പരമാണു ചരിത്രം

എം. ബാലരാമമേനോൻ എം. എ.

പരമാണുചരിത്രം

പരമാണുചരിതം

(മദിരാശി സര്‍വ്വകലാശാലയുടെ സമ്മാനം ലഭിച്ചതു്)

ഗ്രന്ഥകര്‍ത്താ:
എം. ബാലരാമമേനോന്‍, എം. എ.

1124/1949

വില: ൨ക.

പകര്‍പ്പവകാശം സ്വായത്തം.

ഒന്നാം പതിപ്പ്
കോപ്പി 500

തൃശ്ശിവപേരൂർ
മംഗളോദയം അച്ചുകൂടത്തിൽ
അച്ചടിച്ചതു്.

പ്രസ്താവന

പ്രിയപ്പെട്ട വായനക്കാരാ,

അഭിനവവിഷയങ്ങളെക്കുറിച്ചു ദ്രാവിഡഭാഷകളിൽ പുസ്തകങ്ങൾ പ്രസിദ്ധീകരിക്കുന്നതിനെ പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുന്നതിന്നുവേണ്ടി മദിരാശി സർവ്വകലാശാലക്കാർ എല്ലാ കൊല്ലവും സമ്മാനങ്ങൾ നല്കിവരുന്നുണ്ടു്. അതുപ്രകാരം (Story of the Atom) 'സ്റ്റോറി ഓഫ് ദി ആററം' എന്ന വിഷയത്തെ പുരസ്കരിച്ചു 1947 നവമ്പർ 1-ാംനുക്കുമുമ്പു സമർപ്പിക്കുന്ന ഏററവും നല്ല മലയാളഗ്രന്ഥത്തിന്നു് ഒരു സമ്മാനം നല്കുന്നതായിരിക്കും എന്ന ഒരു പരസ്യം 1946ൻെറ അന്ത്യഘട്ടത്തിൽ പത്രങ്ങളിൽ കാണുകയുണ്ടായി. ആ മത്സരത്തിൽ പങ്കെടുക്കണമെന്നു ഞാൻ തീർച്ചയാക്കി. പക്ഷേ, ഓരോ കാരണവശാൽ, 1947 ആഗസ്റ്റ്മാസത്തിൽ മാത്രമേ പുസ്തകം എഴുതിത്തുടങ്ങുവാൻ എനിക്കു തരപ്പെട്ടുള്ളു. ഭാഗ്യവശാൽ പുസ്തകം പൂർത്തിയാക്കി കൃത്യസമയത്തിന്നു സർവ്വകലാശാലക്കാർക്കെത്തിക്കുവാൻ എനിക്കു സാധിച്ചു. ഇക്കഴിഞ്ഞ ജനുവരി 28-ാംനു എൻെറ 'പരമാണുചരിതം' സമ്മാനാർഹമായിരിക്കുന്ന വിവരം കാണിച്ചുകൊണ്ടുള്ള കത്തു് എനിക്കു് അപ്രതീക്ഷിതമായി കിട്ടുകയും ചെയ്തു. അതാണു് ഈ പുസ്തകത്തിൻെറ ചരിത്രം.

സർവ്വകലാശാലക്കാരുടെ നിർദ്ദേശപ്രകാരം സാമാന്യവായനക്കാർക്കുവേണ്ടി എഴുതേണ്ടിയിരുന്ന ഈ പരമാണു

ചരിത്രം എവിടെനിന്നാരംഭിക്കണമെന്നും, ഏതെല്ലാം വഴികളിൽക്കൂടി പോകണമെന്നും, എവിടെവെച്ചവസാനിക്കണമെന്നും ഉള്ള പ്രശ്നം എന്നെ വല്ലാതെ കുഴക്കി. കടുവിൽ ഞാനെടുത്ത തീരുമാനങ്ങളെന്തെന്ന് ഈ പുസ്തകത്തിൽനിന്നു നിങ്ങൾക്കു മനസ്സിലാക്കാം. നിങ്ങളെ അധൈര്യപ്പെടുത്തരുതെന്നു കരുതി വിഷമകരങ്ങളായ പല ഭാഗങ്ങളേയും ഞാൻ മാററിവെച്ചിട്ടുണ്ട്. അവയിൽ ചിലതിനെക്കുറിച്ചും, മററു ചില സംഗതികളെക്കുറിച്ചും അനുബന്ധത്തിൽ പ്രതിപാദിച്ചിരിക്കുന്നതായി കാണാം.

സാമാന്യമായി പറയുകയാണെങ്കിൽ, കാലത്തെ ആധാരമാക്കിയാണ് ഞാൻ ഈ പുസ്തകത്തിൽ വിഷയങ്ങളെ പ്രതിപാദിച്ചിരിക്കുന്നത്. യഥാർത്ഥത്തിൽ ഒരു വിഷയത്തെസ്സംബന്ധിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ പൂർണ്ണമായതിനുശേഷമല്ലല്ലോ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ മറെറാരു വിഷയത്തിലേയ്ക്കു കടക്കുന്നത്. പലപല ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പലപല മാർഗ്ഗങ്ങളിലൂടെ സഞ്ചരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അവർ കാണുന്ന കാഴ്ചകൾ ചിലപ്പോൾ പരസ്പരവിരുദ്ധങ്ങളായെന്നു വരാം. ആ വൈരുദ്ധ്യങ്ങളെ അവർ വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നു. പിന്നീടുള്ള ഗവേഷണങ്ങൾ ആ വ്യാഖ്യാനങ്ങളുടെ സാധുതയെ വെളിപ്പെടുത്തുന്നു. അങ്ങിനെയാണ് ശാസ്ത്രത്തിൻെറ പോക്ക്. അതുകൊണ്ട് ഓരോ അദ്ധ്യായത്തേയും പൂർണ്ണമാക്കുന്നതിന്നു ചിലപ്പോൾ അനന്തരാദ്ധ്യായങ്ങളിൽ പ്രതിപാദിതമായിരിക്കുന്ന സംഗതികളെക്കുറിച്ചു പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ടാവാം. തന്മൂലമുളവായിട്ടുണ്ടായേ

സ്സാവുന്ന ആവൎത്തനവൈരസ്യത്തെ നിങ്ങൾ സദയം ക്ഷമിക്കണം.

ഞാൻ പ്രവൃത്തിയെടുക്കുന്ന സെൻറ്തോമസ്ക ലാലയത്തിലെ ഭൌതികശാസ്ത്രവിഭാഗത്തിലെ ഗ്രന്ഥ ശേഖരം ഈ പുസ്തകരചനയിൽ എനിക്കു വളരെ ഉപ കരിച്ചിട്ടുണ്ടെന്നു കൃതജ്ഞതാപൂൎവ്വം സ്മരിച്ചുകൊള്ളുന്നു.

മലയാളത്തിൽ സാങ്കേതികസംജ്ഞകൾ നല്കിക്കൊ ണ്ടു് ഓരോ പുസ്തകങ്ങൾ മദിരാശിഗവൎമ്മേണ്ടും തിരുവി താംകൂർ സൎവ്വകലാശാലയും പ്രസിദ്ധപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ടു്. പക്ഷേ, ഈ പുസ്തകമെഴുതുന്ന സമയത്തു് അവ രണ്ടും എൻെറ കൈവശമുണ്ടായിരുന്നില്ല. അതുകൊണ്ടു പല കാലത്തായി പലയിടത്തുനിന്നുമായി ഞാൻ ശേഖരിച്ചു വെച്ചിരുന്ന പദങ്ങളാണു് ഞാനീ ഗ്രന്ഥത്തിൽ ഉപ യോഗിച്ചിട്ടുള്ളതു്. പുതിയ പുതിയ വസ്തുക്കളെ കണ്ടുപി ടിക്കുന്നവർ അവസ്സു നല്കിയിട്ടുള്ള പേരുകളെ, ഭാഷാഭി മാനം നിമിത്തം, മാററുന്നതു മൎയ്യാദയുടെ സീമയെ അതി ലംഘിക്കുകയായിരിക്കയില്ലേ? ഭാഷയിൽ ഏതായാലും പുതിയ പദങ്ങൾ വേണം. പിന്നെ എന്തുകൊണ്ടു വള രെക്കാലമായി നിലവിൽനിന്നുവരുന്ന പദങ്ങളെത്തന്നെ ഇതരഭാഷകളിൽനിന്നു കടം വാങ്ങിക്കൂടാ? ഈ ആലോ ചനകളാൽ ചില സാങ്കേതികസംജ്ഞകളെ ഞാൻ അ ങ്ങിനെത്തന്നെ മലയാളത്തിൽ ഇതിൽ എഴുതിച്ചേൎത്തി ട്ടുണ്ടു്.

ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ സങ്കല്പപ്രകാരമുള്ള നിയോൺ പരമാണുവിൻെറ ചിത്രമാണു് പുറംചട്ടയിന്മേൽ ചേ

ത്തിട്ടുള്ളതു്. പരമാണുരൂപം എന്ന ഏഴാമത്തെ അദ്ധ്യായം വായിച്ചതിന്നുശേഷം, അതിൽ പ്രസ്താവിച്ചിരിക്കുന്ന സംഗതികളുടെ വെളിച്ചത്തിൽ, ആ ചിത്രം സൂക്ഷിച്ചുനോക്കുന്നതു നന്നായിരിക്കും.

ഇനി പരമാണുവിൻെറ സംഭവബഹുലവും രസകരവും ആയ ചരിത്രത്തിലേക്കു നമുക്കു് എത്തിച്ചുനോക്കാം. മടുപ്പു തോന്നാതെ ഈ പുസ്തകം വായിച്ചു നിങ്ങൾക്കു പരമാണുവിനെപ്പററി എന്തെങ്കിലും അറിയുവാൻ സാധിക്കുന്നുവെങ്കിൽ അതുതന്നെയായിരിക്കും എൻെറ പ്രയത്നത്തിന്നു തക്ക പ്രതിഫലം.

ലക്ഷ്മീനിലയം,
വിവേകോദയംസ്കൂൾ റോഡ്,
തൃശ്ശിവപേരൂർ. 18-7-24 / 1-3-49.

എന്നു്,
നിങ്ങളുടെ വിധേയനായ
ഗ്രന്ഥകർത്താവു്.

വിഷയവിവരം

അദ്ധ്യായം — പേജ്

൧ ചരിത്രപരം. 1

പ്രാചീനസിദ്ധാന്തങ്ങൾ—ഡമോക്രിററസ്സിന്റെ പരമാണുസിദ്ധാന്തം—ആൽക്കെമിസ്ററുകളുടെ ആഗ്രഹം—റോബർട്ട ബോയിൽ—ധാതുക്കളും സംയുക്തകങ്ങളും—ധാതുക്കളുടെ എണ്ണം.

൨ അണുക്കളും പരമാണുക്കളും. 9

ഡാൾട്ടന്റെ രണ്ടു നിയമങ്ങൾ—അണുക്കളും പരമാണുക്കളും—പരമാണുഭാരം—അണുപരമാണുക്കളുടെ എണ്ണവും വണ്ണവും—അവയുടെ കളി—ബ്രൌണിയൻ ചലനം—ഉപസംഹാരം.

൩ പദാർത്ഥങ്ങളും വിദ്യുച്ഛക്തിയും. 27

വിദ്യുച്ഛക്തിയുടെ ആഗമം—അതിന്റെ ദ്വൈതീഭാവം—ആരോപങ്ങളുടെ സ്വഭാവം—അളവുസമ്പ്രദായം—വൈദ്യുതവിച്ഛേദനം—ഇലക്ട്രോസ്റ്റാററിക്യൂണിററ്—ഹൈഡ്രജന്റെ പരമാണുഭാരം.

൪ ഇലക്ട്രോണുകളും പ്രോട്ടോണുകളും. 34

ഋണധ്രുവരശ്മികൾ—അവയുടെ പ്രത്യേകതകൾ—ഇലക്ട്രോൺ—പുതിയൊരു പ്രതിഭാസം—ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉപയോഗം—പ്രോട്ടോണുകൾ—അയോണീകരണം.

൫ ആവർത്തകസാരിണിയും വർണ്ണവിരാജികകളും. 43

മെൻഡലീഫിന്റെ ആവർത്തകസാരിണി—അതിന്റെ പ്രത്യേകതകൾ—വർണ്ണവിരാജികകൾ—അവയുടെ ഉപയോഗം—റോൺട്ജൻരശ്മികൾ മുഖേനയുള്ള വർണ്ണവിരാജികകൾ—മോസ്‌ലിയുടെ കണ്ടുപിടുത്തം—പരമാണുസംഖ്യയുടെ പ്രാധാന്യം.

൬ റേഡിയവും കൂട്ടുകാരും. 57

ബെക്വറലിന്റെ കണ്ടുപിടുത്തം—മാഡംക്യൂറിയും റേഡിയവും—റേഡിയത്തിന്റെ ധർമ്മങ്ങൾ—ആൽഫരശ്മികൾ—ബീററരശ്മികൾ—ഗാമരശ്മികൾ—വിൽസന്റെ വിദ്യ—റേഡിയത്തിന്റെ ശക്തി—ആൽഫബീററ മാററങ്ങൾ—പകുതിപ്പെടുന്നതിനുള്ള സമയം—വംശപരമ്പരകൾ—തെളിവുകൾ.

൭ പരമാണുരൂപം. 74

മൂലകന്ദം—റുതർഫോർഡ് പരമാണു—ബോറിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ—വർണ്ണവിരാജികകളുടെ ഉല്പത്തി—പരമാണുരൂപം—പരമാണുസംഖ്യ—പരമാണുപ്രവർത്തനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം—ഹാഫ്നിയത്തിന്റെ ആവിർഭാവം—ചില ഭാവനകൾ.

൮ ഐസോടോപ്പുകളും ഐസോബാറുകളും 89

ഒരു വിഷമപ്രശ്നം—സോഡിയുടെ 'ഐസോടോപ്പുകൾ'—സാരകധാതുക്കളിൽനിന്നുള്ള തെളിവ്—ധനരശ്മികൾ—തോംസന്റെ പരീക്ഷണങ്ങൾ—ആസ്റ്റന്റെ പരീക്ഷണഫലങ്ങൾ—പരമാണുവിനകത്തെ ശക്തിനിക്ഷേപം—പുതിയ ഐസോടോപ്പുകൾ—ഡ്യൂട്രോൺ—ഐസോബാറുകൾ.

൯ പരമാണുഭേദനവും ധാതുവിപരിണമനവും 101

പരമാണുഭേദനത്തിനുള്ള വിഷമതകൾ—അതിനുപയോഗിക്കുന്ന പ്രക്ഷേപകവസ്തുക്കൾ—പരീക്ഷണഫലങ്ങൾ—ന്യൂട്രോൺ—ന്യൂട്രിനോ.

൧൦ ബ്രഹ്മരശ്മികളും പോസിട്രോണും. 111

ബ്രഹ്മരശ്മികൾ—പോസിട്രോൺ—കൃത്രിമമായ തേജഃപ്രസരണം—പരമാണുരൂപത്തിന്നൊരു ഭേദഗതി.

൧൧ സൎവ്വവും തരംഗമയം. 119

ബോറിന്റെ അഭ്യൂഹങ്ങൾ—ഡിബ്രോഗ്ലിയുടെ സിദ്ധാന്തം—പരീക്ഷണഫലങ്ങൾ—ഇലക്ട്രോൺമൈക്രോസ്കോപ്പ്.

൧൨ ആററംബോംബും പരമാണുയുഗവും. 125

യുറേനിയത്തിന്റെ മൂലകന്ദവിഭജനം—ആററംബോമ്പിലന്തൎഭവിച്ചിരിക്കുന്ന തത്വം—പരമാണുയുഗത്തിലേയ്ക്കുള്ള പടികൾ—പരമാണുയുഗം.

അനുബന്ധം

(ക) അളവുകളും തൂക്കങ്ങളും

(ഖ) ശക്തിയുടെ പ്രമാണം

(ഗ) ധാതുവിപരിണമനങ്ങൾ

(ഘ) കൃത്രിമതേജഃപ്രസരണം

(ങ) തരംഗങ്ങൾ

(ച) പ്ലാങ്കിന്റെ സാൎവ്വത്രികമായ നിത്യരാശി

(ഛ) ധാതുക്കളുടെ പേരുവിവരങ്ങൾ

(ജ) വാക്യാൎത്ഥസൂചി

—ഠഃഠ—

പരമാണുചരിത്രം

൧. ചരിത്രപരം

പ്രാചീനസിദ്ധാന്തങ്ങൾ.

മനുഷ്യൻ ഭൂമുഖത്ത് ആവിർഭവിച്ച അന്നു മുതല്ക്കേ പ്രകൃതിയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ അവനെ ആകർഷിച്ചു തുടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. ആദ്യകാലങ്ങളിൽ അവ അവനിൽ ഭയത്തേയും പരിഭ്രമത്തേയും അത്ഭുതത്തേയും ജനിപ്പിച്ചു. തന്മൂലം അവൻ അവയ്ക്ക് ആധാരഭൂതങ്ങളായ വസ്തുക്കളെ ആരാധിക്കുന്നതിന്ന് ഒരുമ്പെട്ടു. സൂര്യൻ, അഗ്നി, ചന്ദ്രൻ, വായു എന്നുവേണ്ട ഇടി, മിന്നൽ എന്നിവയെക്കൂടി ദേവന്മാരായി സങ്കല്പിക്കുന്നതിന്നും, പൂജകൾകൊണ്ടും നിവേദ്യങ്ങൾകൊണ്ടും അവരെ തൃപ്തിപ്പെടുത്തുന്നതിന്നും പ്രാകൃതമനുഷ്യൻ ഒട്ടും അമാന്തിച്ചില്ല.

കാലക്രമത്തിൽ, പരിഷ്കാരസോപാനത്തിന്റെ പടികൾ ഓരോന്നായി കയറിത്തുടങ്ങിയതോടുകൂടി, മനുഷ്യന്നു പ്രാകൃതികശക്തികളിലുള്ള ഭയം നീങ്ങിത്തുടങ്ങി. അവയെക്കുറിച്ച് അറിയണമെന്നുള്ള അഭിലാഷം അവനിൽ അങ്കുരിച്ചു. എന്നാണ് ഈ മാററം അവനിൽ ഉണ്ടായതെന്നു കൃത്യമായി പറയുക വയ്യ. പക്ഷേ, പ്രാചീനലോകത്തിൽ നിലവിലിരുന്നിരുന്ന ചില സിദ്ധാന്തങ്ങളെക്കുറിച്ചു നമുക്ക് അറിയുവാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്.

പണ്ടത്തെ യവനന്മാർ ഭൂമി, ജലം, അഗ്നി, വായു എന്നീ നാലു പദാർത്ഥങ്ങളുമാണ് ഭൌതികപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ആധാരമെന്ന അനുമാനത്തിലെത്തി. പച്ചമരം കത്തിക്കുമ്പോൾ അതിൽനിന്ന് അഗ്നിജ്വാലകളും, വായുവിനോടു ചേരുന്ന പുകയും, മരത്തിൽനിന്നും പുറത്തേയ്ക്കൊലിക്കുന്ന നീർക്കണങ്ങളും, ഭൌമമെന്നു തോന്നിക്കുന്ന ചാരവും ഉണ്ടാകുന്നില്ലേ എന്നാണ് പ്രസ്തുത നിബോധത്തിൽ വിശ്വസിച്ചിരുന്ന അരിസ്റ്റോട്ടിൽ ചോദിക്കുന്നതു്. (ജ്വലനത്തെ സംബന്ധിച്ചുണ്ടായിരുന്ന തെററിദ്ധാരണകളിന്മേലാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം കെട്ടിപ്പടുക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതെന്നു പറയേണ്ടതില്ലല്ലോ. പക്ഷേ, ജ്വലനത്തിന്റെ ശരിയായ സ്വഭാവം മനസ്സിലാകുവാൻ വളരെ നൂററാണ്ടുകൾ പിന്നേയും കഴിയേണ്ടിവന്നു.) അറേബിയയിലെ ചിന്തകന്മാരും ആ അഭിപ്രായത്തെത്തന്നെ ആദരിച്ചു. ഹിന്ദുക്കളാകട്ടെ *പഞ്ചഭൂതങ്ങളെക്കൊണ്ടാണ് ഈ ജഗത്തെല്ലാം സൃഷ്ടിച്ചിരിക്കുന്നതെന്നു വിശ്വസിച്ചുവന്നു.

ഗ്രീസിലെ ചില പ്രശസ്തചിന്തകർ ഈ ചതുർഭൂതസിദ്ധാന്തത്തെ സാമാന്യമായി അംഗീകരിച്ചു്, അവയിൽ ഒന്നിന്നു മററുള്ളവയേക്കാൾ പ്രാധാന്യം നല്കുന്നതിന്നു തുനിഞ്ഞു. യവനരുടെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ജനയിതാവും, അവരുടെ സപ്തർഷികളിൽ പ്രധാനിയും ആയ മൈലററസ്സിലെ തേൽസ് (Thales of Miletus)—അദ്ദേഹത്തിന്റെ ജീവകാലം ക്രി. മു. 640 മുതൽ ക്രി. മു.

* ഭൂമി, ജലം, അഗ്നി, വായു, ആകാശം.

546 വരെ ആയിരുന്നു—എല്ലാ വസ്തുക്കളും അവയുടെ അസ്തിത്വത്തിന്നു ജലത്തോടു കടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്ന പക്ഷക്കാരനായിരുന്നു. നേരെമറിച്ച്, അനാക്സിമെനസ് എന്ന ചിന്തകൻ വായുവേയും, ഹെറാക്ലിററസ് എന്ന ചിന്തകൻ അഗ്നിയേയും മൂലപദാൎത്ഥമായി കരുതി.

സിസിലിക്കാരനായ എംപിഡോക്ലിസ് എന്ന തത്വജ്ഞാനി പദാൎത്ഥങ്ങളെല്ലാം മുമ്പു പ്രസ്താവിച്ച് നാലു പദാൎത്ഥങ്ങൾ (ഭൂമി, ജലം, അഗ്നി, വായു) കാരോ തോതിൽ സമ്മേളിച്ചിട്ടാണുണ്ടാകുന്നതെന്നും, ആ തോതു് ആകൎഷണവികൎഷണങ്ങളെ ആസ്പദമാക്കിയിരിക്കുന്നുവെന്നും ഉള്ള സിദ്ധാന്തത്തെ ഉന്നയിച്ചു. മനുഷ്യരുടെ ഇടയിൽ സ്നേഹത്തിന്നും വൈരത്തിന്നും ഉള്ള സ്ഥാനമാണ് പദാൎത്ഥങ്ങളുടെ ഇടയിൽ ആകൎഷണത്തിന്നും വികൎഷണത്തിന്നും ഉള്ളതെന്നു് അദ്ദേഹം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു.

ഒരു വസ്തുവിനെ പിന്നേയും പിന്നേയും വിഭജിക്കുമ്പോൾ എന്തു സംഭവിക്കുന്നു? അതിൻെറ ധൎമ്മങ്ങൾക്കൊന്നും മാററം വരുന്നില്ലേ? ഒരു പച്ചിലയുടെ ഏററവും ചെറിയ കണ്ണംപോലും പച്ചയായി ഇരിക്കുന്നുണ്ടോ? പഞ്ചസാരയുടെ ഏററവും ചെറിയ തരിക്കുപോലും മധുരമുണ്ടോ? ഈ ചോദ്യങ്ങൾക്കുള്ള ഉത്തരങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ഗ്രീസിലെ ചിന്തകന്മാർ രണ്ടു ചേരികളായി പിരിഞ്ഞു. ഒരു കൂട്ടർ പദാൎത്ഥങ്ങളെ എത്ര വിഭജിച്ചാലും അവയുടെ ധൎമ്മങ്ങൾക്കു മാററം വരില്ലെന്ന പക്ഷക്കാരായിരുന്നു. അവരുടെ അഭിപ്രായപ്രകാരം പദാൎത്ഥങ്ങളെ മൂലധാതുക്കളായി പിരിക്കുക എന്നതു സാ

ദ്ധ്യമേ അല്ലായിരുന്നു. സോക്രട്ടീസിൻെറ ഗുരുനാഥനായ അനാക്സഗോറസിനെ ഈ കൂട്ടത്തിൽ പെടുത്താം: ഒരു തുള്ളി വെള്ളം അന്തമില്ലാത്ത വിഭജനത്തിനുശേഷവും വെള്ളമായിത്തന്നെ വൎത്തിക്കുന്നുവെന്നു് അദ്ദേഹം സമൎത്ഥിച്ചു.

രണ്ടാമത്തെ പക്ഷക്കാരിൽ ഡമോക്രിററസ് എന്ന ചിന്തകൻെറ പേർ പ്രത്യേകം പ്രസ്താവ്യമാണു്. അദ്ദേഹം ക്രിസ്തുവിന്നു് അഞ്ചു ശതാബ്ദങ്ങൾക്കു മുമ്പാണു് ജീവിച്ചിരുന്നതു്. അദ്ദേഹവും കൂട്ടരും ഒരു തുള്ളി വെള്ളത്തെ ഒരു നിശ്ചിതപരിധിവരെ മാത്രമേ വിഭജിക്കുവാൻ കഴിയുകയുള്ളൂവെന്നും, അതിന്നപ്പുറമുള്ള വിഭജനം വെള്ളത്തിൻേറതിൽനിന്നു വ്യത്യസ്തങ്ങളായ ധൎമ്മങ്ങളോടു കൂടിയ പദാൎത്ഥങ്ങളെ നല്കുമെന്നും അഭിപ്രായപ്പെട്ടു.

ഡമോക്രിററസ്സിൻെറ പരമാണു സിദ്ധാന്തം

ഡമോക്രിററസ് അവിടംകൊണ്ടും നിൎത്തിയില്ല. എല്ലാ പദാൎത്ഥങ്ങളും എപ്പോഴും ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന പരമാണുക്കളെക്കൊണ്ടു നിൎമ്മിതങ്ങളാണെന്നും, ഒരു പദാൎത്ഥത്തിലെ പരമാണുക്കളെല്ലാംതന്നെ എല്ലായ്പോഴും ഒന്നുപോലെ ഇരിക്കുമെന്നും, പരമാണുക്കളുടെ വലിപ്പത്തിലും സ്ഥാനക്രമത്തിലും ഉണ്ടായേയ്ക്കാവുന്ന മാററങ്ങൾ നിമിത്തമാണു് വിവിധപദാൎത്ഥങ്ങൾ സംജാതങ്ങളാകുന്നതെന്നും അദ്ദേഹം പ്രസ്താവിച്ചു. നവീനസിദ്ധാന്തങ്ങളോടു് ഇവയ്ക്കു പല സാദൃശ്യങ്ങളുണ്ടെങ്കിലും, പ്രധാനപ്പെട്ട ചില വ്യത്യാസങ്ങളും അവ തമ്മിലുണ്ടെന്നു വിസ്മരിക്കാവതല്ല. എങ്കിലും ഡമോക്രിററസ് ഇന്ന

ത്തെ പരമാണുസിദ്ധാന്തത്തെ അത്ഭുതകരമായ വിധത്തിൽ ദീർഘദർശനം ചെയ്തു എന്നു പറയാം.

ആൽക്കെമിസ്റ്റുകളുടെ ആഗ്രഹം.

വില കുറഞ്ഞ ലോഹങ്ങളെ സ്വർണ്ണം, വെള്ളി മുതലായ അമൂല്യലോഹങ്ങളായി മാററുവാൻ സാധിക്കണം എന്നതായിരുന്നു മദ്ധ്യകാലങ്ങളിലെ (Middle Ages) 'ആൽക്കെമിസ്ററു'കളുടെ (Alchemist) ആഗ്രഹം. ആ മോഹം സഫലമായില്ല. അവർ വർണ്ണത്തിന്നു് അനർഹമായ പ്രാധാന്യം കല്പിച്ചു. സ്വർണ്ണത്തിൻെറ നിറം നല്കുന്നതിന്നു കഴിഞ്ഞാൽ ഏതു ലോഹവും സ്വർണ്ണമായിത്തീരുമെന്നു് അവർ കരുതി. അവക്കു 'മിന്നുന്നതെല്ലാം പൊന്നാ'യിരുന്നു. ക്രി. അ. 980നും 1037നും മദ്ധ്യേ അറേബിയയിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന അവിസന്ന എന്ന പ്രസിദ്ധശാസ്ത്രജ്ഞൻ മാത്രം ഈ അഭിപ്രായത്തോടു യോജിച്ചില്ല. ലോഹങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അന്തരം വർണ്ണത്തെയല്ല അതിനേക്കാൾ കുറെക്കൂടി ഉള്ളിൽ തട്ടിക്കിടക്കുന്ന എന്തോ ഒന്നിനെയാണു് ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നതെന്നും നിറഭേദം വരുത്തിയതുകൊണ്ടു മാത്രം നീചലോഹങ്ങൾ ശ്രേഷ്ഠലോഹങ്ങളാവുകയില്ലെന്നും അദ്ദേഹം തികഞ്ഞു നിന്നു. പക്ഷേ സമകാലികന്മാരിൽ ആരുംതന്നെ അദ്ദേഹത്തിൻെറ അഭിപ്രായങ്ങളെ ആദരിക്കുന്നതിന്നുണ്ടായില്ല. അങ്ങിനെ പതിനേഴാംനൂററാണ്ടിൻെറ മദ്ധ്യകാലംവരെ 'ആൽക്കെമിസ്ററു'കൾ എന്നു വിളിച്ചുവരുന്ന ഈ കൂട്ടർ അബദ്ധജടിലങ്ങളായ പല സിദ്ധാന്തങ്ങളേയും പുലർത്തിക്കൊണ്ടുവന്നു. ശാസ്ത്രത്തിന്നോ അവക്കുത

ന്നെയോ ഇതുകൊണ്ടു യാതൊരു മെച്ചവും ഉണ്ടായില്ലെന്നതാണു് പരിതാപകരമായ പരമാൎത്ഥം.

II

അനുമാനങ്ങളേയും അഭിപ്രായങ്ങളേയും മാത്രം അടിസ്ഥാനമാക്കി പുരോഗമിച്ചിരുന്ന ശാസ്ത്രലോകത്തിൽ നിരീക്ഷണത്തിന്നും പരീക്ഷണത്തിന്നും സ്ഥാനം ലഭിച്ചതു ക്രി. അ. പതിനേഴാംനൂററാണ്ടിലാണു്. ഈ

റോബർട്ട് ബോയിൽ

പരിവൎത്തനത്തിൻെറ മാൎഗ്ഗദൎശികളിൽ ആംഗലശാസ്ത്രജ്ഞനായ റോബർട്ട് ബോയിലിൻെറ (Robert Boyle) പേർ മുന്നിട്ടു നില്ക്കുന്നു. കത്തുന്നതുകൊണ്ടു പദാൎത്ഥങ്ങളെല്ലാം അവയുടെ ഘടകങ്ങളായി പിരിയുമെന്ന യവനരുടെ നിഗമനം അടിസ്ഥാനരഹിതമാണെന്നു് അദ്ദേഹം തെളിയിച്ചു. സാധാരണങ്ങളായ ചില പദാൎത്ഥങ്ങൾ ചൂടുമൂലം അസാധാരണങ്ങളായ — വിഷമമേറിയ ഘടനയോടുകൂടിയ — ചില പദാൎത്ഥങ്ങളായി മാറുന്നുവെന്നും മററു ചില പദാൎത്ഥങ്ങൾക്കു ചൂടുകൊണ്ടു യാതൊരു മാററവും സംഭവിക്കുന്നില്ലെന്നും അദ്ദേഹം കണ്ടു. തൻെറ ദീൎഘകാലത്തെ ഗവേഷണഫലങ്ങളെ അദ്ദേഹം 1661-ൽ പുസ്തകരൂപത്തിൽ പ്രസിദ്ധപ്പെടുത്തി. അദ്ദേഹമാണു് പദാൎത്ഥങ്ങളെ ധാ

തുക്കളെന്നും (Elements), അത്തരം ധാതുക്കൾ ചേൎന്നുണ്ടാകുന്ന സംയുക്തകങ്ങളെന്നും (Compounds) രണ്ടായി തിരിച്ചത്. വിശ്ലേഷിച്ച വ്യത്യസ്ത ധൎമ്മങ്ങളോടുകൂടിയ മററു പദാൎത്ഥങ്ങളാക്കുവാൻ തരപ്പെടുന്ന പദാൎത്ഥങ്ങൾ സംയുക്തകങ്ങളും, അങ്ങിനെ വിഭജിക്കുവാൻ സാധിക്കാത്തവ ധാതുക്കളും ആകുന്നു. രണ്ടോ അതിലധികമോ ധാതുക്കൾ ചേൎന്നിട്ടാണ് സംയുക്തകങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ എടുക്കാം. വെള്ളത്തെ ഓക്സിജൻ, ഹൈഡ്രജൻ എന്നീ രണ്ടു വാതകങ്ങളായി വേർതിരിക്കാം. അതുകൊണ്ടു വെള്ളം ഒരു സംയുക്തകമാണ്. പ്രസ്തുത വാതകങ്ങളെ പിന്നേയും പിരിക്കുക സാദ്ധ്യമല്ല. തന്മൂലം അവ രണ്ടും ധാതുക്കളാണ്. ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ, കരി എന്നീ ധാതുക്കൾ സംഘടിച്ചിട്ടാണ് പഞ്ചസാര എന്ന സംയുക്തകം നമുക്കു ലഭിക്കുന്നത്. ഇരിമ്പ്, ചെമ്പ്, ഈയ്യം, റേഡിയം തുടങ്ങിയവയെല്ലാം ഉപരിവിഭജനക്ഷമങ്ങളല്ലാത്തതിനാൽ ധാതുക്കളാണ്. പക്ഷേ, പദാൎത്ഥങ്ങളെ ധാതുക്കളായും സംയുക്തകങ്ങളായും വേർതിരിച്ചറിയുന്നതിന്നു വളരെക്കാലത്തെ ഗവേഷണങ്ങൾ വേണ്ടിവന്നു. ഇന്നത്തെ പരമാണുസിദ്ധാന്തത്തിൻെറ ഉപജ്ഞാതാവായ ജോൺഡാൾട്ടൻ എന്ന ആംഗലശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് അതിൽ കാൎയ്യമായ പങ്കെടുത്തത്.

ധാതുക്കളും സംയുക്തകങ്ങളും.

ഡാൾട്ടൻ (Dalton) ഇരുപതു ധാതുക്കളെ വേർതിരിച്ചറിഞ്ഞു. അതിന്നുശേഷം, കാലക്രമത്തിൽ, എഴു

പത്തിരണ്ടു ധാതുക്കൾ കണ്ടുപിടിയ്ക്കപ്പെട്ടു. കഴിഞ്ഞ യുദ്ധകാലത്തു് 'ആററംബോംബി'നെ സംബന്ധിച്ചുള്ള പരീക്ഷണങ്ങൾക്കിടയിൽ നാലു പുതിയ ധാതുക്കൾകൂടി അവയുടെ സാന്നിദ്ധ്യം വെളിപ്പെടുത്തി. പ്ലൂട്ടോണിയം, അമേരിക്കയം, നെപ്ട്ടൂണിയം, ക്യൂറിയം എന്നീ പേരുകളാണു് അവയ്ക്കു നല്കിയിരിക്കുന്നതു്. അങ്ങനെ ധാതുക്കളുടെ എണ്ണം ഇന്നു തൊണ്ണൂററാറായി * വൎദ്ധിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ധാതുക്കളാണു് എല്ലാ പദാൎത്ഥങ്ങളുടേയും ഉല്പത്തിസ്ഥാനം. ഒരു കാലത്തു ധാതുക്കളെന്നു വിശ്വസിച്ചിരുന്ന പല പദാൎത്ഥങ്ങളും പിന്നീടു വിഭജനത്തിന്നു വിധേയങ്ങളായിത്തീൎന്നു. അതുപോലെ നാം ഇന്നു ധാതുക്കളെന്നു കരുതുന്നവയിൽ ചിലവ കാലാന്തരത്തിൽ വിശകലനത്തിന്നു വഴിപ്പെട്ടു എന്നും വരാം. ഈ ധാതുക്കൾ സ്വൎണ്ണത്തേയും വെള്ളിയേയുംപോലെ ഘനരൂപത്തിലോ, രസത്തിനെപ്പോലെ ദ്രാവകരൂപത്തിലോ, അബ്ജനകം (ഹൈഡ്രജൻ), അമ്ലജനകം (ഓക്സിജൻ) എന്നിവയെപ്പോലെ വാതകരൂപത്തിലോ വൎത്തിക്കുന്നു.

ധാതുക്കളുടെ എണ്ണം

---

* ഇവയിൽ രണ്ടെണ്ണം ഇനിയും വേർതിരിച്ചെടുക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ല.

൨. അണുക്കളും പരമാണുക്കളും

ജോൺ ഡാൾട്ടൻ എന്ന ആംഗലശാസ്ത്രജ്ഞനെ കുറിച്ചു കഴിഞ്ഞ അദ്ധ്യായത്തിൽ പ്രസ്താവിക്കയുണ്ടായല്ലോ. അദ്ദേഹം ഇംഗ്ലണ്ടിൽ മാഞ്ചെസ്റ്റർ എന്ന നഗരത്തിൽ ഒരു അദ്ധ്യാപകനായിരുന്നു. ധാതുക്കളേയും സംയുക്തകങ്ങളേയും വേർതിരിച്ചറിയുന്നതിന്നുവേണ്ടി നടത്തിയ ഗവേഷണങ്ങളുടെ ഫലമായി അദ്ദേഹം പുതിയ രണ്ടു സംഗതികൾ മനസ്സിലാക്കി. 1808-ൽ അദ്ദേഹം അവയെ 'ലോ ഓഫ് കോൺസ്റ്റന്റ് പ്രൊപ്പോർഷൻസ്' (Law of Constant Proportions) എന്നും 'ലോ ഓഫ് മൾട്ടിപ്പിൾ പ്രൊപ്പോർഷൻസ്' (Law of Multiple Proportions) എന്നും ഉള്ള പേരുകളോടുകൂടി പ്രസിദ്ധപ്പെടുത്തി.

ഡാൾട്ടന്റെ രണ്ടു നിയമങ്ങൾ

ഇവയിൽ ആദ്യത്തെ നിയമമനുസരിച്ചു ധാതുക്കൾ തമ്മിൽ തൂക്കപ്രകാരം ഓരോ നിശ്ചിതതോതിലേ സംയോജിക്കുകയുള്ളൂ. ഒരു ഗ്രാം ഹൈഡ്രജനെടുക്കുകയാണെങ്കിൽ അതു് എല്ലായ്പോഴും മുപ്പത്തിഅഞ്ചര ഗ്രാം ക്ലോറിനോടു ചേർന്നു മുപ്പത്താറര ഗ്രാം ഹൈഡ്രജൻക്ലോറൈഡ് ആയി മാറുന്നു. ക്ലോറിനോടല്ല അയോഡിനോടുകൂടിയാണ് ഹൈഡ്രജൻ ചേരുന്നതെങ്കിൽ, ഹൈഡ്രജന്റെ നൂററിഇരുപത്തേഴു മടങ്ങു (തൂക്കപ്രകാരം) അയോഡിൻ വേണം. അതുപോലെ ക്ലോറിൻ എടുക്കുന്നപക്ഷം, മുപ്പ

ത്തഞ്ചര ഗ്രാം ക്ലോറിൻ എല്ലായ്പോഴം ഇരുപത്തിമൂന്നു ഗ്രാം സോഡിയത്തോടോ (സാധാരണ ഉപ്പുണ്ടാകുന്നതിന്നു്) 39.1 ഗ്രാം പൊട്ടാസിയത്തോടോ, 107.9 ഗ്രാം വെള്ളിയോടോ ആണു് ചേരുക. മററെല്ലാ ധാതുക്കളും അവയുടെ പെരുമാററത്തിൽ ഈ പ്രത്യേകത കാണിക്കുന്നുണ്ടു്.

രണ്ടാമത്തെ നിയമം അന്യോന്യം പലപല അനുപാതങ്ങളിലും ചേരുന്ന രണ്ടു ധാതുക്കളെക്കുറിച്ചുള്ളതാണു്. ഒരു ധാതുവിൻെറ ഒരു നിശ്ചിതതൂക്കത്തോടു മറെറാരു ധാതു പല തൂക്കങ്ങളിലും സംയോജിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിൽ, ആ തൂക്കങ്ങൾക്കു പരസ്പരം സരളമായ ഒരു ബന്ധമുണ്ടെന്നതാണു് ആ നിയമം. ഒരു ഉദാഹരണംകൊണ്ടു് ഇതിനെ കുറച്ചുകൂടി വ്യക്തമാക്കാൻ ശ്രമിക്കാം. ഓക്സിജനും നൈട്രജനും തമ്മിൽ ചേൎന്നു് അഞ്ചു സംയുക്തകങ്ങളുണ്ടാകുന്നുണ്ടു്. ഇവയോരോന്നിലും ഒരേ തൂക്കം നൈട്രജനോടു ചേരുന്ന ഓക്സിജൻെറ തൂക്കങ്ങൾ എല്ലായ്പോഴം 1: 2: 3: 4: 5 എന്ന അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

സംയുക്തകങ്ങളുടെ രൂപവൽക്കരണത്തിൽ കണ്ടുവരുന്ന ഈ പ്രത്യേകതകൾക്കു കാരണമന്വേഷിച്ചു പുറപ്പെട്ട ഡാൾട്ടൻ ചില നിഗമനങ്ങളിലെത്തിച്ചേൎന്നു. ഒരു ധാതുവിൻെറ അല്പിഷ്ഠമായ അംശത്തെ—

അണുക്കളും പരമാണുക്കളും

ആ ധാതുവിൻെറ എല്ലാ ധൎമ്മങ്ങളേയും പ്രദൎശിപ്പിക്കുന്നതിന്നു കഴിവുള്ള ഏററവും ചെറിയ അംശത്തെ—പരമാണുവായും, ഒരു സംയുക്തകത്തിൻെറ അല്പിഷ്ഠമായ അംശത്തെ അണു

വായും അദ്ദേഹം സങ്കല്പിച്ചു. (ഐറോപ്യഭാഷകളിൽ പരമാണുവിനെ കുറിക്കുന്നതിന്ന് ഉപയോഗിച്ചുവരുന്ന 'ആറം' എന്ന ഗ്രീക്കുപദത്തിന്ന് അവിഭാജ്യം എന്നാണൎത്ഥം.) ഒരേ ധാതുവിൻെറ പരമാണുക്കളെല്ലാംതന്നെ ഒരേ തൂക്കത്തോടുകൂടിയവയാണെന്നും സംയുക്തകങ്ങളുടെ അണുക്കളുണ്ടാകുന്നതു പലതരത്തിലുള്ള പരമാണുക്കളും സരളമായ അനുപാതത്തോടെ തമ്മിൽതമ്മിൽ ചേൎന്നിട്ടാണെന്നും ഡാൾട്ടൻ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു.

കാലക്രമത്തിൽ, ഡാൾട്ടൻെറ 'അണു'വിനെ ഒന്നു പരിഷ്കരിക്കേണ്ടതായി വന്നു. പുതിയ നിൎവ്വചനപ്രകാരം ഒരു പദാൎത്ഥത്തിൻെറ സ്വാതന്ത്ര്യമായി പ്രകൃതിയിൽ വൎത്തിക്കാവുന്ന അല്പിഷ്ഠമായ അംശമാണ് 'അണു'. അടിയിൽ വരയിട്ട ഭാഗം പ്രത്യേകപ്രാധാന്യത്തെ അൎഹിക്കുന്നു. എന്തെന്നാൽ ചില ധാതുക്കളുടെ പരമാണുക്കൾക്കു സ്വാതന്ത്ര്യമായി പ്രകൃതിയിൽ വൎത്തിക്കുക സാദ്ധ്യമല്ല. അതുകൊണ്ടു് അവയുടെ രണ്ടും മൂന്നും പരമാണുക്കൾ വീതം തമ്മിൽതമ്മിൽ ചേൎന്നു് അണുക്കളായിത്തീരുന്നു. ഉദാഹരണമായി, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നീ ധാതുക്കളുടെ അണുക്കളിൽ ഈരണ്ടു പരമാണുക്കളുണ്ടു്. അങ്ങിനെ അവയുടെ അണുക്കളും പരമാണുക്കളും വ്യത്യസ്തങ്ങളാണ്. നേരേമറിച്ചു്, സ്വൎണ്ണം, വെള്ളി, ഹീലിയം മുതലായ ധാതുക്കളുടെ അണുക്കളിൽ ഓരോ പരമാണുവേ ഉള്ളൂ. അതുകൊണ്ടു് അവയുടെ അണുക്കളും പരമാണുക്കളും ഒന്നുതന്നെ. രസതന്ത്രപരങ്ങളായ പ്രവൎത്തനങ്ങളിൽ ധാതുക്കളുടെ പരമാണുക്കളാണ് പങ്കെടുക്കുന്നതു്.

ഇത്രയും പ്രസ്താവിച്ചതിൽനിന്ന് എത്രതരം ധാതുക്കളുണ്ടോ അത്രതരം പരമാണുക്കളുമുണ്ടെന്നു വ്യക്തമായിരിക്കുമല്ലോ. തൊണ്ണൂററാറു ധാതുക്കൾ നമുക്കു പരിചയപ്പെട്ടുകഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. അപ്പോൾ തൊണ്ണൂററാറുതരം പരമാണുക്കളും ഉണ്ടായിരിക്കണം. നേരേമറിച്ച്, അണുക്കളുടെ എണ്ണത്തിന്ന് ഒരു പരിധി കല്പിക്കുവാൻ കഴിയുമോ? തീച്ചയായും ഇല്ല. മലയാളഭാഷയിൽ അക്ഷരങ്ങൾ അയ്മ്പത്തൊന്നേ ഉള്ളു. പക്ഷേ, വാക്കുകളോ? എത്രയോ ആയിരം! പരമാണുക്കൾ ചേൎന്ന് അണുക്കൾ ഉണ്ടാകുന്നതിനെ നമുക്ക് അക്ഷരങ്ങൾ ചേൎന്നു വാക്കുകൾ ഉണ്ടാകുന്നതിനോട് ഉപമിക്കാം. എന്നാൽ അവ രണ്ടും തമ്മിൽ പ്രധാനപ്പെട്ട രണ്ടു വ്യത്യാസങ്ങളുണ്ടെന്ന് ഒരിക്കലും മറന്നുകൂടാ. മ, ന എന്നീ രണ്ട് അക്ഷരങ്ങളിൽനിന്നു നമുക്കു മന, നമ എന്ന രണ്ടു വാക്കുകൾ ലഭിക്കുന്നു. പക്ഷേ, ഓക്സിജന്റെ ഒരു പരമാണു കരിയുടെ ഒരു പരമാണുവിനോടു ചേൎന്നാലും, കരിയുടെ ഒരു പരമാണു ഓക്സിജന്റെ ഒരു പരമാണുവിനോടു ചേൎന്നാലും നമുക്കു ലഭിക്കുന്നത് ഒരേഒരു വസ്തു—ആപല്ക്കരമായ കാർബൺ മോണോക്സൈഡ്—തന്നെ. നമുക്കു ക, ച എന്നീ അക്ഷരങ്ങളെ കൂട്ടിച്ചേൎത്ത് ഒരു പുതിയവാക്കു സൃഷ്ടിക്കാം. എന്നാൽ, ഹൈഡ്രജന്റേയും ഓക്സിജന്റേയും ഓരോ പരമാണുക്കളെ സ്ഥിരമായി കൂട്ടിയിണക്കുക സാദ്ധ്യമല്ല. ഓക്സിജന്റെ ഒരു പരമാണു എപ്പോഴും ഹൈഡ്രജന്റെ രണ്ടു പരമാണുക്കളോടുകൂടി മാത്രമേ ചേരുകയുള്ളു.

വാക്കുകളുടെ നിർമ്മാണത്തിൽ ചില അക്ഷരങ്ങൾ മററു ചിലവയേക്കാൾ അധികം ആവശ്യമാണ്. അതുപോലെ ചില ധാതുക്കളുടെ പരമാണുക്കൾക്കു മററുള്ളവയോടു കൂടിക്കഴിയുവാൻ വളരെ ഉത്സാഹമുണ്ടു്; വേറെ ചിലവയ്ക്കു് അതൊട്ടില്ലതാനും. കരി, ഓക്സിജൻ, ഹൈഡ്രജൻ എന്നിവ അദ്യത്തെ ഇനത്തിൽ പെടുന്നു. അവ തമ്മിൽ ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന പദാർത്ഥങ്ങളുടെ വൈവിധ്യവും വൈചിത്ര്യവുംമൂലം അവയെക്കുറിച്ചു മാത്രം പഠിക്കുവാൻ ഒരു പുതിയ വിഭാഗം (Organic Chemistry) തന്നെ ഏർപ്പെടുത്തുന്നതിന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞർ നിർബ്ബദ്ധരായി. രണ്ടാമത്തെ ഗണത്തിൽ പെട്ടവയാണ് ആർഗൺ, ഹീലിയം, നിയോൺ തുടങ്ങിയ വാതകങ്ങൾ. അവയ്ക്കു് അലസവാതകങ്ങൾ എന്ന പേർതന്നെ നല്കിയിരിക്കുന്നു.

വ്യത്യസ്തധാതുക്കളുടെ രണ്ടോ അതിലധികമോ പരമാണുക്കൾ തമ്മിൽ ചേരുകയോ കൂട്ടുകൂടിയിരിക്കുകയോ ചെയ്താൽ നമുക്കു് ഒരു സംയുക്തകത്തിൻെറ ഒരണുവിനെ ലഭിക്കുന്നു.

പരമാണുഭാരവും അണുഭാരവും

ഹൈഡ്രജൻെറ രണ്ടു പരമാണുക്കളും ഓക്സിജൻെറ ഒരു പരമാണുവും സംയോജിച്ചാൽ വെള്ളത്തിൻെറ ഒരു അണുവായി. വെള്ളം സദൃശങ്ങളായ അണുക്കളെക്കൊണ്ടു് —അവയിലോരോന്നിലും ഓരോ ഓക്സിജൻ പരമാണുവും ഈരണ്ടു ഹൈഡ്രജൻപരമാണുക്കളും ഉണ്ടായിരിക്കും—നിർമ്മിതമാണ്. വെള്ളത്തിൻെറ തൂക്കത്തിൽ 11.19 ശതമാനം ഹൈഡ്രജനും 88.81 ശതമാനം ഓക്സിജനും ആണെന്നു കാണാം. ഇതിൽനിന്നു് ഒരു ഓക്സി

ജൻ പരമാണുവിന്നു് ഒരു ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിൻെറ $88.81 \times \frac{2}{11.19} = 15.88$ മടങ്ങു ഘനമുണ്ടായിരിക്കുമെന്നു് ഊഹിക്കാം. ഇങ്ങനെ സംയുക്തകങ്ങളെ വിശകലനം ചെയ്തു് അവയിലെ ധാതുക്കൾ ഇന്നിന്ന തൂക്കത്തിൽ സമ്മേളിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്നു മനസ്സിലാക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞാൽ ഓരോ ധാതുവിൻേറയും പരമാണുവിന്നു് ഇതരധാതുവിൻേറതിനെ അപേക്ഷിച്ചു് എത്ര മടങ്ങു ഭാരം കൂടുമെന്നും, മുമ്പു പ്രസ്താവിച്ച പ്രകാരം, കണക്കാക്കാം. സൌകര്യത്തിന്നു വേണ്ടി ഓക്സിജൻെറ 'പരമാണുഭാരം' പതിനാറു് എന്നു നിശ്ചയിച്ചു്, ആ തോതിലാണു് ഇതരധാതുക്കളുടെ പരമാണുഭാരങ്ങൾ നിർണ്ണയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതു്. ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിന്നു് ഓക്സിജൻ പരമാണുവിൻെറ 15.88-ൽ ഒരംശം മാത്രമേ ഭാരമുള്ളുവെന്നു മുകളിൽ കണ്ടുവല്ലോ. അപ്പോൾ ഈ പുതിയ തോതനുസരിച്ചു ഹൈഡ്രജൻെറ പരമാണുഭാരം $\frac{16}{15.88} = 1.0078$ ആണു്. ഇങ്ങനെ എല്ലാ ധാതുക്കളുടേയും പരമാണുഭാരങ്ങൾ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ തിട്ടപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ടു്. ധാതുക്കളുടേയും സംയുക്തകങ്ങളുടേയും 'അണുഭാരവും' (Molecular Weight) ഇതേ രീതിയിൽത്തന്നെയാണു് കണക്കാക്കുന്നതു്.

സാധാരണമായ ഒരു ഭൂതക്കണ്ണാടിയിൽകൂടി നോക്കുന്നതായാൽ ഒരു ചതുരശ്രഅംഗുലത്തിൻെറ പത്തു ലക്ഷത്തിൽ ഒരംശംമാത്രം വലിപ്പമുള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ നമുക്കു കാണുവാൻ കഴിയും. അതിലും ശക്തിയേറിയ ഒരു സൂക്ഷ്മദർശിനിക്കൂടി ഒരു അണുവിനെ നമുക്കു ദൃശ്യമാക്കിത്തരാൻ സാധിക്കുകയില്ല. ഏററവും ശക്തികൂടിയ സൂക്ഷ്മ

അണുക്കളുടെ വലിപ്പം

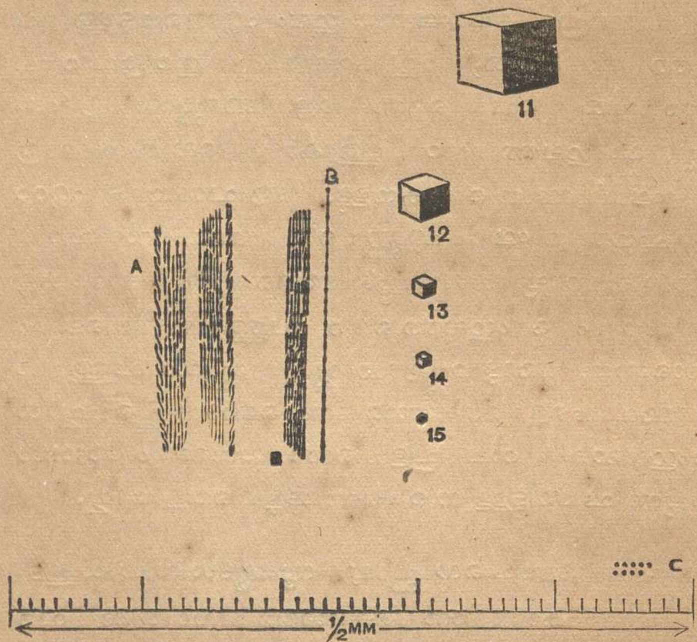
വസ്തുവിൽപോലും നൂറുകണക്കിന്ന് അണുക്കളുണ്ടായിരിക്കും. അത്രയ്ക്കു ചെറിയവയാണ് അണുക്കൾ. ഒരു തുള്ളി വെള്ളത്തെ എണ്ണായിരം നാഴിക വ്യാസമുള്ള ഭൂഗോളത്തോളം വലുതാക്കുന്നതായാൽ അതിലെ ഒരണുവിന്ന് ഒരു ചെറുനാരങ്ങയുടെ വലിപ്പം മാത്രമേ ഉണ്ടായിരിക്കുകയുള്ളു.

റാലിപ്രഭു, ഒരു ഘനഅംഗുലം എണ്ണയെടുത്തു വെള്ളത്തിലൊഴിച്ചാൽ, അത് ഒരുലക്ഷം ചതുരശ്രവാര വിസ്താരത്തിൽ വ്യാപിക്കുമെന്നു കണ്ടു. അപ്പോൾ ആ 'പാട'യ്ക്കു് ഒരംഗുലത്തിൻെറ പത്തുകോടിയിലൊരംശം മാത്രമേ 'ഘന'മുണ്ടായിരിക്കുകയുള്ളൂ. ആ പാടയുടെ ഏററവും ചുരുങ്ങിയ ഘനം എണ്ണയുടെ അണുവിൻെറ വ്യാസമായിരിക്കാനല്ലേ വഴിയുള്ളൂ? അതുകൊണ്ട് അണുക്കളുടെ വ്യാസം ഒരംഗുലത്തിൻെറ പത്തുകോടിയിലൊരംശമാണെന്ന് അദ്ദേഹം ഊഹിച്ചു. അപ്പോൾ പത്തുകോടി അണുക്കളെ ഒന്നിനോടൊന്നു തൊട്ടുവിച്ചുവെച്ചാൽ ഒരംഗുലമാകും. റാലി പ്രഭുവിൻെറ അനുമാനം അബദ്ധമല്ലെന്നു പിന്നീടുള്ള നിരീക്ഷണങ്ങളും തെളിയിച്ചു.

പരമാണുക്കളുടെ വലിപ്പം

ഒരു അണുവിനെപ്പോലും സൂക്ഷ്മദർശിനിയിൽക്കൂടി കാണുവാൻ കഴിയാത്ത സ്ഥിതിക്കു പരമാണുവിൻെറ കഥ പറയേണ്ടതില്ലല്ലോ. ഒരു ഉദാഹരണംകൊണ്ടു പരമാണുവിൻെറ വലിപ്പം എത്രയെന്നു നിങ്ങളെ ബോധപ്പെടുത്തുന്നതിന്നു ശ്രമിക്കുകയായിരിക്കും നല്ലതു്.

പത്തു സെൻറിമീററർ വീതം നീളവും വീതിയും ഘനവും ഉള്ള ഒരു ഈയ്യഘനികയിൽനിന്നു (Lead cube) ഭുജദൈർഘ്യം അതിൻെറ പകുതി മാത്രമുള്ള ഒരു ഘനികയെ മുറിച്ചെടുക്കുക. ഈ പുതിയ ഘനികയുടെ പരിമാണം (Volume) ആദ്യത്തെ ഘനികയുടേതിൻെറ എട്ടിലൊന്നു മാത്രമേ ആയിരിക്കുകയുള്ളു. ആ ചെറിയ ഘനി



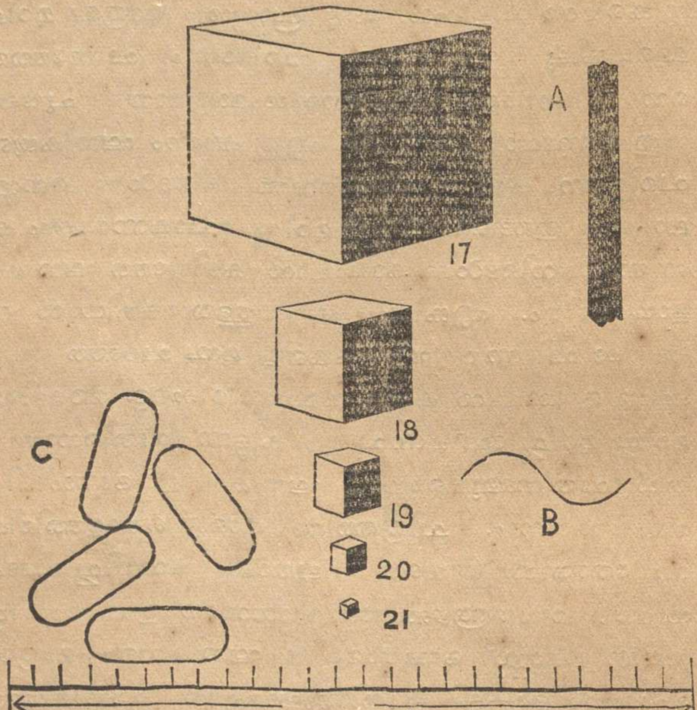
½ മില്ലിമീററർ.

ചിത്രം 1

A. തലനാര്. B. ·001 മില്ലിമീററർ (ഘനംകുറഞ്ഞ കമ്പി.) C. ഇൻഫ്ളുവൻസ രോഗാണുക്കൾ.

കയിൽനിന്നു ഭുജദൈർഘ്യം പകുതിപ്പെട്ടുകയും പരിമാണം എട്ടിലൊന്നു മാത്രമാകുകയും ചെയ്യുമാറു മറ്റൊരു ഘനികയെ മുറിച്ചെടുക്കുക. അതിനെ രണ്ടാമത്തെ ഘനികയെന്നു വിളിക്കാം. രണ്ടു പ്രാവശ്യം മാത്രമേ മുറിച്ചുള്ളുവെങ്കിലും ഘനികയുടെ പരിമാണം പണ്ടത്തേതിൻെറ അറുപത്തിനാലിലൊരംശംമാത്രമായി ചുരുങ്ങിയതു കണ്ടുവോ? അപ്പോൾ എത്ര ക്ഷണം ഘനികയുടെ പരിമാണം കുറഞ്ഞു വരുന്നുവെന്നു നിങ്ങൾക്കു മനസ്സിലാക്കാം. ഇങ്ങിനെ മുറിച്ചു മുറിച്ചു പോകുന്നപക്ഷം ക്ഷണത്തിൽ നിങ്ങൾക്കു കാണുവാൻ കഴിയാത്ത ഘനികകളായിത്തീരും. എങ്കിലും ഒരു അത്ഭുതശക്തിയാൽ നിങ്ങൾക്കു പിന്നേയും ഘനികകളെ മുമ്പു പറഞ്ഞ കണക്കിന്നു മുറിക്കുവാൻ കഴിയുന്നുവെന്നിരിക്കട്ടെ. അങ്ങിനെ മുറിച്ചു മുറിച്ചു പോകുന്നപക്ഷം കിട്ടുന്ന പതിനൊന്നു മുതൽ പതിനഞ്ചുവരെയുള്ള ഘനികകളെ ഒന്നാംചിത്രത്തിൽ കാണാം. ചിത്രത്തിന്നു താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന തോതിൽ അവയെ വലുതാക്കി കാണിച്ചിരിക്കുകയാണു്. രസതന്ത്രജ്ഞന്മാർ സാധാരണ ഉപയോഗിച്ചുവരുന്ന തുലാസ്സ് ഒമ്പതാമത്തെ ഘനികവരെ മാത്രമേ ഉപയോഗിച്ചുകൂടു. പതിന്നാലാമത്തെ ഘനികയാവുമ്പോളേക്കും, ഒരു മില്ലിഗ്രാമിൻെറ പത്തുലക്ഷത്തിലൊരംശത്തെപ്പോലും തൂക്കാവുന്ന 'ക്വാർട്ട്സ് മൈക്രോ ബാലൻസ്'' (Quartz Micro Balance) പോലും പ്രയോജനശൂന്യമായിത്തീരുന്നു. എങ്കിലും സാധാരണ ഭൂതക്കണ്ണാടികളിൽക്കൂടി അതിലും ചെറിയ വസ്തുക്കൾ ദൃശ്യങ്ങ

ളാണു്. രണ്ടാംചിത്രത്തിൽ പതിനേഴുമുതൽ ഇരുപ ത്തൊന്നുവരെയുള്ള ഘനികകളെ, അതിന്നു താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന തോതിൽ, വലുതാക്കി വരച്ചിരിക്കുന്നു.



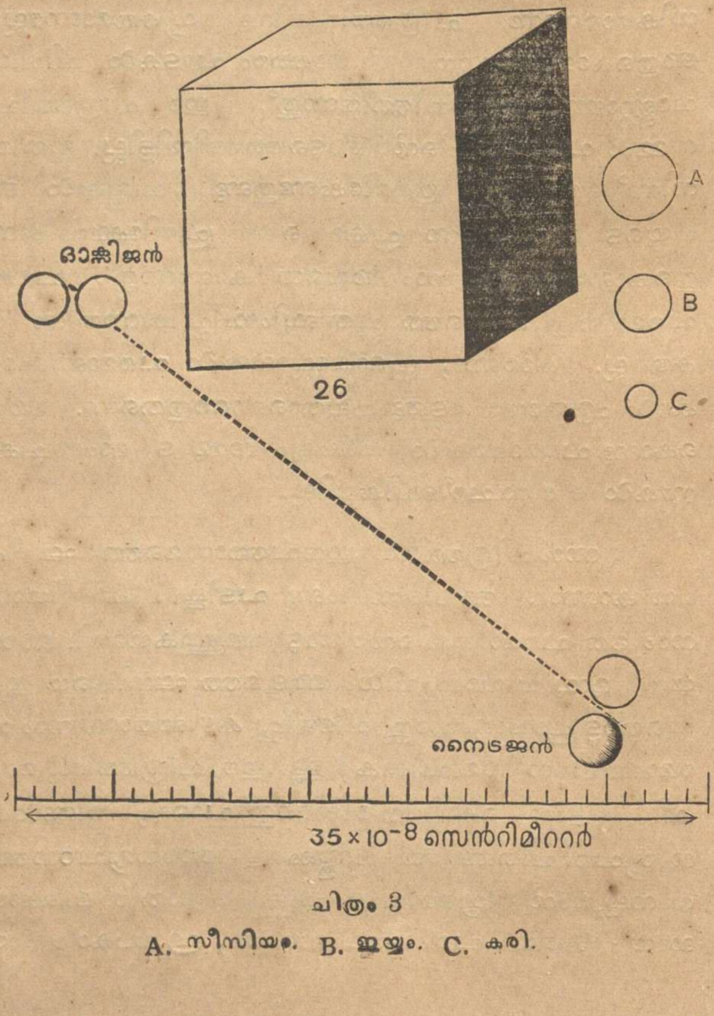
ചിത്രം 2

A. വെള്ളത്തിന്റെ മീതെയുള്ള എണ്ണപ്പാട. B. കാഡ്മിയത്തിന്റെ അരുണപ്രകാശതരംഗദൈർഘ്യം. C. ഇൻഫ്ളുവൻസ രോഗാണുക്കൾ.

കാഡ്മിയം എന്ന ലോഹത്തിൽനിന്നുത്ഭവിക്കുന്ന അരുണപ്രഭയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം അതിൻെറ മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന എണ്ണപ്പാടയുടെ ഘനത്തേക്കാൾ അധികമാണെന്നു ചിത്രത്തിൽനിന്നു വ്യക്തമാണല്ലോ. അതുകൊണ്ടുതന്നെയാണു് അത്തരം പാടകൾ വിവിധവർണ്ണോജ്ജ്വലങ്ങളായിത്തീരുന്നതു്. ഈ ചിത്രത്തിലും നമ്മൾ പരമാണുവിൻെറ അടുത്തെത്തിയിട്ടില്ല. ഇതിൽനിന്നു് ഒരു കാര്യം ഗ്രഹിക്കേണ്ടതുണ്ടു്. വസ്തുക്കൾ അവയുടെ മേൽ തട്ടുന്ന പ്രകാശത്തെ പ്രതിക്ഷേപിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണല്ലോ നാം അവയെ കാണുന്നതു്. പക്ഷേ പരമാണു പ്രകാശത്തെ പ്രതിബിംബിപ്പിക്കുന്നതിന്നു ശക്തമല്ല. കാരണം, പ്രഭാകല്ലോലങ്ങൾ പരമാണുക്കളേക്കാൾ എത്രയോ മടങ്ങു വലുതാണെന്നതുതന്നെ. അതുകൊണ്ടു പരമാണുക്കൾ ഒരിക്കലും നമ്മുടെ മാംസചക്ഷുസ്സുകൾക്കു ഗോചരീഭവിക്കയില്ല.

മൂന്നാംചിത്രത്തിൽ ഇരുപത്താറാമത്തെ ഘനികയെ കാണാം. അവിടുന്നു രണ്ടു പടികൂടി കയറിയാൽ നാം ഒരു പരമാണുവിൻെറ അടുത്തെത്തുകയായി. അതായതു്, മുമ്പു വിവരിച്ചവിധം ആദ്യത്തെ ഘനികയെ ഇരുപത്തെട്ടുപ്രാവശ്യം മുറഞ്ഞു വിഭജിച്ചു കഴിഞ്ഞാലേ നാം പരമാണുവിനെ സമീപിക്കുകയുള്ളു. ഈ ചിത്രത്തിൽ, മററു ചിത്രങ്ങളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതുപോലെ, നിങ്ങൾക്കു നിത്യപരിചിതങ്ങളായ വസ്തുക്കളെ താരതമ്യപഠനത്തിന്നു നല്കുവാൻ നിവൃത്തിയില്ല. എങ്കിലും അതിൽ ഭീമകായനായ സീസിയം പരമാണുവിൻേറയും, ഹ്രസ്വകായനായ

അംഗാരപരമാണുവിൻേറയും, ഇടത്തരക്കാരനായ ഈയ്യം പരമാണുവിൻേറയും ചിത്രങ്ങൾ വരച്ചുവെച്ചിട്ടുണ്ട്. അതോടൊപ്പംതന്നെ നാം ശ്വസിക്കുന്ന വായുവിൻെറ രണ്ടു



ചിത്രം 3

A. സീസിയം. B. ഈയ്യം. C. കരി.

അണുക്കളുടെ ചിത്രവും കാണാം. അവയിലെ ഓക്സിജൻറയും നൈട്രജൻറയും പരമാണുക്കൾ വായുവിൽ അവ തമ്മിലുള്ള ശരാശരി അകലത്താണു് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതു്.

ഇത്രയും പ്രസ്താവിച്ചതിൽനിന്നു് അണുപരമാണുക്കളുടെ വണ്ണത്തെക്കുറിച്ചു് ഒരു ഏകദേശജ്ഞാനം നിങ്ങൾക്കു് ഉണ്ടായിരിക്കുമെന്നു വിശ്വസിക്കുന്നു. ഇനി അവയുടെ എണ്ണത്തെപ്പററി പറഞ്ഞു മനസ്സിലാക്കാൻ ശ്രമിക്കാം. സാധാരണ വസ്തുക്കളിൽ അവ അടുത്തടുത്തായി തിങ്ങിക്കൂടിയിരിക്കുന്നതുകൊണ്ടു കുറച്ചു സ്ഥലത്തിനുള്ളിൽ എത്രയോ അധികം പരമാണുക്കളുണ്ടായിരിക്കും. ലോകത്തിലെ സമുദ്രങ്ങളിലെല്ലാംകൂടി എത്ര ഗാലൻ വെള്ളമുണ്ടാകുമോ അത്രയും പരമാണുക്കൾ ഒരു മൊട്ടുസൂചിയുടെ മൊട്ടിന്മേൽ ഉണ്ടു്. അതിൽനിന്നു പത്തുലക്ഷം പരമാണുക്കൾവീതം ലോകത്തിലെ ഓരോ മനുഷ്യനും കൊടുത്തു നോക്കു. എന്നാലും ആ മൊട്ടിൻെറ വലിപ്പത്തിന്നു യാതൊരു മാററവും സംഭവിച്ചു എന്നു തോന്നില്ല. ഇങ്ങിനെ അയ്മ്പതിനായിരം ദാനത്തിന്നുള്ള കോപ്പു് ആ ചെറിയ മൊട്ടിൻെറ അധീനത്തിലുണ്ടു്.

അണുപരമാണുക്കളുടെ എണ്ണം

വേറൊരു ഉദാഹരണംകൂടി എടുക്കാം. ഒരു ഗ്ലാസ്സു വെള്ളമെടുത്തു് അതിലെ അണുക്കളെയെല്ലാം പിന്നീടു് അവയെ കണ്ടാൽ തിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കത്തക്കവിധം അടയാളപ്പെടുത്തി ഭൂമിയിലെവിടെയെങ്കിലും ഒഴിച്ചുകളഞ്ഞുവെന്നിരിക്കട്ടെ. വളരെക്കാലത്തിനുശേഷം—ലക്ഷ

ക്കണക്കിന്നു വർഷങ്ങൾ വേണ്ടിവന്നു എന്നുവരാം— നദി കളിലും, സമുദ്രങ്ങളിലും, തടാകങ്ങളിലും, ഭൂമിയിലും, മേഘങ്ങളിലും ഉള്ള വെള്ളത്തിനെല്ലാം കൂടിക്കലരുന്നതി ന്ന് അവസരം ലഭിച്ചശേഷം, ഏതെങ്കിലും ഒരു പൈ പ്പിൽനിന്ന് ഒരു ഗ്ലാസ്സു വെള്ളമെടുത്തു നോക്കിയാൽ അതിൽ ആദ്യത്തെ അണുക്കളിലുണ്ടായിരുന്ന എത്ര എ ണ്ണത്തിനെ കാണുമെന്നാണ് നിങ്ങൾ പ്രതീക്ഷിക്കുന്ന തു്? രണ്ടായിരം എന്നാണുത്തരം. അതിന്നു കാരണ മെന്തെന്നല്ലേ? ലോകത്തിലെ ജലാശയങ്ങളിലും മററും കൂടി ഒട്ടാകെ എത്ര ഗ്ലാസ്സു വെള്ളമുണ്ടോ അതിൻെറ ര ണ്ടായിരം മടങ്ങ് അണുക്കൾ ഒരു ഗ്ലാസ്സു വെള്ളത്തി ലുണ്ട്.

അദൃശ്യങ്ങളെന്നു പറഞ്ഞ വസ്തുക്കളെക്കുറിച്ച് ഇത്ര യും വിവരങ്ങൾ എങ്ങിനെ സമ്പാദിച്ചു എന്നു നിങ്ങൾ ചോദിക്കുമായിരിക്കും. ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അതിന്നായി അ നവധി മാർഗ്ഗങ്ങൾ അവലംബിച്ചിട്ടുണ്ട്. പക്ഷേ അവ യെ എളുപ്പത്തിൽ വിസ്തരിക്കുകയെന്നതു് അസാദ്ധ്യ മാണ്. എങ്കിലും രണ്ടു മൂന്നു മാർഗ്ഗങ്ങളെ കുറിച്ചു പ്രസ്താ വിക്കാം. വളരെ ചെറിയ ദ്വാരമുള്ള ഒരു നളികയിൽ ക്കൂടി ഒരു വാതകം സഞ്ചരിക്കുന്ന വേഗതയെ ആധാര മാക്കിയിട്ടുള്ളതാണ് ഒരു മാർഗ്ഗം. പരമാണുക്കൾക്കു വ ലിപ്പം കൂടുംതോറും അവ തമ്മിൽ തമ്മിൽ അധികമധി കം തട്ടിത്തടയുകയും തന്മൂലം ആ നളികത്തിൽക്കൂടി യുള്ള അവയുടെ ഗതി മന്ദീഭവിക്കുകയും ചെയ്യുമല്ലോ. ആ ഗതിമാന്ദ്യത്തെ ആസ്പദമാക്കി ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പ്ര

സ്തുതപരമാണുക്കളുടെ വലിപ്പം കണക്കാക്കാം. മറെറാരു മാർഗ്ഗം റാലിപ്രഭു അവലംബിച്ചതുതന്നെ. (മുമ്പു വിവരിച്ചിട്ടുണ്ട്.) ഇതിന്നുപുറമെ, സർ. വില്യംബ്രാഗ്, അദ്ദേഹത്തിൻെറ പുത്രനായ പ്രൊഫസർ ലോറൻസ് ബ്രാഗ് തുടങ്ങിയ ഗവേഷകചതുരന്മാർ ബഹുകോണങ്ങളായ വസ്തുശകലങ്ങളിന്മേൽ (Crystals) റോൺട്ജൻ രശ്മികൾ മുഖേന നടത്തിയിട്ടുള്ള പരീക്ഷണങ്ങളും അണുപരമാണുക്കളെക്കുറിച്ച് അനല്പമായ അറിവു നല്കിയിട്ടുണ്ട്.

അണുപരമാണുക്കൾ ഒരിക്കലും നിശ്ചലങ്ങളായി വർത്തിക്കുന്നില്ല. അചേതനങ്ങളായ കഠിനവസ്തുക്കളിൽപ്പോലും അവ നിരന്തരം ഓടിക്കളിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു.

അണുപരമാണുക്കളുടെ കളി

ഈ കളി അവസാനിപ്പിക്കുന്ന കാര്യം വിഷമമാണ്. പലരും അതിന്നുത്സാഹിച്ചു നോക്കിയിട്ടുണ്ട്. ചിലക്ക് ഈ കളിയുടെ വേഗതയെ വളരെ മന്ദീഭവിപ്പിക്കുന്നതിന്നു കഴിഞ്ഞു. ഈ ചലനമാണ് ഉഷ്ണത്തിൻെറ നിദാനം. ഏററവും കുറഞ്ഞ ഊഷ്മളതകളിൽ വർത്തിക്കുന്ന വസ്തുക്കളിൽപ്പോലും അല്പം ചൂട് അവശേഷിച്ചു കിടപ്പുണ്ട്. ഒരു മഞ്ഞിൻകട്ടയിൽ ധാരാളം ചൂടു നിക്ഷിപ്തമാണ്. വിശ്വസിക്കുവാൻ കഴിയുന്നില്ല, അല്ലേ? ഒരു പാത്രത്തിൽ ദ്രവീഭൂതവായുവിനെ എടുത്ത് ആ മഞ്ഞിൻകട്ടയിന്മേൽ വെച്ചുനോക്കു. ഉടനെ അതു തിളയ്ക്കുന്നതു കാണാം. ഒരു വസ്തുവിലുള്ള 'ഉഷ്ണം' പുറത്തു വരുന്നത് അതിൻെറ പരിസരത്തിൽ അതിനേക്കാൾ 'തണുത്ത' ഒരു വസ്തു ഉള്ളപ്പോൾ മാത്രമാണ്. അതുകൊണ്ടാണ്

നാം മഞ്ഞിൻകട്ടയ്ക്കകത്തുള്ള ഉഷ്ണത്തെക്കുറിച്ച മനസ്സിലാക്കാത്തത്.

അപ്പോൾ, ചൂട് എന്നു പറയുന്നത് അണുപരമാണുക്കളുടെ ചലനത്തിൽനിന്നുത്ഭവിക്കുന്നു. ഒരു വസ്തുവിലുള്ള അണുപരമാണുക്കളുടെ ചലനം വർദ്ധിക്കുംതോറും അതിൻെറ ചൂടും വർദ്ധിക്കും. കത്തുന്ന തീയ്യിൽ അണുപരമാണുക്കളുടെ കളി തീവ്രമാണ്. ഒരു ഇരുമ്പുകമ്പി ആ തീയ്യിൽ വെയ്ക്കുമ്പോൾ, തീയ്യിലെ അണുക്കളുടെ ഉത്സാഹം കമ്പിയിലെ അണുക്കളിലേയ്ക്കു പകരുന്നു. ഉടനെ കമ്പി ചൂടുപിടിക്കുന്നതായി നമുക്കു തോന്നുന്നു. ഒരു ഘനപദാർത്ഥത്തിൽ (Solid) പരമാണുക്കളുടെ സാമീപ്യാധിക്യം നിമിത്തം അവയുടെ ക്രീഡാരംഗം വളരെ പരിമിതമാണ്. അതിലും എത്രയോ വ്യാപ്തിയുണ്ട് ദ്രാവകങ്ങളിലെ പരമാണുക്കളുടെ ക്രീഡാരംഗത്തിന്ന്. വാതകങ്ങളിലെ പരമാണുക്കളാകട്ടെ സൈ്വരവിഹാരംതന്നെ ചെയ്യുന്നു. 1811_ൽ 'അവോഗാഡ്രോ' എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ആവിഷ്കരിച്ച സിദ്ധാന്തപ്രകാരം, ഒരേ ഊഷ്മളതയ്ക്കും വ്യോമർദ്ദത്തിന്നും വിധേയമായിരിക്കുന്നപക്ഷം എല്ലാ വാതകങ്ങളുടേയും തുല്യപരിമാണങ്ങളിൽ ഉള്ള അണുക്കളുടെ എണ്ണം ഒന്നുതന്നെയാണ്. സാധാരണയായി ഒരു വാതകത്തിൻെറ ഒരു ക്യൂബിക്ക് സെൻറിമീററിൽ 25×10^{18} അണുക്കളാണുള്ളത്. അന്തരീക്ഷത്തിൻെറ ഊഷ്മളത എഴുപതു ഫാരൻഹീററ്ഡിഗ്രി ആയിരിക്കുമ്പോൾ, വായുവിലെ അണുക്കളുടെ ശരാശരി വേഗത സെക്കണ്ടിൽ അഞ്ഞൂററിനാല്പതു വാരയാണ്. വായു

മണ്ഡലം ഹിമതുല്യം തണുക്കുമ്പോൾ ആ വേഗത അ ഞ്ഞൂററിമുപ്പതു വാരയായി കുറയുന്നു. ഇതിൽനിന്ന് ആ ചലനം നിശ്ശേഷം നിലയ്ക്കണമെങ്കിൽ ഉഷ്ണളത പിന്നേയും എത്രയോ കുറയണമെന്നു മനസ്സിലാക്കാമല്ലോ. യഥാൎത്ഥത്തിൽ, —273 സെൻറിഗ്രേഡ് ഡിഗ്രിയിലാണ് അണുപരമാണുക്കൾ അവയുടെ കളിയിൽനിന്നും വിരമിക്കുന്നത്. അതുതന്നെയാണ് ഊഷ്മളതയുടെ നെല്ലിപ്പടിയും. സാധാരണയായി അണുക്കൾക്കു മുമ്പു പറഞ്ഞ വേഗതയുണ്ടെങ്കിലും, അവയ്ക്ക് അധികദൂരം സഞ്ചരിക്കുന്നതിന്നു കഴിയുകയില്ല. പരസ്പരമുള്ള സംഘട്ടനമാണ് അതിന്നു കാരണം.

ഭൂതക്കണ്ണാടിയിൽക്കൂടി നോക്കുന്നപക്ഷം ദ്രാവകങ്ങളിലും വാതകങ്ങളിലും പൊന്തിക്കിടക്കുന്ന അതിസൂക്ഷ്മങ്ങളായ കണങ്ങൾ തിരിഞ്ഞും മറിഞ്ഞും തത്തിക്കളിക്കുന്നതായി കാണാം. കണങ്ങളുടെ വലിപ്പം കുറയുംതോറും അവയുടെ കളിക്ക് ഊക്കു കൂട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു. 1827-ൽ ബ്രൌൺ എന്ന സസ്യശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് ഇതു് ആദ്യമായി നിരീക്ഷിച്ചതു്. തന്മൂലം ഇതിനെ 'ബ്രൌണിയൻ ചലനം' എന്നു വിളിച്ചുവരുന്നു. ബ്രൌണിനെ തുടൎന്നു പലരും ആ ചലനത്തെ സൂക്ഷ്മപരിശോധനയ്ക്കു വിധേയമാക്കി. തൽഫലമായി ആ കണങ്ങൾ ചുററുമുള്ള അണുക്കളുടെ മൎദ്ദനത്തിന്നു വിധേയമാകുന്നതുകൊണ്ടാണ് ഇപ്രകാരം വളഞ്ഞു പിരിഞ്ഞു ചലിക്കുന്നതെന്നു ഗ്രഹിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞു. അതിസൂക്ഷ്മമായ വസ്തുവിന്നുപോലും ചുരുങ്ങിയ സമയത്തിന്നുള്ളിൽ സംഖ്യാ

ബ്രൌണിയൻ ചലനം

തീതമായ 'ഇടിയും കുത്തും' സഹിക്കേണ്ടി വരുന്നു. സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണങ്ങൾ അണുക്കളുടെ എണ്ണത്തേയും വണ്ണത്തേയും കുറിച്ചുള്ള പല വിവരങ്ങളും നല്കി. ഈ വഴിക്കു കിട്ടിയ വിവരങ്ങൾ മററു മാർഗ്ഗങ്ങൾ മുഖേന ലഭിച്ചവയോട് അത്ഭുതകരമായ യോജിപ്പു കാണിക്കുന്നു. അണുക്കളുടെ അസ്തിത്വത്തിന്നുള്ള പ്രത്യക്ഷമായ തെളിവാണ് 'ബ്രൌണിയൻ ചലന'ത്തിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ദർശിക്കുന്നത്.

പരമാണുക്കളുടെ എണ്ണവും വണ്ണവും പദാർത്ഥഘടനയെക്കുറിച്ചു വളരെ കുറച്ചു മാത്രമേ വെളിച്ചം തരുന്നുള്ളു. ഈ പരമാണുക്കൾ എങ്ങിനെ സംഘടിച്ചു നില്ക്കുന്നു എന്നറിയാതെ ഒരു പദാർത്ഥം മറെറാരു പദാർത്ഥത്തേക്കാൾ കഠിനതരമായിരിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ടെന്ന് അറിയുവാൻ കഴിയുകയില്ല. എല്ലാ പരമാണുക്കളും ഉരുണ്ട 'ഗോലി'കളെപ്പോലെ കഠിനങ്ങളാണെന്നു സങ്കല്പിക്കുകയാണെങ്കിൽ, എല്ലാ വസ്തുക്കൾക്കും എന്തുകൊണ്ട് ഒരേ ആകൃതിയും ഒരേ 'കട്ടി'ത്തവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല എന്ന ചോദ്യം തലയുയർത്തും. വസ്തുക്കളുടെ വർണ്ണവൈചിത്ര്യത്തിന്നും കാരണം കണ്ടുപിടിക്കണം. പക്ഷേ പത്തൊമ്പതാം നൂററാണ്ടിന്റെ അന്ത്യകാലംവരെ ഈവക പ്രശ്നങ്ങൾക്കുള്ള ഉത്തരങ്ങൾ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കജ്ഞാതമായിരുന്നു. കഴിഞ്ഞ അയ്മ്പതുകൊല്ലത്തെ ഗവേഷണങ്ങളാണ് പദാർത്ഥഘടനയെക്കുറിച്ചുള്ള നമ്മുടെ വിജ്ഞാനത്തിന്റെ സീമകളെ വിപുലീകരിച്ചത്. അവയെക്കുറിച്ചു വഴിയേ വിവരിക്കുന്നതാണ്.

ഉപസംഹാരം

൯. പദാൎത്ഥങ്ങളും വിദ്യുച്ഛക്തിയും

പരമാണുക്കളെക്കുറിച്ചു പഠിക്കുമ്പോൾ പദാൎത്ഥങ്ങളും വിദ്യുച്ഛക്തിയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ചു് അല്പം അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതത്യാവശ്യമാണു്. അതുകൊണ്ടു്, ഈ അദ്ധ്യായം നമുക്കു് അതിന്നായി വിനിയോഗിക്കാം.

വിദ്യുച്ഛക്തിയുടെ ആഗമം

പ്രാചീനകാലങ്ങളിൽത്തന്നെ ജനങ്ങൾക്കു വിദ്യുച്ഛക്തിയെക്കുറിച്ചു് അറിവുണ്ടായിരുന്നു. ക്രി മു. അറുനൂറാമാണ്ടിന്നടുത്തു തേൽസ് എന്ന യവനശാസ്ത്രജ്ഞൻ 'ആംബർ' എന്ന പദാൎത്ഥം ഉരസലിൻെറ ഫലമായി ലോലങ്ങളായ വസ്തുക്കളെ ആകൎഷിക്കുവാനുള്ള ശക്തി സമ്പാദിക്കുന്നതായി കണ്ടു. ആംബറിന്നു യവനഭാഷയിൽ 'ഇലക്ട്രോൺ' എന്നാണു് പേർ. അതിൽനിന്നാണു് 'ഇലക്ട്രിസിററി' എന്ന പേർ ഉത്ഭവിച്ചതു്. എലിസബത്തു രാജ്ഞിയുടെ കാലത്തു ജീവിച്ചിരുന്ന ഡാക്ടർ ഗിൽബർട്ടു് എല്ലാ വസ്തുക്കളും, സാഹചൎയ്യങ്ങൾ അനുയോജ്യങ്ങളായാൽ, ഈ ആകൎഷണശക്തി പ്രദൎശിപ്പിക്കുമെന്നു മനസ്സിലാക്കി. 'തിരുമ്മലി'ൻെറ ഫലമായി ഏതെങ്കിലും ഒരു വസ്തു ഈ ആകൎഷണശക്തി പ്രദൎശിപ്പിക്കുമ്പോൾ, ആ വസ്തുവിന്മേൽ വൈദ്യുതശക്തി ആരോപിതമായിരിക്കുന്നു എന്നു പറയുന്നു. അങ്ങിനെ 'ആരോപം' (Charge) എന്ന പദം നടപ്പിലായി.

1733-ൽ ഡ്യൂഫെ (Dufay) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് വൈദ്യുതിയുടെ ദ്വൈതീഭാവം—ഋണപരവും ധനപരവും ആയ ഭാവങ്ങൾ—കണ്ടുപിടിച്ചതു്. ഒരു ഫൌണ്ടൻപേനയെ കുറെനേരം ഒരു തുണിക്കഷ്ണംകൊണ്ടു തുടച്ചാൽ അതിന്മേൽ വൈദ്യുതാരോപമുണ്ടാകും. അതുപോലെ, ചില്ലുകൊണ്ടുള്ള ഒരു കുഴലിന്മേൽ അല്പനേരം പട്ടുകൊണ്ടു തുടച്ചാൽ അതിന്മേലും വൈദ്യുതശക്തി ആരോപിതമാകും. പരീക്ഷണങ്ങൾ ഈ രണ്ടു വസ്തുക്കളിന്മേലുമുള്ള വൈദ്യുതാരോപങ്ങൾ വിരുദ്ധസ്വഭാവങ്ങളോടുകൂടിയവയാണെന്നു വെളിപ്പെടുത്തി. ഇവയിൽ ആദ്യത്തേതിന്നു—ഫൌണ്ടൻപേനയിൽ സംജാതമാകുന്നതിന്നു—ഋണപരമായ വൈദ്യുതി എന്നും, രണ്ടാമത്തേതിന്നു—ചില്ലുകുഴലിൽ ഉണ്ടാകുന്നതിന്നു്—ധനപരമായ വൈദ്യുതി എന്നും നാമകരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഇങ്ങിനെ സങ്കല്പിക്കുവാൻ പ്രത്യേകിച്ച് ഒരു കാരണവുമില്ല.

അതിൻെറ ദ്വൈതീഭാവം

ബെഞ്ചമിൻ ഫ്രാങ്ക്ലിൻ ഉൾപ്പെടെ പല ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും ഈ പുതിയ ശക്തിയെക്കുറിച്ചു പഠിക്കുവാൻ പുറപ്പെട്ടു. അവരുടെ പരീക്ഷണഫലമായി രണ്ടു വസ്തുക്കൾ വിരുദ്ധാരോപങ്ങളോടുകൂടിയവയാണെങ്കിൽ പരസ്പരം ആകർഷിക്കുകയും, സദൃശാരോപങ്ങളോടുകൂടിയവയാണെങ്കിൽ പരസ്പരം വികർഷിക്കുകയും ചെയ്യുമെന്നു ഗ്രഹിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞു. അതോടുകൂടി വൈദ്യുതിയെ അളക്കുവാനുള്ള ഒരു വിദ്യ നമുക്കു ലഭിച്ചു.

ആരോപങ്ങളുടെ സ്വഭാവം

തന്നിൽനിന്നു് ഒരു സെൻറിമീററർ അകലെ വ ത്തിക്കുന്ന ഒരു തുല്യാരോപത്തിന്മേൽ, 1.02 മില്ലിഗ്രാമി ന്മേൽ ഭൂമിക്കുള്ളതിനോടു തുല്യമായ ആകർഷണശക്തി

അളവു സമ്പ്രദായം

പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ആരോപത്തെ വൈദ്യുതാ രോപത്തിൻെറ പ്രമാണമായി സ്വീകരിച്ചി രിക്കുന്നു. അതിന്നു് 'ഇലക്ട്രോ സ്റ്റാററിക്ക് യൂണിററ്' എന്നാണ് പേർ. 'ഇലക്ട്രോ മീററർ'കൾ എന്ന ഉപകരണങ്ങളുടെ സഹായത്താ ലാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വൈദ്യുതാരോപങ്ങളെ അളന്നു തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നതു്.

വൈദ്യുതാരോപങ്ങളുടെ സ്ഥാനമാററത്തെയാണ് നാം വൈദ്യുതപ്രവാഹമായി വിവക്ഷിക്കുന്നതു്. പ ത്തൊമ്പതാം നൂററാണ്ടിൽ വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തേയും

വൈദ്യുത വിച്ഛേദനം

കൃത്യമായി അളക്കുന്നതിന്നുള്ള സൂത്രങ്ങൾ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഗവേഷണ ങ്ങൾക്ക് അധികം പററിയതു ദ്രാവകങ്ങ ളിൽക്കൂടിയുള്ള വൈദ്യുതപ്രവാഹമാണെന്നു കാണുകയാൽ പല ഗവേഷകന്മാരും പല പല ദ്രാവക ങ്ങളിൽക്കൂടിയും വിദ്യുച്ഛക്തി പ്രവഹിപ്പിച്ചു പരീക്ഷണ ങ്ങൾ നടത്തി. അക്കൂട്ടത്തിൽ മൈക്കൽ ഫാരഡേയേയും അദ്ദേഹം നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങളേയും നമുക്ക് ഒരി ക്കലും വിസ്മരിച്ചുകൂടാ.

ഒരു ദ്രാവകത്തിൽക്കൂടി വൈദ്യുതി പ്രവഹിപ്പിക്കുക യാണെന്നിരിക്കട്ടെ. അപ്പോൾ വൈദ്യുതി അകത്തേയ്ക്കു കടക്കുന്ന മാർഗ്ഗത്തെ ധനധ്രുവമെന്നും (Anode), അതു ബ

ഷിയ്ക്കുമിക്കുന്ന മാറ്റ്ത്തെ ഋണധ്രുവമെന്നും (Cathode) വിളിച്ചു വരുന്നു. 'ഹൈഡ്രോ ക്ലോറിക് ആസിഡിൽ'ക്കൂടി വിദ്യുച്ഛക്തി പ്രവഹിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഋണധ്രുവത്തിന്നടുത്തായി ഹൈഡ്രജനും, ധനധ്രുവത്തിന്നു സമീപത്തായി ക്ലോറിനും വിമുക്തമാകുന്നു. അങ്ങനെ ആ ദ്രാവകം അതിൽക്കൂടിയുള്ള വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിൻെറ ഫലമായി അതിൻെറ ഘടകങ്ങളായ ഹൈഡ്രജനും ക്ലോറിനും ആയി പിരിയുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തിന്നാണ് 'വൈദ്യുതവിച്ഛേദനം' (Electrolysis) എന്നു പേരിട്ടിരിക്കുന്നതു്.

ഈ വിഭജനം സംഭവിക്കുന്നതെങ്ങിനെ? വൈദ്യുതപ്രവാഹം ആ ദ്രാവകത്തിലെ അണുക്കളെ വിരുദ്ധാരോപങ്ങളോടുകൂടിയ രണ്ടുതരം 'അയോണു'കളായി (Ions) പിരിക്കുന്നു. ഈ പിരിയലിന്നു് 'അയോണീകരണം' (Ionisation) എന്നാണ് പേർ.

അയോണുകൾ

അയോണുകളിൽ ധനപരമായ ആരോപത്തോടുകൂടിയവ ഋണധ്രുവത്തിന്മേലേയ്ക്കും ഋണപരമായ ആരോപത്തോടുകൂടിയവ ധനധ്രുവത്തിന്മേലേയ്ക്കും ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. അവിടെവെച്ചു് അവ സ്വതന്ത്രങ്ങളായിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഹൈഡ്രോക്ലോറിക്ക് ആസിഡിൻെറ കാര്യത്തിൽ വൈദ്യുതാരോപത്തോടുകൂടിയ ഹൈഡ്രജൻേറയും ക്ലോറിൻേറയും പരമാണുക്കളാണ് അയോണുകൾ.

1833-ൽ നടത്തിയ സംശോധനങ്ങൾ വൈദ്യുതവിച്ഛേദനംമൂലം ഉളവാകുന്ന ഹൈഡ്രജൻെറ പരിമാ

വൈദ്യുതിയുടെ പ്രാഥമിക കണിക

ണം, അതിനെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ദ്രാവകത്തിൽക്കൂടി പ്രവഹിക്കുന്ന വൈദ്യുതിയുടെ പരിമാണത്തെ മാത്രമേ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നുള്ളൂ എന്നു ഫാരഡേ ബോദ്ധ്യപ്പെടുത്തി. അങ്ങിനെയാണെങ്കിൽ, വൈദ്യുതവിച്ഛേദനത്തിൽ ഒരേ ആരോപം തന്നെ എല്ലായ്പോഴും എല്ലാ ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുക്കളോടും ബന്ധപ്പെട്ടു കിടക്കുന്നു എന്നു് അനുമാനിക്കണം. ആ ആരോപത്തെ വൈദ്യുതിയുടെ ഒരു പ്രാഥമിക കണികയായി (Elementary Quantum of Electricity) നവീനഭൗതികശാസ്ത്രം കരുതുന്നു. അന്യഥാ പറയുകയാണെങ്കിൽ, ഈ അല്പിഷ്ഠമായ ആരോപം വൈദ്യുതിയുടെ ഒരു പരമാണുവെന്നപോലെ പെരുമാറുന്നു. അയോണുകളിന്മേലുള്ള ആരോപം ഇതിന്റെ രണ്ടോ, മൂന്നോ, നാലോ മടങ്ങു് ആയി എന്നു വരാം.

വൈദ്യുതവിച്ഛേദനത്തിൽ പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ട വൈദ്യുതിയുടെ അല്പിഷ്ഠാംശംതന്നെ മറ്റു പരീക്ഷണാവസരങ്ങളിലും പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടു. സുസൂക്ഷ്മങ്ങളായ നിരവധി നിരീക്ഷണങ്ങളുടെ ഫലമായി ആ ആരോപം 4.80×10^{-10} (=0.000000000480) ഇലക്ട്രോ സ്റ്റാറ്റിക് യൂണിറ്റാണെന്നു് അമേരിക്കക്കാരനായ മില്ലിക്കൻ പിന്നീടു മനസ്സിലാക്കി. ഇതുപയോഗിച്ചു പരമാണുക്കളുടെ തൂക്കം കണക്കാക്കുവാൻ വലിയ വിഷമമില്ല. വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തെ സാധാരണയായി അളക്കുന്നതു് 'ആംപിയർ' (Ampere) തോതിലാണു്. ഒരു ആംപിയർ ശക്തിയുള്ള

വൈദ്യുതപ്രവാഹം സെക്കണ്ടിൽ മുന്നൂറുകോടി ഇലക്ട്രോസ്റ്റാററിക്ക് യൂണിററുകളെ വഹിക്കുന്നു

ഹൈഡ്രജന്റെ പരമാണുഭാരം

ഒരു വൈദ്യുതകണികയിൽ 4.80×10^{-10} ഇ. സ്റ്റാ. യൂണിററുകളാണല്ലോ ഉള്ളതു്. അപ്പോൾ ഒരു ആംപിയർ വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിൽ 6.25×10^{18} വൈദ്യുതകണികകളുണ്ടാകണം. അതേ വൈദ്യുതപ്രവാഹം ഒരു സെക്കണ്ടിൽ 0.01044 മില്ലിഗ്രാം ഹൈഡ്രജനെ വിമോചിപ്പിക്കുന്നു. അപ്പോൾ 6.25×10^{18} ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുക്കളുടെ തൂക്കമായിരിക്കണം 0.01044 മില്ലിഗ്രാം. ഇതിൽനിന്നു് ഒരു ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിന്റെ തൂക്കം 1.66×10^{-24} ഗ്രാം ആണെന്നു കണക്കാക്കുവാൻ കഴിയും. ഇതരധാതുക്കളുടെ പരമാണുക്കളുടെ തൂക്കം വേണമെങ്കിൽ ഈ സംഖ്യയെ അതതു ധാതുക്കളുടെ പരമാണുഭാരംകൊണ്ടു ഗുണിച്ചാൽ മാത്രം മതി. ഇക്കണക്കിന്നു കോടാനുകോടി തരികൾ കൂടിയാലും ഒരു മില്ലിഗ്രാം തൂക്കം വരാത്ത വിധത്തിലുള്ള ഒരു മണൽത്തരിയിൽപ്പോലും ഈ ഭൂലോകവാസികളായ മനുഷ്യരേക്കാൾ അധികം പരമാണുക്കളുണ്ടായിരിക്കണം. നൂറു ഗ്രാം ഭാരമുള്ള ഒരു കല്ലും ഹൈഡ്രജന്റെ ഒരു പരമാണുവും തമ്മിലുള്ള അന്തരം അതേ കല്ലും ഈ ഭൂഗോളവും തമ്മിലുള്ളതിനെപ്പോലെയാണു്. എങ്കിലും അഭിനവഭൌതികശാസ്ത്രത്തിന്നു പരമാണുവിന്റെ തൂക്കത്തെ ഭൂമിയുടെ തൂക്കത്തേക്കാൾ കണിശമായി കണക്കാക്കുന്നതിന്നു കഴിഞ്ഞിരിക്കുന്നു.

പത്തൊമ്പതാംനൂററാണ്ടിന്റെ പൂർവ്വാർദ്ധത്തിൽ

ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പ്രപഞ്ചം വൈദ്യുതശക്തി ആരോപിക്കാൻ സാദ്ധ്യമായതും, കഠിനങ്ങളും, നശിപ്പിക്കുവാനും വിഭജിക്കുവാനും സാദ്ധ്യമല്ലാത്തതും ആയ പരമാണുക്കളെക്കൊണ്ടു സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്ന അനുമാനത്തിലെത്തി. 1890-ാമാണ്ടായപ്പോഴേയ്ക്കും പദാൎത്ഥങ്ങളെക്കുറിച്ചും വൈദ്യുതശക്തിയെക്കുറിച്ചും അറിയുവാനുള്ളതെല്ലാം അറിഞ്ഞു കഴിഞ്ഞുവെന്നും, ഇനി ചില സംഖ്യകൾ അളന്നു തിട്ടപ്പെടുത്തുക മാത്രമേ വേണ്ടു എന്നും ഉള്ള വിചാരം ചില ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരിൽപ്പോലും കടന്നുകൂടി. പക്ഷേ, ആ ബോധത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനരാഹിത്യം വെളിപ്പെടുവാൻ അധികം കാലതാമസം വേണ്ടിവന്നില്ല. നിലവിലുണ്ടായിരുന്ന പലേ സിദ്ധാന്തങ്ങളേയും കടപുഴക്കി മറിച്ചിടുന്നതിന്നു പൎയ്യാപ്തങ്ങളായ പരീക്ഷണഫലങ്ങളെ നല്കിയിട്ടാണ് ആ നൂററാണ്ടുതന്നെ അന്തൎദ്ധാനം ചെയ്തതു്. അവയെക്കുറിച്ച് അടുത്ത അദ്ധ്യായത്തിൽ പ്രസ്താവിക്കാം.

ഉപസംഹാരം

൪. ഇലക്ട്രോണുകളും പ്രോട്ടോണുകളും

ഋണധ്രുവ രശ്മികൾ

വായു സാധാരണയായി വിദ്യുച്ഛക്തിക്കു ദുർഗ്ഗമമാണ്. പക്ഷേ വായു കടക്കാത്തവിധം ഭദ്രമായി അടച്ചുവെച്ചിട്ടുള്ള ഒരു ചില്ലുകുഴലിൽനിന്നു വായുവിനെ നിഷ്കാസനംചെയ്തു് അതിൽക്കൂടി ശക്തിയേറിയ ഒരു വിദ്യുത്പ്രവാഹം പായിച്ചു നോക്കുക. ഫലം അത്ഭുതകരമായിരിക്കും. നളികത്തിന്റെ അകത്തു വായുവിന്റെ വ്യാമർദ്ദം 0.01 മില്ലിമീററിനോടടുക്കുമ്പോൾ—പുറത്തുള്ള വായുവിന്റെ വ്യാമർദ്ദം എഴുനൂററിരുപതു മില്ലിമീററാണെന്നോർക്കണം—അതിൽക്കൂടിയുള്ള വിദ്യുത്പ്രവാഹം നമുക്കു ദൃശ്യമായിത്തീരും എന്നുതന്നെ പറയാം. എന്തെന്നാൽ, വിദ്യുച്ഛക്തി നളികത്തിൽനിന്നു പുറത്തു കടക്കുന്ന ററത്തുനിന്ന്— ഋണധ്രുവത്തിൽനിന്ന് — ഉത്ഭവിക്കുന്ന ചില രശ്മികൾ നളികത്തിന്റെ ഭിത്തികളിൽ തട്ടി ഹരിതവർണ്ണത്തിലുള്ള പ്രഭയോടെ പ്രകാശിക്കുന്നു. ഋണധ്രുവത്തിൽനിന്നു പുറപ്പെടുന്നവയാകകൊണ്ടു പ്രസ്തുത രശ്മികൾക്കു ഋണധ്രുവരശ്മികൾ (Cathode Rays) എന്നാണ് പേരിട്ടിരിക്കുന്നതു്. 1859-ൽ പ്ലക്കർ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ അവയെ കണ്ടുപിടിച്ചു. സർ. വില്യം ക്രൂക്ക്സ് എന്ന ആംഗലഗവേഷകൻ അവയെ കുറിച്ചു പല പരീക്ഷണങ്ങളും നടത്തി. ഋണധ്രുവരശ്മികളെ ഉണ്ടാക്കുന്ന

നളികകളെ അദ്ദേഹം പല തരത്തിലും പരിഷ്കരിക്കുകയാൽ, അവയ്ക്കു 'ക്രൂക്ക്സ് ട്യൂബുകൾ' എന്ന പേർ ലഭിച്ചു. ലോറൻസ്, വീഷട്ട്, കോഫ്മാൻ തുടങ്ങി പല പ്രസിദ്ധശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും പ്രസ്തുതരശ്മികളെ തങ്ങളുടെ ഗവേഷണവിഷയമാക്കി. എങ്കിലും 1897 ൽ സർ. ജെ. ജെ. തോംസൻ ക്രൂക്ക്സ് ട്യൂബുകളെടുത്തു നടത്തിയ ചില പരീക്ഷണങ്ങളാണ് പദാർത്ഥഘടനയെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം അതിപ്രധാനങ്ങളായിത്തീർന്നതു്.

അവയുടെപ്രത്യേകതകൾ

ഋണധ്രുവരശ്മികളുടെ ചില പ്രത്യേകതകൾ മനസ്സിലാക്കേണ്ടിയിരിക്കുന്നു. അവ സഞ്ചരിക്കുന്ന മാർഗ്ഗത്തിൽ കിടക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെ നിഴലുകൾ കണ്ടു വരുന്നതുകൊണ്ടു് അവ ഋജുവായിട്ടാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന് അനുമാനിക്കാം. അവയുടെ മാർഗ്ഗത്തിൽ അഭ്രംകൊണ്ടുള്ള ചെറിയ ഒരു ഇലച്ചക്രം വെച്ചു നോക്കുന്നപക്ഷം അതു തിരിയുന്നതായി കാണാം. അപ്പോൾ പ്രസ്തുതരശ്മികളിലുള്ള എന്തോ ഒന്ന് ആ ചക്രത്തിന്റെ ഇലകളിൽ ചെന്നു തട്ടുന്നുണ്ടായിരിക്കണമല്ലോ. സാധാരണയായി വിദ്യുച്ഛക്തി ധനധ്രുവത്തിൽനിന്നു ഋണധ്രുവത്തിലേക്കു പ്രവഹിക്കുന്നതായിട്ടാണ് നാം വിഭാവനം ചെയ്യുന്നതു്. ഈ രശ്മികളാകട്ടെ ഋണധ്രുവത്തിൽനിന്നുത്ഭവിച്ചു ധനധ്രുവത്തിന്റെ നേക്കു സഞ്ചരിക്കുന്നു. വൈദ്യുതശക്തിക്കും കാന്തശക്തിക്കും അവയുടെ ഗതിക്കു മാററം വരുത്തുന്നതിന്നുള്ള കഴിവുണ്ടു്. വൈദ്യുതശക്തി പ്രവഹിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന കമ്പികൾ കാന്തശക്തിക്കു വിധേയമാ

കുമ്പോൾ ചലിക്കുന്നുണ്ടല്ലോ. അതുകൊണ്ടു ഋണധ്രുവരശ്മികൾ വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിന്റെ ഒരു വകഭേദമാണെന്ന അനുമാനത്തിനും അവകാശമുണ്ടായിരുന്നു.

സർ. ജെ. ജെ. തോംസൺ ഋണധ്രുവരശ്മികളിന്മേൽ കാന്തവൈദ്യുതമണ്ഡലങ്ങൾക്കുള്ള (Electric and Magnetic Fields) സ്വാധീനത അളന്നു തിട്ടപ്പെടുത്തി. തൽഫലമായി ഋണധ്രുവരശ്മികൾ ഋണപരമായ വൈദ്യുതാരോപത്തോടുകൂടിയ കണങ്ങളുടെ സമൂഹമാണെന്ന് അദ്ദേഹത്തിന്ന് ബോദ്ധ്യമായി. ആ അടിസ്ഥാനത്തിന്മേൽ അദ്ദേഹം പ്രസ്തുതകണങ്ങളുടെ പിണ്ഡവും (Mass) വേഗതയും നിർണ്ണയിക്കുകയും ചെയ്തു.

ഇലക്ട്രോണുകൾ

ഈ പുതിയ കണങ്ങൾക്ക് അദ്ദേഹം 'ഇലക്ട്രോണുകൾ' (Electrons) എന്ന പേർ നല്കി. അവയുടെ വേഗത സെക്കണ്ടിൽ മുപ്പത്തേഴായിരം നാഴികക്കും അറുപത്തീരായിരം നാഴികക്കും മദ്ധ്യേയായിരുന്നു. അവയുടെ ആരോപവും പിണ്ഡവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം ഹൈഡ്രജൻ അയോണുള്ളതിന്റെ രണ്ടായിരം മടങ്ങായി പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടു. അപ്പോൾ, ഒന്നുകിൽ ഇലക്ട്രോണിന്മേൽ രണ്ടായിരം വൈദ്യുതാരോപങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കണം. അല്ലെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോണിന്നു ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിന്റെ രണ്ടായിരത്തിലൊരംശം മാത്രമേ പിണ്ഡമുണ്ടായിരിക്കാൻ പാടുള്ളൂ. ഇതിൽ ആദ്യം പറഞ്ഞതു സംഭാവ്യമായി തോന്നിയില്ല. അതുകൊണ്ട് ഇലക്ട്രോണിന്റെ പിണ്ഡം ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിന്റെ പി

ണ്ഡത്തിൻെറ രണ്ടായിരത്തിലൊരംശം മാത്രമേയുള്ളു എന്നു തോംസൻ തീരുമാനിച്ചു. പിന്നീടു നടത്തിയ കുറെക്കൂടി കണിശമായ പരീക്ഷണങ്ങൾ രണ്ടായിരം എന്നുള്ളതു് ആയിരത്തിഎണ്ണൂററി മുപ്പത്തഞ്ചായി കുറയ്ക്കണമെന്നു കാണിച്ചുവെങ്കിലും മുമ്പു ചെയ്ത തീരുമാനം അബദ്ധമാണെന്നു കാണിക്കുകയുണ്ടായില്ല.

ഇലക്ട്രോണിൻെറ തൂക്കം ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിൻേറതിൻെറ 1/1835 ആണെന്നു കണ്ടുവല്ലോ. നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ ഇലക്ട്രോണിൻെറ തൂക്കം 9.04×10^{-28} ഗ്രാമാണു്. നിശ്ചലാവസ്ഥ എന്നു പ്രസ്താവിച്ചിരിക്കുന്നതു കണ്ടുവോ? അതു പ്രത്യേക പ്രാധാന്യത്തെ അൎഹിക്കുന്നു. എന്തെന്നാൽ, ചലിച്ചു തുടങ്ങിയാൽ ഇലക്ട്രോണിൻെറ തൂക്കം മാറുന്നു എന്നു തോംസൻ കാണുകയുണ്ടായി. അതിന്നുമുമ്പു് ആരും കാണുകയും കേൾക്കുകയും ചെയ്യാത്ത ഒരു സംഗതിയായിരുന്നു അതു്. സാധാരണയായി പ്രകൃതി പദാൎത്ഥങ്ങളുടെ അല്പിഷ്ഠമായ അംശത്തെപ്പോലും സൃഷ്ടിക്കുകയോ സംഹരിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നതായി അറിയുന്നില്ല. പദാൎത്ഥങ്ങളുടെ ഒട്ടാകെയുള്ള തൂക്കത്തിന്നു പ്രാകൃതികപ്രവൎത്തനങ്ങൾമൂലം വൃദ്ധിയോ ക്ഷയമോ സംഭവിക്കുന്നതായി കണിശമേറിയ തുലാസ്സുകൾപോലും കാണിക്കുന്നില്ല. ഒരു മെഴുകുതിരി കത്തുമ്പോൾ അതിൽനിന്നു് അപ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്ന ഭാഗം വായുമണ്ഡലത്തിനോടു ചേരുന്നതേ ഉള്ളു: അല്ലാതെ അതിന്നു നാശം സംഭവിക്കുന്നില്ല. അതുപോലെത്തന്നെയാണു് ഇതര

പുതിയൊരു പ്രതിഭാസം

പ്രാകൃതികപ്രവത്തനങ്ങളിലും സംഭവിക്കുന്നതു്. പക്ഷേ, ഇലക്ട്രോണിന്നാകട്ടെ തൻെറ തൂക്കം യഥേഷ്ടം മാററാം—വേഗത കുറച്ചു കൂട്ടണമെന്നേയുള്ളു. തൂക്കത്തിൽ അനുഭവപ്പെടത്തക്ക ഒരു മാററം വരണമെങ്കിൽ വേഗത വളരെ വളരെ വദ്ധിക്കണം. ഘനം കുറഞ്ഞ വസ്തുക്കളായതുകൊണ്ടു് ഇലക്ട്രോണുകൾക്കു വേഗത വദ്ധിപ്പിക്കുവാനും വിഷമമില്ല. സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കുന്ന നിവാതനളികകളിൽപ്പോലും അവക്കു സെക്കണ്ടിൽ പതിനായിരം നാഴിക വീതമുള്ള വേഗത നല്കാം. അതിൻെറ പത്തിരട്ടി വേഗതയുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളേയും കാണുവാൻ സാധിക്കും. അത്രയും വേഗതയുള്ള വസ്തുക്കളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം സാമാന്യങ്ങളായ ചില നിയമങ്ങൾ മാററി എഴുതേണ്ടതായി വരുന്നുവെങ്കിൽ അതിൽ അശേഷവും അത്ഭുതപ്പെടുവാനില്ല. അത്തരത്തിലുള്ള ചില 'പൊളിച്ചെഴുത്തുകൾ' കൂടിയേ കഴിയൂ എന്നു് ഐൻസ്റ്റീൻെറ ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം (Einstein's Theory of Relativity) കാണിക്കുന്നുണ്ടു്.

ഇലക്ട്രോണുകൾക്കെല്ലാം, അവ ഒരേ വേഗതയോടുകൂടി സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ, ഒരേ തൂക്കവും തുല്യമായ ആരോപവും ഉള്ളതായി കാണുന്നു. അതുകൊണ്ടു് ഇലക്ട്രോണുകളെല്ലാം ഒരു തരക്കാരാണെന്നു് ഊഹിക്കുന്നതിൽ തെററില്ല. ഇലക്ട്രോണുകളെ ഏതു തരത്തിലുള്ള പദാത്ഥത്തിൽനിന്നുവേണമെങ്കിലും ഉല്പാദിപ്പിക്കാം. റോൺട്ഗ്ജൻ രശ്മികൾ വാതകപരമാണുക്കളിൽനിന്നു് ഇലക്ട്രോണുകളെ വിമോചിപ്പിക്കുന്നു. ചില

ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഉപയോഗം

പദാൎത്ഥങ്ങളിന്മേൽ അതിപാടലരശ്മികൾ (Ultra-Violet Rays) ചെന്നു പതിക്കുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ വിക്ഷിപ്തമാകാറുണ്ട്. (Photo-electric effect) ഒരു ടങ്സ്റ്റൺ കമ്പിയെ വായുരഹിതമായ ഒരു സ്ഥലത്തുവെച്ചു വൈദ്യുതപ്രവാഹംമൂലം തപിപ്പിക്കുമ്പോൾ, അതിൽനിന്നു് ഇലക്ട്രോണുകൾ രക്ഷപ്പെടുന്നു. ഈ ഇലക്ട്രോണുകളെ യഥേഷ്ടം നിയന്ത്രിക്കുവാനുള്ള വിദ്യകൾ മനുഷ്യൻ കൈക്കലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. റേഡിയോ, ടെലിവിഷൻ എന്നുവേണ്ട പുതുതായി കണ്ടുപിടിക്കപ്പെടുന്ന ഉപകരണങ്ങളിൽ മിക്കതും അവയുടെ പ്രവൎത്തനത്തിന്നു് ഒരു തരത്തിലല്ലെങ്കിൽ മറെറാരു തരത്തിൽ ഇലക്ട്രോണുകളോടു കടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

II

പ്രോട്ടോണുകൾ

പരമാണുക്കളിൽ ഇലക്ട്രോണുകളുണ്ടെന്ന പരമാൎത്ഥം പുറത്തു വന്നു. അപ്പോൾ പുതിയ ഒരു സംശയം ഉദിച്ചു. ഇലക്ട്രോണുകൾ ഋണപരമായ് വൈദ്യുതാരോപത്തോടുകൂടിയവയാണു്: പരമാണുക്കളാകട്ടെ വൈദ്യുതാരോപവിഹീനങ്ങളും. അതു സാദ്ധ്യമാകണമെങ്കിൽ, ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഋണപരമായ വൈദ്യുതാരോപത്തെ നിഷ്പ്രഭമാക്കുന്ന ധനപരമായ വൈദ്യുതാരോപവും പരമാണുവിൽ അന്തൎല്ലീനമായിരിക്കണമല്ലോ. ഇവ രണ്ടിനേയും കൂട്ടിയിണക്കി പരമാണുവിന്റെ ഒരു രൂപം സൃഷ്ടിക്കുവാനായിരുന്നു അടുത്ത ശ്രമം. ധനപരമായ വൈ

ദ്യുതാരോപത്തോടുകൂടിയ ഒരു ഗോളത്തിന്മേൽ ഇലക്ട്രോണുകളെ പതിച്ചിരിക്കുകയാണെന്നു് ഒരു കൂട്ടർ വിചാരിച്ചു. പക്ഷേ റൂതർഫോർഡ്പ്രഭൃ നടത്തിയ ചില പരീക്ഷണങ്ങൾ ആ അനുമാനം അസ്ഥാനത്തിലാണെന്നു വെളിപ്പെടുത്തി. എന്നുതന്നെയല്ല, ധനപരമായ വൈദ്യുതാരോപം പരമാണുവിൽ സർവ്വത്ര വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നതിന്നു പകരം, അതിൻെറ മദ്ധ്യത്തിൽ കേന്ദ്രീകരിച്ചു കിടക്കുകയാണെന്നു റൂതർഫോർഡിന്നു ബോദ്ധ്യമായി. ആ കേന്ദ്രത്തിൽ ധനംപരമായ ആരോപത്തോടുകൂടിയ കണങ്ങൾ കിടക്കുന്നുണ്ടാകുമെന്നു കരുതി, അവയെ അന്വേഷിച്ചു ചിലർ പുറപ്പെട്ടു. അവയ്ക്കു പ്രോട്ടോണുകൾ എന്നു നാമകരണം ചെയ്തു. മ്യൂണിച്ചിൽവെച്ചു പ്രൊഫസ്സർ വീനും, കേംബ്രിഡ്ജിൽവെച്ചു സർ ജെ. ജെ. തോംസനും പ്രോട്ടോണുകളെ ആദ്യമായി ഉല്പാദിപ്പിച്ചു. ആ വൈദ്യുതകണങ്ങളുടെ പ്രവാഹത്തിന്നു കാന്തമണ്ഡലത്തിൽക്കൂടി പോകുമ്പോൾ എത്രത്തോളം വിചലനം (Deflection) സംഭവിക്കുന്നുവെന്നു് അളന്നുനോക്കി അവയുടെ തൂക്കവും വേഗതയും തോംസൻ കണക്കാക്കി. അവ ധനപരമായ ആരോപത്തോടുകൂടിയവയാണെന്നു മുമ്പേ പറഞ്ഞുവല്ലോ. ഇലക്ട്രോണുകൾക്കുണ്ടാകുന്നതിനേക്കാൾ വളരെ കുറച്ചു വിചലനം മാത്രമേ അവയ്ക്കു കാന്തശക്തിമൂലം ഉണ്ടാകുന്നുള്ളു. അതുകൊണ്ടു് അവ ഇലക്ട്രോണുകളേക്കാൾ ഭാരിച്ചവയായിരിക്കണം. യഥാർത്ഥത്തിൽ ഒരു പ്രോട്ടോണിന്നു് ഒരു ഇലക്ട്രോണിൻെറ 1840 മടങ്ങോളം തൂക്കമുണ്ടു്. ഇക്കണക്കിന്നു് അവ തൂക്ക

ത്തിൽ ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുക്കളോട സദൃശങ്ങളാണ്. അവയിലുള്ള ആരോപം ഇലക്ട്രോണുകളിന്മേലുള്ളതിനോട തുല്യമാണ്; വിരുദ്ധസ്വഭാവത്തോടകൂടിയതാണെന്നു മാത്രം. അവയുടെ വലിപ്പത്തെക്കുറിച്ച കണിശമായി ഒന്നും പറയുക വയ്യ. രണ്ട പ്രോട്ടോണുകളെ, രണ്ട ഇലക്ട്രോണുകളെ തമ്മിൽ തമ്മിൽ അടുപ്പിക്കുവാൻ കഴിയുന്നതിലധികം അടുപ്പിക്കുന്നതിന്നു റൂതർഫോർഡിന്നു സാധിച്ചു. അതുകൊണ്ട് അവ ഇലക്ട്രോണുകളേക്കാൾ തൂക്കംകൊണ്ടു വലുതാണെങ്കിലും വലിപ്പംകൊണ്ടു ചെറുതായിരിക്കണം. ഒരു ഊഹം പറയുകയാണെങ്കിൽ, ഒരു പ്രോട്ടോൺ ഒരു ഇലക്ട്രോണിൻെറ ആയിരത്തി എണ്ണൂറിൽ ഒരംശം മാത്രമേയുള്ളൂ. ഇക്കണക്കിന്ന് ഏററവും ചെറിയ പരമാണുവിന്നുപോലും ഒരു പ്രോട്ടോണിൻെറ പത്തുകോടി മടങ്ങു വലുപ്പമുണ്ടായിരിക്കും. എന്നിരിക്കിലും പ്രോട്ടോണിന്ന് ആ പരമാണുവോളംതന്നെ തൂക്കമുണ്ടുതാനും!

അങ്ങിനെ എല്ലാ പദാൎത്ഥങ്ങളും ഇലക്ട്രോണുകളും പ്രോട്ടോണുകളും കൂടിച്ചേൎന്നുണ്ടാകുന്നതാണ്. അപ്പോൾ എല്ലാ പദാൎത്ഥങ്ങളുടേയും ഉള്ളിൽ കിടക്കുന്നതു വിദ്യുച്ഛക്തിതന്നെ. എങ്കിലും അവ സാധാരണയായി വൈദ്യുതധൎമ്മങ്ങൾ പ്രദൎശിപ്പിക്കുന്നില്ല. പരമാണുക്കളിലെ ധനപരവും ഋണപരവും ആയ ആരോപണങ്ങൾ പരസ്പരം നിഷ്ഫലമാക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ് ഇങ്ങിനെ സംഭവിക്കുന്നത്. എങ്കിലും അനുകൂലങ്ങളായ പരിതഃസ്ഥിതിക

അയോണീകരണം

ളിൽ ഏതു പദാത്ഥവും വൈദ്യുതധമ്മങ്ങളെ പ്രദശിപ്പിക്കും. ഉദാഹരണമായി നമ്മുടെ ചുററുമുള്ള വായുവിനെത്തന്നെ എടുക്കുക. അതിലെ അണുക്കഠം സ്വച്ഛന്ദം ഓടിച്ചാടിക്കളിക്കുകയാണ്. പക്ഷേ അവ സാധാരണയായി വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തെ പ്രതിരോധിക്കുന്നു. എന്നാൽ അതേ വാതകാണുക്കളെക്കൊണ്ടുതന്നെ നമുക്കു വിദ്യുച്ഛക്തിയെ വഹിപ്പിക്കാം. ഉയൎന്ന ഊഷ്മളതകളിൽ—3600 ഡിഗ്രി ഫാരൻഹീററിന്നു മീതെ (വെള്ളം തിളയ്ക്കുന്നതു 212 ഡിഗ്രി ഫാരൻ ഹീററിലാണ്)—അവ ഇലക്ട്രോണുകളും പ്രോട്ടോണുകളും ആയി പിരിയുന്നു. അതായതു വാതകാണുക്കഠം അയോണീകൃതങ്ങളാകുന്നു. അപ്പോഠം വായു വിദ്യുച്ഛക്തിക്കു സുഗമമായിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുപോലെത്തന്നെ, റോൺട്ജൻ രശ്മികഠം, റേഡിയത്തിൽനിന്നും മററുമുണ്ടാകുന്ന തേജഃപ്രസരങ്ങഠം എന്നിവയ്ക്കും വാതകാണുക്കളെ അയോണീകരിച്ചു വിദ്യുത് പ്രവാഹത്തിന്നു വേണ്ട സൌകയ്യമുണ്ടാക്കിക്കൊടുക്കുവാൻ സാധിക്കും.

ഒരു വസ്തുവിന്മേൽ ഋണപരമായ ആരോപമുണ്ടാകണമെങ്കിൽ അതിൽ ഇലക്ട്രോണുകഠം നിക്ഷേപിക്കുകയും, ധനപരമായ ആരോപമുണ്ടാകണമെങ്കിൽ അതിൽനിന്ന് ഇലക്ട്രോണുകളെ നീക്കുകയും മാത്രമേ ചെയ്യേണ്ടതുള്ളു. ഇരുപത്തഞ്ചു കൊല്ലം മുമ്പുവരെ ഇലക്ട്രോണുകളും പ്രോട്ടോണുകളും വൈദ്യുതിയുടെ അല്പിഷ്ഠങ്ങളും അവിഭാജ്യങ്ങളും ആയ ഘടകങ്ങളാണെന്നു ശാസ്ത്രലോകം കരുതിപ്പോന്നു.

൩. ആവൎത്തകസാരിണിയും വൎണ്ണവിരാജികകളും

ധാതുക്കളെ അവയുടെ പരമാണുഭാരത്തേയും ധൎമ്മങ്ങളേയും അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി തരം തിരിക്കുന്നതിന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വളരെ മുമ്പേ ഉത്സാഹിച്ചുതുടങ്ങി. അവരിൽ ഡോബ്റീനർ (Dobereiner—1817), ഗെംലിൻ (Gmelin—1843), ചാൻക്കൂർട്ടോയിസ് (Chancourtois—1862), ലോതർമേ (Lothar Meyer—1864), ന്യൂലൺഡ്സ് (Newlands—1863-'66) എന്നിവരുടെ പേരുകൾ പ്രസ്താവ്യങ്ങളാണ്. എങ്കിലും എല്ലാ ധാതുക്കളേയും ഉൾക്കൊണ്ടിട്ടുള്ള ഒരു പട്ടിക തയ്യാറാക്കിയതു മെൻഡലീഫ് എന്ന റഷ്യൻശാസ്ത്രജ്ഞനാണ്. ധാതുക്കളുടെ ഭൗതികവും രസതന്ത്രപരങ്ങളും ആയ ധൎമ്മങ്ങൾ അവയുടെ പരമാണുഭാരത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നു മെൻഡലീഫ് വിശ്വസിച്ചു. പരമാണുഭാരത്തിന്റെ വൎദ്ധനയെ ആധാരമാക്കിയുള്ള ക്രമത്തിൽ ധാതുക്കളുടെ ഒരു പട്ടിക തയ്യാറാക്കി നോക്കിയപ്പോൾ അതിൽ ഇടവിട്ട് ഇടവിട്ട സമാനധൎമ്മങ്ങളോടുകൂടിയ ധാതുക്കൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നതായി അദ്ദേഹം കണ്ടു. ഉടനെ അദ്ദേഹം ഒരു ധാതു മുതല്ക്കു് അതിന്റെ സദൃശധൎമ്മക്കാരനായ പിന്നത്തെ ധാതുവരെയുള്ള ധാതുക്കളെ ഒരു ഗണമായി

മെൻഡലീഫിന്റെ ആവൎത്തകസാരിണി

തിരിച്ചു. ധാതുക്കളെ അത്തരത്തിലുള്ള ഏഴു ഗണങ്ങളായി തിരിക്കാമെന്നു് അദ്ദേഹത്തിന്നു മനസ്സിലായി. ഈ ആവൎത്തനസമ്പ്രദായംനിമിത്തമാണു് ആ പട്ടികയ്ക്കു് ആവൎത്തകസാരിണി എന്ന പേർ ലഭിച്ചതു്.

ഈ ആവൎത്തകസാരിണി പുറത്തുവന്നതിന്നുശേഷം ചുരുങ്ങിയ കാലത്തിനുള്ളിൽ, മെൻഡലീഫിൻെറ അനുമാനങ്ങളെ ശരിവെയ്ക്കുന്ന പല സംഗതികളും പുറത്തുവന്നു. അദ്ദേഹത്തിൻെറ പട്ടികയിൽ ചില സ്ഥാനങ്ങൾ ഒഴിഞ്ഞുകിടന്നിരുന്നു. അവയിൽ ഇന്നിന്ന ധൎമ്മങ്ങളോടുകൂടിയ ധാതുക്കളായിരിക്കുമെന്നു് അദ്ദേഹം ദീൎഘദൎശനം ചെയ്തു. പിന്നീടു കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ട ഗാലിയം, ജൎമ്മാനിയം, ഇൻഡിയംഎന്നീ ധാതുക്കൾ ആ പ്രവചനത്തെ അക്ഷരംപ്രതി അനുസരിച്ചു.

മെൻഡലീഫിൻെറ പട്ടിക പലതരത്തിലും സ്വീകാൎയ്യമായിരുന്നുവെങ്കിലും അതിന്നു പറയത്തക്ക ചില കുറവുകളുള്ളതായി കാലക്രമത്തിൽ അനുഭവപ്പെട്ടു. അതിപ്രാധാന്യമുള്ള ഒരു പ്രാകൃതികനിയമത്തിൻെറ അവ്യക്തവും അപൂൎണ്ണവും ആയ ഒരു രൂപം മാത്രമേ അദ്ദേഹത്തിന്നു കിട്ടിക്കഴിഞ്ഞിരുന്നുള്ളു. ആ രൂപത്തെ കൂടുതൽ വ്യക്തവും പൂൎണ്ണവും ആക്കുവാനുള്ള ശ്രമങ്ങൾ പിന്നേയും നടന്നുകൊണ്ടിരുന്നു. മെൻഡലീഫിൻെറ ആവൎത്തകസാരിണി (Periodic Table)യെത്തന്നെയാണു് ശാസ്ത്രലോകം ഇന്നും അംഗീകരിച്ചിട്ടുള്ളതു്.

ആവൎത്തകസാരിണിയിൽ സദൃശധൎമ്മങ്ങളോടുകൂടിയ ധാതുക്കളെ ജാതി തിരിച്ചുനിൎത്തിയിരിക്കുന്നു. പല

ജാതിക്കാരേയും അവിടെ നമുക്കു കാണുവാൻ കഴിയും.

അതിൻെറ പ്രത്യേകതകൾ

ഫ്ളോറിൻ, ക്ലോറിൻ, ബ്രോമിൻ, അയോഡിൻ എന്നീ ധാതുക്കളടങ്ങിയ ലവണജനകങ്ങൾ (Halogens) എന്നൊരു ജാതി. ലിത്തിയം, സോഡിയം, പൊട്ടാസിയം എന്നീ ക്ഷാരലോഹങ്ങളെ (Alkali Metals) ഉൾക്കൊള്ളുന്ന മറെറാരു ജാതി. അതുപോലെ ചെമ്പും, വെള്ളിയും, സ്വർണ്ണവും ഒരു ജാതിയിൽ പെടുന്നു. ബെറില്ലിയം, മെഗ്നീഷിയം, കാൽസിയം, സ്ട്രോൺഷിയം, ബേറിയം, റേഡിയം എന്നിവ ക്ഷാരികഭൌമലോഹങ്ങളിൽ (Alkaline Earth Metals) പെടുന്നവയാണ്. പത്തൊമ്പതാം നൂററാണ്ടിൻെറ അവസാനത്തിൽ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ട 'അലസവാതകങ്ങൾ' എന്നൊരു ജാതി. ഹീലിയം, നിയോൺ, ആർഗൺ, ക്രിപ്റ്ററൻ, ക്സിനൻ, റേഡിയം എമനേഷൻ എന്നീ വാതകങ്ങളാണ് അവ.

ആവർത്തകസാരിണിയിൽ ഓരോ ധാതുവിനുമുള്ള സ്ഥാനത്തെ കുറിക്കുന്ന സംഖ്യയാണ് പരമാണുസംഖ്യ. ഓരോ ജാതിയിലും ഉൾപ്പെട്ട ധാതുക്കളുടെ പരമാണുസംഖ്യകൾ ഒന്ന് ഒത്തുനോക്കുക.

ലവണജനകങ്ങൾ:	9-17-35-53;
ക്ഷാരലോഹങ്ങൾ:	3-11-19-37-55;
ചെമ്പിൻെറ കൂട്ടുകാർ	29-47-79;
ക്ഷാരികഭൌമലോഹങ്ങൾ:	4-12-20-38-56-88;
ക്രോമിയത്തിൻെറ കൂട്ടുകാർ:	24-42-74-92;
അലസവാതകങ്ങൾ:	2-10-18-36-54-86;

ഓരോ കൂട്ടത്തിലും അടുത്തടുത്തുള്ള ധാതുക്കളുടെ പരമാണുസംഖ്യകൾ തമ്മിലുള്ള അന്തരം എല്ലായ്പോഴും എട്ടോ, പതിനെട്ടോ, മുപ്പത്തിരണ്ടോ ആയിരിക്കുന്നു. ഈ സംഖ്യകൾ തമ്മിൽ എത്ര സരളമായ ബന്ധമാണുള്ളതെന്നും നോക്കുക.

$$8=2\times2\times2;\ 18=2\times3\times3;\ 32=2\times4\times4:$$

ധാതുക്കളെ ഏഴ ഗണങ്ങളായി തിരിച്ചുനിർത്തിയിരിക്കുന്നുവെന്നു പറഞ്ഞുവല്ലോ. ഓരോ ഗണവും ഒരു ക്ഷാരലോഹത്തിൽനിന്നു തുടങ്ങി ഒരു അലസവാതകത്തിൽ ചെന്നവസാനിക്കുന്നു. ആദ്യത്തെ ഗണം ഹൈഡ്രജൻതൊട്ടു ഹീലിയംവരേയും, രണ്ടാമത്തേതു ലിത്തിയംതൊട്ടു നിയോൺവരേയും (3—10), മൂന്നാമത്തേതു സോഡിയംതൊട്ടു ആർഗൺവരേയും (11—18) ആണ്. രണ്ടിലും മൂന്നിലും എട്ടെട്ടു ധാതുക്കളാണുള്ളതു്. പൊട്ടാസിയംതൊട്ടു ക്രിപ്റ്റൻവരേയും (19—36), റുബിസിയംതൊട്ടു ക്സിനൻവരേയും (37—54) കിടക്കുന്ന നാലാമത്തേയും അഞ്ചാമത്തേയും ഗണങ്ങളിൽ പതിനെട്ടു ധാതുക്കൾ വീതമുണ്ട്. ആറാമത്തെ ഗണത്തിൽ സീസിയംതൊട്ടു റേഡോൻവരെയുള്ള (55—86) ധാതുക്കളാണുള്ളതു്. ഏഴാമത്തെ ഗണം എണ്പത്തേഴാംസ്ഥാനത്തുനിന്നു തുടങ്ങി തൊണ്ണൂറാമത്തെ സ്ഥാനത്തിൽ ചെന്നവസാനിക്കുന്നു. അതിൽ അഞ്ചു ധാതുക്കളെക്കുറിച്ചു മാത്രമേ നമുക്കു പൂർണ്ണവിവരമുള്ളൂ.

പരമാണുക്കളുടെ ഭാരം ഒരു നിശ്ചിതതോതിൽ വർദ്ധിക്കുന്നതോടൊപ്പം സദൃശധർമ്മങ്ങളോടുകൂടിയ പരമാ

ങ്ങൾ സംജാതമാകുക, ഒരേ ധൎമ്മങ്ങളോടുകൂടിയ ഒരു കൂട്ടം ധാതുക്കളിൽനിന്ന് അനുക്രമമായി പരമാണുഭാരം വൎദ്ധിക്കുമ്പോൾ ഒരേ ധൎമ്മങ്ങളോടുകൂടിയ മറെറാരു കൂട്ടം ധാതുക്കൾ ഉത്ഭവിക്കുക—എന്നിങ്ങിനെ ആവൎത്തകസാരിണിയിൽ കണ്ടുവരുന്ന പ്രത്യേകതകളെ വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നതിന്നു കഴിവുള്ളതായിരിക്കണം നാം പരമാണുവിന്നു നല്കുന്ന ഏതു രൂപവും.

II

പത്തൊമ്പതാംനൂററാണ്ടിൻെറ മദ്ധ്യകാലംവരെ ധാതുക്കളുടെ പരമാണുക്കളെ തിരിച്ചറിയുന്നതിന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാൎക്കു പരമാണുഭാരംമാത്രമേ ആശ്രയമായുണ്ടായിരുന്നുള്ളു. 1860-ൽ ഭൌതികശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ

വൎണ്ണവിരാജികകൾ

ഓരോ ധാതുവിന്നും ഓരോ തരത്തിലുള്ള വൎണ്ണവിരാജികകളുണ്ടെന്നും (Spectrum) അവ മൂഖേന പരമാണുക്കളെ തിരിച്ചറിയാമെന്നും മനസ്സിലാക്കി. വൎണ്ണവിരാജികകളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം പരമാണുവിൻെറ അന്തരാളത്തെപ്പററി ചില സംഗതികളും പ്രത്യക്ഷപ്പെടുത്തി.

ന്യൂട്ടൻെറ കാലംമുതല്ക്കേ—പതിനേഴാം ശതകത്തിൻെറ മദ്ധ്യത്തിനിപ്പുറംതൊട്ടേ—സൂൎയ്യപ്രകാശം വിവിധവൎണ്ണങ്ങളിലുള്ള രശ്മികളുടെ സങ്കലനമാണെന്നും, ഒരു ത്രികോണകാചത്തിൽക്കൂടി (Prism) കടക്കുമ്പോൾ സൂൎയ്യപ്രകാശം അതിൻെറ ഘടകങ്ങളായ വിവിധവൎണ്ണങ്ങളിലുമുള്ള രശ്മികളായി പിരിഞ്ഞു മനോഹരമായ ഒരു വ

ണ്ണവിരാജിക ഉണ്ടാകുമെന്നും ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാക്കറിവുണ്ടായിരുന്നു. മഴവില്ലിൽ കാണുന്നതുപോലെയുള്ള ക്രമത്തിൽ ചുവപ്പ്, പിച്ഛിലം, പീതം, പച്ച, ഇന്ദ്രനീലം, പാടലം എന്നീ വണ്ണങ്ങൾ അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതാണ് വണ്ണവിരാജിക. ജ്വലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു ഘനപദാൎത്ഥത്തിൽനിന്നോ ദ്രാവകത്തിൽനിന്നോ ഉത്ഭവിക്കുന്ന രശ്മികൾ, സൂൎയ്യപ്രകാശത്തെപ്പോലെത്തന്നെ, വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്ന—ഒന്നിനോടൊന്നു തൊട്ടുകിടക്കുന്ന—ഒരു വണ്ണവിരാജികയെ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. അതിന്നു നിരന്തരവണ്ണവിരാജിക (Continuous Spectrum) എന്നാണ് പേർ. ഇതിന്നുപുറമേ ഇവയിലോരോന്നും വേർപെട്ടുകിടക്കുന്ന രേഖകളുള്ള വണ്ണവിരാജികകളേയും പ്രദശിപ്പിക്കുന്നു. പ്രസ്തുത രേഖകൾ അന്ധകാരമയമായ ഒരു പശ്ചാത്തലത്തിൽ വ്യക്തമായി ശോഭിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും. അവയുടെ എണ്ണം കുറച്ചോ അധികമോ ആവാം.

1860-ൽ കച്ചോഫ്, ബുൻസൻ എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഓരോരോ ധാതുക്കളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ജ്വാലകളിൽനിന്നുണ്ടാകുന്ന വണ്ണവിരാജികകളെ നിരീക്ഷിച്ചു. തൽഫലമായി അപ്രതീക്ഷിതമായ ഒരു പരമാൎത്ഥം ഗ്രഹിക്കുന്നതിന്ന് അവക്ക് കഴിഞ്ഞു. ഓരോ ലോഹത്തിന്നും പ്രത്യേകമായ ചില രേഖകളുണ്ടെന്നും, ഒരേ ഉപകരണത്തിൽക്കൂടി നോക്കുന്നപക്ഷം അവ എല്ലായ്പോഴും ഒരേ സ്ഥാനത്തുതന്നെ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുമെന്നും അവർ കണ്ടു. ആ സ്ഥാനം ആ ജ്വാലയുടെ ഊഷ്മളതയേയോ, അതിൽ ചേൎത്തിരിക്കുന്ന ലോഹം ഏതു സംയുക്തകത്തി

ന്റെ രൂപത്തിലാണെന്നതിനേയോ ഒരിക്കലും ആശ്രയിച്ചിരുന്നില്ല. ഉദാഹരണമായി, സോഡിയം എന്ന ലോഹത്തിന്നു് ഒരു മഞ്ഞവരയാണു് പ്രത്യേകമായിട്ടുള്ളതു്. ആ രേഖയ്ക്കു കാരണമായ തരംഗങ്ങളുടെ ദൈൎഘ്യം * അതിന്റെ ഉത്ഭവസ്ഥാനമായ ജ്വാലയുടെ ഊഷ്മളതയുടെ ഏററക്കുറച്ചിലുകളെ ആശ്രയിച്ചിരുന്നില്ല. ഉഷ്മളത എത്ര ഏറിയാലും, അതു് എത്ര കുറഞ്ഞാലും, ആ തരംഗദൈൎഘ്യം ഒന്നുതന്നെയായിരുന്നു. അതുപോലെ സോഡിയത്തെ ക്ലോറൈഡ് ആയോ, ബ്രോമൈഡ് ആയോ സൽഫേററായോ, കാൎബണേററായോ, ഏതു രൂപത്തിൽ വേണമെങ്കിലും ആ ജ്വാലയിൽ നിക്ഷേപിക്കാം. പക്ഷേ എല്ലായ്പോഴും അതേ മഞ്ഞവരതന്നെ, ആ തരംഗങ്ങളുടെ ദൈൎഘ്യത്തിന്നു യാതൊരു വ്യത്യാസവുമില്ലാതെ, ദൃശ്യമാകും. മുമ്പുപറഞ്ഞ നാലവസരങ്ങളിലും ഒരേ രേഖതന്നെ കാണാവുന്നതുകൊണ്ടു് ആ രേഖ സോഡിയത്തിന്റെതന്നെ പ്രത്യേകതയായിരിക്കണമല്ലോ. ഈ മഞ്ഞരേഖയോടൊപ്പം മററു വൎണ്ണങ്ങളിലുള്ള രേഖകളുമുണ്ടാകാം. പക്ഷേ അവ അത്രത്തോളം വ്യക്തങ്ങളോ പ്രധാനങ്ങളോ അല്ല.

സോഡിയത്തെപ്പോലെത്തന്നെ ഓരോ ധാതുവിന്നും പ്രത്യേകരേഖകളുണ്ടു്. പൊട്ടാസിയത്തിന്നു ചുവപ്പിലും, പാടലത്തിലും, ഓരോ രേഖയാണുള്ളതു്. ലിത്തിയ

---

* ഓരോ നീളത്തിലുള്ള പ്രകാശതരംഗങ്ങൾ നമ്മുടെ കണ്ണുകളിൽപ്രവേശിക്കുമ്പോളാണു് ഓരോ വൎണ്ണത്തിന്റെ പ്രതീതി നമ്മളിലുദിക്കുന്നതു്.

ത്തിന്നു പ്രകാശമാനമായ ഒരു രക്തരേഖ മാത്രമേ ഉള്ളു. ഹൈഡ്രജന്റെ കാൎയ്യത്തിൽ നമുക്കു കാണാവുന്നതായി നാലു രേഖകളാണുള്ളതു്. അവയിൽ ഒന്നു ചുവന്നതും, ഒന്നു നീലയും, ഒന്നു നീല-പാടലവും, ഒന്നു പാടലവും ആണു്. ഇങ്ങിനെ ഓരോ ധാതുവിന്റെയും വൎണ്ണവിരാജികകൾ പരിശോധിച്ചു് അവയുടെ പ്രത്യേകതകളെന്തെന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ മനസ്സിലാക്കിവെച്ചിട്ടുണ്ടു്. എല്ലാ ധാതുക്കൾക്കുംകൂടി നമുക്കു കാണാവുന്നിടത്തും കാണുവാൻ കഴിയാത്തിടത്തും ആയി (അതിപാടലങ്ങൾ) ഒരു ലക്ഷത്തോളം രേഖകളുണ്ടെന്നു കേൾക്കുമ്പോൾത്തന്നെ നിങ്ങൾ അത്ഭുതപ്പെട്ടുപോയേക്കും. പക്ഷേ വൎണ്ണവിരാജികകളെ എടുത്തു കൈകാൎയ്യം ചെയ്യുന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞന്നു് ആ രേഖകൾ എല്ലാംതന്നെ സുപരിചിതങ്ങളും നിത്യോപയോഗമുള്ളവയും ആണു്.

അവയുടെ ഉപയോഗം

ഇനി ഇതിന്റെ ആവശ്യമെന്തെന്നു വിവരിക്കാം. പരിഷ്കൃതരാജ്യങ്ങളിൽ കുററാന്വേഷണത്തിന്നുപയോഗിച്ചുവരുന്ന ഒരു ഏൎപ്പാടാണു് 'വിരൽപാടുപരിശോധന.' നിയമപാലകന്മാർ ഒരിക്കൽ മാത്രമായാലും വേണ്ടില്ല ബന്ധനസ്ഥരായിട്ടുള്ള കുററക്കാരുടെയെല്ലാം വിരൽപാടുകളുടെ (Finger Prints) ഛായകൾ സൂക്ഷിച്ചുവെക്കുന്നു. വല്ല സ്ഥലത്തും എന്തെങ്കിലും കുററം നടന്നാൽ പോലീസ്സുകാർ ചെന്നു് അവിടെയെങ്ങാനും അക്രമികളുടെ വിരൽപാടുകളുണ്ടോ എന്നു പരിശോധിക്കുകയായി. ഉണ്ടെങ്കിൽ അവരുടെ ജോലി കുറഞ്ഞു. അവിടെ കാണുന്ന

വിരൽപാടുകളുടെ ഛായ എടുത്തുകൊണ്ടുവന്നു തങ്ങളുടെ അധീനത്തിലുള്ള ഛായകളോട് ഒത്തുനോക്കുന്നു. കൊണ്ടുവന്ന ഛായയോടു സാദൃശ്യമുള്ള ഛായയുടെ ഉടമസ്ഥനാണ് കുററക്കാരൻ എന്നു തീർച്ചയാക്കാം. അതുകൊണ്ട് അവർക്കു കുററക്കാരനെ ക്ഷണത്തിൽ ചെന്നു പിടികൂടാം. അല്ലാ, പുതിയ ഛായയുടെ തനി പകർപ്പു പോലീസ്സുകാരുടെ പക്കൽ ഇല്ലെങ്കിലോ? പുതിയ കുററക്കാരനെ അന്വേഷിക്കുകതന്നെ വേണം. പക്ഷേ അവിടേയും വിരൽപാടുകൾ അവരെ സഹായിക്കാതിരിക്കയില്ല.

ഒരു മനുഷ്യൻെറ വിരൽപാടുകൾപോലെയുള്ളവ മററൊരുത്തനുമുണ്ടാകുകയില്ല എന്ന തത്വമാണ് ഈ ഏപ്പാടിൻെറ അടിസ്ഥാനം. അതുപോലെ രണ്ടു ധാതുക്കളുടെ വർണ്ണവിരാജികകൾ ഒരിക്കലും ഒരുപോലെ ഇരിക്കയില്ല എന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞന്നറിയാം. അതുകൊണ്ടു വിരൽപാടുകളെ ഒത്തുനോക്കുന്നതുപോലെ വർണ്ണവിരാജികകളെ ഒത്തുനോക്കി അയാൾ ധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയുന്നു. ഏതെങ്കിലും ഒരു വർണ്ണവിരാജിക പുതുതായി തോന്നുന്നുണ്ടെങ്കിൽ അതു പുതിയ ഒരു ധാതുവിൻേറതാണെന്ന് ഉറപ്പിക്കാം. ഇങ്ങിനെ വർണ്ണവിരാജികകൾമുഖേന തങ്ങളുടെ സാന്നിദ്ധ്യത്തെ വെളിപ്പെടുത്തിയ ധാതുക്കൾ ധാരാളമുണ്ട്. ഈ ഏപ്പാടു ധാതുക്കളുടെ എത്ര ചെറിയ അംശത്തിൻെറപോലും സാന്നിദ്ധ്യത്തെ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുത്തുന്നതിന്നു പര്യാപ്തമാണ്. ഒരിക്കൽ ഈ വഴിക്ക് ഒരു മില്ലിഗ്രാമിൻെറ നാലുകോടിയിലൊരംശം മാത്രമുള്ള ലിത്തിയത്തെപ്പോലും കണ്ടെത്തുവാൻ കഴിഞ്ഞു.

തങ്ങൾ ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്ന രേഖകളെയെല്ലാം ധാതുക്കൾ വിഴുങ്ങുകയും ചെയ്യും. അതായതു്, എവിടെനിന്നെങ്കിലും വരുന്ന ഒരു പ്രകാശത്തെ ഒരു ധാതുവിൽക്കൂടി കടത്തുന്നപക്ഷം ആ ധാതു തൻെറ കൂട്ടുകാരായ രേഖകൾ ആ പ്രകാശത്തിലുണ്ടെങ്കിൽ അവയെയെല്ലാം പിടിച്ചിരുത്തി ബാക്കിയുള്ളവയെ മാത്രമേ പുറത്തേയ്ക്കു വിടുകയുള്ളു. തന്മൂലം ആ പ്രകാശത്തിൻെറ വൎണ്ണവിരാജികയിൽ പ്രസ്തുതരേഖകളുടെ സ്ഥാനത്തു ചില തമോരേഖകൾ മാത്രമേ ഉണ്ടായിരിക്കയുള്ളു. എങ്കിലും ആ തമോരേഖകളുടെ സ്ഥാനം മനസ്സിലായാൽ ഇന്നിന്ന ധാതുക്കൾ അവിടെ ഉണ്ടായിരുന്നു എന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞന്നു് ഊഹിക്കുവാൻ കഴിയും. ഇത്തരം തമോരേഖകൾ മൂഖേനയാണു് സൂൎയ്യഗോളത്തിൽ ഇന്നിന്ന ധാതുക്കളുണ്ടായിരിക്കുമെന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞൻ അനുമാനിച്ചതു്.

ഇത്രയും പ്രസ്താവിച്ചതിൽനിന്നു് ഓരോ പരമാണുവും ബാഹ്യപ്രചോദനത്തിന്നു വിധേയമാകുമ്പോൾ— അതിനെ ജ്വാലയിൽവെച്ചു തപിപ്പിക്കുകയോ, ഇലക്ട്രോണുകളെക്കൊണ്ടു മട്ടിക്കുകയോ ചെയ്യുമ്പോൾ— ഓരോ വൎണ്ണത്തിലോ വൎണ്ണങ്ങളിലോ ഉള്ള പ്രകാശത്തെ പുറത്തു വിടുന്നു എന്നു മനസ്സിലായിരിക്കുമല്ലോ. ഓരോ വൎണ്ണവും ഓരോ നിശ്ചിതവീപ്സാവേഗത്തോടുകൂടിയ (Frequency) വൈദ്യുതിയുടെ ഏററക്കുറച്ചിൽ (Fluctuation) ആണെന്നു കാണുന്നു. അപ്പോൾ പരമാണുവിന്നകത്തു് അതേ തരത്തിൽ ചലിക്കാവുന്ന എന്തെങ്കിലും ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്നൂഹിക്കണമല്ലോ. ഹാൎമ്മോണിയത്തിൽനി

ന്നു വരുന്ന ശബ്ദത്തെക്കുറിച്ചറിഞ്ഞാൽ നമുക്കു ഹാൎമ്മോണിയത്തിന്റെ ഉള്ളിലെന്താണെന്നറിയുവാൻ കഴിയുമോ? അതുപോലെയുള്ള ഒരു പ്രശ്നമാണു് പരമാണുവിനെ സംബന്ധിച്ചും ശാസ്ത്രജ്ഞരെ എതിരിട്ടതു്.

എക്സ്റെ വൎണ്ണവിരാജികകൾ

അങ്ങിനെയിരിക്കെയാണു്, 1895-ൽ റോൺട്ജൻ 'എക്സ്റെ' കണ്ടുപിടിച്ചതു്. അതു മനുഷ്യശരീരത്തിന്നകത്തുള്ള കേടുപാടുകളെ കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ ആസ്പത്രികളിൽ ഉപയോഗിച്ചുവരുന്ന ഒരു സാധനമാണെന്നേ സാധാരണക്കാർ ധരിച്ചിരിക്കുകയുള്ളൂ. പദാൎത്ഥഘടനയെക്കുറിച്ചറിയാൻ ഈ അദൃശ്യകിരണങ്ങൾ അമൂല്യമായ സഹായം ചെയ്തിട്ടുണ്ടെന്ന പരമാൎത്ഥം പലൎക്കും പുത്തിരിയായിരിക്കും.

ഏതെങ്കിലും ഒരു വസ്തുവിന്മേൽ റോൺട്ജൻ രശ്മികൾ ചെന്നു തട്ടുമ്പോൾ ആ വസ്തുവും ചില പുതിയ രശ്മികളെ ഉദ്ഗമിക്കുന്നു. ആ കൂട്ടത്തിലും നിശ്ചിതതരംഗദൈൎഘ്യങ്ങളോടുകൂടിയ സുവ്യക്തങ്ങളായ രശ്മികളുണ്ടു്. അവ സാധാരണ വൎണ്ണവിരാജികകളിലെന്നപോലെ ഇവിടേയും ഓരോ ധാതുവിന്നും പ്രത്യേകം പ്രത്യേകമായിരിക്കുന്നു. ഈ വസ്തുത ആദ്യമായി മനസ്സിലാക്കിയതു 1905-ൽ ബൎക്കല (Barkala) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണു്. പക്ഷേ അന്നു് അദ്ദേഹത്തിന്നു പ്രസ്തുതതരംഗദൈൎഘ്യങ്ങളെ അളന്നു തിട്ടപ്പെടുത്തുവാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. പ്രസ്തുത രശ്മികൾക്കു പ്രതിബന്ധങ്ങളെ തുളച്ചു കയറുന്നതിന്നുള്ള

ശക്തിയെ ആസ്പദമാക്കിയാണ് അദ്ദേഹം അവയെ തരംതിരിച്ചത്.

1912-ൽ ലോ (Laue) പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ബഹുകോണാകൃതിയിലുള്ള കണ്ണങ്ങൾ (Crystals) അവയ്ക്കകത്തു പരമാണുക്കളെ ഒരു നിശ്ചിതക്രമത്തിൽ അടുക്കിവെച്ചിരിക്കുന്നതു നിമിത്തം, റോൺട്ജൻ രശ്മികളിൽനിന്നു വർണ്ണവിരാജികകളെ ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്നതിന്നു പററിയതാണെന്നു കണ്ടു. ആ വഴിക്കു റോൺട്ജൻ രശ്മികളുടെ തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾ കണക്കാക്കുവാനും സാധിച്ചു. റോൺട്ജൻ രശ്മികൾ മനുഷ്യനേത്രങ്ങൾക്ക് അഗോചരമായതുകൊണ്ടു ഛായാഗ്രഹണം മുഖേനയാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അവയെക്കുറിച്ചു പഠിക്കുന്നത്.

1913-ൽ മാഞ്ചെസ്റ്റർകാരനായ മോസ്‌ലി എന്ന ഗവേഷകൻ ധാതുക്കളുടെ 'എക്സ്-റെ' വിരാജികകളെ തന്റെ ഗവേഷണവിഷയമാക്കി. സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണത്തിന്റെ ഫലമായി ഓരോ ധാതുവിന്റേ

മോസ്‌ലിയുടെ കണ്ടുപിടുത്തം

യും എക്സ്റെ വർണ്ണവിരാജികയിലെ വരകളുടെ വീപ്സാവേഗവും അതാതു ധാതുക്കളുടെ പരമാണുസംഖ്യയും തമ്മിൽ ഒരു ബന്ധമുണ്ടെന്ന് അദ്ദേഹത്തിന്ന് അനുഭവപ്പെട്ടു. ഈ കണ്ടുപിടുത്തത്തിന്റെ ഗണനീയങ്ങളായ നേട്ടങ്ങളെ കാണുവാനോ തന്റെ പ്രവൃത്തി മുഴുമിക്കുന്നതിന്നോ ആ യുവാവിന്നു ഭാഗ്യമുണ്ടായില്ല. അതിന്നു മുമ്പുതന്നെ, 1914-ൽ, ആ പ്രതിഭാശാലി ഒന്നാംലോകമഹായുദ്ധത്തിൽ ചരമമടഞ്ഞു.

മോസ്‌ലിയുടെ കണ്ടുപിടുത്തം പരമാണുക്കളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം പരമാണുഭാരത്തേക്കാൾ പ്രാധാന്യമൎഹിക്കുന്നതു പരമാണുസംഖ്യയാണെന്നു വ്യക്തമാക്കി.

പരമാണുസംഖ്യയുടെ പ്രാധാന്യം

പരമാണുക്കളുടെ വീപ്സാവേഗം ആവൎത്തകസാരിണിയിൽക്കൂടി ധാതുവിൽനിന്നു ധാതുവിലേയ്ക്കു കയറുമ്പോൾ ക്രമത്തിൽ വൎദ്ധിക്കുന്ന എന്തോ ഒന്നിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്നു സ്പഷ്ടമായി. ആ വൎദ്ധന ഓരോ പരമാണുവിൻേറയും അകത്തു ചഞ്ചലിക്കുവാനുള്ള (Vibrate) സ്വാതന്ത്ര്യത്തോടെ വൎത്തിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തിന്നായിരിക്കുമെന്നുള്ള ഊഹമായിരുന്നു അടുത്ത പടി.

ഏററവും ഭാരം കുറഞ്ഞ പരമാണുവിൽ അത്തരം ഒരു ഇലക്ട്രോൺ, അടുത്തതിൽ രണ്ടു്, പിന്നത്തേതിൽ മൂന്നു് എന്നിങ്ങിനെയായിരിക്കണം പോക്കു്. ഓക്സിജന്നു് ആവൎത്തകസാരിണിയിൽ എട്ടാംസ്ഥാനമാണുള്ളതു്. അതുകൊണ്ടു് അതിൻേറ അകത്തു് സ്വാതന്ത്ര്യങ്ങളായി എട്ടു് ഇലക്ട്രോണുകളുണ്ടായിരിക്കണം. പരമാണുസംഖ്യ ഇരുപത്താറായ ഇരുമ്പിൻേറ പരമാണുവിന്നകത്തു ഇരുപത്താറു് ഇലക്ട്രോണുകൾ സ്വാതന്ത്ര്യങ്ങളായി വൎത്തിക്കുന്നുണ്ടാകണം. അങ്ങിനെ പോകുമ്പോൾ ഒടുക്കം എത്തിച്ചേരുന്നതു് ഏററവും ഭാരിച്ച യുറേനിയംപരമാണുവിലാണു്. ആദ്യം ആവൎത്തകസാരിണിയിൽ അതിന്നു തൊണ്ണൂറാമത്തെ സ്ഥാനമായിരുന്നു. പക്ഷേ അതിൻേറ എക്സ്റെ വൎണ്ണവിരാജിക അതിന്നകത്തു സ്വാതന്ത്ര്യങ്ങളായ

തൊണ്ണൂററിരണ്ടു് ഇലക്ട്രോണുകളുണ്ടായിരിക്കണമെന്നു കാട്ടി. അപ്പോൾ അതിൻെറ പരമാണുസംഖ്യ ശരിക്കു തൊണ്ണൂററിരണ്ടായിരിക്കണം. ആവൎത്തകസാരിണിയിൽ രണ്ടു് അജ്ഞാതധാതുക്കൾക്കു സ്ഥാനം നല്കാതിരുന്നതിനാലാണു് ഈ വ്യത്യാസം വന്നതു്. ആ രണ്ടു ധാതുക്കളും പിന്നീടു കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. ഇങ്ങിനെ മോസ്ലിയുടെ കണ്ടുപിടുത്തം ആവൎത്തകസാരിണിയിലെ കുറവുകളെ പരിഹരിക്കുന്നതിന്നും, അതിനെ ശക്തിപ്പെടുത്തുന്നതിന്നും വളരെ സഹായിച്ചു.

പരമാണുവിൻെറ ഏതു രൂപവും ഈവക സംഗതികൾക്കു കാരണം നല്കേണ്ടതുകൊണ്ടാണു് ആവൎത്തകസാരിണിയേയും വൎണ്ണവിരാജികകളേയും കുറിച്ചു് ഇത്രയും വിസ്തരിച്ചതു്. പരമാണുവിൻെറ അംഗീകൃതരൂപം ഇവയെ എങ്ങിനെ വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നുവെന്നു വഴിയേ മനസ്സിലാകും.

൯. റേഡിയവും കൂട്ടുകാരും

റേഡിയവും അതിൻെറ കൂട്ടുകാരായ ഏതാനും ധാതുക്കളും നല്കിയിട്ടുള്ള അറിവിൽനിന്നാണ് ഇന്നത്തെ പരമാണുവിനെ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ മനസാ രൂപീകരിച്ചിട്ടുള്ളത്. അതുകൊണ്ടു പരമാണുരൂപത്തെക്കുറിച്ചു വല്ലതും പ്രസ്താവിക്കുന്നതിനു മുമ്പു റേഡിയവും കൂട്ടുകാരും പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന സവിശേഷധർമ്മങ്ങളെക്കുറിച്ച് അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതു് അത്യാവശ്യമാണ്.

ബെക്കറലിൻെറ കണ്ടുപിടുത്തം

റോൺട്ജൻ എക്സ്റെ കണ്ടുപിടിച്ചതിനെ തുടന്ന് അത്തരം പുതിയ രശ്മികൾ വേറെയും ഉണ്ടോ എന്നന്വേഷിച്ചു പലരും പുറപ്പെട്ടു. അക്കൂട്ടത്തിൽ പ്രധാനിയായിരുന്നു ഹെൻറി ബെക്കറൽ എന്ന പരന്ത്രീസ്സുശാസ്ത്രജ്ഞൻ. വെളിച്ചം തട്ടിയാൽ രൂപാന്തരം പ്രാപിക്കുന്ന പദാർത്ഥങ്ങൾ ലേപനം ചെയ്തിട്ടാണല്ലോ ഛായാഗ്രഹണഫലകങ്ങൾ (Photographic plates) നിർമ്മിക്കുന്നതു്. ബെക്കറൽ ഒരു ഇരുട്ടറയിൽ അത്തരം ഒരു ഫലകത്തേയും അതിനു സമീപത്തായി കുറച്ചു യുറേനിയം എന്ന ലോഹത്തേയും യദൃച്ഛയാ സൂക്ഷിച്ചുവെച്ചു. കുറെ നേരം കഴിഞ്ഞ് അവിടെ ചെന്നു നോക്കിയപ്പോൾ, ആ ഫലകത്തിനു സാധാരണ വെളിച്ചം തട്ടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകാറുള്ള മാററങ്ങളെല്ലാംതന്നെ ഉണ്ടായിരിക്കുന്നതായി

അദ്ദേഹം കണ്ടു. പുറമേനിന്നു യാതൊരു വെളിച്ചവും ആ മുറിയിലേയ്ക്കു പ്രവേശിച്ചിരുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട് ഒരു അനുമാനത്തിന്നു മാത്രമേ അവകാശമുണ്ടായിരുന്നുള്ളു. ആ യുറേനിയത്തിൽനിന്ന് അദൃശ്യങ്ങളായ ചില രശ്മികൾ ഉത്ഭവിച്ച് ആ ഛായാഗ്രഹണഫലകത്തിന്മേൽച്ചെന്നു പതിച്ചിരിക്കണം. ആ യുറേനിയത്തെ ബക്വറൽ നനുത്ത ഒരു ലോഹത്തകിടുകൊണ്ടു മൂടിനോക്കി. പക്ഷേ അത് ആ അദൃശ്യകിരണങ്ങളെ തടയുന്നതിന്നു ശക്തമായില്ല. സാധാരണ വെളിച്ചത്തിന്നു ലോഹത്തകിടുകളിലൂടെ—അവ എത്ര നനുത്തതായാലും വേണ്ടില്ല—കടന്നുപോകുക സാദ്ധ്യമല്ലല്ലോ. അതിനാൽ പ്രസ്തുതരശ്മികൾ സാധാരണ പ്രകാശരശ്മികളിൽനിന്നു വ്യത്യസ്തങ്ങളാണെന്നു വ്യക്തമായി. 1789-ൽ ക്ലാപ്രോത്ത് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് യുറേനിയം കണ്ടുപിടിച്ചത്. എങ്കിലും, നൂററിൽചില്വാനം കൊല്ലങ്ങൾക്കു ശേഷമേ ശാസ്ത്രലോകം യുറേനിയത്തിന്റെ ഈ സ്വഭാവവിശേഷത്തെക്കുറിച്ചു ഗ്രഹിച്ചുള്ളു.

മാഡംക്യൂറിയും റേഡിയവും

യുറേനിയത്തിന്റെ ഈ പ്രത്യേകത വേറെ വല്ല ധാതുക്കളിലും ഉണ്ടോ എന്നറിയാനായിരുന്നു പിന്നത്തെ ശ്രമം. ഈ ഘട്ടത്തിലാണ് യശശ്ശരീരയായ മാഡംക്യൂറി രംഗപ്രവേശം ചെയ്തത്. തോറിയം എന്ന ലോഹവും യുറേനിയത്തെപ്പോലെ തേജഃപ്രസരണം ചെയ്യുന്നുണ്ടെന്ന് അവർ കണ്ടു. ഉടനെ അവർ യുനേറിയവും തോറിയവും ലഭിക്കുന്ന മൌലികപദാർത്ഥങ്ങളെ (Ores) ടുത്തു ഗവേഷ

ണ്ണമാരംഭിച്ചു. ആസ്ത്രിയയിൽനിന്നു ഖനനം ചെയ്യപ്പെടുകുന്ന 'പിച്ച്ബ്ലെൻഡ്' (Pitch blende) എന്ന പദാത്ഥത്തിന്നു യുറേനിയത്തിന്റെ നാലിരട്ടി പ്രസരിപ്പുള്ളതായി അവർ കണ്ടു. ചാൽക്കലൈററ് (Chalcolite) എന്ന പദാത്ഥത്തെ ഖനിയിൽനിന്നു ശുദ്ധിചെയ്യപ്പെടുകുകയും കൃത്രിമമായി പ്രയോഗശാലയിൽ ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്തുനോക്കി. അപ്പോൾ പ്രകൃതിയിൽനിന്നു ലഭിച്ച പദാത്ഥത്തിന്നു പ്രയോഗശാലയിലുണ്ടാക്കിയതിന്റെ അഞ്ചിരട്ടി പ്രസരിപ്പുള്ളതായി അവക്കനുഭവപ്പെട്ടു. അതിന്നു ഒരു കാരണം മാത്രമല്ലേ പറഞ്ഞുകൂടു. പ്രകൃതിയിലുള്ള പദാത്ഥത്തിൽ കൃത്രിമമായി നിമ്മിച്ചതിലില്ലാത്ത ഒരു സാധനം ഒളിച്ചിരിക്കുന്നുണ്ടായിരിക്കണം. ആ രഹസ്യക്കാരനെ പിടികൂടാനായിരുന്നു മാഡംക്യൂറിയുടെ അടുത്ത ഉദ്യമം. അവരുടെ ഭത്താവും അവരെ സഹായിക്കുന്നതിന്നു മുതിന്നു.

ആസ്ത്രിയയിലെ ഗവമ്മേണ്ട് ആ ആവശ്യത്തിന്നു ക്യൂറിമാക്ക് ഒരു ടൺ പിച്ച്ബ്ളെൻഡ് സമ്മാനിച്ചു. അനന്യലബ്ധമായ ക്ഷമയോടും സാമത്ഥ്യത്തോടുംകൂടി അവർ രസതന്ത്രപ്രയോഗംകൊണ്ട് അറിയാവുന്ന പദാത്ഥങ്ങളെ ഓരോന്നോരോന്നായി അതിൽനിന്നു വേർതിരിച്ചുകൊണ്ടുവന്നു. ഒടുവിൽ അവരുടെ പ്രയത്നത്തിന്നു തക്കപ്രതിഫലം ലഭിച്ചു: അതുവരെ അജ്ഞാതങ്ങളായിരുന്ന രണ്ടു ധാതുക്കൾ അവരുടെ കയ്യിൽ പെട്ടു. അവയിൽ ഒന്നിന്നു മാഡംക്യൂറി സ്വന്തം മാതൃഭൂവായ പോളണ്ടിന്റെ സ്മരണയ്ക്കായി 'പൊളോനിയം' എന്നും മറേറതിന്നു

'റേഡിയം'എന്നും നാമകരണം ചെയ്തു. ഒരു ടൺ പിച്ച് ബ്ളെൻഡിൽനിന്ന് അനേകകാലത്തെ ദിനരാത്രിഭേദമില്ലാത്ത പ്രയത്നഫലമായി അവക്കു ലഭിച്ചതു കുറച്ചു വെളുത്ത പൊടി മാത്രം—ഇരുനൂറു മില്ലിഗ്രാം റേഡിയം ക്ലോറൈഡും, ഒരു മില്ലിഗ്രാമിൻെറ ഇരുപത്തഞ്ചിലൊരംശം പൊളോനിയവും. പക്ഷേ എത്ര കിട്ടി എന്നതിലായിരുന്നില്ല ആ ദമ്പതിമാരുടെ നോട്ടം: മറിച്ച്, ആ പദാൎത്ഥത്തിൻെറ പ്രകൃതിവിശേഷത്തിലായിരുന്നു. ആ പദാൎത്ഥത്തിന്നു പ്രതീക്ഷയിൽ കവിഞ്ഞ ദീപ്രതയുണ്ടായിരുന്നു: പരിസരങ്ങളിലുള്ള വായുവിനെ വിദ്യുച്ഛക്തിക്കു സുഖഗമ്യമാക്കുന്നതിന്നുള്ള (അയോണീകരിക്കുന്നതിന്നുള്ള) ശക്തിയും. ബെകറൽ ലണ്ടനിലെ 'റോയൽ ഇൻസ്റ്റിട്യൂഷ'നിൽ പ്രസംഗിക്കുന്നതിന്നു പോയപ്പോൾ തൻെറ കീശയിൽ ഈ നൂതനപദാൎത്ഥത്തിലല്പംകൊണ്ടുപോകുകയുണ്ടായി. അവിടെ ചെന്നു നോക്കിയപ്പോൾ അദ്ദേഹത്തിൻെറ കീശയുടെ നേരടിയിലുള്ള ദേഹമെല്ലാം പൊള്ളിക്കാണപ്പെട്ടു. ഈ സംഭവവും ക്യൂറിമാൎക്കു തന്നെ ഉണ്ടായ അനുഭവങ്ങളും ആണ് റേഡിയം അൎബ്ബുദം രോഗചികിത്സക്ക് ഉപയോഗപ്രദമാകുമെന്ന അനുമാനത്തിന്നിടയാക്കിയതു്.

ആദ്യം ലഭിച്ചതു റേഡിയത്തിൻെറ ക്ലോറൈഡ് എന്ന ലവണമായിരുന്നുവെന്നു മുമ്പു പ്രസ്താവിച്ചുവല്ലോ. അതു ബേറിയം എന്ന ധാതുവിൻെറ ഒരു വകഭേദം മാത്രമായിരിക്കും എന്ന അഭിപ്രായക്കാരുണ്ടായിരുന്നു. പക്ഷേ, 1911-ൽ മാഡംക്യൂറി റേഡിയം ലോഹം തന്നെ

ശുദ്ധിചെയ്തെടുത്തു കാണിച്ച് ആ വാദം നിരാധാരമാണെന്നു തെളിയിച്ചു. റേഡിയം ലോകത്തിലെ ഏററവും വിലപിടിച്ച ലോഹമാണ്. അതിന്നു പ്രത്യേകകാരണമുണ്ട്. സാധാരണയായി ഒരു ഗ്രാം റേഡിയം ലഭിക്കേണമെങ്കിൽ നാലായിരം ടൺ മൌലികപദാൎത്ഥമെടുത്തു ശുദ്ധിചെയ്യണം.

റേഡിയത്തിൻറ ധൎമ്മങ്ങൾ

ഈ നൂതനലോഹത്തിൽനിന്നുത്ഭവിക്കുന്ന തേജഃപ്രസരത്തിൽ മൂന്നു തരം രശ്മികളുണ്ട്. ഒരു കൂട്ടരെ ഇല്ലാതാക്കുന്നതിന്നു വളരെ നേരത്ത ലോഹത്തകിടുകൾ മതി. രണ്ടാമത്തെ കൂട്ടരെ നശിപ്പിക്കുവാൻ അരസ്യാൽ തൊട്ടു കാൽ ഇഞ്ചുവരെ ഘനമുള്ള ഇരുമ്പുത്തകിടുകൾ വേണം. ശേഷിച്ചവർ ആറിഞ്ചു ഘനമുള്ള ഇരുമ്പുത്തകിടുകളെക്കൂടി തുളച്ചു കയറും. ഇവയ്ക്കു യഥാക്രമം ആൽഫരശ്മികൾ, ബീററരശ്മികൾ, ഗാമാരശ്മികൾ എന്നിങ്ങിനെ പേരിട്ടിരിക്കുന്നു. (ആൽഫ, ബീററ, ഗാമ എന്നിവ ഗ്രീക്കുകാരുടെ അക്ഷരമാലയിലെ ചില അക്ഷരങ്ങൾ മാത്രമാണ്.) പ്രതിബന്ധങ്ങളെ ഭേദിക്കുന്നതിന്ന് അവയ്ക്കുള്ള ശക്തി അവ ഉത്ഭവിക്കുന്ന പദാൎത്ഥത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അതായതു ചില ആൽഫരശ്മികൾക്കു മററു ചിലവയുടെ ഇരട്ടി ശക്തിയുണ്ടായെന്നു വരാം. സാമാന്യമായി പറയുകയാണെങ്കിൽ, ആൽഫരശ്മികളുടെ നൂറുമടങ്ങു ശക്തി ബീററരശ്മികൾക്കും, ബീററരശ്മികളുടെ നൂറുമടങ്ങു ശക്തി ഗാമാരശ്മികൾക്കും ഉണ്ട്.

കാന്തമണ്ഡലത്തിന്നു വിധേയമാകുമ്പോൾ ആ തേജഃപ്രസരം, ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ, മൂന്നായി പിരിയുന്നതു കാണാം. ആൽഫരശ്മികൾക്കു

കാന്തശക്തികൊണ്ടു വളരെ കുറച്ചു മാത്രമേ വിചലനം സംഭവിക്കുന്നുള്ളു. ബീററരശ്മികൾ ആൽഫരശ്മികളുടെ എതിർഭാഗത്തേയ്ക്കു വളരെ അധികം ചെരിയുന്നു. ഗാമാരശ്മികൾക്കു കാന്തശക്തികൊണ്ടു യാതൊരു ഗതിഭേദവും സംഭവിക്കുന്നില്ല. പരീക്ഷണങ്ങൾ, ആൽഫരശ്മികൾ ധനപരമായ രണ്ടു് ആരോപങ്ങളും, ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിൻെറ നാലു മടങ്ങു പിണ്ഡവും ഉള്ള കണങ്ങളും, ബീററരശ്മികൾ ഇലക്ട്രോണുകളും, ഗാമാരശ്മികൾ ശക്തിയേറിയ റോൺട്ജൻ രശ്മികളും ആണെന്നു തെളിയിച്ചു.

ആൽഫരശ്മികൾക്കു പ്രകാശത്തിൻെറ ഇരുപതിലൊരംശം തൊട്ടു പന്ത്രണ്ടിലൊരംശംവരേയുള്ള വേഗത

യുണ്ട്. ഓരോരോ ധാതുക്കൾ വമിക്കുന്ന ആൽഫരശ്മികൾക്ക് ഓരോരോ വേഗതയാണുള്ളത്. അതനുസരിച്ച് അവ വായുവിൽ ഓരോ ക്ലുപ്ത ദൂരം സഞ്ചരിക്കുന്നു. സാമാന്യമായി അവ മൂന്നു രണ്ടര മുതൽ പന്ത്രണ്ടു വരെ സെൻറിമീററർ ദൂരം അന്തരീക്ഷത്തിൽക്കൂടി ചരിക്കാം. ആൽഫകണങ്ങൾ ഓരോന്നിലും നന്നാലു പ്രോട്ടോണുകളും ഈരണ്ട് ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ട്. അവയുടെ പിണ്ഡം ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിൻെറ നാലിരട്ടിയാണ്. യഥാർത്ഥത്തിൽ അവ രണ്ട് ഇലക്ട്രോണുകളെ വിമോചിപ്പിച്ച ഹീലിയംപരമാണുക്കളാണ്. രണ്ട് ഇലക്ട്രോണുകളെ കിട്ടിയാൽ അവ ഹീലിയംപരമാണുക്കളായിത്തീരും. തൊണ്ണൂററാറുകൊല്ലംകൊണ്ടേ ഒരു ഗ്രാം റേഡിയത്തിൽനിന്ന് ഒരു ഘനഅംഗുലം ഹീലിയം ഉണ്ടാകയുള്ളൂ. എങ്കിലും റൂതർഫോർഡ് പ്രഭു റേഡിയത്തിൽനിന്നുത്ഭവിക്കുന്ന വാതകത്തെ ശേഖരിച്ച് അതു ഹീലിയംതന്നെയാണെന്നു തെളിയിച്ചു. തേജഃപ്രസരണം ചെയ്യുന്ന ധാതുക്കളിൽനിന്ന് ആൽഫകണങ്ങളല്ലാതെ ഒററയ്ക്കുള്ള പ്രോട്ടോണുകൾ വിമുക്തമാകുന്നില്ല. അതു കാണുമ്പോൾ റേഡിയംപരമാണുക്കളുടെ ജഠരത്തിൽ നന്നാലു പ്രോട്ടോണുകളേയും ഈരണ്ട് ഇലക്ട്രോണുകളേയും കെട്ടുകെട്ടായി കെട്ടിയിട്ടിരിക്കുകയാണെന്നല്ലേ തോന്നുക. റേഡിയത്തിൻെറ പരമാണുവിൽ 226 പ്രോട്ടോണുകളാണുള്ളത്. അപ്പോൾ മുമ്പു പറഞ്ഞ കണക്കപ്രകാരമുള്ള അയ്മ്പത്താറു കെട്ടുകളും ഒററയാന്മാരായ രണ്ടു പ്രോ

ആൽഫരശ്മികൾ

ട്ടോണുകളും ഉണ്ടായിരിക്കണം. വളരെ ഉള്ളിലോട്ടു തള്ളിക്കിടക്കുന്നതുകൊണ്ടായിരിക്കണം ആ ഒററയാന്മാർ പുറത്തുവരാത്തതു്.

വേഗതയുടേയും പിണ്ഡത്തിൻേറയും ആധിക്യം നിമിത്തം ആൽഫകണങ്ങൾക്കു ചലനാത്മകമായ സത്വവിശേഷം (Kinetic Energy) ധാരാളമുണ്ടു്.

ബീററരശ്മികൾക്കു ആൽഫരശ്മികളേക്കാൾ വളരെ വേഗത കൂടും. അവയുടെ വേഗത പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗതയുടെ 30 ശതമാനത്തിനും 99.8 ശതമാനത്തിന്നും മദ്ധ്യേ കിടക്കുന്നു. എങ്കിലും ബീററകണങ്ങളുടെ പിണ്ഡം ആൽഫകണങ്ങളുടേതിൻെറ ഏഴായിരത്തിലൊരംശം മാത്രമായതുകൊണ്ടു് അവയുടെ ചലനാത്മകമായ

ബീററരശ്മികൾ

സത്വവിശേഷം വളരെ കുറവാണു്. ഭൌതികശാസ്ത്രത്തിന്നു് അറിയാവുന്ന ഏററവും വേഗത കൂടിയ ഓട്ടമാണു് ഈ ബീററാകണങ്ങളുടേതു്. പിണ്ഡം വേഗതയെ അനുസരിച്ചിരിക്കുന്നു് എന്ന ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തപ്രകാരമുള്ള നിഗമനം യഥാൎത്ഥമാണെന്നു പ്രസ്തുത രശ്മികൾ തെളിയിച്ചിരിക്കുന്നു. ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം, പ്രകാശത്തിൻെറ മുപ്പതു ശതമാനം വേഗതയോടുകൂടി സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിൻെറ പിണ്ഡം അതിൻെറ നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ളതിനേക്കാൾ പതിനഞ്ചു ശതമാനം കൂടും: വേഗത പ്രകാശത്തിൻെറ 99.8 ശതമാനമായാലോ? പിണ്ഡം പതിനാറു മടങ്ങായി വൎദ്ധിക്കുകയും

ചെയ്യും. ഈ കണക്കുകളും പരീക്ഷണഫലങ്ങളും തമ്മിൽ അത്ഭുതാവഹമായ യോജിപ്പുണ്ട്.

ഗാമാരശ്മികൾ

ഇത്രയും ശക്തിയേറിയ കിരണങ്ങളെ ഉദ്വമിക്കുന്നതോടൊപ്പം പരമാണുവിൽനിന്ന് ഒരു ശക്തിപ്രസരവും ഉത്ഭവിക്കുന്നതിൽ ആശ്ചര്യപ്പെടുവാനില്ല. അതാണ് ഗാമാരശ്മികളായി പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നത്.

വിൽസൻെറ വിദ്യ

പരിസരങ്ങളിലുള്ള വായുവിനെ അയോണീകരിക്കുവാൻ ആൽഫകണങ്ങൾക്കും ബീററകണങ്ങൾക്കും സാധിക്കും. ഒരു ആൽഫകണം അതിൻെറ അധീനത്തിലുള്ള സത്വവിശേഷമനുസരിച്ച് ഒരു ലക്ഷം മുതൽ രണ്ടരലക്ഷംവരേയും, ഒരു ബീററകണം പതിനായിരത്തോളവും വായുപരമാണുക്കളെ അയോണീകരിക്കുന്നു. ഈ സ്വഭാവത്തെ ഉപയോഗിച്ചിട്ടാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ സ്വതവേ അദൃശ്യങ്ങളായ പ്രസ്തുതകിരണങ്ങളെ ദൃശ്യങ്ങളാക്കി അവയെക്കുറിച്ചുള്ള ഗവേഷണങ്ങൾ നടത്തുന്നത്. നീരാവി ധാരാളമുള്ള വായു തണുക്കുമ്പോൾ മഞ്ഞും മൂടൽമഞ്ഞും മററുമുണ്ടാകുന്നതു നിങ്ങൾ കണ്ടിരിക്കുമല്ലോ. മൂടൽമഞ്ഞിലെ അല്പിഷ്ഠങ്ങളായ ജലകണങ്ങൾ ഓരോ മൂലകന്ദത്തിന്നു ചുററും (Nucleus) കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുകയാണ്. സാധാരണയായി അന്തരീക്ഷത്തിലുള്ള പൊടിപടലത്തിൽനിന്നാണ് ജലകണങ്ങൾ തങ്ങൾക്കാവശ്യമായ മൂലകന്ദങ്ങളെ തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നത്. വൈദ്യുതീകൃ

തമായ ഒരു പരമാണുവിന്നും അതുപോലെയുള്ള മൂലകന്ദമാകുവാൻ കഴിയും. സാധാരണയായി പരമാണുക്കൾ വൈദ്യുതധൎമ്മങ്ങളെ പ്രദൎശിപ്പിക്കുന്നില്ല. പക്ഷേ അവയിൽനിന്നു് ഒരു ഇലക്ട്രോൺ വിമുക്തമാകുകയോ അല്ലെങ്കിൽ അതു് ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ സ്വീകരിക്കുകയോ ചെയ്താൽ, അതു വൈദ്യുതീകൃതമായിത്തീരും. ആ അവസ്ഥയിൽ ജലകണങ്ങൾ അതിന്മേൽ കേന്ദ്രീകരിക്കും. അത്തരം ജലകണങ്ങളെ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിന്നും അവയെ ദൃശ്യമാക്കുന്നതിന്നും സി. ടി. ആർ. വിൽസൻ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഒരു വിദ്യ കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുണ്ടു്. മാലിന്യങ്ങളില്ലാത്തതും നീരാവി ധാരാളമുള്ളതും ആയ വായുവിനെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഒരു പാത്രത്തിലേയ്ക്കു് അയോണീകരിക്കുന്നതിന്നു ശക്തിയുള്ള ഒരു കണം കടക്കുന്നുവെന്നിരിക്കട്ടെ. ആ കണം അതിന്റെ യാത്രയ്ക്കിടയിൽ ആ വായുവിലുള്ള പരമാണുക്കളുമായി ഏറ്റുമുട്ടി അവയെ വൈദ്യുതീകൃതങ്ങളാക്കുന്നു. ആ വായുവിനെ പെട്ടെന്നു തണുപ്പിക്കുന്നപക്ഷം വൈദ്യുതീകൃതങ്ങളായ പ്രസ്തുത പരമാണുക്കളിന്മേൽ ജലകണങ്ങൾ നിക്ഷിപ്തമാകുകയും അവയുടെ ഛായാഗ്രഹണം സാദ്ധ്യമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ആ ഛായകൾ വളരെ മനോഹരങ്ങളാണെന്നു മാത്രമല്ല അവ ശാസ്ത്രജ്ഞന്നു് അമൂല്യമായ സഹായവുംകൂടിയാണു്. ഇതാണു് വിൽസന്റെ വിദ്യ.

ഒരു പാത്രത്തിന്നകത്തു റേഡിയത്തെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഒരു പദാൎത്ഥത്തെ അടച്ചുവെച്ചു നോക്കുന്നതായാൽ,

അതിൽനിന്നു നിരന്തരമായും ധാരാളമായും ചൂടുണ്ടാകുന്നതായി കാണാം. ആൽഫകണങ്ങളുടേയും ബീററകണങ്ങളുടേയും ഇടവിടാതെയുള്ള മദ്ദനംകൊണ്ടാണ് ഇങ്ങിനെ സംഭവിക്കുന്നത്. ഈ പാഞ്ഞുനടക്കുന്ന കണങ്ങളുടെ ശക്തിയെ അപേക്ഷിച്ചു വിമാനത്തെ ഓടിക്കുന്ന പെട്രോളിൻെറ ശക്തി സാരമില്ലെന്നുതന്നെ പറയാം. ഒരു ഔൺസ് റേഡിയത്തിൽനിന്ന് ഏഴു ടൺ കൽക്കരിയിൽനിന്നു ലഭ്യമായ അത്ര ശക്തി ലഭിക്കും. പക്ഷേ ഒന്നുണ്ട്: അതു നമുക്ക് ഒന്നിച്ചു കിട്ടുകയില്ല; വളരെക്കാലംകൊണ്ടേ അതു മുഴുവനും പുറത്തു വരികയുള്ളു. ഒരു ഗ്രാം റേഡിയത്തിൽനിന്നുത്ഭവിക്കുന്ന ഉഷ്ണംകൊണ്ടു ഹിമതുല്യം തണുത്തിരിക്കുന്ന ഒരു ഗ്രാം വെള്ളത്തെ മുക്കാൽ മണിക്കൂറിന്നുള്ളിൽ തിളപ്പിക്കാം.

റേഡിയത്തിൻെറ ശക്തി

ആൽഫകണങ്ങളേയും ബീററകണങ്ങളേയും വിമോചിപ്പിക്കുന്ന പരമാണുവിന്ന് അതുകൊണ്ടു മാററം വരാതെ തരമില്ലല്ലോ. ആ മാററംകൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന പുതിയ ധാതുവും തേജഃപ്രസരണംചെയ്ത് ഒരു നൂതനധാതുവായി മാറാം. അങ്ങിനെ ആ ചങ്ങല നീണ്ടു നീണ്ടുപോകുന്നതിന്നു വിരോധമില്ല. ഒരു ആൽഫകണത്തിന്നു ധനപരമായ രണ്ടു ആരോപങ്ങളും ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിൻെറ നാലു മടങ്ങു പിണ്ഡവും ഉള്ളതിനാൽ, ഒരു ആൽഫകണവിമോചനം പരമാണുസംഖ്യയെ രണ്ടുകൊണ്ടും പരമാണുഭാരത്തെ നാലുകൊണ്ടും കുറയ്ക്കുന്നു. ബീററരശ്മികൾ

ആൽഫ ബീററമാററങ്ങൾ

ഇലക്ട്രോണുകൾ മാത്രമായതുകൊണ്ടു ബീററകണവിമോചനം പരമാണുസംഖ്യയെ ഒന്നുകൊണ്ടു വദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. പരമാണുഭാരത്തിൽ പറയത്തക്ക മാററമൊന്നും വരുന്നതുമില്ല. ഈ തത്വത്തിന്മേൽ തേജഃപ്രസരണം ചെയ്യുന്ന ധാതുക്കളുടെ വംശപരമ്പര എളുപ്പത്തിൽ സൃഷ്ടിക്കാം.

അത്തരം ഒരു പരമ്പരയുണ്ടെന്ന വസ്തുത 1900ത്തിൽത്തന്നെ റൂതർഫോർഡ് പ്രഭു മനസ്സിലാക്കി. 1902-ൽ അദ്ദേഹവും സോഡിയുംകൂടി അന്നത്തെ ശാസ്ത്രലോകത്തിൽ വലിയ കോളിളക്കങ്ങളുണ്ടാക്കിയ 'വിശ്ലേഷണസിദ്ധാന്ത'ത്തെ പുറത്തുവിട്ടു. ആ സിദ്ധാന്തം തേജഃപ്രസരണം ചെയ്യുന്ന ധാതുക്കൾ പടിപടിയായി സ്വയം വിശ്ലേഷണത്തിന്നു വിധേയമാകുന്നതായി വിഭാവനം ചെയ്യുന്നു. അതിനെക്കുറിച്ചു വഴിയെ പ്രസ്താവിക്കുന്നതാണ്.

അൽഫകണത്തെ വിമോചിപ്പിക്കുന്നതുകൊണ്ടു റേഡിയം പരമാണു റേഡിയത്തിൻേറതല്ലാതായിത്തീരുന്നു. അപ്പോൾ റേഡിയത്തിൻെറ പരിമാണം ക്രമത്തിൽ ക്ഷയിച്ചുവരണമല്ലോ. ഇങ്ങിനെ ക്ഷയിച്ചു ക്ഷയിച്ച് ആദ്യമുണ്ടായിരുന്ന പരിമാണത്തിൻെറ പകുതി മാത്രമാകുന്നതിന്ന് എടുക്കുന്ന സമയത്തെയാണ് 'പകുതിയാകുന്നതിന്നുള്ള സമയം' എന്നു പറഞ്ഞുവരുന്നത്. തേജഃപ്രസരണം ചെയ്യുന്ന ഓരോ ധാതുവിന്നും ഇങ്ങിനെ ഓരോ സമയമുണ്ടെന്നു പറയേണ്ടതില്ലല്ലോ. റേഡിയം വിമോചിപ്പിക്കുന്ന ആൽഫകണങ്ങളെഎ

പകുതിപ്പെട്ടുന്നതിനുള്ള സമയം

ണ്ണിത്തിട്ടപ്പെടുത്തിയാൽ, അതിന്റെ പകുതിയാകുന്നതിന്നുള്ള സമയം എത്രയാണെന്നു നിണ്ണയിക്കാം. ഒരു ഗ്രാം റേഡിയം സെക്കണ്ടുതോറും 3720 കോടി ആൽഫകണങ്ങളെ വിമോചിപ്പിക്കുന്നതായി കാണുന്നു. അപ്പോൾ ഒരു കൊല്ലത്തിൽ 1.17×10^{18} ആൽഫകണങ്ങളായി. ഒരു ആൽഫകണത്തെ ഉദ്ഗമിക്കുവാൻ ഒരു പരമാണു എന്ന കണക്കുപ്രകാരം പ്രതിവഷം ഒരു ഗ്രാം റേഡിയത്തിൽനിന്നു 1.17×10^{18} പരമാണുക്കൾ രൂപാന്തരപ്പെടണമല്ലോ. റേഡിയത്തിന്റെ പരമാണുഭാരത്തേയും ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിന്റെ പിണ്ഡത്തേയും അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിനോക്കുമ്പോൾ, ഒരു ഗ്രാം റേഡിയത്തിൽ 2.68×10^{21} പരമാണുക്കളുണ്ടായിരിക്കണം. അങ്ങിനെ നോക്കുമ്പോൾ കൊല്ലത്താൽ ശരാശരി 2280 റേഡിയം പരമാണുക്കളിൽ ഒരെണ്ണം രൂപാന്തരപ്പെടുന്നുണ്ടെന്നു കാണാം. ആ കണക്കിന്നു റേഡിയത്തിന്റെ പകുതിപ്പെടുവാനുള്ള സമയം 1580 വഷങ്ങളാണു്. ഞാൻ ഇന്നു നിങ്ങളുടെ പക്കൽ ഒരു പണത്തൂക്കം റേഡിയം സൂക്ഷിച്ചുവെയ്ക്കുവാൻ തന്നുവെന്നിരിക്കട്ടെ. നിങ്ങൾ അതിനെ എത്ര ഭദ്രമായി പൂട്ടിവെച്ചാലും വേണ്ടില്ല, 1580 കൊല്ലങ്ങൾ കഴിഞ്ഞു ഞാൻ അതിനെ തിരിച്ചു ചോദിക്കുന്നതായാൽ അര പണത്തൂക്കം മാത്രമേ നിങ്ങൾക്കു എനിക്കു തരുവാൻ കഴികയുള്ളൂ. പിന്നേയും 1580 വഷങ്ങൾ കഴിഞ്ഞാൽ അതു കാൽപണത്തൂക്കമാകുകയും ചെയ്യും. ഓരോ തവണയും തുടക്കത്തിലുള്ളതിന്റെ പകുതിമാത്രമേ 1580 കൊല്ലങ്ങൾക്കുശേഷം കാണുകയുള്ളൂ എന്നതാണു് കണക്കു്.

തേജഃപ്രസരണംചെയ്യുന്ന നാല്പതോളം ധാതുക്കളെക്കുറിച്ചു നമുക്കറിയാം. അവയെ പൊതുവേ സാരകധാതുക്കൾ എന്നു വിളിച്ചുവരുന്നു. ഇവയിൽപെടാത്തവയും തേജഃപ്രസരണം നടത്തുന്നുണ്ടാവാം. യുഗയുഗാന്തരങ്ങൾകൊണ്ടു മാത്രമായിരിക്കാം അവ വിശ്ലേഷണത്തിന്നു വിധേയമാകുന്നതു്. അതുകൊണ്ടാണു് നാം അവയെക്കുറിച്ചറിയാത്തതെന്നും വരാം.

പത്തൊമ്പതാം നൂററാണ്ടിൻെറ അവസാനംവരെ ഒരു ധാതു മറെറാരു ധാതുവായി മാറുക എന്നുള്ളതു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ സ്വപ്നത്തിൽപ്പോലും വിശ്വസിക്കുവാൻ വിഷമമായിരുന്നു. എന്നാൽ ഇന്നു് സാരകധാതുക്കൾ അത്തരം സംഭവങ്ങൾ നിത്യസാധാരണങ്ങളാണെന്നു കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

വംശപരമ്പരകൾ

സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണങ്ങൾ സാരകധാതുക്കളെ മൂന്നു വംശക്കാരായി തിരിക്കാമെന്നു കാണിച്ചു. ഓരോ വംശത്തിലും ഓരോ തലമുറക്കാർ ഒരു ആൽഫകണത്തേയോ ഒരു ബീററകണത്തേയോ വിമോചിപ്പിച്ചു് അടുത്ത തലമുറക്കാരെ ജനിപ്പിക്കുന്നു. വംശസ്ഥാപകരായ യുറേനിയം, തോറിയം, ആക്ററിനിയം എന്നിവരുടെ പേരുകളിലാണു് ആ വംശക്കാരെ തിരിച്ചറിയുന്നതു്. ആക്ററിനിയത്തിൻെറ വംശം യുറേനിയത്തിൻെറതന്നെ ഒരു വംശമാണെന്നു പറയാൻ വിരോധമില്ല. എന്തെന്നാൽ ആ വംശത്തിൽപ്പെട്ടവർ യുറേനിയത്തിൻെറ വംശജന്മാരുമായി, നൂററുക്കു മൂന്നു് എന്ന കണക്കിന്നു്, കൂടിച്ചേർന്നു കിടക്കുന്നതായി കാണാം.

1. യുറേനിയത്തിൻെറ വംശം

ധാതുവിൻെറ പേർ	പരമാണു സംഖ്യ	പരമാണു ഭാരം	പകുതിപ്പെട്ടു വാനുള്ള സമയം	ഉൽസർജ്ജിരണങ്ങളുടെ സ്വഭാവം
യുറേനിയം 1	92	238	$4 \cdot 4 \times 10^9$ കൊല്ലം	ആൽഫ
യുറേനിയം x^1	90	234	24 ദിവസം	ബീറ്റാ
യുറേനിയം x^2	91	234	1·15 മിനിററ്	ബീറ്റാ
യുറേനിയം 2	92	234	300,000 വർഷം	ആൽഫ
അയോണിയം	90	230	90,000 വർഷം	ആൽഫ
റേഡിയം	88	226	1580 വർഷം	ആൽഫ
റേഡിയം എമനേഷൻ	86	222	3·82 ദിവസം	ആൽഫ
റേഡിയം എ	84	218	3·05 മിനിററ്	ആൽഫ
റേഡിയം ബി	82	214	26·8 മിനിററ്	ബീറ്റാ
റേഡിയം സി	83	214	10^{-8} സെക്കണ്ടു്	ആൽഫ
റേഡിയം ഡി	82	210	16 കൊല്ലം	ബീറ്റാ
റേഡിയം ഇ	83	210	5 ദിവസം	ബീറ്റാ
പൊളോനിയം	84	210	140 ദിവസം	ആൽഫ
യുറേനിയോ ഈയ്യം	82	206	....	......

2. തോറിയത്തിന്റെ വംശം.

ധാതുവിന്റെ പേര്	പരമാണു സംഖ്യ	പരമാണു ഭാരം	പകുതിപ്പെട്ടുവാനുള്ള സമയം	ഉടമേൽകിരണങ്ങളുടെ സ്വഭാവം
തോറിയം	90	232	2×10^{10} വർഷം	ആൽഫ
മെസോതോറിയം 1	88	228	6·7 വർഷം	ബീററ
മെസോതോറിയം 2	89	228	6·2 മണിക്കൂർ	ബീററ
റേഡിയോ തോറിയം	90	228	1·90 വർഷം	ആൽഫ
തോറിയം x	88	224	3·64 ദിവസം	ആൽഫ
തോറിയം എമനേഷൻ	86	220	54·5 സെക്കണ്ടു	ആൽഫ
തോറിയം എ	84	216	0·14 സെക്കണ്ടു	ആൽഫ
തോറിയം ബി	82	212	60·8 മിനിററ്	ബീററ
തോറിയം സി	84	212	10^{-9} സെക്കണ്ടു	ആൽഫ
തോറിയം ഡി (ഈയ്യം)	82	208	......	......

തെളിവുകൾ

ഈ പട്ടികകൾ പരിശോധിച്ചാൽ ഓരോ വംശവും എവിടെനിന്ന് ആരംഭിക്കുന്നുവെന്നും ഏതെല്ലാം വഴികളിൽക്കൂടി പോകുന്നുവെന്നും എവിടെച്ചെന്നവസാനിക്കുന്നുവെന്നും മനസ്സിലാകും. യുറേനിയവും തോറിയവും സ്വയം വിശ്ലേഷണത്തിന്റെ ഫലമായി കാലാന്തരത്തിൽ ഈയ്യമായിത്തീരുന്നു. തോറിയത്തിന്റേയും യുറേനിയ

ത്തിന്റെയും മൌലികപദാത്ഥങ്ങളോട് ഇടകലന്ന് ഇയ്യം ധാരാളമായി കണ്ടുവരുന്നു എന്ന വസ്തുതതന്നെ അതിന്നു തെളിവാണ്. പോരെങ്കിൽ അങ്ങിനെ കണ്ടുവരുന്ന ഇയ്യത്തിന്റെ പരമാണുഭാരം സാധാരണ ഇയ്യത്തിന്റേതിൽനിന്നും കണക്കനുസരിച്ച വ്യത്യസ്തപ്പെട്ടുമിരിക്കുന്നു. എന്തെന്നാൽ 238.18 പരമാണുഭാരമുള്ള യുറേനിയത്തിൽനിന്നും എട്ട് ആൽഫരശ്മികൾ വിമുക്തമായി കഴിയുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഇയ്യത്തിന്റെ പരമാണുഭാരം (238.18__32) 206.18 ആയിരിക്കണമല്ലോ. അതുപോലെത്തന്നെ കണക്കാക്കിനോക്കുന്നപക്ഷം തോറിയത്തിൽനിന്ന് ഉത്ഭവിക്കുന്ന ഇയ്യത്തിന്റെ പരമാണുഭാരം (232__24) 208 ഉം ആയിരിക്കണം. സാധാരണ ഇയ്യത്തിന്റെ പരമാണുഭാരമാകട്ടെ 207.19 ആണ്. അതിൽനിന്നും കൂടിയതും കുറഞ്ഞതുമായ പരമാണുഭാരങ്ങളുള്ള ഇയ്യം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാക്ക് കണ്ടുകിട്ടിയിട്ടുണ്ട്. റിച്ചേർഡ്സ്, ഹോണിങ്ങ്സ്മിഡ് (Honings-chmid) എന്നിവർ കിഴക്കേ ആഫ്രിക്കയിലെ മോറോഗോവോ (Morogovo) എന്ന സ്ഥലത്തുനിന്നു കുഴിച്ചെടുക്കുന്ന യുറേനിയത്തോടൊപ്പം കണ്ടുവരുന്ന ഇയ്യത്തിന്റെ പരമാണുഭാരം 206.08 ആണെന്നു പരീക്ഷിച്ചറിഞ്ഞു. രണ്ടാമതു പറഞ്ഞ ശാസ്ത്രജ്ഞൻതന്നെ തോറിയത്തോടൊപ്പം കണ്ടുവരുന്ന ഇയ്യത്തിന്റെ പരമാണുഭാരം 207.9 ആണെന്നു നിണ്ണയിച്ചു. ഈവക സംഗതികളെല്ലാം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ അനുമാനങ്ങൾക്ക് ഉപോൽബലകങ്ങളാണെന്നു പ്രത്യേകം എടുത്തു പറയേണ്ടതില്ലല്ലോ.

൭. പരമാണുരൂപം

അറുപതുവർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പു ജീവിച്ചിരുന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരാരും പരമാണുവിൻെറ അകത്തേയ്ക്കു് എത്തിനോക്കുവാൻ കഴിയുമെന്നു സ്വപ്നേപി കരുതിയിരിക്കയില്ല. ഇന്നും നമുക്കു് അതിൻെറ ഉള്ളു കാണുവാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. അതിന്നു കാരണമുണ്ടു്. പരമാണുക്കൾ, മുമ്പൊരിടത്തു സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുള്ളതുപോലെ, പ്രഭാതരംഗങ്ങളേക്കാൾ എത്രയോ ചെറിയവയാണു്. എങ്കിലും കഴിഞ്ഞ ചില അദ്ധ്യായങ്ങളിൽ വിവരിച്ചിട്ടുള്ള സംഗതികളുടെ വെളിച്ചത്തിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പരമാണുവിൻെറ ചില രൂപങ്ങൾ മനസാ നിർമ്മിച്ചിട്ടുണ്ടു്. ആ രൂപങ്ങൾ യഥാർത്ഥപരമാണുവിനെപ്പോലെ പെരുമാറുന്നുവെന്നുതന്നെയിരിക്കട്ടെ. എന്നാലും നമുക്കു് ആ രൂപത്തെ എടുത്തു "പരമാണു ഇതുപോലെ ആണു്" എന്നു സധൈര്യം പറയാമോ? സങ്കല്പവും യാഥാർത്ഥ്യവും തമ്മിൽ നമുക്കറിയുവാൻ വയ്യാത്ത എന്തെങ്കിലും വ്യത്യാസമുണ്ടായിക്കൂടേ? അതുകൊണ്ടാണു് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പരമാണുവിൻെറ ചില മാതൃകകൾ നിർമ്മിച്ചിട്ടുണ്ടെന്നു പറഞ്ഞുനിർത്തിയതു്.

പരമാണുവിൻെറ അകത്തു പ്രോട്ടോണുകളും ഇലക്ട്രോണുകളുമുണ്ടെന്നു നമുക്കറിയാം. അവ എവിടെ

കിടക്കുന്നു? ഈ ചോദ്യത്തിനുള്ള ഉത്തരം റൂതർഫോർഡ് പ്രഭുവിൻെറ ചില പരീക്ഷണങ്ങളാണ്

മൂലകന്ദം നല്കിയത്. റേഡിയത്തിൽനിന്നും മററും വിമുക്തമാകുന്ന ആൽഫകണങ്ങളുടെ സ്വഭാവത്തെക്കുറിച്ചു നാം മനസ്സിലാക്കിക്കഴിഞ്ഞു. ഒരു ആൽഫകണവും ഒരു ഇലക്ട്രോണും തമ്മിലുള്ള സംഘട്ടനം നാലായിരം റാത്തൽ ഘനമുള്ള ഒരു കാറും അര റാത്തൽ മാത്രം ഘനമുള്ള ഒരു കല്ലും തമ്മിലുള്ള സംഘട്ടനത്തോടു തുല്യമാണ്—കല്ലു വഴിയിൽനിന്നു തെറിച്ചുപോകുകയും കാറ് അതിൻെറ പാട്ടിന്നു പോകുകയും ചെയ്യുന്നു. നേരേമറിച്ച്, ഒരു ആൽഫകണവും ഒരു പ്രോട്ടോണും തമ്മിലുള്ള സംഘട്ടനം, അതേ കാറും ആയിരം റാത്തൽ ഘനമുള്ള ഒരു പാറയും തമ്മിലുള്ള സംഘട്ടനംപോലെയിരിക്കും. ഇത്തവണ കാറിൻെറ ഗതിക്കു സാരമായ വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നു. ആൽഫരശ്മികൾ വായുവിൽക്കൂടി ഋജുവായി സഞ്ചരിക്കുന്നതായി കാണുന്നു. അതിൻെറ അർത്ഥം അവ ഇലക്ട്രോണുകളുമായല്ലാതെ പ്രോട്ടോണുകളുമായി കൂട്ടിമുട്ടുന്നില്ലെന്നാണ്. അവ വായുവിലെ പരമാണുക്കളിൽനിന്ന് ഇലക്ട്രോണുകളെയല്ലാതെ പ്രോട്ടോണുകളെ തട്ടിത്തെറിപ്പിക്കുന്നില്ല. ഈ വസ്തുതയിൽനിന്ന് ഒരു കാര്യം ഊഹിക്കാം. പരമാണുകളുടെ അന്തരാളത്തിൽ അധികഭാഗവും ഇലക്ട്രോണുക്കളുടെ പാർപ്പിടമാകുന്നു. അങ്ങിനെ അല്ലായിരുന്നുവെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോണുകളെപ്പോലെത്തന്നെ പ്രോട്ടോണുകളും ധാരാളമായി ആൽഫരശ്മികളാൽ തട്ടിത്തെറിപ്പിക്കപ്പെടേണ്ടിയിരുന്നു.

റുതർഫോർഡ് ആൽഫരശ്മികൾ നന്നേനേർത്ത സ്വ ർണ്ണത്തകിടുകളിൽക്കൂടി സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ സംഭവിക്കുന്ന തെന്തെന്നു വളരെ പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി സൂസ്സൂക്ഷ്മം നിരീക്ഷിച്ചു: തൽഫലമായി അദ്ദേഹത്തിന്നു ബോധ പ്പെട്ടതിങ്ങിനെയാണ്: സ്വർണ്ണത്തിൻെറ പരമാണുക്കൾ ക്കകത്തു ധനപരമായ വൈദ്യുതശക്തി മുഴുവനും കേന്ദ്രീ കരിച്ചിരിക്കുന്നതും, ഭാരമേറിയതും, 10^{-12} മുതൽ 10^{-13} വരെ സെൻറിമീററർ വ്യാസമുള്ളതും ആയ ഒരു സ്ഥലമു ണ്ട്. അപ്പോൾ പ്രോട്ടോണുകളെല്ലാം അവിടെയായി രിക്കണം സ്ഥാനമുറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത്. ചെറുതെങ്കിലും ഭാരിച്ച ആ ആരോപത്തെ പരമാണുവിൻെറ മൂലകന്ദ മെന്നു (Nucleus) പറഞ്ഞുവരുന്നു.

സ്വർണ്ണപരമാണുവിനെ സമീപിക്കുന്ന ആൽഫക ണത്തിന്നു സംഭവിക്കുന്ന വിചലനത്തെ ആസ്പദമാക്കി റുതർഫോർഡ് സ്വർണ്ണപരമാണുവിൻെറ മൂലകന്ദത്തി ന്മേലുള്ള ആരോപം ഒരു പ്രോട്ടോണിന്മേലുള്ളതിൻെറ എഴുപത്തൊമ്പതു മടങ്ങാണെന്നു കണക്കാക്കി. സ്വർണ്ണ ത്തിൻെറ പരമാണുഭാരം 197 ആണ്. അത്രയും ഭാരമു ണ്ടാകണമെങ്കിൽ ആ പരമാണുവിന്നകത്തു 197 പ്രോ ട്ടോണുകളുണ്ടായിരിക്കണം. ആ 197 പ്രോട്ടോണുകളി ന്മേലുള്ള ധനപരമായ ആരോപം നിഷ്ഫലമാക്കാൻ 197 ഇലക്ട്രോണുകളും അതിന്നകത്താവശ്യമാണ്. (ഇല ക്ട്രോണിൻെറ ഭാരം പ്രോട്ടോണിൻെറ രണ്ടായിരത്തി ലൊരംശം മാത്രമായതുകൊണ്ട് അതിനെ കണക്കിൽ പ്പെടുത്തേണ്ടതില്ല.) അങ്ങിനെ സ്വർണ്ണത്തിൻെറ ഒരു പ

രമാണുവിൽ 197 പ്രോട്ടോണുകളും 197 ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ടായിരിക്കണം. മൂലകന്ദത്തിന്മേലുള്ള ആരോപം പ്രോട്ടോണിന്മേലുള്ളതിന്റെ 79 ഇരട്ടി മാത്രം ആയിരിക്കുന്നതുകൊണ്ട്, അതിൽ 197—79=118 ഇലക്ട്രോണുകൾമാത്രമേ ഉള്ളു. ബാക്കിയുള്ള 79 ഇലക്ട്രോണുകളും മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തായിരിക്കണം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. ഇതരധാതുക്കളുടെ പരമാണുക്കളുടെ സ്വരൂപവും ഇതുപോലെത്തന്നെ. റൂതർഫോർഡിന്റെ കണക്കപ്രകാരം മൂലകന്ദത്തിന്നു പരമാണുവിന്റെ പത്തു ലക്ഷത്തിലൊരംശം മാത്രമേ വ്യാസമുള്ളു. അത്രയും സങ്കുചിതമായ സ്ഥലത്താണ് മൂലകന്ദത്തിലെ പ്രോട്ടോണുകളേയും ഇലക്ട്രോണുകളേയും എല്ലാം—സ്വർണ്ണത്തിനെ സംബന്ധിച്ചേടത്തോളം 197 പ്രോട്ടോണുകളും 118 ഇലക്ട്രോണുകളും—അടക്കിവെച്ചിരിക്കുന്നത്. അതിൽനിന്നു തന്നെ ആ കണങ്ങൾ എത്രമാത്രം ചെറിയവയാണെന്ന് ഊഹിക്കാമല്ലോ.

മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെല്ലാം മൂലകന്ദത്തിനെ പ്രദക്ഷിണംവെച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതായി റൂതർഫോർഡ് വിഭാവനംചെയ്തു. പക്ഷേ അങ്ങിനെ ചെയ്യുന്നതിന്ന് ഒരു കാരണവും അദ്ദേഹത്തിന്നു പറയാനുണ്ടായിരുന്നില്ല. നാഗയോക്ക (Nagaoka) എന്നൊരു ശാസ്ത്രജ്ഞൻ നിർദ്ദേശിച്ചപോലെ പരമാണുവിന്നു നവഗ്രഹങ്ങളോടുകൂടിയ സൌരമണ്ഡലത്തിന്റെ ഛായ റൂതർഫോർഡ് നല്കിയെന്നേയുള്ളു.

റൂതർഫോർഡ് പരമാണു

1911-ൽ റുതർഫോർഡ് വരച്ച പരമാണുചിത്രം മുഴുവനാകുവാൻ രണ്ടു കൊല്ലങ്ങൾ കഴിയേണ്ടിവന്നു. 1913-ലാണ് നീൽസ്ബോർ(NielsBohr)എന്ന ഡെൻമാൎക്കകാരനായ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ചില പുതിയ നിൎദ്ദേശങ്ങളുമായിപുറത്തു വന്നത്. അ

ബോറിൻെറ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ

ദ്ദേഹം പരമാണുവിലെ മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെല്ലാം ഓരോ നിശ്ചിതവ്യൂഹങ്ങളിൽക്കൂടി മൂലകന്ദത്തിനെ വലംവെച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്നും, ഓരോ വ്യൂഹത്തിലും അവയ്ക്ക് ഓരോവേഗതയാണെന്നും, ഒരു ഇലക്ട്രോൺ അതിന്നു നിശ്ചയിച്ചിരിക്കുന്ന വ്യൂഹത്തിൽക്കൂടി മാത്രം സഞ്ചരിക്കുന്നിടത്തോളംകാലം ഒരു വികിരണവുമുണ്ടാവില്ലെന്നും അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഈ അടിസ്ഥാനത്തിന്മേൽ അദ്ദേഹം വൎണ്ണവിരാജികകളെ വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നതിന്നു മുതി

വൎണ്ണവിരാജികകളുടെ ഉല്പത്തി

ൎന്നു. ഒരു പരമാണുവിലെ മൂലകന്ദത്തിന്നു ചുററും സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ബാഹ്യമായ പ്രചോദനത്തിൻെറ ഫലമായി (Excited) മൂലകന്ദത്തിൽനിന്നു കുറേക്കൂടി അകന്ന ഒരു വ്യൂഹത്തിലേയ്ക്കു മാറി അതിൽ കുറഞ്ഞ വേഗതയോടെ സഞ്ചരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ആ ബാഹ്യപ്രചോദനം നീങ്ങുമ്പോൾ ആ ഇലക്ട്രോൺ സ്വസ്ഥാനത്തേയ്ക്കുതന്നെ തിരിച്ചുചെല്ലുന്നു. ആ യാത്ര കുറേശ്ശ കുറേശ്ശയായിട്ടല്ല; ഒരു എടുത്തുചാട്ടമാണ്. ആ എടുത്തുചാട്ടത്തിൽ അതിൻെറ പക്കൽ അധികമുണ്ടായിരുന്ന സത്വവിശേഷം പ്രകാശതരംഗങ്ങളായി ബഹിൎഗ്ഗമിക്കുന്നു.

എടുത്തു ചാടുന്ന ദൂരം അധികരിക്കുംതോറും, അതായത്റ്റ് ആദ്യത്തേയും ഒടുവിലത്തേയും സത്വപവിശേഷങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അന്തരം വദ്ധിക്കുംതോറും, വിമുക്തമാകുന്ന പ്രകാശതരംഗങ്ങളുടെ ദൈർഘ്യം കുറയുന്നു. ഒരു പരമാണുവിൽ നിന്ന് എല്ലാ വണ്ണങ്ങളിലുമുള്ള പ്രകാശവിക്ഷേപമുണ്ടാകുന്നില്ല. ചില നിശ്ചിതവണ്ണങ്ങൾ മാത്രമേ ഉണ്ടാകുന്നുള്ളു. അതിന്നു കാരണം, അതിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ഇഷ്ടമുള്ളിടത്തേയ്ക്കു ചാടുവാനുള്ള സ്വാതന്ത്ര്യമില്ല എന്നതാണ്. ഒരു ഭ്രമണചക്രത്തിൽനിന്നു മറെറാരു ഭ്രമണചക്രത്തിലേയ്ക്കു മാത്രമേ ചാടിക്കൂടു. സൂര്യനെ പ്രദക്ഷിണംവെയ്ക്കുന്ന ഭൂമി സൂര്യനിൽനിന്നു കുറേക്കൂടി അകലേയ്ക്കു നീങ്ങുകയാണെങ്കിൽ അതിന്നു ചൊവ്വയുടേയോ അല്ലെങ്കിൽ മററു വല്ല ഗ്രഹങ്ങളുടേയുമോ സ്ഥാനത്തല്ലാതെ ഇരിപ്പുറയ്ക്കുകയില്ല എന്നു പറയുന്നതുപോലെയാണ് ഇത്. ഏതായാലും പരമാണുക്കളിൽനിന്നു വെളിച്ചമുണ്ടാകുന്നത് അതിന്നകത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഇപ്രകാരമുള്ള കളികൊണ്ടാണ്.

ഈ അഭ്യൂഹത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ബോർ ഓരോ ധാതുവിൽനിന്നും ഉണ്ടാകാവുന്ന പ്രകാശതരംഗങ്ങളുടെ ദൈർഘ്യത്തെ ഗണിച്ചുണ്ടാക്കി. ആ മൂല്യങ്ങൾ സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണഫലങ്ങളുമായി അത്ഭുതാവഹമായവിധം ഒത്തിരുന്നു. ബോറിൻെറ അനുമാനങ്ങളുടെ സാധുത അങ്ങിനെ തൃപ്തികരമാംവിധം തെളിഞ്ഞു.

ഈ വസ്തുതകളെ ആസ്പദമാക്കി നമുക്ക് ഓരോ ധാതുവിൻെറ പരമാണുവിനേയും ചിത്രീകരിക്കാം. ഏററവും സരളമായ ഘടന ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിൻേറതാണ്. അതിൽ മൂലകന്ദമായ ഒരു പ്രോട്ടോണിന്നു ചുററും ഒരു ഇലക്ട്രോൺ സഞ്ചരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. രണ്ടാമത്തെ ധാതുവായ ഹീലിയത്തിൻെറ പരമാണുവിൽ നാലു പ്രോട്ടോണുകളും നാലു് ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ടായിരിക്കണം. പക്ഷേ ഇലക്ട്രോണുകൾ നാലും സ്വതന്ത്രങ്ങളല്ല. രണ്ടെണ്ണം പ്രോട്ടോണുകളോടു ബന്ധപ്പെട്ടു മൂലകന്ദത്തിൽ കിടക്കുന്നു. അവശേഷിച്ച രണ്ടു് ഇലക്ട്രോണുകൾക്കു മാത്രമേ സഞ്ചാരസ്വാതന്ത്ര്യമുള്ളു. ഇങ്ങിനെ ഓരോ ധാതുവിൻേറയും പരമാണുഘടന നമുക്ക് എളുപ്പത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാം. ഭാരിച്ച ധാതുക്കളിലെത്തുമ്പോൾ പരമാണുവിൽ ആകെ ഉള്ളതിൻെറ പകുതിയിലധികവും ഇലക്ട്രോണുകൾ പ്രോട്ടോണുകളോടു ബന്ധപ്പെട്ടു മൂലകന്ദത്തിന്നകത്തു സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഉദാഹരണമായി, ഇരുമ്പിൻെറ മൂലകന്ദത്തിൽ 56 പ്രോട്ടോണുകളും 30 ഇലക്ട്രോണുകളുമാണ്. അതിന്നു പുറമേ 26 ഇലക്ട്രോണുകളേ ഉള്ളു. ഈയ്യപരമാണുവിൽ മൂലകന്ദത്തിൽ 208 പ്രോട്ടോണുകളും 126 ഇലക്ട്രോണുകളും അതിന്നുപുറത്തു 82 ഇലക്ട്രോണുകളും ആയിരിക്കണം. ഇതരധാതുക്കളുടെ പരമാണുരൂപം അനുബന്ധത്തിൽ ചേർത്തിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽനിന്നു ഗ്രഹിക്കാം.

മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തു് ഒന്നു്, രണ്ടു്, മൂന്നു് എന്നിങ്ങിനെ ഇലക്ട്രോണുകളുണ്ടെന്നും, പരമാണുവിൽ ആകെയുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തോടൊപ്പം മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തുള്ളവയുടെ എണ്ണവും വർദ്ധിക്കുമെന്നും നാം കണ്ടുവല്ലോ. ഒരു പരമാണുവിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ആകത്തുക പരമാണുഭാരത്തിനോടു തുല്യമാണു്. അതുകൊണ്ടു ധാതുക്കൾക്കു് അവയുടെ പരമാണുഭാരമനുസരിച്ച ക്രമത്തിൽ ഒന്നു്, രണ്ടു്, മൂന്നു് എന്നിങ്ങിനെ നമ്പറിടുന്നപക്ഷം ഓരോ നമ്പറും അതു പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന ധാതുവിന്റെ പരമാണുവിന്റെ മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ സംഖ്യയെ കുറിക്കണം. ഈ സംഖ്യ, അല്ലെങ്കിൽ ആ നമ്പർ, തന്നെയാണു് പരമാണുസംഖ്യ.

പരമാണുസംഖ്യ

ധാതുക്കളുടെ രസതന്ത്രപരങ്ങളായ ധർമ്മങ്ങളും, മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണവും (പരമാണുസംഖ്യ) തമ്മിൽ അത്ഭുതകരമാംവണ്ണം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഫ്ളോറിൻ, ക്ലോറിൻ, ബ്രോമിൻ, അയോഡിൻ എന്നീ ധാതുക്കൾ സദൃശധർമ്മങ്ങളെ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നവയാണു്. അവയുടെ പരമാണുസംഖ്യകൾ യഥാക്രമം 9, 17, 35, 53-ഉം ആകുന്നു. രാത്രികാലങ്ങളിൽ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന വിവിധവർണ്ണോജ്ജ്വലങ്ങളായ പരസ്യങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്നതിന്നു ധാരാളമായി ഉപയുക്തമായി വരുന്ന നിയോൺ, ആർഗൺ, ക്രിപ്റ്ററൻ, ക്സി

പരമാണുപ്രവർത്തനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനം

നൻ എന്നീ വാതകധാതുക്കൾ ഒരേ കുടുംബക്കാരാണ്— യാതൊരു ധർമ്മങ്ങളും ഇല്ലാത്ത ഒരു കൂട്ടം മടിയന്മാർ. അവയുടെ പരമാണുസംഖ്യകളാകട്ടെ യഥാക്രമം 10, 18, 36, 54-ഉം ആണ്. യഥാക്രമം 11, 19, 37, 55 എന്നീ പരമാണുസംഖ്യകളുള്ള സോഡിയം, പൊട്ടാസിയം, റുബിഡിയം, സീസിയം എന്നീ ലോഹങ്ങളും ഒരേ കൂട്ടത്തിൽപ്പെട്ടതാവുന്നവയാണ്. ഈ മൂന്നു കുടുംബങ്ങളിലും ഒന്നും രണ്ടും, രണ്ടും മൂന്നും, മൂന്നും നാലും അംഗങ്ങളുടെ പരമാണുസംഖ്യകൾ തമ്മിലുള്ള അന്തരം ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കുന്നു.

ഈ പ്രത്യേകതകൾക്ക് ഒരു കാരണം കണ്ടുപിടിച്ചത് ജെ. ജെ. തോംസനാണ്. പരമാണുവിൻെറ മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ പല വ്യൂഹങ്ങളായിട്ടാണല്ലോ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ആദ്യത്തെ വ്യൂഹത്തിൽ രണ്ടും, രണ്ടാമത്തേതിലും, മൂന്നാമത്തേതിലും എട്ടു വീതവും, നാലാമത്തേതിലും, അഞ്ചാമത്തേതിലും പതിനെട്ടു വീതവും, ആറാമത്തേതിൽ മുപ്പത്തിരണ്ടും ഇലക്ട്രോണുകൾക്കേ സ്ഥാനമുള്ളൂ. അങ്ങിനെ നോക്കുമ്പോൾ മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തു രണ്ടും, പത്തും, പതിനെട്ടും, മുപ്പത്താറും, അയ്മ്പത്തിനാലും, എൺപത്താറും ഇലക്ട്രോണുകളുള്ള ധാതുക്കളുടെ 'ഗൃഹനില' ഉറച്ചതായിരിക്കണം. അവ ഉള്ളതുകൊണ്ടു തൃപ്തിപ്പെട്ട്, വയറു നിറഞ്ഞ്, മൂലകന്ദത്തിന്നു ചുററും ഉറച്ചുനില്ക്കുന്നു. പുറമേനിന്ന് ഇലക്ട്രോണുകളെ ക്ഷണിച്ചു വരുത്തുവാനോ, തമ്മിൽത്തല്ലി തങ്ങളിൽ ചിലരെ പുറത്താക്കുവാ

നോ അവർ ഒരുമ്പെടുന്നില്ല. അതാണ് അവരുടെ, മുമ്പു പറഞ്ഞ മടിയന്മാരുടെ, അലസതയ്ക്കും, ഐകരൂപ്യത്തിന്നും ഉള്ള നിദാനം. നേരേമറിച്ച് പരമാണുസംഖ്യ 10, 18, 36, 54 എന്നീ സംഖ്യകളിൽനിന്ന് ഓരോന്നു കുറഞ്ഞുവെന്നിരിക്കട്ടെ. അപ്പോൾ അത്തരം പരമാണുക്കൾ എവിടെനിന്നെങ്കിലും ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ പിടികൂടി ആ കുറവു നികത്തി തങ്ങളുടെ ഗ്രഹനില ഉറപ്പിക്കുന്നതിന്നു വെമ്പുന്നു. ഫ്ളോറിൻപ്രഭൃതികളുടെ പ്രവർത്തനോത്സുകതയുടേയും സദൃശധർമ്മപ്രകാശനത്തിന്റേയും ഉത്തരവാദിത്വം ആ വെമ്പലിന്നാണ്. സോഡിയത്തിന്റേയും കൂട്ടരുടേയും കയ്യിൽ ഗ്രഹനില ഉറപ്പിക്കുവാൻ ആവശ്യമായതിലുമധികമായി ഓരോ ഇലക്ട്രോണുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് അവ ആ 'അധിക'ക്കാരനെ മററു വല്ലവർക്കും വിട്ടുകൊടുക്കുവാൻ ഉത്സാഹിക്കുന്നു. ഇങ്ങിനെ എല്ലാ ധാതുക്കളുടേയും പ്രവർത്തനങ്ങളെ വ്യാഖ്യാനിക്കാവുന്നതാണ്.

മുമ്പു വിവരിച്ചതുപോലെ സോഡിയത്തിന്ന് ഒരു ഇലക്ട്രോൺ അധികവും ക്ലോറിന്ന് ഒരു ഇലക്ട്രോൺ കുറവും ആണ്. അതിനാൽ അവർ പരസ്പരം സംയോജിച്ച് ഒരു സംയുക്തകമായിത്തീരുന്നു. (ഉപ്പ്) ഹൈഡ്രജന്റെ പക്കൽ ഒരു ഇലക്ട്രോണും ഓക്സിജന്റെ പക്കൽ ആറ് ഇലക്ട്രോണുകളും അധികപ്പടി ഉണ്ട്. രണ്ടും ചേന്നാൽ ഏഴേ ആയുള്ളു. ഗ്രഹനില ഉറപ്പിക്കുവാൻ എട്ടെണ്ണം വേണം. അതിന്ന് ഒരു ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിനെക്കൂടി ചേത്താൽ മതി. അങ്ങിനെ രണ്ടു

ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുക്കളും ഒരു ഓക്സിജൻ പരമാണുവുംകൂടി ചേൎന്നു വെള്ളമായി മാറുന്നു. ഇങ്ങിനെ ഇലക്ട്രോണുകളെ ആവശ്യംപോലെ കൈമാററം ചെയ്തിട്ടാണ് ധാതുക്കൾ സംയുക്തകങ്ങളായി രൂപാന്തരപ്പെടുന്നത്.

ഇങ്ങിനെ റൂതർഫോർഡ്, ബോർ എന്നീ മഹാരഥന്മാരുടെ പ്രതിഭാസന്താനമായ പരമാണുരൂപം വൎണ്ണവിരാജികകളുടേയും ആവൎത്തകസാരിണിയുടേയും പ്രത്യേകതകളെ നിഷ്പ്രയാസം വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നു.

ഹാഫ്നിയത്തിൻെറ ആവിർഭാവം

അതിന്നു പറയത്തക്ക മറെറാരു വിജയംകൂടി ലഭിച്ചിട്ടുണ്ട്. ബോറിൻെറ സിദ്ധാന്തം പുറത്തു വന്ന കാലത്ത് ആവൎത്തകസാരിണിയിലെ 72-ാമത്തെ സ്ഥാനം ഒഴിഞ്ഞു കിടക്കുകയായിരുന്നു. തൻെറ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ആ സ്ഥാനത്ത് ഇന്നിന്ന ധൎമ്മങ്ങളോടുകൂടിയ ഒരു ലോഹമായിരിക്കണം എന്നു ബോർ ദീൎഘദൎശനം ചെയ്തു. 1922-ൽ ഹെവിസി, കോസ്റ്റർ എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ (Hevesey & Coster) ഒരു നൂതനധാതുവിനെ കണ്ടുപിടിച്ചു. അതു സൎവ്വഥാ ബോർ വിവരിച്ചതുപോലെത്തന്നെയുള്ളതായിരുന്നു. ബോറിൻെറ മാതൃഭൂവായ ഡെൻമാർക്കിൻെറ തലസ്ഥാനനഗരിയായ കോപ്പൻഹേഗൻെറ പേരിനെ അവലംബിച്ച് ആ നൂതനധാതുവിന്നു 'ഹാഫ്നിയം' എന്നു പേർ നല്കപ്പെട്ടു.

ഹീലിയത്തിൻെറ ഒരു പരമാണുവിനെ സൌരയൂഥത്തോളം വലുതാക്കുക. അപ്പോൾ സൂൎയ്യൻെറ സ്ഥാ

നത്തെ ആ പരമാണുവിൻെറ മൂലകന്ദവും, വരുണാദിവിജന്മാരുടെ (Neptune and Uranus) സ്ഥാനങ്ങളെ അതിലെ രണ്ടു് ഇലക്ട്രോണുകളും അലങ്കരിക്കും. ഒന്നിനെ അപേക്ഷിച്ച മററുള്ളവയുടെ വലുപ്പവും, കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നു് ഓരോന്നിലേയ്ക്കുമുള്ള ദൂരവും, ഒരു പ്രദക്ഷിണത്തിന്നെടുക്കുന്ന സമയവും എല്ലാം ശരിയായിരിക്കും. വെറുതെയല്ല മെൻഡലീഫ് എന്ന റഷ്യൻ രസതന്ത്രജ്ഞൻ പ്രസ്താവിച്ചതു്, നമുക്കു ദൃശ്യമായതും സദാ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ലക്ഷോപലക്ഷം സൂര്യന്മാരോടുകൂടിയതും ആയ താരകപ്രപഞ്ചം (Stellar Universe) പരമാണുപ്രപഞ്ചത്തിൻെറ (Atomic Universe) വലിയ തോതിലുള്ള ഒരു മാതൃകയാണെന്നു്.

ഇത്രയും വിവരിച്ചതിൽനിന്നു പരമാണുവിന്നകത്തു വൈദ്യുതാരോപത്തോടുകൂടിയ കുറെ കണങ്ങളും, കുറെ ഒഴിഞ്ഞ സ്ഥലവും മാത്രമേ ഉള്ളു എന്നു മനസ്സിലായിരിക്കുമല്ലോ. മനുഷ്യശരീരത്തിലെ പരമാണുക്കളിലെ കണങ്ങളെല്ലാം ഇടതൂന്നു് ഒന്നിച്ചു ചേരുകയാണെങ്കിൽ, മനുഷ്യൻ ഒരു പൂർണ്ണവിരാമചിഹ്നത്തോളം മാത്രമേ ഉണ്ടായിരിക്കയുള്ളു. എന്നാൽ എന്തുകൊണ്ടു് അവ അങ്ങിനെ ചെയ്യുന്നില്ല എന്നു ചോദിക്കയാണെങ്കിൽ നവഗ്രഹങ്ങളെല്ലാം സൂര്യനെ പ്രദക്ഷിണം ചെയ്തുകൊണ്ടു വിട്ടു വിട്ടു നില്ക്കുന്നതിന്നു പകരം എന്തുകൊണ്ടു് ഒന്നിച്ചു ചേരുന്നില്ല എന്നു മറെറാരു ചോദ്യംകൊണ്ടു് ഉത്തരം നല്കാം. ഇതിന്നെല്ലാം കാരണം പ്രസ്തുതവസ്തുക്കളുടെ ചലനമാണു്. നവഗ്രഹങ്ങളെല്ലാം വലിയ വേഗതയോ

ടെ സൂൎയ്യന്നു ചുററും സഞ്ചരിക്കുന്നതുകൊണ്ടു സൂൎയ്യനിൽ പതിക്കുന്നില്ല. ഭൌതികശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ പരമാണുരൂപത്തിന്റേയും അടിസ്ഥാനം അതുതന്നെ. ഇലക്ട്രോണുകളെല്ലാം വലിയ വലിയ വേഗതകളോടുകൂടി മൂലകന്ദത്തിനെ വലംവെയ്ക്കുന്നു. എന്നുതന്നെയല്ല അവ തിരിയുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ടു്. അതുകൊണ്ടു പരമാണു പരന്ന ഒരു തട്ടിനെയല്ല ഉരുണ്ട ഒരു പന്തിനെയാണു് നമ്മെ അനുസ്മരിപ്പിക്കുന്നതു്. ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിലുള്ള ഇലക്ട്രോൺ അതിന്റെ മൂലകന്ദത്തിനെ സെക്കണ്ടിൽ 6600×10^{12} പ്രാവശ്യം പ്രദക്ഷിണം വെയ്ക്കുന്നു. തത്തുല്യമായ വേഗത സെക്കണ്ടിൽ 1800 നാഴികയാണു്.

ചില ഭാവനകൾ

ഭൂമി സൂൎയ്യനെ ഒരിക്കൽ ചുററുവാൻ എടുക്കുന്ന സമയത്തെ നാം ഒരു വൎഷമായി ഗണിക്കുന്നു. അതുപോലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ മൂലകന്ദത്തിനെ ഒരിക്കൽ ചുററുവാൻ എടുക്കുന്ന സമയം ഒരു 'പരമാണുവൎഷ'മാണെന്നു കരുതുക. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ വേഗാധിക്യം നിമിത്തം പരമാണുവൎഷം സൌരവൎഷത്തെ അപേക്ഷിച്ചു തുലോം നിസ്സാരമായിരിക്കും. നമ്മുടെ ഒരു ഞൊടിയിടയ്ക്കുള്ളിൽ ലക്ഷക്കണക്കിന്നു പരമാണുവൎഷങ്ങൾ കഴിയും. ആ പരമാണുലോകത്തിൽ നമ്മെപ്പോലെ വല്ല ജീവികളും നിവസിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിൽ—അവർ അതിസൂക്ഷ്മശരീരികളായിരിക്കണമെന്നതിന്നു സംശയമില്ല—അവരുടെ സമയത്തിന്റെ കണക്കു നമ്മളുടേതിൽനിന്നും വളരെ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഭൂലോകത്തിലെ 'ക്ലോക്കി'ന്റെ ഒരു

'ടിക്കി'നുള്ളിൽ അവിടെ തലമുറകളെന്നല്ല സാമ്രാജ്യ ങ്ങൾതന്നെ ഉദിക്കുകയും അസ്തമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ടാവും. നാം പരമാണുവിനെ വീക്ഷിക്കുന്നതുപോലെ മനുഷ്യലോകത്തെ വീക്ഷിക്കുന്ന അതിമാനുഷർ അഥവാ ദേവന്മാർ ഉണ്ടെങ്കിൽ—അതു തികച്ചും സംഭാവ്യമാണ്—ശ്രീമഹാഭാഗവതത്തിലെ,

"സംഖ്യകൾ ചൊന്ന യുഗവത്സരംപോലെ
സംഖ്യയാകും യുഗം നാലു കഴിയുമ്പോൾ
ചൊൽവൂ ചതുര്യുഗമായതോരായിര-
മാകുന്നനേരത്തു ബ്രഹ്മന്നൊരു പകൽ

* * * *

ബ്രഹ്മന്നൊരുപകൽ മാനവകല്പമാം
അപ്പകൽകാലത്തിലിന്ദ്രൻ പതിന്നാലാം
അത്ര മനുക്കളും വാണു മുടിഞ്ഞുപോം"

(ദ്വാദശസ്കന്ധം നാലാം അദ്ധ്യായം) എന്നീ വരികൾ വാസ്തവമായേയ്ക്കാൻ വഴിയുണ്ട്.

കുറിപ്പ്

ശാസ്ത്രലോകം പരക്കെ സ്വീകരിച്ചിട്ടുള്ള റൂതർഫോർഡ്-ബോർ പരമാണുരൂപത്തെയാണ് ഇവിടെ വിവരിച്ചിട്ടുള്ളത്. അതിൽ പ്രോട്ടോണുകൾക്കു ചുററും ഇലക്ട്രോണുകൾ തിരിഞ്ഞുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതായി ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. നേരേമറിച്ച് ഇലക്ട്രോണുകളെയെല്ലാം മൂലകന്ദത്തിലിരുത്തി പ്രോട്ടോണുകൾ അവയ്ക്കു ചുററും തിരിയുന്ന ഒരു 'പരമാണു' ഉണ്ടായിക്കൂടേ? അതു

സംഭാവ്യമാണ്. പരമാണുവിനെ അങ്ങിനെ ചിത്രീകരിച്ച്, അവയുടെ ധമ്മങ്ങളെയെല്ലാം വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നതിന്നു ജോൺ ട്ര്യൂട്ടിൻ എന്നൊരു ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഒരുമ്പെട്ടുകയുണ്ടായിട്ടുണ്ട്. പക്ഷേ അയാളുടെ ഉദ്യമത്തിന്നു റുതർഫോർഡ്-ബോർ പരമാണുവിനെ മറിച്ചിടുന്നതിന്നുള്ള ശക്തിയുണ്ടായില്ല.

ഭൂരിപക്ഷം അംഗീകരിച്ചതുകൊണ്ടുമാത്രം ഒരു ശാസ്ത്രം യഥാൎത്ഥമായിക്കൊള്ളണമെന്നില്ലല്ലോ. ശാസ്ത്രലോകത്തിൽ ലബ്ധപ്രതിഷ്ഠങ്ങളായ പലേ തത്വങ്ങളേയും, തെററാണെന്നു തെളിയുകയാൽ പിന്നീടു തള്ളേണ്ടിവന്നിട്ടുണ്ടല്ലോ. അങ്ങിനെ ഒരു 'വിധി' റുതർഫോർഡ്-ബോർ പരമാണുവിന്നും വരാൻ വിരോധമില്ല.

വ്യ. ഐസോടോപ്പുകളും ഐസോബാറുകളും

റൂതർഫോർഡ് - ബോർ പരമാണു പ്രോട്ടോണുകളെ കൊണ്ടും ഇലക്ട്രോണുകളെക്കൊണ്ടും നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഭാരം അഗണ്യമായതിനാൽ,

ഒരു വിഷമ പ്രശ്നം

പരമാണുഭാരം എപ്പോഴും അതിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. അതായതു പരമാണുഭാരം പ്രോട്ടോൺ ഭാരത്തിന്റെ ഇത്ര മടങ്ങ് എന്നു പറയുവാൻ കഴിയും. പ്രോട്ടോണിനെ മുറിച്ചുവെയ്ക്കുവാൻ സാദ്ധ്യമല്ലാത്തതുകൊണ്ട് ഇതു് എപ്പോഴും ഒരു മുഴുവൻ സംഖ്യയാകണം. ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിനെ അപേക്ഷിച്ച് ഓരോ പരമാണുവിൻേറയും ഭാരം ഇത്രയാണെന്നു കഴിഞ്ഞ നൂറുകൊല്ലത്തെ പ്രയത്നഫലമായി രസതന്ത്രജ്ഞന്മാർ മനസ്സിലാക്കിവെച്ചിട്ടുണ്ട്. മിക്ക പരമാണുക്കളുടേയും കാര്യത്തിൽ അതൊരു അഭിന്നസംഖ്യയാണെന്താനും. ഉദാഹരണമായി, കരിയുടെ പരമാണുവിന്നു് ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിന്റെ പന്ത്രണ്ടിരട്ടി ഭാരമുണ്ട്. വെള്ളിയുടെ പരമാണുവിന്നു നൂറെറട്ടു മടങ്ങും. ക്ലോറിൻ പരമാണുവിന്നു ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിന്റെ മുപ്പത്തഞ്ചര മടങ്ങാണു് ഭാരം. പ്രോട്ടോണിനെ മുറിക്കാതെ ഇതെങ്ങിനെ സാദ്ധ്യമാകുന്നു? ഈ പ്രതിബന്ധത്തെ എങ്ങിനെ തരണം ചെയ്യേണ്ടു എന്ന പ്രശ്നം ശാസ്ത്രലോകത്തെ വളരെ കുഴക്കി.

ഒരു ധാതുവിൻെറ എല്ലാ പരമാണുക്കളും ഒരുപോലെത്തന്നെയുള്ളതാണെന്നു ഡാൾട്ടൻ പറയുന്നു. അതു ശരിയാണോ എന്നന്വേഷിക്കയായിരുന്നു ആദ്യമായി കർത്തവ്യം. ഒരു ധാതുവിൻെറതന്നെ വിവിധപരമാണുക്കളുടെ ഭാരം നിർണ്ണയിക്കുക, ഒരേ ധാതുവിന്നുതന്നെ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ പരമാണുഭാരങ്ങളോടുകൂടിയ പരമാണുക്കൾ ഉണ്ടോ എന്നു രസതന്ത്രപരമായി നോക്കുക — ഇങ്ങിനെ രണ്ടുമാർഗ്ഗങ്ങൾ സ്വീകാര്യങ്ങളായിരുന്നു. ഈ നൂററാണ്ടിൻെറ ആരംഭത്തിൽ രണ്ടു വഴിക്കും ഗവേഷകന്മാർ പുറപ്പെട്ടു. രണ്ടാമത്തെ വഴിക്കു പുറപ്പെട്ടവരാണു് ആദ്യമായി വിജയത്തിലെത്തിയതു്. അതുകൊണ്ടു് ആദ്യമായി അതിനെക്കുറിച്ചു പ്രസ്താവിക്കാം.

സോഡിയുടെ ഐസോടോപ്പുകൾ

സാരകധാതുക്കളുടെ അസാധാരണങ്ങളായ പ്രവർത്തനങ്ങളാണു് അതിന്നു സഹായിച്ചതു്. 1906-ൽ ബോൾട്ട്വുഡ് (Boltwood) താൻ പുതുതായി കണ്ടുപിടിച്ച അയോണിയം എന്ന ധാതു എല്ലാംകൊണ്ടും തോറിയത്തെപ്പോലെത്തന്നെ ഇരിക്കുന്നതിനാൽ, ആ രണ്ടു ധാതുക്കളും തമ്മിൽ കലർന്നാൽ ഒന്നിൽനിന്നും മററതിനെ വേർതിരിച്ചെടുക്കുക സാദ്ധ്യമല്ലെന്നു കണ്ടു. ഇതുപോലത്തെ സാദൃശ്യം ആ വംശപരമ്പരകളിലെ മററു ചില ധാതുക്കളും പ്രത്യക്ഷപ്പെടുത്തി. ഈ പ്രതിഭാസം, രസതന്ത്രപരമായ ഐകരൂപ്യം ഒരു ധാതു വ്യത്യസ്തഭാരങ്ങളോടുകൂടിയ പരമാണുക്കളുടെ സങ്കലനമല്ലെന്നു പറയുന്നതിന്നു വക തരുന്നില്ലെന്നും, പരമാണുഭാരം

ഒരു ശരാശരി പരമാണുഭാരം മാത്രം ആയിക്കൂടെന്നില്ലെന്നും പ്രസ്താവിക്കുന്നതിന്നു സോഡിയെ പ്രേരിപ്പിച്ചു. രസതന്ത്രപരമായി ഒന്നാണെന്നു തോന്നുന്നതും എന്നാൽ വ്യത്യസ്തപരമാണുഭാരങ്ങളുള്ളവയുമായ ധാതുക്കൾക്ക് അദ്ദേഹം 1910-ൽ 'ഐസോടോപ്പുകൾ' എന്നു പേരിട്ടു.

ഡാൾട്ടൻെറ സിദ്ധാന്തത്തെ ഈ നൂതനസിദ്ധാന്തം കീഴ്മേൽ മറിച്ചിട്ടു എന്നു പറയേണ്ടതില്ലല്ലോ. ശാസ്ത്രലോകത്തിൽ അതിന്നു പ്രബലമായ എതിർപ്പുണ്ടായി.

സാരകധാതുക്കളിൽനിന്നുള്ള തെളിവ്

വ്യത്യസ്തഭാരങ്ങളുള്ള പരമാണുക്കളിൽനിന്ന് ഒരേ തരത്തിലുള്ള വർണ്ണവിരാജികകൾ ഉണ്ടാകുന്നു എന്നുള്ളതു യാഥാസ്ഥിതികന്മാരായ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ഊഹിക്കുന്നതിന്നുപോലും കഴിഞ്ഞില്ല. പക്ഷേ, ഭാഗ്യവശാൽ, വിപ്ലവകരമായ ഈ നവീനസിദ്ധാന്തത്തിൻെറ സാധുതയെ തെളിയിക്കുവാൻ ഒരു ധാതു മുന്നോട്ടുവന്നു. ആ ധാതു ഈയ്യമായിരുന്നു. തോറിയത്തിൻേറയും റേഡിയത്തിൻേറയും വംശങ്ങളിലെ അവസാനതലമുറക്കാരനായ ഈയ്യവും സാധാരണ ഈയ്യവും എല്ലാം രസതന്ത്രപരമായി ഈയ്യംതന്നെയാണെങ്കിലും വ്യത്യസ്തങ്ങളായ പരമാണുഭാരങ്ങളോടുകൂടിയതാണെന്ന വസ്തുത റേഡിയത്തെക്കുറിച്ചുള്ള അദ്ധ്യായത്തിൽ പ്രസ്താവിച്ചു കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഈ തെളിവു ലഭിച്ചതു 1914-ൽ മാത്രമാണ്.

ഇനി നമുക്ക് ഇതരമാർഗ്ഗത്തിൽക്കൂടി—പരമാണുക്കളെ ഓരോന്നായി തൂക്കിനോക്കുക — ഈ പ്രശ്നത്തെ അ

ഭിമുഖീകരിക്കാം. ഒരു പരമാണുവിനെ തൂക്കണമെങ്കിൽ, അതിന്നൊരു വൈദ്യുതാരോപം നല്കണം.

ധനരശ്മികൾ

ഒരു നളികത്തിന്നകത്തു വളരെ കുറഞ്ഞ വ്യാമർദ്ദത്തോടെ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന വാതകത്തിൽക്കൂടി വിദ്യുത്പ്രവാഹമുണ്ടാക്കിയാൽ ഇതു സാധിക്കും. ആ നളികത്തിന്നകത്തു ഋണധ്രുവത്തിന്നു സമീപത്തായി ശക്തിപ്രകർഷം നിമിത്തം പരമാണുക്കൾ പൊട്ടിത്തെറിക്കുന്നു. അപ്പോൾ ഋണപരമായ ആരോപത്തോടുകൂടിയ കണങ്ങൾ, വികർഷണം ഹേതുവായി ഋണധ്രുവത്തെവിട്ടു് ഓടിപ്പോകുന്നു. അവയാണു് ഋണധ്രുവരശ്മികൾ. അവ എപ്പോഴും ഇലക്ട്രോണുകൾതന്നെയായിരിക്കും. ധനപരമായ ആരോപത്തോടുകൂടിയവ, നേരെമറിച്ചു്, ഋണധ്രുവത്തിന്മേലേയ്ക്കു് ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. ആ കണങ്ങൾ ഒന്നോ അതിലധികമോ ഇലക്ട്രോണുകളെ വിമോചിപ്പിച്ച പരമാണുക്കളാണു്. പ്രസ്തുതപരമാണുക്കൾ ആ കുഴലിന്നകത്തുള്ള വാതകത്തിന്റെ പരമാണുക്കൾ തന്നെയായിരിക്കും. ആകർഷണത്തിന്റെ ആധിക്യം നിമിത്തം അവ ഋണധ്രുവത്തിലേയ്ക്കു പാഞ്ഞുകയറുന്നു. ഋണധ്രുവത്തിന്മേൽ ചെറിയ സുഷിരങ്ങളുള്ളപക്ഷം അവ അവയിൽക്കൂടി ഋണധ്രുവത്തിന്നപ്പുറത്തേയ്ക്കു കടന്നു് അവിടെയുള്ള വാതകത്തെ ജാജ്ജ്വല്യമാനമാക്കുന്നു. 1886-ൽ 'ഗോൾഡ്സ്റ്റീൻ' എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഈ ശോഭയിൽക്കൂടി അവയെ കണ്ടുപിടിച്ചു. അദ്ദേഹം അവയ്ക്കു 'നളികരശ്മികൾ' എന്നു നാമകരണംചെയ്തു. ഇരുപതു കൊല്ലങ്ങൾക്കു ശേഷമാണു് ജെ. ജെ. തോംസൻ അവയുടെ ശ

രിയായ സ്വഭാവം മനസ്സിലാക്കി അവയ്ക്കു ധനരശ്മികൾ (Positive Rays) എന്നു പേരിട്ടതു്.

തോംസൺ പരമാണുഭാരത്തെ അളക്കുന്നതിന്നു ധനരശ്മികളെ ഉപയോഗിക്കാമെന്നു മനസ്സിലാക്കി. ഋണധ്രുവത്തിൽക്കൂടി പുറത്തേയ്ക്കു കടക്കുന്ന ധനരശ്മികളെ

തോംസന്റെ പരീക്ഷണങ്ങൾ

കാന്തവൈദ്യുതമണ്ഡലങ്ങൾക്കു വിധേയമാക്കിയതിന്നുശേഷം ഒരു ഛായാഗ്രഹണഫലകത്തിന്മേൽ ചെന്നു തട്ടുന്നതിന്നു് അനുവദിക്കുന്നു. കാന്തശക്തിയുടേയും വൈദ്യുതശക്തിയുടേയും ഫലമായുണ്ടാകുന്ന വിചലനം ധനരശ്മികളിലുള്ള പരമാണുക്കളുടെ ഭാരത്തെ അനുസരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരേ പരമാണുഭാരത്തോടുകൂടിയ കണങ്ങളുള്ള ധനരശ്മികളെല്ലാം ഛായാഗ്രഹണഫലകത്തിന്മേൽ ഒരേ സ്ഥാനത്തുതന്നെ ചെന്നു മുട്ടുന്നു. വ്യത്യസ്തപരമാണുഭാരങ്ങളുള്ള കണങ്ങളാണെങ്കിൽ അവ പ്രസ്തുതഫലകത്തിൽ പല പല സ്ഥാനങ്ങളിലായി ചെന്നു പതിക്കുന്നു. വാതകങ്ങളേയും എളുപ്പത്തിൽ വാതകീഭവിക്കുന്ന ധാതുക്കളേയും നളികത്തിന്നകത്തു മുമ്പു പറഞ്ഞ വിധത്തിൽ കൊള്ളിക്കാം. അങ്ങിനെ അല്ലാത്ത ധാതുക്കളെ ശുദ്ധമായിട്ടോ, സംയുക്തകമായിട്ടോ ധനധ്രുവത്തിന്റെ സ്ഥാനത്തു വെയ്ക്കുന്നു. അപ്പോൾ അതാതു ധാതുക്കളിൽനിന്നുള്ള ധനരശ്മികൾ ഉത്ഭവിക്കും.

തോംസൻ ആദ്യം നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഡാൾട്ടന്റെ സിദ്ധാന്തത്തെ സാധൂകരിക്കുകയാണുണ്ടായതു്. ഹൈഡ്രജൻ ഒരു ധാതുവാണെന്നു തെളിഞ്ഞതു

തന്നെ ഈ വഴിക്കാണ്. ഹൈഡ്രജൻ, കാർബൻ, നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നീ ധാതുക്കളെല്ലാംതന്നെ ആ സിദ്ധാന്തത്തെ പിൻതാങ്ങി. പക്ഷേ, നിയോൺ എന്ന വാതകത്തിന്റെ കാര്യത്തിൽ 20, 22 എന്നീ പരമാണുഭാരങ്ങളുള്ള രണ്ടുതരം പരമാണുക്കളുണ്ടെന്നു പ്രത്യക്ഷമായി. തോംസന്റെ സഹപ്രവർത്തകനായിരുന്ന ഡാക്ടർ ആസ്റ്റൻ സോഡി പ്രവചിച്ച മാതിരിയിലുള്ള രണ്ട് ഐസോടോപ്പുകൾ നിയോണിനുണ്ടെന്നു പ്രഖ്യാപിച്ചു.

ഈ പരീക്ഷണഫലങ്ങൾകൊണ്ടു തൃപ്തിപ്പെടാതെ ഡാക്ടർ ആസ്റ്റൺ പരീക്ഷണോപകരണങ്ങളെ പല തരത്തിലും പരിഷ്ക്കരിച്ചു. തൽഫലമായി 130-ന്റെ ഒരംശംപോലും വ്യത്യാസമുള്ള പരമാണുഭാരങ്ങളെ തിരിച്ചറിയുന്നതിന്നും, അവയെ ആയിരത്തിന്റെ ഒരംശംപോലും തെററുവരാത്ത വിധത്തിൽ അളക്കുന്നതിന്നും അദ്ദേഹത്തിന്നു സാദ്ധ്യമായി. നൂതനസാമഗ്രികളുടെ സഹായത്താൽ ഇരുപതും ഇരുപത്തിരണ്ടും വീതം പരമാണുഭാരമുള്ള രണ്ട് ഐസോടോപ്പുകൾ ഒമ്പതിന്ന് ഒന്ന് എന്ന കണക്കിൽ സമ്മേളിച്ചിട്ടാണ് 20.2 പരമാണുഭാരമുള്ള നിയോൺ ഉണ്ടാകുന്നതെന്നു 1919-ൽ ആസ്റ്റന്നു ബോദ്ധ്യപ്പെട്ടു. അതുപോലെ ക്ലോറിൻ മുപ്പത്തഞ്ചും, മുപ്പത്തേഴും വീതം പരമാണുഭാരങ്ങളുള്ള രണ്ട് 'ഐസോടോപ്പ്'കളുടേയും, പരമാണുഭാരം കൃത്യമായി എൺപതായിരിക്കുന്നതുകൊണ്ട് ഐസോടോപ്പുകൾ ഉണ്ടാവാൻ അവകാശമില്ല എന്നു വിചാരിച്ചിരുന്ന ബ്രോമിൻ 79-ഉം

ആസ്റ്റന്റെ പരീക്ഷണ ഫലങ്ങൾ

81_ഉം വീതം പരമാണുഭാരമുള്ള രണ്ടു 'ഐസോടോപ്പു'കളുടേയും സങ്കലനമാണെന്നു തെളിഞ്ഞു. ചില ധാതുക്കൾക്കു വളരെ അധികം ഐസോടോപ്പുകളുള്ളതായി കണ്ടു. ക്രിപ്റ്റനു 78, 80, 82, 83, 84, 86 എന്നീ പരമാണുഭാരങ്ങളുള്ള ആറു ഐസോടോപ്പുകൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടു.

ഈ സംശോധനങ്ങൾ മറെറാരു പ്രധാനസംഗതികൂടി വ്യക്തമാക്കി. ഹൈഡ്രജനൊഴിച്ചു എല്ലാ ധാതുക്കളുടേയും പരമാണുഭാരങ്ങൾ 'പൂർണ്ണസംഖ്യ' (Whole Number) കളാണെന്നു കാണുവാൻകഴിഞ്ഞു. ഈവസ്തുത പരമാണുക്കൾ പ്രോട്ടോണുകളെക്കൊണ്ടും ഇലക്ട്രോണുകളെക്കൊണ്ടും നിർമ്മിതങ്ങളാണെന്ന അഭ്യൂഹത്തെ ശരിവെച്ചു. 1815_ൽ എഡിൻബറോക്കാരനായ പ്രൌട്ടു എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ധാതുക്കളുടെ പരമാണുക്കളെല്ലാം ഏററവും ഭാരം കുറഞ്ഞ ഹൈഡ്രജൻപരമാണുക്കളെക്കൊണ്ടു നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നു അഭിപ്രായപ്പെടുകയുണ്ടായി. വളരെ കാലത്തേയ്ക്കു അതു വിശ്വസിക്കുന്നതിന്നാരുമുണ്ടായില്ല. എന്നാൽ ഈ പരീക്ഷണങ്ങൾ പ്രൌട്ടിൻെറ സിദ്ധാന്തത്തിലെ ചില പ്രധാന സംഗതികളെ—ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിലെ ഘടകങ്ങൾതന്നെയാണു എല്ലാ പരമാണുക്കളുടേയും ഘടകങ്ങളെന്നു—സംശയാതീതമാംവണ്ണം വെളിപ്പെടുത്തി. ഹൈഡ്രജൻെറ മാത്രം പരമാണുഭാരം ഒരു മുഴവൻസംഖ്യയിൽനിന്നും ഒരു ശതമാനം അധികമായിരുന്നു. 1920_ലാണു ഇതു ബോദ്ധ്യ

പരമാണുവിലെ ശക്തിനിക്ഷേപം

പ്പെട്ടതു്. അതു പരമാണുവിൽ ശക്തിനിക്ഷേപമുണ്ടെന്നു് ഊഹിക്കുന്നതിന്നു വഴി തന്നു. എന്തെന്നാൽ നാലു ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുക്കളിലുള്ള കണങ്ങൾ തന്നെയാണു് ഒരു ഹീലിയം പരമാണുവിലുമുള്ളതു്. എങ്കിലും രണ്ടിന്റേയും തൂക്കങ്ങൾ തമ്മിൽ—നാലു ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുക്കളുടേയും ഒരു ഹീലിയം പരമാണുവിന്റേയും തൂക്കങ്ങൾ തമ്മിൽ—വ്യത്യാസമുണ്ടു്. അതുകൊണ്ടു് ഇവയിൽ ഒന്നിനെ മറ്റൊന്നാക്കുന്നപക്ഷം ആകെയുള്ള പിണ്ഡത്തിന്റെ ഒരു ശതമാനം അപ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. ഈ പിണ്ഡം, ഐൻസ്റ്റീന്റെ, ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം, ശക്തിരൂപത്തിൽ ബഹിർഗ്ഗമിക്കണമല്ലോ. ഒരു ഗ്ലാസ്സു വെള്ളത്തിലുള്ള ഹൈഡ്രജനെ ഹീലിയമാക്കി രൂപാന്തരപ്പെടുത്തുന്നപക്ഷം ക്വീൻമേരി എന്ന വലിയ കപ്പലിനെ അററ്ലാന്തിക് സമുദ്രത്തിൽക്കൂടി അങ്ങോട്ടുമിങ്ങോട്ടും ഓരോ തവണ ഓടിക്കുന്നതിന്നു വേണ്ട ശക്തി ലഭിക്കുമത്രെ.

ആസ്റ്റൺ കാണിച്ച വഴിയിൽക്കൂടി പലരും പുറപ്പെട്ടു. ചിക്കാഗോവിൽവെച്ചു ഡെംപ്സ്റ്റർ (Dempster) ധനരശ്മികളെക്കുറിച്ചു പഠിക്കുന്നതിന്നുള്ള ഉപകരണങ്ങളെ ഒന്നുകൂടി പരിഷ്കരിച്ചു. അദ്ദേഹമാണു് മെഗ്നീഷിയം, കാൽസിയം, നാഗം എന്നീ ധാതുക്കളുടെ ഐസോടോപ്പുകൾ കണ്ടുപിടിച്ചതു്.

പുതിയ ഐസോടോപ്പുകൾ

ധനരശ്മികൾ മുഖേനയുള്ള പരീക്ഷണങ്ങൾ ഓക്സിജന്റെ ഐസോടോപ്പുകളെ വെളിപ്പെടുത്തിയില്ല. അ

ങ്ങിനെയിരിക്കെ, 1929-ൽ ജിയാഖേ എന്നും ജോൺസ്റ്റൻ (Giaque and Johnston) എന്നും പേരായ രണ്ടു് അമേരിക്കൻഭൌതികശാസ്ത്രജ്ഞന്മാൎക്കു് ഓക്സിജന്റെ വൎണ്ണവിരാജികകളിൽ ചില വൈകല്യങ്ങൾ ഉള്ളതായി തോന്നി. ഓക്സിജന്റെ ഒരു അണുവിൽ ഉള്ള രണ്ടു പരമാണുക്കളും എല്ലാംകൊണ്ടും ഒരുപോലെയല്ലാത്തതുകൊണ്ടാണു് പ്രസ്തുതവൈകല്യങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതെന്നു് അവർ ഊഹിച്ചു. സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണങ്ങൾ ഓക്സിജനു 17-ം 18-ം പരമാണുഭാരങ്ങളുള്ള ഐസോടോപ്പുകളുണ്ടെന്നു സ്പഷ്ടമാക്കി. പതിനായിരം ഓക്സിജൻ പരമാണുക്കളിൽ പരമാണുഭാരം പതിനെട്ടുള്ള ഇരുപതും പതിനേഴുള്ള നാലും പരമാണുക്കൾ മാത്രമേ ഉള്ളൂ. ഈ ദൌൎല്ലഭ്യം നിമിത്തമാണു് അവയെ കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വളരെ വിഷമിച്ചതു്. വൎണ്ണവിരാജികവഴിക്കു് കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടവതന്നെയാണു് കരിയുടെ 13 എന്ന ഐസോടോപ്പും, നൈട്രജന്റെ സുദുൎല്ലഭമായ 15 എന്ന ഐസോടോപ്പും. ധനരശ്മികൾ പിന്നീടു് ഈവക പരീക്ഷണഫലങ്ങളെ പിൻതാങ്ങുകയുണ്ടായി.

ഓക്സിജൻ ഐസോടോപ്പുകളെ തുടൎന്നു "ഗുരുതര ഹൈഡ്രജൻ" (Heavy Hydrogen) ആണു് പുറത്തുവന്നതു്. സാധാരണയുള്ളതിന്റെ ഇരട്ടി ഭാരമുള്ള ഒരു ഹൈഡ്രജൻപരമാണുവുണ്ടെന്നു കാലേ സംശയമുണ്ടായിരുന്നു. പക്ഷേ ആസ്റ്റൻ 1.00777 പരമാണുഭാരമുള്ള ഹൈഡ്രജൻ പരമാണു

ഡ്യൂട്ട്രോൺ

ക്കൾ മാത്രമേ ഉള്ളൂ എന്നാണ് കണ്ടത്. രസതന്ത്രപരമായി ഹൈഡ്രജന്റെ പരമാണുഭാരം 1.00778 ആണെന്നു കണ്ടിരുന്നു. ഇതു രണ്ടും യോജിക്കുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ടല്ലോ. പക്ഷേ ഓക്സിജന്റെ ഐസോടോപ്പുകൾ പുറത്തുവന്നതോടെ കണക്കെല്ലാം പിഴച്ചു. ഓക്സിജന്റെ പരമാണുഭാരം 16 എന്ന അടിസ്ഥാനത്തിന്മേലാണ് ആസ്റ്റൺ പരമാണുഭാരങ്ങൾ നിർണ്ണയിച്ചത്. ആ അടിസ്ഥാനമേ അടിസ്ഥാനരഹിതമെന്നു വന്നാലോ? അങ്ങിനെ വന്നിരിക്കുന്ന തെററിനെ തിരുത്തുന്നപക്ഷം ഹൈഡ്രജന്റെ പരമാണുഭാരം, ആസ്റ്റന്റെ കണക്കുപ്രകാരം 1.00756 എന്നാകും. ഈ സംഖ്യയും രസതന്ത്രപ്രകാരമുള്ള പരമാണുഭാരവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം അഗണ്യമെന്നു കരുതുന്നതിന്നു നിവൃത്തിയില്ല. അതുകൊണ്ടു ഹൈഡ്രജന്നും ഐസോടോപ്പുകളുണ്ടാകുമെന്ന വിചാരം വീണ്ടും പ്രബലപ്പെട്ടു. മുമ്പു പറഞ്ഞ വ്യത്യാസത്തെ ആധാരമാക്കി ബർജ്ജ്, മെൻസൽ (Birge and Menzel) എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഇരട്ടി പരമാണുഭാരമുള്ള ഹൈഡ്രജൻപരമാണുക്കൾ സാധാരണ പരമാണുക്കളുമായി 1:5000 എന്ന അനുപാതത്തിൽ കൂടിക്കലൎന്നു കിടക്കുന്നുണ്ടാകണമെന്നു കണക്കാക്കി. 1932-ന്റെ അന്ത്യഘട്ടത്തിലാണ് യൂറേ, ബ്രിക്ക്വെഡ്ഡ്, മർഫി (Urey, Brickwedde and Murphy) എന്നീ ഗവേഷകന്മാർകൂടി ആ ഭാരിച്ച ഹൈഡ്രജനെ കണ്ടുപിടിച്ചത്. ബെയിൻബ്രിഡ്ജ് (Bainbridge) അതിന്റെ പരമാണുഭാരം 2.014 ആണെന്നു നിർണ്ണയിച്ചു. ഹൈഡ്രജന്റെ അണുഭാരമാകട്ടെ 2.016 ആണ്. ഈ പുതിയ

ഹൈഡ്രജന്റെ പരമാണുവിനെ ഡ്യൂട്ടറോൻ(Deuteron) എന്നു വിളിച്ചുവരുന്നു. 1932-ൽതന്നെ വാഷ്ബേർണും യൂറേയുംകൂടി (Washburn and Urey) കഷ്ടപ്പെട്ട് ഈ പുതിയ ജാതി ഹൈഡ്രജനെ വേർതിരിച്ചെടുക്കുകയുണ്ടായി. 1934-ാമാണ്ടായപ്പോഴേയ്ക്കും ഈ ഹൈഡ്രജൻമാത്രം ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന വെള്ളം ധാരാളമായി ലഭിക്കുമാറായി. സാധാരണ വെള്ളം 0° സെൻറിഗ്രേഡിൽ കട്ടിയാവുകയും, 100° സെ. തിളക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിന്റെ ഏററവും അധികരിച്ച ഗുരുത്വം (ഒരു ക്യൂബിക്ക സെൻറിമീററ റിന്ന് ഒരു ഗ്രാം) 4°സെൻറിഗ്രേഡിലാണ്. ഈ പുതിയ വെള്ളമാകട്ടെ 3.8° സെൻറിഗ്രേഡിൽ ഘനീഭവിക്കുകയും 101.42° സെൻറിഗ്രേഡിൽ തിളക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിന്റെ ഏററവും അധികരിച്ച ഗുരുത്വം 11.6° സെൻറിഗ്രേഡിലാണ് എന്നു മാത്രമല്ല അതിന്നു സാധാരണ വെള്ളത്തേക്കാൾ പതിനൊന്നു ശതമാനം ഗുരുത്വം കൂടുകയും ചെയ്യും.

ഇതുകൂടാതെ മൂന്നിരട്ടി ഭാരമുള്ള പരമാണുക്കളും ഹൈഡ്രജനിലുണ്ട് എന്നു ലോസിയർ, സ്മിത്ത്, ബ്ളീക്ക്നി എന്നീ ഗവേഷകന്മാർ കാണിച്ചു. നൂറുകോടി ഹൈഡ്രജൻപരമാണുക്കളിൽ ഒരെണ്ണം മാത്രമേ ഈ പുതിയ തരക്കാരനായിരിക്കയുള്ളു.

ഇങ്ങിനെ 1937-ാമാണ്ടായപ്പോഴേയ്ക്കും മിക്ക ധാതുക്കളുടേയും ഐസോടോപ്പുകളെക്കുറിച്ചു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഗ്രഹിച്ചു കഴിഞ്ഞു. അവ എണ്ണത്തിൽ ഇരുനൂററി അറു

പതിൽപരം ഉണ്ടായിരുന്നു. അനുബന്ധത്തിൽ ചേർത്തിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽനിന്ന് അതു ഗ്രഹിക്കാൻ കഴിയും.

ഐസോബാറുകൾ

അതേ പട്ടിക പരിശോധിച്ചാൽ, പരമാണുഭാരം മൂന്നായിരിക്കുന്ന ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുക്കളും ഹീലിയം പരമാണുക്കളുമുണ്ടെന്നു കാണാവുന്നതാണ്. അതുപോലെത്തന്നെ, ആർഗൻെറ പരമാണുക്കൾക്കും കാൽസിയത്തിൻെറ ചില പരമാണുക്കൾക്കും ഒരേ പരമാണുഭാരമാണുള്ളതു് (40). ഇതിൽനിന്ന് ഒരേ ഭാരവും എന്നാൽ വ്യത്യസ്തധർമ്മങ്ങളുമുള്ള പരമാണുക്കളുണ്ടെന്നു മനസ്സിലാക്കാമല്ലോ. അത്തരക്കാർക്ക് 'ഐസോബാർസ്' എന്നു പേരിട്ടിരിക്കുന്നു. മുകളിൽ പ്രസ്താവിച്ചവയ്ക്കുപുറമേ, മററു ചില നമ്പറുകളിൽക്കൂടി 'ഐസോബാറു'കൾ ഉണ്ടെന്ന് അനുബന്ധം 'ഛ'വിലെ പട്ടികയിൽനിന്നു നിങ്ങൾക്കു മനസ്സിലാക്കുവാൻ കഴിയും.

൯. പരമാണുഭേദനവും ധാതുവിപരിണമനവും

സാരകധാതുക്കളുടെ പ്രവൎത്തനങ്ങൾ ഒരു ധാതുവിന്നു മറെറാരു ധാതുവായി രൂപാന്തരപ്പെടാമെന്നു കാണിക്കുന്നു. റൂതർഫോർഡ്-ബോർ പരമാണുചിത്രപ്രകാരം ധാതുക്കൾ തമ്മിലുള്ള അന്തരം അവയുടെ പരമാണുക്കളിലെ മൂലകന്ദത്തിലും അതിന്നു ചുററും ഉള്ള വൈദ്യുത കണങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിലുമാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്. അപ്പോൾ വൈദ്യുതകണങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിലുള്ള വ്യത്യാസത്തെ ഇല്ലാതാക്കിയാൽ ഒരു ധാതുവിൻെറ പരമാണുവിൽ നിന്നു മറെറാരു ധാതുവിൻെറ പരമാണു സംജാതമാകണമല്ലോ. ഉദാഹരണമായി, രസത്തിൻെറ പരമാണുവിൽ സ്വൎണ്ണപരമാണുവിലുള്ളതിനേക്കാൾ എട്ടു വൈദ്യുതകണങ്ങൾ അധികമുണ്ടു്. അവയിൽ നാലു പ്രോട്ടോണുകളും മൂന്ന് ഇലക്ട്രോണുകളും മൂലകന്ദത്തിലും ശേഷിച്ച ഇലക്ട്രോൺ മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തും ആയി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ഈ അധികമുള്ള കണങ്ങളെ പുറത്താക്കിയാൽ രസത്തെ സ്വൎണ്ണമായി മാററാം: മദ്ധ്യയുഗങ്ങളിലെ 'ആൽക്കെമിസ്റ്റ്'കളുടെ സ്വപ്നത്തെ യാഥാൎത്ഥ്യമാക്കാം.

പക്ഷേ, ചില വൈഷമ്യങ്ങളുണ്ടു്. പരമാണുവിൻെറ ഭാരം മുഴുവനും മൂലകന്ദത്തിലാണ് കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നതെങ്കിലും, അതു (മൂലകന്ദം) എത്രയോ ചെറു

താണ്: പരമാണുവിൻെറ മദ്ധ്യത്തിൽ എ

പരമാണുഭേദനത്തിനുള്ള വിഷമതകൾ

ത്രയോ ചെറിയ സ്ഥലത്താണ് അതിൻെറ ഇരിപ്പ്. അതുകൊണ്ട് അതിനെ ചെന്ന് ആക്രമിക്കണമെങ്കിൽ ധാരാളം സൈന്യത്തെ അയയ്ക്കണം. എന്നാൽ മാത്രമേ അവയിൽ ചിലവയെങ്കിലും മൂലകന്ദത്തിന്മേൽ ചെന്നു തട്ടുകയുള്ളു. ആ അക്രമികൾ വല്പ്പംകൊണ്ട് എത്രയും ചെറുതായിരിക്കുന്നുവോ അത്രയും നന്ന്. പക്ഷേ അവയുടെ പക്കൽ മൂലകന്ദത്തെ ഭിന്നിപ്പിക്കുവാനുള്ള ശക്തിയുണ്ടായിരിക്കുകയും വേണം.

ഈ ശക്തി പതിനായിരക്കണക്കിന്ന് ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ടുകൾ (അനുബന്ധം നോക്കുക) ആയിരിക്കണമെന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പണ്ടേ കണക്കാക്കിയിരുന്നു. മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ തെറിപ്പിക്കുവാൻതന്നെ നൂറു ഇലക്ട്രോൺവോൾട്ടുകളോളം ശക്തി വേണം. ഇപ്പറഞ്ഞ കാരണങ്ങൾകൊണ്ടു ധാതുവിപരിണമനം സാദ്ധ്യമാകുകയാണെങ്കിൽത്തന്നെ, അതു ധാരാളമായി നടക്കുകയില്ല. ഒരു കിലോഗ്രാം റേഡിയം വമിക്കുന്ന കണങ്ങളെയെല്ലാം ഉപയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽത്തന്നെ ഒരു ധാതുവിൻെറ ഒരു മില്ലിഗ്രാമിലധികമായ അംശത്തെ മാററുവാൻ കഴിയുകയില്ല.

സാധാരണയായി പരമാണുഭേദനത്തിന്ന് ഉപയോഗിക്കുന്ന കണം എത്രയും ഭാരിച്ചതാണോ അത്രയും നന്ന്. പക്ഷേ അതിൻെറ വലിപ്പം 10^{-12} സെൻറിമീററ

പ്രക്ഷേപക വസ്തുക്കൾ

റിൽ കവിയരുത്. മൂലകന്ദത്തിലെ പ്രധാന ഘടകങ്ങൾ ഭാരിച്ച പ്രോട്ടോണുകളായതു കൊണ്ടു്, അവയുടെ രണ്ടായിരത്തിലൊരംശത്തോളം മാത്രം ഭാരമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളെക്കൊണ്ടു് അവയെ ഭിന്നിപ്പിക്കുവാൻ പററുകയില്ല. അതുകൊണ്ടു സ്വതന്ത്ര്യങ്ങളായ ഇലക്ട്രോണുകളെയെല്ലാം വിമോചിപ്പിക്കുന്ന പരമാണുക്കൾ ഈ ആവശ്യത്തിനു പററിയവയാണു്. ആദ്യകാലങ്ങളിൽ ഹൈഡ്രജൻറയും, ഹീലിയത്തിൻറയും മൂലകന്ദങ്ങൾതന്നെയായിരുന്നു ആശ്രയം. പക്ഷേ മുമ്പുപറഞ്ഞ ശക്തി അവയ്ക്കുണ്ടാകണമെങ്കിൽ അവ സെക്കണ്ടിൽ നൂറുകണക്കിനു മീററർ വേഗതയോടെ പായണം. പ്രകൃതിയിൽ അത്ര വേഗത ഇവയ്ക്കില്ല. അവയ്ക്കതു നൽകണമെങ്കിൽ വലിയ യന്ത്രസാമഗ്രികൾ വേണംതാനും. അതുതന്നെയുമല്ല, മൂലകന്ദങ്ങൾ ധനപരമായ വൈദ്യുതാരോപത്തോടു കൂടിയവയാണു്: നാം അതിനെ ഭേദിക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന കണങ്ങളും അതേ തരക്കാർതന്നെ. അവ തമ്മിൽ പരസ്പരം വികർഷിക്കുമെന്നു പറയേണ്ടതില്ലല്ലോ. മൂലകന്ദത്തിൻറ ഭാരം വർദ്ധിക്കുംതോറും ഈ വികർഷണം അധികമാകുന്നു. അതുകൊണ്ടു് ഇത്തരം കണങ്ങളെ ഉപയോഗിച്ചു ഘനം കുറഞ്ഞ ധാതുപരമാണുക്കളെ ഭേദിക്കുവാനാണെളുപ്പം. അതുതന്നെയാണു് ആദ്യമായി നടന്നതും! ഭാരിച്ച ധാതുക്കളുടെ പരമാണുഭേദനത്തിന്നു പിന്നേയും കുറേക്കാലം കഴിയേണ്ടിവന്നു.

1919-നും 1930-നും ഇടയ്ക്കു പരമാണുഭേദനത്തിന്നുദ്യമിച്ചിരുന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഹീലിയത്തിൻെറ മൂലകന്ദത്തെ—ആൽഫകണങ്ങളെ—യാണ് ഉപയോഗിച്ചിരുന്നത്. എത്ര പ്രസരിപ്പുള്ളതായാലുംവേണ്ടില്ല, തേജഃപ്രസരണം ചെയ്യുന്ന ഒരു ധാതുവിൽനിന്നു സെക്കണ്ടിൽ നൂറുകോടി ആൽഫകണങ്ങളേ ലഭിക്കുകയുള്ളു. അവയെക്കൊണ്ട് അത്രയും സമയത്തിന്നുള്ളിൽ നാനൂറോ അഞ്ഞൂറോ പരമാണുക്കളെ മാത്രമേ ഭേദിക്കുവാനാകയുള്ളു. നേരേമറിച്ചു നാം പ്രോട്ടോണുകളെ ഉപയോഗിക്കുകയാണെന്നിരിക്കട്ടെ. അവയെ ഇഷ്ടംപോലെ ത്വരിതപ്പെടുത്താം. എന്നുമാത്രമല്ല എത്ര എണ്ണം വേണമെങ്കിൽ ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യാം. സെക്കണ്ടിൽ 10^{14} പ്രോട്ടോണുകളെ വഹിക്കുന്ന രശ്മികൾ ഉണ്ടാക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. അവയെ ഉപയോഗിക്കുന്നപക്ഷം സെക്കണ്ടിൽ ലക്ഷക്കണക്കിന്നു പരമാണുക്കളെ ഭേദിക്കുന്നതിന്നു കഴിയുകയും ചെയ്യും. അങ്ങിനെ പരമാണുഭേദനത്തിന്നു പ്രകൃതിയെ ആശ്രയിക്കുന്നതിനേക്കാൾ ഭേദം സ്വബുദ്ധിയെത്തന്നെ ആശ്രയിക്കുന്നതായിരിക്കുമെന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ മനസ്സിലാക്കി. ആ വഴിക്കു ശ്രമിച്ച ചിലരുടെ പ്രയത്നഫലങ്ങളെ ഇനി വിവരിക്കാം.

1932-ൽ കേംബ്രിഡ്ജിലെ കോക്ക്ക്രോഫ്ട്ടും, വാൾട്ടനും (Cockcroft and Walton) ഹൈഡ്രജൻവാതകത്തിൽനിന്നുത്ഭവിക്കുന്ന നളികരശ്മികളെ വൈദ്യുതശക്തി പ്രയോഗിച്ചു ത്വരിതപ്പെടുത്തി 'ലിത്തിയം' എന്ന ലോഹത്തിന്മേലേയ്ക്കു പ്രക്ഷേപിച്ചു. അപ്പോൾ അതിൽനിന്ന്

ആൽഫകണങ്ങൾ ഉത്ഭവിക്കുന്നതായി കണ്ടു. ആ സംഭവത്തിൻെറ ഛായയെ സൂക്ഷ്മമായി നിരീക്ഷിച്ചപ്പോൾ ഒരു ലിത്തിയം പരമാണുവിനെ ഒരു പ്രോട്ടോൺ ചെന്നു പിളക്കുമ്പോൾ രണ്ട് ആൽഫകണങ്ങളുണ്ടാകുന്നുവെന്നു സ്പഷ്ടമായി. ലിത്തിയത്തിൻെറ പരമാണുഭാരം (സുലഭമായ ഐസോടോപ്പിൻേറത്) ഏഴും പ്രോട്ടോണിൻേറത് ഒന്നും കൂടിയാൽ എട്ടായി. രണ്ട് ആൽഫകണങ്ങളുടെ ഭാരവും അതുതന്നെ. അതുപോലെ ലിത്തിയം മൂലകന്ദത്തിന്മേലുള്ള മൂന്നു ധനാരോപവും പ്രോട്ടോണിന്മേലുള്ള ഒന്നും കൂടിയാൽ ഈരണ്ടു വീതം രണ്ട് ആൽഫകണങ്ങളിന്മേലുള്ള നാലു ധനാരോപത്തോടു തുല്യമായി. അങ്ങിനെ ഈ പരമാണുഭേദനംകൊണ്ട്, സാമാന്യമായി പറയുകയാണെങ്കിൽ, ഒട്ടാകെയുള്ള ഭാരത്തിന്നോ, ആരോപത്തിന്നോ മാററം വരുന്നില്ല. പക്ഷേ ലിത്തിയത്തിൻേറയും പ്രോട്ടോണിൻേറയും ആൽഫകണത്തിൻേറയും കുറേക്കൂടി കണിശമായ ഭാരങ്ങളെ (യഥാക്രമം 7.017, 1.008, 4.003) അടിസ്ഥാനമാക്കി നോക്കുന്നപക്ഷം ഈ സംഭവംകൊണ്ടു 0.019 [പരമാണുഭാരമെന്നു (Atomic unit) തന്നെ പറയട്ടെ] നഷ്ടമാകുന്നുവെന്നു കാണാം. അത് ഒരുകോടി ഏഴുപത്തുലക്ഷം ഇലക്ട്രോൺവോൾട്ടുകൾക്കു തുല്യമാണ്. ഈ ശക്തിയാണ് വിമുക്തമാകുന്ന ആൽഫകണങ്ങൾക്കു ലഭിക്കുന്നത്. തന്മൂലം അവയ്ക്കു വായുവിൽക്കൂടി 8.4 സെൻറിമീററർ വീതം സഞ്ചരിക്കുവാൻ സാധിക്കുന്നു. ഈ സംഖ്യ ലിത്തിയത്തിന്മേൽ പ

തിക്കുന്ന പ്രോട്ടോണുകളുടെ വേഗതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ലെന്നും പ്രത്യേകം ഓക്കണം.

കോക്ക്ക്രോഫ്ട്ടിൻേറയും വാൾട്ടൻേറയും ഉപകരണങ്ങളെ റൂതർഫോർഡും ഓലിഫാൻറും കൂടി കുറെക്കൂടി പരിഷ്ക്കരിച്ചു. എങ്കിലും അവയെ എടുത്തു പെരുമാറുന്നതിന്നു വളരെ ക്ലേശിക്കേണ്ടിയിരുന്നു. ആ വക വിഷമതകളെ നിശ്ശേഷം ഇല്ലാതാക്കി, കാലിഫോർണിയ സർവ്വകലാശാലയിലെ പ്രൊഫസ്സർ ലോറൻസ് പുതിയ ഒരു യന്ത്രം നിർമ്മിച്ചു. അതാണ് 'സൈക്ലോട്രോൺ' എന്ന പേരിൽ ഇന്നു പ്രസിദ്ധമായിത്തീൎന്നിട്ടുള്ളതു്. കോക്ക്ക്രോഫ്ടിന്നും വാൾട്ടന്നും ലക്ഷത്തിരുപതിനായിരം വോൾട്ടു ശക്തിയുള്ള വിദ്ധ്യുച്ഛക്തി വേണ്ടിയിരുന്നു. സൈക്ലോട്രോണിലാകട്ടെ കേവലം പതിനായിരം വോൾട്ടു ശക്തിയുള്ള വിദ്ധ്യുച്ഛക്തി ഉപയോഗിച്ച് ഏതു കണത്തിന്നും എത്ര വേണമെങ്കിലും വേഗത നല്കാം. അതുതന്നെയാണ് അതിൻെറ പ്രധാനപ്പെട്ട മെച്ചം. പക്ഷേ സൈക്ലോട്രോണിൽനിന്നും ഒരു നിശ്ചിതസമയത്തിന്നുള്ളിൽ ലഭിക്കാവുന്ന പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം പണ്ടത്തേതിലും കുറയുമെന്നൊരു ദോഷവുമുണ്ടു്.

സൈക്ലോട്രോൺ വന്നതോടുകൂടി ഡ്യൂട്രോണുകളെ പരമാണുഭേദനത്തിന്നുപയോഗിക്കാമെന്നായി. ഈ പുതിയ കണങ്ങളെക്കൊണ്ടു റൂതർഫോർഡ്, ലോറൻസ്, ലിവിങ്സ്റ്റൺ, ല്യൂയിസ് (Lewis) എന്നിങ്ങിനെ പലരും പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി. പക്ഷേ അവയെക്കുറിച്ചു

വിവരിക്കുന്നതിന്നു മുമ്പ് ഒരു പുതിയ കണ്ടുപിടുത്തത്തെ ക്കുറിച്ചു പറയേണ്ടിയിരിക്കുന്നു.

1930-ൽ ബൂത്തേ, ബക്കർ (Boothe and Becker) എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ബറില്ലിയം എന്ന ധാതുവിനെ ആൽഫകണങ്ങളെക്കൊണ്ടു മട്ടിക്കുമ്പോൾ തുളഞ്ഞു കയറുന്നതിന്നു ശക്തിയുള്ള (penetrating) ചില

ന്യൂട്രോൺ

രശ്മികൾ ഉത്ഭവിക്കുന്നതായി കണ്ടു. ലിത്തിയം, ബോറൻ, ഫ്ളോറിൻ, സോഡിയം, മെഗ്നീഷിയം, അല്യൂമിനിയം എന്നീ ധാതുക്കളും അതേ പ്രതിഭാസത്തെ പ്രദർശിപ്പിച്ചു. ഈ നൂതനകിരണങ്ങൾ 'ഗാമരശ്മി'കളാണെന്ന് ആദ്യം വിചാരിച്ചു. പക്ഷേ, പിന്നീട് ഐറീൻക്യൂറിയും ജോലിയോട്ടും (മാഡംക്യൂറിയുടെ മകളും ജാമാതാവും) പ്രസ്തുതരശ്മികൾക്കു പദാർത്ഥങ്ങളിൽനിന്നു പരമാണുമൂലകന്ദങ്ങളെ തട്ടിത്തെറിപ്പിക്കുവാൻ കഴിയുമെന്നു മനസ്സിലാക്കി. ഗാമരശ്മികൾക്കാകട്ടെ അതു സാദ്ധ്യമല്ല. ചാഡ്വിക്ക് (Chadwick) അതുകൊണ്ടുള്ള പരീക്ഷണങ്ങൾ തുടൎന്നു. തൽഫലമായി അവ ഹൈഡ്രജപരമാണുവോളം ഭാരമുള്ള ഭൗതികകണങ്ങളാണെന്ന് അദ്ദേഹത്തിന്ന് അനുഭവപ്പെട്ടു. അവയുടെ ചലനാത്മകമായ സത്വവിശേഷം അയ്മ്പതുലക്ഷം ഇലക്ട്രോൺവോൾട്ടുകളായിരുന്നു. ആ് കണങ്ങൾ വൈദ്യുതാരോപത്തോടുകൂടിയവയാണെങ്കിൽ, അത്രയും ശക്തികൊണ്ട് അവയ്ക്കു പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഉള്ളിലേയ്ക്കു തുളച്ചു കയറുക സാദ്ധ്യമല്ല. അതുകൊണ്ട് അവ വൈദ്യുതാരോപവിഹീനങ്ങളായിരി

ക്കണമെന്നു ചാഡ്വിക്ക് അനുമാനിച്ചു. അദ്ദേഹം അവ ക്കു 'ന്യൂട്രോണുകൾ' (Neutrons) എന്ന പേരും നല്കി.

വൈദ്യുതാരോപമില്ലാത്തതാകകൊണ്ട്, ആൽഫ കണങ്ങൾ, പ്രോട്ടോണുകൾ, ഡ്യൂട്രോണുകൾ, ഇലക്ട്രോണുകൾ എന്നിവയെപ്പോലെ ന്യൂട്രോണിൻെറ യാത്രാപഥത്തിൻെറ ഛായാഗ്രഹണം ശക്യമല്ല. അതിനു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാക്ക് മററു പരോക്ഷ(indirect)മാർഗ്ഗങ്ങളെ അവലംബിക്കണം. എങ്കിലും, ഫെദർ, ഹാർക്കിൻസ്, ഗാൻസ്, ന്യൂസൻ (Feather, Harkins, Gans and Newson) എന്നിവരുടെ പരിക്ഷണങ്ങൾ പരമാണുഭേദനത്തിന്നു ന്യൂട്രോണുകൾ അനുപമമായ ഒരു ഉപാധിയാണെന്നു തെളിയിച്ചു. ബറില്ലിയത്തെ ആൽഫകണങ്ങളെക്കൊണ്ടു മട്ടിച്ചിട്ടാണ് പരീക്ഷണങ്ങൾക്കുവേണ്ട ന്യൂട്രോണുകളെ ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്നതു്. ബറില്ലിയത്തിന്മേൽ വീഴുന്ന ഓരോ പത്തുലക്ഷം ആൽഫകണങ്ങൾക്കും കഷ്ടിച്ചു മുപ്പതു ന്യൂട്രോണുകൾവീതം വിമുക്തമാകുന്നു.

ലിത്തിയത്തെ ഡ്യൂട്രോണുകളെക്കൊണ്ടു മട്ടിച്ചപ്പോൾ, ഒരു ലിത്തിയം പരമാണുവിൽനിന്നു പണ്ടത്തേപ്പോലെത്തന്നെ രണ്ട് ആൽഫകണങ്ങൾ വിമുക്തങ്ങളായി. ഇതിനെ ശരിയായി വ്യാഖ്യാനിക്കണമെങ്കിൽ, ഈ സംഭവത്തിൽ ലിത്തിയത്തിൻെറ 6 എന്ന 'ഐസോടോപ്പാണ്' പങ്കെടുത്തതെന്നു വിചാരിക്കണം. മുമ്പു വിവരിച്ചതുപോലെ കണക്കാക്കുന്നപക്ഷം ഈ പ്രവൎത്തനം മൂലമുളവാകുന്ന ആൽഫകണങ്ങൾക്കു വായുവിൽക്കൂടി 13.2 സെൻറിമീററർ സഞ്ചരിക്കത്തക്ക ശക്തി ഉണ്ടാകണം.

യഥാർത്ഥത്തിൽ അവ അത്രയും ദൂരംതന്നെ സഞ്ചരിക്കുന്നതായി കാണുകയും ചെയ്തു.

* ലിത്തിയം^{7}ന്മേൽ ഡ്യൂട്രോണും ലിത്തിയം^{6}ന്മേൽ പ്രോട്ടോണും ചെന്നു തട്ടുമ്പോളും എന്തെങ്കിലും സംഭവിക്കണമല്ലോ. രണ്ടാമത്തെ അവസരത്തിൽ ഹീലിയം^{4} ന്റേയും ഹീലിയം^{3} ന്റേയും ഓരോ മൂലകന്ദങ്ങളാണ് വിമുക്തമാകുന്നതെന്നും അവ വായുവിൽക്കൂടി യഥാക്രമം 0.68ഉം 1.15ഉം സെന്റിമീററർ സഞ്ചരിക്കുന്നുവെന്നും ഒലിഫാന്റ്, ഷയർ, ക്രൌതർ എന്നിവർ (Oliphant, Shire, Crowther) കണ്ടുപിടിച്ചു. ആദ്യത്തെ അവസരത്തിൽ രണ്ടു് ആൽഫകണങ്ങൾക്കു പുറമെ ഒരു ന്യൂട്രോണും ഉത്ഭവിക്കുന്നുണ്ടെന്നു നിരീക്ഷണങ്ങൾ സ്പഷ്ടമാക്കി. ചിലപ്പോൾ ലിത്തിയം^{6}നെ ഡ്യൂട്രോൺകൊണ്ടു മർദ്ദിക്കുമ്പോൾ ലിത്തിയം^{7} ഉം ഒരു പ്രോട്ടോണും ഉണ്ടായി എന്നു വരാം. ലിത്തിയം^{7} ഉം ഡ്യൂട്രോണും കൂടിച്ചേരുമ്പോൾ ബോറൻ എന്ന ധാതുവും ഒരു ന്യൂട്രോണും ഉണ്ടാകുന്നതായും ചില അവസരങ്ങളിൽ കാണുന്നു.

ആദ്യമായി വിളക്കപ്പെട്ട ധാതുവായതുകൊണ്ടാണ് ലിത്തിയത്തെക്കുറിച്ചു് ഇത്രയും വിസ്തരിച്ചു പ്രതിപാദിച്ചതു്. ഇതുപോലെ മററു പല ധാതുക്കളേയും ഇതരധാതുക്കളായി രൂപാന്തരപ്പെടുത്തുന്നതിന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കു കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ടു്. പക്ഷേ ഈ ധാതുവിപരിണമനത്തെ യ

* മുകളിൽ ചേർത്തിരിക്കുന്ന സംഖ്യ അതു് ഏതു് ഐസോടോപ്പാണെന്നു സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

ഷേപ്പം നിയന്ത്രിക്കുന്നതിന്നുള്ള ശക്തി അവക്ക് ഇനിയും ലഭിച്ചിട്ടില്ല. ഇനിയുള്ള പരീക്ഷണങ്ങൾ അതു സാദ്ധ്യമാക്കാതിരിക്കയില്ല.

പരമാണുമർദ്ദനത്തിൻെറ ഫലമായി വിമുക്തമാകുന്ന കണങ്ങളുടെ കൂട്ടത്തിൽ ന്യൂട്രിനോ എന്നു പേർ നല്കിയിരിക്കുന്ന ഒരു കണികകൂടിയുണ്ടെന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഊഹിക്കുന്നു. അതു ന്യൂട്രോണെപ്പോലെ വൈദ്യുതാരോപവിഹീനമാണ്. പക്ഷേ അതിൻെറ പിണ്ഡം ന്യൂട്രോനേക്കാളും വളരെ കുറവാണ്. നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ അവയുടെ പിണ്ഡം പൂജ്യമാണെന്നും, പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗതയോടെ സഞ്ചരിക്കകൊണ്ടു മാത്രമാണ് അവക്കു ശക്തിയുള്ളതായി തോന്നുന്നതെന്നും ആണ് അഭ്യൂഹം. പൌളി (Pauli) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് റേഡിയത്തിൽനിന്നും മററും വിമുക്തമാകുന്ന ബീററകണങ്ങളുടെ ശക്തികൾ തമ്മിലുള്ള അന്തരത്തെ വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നതിന്നു് ഈ നിഗമനം ആവിഷ്കരിച്ചതു്. പക്ഷേ അത്തരം ഒരു കണികയെ ഇതുവരെയായിട്ടും ആരും കണ്ടുകഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. അങ്ങിനെ ഒന്നുണ്ടെങ്കിൽ അതിൻെറ സ്വഭാവം നിമിത്തം അതിനെ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന്നും വലിയ വിഷമമുണ്ടെന്നു പ്രത്യേകം പ്രസ്താവ്യമാണ്.

ന്യൂട്രിനോ

൧൦. ബ്രഹ്മരശ്മികളും പോസിട്രോണും

1932-ാമാണ്ടുവരെ പ്രോട്ടോണുകളും ഇലക്ട്രോണുകളും മാത്രമാണ് സർവ്വപദാർത്ഥങ്ങളേയും നിർമ്മിക്കുന്നതിന് ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്ന ഇഷ്ടികകൾ എന്നു ശാസ്ത്രലോകം വിശ്വസിച്ചുവന്നു. പക്ഷേ ആ വർഷത്തിൽ ആ ദൃഢവിശ്വാസത്തെ ഇളക്കുന്നതിന്നു പര്യാപ്തങ്ങളായ രണ്ടു കണ്ടുപിടുത്തങ്ങൾ ഉണ്ടായി. അവയിൽ ഒന്നിനെക്കുറിച്ചു — ന്യൂട്രോണിന്റെ കണ്ടുപിടുത്തത്തെപ്പററി — കഴിഞ്ഞ അദ്ധ്യായത്തിൽ പ്രസ്താവിച്ചുകഴിഞ്ഞു. രണ്ടാമത്തെ കണ്ടുപിടുത്തത്തെപ്പററിയാണ് ഈ അദ്ധ്യായത്തിൽ വിവരിക്കുവാൻ പോകുന്നതു്.

ബ്രഹ്മരശ്മികൾ

1912-ൽ ഹെസ്സ് എന്ന ഗവേഷകൻ ഭൂമിയിലുള്ള സാരകധാതുക്കളുടെ തേജഃപ്രസരത്തിന്റെ പ്രഭാവം വായുമണ്ഡലത്തിലെത്രത്തോളമുണ്ടെന്നറിവാൻ ഒരു ബലൂണിൽ കയറി മേല്പോട്ടു പോയി. നിരീക്ഷണങ്ങൾ നാനൂറു മീററർ ഉയരംവരെ ആ ശക്തി ക്ഷണത്തിൽ ക്ഷണത്തിൽ ക്ഷയിച്ചുവരുന്നതായും, അതിന്നപ്പുറം ക്ഷയത്തിന്റെ വേഗത കുറഞ്ഞുകുറഞ്ഞുവരുന്നതായും അദ്ദേഹത്തെ ബോദ്ധ്യപ്പെടുത്തി. പിന്നേയും കുറച്ചുകൂടി ഉയർന്നുനോക്കിയപ്പോൾ വികിരണങ്ങളുടെ ശക്തി ക്ഷയിച്ചു ക്ഷയിച്ചു് ഇല്ലാതാകുന്നതിന്നു പകരം വീണ്ടും കൂടിക്കൂടിവരുന്നതായിട്ടാണ് അദ്ദേഹം കണ്ടതു്. ഭൂമിയിൽനിന്നുള്ള വികിരണങ്ങളുടെ ശക്തി ഏററിയാൽ ആയിരം മീററർ ഉയരംവരെ മാത്രമേ

പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടുകയുള്ളു എന്നു കരുതി ഹെസ്സ് അതുവരെ അജ്ഞാതമായി കഴിഞ്ഞിരുന്ന ചില പുതിയ വികിരണങ്ങളുണ്ടെന്നു വിളംബരപ്പെടുത്തി. ആ വികിരണങ്ങൾക്കു രാത്രിയിലും പകലും ഒരുപോലെ ശക്തിയുണ്ടായിരുന്നതുകൊണ്ട്, അവ സൂര്യനിൽനിന്ന് ഉത്ഭവിക്കുന്നതാണെന്ന അനുമാനത്തിന്നു സ്ഥാനമില്ലായിരുന്നു. അതിനാൽ അവ വിശ്വാകടാഹത്തിൽ എവിടേയോനിന്നു വരുന്നവയാണെന്ന് അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. തേജഃപ്രസരണം ചെയ്യുന്ന ധാതുക്കളിൽനിന്നു വരുന്ന ശക്തിയേറിയ വികിരണങ്ങളെക്കാൾ ശക്തി കൂടിയതാണ് ഈ നൂതനവികിരണങ്ങളെന്ന വസ്തുതയും അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി.

ഇത്തരത്തിലുള്ള നിരീക്ഷണങ്ങൾ പിന്നീടു കോൾഹോർസ്റ്റർ (Kolhorster) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനും നടത്തി. 1914-ൽ അദ്ദേഹം ഏഴായിരം മീററർ ഉയരത്തിൽ ആ വികിരണങ്ങൾക്കു ഭൂതലത്തിലുള്ളതിൻെറ ഇരുപതു മടങ്ങു ശക്തിയുണ്ടെന്നു കണ്ടു. ചില ഗിരിശിഖരങ്ങളിലുള്ള ജലാശയങ്ങളിലെ വെള്ളത്തിന്നടിയിൽ നൂറു മീററർ ചെന്നാൽപോലും പ്രസ്തുതരശ്മികളുടെ ശക്തി പ്രകടമാകുന്നുണ്ടെന്നു മില്ലിക്കൻ എന്ന അമേരിക്കൻഭൌതികശാസ്ത്രജ്ഞൻ പരീക്ഷിച്ചറിഞ്ഞു. ഇതിൽനിന്നു പ്രസ്തുതകിരണങ്ങൾക്കു നൂറു മീററർ വെള്ളത്തെ—അല്ലെങ്കിൽ പത്തു മീററർ കട്ടിയുള്ള ഇരുമ്പിനെ—തുളച്ചുകയറുന്നതിന്നു സാധിക്കുമെന്ന് ഊഹിക്കാമല്ലോ. കോൾഹോർസ്റ്റർ അറുനൂറു മീററർ വെള്ളത്തിന്നടിയിൽ അളക്കാവുന്നതര

ത്തിലും, ആയിരം മീററർ വെള്ളത്തിന്നടിയിൽ കണ്ടറി യുവാൻ കഴിയുന്ന വിധത്തിലും പ്രസ്തുതരശ്മികൾ എത്തുന്നുണ്ടെന്നു മനസ്സിലാക്കി. യഥാൎത്ഥത്തിൽ ഈ പരീക്ഷണങ്ങൾ വെള്ളത്തിന്നടിയിൽവെച്ചല്ല നടത്തപ്പെട്ടതു്. ഖനികൾക്കടിയിൽവെച്ച പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി അത്രയും ആഴത്തിലുള്ള പാറകൾക്കു തുല്യമായ വെള്ളത്തിന്റെ ആഴം കണക്കാക്കിയിരിക്കുകയാണു്.

നൂറു മീററർ കട്ടിയുള്ള ഉരുക്കുതകിടിൽക്കൂടി കടക്കുവാൻ ശക്തിയുള്ള ഓരോ രശ്മികൾ ഭൂതലത്തിൽ ഒരു ചതുരശ്രസെൻറിമീററർസ്ഥലത്തു മുമ്മൂന്നു മണിക്കൂർ കൂടുമ്പോൾ വന്നുപതിക്കുന്നുണ്ടു്. അത്തരത്തിലുള്ള ഒരു രശ്മിയെ സൃഷ്ടിക്കണമെങ്കിൽ നമുക്കു കോടിക്കണക്കിന്നു വോൾട്ടുകൾ ശക്തിയുള്ള വിദ്യുച്ഛക്തി വേണമെന്നു പറഞ്ഞാൽ, അവയുടെ ശക്തിയെക്കുറിച്ചു് ഒരു ഏകദേശജ്ഞാനം നിങ്ങൾക്കുണ്ടാകുമെന്നു വിശ്വസിക്കുന്നു. അത്തരം രശ്മികൾ നമ്മുടെ ദേഹത്തിൽക്കൂടിയും ധാരാളമായി കടന്നുപോകുന്നുണ്ടാകണം. എന്നിട്ടും, മനുഷ്യൻ ഭൂമുഖത്തു വന്നിട്ടു് ആയിരക്കണക്കിന്നു വൎഷങ്ങൾ കഴിഞ്ഞുവെങ്കിലും, അടുത്തകാലംവരെ അത്തരം രശ്മികളുടെ അസ്തിത്വത്തെക്കുറിച്ചു് ആരും സംശയിച്ചതുപോലുമില്ല എന്നു കേൾക്കുമ്പോൾ ആരും ആശ്ചൎയ്യപ്പെടാതിരിക്കയില്ല. അത്തരം രശ്മികൾമുഖേന ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന ശക്തി സൂൎയ്യനൊഴികെയുള്ള എല്ലാ നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്നുംകൂടി ഭൂമിക്കു ലഭിക്കുന്ന ശക്തിയേക്കാൾ അധികമൊന്നും കുറയുകയില്ലെന്നു റെജിനർ (Regener) കണക്കാക്കിയിരിക്കുന്നു.

വളരെക്കാലത്തേയ്ക്കു ബ്രഹ്മരശ്മികൾ—ഈ നൂതന കിരണങ്ങൾക്കു നല്കിയിരിക്കുന്ന പേർ അതാണ്—ശക്തിയേറിയ ഗാമരശ്മികളാണെന്നു ശാസ്ത്രലോകം കരുതിപ്പോന്നു. 1930 ൽ ബോഥേ, കോൾഹോർസ്റ്റർ എന്നിവരുടെ പരീക്ഷണഫലമായി അവ വൈദ്യുതാരോപത്തോടുകൂടിയ കണങ്ങളാണെന്നു തെളിഞ്ഞു. ഭൂമിയുടെ കാന്തമണ്ഡലം അവയെ ബാധിക്കുന്നതെങ്ങിനെയെന്നു നോക്കിയതിൻെറ ഫലമായി ബ്രഹ്മരശ്മികളിൽ അധികവും ധനപരമായ ആരോപത്തോടുകൂടിയ കണങ്ങളാണെന്നും—അവയിൽ അധികവും പ്രോട്ടോണുകളാണ്—സ്പഷ്ടമായി

'വിൽസൻ ചേമ്പർ' എന്ന ഉപകരണത്തിൻെറ സഹായത്താൽ (അതിലന്തർഭവിച്ചിരിക്കുന്ന തത്വത്തെക്കുറിച്ചു മുമ്പു പ്രസ്താവിച്ചിട്ടുണ്ട്) 1932-ൽ മില്ലിക്കൻെറ ഒരു സഹപ്രവർത്തകനായ ആൻഡേർസൻ പോസിട്രോൺ ബ്രഹ്മരശ്മികളെക്കുറിച്ചു പഠിക്കുകയായിരുന്നു. അദ്ദേഹം ആ ഉപകരണത്തിൻെറ നടുവിലായി ആറു മില്ലിമീററർ ഘനമുള്ള ഒരു ഈയത്തകിടു വെച്ചു. അതിൽക്കൂടി കടക്കുമ്പോൾ കണങ്ങളുടെ ചലനാത്മകസത്വവിശേഷം നഷ്ടപ്പെടുന്നതിനാൽ അതിൽക്കൂടി കടന്നുകഴിഞ്ഞതിന്നുശേഷം അവയുടെ ഗതി പൂർവ്വാധികം വക്രമാകുന്നു. ഏതെങ്കിലും ഒരു കണത്തിൻെറ തകിടിൻെറ ഇരുഭാഗത്തുമുള്ള യാത്രാപഥങ്ങളെ ഒത്തുനോക്കി ഏതിനാണ് വക്രത കൂടുതലെന്നു നിർണ്ണയിക്കുവാൻ സാധിക്കുന്നപക്ഷം, വക്രത കുറഞ്ഞ ഭാഗത്തു

നിന്നു കൂടുതലായ ഭാഗത്തേയ്ക്കാണ് ആ കണം സഞ്ചരിച്ചതെന്ന് ഊഹിക്കാം. കാന്തമണ്ഡലത്തിന്നു വിധേയമാക്കുമ്പോൾ അതിന്നുണ്ടാകുന്ന വിചലനത്തെ ആസ്പദമാക്കി അതിന്മേലുള്ള ആരോപം ഏതുതരത്തിലുള്ളതാണെന്നും നിശ്ചയിക്കാം. ഈ വഴിക്ക് ആൻഡേർസൺ ഇലക്ട്രോണുകളേയും പ്രോട്ടോണുകളേയും തിരിച്ചറിഞ്ഞു. അങ്ങിനെയിരിക്കെ ഒരു ദിവസം യാദൃച്ഛികമായി ആൻഡേർസന്നു പതിവായി കണ്ടുവരാറുള്ളതിൽനിന്നും വിഭിന്നമായ ഒരു കണത്തിൻെറ യാത്രാപഥത്തിൻെറ ച്ഛായ ലഭിച്ചു. ആ കണത്തിന്മേലുള്ള ആരോപം ധനപരമായതായിരുന്നു. പക്ഷേ അതിൻെറ ഗതിക്ക് ഒരു പ്രോട്ടോണിൻെറ ഗതിക്കുണ്ടാകാവുന്നതിനേക്കാൾ അധികം വിചലനവും സംഭവിച്ചിരുന്നു. അതിന്ന് ആ ഈയ്യത്തകിടിനെ തുളച്ചുകയറുവാൻ സാധിച്ചതുകൊണ്ട് അതു സാവധാനത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രോട്ടോണാണെന്ന അനുമാനത്തിന്നും അവകാശമുണ്ടായിരുന്നില്ല. അങ്ങിനെ ആൻഡേർസൺ സംശയാധീനനായി.

കേംബ്രിഡ്ജിൽ ഗവേഷണങ്ങൾ ചെയ്തിരുന്ന ബ്ളാക്കററിന്നും, ഓക്കിയാലിനിക്കും (Blackett and Occhialini) പിന്നീട് അതുപോലെയുള്ള ചിത്രങ്ങൾ ലഭിച്ചു. അതോടുകൂടി സംശയമെല്ലാം ദൂരത്തെറിഞ്ഞു പ്രസ്തുത കണങ്ങൾ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ തൂക്കവും ധനപരമായ ആരോപവും ഉള്ളവയാണെന്നു തീർച്ചയാക്കി. അവയ്ക്കു പോസിട്രോണുകൾ എന്ന പേരും നല്കി.

ഇലക്ട്രോണുകളെ കണ്ടുപിടിച്ചിട്ട 85 വർഷങ്ങൾക്കുശേഷമേ പോസിട്രോണുകളെ കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുള്ളൂ. അതിന്നുള്ള കാരണം അവയ്ക്കു സ്വന്തനിലയ്ക്ക് ആയുർദൈർഘ്യം കുറഞ്ഞതാണെന്നതായിരിക്കാം. പത്തു ലക്ഷം ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ടുകൾക്കു മീതെ ശക്തിയുള്ള ഗാമരശ്മികളിൽനിന്ന് ഒരു ഇലക്ട്രോണേയും ഒരു പോസിട്രോണേയും ഉല്പാദിപ്പിക്കാം.

1934-ൽ ഐറീൻ ക്യൂറിയും ജോലിയോട്ടും പൊളോനിയത്തിൽനിന്നുള്ള ആൽഫകണങ്ങളെക്കൊണ്ട് അലൂമിനിയത്തെ മട്ടിക്കുമ്പോൾ വിമുക്തമാകുന്ന പോസിട്രോണുകളെ നിരീക്ഷിക്കുകയായിരുന്നു. പൊളോനിയത്തെ അവിടെനിന്നു നീക്കുന്നതോടൊപ്പം പോസിട്രോൺ വിമോചനം നിലയ്ക്കുന്നില്ല. അതു പിന്നേയും കുറെ മിനിട്ടു നേരത്തേയ്ക്കു നീണ്ടുനില്ക്കുന്നു. ഇതു് ആൽഫകണങ്ങളാൽ പ്രേരിതമായ തേജഃപ്രസരണമാണെന്ന അനുമാനം സ്വാഭാവികം മാത്രമായിരുന്നു. ആൽഫകണമർദ്ദനത്തിന്റെ ഫലമായി അലൂമിനിയംപരമാണുവിലെ മൂലകന്ദങ്ങൾ 'ഇരിപ്പുറയ്ക്കാത്ത' ഒരു രൂപത്തെ അംഗീകരിക്കുന്നു. അതിന്റെ പകുതിയാകുവാനുള്ള സമയം മൂന്നേകാൽ മിനിട്ടാണെന്നു കണ്ടിരിക്കുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസം അതിന്നു കാരണക്കാരായ ആൽഫകണങ്ങളുടെ വേഗതയെ അശേഷവും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നില്ല. ഈ പ്രതിഭാസംതന്നെ ബോറൻ എന്ന ധാതുവും പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. അലൂമിനിയവും ബോറനും ആൽഫകണമർദ്ദനഫലമായി

കൃത്രിമതേജഃ പ്രസരണം

ഫോസ്ഫറസും നൈട്രജനും ആയി രൂപാന്തരപ്പെടുന്നുവെന്നും അവയാണ് ഈ തേജഃപ്രസരണത്തിന്ന് ഉത്തരവാദികളെന്നും ഏറീൻ ക്യൂറിയും, ജോലിയോട്ടും പിന്നീടു തെളിയിച്ചു.

ആൽഫകണങ്ങൾക്കുപകരം പ്രോട്ടോണുകളും, ഡ്യൂട്ടോണുകളും, ന്യൂട്രോണുകളും ഉപയുക്തമായിത്തുടങ്ങി. അതിൻെറ ഫലമായി 1937 ആയപ്പോഴേക്കും കൃത്രിമമായി തേജഃപ്രസരണം ചെയ്യിക്കാവുന്ന എഴുപതു ധാതുക്കളെ കണ്ടുപിടിച്ചുകഴിഞ്ഞു. ഈ എണ്ണം പ്രകൃത്യാ തേജഃപ്രസരണം ചെയ്യുന്ന ധാതുക്കളുടേതിനേക്കാൾ അധികമാണ്. അങ്ങിനെ മനുഷ്യൻ പ്രകൃതിയെ ഒന്നു കടത്തിവെച്ചു.

റൂതർഫോർഡാണ് പരമാണുക്കളുടെ മൂലകന്ദ
ത്തിൽ പ്രോട്ടോണുകളും ഇലക്ട്രോണുകളും ആണുള്ള
തെന്ന് ആദ്യമായി അഭിപ്രായപ്പെട്ടത്. അലസനും ഭാ
രിച്ചവനുമായ പ്രോട്ടോണേയും ഉത്സാഹി
പരമാണുരൂപ യും ഭാരം കുറഞ്ഞവനുമായ ഇലക്ട്രോണേ
ത്തിന്നൊരു ഭേ യും മൂലകന്ദത്തെപ്പോലെ ചെറിയൊരു സ്ഥ
ദഗതി ലത്തു കൂട്ടിയിണക്കിയിരുത്തുകയെന്നത് അ
ന്നേ അദ്ദേഹത്തിന്നു വിഷമമായിത്തോന്നി.
ന്യൂട്രോണിൻെറ ആവിർഭാവം ആ പ്രശ്നത്തിന്ന് ഒരു പരിഹാരം നല്കി. എന്തെന്നാൽ എല്ലാ പരമാണുക്കളുടേയും മൂലകന്ദങ്ങൾ പ്രോട്ടോണുകളെക്കൊണ്ടും ന്യൂട്രോണുകളെക്കൊണ്ടും നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നു സങ്കല്പിക്കാമല്ലോ. ഉദാഹരണമായി ധനപരമായ എട്ട് ആരോപമുള്ളതും പ

രമാണുഭാരം പതിനാറും ആയിരിക്കുന്ന മാക്സിജന്റെ മൂലകന്ദത്തിൽ എട്ടു പ്രോട്ടോണുകളും എട്ടു ന്യൂട്രോണുകളും ഉണ്ടാകണം. രണ്ടു കണങ്ങളും തുല്യഭാരമുള്ളവയാണല്ലോ. ഇങ്ങിനെ തീർച്ചയാകുന്നപക്ഷം മൂലകന്ദത്തിന്നകത്തുനിന്നു ചില അവസരങ്ങളിൽ ഇലക്ട്രോണുകളും, മറ്റുചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ പോസിട്രോണുകളും പുറത്തു വരുന്നുണ്ടെന്ന വസ്തുതയെ എങ്ങിനെ വ്യാഖ്യാനിക്കും? മൂലകന്ദത്തിന്റെ സങ്കുചിതപരിധിക്കുള്ളിൽ ആകർഷണാധിക്യംനിമിത്തം ന്യൂട്രോണുകൾ പ്രോട്ടോണുകളായും പ്രോട്ടോണുകൾ ന്യൂട്രോണുകളായും മാറുന്നുണ്ടാവാം എന്നു പറഞ്ഞു മൌനമവലംബിക്കുകയേ ഗതിയുള്ളൂ. ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ വിമോചിപ്പിക്കുന്നപക്ഷം ഒരു ന്യൂട്രോൺ പ്രോട്ടോണാകും. ഒരു പോസിട്രോണെ വിട്ടാൽ പ്രോട്ടോൺ ന്യൂട്രോണുമാകും. ഈ ഇലക്ട്രോണിന്നും പോസിട്രോണിന്നും പുറത്തേയ്ക്കു വരികയും ചെയ്യാമല്ലോ. പക്ഷേ ഈ വിമോചനങ്ങൾ മൂലകന്ദത്തിന്നകത്തു ശക്തിയായ കോളിളക്കങ്ങൾ ഉണ്ടാകുമ്പോൾ മാത്രമേ സംഭവിക്കുന്നുള്ളൂ എന്നു വേണം അനുമാനിക്കുവാൻ.

൧൧. സർവ്വവും തരംഗമയം

റൂതർഫോർഡ്-ബോർ പരമാണുവിൽ മൂലകന്ദത്തിന്റെ ആകർഷണഫലമായി അതിന്നു ചുററുമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ അതിലേയ്ക്കു പതിക്കാതിരിക്കണമെങ്കിൽ അവ മൂലകന്ദത്തിന്നു ചുററും വലിയ വേഗതയോടെ സഞ്ചരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കണം എന്നു പ്രസ്താവിക്കയുണ്ടായല്ലോ. ആ ചലനത്തെക്കുറിച്ചു പഠിക്കുന്ന വിഭാഗമാണ് 'അറേറാമിക് മെക്കാനിക്സ്.'

ബോറിന്റെ അഭ്യൂഹങ്ങൾ

ഏററവും സരളമായ രൂപം ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിന്റേതാണല്ലോ. ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ഒരു പ്രോട്ടോണിനെ പ്രദക്ഷിണംവെച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിന്റെ സാധാരണാവസ്ഥയിൽ അതിലെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഭ്രമണചക്രത്തിന്റെ വ്യാസം നിർണ്ണയിക്കലായിരുന്നു 'അറേറാമിക് മെക്കാനിക്സി'ന്റെ ആദ്യത്തെ പ്രവൃത്തി. 1913-ൽ ബോർ ഈ പ്രശ്നത്തിന്നൊരു ഉത്തരം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന്നു വിപ്ലവാത്മകമായ ഒരു തത്വത്തെ അംഗീകരിച്ചു. ഭാഗ്യവശാൽ അതു കുറിക്കുകൊണ്ടു. അതു് അറേറാമിക് മെക്കാനിക്സിന്റെ അസ്ഥിവാരമുറപ്പിക്കുകയുംചെയ്തു.

ഭ്രമണചക്രം വൃത്താകാരത്തിലാണെന്നും, ഇലക്ട്രോൺ അതിൽക്കൂടി സ്ഥിരവേഗതയോടെ സഞ്ചരിക്കുന്നുവെന്നും സങ്കല്പിച്ചു്, ബോർ ഇലക്ട്രോണിന്റെ പിണ്ഡത്തേയും വേഗതയേയും ഭ്രമണചക്രത്തിന്റെ ചുററ

ളുവിനേയും തമ്മിൽത്തമ്മിൽ ഗുണിച്ചുകിട്ടുന്ന സംഖ്യ യെ പ്രവൃത്തിയുടെ പ്രമാണകണികയോടു (Elementary quantum of action—അനുബന്ധം നോക്കുക) സമീകരിച്ചു. പരമാണുവിൻെറ ഉദ്ദീപ്താവസ്ഥയിൽ പ്രസ്തുത സംഖ്യ പ്രവൃത്തിയുടെ പ്രമാണകണികയുടെ രണ്ടോ, മൂന്നോ, മറേറാ മടങ്ങായിരിക്കുമെന്നും ബോർ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. പ്രകാശതരംഗങ്ങൾക്കു ഫോട്ടോൺ (Photon) എന്ന പേരുള്ള ഒരു കണികരൂപമുണ്ടെന്നു ശാസ്ത്രലോകം സമ്മതിച്ചുകഴിഞ്ഞിരുന്നു. അതിനേയും സ്വന്തം അഭ്യൂഹങ്ങളേയും അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് ബോർ ഹൈഡ്രജനിൽനിന്ന് ഉൽഭൂതമാകുന്ന രേഖകളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം ശരിക്കു കണക്കാക്കിയതു്. യാഥാസ്ഥിതികമതക്കാൾക്കു സ്വീകരിക്കുവാൻ നിർവ്വാഹമില്ലാത്ത പല സംഗതികളും ബോറിൻെറ സിദ്ധാന്തങ്ങളിലുണ്ടായിരുന്നു. അവയിന്മേൽ പൂർണ്ണമായി വെളിച്ചം വീശിയതു 1924-ൽ ലൂയി ഡിബ്രോഗ്ലി എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ്.

പ്രകാശം കണികകളുടെ രൂപത്തിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്നായിരുന്നു ന്യൂട്ടൻെറ അഭിപ്രായം. പക്ഷേ ആ സിദ്ധാന്തത്തിന്മേൽ ചില പരീക്ഷണഫലങ്ങളെ വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നതിന്നു സാദ്ധ്യമായിരുന്നില്ല. ഡിബ്രോഗ്ലിയു അതുകൊണ്ടാണ് പ്രകാശം തരംഗരൂപ ടെ സിദ്ധാന്തം ത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു എന്ന ഹ്യൂജൻസിൻെറ സിദ്ധാന്തത്തെ ശാസ്ത്രലോകം കൈക്കൊണ്ടതു്. കുറേക്കാലം കഴിഞ്ഞപ്പോൾ പിന്നേയും വിഷമതകൾ പുറപ്പെട്ടു. റോൺട്ജൻരശ്മികൾകൊണ്ടുള്ള

ചില പരീക്ഷണഫലങ്ങളേയും അതിപാടലരശ്മികൾ ചെന്നു തട്ടുമ്പോൾ ചില പദാൎത്ഥങ്ങൾ ഇലക്ട്രോണുകളെ വിമോചിപ്പിക്കുന്നു എന്ന വസ്തുതയേയും (Photo Electric Effect) തരംഗസിദ്ധാന്തത്തിൻെറ വെളിച്ചത്തിൽ വ്യാഖ്യാനിക്കുവാൻ പററിയില്ല. ഈ പ്രതിബന്ധത്തെ തരണം ചെയ്യാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാൎക്കു പ്രകാശത്തിന്നു തരംഗരൂപത്തിന്നു പുറമേ ഒരു കണികരൂപവും കൂടി വകവെച്ചുകൊടുക്കേണ്ടിവന്നു. പ്രാമാണികനായൊരു ശാസ്ത്രജ്ഞൻ പ്രസ്താവിക്കയുണ്ടായിട്ടുണ്ടു്, പ്രകാശത്തെ തിങ്കളാഴ്ചകളിലും, ബുധനാഴ്ചകളിലും, വെള്ളിയാഴ്ചകളിലും കണങ്ങളായും ചൊവ്വാഴ്ചകളിലും, വ്യാഴാഴ്ചകളിലും, ശനിയാഴ്ചകളിലും തരംഗങ്ങളായും നാം കരുതുന്നു എന്നു്. അതോടുകൂടി, ഞായറാഴ്ചകളിൽ അതെന്താണെന്നു ദൈവത്തിന്നുമാത്രമറിയാം എന്നു നാം സമ്മതിക്കുന്നു എന്നുകൂടി ചേൎക്കേണ്ടിയിരിക്കുന്നു.

പ്രകാശതരംഗങ്ങൾക്കു് ഒരു കണികരൂപമുണ്ടെന്നു സങ്കല്പിക്കാമെങ്കിൽ കണങ്ങൾക്കും ഒരു തരംഗരൂപമുണ്ടെന്നു് എന്തുകൊണ്ടു സങ്കല്പിച്ചുകൂടാ? ഡിബ്രോഗ്ളി അങ്ങിനെത്തന്നെ സങ്കല്പിച്ചു. ഓരോ കണത്തിന്നും അതിൻെറ പിണ്ഡത്തേയും വേഗതയേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്ന ഓരോ തരംഗദൈൎഘ്യമുണ്ടെന്നു് അദ്ദേഹം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. അപ്രകാരമാണെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ തരംഗദൈൎഘ്യത്തിൻെറ ഒരു നിശ്ചിതമടങ്ങായിരിക്കണം—അതു തീൎച്ചയായും ഒരു മുഴുവൻ സംഖ്യയായിരി

ക്കണം—പരമാണുക്കളിലെ ഓരോ ഭ്രമണവ്യൂഹത്തിന്റേ‌‌യും ചുററളവു്; അതായത്തു് ചില പ്രത്യേകചുററളവുകളുള്ള ഭ്രമണചക്രങ്ങളേ ഉണ്ടായിക്കൂ എന്നു വരുന്നു. അതുതന്നെയാണു് ബോർ സങ്കല്പിച്ചതും. മൂലകന്ദത്തിന്നു ചുററും തിരിയുന്ന ഇലക്ട്രോണിന്റെ പരാങ്മുഖശക്തി (Centrifugal force), ഇലക്ട്രോണിന്മേൽ മൂലകന്ദത്തിന്നുള്ള ആകർഷണശക്തിക്കു തുല്യമായിരിക്കണമല്ലോ. (അല്ലെങ്കിൽ ഇലക്ട്രോണിന്നു് ആ കൂട്ടിൽ നിന്നു തെററിപ്പോകാം) ഈ തത്വത്തേയും തന്റെ അഭ്യൂഹത്തേയും ആധാരമാക്കി ബോർ ഹൈഡ്രജൻ പരമാണുവിലെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ വേഗതയേയും ഭ്രമണചക്രത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധത്തേയും കണക്കാക്കിനോക്കി. ആ വ്യാസാർദ്ധം 5.3×10^{-9} സെൻറിമീററും, സാധാരണാവസ്ഥയിൽ ആ ഇലക്ട്രോണിന്റെ വേഗത പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതയുടെ 0.729 ശതമാനവും, ആണെന്നു് അദ്ദേഹം കണ്ടു. സെക്കണ്ടിൽ 6580×10^{12} പ്രാവശ്യംവീതം ആ ഇലക്ട്രോൺ മൂലകന്ദത്തിനെ വലംവെക്കുന്നുണ്ടു്. ഈ സംഖ്യകളെയെല്ലാം കൃത്യമായി കണക്കാക്കാം. പക്ഷേ ബോറിന്റെ അഭ്യൂഹങ്ങളെല്ലാം ശരിയാണോ എന്നു തീർച്ച പറയുക വയ്യ.

ഡിബ്രോഗ്ളിയുടെ നിഗമനഫലമായി ഭൌതികശാസ്ത്രത്തിൽ 'വേവ് മെക്കാനിക്സ്' (Wave Mechanics) എന്നൊരു ശാഖ ഉയർന്നുവന്നു. അതിനെ പരിപുഷ്ടമാക്കാൻ ഉത്സാഹിച്ചവരിൽ ഷ്രോഡിംഗർ (Schrodinger),

ഹൈസൻബഗ്ഗ് (Heisenberg), ഡിറാക് (Dirac) എന്നിവരുടെ പേരുകൾ പ്രത്യേകം പ്രസ്താവ്യങ്ങളാണ്.

ഡിബ്രോഗ്ലിയുടെ അനുമാനം ശരിയാണെങ്കിൽ, കണങ്ങൾക്ക് ഒരു തരംഗരൂപവും കൂടിയുണ്ടെങ്കിൽ, അവ പ്രകാശതരംഗങ്ങൾ പ്രദശിപ്പിക്കുന്ന (Interference, Diffraction) പ്രതിഭാസങ്ങളെല്ലാം പ്രദശിപ്പിക്കേണ്ടേ? തീച്ചയായും വേണം; അവ അങ്ങിനെ ചെയ്യുന്നുണ്ടെന്ന് 1927-ൽ ന്യൂയോക്കിലെ "ബെൽ ടെലിഫോൺ ലാബൊറട്ടറീസിൽ" (Bell Telephone Laboratories) വെച്ച് ഡേവിസ്സൻ, ജമ്മർ (Davisson and Germer) എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങൾ തെളിയിച്ചു. സെക്കണ്ടിൽ പതിനായിരം നാഴികവീതം സഞ്ചരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ തരംഗദൈഘ്യം ഒരംഗുലത്തിൻെറ അഞ്ഞൂറുകോടിയിൽ മൂന്നംശം മാത്രമാണെന്നു ഡേവിസ്സൻ കണക്കാക്കി. ഡെംപ്സ്റ്റർ പ്രോട്ടോണുകളുടെ തരംഗദൈഘ്യം നിണ്ണയിച്ചു. അതു് ഇലക്ട്രോണുകളുടേതിനേക്കാൾ കുറഞ്ഞിരിക്കുന്നതായി കണ്ടു.

പരീക്ഷണ ഫലങ്ങൾ

ഡേവിസ്സൻെറ പരീക്ഷണഫലങ്ങൾതന്നെ പിന്നീട് ജി. പി. തോംസൻ എന്ന ഗവേഷകനും ലഭിച്ചു. ഈ ഗവേഷണങ്ങൾമൂലം മാനവസമുദായത്തിന്നു വമ്പിച്ച ഒരു നേട്ടമുണ്ടായി—വസ്തുക്കളെ എത്രയോ മടങ്ങ്—സാധാരണ സൂക്ഷ്മദശിനികളേക്കാൾ വളരെ അധികം—വലുതാക്കിക്കാണിക്കുന്ന ഒരു സൂക്ഷ്മദശിനി.

ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പ്

'ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പ്' എന്നാണ് അതിന്റെ പേർ. അതിൽ വെളിച്ചമല്ല, ഇലക്ട്രോണുകളാണ്, വസ്തുക്കളെ നമുക്കു ദൃശ്യമാക്കിത്തരുന്നത്. അതിന്റെ പ്രവൎത്തനങ്ങളെ കുറിച്ചു നാം വളരെ കേൾക്കാതിരിക്കയില്ല.

൧൨. ആററംബോമ്പും പരമാണുയുഗവും

രണ്ടാംലോകമഹായുദ്ധത്തെ അപ്രതീക്ഷിതമായവിധം അവസാനിപ്പിച്ച, ജാപ്പാനിലെ സമ്പൽസമൃദ്ധങ്ങളായ രണ്ടു നഗരങ്ങളെ ക്ഷണനേരത്തിന്നുള്ളിൽ ചുട്ടുപൊട്ടിച്ച, അന്താരാഷ്ട്രീയപ്രശ്നങ്ങളിൽ ഒരു 'കീറാമുട്ടി'യായിത്തീൎന്നിട്ടുള്ള, സാമാന്യജനങ്ങൾ ഭയപരിഭ്രമങ്ങളോടെ വീക്ഷിക്കുന്ന 'ആററംബോംബി'നെക്കുറിച്ചുകൂടി പ്രസ്താവിക്കാതെ ഈ 'പരമാണുചരിതം' അവസാനിപ്പിക്കുന്നതു ഭംഗിയായിരിക്കയില്ല. 'ആററംബോംബ്' രഹസ്യം പുറത്തുവിട്ടിട്ടില്ലെന്നു പറയുന്നതു കേൾക്കാം. യഥാൎത്ഥത്തിൽ, ആററംബോംബിനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം 95% രഹസ്യമല്ല. അതു യുദ്ധത്തിന്നുമുമ്പുതന്നെ ശാസ്ത്രലോകത്തിൽ അങ്ങാടിപ്പാട്ടായിത്തീൎന്നിരുന്നു. ശേഷിച്ച 5% ആററംബോംബ് നിൎമ്മിക്കുന്നതിന്നുള്ള വിദ്യയാകാം. അതു നമുക്ക് അറിയേണ്ടെന്നുവെക്കാമല്ലോ.

'അമ്പലം ചെറുതാണെങ്കിലും പ്രതിഷ്ഠ ഉഗ്രമൂൎത്തിയാണ്' എന്ന ചൊല്ല് പരമാണുവിനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം തികച്ചും അൎത്ഥവത്താണ്. ഓരോ പരമാണുവും അപ്രമേയമായ ശക്തിയെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നുണ്ടെന്നും അതിനെ—പ്രത്യേകിച്ചും പരമാണുവിലെ മൂലകന്ദത്തിനെ—പിളൎന്നാൽ ആ ശക്തി വിമുക്തമാകുമെന്നും മുമ്പു ചില അദ്ധ്യായങ്ങളിൽ സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. ആ

വഴിക്കു നടത്തിയ ചില പരീക്ഷണങ്ങളെക്കുറിച്ചും അന്യത്ര പ്രസ്താവിച്ചിട്ടുണ്ട്.

യുറേനിയത്തിന്റെ മൂലകന്ദ വിഭജനം

1939-ൽ, യുറേനിയം ധാതുവിനെ ന്യൂട്രോണുകളെക്കൊണ്ടു മട്ടിക്കുമ്പോൾ, യുറേനിയം പരമാണുവിലെ മൂലകന്ദം രണ്ടായി പിരിയുന്നുവെന്ന് ഐറീൻ ക്യൂറി കണ്ടു. യുറേനിയം തേജഃപ്രസരണം ചെയ്യുന്ന ഒരു ധാതുവായതുകൊണ്ടു സ്വതവേ അതിന്റെ പരമാണുവിലെ മൂലകന്ദം ഒരു 'ഇരിപ്പുറയ്ക്കാത്ത' നിലയിലാണ് വർത്തിക്കുന്നത്. അതിലേയ്ക്കു ഒരു ന്യൂട്രോൺ കൂടി ചെല്ലുമ്പോൾ, ആ മൂലകന്ദം ഘനം കുറഞ്ഞ രണ്ടു മൂലകന്ദങ്ങളായി പിരിയുന്നു. ഈ പുതിയ മൂലകന്ദങ്ങളുടെ ഓരോന്നിന്റേയും പിണ്ഡം അവിഭക്തമൂലകന്ദത്തിന്റെ പിണ്ഡത്തിന്റെ പകുതിയോളമായിരിക്കും. ഒരു വെള്ളത്തുള്ളി എന്തെങ്കിലും ഇളക്കം തട്ടുമ്പോൾ രണ്ടായി പിരിയുന്നതുപോലെയാണ് യുറേനിയംമൂലകന്ദത്തിന്റെ വിഭജനം ഉണ്ടാകുന്നത് എന്നാണ് നീൽസ് ബോറിന്റെ അഭിപ്രായം. ഈ സംഭവംമൂലം അപ്രത്യക്ഷമാകുന്ന പിണ്ഡം ശക്തിരൂപത്തിൽ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങിനെ ഒരു പരമാണുവിഭജനത്തിന്റെ ഫലമായി ബഹിർഗ്ഗമിക്കുന്ന ശക്തി നിസ്സാരമാണ് (10^{-8} എർഗ്ഗുകൾ). പക്ഷേ ഒരു ഗ്രാം റേഡിയത്തിലുള്ള 10^{22} പരമാണുക്കളും പൊട്ടിത്തെറിക്കുകയാണെങ്കിലോ? പത്തു ലക്ഷം യൂണിററു വിദ്യുച്ഛക്തിക്കു സമാനമായ ശക്തി ലഭിക്കും. തോറിയം എന്ന ധാതുവും ഇതേ പ്രത്യേകതകളെ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നുണ്ട്.

മൂലകന്ദവിഭജനം അസാമാന്യമായ ശക്തിക്കു പുറമേ ന്യൂട്രോണുകളേയും വിമോചിപ്പിക്കുന്നുണ്ടെന്നു പ്രൊഫസ്സർ ജോലിയോട്ടും ഡാക്ടർ ഹാൽബനും കണ്ടുപിടിച്ചു. അപ്പോൾ മൂലകന്ദത്തിനെ പിളക്കുന്ന ഒരു ന്യൂട്രോൺ അപ്രമേയമായ ശക്തിയെ മാത്രമല്ല കുറെ ന്യൂട്രോണുകളെയുംകൂടി വിമോചിപ്പിക്കുന്നു. ഇങ്ങിനെ വിമുക്തമാകുന്ന ന്യൂട്രോണുകളെ വീണ്ടും മൂലകന്ദവിഭജനത്തിനുപയുക്തമാക്കാം; തൽഫലമായുണ്ടാകുന്നവയെ വീണ്ടും ഉപയോഗിക്കാം: ഇങ്ങിനെ ഒരിക്കൽ മൂലകന്ദവിഭജനം തുടങ്ങിയാൽ, അതു തുടൎന്നുകൊണ്ടു പോകാം.

യുറേനിയത്തിന്നു 235-ഉം 238-ഉം പരമാണുഭാരമുള്ള രണ്ടു് ഐസോടോപ്പുകളുണ്ടു്. അവ രണ്ടും വിഭജനവിധേയമാണു്. എങ്കിലും യുറേനിയം 238-ൽനിന്നു ത്ഭവിക്കുന്ന ന്യൂട്രോണുകൾക്കു യുറേനിയം 235-ൽനിന്നു ത്ഭവിക്കുന്നവയേക്കാൾ വേഗത കൂടും. മൂലകന്ദവിഭജനത്തിന്നു സ്വല്പം വേഗത കുറഞ്ഞ ന്യൂട്രോണുകളാണു് നല്ലതു്. അതുകൊണ്ടു യുറേനിയം 238-ൽനിന്നുത്ഭവിക്കുന്ന ന്യൂട്രോണുകളെ മൂലകന്ദവിഭജനത്തിന്നുപയോഗിക്കണമെങ്കിൽ, അവയുടെ ഗതിയെ ആദ്യമായി മന്ദീഭവിപ്പിക്കേണ്ടിയിരിക്കുന്നു. യുറേനിയം 235 ഉപയോഗിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഈ ബുദ്ധിമുട്ടു കൂടാതെ കഴിക്കാം. പക്ഷേ, 235-ൻെറ ഒരു പരമാണുവിന്നു് 238-ൻെറ രണ്ടു ലക്ഷം പരമാണുക്കൾ എന്ന തോതിൽ കൂടിക്കലൎന്നിട്ടുള്ള യുറേനിയമാണു് നമുക്കു ലഭിക്കുന്നതു്. നന്നേ വിഷമപ്പെട്ടുമാത്രമേ ധാരാളമായി കണ്ടുവരുന്ന അനാവശ്യക്കാരിൽ

നിന്നു സുദുല്ലഭമായ ആവശ്യക്കാരെ തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നതിന്നു കഴിയുകയുള്ളു എന്നു പറയേണ്ടതില്ലല്ലോ. എങ്കിലും ആസ്റ്റൺ പരമാണുഭാരനിണ്ണയത്തിന്നുപയോഗിച്ച സാമഗ്രികളുടെ സഹായത്താൽ ഈ തിരഞ്ഞെടുപ്പു വേണമെങ്കിൽ നടത്താം.

അതിലും എളുപ്പമായ ഒരു മാൎഗ്ഗം അചിരേണ പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടു. യുറേനിയം 238-ൽ ചെന്നു തട്ടുന്ന ന്യൂട്രോൺ മൂലകന്ദത്തിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ യുറേനിയം 239 സംജാതമാകുന്നു. സ്ഥിരതയില്ലാത്തതാകകൊണ്ടു് അതു് ആദ്യം ഒരു ഇലക്ട്രോണെ വിമോചിപ്പിച്ചു നെപ്ടൂണിയമായും, പിന്നീടു വീണ്ടും ഒരു ഇലക്ട്രോണെ മോചിപ്പിച്ചു പ്ലൂട്ടോണിയമായും രൂപാന്തരപ്പെടുന്നു. ഈ പ്ലൂട്ടോണിയത്തെ യുറേനിയം 235-നെപ്പോലെ ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണു്. നെപ്ടൂണിയം, പ്ലൂട്ടോണിയം, അമേരിക്കയം, ക്യൂറിയം എന്നീ നാലു പുതിയ ധാതുക്കൾ 'ആററം ബോംബു്'ഗവേഷണങ്ങളുടെ ഫലമായി കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു.

യുറേനിയത്തിനെ പിളക്കുന്നതിന്നുള്ള ന്യൂട്രോണുകൾ ഡ്യൂട്രോണുകളെ തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടിച്ചിട്ടാണു് ഉണ്ടാക്കിയിരുന്നതെന്നു തോന്നുന്നു.

മദ്ദനത്തിന്നുള്ള വസ്തുവും മദ്ദിതമാകേണ്ട വസ്തുവും തയ്യാറായാൽ പിന്നെ ആവശ്യമുള്ള സമയത്തു് ആദ്യത്തേതു രണ്ടാമത്തേതിന്മേൽ ചെന്നു പതിക്കത്തക്കവിധം അ

വയെ കരിടത്തു അടക്കിവെയ്ക്കുകയേ വേണ്ടു.

ആററംബോമ്പിലന്തർവിച്ചിരിക്കുന്ന തത്വം.

എന്നാൽ ആററംബോംബായി. പ്രവർത്തനം തുടങ്ങിക്കഴിഞ്ഞാൽ അപ്രമേയമായ ശക്തി ഉഗ്രരൂപേണ ആവിർഭവിക്കുകയും ചുററുമുള്ളതെല്ലാം ഭസ്മമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ബോംബിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിന്നുശേഷം വളരെ കാലത്തേയ്ക്കും അതു പൊട്ടിയതിന്നടുത്തുള്ള പ്രദേശം അപായകരമാണ്. ബോംബിന്റെ പ്രവർത്തനഫലമായി വിമുക്തമാകുന്ന അദൃശ്യകിരണങ്ങൾ ആരോഗ്യത്തേയും ഇന്ദ്രിയങ്ങളേയുമെല്ലാം നശിപ്പിക്കുന്നതിന്നു ശക്തിയുള്ളവയാണ്.

പരമാണുയുഗത്തിലേയ്ക്കുള്ള പടികൾ

പരമാണുവിനെ സംഹാരത്തിന്നു മാത്രമായി ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ മുമ്പുപറഞ്ഞ ദൂഷ്യങ്ങളെക്കുറിച്ചൊന്നും ചിന്തിക്കേണ്ടതില്ല. പക്ഷേ, പരമാണുവിനെ മനുഷ്യജീവിതത്തിലെ സുഖവും സൌകര്യവും വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതിന്നുപകരിക്കണമെങ്കിൽ ആ വക ദോഷങ്ങൾ പരിഹരിച്ചേ തീരൂ. ആദ്യമായി അതു നിയന്ത്രണാധീനമായിത്തീരണം. തുടങ്ങിക്കഴിഞ്ഞാൽ തീരുമ്പോൾ തീരട്ടെ എന്നു പറഞ്ഞു കൈകെട്ടിയിരുന്നാൽ മാത്രം പോരല്ലോ. യഥേഷ്ടം ആരംഭിക്കുവാനും അവസാനിപ്പിക്കുവാനുമുള്ള അധികാരം നമുക്കുതന്നെ വേണം. രണ്ടാമതായി ക്ഷണനേരത്തിന്നുള്ളിൽ അപ്രമേയമായ ശക്തി ലഭിച്ചതുകൊണ്ടു നമുക്കു മെച്ചമില്ല. ആ ശക്തി മുഴുവനും കുറേശ്ശ കുറേശ്ശയായി വളരെ സമയംകൊണ്ടു കിട്ടുകയാണ് നമുക്കാവശ്യം. അതായതു മൂലകന്ദവിഭജനത്തെ

ആവശ്യമായ തോതിൽ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിന്നു നമുക്കു സാദ്ധ്യമാകണം. മൂന്നാമതായി, അപായകരങ്ങളായ വസ്തുക്കളെ എടുത്തു പെരുമാറുന്നതിന്നു് ആരും കരുമ്പെടുകയില്ല. അതിനാൽ മൂലകന്ദവിഭജനത്തിന്നപ്പുറത്തു ഒളിച്ചുകിടക്കുന്ന അപകടങ്ങളെ ഇല്ലാതാക്കണം. യുറേനിയത്തെപ്പോലെ വിലപിടിച്ച ധാതുക്കളിൽനിന്നല്ലാതെ വിലകുറഞ്ഞ ധാതുക്കളിൽനിന്നു ശക്തി ലഭിക്കാറാവുകയും വേണം. ഇതെല്ലാം സാധിക്കുന്ന അന്നു നാം പരമാണുയുഗത്തിലേയ്ക്കു പ്രവേശിക്കും. അതു് എന്നാണു് സംഭവിക്കുക? ഇന്നോ? ഒരു കൊല്ലം കഴിഞ്ഞിട്ടോ? പത്തുകൊല്ലം കഴിഞ്ഞിട്ടോ? ആവോ, ഭാവിക്കു മാത്രമറിയാം. പക്ഷേ, ഒരു കാര്യം തീർച്ചയാണു്. യുദ്ധകാലത്തു ഗവേഷണത്തിന്നു ലഭിക്കുന്ന പ്രോത്സാഹനത്തിൻെറ—ആററംബോംബിനെപ്പോലെയുള്ള നശീകരണോപായങ്ങളെ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന്നു ചിലവഴിക്കുന്ന ധനത്തിൻെറ—ഒരംശംപോലും സമാധാനകാലങ്ങളിൽ ഗവേഷണത്തിന്നു നല്കുന്നതായാൽ ആ സുദിനത്തെ വളരെ അടുപ്പിക്കുവാൻ കഴിയും.

ആ ഭാവിയിലേയ്ക്കൊന്നു് എത്തിച്ചുനോക്കിയാലോ? കറുത്ത ധൂമം വമിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തെ മലിനപ്പെടുത്തുന്ന പുകക്കുഴലുകൾ ഒരിടത്തും കാണുകയില്ല. പെട്രോൾ

പരമാണു യുഗം

കഴിഞ്ഞതുകൊണ്ടു കാറുകൾ നിർത്തേണ്ടിവരികയില്ല. കണ്ണിലും മൂക്കിലും പുകനിറഞ്ഞ ഗൃഹിണികളുടെ ശാപവചസ്സുകൾ വായുമണ്ഡലത്തിൽ ചെന്നലയ്ക്കുകയില്ല. എന്തി

ന്നും എല്ലാററിന്നും പരമാണുവിഭജനംതന്നെ. ഒരു കപ്പ യുറേനിയത്തിൽനിന്നു മൂലകന്ദവിഭജനംമൂലമുണ്ടാകുന്ന ശക്തികൊണ്ടു് 'ക്വീൻമേരി' എന്ന വലിയ കപ്പലിന്നു പോലും ഇംഗ്ലണ്ടിൽനിന്നും അമേരിക്കയിൽ പോയി മടങ്ങാം. ഇന്നു കല്ക്കരി നിറയ്ക്കുന്നതിന്നു നീക്കിവെച്ചിരിക്കുന്ന സ്ഥലം മററു പ്രയോജനകരമായ വിധത്തിൽ ഉപയോഗിക്കാം. ആ കാഴ്ചകഠം കാണുന്നതിന്നുള്ള ഭാഗ്യം നമ്മുടെ നയനങ്ങഠംക്കുണ്ടാകുമാറാകട്ടെ.

—— * ——

അനുബന്ധം

(ക) അളവുകളും തൂക്കങ്ങളും

ശാസ്ത്രലോകത്തിൽ ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നതു ഫ്രാൻസിൽ പ്രചാരത്തിലുള്ള അളവുകളും തൂക്കങ്ങളുമാണു്. അതിന്നു് 'മെട്രിക്ക് സമ്പ്രദായ'മെന്നാണു് പേർ. ആ സമ്പ്രദായപ്രകാരമുള്ള അളവുകളേയും തൂക്കങ്ങളേയും ഈ പുസ്തകത്തിലും ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ ഉപയോഗിച്ചിട്ടുണ്ടു്. അതുകൊണ്ടു് അവയെക്കുറിച്ചു് അറിഞ്ഞിരിക്കുന്നതു നന്നായിരിക്കും.

10 മില്ലിമീററർ = 1 സെൻറിമീററർ		അളവുകൾ
10 സെൻറിമീററർ = 1 ഡെസിമീററർ		
10 ഡെസിമീററർ = 1 മീററർ		
10 മീററർ = 1 ഡെക്കാമീററർ		
10 ഡെക്കാമീററർ = 1 ഹെക്ടോമീററർ		
10 ഹെക്ടോമീററർ = 1 കിലോമീററർ		
10 മില്ലിഗ്രാം = 1 സെൻറിഗ്രാം		തൂക്കങ്ങൾ
10 സെൻറിഗ്രാം = 1 ഡെസിഗ്രാം		
10 ഡെസിഗ്രാം = 1 ഗ്രാം		
10 ഗ്രാം = 1 ഡെക്കാഗ്രാം		
10 ഡെക്കാഗ്രാം = 1 ഹെക്ടോഗ്രാം		
10 ഹെക്ടോഗ്രാം = 1 കിലോഗ്രാം		

എല്ലായിടത്തും പത്തുതന്നെ. അതുതന്നെയാണ് ഈ സമ്പ്രദായത്തിൻെറ മെച്ചവും.

രണ്ടരസെൻറിമീററായാൽ ഒരംഗുലമായി. ഒരു മീററർ ഒരു വാരയേക്കാൾ മൂന്നംഗുലം വലുതാണ്. ഒന്നരകിലോമീററിലധികം വേണം ഒരു നാഴികയാവാൻ.

ഒരു ഗ്രാം വളരെ ചെറുതാണ്. ആയിരം ഗ്രാം അല്ലെങ്കിൽ ഒരു കിലോഗ്രാം രണ്ടു റാത്തലിനേക്കാൾ കുറച്ച് അധികമാണ്.

പരമാണുക്കളെപ്പററി പറയുമ്പോൾ ചിലപ്പോൾ വലിയ വലിയ സംഖ്യകളും (ഉദാ: പരമാണുക്കളുടെ എണ്ണം) മററു ചിലപ്പോൾ ചെറിയ സംഖ്യകളും (ഉദാ: പരമാണുക്കളുടെ വണ്ണം) ഉപയോഗിക്കേണ്ടിവരുന്നു. ഉച്ചരിക്കുന്നതിന്നും എഴുതുന്നതിന്നും വിഷമമുള്ള അവയെ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പത്തിൻെറ ഘടകങ്ങളായി രൂപാന്തരപ്പെടുത്തുന്നു. $10=10^1$; $100=10^2$; $1000=10^3$; സാമാന്യമായി പറയുകയാണെങ്കിൽ, പത്തിൻെറ മുകളിൽ ഏതാണോ സംഖ്യ, അത്രയും പൂജ്യങ്ങൾ ഒന്നിനോടു ചേർത്താൽ വിവക്ഷിതമായ സംഖ്യ ലഭിക്കുന്നതാണ്.

$0.1=\frac{1}{10}=10^{-1}$; $0.01=\frac{1}{100}=10^{-2}$; $0.001=\frac{1}{1000}=10^{-3}$; സാമാന്യമായി പറയുകയാണെങ്കിൽ, ദശാംശബിന്ദുവിന്നുശേഷം ഈ മുകളിൽനിന്നു കാണുന്ന സംഖ്യയിൽ നിന്ന് ഒന്നു കുറച്ച പൂജ്യങ്ങൾ ചേർക്കണം.

(ഖ) ശക്തിയുടെ പ്രമാണം

ഒരു ഭാരമെടുത്തു പൊന്തിക്കുന്നതിന്നു 'പ്രവൃത്തി' ചെയ്യണമെന്ന് എല്ലാവക്കുമറിയാം. ഭാരമോ ഉയരമോ

ഇരട്ടിക്കുന്നപക്ഷം ചെയ്യേണ്ട 'പ്രവൃത്തിയും' ഇരട്ടിക്കുന്നു. 1 കിലോഗ്രാം ഭാരത്തെ ഒരു മീററർ ദൂരം പൊന്തിക്കുവാൻ വേണ്ട 'പ്രവൃത്തി'യെ ഒരു കിലോഗ്രാം മീററർ എന്നു വിളിച്ചുവരുന്നു. അതിലും എത്രയോ ചെറുതായ 'എർഗി' (Erg)നെയാണു് ശാസ്ത്രലോകത്തിൽ ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നതു്. കണ്ണു മിഴിക്കുന്നതിന്നുപോലും ഒരു 'എർഗി'ലധികം പ്രവൃത്തി എടുക്കണം. 980 ലക്ഷം എർഗ്ഗുകൾ കൂടിയാലേ ഒരു കിലോഗ്രാം മീറററാകുകയുള്ളു.

പരമാണുക്കളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം, ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ഒരു സ്ഥലത്തുനിന്നു് 'ഒരു വോൾട്ടു' അന്തരത്തിൽ വർത്തിക്കുന്ന മറെറാരു സ്ഥലത്തേയ്ക്കുള്ള സഞ്ചാരത്തിന്നിടയ്ക്കു് എടുക്കുന്ന പ്രവൃത്തിയാണു് ശക്തിയുടെ പ്രമാണം. അതിന്നു് ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ടു് എന്നാണു് പേർ. 1.59×10^{-12} എർഗ്ഗുകൾ കൂടിയാൽ ഒരു ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ടായി.

(ഗ) ധാതുവിപരിണമനങ്ങൾ

മററു ചില ധാതുവിപരിണമനങ്ങളെക്കൂടി ചേർത്തിരിക്കുന്നു.

$$_{5}\text{ബോറൻ}^{11} + {}_{1}\text{പ്രോട്ടോൻ}^{1} \rightarrow 3\ {}_{2}\text{ആൽഫകണങ്ങൾ}^{4}$$

$$_{5}\text{ബോറൻ}^{10} + {}_{1}\text{ഡ്യൂട്രോൺ}^{2} \rightarrow 3\ {}_{2}\text{ആൽഫകണങ്ങൾ}^{4}$$

$$_{1}\text{ഡ്യൂട്രോൺ}^{2} + {}_{1}\text{ഡ്യൂട്രോൺ}^{2} \rightarrow {}_{1}\text{പ്രോട്ടോൻ}^{1} + {}_{1}\text{ഹൈഡ്രജൻ}^{8}\text{ മൂലകന്ദം}$$

ന്യൂട്രോൺ ഉണ്ടാകുന്ന ധാതുവിപരിണമനങ്ങൾ.

$_{4}$ബെറില്ലിയം^{9} + $_{2}$ആൽഫകണം^{4} → $_{6}$കരി^{12} + $_{0}$ന്യൂട്രോൺ^{1}

$_{4}$ബെറില്ലിയം^{9} + $_{1}$ഡ്യൂട്രോൺ^{2} → $_{5}$ബോറൻ^{10} + $_{0}$ന്യൂട്രോൺ^{1}

ഇവയിലെല്ലാം മുകളിൽ വലത്തുഭാഗത്തായി ചേത്തിരിക്കുന്നതു ഭാരത്തേയും താഴെ ഇടത്തുഭാഗത്തായി ചേത്തിരിക്കുന്നതു ധനപരമായ ആരോപത്തേയും കുറിക്കുന്ന സംഖ്യകളാണ്. ഈ ഓരോ പരിവത്തനത്തിലും ധാരാളം ശക്തിയും വിമുക്തമാകുന്നുണ്ട്. ഇത്തരമുള്ള ചില സംഭവങ്ങൾകൊണ്ടാണ് സൂൎയ്യനും, മററു നക്ഷത്രങ്ങൾക്കും ചൂടും വെളിച്ചവും നല്കുന്നതിന്നു കഴിയുന്നതു് എന്നു ചില ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വിശ്വസിക്കുന്നു.

(ഘ) കൃത്രിമതേജഃപ്രസരണം

മുമ്പു വിവരിച്ച ഭാഷയിൽത്തന്നെ കൃത്രിമതേജഃപ്രസരണം ചെയ്യുന്ന ധാതുക്കളുണ്ടാകുന്നതിനെ വിവരിക്കാം. അഞ്ചു ധാതുക്കളിൽനിന്ന് ഒരേ ധാതുതന്നെ ഉത്ഭവിക്കുന്നതായി കാണുന്നു.

$_{12}$മെഗ്നീഷിയം^{25} + $_{2}$ആൽഫകണം^{4} → $_{13}$അലൂമിനിയം^{28} + $_{1}$പ്രോട്ടോൻ^{1}

$_{13}$അലൂമിനിയം^{27} + $_{1}$ഡ്യൂട്രോൺ^{2} → $_{13}$അലൂമിനിയം^{28} + $_{1}$പ്രോട്ടോൻ^{1}

$_{13}$അലൂമിനിയം^{27} + $_{0}$ന്യൂട്രോൺ^{1} → $_{13}$അലൂമിനിയം^{28}

$_{14}$സിലിക്കൻ^{28} + $_{0}$ന്യൂട്രോൺ^{1} → $_{13}$അലൂമിനിയം^{28} + $_{1}$പ്രോട്ടോൻ^{1}

$_{15}$ഫോസ്ഫറസ്^{31} + $_{0}$ന്യൂട്രോൺ^{1} → $_{13}$അലൂമിനിയം^{28} + $_{2}$ആൽഫകണം^{4}

ഈ അലൂമിനിയം ഒരു ആൽഫകണത്തെ വിമോചിപ്പിച്ചു സിലിക്കനായിത്തീരുന്നു.

$_{13}$അലൂമിനിയം^{28} → $_{14}$സിലിക്കൺ^{28} + $_{-1}$ഇലക്ട്രോൺ^{0}

ഇതുപോലെ ഒരേതരം കണങ്ങളുടെ മർദ്ദനഫലമായി ഒരേ മൂലകവും വിവിധരൂപങ്ങളെ കൈക്കൊള്ളുന്നതായും കാണുന്നുണ്ട്.

$_{13}$അലൂമിനിയം^{27} + $_{2}$ആൽഫകണം^{4} → $_{14}$സിലിക്കൺ^{30} + $_{1}$പ്രോട്ടോൺ^{1} അല്ലെങ്കിൽ $_{15}$ഫോസ്ഫറസ്^{30} + $_{0}$ന്യൂട്രോൺ^{1}

$_{13}$അലൂമിനിയം^{27} + $_{1}$ഡ്യൂട്രോൺ^{2} → $_{13}$അലൂമിനിയം^{28} + $_{1}$പ്രോട്ടോൺ^{1}

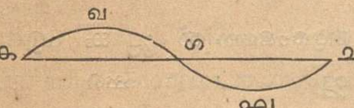
$_{13}$അലൂമിനിയം^{27} + $_{0}$ന്യൂട്രോൺ^{1} → { $_{11}$സോഡിയം^{24} + $_{2}$ആൽഫകണം^{4}, $_{12}$മെഗ്നീഷിയം^{27} + $_{1}$പ്രോട്ടോൺ^{1}, $_{13}$അലൂമിനിയം^{28} എന്നിവയിൽ ഏതെങ്കിലുമാകാം.

(ങ) തരംഗങ്ങൾ

പ്രകാശം തരംഗരൂപത്തിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന സിദ്ധാന്തം ഹ്യൂജൻസ് ആവിഷ്കരിച്ചു. 1864-ൽ ജയിംസ് ക്ലാർക്ക് മാക്സ്‌വെൽ വെളിച്ചവും, വൈദ്യുതശക്തിയും, കാന്തശക്തിയും സർവ്വവ്യാപിയായ ഈതറിൽ വിലങ്ങനെ ഉണ്ടാകുന്ന അലകളാണെന്നു (Transverse waves) അഭിപ്രായപ്പെട്ടു.

തരംഗങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചു മൂന്നു സംഗതികളാണറിയേണ്ടതു്. നിശ്ചലാവസ്ഥ വിട്ടു് ഉച്ചാവസ്ഥ പ്രാപി

ച്ച് വീണ്ടും നിശ്ചലത്തിലെത്തി അവിടെനിന്നു നീചാവസ്ഥയോളം ചെന്നു പിന്നേയും നിശ്ചലാവസ്ഥ പ്രാപിക്കുന്നതിന്നിടയ്ക്കു് ഓരോ തരംഗവും അല്പദൂരം സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇതാണു് ആ തരംഗത്തിന്റെ ദൈർഘ്യം. തരംഗത്തിന്റെ ആകൃതി ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെയാണു്.



'ക' തൊട്ടു 'ച' വരെയുള്ള ദൂരമാണു് തരംഗദൈർഘ്യം. അതിന്നിടയ്ക്കു് 'ഖ' എന്ന ഉച്ചാവസ്ഥയും, 'ഗ' എന്ന നിശ്ചലാവസ്ഥയും, 'ഘ' എന്ന നീചാവസ്ഥയും ഉണ്ടായിരിക്കും. ഇങ്ങിനെ ഒരു സെക്കണ്ടിന്നിടയ്ക്കുണ്ടാകുന്ന തരംഗങ്ങളുടെ എണ്ണമാണു, ആ തരംഗത്തിന്റെ——അത്തരം തരംഗങ്ങളെ ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റേയും——വീപ്സാവേഗം (Frequency). തരംഗദൈർഘ്യത്തേയും വീപ്സാവേഗത്തേയും കൂടി ഗുണിച്ചാൽ പ്രസ്തുത തരംഗത്തിന്റെ വേഗത ലഭിക്കും. എല്ലാ വൈദ്യുതകാന്തതരംഗങ്ങളുടേയും (വെളിച്ചത്തിന്റേയും) വേഗത സെക്കണ്ടിൽ 3×10^{10} സെന്റിമീറ്റർ (186000 നാഴിക ആണു്.

വിവിധവർണ്ണങ്ങളെ ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്നതു വിവിധദൈർഘ്യങ്ങളുള്ള തരംഗങ്ങളാണു്. ചുവപ്പുതൊട്ടു് ഊതംവരെയുള്ള വർണ്ണങ്ങളെ ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്ന പ്രകാശതരംഗങ്ങൾ മാത്രമേ നമുക്കു ദൃശ്യങ്ങളാകയുള്ളു. ചുമപ്പിന്നപ്പുറമുള്ളവയാണു് അപാരുണരശ്മികളെ ഉല്പാദിപ്പിക്കുന്ന തരംഗങ്ങളും, റേഡിയോ തരംഗങ്ങളും. റോൺട്ജൻരശ്മികൾ,

ഗാമാരശ്മികൾ എന്നിവ ഊതത്തിന്നിപ്പുറമുള്ള അതിപാടലരശ്മികളിൽപ്പെടുന്നു.

(ച) പ്ലാങ്കിൻെറ സാർവ്വത്രികമായ നിത്യരാശി

(Planck's Universal Constant)

ഈ നൂററാണ്ടിൻെറ ആരംഭത്തിൽ പ്ലാങ്കു എന്ന ജമ്മൻ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ വെളിച്ചം സത്വവിശേഷത്തെ അടക്കം ചെയ്തിരിക്കുന്ന കൊച്ചുകൊച്ചു സഞ്ചികളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നുവെന്ന വിപ്ലവകരമായ സിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിച്ചു. ഓരോ വീപ്സാവേഗത്തോടും ബന്ധപ്പെട്ടുകിടക്കുന്നതു് ഓരോ വലിപ്പത്തിലുള്ള സഞ്ചികളാണെന്നും, തരംഗത്തിൻെറ വീപ്സാവേഗത്തെ ഒരു നിത്യരാശികൊണ്ടു് (Constant) ഗുണിച്ചാൽ ആ തരംഗത്തിനോടു ബന്ധപ്പെട്ടുകിടക്കുന്ന സത്വവിശേഷം എത്രയാണെന്നറിയാമെന്നും അദ്ദേഹം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. അങ്ങിനെ നോക്കുമ്പോൾ ഊതരശ്മികളുടെ പക്കൽ രക്തരശ്മികളുടെ പക്കലുള്ളതിൻെറ ഇരട്ടി സത്വവിശേഷമുണ്ടെന്നു കാണാം. താൻ ആദ്യമായി ഗണിച്ചുണ്ടാക്കിയ നിത്യരാശിയെ പ്ലാങ്കു പ്രവൃത്തിയുടെ പ്രാഥമികകണികയെന്നു കരുതി. ശാസ്ത്രലോകം അതിനെ പ്ലാങ്കിൻെറ നിത്യരാശി എന്നു വിളിച്ചുവരുന്നു. സത്വവിശേഷത്തെ എർഗ്ഗുകളേയും, സെക്കണ്ടിലുള്ള വീപ്സാവേഗത്തേയും ആസ്പദമാക്കുന്നപക്ഷം ഈ നിത്യരാശിയുടെ മൂല്യം 6.55×10^{-27} (അതായതു് ദശാംശബിന്ദുവിന്നുശേഷം ഇരുപത്താറു പൂജ്യങ്ങൾ ചേർത്തു 655 എന്നെഴുതുക) ആണു്. മഞ്ഞവെളിച്ചത്തിൻെറ

തരംഗദൈർഘ്യം 0.000589 മില്ലിമീററും വിസ്പാവേഗം സെക്കണ്ടിൽ 509×10^{12} ഉം ആണ്. തത്തുല്യമായ സത്വവിശേഷം 3.33×10^{-12} എർഗ്ഗ അഥവാ 2.1 ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ടുകളാണെന്നു കണക്കാക്കി നോക്കിയാൽ കാണാം.

പ്ലാങ്കിൻെറ നിത്യരാശിയെ ഉപയോഗിച്ചാണ് ബോർ ഹൈഡ്രജനിൽനിന്നും മററും ഉൽഭൂതമായേക്കാവുന്ന പ്രകാശതരംഗങ്ങളുടെ ദൈർഘ്യം കണക്കാക്കിയത്. ഡിബ്രോഗ്ലിയുടേയും മററും സിദ്ധാന്തങ്ങളിൽ ഇതിന്നു പ്രധാനമായ ഒരു സ്ഥാനമുണ്ട്. ചുരുക്കത്തിൽ നവീന ശാസ്ത്രലോകത്തിൽ ഈ നിത്യരാശിക്കുള്ള സ്ഥാനം നിരുപമമാണ്.

(ഛ) ധാതുക്കളുടെ പേരുവിവരങ്ങൾ

ധാതുക്കളുടെ പരമാണുഘടനയേയും, ഐസോടോപ്പുകളുടെ എണ്ണത്തേയും കാണിച്ചുകൊണ്ടുള്ള പട്ടിക താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ധാരാളമായി കണ്ടുവരുന്ന ഐസോടോപ്പുകളെ ബ്രാക്കററിന്നുള്ളിൽ കൊള്ളിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒടുവിലത്തെ കോളത്തിൽ മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ഏതേതു ചക്രങ്ങളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു എന്നും കാണിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ഗണം (1)	പരമാണു സംഖ്യ (2)	ധാതുവിന്റെ പേർ (3)	പരമാണുഭാരം (മൂലകന്ദത്തിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകൾ) (4)	മൂലകന്ദത്തിന്നു പുറമേയുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ (അവ ഏതേതു ചക്രങ്ങളിലാണെന്നും) (5)
I	1	ഹൈഡ്രജൻ	(1),2,3.	1
	2	ഹീലിയം	3,(4)	2
II	3	ലിത്തിയം	6,(7)	2,1
	4	ബെറില്ലിയം	(9)	2,2
	5	ബോറൻ	10,(11)	2,3
	6	കരി	(12),13	2,4
	7	നൈട്രജൻ	(14),15	2,5
	8	ഓക്സിജൻ	(16),17,18	2,6
	9	ഫ്ലോറിൻ	(19)	2,7
	10	നിയോൺ	(20),21,22	2,8
III	11	സോഡിയം	(23)	2,8,1
	12	മെഗ്നീഷിയം	(24),25,26	2,8,2
	13	അലൂമിനിയം	(27)	2,8,3
	14	സിലിക്കൺ	(28),29,30	2,8,4

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
III	15	ഫോസ്ഫറസ്	(31)	2,8,5
	16	ഗന്ധകം	(32),33,34	2,8,6
	17	ക്ലോറിൻ	(35),(37)	2,8,7
	18	ആർഗൻ	36,38,(40)	2,8,8
IV	19	പൊട്ടാസിയം	(39),41	2,8,8,1
	20	കാൽസിയം	(40),42,43,44	2,8,8,2
	21	സ്കാൻഡിയം	(45)	2,8,9,2
	22	ടിറ്റാനിയം	46,47,(48), 49,50	2,8,10,2
	23	വനേഡിയം	(51)	2,8,11,2
	24	ക്രോമിയം	50,(52),53,54	2,8,13,1
	25	മാംഗനീസ്	(55)	2,8,13,2
	26	ഇരുമ്പ്	54,(56),57,58	2,8,14,2
	27	കൊബാൾട്ട്	(59)	2,8,15,2
	28	നിക്കൽ	(58), 60, 61, 62,64	2,8,16,2

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
IV	29	ചെമ്പ്	(63),(65)	2,8,18,1
	30	തുത്തനാകം	(64),(66),67, 68,70	2,8,18,2
	31	ഗാലിയം	(69),(71)	2,8,18,3
	32	ജർമ്മാനിയം	(70),(72),73, (74),76	2,8,18,4
	33	ആർസനിക്ക് (പാഷാണം)	(75)	2,8,18,5
	34	സെലനിയം	(74),(76),(77), (78),80),82	2,8,18,6
	35	ബ്രോമിൻ	(79),(81)	2,8,18,7
	36	ക്രിപ്ടോൻ	78,80,82,83, (84),86	2,8,18,8
V	37	റബീഡിയം	(85),(87)	2,8,18,8,1
	38	സ്റ്റ്രോൻഷിയം	84,86,87,(88)	2,8,18,8,2
	39	യിട്രിയം	(89)	2,8,18,9,2
	40	സർക്കോണിയം	(90) 91,92, (94),96	2,8,18,10,2
	41	നിയോബിയം	(93)	2,8,18,12,1
	42	മോളിബ്ഡീനം	92,94,95,96, 97,(98),100	2,8,18,13,1
	43	മസൂറിയം	…………	2,8,18,14,1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	44	റുതീനിയം	96,98,99,100 (101),(102),104	2,8,18,15,1
	45	റോഡിയം	(103)	2,8,18,16,1
	46	പല്ലഡിയം	102,(104),(105) (106),(108)	2,8,18,18
	47	വെള്ളി	(107),(109)	2,8,18,18,1
	48	കാഡ്മിയം	106,108,110, 111,(112)113, (114),116,118	2,8,18,18,2
V	49	ഇൻഡിയം	113, (115)	2,8,18,18,3
	50	തകരം	112,114,115, 116,117,(118) 119,(120)122, 124	2,8,18,18,4
	51	അഞ്ജനം	(121),(123)	2,8,18,18,5
	52	ടെലൂറിയം	120,122,123 124,125,(126) (128),130	2,8,18,18,6
	53	അയോഡിൻ	(127)	2,8,18,18,7
	54	ക്സിനൻ	124,126,128, (129),130,(131) (132),134,136	2,8,18,18, 8
VI	55	സീസിയം	(133)	2,8,18,18,8,1
	56	ബേറിയം	135,136,137, (138)	2,8,18,18,8,2

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	57	ലന്തനം	(139)	2,8,18,18,9,2
	58	സെറിയം	136,138,(140), 142	2,8,18,19,9,2
	59	പ്രെസിയോഡിമിയം	(141)	2,8,18,20,9,2
	60	നിയോഡിമിയം	(142),143,(144), 145,146	2,8,18,21,9,2
	61	ഇല്ലിനിയം	....	2,8,18,22,9,2
	62	സമേറിയം	144,147,148, 149,150,(152), (154)	2,8,18,23,9,2
	63	യൂറോപ്പിയം	(151),(153)	2,8,18,24,9,2
VI	64	ഗഡോലിനിയം	(155),(156),157, (158),160	2,8,18,25,9,2
	65	ടർബിയം	(159)	2,8,18,26,9,2
	66	ഡിസ്പ്രോസിയം	(161),(162), (163),(164)	2,8,18,27,9,2
	67	ഹോൽമിയം	(165)	2,8,18,28,9,2
	68	എർബിയം	(166),(167), (168),170	2,8,18,29,9,2
	69	തൂലിയം	(169)	2,8,18,30,9,2
	70	യട്ടർബിയം	171,(172),173, (174),176	2,8,18,31,9,2
	71	ല്യൂറ്റീസിയം	(175)	2,8,18,32,9,2
	72	ഹാഫ്നിയം	176,177,(178), 179,(180)	2,8,18,32,10,2

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	73	ടാൻറലം	(181)	2,8,18,32,11,2
	74	ടങ്ങ്സ്റ്റൺ	182,183,(184),(186)	2,8,18,32,12,2
	75	റീനിയം	(185),(187)	2,8,18,32,1,32
	76	ഓസ്മിയം	186,188,189,(190),(192)	2,8,18,32,14,2
	77	ഇറിഡിയം	(191),(193)	2,8,18,32,15,2
	78	പ്ലാററിനം	192,(194),(195)(196),198	2,8,18,32,16,2
	79	സ്വർണ്ണം	(197)	2,8,18,32,17,2
VI	80	രസം	196,198,199,(200),201,(202)204	2,8,18,32,18,2
	81	താലിയം	(203),(205)	2,8,18,32,18,3
	82	ഈയ്യം	204,(206),(207)(208)	2,8,18,32,18,4
	83	ബിസ്മത്ത്	(209)	2,8,18,32,18,5
	84	പൊളോണിയം	....	2,8,18,32,18,6
	85	കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ല	....	2,8,18,32,18,7
	86	റേഡോൺ	(222)	2,8,18,32,18,8

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	87	കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ല	....	2,8,18,32,18,8,1
	88	റേഡിയം	(226)	2,8,18,32,18,8,2
	89	ആക്ററിനിയം	(227)	2,8,18,32,18,9,2
VII	90	തോറിയം	(232)	2,8,18,32,18,10,2
	91	പ്രോട്ടോ ആക്ററിനിയം	(231)	2,8,18,32,18,11,2
	92	യുറേനിയം	235, (238)	2,8,18,32,18,12,2

(ജ) വാക്യാത്ഥസൂചി

A

Anode=ധനധ്രുവം

Atom=പരമാണു

C

Cathode=ഋണധ്രുവം

Charge=ആരോപം

Compound=സംയുക്തകം

Constant=നിത്യരാശി

Cosmic Rays=ബ്രഹ്മരശ്മികൾ

D

Deflection=വിചലനം

E

Electricity=വിദ്യുച്ഛക്തി, വൈദ്യുതി

Electric Field=വൈദ്യുതമണ്ഡലം

Electrolysis=വൈദ്യുതവിച്ഛേദനം

Element=ധാതു

Energy=സത്വവിശേഷം

F

Force=ശക്തി

I

Integer=(അഭിന്ന, പൂൎണ്ണ)സംഖ്യ

Ionisation=അയോണീകരണം

K

Kinetic Energy= ചലനാത്മകമായ സത്വവിശേഷം

M

Mass=പിണ്ഡം

Magnetic Field=കാന്തമണ്ഡലം

Molecule=അണു

O

Orbit=വ്യൂഹം, ഭ്രമണചക്രം

P

Particle=കണം

Periodic Table=ആവർത്തക സാരിണി

Projectile=പ്രക്ഷേപകവസ്തു

Q

Quantum=കണിക

R

Radius=വ്യാസാർദ്ധം

Radio active elements=സാരകധാതുക്കൾ

S

Spectrum=വർണ്ണവിരാജിക

V

Vibrate=ചഞ്ചലിക്കുക

W

Weight=ഭാരം, തൂക്കം

ഇംഗ്ലീഷിലുള്ള ഇലക്ട്രോൺ, പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ, ന്യൂട്രിനൊ, ഡ്യൂട്രോൺ, പോസിട്രോൺ, അയോൺ, ഐസോടോപ്പ്, ഐസോബാർ എന്നീ പദങ്ങളെ അങ്ങിനെത്തന്നെ ഈ പുസ്തകത്തിലും ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു.