള മർദം ഓസ്മോസനമർദത്തെക്കാൾ കൂടുതലായാൽ ലായനിയിൽ നിന്നു് ലായക-

മാത്രം ചർമത്തിൽ കൂടി പുറത്തേക്കു് ഒഴുകുന്നു. ഇതിനു് വിലോമഓസ്മോസനം എന്നു പറയുന്നു. ഈ തത്വം പ്രയോജനപ്പെടുത്തി സമുദ്രജലത്തെ ശുദ്ധജലമാക്കാൻ സാധിക്കുമെന്നു് കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്.

ഓസ്മോസനമർദം നിർണയിക്കുമ്പോൾ പ്രകൃതിലഭ്യങ്ങളായ ചർമങ്ങളേക്കാൾ ഉത്തമമായ കൃത്രിമഅർധപാരഗമ്യചർമങ്ങളാണു് ഉപയോഗിക്കുന്നതു്. സരന്ധ്രമായ പിഞ്ഞാണപ്പാത്രത്തിന്റെ സുഷിരങ്ങളിൽ കോപ്പർ ഫെറോസയനൈഡു് നിക്ഷേപിച്ചാൽ അതു് ഒന്നാംതരം അർധപരഗമ്യചർമമായി പ്രവർത്തിക്കും. മുട്ടത്തോടിനകത്തുള്ള ചർമവും പ്രകൃതിയിൽ നിന്നു കിട്ടുന്ന മറ്റു ചർമങ്ങളും തികച്ചും അർധപാരഗമ്യങ്ങളല്ല. കൂടാതെ ലായനികളുടെ ഓസ്മോസനമർദത്താൽ അവ പൊട്ടിപ്പോകുന്നുമുണ്ടു്. കാരണം, അവ ദുർബ്ബലങ്ങളാണു്. എന്നാൽ കോപ്പർ ഫെറോസയനൈഡു് ചർമം ദൃഢവും പ്രബലവുമാണു്, അതിനാൽ ഓസ്മോസനമർദം നിർണയിക്കുന്നതിനു് ഇത്തരം കൃത്രിമ ചർമമാണുപയോഗിക്കുന്നതു്.

ഓസ്മോസന നിയമങ്ങൾ

ലായനികളുടെ ഓസ്മോസനമർദം നിർണയിക്കപ്പെട്ടപ്പോൾ, ഈ ഗുണധർമം ശ്രദ്ധേയമായ ചില നിയമങ്ങൾക്കു് അനുസൃതമാണെന്നു് വാൻറ്റ്ഹോഫ് കണ്ടുപിടിച്ചു. രസതന്ത്രത്തിലെ താത്വികവശങ്ങളെപ്പറ്റി വളരെയേറെ ഗവേഷണം നടത്തിയിട്ടുള്ള ഈ ശാസ്ത്രജ്ഞനാണു് ആദ്യത്തെ നോബൽ സമ്മാനത്തിനു് അർഹനായതു് (1901). ഓസ്മോസനമർദം ലായനിയുടെ സാന്ദ്രത, താപനില എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധങ്ങളാണു് താഴെ പറയുന്ന ഓസ്മോസന നിയമങ്ങൾ.

(a) സ്ഥിരമായ താപനിലയിൽ ഒരു ലായനിയുടെ ഓസ്മോസനമർദം അതിന്റെ സാന്ദ്രതയുടെ ക്രമാനുപാതികമായിരിക്കും. ലായനിയുടെ ഓസ്മോസനമർദം π എന്നും അതിന്റെ സാന്ദ്രത 'C' എന്നും ചിത്രീകരിച്ചാൽ ഈ നിയമപ്രകാരം

$$\pi \propto C$$

സാന്ദ്രത മോളാരിറ്റി (മോൾ/ലിറ്റർ) ആണെങ്കിൽ ഒരു മോൾ ലീനം $\frac{1}{C}$ ലിറ്റർ ലായനിയിലായിരിക്കും ലയിച്ചിട്ടുള്ളതു്. ഈ വ്യാപ്തം V ആണെങ്കിൽ

$$V = \frac{1}{C}$$

$$\therefore \quad \pi \propto \frac{1}{V}$$

$$\therefore \quad \pi V = K_1, \text{ ഒരു സ്ഥിരാങ്കം.}$$

ഈ വസ്തുത ബോയ്ൽ നിയമത്തെ അനുസ്മരിപ്പിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഈ നിയമത്തെ ബോയ്ൽ–വാൻറ്റ് ഹോഫ് നിയമം എന്നു പറയുന്നു.

(b) ''നിശ്ചിത സാന്ദ്രതയുള്ള ഒരു ലായനിയുടെ ഓസ്മോസനമർദം അതിന്റെ കേവല താപനിലയുടെ ക്രമാനുപാതികമായിരിക്കും''.

ഇതു് ചാൾസ് നിയമത്തോടു് സാദൃശ്യമുള്ളതാകയാൽ ഇതിനു് ചാൾസ്–വാൻറ്ഹോഫ് നിയമം എന്നു പറയുന്നു. ഈ നിയമപ്രകാരം

$$\pi \propto T$$

$$\therefore \quad \frac{\pi}{T} = K_2 \text{ , ഒരു സ്ഥിരാങ്കം.}$$

(T = കേവല താപനില).

രണ്ടു നിയമങ്ങളും കൂടി ചേർത്തു് സാമാന്യ വാതകനിയമംപോലെ,

$$\frac{\pi V}{T} = R, \text{ ഒരു സ്ഥിരാങ്കം}$$

എന്നു് കിട്ടുന്നു. അതായതു്

$$\pi V = RT.$$

ഈ സ്ഥിരാങ്കം (R) മോളാർ വാതകസ്ഥിരാങ്കം തന്നെയാണെന്നു് പരീക്ഷണങ്ങളം തെളിയിച്ചു.

$$V = \frac{1}{C}$$

$$\therefore \quad \underline{\pi = RTC}$$

ഈ സമീകരണം ഉപയോഗിച്ചു് ഒരു ലായനിയുടെ ഓസ്മോസനമർദത്തിൽ നിന്നു് അതിലെ ലീനത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം കണക്കാക്കാം. സാന്ദ്രത മോൾ/ലിറ്റർ മാത്രയിലും ഓസ്മോസനമർദം അന്തരീക്ഷമാത്രയിലും ആണെങ്കിൽ R = 0.08204 ലിറ്റർ–അന്തരീക്ഷം ആയിരിക്കും. ഒരുദാഹരണം നോക്കുക.

8 ഗ്രാം ലീനം 100 മിലി ജലത്തിൽ അലിയിച്ചുകിട്ടുന്ന ഒരു ലായനിയുടെ ഓസ്മോസനമർദം 4.5 അന്തരീക്ഷമാണു്. ലായനിയുടെ താപനില 27°C ആണെങ്കിൽ ലീനത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം എത്ര?

പരികലനം:

100 മിലി ലായനിയിലുള്ള ലീനം = 8 ഗ്രാം.

1 ലിറ്റർ ലായനിയിലുള്ള ലീനം $= \frac{8}{100} \times 1000$

$= 80$ ഗ്രാം

ലീനത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം x എന്നിരിക്കട്ടെ.

$\therefore$ ലായനിയുടെ മോളാർ സാന്ദ്രത $= \frac{80}{x}$ മോൾ/ലിറ്റർ

$T = 27 + 273 = 300$

$\pi = 4.5$; $\pi = RTC$

$\therefore 4.5 = .08204 \times 300 \times \frac{80}{x}$

$\therefore x = \frac{08204 \times 300 \times 80}{4.5}$

$= 437\ 6$

ലീനത്തിന്റെ തന്മാത്രാഭാരം = 437.6

ഐസോട്ടോണിക ലായനികൾ അഥവാ സമഓസ്മോസന ലായനികൾ

ഒരേ മോളാർ സാന്ദ്രതയുള്ള ലായനികൾക്കു് ഒരേ ഓസ്മോസനമർദം ആയിരിക്കണമല്ലോ (ലീനം ഏതായിരുന്നാലും). ഒന്നാംനിയമത്തിൽ നിന്നു് ഈ വസ്തുത വ്യക്തമാണു്. ഒരേ ഓസ്മോസനമർദമുള്ള ലായനികളെ ഐസോട്ടോണിക ലായനികൾ (സമഓസ്മോസനലായനികൾ) എന്നു പറയുന്നു. ഐസോട്ടോണിക ലായനികൾ തമ്മിൽ ഓസ്മോസനം നടക്കുകയില്ല. ഐസോട്ടോണികമല്ലാത്ത ലായനികളാണെങ്കിൽ സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതിൽ നിന്നു് സാന്ദ്രത കൂടിയ ലായനിയിലേക്കു് ലായകം ഓസ്മോസനം കൊണ്ടു് പ്രവഹിക്കുന്നു.

ഓസ്മോസനം കൊണ്ടുള്ള പ്രയോജനങ്ങൾ

1. ലീനങ്ങളുടെ തന്മാത്രാഭാരം നിർണയിക്കാൻ ഓസ്മോസനമർദം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

2. വിലോമഓസ്മോസനം കൊണ്ടു് സമുദ്രജലത്തിൽ നിന്നു് ശുദ്ധജലം നിർമിക്കാം.

3. ജീവജാലങ്ങളുടെ നിലനില്പിനു് ആസ്പദമായ പല പ്രക്രിയകളും ഓസ്മോസനം കൊണ്ടാണു് സംഭവിക്കുന്നതു്.

4. രോഗികൾക്കു് ഉപ്പും ഗ്ലൂക്കോസും കലർത്തിയ ലായനി നേരിട്ടു് രക്തത്തിലേക്കു് കടത്തിവിടേണ്ടിവരുമ്പോൾ രക്തകോശങ്ങളിലെ ലായനിയുമായി ഐസോട്ടോണികമായ ലായനിയാണുപയോഗിക്കുന്നതു്.

5. രക്തകോശങ്ങളിലും സസ്യകോശങ്ങളിലും അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ലായനികളിൽ എത്രമാത്രം ലീനം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു എന്നു് നിർണയിക്കാൻ ഓസ്മോസനം ഉപയോഗിക്കുന്നു. പല സാന്ദ്രതയിലുള്ള സോഡിയം ക്ലോറൈഡു് ലായനികളിൽ കോശങ്ങളെ മുക്കിവെക്കുമ്പോൾ കോശത്തിലെ ലായനിയുടെ സാന്ദ്രതയും പുറത്തുള്ള ലായനിയുടെ സാന്ദ്രതയും തുല്യമായാൽ (ഐസോട്ടോണികം) കോശചർമത്തിൽ കൂടി ഓസ്മോസനം ഉണ്ടാകാത്തതിനാൽ കോശത്തിനു് മാറ്റം ഒന്നും ഉണ്ടാകുന്നില്ല. എന്നാൽ പുറത്തുള്ള ലായനിക്കു് സാന്ദ്രത കൂടുതലായാൽ കോശത്തിനുള്ളിൽ നിന്നു് ജലം ഓസ്മോസനംകൊണ്ടു് പുറത്തേയ്ക്കു വിസരിക്കുന്നതിനാൽ കോശം ചുങ്ങിപ്പോകും. എന്നാൽ കോശത്തിലുള്ള ലായനിക്കാണു് സാന്ദ്രത കൂടുതലുള്ളതെങ്കിൽ ജലം പുറത്തുനിന്നു് കോശത്തിലേക്കു് കയറുന്നതിനാൽ കോശം വീർത്തു് പൊട്ടിപ്പോകും.

6. ഇലക്ട്രൊളൈറ്റു് ലായനികളുടെ അപ്രതീക്ഷിതമായവിധം ഉയർന്ന ഓസ്മോസനമർദത്തിൽ നിന്നു് അയണീകരണത്തെ പറ്റി പലതും ഗ്രഹിക്കാവുന്നതാണു്.

തുടർന്നു വായിക്കുക:

1. Mithra, Textbook of Inorganic Chemistry, Ghosh and Co Calcutta (1960)

2. Glinka, General Chemistry, Foreign languages publishing house, Moscow (1958).

അഭ്യാസം

1. വിസരണം എന്നാൽ എന്ത്? പദാർഥങ്ങളിൽ എന്തുകൊണ്ട് വിസരണം ഉണ്ടാകുന്നു?

2. വാതകങ്ങളിലും ദ്രവങ്ങളിലും ഖരങ്ങളിലും വിസരണം ഉണ്ടാകുമെന്നു തെളിയിക്കാനുള്ള പരീക്ഷണങ്ങളും വിവരിക്കുക.

3. വിസരണവും ഓസ്മോസനവും തമ്മിൽ താരതമ്യപ്പെടുത്തുക.

4. അർധപാരഗമ്യചർമം എന്നാൽ എന്ത്? ഓസ്മോസനത്തിൽ ഇതിന്റെ ആവശ്യമെന്ത്?

5. ഓസ്മോസനനിയമങ്ങളുടെ പ്രയോജനം വിശദമാക്കുക.

6. ഓസ്മോസനമർദം എങ്ങിനെ നിർണയിക്കാം?

7. മൂന്നു കോഴിമുട്ടകളുടെ പുറംതോട് അലലായനി കൊണ്ട് അലിയിച്ചു കളയുന്നു. ഒരെണ്ണം വളരെ നേർത്ത ഉപ്പുവെള്ളത്തിലും മറെറാന്നു സാന്ദ്രമായ ഉപ്പുവെള്ളത്തിലും മൂന്നാമത്തേത് മുട്ടയുള്ളിലെ ദ്രവത്തിനു തുല്യമായ സാന്ദ്രതയുള്ള ലായനിയിലും മുക്കിയിട്ടാൽ ഓരോന്നിലും എന്തു സംഭവിക്കുന്നു എന്നു വിശദീകരിക്കുക.

8. 7.5 ഗ്രാം/ലി സാന്ദ്രതയുള്ള യൂറിയാലായനിക്ക് 25°C-ൽ ഓസ്മോനമർദം എത്രയായിരിക്കും? (R = 0·08204 ലി. അന്തരീക്ഷം)

9. X എന്ന ലീനത്തിന്റെ 5 % ലായനിയും Y എന്ന മറെറാന്നിന്റെ 7 % ലായനിയും ഐസോട്ടോണികങ്ങളാണ്. എന്നാൽ അവയുടെ തന്മാത്രാഭാരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം എത്ര? X ന്റെ തന്മാത്രാഭാരം 128 ആയാൽ Y യുടെ തന്മാത്രാഭാരം എത്ര?

ശബ്ദാവലി

അക്രിയ	inert
അഗ്ര	forward
അണു	atom
അണുകത	atomicity
അണുകേന്ദ്രം	nucleus
അണുഭാരം	atomic weight
അണുസംഖ്യ	atomic number
അതിപൂരിത	supersaturated
അതിശീതീകരണം	supercooling
അധിശോഷകം	adsorbent
അധിശോഷണം	adsorption
അനുജ്ഞാപകം	tracer
അനുപാതം	proportion
അപദ്രവ്യം	impurity
അപരരൂപത	allotropy
അപവർത്തകത	refractivity
അപൂരിത	unsaturated
അപ്രോട്ടിക	aprotic
അഭികാരകം	reactant
അമ്ലം	acid
അയണീകരിക്കാവുന്ന	ionizable
അയോൺ	ion
അരിക്കൽ	filtration
അരിക്കുക	filter
അരൂപ	amorphous
അർധായുസ്സ്	half-life
അലേയ	insoluble
അലോഹം	non metal
അവക്ഷേപം	precipitate
അവശോഷണം ചെയ്യുക	absorb
അവസ്ഥ	state
അവിഭാജ്യ	indivisible
അശുദ്ധ	impure
അഷ്ടക നിയമം	law of octaves
അസന്തുലന അവസ്ഥ	non-equilibrium State
ആംശിക	partial
ആകർഷണം	attraction
ആദർശവാതകം	perfect or ideal gas
ആനുഭവിക	empirical
ആനോഡ്	anode
ആവർത്തന	periodic
ഇലക്ട്രൊളൈറ്റ്	electrolyte
ഇലക്ട്രോൺ	electron
ഉദാസീനം	neutral
ഉദാസീനീകരണം	neutralisation
ഉദാസീനീകരിക്കുക	neutralise
ഉപസഹസംയോജകത	coordinate valency
ഉഭയദിശത	reversibility
ഉഭയദിശീയ	reversible
ഉൽപതനം	sublimation
ഉൽപന്നം	product
ഉൽപ്രേരകം	catalyst
ഉൽപ്രേരണം	catalysis
ഉൽപ്ലാവകത	buoyancy
ഉൽഫുല്ലനം	efflorescence
ഊർജം	energy
ഊർജതലം	energy level
ഋണ	negative
എംപിരിക	empirical
ഏകനതാക്ഷ	monoclinic
ഏകാത്മക	homogeneous
ഐസോബാർ (സമഭാരികം)	isobar
ഓക്സീകരണം	oxidation
ഓക്സീകാരകം	oxidising agent
ഓസ്മോസനം	osmosis
ഓസ്മോസിക	osmotic

കണം	particle
കക്ഷ്യ	orbit
കാഥോഡ്	cathode
കാലം	period
കിരണം	ray
കേവല	absolute
കൊളോയ്ഡീയ	colloidal
ക്രിയാശീല	active
ക്രിസ്റ്റലീത	crystalline
ക്ഷയം	decay
ക്ഷാരകം	base
ഖനിജ	mineral
ഖരം	solid
ഗതിക	dynamic
ഗുണധർമം	property
ഗുണാത്മക	qualitative
ഗ്രാഫിക	graphic
ഗ്രാഹി	acceptor
ഘടകം	component
ഘടന	constitution
ഘനത്വം	density
ഘനീകരിക്കുക	condense
ഘനീകാരി	condenser
ചാലകം	conductor
ടൈട്രേറ്റൽ	titration
തന്മാത്ര	molecule
തന്മാത്രാഭാരം	molecular weight
താപഗതിക	thermodynamic
താപനില	temperature
താപരസതന്ത്രം	thermochemistry
താപശോഷക	endothermic
താപോന്മോചക	exothermic
തിളനില	boiling point
ത്രിക	triad
ത്രിനതാക്ഷ	triclinic
ത്രിസമഘന	cubic
ത്രിസമനതാക്ഷ	trigonal
ദാതാവ്	donor
ദീർഘം	long
ദ്രവം	liquid
ദ്രവണം	melting
ദ്രവ്യം	matter
ദ്വിസമലംബാക്ഷ	tetragonal
ദ്വൈത	dualistic
ധന	positive
നിയമം	law
നിരോക്സീകരണം	reduction
നിരോക്സീകാരകം	reducing agent
നിർജലീകരണം	dehydration
നിർവാത	vacuum
നിശ്ചിത	definite
നിഷ്കർഷണം	extraction
നിസ്സരണം	effusion
നിസ്സരിക്കുക	effuse
നോർമലത	normality
നോർമൽ	normal
ന്യൂട്രോൺ	neutron
പട്ടിക	table
പദാർഥം	substance
പരികൽപന	hypothesis
പരിമാണാത്മക	quantitative
പരിണാമം	change
പരിവർത്തി	variable
പാരസ്പരിക	reciprocal
പൂരിത	saturated
പൃഥക്കരണം	separation
പ്രക്രമം	process
പ്രതിപ്രവർത്തകം	reactant
പ്രതിപ്രവർത്തനം	reaction
പ്രതിസംയോജകത	contravalency
പ്രതീകം	symbol
പ്രമാണ	standard
പ്രവേഗം	velocity
പ്രസ്താവന	statement
പ്രോട്ടോഗ്രാഹി	protophilic
പ്രോട്ടോജനക	protogenic

പ്രോട്ടോൺ proton
പ്ലവനം floatation
ബന്ധം bond
ബഹുഗുണ multiple
ബഹുരൂപ poeymorphous
ബാഷ്പം vapour
ബേസ് base
ബേസികത basicity
ഭാരം weight
ഭിന്നാത്മക heterogeneous
ഭൗതിക physical
മർദം pressure
മിതസ്ഥായി metastable
മിശ്രണീയത miscibility
മിശ്രിതം mixture
മൂലകം element
മോളാരിറ്റി molarity
മോളാലിറ്റി molality
യൗഗികം compound
രാസതുല്യാങ്കഭാരം chemical equivalent weight
രാസപരിണാമം chemical change
ലയനം dissolution
ലായകം solvent
ലായനി solution
ലീനം solute
ലേയത്വം solubility
ലോഹം metal
വക്രം curve
വർഗീകരണം classification
വർണരേഖാ വിശ്ലേഷണം chromatography
വാതകം gas
വായു air
വികലനം disintegration
വികർഷണം repulsion
വിഘടനം dissociation
വിദ്യുത്ഋണ electronegative
വിദ്യുത്സംയോജകത electrovalency
വിന്യാസം configuration
വിഭേദവിസരണം differential diffusion
വിശിഷ്തതാപം specific heat
വിസരണം diffusion
വിസരണ വിശ്ലേഷണം atmolysis
വിസരിക്കുക diffuse
വിസർജിക്കുക evolve
വിസ്ഥാപനം displacement
വേധനക്ഷമത penetrating power
വൈദ്യുതവിശ്ലേഷണം electrolysis
വ്യാപ്തം volume
വ്യൂഹം system
ശുദ്ധ pure
ശ്രേണി series
ഷഡ്ഭുജ hexagonal
ഷെൽ shell
സംക്രമണം transition
സംഘടനം composition
സംയോജകത valency
സംയോജനം combination
സംരചന structure
സംരക്ഷണം conservation
സംശ്ലേഷണം synthesis
സംസൂചകം indicator
സന്തുലനം equilibrium
സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം equilibrium constant
സമചതുർഭുജ orthorhombic
സമതല plane
സമമിതി symmetry
സമരൂപീയ isomorphous
സമാവയവീകരണം isomerisation
സമീകരണം equation
സഹസംയോജകത covalency

സാദൃശ്യം	similarity
സാന്ദ്ര	concentrated
സാന്ദ്രത	concentration
സിദ്ധാന്തം	theory
സീമ	limit
സൂത്രം	formula
സ്ഥാനീയം	isotope
സ്ഥിരവിദ്യുത് മാത്ര	electrostatic unit (esu)
സ്ഥിരാങ്കം	constant
സ്വതഃസിദ്ധ	natural
സ്വേദം	distillate
സ്വേദനം	distillation
സ്വേദനം ചെയ്യുക	distil
സ്വേദാംശം	fraction
ഹ്രസ്വം	short
ഹാഡിക്കൽ	radical
ഹൈഡ്രിയോ ആക്ടിവിറ്റി	radioactivity

സൂചിക

അണുകേന്ദ്രം 181
അണുഭാരം 85
,, C മാനകം 89
,, H മാനകം 85
,, O മാനകം 87
അണുഭാരനിർണയം 139–147
അണുവ്യാപ്തം 195
അതിപൂരിതലായനി 244
അധിശോഷണം 16
അപൂരിതലായനി 244
അമ്ലം, നിർവചനം 288
അമ്ലങ്ങളും ക്ഷാരകങ്ങളും 281–296
അരിക്കൽ 11
അരുപപദാർഥങ്ങൾ 265
അർധആയുസ്സ് 217
അവൊഗാഡ്രൊനിയമം 81
അവൊഗാഡ്രൊ സംഖ്യ 90
അഷ്ടകനിയമം 194
അറീനിയസ് സിദ്ധാന്തം 284
ആനോഡ് കിരണങ്ങൾ 180
ആൽഫാ കിരണം 211
ആവർത്തനനിയമം 197
ഇരട്ടലവണം 294
ഇലക്ട്രോൺ 183
ഇലക്ട്രോൺ വിന്യാസം 186
ഇലക്ട്രോഫോറസിസനം 344
ഉപസഹസംയോജകത 236
ഉഭയവിഘടനം 24
ഉൽപ്രേരണം 309–319
ഉൽഫുല്ലനം 258
ഏകകസിദ്ധാന്തം 192
ഓക്സീകരണവും നിരോക്സീകരണവും 297–307
ഓക്സീകരണസംഖ്യ 302
ഓക്സീകാരകം 298
ഓസ്മോസിസനം 352
ഓസ്മോസിസനനിയമങ്ങൾ 353
കാഥോഡ്കിരണങ്ങൾ 179
കൊളോയ്ഡീയ അവസ്ഥ 338–348
ക്രിസ്റ്റലനജലം 254
ക്രിസ്റ്റലിതഖരം 263
ക്രിസ്റ്റലീകരണം 13
,, ആംശികം 13
ക്രിസ്റ്റൽ വ്യൂഹങ്ങൾ 265
ഗാമാകിരണം 212
ഗ്രഹാമിന്റെ വിസരണനിയമം 68
ഛായംസ് നിയമം 57
ടൈട്രേറ്റർ 131
ഡാൽട്ടൻ, അണുസിദ്ധാന്തം 77
ഡാൽട്ടന്റെ ആംശികമർദനിയമം 65
തന്മാത്രാഭാരം 85
താപരസതന്ത്രം 321
തുല്യാങ്കഭാരം 128–131
തുല്യാങ്കപാതനിയമം 41
ത്രികനിയമം 193
ദ്രവ്യമാന ക്രിയാനിയമം 271
ദ്രവ്യസംരക്ഷണ നിയമം 28
,, വ്യൽപത്തി 78
നിശ്ചിതാനുപാത നിയമം 32
,, വ്യൽപത്തി 78
ന്യൂട്രോൺ 183
പൂരിതലായനി 244
പെപ്റ്റീകരണം 342
പ്രകാശരസതന്ത്രം 322
പ്രതീകം 149
പ്രസ്വേദനം 258
പ്രോട്ടോൺ 183

ഫാരഡേ നിയമങ്ങൾ 326

ബഹ്വണ്വാനുപാതനിയമം 37
'' വ്യൽപത്തി 79
ബാഷ്പഘനത്വം 98
,, നിർണയം 95
,, ,, ഡ്യൂമാസ് 97
,, ,, വിക്ടർമേയർ 98
,, ,, ഹോഫ്മാൻ 101
,, ,, റേനാൾട്ട് 95
ബീറാകിരണം 212
ബേഴ്സീലിയസ് പരികൽപ്പന 80
ബോയ്ൽനിയമം 51
ബ്രൗണിയൻചലനം 344

മിശ്രിതം, വേർപെടുത്തൽ 8
മൂലകം 3
യൗഗികം 3
രാസതുല്യാങ്കഭാരം 111
,, കാർബൺ ആസ്പദം 119
,, കോപ്പർ ,, 117
,, വിസ്ഥാപനരീതി 122
,, ഹൈഡ്രജൻ ആസ്പദം 113
രാസപരിണാമപ്രഭേദങ്ങൾ 23
രാസസന്തുലനം 271

ലയനപരിധി 243
ലായനി, സാന്ദ്രത പ്രസ്താവന 247—249
ലാറൻറ് സിദ്ധാന്തം 284
ലേയത്വം 243
ലേയത്വനിർണയം 249
ലേയത്വവക്രം 253
ലേ ഷാത്ലിയർ ബ്രൗൺ തത്വം 274

വർണരേഖാപവിശ്ലേഷണം 17
വാതകനിയമപ്രാബല്യം 73
വാതകവ്യാപ്തനിയമം 43
വിദ്യുത്ഓസ്മോസനം 345
വിദ്യുത്രസതന്ത്രം 323
വിദ്യുത്രാസതുല്യാങ്കം 326
വിദ്യുത്ലേഖനം 334
വിദ്യുത്സംയോജകത 224
വിസരണം 350
വിസ്ഥാപനം 24

സംഘനനരീതി 343
സംരക്ഷണം, കൊളോയ്ഡ് 346
സഹസംയോജകത 229
സൂത്രം 150
സ്ഥാനീയം 185
സ്വേദനം 14

റാഡിക്കൽ 153
റേഡിയോ ആക്ടിവത 210

MUNAVIRUL ISLAM HIGH SCHOOL
COCHIN-11
ERNAKULAM

6429

MUNAVIRUL ISLAM High School
COCHIN-11

മറ്റു ചില പ്രസിദ്ധീകരണങ്ങൾ

വിജ്ഞാനശബ്ദാവലി (ഒന്നാം ഭാഗം)

വിജ്ഞാനശബ്ദാവലി (രണ്ടാം ഭാഗം)

ഗണിത-ഭൗതിക പട്ടികകൾ

മഴവില്ലും ഒമ്പതുനിറങ്ങളും

—സ്റ്റൈൻഹൗസ് (വിവർത്തനം)

ഒന്നു്, രണ്ടു്, മൂന്നു്.....അനന്തം

—ഗാമോവു് (വിവർത്തനം)

സാംഖ്യികം (ഒന്നാം ഭാഗം)

—പി. യു. സുരേന്ദ്രൻ

Indic Digital Archive Foundation

6424
MUSLIM HIGH SCHOOL
COCHIN-11.
ERNAKULAM

പ്രീ ഡിഗ്രി

രസതന്ത്രം

ഒന്നാം ഭാഗം

609

177
കേരളഭാഷാ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട്

gpura.org