KOTTAYAM PUBLIC LIBRARY

Call No. M500

Acc. No. 428[illegible]3

Author മഹേശ്വരൻനമ്പൂതിരിപ്പാട്

Title ആ[illegible]ന്തം

ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം

KOTTAYAM PUBLIC LIBRARY
KOTTAYAM

(Malayalam)

Aapekshikasiddhantam

Science

By K. B. MAHESWARAN NAMBUDIRIPPAD
Lecturer, Regional Engineering College
Calicut

First Published December 1968

Printed at
INDIA PRESS, KOTTAYAM

Price Rs. 1.75

Rights Reserved

Publishers:
Sahitya Pravarthaka Co-operative Society Ltd., Kottayam, Kerala State

Sales Department:
NATIONAL BOOK STALL
Kottayam Kerala State India

ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം

(സയൻസ്)

KOTTAYAM PUBLIC LIBRARY
42833

കെ. ബി. മഹേശ്വരൻ നമ്പൂതിരിപ്പാട്

പ്രസാധകന്മാർ
സാഹിത്യപ്രവർത്തക സഹകരണസംഘം

നാഷനൽ ബുക്ക്സ്റ്റാൾ
കോട്ടയം

വില ക. 1.75

S2182 B1371 81/68–69 1–1000 JK 118

KOTTAYAM PUBLIC LIBRARY
KOTTAYAM

മുഖവുര

ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തെക്കുറിച്ച് ഒരു ലഘു വിവരണമാണ് ഈ കൊച്ചുപുസ്തകം. ആപേക്ഷിക സിദ്ധാന്തത്തിൻെറ ഗണിതശാസ്ത്രീയവും ഗഹനവുമായ ഭാഗമൊന്നും ഇതിലില്ല. അതിനെക്കുറിച്ച് എഴുതുവാൻ ഈ ഗ്രന്ഥകർത്താവിനു പാണ്ഡിത്യവുമില്ല.

പൊതുവായനക്കാർക്കുവേണ്ടി ഇംഗ്ലീഷിൽ എഴുതിയ പല സാമാന്യവിവരണങ്ങളേയും അനുകരിച്ചാണ് ഇതെഴുതിയിട്ടുള്ളതു്. ഒരു പ്രത്യേകഗ്രന്ഥത്തിൻെറയും നേരിട്ടുള്ള തർജ്ജമ അല്ലെങ്കിലും ആശയങ്ങൾ മാത്രമല്ല, അവതരണരീതിയും മററു പല പുസ്തകങ്ങളിൽ നിന്നും എടുത്തതാണ്.

ഈ പുസ്തകമെഴുതുവാൻ പ്രോത്സാഹിപ്പിച്ച ശ്രീമാന്മാർ പി. ടി. ഭാസ്കരപ്പണിക്കർ, കെ. ആർ. രാജൻ, വി. കെ. ദാമോദരൻ, കെ. വിൻസൻറ് പോൾ എന്നിവരോടും ഇതിലേക്കു വേണ്ട ചിത്രങ്ങൾ വരച്ചുതന്ന ശ്രീ കേദാരനാഥദത്തയോടും ഈ ഗ്രന്ഥകർത്താവിനുള്ള കൃതജ്ഞത ഇവിടെ രേഖപ്പെടുത്തട്ടെ.

ഉള്ളടക്കം

1	ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിൻെറ പശ്ചാത്തലം	9
2	വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം	34
3	സാമാന്യാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം	60

1. ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിൻെറ പശ്ചാത്തലം

ഐൻസ്റ്റീൻ, ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം എന്നെല്ലാം എല്ലാവരും കേട്ടിരിക്കും. എന്നാൽ ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം എന്താണെന്നു വളരെ ചുരുക്കമായെങ്കിലും അറിയുന്നവർ, നിർഭാഗ്യവശാൽ ഗണിതശാസ്ത്രത്തിലും ഫിസിക്സിലും ബിരുദമെടുത്തിട്ടുള്ളവരുടെ ഇടയിൽപ്പോലും കുറവാണു്. സാങ്കേതികപദങ്ങളും ഫോർമുലകളും വിട്ടുകളഞ്ഞു് ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിലെ അതിപ്രധാനവും എളുപ്പവുമായ ചില സംഗതികൾ സാധാരണക്കാൎക്കു മനസ്സിലാവുന്ന വിധത്തിൽ സരളമായി പ്രതിപാദിക്കാനാണു് ഉദ്ദേശിക്കുന്നതു്.

ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിനു മുമ്പുള്ള ഫിസിക്സിൽ ഏറ്റവുമധികം സ്വാധീനശക്തി ചെലുത്തിയ വ്യക്തി ന്യൂട്ടനായിരുന്നു. ചലന(motion)ത്തെക്കുറിച്ചും ഭൂാകർഷണത്തെക്കുറിച്ചും അദ്ദേഹത്തിൻെറ നിഗമനങ്ങൾ ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിനുമുമ്പുള്ള ഫിസിക്സിൽ—അതായതു്, ക്ലാസിക്കൽ ഫിസിക്സിൽ—പ്രാമാണികങ്ങളായിരുന്നു. അവയിൽ ചിലതിനെക്കുറിച്ചു രണ്ടു വാക്കു പറയേണ്ടതു് ഉചിതവും ആവശ്യവുമാണെന്നു തോന്നുന്നു.

മാസ്സ്

വസ്തുക്കൾക്കു നീളം, വീതി എന്നിവയെപ്പോലെ

മറെറാരു പ്രധാനഗുണമുണ്ട്, മാസ്സ്. ഇത്ര വസ്തുവുണ്ട് എന്നു നിർദ്ദേശിക്കുവാൻ വസ്തുക്കളിലെ ദ്രവ്യത്തിൻെറ ഒരു പരിമാണമാണിതു്. ഈ പറഞ്ഞതിൽനിന്നു മാസ്സ് എന്നുവെച്ചാൽ ഇടങ്ങഴി എന്നോ ലിററർ എന്നോ പറയുന്നമാതിരി ഒരു അളവിൻെറ പേരാണെന്നു ധരിക്കരുതു്. ഈ മേശയ്ക്കു രണ്ടുമീററർ നീളമുണ്ടെന്നു പറയുന്നപോലെ ഈ വസ്തുവിനു് ഇത്ര മാസ്സ് ഉണ്ടെന്നു പറഞ്ഞാൽ ആ വസ്തുവിൽ എത്രമാത്രം പദാൎത്ഥം അഥവാ ദ്രവ്യം ഉണ്ടെന്നു പറഞ്ഞുകഴിഞ്ഞു. ഈ മാസ്സിനു് അതേ വസ്തുവിൻെറ തൂക്കത്തോടു് ഒരു ഏകദേശസാമ്യമുണ്ട്, എന്നാൽ രണ്ടും ഒന്നല്ലതാനും. വസ്തുക്കൾക്കു തൂക്കം അനുഭവപ്പെടുന്നതു് ഭൂമിയുടെ ആകൎഷണംനിമിത്തമാണു്. ആകൎഷണശക്തി കുറഞ്ഞ ഒരിടത്തേക്കു്—ചന്ദ്രനിലേക്കോ മറേറാ—കൊണ്ടുപോയാൽ വസ്തുക്കളുടെ തൂക്കം വളരെ കുറയും, എന്നാൽ മാസ്സിനു വ്യത്യാസമില്ല. എന്തെന്നാൽ ആ വസ്തുക്കളിലെ ദ്രവ്യം കൂടുകയോ കുറയുകയോ ചെയ്യുന്നില്ലല്ലോ. ക്ലാസിക്കൽ ഫിസിക്സ് അനുസരിച്ച് ഒരു വസ്തുവിൻെറ മാസ്സ് സ്ഥിരമായിരിക്കും, അതായതു്, വേറെ വസ്തു ചേൎക്കുകയോ, വസ്തുവിൻെറ ഒരുഭാഗം നീക്കുകയോ ചെയ്യാത്തിടത്തോളംകാലം, ആ വസ്തുവിനെ ചൂടുപിടിപ്പിക്കുകയോ, തണുപ്പിക്കുകയോ, ഉരുക്കുകയോ എന്തുചെയ്താലും മാസ്സ് സ്ഥിരമായിരിക്കും, അതു മാറുകയില്ല.

ന്യൂട്ടൻെറ ചലനനിയമങ്ങൾ

ചലനത്തെക്കുറിച്ച് ന്യൂട്ടൻെറ നിയമങ്ങൾ എന്നു പ്രസിദ്ധങ്ങളായ മൂന്നു നിയമങ്ങളുണ്ട്:

(i) ബലം അല്ലെങ്കിൽ ശക്തി പ്രയോഗിക്കുന്നി

...AYAM PUBLIC LIBRARY

ല്ലെങ്കിൽ നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തു നീങ്ങിക്കൊണ്ടേയിരിക്കും; അതിൻെറ വേഗം മാറുകയില്ല, അതിൻെറ ദിശയും മാറുകയില്ല. അതുപോലെത്തന്നെ ചലനമററു കിടക്കുന്ന വസ്തു ചലിക്കുകയുമില്ല. ഇതാണ് ഒന്നാമത്തെ നിയമം. "എന്ത്? നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തു ബലംപ്രയോഗിച്ചില്ലെങ്കിലും അതേ ദിശയിൽ അതേ വേഗത്തിൽ നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുമെന്നോ? എന്നാൽ സൈക്കിൾ സ്പീഡെടുത്തുകഴിഞ്ഞാൽ പെഡൽ ചവിട്ടാതെതന്നെ അതേ വേഗത്തിൽ പോകണമല്ലോ? അതു സംഭവിക്കുന്നുമില്ല. അതിനെന്താണു കാരണം?" എന്നൊരു പൂർവ്വപക്ഷമുണ്ടായേക്കാം. സൈക്കിളിന്മേൽ ഘർഷണം(Friction—ഉരസൽ)നിമിത്തമായി ഒരു പ്രതിരോധശക്തി പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നതിനാലാണ് പെഡൽ ചവിട്ടിയില്ലെങ്കിലും വേഗം കുറഞ്ഞുപോകുന്നത്.

(ii) മണിക്കൂറിൽ 50 കിലോമീററർ സ്പീഡിൽ പോകുന്ന ഒരു കാറ് സ്പീഡെടുത്തു വേഗം കൂടിക്കൂടി വരികയാണെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇപ്പോൾ സ്പീഡ് 55, ഇതാ ഇപ്പോൾ 60 ആയി, 65 ആവുന്നു. ഈ സമയത്തു് മണിക്കൂറിൽ 50 കിലോമീറ്റർ വേഗമുണ്ടായിരുന്നതു് മാറിവരുന്നുണ്ട്. വേഗം മാറുന്നുണ്ടെങ്കിൽ വേഗവൃദ്ധി (Acceleration—ആക്സിലറേഷൻ) ഉണ്ടെന്നു പറയാം. കാറിനും മററും ആക്സിലറേറ്റർ എന്നു കേട്ടിട്ടില്ലേ? അതു് ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടാക്കുവാൻ, അതായതു് വേഗം കൂട്ടുവാൻ, ഉള്ളതാണ്. സാധാരണ തീവണ്ടി പുറപ്പെട്ടു ഫുൾസ്പീഡിൽ എത്തുവാൻ കുറെ നേരംപിടിക്കും. ഓറഞ്ചുവില്പനക്കാർക്കും മററും പ്ലാററ്ഫോം വിട്ടിട്ടുപോലും വണ്ടിയിലേക്കു കയറുവാൻ വിഷമമില്ല. എന്നാൽ ഇലക്ട്രിക് ട്രെയിൻ നോക്കൂ. പുറപ്പെട്ടുമ്പോഴേക്കും

ഫുൾസ്പീഡിൽ എത്തിയെന്നു തോന്നും. പ്ലാററ്ഫോം വിട്ടുകഴിയുമ്പോഴേക്കും വണ്ടിയിൽ കയറുവാൻ വയ്യാത്തവിധം സ്പീഡായിക്കഴിയും. സാധാരണതീവണ്ടിയുടെ ആക്സിലറേഷൻ കുറവാണു്, ഇലക്ട്രിക്ട്രെയിനിൻെറ ആക്സിലറേഷൻ വളരെ കൂടുതലും. വേഗം മാറാതെ ദിശമാത്രം മാറുകയാണെങ്കിലും ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടു്. ഒരേ വേഗത്തിൽ വൃത്താകാരത്തിലുള്ള പന്ഥാവിൽ ചലിക്കുന്ന വസ്തുവിനും ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടു്.

മാസ്സ് മാറാത്ത ഒരു വസ്തുവിന്മേൽ ഒരു ബലം (ശക്തി) പ്രയോഗിച്ചാൽ അതിനു ശക്തി പ്രയോഗിച്ച ദിശയിൽ ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടാകും. കൂടുതൽ ബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ കൂടുതൽ ആക്സിലറേഷൻ, കുറച്ചെങ്കിൽ കുറച്ചു്. ന്യൂട്ടൻെറ രണ്ടാമത്തെ ചലനനിയമം ഇതാണെന്നു പറയാം.

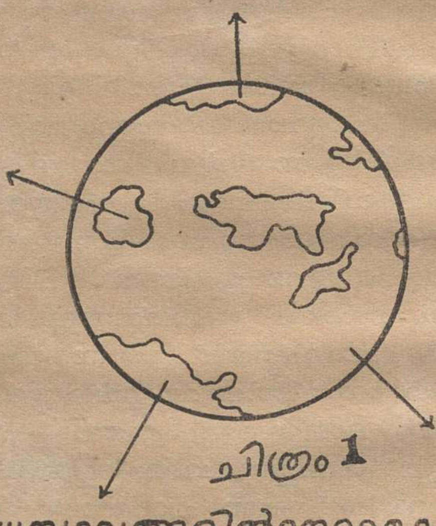
(iii) രണ്ടു വസ്തുക്കൾ പരസ്പരം പ്രയോഗിക്കുന്ന ശക്തി തുല്യമാണെന്നാണു് ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാമത്തെ നിയമം. അതായതു്, രാമൻ കൃഷ്ണൻെറ ചെകിടത്തു് അടിച്ചാൽ രാമൻെറ കൈയും വേദനിക്കുമെന്നർത്ഥം. കൃഷ്ണൻെറ ചെകിടു് രാമന്റെ കൈയിനെ അടിച്ചുവെന്നും പറയാം. ക്രിമിനൽ വക്കീലന്മാൎക്കു് ഒരു പോയിൻറായി, വാദി പ്രതിയുമായി!

ഐൻസ്റ്റീൻെറ ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിൻെറ രണ്ടു ഭാഗങ്ങളാണു വിശേഷസിദ്ധാന്തവും സാമാന്യസിദ്ധാന്തവും. ചില പ്രത്യേകസന്ദൎഭങ്ങളിൽമാത്രം ബാധകമാണെങ്കിൽ വിശേഷസിദ്ധാന്തമെന്നും കൂടുതൽ വിപുലമായ സന്ദൎഭങ്ങളിൽ ബാധകമാണെങ്കിൽ സാമാന്യസിദ്ധാന്തമെന്നും, സിദ്ധാന്തങ്ങളെ തരംതിരിക്കാം.

വേഗവും ദിശയും മാറാതെ വസ്തുക്കൾ സഞ്ചരിക്കുമ്പോഴത്തെ അവസ്ഥകളേയും സ്ഥിതികളേയും പററിയുള്ളതാണു വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം. നേരെമറിച്ച് ആക്സിലറേഷൻകൂടി ഉണ്ടെങ്കിൽ അതു സാമാന്യാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പരിധിയിൽ ഉൾപ്പെട്ടു. 'General Theory of Relativity' എന്നു് ഇംഗ്ലീഷിൽ പറയുന്ന സാമാന്യസിദ്ധാന്തത്തിനു് Special Theory അല്ലെങ്കിൽ Restricted Theory എന്നു പറയുന്ന വിശേഷസിദ്ധാന്തത്തോളം അംഗീകാരം ലഭിച്ചിട്ടില്ല; അതു വിശേഷസിദ്ധാന്തത്തേക്കാൾ വളരെയേറെ ഗഹനവുമാണു്. പ്രധാനമായും വിശേഷസിദ്ധാന്തത്തെപ്പറ്റിയാണു താഴെ വിവരിക്കുവാൻ പോകുന്നതു്. 'ക്വാണ്ടംസിദ്ധാന്ത'ത്തോടു (Quantum Theory) കൂടിക്കലൎന്നുകിടക്കുന്ന ഭാഗമൊന്നും, പ്രതിപാദിക്കുവാൻ നിവൃത്തിയില്ല.

നമുക്കു ചെയ്യുവാൻ കഴിയുന്ന എല്ലാ പ്രസ്താവനകൾക്കും അൎത്ഥമില്ലെന്നു സൎവ്വവിദിതമാണല്ലോ. ('രാഷ്ട്രീയ'ക്കാരേയും 'കവിത'ക്കാരേയും മാത്രമല്ല ഇവിടെ ഉദ്ദേശിക്കുന്നതു്!) "മേശ മധുരത്തെക്കാൾ ഇന്നലെ ഓട്ടം" എന്നതിനു് ഒരൎത്ഥവുമില്ലെന്നു സ്പഷ്ടമാണു്. ചില സന്ദൎഭങ്ങളിൽ പ്രസ്താവനകൾക്കു് അൎത്ഥമില്ലെങ്കിലും അതത്ര വ്യക്തമായി പ്രഥമദൃഷ്ടിയിൽ തോന്നുകയില്ല. "ഞങ്ങളുടെ സ്ക്കൂൾ റോഡിൻെറ വലതുവശത്താണു്" എന്നു പറയുന്നതിനു് ഒരൎത്ഥവുമില്ല, എങ്ങോട്ടു പോകുമ്പോൾ വലതുവശത്തു് എന്നുകൂടി പറഞ്ഞില്ലെങ്കിൽ. "പുഴയുടെ വലത്തെക്കരയിൽ" എന്നു പറഞ്ഞാൽ പുഴ ഒഴുകുന്ന ദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരാളുടെ വലത്തുവശമെന്നു പ്രത്യേകം പറഞ്ഞില്ലെങ്കിലും അൎത്ഥം സിദ്ധിക്കുന്നതുകൊണ്ടു് ഏതുഭാഗമാണു വിവക്ഷിക്കുന്നതെന്നു മനസ്സി

ലാകും. വലത്തു്, ഇടത്തു് എന്നു പറയുന്നതു് ആപേക്ഷികമാണു്. ഒരു ദിശയെ അപേക്ഷിച്ചു പറഞ്ഞാൽ മാത്രമെ വലത്തെന്നോ ഇടത്തെന്നോ പറയുന്നതിനു് അർത്ഥമുണ്ടാകയുള്ളൂ. അതുപോലെതന്നെ ഇപ്പോൾ ഉച്ചയ്ക്കു പന്ത്രണ്ടുമണിയാണെന്നു പറഞ്ഞാൽ എവിടെയാണെന്നുകൂടി പറയാത്തപക്ഷം അതിനു് അർത്ഥമില്ല. ഇവിടെ ഉച്ചയ്ക്കു പന്ത്രണ്ടുമണി സമയത്തു ലണ്ടനിലെ സമയം വേറെയാണു്. പറയുന്നസ്ഥലത്തു പന്ത്രണ്ടുമണി എന്നാണു് ഉദ്ദേശ്യമെങ്കിൽ സന്ദർഭത്തിനനുസരിച്ചു പറയാതെതന്നെ ചിലപ്പോൾ വ്യക്തമാകും, അപ്പോൾ ആ പ്രസ്താവനയ്ക്കു്



ചിത്രം 1

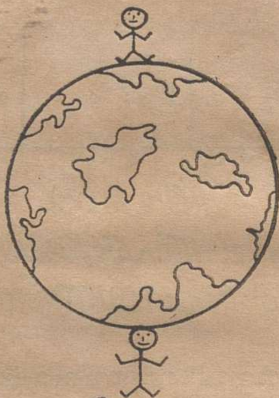
വിവിധസ്ഥലങ്ങളിൽനേരെമുകളിലേയ്ക്കു് എന്നു പറയുന്നദിശകൾ വിവിധങ്ങളാണു്

ചിത്രം ൨(a)

ഭൂമിപരന്നതാണെങ്കിൽഎല്ലായിടത്തും നേരെ മുകളിലേക്കു എന്നുപറയുന്നദിശ ഒന്നുതന്നെ

അത്ഥമുണ്ട്. ഇതെല്ലാം വായനക്കാക്ക് അറിയാവുന്ന വസ്തുതകളാണല്ലോ.

നേരെ മുകളിലേക്ക് എന്നു പറഞ്ഞാൽ ശൂന്യാകാശത്തിൽ ആ ദിശ ഏതാണെന്നു വ്യക്തമാവില്ല. കോഴിക്കോട്ട് നേരെ മുകളിലേക്ക് എന്നു പറയാവുന്ന ദിശ മററൊരിടത്തു ലണ്ടനിലോ മറേറാ നേരെമുകളിലേക്ക് ആവുകയില്ല. വിവിധസ്ഥലങ്ങളിൽ നേരെ മുകളിലേക്ക് എന്നു പറയുന്ന ദിശകൾ വിവിധങ്ങളാണ്. ഭൂമി ഉരുണ്ടതാണെന്ന് അറിയാവുന്ന നമുക്ക് ഈ സംഗതി എളുപ്പത്തിൽ മനസ്സിലാകും. എന്നാൽ, ഭൂമി പരന്നതാണെന്നു മനുഷ്യർ വിശ്വസിച്ചിരുന്നകാലത്തു നേരെ മുകളിലേക്ക് എന്നു പറഞ്ഞാൽ, ഭൂമിയിൽ എവിടെയാണെങ്കിലും ശരി, ശൂന്യാകാശത്തിൽ ഒരേ ദിശയിലാണെന്ന് അവർ ഉറപ്പിച്ചിരിക്കണം. അവരോട്ട ഭൂമി ഉരുണ്ടതാണെന്നു പറഞ്ഞാൽ അവർ പറഞ്ഞിരിക്കുവാൻ സാദ്ധ്യതയുള്ള ഒരു വാദം ഇതാ: "എങ്കിൽ അമേരിക്കയിലെ ആൾക്കാർ തല കീഴായി നില്ക്കേണ്ടിവരും, അവർ താഴോട്ടു് അഗാധഗത്തത്തിലേക്കു വീഴക



ചിത്രം ൨(b)

"ഭൂമി ഉരുണ്ടതാണെങ്കിൽ, അമേരിക്കയിലെ ആളുകൾ തലകീഴായി നില്ക്കേണ്ടിവരും അവർ അഗാധഗർത്തത്തിലേക്കു വീഴുകയും ചെയ്യും, ഇല്ലേ?"

യും ചെയ്യും, ഇല്ലേ?'' ഈ വാദഗതിയിലെ പ്രമാദം എല്ലാവർക്കും സുവ്യക്തമാണല്ലോ.

ഒരേ സ്ഥലത്ത് എന്നു നാം പലപ്പോഴും പറയാറുണ്ടല്ലോ. ഈ പറയുന്നതിനും ചിലപ്പോൾ അർത്ഥമില്ലാതെവന്നേക്കാം. ഇടത്ത്, വലത്ത്, ശൂന്യാകാശത്തിൽ നേരേ കുത്തനെ എന്നീ ആശയങ്ങളെപ്പോലെതന്നെ ഈ ആശയവും യഥാർത്ഥത്തിൽ ആപേക്ഷികമാണ്. മദിരാശിയിൽനിന്നും ഡൽഹിക്കു പോകുന്ന തീവണ്ടിയിൽ എല്ലാ ദിവസവും ഗാർഡ് എൻജിനിൽ പോയി ഡ്രൈവറെ കാണുന്നുണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. അവർ ഒരേ സ്ഥലത്ത്, എൻജിനിൽ, ദിവസവും കാണാറുണ്ടെന്ന് ഗാർഡും ഡ്രൈവറും പറയും. ഒരേ സ്ഥലത്തല്ല, ഒരു

KOTTAYAM PUBLIC LIBRARY KOTTAYAM

ദിവസം മദിരാശിയിൽവെച്ചു്, അടുത്ത ദിവസം നാഗ്പൂരിൽവെച്ചു്, അതിനടുത്ത ദിവസം ആഗ്രയിൽ വെച്ചു് എന്നിങ്ങനെ വെവ്വേറെ സ്ഥലത്തുവെച്ചാണു് ഗാർഡും ഡ്രൈവറും തമ്മിൽത്തമ്മിൽ കാണുന്നതു്, എന്നു നമുക്കു പറയാം. ഈ രണ്ടു പരസ്പരവിരുദ്ധമായ പ്രസ്താവനകളിൽ ഏതാണു യഥാർത്ഥത്തിൽ ശരി? സ്കൂൾ യഥാർത്ഥത്തിൽ റോഡിന്റെ വലത്തുവശത്താണോ, അതോ, ഇടത്തുവശത്താണോ എന്ന ചോദ്യം പോലെതന്നെ നിരർത്ഥകമാണു് ഈ ചോദ്യവും. അവരവരുടെ നിലപാടിൽനിന്നു നോക്കുമ്പോൾ രണ്ടുകൂട്ടരും ഒരുപോലെ ശരിയാണു്. ഗാർഡിന്റേയും നമ്മുടേയും വീക്ഷണസ്ഥാനങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം—വണ്ടിയിലുള്ള ഗാർഡും ഡ്രൈവറും നമ്മെയപേക്ഷിച്ചു യാത്ര ചെയ്യുകയാണെന്നുള്ളതു്—വ്യക്തമാവുന്നതിനുമുമ്പു് 'ഒരേ സ്ഥലത്തു്' എന്നു പറഞ്ഞാൽ അതു് അർത്ഥശൂന്യമായേക്കും. 'ഒരേ സ്ഥലത്തു്' എന്ന ആശയവും ആപേക്ഷികമാണു്. ഒരു കെട്ടിടത്തിന്റെ ഫോട്ടോ പല കോണുകളിൽനിന്നു് എടുക്കുമ്പോൾ പലമാതിരി ആയിരിക്കുമല്ലോ. ഇതിൽ ഏതാണു ശരി? മുമ്പു പറഞ്ഞമാതിരിയുള്ള അർത്ഥശൂന്യമായ ഒരു ചോദ്യമാണു് ഇതും.

മേല്പറഞ്ഞതെല്ലാം ആപേക്ഷികം എന്ന ആശയത്തിനു നമുക്കു ചിരപരിചിതങ്ങളായ ഉദാഹരണങ്ങളാണു്. നമ്മെ സാധാരണനിത്യജീവിതത്തിൽ ബാധിക്കാത്തതിനാൽ നാം കാര്യമായി ചിന്തിക്കാത്ത പല ഉദാഹരണങ്ങളും ഈമാതിരി കാണുവാൻ കഴിയും.

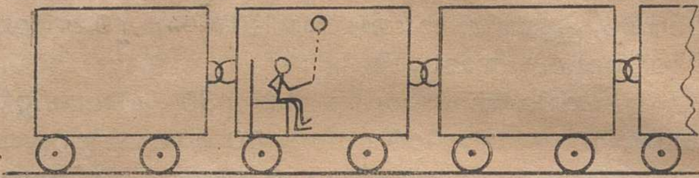
ശൂന്യാകാശത്തിൽ ഒരു സ്ഥാനം എന്ന ആശയം ഇപ്രകാരം ആപേക്ഷികമാണെങ്കിൽ ഒരു വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനം മാറുകയെന്ന ആശയവും ആപേക്ഷികമാകു

മല്ലോ. ഒരു വസ്തു ചലിക്കുകയാണു് എന്നു പറഞ്ഞാൽ എന്താണു് അതിന്നു് അർത്ഥം? വസ്തുവിൻെറ കേവല സ്ഥാനം എന്നു പറയുന്നതിന്നു് അർത്ഥമില്ലെന്നു നാം കണ്ടു. അപ്പോൾ ഒരു വസ്തു ചലിക്കുന്നു എന്നു പറയു മ്പോൾ മററു വസ്തുക്കളെ അപേക്ഷിച്ചു് അതിൻെറ സ്ഥാനം മാറുന്നു എന്നുമാത്രമാണു് അർത്ഥം. അതായതു്, മററു വസ്തുക്കളേ ഇല്ലെങ്കിൽ ഒരു വസ്തു ചലിക്കുകയാ ണോ എന്നു പറയുവാൻ സാദ്ധ്യമല്ല.

ചലനം, നിശ്ചലത്വം എന്നിവയ്ക്കു് ആപേക്ഷിക മായല്ലാതെ കേവലസത്തയുണ്ടോ എന്നാണു പരിശോധി ക്കേണ്ടതു്. ഇതിനു ചലനത്തെപ്പററിയും നിശ്ചലത്വ ത്തെപ്പററിയും കുറച്ചുകൂടി ചുഴിഞ്ഞു് ആലോചിക്കേ ണ്ടിയിരിക്കുന്നു. യാതൊരു ബലവും പുറമെനിന്നു പ്രയോഗിക്കപ്പെടാത്ത ഒരു വസ്തു ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. ന്യൂട്ടൻെറ ഒന്നാമത്തെയും രണ്ടാമത്തെയും ചലനനിയമ ങ്ങൾ അനുസരിച്ച പുറമെനിന്നു യാതൊരു ശക്തിയും വസ്തുവിന്മേൽ ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഈ വസ്തുവിനു് ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടാവുകയില്ല. അതായതു്, ആ വസ്തു ഒരേ ദിശയിൽ ഒരേ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കും. സ്ഥിര മായി 40 കിലോമീററർ വേഗത്തിലോ, 50 കിലോ മീററർ വേഗത്തിലോ, 1,000 കിലോമീററർ വേഗത്തി ലോ ഈ വസ്തു ചലിച്ചേക്കാം. ഏതായാലും, വേഗം സ്ഥിരമെങ്കിൽ ആക്സിലറേഷൻ ഇല്ലല്ലോ. വേഗവും ദിശയും മാറരുതെന്നേ ന്യൂട്ടൻെറ നിയമങ്ങൾ ശഠിക്കു ന്നുള്ളൂ. ഒരു വസ്തുവിന്മേൽ ഇത്ര ബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ ഇത്ര ആക്സിലറേഷൻ എന്നാണു് നിയമം; അല്ലാതെ, ബലത്തിനും വേഗത്തിനും തമ്മിൽ നേരിട്ടു ബന്ധമൊ ന്നുമില്ല. അതിനാൽ ബലമില്ലെങ്കിൽ, നമ്മുടെ വസ്തു

ഒരേ ദിശയിൽ സ്ഥിരമായ ഏതോ ഒരു വേഗത്തിൽ ചലിക്കും, കൂട്ടത്തിൽ നിശ്ചലമായിരിക്കാനും (0 കിലോമീററർ വേഗം) സാദ്ധ്യതയുണ്ട്.

ഈ വിവിധസാദ്ധ്യതകളിൽ (30 കിലോമീറ്റർ വേഗം, 40 കിലോമീറ്റർ വേഗം, 50 കിലോമീറ്റർ വേഗം, 1,000 കിലോമീറ്റർ വേഗം, 0 കിലോമീറ്റർ വേഗം, അല്ലെങ്കിൽ സ്ഥിരമായ ഏതെങ്കിലും ഒരു വേഗം) ഏതാണു യഥാൎത്ഥത്തിൽ ശരി? പ്രസ്തുത വസ്തുവിന്റെ യഥാൎത്ഥവേഗം എത്രയാണ്? അതു നിൎണ്ണയിക്കുക അസാദ്ധ്യമാണ്. ഒരു വസ്തുവിനെ അപേക്ഷിച്ചു വേറൊരു വസ്തു ഇത്ര വേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്നുവെന്ന് ആപേക്ഷികമായല്ലാതെ കേവലവേഗം ഇത്രയാണെന്നു പറയുവാൻ കഴിയുകയില്ല. ന്യൂട്ടൻെറ നിയമങ്ങൾ ഉദ്ധരിച്ചു വിവരിച്ച ഈ സംഗതി നമ്മുടെ നിത്യജീവിതത്തിലെ അനുഭവങ്ങളിൽനിന്നു ഗ്രഹിക്കാം. ആസ്പത്രിയിൽ ഇളകാതെ കിടക്കുന്ന രോഗി ഭൂമിയോടൊപ്പം ചലിക്കുന്നില്ലേ? ഭൂമിയിൽ വസിക്കുന്ന നമ്മുടെ കാഴ്ചപ്പാടിൽനിന്നു നോക്കുമ്പോൾ ഭൂമിയെ അപേക്ഷിച്ചു ചലനമുണ്ടോ എന്നാണു സാധാരണ നോക്കുന്നതു്. ആ നിലയ്ക്കുനോക്കുമ്പോൾ രോഗി ഇളകാതെ കിടക്കുകയാണ്. (0 കിലോമീററർ വേഗം.) സൂര്യനേയോ മററോ അപേക്ഷിച്ചു നോക്കുകയാണെങ്കിൽ ഭൂമിയും, ഭൂമിയിലുള്ള ആസ്പത്രിയും, ആസ്പത്രിയിൽ കിടക്കുന്ന രോഗിയും സുമാർ സെക്കൻഡിൽ 30 കിലോമീററർ വേഗത്തിൽ ചലിക്കുകയാണല്ലോ. കപ്പൽ നീങ്ങുമ്പോഴും അതിന്മേൽ വോളിബോളോ ടേബിൾടെന്നീസോ കളിക്കുന്നവൎക്കു് ഇളക്കംനിമിത്തം വിഷമമില്ലല്ലോ. വേഗവും ദിശയും മാറാതെ ഓടുന്ന വണ്ടിയിലും, നില്ക്കുന്ന വണ്ടിയിലെന്നപോലെ



ചിത്രം 3

സ്ഥിരവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന വണ്ടിയിലും നില്ക്കുന്ന വണ്ടിയിലെന്നപോലെതന്നെ, ഒരു നാരങ്ങാ നേരെ മുകളിലേക്ക് എറിഞ്ഞാൽ കയ്യിൽത്തന്നെ വീഴും

തന്നെ, ഒരു നാരങ്ങ നേരെ മുകളിലേക്ക് എറിഞ്ഞാൽ (അമ്മാനം ആടുന്നപോലെ) കൈയിൽത്തന്നെ വീഴും. (കൈയിൽനിന്നു വിട്ടശേഷവും വണ്ടിയും യാത്രക്കാരനും മുന്നോട്ടുപോകുന്നുണ്ടെന്നും നാരങ്ങ വായുവിലാകയാൽ മുന്നോട്ടുപോകുന്നില്ലെന്നും അതിനാൽ നാരങ്ങ കൈയിൽ വീഴുകയില്ലെന്നും തോന്നിയേക്കാം. ഈ തോന്നൽ ശരിയല്ല. സംശയമുണ്ടെങ്കിൽ പരീക്ഷിച്ചുനോക്കു. കൈയിൽ കിടക്കുന്ന നാരങ്ങ വണ്ടിയോടൊപ്പം 50കിലോമീറ്റർ വേഗത്തിൽ പോവുകയാണ്. മുകളിലേക്ക് എറിയുന്ന നാരങ്ങമേൽ താഴോട്ട് ഭ്വാകർഷണശക്തിയായ തൂക്കം ഏല്ക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും—അതിനാലാണ് അതിന്റെ മേലോട്ടുള്ള വേഗം സ്ഥിരമാകാതെ മാറുന്നത്—വണ്ടിയുടെ ചലനത്തിന്റെ ദിശയിൽ ശക്തിയൊന്നും ഏല്ക്കുന്നില്ല. അതിനാൽ ന്യൂട്ടന്റെ നിയമമനുസരിച്ച് ആ ദിശയിൽ നാരങ്ങയ്ക്കു് ആക്സിലറേഷൻ സംഭവിക്കുകയില്ല. അതായതു വണ്ടിയും നാരങ്ങയും, നാരങ്ങ വായുവിലാണെ

ങ്കിലും, ഒരേ വേഗത്തിൽ മുന്നോട്ടു ചലിക്കുന്നു. ഇതാണു നാരങ്ങ കൈയിൽത്തന്നെ വീഴുവാൻ കാരണം.) ഈ വക സുപരിചിതോദാഹരണങ്ങളിൽക്കൂടി മാത്രമല്ല, സങ്കീൎണ്ണങ്ങളായ പരീക്ഷണങ്ങൾകൊണ്ടുപോലും വേഗത്തിന്റെ കേവലഭാവം—അതായതു്, ഒരു വസ്തുവിൻെറ കേവലവേഗം ഇത്രയാണെന്നു—കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ വഴിയില്ല. അതായതു വേഗം ആപേക്ഷികമാണു്, കേവലമല്ല. യാതൊരുവിധത്തിലും ഒരു വസ്തുവിൻെറ കേവലവേഗം കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ വഴിയില്ല. ഇതൊരു പ്രാധാന്യമേറിയ വസ്തുതയാണു്.

വണ്ടിക്കു് ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടെങ്കിൽ അതു് എളുപ്പത്തിൽ കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ കഴിയും.

പ്രകാശകിരണങ്ങളുടെ വേഗം

പ്രകാശകിരണങ്ങളുടെ വേഗം ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിൽ അതിപ്രധാനമായ ഒരു പങ്കാണു വഹിക്കുന്നതു്. പ്രകാശത്തിനു് എത്രദൂരം സഞ്ചരിക്കുവാനും തീരെ സമയം വേണ്ടെന്നായിരുന്നു ആദ്യം വിചാരിച്ചിരുന്നതു്. എന്നാൽ ക്രിസ്ത്വബ്ദം 1800—ഓടുകൂടി പ്രകാശകിരണങ്ങളുടെ പ്രയാണത്തിനു് ഒരു ക്ലിപ്തവേഗമുണ്ടെന്നു നിൎവ്വിവാദമായി തെളിഞ്ഞു. പില്ക്കാലത്തു് അതിന്റെ വേഗം അളന്നുകണ്ടുപിടിച്ചതോടെ സെക്കൻഡിൽ 3 ലക്ഷം കിലോമീററർ ആണെന്നു തിട്ടപ്പെട്ടു. (ശൂന്യാകാശത്തിൽ സെക്കൻഡിൽ 3,00,000 കിലോമീററർ) സാധാരണ നിത്യജീവിതത്തിൽ നാം കാണുന്ന വേഗത്തോടു താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ഇതു വളരെ വലിയ ഒരു സംഖ്യതന്നെ; എന്നാലും പ്രകാശത്തിനു സഞ്ചരിക്കുവാൻ സമയം വേണം. സൂര്യനിൽനിന്നു് പ്രകാശ

ത്തിന്നു ഭൂമിയിലേക്കെത്തുവാൻ 8. മിനിട്ടോളം സമയം വേണം. റഷ്യയുടെ ശൂന്യാകാശറോക്കററിൻെറ വേഗം സെക്കൻഡിൽ 12 കിലോമീറ്ററും, ഭൂമി സൂര്യനെ ചുററുന്ന വേഗം മണിക്കൂറിൽ 30 കിലോമീറ്ററും ആണെന്നോക്കുമ്പോഴേ പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗത്തെപ്പററി നമുക്ക് ഒരേകദേശരൂപം കിട്ടുകയുള്ളു.

പ്രകാശത്തിന്റെ ഈ മഹാവേഗം ഇരിക്കട്ടെ. ഈ വേഗം കുറയ്ക്കുവാനോ കൂട്ടുവാനോ സാദ്ധ്യമല്ലെന്നതാണ് ഇതിൻെറ പ്രത്യേകത. തോക്കിൽനിന്നു ചീറിപ്പായുന്ന ഉണ്ടയുടെ ഗതി മണൽച്ചാക്ക് മന്ദീഭവിപ്പിക്കും. മണലിൽനിന്നു പുറത്തുവരുന്ന ഉണ്ടയുടെ വേഗമെല്ലാം നഷ്ടപ്പെട്ടിരിക്കും, അതു് വേഗവും വീര്യവും വെടിഞ്ഞു് നിസ്തേജമായാണു പുറത്തുവരുന്നതു്. എന്നാൽ പ്രകാശരശ്മിയുടെ വഴിയിൽ ഒരു വസ്തു, ചില്ലോ വെള്ളമോ, വെച്ചാൽ അതിൽക്കൂടെ പ്രകാശം പ്രയാണംചെയ്യുന്നിടത്തോളംകാലം അതിൻെറ വേഗം കുറയുമെങ്കിലും പുറത്തുകടക്കുമ്പോൾ വേഗം വീണ്ടും സെക്കൻഡിൽ 3,00,000 കിലോമീറ്റർതന്നെയായിത്തീരുന്നു. ഒരേ മാദ്ധ്യമത്തിൽക്കൂടെ പോകുമ്പോൾ വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം കൂട്ടുവാനോ കുറയ്ക്കുവാനോ സാദ്ധ്യമല്ലതന്നെ.

വെളിച്ചത്തിൻെറ വേഗത്തെ സംബന്ധിച്ച മറ്റൊരു പ്രധാനവ്യത്യാസം അതു് അതിന്റെ ഉത്ഭവസ്ഥാനത്തിൻെറ വേഗത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ലെന്നുള്ളതാണ്. ഈ വസ്തുത നമുക്കു ചിരപരിചിതങ്ങളായ ഉദാഹരണങ്ങളിൽനിന്നു വ്യത്യസ്തമാണ്. മണിക്കൂറിൽ 10 കിലോമീറ്റർ വേഗത്തിൽ നിശ്ചലജലത്തിൽ പോകുവാൻ കഴിയുന്ന ഒരു വഞ്ചി, മണിക്കൂറിൽ 6 കിലോമീറ്റർ വേഗമു

ള്ള ഒഴുക്കിൽ ഒഴുക്കിന്റെ ദിശയിൽ പോകുമ്പോൾ മണിക്കൂറിൽ 16 കിലോമീറ്റർ (10+6=16) പോകുകയില്ലേ? വെള്ളത്തെ അപേക്ഷിച്ച വഞ്ചിയുടെ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 10 കിലോമീറ്ററാണ്; വെള്ളത്തിൻെറ വേഗം (കരയെ അപേക്ഷിച്ച്) മണിക്കൂറിൽ 6 കിലോമീറ്ററും ആയതിനാൽ കരയെ അപേക്ഷിച്ച വഞ്ചിയുടെ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 16 കിലോമീററാണ്. അതുപോലെ ഒഴുക്കിനെതിരെ പോകുമ്പോൾ വഞ്ചിയുടെ വേഗം (10—6=4) മണിക്കൂറിൽ 4 കിലോമീറ്റർ (ഒഴുക്കിന്റെ എതിർ ദിശയിൽ) ആണല്ലോ. മറെറാരു ഉദാഹരണം നോക്കാം: ഒരു റൈഫിൾ ബുള്ളററ് സെക്കൻഡിൽ 200 മീററർ പോകുമെന്നിരിക്കട്ടെ. സെക്കൻഡിൽ 150 മീററർ വേഗത്തിൽ പറക്കുന്ന വിമാനത്തിൽനിന്നും വെടിവെച്ചാൽ ഉണ്ടയുടെ വേഗം (200+150=350) സെക്കൻഡിൽ 350 മീറററായിരിക്കും. എതിർ വശത്തേക്കാണു വെടിവെക്കുന്നതെങ്കിൽ സെക്കൻഡിൽ (200—150=50) 50 മീറ്ററും. ഈ ഉദാഹരണത്തിലും ഉണ്ടയുടെ വേഗം തോക്കിൻെറ വേഗത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നുണ്ടെന്നു കാണാം. ഇതാണ് നമ്മുടെ സാധാരണ അനുഭവം. എന്നാൽ പ്രകാശകിരണങ്ങളുടെ വേഗം അവ പുറപ്പെടുന്ന ദീപത്തിൻെറ വേഗത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. നിശ്ചലമായ ദീപത്തിൽനിന്നും സെക്കൻഡിൽ 1,00,000 കിലോമീററർ വേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്ന ദീപത്തിൽനിന്നും പുറപ്പെടുന്ന പ്രകാശകിരണങ്ങളുടെ വേഗം തുല്യമാണ്; സെക്കൻഡിൽ 3,00,000 കിലോമീററർതന്നെ. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രനിരീക്ഷണങ്ങൾ ഈ വസ്തുത സംശയാതീതമാംവണ്ണം തെളിയിച്ചിട്ടുണ്ട്. ജോടിയായ ചില നക്ഷത്രങ്ങളുണ്ട്—Binary Stars

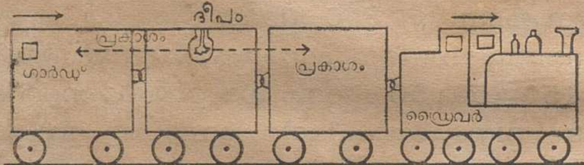
എന്നാണ് അവയുടെ പേര്. അവയെ നിരീക്ഷണം ചെയ്താൽ ഈ വസ്തുത വ്യക്തമാവും.

ചുരുക്കത്തിൽ, പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം ദീപത്തിന്റെ വേഗത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

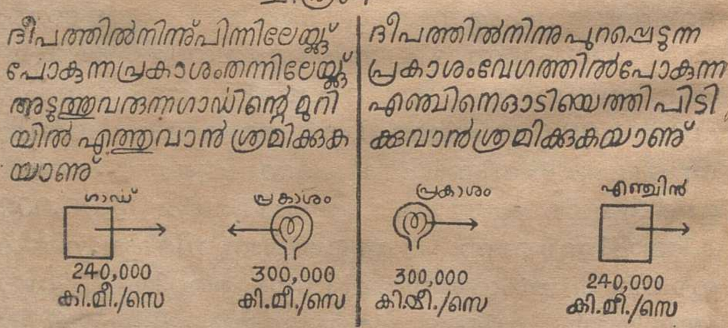
പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം വരുത്തിവെച്ച വയ്യാവേലി

മേല്പറഞ്ഞ കാര്യങ്ങൾ വ്യക്തമായതോടുകൂടി കുഴപ്പങ്ങൾ തുടങ്ങി. ഇതോടുകൂടി ചലനത്തിന്റേയും വേഗത്തിന്റേയും ആപേക്ഷികതത്വത്തെപ്പററി മുമ്പു പറഞ്ഞുറപ്പിച്ച വസ്തുതയ്ക്കു (പേജ് 17–18) കുറച്ച് ഇളക്കം സംഭവിക്കുന്നുവെന്നു തോന്നും.

സെക്കൻഡിൽ 2,40,000 കിലോമീററർ നീള



ചിത്രം 4



42833

ത്തിൽ നീണ്ടുനീണ്ടു് ഒരു തീവണ്ടി ഓടുന്നുവെന്നു സങ്കല്പിക്കുക. വണ്ടിയുടെ നേരെ നടുവിൽ ഒരു ദീപവും ഉണ്ടു്. വണ്ടി ഓടുമ്പോൾ ദീപവും നീങ്ങുമല്ലോ. ദീപം നീങ്ങുന്നുവെങ്കിലും അതിൽനിന്നു വരുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം സെക്കൻഡിൽ 3,00,000 കിലോമീററർ തന്നെയാണല്ലോ. പ്രകാശത്തിനു് എൻജിനിൽ എത്തുവാൻ എത്ര സമയം വേണം? 2,40,000 കിലോമീറ്റർ വേഗത്തിൽ പോകുന്ന എൻജിനോടു് ഒപ്പമെത്തുവാൻ 3,00,000 കിലോമീററർ സ്പീഡിൽ കുതിക്കുകയാണു്. വണ്ടിക്കു് ആകെ 6,00,000 കിലോമീററർ നീളമുണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. എന്നാൽ വെളിച്ചത്തിനു് എൻജിനിൽ എത്തുവാൻ $\frac{3,00,000}{3,00,000-2,40,000}=5$ സെക്കൻഡെടുക്കും. നേരേമറിച്ചു് ഗാർഡിന്റെ മുറിയിൽ എത്തുവാൻ $\frac{3,00,000}{3,00,000+2,40,000}=0.56$ സെക്കൻഡെടുക്കും. വണ്ടി നിശ്ചലമെങ്കിൽ എൻജിനിലും ഗാർഡിന്റെ മുറിയിലും എത്തുവാൻ തുല്യസമയമെടുക്കും, 1 സെക്കൻഡു്.

വണ്ടിയിൽവെച്ചു പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ ഒരു പരീക്ഷണം ചെയ്യുന്നപക്ഷം വണ്ടിയുടെ കേവലവേഗം കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ സാധിക്കുകയില്ലേ? സാധിക്കുമെന്നു നമുക്കു ന്യായമായി ഊഹിക്കാം. വിവിധദിശകളിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം നിർണ്ണയിക്കുക. ഏതു ദിശയിലാണോ വേഗം 3,00,000 കിലോമീററർ എന്നു കാണുന്നതു് ആ ദിശയിൽ വസ്തുവിനു് (വണ്ടിക്കു്) വേഗമേ ഇല്ല. പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം പരീക്ഷണഫലമായി 2,40,000 കിലോമീററർ എന്നു കാണുന്നപക്ഷം, പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം എല്ലാ

42393

ബ്ലോഴം 3,00,000 കിലോമീററർ സ്ഥിരമായതിനാൽ വസ്തുവിനു് (വണ്ടിക്കു്) 60,000 കിലോമീററർ സ്പീഡു ണ്ടെന്നു് അനുമാനിക്കാം. ഈ 60,000 കിലോമീററർ വേഗം ആപേക്ഷികമല്ല, കേവലമാണു്.

ഒരു വസ്തുവിൻെറ കേവലവേഗം യാതൊരുവിധ ത്തിലും കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ സാധ്യമല്ലെന്നാണു് നാം മുമ്പു കണ്ടതു്. ഇപ്പോൾ കണ്ടതു് ഇതിനു നേരെ വിരുദ്ധ മാണല്ലോ.

ഇതു രണ്ടും എങ്ങനെയാണു പൊരുത്തപ്പെടുന്നതു്? ഈ വൈരുദ്ധ്യം തീക്കുവാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഈതർ എന്ന ആശയം കൊണ്ടുവന്നു. കല്ലു് വെള്ളത്തിലിട്ടാൽ അല കൾ വെള്ളത്തിലൂടെ അകന്നുപോകുമല്ലോ. അലകൾക്കു പോകുവാൻ വെള്ളമെന്ന മാദ്ധ്യമം വേണം. അതുപോ ലെ ശബ്ദവീചികൾക്കു പോകുവാൻ വായുവോ മറ്റേതെ ങ്കിലും മാദ്ധ്യമമോ വേണം. ശബ്ദവീചികൾക്കു ശൂന്യാ കാശത്തിലൂടെ പ്രയാണംചെയ്യുവാൻ കഴിയുകയില്ലല്ലോ. വെളിച്ചത്തിനു ശൂന്യാകാശത്തിലൂടെ യാത്രചെയ്യുവാൻ കഴിയും. അല്ലാത്തപക്ഷം സൂര്യനിൽനിന്നു ശൂന്യാകാശ ത്തിലൂടെ വളരെയേറെ യാത്രചെയ്തു ഭൂമിയിലേക്കു വെ ളിച്ചം വരികയില്ലല്ലോ. മററുദാഹരണങ്ങൾ നോക്കു മ്പോൾ എല്ലാററിനും പ്രയാണത്തിനു് ഒരു മാദ്ധ്യമം വേണമെന്നു ശാസ്ത്രജ്ഞർ വിചാരിച്ചു. വെളിച്ചത്തി ൻെറ പ്രയാണത്തിനും അപ്പോൾ ഒരു മാദ്ധ്യമം വേണ മെന്നു് അവർ തീരുമാനിച്ചു. അതനുസരിച്ചു ശൂന്യാ കാശത്തിൽപ്പോലും ഒരു മാദ്ധ്യമമുണ്ടെന്നു് അവർ സങ്ക ല്പിച്ചു. ഈ മാദ്ധ്യമത്തിനു് ഈതർ എന്ന പേർ കൊടു ത്തു. വിശ്വം മുഴുവൻ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നതായിട്ടാണു് ഈതറിനെ സങ്കല്പിച്ചതു്. കണ്ണുകൊണ്ടു കാണുവാനോ,

മററു് ഇന്ദ്രിയങ്ങൾകൊണ്ടു് അനുഭവിച്ചു് അറിയുവാനോ കഴിയുന്ന ഒന്നല്ല ഈതർ; അതു സാങ്കല്പികമായ ഒരു ആശയമാണു്.

വണ്ടി നീങ്ങുമ്പോൾ അതോടുകൂടി ഈതറും നീങ്ങുന്നുണ്ടെങ്കിൽ,—അതായതു ചുററും വ്യാപിച്ചുനില്ക്കുന്ന ഈതറിനെ അപേക്ഷിച്ചു വണ്ടി ചലിക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ—പ്രകാശം നീങ്ങുന്ന വണ്ടിയിലും രണ്ടു ദിശയിലും ഒരേ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുമല്ലോ. ഈതറിനെ അപേക്ഷിച്ചു വണ്ടിക്കു വേഗമുണ്ടെങ്കിൽ, ഇരു ദിശയിലും പ്രകാശത്തിനു കാണുന്ന വ്യത്യസ്തവേഗത്തിലൂടെ ഈ വസ്തുത വ്യക്തമാകും.

ഈതർ എന്ന ആശയം കൊണ്ടുവന്നതോടുകൂടി മേല്പറഞ്ഞ വൈരുദ്ധ്യം തീക്കാമെന്നു തൽക്കാലം തോന്നിയെങ്കിലും കുഴപ്പങ്ങൾ എല്ലാം തീന്നില്ല. ഒന്നാമതായി, ഈതർ എന്ന ആശയംതന്നെ വളരെയേറെ കൃത്രിമമാണെന്നു വ്യക്തമാണു്. ഈതർ എന്നൊന്നുണ്ടെങ്കിൽ അതിൻെറ സാന്ദ്രത (Density) മുതലായ ഭൗതിക്ഗുണങ്ങൾ എന്തെല്ലാമാണു്, എത്രയാണു്? ഈതറിന്റെ സ്വാഭാവികപ്രകൃതി എന്താണു്? ഈവക ചോദ്യങ്ങൾക്കു് ഉത്തരം ഒരിക്കലും കണ്ടെത്തിയില്ല. ഈവഴിക്കു നടന്ന ഉദ്യമങ്ങൾ എല്ലാംതന്നെ പാഴ്വേലയായി പരിണമിച്ചു. പ്രകൃതിയിലെ മററു പ്രതിഭാസങ്ങളിലൊന്നിലും തന്നെ ഈതറിനു പങ്കില്ലെന്നും കണ്ടു. ഒരു യഥാത്ഥ സിദ്ധാന്തത്തിനും, 'പഴുതടക്കുവാൻ' മാത്രം പററുന്ന ഒരു കുയുക്തിക്കും തമ്മിൽ വ്യത്യാസം, ആദ്യത്തേതിനു സിദ്ധാന്തംകൊണ്ടുവന്ന ചുററുപാടുകളിൽനിന്നും വളരെ വിപുലമായ മണ്ഡലങ്ങളിൽ വ്യാപ്തിയുണ്ടെന്നതാണു്. 'ആരും കാണാത്തപ്പോൾ ആലുവാപ്പുഴ കടലിൽ

നിന്നു കരയിലേക്കാണ് ഒഴുകുന്നതു'' എന്നു പറഞ്ഞാൽ അതു തൽക്കാലം യുക്തികൊണ്ടു ഖണ്ഡിക്കുവാൻ പ്രയാസംതന്നെ. നേരെമറിച്ച് ആററം എന്ന ആശയം നോക്കുക. ആദ്യമായി രസതന്ത്രത്തിലൂടെയാണ് അതു് ആവിഷ്കരിക്കപ്പെട്ടതു്—എന്നാൽ ഈ ആശയത്തിനു രസതന്ത്രവുമായി ബന്ധമില്ലാത്ത അനേകം കാര്യങ്ങളിൽ ഒട്ടനേകം പ്രതിഭാസങ്ങൾക്കും തൃപ്തികരമായ വ്യാഖ്യാനവും വിശദീകരണവും കൊടുക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞു. ഇതാണ് ഒരു നല്ല സിദ്ധാന്തവും വെറുമൊരു കുയുക്തിയും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം.

ഈതർ എന്ന ആശയം ഈവക വിഷമങ്ങൾ കാരണം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാക്കു പൂണ്ണമായി സ്വീകാര്യവും തൃപ്തികരവുമായി തോന്നിയില്ല.

ഈ വൈരുദ്ധ്യം എങ്ങനെയാണു തീക്കുക? 24-25 പേജുകളിൽ വിവരിച്ച പരീക്ഷണംമൂലം വേഗത്തിന്റേയും നിശ്ചലത്വത്തിന്റേയും സാപേക്ഷികത്വം തകൻവെന്നു തോന്നിയല്ലോ. സെക്കൻഡിൽ 2,40,000 കിലോമീറ്റർ ഓടുന്നതും 6,00,000 കിലോമീററർ നീളമുള്ളതുമായ തീവണ്ടി പ്രായോഗികമായി ഉണ്ടാവില്ല; എങ്കിലും അതുകൊണ്ടു താത്വികമായി ഒരു വ്യത്യാസവുംവരുന്നില്ല. വണ്ടിയുടെ കേവലനിശ്ചലത്വം എന്ന ആശയം ഉറച്ചുകഴിഞ്ഞാൽ മററു വസ്തുക്കളുടേയും കേവലനിശ്ചലത്വം എന്താണെന്നു നിർവ്വചിക്കുവാൻ വിഷമമില്ലല്ലോ. ഇതു സാധിച്ചുകഴിഞ്ഞാൽ വേഗത്തിന്റേയും നിശ്ചലത്വത്തിന്റേയും സാപേക്ഷികത്വം തെററായിത്തീരും.

24–25 പേജുകളിൽ പറഞ്ഞ പരീക്ഷണം ചെയ്തു് അതിന്റെ ഫലമറിഞ്ഞാൽ മാത്രമേ ഈ കാര്യത്തിൽ ഒരു

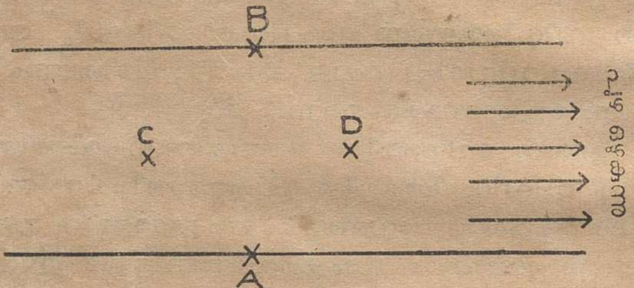
PUBLIC LIBRARY 42833

തീർപ്പുണ്ടാകുവാൻ സാദ്ധ്യമാകൂ. അതിനാൽ ഈ പരീക്ഷണം പ്രായോഗികമായി ചെയ്തുനോക്കുകതന്നെ. പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം ഓടുന്ന വണ്ടിയിൽവെച്ച് അളക്കുന്നതായാൽ, ഇരു ദിശകളിലും വ്യത്യസ്തമാണെന്നു തോന്നുമെങ്കിലും ശരിയായി ഒരു പരീക്ഷണം ചെയ്താൽ മാത്രമേ അതു തീർച്ചപ്പെടുകയുള്ളു. സിദ്ധാന്തങ്ങൾ പലതും ആവിഷ്കരിക്കാം, പല യുക്തികളും ഉദാഹരണങ്ങളും അവനവന്റെ യുക്തിക്കനുസരിച്ച് ഉന്നയിക്കാം. അതുകൊണ്ടൊന്നും ആയില്ല. പരീക്ഷണംമൂലം വ്യക്തമായി, പ്രായോഗികമായി അനുഭവമുള്ള കാര്യങ്ങൾ ശരിയാംവിധം വ്യാഖ്യാനിക്കുവാൻ സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്കു കഴിയണം. പരീക്ഷണങ്ങളാണ് സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ശരിയാണോ തെറ്റാണോ എന്നു വിധിയെഴുതുന്ന സുപ്രീംകോടതിജഡ്ജി. അതിനാൽ മുമ്പു വിവരിച്ച (പേജ് 24–25) പരീക്ഷണം നമുക്കൊന്നു ചെയ്തുനോക്കുകതന്നെ.

ഇതിനു വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന വണ്ടിയിൽ വെച്ചു വിവിധദിശകളിൽ പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗം നിർണ്ണയിക്കുകയാണു വേണ്ടതു്. ഇപ്രകാരമൊരു വണ്ടി എങ്ങനെ ഉണ്ടാക്കാം? നാം ജീവിക്കുന്ന ഭൂമിതന്നെ നമ്മുടെ വണ്ടിയായി ഉപയോഗിക്കാം. സൂര്യനെ ഭൂമി സമാർ സെക്കൻഡിൽ 30 കിലോമീറ്റർ വേഗത്തിലാണ് ചുറ്റുന്നതു്. കിഴക്കുപടിഞ്ഞാറും തെക്കുവടക്കും ദിശകളിൽ, പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗം ഭൂമിയിൽവെച്ചു താരതമ്യപ്പെടുത്തിയാൽ, ഭൂമിയുടെ ചലനംനിമിത്തം വ്യത്യാസം കാണേണ്ടതാണ്. 'മൈക്കൾസൺ മോർളി പരീക്ഷണം' എന്നു പ്രസിദ്ധമായ ഈ പരീക്ഷണം ക്രിസ്ത്വബ്ദം 1881-ലാണു നടത്തിയതു്. പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗമായ സെക്കൻഡിൽ 3,00,000 കിലോമീറ്ററിനോടു

താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ നമ്മുടെ വണ്ടിയായ ഭൂമിയുടെ വേഗം (സെക്കൻഡിൽ 30 കിലോമീററർ വേഗം) തുലോം കുറവുതന്നെ. എന്നിരുന്നാലും കുറച്ചു വ്യത്യാസം വരുമല്ലോ. ഈ വ്യത്യാസം നമുക്കു സാധാരണനിലയിൽ വളരെ കുറവാണെന്നു തോന്നാമെങ്കിലും, പ്രതീക്ഷിക്കുന്ന വ്യത്യാസത്തെക്കാൾ വളരെ ചെറിയ വ്യത്യാസംപോലും കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ കഴിവുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ ഉള്ളതിനാൽ വിഷമമില്ല.

രണ്ടു കിലോമീറ്റർ വീതിയുള്ള പുഴ, മണിക്കൂറിൽ 2 കിലോമീററർ വേഗത്തിൽ ഒഴുകുന്നു. നിശ്ചലജല



ചിത്രം 5
പുഴ ഒഴുകുന്നു

ത്തിൽ 4 കിലോമീററർ വേഗത്തിൽ പോകുവാൻ കഴിയുന്ന ഒരു വഞ്ചിക്കു് Aയിൽനിന്നു് Bയിലേക്കു പോയി തിരിച്ചുവരുവാൻ 1 മണിക്കൂർ വേണമല്ലോ. Cയിൽ നിന്നു് 2 കിലോമീററർ ദൂരമുള്ള Dയിലേക്കു പോയി തിരിച്ചുവരുവാൻ എത്ര സമയം വേണം? Cയിൽ നിന്നു് Dയിലേക്കു് 2 കിലോമീററർ പോകുവാൻ

$\frac{2}{4+2}=\frac{1}{3}$ മണിക്കൂർ=20 മിനിട്ടവേണം. Dയിൽനിന്ന് Cയിലേക്കു തിരിച്ചുപോരുവാൻ $\frac{2}{4-2}=1$ മണിക്കൂർ വേണം.

Cയിൽനിന്ന് Dയിൽ പോയി തിരിച്ചുവരുവാൻ, Aയിൽനിന്ന് Bയിൽപോയി തിരിച്ചുവരുവാൻ എടുക്കുന്ന സമയത്തെക്കാൾ, ദൂരംരണ്ടും തുല്യമെങ്കിലും, അധികംസമയം വേണം. രണ്ടു യാത്രയ്ക്കും തുല്യസമയമല്ലെങ്കിൽ അധികം സമയം എടുക്കുന്ന ദിശയിൽ (Cയിൽനിന്ന് Dയിലേക്കോ, Dയിൽനിന്ന് Cയിലേക്കോ) ഒരു ഒഴുക്കുണ്ടെന്ന് അനുമാനിക്കാം. മൈക്കൽസൺ മോർളി പരീക്ഷണം ഈ തത്വത്തെ ആശ്രയിച്ചാണു സംവിധാനം ചെയ്യപ്പെട്ടത്.

മൈക്കൽസൺ മോർളി പരീക്ഷണഫലം ഏററവും അപ്രതീക്ഷിതമായിരുന്നു. പ്രകാശത്തിനു് എല്ലാ ദിശകളിലും ഒരേ വേഗമുള്ളതായി കണ്ടു. ഈ പരീക്ഷണം പിന്നീടു പലരും വ്യത്യസ്തസ്ഥിതികളിൽ ആവൎത്തിച്ചു. എന്നാൽ ഫലം എല്ലാം ഒന്നുതന്നെ. ഈതർ കാററു് കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞില്ല.

അതായതു്, നേരത്തെ (പേജ് 24–25) പറഞ്ഞതു ശരിയല്ല. നിശ്ചലതത്തിൻെറയും വേഗത്തിൻെറയും ആപേക്ഷികതത്തിനു് ഇളക്കമൊന്നും വരാനില്ല. നാം ഉപയോഗിച്ച വാദത്തിൽ (പേജ് 24–25) എന്തോ തെറ്റുണ്ടു്. അതു ശരിയല്ലെന്നാണല്ലോ മൈക്കൽസൺ മോർളി പരീക്ഷണഫലം. എന്നാൽ എന്താണു നമുക്കു പററിയ പ്രമാദം?

ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഈ ചോദ്യത്തിനു് ഉത്തരം കാണുവാൻ കൊല്ലങ്ങളോളം തല പുകഞ്ഞാലോചിച്ചു. മൈ

ക്കൾസൺ മോർളി പരീക്ഷണത്തിലെ നിഷേധരൂപത്തിലുള്ള ഫലത്തിനു വ്യാഖ്യാനം നല്കുവാൻ പല ശ്രമങ്ങളുമുണ്ടായി. ഓരോ വ്യാഖ്യാനത്തിനും പല ദൂഷ്യങ്ങളും പരസ്പരവൈരുദ്ധ്യങ്ങളും ഉണ്ടായിരുന്നു. ഈ വ്യാഖ്യാനങ്ങളിൽ ഏററവും പ്രധാനവും ഗണനീയവുമായതു് 'Fitzgerald Lorentz Contraction Hypothesis' എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെട്ടുന്നതാണു്. ഒരു റബ്ബർപന്തു് ചുമരിന്മേൽ ആഞ്ഞടിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ ഒരു ഭാഗം പിതുങ്ങുമല്ലോ. ഇതുപോലെ വസ്തുക്കൾ ചലിക്കുമ്പോൾ ഈതറിനോട്ട സ്ഥിരമായി മുട്ടുന്നതിനാൽ ചലനത്തിൻെറ ദിശയിൽ വസ്തുക്കൾക്കു നീളം കുറയുമെന്നു ഫിററ്സ്ജെറാൾഡ് ഊഹിച്ചു. ഈ നിർദ്ദേശം മൈക്കൾസൺ മോർളി പരീക്ഷണത്തിലെ നിഷേധരൂപത്തിലുള്ള ഫലത്തിനു് ഒരു സംഭാവ്യമായ വ്യാഖ്യാനമാണല്ലോ. ഒഴുക്കുള്ള ദിശയിൽ സഞ്ചരിച്ചു മടങ്ങുവാൻ സ്വതവേ കൂടുതൽ സമയംവേണമെന്നു് (Cയിൽനിന്നു് Dയിലേക്കു് പോയിതിരിച്ചു വരുവാൻ, Aയിൽനിന്നു് Bയിലേക്കു പോയി തിരിച്ചുവരുവാൻ വേണ്ടതിലധികം സമയം വേണമെന്നു്) നാം കണ്ടു. CDയും AB യുംആദ്യത്തിൽ തുല്യദൂരമാണെങ്കിലും ഒഴുക്കുനിമിത്തം ആ ദിശയിൽ നീളം കുറയുമെങ്കിൽ രണ്ടുസമയവും തുല്യമാകുവാൻ സാദ്ധ്യതയുണ്ടല്ലോ. ഭൂമിയുടെ വേഗംനിമിത്തം ആ ദിശയിൽ, ആ ദിശയിൽമാത്രം, ദൂരങ്ങളെല്ലാം കുറയുമെങ്കിൽ കിഴക്കുപടിഞ്ഞാറും തെക്കുവടക്കും പ്രകാശത്തിനു സഞ്ചരിക്കുവാൻ ഒരേസമയം വേണ്ടിവരുമല്ലോ. ഇതായിരിക്കാം മൈക്കൾസൺ മോർളി പരീക്ഷണത്തിൽ സമയവ്യത്യാസം കാണാതിരുന്നതിനു കാരണം എന്നാണു് ഫിററ്സ്ജെറാൾഡ് നിർദ്ദേശിച്ചതു്.

ഈ നിർദ്ദേശം വളരെ പുതുമയുള്ളതാണ്. ഇപ്രകാരം നീളം കുറയുന്നുണ്ടെന്നതിന്നു തെളിവൊന്നുമില്ലാത്തതിനാൽ ഈ നിർദ്ദേശത്തിന്നു ധാരാളം വിമർശനം നേരിട്ടു. അതിന്നുംപുറമെ എന്തുകൊണ്ടാണ് സഞ്ചരിക്കുന്ന വസ്തുക്കൾക്കു സഞ്ചരിക്കുന്ന ദിശയിൽ നീളക്കുറവു വരുന്നതെന്നു പറയുവാൻ ഈ വ്യാഖ്യാനത്തിന്നു കഴിഞ്ഞില്ല. അതിന്നുപുറമെ ഈ നീളക്കുറവ് ഒരേ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതും ഒരേ നീളവുമുള്ള എല്ലാ വസ്തുക്കൾക്കും തുല്യമാണെന്നാണ് ഈ വ്യാഖ്യാനപ്രകാരം വരുന്നത്. ഉരുക്കുകൊണ്ടുള്ള വസ്തുവിന്നും റബ്ബർകൊണ്ടുള്ള വസ്തുവിന്നും തുല്യമാണു നീളക്കുറവെന്ന് ഈ വ്യാഖ്യാനം പറയുന്നതു സാമാന്യബുദ്ധിക്കു നിരക്കുന്നതല്ല.

നീളക്കുറവ് ഉണ്ടോ ഇല്ലയോ എന്നു തീച്ചപ്പെടുത്തുവാൻ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന സമയത്തു വസ്തുക്കളുടെ നീളം അളന്നുനോക്കാമല്ലോ, എന്നു തോന്നിയേക്കാം. ഇതു സാദ്ധ്യമല്ല, എന്തെന്നാൽ അളക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന വസ്തുവും, സ്കെയിലോ മററോ, അതേ തോതിൽത്തന്നെ നീളത്തിൽ ചുരുങ്ങുമല്ലോ.

ഇതാണ് ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിന്നു മുമ്പുള്ള പശ്ചാത്തലം. ഈ ബുദ്ധിമുട്ടുകൾ 1905 വരെ പരിഹരിക്കപ്പെട്ടില്ല. ഈ സ്ഥിതിയിലാണ് ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ 1905-ൽ തൻെറ വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിച്ചത്.

2. വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം

പ്രധാനമായി രണ്ടു സങ്കല്പങ്ങളിന്മേലാണ് വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം കെട്ടിപ്പടുത്തുയർത്തിയിരിക്കുന്നതു്. ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം മാത്രമല്ല, എല്ലാ സിദ്ധാന്തങ്ങളും പ്രകൃതിയിൽ കാണുന്ന വിവിധപ്രതിഭാസങ്ങളെ വ്യാഖ്യാനിച്ചു വിശദീകരിക്കുവാനും യുക്തിക്കു നിരക്കാത്ത വൈരുദ്ധ്യങ്ങളെ തീർക്കുവാനും വേണ്ടിയാണ് ഉന്നയിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതു്. ഓരോ സിദ്ധാന്തത്തിനും ആശ്രയമായി ചില ആദിസങ്കല്പങ്ങളുണ്ടായിരിക്കും. ഈ സങ്കല്പങ്ങൾ പലപ്പോഴും ഊഹങ്ങളായിരിക്കും. ഇവയെ ആധാരമാക്കി യുക്തിയും ഗണിതശാസ്ത്രവും മാത്രം ഉപയോഗിച്ചു നമുക്കു ചില നിഗമനങ്ങളിലെത്താം. ഈ നിഗമനങ്ങൾ പരീക്ഷണംചെയ്തു ബോദ്ധ്യമായ വസ്തുതകളോടും ഫലങ്ങളോടും യോജിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിൽ, ആ സിദ്ധാന്തവും അതിന്റെ ആദിസങ്കല്പങ്ങളും ശരിയാണെന്നു കരുതാം. അതിൽക്കൂടുതലായി കേവലനിലയിലായി ആദിസങ്കല്പങ്ങൾ ശരിയോ തെറ്റോ എന്നു് അന്വേഷിക്കേണ്ടതില്ല. ചുരുക്കത്തിൽ ഒരു സിദ്ധാന്തം സ്വീകാര്യമാവണമെങ്കിൽ അതു കേവലനിലയിൽ പരമാർത്ഥമാവണമെന്നില്ല; യുക്തിക്കു യോജിക്കണം, പരീക്ഷണഫലങ്ങളോടു നിരക്കണം, അത്രതന്നെ. പിന്നീടു പരീക്ഷിച്ചു ശരിയെന്നു കാണുന്ന പ്രവചനങ്ങൾ ഉണ്ടായാൽ ഉത്തമവുമായി.

വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിനു രണ്ടു് ആദിസങ്കല്പങ്ങളുണ്ടു്:

TAYAM PUBLIC LIBR

(i) ഈതറിനെ ഒരിക്കലും കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ സാധിക്കുകയില്ല. അതായതു്, ഈതറിൻെറ സാന്നിദ്ധ്യം, അങ്ങനെ ഒന്നുണ്ടെങ്കിൽ, ഒരുപ്രകാരത്തിലും കണ്ടെത്തുവാൻ വഴിയില്ല.

(ii) ഒരു നിരീക്ഷകനെ അപേക്ഷിച്ച പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗം എല്ലായ്പ്പോഴും സ്ഥിരമായിരിക്കും.

ഇവ രണ്ടും കുറച്ചൊന്നു വിശദീകരിക്കാം:

ഈതർ എന്നൊന്നില്ലെന്നു പറയുന്നില്ല. അതു് ഉണ്ടെങ്കിൽത്തന്നെ കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ വഴിയേതും ഇല്ല എന്നാണു പറയുന്നതു്. നാം നേരത്തെ (പേജ് 17–18) കണ്ടപ്രകാരം, എല്ലാ ചലനവും വേഗവും ആപേക്ഷികമാണല്ലോ. നിശ്ചലമായ ഈതർ എന്നൊന്നുണ്ടെങ്കിൽ അതൊന്നുമാത്രം ഒരു ദിശയിലും നീങ്ങാതെ ചലനമററു കിടക്കുകയായിരിക്കും. അതിനാൽ ഈതറിനെ അപേക്ഷിച്ചുള്ള ചലനവും വേഗവും ആപേക്ഷികമായല്ലാതെ കേവലമായ ചലനവും വേഗവും ആയിരിക്കും. ചലനവും വേഗവും ആപേക്ഷികമായല്ലാതെ കേവലാർത്ഥത്തിൽ കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ കഴിയുകയില്ലെന്നു (പേജ് 17-18) വിവരിച്ചല്ലോ. സ്ഥിരവേഗത്തിൽ പോകുന്ന ഒരു വണ്ടിയിലിരുന്നു് എന്തുപരീക്ഷണംചെയ്താലും ശരി, വണ്ടിയുടെ വേഗം എത്രയാണെന്നു കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ ഒരു വഴിയുമില്ലെന്നു ന്യൂട്ടൻ പറഞ്ഞപ്രകാരം, ഭൂമിയിൽവെച്ചു് എന്തു പരീക്ഷണം ചെയ്താലും ഈതറിൽക്കൂടെ ഭൂമിയുടെ ചലനവും വേഗവും നിർണ്ണയിപ്പാൻ അസാദ്ധ്യമാണു്. അപ്പോൾ ഫലത്തിൽ എന്തായി? ഈതറിനെ ഒരുവിധത്തിലും കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ കഴിയുകയില്ലെന്നു വന്നില്ലേ? ഇതാണു് ഒന്നാമത്തെ സങ്കല്പം.

കിഴക്കോട്ടുപോകുന്ന രണ്ടു വണ്ടികളുണ്ട്, സൈക്കിളും കാറും. സൈക്കിളിൻെറ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 15 കിലോമീറ്ററും, കാറിന്റേതു മണിക്കൂറിൽ 45 കിലോമീററും. സൈക്കിളിനെ അപേക്ഷിച്ചു കാറിൻെറ വേഗം എത്രയാണ്? 45—15=30 കിലോമീറ്റർ കിഴക്കോട്ട്—അതായതു് കാറ് മണിക്കൂറിൽ 30 കിലോമീററർ കിഴക്കോട്ടു പോകുന്നതായി സൈക്കിളുകാരനു തോന്നും. റോഡിൻെറ വക്കത്തു നില്ക്കുന്ന ഒരാളെ അപേക്ഷിച്ചു കാറിൻെറ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 45 കിലോമീററർതന്നെയായിരിക്കും. ഇതാണു നമ്മുടെ സാധാരണ അനുഭവം. എന്നാൽ പ്രകാശത്തെ സംബന്ധിച്ചു സംഗതികൾ ഇപ്രകാരമല്ലെന്നു നാം മുമ്പു (പേജ് 22–24) കണ്ടതാണ്. പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം അതു പുറപ്പെടുന്ന ദീപത്തിന്റെ വേഗത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ലെന്നു തീർച്ചപ്പെട്ട സംഗതിയാണ്. അതുപ്രകാരം നേരത്തെ നടത്തിയ (പേജ് 24–25) പരീക്ഷണത്തിൽ പ്രകാശത്തിനു രണ്ടു ദിശയിലും 'തുല്യദൂരം' പോകുവാൻ വ്യത്യസ്തസമയങ്ങൾ എടുക്കുമെന്നു നമുക്ക് ഊഹിക്കാം. ഈ പരീക്ഷണം തന്നെയാണല്ലോ കാര്യത്തിൽ മൈക്കൽസൺ മോർളി പരീക്ഷണം. ഇതിൽ ഇരുദിശകളിലും സമയവ്യത്യാസം കണ്ടതുമില്ല.

പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗം ഏതു നിരീക്ഷകനെ അപേക്ഷിച്ചും ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും, എന്നതാണ് ഐൻസ്റ്റീൻെറ വിപ്ലവാത്മകവും പുതിയതുമായ ആദിസങ്കല്പം, അതായതു് മുമ്പു പറഞ്ഞ (പേജ് 24–25) തീവണ്ടിയുടെ ഉദാഹരണത്തിൽ എൻജിനെ അപേക്ഷിച്ചും ഗാർഡിനെ അപേക്ഷിച്ചും പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം ഒന്നുതന്നെയാണ്.

ഇതു നമ്മുടെ സാധാരണബുദ്ധിക്കു നിരക്കുന്നതല്ല. എന്നാൽ സാധാരണബുദ്ധിക്കു് അനുയോജ്യമെന്നു പണ്ടു തികച്ചും തോന്നിയതു് ഭൂമി പരന്നതാണെന്നല്ലേ? എന്നിട്ടും ആ ആശയം തെററായിരുന്നുവല്ലോ. ഭൂമി ഉരുണ്ടതാണെന്ന നവീനാശയം സാധാരണബുദ്ധിക്കു നിരക്കുന്നതായിരുന്നില്ല. സാധാരണബുദ്ധിക്കു നിരക്കുകയില്ല എന്നതു ശാസ്ത്രത്തെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം അത്ര വലിയ പ്രശ്നമൊന്നുമല്ല. ഒരു സിദ്ധാന്തത്തിൽ പരസ്പര വൈരുദ്ധ്യങ്ങൾ വന്നാലുണ്ടല്ലോ, അപ്പോഴാണു ശാസ്ത്രത്തിനു് ഏററവും വലിയ പേടി.

ഈ ആദിസങ്കല്പങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഗണിതശാസ്ത്രത്തിലെ നൂലാമാലകളിൽക്കൂടി കുറേയേറെ കടന്നുപോയാൽ ചില ഫലങ്ങൾ കിട്ടും. ഗണിതശാസ്ത്രത്തിലെ ഉന്നതതലങ്ങളിൽക്കൂടിയുള്ള ഈ യാത്രയ്ക്കു തൽക്കാലം നാം പോകാതിരിക്കയാണു നല്ലതു്. സാധാരണബുദ്ധിക്കു നിരക്കാത്തതെന്നു പ്രഥമദൃഷ്ടിയിൽ തോന്നുന്ന ആദിസങ്കല്പങ്ങളെ ആസ്പദമാക്കിയതിനാൽ, ഈ സിദ്ധാന്തത്തിലെ ഫലങ്ങളും അഥവാ, നിഗമനങ്ങളും വിചിത്രങ്ങളായി തോന്നിയേക്കാം. ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം മനസ്സിലാകുവാൻ വളരെയേറെ വിഷമമാണെന്നു പൊതുവിൽ ഒരു ധാരണ പടർന്നുപിടിച്ചതിന്റെ കാരണം ഇതാണു്. ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തവും അതിന്റെ നിഗമനങ്ങളും മനസ്സിലാക്കുവാനല്ല, വിശ്വസിക്കാനാണു വിഷമം.

രണ്ടാമത്തെ ആദിസങ്കല്പത്തിൽനിന്നു സിദ്ധിക്കുന്നതു് എന്തെല്ലാമാണെന്നു നോക്കാം.

പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം അതിന്റെ ഉത്ഭവസ്ഥാനമായ ദീപത്തിന്റെ വേഗത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ലല്ലോ.

അപ്പോൾ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗമായ Cയോടു് മറ്റൊരു വേഗം V കൂട്ടിയാൽ വീണ്ടും പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗം C തന്നെ കിട്ടണം. (പേജ് 22-23) ഒരു വസ്തുവിനെ അപേക്ഷിച്ച് മറ്റൊരു വസ്തുവിന്റെ ആപേക്ഷികവേഗം കിട്ടുന്നതിന്നു രണ്ടും ഒരേദിശയിൽ പോകുകയാണെങ്കിൽ, രണ്ടിന്റേയും വേഗം തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം കാണണമെന്നും, രണ്ടും വിപരീതദിശയിൽ പോകുകയാണെങ്കിൽ രണ്ടിന്റേയും വേഗം കൂട്ടണമെന്നും നാം കണ്ടു, അതായതു്,

ആപേക്ഷികവേഗം $= V_1 - V_2$

(രണ്ടും ഒരേ ദിശയിലെങ്കിൽ)...(1)

ആപേക്ഷികവേഗം $= V_1 + V_2$

(രണ്ടും വിപരീതദിശയിലെങ്കിൽ)...(2)

ഇതാണു് ആപേക്ഷികവേഗം കണ്ടുപിടിക്കാനുള്ള സൂത്രം. എന്നാൽ ഇതിൽ V_1 പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗമായ C ആകുമ്പോൾ, ആപേക്ഷികവേഗം Cയേക്കാൾ അധികമാകും, അതു സാദ്ധ്യമല്ലതാനും. ഈ വിഷമം പരിഹരിക്കുവാൻ, ആപേക്ഷികവേഗം കിട്ടുവാനുള്ള സൂത്രം (1)-ം (2)-ം അല്ല,

$$\text{ആപേക്ഷികവേഗം} = \frac{V_1+V_2}{1+\frac{V_1V_2}{C^2}} \quad ...(3)$$

എന്നതാണെന്നു് ഐൻസ്റ്റീൻ ധൈര്യസമേതം പ്രഖ്യാപിച്ചു. സാധാരണ നിത്യജീവിതത്തിൽ കാണുന്ന വേഗങ്ങൾ V_1-ം V_2-ം. Cയെ അപേക്ഷിച്ച് തുലോം കുറവാണു്. അതിനാൽ സൂത്രം (3)-ം സൂത്രം (2)-ം മിക്കവാറും ഒരേ ഉത്തരംതന്നെ നല്കും. ഉദാഹരണത്തിനു്, V_1 സെക്കൻഡിൽ 10 കിലോമീറ്ററും V_2 സെക്കൻഡിൽ

30 കിലോമീററും ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം C സെക്കൻഡിൽ 3,00,000 കിലോമീറ്ററാണ്. സൂത്രം (3) ഉപയോഗിച്ചാൽ കിട്ടുന്ന ഉത്തരം

$$\frac{10+30}{1+\frac{10\times 30}{3,00,000^2}}=\frac{40}{1+\frac{1}{3,00,00,000}}=40\times\frac{3,00,00,000}{3,00,00,001} \text{ കി.മീറ്റർ.}$$

ഈ ഉത്തരം സൂത്രം (2) ഉപയോഗിച്ചാൽ കിട്ടുന്ന ഉത്തരം(സെക്കൻഡിൽ 40 കിലോമീററർ)ത്തിനോടു വളരെയേറെ അടുത്തതാണ്. അതിനാൽ സൂത്രം (2) ശരിയാണെന്നു് പണ്ടുള്ളവർ കരുതിവന്നു. വ്യത്യാസം സ്പഷ്ടവും ഗണ്യവുമാകുന്നതു് V_1-ഓ, V_2-ഓ, Cയോടു് അടുക്കുമ്പോഴാണ്, ഇതു നിത്യജീവിതസംഭവങ്ങളിൽ വരുന്നില്ല. V_1-ം V_2-ം Cയോടു തുല്യമാണെങ്കിൽ എന്തു് ഉത്തരം കിട്ടുമെന്നു നോക്കാം. സൂത്രം (3) പ്രകാരം

$$\frac{V_1+V_2}{1+\frac{V_1V_2}{C^2}}=\frac{C+C}{1+\frac{C+C}{C^2}}=C$$

എന്നു് ഉത്തരം കിട്ടുന്നു. ഇപ്രകാരമാണല്ലോ വരേണ്ടതും. അതിനാൽ ഈ പുതിയ സൂത്രം മുമ്പു പറഞ്ഞ സംഗതിക്കു് അനുയോജ്യമാണെന്നു കരുതാം.

ഒററനോട്ടത്തിനു കമ്പമെന്നു തോന്നാമെങ്കിലും ഐൻസ്റ്റീൻെറ ഈ സൂത്രം ശരിയാണ് എന്നു പരീക്ഷണംമൂലം കണ്ടിട്ടുള്ളതാണ്. ഇതു നമ്മുടെ നിത്യജീവിതത്തിലെ അനുഭവത്തിനു യോജ്യമല്ല. പക്ഷേ, പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗത്തോടു് അടുത്തെത്താൻമുള്ള വേഗം നമ്മുടെ നിത്യജീവിതത്തിൽ കാണാറില്ലെന്നു് ഓർക്കണം. വേഗം നന്നെ കുറയുമ്പോൾ ഐൻസ്റ്റീന്റെ സൂത്ര

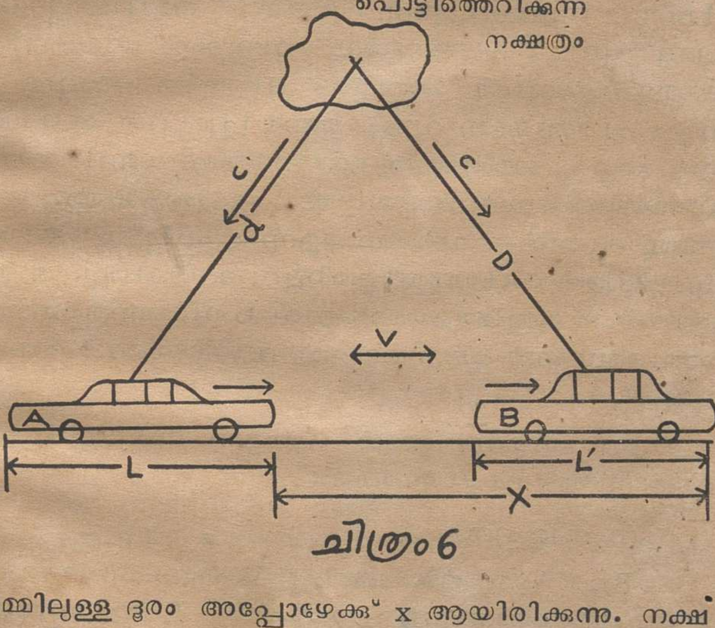
(3)വും നമുക്കു പരിചിതമായ സൂത്ര(2)വും തമ്മിൽ വ്യത്യാസമൊന്നും ഇല്ലതാനും.

അതായതു പ്രകാശത്തിനോട്ട് എത്രതന്നെ അടുത്ത രണ്ടുവേഗം കൂട്ടിയാലും പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗത്തെ ക്കാൾ അധികമാവില്ല. പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത്തെ വിശ്വത്തിലൊരിടത്തും അധികരിക്കുവാൻവയ്യാത്ത വേഗമായി കരുതാം. യാതൊരു കാരണവശാലും യാതൊരു സന്ദർഭത്തിലും പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗത്തെക്കാൾ അധികമായ വേഗം അസാദ്ധ്യമാണു്.

അടുത്തതായി നാം വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിലെ അതിപ്രധാനമായ ഭാഗങ്ങളിലേക്കു കടക്കുകയായി. മുഖവുരയിൽത്തന്നെ ചെയ്ത പ്രസ്താവനയ്ക്കനുസരിച്ചു ഗണിതശാസ്ത്രം വരുന്ന ഭാഗങ്ങൾ തൊടുവാൻ നിവൃത്തിയില്ല. എങ്കിലും ഏതു വഴിക്കാണു സിദ്ധാന്തത്തിലെ ഗണിതശാസ്ത്രപരമായ പോക്കു് എന്നൊന്നു വളരെ ചുരുക്കമായി ചൂണ്ടിക്കാട്ടാം. താഴെ കൊടുത്ത ഉദാഹരണം നോക്കാം:

ശൂന്യാകാശത്തിൽ രണ്ടു റോക്കറ്റുകൾ Aയും Bയും അതിവേഗത്തിൽ യാത്രചെയ്യുകയാണു്. Aയും Bയും യാതൊരു വ്യത്യാസവുമില്ലാതെ ഒരേപോലെ, ഇരട്ടപെറ്റ കുട്ടികളെക്കാളും സമാനമായവയാണു്. രണ്ടിലും സമയവും നീളവും മാസ്സും അളക്കുവാനുള്ള ഉപകരണങ്ങളുണ്ടു്. ഈ ഉപകരണങ്ങൾ ക്ലോക്കും അളവുകോലും മറ്റും തുടക്കത്തിൽ ഒത്തുനോക്കി ഒരുപോലെയെന്നു കണ്ടവയാണു്. Bയുടെ വേഗം Aയുടെതിനേക്കാൾ കൂടുതലാണു്. Aയെ അപേക്ഷിച്ചു് Bയുടെ വേഗം V ആണെന്നു വിചാരിക്കുക. Aയുടെ അടുത്തു് B എത്തുമ്പോൾ രണ്ടു ക്ലോക്കും ഒരേ സമയം കാണിക്കുന്നു. ഈ സമയത്തു്

Aയും Bയും ഒരേ സ്ഥലത്തു് എത്തുമ്പോൾ വളരെയകലെ ഒരു നക്ഷത്രം പൊട്ടിത്തെറിക്കുന്നു. പൊട്ടിത്തെറിക്കുന്ന നക്ഷത്രം വളരെ ദൂരത്താണു്, അതിൽനിന്നു പ്രകാശകിരണങ്ങൾ എത്തുവാൻ കുറെയേറെ സമയം പിടിക്കും. അതിനാൽ Aയിലേയോ Bയിലേയോ യാത്രക്കാർക്കു നക്ഷത്രം പൊട്ടിത്തെറിച്ച വിവരം ഉടനെ അറിയുകയില്ല. പ്രകാശത്തിനു് Aയിലേക്കു് എത്തുവാൻ d എന്ന ദൂരം പ്രയാണംചെയ്യണം. ആ സമയത്തിനുള്ളിൽ B എന്ന റോക്കററ് മുന്നോട്ടുപോയിരിക്കും. Aയും Bയും



ചിത്രം 6

തമ്മിലുള്ള ദൂരം അപ്പോഴേക്കു് x ആയിരിക്കുന്നു. നക്ഷത്രത്തിൽനിന്നു് Bയിലേക്കു വരുന്ന പ്രകാശത്തിനു്

D എന്ന ദൂരം പ്രയാണംചെയ്യണം. Aയെ അപേക്ഷിച്ചും Bയെ അപേക്ഷിച്ചും പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗം ഒന്നുതന്നെയെന്നാണു രണ്ടാമത്തെ ആദിസങ്കല്പം. Aയിലെ ക്ലോക്കു് t എന്ന സമയം കുറിക്കുന്നു. Bയിലേതു് t^1 എന്ന സമയവും. d, D, x എന്നീ ദൂരങ്ങൾ തമ്മിലും, t, t^1 എന്നീ സമയങ്ങൾ തമ്മിലും ചില ബന്ധങ്ങളുണ്ടെന്നു തീച്ചയാണു്. ഈ ബന്ധങ്ങൾ കണ്ടെത്തി അവയെ ചില സമവാക്യങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ കൊണ്ടുവരികയാണു ഗണിതശാസ്ത്രം ഉപയോഗിച്ചു ചെയ്യുന്നതു്. ഈ കിട്ടുന്ന സമവാക്യങ്ങൾ ലോറൻററ്സിൻെറ പേരിൽ (Lorentz transformation equations) അറിയപ്പെടുന്നു. പണ്ടു് ഫിററ്സ്ജെറാൾഡ് വസ്തുക്കൾ വേഗത്തിൽ യാത്രചെയ്യുമ്പോൾ യാത്രയുടെ ദിശയിൽ അവയുടെ നീളം ചുരുങ്ങുമെന്ന വാദം ഉന്നയിച്ചപ്പോൾ ലോറൻറ്സ് അതുപ്രകാരംവരുന്ന മാററങ്ങൾക്കു ഗണിതശാസ്ത്രമനുസരിച്ചു സമവാക്യങ്ങളുടെ. രൂപംകൊടുത്തു. ഈ സമവാക്യങ്ങൾ അവ।തന്നെ. എന്നാൽ ഫിറ്റ്സ്ജെറാൾഡും ലോറൻററ്സും ആവിഷ്കരിച്ചവാദം ശരിയല്ല. അതു് ഈതറെന്ന കൃത്രിമാശയത്തെ അവലംബിക്കുന്നതും യുക്തിവൈരുദ്ധ്യങ്ങൾ കലന്നതുമാണു്. വ്യത്യാസങ്ങൾ വേറെയുമുണ്ടു്.

ഈ സമവാക്യങ്ങൾ പറയുന്ന സംഗതികളിൽ ഓരോന്നായി നമുക്കു നോക്കാം:

(i) നീളച്ചുരുക്കം

Bക്കു് Aയെ അപേക്ഷിച്ചു് V എന്ന വേഗമുണ്ടെങ്കിൽ, Aക്കു തോന്നുന്നതു് Bയുടെ നീളം L ആണെന്നല്ല, അതിലും കുറഞ്ഞുവെന്നാണു്. കുറഞ്ഞ നീളം

$$L^1 = L\sqrt{1-\frac{V^2}{C^2}} \qquad \ldots(1)$$

അതുപോലെത്തന്നെ Bക്കു തോന്നുന്നതു് Aയുടെ നീളവും കുറഞ്ഞുവെന്നാണു്. L^1 തന്നെ.

$$L^1 = L\sqrt{1-\frac{V^2}{C^2}}$$

Aക്കും Bക്കും തുടക്കത്തിൽ 20 മീററർ നീളവും, Aയെ അപേക്ഷിച്ചു് Bക്കു് പ്രകാശത്തിൻെറ പകുതി വേഗവും ഉണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. എന്നാൽ Bക്കു തോന്നുക, Aക്കു് 20 മീററർ നീളമുണ്ടെന്നല്ല, 17 മീററർ നീളമേ ഉള്ളുവെന്നാണു്.

$$L^1 = L\sqrt{1-\frac{V^2}{C^2}} = 20\sqrt{1-\frac{(\frac{1}{2}C)^2}{C^2}} = 20\sqrt{0.75} = 17 \text{ മീറ്റർ.}$$

Aയുടെ നീളം B അളന്നാൽ ഇതാണു് നീളമെന്നു കാണും. ഈ നീളക്കുറവു പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗത്തോട്ടു് അടുത്ത വേഗത്തോടുകൂടി പോകുന്ന വസ്തുക്കൾക്കു മാത്രമേ, പറയുവാൻ തക്കവണ്ണം കാൎയ്യമായി സംഭവിക്കുകയുള്ളു. മണിക്കൂറിൽ 1,200 കിലോമീററർ വേഗത്തിൽ പറക്കുന്ന ഒരു വിമാനത്തിന്റെ നീളച്ചുരുക്കം, ഭൂമിയിൽ നിന്നു നോക്കുന്നപക്ഷം ഒരു മില്ലിമീറ്ററിൻെറ എത്രയോ ചെറിയ ഒരു ഭാഗമാണു്. (മററുള്ളവൎക്കു തോന്നുന്നതാണു് ഇതു്. വിമാനത്തിലെ യാത്രക്കാർ യാത്ര ചെയ്യുന്ന സമയത്തു് അളന്നാൽ നീളക്കുറവു കാണുകയില്ലെന്നു സ്പഷ്ടമാണല്ലോ. കാരണം, യാത്രക്കാരെ അപേക്ഷിച്ചു വിമാനത്തിനു വേഗമില്ല. രണ്ടാമതായി അളക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന അളവുകോലിനും അതേ വേഗം നിമിത്തം അതേ തോതിൽ നീളക്കുറവു സംഭവിക്കുമല്ലോ.)

ഭൂമിയിൽനിന്നു നോക്കിയാൽ തോന്നുന്ന (ഉണ്ടാകുന്ന) നീളക്കുറവാകട്ടെ, കണ്ണുകൊണ്ടു കാണുവാൻ വയ്യെന്നുമാത്രമല്ല, ഏതു സൂക്ഷ്മോപകരണംകൊണ്ടും അറിയുവാൻ കഴികയില്ല.

(ii) മാസ്സ് വൃദ്ധി

ഇതേപ്രകാരംതന്നെ, Aക്കു തോന്നും Bയുടെ മാസ്സ് കൂടിയെന്ന്. പരസ്പര ആപേക്ഷികവേഗമില്ലാത്തപ്പോൾ മാസ്സ് 'm'-ഉം, പുതിയ മാസ്സ് 'm^1'-ഉം ആണെങ്കിൽ

$$m^1 = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad \ldots(2)$$

അതുപോലെതന്നെ Bക്കു തോന്നും Aയുടെ മാസ്സ് കൂടിയിട്ടുണ്ടെന്ന്.

(iii) സമയവ്യത്യാസം

നീളത്തിനും മാസ്സിനും എന്നപോലെ സമയത്തിനും വേഗം നിമിത്തം വ്യത്യാസം വരും. Aക്കു തൻെറ ക്ലോക്കിൽ ഒരു മണിക്കൂർ എന്നു തോന്നുന്ന സമയം Bയുടെ ക്ലോക്കിൽ കുറവായേ Aക്കു തോന്നുകയുള്ളു. രണ്ടുപേക്കു പരസ്പരം ആപേക്ഷികവേഗമുണ്ടെങ്കിൽ മറേറ ആളുടെ സമയവും വേഗവും മന്ദീഭവിച്ചതായി ഓരോരുത്തനും തോന്നും. Aയുടെ സമയം Aക്കു തോന്നുന്നതു tയും, Bയുടെ സമയം Aക്കു തോന്നുന്നതു t'-ഉം ആണെങ്കിൽ,

$$t^1 = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \qquad \ldots(3)$$

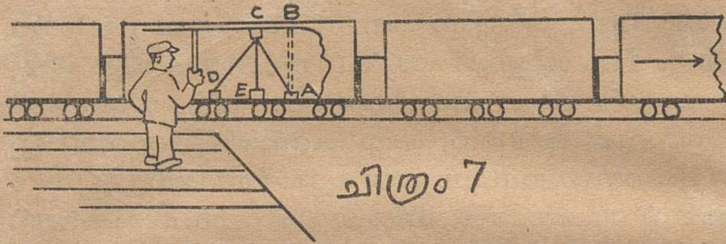
സൂത്രങ്ങൾ (1), (2), (3) എന്നിവ പരിശോധിച്ചാൽ, യാതൊരു വസ്തുവിനും യാതൊരു കാരണവശാലും പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗമായ Cയേക്കാൾ കൂടുതൽ വേഗം

സംഭവിച്ചുകൂടാ എന്നു മനസ്സിലാക്കാം. വസ്തുവിൻെറ വേഗം Cയോടു തുല്യമായാൽ വസ്തുവിൻെറ നീളം പൂജ്യമായും, (Cയേക്കാൾ അധികമായാൽ നീളം സാങ്കല്പികം മാത്രമാവും) അതിന്റെ, മാസ്സ് കണക്കില്ലാതെ വലിയതുമാവും. രണ്ടും അസാദ്ധ്യമാണല്ലോ. അതിനാൽ പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗത്തെ വിശ്വത്തിൽ അധികരിക്കുവാൻ വയ്യാത്ത വേഗമായി കരുതാം.

ഈ സമവാക്യങ്ങളിലെ ആശയങ്ങൾതന്നെ ചില ഉദാഹരണങ്ങളിൽക്കൂടി വിശദീകരിക്കാം. നമ്മുടെ പഴയ വണ്ടിയുടെ ഉദാഹരണംതന്നെ എടുക്കുക. രണ്ടു സ്റ്റേഷൻ, തമ്മിൽ 86,40,00,000 കിലോമീററർ ദൂരമുണ്ടെന്നു കരുതുന്നു. വണ്ടി 2,40,000 കിലോമീററർ വേഗത്തിൽ പോകുകയാണെന്നും, വണ്ടിക്കു് ഈ ദൂരം പോകുവാൻ 1 മണിക്കൂർ വേണം. രണ്ടു സ്റ്റേഷനിലും ക്ലോക്കുണ്ടു്. രണ്ടും ഒരേ സമയം കുറിക്കുന്നു. കയറുന്ന സ്റ്റേഷനിൽവച്ചു് ഒരാൾ, രാമൻ, വണ്ടിയിൽ കയറി തന്റെ വാച്ചു് സ്റ്റേഷൻസമയമാക്കുന്നു. ഇറങ്ങുന്ന സ്റ്റേഷനിൽ വന്നു നോക്കിയപ്പോൾ പിന്നിലാണെന്നു കണ്ടു് ആശ്ചര്യപ്പെട്ടുപോയി. ക്ലോക്കുകൾക്കോ വാച്ചിനോ തകരാറൊന്നുമില്ലതാനും.

എന്തു പറ്റിയെന്നോ? നമുക്കു വിശകലനംചെയ്യാം:

വണ്ടിയുടെ മുകളിൽ ഒരു കണ്ണാടിയുണ്ടു്. യാത്രക്കാരൻ വണ്ടിയുടെ 'നിലത്തു'നിന്നു നേരെ മുകളിൽ കണ്ണാടിയിലേക്കു ടോർച്ചടിക്കുന്നു. രാമൻെറ നിരീക്ഷണത്തിൽ പ്രകാശം നേരെ മുകളിലേക്കു പോയി, അതേ വഴി കീഴ്പോട്ടു വരികയാണു്. ഇതു പ്ലാററ്ഫോമിലോ വഴിയിലോ നില്ക്കുന്ന ആൾക്കു് എങ്ങനെയാണു



ചിത്രം 7

തോന്നുക? പ്രകാശം മുകളിലെ തട്ടിൽ എത്തുമ്പോഴേക്കു വണ്ടി മുന്നോട്ടു പോയിരിക്കും, അതിനാൽ ആ പ്രകാശകിരണം ABBA എന്ന കുത്തനെയല്ല പ്രയാണംചെയ്യുക. AC എന്നിങ്ങനെ 'ചരിഞ്ഞാണു്' യാത്രചെയ്യുക എന്നാണു്. (ചിത്രം 6 നോക്കുക.) കണ്ണാടിയിൽനിന്നു പ്രതിഫലിച്ചു തിരിച്ചുവരുന്നതും നേരെ കീഴ്പോട്ടല്ല, CD എന്നിങ്ങനെ ചരിഞ്ഞാണു വഴിവക്കിലുള്ള ഒരാൾക്കു്, കൃഷ്ണനു്, തോന്നുക. പ്രകാശം Aയിൽനിന്നു വിട്ടു മുകളിൽപ്പോയി തിരിച്ചുവരുമ്പോഴേക്കു വണ്ടി AD എന്ന ദൂരം മുന്നോട്ടു പോയിരിക്കും. പ്രകാശകിരണത്തിനു മുകളിൽപ്പോയി, തിരിച്ചുവരുവാൻ, ACD എന്ന ദൂരം പ്രയാണംചെയ്യുവാൻ, 10 സെക്കൻഡു് വേണമെന്നാണു് കൃഷ്ണൻ കണ്ടതെന്നു കരുതുക. കൃഷ്ണനെ അപേക്ഷിച്ചു പ്രകാശത്തിനു് സെക്കൻഡിൽ 3,00,000 കിലോമീറ്റർ വേഗമുള്ളതിനാൽ ACD എന്ന ദൂരം 3,00,000×10=30,00,000 കിലോമീറ്ററായിരിക്കും. 10 സെക്കൻഡിൽ വണ്ടി മുന്നോട്ടു പോകുന്ന ദൂരമാണു് AD, അതായതു്, 2,40,000×10=24,00,000 കിലോമീറ്ററും. ഈ രണ്ടിൽനിന്നും വണ്ടിയുടെ ഉയരം CE (അല്ലെങ്കിൽ AB) കണക്കാക്കാം.

$CE = \sqrt{AC^2 - AE^2} = \sqrt{1,50,000^2 - 1,200,000^2} =$ 9,00,000 കിലോമീറ്ററാണെന്നു കാണാം. വണ്ടിയുടെ നീളവും വേഗവും മററും ആലോചിക്കുമ്പോൾ, ഇത്ര വലിയ ഉയരവും പ്രത്യേകിച്ച് ആശ്ചര്യപ്പെടത്തക്കതല്ല.

രാമന്റെ കണക്കിൽ, പ്രകാശം ABയിൽക്കൂടി പോയി തിരിച്ചുവരികയേ ചെയ്തിട്ടുള്ളു. എല്ലാ നിരീക്ഷകനെ അപേക്ഷിച്ചും പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം ഒന്നുതന്നെയാണെന്നാണ് ഐൻസ്റ്റീൻ സ്വീകരിച്ച രണ്ടാമത്തെ ആദിസങ്കല്പം. അതിനാൽ ABയിൽക്കൂടി തിരിച്ചുവരുവാൻ വേണ്ട 9,00,000 + 9,00,000 = 18,00,000 കിലോമീറ്റർ യാത്രചെയ്യുവാൻ പ്രകാശത്തിനു് $\frac{18,00,000}{3,00,000} =$ 6 സെക്കൻഡേ വേണ്ടു. അതായതു്, കൃഷ്ണനു് 10 സെക്കൻഡ് എന്ന സമയം രാമനു് 6 സെക്കൻഡേ ആവുന്നുള്ളു.

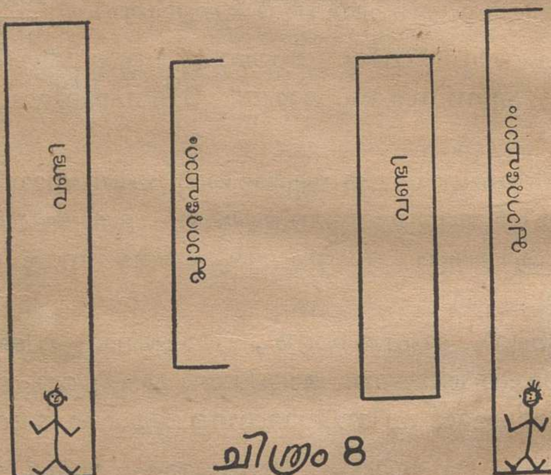
നിശ്ചലമായ ഒരു ക്ലോക്കിന്റെ പിന്നിലായിരിക്കും വേഗത്തിൽ യാത്രചെയ്യുന്ന ക്ലോക്ക്. ക്ലോക്ക് മാത്രമല്ല, എല്ലാ ക്രിയകളും സമയം ഒട്ടാകെത്തന്നെയും മന്ദീഭവിക്കും.

കൃഷ്ണൻ നില്ക്കുകയാണ്, താനാണു നീങ്ങുന്നതു് എന്നു രാമൻ കരുതുന്നു, അതിനാൽ തന്റെ വാച്ച് കൃഷ്ണന്റേതിനേക്കാൾ പിന്നിലാണെന്നു രാമൻ കാണുന്നു.

വണ്ടിക്കും രാമനും തന്നെ അപേക്ഷിച്ച് വേഗമുണ്ടെന്നു് കൃഷ്ണനു് അറിയാം. കൃഷ്ണന്റെ നിലയിൽനിന്നു നോക്കുമ്പോൾ തന്റെ വാച്ച് രാമന്റേതിനേക്കാൾ പിന്നിലായിരിക്കും.

നമ്മുടെ വണ്ടി 24,00,000 കിലോമീററർ നീളം

ഉള്ള ഒരു പ്ലാററ്ഫോമിന്നരികെക്കൂടി സെക്കൻഡിൽ 2,40,000 കിലോമീററർ വേഗത്തിൽ പോകുകയാണെന്നിരിക്കട്ടെ. പ്ലാററ്ഫോമിന്റെ ഒരറ്റംമുതൽ മറ്റേയറ്റംവരെ എത്തുവാൻ വണ്ടിക്കു സ്റ്റേഷൻക്ലോക്കനുസരിച്ച് $\frac{2,40,000}{24,000} = 10$ സെക്കൻഡ് വേണമല്ലോ. എന്നാൽ വണ്ടിയിലെ യാത്രക്കാരെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ഈ സമയം 6 സെക്കൻഡ് മാത്രമായതിനാൽ പ്ലാറ്റ്ഫോമിന്റെ നീളം 2,40,000 കിലോമീററർ അല്ല, $2,40,000 \times 6 = 14,40,000$ കിലോമീററർ മാത്രമാണ്.



ചിത്രം 8

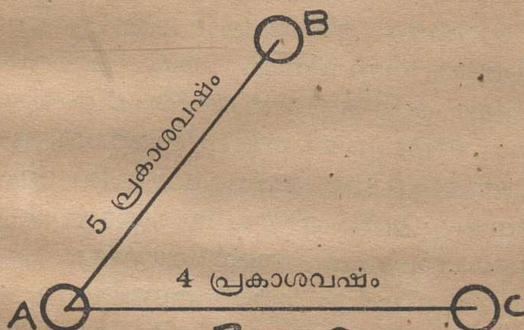
വണ്ടിയിലുള്ളവർക്ക് പ്ലാറ്റ്ഫോറം ചെറുതെന്നും പ്ലാറ്റ്ഫോറത്തിലുള്ളവക്ക് വണ്ടി ചെറുതെന്നും തോന്നും

$$L^1 = L\sqrt{1-\frac{V^2}{C^2}} = 24,00,000\sqrt{1-\left(\frac{2,40,000}{3,00,000}\right)^2}$$

$$= 24,00,000\sqrt{1-0.64} = 14,40,000$$ കിലോമീറ്റർ.

വണ്ടിയിലെ യാത്രക്കാരെ അപേക്ഷിച്ച് പ്ലാററ്ഫോറത്തിനു സെക്കൻഡിൽ 2,40,000 കിലോമീററർ വേഗമുള്ളതിനാൽ പ്ലാറ്റ്ഫോറത്തിൻെറ നീളം കുറഞ്ഞതായി അവക്കു തോന്നും. പ്ലാറ്റ്ഫോറത്തിൽ നില്ക്കുന്ന ഒരാൾക്കു്, വണ്ടിയുടെ നീളം കുറഞ്ഞുവെന്നാണു തോന്നുക. (ചിത്രം 8 നോക്കുക.)

മറ്റൊരുദാഹരണംകൂടി. A, B, C എന്ന മൂന്നു സ്ഥാനങ്ങൾ സങ്കല്പിക്കാം. ദൂരങ്ങളെല്ലാം വളരെ വലുതാണു്. Aയിൽനിന്നു പ്രകാശത്തിനു് Bയിലെത്തുവാൻ 5 വഷങ്ങൾ വേണം; Cയിലെത്തുവാൻ 4 വഷവും വേണം.



ചിത്രം 9

1967 ജനുവരി 1-ാംതീയതി ഒരു സംഭവം Aയിൽ നടക്കുന്നു. ഇവിടെനിന്നു പ്രകാശരശ്മികൾ Bയിൽ എത്തുമ്പോഴാണു സംഭവം നടന്നതെന്നാണു് Bയിലെ

ആളുകൾ കരുതുക. അതായതു്, Bയെ സംബന്ധിച്ചിട ത്തോളം സംഭവം 1967 ജനുവരി 1-ാംതീയതിയല്ല, 1972 ജനുവരി 1-ാംതീയതിയാണു നടന്നതു്. അപ്രകാരം തന്നെ Cയെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം 1971 ജനുവരി 1-ാംതീയതിയാണു സംഭവിച്ചതു്. ഒരേയൊരു സംഭവം മൂന്നുപേരെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം അവരുടെ സ്ഥാനം നിമിത്തം മൂന്നു സമയത്താണു സംഭവിക്കുന്നതു്. സ്ഥാന ത്തിനും സമയത്തിനും തമ്മിൽ, സ്ഥാനത്തിനും കാലത്തി നും തമ്മിൽ, അഭേദ്യമായൊരു ബന്ധമുണ്ടെന്നല്ലേ ഇ തിൽനിന്നു സിദ്ധിക്കുന്നതു്? എല്ലാവൎക്കും ഒരേ സമയ മല്ല എന്നൎത്ഥം.

ഒരു വിഷമംപിടിച്ച ചോദ്യം

ഭൂമിയിൽനിന്നു കുറേപേർ റോക്കററിൽ കയറി ശൂന്യാകാശത്തിൽ കുറേയേറെ യാത്രചെയ്തു തിരിച്ചു വരുന്നു. റോക്കററ് ഭൂമിയെ അപേക്ഷിച്ചു വേഗത്തിൽ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നതിനാൽ മേല്പറഞ്ഞവിധം അ തിലെ എല്ലാ ക്രിയകളും മന്ദീഭവിക്കും. അതായതു് റോ ക്കററ് ഭൂമിയിൽപ്പോയി തിരിച്ചുവരുവാൻ, ഭൂമിയിലെ കണക്കനുസരിച്ചു് 50 വൎഷം വേണ്ടിവന്നേക്കാമെങ്കി ലും ഈ സമയം റോക്കറ്റിലെ യാത്രക്കാൎക്കു കുറച്ചു മണി ക്കൂറായേ തോന്നുകയുള്ളു. സമയം മാത്രമല്ല, എല്ലാ ക്രിയ കളും, ദഹനക്രിയകളും മററു് എല്ലാംതന്നെ, മന്ദീഭവി ക്കുന്നതിനാൽ റോക്കറ്റ്യാത്രക്കാൎക്കു വയസ്സാവുന്നില്ല. തിരിച്ചുവരുമ്പോൾ അവരെ എതിരേല്ക്കാൻ വടിയും കുത്തിവരുന്ന മക്കൾ, തങ്ങളെക്കാളും പ്രായംകുറഞ്ഞ അച്ഛനമ്മമാരെ കണ്ടു് അത്ഭുതപ്പെട്ടേക്കാം. ഭക്തി എന്ന ചെറുപ്പക്കാരിയേയും ജ്ഞാനവൈരാഗ്യങ്ങൾ എന്ന

അവരുടെ വൃദ്ധരായ മക്കളേയുംപറ്റി ഭാഗവതമാഹാത്മ്യത്തിൽ പരാമശിക്കുന്നുണ്ടല്ലോ. അതുപോലെ വിചിത്രമായ ഒരു സന്ദഭം സംജാതമാവും.

റോക്കറ്റ് വേഗത്തിൽ ചലിക്കുമ്പോൾ റോക്കറ്റ് നിശ്ചലമെന്നും ഭൂമി വേഗത്തിൽ യാത്രചെയ്യുകയാണെന്നും കരുതുന്നതിൽ തെററില്ല. എന്നാൽ ഇപ്രകാരം കരുതുകയാണെങ്കിൽ, വീണ്ടും ഭൂമിയും റോക്കററും അടുക്കുമ്പോഴേക്കും റോക്കററിലെ യാത്രക്കാർ വൃദ്ധരായിരിക്കുമെന്നും ഭൂമിയിലെ മനുഷ്യർക്കു മാററമൊന്നും വന്നിരിക്കയില്ലെന്നും നമുക്കു കാണാം.

ഈ രണ്ടുവിധം കരുതുന്നതും ശരിയാണ്. എന്നാൽ രണ്ടുവിധം നോക്കുമ്പോഴും പരസ്പരവിരുദ്ധമായ ഫലങ്ങളാണു കിട്ടുന്നതു്. റോക്കററ് തിരിച്ചെത്തുമ്പോൾ ആരാണു വൃദ്ധരായി തീന്നിരിക്കുക; റോക്കറ്റിലെ യാത്രക്കാരോ ഭൂമിയിലെ മനുഷ്യരോ? രണ്ടും വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ചു ശരിയാണെന്നു തോന്നും. എന്നാൽ പരസ്പരവൈരുദ്ധ്യംനിമിത്തം രണ്ടും ശരിയാകുവാൻ വയ്യതാനും.

വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഇതെല്ലാം വരും. എന്നാൽ ഭൂമിയിൽനിന്നു പുറപ്പെട്ടപ്പോഴും തിരിച്ചു ഭൂമിയിൽ ഇറങ്ങുമ്പോഴും റോക്കററിന്ന് ആക്സിലറേഷനുണ്ടു്. അതിനാൽ ഈ ഉദാഹരണം വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിൻെറ പരിധിയിൽ പെടുകയില്ല. സ്ഥിരവേഗത്തിൽ യാത്രചെയ്യുമ്പോൾ എല്ലാ ക്രിയകളും മന്ദീഭവിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും റോക്കററ് പുറപ്പെട്ടപ്പോഴും തിരിച്ചുവരുമ്പോഴും ഉള്ള ആക്സിലറേഷൻ നിമിത്തം ഈ സമയവ്യത്യാസം തട്ടിക്കിഴിച്ചുപോകും.

അതിനാൽ സ്ഥിരമായി ഒരു വ്യത്യാസവും വരില്ല, ഈ വാദംമൂലമുള്ള വിഷമവും തീൎന്നു.

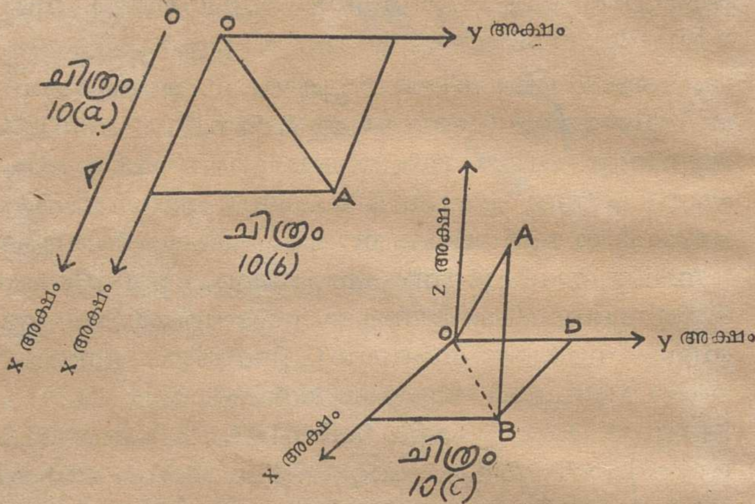
സ്ഥലവും കാലവും (സമയം) വേറെവേറെയാണെന്നും അവയെ വെവ്വേറെയായി കണക്കാക്കാമെന്നും ആയിരുന്നു പണ്ടു ശാസ്ത്രജ്ഞർ കരുതിയിരുന്നതു്. എന്നാൽ ഈ ധാരണ തെറ്റാണെന്നും സ്ഥലം, കാലം എന്നിങ്ങനെ പ്രത്യേകം പ്രത്യേകമായി അവയെ വ്യവഹരിക്കുവാൻ പാടില്ലെന്നും അവ രണ്ടും സ്ഥലകാലം എന്നൊന്നിന്റെ അപൂൎണ്ണഭാഗങ്ങളാണെന്നും ഐൻസ്റ്റീൻ കാണിച്ചു.

മുമ്പു (പേജ് 16-17) വിവരിച്ച ഗാർഡിൻെറയും ഡ്രൈവറുടെയും സംഗതി ഒന്നുകൂടി ഇവിടെ പ്രസ്താവിക്കാം. ചലിക്കുന്നവണ്ടിയിൽ എൻജിനിൽവെച്ചു് എല്ലാ ദിവസവും ഗാർഡും ഡ്രൈവറും തമ്മിൽ കാണുന്നതു്, ഭൂമിയിൽനിന്നുനോക്കുമ്പോൾ ഒരുദിവസം മദിരാശിവെച്ചു്, അടുത്ത ദിവസം നാഗ്പൂരുവെച്ചു് എന്നിങ്ങനെ വിവിധസ്ഥലങ്ങളിലാണെന്നു തോന്നും. അതായതു് ചലിക്കുന്ന ഒരു മണ്ഡലത്തിൽ ഒരേ സ്ഥലത്തു വിവിധസമയങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന സംഭവങ്ങൾ, ചലിക്കാത്ത മണ്ഡലത്തിൽനിന്നു നോക്കുന്ന ഒരാൾക്കു വിവിധസ്ഥലങ്ങളിലായി തോന്നും. ഐൻസ്റ്റീൻെറ ചിന്താഗതി തുടൎന്നു് ഈ പ്രസ്താവനയിൽ സ്ഥലം, കാലം എന്നീ വാക്കുകൾ പരസ്പരം മാററിയാൽ കിട്ടുന്ന പ്രസ്താവന പരിശോധിക്കാം: "ചലിക്കുന്ന ഒരു മണ്ഡലത്തിൽ ഒരേസമയത്തു വിവിധസ്ഥലങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന സംഭവങ്ങൾ ചലിക്കാത്ത ഒരു മണ്ഡലത്തിൽനിന്നു നോക്കുന്ന ഒരാൾക്കു വിവിധസമയങ്ങളിൽ ആണെന്നു തോന്നും." നമ്മുടെ വണ്ടിയിലെ ഗാർഡും ഡ്രൈവറും ഒരേസമയത്തു തീപ്പെട്ടി

കത്തിച്ചാൽ അതു വ്യത്യസ്തസമയങ്ങളിലായാണു വഴിയിൽ നില്ക്കുന്ന ഒരാൾക്കു് അനുഭവപ്പെടുക.

ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം സമയത്തെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം 'ഒരേസമയത്തു്', 'മുമ്പു്', 'പിന്നീടു്' എന്നിവയ്ക്കു ചിലപ്പോൾ അർത്ഥമില്ലാതെ വന്നേക്കാം. എന്നാലും 'മുമ്പു്', 'പിന്നീടു്' എന്നീ ആശയങ്ങൾക്കു ചിലപ്പോൾ കേവലാർത്ഥമുണ്ടാവാം. മകൻ അമ്മയുടെ 'മുമ്പാ'ണു ജനിച്ചതെന്നു് എന്തായാലും, ഏതു നിരീക്ഷകനെ സംബന്ധിച്ചും വന്നുകൂടാ. സംഭവങ്ങൾതമ്മിലുള്ള ബന്ധം സമയത്തെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം മൂന്നുവിധത്തിൽ വന്നേക്കാം. എങ്ങനെ നോക്കിയാലും 'മുമ്പു്', എങ്ങനെ നോക്കിയാലും 'പിന്നീടു്', ചിലതരത്തിൽ നോക്കിയാൽ 'മുമ്പും' മററു ചിലതരത്തിൽ നോക്കിയാൽ 'പിന്നീടും', എന്നിങ്ങനെ മൂന്നുവിധത്തിൽ.

ഇപ്രകാരം സ്ഥലവും കാലവും തമ്മിൽത്തമ്മിൽ ബന്ധപ്പെട്ടാണു കിടക്കുന്നതു്. രണ്ടു സ്ഥാനങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ദൂരം കണക്കാക്കുവാനുള്ള സൂത്രം നോക്കാം. A എന്ന സ്ഥാനത്തിനു് O എന്ന സ്ഥാനത്തുനിന്നുള്ള ദൂരമാണു കുറിക്കേണ്ടതു്. Oയും Aയും x അക്ഷത്തിന്മേലാണെങ്കിൽ (ചിത്രം 10(a) നോക്കുക.) $OA = x = \sqrt{x^2}$; Oയും Aയും നിലംപോലുള്ള ഒരു തലത്തിലാണെങ്കിൽ, $OA = \sqrt{OB^2 + AB^2} = \sqrt{x^2 + y^2}$ (ചിത്രം 10(b) നോക്കുക.) Oയും Aയും നിലംപോലുള്ള ഒരു തലത്തിലല്ലെങ്കിൽ, അതായതു് Oയെ അപേക്ഷിച്ചു് A, x കിലോമീറ്റർ കിഴക്കോട്ടും y കിലോമീററർ വടക്കോട്ടും z കിലോമീററർ ഉയരത്തിലും ആണെങ്കിൽ OA എന്ന ദൂരം,



$$OA = \sqrt{OB^2 + AB^2} = \sqrt{(OC^2+OD^2) + AB^2}$$

$$= \sqrt{x^2+y^2+z^2}$$ (ചിത്രം 10(c) നോക്കുക).

രണ്ടു ബിന്ദുക്കൾതമ്മിലുള്ള ദൂരം കണക്കാക്കുമ്പോൾ സമയംകൂടി അതിൽ കണക്കിലെടുക്കേണ്ടതുണ്ടെന്നു വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം നാം കണ്ടുവല്ലോ. ഇതുകൂടി കണക്കിലെടുക്കുമ്പോൾ രണ്ടു സ്ഥാനങ്ങൾതമ്മിലുള്ള ദൂരം കണക്കാക്കുവാൻ വിഷമമുണ്ടു്. റിസ്സി എന്ന ഇററാലിയൻ ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞൻ കണ്ടുപിടിച്ച ടെൻസർ കാൽക്കുലസ് (Tensor Calculus) എന്ന ഗണിതശാസ്ത്രവിഭാഗം ഉപയോഗിച്ചാണു് ഐൻസ്റ്റീൻ ഇതു സാധിച്ചതു്. (അതിനിടയിൽ പറയട്ടെ, ടെൻസർ കാൽക്കുലസിന്റെ പെററമ്മസ്ഥാനം റിസ്സിക്കാണെങ്കിലും ഐൻസ്റ്റീനു് അതിൻെറ പോററമ്മസ്ഥാനം

ഉണ്ട്.) ഇപ്രകാരം ദൂരം കണക്കാക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്നതു് $\sqrt{x^2+y^2+z^2-(ct)^2}$ എന്നാണു്. മുമ്പു കൊടുത്ത $\sqrt{x^2}$, $\sqrt{x^2+y^2}$, $\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ എന്നിവയോടു് ഇതു താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ, ഗണിതസൂത്രങ്ങളുടെ സാദൃശ്യം നിമിത്തം സമയത്തെ നീളം, വീതി, ഉയരം എന്നിവയെപ്പോലെ നാലാമതൊന്നായി കണക്കാക്കാമല്ലോ. ഇതിനാലാണു് സമയത്തെ നാലാമത്തെ മാത്ര(fourth dimension)യായി കരുതാമെന്നു പറയുന്നതു്. അല്ലാതെ നീളം, വീതി, ഉയരം എന്നീ മൂന്നു ദിശകൾക്കു ലംബമായ മറ്റൊരു ദിശയാണു സമയമെന്നു ധരിക്കരുതു്.

നീളച്ചുരുക്കവും സമയവ്യത്യാസവും അനുഭവപ്പെടുന്നതു് പ്രകാശത്തിന്റേതിനോടടുത്ത വേഗം വരുമ്പോഴാണല്ലോ. ഇതുകൊണ്ടാണു സാധാരണജീവിതത്തിൽ നാം ഇവ രണ്ടും കാണാതെപോകുന്നതു്. ഈ രണ്ടു ഫലങ്ങളും എങ്ങനെയാണു് അനുഭവപ്പെടുക എന്നു വ്യക്തമായി മനസ്സിൽ പതിയുവാൻ ഒരു സാങ്കല്പികകഥ പറയാം. A എന്ന ഒരാൾ സ്വപ്നത്തിൽ ഒരത്ഭുതലോകത്തിലെത്തുന്നു. അവിടെ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 30 കിലോമീറ്റർ മാത്രമാണു്. ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിലെ കാര്യങ്ങൾ തനിക്കു് ഇപ്പോൾ നേരിട്ടനുഭവപ്പെടുമെന്നു കരുതിയ Aക്കു് ആ നഗരത്തിലെത്തിയപ്പോൾ തെല്ലൊരാശാഭംഗമാണു് ഉണ്ടായതു്. എന്തു്? ഒരു വ്യത്യാസവുമില്ലെന്നോ? അപ്പോഴേക്കും ആ വഴി ഒരു സൈക്കിളുകാരൻ വന്നു. പാതയുടെ വക്കത്തുനില്ക്കുന്ന Aക്കു സൈക്കിളിന്റേയും സൈക്കിൾകാരന്റേയും ആകൃതി കണ്ടു് അത്ഭുതം തോന്നി. യാത്രചെയ്യുന്ന ദിശയിൽ സൈക്കിളും സൈക്കിൾകാരനും പിച്ചുങ്ങിയതായി തോന്നി. ഗോപു

രത്തിലെ ഘടികാരം 12 മണിയടിച്ചു. ഉടനെ സൈക്കിൾകാരൻ ധൃതിപിടിച്ച് അമത്തിച്ചവിട്ടിത്തുടങ്ങി. അമത്തിച്ചവിട്ടിയിട്ടും സൈക്കിളിൻെറ വേഗം വദ്ധിച്ചതായി Aക്കു തോന്നിയില്ല; എന്നാൽ സൈക്കിളും സൈക്കിൾകാരനും കൂടുതൽ പിതുങ്ങിയതായിത്തോന്നി. അപ്പോഴേക്കും ആ വഴി വന്ന കാറിനും സൈക്കിളിനെക്കാൾ വളരെയേറെ വേഗമുണ്ടെന്നു തോന്നിയില്ല. Aക്കു രസം തോന്നിയതിനാൽ അടുത്തുള്ള ഒരു സൈക്കിളെടുത്തു പുറപ്പെട്ടു. തൻെറ സ്ഥൂലശരീരം സൈക്കിൾയാത്രക്കാരനു സംഭവിച്ചമാതിരി ഒന്നു ചുരുങ്ങിക്കിട്ടുമെന്നു സന്തോഷിച്ചിരിക്കയായിരുന്നു, A. എന്നാൽ തനിക്കോ തൻെറ സൈക്കിളിനോ യാതൊരു നീളക്കുറവും Aക്കു തോന്നിയില്ല. പകരം, അടുത്തുള്ളവയെല്ലാം നീളം കുറഞ്ഞതായി തോന്നി. കൂടുതൽ അമത്തിച്ചവിട്ടിയപ്പോൾ നീളം കൂടുതൽ കുറയുന്നതായും തോന്നി. കുറച്ചുകഴിഞ്ഞു് A ആദ്യത്തെ സൈക്കിളിൻെറ ഒപ്പമെത്തിയപ്പോൾ ആ സൈക്കിളിനോ സൈക്കിൾകാരനോ പ്രത്യേകതയൊന്നും തോന്നിയതുമില്ല. തങ്ങൾതമ്മിൽ ആപേക്ഷികവേഗം ഇല്ലാത്തതിനാലാണു നീളച്ചുരുക്കം തോന്നാത്തതെന്നു് Aക്കു മനസ്സിലായി. A മററെ സൈക്കിളിന്മേൽ യാത്രചെയ്യുന്ന Bയോടു ചോദിച്ചു:

A: "വേഗത്തിനു പരിമിതിയുള്ള ഈ നഗരത്തിൽ താമസിക്കുന്നതു് അസൗകര്യമല്ലേ?"

B: "വേഗത്തിനു പരിമിതിയോ? ഒന്നും ഇല്ലല്ലോ. എവിടെ വേണമെങ്കിലും എത്രവേഗത്തിലും എത്താം. പക്ഷേ, ഈ പഴയ സൈക്കിളിന്റെ സ്ഥാനത്തു് ഒരു നല്ല മോട്ടോർസൈക്കിൾ വേണമെന്നു മാത്രം."

A: "അതു വേഗം കൂട്ടുന്നതുകൊണ്ടല്ല. പോകുവാനുള്ള ദൂരം കുറഞ്ഞുവരുന്നതുകൊണ്ടാണു്."

B: "അതുകൊണ്ടു് എന്തു വ്യത്യാസമാണു വരാൻ പോകുന്നതു്? ദൂരം കുറഞ്ഞാലും വേഗം കൂടിയാലും ഫലം ഒന്നുതന്നെയല്ലേ?"

ഒരഞ്ചുമിനിട്ടു നേരമേ സൈക്കിൾ ചവിട്ടിയുള്ളു എന്നാണു് Aക്കു് തോന്നിയതു്. എന്നാൽ അടുത്ത പോസ്റ്റാഫീസ് ക്ലോക്ക് $12\frac{1}{2}$ മണി അടിക്കുന്നതാണു് A കേട്ടതു്. എന്തുപററി? തൻെറ വാച്ചിൽ 12 മണി കഴിഞ്ഞു് 5 മിനിട്ടേ ആയിട്ടുള്ളുവല്ലോ. "നാം വേഗത്തിൽ യാത്രചെയ്യുകയായിരുന്നില്ലേ, അതുകൊണ്ടാണു നമ്മുടെ സമയം പിന്നിലായതു്" എന്നു് B പറഞ്ഞു മനസ്സിലാക്കിയപ്പോഴേ, Aക്കു് അത്ഭുതം തീൎന്നുള്ളു.

ഒരു വസ്തുവിൻെറ പരമാവധി വേഗം പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗമായ C ആണെന്നു നാം കണ്ടുവല്ലോ. നിശ്ചലമായ ഒരു വസ്തുവിന്മേൽ കുറെ ശക്തിയുപയോഗിച്ചു് അതിന്നു വേഗവൃദ്ധി ഉണ്ടാക്കാം. ഈ ശക്തി തുടൎന്നു പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ നാം വസ്തുവിനു് ഊൎജ്ജം പകൎന്നുകൊടുക്കുകയാണു ചെയ്യുന്നതു്. വസ്തുവിനു കൂടുതൽ ഊൎജ്ജം കിട്ടുന്നതു് വസ്തുവിൻെറ വൎദ്ധിച്ച വേഗത്തിൻെറ രൂപത്തിൽ പ്രത്യക്ഷപ്പെടും. പിന്നേയും പിന്നേയും ഊൎജ്ജം കിട്ടിയാലോ? കുറേ കഴിയുമ്പോൾ വേഗം അങ്ങനെ കണക്കില്ലാതെ കൂട്ടുവാൻ കഴിയാതെ വരും. അപ്പോൾ ഈ ഊൎജ്ജം ഏതുവിധത്തിലാണു വസ്തു സൂക്ഷിക്കുന്നതു്? വേഗം കൂടുന്തോറും വസ്തുവിന്റെ മാസ്സ് കൂടുമെന്നു നാം കണ്ടതാണു്. ഈ കിട്ടുന്ന ഊൎജ്ജത്തിൻെറ ഒരുഭാഗം അധികരിച്ച വേഗത്തിൻെറ രൂപത്തിലും ശേഷിച്ച ഭാഗം അധികരിച്ച മാസ്സിൻെറ രൂപ

ത്തിലുമാണ വസ്തുവിൽ സൂക്ഷിക്കപ്പെട്ടുന്നതു്. അതായതു്, മാസ്സ് എന്നുവെച്ചാൽ ഊർജ്ജത്തിൻെറ മറെറാരു രൂപമാണു്. ഇതാണ വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിൽനിന്നു കിട്ടുന്ന ഒരു പ്രധാനവസ്തുത. ഐൻസ്റ്റീൻ ഊർജ്ജത്തിന്നും (E) മാസ്സിന്നും (m) തമ്മിൽ $E=mC^2$ എന്ന സൂത്രം സ്ഥാപിച്ചു. C പ്രകാശത്തിൻെറ വേഗമാണു്. മാസ്സ് ഒരു ഗ്രാം കൂട്ടുവാൻ 2,50,00,000 യൂണിറ്റ് (ഇലക്ട്രിസിററി ബില്ലിൽ കാണുന്ന യൂണിററ്) ഊർജ്ജം വേണം. ആററംബോംബിൽ ഈ തത്വമാണു് ഉപയോഗിക്കുന്നതു്. മാസ്സിൽ കുറച്ചു കുറവുവരുമ്പോൾ ഈ കുറവു കണ്ട മാസ്സ് ഊർജ്ജത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ പുറത്തുവരുന്നു. ഒരു കിലോഗ്രാം കരിമുഴുവൻ ഊർജ്ജമാക്കി മാററുവാൻ സാധിച്ചാൽ, അതു് അമേരിക്കൻ ഐക്യനാട്ടുകളിൽ എല്ലായിടത്തുംകൂടി രണ്ടുമാസത്തിൽ എല്ലാ ആവശ്യങ്ങൾക്കും ഉപയോഗിക്കുവാനുള്ള ഊർജ്ജമായി.

കരി വെറുതെ കത്തിച്ചാൽ, ചില രാസപരിണാമങ്ങൾ മാത്രമാണ സംഭവിക്കുന്നതു്. അപ്പോൾ കിട്ടുന്ന ഊർജ്ജം വളരെയേറെ കുറവാണു്. കരി വെറുതെ കത്തിക്കുമ്പോൾ അതിൻെറ മാസ്സ് മാറുന്നില്ല.

വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തെ പിൻതാങ്ങുന്ന നിരവധി പരീക്ഷണഫലങ്ങളുണ്ടു്. ബീററാരശ്മികൾ എന്നറിയപ്പെട്ടുന്ന കണികകൾക്കു വിവിധ മാസ്സുകളും വിവിധ വേഗങ്ങളും ഉള്ളതായി കണ്ടു. എന്നാൽ,

$$m^1 = \frac{m}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

എന്ന സൂത്രം ഉപയോഗിച്ചു് അവയെല്ലാം നിശ്ചലമായിരിക്കുമ്പോഴത്തെ മാസ്സ് കണക്കാക്കിയപ്പോൾ അവ

യെല്ലാം തുല്യമായി കണ്ടു. മാസ്സ് ഊർജ്ജത്തിന്റെ മറ്റൊരു രൂപമാണെന്ന ഈ സിദ്ധാന്തത്തിൻെറ കണ്ടെത്തലിനെ ആററംബോംബ് ശരിവെക്കുന്നുണ്ടല്ലോ.

ഋഷിതുല്യനും സമാധാനപ്രേമിയുമായിരുന്ന ഐൻസ്റ്റീനാണ മനുഷ്യരാശിയെ മുഴുവൻ ഭീഷണിപ്പെടുത്തുന്ന ആററംബോംബിൻേറയും മററും അന്തർലീനമായ തത്വം കണ്ടെത്തിയതു് എന്നതു വിധിയുടെ വികൃതിയായി മാത്രമേ കണക്കാക്കുവാൻ കഴിയുകയുള്ളു.

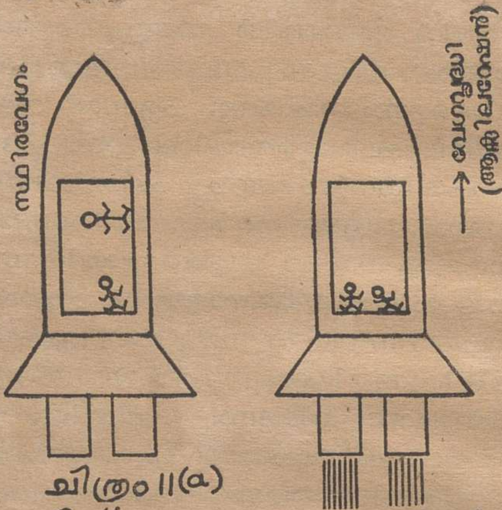
૩. സാമാന്യാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം

വിശേഷാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിന് അടിസ്ഥാനമായ ഒരു വസ്തുത ശൂന്യാകാശത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ കേവലവേഗം ഇത്രയാണ് എന്നു പറയുന്നതിന് അർത്ഥമില്ല എന്നതാണല്ലോ. ശരി, പക്ഷേ, ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടെങ്കിലോ? വളവിൽ തിരിഞ്ഞു പോകുമ്പോൾ വണ്ടിയിൽ യാത്രക്കാരന് ഒരു വശത്തേക്കു തള്ളൽ അനുഭവപ്പെടുമല്ലോ. അതുപോലെ, വണ്ടി പെട്ടെന്നു നില്ക്കുമ്പോൾ യാത്രക്കാരൻ മുന്നോട്ട് ആഞ്ഞു ടിച്ചുവീഴുന്നു. ഈ രണ്ട് ഉദാഹരണങ്ങളിൽനിന്നും ആക്സിലറേഷൻ യാത്രക്കാരന് അനുഭവപ്പെടുമെന്നു വ്യക്തമാണല്ലോ. വേഗത്തിനു കേവലസത്തയില്ലെങ്കിലും ആക്സിലറേഷന് അതുണ്ടോ എന്നതാണ് അടുത്തതായി പരിശോധിക്കേണ്ടതു്. 1915—'16-ഓടുകൂടി ഐൻസ്റ്റീൻ ഈ ചോദ്യത്തിനും ഇതിനോടു ബന്ധപ്പെട്ടതും ബന്ധപ്പെടാത്തതുമായ മററനേകം ചോദ്യങ്ങൾക്കും ഉത്തരം കണ്ടെത്തി.

ആക്സിലറേഷൻ ഉള്ള ഒരു മണ്ഡലത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന സ്ഥിതിവിശേഷങ്ങളും അവസ്ഥകളും ഒരു ആകർഷണമണ്ഡലത്തിലുള്ള സ്ഥിതിവിശേഷങ്ങളോടും അവസ്ഥകളോടും സർവ്വഥാ തുല്യങ്ങളാണ് എന്നതാണു സാമാന്യാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിലെ ഒരു പ്രധാന ആശയം. വിശേഷസിദ്ധാന്തത്തെപ്പററി പ്രതിപാദിക്കുമ്പോൾ, വണ്ടിയിലിരിക്കുന്ന ഒരാൾ നാരങ്ങ മേല്പോട്ട് എറിയുന്നതിനെപ്പററി പ്രസ്താവിക്കുകയുണ്ടായല്ലോ. വണ്ടി സ്ഥിര

മായ വേഗത്തിൽ ഓട്ടമെങ്കിൽ നാരങ്ങ കൈയിൽത്തന്നെ വീഴുമെന്നും, നില്ക്കുന്ന വണ്ടിയിലെന്നപോലെതന്നെ സംഭവിക്കുമെന്നും നാം കണ്ടു. എന്നാൽ വണ്ടിക്ക് ഒരു ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടെങ്കിലോ? നാരങ്ങ യാത്രക്കാരൻെറ കൈയിൽനിന്നു കുറച്ചു പിന്നിലായി വീഴുന്നുവെന്നു കാണാം. (എങ്ങനെയെന്നാൽ—കൈയിൽനിന്നും വിട്ട സമയത്തു നാരങ്ങ അതിനുണ്ടായിരുന്ന വേഗത്തിൽ മുന്നോട്ടു പോകുന്നു. മുന്നോട്ടുള്ള ആ ദിശയിൽ അതിന്റെ വേഗം മാറുന്നില്ല. എന്നാൽ വണ്ടിയുടെ വേഗം കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ യാത്രക്കാരൻ നാരങ്ങയെക്കാൾ കൂടുതൽ മുന്നോട്ടു നീങ്ങുന്നു. ഫലത്തിൽ, നാരങ്ങ ചുവട്ടിലേക്കെത്തുമ്പോഴേക്കും അതു യാത്രക്കാരൻെറ പിന്നിലാകുന്നു.) ഇതിനെത്തന്നെ മറെറാരുവിധത്തിൽ നോക്കുകയാണെങ്കിൽ, നാരങ്ങക്കു പിന്നിലേക്ക് ഒരാകഷ്ണമുള്ളതായി കണക്കാക്കാം. ആക്സിലറേഷൻ എന്നൊന്നും ചിന്തിക്കാതെ, അനുഭവപ്പെടുന്നതുമാത്രം പറയുകയാണെങ്കിൽ, നാരങ്ങ ഒരാകഷ്ണംനിമിത്തമോ എന്നു തോന്നുമാറു്, പിന്നിലേക്കു പോകുന്നുവെന്നു പറയാം.

ഇപ്പറഞ്ഞ ആകഷ്ണവും നമുക്കു സാധാരണ പരിചയമുള്ള ആകഷ്ണവും തമ്മിൽ വല്ല വ്യത്യാസവുമുണ്ടോയെന്നു നോക്കാം. ഓടുന്ന തീവണ്ടിക്കു പകരം ശൂന്യാകാശത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു റോക്കററ് സങ്കല്പിക്കുക. ഈ റോക്കററിൽ വസ്തുക്കൾ ചുവട്ടിലേക്കോ അല്ലെങ്കിൽ മററുവല്ല ഭാഗത്തേക്കുമോ ആകഷിക്കപ്പെടുന്നില്ല. അവിടെ ഭൂമിയിലുള്ളപോലെ യാതൊരു ആകഷ്ണശക്തിയും ഇല്ലാത്തതാണു കാരണം. റോക്കററിൽ സ്ഥിരമായ വേഗമാണു് ഉള്ളതെങ്കിൽ, അതായതു് ആക്സി



ചിത്രം 11(a)

റോക്കറ്റിന് ആക്സിലറേഷൻ ഇല്ലെങ്കിൽ യാത്രക്കാർ ആകാശത്തിൽ പാറിക്കളിക്കും.

ചിത്രം 11(b)

റോക്കറ്റിന് ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടെങ്കിൽ യാത്രക്കാർ റോക്കറ്റിന്റെ നിലത്തേക്ക് പതിക്കുന്നു.

ലറേഷൻ ഇല്ലെങ്കിൽ റോക്കററിലെ യാത്രക്കാർ ആകാശത്തിൽ പാറിക്കളിക്കും. എന്നാൽ ചിത്രം 11(b)യിൽ കാണിച്ച മാതിരി റോക്കററിനു് ഒരു ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടെങ്കിൽ സ്ഥിതി മാറുന്നു. വണ്ടിക്കു സ്പീഡു കുറയുമ്പോഴും കൂട്ടുമ്പോഴും യാത്രക്കാർക്കു തള്ളൽ അനുഭവപ്പെട്ടുന്നപോലെ, റോക്കററിൻെറ പിന്നിലേക്കു് അതിലെ

42833

യാത്രക്കാർ (ആക്സിലറേഷൻ ഏതുവശത്തേക്കാണോ അതിന്നെതിർവശത്തേക്ക്) ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഒരു ഇരുമ്പുപന്തും ഒരു മരപ്പന്തും ഒരേ സമയത്ത് ഒരേ ഉയരത്തിൽനിന്നു വിട്ടാൽ ആക്സിലറേഷൻ ഉള്ള റോക്കറ്റിലും ഭൂമിയിലെ ആകർഷണം ഉള്ളപ്പോഴെന്നപോലെതന്നെ; ഒരേ സമയത്തു റോക്കററിൻെറ 'നിലത്തേക്കു' പതിക്കും. പന്തിനെ അപേക്ഷിച്ച് റോക്കററ് മുന്നോട്ടു പോകുന്നു എന്നു പറഞ്ഞാലും, റോക്കററിനെ അപേക്ഷിച്ചു പന്തു പിന്നിലേക്കു പോകുന്നുവെന്നു പറഞ്ഞാലും ഫലത്തിൽ ഒന്നുതന്നെ. ഈ പിന്നോട്ടു പോകുന്നതും ആകർഷണം നിമിത്തം വീഴുന്നതും എല്ലാവിധത്തിലും ഒരുപോലെയാണ് എന്നതാണു മേല്പറഞ്ഞ ആശയം. റോക്കററിലെ യാത്രക്കാർക്ക് ആകർഷണമാണോ ആക്സിലറേഷനാണോ പന്തു വീഴുവാൻ കാരണമെന്ന് ഒരുവിധത്തിലും പറയുവാൻ സാധിക്കുകയില്ല.

ഭൂമിയിൽനിന്നും മററു ജ്യോതിർഗ്ഗോളങ്ങളിൽനിന്നും വളരെവളരെ അകലെ ശൂന്യാകാശത്തിൽ ഒരിടത്ത്, ആകർഷണപരിധികൾക്കെല്ലാം അപ്പുറത്തു പോകുന്ന ഒരു റോക്കററിൻെറ ഉൾഭാഗത്തെ അറയാണു രംഗം. രണ്ടുപേർ, 'അട്ട'വും 'വട്ട'വും; 'അട്ട'വിൻെറ കുട്ടികൾ 'കുട്ട'നും 'കുട്ടി'യും അതിനകത്തു യാത്രചെയ്യുന്നു. റോക്കററ് ആക്സിലറേഷൻ ഇല്ലാതെ സ്ഥിരവേഗത്തിൽ പോകുകയാണ്.

കുട്ടൻ: "ദോക്കു. കുട്ട്യോപ്പേ, ഞാനൊരു വിദ്യ കാണിച്ചുതരണോ. എൻെറ ഈ പന്ത് കൈ വിട്ടാലും താഴത്തു വീഴ്ണ്ല്യ. അതു് അവിടെത്തന്നെ തങ്ങി നില്ക്കുന്നു."

കുട്ടി: "എന്താ അച്ഛാ, അതിനു കാരണം?"

42833

അട്ട: "കാരണം എന്താണെന്നോ? ഭൂമിയിൽ വസ്തുക്കൾ ചുവട്ടിലേക്ക വീഴുവാൻ കാരണം ഭൂമിയുടെ ആകഷണശക്തിയാണു്. നാം ഇപ്പോൾ ഭൂമിയിൽനിന്നും വളരെവളരെ അകലെയല്ലേ? ഇവിടെ ആകഷണശക്തി തീരെ ഇല്ല. അതാണ പന്തു് വീഴാതെ ആകാശത്തിൽ തങ്ങിനില്ക്കുന്നതു്."

വട്ട: "'പന്തു് കൈയിലുണ്ടായിരുന്ന സമയത്തു് അതു റോക്കററിൻെറ വേഗത്തിൽ പോകയായിരുന്നു. കൈവിട്ട ശേഷവും ശക്തിയൊന്നും ഇല്ലാത്തതിനാൽ പന്തു വേഗം മാറാതെ മുന്നോട്ട യാത്ര തുടരുന്നു. റോക്കററും പന്തും ഒരേ വേഗത്തിൽ പോകുന്നതിനാൽ റോക്കററിനും പന്തിൻെറ നിലത്തിനും തമ്മിലുള്ള വേഗം മാറുന്നില്ല.' കുട്ടിക്കു് ഇങ്ങനെ പറഞ്ഞുകൊട്ടക്കയല്ലേ അധികം നല്ലതു്, അട്ട?"

അട്ട: "അവൾക്കതു മനസ്സിലാവുമോ എന്തോ! എന്നുമാത്രമല്ല, ഫലത്തിൽ ഈ രണ്ട വിശദീകരണങ്ങൾ തമ്മിൽ എന്താണ വ്യത്യാസം? വാസ്തവം എന്താണെന്നു നമുക്ക ഉറപ്പിച്ചു പറയുവാനും കണ്ടുപിടിക്കുവാനും വല്ല വഴിയുമുണ്ടോ?"

ഉടനെ വട്ട റോക്കററിൻെറ എൻജിൻ പ്രവത്തിപ്പിച്ചു് ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടാക്കുന്നു, റോക്കററിന്റെ വേഗം കൂടിക്കൂടി വരുന്നു.

കുട്ടി: "നോക്കു കുട്ടാ, നിൻെറ പന്തു് ഇതാ കീഴ്പ്പോട്ടു വന്നുതുടങ്ങി. ഇപ്പൊ, നമ്മള ഭൂമിയുടേയോ വല്ല നക്ഷത്രങ്ങളുടേയോ അടുത്തെത്തിയോ അച്ഛാ?"

അട്ട കുട്ടിയുടെ ചോദ്യത്തിനു മറുപടി പറയുവാൻ നിദ്ദേശിച്ചുകൊണ്ടു് വട്ടവിനെ നോക്കുന്നു.

വട്ട: "ഏയ്, നാം ഒരു നക്ഷത്രത്തിൻേറയും അട്ട

ത്തെത്തിയിട്ടില്ല. ഇതുവരെ നാം ഒരേ വേഗത്തിൽത്തന്നെയായിരുന്നു പോയിരുന്നതു്. ദാ, കുറച്ചുമുമ്പു ഞാൻ എൻജിൻ പ്രവർത്തിപ്പിച്ചതു കണ്ടുവോ? അപ്പോൾ നമ്മുടെ റോക്കററിനു് ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടായി. നമ്മുടെ വേഗം ഇപ്പോൾ കൂടിക്കൂടി വരികയാണു്. പന്തിനാണെങ്കിൽ പഴയ സ്പീഡുതന്നെയല്ലേ? റോക്കററിനു പന്തിനേക്കാൾ വേഗം കൂടിയാൽ, റോക്കറ്റിന്റെ 'നിലം' ഓടിയെത്തി, പന്തിനെ പിടിക്കുന്നമാതിരി പന്തിനോടു് അടുത്തു വരില്ലേ? അപ്പോൾ പന്തു ചുവട്ടിലേക്കു വീഴുകയാണെന്നു നമുക്കു തോന്നുകയാണു്."

ആക്സിലറേഷൻ എന്നെല്ലാം കേട്ടതുകൊണ്ടോ, നിലത്തു് എത്തിയ പന്തു് എടുത്തു കളിക്കുവാൻ തുടങ്ങുകകൊണ്ടോ ആയിരിക്കാം കുട്ടികൾ സംഭാഷണം ശ്രദ്ധിക്കാതിരുന്നതു്. ശാസ്ത്രവിഷയങ്ങളിൽ തൽപരരായിരുന്ന 'അട്ട,വട്ട'മാർ ചർച്ച തുടന്നു—

അട്ട: "അതെ, താങ്കൾ പറഞ്ഞതാണു കാര്യം. ഈ വിവരണം കേട്ടപ്പോൾ ഞാൻ ഈയിടെ വായിച്ച ഒരു പുസ്തകം ഓർമ്മവന്നു. ഐൻസ്റ്റീന്റെ ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തെക്കുറിച്ചു് എഴുതിയ ഒരു പുസ്തകമായിരുന്നു അതു്. നമുക്കിപ്പോൾ സാമാന്യാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിലെ ഒരു പ്രധാന ആശയമാണു നേരിട്ടു് അനുഭവപ്പെട്ടതു്."

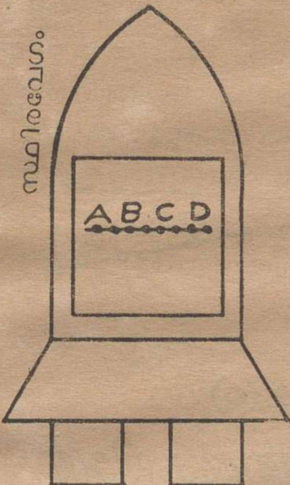
വട്ട: "ശരിയാണു്. ആകർഷണം ഇല്ലാതെ ആക്സിലറേഷൻ മാത്രമുള്ള ഒരു മണ്ഡലത്തിൽവെച്ചു നടക്കുന്നതെല്ലാം, ആക്സിലറേഷൻ ഇല്ലാത്തൊരു ആകർഷണമണ്ഡലത്തിൽവെച്ചു നടക്കുന്നതുപോലെത്തന്നെയാണു്, യാതൊരു വ്യത്യാസവുമില്ല. ഈ ആശയം സാമാന്യസിദ്ധാന്തത്തിൽ പ്രധാനപ്പെട്ട ഒന്നാണല്ലോ. അതായിരിക്കാം താങ്കൾ സൂചിപ്പിച്ചതു്."

അട്ടു: "പന്തിൻെറ കാര്യത്തിൽ രണ്ടു വിധത്തിലും വേണമെങ്കിൽ പറയാം. ആക്സിലറേഷനുള്ള റോക്കറ്റിൽ പന്തിനുവരുന്നതെല്ലാം ആകർഷണമുള്ള ഒരിടത്തെന്ന പോലെത്തന്നെയാണു്. ശരിതന്നെ. എന്നാൽ ഈ ഉദാഹരണത്തിൽനിന്നുമാത്രം രണ്ടും സർവ്വപ്രകാരേണ തുല്യമാണെന്നു കരുതുന്നതു സാഹസമാവില്ലേ?"

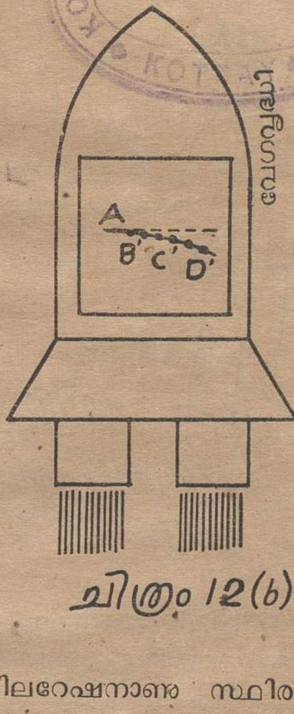
വട്ടു: "ആകർഷണംനിമിത്തം അനുഭവപ്പെടുന്ന എല്ലാംതന്നെ ഇവിടേയും അനുഭവപ്പെടുമല്ലോ. കനം കുറഞ്ഞതെന്നും കൂടിയതെന്നും സാധാരണപറയാറുള്ള രണ്ടു വസ്തുക്കൾ ഒരേ ഉയരത്തുനിന്നു വിട്ടാൽ ഒപ്പമല്ലേ അവ ഭൂമിയിലെത്തുക? പണ്ടു ഗലിലിയോ പിസയിലെ ചാഞ്ഞ ഗോപുരത്തിൽക്കയറി ചെയ്ത പരീക്ഷണഫലം, ആകർഷണമില്ലാതെ ആക്സിലറേഷൻ മാത്രമുള്ള റോക്കററിലും ബാധകമാണല്ലോ."

അട്ടു: "ഇതെല്ലാം ശരിതന്നെ. എന്നാൽ രണ്ടും തമ്മിൽ ഭേദമില്ലെന്നു പറയുവാൻ ഇതുമാത്രം പോര. കുറെ സാമ്യങ്ങളുണ്ടു് എന്നതുകൊണ്ടുമാത്രം, ഈ രണ്ടും എല്ലാ കാര്യങ്ങളിലും സമാനങ്ങളായിരിക്കുമോ? വട്ടു, നമ്മുടെ റോക്കററിനു് ആക്സിലറേഷൻ ഇല്ലെങ്കിൽ 'പ്രകാശം' ABCD എന്ന നേർരേഖയിലൂടെയാണല്ലോ പ്രയാണംചെയ്യുക. (ചിത്രം 12(a) നോക്കുക.) എന്നാൽ പ്രകാശത്തിനു് ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടെങ്കിൽ $AB^1C^1D^1$ എന്ന വഴിക്കായിരിക്കും (ചിത്രം 12 (b) നോക്കുക.) 'പ്രകാശം' യാത്രചെയ്യുക. പ്രകാശത്തിനു് AB, BC, CD എന്നീ തുല്യദൂരങ്ങൾ പോകുവാൻ തുല്യസമയങ്ങൾ എടുക്കും. എന്നാൽ റോക്കറ്റിനു് ആക്സിലറേഷൻ ഉള്ളതിനാൽ $AB^1C^1D^1$ എന്ന പന്ഥാവു് നേർരേഖയാവില്ല. ആക്സിലറേഷൻ സ്ഥിരമെങ്കിൽ

KOTTAYAM PUBLIC LIBRARY
KOTTAYAM



ചിത്രം 12(a)

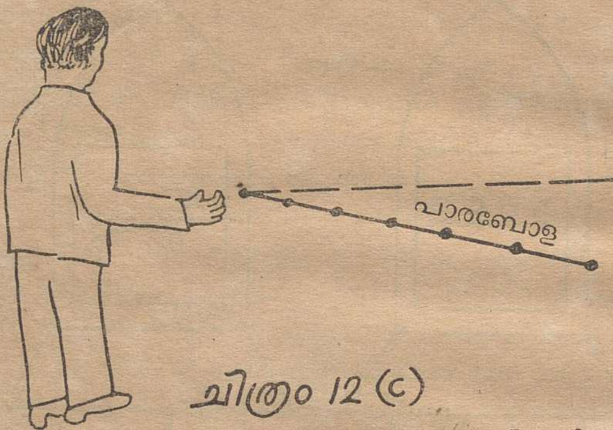


ചിത്രം 12(b)

(വേഗം സ്ഥിരമല്ല, ആക്സിലറേഷനാണു സ്ഥിരം) $AB^1C^1D^1$ എന്ന പന്ഥാവ് 'പാരബോള' എന്നു പറയുന്ന രേഖയായിരിക്കും, അല്ലേ?"

വട്ടു: "അതെ. ആക്സിലറേഷൻ ഇല്ലാതെ ആകർഷണം മാത്രമുള്ള ഭൂമിയിൽ ഒരു കല്ല്, എറിഞ്ഞാൽ (ചിത്രം 12(c) നോക്കുക.) അതിൻെറ പന്ഥാവും ഒരു പാരബോളതന്നെയാണല്ലോ. ഇവിടേയും രണ്ടും ഒരുപോലെയാണെന്നു കാണാം."

അട്ടു: "രണ്ടും ഒരുപോലെയാകണമെങ്കിൽ, ആകർഷണംനിമിത്തം പ്രകാശകിരണങ്ങൾക്കു്, ആക്സിലറേ



ചിത്രം 12 (c)

ഒരുകല്ല് എറിഞ്ഞാൽകല്ലിന്റെ
പന്ഥാവ് പാരബോള യായിരിക്കും

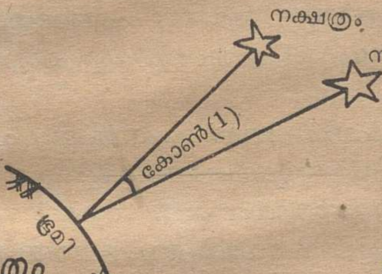
ഷൻ നിമിത്തമെന്നപോലെതന്നെ വക്രത സംഭവിക്കണം. അതായതു്, പ്രകാശകിരണവും മററു വസ്തുക്കളെപ്പോലെതന്നെ ആകഷണത്തിനു വിധേയമാവണം. അതു സംഭവിക്കുന്നുണ്ടോ എന്നു പരീക്ഷിച്ചറിഞ്ഞാൽ മാത്രമെ മുമ്പു പറഞ്ഞ സംഗതി ശരിയാണോ എന്നു തീർത്തുപറയുവാൻ കഴിയുകയുള്ളു, അല്ലേ? ഐൻസ്റ്റീൻ പറഞ്ഞതായാലും കൊള്ളാം, ആരു പറഞ്ഞതായാലും കൊള്ളാം, ആകഷണംനിമിത്തം പ്രകാശകിരണങ്ങൾക്കു വക്രത സംഭവിക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ, ആകഷണമണ്ഡലത്തിലും ആക്സിലറേഷൻ ഉള്ള മണ്ഡലത്തിലും ഒരേ പ്രകാരത്തിലാണു സംഭവങ്ങൾ നടക്കുക എന്നു പറയുവാൻ കഴികയില്ല. അവ രണ്ടും ചില സാമ്യങ്ങളുള്ള

ഉദാഹരണങ്ങൾ മാത്രമായിത്തീരും. എന്താ വട്ട, താങ്കൾക്കിതു സമ്മതമല്ലേ?''

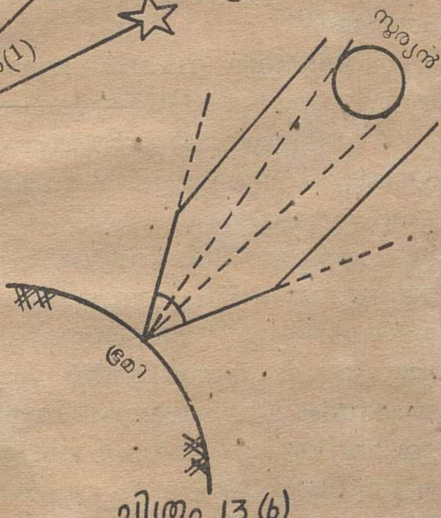
വട്ട: "അതെ, ശരിയാണ താങ്കൾ പറഞ്ഞതു്. അപ്പോൾ പരീക്ഷിച്ചുനോക്കേണ്ടതു് ഇതാണു്. ആകർഷണംനിമിത്തം പ്രകാശത്തിനു് ആക്സിലറേഷൻ ഉള്ള റോക്കററിൽ എന്നപോലെതന്നെ വക്രതയുണ്ടോ എന്നു നോക്കണം.''

അട്ട: "പക്ഷേ, എങ്ങനെയാണതു പരീക്ഷിച്ചു നോക്കുക?''

വട്ട: "എനിക്കൊരു വഴി തോന്നുന്നുണ്ടു്. സൂര്യൻ



ചിത്രം 13(a)



ചിത്രം 13(b)

ഇല്ലാത്തപ്പോൾ രണ്ടു നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഇടയിലുള്ള കോൺ [13(a)-ാം ചിത്രത്തിൽ (1) എന്നു് അടയാളപ്പെടുത്തിയ കോൺ] സൂക്ഷ്മോപകരണങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചു് അളക്കുക. വീണ്ടും ഇതേ കോൺ ഈ രണ്ടു നക്ഷത്രങ്ങളുടേയും ഇടയിൽ സൂര്യൻ ഉള്ളപ്പോൾ അളക്കുക. നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്നു ഭൂമിയിലേക്കു വരുന്ന രശ്മികൾ (ചിത്രം 13(b) നോക്കുക.) സൂര്യൻനിമിത്തം ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നുവോ എന്നു നോക്കാമല്ലോ. അങ്ങനെ ഈ പരീക്ഷണംകൊണ്ടു് ഒരു തീർപ്പു പറയാമെന്നു് എനിക്കു തോന്നുന്നു. താങ്കളുടെ അഭിപ്രായമെന്താണു്?"

അട്ട: "അതെ, ഇതൊരു നല്ല ഉപായംതന്നെ. എന്നാൽ ഒരു വിഷമമുണ്ടു്. സൂർയ്യൻ ഉള്ളപ്പോൾ രണ്ടു നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഇടയിലുള്ള കോൺ എങ്ങനെയാണു് അളക്കുക? സൂർയ്യനുള്ളപ്പോൾ നക്ഷത്രങ്ങളെ കാണുവാൻ പററുമോ?"

വട്ട: "ഈ വിഷമം ഞാൻ ഓർത്തില്ല. പക്ഷേ, അതു സാരമില്ല. പൂർണ്ണസൂർയ്യഗ്രഹണസമയം ഈ പരീക്ഷണം ചെയ്യുവാൻ സൗകർയ്യമാണു്. സൂർയ്യൻ ഉണ്ടു്. പക്ഷേ, നക്ഷത്രങ്ങളെ കാണുവാൻ വേണ്ട അന്ധകാരവുമുണ്ടു്, എന്താ?"

ഇപ്രകാരം 'അട്ട,വട്ട'മാർ ചർച്ചചെയ്തു തീർച്ചയാക്കിയതുതന്നെയാണു് ശാസ്ത്രജ്ഞരും ചെയ്തുനോക്കുവാൻ തീരുമാനിച്ചതു്. "ആകർഷണമില്ലാതെ ആക്സിലറേഷൻ മാത്രമുള്ള ഒരു മണ്ഡലത്തിൽ കാണുന്ന സ്ഥിതികളും അവസ്ഥകളും, ആകർഷണം മാത്രമുള്ള ഒരു മണ്ഡലത്തിലെ സ്ഥിതികളും അവസ്ഥകളും തമ്മിൽ യാതൊരു വ്യത്യാസവുമില്ല." ഈ പ്രസ്താവനയ്ക്കു് ഒരു ഉദാഹരണം എന്നതിൽക്കവിഞ്ഞു വാസ്തവികത്വം കല്പിക്കണമെങ്കിൽ

പ്രകാശകിരണങ്ങൾക്കു ആക്സിലറേഷൻനിമിത്തം വക്രത സംഭവിക്കണം. ഇതു നേരിട്ട് അറിയുകയുംവേണം.

ഒരു സിദ്ധാന്തമെന്നുവെച്ചാൽ അതു യുക്തിയുക്തമായ ഒരു വ്യാഖ്യാനവും വിശദീകരണവുമാണു്. യുക്തിയുക്തമായതുകൊണ്ടുമാത്രം ഒരു സിദ്ധാന്തത്തിനു് അംഗീകാരവും പ്രാധാന്യവും ലഭിക്കുന്നില്ല. അതിൻെറ നിഗമനങ്ങൾ പരീക്ഷിച്ചു നേരിട്ട് അനുഭവപ്പെടണം. അതില്ലെങ്കിൽ യുക്തിയുടെ കാൎയ്യത്തിൽ പ്രമാദങ്ങളില്ലെങ്കിലും അതിനു കല്പനാലോകത്തിൽ മാത്രമേ സ്ഥാനമുള്ളു. ഒരു നല്ല സിദ്ധാന്തത്തിൻെറ മേന്മ അതിൻെറ നിഗമനങ്ങൾ നേരിട്ടു പരീക്ഷിച്ചു് അറിയാമെന്നുള്ളതാണു്. കൂടാതെ അതിനു പുതിയ പലതും പ്രവചിക്കുവാൻ കഴിയാറുണ്ടു്. നേരിട്ടു ബന്ധമില്ലെന്നു തോന്നാവുന്ന പല തുറകളിലേക്കും അതു വെളിച്ചം വീശാറുണ്ടു്. ഇതെല്ലാം ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിനുണ്ടു്.

1919-ൽ പൂൎണ്ണസൂൎയ്യഗ്രഹണം വന്നപ്പോൾ മേല്പറഞ്ഞ സംഗതി പരീക്ഷിച്ചറിയുവാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞർ തീർച്ചയാക്കി. ഇതു നേരിട്ടു കണ്ടറിഞ്ഞാൽ മാത്രമെ സാമാന്യാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം സ്വീകാൎയ്യമാകുമായിരുന്നുള്ളു. സാമാന്യാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ഇതു തികച്ചും ഒരഗ്നിപരീക്ഷതന്നെയായിരുന്നു. പൂൎണ്ണസൂൎയ്യഗ്രഹണസമയത്തു മാത്രമല്ലേ, പകൽ നക്ഷത്രങ്ങളെ കാണുകയുള്ളു? ഈ അസുലഭസന്ദർഭം പാഴാക്കരുതെന്നു കരുതി സർ ഓർതർ എഡ്ഡിങ്ടൻെറ നേതൃത്വത്തിൽ ഒരു നിരീക്ഷകസംഘം ആഫ്രിക്കയിലേക്കു പരീക്ഷണത്തിനു പുറപ്പെട്ടു. അവർക്ക് അളന്നു കിട്ടിയ ഫലം, ഐൻസ്റ്റീൻ തൻെറ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം കണക്കുകൂട്ടി പ്രവചിച്ച ഫലത്തോടു തുല്യമായിരുന്നു.

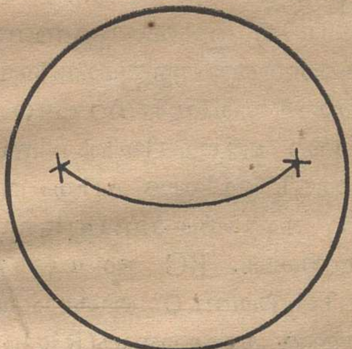
പ്രകാശകിരണത്തിനു സംഭവിക്കുന്ന ഈ വക്രത മറെറാരു വിധത്തിലും മനസ്സിലാക്കാമെന്നു തോന്നുന്നു. പ്രകാശമെന്നുവെച്ചാൽ ഊൎജ്ജത്തിന്റെ പാക്കറ്റു (Packet) കളായ ഫോട്ടോണുകളാണ്. ഊൎജ്ജമെന്നുവെച്ചാൽ മാസ്സി ൻെറ മറെറാരു രൂപമല്ലേ? അപ്പോൾ പ്രകാശത്തിനു് മാസ്സ് ഉണ്ടെന്നു കരുതാം. മാസ്സ് ഉള്ളവയെല്ലാം ആക ൎഷണശക്തിക്കു വിധേയവുമാണ്. അപ്പോൾ പ്രകാശ ത്തിനും ആകൎഷണം നിമിത്തം വക്രത സംഭവിക്കണം.

പ്രകാശകിരണത്തിനു വസ്തുക്കൾനിമിത്തം മററു വസ്തുക്കൾക്കെന്നപോലെ ആകൎഷണം ഉണ്ടെന്നും അതു നിമിത്തം അവയുടെ (വസ്തുക്കളുടെ) സമീപത്തുകൂടി പോകുമ്പോൾ അതിനു വക്രത സംഭവിക്കുമെന്നും നാം കണ്ടു. ആകൎഷണവും ആക്സിലറേഷനും തമ്മിലുള്ള ഈ ബന്ധം കണ്ടെത്തും, ഈ വക്രതയെ ഐൻസ്റ്റീൻ നോക്കി യ വിധവും അദ്ദേഹത്തിൻെറ അതുല്യപ്രതിഭയ്ക്കു മകുടോ ദാഹരണങ്ങളാണ്. ഇവ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിലെ രണ്ടു പ്രധാന ആശയങ്ങളാണ്.

അല്പം ജ്യോമട്രി

സ്ക്കൂളിൽ നാം ജ്യോമട്രിയുമായി പരിചയപ്പെട്ടുന്ന കാലത്തു് എന്താണ് ആദ്യമായി പഠിച്ചതു്? നേർരേഖ യ്ക്കു് എന്തിനാണു നിൎവ്വചനം, നേർരേഖ എന്നുവെച്ചാൽ നേർരേഖതന്നെ, വളവില്ലാത്ത രേഖ എന്നൊന്നും ആരും വിചാരിച്ചുപോകരുതു്. രണ്ടു ബിന്ദുക്കൾ അഥവാ സ്ഥാ നങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള, ദൂരം ഏററവും കുറഞ്ഞ വഴിയാണ് ഒരു നേർരേഖ. പലപ്പോഴും ഒരു നേർരേഖ 'നേരെ' വളവില്ലാത്തതാകും. എന്നാൽ ഒരു പന്തിൻെറ ഉപരി തലത്തു മാത്രം ബാധകമാവുന്ന ജ്യോമട്രി പഠിക്കുമ്പോൾ,

എന്താണ് ഈ നേർരേഖ എന്നുവെച്ചാൽ? നേർരേഖയുടെ നിർവ്വചനം വീണ്ടും നോക്കുക. അതായതു്, ഒരു ഉറുമ്പിനു് ഒരു നാരങ്ങയുടെ ഉപരിതലത്തു് ഒരു സ്ഥാനത്തുനിന്നു മററൊരു സ്ഥാനത്തേക്കു പോകുവാൻ ഏററവും ദൂരംകുറഞ്ഞ വഴി ഏതാണ്, അതുതന്നെ ഒരു നേർരേഖ. ഈ നേർരേഖ വാസ്തവത്തിൽ നേരെയല്ല, അതിനു വക്രതയുണ്ടു്.



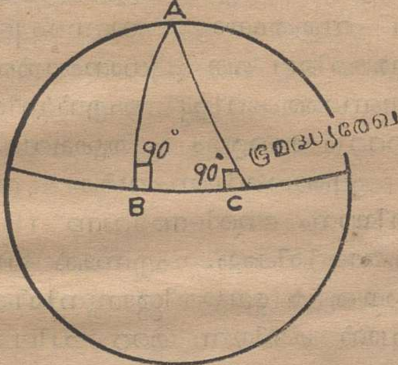
ചിത്രം 14

പ്രകാശകിരണങ്ങൾക്കു വക്രത സംഭവിക്കുന്നതു് ഐൻസ്റ്റീൻ ഇങ്ങനെയാണു കാണുന്നതു്. ഈ വക്രരേഖ ഏതോ ഒരു തലത്തിന്മേൽ മാത്രം ബാധകമാവുന്ന ജ്യോമട്രിയിൽ 'നേർരേഖ'യാവും. വസ്തുക്കളുടെ സമീപമെത്തുമ്പോൾ, പ്രകാശം പ്രയാണംചെയ്യുന്നതു് ആകർഷണംനിമിത്തമോ, ആകർഷണംനിമിത്തമെന്നോണമോ, വക്രരേഖയിലൂടെയാണല്ലോ. വസ്തുക്കളുടെ സമീപവും പ്രകാശരശ്മി നേർരേഖയിലൂടെത്തന്നെയാണു സഞ്ച

രിക്കുന്നതു്, എന്നാൽ വസ്തുക്കളുടെ സമീപപ്രദേശം തന്നെ നാരങ്ങയുടെ ഉപരിതലമെന്നപോലെ, പുതിയ ഒരുതരം ജ്യോമട്രി ബാധകമാവുന്ന മണ്ഡലമാണു്. നാം സ്കൂളിൽ പഠിക്കുന്ന ജ്യോമട്രി ക്രോഡീകരിച്ചതു് യൂക്ലിഡ് ആയതിനാൽ അതിനെ യൂക്ലിഡിൻെറ ജ്യോമട്രി എന്നു പറയുന്നു. അതു ബാധകമായ പ്രദേശത്തെ യൂക്ലിഡ്പ്രദേശമെന്നു പറയാം. അപ്രകാരം ഈ പുതിയ ജ്യോമട്രി റീമാൻ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻെറ പേരിലാണു് അറിയപ്പെടുന്നതു്. യൂക്ലിഡിൻെറ ജ്യോമട്രി റീമാൻെറ ജ്യോമട്രിയിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്നുണ്ടു്. റീമാൻെറ ജ്യോമട്രിയെ കുറെയേറെ എളുപ്പമാക്കിയാൽ അതിൻെറ ഒരു സരളഭാഗമായി യൂക്ലിഡിൻെറ ജ്യോമട്രി ലഭിക്കും.

യൂക്ലീഡിൻെറ ജ്യോമട്രിയിൽനിന്നും ഭിന്നമാണു് റീമാൻെറ ജ്യോമട്രി. ഭൂമിയുടെ ചിത്രം താഴെ കൊടുത്തതും (ചിത്രം 15) അതിൽക്കാണിച്ചിട്ടുള്ള ABC എന്ന ത്രികോണവും നോക്കുക. BC ഭൂമദ്ധ്യരേഖയാണു്, AB ഗ്രീനിച്ചിൽക്കൂടി പോകുന്ന 0° അക്ഷാംശരേഖയും. Bയും Cയും 90° വീതമുള്ള മട്ടക്കോണുക(Right angles)ളാണല്ലോ. ∟Bയും ∟Cയും കൂടി കൂട്ടിയാൽത്തന്നെ 180°യായി. ∟A പുറമേയും. മൂന്നു കോണുകളുടേയും തുക 180°യേക്കാൾ അധികമല്ലേ? യൂക്ലിഡ്പ്രദേശത്തു് ഏതൊരു ത്രികോണത്തിൻേറയും മൂന്നു കോണുകളുടെ തുക 180° ആയിരിക്കുമല്ലൊ. (AB, BC, AC എന്നിവ നേർരേഖകളാണെങ്കിലും അവയ്ക്കു വക്രതയുണ്ടെന്നും കാണുക.)

സ്ഥലത്തിനും കാലത്തിനും തമ്മിൽ അഭേദ്യമായി ഒരു ബന്ധമുണ്ടെന്നു നാം മുമ്പു കണ്ടതാണു്. ഒരു സംഭവത്തെ കുറിക്കുവാൻ അതു് ഇന്നസ്ഥലത്തു ഇന്നകാലത്തു നടന്നുവെന്നു പറയേണമല്ലോ. ഉദാഹരണത്തിനു്, ഒരു



ചിത്രം 15

വിമാനം കേടുവന്നതിനെ കുറിക്കുവാൻ ഡൽഹിയിൽ നിന്നു് x കിലോമീറ്റർ വടക്കും, y കിലോമീറ്റർ കിഴക്കും, z കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിലും t എന്ന സമയത്തു നടന്നുവെന്നു പറയുവാൻ, x, y, z, t എന്നീ നാലു സംജ്ഞകൾ അല്ലെങ്കിൽ മാത്രകൾ വേണമല്ലോ. ഇപ്രകാരം ഒരു സംഭവത്തെ വ്യവഹരിക്കുവാൻ നാലു മാത്രകൾ വേണ്ടതുണ്ടു്. സ്ഥലത്തേയും കാലത്തേയും വേറെവേറെയായി കണക്കാക്കുവാൻ വയ്യ എന്നും, അവ രണ്ടും സ്ഥലകാലാനുസ്യൂതി (Space–Time Continuum) എന്നൊന്നിൽ തമ്മിൽ പിരിക്കുവാൻ വയ്യാത്തവിധം ചേർന്നിരിക്കുന്നുവെന്നും നാം മുമ്പു കണ്ടതാണു്. ഇപ്രകാരമുള്ള ചതുർമ്മാത്രകരൂപമായ സ്ഥലകാലാനുസ്യൂതിക്കു വസ്തുക്കളുടെ സമീപം വക്രതയുണ്ടാകുമെന്നും അതിനാൽ അവിടം റീമാൻ പ്രദേശമാകുമെന്നും, ഈ പുതിയ ജ്യോമട്രിയിലെ നേർരേഖയിലൂടെയാണു പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രയാണമെന്നും ഐൻസ്റ്റീൻ സിദ്ധാന്തിച്ചു. ഒരു ആകർഷണമണ്ഡലത്തെ

ഇപ്രകാരം ജ്യോമട്രിയിലൂടെ ചതുർമ്മാത്രകസ്ഥലകാലാനുസ്യൂതിയിലെ വക്രതയോടു ബന്ധപ്പെടുത്തിയതാണ് ഈ സിദ്ധാന്തത്തിലെ ഒരു പ്രധാനകാൽവെയ്പ്പ്.

ആകർഷണത്തെക്കുറിച്ച് ഐൻസ്റ്റീൻെറ ആശയങ്ങളുടെ ഏററവും മഹത്തും പ്രത്യക്ഷവുമായ വിജയം ഒരുപക്ഷേ, പ്രകാശകിരണങ്ങൾക്കു സൂര്യനോടടുക്കുമ്പോൾ വ്യതിയാനം നേരിടുന്നുവെന്ന് 1919—ൽ പരീക്ഷിച്ചറിഞ്ഞതായിരിക്കാം. എന്നാൽ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിലെ ആശയങ്ങൾ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രനിരീക്ഷണങ്ങളാൽ പരീക്ഷിക്കുവാൻ കഴിയുന്ന മററു ചില സംഗതികൾ കൂടി പ്രവചിച്ചു. ബുധൻ (Mercury) എന്ന ഗ്രഹം സൂര്യനെ ചുററുന്ന പന്ഥാവു ദീർഘവൃത്തമാണ്. ഈ ദീർഘവൃത്തം ഒന്നാകെത്തന്നെ വളരെവളരെ സാവധാനത്തിൽ സൂര്യനെ ചുറ്റുന്നുണ്ടെന്നു പണ്ടുതന്നെ ശാസ്ത്രജ്ഞക്ക് അറിയാമായിരുന്നു. ന്യൂട്ടൻെറ കണക്കുകൂട്ടലുകൾ അനുസരിച്ച് ഇതു സംഭവിച്ചുകൂടാ. ഇതിനുതക്ക വ്യാഖ്യാനം കിട്ടാതെ വളരെക്കാലമായുണ്ടായിരുന്ന തലവേദന ഐൻസ്റ്റീൻെറ സിദ്ധാന്തമാണു തീർത്തതു്. ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഇതു സംഭവിക്കണം. അതുപ്രകാരം കണക്കുകൂട്ടി ഐൻസ്റ്റീനു കിട്ടിയ ഉത്തരവും നിരീക്ഷണഫലവും കൃത്യമായും ഒന്നായിരുന്നു.

മറെറാരു വിജയം ഇതാണ്. ആകർഷണശക്തി അതുള്ളിടത്ത് എല്ലാ ക്രിയകളേയും മന്ദീഭവിപ്പിക്കുന്നു എന്നതാണു സാമാന്യാപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിൽനിന്നു സിദ്ധിക്കുന്ന ഒരു അനുമാനം. അതായതു്, ആകർഷണശക്തി കുറവായ ചന്ദ്രനിലെ ക്ലോക്കിനു്, ആകർഷണശക്തി കൂടുതലായ സൂര്യനിലെ തത്തുല്യമായ ക്ലോക്കിനെ അപേക്ഷിച്ചു സമയലാഭം ഉണ്ടാകും. ഇതു ശരിയാണോ

എന്നു പരീക്ഷിക്കുവാൻ മനുഷ്യനിർമ്മിതമായ ക്ലോക്കു കൾ, സൂര്യനിലും ചന്ദ്രനിലും വെക്കുവാൻ നിവൃത്തിയി ല്ലെങ്കിലും, പ്രകൃതി ഭാഗ്യവശാൽ ഈ കാര്യത്തിൽ ആവ ശ്യം നിറവേററിത്തരുന്നുണ്ട്. സമയവ്യത്യാസം ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഗണിച്ചുനോക്കി; പരീക്ഷണംചെ യ്തു് അളക്കുകയുംചെയ്തു. രണ്ടും തുല്യംതന്നെ എന്നു കാണു കയുംചെയ്തു.

ഈ നൂററാണ്ടിൽ ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിലുണ്ടായ ഏററ വും മഹത്തായ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളിൽ ഒന്നാണു് ആപേ ക്ഷികസിദ്ധാന്തം. യശശ്ശരീരനായ ന്യൂട്ടൻ ഇന്നു ഭൂമിയി ലേക്കു വന്നു്, 'പിന്നെ എന്തെല്ലാമാണു വിശേഷങ്ങൾ?' എന്നു ചോദിച്ചാൽ ക്വാണ്ടംസിദ്ധാന്തവും ആപേക്ഷിക സിദ്ധാന്തവും ആവിർഭവിച്ചിരിക്കുന്നു എന്നു ന്യൂട്ടനോടു പറയാനായിരിക്കും ഒരുപക്ഷേ, ഇന്നത്തെ ശാസ്ത്രജ്ഞർ തിടുക്കപ്പെടുന്നതു്. ക്വാണ്ടംസിദ്ധാന്തവും ആപേക്ഷിക സിദ്ധാന്തവും തമ്മിൽ യോജിപ്പു കഷ്ടിയാണെന്നു പറ യേണ്ടിയിരിക്കുന്നു. ഒരുപക്ഷേ, ഭാവിയിൽ രണ്ടിനേയും നീക്കി ആ സ്ഥാനത്തു രണ്ടും ഉൾക്കൊള്ളുന്നതും എ ന്നാൽ രണ്ടിലേയും പരസ്പരവൈരുദ്ധ്യങ്ങൾ തീർക്കുക യും ചെയ്യുന്ന മറെറാരു സിദ്ധാന്തം വന്നേക്കാം.

★

KOTTAYAM PUBLIC LIBRARY
KOTTAYAM

Cl. No M500 Acc. No 42833

This book should be returned on or before the date last stamped below.

24 OCT 1983
20 AUG 1984
21 FEB 1986

M500 42833

മഹേശ്വരൻ നമ്പൂതിരിപ്പാട്

കെ.ബി.

ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം