

കുട്ടികളുടെ ഫിസിക്സ്

പി.ടി. ഭാസ്കരപണിക്കർ

9 (44)

പുസ്തക
സംരക്ഷണ
സംസ്ഥാനം

പുസ്തക
സംരക്ഷണ
സംസ്ഥാനം

9 (44)

പുസ്തക
സംരക്ഷണ
സംസ്ഥാനം

പുസ്തക
സംരക്ഷണ
സംസ്ഥാനം

കുട്ടികളുടെ ഫിസിക്സ്

ഗ്രന്ഥകർത്താവിന്റെ കൃതികൾ:

ഗുഹാനുരയാത്ര

ആര്യ ചോദ്യങ്ങൾ

ജീവന്റെ ഉത്ഭവം

മനുഷ്യനെന്ന ലഭ്യം

മുന്നേറുന്ന സുഖം

കുട്ടികളുടെ ഹിസ്റ്ററി

സ്റ്റേസിലേക്കുള്ള യാത്ര

രോഗവും ചികിത്സയും

സയൻസും സമുദായവും

രണ്ടു വിജ്ഞാനശാഖകൾ

സയൻസിന്റെ സഹായം

സയൻസിന്റെ സംഭാവന

കുട്ടികളുടെ വാക്യശാസ്ത്രം

ജീവശാസ്ത്രത്തിന്റെ വളർച്ച

മനുഷ്യനിർമ്മിതമായ ചന്ദ്രൻ

ജീവവ്യവസ്ഥ (വിവർത്തനം)

ശാസ്ത്രചരിത്രം (2 ഭാഗങ്ങൾ)

സയൻസിന്റെ കഥ (2 ഭാഗങ്ങൾ)

മനുഷ്യന്റെ അനാട്ടുമീയും ഹിസ്റ്റോളജിയും

കുട്ടികളുടെ പിന്തിരിപ്പ്

[ബാലസാഹിത്യം]

പി. ടി. അബ്ദുഖ്വാനിപ്പർ

പ്രസാധകർ:

കറൻ്റ് ബുക്സ്, തൃശ്ശൂർ.

വില: 5—00

KUTTIKALUTE PHYSICS

First Impression September 1967

Copies: 1000

Price Rs. 5-00

by
P. T. BHASKARA PANIKKER

Cover: Sankarankutty

Blocks: Sankar Blocks

Rights Reserved

Printed at: Current Printers, Trichur

Publishers: Current Books, Trichur.

✓

വിഷയവിവരം



ശലീഹിതോ	.....	7
വിഴുന്ന വാല്യങ്ങളും ആകാശവും	.....	20
നെന്റാടാക്കീനാട്ടനം ക്രമിയുടെ ആകാഷ്മണബലവും	.....	31
നാട്ടുതൊറ മൂന്ന ചിലനാതിലമങ്ങൊ	.....	44
നോമ്പർട്ടോചോയിനം വാതകങ്ങളും	.....	52
ദ്രവാനിറങ്ങാനിടം	.....	75
മെർസിനെയും ശബ്ദശാസ്ത്രവും	.....	86
നാട്ടനം വാല്യങ്ങളും	.....	114
ചൂട്	.....	141
നൊമ്പലമിൻ ഹൃദയ്കീനം വിദ്യകൃഷ്ണിയും	.....	166
നൊൻറിനകപരവും നേഡിലോ ആകീറിവിററിയും	.....	193
നെന്റുപ്പിന്റെ ആപേക്ഷിതസിദ്ധാനം	.....	215
നാച്ചത്തെ ചെറുചിത്തങ്ങൊ	.....	245

“The Boy Scientist”

എന്ന പുസ്തകത്തിന്റെ ഏകദേശ വിവരണം

ഗലീലിയോ

ഇടഞ്ഞ കയ്യിൽ ചെറിയൊരു കല്ലും വലത്തേതിൽ വലിയൊരു കല്ലും എടുത്തു് ഒരേ ഉയരത്തിൽ നിന്നു രണ്ടും ഒപ്പം താഴത്തേയ്ക്കിടുക. ഏതു കല്ലാണ് ആദ്യം ഭൂമിയിൽ വന്നുവീഴുക?

നിങ്ങൾക്കറിയാമോ ഉത്തരം? ഏതായാലും വളരെക്കാലം ഇതിനെപ്പറ്റി ഭീമമായ ഒരു തെറിവാദം പുലർന്നിരുന്നു. ഈ തെറ്റു നിശ്ചയിച്ചു് അത്യുന്നതപ്രതിഭാശാലിയായിരുന്ന ഗലീലിയോ ഗലീലി എന്ന ജറാലിയൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ്. നവീന ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പ്രാരംഭത്തിൽ—പതിനാറാം നൂറ്റാണ്ടിൽ—പ്രധാനപ്പെട്ടൊരു കാൽവെപ്പായിരുന്നു ഇതു്.

ഗലീലിയോവിനുമുമ്പു് രണ്ടായിരം വർഷങ്ങളായി യൂറോപ്പിലും ആഫ്രിക്കയിലുമുള്ള ലക്ഷക്കണക്കിൽ സ്ത്രീകളുടെ മേൽപ്പറഞ്ഞ തെറിവാദം ഉണ്ടായിരുന്നുതു്. ഇന്നു ഇതേ പരീക്ഷണം ചെയ്യുന്നോക്കിയാൽ രണ്ടു കല്ലും ഒരേസമയത്താണ് ഭൂമിയിൽ വന്നുവീഴുന്നതെന്നു നമുക്കറിയാം. എന്നാൽ, അക്കാലത്തൊന്നും ആരും ഇതു പരീക്ഷിച്ചുനോക്കിയില്ല. തെറിവാദം എഴുപ്പം നിിക്കുംചെയ്യാമായിരുന്നു. പക്ഷെ അതിന്നൊരാരം ഒരു വെടക്കണ്ടു്?

ഈ വ്യത്യസ്തത്തിനെന്താണ് കാരണം? ഗലീലിയോവിനു മുമ്പു് സയൻസിൽ പരീക്ഷണത്തിനു് അത്ര വലിയ സ്ഥാനമൊന്നും നൽകിയിരുന്നില്ല. ഗലീലിയോവിനേക്കാൾ 2000 കൊല്ലം മുമ്പു ജീവിച്ച അരിസ്റ്റോട്ടിൽ “ഒരു കല്ലിനു തൂക്കം കൂടുംതോറും അതു കൂടുതൽ വേഗം താഴെ വീഴും” എന്നു പ്രസ്താവിച്ചപ്പോൾ അ

താങ്കൾ അവിശ്വസിച്ചില്ല. ആർക്കും അതൊന്നും പഠിക്കിച്ചെന്നോ ക്ഷണപോലും തോന്നിയില്ല. അരിസ്റ്റോട്ടലിനു തെറ്റാപരാമോ? മനസ്സിലാക്കിയിരിക്കുന്നു. ചില ബുദ്ധിമാന്മാർ ചിന്തിച്ചു യുക്തിയുക്തമായി കാരണങ്ങളെക്കുറിച്ചും കാര്യങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കും. പിന്നീടു പഠിക്കിച്ചെന്നോക്കേണ്ട ബാധ്യത മറ്റൊന്നും ഉണ്ടായിരുന്നില്ല.

ഗലീലിയോവിന്റെ അടുത്തു് ഈ പ്രശ്നം എത്തിയപ്പോഴാണ് അദ്ദേഹം ഒരു ലഘുപരീക്ഷണം ചെയ്തെന്നു കേൾക്കുന്നത്.

ഇങ്ങിനെ പല വിശ്വാസങ്ങളും കുറെക്കാലം നമുക്കുണ്ടായിരുന്നു. ഭൂമിക്ക് മീതെ കിരണപരങ്ങളെപ്പോലെയാണ് നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും ചന്ദ്രനും സൂര്യനും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെന്നായിരുന്നു അന്നത്തെ ധാരണ. ഇവയെല്ലാം നടുവിലാണ് ഭൂമി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെന്ന് അവർ അനുമാനിച്ചു. ഗ്രീക്കുകാർ പലരും വിചാരിച്ചതു് ഭൂമി ഒരു ഗോളമായിരിക്കുമെന്നാണ്. എങ്ങിനെയാണിത് മനസ്സിലാക്കിയതെന്ന കാര്യം അതുതകരമാണ്. പക്ഷേ നക്ഷത്രസൂര്യന്മാർ ഭൂമിക്ക് ചുറ്റുമുള്ള കിരണപരങ്ങളാണെന്ന വിശ്വാസം തീരെ തെറ്റായിരുന്നു. എന്നാൽ നക്ഷത്രപഥങ്ങളെപ്പറ്റി കൂടുതൽ പഠിക്കുകയും കൂടുതൽ നിരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തുകയും ചെയ്തപ്പോൾ സംഗതി വ്യത്യസ്തമായതനുഭവിച്ചു. 'തെങ്ങിത്തിരിയുന്നവ'രെന്ന് (പ്ലാനെറ്റ് എന്ന വാക്കിനതാണ്) പറയുന്ന ഗ്രഹങ്ങൾ സ്വന്തം സഞ്ചാരമാർഗ്ഗങ്ങളിലൂടെയാണ് ചലിക്കുന്നതെന്ന് അവർക്കു മനസ്സിലായി. ഇതോടുകൂടി നക്ഷത്രശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പറഞ്ഞു, പല കിരണപരങ്ങളുമുണ്ടെന്ന്. ഒന്നിനുള്ളിൽ മറ്റൊരു കിരണപരമെന്നുമട്ടിൽ നക്ഷത്രഗ്രഹങ്ങളെ മുഴുവൻ അവർ അടുക്കിവെച്ചു. വാസ്തവത്തിൽ തെറ്റായിരുന്നതിന്നു പകരം നൂലാമാല അധികമാവുകയാണ് ഉണ്ടായതു്. അന്നത്തെ ബുദ്ധിമാന്മാർ പറഞ്ഞുവെച്ചതു്:

“ഭൂമിക്ക് സ്വാഭാവികമായും ചലനസാധ്യതയില്ല. അതു കൃത്യം വലിപ്പമതിനുണ്ട്. സാമാന്യമായ അറിവുമതി ഇതു മനസ്സിലാക്കാൻ.”

ഭൂമിയുടെ വലിപ്പംപാരണം അതിനു ചലിക്കാൻ കഴിയില്ലെന്നും അതേ സമയത്തു ഭൂമിയേക്കാളത്രയോ വലിയ സൂര്യനു ചലിക്കാൻ കഴിയുമെന്നുമാണ് കരേസമയത്തുതന്നെ അവർ വാദിച്ചത്! പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ കേന്ദ്രം ഭൂമിയാണെന്നും അവർ വിചാരിച്ചു.

പല ഗ്രീക്കുകാരും വിചാരിച്ചതു ഭൂമി ഒരു ഗോളമാണെന്നാണ്. അരിസ്റ്റോട്ടിൽ അതിന്റെ വലിപ്പംകൂടി ഗണിച്ചുണ്ടാക്കി— അതു വലിയൊരു മതിപ്പായിരുന്നു. 200 ബി. സി.യിൽ ജീവിച്ച അലക്സാൻഡ്രിയയിലെ എരാട്ടോസ്തനീസ്സ് ഇതിനേക്കാൾ നന്നായി ഭൂമിയുടെ വലിപ്പം കണക്കാക്കി.

ഗലീലിയോവിനുമുമ്പുതന്നെ സൂര്യനുചുറ്റും ഭൂമിയും ഗ്രഹങ്ങളും പ്രദക്ഷിണംചെയ്യുന്നുണ്ടെന്ന ആശയം പ്രചാരത്തിലുണ്ടായിരുന്നുവെങ്കിലും സയൻസിന്റെ ശ്രീകോവിലിലതിനു സ്ഥാനമുണ്ടായിരുന്നില്ല.

ഏതായാലും ബുദ്ധിയുള്ള ഒരാൾ പറഞ്ഞതുകൊണ്ടുമാത്രം എന്തും ശരിയായിക്കൊള്ളണമെന്നില്ലെന്നു ഗലീലിയോവിനു തോന്നി. വ്യക്തിപരമായ ആഗ്രഹങ്ങൾക്കനുസരിച്ചൊന്നും പ്രകൃതി സത്യങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയില്ലെന്നും അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി.

ഗലീലിയോവിനു് അന്ന് 25 വയസ്സാണ്. അന്നദ്ദേഹം ഒരു ഗണിതശാസ്ത്രാധ്യാപകനായി പ്രവർത്തിക്കുകയായിരുന്നു. തൂക്കംകൂടിയ സാധനങ്ങൾ കൂടുതൽ വേഗം ഭൂമിയിലേക്കു വീഴും എന്ന രണ്ടായിരംകൊല്ലം പഴക്കമുള്ള അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ആശയത്തെ പരീക്ഷണത്തിന്റെ ചാണക്കല്ലിന്മേലിട്ടു ഒന്നരസിനോക്കു വാൻതന്നെ ആ യുവാവ് തിരുമാനിച്ചു. ഇത് ഒരു ഒരു ചെറിയ കാര്യമല്ല. നിങ്ങളുടെ അമ്മയും അച്ഛനും വിദ്യാലയത്തിലെ അധ്യാപകന്മാരും എല്ലാം സത്യമെന്നു വിശ്വസിച്ചിരുന്ന ഒരു കാര്യത്തെപ്പറ്റിയാണ്—അതു തെറ്റാണെന്നു തെളിയിക്കാനാണ്—

ആ പരീക്ഷണം. ഗലീലിയോവിന്റെ ജോലി അദ്ദേഹത്തിനു റാഷ്യപ്പെട്ടിട്ടു!

ഒരു ദിവസം ഗലീലിയോ തന്റെ വിദ്യാർത്ഥികളേയും സഹായകരായ പൗരപ്രധാനികളേയും ചൈസോഗോപുരത്തിന്റെ സമീപത്തേയ്ക്കു ക്ഷണിച്ചുവരുത്തി. റൂറുകണക്കിലാളികളുടേതിനെ എത്തിച്ചേർന്നിരുന്നു. ആ കണക്കടിച്ചർ രണ്ടു ഇരമ്പുപന്തുകളെടുത്തു (ഒന്നു വലുതും മറേറതു ചെറുതും) ചൈസോഗോപുരത്തിൽ കയറി. രണ്ടും ഒരേസമയംതന്നെ കീഴ്പ്പോട്ടിട്ടു. അവ വീഴുന്നതും നോക്കി കാണികൾ നിന്നു. രണ്ടു പന്തുകളും ഒരേസമയത്താണ് ഭൂമിയിൽ വന്നുവീണത്! ഒറ്റ ശബ്ദമേ അവർ കേട്ടുള്ളൂ. അരിസ്റ്റോട്ടിലിനു തെറ്റാകാതെയെന്നാണോ കരുതേണ്ടത്? കൂടുതൽ തുക്കമുള്ളതു കൂടുതൽ വേഗം വീഴും എന്നാണല്ലോ അരിസ്റ്റോട്ടിൽ പറഞ്ഞത്!

പൗരജനങ്ങളും പ്രൊഫസർമാരും എല്ലാം കണ്ടു. അവർക്കു സപന്തം കണ്ണുകളെപ്പോലും വിശ്വസിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുകയില്ലെന്നല്ലെങ്കിൽ രണ്ടായിരംകൊല്ലംമുറുപ്പും അരിസ്റ്റോട്ടിൽ പറഞ്ഞത്? എന്തോ എവിടെയോ തകരാറുണ്ട്. ഗലീലിയോവിനു എന്തോ കഴുപ്പുണ്ട്. ഗലീലിയോവിനു ഭൂഷ്ടകല്പിക്കപ്പെട്ടു. സർവ്വകലാശാലയിലെ തന്റെ ജോലി രാജിവെക്കാനുദ്ദേശം നിർബ്ബന്ധിതനായി.

ഒന്നാമത്തെ 'ആധുനികശാസ്ത്രജ്ഞ'നെന്നു പറയാവുന്ന ഈ ഗണിതശാസ്ത്രാധ്യാപകൻ എന്തു മാതിരിക്കാരനായിരുന്നു? അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ തകിടംമറിച്ച ഈ സാഹസികനെപ്പറ്റി കൂടുതൽ അറിയേണ്ട?

ഗലീലിയോ 1564 ഫെബ്രുവരി 15-ാംനു- ചൈസാനഗരത്തിൽ ജനിച്ചു. കൊളംബസ് അമേരിക്ക കണ്ടുപിടിച്ചു 72 കൊല്ലങ്ങൾക്കുശേഷമാണിത്. മഗല്ലൻ ഭൂമിക്കുചുറ്റും സഞ്ചരിച്ചു ഭൂമി ഉരുണ്ടതാണെന്നു തെളിയിച്ചുകഴിഞ്ഞിട്ടു 48 വഷമായിരിക്കുന്നു. ഒരു ഇറ്റാലിയൻ പ്രമാണിയായിരുന്നു ഗലീലിയോവിന്റെ

പിതാവു്. അദ്ദേഹത്തിന്നു സംഗീതത്തിലും ഗണിതശാസ്ത്രത്തിലുമായിരുന്നു വാസന. അധികം പണക്കാരനായിരുന്നില്ല—പണമുണ്ടാക്കാനും അറിവില്ലായിരുന്നു. മകനെങ്കിലും പണക്കാരനാകട്ടെ എന്നായിരുന്നു അച്ഛന്റെ ആഗ്രഹം. തനിക്കു നന്നായറിയുന്ന ഗണിതശാസ്ത്രം അദ്ദേഹം മകനെ പഠിപ്പിച്ചില്ല. അയാളെ ഒരു ഡോക്ടറാക്കണമെന്നായിരുന്നു മോഹം. എന്നാൽ തന്റെ കാലഘട്ടത്തിലെ ഏറ്റവും ഉന്നതനായ ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായിത്തീർന്ന ഗലീലിയോ. ആകസ്മികമായിട്ടാണു ഇതു സംഭവിച്ചതു്.

ഗ്രീക്കു്, ലാറ്റിൻ എന്നീ ഭാഷകൾക്കു പുറമെ തർക്കം, സയൻസ് എന്നിവയും പഠിക്കാൻ ഗലീലിയോവിനെ ഒരു മൊണാസ്റ്ററിയിൽ ചേർത്തു. താൻ പഠിച്ചിരുന്ന ശാസ്ത്രത്തിൽ ഗലീലിയോവിന്നു താല്പര്യം കുറവായിരുന്നു. എങ്കിലുമദ്ദേഹം ഏറ്റവും മഹാനായ ഒരു ശാസ്ത്രജ്ഞനായിത്തീർന്നു. ഇതും ആകസ്മികമായിട്ടാണു സംഭവിച്ചതു്.

തീക്ഷ്ണബുദ്ധിയുള്ള ഒരു പ്രതിഭാശാലിയായിരുന്നു ആ കുട്ടി. സയൻസിൽ നിരസമുണ്ടായിട്ടും, സമർത്ഥനെന്നു പേരുനേടാൻ ഗലീലിയോവിന്നു കഴിഞ്ഞു. നല്ല കൈവിരുതും ആ കുട്ടിക്കുണ്ടായിരുന്നു—പല ഉപകരണങ്ങളും കൈകൊണ്ടുണ്ടാക്കാൻ ആ ബാലനനു കഴിഞ്ഞുവത്രെ. ഇതിനെല്ലാംപുറമെ ഒന്നാംതരമൊരു സംഗീതജ്ഞനും നല്ലൊരു കലാകാരനുമായി ഗലീലിയോ വളർന്നു.

എന്തുമായി വളരാനുള്ള കഴിവു് ആ ബാലനുണ്ടായിരുന്നു. എങ്കിലും ഒരു ഡോക്ടറാകണം തന്റെ മകനെന്നാണു അച്ഛൻ ആഗ്രഹിച്ചതു്. വൈദ്യശാസ്ത്രം പഠിക്കാനങ്ങിനെയാണു് ഗലീലിയോ പൈസസ്സെയ്ക്കു പ്പെട്ടതു്.

17 വയസ്സായിരുന്നപ്പോൾ ഒരു ദിവസം പള്ളിയിലെ പ്രാർത്ഥനാപരിപാടികളിൽ പങ്കെടുത്തുകൊണ്ടിരിക്കെ, മുകളിൽ വലിയൊരു തൂക്കുവിളക്കു അങ്ങോട്ടുമിങ്ങോട്ടും ആടുന്നതു ഗലീലിയോവിന്റെ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെട്ടു. പ്രാർത്ഥനയിൽ തന്റെ സർവ്വശ്രദ്ധയും

കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നതിനു പകരം ആടുന്ന വിളക്കിലാണ് ഗലീലിയോ ശ്രദ്ധിച്ചത്.

ചുവട്ടിലൊരഗ്നികണ്ഡമുണ്ട്. അതിൽ തീക്കണലുകളുമുണ്ട്. അതിന്റെ മുകളിലാണ് വിളക്കു കിടന്നു ആടിയിരുന്നത്. അടിയിൽനിന്നുള്ള ഉഷ്ണവായു വിളക്കിനെ കൂടുതൽ വിസ്മൃതിയിൽ ആട്ടാൻ തുടങ്ങി.

വിസ്മൃതി കുറഞ്ഞാലും കൂടിയായും വിളക്കിനങ്ങോട്ടു മിങ്ങോട്ടും ആടുവൻ ഒരേ സമയമാണ് വേണ്ടിവന്നത് എന്ന കാര്യം അദ്ദേഹം ശ്രദ്ധിച്ചു. 'വിസ്മൃതി വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച്' ഓരോ ആട്ടത്തിനുമുള്ള സമയവും വർദ്ധിക്കേണ്ടതല്ലേ? ആലോചിച്ചാലിതിന്നൊരന്തം കിട്ടുന്നില്ല. ഓരോ ഭാഗത്തേയ്ക്കും ഓരോ ഇഞ്ച് ദൂരം ആടിയാലും, ഓരോ അടിവിതം ആടിയാലും ഒരേ സമയമാണ് രണ്ടുതരം ആട്ടത്തിനും എടുക്കുന്നതെങ്കിലോ? അതു വിശ്വസിക്കാമോ?

'ശാസ്ത്രീയ'മായിത്തന്നെ ഇതു പരിശോധിക്കാനദ്ദേഹം തീരുമാനിച്ചു. ഒരു 'സ്റ്റോപ്പ് വാച്ചു'ണ്ടെങ്കിൽ വളരെ എളുപ്പത്തിൽ ഈ പരീക്ഷണം നടത്താമായിരുന്നു. പക്ഷെ, അത്തരം വാച്ചു ഗലീലിയോവിന്റെ പക്കലുണ്ടായിരുന്നില്ല—അക്കാലത്തു സ്റ്റോപ്പ് വാച്ചുപുറമെതന്നെ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടിരുന്നില്ല.

സ്വന്തം ഹൃദയസ്പന്ദനവുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തിനോക്കി വിളക്കിന്റെ ഓരോ ആട്ടത്തിനുംവേണ്ട സമയം നിണ്ണയിക്കാനെന്ന ഗലീലിയോ തീർച്ചയാക്കി. മണിക്കണ്ടത്തിൽ പെരുവിരലു മന്തി രക്തസമനിയിൽക്കൂടിയുള്ള രക്തപ്രവാഹമുണ്ടാക്കുന്ന നാഡി മിടിപ്പ് അദ്ദേഹം തൊട്ടറിഞ്ഞു. ഹൃദയം ക്രമമായാവണം സ്പന്ദിക്കുന്നതെന്ന ധാരണയിൽ—അക്കാര്യം ശാസ്ത്രീയമായി തെളിയിക്കപ്പെടുമെഴിഞ്ഞിരുന്നില്ലെങ്കിലും—ആണ് ഈ പരീക്ഷണം ചെയ്തത്.

തന്റെ ഹൃൽസ്പന്ദനത്തെ വിശ്വസിക്കാൻ കഴിയുമെങ്കിൽ ഓരോ പ്രാവശ്യവും വിളക്കു് ഇരുവശത്തേയ്ക്കും ആന്ദോളനംചെയ്

യ്യമ്പോൾ അതിനു് എത്ര സമയം വേണ്ടിവരുമെന്നദ്ദേഹത്തിന്നു നിണ്ണയിക്കുവാനും കഴിഞ്ഞു.

ഗലീലിയോ തന്റെ അച്ഛൻ പ്രതിക്ഷിച്ചുപോലെ ഒരു ഡോക്ടറാവാതിരിക്കാനിടനല്ലിയ മറ്റൊരു സംഭവവും ഇതിനൊത്തുടൻണ്ടായി. സർവ്വകലാശാലയിൽവെച്ചു മറ്റൊരു ക്ലാസ്സിൽ ഔദ്യോഗിക പഠിപ്പിക്കുന്നതു ഗലീലിയോ കേട്ടു.

ഗലീലിയോവിന്നതിൽ അത്യധികം രസംതോന്നി. ഉടൻ തന്നെ ഗണിതശാസ്ത്രം പഠിക്കാൻ തുടങ്ങി. ആ വിദ്യാർത്ഥി—അച്ഛൻ തന്നെ പഠിപ്പിക്കില്ലെന്നു കരുതിവെച്ച അതേ വിഷയം. മകനെ ഗണിതശാസ്ത്രം പഠിപ്പിച്ചാൽ പിന്നീടു് അവൻ വൈദ്യശാസ്ത്രം പഠിക്കുകയില്ല എന്നു മനസ്സിലാക്കിയതുകൊണ്ടാണു് അച്ഛൻ ഗലീലിയോവിന്നു ഗണിതശാസ്ത്രം പറഞ്ഞുകൊടുക്കാതിരുന്നതു്. ആ ധാരണ ശരിയായിരുന്നു.

അങ്ങിനെ ഒരു മഹാനായ സംഗീതശാസ്ത്രജ്ഞനോ, ചിത്രകാരനോ, വൈദ്യശാസ്ത്രജ്ഞനോ ആയിത്തീരേണ്ടിയിരുന്ന ഗലീലിയോ അന്നുമുതൽ സയൻസും ഗണിതശാസ്ത്രവും പഠിക്കാൻ തുടങ്ങി. നമ്മുടെയെല്ലാം ഭാഗ്യംതന്നെ. വേറെ ഭാഗവതർമാരും ചിത്രകാരന്മാരും അന്നുണ്ടായിരുന്നു—പക്ഷേ ഒരേയൊരു ശാസ്ത്രജ്ഞനേ ഉണ്ടായിരുന്നുള്ളു—ഗലീലിയോ.

സയൻസിൽ പ്രാവീണ്യം നേടാൻ ഗണിതശാസ്ത്രപാണ്ഡിത്യം കൂടിയേ കഴിയൂ. ഈ ലേഖനപരമ്പര തുടൻ വായിക്കുമ്പോൾ ഇക്കാര്യം ബോധ്യമാവും. സയൻസിന്റെ ഒരു തരം ചുരുക്കെഴുത്താണു് ഗണിതം. ഇരുപതു പേജിൽ വിവരിച്ചു പറയേണ്ട അതേ കാര്യത്തെ രണ്ടു വരിയിൽപ്പറയാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനെ സഹായിക്കുന്നതു ഗണിതശാസ്ത്രമാണു്.

ശാസ്ത്രീയനിയമങ്ങൾ ശരിയാണോ തെറ്റാണോ എന്നു പരിശോധിക്കാനും ഗണിതശാസ്ത്രം സഹായിക്കുന്നു. പഴയതു ശരിയല്ലെന്നുവന്നാൽ പുതിയ നിയമങ്ങളാവിഷ്കരിക്കണമല്ലോ. അതിനു് ഈ മാതിരി പരിശോധനകൾ ആവശ്യവുമാണു്.

ഗ്രാവിററി (ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലം), ഇലക്ട്രിസിറ്റി (വിദ്യുച്ഛക്തി), മാഗ്നറ്റിസം (ചാന്തശക്തി) ഇവയെ മൂന്നുകൂടി പരസ്പരം ബന്ധപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ടുള്ള ഗണിതശാസ്ത്രസൂത്രമുണ്ടാക്കുവാൻ കഴിയുമോ എന്നായിരുന്നു അവസാനകാലത്തു് ഐൻസ്റ്റീന്റെ ഉദ്യമം. തന്റെ ചിരകാലത്തെ ആഗ്രഹം സഫലീകരിക്കാൻ ആ മഹാശാസ്ത്രജ്ഞൻ സാധിച്ചില്ല—അതിനു മുമ്പു് അദ്ദേഹം മരിച്ചു. എന്നാൽ ആ അന്വേഷണം ഇനിയുള്ളവർക്കു നടത്താമല്ലോ. പ്രപഞ്ചത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന നിയമങ്ങൾ വളരെ ലഘുവാണെന്നാണു് ഐൻസ്റ്റീൻ കരുതിയതു്. ഐൻസ്റ്റീന്റെ വിശ്വാസം ശരിയാണെന്നതിനുള്ള തെളിവുകളാണു് ഓരോ വർഷവും ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നമുക്കു തരുന്നത്. പ്രപഞ്ചത്തിനു് ഒരു തരം അടുക്കം ചിട്ടയുമുണ്ടെന്നു് അവർ പറയുന്നു. ഏറ്റവും ചെറിയ ആറ്റത്തെപ്പോലെയും, നമ്മുടെ സൂര്യനേക്കാൾ നൂറുതവണ വലിപ്പം കൂടിയ ഒരു നക്ഷത്രത്തെപ്പോലെയും ഇതു കാണാൻ കഴിയും.

ഒരു ആണിയടിച്ചിറക്കുവാൻ കയ്യിലൊരു ഹാമറില്ലെങ്കിൽ മുഷ്ടിച്ചുരുട്ടി ആണിമേലടിച്ചാലോ? ഗണിതശാസ്ത്രപരീജ്ഞാനമില്ലാത്ത ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ നില ഇതുപോലാണു്. കയ്യിലൊതുങ്ങുന്ന ഹാമറിനെപ്പോലെയായാണയാൾക്കു ഗണിതശാസ്ത്രം.

ഒരു കാര്യം ഓർമ്മിച്ചുപോവുകയാണു്. വളരെ മുമ്പാണതു്. ധോക്ടർ ഗ്ലേൻസി സിബോർഗിന്നു നന്നെ ചെറുപ്പമായിരുന്നു. മുറിയിലിരുന്നു താൻ അറോമിക് എനർജിയെപ്പറ്റി എഴുതിയ ചില ഭാഗങ്ങൾ അദ്ദേഹം പരിശോധിക്കുകയായിരുന്നു. പ്ലൂട്ടോണിയം എന്ന മൂലകം അന്നുതന്നെ അദ്ദേഹം കണ്ടുചിട്ടിട്ടുണ്ടായിരുന്നു. ആറംബോവുകളധികവുണ്ടാക്കുന്നതു് പ്ലൂട്ടോണിയം കൊണ്ടാണു്. സ്ത്രീകളിൽവെച്ചു പഠിച്ച മൂലകങ്ങളുടെ എണ്ണം ശരിയല്ലെന്നു തെളിയിച്ചതിലദ്ദേഹത്തിനു വലിയ പങ്കുണ്ടു്. 92 മൂലകങ്ങളേ ഉള്ളൂ എന്നാണദ്ദേഹത്തെ സ്ത്രീകളിൽവെച്ചു പഠിപ്പിച്ചതു്. ഈ സമയത്തതു് 98 ആയിരുന്നു. (ഇപ്പോഴതു പിന്നെയും വർദ്ധിച്ചിരി

കുന്നു.) അഞ്ചു പുതിയ മൂലവസ്തുക്കൾ—പ്ലൂട്ടോണിയം, അമേരിഷ്യം, ക്യൂരിയം, ബെർക്കീലിയം, കാലിഫോർണിയം എന്നാണവയുടെ പേർ—കണ്ടുപിടിക്കാൻ സഹായിച്ചതു വിനയസമ്പന്നനും രസികനുമായ ഈ ചെറുപ്പക്കാരനാണ്.

സൂര്യന്റെ ഉപരിതലത്തിലുള്ള ചൂടും ഒരു ആറ്റംവിസ്ഫോടനത്തിൽനിന്നുണ്ടാവുന്ന ചൂടും തമ്മിൽ താരതമ്യപ്പെടുത്തുകയായിരുന്നു ഞാൻ. എന്റെ കണക്കുകൾ ശരിയാണോ എന്നുദ്ദേഹത്തിനൊരു സംശയം—വിശ്വസിക്കാമെന്നു ഞാൻ കരുതിയ ഒരു സാങ്കേതിക ലേഖനത്തിൽനിന്നാണ് ഞാനെന്റെ സംഖ്യകൾ എടുത്തത്. ഒരു കടലാസ്സിന്റെ മാർജിനിൽ അദ്ദേഹം എന്തെല്ലാമോ കുത്തിക്കുറിക്കുന്നതു കണ്ടു. അല്പം നിമിഷങ്ങളേ ഇതിനു വേണ്ടിവന്നുള്ളൂ. മാർജിന്റെതന്നെ മൂന്നനാലിഞ്ചു സ്ഥലമേ അദ്ദേഹം ഉപയോഗിച്ചുള്ളൂ. ഞാൻ എടുത്ത സംഖ്യ ശരിയല്ലെന്നുദ്ദേഹം പറഞ്ഞു; ശരിയായ സംഖ്യ എന്തെന്നു പറഞ്ഞുതരികയും ചെയ്തു.

അദ്ദേഹത്തിനതു അത്രയും എളുപ്പമായിരുന്നു. ഒരു ആണി അടിച്ചിറക്കാൻ ആശാരി റൊമർ ഉപയോഗിക്കുംപോലെ അത്ര ലഘുവായിരുന്നു ഇത്. ശരിയായ ശാസ്ത്രീയഫലങ്ങളിലെത്താൻ ഉപകരിക്കുന്ന ഗണിതശാസ്ത്രം അദ്ദേഹത്തിനു ഹൃദിസ്ഥമായിരുന്നു.

എങ്കിലും, ആ ശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ കൂട്ടിക്കാലത്തു രണ്ടും രണ്ടും കൂട്ടിയാൽ നാലാണെന്ന സങ്കല്പത്തിലേത്തുവാൻ നമുക്കെല്ലാമുണ്ടായതുപോലുള്ള വിഷമം അദ്ദേഹത്തിനും നേരിട്ടിരിക്കണം. അന്നാണെന്നിരിക്കാമുമായി മനസ്സിലായതു സയൻസിന്റെ ഭാഷയെന്നനിലയ്ക്കു ഗണിതശാസ്ത്രത്തിന്നെത്രകണ്ടു പ്രാധാന്യമുണ്ടെന്നു്.

ഗവീലിയോ അന്നു നിലവിലുണ്ടായിരുന്ന ഗണിതശാസ്ത്രത്തിൽ വ്യക്തത നേടി. (പല സങ്കീർണ്ണതകളേയും ലഘൂകരിച്ചിരുന്ന ആൽജിബ്രയ്ക്കു ഗവീലിയോവിന്റെ ജീവിതത്തിലെ അവസാനത്തെ പത്തുകൊല്ലത്തിലാണു പ്രചാരം സിദ്ധിച്ചത്.) പള്ളിയിലെ തുക്കുവിളക്കിന്റെ ചാഞ്ചാട്ടത്തെപ്പറ്റിയുള്ള പഠനം തുടരുകയും ചെയ്തു.

നമുക്കെല്ലാം ചെയ്യാവുന്ന ഒരു ചരീക്ഷണമാണ് ഗലീലിയോ ചെയ്തത്. ചുമരിന്മേലൊരാണി തറച്ചു. ആണിയിന്മേൽ ഒരു ചരടിന്റെ അറ്റം കെട്ടി. ചരടിന്റെ മറ്റേ അറ്റത്തു ഘനമുള്ള എന്തെങ്കിലും കെട്ടിത്തൂങ്ങി. പിന്നീട് ആ ചരടിനെ പതുക്കെ ആട്ടാൻ തുടങ്ങി.

ഘനമുള്ള വസ്തു ചുള്ളിയിലെ തൂക്കുവീളിക്കിനൊപ്പോലെയോണിപ്പോൾ.

പതുക്കെ അതു ആട്ടുക. ഒരു സ്റ്റോപ്പ് വാച്ചുകൊണ്ടോ, അതില്ലെങ്കിൽ ഒരു സാധാരണവാച്ചുകൊണ്ടോ, ഓരോ ആട്ടത്തിനും എത്ര സമയം വേണ്ടിവരും എന്നു കാണുക. ചെറിയൊരു കമാനം വരച്ചുകൊണ്ടാണ് ലോലകം ചലിക്കുന്നത്. ഈ കമാനം അല്പം വലുതാക്കിയാലും, ചെറുതാക്കിയാലും, ഓരോ ആട്ടത്തിനും വേണ്ടിവരുന്ന സമയം വ്യത്യസ്തപ്പെടുന്നില്ല. നല്ലതോ അറുപതോ പ്രാവശ്യം ആടുവാനെത്രസമയം വേണ്ടിവരും എന്നു നോക്കി അതിൽനിന്നു ശരാശരി ഒരു ആട്ടത്തിനുവേണ്ട സമയം കാണുകയാലും നല്ലത്. അതിനുശേഷം വിസ്മൃതി വലുതാക്കി ശരാശരി ഒരാട്ടത്തിനുവേണ്ട സമയം കാണുക. അപ്പോഴാണ്, ഗലീലിയോ കണ്ടുപിടിച്ച കാര്യം നിങ്ങൾക്കും അനുഭവപ്പെടുക.

ഗലീലിയോ വാച്ചിനു പകരം അടിയിൽ ചെറിയൊരു ദ്വാരത്തോടുകൂടിയ വെള്ളത്തൊട്ടിയാണ് സമയം കണക്കാക്കാൻ ഉപയോഗിച്ചത്. ഈ ദ്വാരത്തിൽക്കൂടി വെള്ളം ഇററിറുവീണിരുന്നു. ഇറുവീഴുന്ന വെള്ളത്തെ ചെറിയൊരു ഗ്ലാസ്സിൽ ശേഖരിക്കുകയുംചെയ്തു. ഇങ്ങിനെ ശേഖരിച്ച വെള്ളത്തിന്റെ തൂക്കം നോക്കിയിട്ടാണ് സമയം കണക്കാക്കിയത്. ചെൻഡുചം വിസ്മൃതിയിൽ ആടുമ്പോൾ 50 ദോലനത്തിനു (അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടും ഉള്ള ആട്ടത്തിനാണ് ദോലനമെന്നു പറയുന്നത്) എടുത്ത സമയം കൊണ്ട് എത്ര വെള്ളം ചെറിയ ഗ്ലാസ്സിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുമ്പോ, അതു തൂക്കിനോക്കുക. പിന്നീട് ആട്ടത്തിന്റെ വിസ്മൃതി കുറച്ചു 50 ദോലനങ്ങൾക്കുള്ളിൽ എത്ര വെള്ളമാണ് ശേഖരിക്കപ്പെടുന്ന

തെന്ന് വീണ്ടും കാണുക. വിസ്മൃതി കൂടിയായും കുറഞ്ഞതായും 50 ദോലനങ്ങൾക്കുവേണ്ട സമയത്തിനിടയിൽ ഒരേ തൂക്കം വെള്ളമാണ് ഗ്ലാസ്സിൽ ശേഖരിക്കപ്പെട്ടതെങ്കിൽ അതിനത്ഥം രണ്ടുതരം ദോലനങ്ങൾക്കും ഒരേ സമയംതന്നെയാണ് എടുത്തതെന്നാവാമെല്ലെ. വേറെ ഒരു പരീക്ഷണത്തിൽ ഗ്ലാസ്സിൽ ശേഖരിച്ച വെള്ളത്തിന് ആദ്യത്തേതിന്റെ ഇരട്ടി തൂക്കമുണ്ടെന്ന് കണ്ടുപിടിക്കുന്നുവെന്നിരിക്കട്ടെ—അതിനത്ഥം ഇരട്ടി സമയം എടുത്തുവെന്നുമാണല്ലോ.

ഗലീലിയോ ചെൻഡുചത്തപ്പറ്റി ചലനം നിരീക്ഷിച്ചു; ചാിച്ചു. കൃത്യസമയത്തിനുള്ളിൽ കൃത്യമായ ദോലനങ്ങൾ മാത്രമേ ഒരു ചെൻഡുചത്തിനുള്ള എന്നദ്ദേഹം കണ്ടു. ഉദാഹരണത്തിന് 30 സെക്കൻറിനുള്ളിൽ എങ്ങനെ ആടിയാലും ദോലനങ്ങളുടെ എണ്ണം വ്യത്യാസപ്പെടുകയില്ല. ചെൻഡുചം ആടിത്തുടങ്ങി 30 സെക്കൻറിൽ എത്ര പ്രാവശ്യം അതു് ആടുന്നുവെന്ന് നോക്കുക. പിന്നീടു് വീണ്ടും ഈ പരീക്ഷണം ചെയ്തുകൊണ്ടിട്ട് 30 സെക്കൻറിൽ എത്ര ദോലനങ്ങളുണ്ടായെന്ന് നോക്കുക. രണ്ടും ഒരേ സംഖ്യയായിരിക്കും. എന്നാൽ ചെൻഡുചത്തിന്റെ നീളം ചുരുക്കിയാൽ ദോലനത്തിനും വ്യത്യാസം വരും. നീളം ചുരുക്കി 30 സെക്കൻറിൽ എത്ര ദോലനങ്ങളുണ്ടായി എന്ന് നോക്കിയാൽ അതു വർദ്ധിച്ചതായി കാണാം. എന്നാൽ അതേ നീളത്തിൽ ചെൻഡുചത്തിന്റെ ആട്ടത്തിന് വിസ്മൃതി വർദ്ധിച്ചതുകൊണ്ടാണെന്നും വ്യത്യാസം വരുന്നില്ല. പിന്നെയും നീളം കൂട്ടുകയോ കുറയ്ക്കുകയോ ചെയ്താൽ അതിന്നനുസരിച്ച് ദോലനകാലം കൂടുകയും കുറയുകയും ചെയ്യും.

ഗലീലിയോ ചെൻഡുചങ്ങളെപ്പറ്റിപ്പിറുപ്പിച്ച് വിദഗ്ദ്ധനായെന്ന് പറഞ്ഞാൽ മതിയല്ലോ. ചെൻഡുചത്തിന്റെ ആട്ടത്തിന്നത്ര സമയമെടുത്തു എന്നു നോക്കി അതിന്നത്ര നീളമുണ്ടെന്ന് കാണാൻ ഗലീലിയോവിനു കഴിഞ്ഞു. നീളവും ദോലനകാലവുമ്പോലും വിചലോമാനപാതത്തിൽ മാറുന്നുണ്ടെന്ന് ഗലീലിയോ കണ്ടു. ഉദാഹരണത്തിന് 2 അടി നീളമുള്ള ഒരു ചെൻഡുചം

40 പ്രാവശ്യം (അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടുംകൂടി) ദോലനംചെയ്യാൻ എടുത്ത സമയംകൊണ്ട് മറെറാരു ചെൻഡുലം 20 ദോലനം ചെയ്യുന്നുവെങ്കിൽ രണ്ടാമത്തെ ചെൻഡുലത്തിന് 8 അടി നീളം ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്ന് ഗലീലിയോ കണക്കാക്കി. എങ്ങിനെയാണിതു കിട്ടിയത്?

ആദ്യമായി ദോലനങ്ങളുടെ വക്രം കണ്ടു,

$$40 \times 40 = 1600. \text{ --- (1)}$$

$$20 \times 20 = 400. \text{ --- (2)}$$

$\frac{1600}{400} = 4$. അതായത്, നിന്നു ചരടിന്റെ ചുറ്റൽ ഒന്നായിരിക്കും ചെറിയ ചരടിന്റെ നീളം. ചെറിയ ചരടിന് 2 അടി നീളമുണ്ട്. അപ്പോൾ നീളംകൂടിയതിന് $2 \times 4 = 8$ അടി നീളം വേണം. ഗലീലിയോവിന്റെ കണക്കുകൂട്ടൽ ശരിയായിരുന്നുവോ എന്ന് നിങ്ങൾക്കുതന്നെ പരിശോധിക്കാം.

ചെൻഡുലത്തിന്റെ ചരീക്ഷണത്തിൽനിന്ന് വേറെച്ചിലതും ഗലീലിയോ മനസ്സിലാക്കി. ചെൻഡുലക്കൂട്ടയെ പതുക്കെ ഒന്നാട്ടിയാൽ അതു പതുക്കെമാത്രം ദോലനംചെയ്യുന്നു. കൂടുതൽ ബലം പ്രയോഗിച്ചു് ആട്ടിയാലാകട്ടെ കൂടുതൽ വിസ്തൃതിയിൽ അതു ആടുന്നു. ഇങ്ങിനെയാണു് 'ബലം' എന്ന ആശയം ഗലീലിയോവിന്റെ മനസ്സിൽ പതിഞ്ഞതു്. ബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ ചെൻഡുലം ആടുന്നു. എന്നാൽ, ചിന്നെ അതിന്റെ ആട്ടം നില്ക്കുന്നതെങ്ങിനെയാണു്? വായുവിന്റെ പ്രതിരോധബലം കാരണമാണതു്. ഇങ്ങിനെ വായുവിന്റെ പ്രതിരോധബലം ഇല്ലായിരുന്നുവെങ്കിൽ ഒരിക്കൽ ബലപ്രയോഗംകൊണ്ടു് ആടാൻ തുടങ്ങിയാൽ ചിന്നെ നില്ക്കുവാൻ പാടില്ലല്ലോ.

ചെൻഡുലത്തിനെ ഒരിക്കൽ ആട്ടിയാൽ അതിനു് അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടും ആടുവാനുള്ള ശക്തി ഉഭിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലമാണിതിന്നൊരു കാരണമെന്നു പറയാൻ ഗലീലിയോവിനു് കഴിഞ്ഞില്ലെങ്കിലും അദ്ദേഹം അതിന്റെ വളരെ അടുത്തത്തി.

പിന്നീട് ഐസാക് ന്യൂട്ടനാണ് ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലത്തെ പറ്റി കൂടുതൽ ചിന്താനിർഭരമായ നിഗമനങ്ങളിലെത്തിയത്.

ഗലീലിയോ തത്ത്വചിന്തകനായിരുന്നില്ല. പെൻഡുലത്തിന്റെ തത്വമുപയോഗിച്ച് കൃത്യമായി ചലിക്കുന്ന ഒരു ക്ലോക്കുണ്ടാക്കാൻ അദ്ദേഹം ശ്രമിച്ചു. അതു സഫലമായില്ല. എങ്കിലും ഗലീലിയോവിന്റെ മരണശേഷം അത്തരം ഒരു ക്ലോക്ക് അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശിഷ്യന്മാരിലൊരാൾ ഉണ്ടാക്കി. കററ കാലത്തേയ്ക്ക് ഇത്തരം പെൻഡുലക്ലോക്കുകൾ പ്രചാരത്തിലുണ്ടായിരുന്നു.

എന്തിനാണ് പെൻഡുലത്തെ ഗലീലിയോ ആദ്യമായി ഉപയോഗിച്ചതെന്നോ? മനുഷ്യന്റെ നാഡിമിടിപ്പു കണക്കാക്കുവാൻ. നാഡിമിടിപ്പിൽനിന്നാണ് പെൻഡുലസിദ്ധാന്തത്തിലേയ്ക്കുദ്ദേഹം എത്തിയത്! അങ്ങിനെ ആ സിദ്ധാന്തം ഇങ്ങോട്ടും ഉപകരിച്ചു.

വീഴുന്ന വസ്തുക്കളും സ്ത്രീകൾക്കും

ചെൻഡലം ഗലീലിയോവിന്റെ ഒന്നാമത്തെ വിജയം മാത്രമായിരുന്നു. പിന്നീട് അതിനേക്കാൾ വലിയ കാര്യങ്ങളാണ് അദ്ദേഹം കണ്ടുപിടിച്ചത്.

സൂര്യകലാശാലാവിദ്യാർത്ഥിയായിരിക്കുമ്പോൾ ദാരിദ്ര്യം കാരണം അദ്ദേഹത്തിനു പഠിപ്പ് നിർത്തിയതായിരുന്നു. അപ്പോൾ 21 വയസ്സാണ് ഗലീലിയോവിന്. എന്നാൽ 4 കൊല്ലത്തിനിടയിൽ ഗലീലിയോ വീണ്ടും സൂര്യകലാശാലയിൽ പ്രവേശിച്ചു— കർമ്മപാലകനായിട്ട്. അദ്ദേഹത്തിനു ബിരുദമൊന്നുമില്ലെങ്കിലും, ശമ്പളം കുറവായിരുന്നുവെങ്കിലും അഭിമാനകരമായ ഈ പദവി അദ്ദേഹത്തിന് ലഭിച്ചു. ഇക്കാലത്താണ് അദ്ദേഹം വീഴുന്ന വസ്തുക്കളെ സംബന്ധിച്ച സിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിച്ചത്. എങ്ങിനെയാണ് അറിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തെ ഗലീലിയോ നിഷേധിച്ചതെന്നു നാം കണ്ടുവല്ലോ.

വാസ്തുവമിങ്ങിനെയൊന്നെങ്കിലും, ഒരു ചതുരൻ ഒരു തൂവലും ഒരേ ഉയരത്തിൽനിന്ന് ഒരേ സമയത്തു താഴോട്ടിട്ടാൽ രണ്ടും ഒരേ സമയത്തു ചുല്ലോ നിലത്തു വീഴുന്നതു്. ഇതിനു കാരണം വായുവാണു്. വീഴുന്ന വസ്തുക്കളുടെനേരെയുള്ള വായുവിന്റെ പ്രതിരോധ ശക്തികൊണ്ടാണു് തൂവലും തൂക്കം കുറഞ്ഞ വസ്തുക്കളും പതുക്കെ മാത്രം താഴെ വീഴുന്നതു്. വായുശൂന്യമായ ഒരു കുഴലിൽ കാര്യം നിറച്ച ഒരു ബലൂൺ ഉഴുതിവീഴിക്കാത്ത മറ്റൊരു ബലൂൺ ഒരേ സമയത്തു് കീഴോട്ടിട്ടാൽ (ഒരു തൂവലും ഒരു നാണുവും താഴോട്ടിട്ടാലും) രണ്ടും ഒരേസമയത്താണു് താഴെ വന്നുവീഴുന്നതു്. കാരണം

ഇവിടെ വായുവിന്റെ പ്രതിരോധശക്തി പ്രവർത്തിക്കുന്നില്ല എന്നു തുടങ്ങുന്നു.

ഗലീലിയോവിനു് ഒരു കാര്യം മനസ്സിലായി. വിദ്വാനുസ്മരണങ്ങൾ വായു തടയുന്നുണ്ടു്. എന്നാൽ, വായുവിന്റെ പ്രതിരോധ ശക്തിയെപ്പറ്റിയല്ല, വലിക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെ പ്രത്യേകതകളെപ്പറ്റിയാണല്ലോ ഗലീലിയോ പഠനംനടത്തിയതു്. വായുവിന്റെ എതിർപ്പിനെ നിസ്സാരമാക്കി കണക്കാക്കാവുന്നതരത്തിലുള്ള പരീക്ഷണങ്ങളാണു് അദ്ദേഹം നടത്തിയതു്.

ഇങ്ങിനെ വിദ്വാനുസ്മരണങ്ങളെപ്പറ്റി ഗലീലിയോ ആവിഷ്കരിച്ച ശാസ്ത്രനിയമം പുതിയ ചില കണ്ടുപിടുത്തങ്ങൾക്കും വഴി വെച്ചു. എന്നാൽ, ഒരിക്കൽ ആവിഷ്കരിച്ച നിയമത്തിനു്, പുതിയ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളെത്തുടർന്നു് ചില മാറ്റങ്ങൾ വരാനും ഇടയുണ്ടു്. എന്നെന്നേക്കുമുള്ള ഒരു നിയമമില്ല. നിയമത്തിനു് പല മാറ്റങ്ങളും വരും. ഇന്നു നമുക്കു തികച്ചും 'സത്യ'മാണെന്നു തോന്നുന്നതു് നാളെയും 'സത്യ'മായിക്കൊള്ളണമെന്നില്ല. ഗലീലിയോസംഗതികളെപ്പറ്റി ആലോചിക്കുകയും ചില അഭ്യൂഹങ്ങളിലെത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്തു. വിദ്വാനുസ്മരണങ്ങൾ, താഴേക്കുവരുന്നതോടും, വേഗം ക്രമമായി വലിക്കുന്നു എന്നു ഉത്തരത്തിലാണു് അദ്ദേഹമെത്തിയതു്.

എന്താണു് വേഗം? ചലനത്തിന്റെ തോതിനെയാണു് വേഗം എന്നു പറയുക. ഒരു കാർ മണിക്കൂറിൽ 60 മൈൽ വേഗത്തിൽ പോകുന്നുണ്ടെങ്കിൽ അതിന്റെ സ്പീഡ് മണിക്കൂറിൽ 60 മൈലാണു്. ഏതു വഴിയേക്കുപോകാലും വിശദമായില്ല. എന്നാൽ 'വെലോസിറ്റി' എന്നു വാക്കിന്നർത്ഥം വേഗം എന്നു മാത്രമല്ല. ഏതു ദിക്കിനെ അഭിമുഖീകരിച്ചാണു് പോകുന്നതു് എന്നുകൂടി നോക്കണം. ഉദാഹരണത്തിനു് ഒരു കാർ ചൊവ്വ വടക്കോട്ടു് 60 മൈൽ സ്പീഡിൽ ഓടുന്നുവെന്നു വെണ്ണുക. കുറച്ചുദൂരം ഓടി, അതു 60 മൈൽ വേഗത്തിൽ വടക്കുപടിഞ്ഞാറു് തിരിഞ്ഞുവെന്നു വെണ്ണുക. 'സ്പീഡി'നു് മാറ്റമൊന്നും വന്നിട്ടില്ല. പക്ഷെ, 'വെലോസിറ്റി'യിൽ മാറ്റം വന്നു. ഒരേവഴിക്കാണു് ഒരു വസ്തു നീങ്ങുന്ന

തെക്കിൽ അതിന് സ്ത്രീയ്ക്ക് എന്നും വെലോസിററി എന്നും പറയുന്നതിൽ തെറ്റില്ല. സ്ഥിരമായ വെലോസിററിയോടുകൂടി എന്നു പറഞ്ഞാൽ ഒരേ ദിശയിൽ എന്നുകൂടി അർത്ഥമുണ്ട്.

ഇനി മറ്റൊരു വാക്കുണ്ട്. “ആക്സിലറേഷൻ.” വേഗത്തിലുള്ള വ്യത്യാസത്തെയാണ് ആക്സിലറേഷൻ എന്നു പറയുന്നത്.

ഒരു കാറിന്റെ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 20 മൈലിൽനിന്ന് 40 മൈലാക്കി ഉയർത്തിയെങ്കിൽ ഒരു മണിക്കൂറിൽ 20 മൈൽ വേഗം വർദ്ധിച്ചുവെന്നു പറയാം. 20 മൈൽ വേഗം കാരോ മണിക്കൂറും വർദ്ധിക്കുന്നു.

മണിക്കൂറിൽ 20 മൈൽ വേഗമുള്ള ഒരു കാറിന് മണിക്കൂർ തോറും 20 മൈൽ ആക്സിലറേഷൻ ഉണ്ടെന്ന് കരുതുക. തുടങ്ങുമ്പോൾ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 20 മൈൽ, ഒരു മണിക്കൂർ കഴിഞ്ഞാൽ 40 മൈൽ, രണ്ടു മണിക്കൂർ കഴിഞ്ഞാൽ 60 മൈൽ, മൂന്നു മണിക്കൂർ കഴിഞ്ഞാൽ 80 മൈൽ—ഇങ്ങിനെയാവും മണിക്കൂർതോറും വേഗം വ്യത്യാസപ്പെടുക. കാരോ മണിക്കൂറിലും 20 മൈൽ വേഗം അധികമാവുന്നു. ഈ വേഗവ്യത്യാസത്തിനെയാണ് ആക്സിലറേഷൻ എന്നു പറയുന്നത്. ആക്സിലറേഷൻ പൂജ്യം എന്നു പറഞ്ഞാൽ അതേ വേഗത്തിലോടുന്നുവെന്നാണർത്ഥം. വേഗം ക്രമമായി കുറയുന്നതിനാൽ ശാസ്ത്രത്തിൽ ആക്സിലറേഷൻ എന്നു പറയും.

ഗലീലിയോ ഈ പ്രശ്നം പഠിക്കാൻ തുടങ്ങുന്നതിനു മുൻപ് ആക്സിലറേഷൻ എന്ന ആശയത്തെപ്പറ്റി ആർക്കും അറിവുണ്ടായിരുന്നില്ല.

വസ്തുക്കൾ എന്തുകൊണ്ടാണ് വിഴുന്നതെന്നതിനെപ്പറ്റി പലരും പല സിദ്ധാന്തങ്ങളും ആവിഷ്കരിച്ചു. എന്നാൽ എങ്ങിനെയാണ് വസ്തുക്കൾ വിഴുന്നതെന്ന കാര്യത്തിലാണ് ഗലീലിയോ കൂടുതൽ ശ്രദ്ധിച്ചത്.

ഒരു കാര്യം വ്യക്തമായിരുന്നു. വിഴുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ വേഗം ചുവട്ടിലോട്ടു വരുന്നതോടും വർദ്ധിച്ചുവന്നു. പക്ഷെ വേഗത്തിലുണ്ടാവുന്ന ഈ വർദ്ധനയെ എങ്ങിനെയാണ് കണക്കാക്കുക.

ഗലീലിയോ അതിനെപ്പറ്റി ഗാലശാലി ആലോചിക്കാൻ തുടങ്ങി; ചില അഭ്യന്തരങ്ങളിലെത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്തു. ദൂരമാണോ, അതോ ഡമയമാണോ വിദ്യയുടെ വേഗത്തെ ക്രമീകരിക്കുന്നത്? ദൂരമാണെന്നു കരുതിയപ്പോൾ അതിൽനിന്നു വീഴുന്ന ഒരു കല്ലു് ദി അടി ഉയരത്തിൽനിന്നു വീഴുന്ന മറ്റൊരു കല്ലിനേക്കാൾ ഇരട്ടി വേഗത്തിൽ വീഴുമെന്നായിരുന്നു അവരുടെ വിശ്വാസം. ഇതു ശരിയാണോ? അല്ലെന്നു ഗലീലിയോ പറഞ്ഞു. ചിന്നെ എങ്ങിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു വിദ്യകര വസ്തുക്കളുടെ വേഗം? സമയത്തിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്നുദ്ദേശം പറഞ്ഞു. വിദ്യകര ഒരു കല്ലു് മൂന്നാമത്തെ സെക്കൻറിൽ എത്ര ദൂരം സഞ്ചരിക്കുന്നുവോ അതിന്റെ ഇരട്ടി ദൂരമാണ് രണ്ടാമത്തെ സെക്കൻറിൽ സഞ്ചരിക്കുക. ഒരു വസ്തു ഒരു സെക്കൻറിൽ 32 അടി വേഗത്തിൽ വീഴുന്നുവെന്നു വെണ്ണുക. മൂന്നാമത്തെ സെക്കൻറിൽ അതു് 32 അടി താഴെ വീഴും. രണ്ടാമത്തെ സെക്കൻറിൽ അതിന്റെ ഇരട്ടി 64 അടി—മൂന്നാമത്തെ സെക്കൻറിൽ 96 അടി—ഇങ്ങിനെയൊന്നു വിദ്യകര അങ്ങിനെ മൂന്നു സെക്കൻറിനിടയിൽ 144 അടി വീഴുന്നു. പക്ഷെ ഇതിൽ 96 അടിയും മൂന്നാമത്തെ സെക്കൻറി ലാണു വിദ്യകരതു്.

ഗലീലിയോവിന്നു് ഇതുകൊണ്ടുമാത്രം തൃപ്തിയായില്ല. വിദ്യകര ഒരു വസ്തുവിന്റെ ശരാശരി വേഗം എങ്ങിനെയൊന്നു് കണക്കാക്കുക? വിദ്യകര വസ്തുവിന്റെ പരമാവധി വേഗത്തിന്റെ പകുതിയാണു് ശരാശരി വേഗം എന്നു് ഗലീലിയോ കണ്ടുപിടിച്ചു. മേല്പറഞ്ഞ ഉദാഹരണത്തിൽ, പരമാവധിവേഗം 96 അടിയാണു്. അതിന്റെ പകുതിയാണു് (അതായതു് 48 അടി) ആ വസ്തു വീഴുമ്പോഴത്തെ ശരാശരി വേഗം. ആകെ ദൂരത്തെ (144 അടി) സമയം കൊണ്ടു് (3 സെക്കൻറു്) ഹരിച്ചാൽ കിട്ടുന്നതാണല്ലോ ശരാശരി വേഗം. അതു കണ്ടുപിടിക്കാനുള്ള ഒരു സൂത്രമാണു് പരമാവധി വേഗത്തിന്റെ പകുതിയാണു് വിദ്യകര വസ്തുവിന്റെ ശരാശരി വേഗം എന്നതു്.

ഇതിന്റെ ഫലമായി അദ്ദേഹം ചില ഗണിതശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തങ്ങളിലെത്തിച്ചേർന്നു. സൂത്രരൂപത്തിലതിനെ ഇങ്ങിനെ എഴുതാം:

$S = \frac{1}{2}at^2$ (ഇവിടെ S എന്ന അക്ഷരം കല്ലുവീണ ദൂരമാണ്, a എന്നത് ആക്സിലറേഷനാണ്, അതായത് ഒരു സെക്കൻഡിൽ 32 അടി വീതമാണ്, t എന്നത് സെക്കൻഡുകളുമാണ്.)

5 സെക്കൻഡിൽ ഒരു കല്ലു എത്ര ദൂരം സഞ്ചരിച്ചുവെന്നു കാണാൻ ഈ സൂത്രരൂപം ഉപയോഗിക്കാം.

$$S = \frac{1}{2}at^2$$

$$S = \frac{1}{2} \times 32 \times 5^2 \text{ ന്റെ വർഗ്ഗം (5 ന്റെ വർഗ്ഗം = 5 \times 5)}$$

$$S = \frac{1}{2} \times 32 \times 5 \times 5$$

$$S = 16 \times 25$$

$$S = 400$$

അഞ്ചു സെക്കൻഡിൽ ആ കല്ലു 400 അടി വീഴും. ഇവിടെ വായുവിന്റെ പ്രതിരോധശക്തിയും മറ്റും കണക്കാക്കിയിട്ടില്ല.

40,000 അടി ഉയരത്തിൽ പറക്കുന്ന ഒരു ബോംബർവിമാനത്തിൽനിന്ന് ഒരു ബോംബു എപ്പോൾ താഴെ വീഴുമെന്നു കണക്കാക്കാം. (ഇവിടെയും വായുവിന്റെ പ്രതിരോധശക്തി കണക്കാക്കിയിട്ടില്ല.)

$$S = \frac{1}{2}at^2$$

$$S = 40,000 \text{ അടി}$$

$$40,000 = \frac{1}{2} \times 32 \times t^2 \text{ യുടെ വർഗ്ഗം}$$

$$40,000 = 16t^2$$

$$16t^2 = 40,000$$

$$t^2 = \frac{40,000}{16} = 2500$$

$t = 2500$ ന്റെ വർഗ്ഗമൂലം = 50

50 സെക്കൻഡിൽ ബോംബു താഴെ വീഴുമെന്നു കണക്കാക്കാം.

ഇതെല്ലാം വളരെ ലഘുവായിത്തോന്നും. എന്നാൽ ഗലീലിയോവിന്റെ കാലത്തു് സ്വീജഗണിത(ആൽജിബ്ര)ത്തിനു് ഇന്നുള്ളതു

പ്രാധാന്യം ലഭിച്ചിരുന്നില്ല. $S = \frac{1}{2}at^2$ എന്ന സൂത്രംകൊണ്ടുദ്ദേശിച്ചതെന്തെന്ന് അക്കാലത്തുള്ളവരെ പറഞ്ഞു മനസ്സിലാക്കിക്കൊടുക്കാൻ ഗലീലിയോവിനു വളരെ വിഷമിക്കേണ്ടിവന്നുവത്രെ.

ഇതേ സൂത്രംതന്നെ വേണമെങ്കിൽ മറ്റൊരു സന്ദർഭത്തിലുമുപയോഗിക്കാം. ഒരു കുട്ടി ഒരു പന്ത് മേല്പോട്ടേയ്ക്കെറിയുകയാണ് എന്നിരിക്കട്ടെ. സെക്കൻഡിൽ 10 അടി വേഗത്തിലാണ് അതിനെ എറിയുന്നതെങ്കിൽ അതെത്രദൂരംവരെ ഉയരും? പിന്നീടു വീഴുമല്ലോ. രസകരമായ ഈ പ്രശ്നത്തിനും ഗലീലിയോ ഉത്തരം പറഞ്ഞു. 10 അടി വേഗത്തിൽ ഉയരുന്ന പന്തിനെ 32 അടി വേഗത്തിൽ ഭൂമി കീഴോട്ടു ചിടിച്ചുവലിക്കുന്നുണ്ട്. ഇതു കണക്കാക്കാൻ ആദ്യമുള്ള വേഗത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തെ (അതായത് 4×10) ആക്സിലറേഷന്റെ ഇരട്ടികൊണ്ട് (അതായത് 32×2) കൊണ്ട് റെരിച്ചാൽ മതി.

$$\frac{\text{അതായത് } 40 \times 10 = 25}{64}$$

25 അടിവരെ പന്ത് മേലോട്ടു പൊങ്ങും. പിന്നെ മേല്പോട്ടു പോവുകയില്ല. അവിടെനിന്നത് കീഴെ വീഴുകയായി.

ഈ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ഭൂമിയിൽനിന്നു സ്പെസിലേയ്ക്കു പൊങ്ങുന്ന ഒരു റോക്കറ്റിന് മണിക്കൂറിൽ 2500 മൈൽ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിച്ചാൽമാത്രമേ ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലത്തെ തരണംചെയ്യാൻ കഴിയുള്ളൂവെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കണക്കാക്കിയത്.

അപ്പോൾ ഗലീലിയോ എന്തെല്ലാം ചെയ്തു? ഉയരത്തിൽനിന്ന് കനമുള്ള ലോഹപ്പന്തുകൾ താഴത്തേയ്ക്കിട്ട് അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ തെറ്റായ നിഗമനം തിരുത്തി. എങ്ങിനെയാണ് വസ്തുക്കൾ വീഴുന്നതെന്നതിനെപ്പറ്റി അദ്ദേഹം പഠിച്ചു. ഇങ്ങിനെ വീഴുന്ന വസ്തു ഓരോ ഘട്ടത്തിലും എത്ര വേഗത്തിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്നദ്ദേഹം കണക്കാക്കി. വേഗം സ്ഥിരമായി വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ എങ്ങിനെയാണൊരു വസ്തുവിന്റെ ചലനവേഗം കണക്കാക്കുക എന്ന

ദ്രേഹം പാിച്ചു. ഒരു വസ്തു വിദ്യുന്മേലോ എന്തൊക്കെ സംഭവിക്കുന്നു എന്ന് അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി.

ഇങ്ങിനെ നിരീക്ഷണപരീക്ഷണങ്ങളിൽക്കൂടി നവീനശാസ്ത്രലോകത്തിൽ ഗലീലിയോ മുൻസ്ഥാനം നേടി. ഇനിയും പല കാര്യങ്ങളും ഗലീലിയോവിന്നായിട്ടുണ്ട്. അതിന്നദ്ദേഹം വീണ്ടും പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി.

ചെരിച്ചുവെച്ച ഒരു പലകയിന്മേൽ ഒരു പന്തു ഉരുട്ടുന്നു. എന്തു കാരണത്താലോ മേല്പോട്ടിട്ടു വസ്തുക്കൾ കീഴ്പ്പോട്ടു വിഴുന്നൂ, അതേ കാരണംകൊണ്ടുതന്നെയാണു് ചെരിച്ചുപലകയിന്മേൽ ഒരു പന്തു ഉരുട്ടുന്നതും. ഇതിന്റെ നിയമമെന്തെന്ന് മനസ്സിലാക്കാൻ ഗലീലിയോ ഒരു പ്രവണതലം (inclined plane) ഉണ്ടാക്കി. അതിൽ ഒരു ഉരുൾ ഉരുട്ടി. ചെരിച്ചുപലകയിന്മേൽക്കൂടി ഉരുട്ടി ന്നു് ഉരുണ്ടു് താഴെവരാൻ ഏതുസമയം വേണമെന്നു് കണക്കാക്കുകയായിരുന്നു അദ്ദേഹം.

പ്രവണതലത്തിന്നു് 1 അടി നീളമുണ്ടെന്നു വെച്ചപ്പോൾ, ഉരുൾ 4 അടി ദൂരം 2 സെക്കൻറുകൊണ്ടു സഞ്ചരിക്കുന്നു. എന്നാൽ അതിന്റെ നാലിലൊരുഭാഗം ദൂരം സഞ്ചരിക്കുവാൻ 1 സെക്കൻറു് സമയം വേണ്ടിവരുന്നു എന്നു ഗലീലിയോ കണ്ടു. ഇതിന്നു കാരണം മറ്റൊന്നുമല്ല. നമ്മുടെ ചങ്ങാതി $S = \frac{1}{2}at^2$ എന്ന സൂത്രത്തിന്റെ പ്രവർത്തനമാണിതു്. ഒരു സെക്കൻറിൽ 1 അടി, രണ്ടു സെക്കൻറിൽ രണ്ടിന്റെ വർഗ്ഗം, അതായതു് 4 അടി.

ഗലീലിയോ കുട്ടത്തിൽ വേറെ ചിലതും മനസ്സിലാക്കി. വസ്തുക്കൾക്കു് ചലിക്കണമെന്നോ ചലിക്കാതിരിക്കണമെന്നോ ഇല്ലാത്ത ചുറ്റുമുള്ള ബലാബലങ്ങൾക്കനുസരിച്ചാണുവ ചലിക്കുന്നതും നിശ്ചലമാകുന്നതും. അതായതു് ഒരു ലെവൽറോഡിൽക്കൂടി (റോഡിന്നു് ഘ്രികച്ചൻ ഇല്ലെന്നു കരുതിയാൽ) ഒരു സൈക്കിളോടിക്കാൻ ഒരു കുട്ടി തുടങ്ങുന്നു. കുട്ടി ഉപയോഗിച്ച ബലംകാരണം സൈക്കിൾ നീങ്ങുന്നു. ആ കുട്ടി വളരെ വയസ്സുനായി മരിക്കുവരെ സൈക്കിളോടിക്കാൻ ആദ്യം പ്രയോഗിച്ച ആ ശക്തി മതി!

പിന്നീട് ന്യൂട്ടനാണ് ഈ തത്വത്തിന് വിശദീകരണം നൽകിയത്. ഇതിന് ഇന്റർഷ്യ എന്നു പേരും. ഇന്റർഷ്യയെപ്പറ്റി ആദ്യമായി വാദകോലാഹലമുണ്ടാക്കിയതു ഗലീലിയോ ആണ്.

എന്നാൽ ശാസ്ത്രനിരീക്ഷണങ്ങളുടെ ഫലമായി ഗലീലിയോവിന് ജനപ്രീതി കുറഞ്ഞു. അദ്ദേഹവുമായി യോജിക്കാത്തവർക്ക് ശൂന്യതയറി. ഗലീലിയോവിന് താൻ പറയുന്നതൊന്നും മനസ്സിലാവാത്തവരോട് പുള്ളവും തോന്നി. അദ്ദേഹത്തിന് പൈസാസർവ്വകലാശാലയിൽനിന്ന് ഒരിക്കൽ രാജിവെച്ചോടിയേണ്ടതായി വന്നു—പിന്നീട് വേറൊരിടത്തു് ജോലികിട്ടിയെങ്കിലും.

പിറ്റേ കൊല്ലം പാട്ടോസർവ്വകലാശാലയിൽ ഗണിതശാസ്ത്ര വകുപ്പിന്റെ തലവനായി അദ്ദേഹത്തെ നിയമിച്ചു. അവിടെ വെച്ചാണ് ഗലീലിയോവിന്റെ കീഴ്തി പന്നെതു്—ശമ്പളവും കൂടിയത്രെ! യൂറോപ്പിന്റെ നാനാഭാഗത്തുനിന്നും അദ്ദേഹത്തിന്റെ കീഴിൽ പഠിക്കാൻ വിദ്യാർത്ഥികൾ വന്നു. 18 കൊല്ലം ഇവിടെ അദ്ദേഹം അദ്ധ്യാപകനായിരുന്നു. പഠിപ്പിക്കുവാൻ മാത്രമല്ല, സ്വയം പഠിക്കുവാനും അദ്ദേഹത്തിന് സമയം കിട്ടി. ഇതിന്നിടയ്ക്കാണ് ഒന്നാമത്തെ തർക്കമീറ്റൻ അദ്ദേഹം ഉണ്ടാക്കിയത്. ടെലിസ്കോപ്പു്—ദൂരദർശിനി—എന്ന ഉപകരണത്തെ ശാസ്ത്രനിരീക്ഷണത്തിന് ഉപയോഗിച്ചതും ഗലീലിയോ ആണ്. ടെലിസ്കോപ്പു് ആദ്യമായി കണ്ടുപിടിച്ചതു് ഡച്ചുകാരാണ്. ഗലീലിയോവിന് 16 വയസ്സുള്ളപ്പോഴാണ് ഡച്ചുകാർ ഒരു കളിപ്പോപ്പായി ഉപയോഗിച്ചിരുന്ന ടെലിസ്കോപ്പിനെപ്പറ്റി ഗലീലിയോവിന് അറിവുലഭിച്ചതു്. അദ്ദേഹത്തിന് ഒരു ഹൈബ്രിഡ് ഒരു ടെലിസ്കോപ്പു് വാങ്ങി അയച്ചുകൊടുത്തു. ആദ്യം ടെലിസ്കോപ്പിന്റെ തത്വമെന്തെന്നു ഗലീലിയോ പഠിച്ചു. അതിലുള്ള ലെൻസുകൾ എങ്ങിനെ പ്രവർത്തിക്കുന്നുവെന്ന് ഏകദേശം അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി. അവസാനം ഒരു കൂഴലിൽ രണ്ടു റൂട്ടികളെൻസുകൾ ഘടിപ്പിച്ചു് ഗലീലിയോ സ്വന്തമായിത്തന്നെ ഒരു ടെലിസ്കോപ്പുണ്ടാക്കി. വന്ധുക്കളെ മൂന്നിരട്ടി വലുതാക്കിക്കാണിക്കാനുള്ള ശക്തിയേ അതിന്നുണ്ടായിരുന്നുള്ളു.

എന്നാൽ കാലക്രമേണ ദീർഘനാളി വലുതാക്കി കാണിക്കാൻ ശക്തിയുള്ള ഒരു കെലിസ്റ്റോപ്പം അദ്ദേഹം നിർമ്മിച്ചുവത്രെ.

വിഴുന്ന വസ്തുക്കളെപ്പറ്റി പാനംനടത്തി ആളുകളുടെ അപ്രീതി സമ്പാദിച്ച ഗലീലിയോ തന്റെ ദൂരദർശിനിയെ ആകാശത്തേയ്ക്കുയർത്തിയത്. അദ്ദേഹം ഒരു കൊല്ലത്തിനുള്ളിൽ താഴെ പറയുന്നതെല്ലാം കണ്ടുപിടിച്ചു.

(1) ചന്ദ്രൻ സ്വന്തം ശക്തികൊണ്ടല്ല പ്രകാശിക്കുന്നത്. അതിന്റെ ഉപരിതലം കഴുകുന്നില്ല. ചന്ദ്രനിൽ മലകളും താഴ്വരകളും അഗാധതലങ്ങളും മറ്റും ഉണ്ട്. സൂര്യന്റെ വെളിച്ചത്തെയാണ് അതു പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നത്.

(2) ലക്ഷണങ്ങളിൽ നക്ഷത്രസമൂഹങ്ങൾ ചേർന്ന് ഉണ്ടായതാണ് മിർക്കിംഗ് എന്നറിയപ്പെടുന്നത്.

(3) സൂര്യനിൽ ചില കറുത്ത പുള്ളികളുണ്ട്. ഇവയെ നോക്കിയാൽ സൂര്യൻ കിഴക്കുനിന്നു പടിഞ്ഞാറോട്ടായി നീങ്ങുന്നുണ്ടെന്നറിയും.

(4) നക്ഷത്രങ്ങളുടെ കൂട്ടമായിരിക്കണം നെബുല.

(5) ചന്ദ്രനുള്ളപ്പോലെയുള്ള പൃഥ്വിക്ഷയം മെർക്യൂറി, വീനസ്സ് എന്നീ ഗ്രഹങ്ങൾക്കുമുണ്ട്.

(6) ശനി എന്ന ഗ്രഹത്തിന്റെ ആകൃതിക്ക് എന്തോ പ്രത്യേകതയുണ്ട് (ശനിയുടെ ചുറ്റുമുള്ള വളയം കണ്ടുപിടിച്ചത് പിന്നീടാണ്.)

(7) ജൂപ്പിറ്ററിനും സ്വന്തമായൊരു ചന്ദ്രനുണ്ട്.

എന്തെല്ലാമെന്തെല്ലാം കാര്യങ്ങളാണ് അദ്ദേഹം കണ്ടുപിടിച്ചത്? പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ കേന്ദ്രം ഭൂമിയാണെന്ന അറിഞ്ഞോട്ടില്ലിന്റെ ധാരണയാണ് അന്നുവരെ എല്ലാവർക്കുമുണ്ടായിരുന്നത്. അതിനെയുണ്ണാൻ ഗലീലിയോ പൊളിച്ചത്.

ഗലീലിയോ ലോകവിജ്ഞാനത്തിന്റെ ഉത്തുംഗശ്രംഗത്തിലെത്തിയ കാലമാണത്. അദ്ദേഹം റോമിൽ പോയി. കഷ്ടകാലത്തിന്റെ മൂപ്പുന്നല്ലാതെ എന്തു പറയാനാണ്, അവിടെവെച്ചു

അദ്ദേഹം പ്രഖ്യാപിച്ചു, ഭൂമിയും ഇതരഗ്രഹങ്ങളും സൂര്യനെ ചുറ്റി കൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്നും. ഇത് വളരെ കാലമായി ഗലീലിയോവിനു വ്യക്തമായിരുന്നുവെങ്കിലും, ദെലിസ്സോപ്പകളിൽക്കൂടി കണ്ടു കാഴ്ചകളാണിതു ഗലീലിയോവിനൊക്കൊണ്ടു പറയിച്ചിട്ടുണ്ട്. എന്തിനു പറയുന്നു? 1616-ൽ ഗലീലിയോവിനും അനും 52 വയസ്സാണ് പള്ളിയിൽനിന്നും ഒരു വിചക്ഷ കിട്ടി. ഭൂമി സ്വയം ചുറ്റുന്നുണ്ടെന്നും, സൂര്യനെ ചുറ്റിത്തിരിയുന്നതെന്നും ആരും പറയരുതെന്നായിരുന്നു വിധി. ഗലീലിയോ ഇത്തരം ആശയങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുകയോ പഠിപ്പിക്കുകയോ പാടില്ലെന്നും! പള്ളിയോടുള്ള ബഹുമാനംകാരണം ഗലീലിയോ അതിനു വഴങ്ങാമെന്നും പറഞ്ഞു.

പിന്നീട് ഏഴുകൊല്ലത്തേയ്ക്ക് ഗലീലിയോ ഒന്നും പറഞ്ഞില്ല. പൂണ്ണനിശ്ശബ്ദതയനുഷ്ഠിച്ചു. ഗലീലിയോ അതിന്നിടയിൽ ഒരു പ്രബന്ധം പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. ഭാഗ്യവശാൽ പള്ളിയും, ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും ഈ പ്രബന്ധത്തെ വാഴ്ത്തി. എന്നാൽ വാസ്തവത്തിൽ ഇത് അബദ്ധംനിറഞ്ഞ ഒരു പ്രബന്ധമായിരുന്നു. മഴവില്ലുപോലെ, വാൽനക്ഷത്രങ്ങളും വെളിച്ചത്തിന്റെ പ്രതിഫലനം മാത്രമാണെന്നതൊരായ പല പ്രഖ്യാപനങ്ങളുടേതു ഈ പ്രബന്ധത്തിനാണ് പള്ളിയുടെ അംഗീകരണം കിട്ടിയത്. അവ മഴവില്ലുപോലെ മാഞ്ഞുപോകുന്ന മരീചികയല്ലെന്നും ആകാശത്തിൽ അതിവേഗം സഞ്ചരിക്കുന്ന യഥാർത്ഥവസ്തുക്കളാണെന്നും സംശയമറ്റ കാര്യമാണല്ലോ. ഈ പ്രബന്ധത്തെപ്പറ്റി വാഴ്ത്തിയ പള്ളി ഇനി തന്നെ ഒരു നോട്ടപ്പള്ളിയായി കരുതുകയില്ലെന്നായിരുന്നു ഗലീലിയോവിന്റെ വിശ്വാസം. അതിനാൽ അദ്ദേഹം ഒരു ലേഖനം പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു— ഭൂമിയും ഗ്രഹങ്ങളും സൂര്യനെ ചുറ്റിത്തിരിയുകയാണെന്നു റൂതന സിദ്ധാന്തവും, ഭൂമിയെ ചുറ്റിത്തിരിയുകയാണു് നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും ചെയ്യുന്നതെന്ന പഴയ ധാരണയും താരതമ്യപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ടുള്ള ഒരു ലേഖനമായിരുന്നു അത്. സംഭാഷണശൈലിയിലാണു് എഴുതിയതു്. ഒരാരം പഴയ ധാരണക്കാരും ഒരാരം പുതിയ സിദ്ധാന്തക്കാരനുമായിരുന്നു, പുതിയ സിദ്ധാന്തത്തിന്നു

യിരുന്ന സ്വാഭാവികമായും ലേഖനത്തിൽ മുൻതുക്കം. എല്ലാ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും അതിനെ മുക്തകണ്ഠം പുകഴ്ത്തി. ഇന്നും ആ ലേഖനം സയൻസിന്റെ ഒരു ഉജ്വലസമ്പത്താണ്.

അഭിമാനംചൊണ്ടിരുന്ന ഗലീലിയോവിന്റെ രേഖിലേയ്ക്കു് മതക്കോടതി വിളിച്ചുവരുത്തി. അദ്ദേഹത്തെ ദേവ്യംചെയ്യുമെന്ന ഭീഷണിപ്പെടുത്തി. മൗനശിക്ഷ ചൊടിക്കുമെന്നുവരെ പറഞ്ഞു. 69 വയസ്സിൽ, ഗലീലിയോ കഴപ്പത്തിന്നൊരുമ്പട്ടില്ല. അദ്ദേഹം മാപ്പുപേക്ഷിച്ചു. സൂര്യനെ ഭൂമിയും, ഗ്രഹങ്ങളും ചുറ്റുന്നുണ്ടെന്നും, ഭൂമി സ്വന്തം അച്ചുതണ്ടിൽ തിരിയുന്നുണ്ടെന്നുമുള്ള തന്റെ വിശ്വാസം ശരിയല്ലെന്നു് ആ സാധുവിനെക്കൊണ്ടു് പ്രസ്താവനയിറക്കിയിട്ടു. ഇതുകേൾക്കുന്ന പീഡനങ്ങളും, മരണവും അദ്ദേഹത്തിന്നു ലഭിച്ചില്ല—ജീവപര്യന്തം തടവുമാത്രമേ കിട്ടിയുള്ളൂ. എന്നാൽ അദ്ദേഹത്തിനു് അങ്ങിനെ തടവിൽ നരകിക്കേണ്ടതായി വന്നില്ല. ആദ്യം ഒരു ഉയർന്ന പള്ളിയിലേയ്ക്കുവിടുക്കുകയും അവസാനത്തെ എട്ടു കൊല്ലം സ്വന്തം നാട്ടിലുമാണദ്ദേഹം താമസിച്ചതു്. പഠിച്ചുപഠിപ്പിച്ചുതന്ന ആ ജീവിതമവസാനിച്ചു. തന്റെ പരീക്ഷണങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അദ്ദേഹം പലതും എഴുതിവെച്ചു—ശാസ്ത്രത്തിന്നടിത്തറയിട്ടു കൃതികളാണവ.

എന്നാൽ അദ്ദേഹം അന്ധനായി. അന്ധനാവുന്നതിനു് അല്പം മാസം മുമ്പു് ചന്ദ്രനെപ്പറ്റി പലതും അദ്ദേഹം കണ്ടുപിടിച്ചു. അന്ധത്വത്തിന്നിടയിലും തന്റെ ശിഷ്യന്മാരെക്കൊണ്ടു് അദ്ദേഹം തന്റെ ആശയങ്ങൾ പകർത്തി എഴുതിപ്പിച്ചു. ഇതിന്റെ വിശദീകരണങ്ങൾ പിന്നീടു് ശിഷ്യന്മാർ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. ഈ ഘട്ടത്തിലാണ് പെൻഡുലത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ഗലീലിയോവിന്റെ പഠനം തുടന്നതും, സ്വന്തമായി ഒരു ഘടികാരം നിർമ്മിച്ചതും.

അദ്ദേഹം 1642 ജനുവരി 8-ാംനു- മരിച്ചു—78 വയസ്സിൽ. ചിലിക്കുന്ന വസ്തുക്കളെപ്പറ്റി എന്തോ തന്റെ ശിഷ്യന്മാർക്കു പറഞ്ഞുകൊടുക്കുന്നതിന്നിടയിലാണ് ആ ജീവിതം അവസാനിച്ചതത്രെ.

ഐസാക്ക് ന്യൂട്ടൻ

ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലവും

ഗലീലിയോ മരിച്ചു അതേ കൊല്ലം (1642) ക്രിസ്തുജന്മദിനം ഇംഗ്ലണ്ടിലെ ഒരു കർഷകന്റെ മകനായി ഐസാക്ക് ന്യൂട്ടൻ പ്രസാദനായി. അതിന്നു രണ്ടു മാസത്തിനുമുമ്പുതന്നെ അച്ഛൻ മരിച്ചിരുന്നു. അമ്മയുടെ ശിക്ഷണത്തിലാണു് കുട്ടി വളന്നതു്.

85 കൊല്ലത്തെ ജീവിതത്തിനുള്ളിൽ ആ കുട്ടി, ലോകത്തിൽ ഏറ്റവും വലിയ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരിലൊരാളായിത്തീർന്നു. കഴഞ്ഞു മറിഞ്ഞുകിടന്നിരുന്ന 'മെക്കാനിക്സ്' എന്ന ശാസ്ത്രശാഖയ്ക്കു് അദ്ദേഹം അടുപ്പം ചിട്ടയും വരുത്തി. ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നു ചലനനിയമങ്ങൾ ശരിക്കും മനസ്സിലാക്കിയാൽ ആധുനികകാലത്തെ ഒരു എഞ്ചിനീയർക്കു് ഏതുതരം വസ്തുക്കളും നിർമ്മിക്കുവാൻ കഴിയുമത്രെ. എഞ്ചിൻ നിർമ്മാണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനതത്വങ്ങളാണു് ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നു ചലനനിയമങ്ങൾ. ഗലീലിയോവിന്റെ ചില കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളെ ന്യൂട്ടൻ പുതിയ മേഖലകളിലേയ്ക്കു് കൊണ്ടുപോയി. വിവിധ വസ്തുക്കളെപ്പറ്റി ഗലീലിയോ പഠിച്ചു; അതേ വിവിധ വസ്തുക്കളെ നോക്കി ന്യൂട്ടൻ ആകർഷണശക്തിയെന്ന പ്രപഞ്ചസത്യം കണ്ടുപിടിച്ചു. ഗണിതശാസ്ത്രം, പ്രകാശശാസ്ത്രം ഇവയെപ്പറ്റിയും ന്യൂട്ടൻ പഠിച്ചു. ഫിസിക്സിന്റെ അടിസ്ഥാനം ഗണിതശാസ്ത്രമാണെന്നു് ന്യൂട്ടൻ ഉറപ്പിച്ചുപറയുകയുംചെയ്തു.

ന്യൂട്ടന്റെ കുട്ടിക്കാലം വിചിത്രമായിത്തീർന്നു. ജനിക്കുന്നതിനുമുമ്പു് അച്ഛൻ മരിച്ചു. അമ്മ വീണ്ടും വിവാഹംകഴിപ്പിച്ചു്

വേറെ താമസമായി. മുത്തശ്ശിയാണ് 3½ വയസ്സു പ്രായമുള്ള ആ കുട്ടിയെ പോറ്റിക്കൊണ്ടുവന്നത്. കുട്ടി സ്ത്രീകളിൽ ചേർന്നുവെങ്കിലും പഠിപ്പിൽ മോശക്കാരനായിരുന്നു. സ്ത്രീകളിൽ പഠിപ്പിച്ചിരുന്ന വിഷയങ്ങളിലല്ല, യന്ത്രസാമഗ്രികളെപ്പറ്റിയുള്ള ആലോചനകളിലാണ് നൂട്ടന്റെ ശ്രദ്ധ കേന്ദ്രീകരിച്ചിരുന്നത്. പഠിപ്പിലുള്ള അമാന്തത്തിന് ഇതാവാം ഒരുപക്ഷെ കാരണം. പട്ടം പഠിപ്പിക്കുക, പഠിക്കാതെ ഇരുത്താനും കിടത്താനുമുള്ള ചന്ദ്രമുള്ള മരസ്സാമാനങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുക, ധാന്യം ചൊടിക്കുവാൻ പററിയ ഒരു കാരാടിയന്ത്രം കണ്ടുപിടിക്കുക, സൂര്യന്റെ നിഴലിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഒരു ഘടികാരം നിർമ്മിക്കുക, വെള്ളം തുള്ളിയായി ഒഴുകുന്ന ഒരു ചതുരപ്പലകയോടുകൂടി ഒരുതരം പ്രാകൃതമായ ക്ലോക്കുണ്ടാക്കുക—ഇതെല്ലാമാണ് കുട്ടിക്കാലത്ത് നൂട്ടൻ ചെയ്തത്. കൊടുങ്കാറ്റിന്റെ വേഗം കണക്കാക്കാൻ ഘണ്ടി ഒരിക്കൽ നൂട്ടൻ കാറ്റിന്റെ വേഗത്തോടു കൂടി മാട്രിനോക്കിയത്രെ!

കാലക്രമേണ പഠിപ്പിലെങ്ങനെയോ നൂട്ടന് താല്പര്യം വർദ്ധിച്ചു. മറ്റൊരു കുട്ടിയുമായുള്ള മത്സരമായിരുന്നുവത്രെ ഇതിനു കാരണം. ചിന്നീട് ക്ലാസ്സിൽ മുമ്പനായിരുന്ന ആ വിദ്യാർത്ഥി ആ സ്ഥാനം ഒരിക്കലും കൈവിട്ടില്ല.

ഇങ്ങിനെ 14 വയസ്സുവരെ മുത്തശ്ശിയുടെ കൂടെ താമസിച്ച് ഗ്രാമർ സ്കൂളിൽ പഠിച്ചു. അപ്പോഴേക്കും അമ്മ മടങ്ങിവന്നു. അവരുടെ ഭർത്താവ് മരിച്ചിരുന്നു. അമ്മയെ സഹായിക്കാൻ മകൻ പഠിപ്പു നിർത്തി. കൃഷിയിലല്ല, ഗണിതശാസ്ത്രത്തിലും യന്ത്രങ്ങളിലുമായിരുന്നു നൂട്ടന് താല്പര്യം. നാലു കൊല്ലം ശ്രമിച്ചിട്ടും കൃഷിയിലൊരു ശ്രദ്ധയുമില്ലാത്തവനാണെന്നു തെളിഞ്ഞപ്പോൾ നൂട്ടന്റെ ഒരു അമ്മാമൻ കുട്ടിയെ വീണ്ടും സ്കൂളിലേയ്ക്കയ്ക്കാൻ മനസ്സെടുത്തു. നൂട്ടൻ കോംബ്രിഡ്ജിലെ ട്രിനിറ്റി കോളേജിൽ ചേരുകയും 23 വയസ്സിൽ ബി. എ. ബിരുദം സമ്പാദിക്കുകയും ചെയ്തു.

ലണ്ടനിൽ എഴുപതിനാലിരം പേരെ കൊന്നൊടുക്കിയ ഒരു മഹാമാരി (പ്ലേഗ്) ചുടലുതൽ ചെയ്തു വഷമാണു്. അതിനാൽ

ന്യൂട്ടൻ ലണ്ടൻ വിട്ട് തന്റെ ഗ്രാമാതിലേയ്ക്കു പോയി. അവിടെ വെച്ചാണ്ദ്ദേഹം തന്റെ ജീവിതത്തിലേററപ്പും വലിയ ചില കണ്ടുപിടുത്തങ്ങൾ നടത്തിയത്.

കൃഷിക്കാര്യത്തിൽ താല്പര്യം കുറഞ്ഞ ന്യൂട്ടൻ ഗണിതശാസ്ത്രത്തെപ്പറ്റിയും, അരിസ്റ്റോട്ടിൽ, ഗലീലിയോ എന്നിവരെപ്പറ്റിയുമാണ് ആലോചിച്ചത്. തന്റെ തോട്ടത്തിലെ ഒരു ആപ്പിൾമരത്തിൽനിന്ന് ഒരു പഴം താഴെവിഴുന്നതു കണ്ട ന്യൂട്ടൻ പിന്നീടെന്തുകൊണ്ടോ അതിനെപ്പറ്റിയായി വിചാരം. പെട്ടെന്നതിനെപ്പറ്റി ഒരു തിരുമാനത്തിലെത്തിച്ചേരാനും അദ്ദേഹത്തിന് സാധിച്ചില്ല.

ആകർഷണബലത്തെപ്പറ്റി ന്യൂട്ടൻ ചുനും പറഞ്ഞില്ല. അദ്ദേഹത്തിനത് അറിയുമായിരുന്നില്ല. ഇരുനൂറു കൊല്ലങ്ങൾക്കുശേഷം ഐസക് ന്യൂട്ടൻ എന്ന ഒരാളാണ് ആകർഷണബലം എന്തെന്നു കൃത്യമായിപ്പറഞ്ഞത്. ആകർഷണബലത്തിന്റെ അടിയിലുള്ള നിയമമാണ്, ആകർഷണബലമല്ല, ന്യൂട്ടൻ കണ്ടുപിടിച്ചത്.

വസ്തുക്കൾ താഴോട്ട് വീഴുന്നു. എന്തുകൊണ്ട്? അരിസ്റ്റോട്ടിൽ പറഞ്ഞു, ചില വസ്തുക്കൾക്ക് 'ഭൗതിക'മായ—ഭൂമിയോടു് ബന്ധപ്പെട്ട—എന്തോ ഗുണമുള്ളതുകൊണ്ടാണ് അവ ഭൂമിയിലേയ്ക്കുതന്നെ വീഴുന്നതെന്ന്. ആപ്പിൾ താഴെവിഴാൻ കാരണം: അതിന് ഭൂമിയുമായെന്നോ ബന്ധമുണ്ട്, അതുതന്നെ,—ഇതായിരുന്നു വിശ്വാസം. എന്നാൽ, ആകാശത്തിലെ ചന്ദ്രനോ? എന്താണത് വീഴാത്തത്? കാരണം വ്യക്തം: അതിന് 'ഭൗതിക'ഗുണമില്ലെന്നുതന്നെ! ഈ യുക്തിവാദം ന്യൂട്ടൻ ദഹിച്ചില്ല. എന്തുകൊണ്ടാണ് വസ്തുക്കൾ കീഴ്പ്പോട്ട് വീഴുന്നത്? വിഴുന്ന വസ്തുക്കളെപ്പറ്റിയേ ഗലീലിയോ പറിച്ചുള്ളൂ. ആപ്പിൾ വീഴാനും, ചന്ദ്രൻ വീഴാതിരിക്കാനും എന്തു കാരണം എന്നിനിയും വ്യക്തമായിരുന്നില്ല.

ചന്ദ്രനെപ്പോലും ഭൂമി തന്നിലേയ്ക്കു് വലിക്കുന്നുണ്ടെന്ന് ന്യൂട്ടൻ തെളിയിച്ചു. ആപ്പിളിനെ ഭൂമി കീഴ്പ്പോട്ട് വലിക്കുമ്പോഴാണ് അതു വിഴുന്നത്. ആപ്പിളിനെ എത്ര ശക്തിയിൽ

വലിക്കുന്നുണ്ട്' എന്നും, ചന്ദ്രനെ എത്ര ശക്തിയിൽ വലിക്കുന്നുണ്ട്' എന്നുമെല്ലാം നൂട്ടൻ കണക്കാക്കി.

എന്നാണ് ഈ ആകാഷ്ഠിയാലോചന (ഗ്രാഹിണി) എന്നറിയപ്പെട്ടു, അതിനെ അജ്ഞാതരായ തിട്ടപ്പെടുത്താനാണ് നൂട്ടൻ മുതിർന്നത്. അതിന്റെ നിയമങ്ങളെന്തെല്ലാം? എന്തെല്ലാം വസ്തുക്കളിൽ ഈ ബാലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്? ഇതിനെപ്പറ്റിയായി നൂട്ടന്റെ അന്വേഷണം.

ഭൂമിപ്പുറം ബാലകമായ നിയമങ്ങളെക്കുറിച്ചും മറ്റും ഗ്രഹനക്ഷത്രാദികൾക്ക് ബാലകമാവില്ല എന്നായിരുന്നു അറിഞ്ഞുപിടിച്ചിരിക്കാൻ വാദം. എന്നാൽ നൂട്ടന്റെ അന്വേഷണം ഹൈന്ദവമതത്തിലേക്കു കടന്നു. ആകാഷ്ഠിയാലോചനയെപ്പറ്റിയുള്ള തന്റെ ചലനനിയമങ്ങൾ ഭൂമിയിൽ മാത്രമുള്ള വസ്തുക്കളെയല്ല, പ്രപഞ്ചത്തിനെയൊക്കെ ബാധിക്കുന്നവയാണെന്ന് നൂട്ടൻ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഭൂമിയിൽ ഒരു നിയമം ശരിയാണെങ്കിൽ ആ നിയമം മറ്റൊരുകാരും ശരിയാവില്ല. പ്രകൃതിയ്ക്കൊക്കെ ഒരേമാതൃക നിയമമാണുള്ളത്. അതിനാൽ പ്രകൃതിയുടെ ഉള്ളറകൾ തുറന്നു കാണാൻ കുട്ടിയെല്ലാവരും പഠിക്കണം. ഇങ്ങനെയാണ് നൂട്ടന്റെ വാദം.

ആപ്പിൾ വിഴുന്നതു കണ്ട നൂട്ടൻ, അതിനുമുമ്പ് പലതും അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നു:

(1) എല്ലാ വസ്തുക്കളെയും ഭൂമി തന്റെ കേന്ദ്രത്തിലേക്കു വലിക്കുന്നുണ്ടെന്ന് ഗവീലിയോ ഗ്രഹിച്ചിരുന്നു. ഏറ്റവും ആഴമുള്ള ഖനിക്കുളിലും, ഏറ്റവും ഉയരംകൂടിയ പർവ്വതശൃംഗത്തിലും ഈ ബാലം പ്രവർത്തിച്ചിരുന്നുവെന്നും നൂട്ടനറിയാമായിരുന്നു.

(2) ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു വായു അതേ ദിശയിൽ തന്നെ ചലിച്ചുകൊണ്ടേ ഇരിക്കുമെന്നും, ബാഹ്യപ്രേരണകളാണി ചലനത്തെ തടയുന്നതെന്നും, ഈ തടസ്സമില്ലാത്തതുകൊണ്ട് ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന വായു അതേ ദിശയിൽ ചലിച്ചുകൊണ്ടേ ഇരിക്കുമെന്നും ഗവീലിയോ പറഞ്ഞു.

(3) ഇങ്ങനെ ഭൂമി വസ്തുക്കളെ തന്നിലേയ്ക്കു വലിക്കുന്നത് ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രത്തിൽനിന്നുള്ള ദൂരത്തിനനുസരിച്ച് കൂടിയും കുറഞ്ഞും വരുമെന്നും, രണ്ടടി ദൂരത്തിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ വലിക്കുന്നതിന്റെ നാലിരട്ടി ശക്തിയിലേക്കാണ് ഒരു ദൂരത്തിലുള്ള വസ്തുവിനെ ഭൂമി ആകർഷിക്കുന്നതെന്നുള്ള ഒരു രത്നം അന്ന് നിലവിലുണ്ടായിരുന്ന—ഇതു തെളിയിക്കപ്പെട്ടിരുന്നില്ലെങ്കിലും.

(4) ഭൂമിയുടെ വലിപ്പം, ചന്ദ്രന്റെ വലിപ്പം, ഭൂമിയിൽനിന്നു ചന്ദ്രനിലേയ്ക്കുള്ള ദൂരം—ഇവയെപ്പറ്റിയെല്ലാം ഒരു വിശദം ശരിയായ വിവരങ്ങളുണ്ടായിരുന്ന.

മേൽപ്പറഞ്ഞ വിവരങ്ങളെ ആസ്പദിച്ചാണ് ന്യൂട്ടൻ ചിന്തിക്കുവാൻ തുടങ്ങിയത്.

ഗലീലിയോ പറഞ്ഞപോലെ, ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തു ഒരേ ദിശയിലൂടെ നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണല്ലോ ചെയ്യുക. എന്നാൽ ഭൂമിക്കു ചുറ്റമാണ് ചന്ദ്രൻ തിരിയുന്നത്. ഭൂമി എന്തെങ്കിലും നിലയ്ക്കു് ചന്ദ്രനെ ആകർഷിക്കുന്നുണ്ടാവണം. അല്ലെങ്കിൽ ഇരുമാതിരി ചലിക്കാൻ തുടയില്ലല്ലോ—ഇങ്ങിനെയായിരുന്നു ന്യൂട്ടന്റെ ധർമ്മം.

ഇങ്ങിനെ നോക്കിയാൽ ആപ്പിൾപഴവും ചന്ദ്രനെപ്പോലെ ഭൂമിയെ വ്രദക്ഷിണംചെയ്യുകയല്ലേ വേണ്ടതു്? ഭൂമി പടിഞ്ഞാറുനിന്നു കിഴക്കോട്ടേയ്ക്കു മണിക്കൂറിൽ 700 മൈൽ വേഗത്തിൽ ചുറ്റുകയാണു്. അപ്പോൾ മരം ഭൂമിയിൽ വേരുന്നിനില്ക്കുകയാണു്. മരത്തിൽനിന്നു വിഴുന്ന ആപ്പിൾ ഭൂമിയെ ചുറ്റുകയാണു് വേണ്ടതു്. പക്ഷേ, അതു ഭൂമിയിൽ വീഴുകയാണു് ചെയ്യുന്നത്. കാരണം, ആപ്പിളിനെ ഭൂമിയിലേയ്ക്കു് ഒരു ബലം വലിക്കുന്നുണ്ടെന്നതുതന്നെ.

എന്നാൽ ഇതേ ബലം ചന്ദ്രനെയും ഭൂമിയിലേയ്ക്കു വലിക്കുന്നില്ലേ? ഉവ്വു്. പക്ഷേ, അതിന്നു ചന്ദ്രനെ കീഴ്ചോട്ടു കൊണ്ടു വരാൻ കഴിയുന്നില്ല. ഒരു പരിധിവരെമാത്രമേ ചന്ദ്രനെ കൊണ്ടു വരാൻ കഴിയുന്നുള്ളൂ. ആ പരിധിയിൽ നിന്നുകൊണ്ടു് ചന്ദ്രൻ, ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലംകാരണം, ഭൂമിയെ വട്ടംചുറ്റുന്നു. ഒരു

വസ്തുവിനെ വൃത്താകൃതിയിൽ ചലിപ്പിക്കണമെങ്കിൽ എന്തെങ്കിലും ബലപ്രയോഗം കൂടിയേ കഴിയൂ. ഇതു നമുക്കു പരീക്ഷിക്കാവുന്ന രാജ്യം. ഒരു ചരടിന്മേൽ ഒരറ്റത്തു് ഒരു കല്ലു കെട്ടി, മറ്റേ അറ്റം കയ്യിൽ പിടിച്ച് തലയ്ക്കു ചുറ്റും ചുഴറിയാൽ ഇതറിയാം. കല്ലിന്നു നേർവരയിൽകൂടി പോകാനാണിച്ഛം. എന്നാൽ അതിനെ വട്ടത്തിൽ ചുറ്റിക്കണമെങ്കിൽ കുറച്ചു ബലം പ്രയോഗിക്കുകതന്നെ വേണം.

ഗലീലിയോ ഇതു മനസ്സാണെന്നു പരീക്ഷിച്ചിരുന്നു. ഒരു വസ്തുവിനെ രണ്ടു ഭാഗത്തുനിന്നും വലിച്ചാൽ—അതായതു് വസ്തുവിന്മേൽ രണ്ടു ബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ—ആ വസ്തു ബലത്തിന്റെനേരെയല്ല, നേരായ വഴിക്കാണു് നീങ്ങുന്നതു്. രണ്ടു ഭാഗത്തുനിന്നും അതിനെ വലിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും നടുവിലൊരു മാറ്റത്തിലൂടെയാണതു മുന്നോട്ടു ചലിക്കുന്നതു്.

ഇതുപോലെതന്നെയാവണം ചന്ദ്രന്റെ കഥയും. ചന്ദ്രന്റെ ഗതിവേഗത്തിൽനിന്നുണ്ടാവുന്ന ബലം അതിനെ മേല്പോട്ടും, ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലം ചന്ദ്രനെ കീഴ്പ്പോട്ടും വലിക്കുന്നു. രണ്ടു ബലത്തിന്റെയും നേരെയല്ല അതു നീങ്ങുന്നതു്. അതൊരു നടുവഴി സ്വീകരിക്കുന്നു.

ഇങ്ങിനെയാണു് ന്യൂട്ടൻ വാദിച്ചതു്. എന്നാൽ, ഇതുകൊണ്ടും ന്യൂട്ടൻ തന്റെ പാഠം നിർത്തിയില്ല. ഇതൊരു ഉച്ചനം മാത്രമാണല്ലോ—അതു പോരാ, എന്തെങ്കിലും തത്വത്തിലെത്തണം എന്നുണ്ടു് അദ്ദേഹത്തിന്നു്.

ഏതു തത്വത്തിലെത്തുന്നതിന്നും ചില വഴികളുണ്ടു്. ആദ്യം ശാസ്ത്രീയമായി ആ വിഷയത്തെപ്പറ്റി ചിന്തിച്ചു് ഒരു ഉച്ചനത്തിലെത്തുന്നു. ബുദ്ധിപൂർവ്വകമായ ഒരു ഉച്ചനത്തെയാണു് ഹൈപോത്തസിസ് എന്നു പറയുന്നതു്. ഇങ്ങിനെയൊരാൾ വഴിയുണ്ടു് എന്നു അടിസ്ഥാനത്തിലാണു് ഈ മാതിരി ഉച്ചനത്തിലെത്തുന്നതു്. ഈ ഉച്ചനം ശരിയാകണം എന്നു് പരിശോധിക്കലാണു് പിന്നത്തെ പ്രവൃത്തി. അതു വിചയിച്ചാൽ—ഉച്ചനം ശരിയാണെന്നു തെളി

ഞാൻ—അതൊരു സിദ്ധാന്തമാണ്. ചന്ദ്രനെക്കുറിച്ചാണ് വളഞ്ഞ ഒരു ചാലത്തിൽക്കൂടി പോകുന്നത് എന്നതിനെപ്പറ്റി ന്യൂട്ടൺ അഭിപ്രായപ്പെട്ടത്. അങ്ങനെയൊരു അതൊരു നിയമമാണെന്നെങ്കിൽ, ചന്ദ്രന്റെ കാര്യത്തിൽ മാത്രമല്ല; ഈ മാതൃഭൂമിയെപ്പറ്റി ചിലതൊന്നും അറിയാൻ തരത്തിലാവാൻ അത്. ഇതുപോലുള്ള എല്ലാ കാര്യങ്ങളും ഈ നിയമം വിശദീകരിക്കാൻ സാധിക്കും; ചന്ദ്രന്റെ ചലനത്തെക്കുറിച്ചോ മറ്റു ഗ്രഹങ്ങളുടെ ചലനത്തെപ്പറ്റിയോ ഈ നിയമം വ്യാഖ്യാനം തരണം ഇനി, അഥവാ, ഇങ്ങനെയൊരു നിയമമുണ്ടാക്കാൻ കഴിഞ്ഞു എന്നു വെച്ചുകൊള്ളാം. അത് എല്ലാ കാലത്തെയും ശരിയായി കൊള്ളണമെന്നില്ല. കിട്ടിയേടത്തോളം വിവരങ്ങൾ വെച്ചു നോക്കിയാൽ ഒരു നിയമം ശരിയാവും. ഇതിനെപ്പറ്റിത്തന്നെ കൂടുതൽ വിവരങ്ങൾ ലഭിക്കുമ്പോൾ ആദ്യത്തെ നിയമം, അതിന്നു സരിച്ച് മാറ്റം ചെയ്യും. ന്യൂട്ടൺ കാലത്തിനുശേഷം കൊല്ലം പത്തുനൂറ്റാണ്ടുകൾക്കു, ഇന്നും പ്രായോഗികമായി ന്യൂട്ടൺ നിയമത്തിന് വലിയ വ്യത്യാസമൊന്നും വന്നിട്ടില്ല.

ഏതായാലും തന്റെ ഉപാധി ശരിയാണോ എന്ന് പരിശോധിക്കാൻതന്നെ ന്യൂട്ടൺ മുതിർന്നു. ചന്ദ്രനെ തന്റെ പരീക്ഷണശാലയിലേക്കു കൊണ്ടുവരാൻ സാധ്യമല്ലല്ലോ. അതിനാൽ ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി ഇതു പരിശോധിക്കാനാണ് ന്യൂട്ടൺ ശ്രമിച്ചത്.

ഒരു സെക്കൻറിനടിയിൽ ആപ്പിൾപഴം എത്ര ദൂരം വീഴും? മുമ്പത്തെ അദ്ധ്യായത്തിൽനിന്ന് അത് 16 അടിയാണെന്ന് നമുക്കറിയാം. ഇങ്ങനെയൊരു 16 അടി വേഗത്തിൽ ആപ്പിൾപഴം വീഴാൻ കാരണം, ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രത്തിൽനിന്നുള്ള (സൂമാർ 4000 മൈൽ ദൂരമാണിതേ) ഒരു ബലം ആപ്പിളിനെ ആകർഷിക്കുന്നതാണ്. ഇതേബലം ചന്ദ്രനെയും ആകർഷിക്കുന്നുണ്ട്. ഒരു സെക്കൻഡിൽ ചന്ദ്രൻ എത്ര ദൂരം വീഴുന്നുണ്ട്? വാസ്തവത്തിൽ ചന്ദ്രൻ വീഴുകയാണോ? അല്ല. എങ്കിലും ചന്ദ്രൻ വീഴുന്നുണ്ട്. ചന്ദ്രൻ,

അതു ഭൂമിയിലെത്തുന്നില്ല—കാരണം, ചന്ദ്രന്റെ ഗതിവേഗത്തിൽ നിന്നുണ്ടായ ബലം അതിനെ ഒരു നോർവെയിൽ മുന്നോട്ടു തള്ളുന്നു. ഭാവിയിൽ, സ്പെസിൽസ്കോയുടെ കണ്ടുപിടിത്തം ഈ തത്വപ്രകാരം മാത്രം അവ പ്രവർത്തിക്കുക. മുന്നോട്ടു നീങ്ങാനുള്ള ബലവും, ഭൂമിയിലേയ്ക്ക് വീഴാനുള്ള ബലവും കൂടിയാണ് അതിനെ നിലയ്ക്കു നിർത്തുന്നത്.

ഒരു തോക്കിൽനിന്നു പോകുന്ന ഉണ്ടയ്ക്കും, നാം എറിഞ്ഞ ഒരു കല്ലും—രണ്ടും ഭൂമിക്കു സമാന്തരമായിപ്പോവുകയാണെങ്കിൽ അവ സാന്നം ഭൂമിയിൽ വന്നുവീഴും, തീർച്ച. എന്നാൽ, തോക്കിൽനിന്നു പുറപ്പെട്ട ഉണ്ടയ്ക്കു മുന്നോട്ടു നീങ്ങാനുള്ള ചലനശക്തി കൂടുതലുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് അതു ഭൂമിയിൽ വീഴുന്നതിനു മുമ്പ് വളരെ അധികം ദൂരം പോകും. കല്ലിന് അധികം ദൂരം പോവുക സാധ്യമല്ല. തോക്കുണ്ടയ്ക്കു വേണ്ടത്ര വേഗമുണ്ടെങ്കിൽ, അതായത് വേഗം കുറയുന്നില്ലെങ്കിൽ, കല്ലു വീണു സ്ഥലത്തെത്തുമ്പോഴേയ്ക്കും, ഭൂമി മനം ചെറുതായി ചുറ്റിത്തീരിയ്ക്കും. വീണ്ടും തോക്കുണ്ടു മുന്നോട്ടു നീങ്ങും. ഇതാണ് ചന്ദ്രനിലും സംഭവിക്കുന്നത്.

അപ്പോൾ, ചന്ദ്രൻ ഒരു സെക്കൻറിൽ എത്ര ദൂരം വിഴുന്നണ്ടു? നൂട്ടൻ ഒരു വിദഗ്ദ്ധനായ ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു. ഭൂമിയെ ചുറ്റുന്ന ചന്ദ്രൻ ഒരു വട്ടം ചുറ്റുമ്പോൾ 150,710,000 മൈൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇത് 27.3 ദിവസങ്ങളെ കൊണ്ടാണ്. മൈലിനെ അടികളാക്കി, ദിവസങ്ങളെ സെക്കൻറുകളാക്കി. എന്നിട്ട് ഒരു സെക്കൻറിൽ എത്ര അടി വിഴുന്നണ്ടെന്നു കണക്കാക്കിയപ്പോൾ കിട്ടിയത് 0.00119 അടിയാണ്. ചന്ദ്രന്റെ വിഴുവുക അളവായ്ക്കുന്നു.

ഇതിനെ 0.00119 അടി, ഭാര്യ സെക്കൻഡിനിടവിടം ചന്ദ്രൻ വി.ന.ണ്ടു. അതിനു കാരണം ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലമാണ്.

ചന്ദ്രൻ ഭൂമിയുടെ മദ്ധ്യത്തിൽനിന്നും, ആപ്പിളുള്ളതിനേക്കാൾ 60 ഇരട്ടി ദൂരത്തിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ആപ്പിൾപഴം ഭൂമി

യുടെ കേന്ദ്രത്തിൽനിന്നും 4000 മൈൽ അകലത്തു് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന—ചന്ദ്രനാകട്ടെ 210,000 മൈൽ ദൂരത്തു. ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രത്തിൽനിന്നുള്ള ദൂരത്തിന്നനുസരിച്ചു്—ദൂരങ്ങളുടെ വക്രത്തിന്നനുസരിച്ചു്—ആകർഷണബലം വ്യത്യസ്തപ്പെടുകമെങ്കിൽ—ചന്ദ്രൻ വിഴുന്നതിന്റെ 3600 ഇരട്ടി വേഗത്തിൽ ആപ്പിൾ വിഴുമെന്ന് (ജാരോ സെക്കൻഡിലും) നമുക്ക് കണക്കാക്കാം. 0.00149-നെ 3600-കൊണ്ടു് ഗുണിച്ചാൽ 16.2 കിട്ടും. കൃത്യമായി പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തിയാൽ ആപ്പിൾ 16.1 അടിയാണ് ജാരോ സെക്കൻഡിലും വിഴുന്നതെന്നും കാണാം. അങ്ങിനെ ന്യൂട്ടന്റെ സിദ്ധാന്തം ഏകദേശം ശരിയാണെന്നുവരും. പരീക്ഷണത്തിൽ വന്ന തെറ്റുകളാണ് 16.1-നും, 16.2-നും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസത്തിന്നു കാരണം.

ന്യൂട്ടന്റെ ഉപാധി അങ്ങിനെ ഒരു തത്വമായി ഉയർന്നു. ആകർഷണബലം സർവ്വത്രികമാണ്. നാം വീണാൽ തല വന്നു നിലത്തടിക്കുന്നില്ലല്ലോ. അതേ ബലംതന്നെയാണ് ചന്ദ്രനെപ്പോലുള്ള ഗോളങ്ങളേയും നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. അങ്ങിനെ ഇതിന്നു് ഒരു സാർവ്വത്രികത്വമുണ്ടെന്നുവന്നു.

ഒരു വസ്തുവിന്റെ തൂക്കം എന്നു പറഞ്ഞാലെന്നാണ്? ഭൂമി ആ വസ്തുവിനെ ആകർഷിക്കുന്നതിന്റെ ബലം കാരണമാണ് വസ്തുവിന്നു് തൂക്കമുള്ളതു്. ഒരു വസ്തുവിന്നു് തൂക്കമുള്ളതുകൊണ്ടു് അതു് മേല്പോട്ടു് ഒരറ്റംവരെ എത്തിയാൽ കീഴു് പ്പോട്ടുതന്നെ വേഗത്തിൽ വരും. വഴിക്കുവെച്ചു് നമ്മുടെ കൈകൾ അതിനെ തടഞ്ഞാൽ ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലം നമുക്കുണ്ടാക്കുന്നതും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് തൂക്കം. എല്ലാ സ്ഥലത്തും ഒരേ തൂക്കമല്ല. ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രത്തിൽനിന്നകലുംതോറും തൂക്കം കുറയും. രണ്ടു തട്ടുകളുള്ള തുലാസിൽ ഒന്നിൽ തൂക്കക്കട്ടിയും, മറേതിൽ വസ്തുവും വെച്ചാൽ തൂക്കത്തിൽ വരുന്ന വ്യത്യാസം വെളിവാകില്ല. ഒരു സ്പ്രിങ്ങ് ബാലൻസുപയോഗിച്ചാൽ ഇതു വ്യക്തമാവും. ഒരു മലയുടെ മുകളിലും, അടിയിലും ഒരു വസ്തുവിനെ സ്പ്രിങ്ങ് ബാലൻസിൽ തൂക്കിനോക്കിയാൽ മലമുകളിൽ തൂക്കം കുറഞ്ഞതായിക്കാണാം.

എന്നാൽ ദ്രവ്യരാശിക്ക്—മാസ്സ് എന്ന ഗുണത്തിന്—
വ്യത്യാസംവരുന്നില്ല. ഒരു വസ്തുവിലടങ്ങിയ ദ്രവ്യത്തിന്റെ അളവാ
ണത്. അത് എവിടെയായാലും കുറയില്ലല്ലോ. നേരെമറിച്ചു്
തുക്കമെന്നതു് ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

പ്രപഞ്ചത്തിൽ നിരവധി വസ്തുക്കളുണ്ടു്. ഓരോ വസ്തുവിലുള്ള
കണങ്ങൾ ഉതരവസ്തുക്കളിലെ കണങ്ങളെ ആകർഷിക്കുന്നു. ആകർഷ
ണബലം എല്ലാ വസ്തുക്കളിലും ഉള്ളതുപോലെ തോന്നുന്നു. എന്നാ
ണതെന്ന് അന്നു നമുക്ക് അറിഞ്ഞിരുന്നില്ല. പക്ഷെ, അതു കണ്ട
ക്കാക്കാനും, ആ കണക്കു് ഏതെങ്ങനെ ശരിയാണെന്നു് തെളിയി
ക്കാനും ന്യൂട്ടനു് സാധിച്ചു.

ആകർഷണബലതപം ഒരു നിയമമായതു് ഇങ്ങിനെയാണു്.
ഈ സിദ്ധാന്തത്തെ ന്യൂട്ടൻ ആകാശചാരികളായ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ
കാര്യത്തിലും പ്രയോഗിച്ചുനോക്കി. അവയുടെ ഓരോന്നിന്റേയും
മീതെ ആകർഷണബലം പ്രവർത്തിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഭാവിയി
ലവ ഏതതു വഴിക്കാണു് സഞ്ചരിക്കുക എന്ന് പ്രവചിക്കുവാൻ
പോലും ന്യൂട്ടനു് കഴിഞ്ഞു. സൂര്യനും ഗ്രഹങ്ങളും ഇവയുടെ മേൽ
സ്വാധീനം ചെലുത്തുന്നുണ്ടെന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണു്
ന്യൂട്ടനു് ഇതൊക്കെ പ്രവചിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞതു്. ഇനി കൂറെ
കാലം കഴിഞ്ഞാൽ ഒരു വാൽനക്ഷത്രം പ്രത്യക്ഷപ്പെടുമെന്നു് മുൻ
കൂട്ടിച്ചറയാൻ കഴിയുന്നതു് ഇങ്ങിനെയാണു്. ഏതു വഴിക്കാണു്
ആ വാൽനക്ഷത്രം നിങ്ങളു ക എന്നറിയാനും ന്യൂട്ടന്റെ സിദ്ധാന്തം
ഉപകരിക്കും.

ന്യൂട്ടന്റെ സിദ്ധാന്തം പ്രയോഗിച്ചാണു് പുതിയ ഒരു ഗ്രഹ
ത്തെ—നെപ്ചൂണിനെ—കണ്ടുപിടിച്ചതു്. യൂറാനസ്സ് എന്ന
ഗ്രഹത്തിന്റെ നിലയും ഗതിയും പഠിച്ചപ്പോൾ, അടുത്തുമാ
വേറെ ഏതോ ഗ്രഹം അതിനെ ആകർഷിക്കുന്നുണ്ടെന്നു് ശാസ്ത്ര
ജ്ഞനു് ബോദ്ധ്യമായി. ഏകദേശം ഏതു ഭാഗത്താണു് ഈ കണ്ടു
പിടിക്കപ്പെടാത്ത ഗ്രഹം ഉണ്ടാവാനാറിയെന്നുള്ളതെന്നു നോക്കി. ദൂര

ദശിനിയെ ആ ഭാഗത്തേയ്ക്കു് തിരിച്ചു ചാിശോധന തുടർന്നപ്പോൾ, പുതിയൊരു ഗ്രഹമായ നെപ്ചൂൺ പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടു.

എന്താണു് ന്യൂട്ടന്റെ നിയമം? പ്രപഞ്ചത്തിലെ കാരോ കണവും മറ്റൊരു കണത്തെ ആകർഷിക്കുന്നുണ്ടു്. കാരോ കണത്തിന്റേയും മാസ്സു് (ദ്രവ്യരാശി) വർദ്ധിക്കുന്ന തോതനുസരിച്ചു് ഈ ആകർഷണബലവും വർദ്ധിക്കുന്നു. കണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ദൂരത്തിന്റെ വക്രത്തിനനുസരിച്ചു് ഈ ആകർഷണബലം കുറഞ്ഞുവരികയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു വസ്തുവിനു് കൂടുതൽ മാസ്സുണ്ടെങ്കിൽ, അതിനുള്ള ആകർഷണബലവും അധികമാവും. നിങ്ങൾക്കു് തൂക്കമുണ്ടു്. നിങ്ങളെപ്പോലെയുള്ള വസ്തുവാണു്. അതിനാൽ നിങ്ങൾക്കും ആകർഷണബലമുണ്ടു്. നിങ്ങൾ ഭൂമിയെ നിങ്ങൾക്കുനേരെ വലിക്കുന്നു. ഭൂമി നിങ്ങളെ ഭൂമിയിലേയ്ക്കും വലിക്കുന്നു. ഭൂമിക്കാണു് വലിപ്പം അധികം എന്നതുതന്നെയാണു്, അതിന്റെ ആകർഷണബലത്തിനുമുമ്പിൽ, നിങ്ങൾ ഭൂമിയെ ആകർഷിക്കുന്ന ബലം നിസ്സാരമാണു്. നിങ്ങൾ വീഴുമ്പോൾ നിങ്ങൾ ഭൂമിയെ ഇടങ്ങാട്ടല്ല, ഭൂമി നിങ്ങളെ അങ്ങോട്ടാണു് ആകർഷിക്കുന്നതു്. ഭൂമിക്കു് അത്രയ്ക്കധികമുണ്ടു് ആകർഷണബലം എന്നാൽ ഭൂമിയിൽനിന്നു് അകലുംതോറും (ദൂരത്തിന്റെ വക്രത്തിന്റെ തോതിൽ) ആകർഷണബലം കുറഞ്ഞുകൊണ്ടേ വരുന്നു. അങ്ങിനെ ദൂരദൂരേ പോയി, സ്പെസിലൊരിടത്തെത്തിയാൽ അവിടെ ഭൂമിക്കു് ആകർഷണബലം പൂജ്യമാണെങ്കിൽ നിങ്ങൾ അവിടെ വീഴുന്നില്ല. അവിടെ നിങ്ങൾക്കു പാറിക്കിടക്കാം. സ്പെസിൽ ചില തന്ത്രസ്ഥാനങ്ങളുണ്ടു്. ഇവിടെ സൂര്യന്റേയും, ഭൂമിയുടേയും, ഇതരഗ്രഹങ്ങളുടേയും ആകർഷണബലങ്ങൾ തമ്മിൽ തട്ടിക്കിഴിക്കാനോ ഉള്ളൂ. അവിടെ വിഴാൻ വയ്യ. കാരണം എങ്ങോട്ടാണു് വീഴുക? കിഴുപ്പോട്ടു വീഴണമെങ്കിൽ, ആ ഭാഗത്തു നിന്നു് ഏതെങ്കിലും വസ്തു നിങ്ങളെ ആകർഷിക്കുന്നുണ്ടോ? അവിടെ 'മേലും', 'കിഴു'മില്ല. ചിനെ എങ്ങിനെയാണു് വീഴുക?

നൂട്ടന്റെ പരസ്പരാകർഷണനിയമപ്രകാരം പ്രകൃതിയുടെ തുടർച്ചയായ നോക്കൽ സാധിക്കും. ഒരു തുലാസ്സുമാത്രം വേണം—പ്രത്യേകരീതിയിലുണ്ടാക്കിയ തുലാസ്സ്. ഒരു ജർമ്മൻ-രാസ്രജ്ഞനായ ഫിലിപ്പ് വോൺ ജോളിയോൺ, നൂട്ടൻ 200 കൊല്ലങ്ങൾക്കു ശേഷം പ്രകൃതിയുടെ ആകർഷണബലം കണക്കാക്കിയത്.

രണ്ടു തട്ടുകളുള്ള ഒരു തുലാസ്സിന്റെ ഭാരം തട്ടിന്റെയും ചുവട്ടിൽ ഭാരം തട്ടുകളിന്മേലും.

ഇടതുഭാഗത്തെ ചുവട്ടിലുള്ള തട്ടിൽ നൂട്ടൻ ഒരു കുട്ടി വെച്ചു. ഇതിനെ, വലതുഭാഗത്തെ മുകളിലുള്ള തട്ടിൽ വെച്ചു മററൊരു കുട്ടികൊണ്ടു് സമതുലനപ്പെടുത്താൻ നോക്കി. പിന്നീടു് ഇടത്തെ തട്ടിനു് ഒന്നര അടി ചുവട്ടിൽ ഒരു വലിയ ഇയ്യക്കുട്ടി വെച്ചു. തട്ടിലെ കുട്ടിയും ഇയ്യക്കുട്ടിയും തമ്മിലുള്ള ആകർഷണം കാരണം, ആകർഷണശക്തി അധികം, വലിയ ഇയ്യക്കുട്ടിക്കായതു കൊണ്ടാവാം, ഇടത്തെ തട്ടു് താണു. പിന്നീടു്, ഇങ്ങിനെ താണു പോയ ഇടത്തെ തട്ടിനെ സമതുലനത്തിൽ കൊണ്ടുവരാൻ വലതു ഭാഗത്തെ ചുവട്ടിലെ തട്ടിൽ ഒരു കുട്ടി വെച്ചു.

ഇപ്പോൾ നമുക്കു് ചില വിവരങ്ങളെല്ലാം ലഭിച്ചിരിക്കുന്നു. വലിയ ഇയ്യക്കുട്ടിക്കും, ഇടതുതട്ടിലെ കുട്ടിക്കും തമ്മിലുള്ള ദൂരം ഒന്നര അടിയാണെന്നു കരുതുക. ആ ദൂരമാണു് ഇവതമ്മിലുള്ളതെങ്കിൽ ആകർഷണബലം എത്രയാണെന്നു നമുക്കു് ലഭിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രകൃതിയുടെ ആകർഷണബലത്തെ ഇല്ലാതാക്കാൻ ആദ്യംതന്നെ വലതു ഭാഗത്തെ മുകൾത്തട്ടിൽ കുട്ടികൾ വെച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ.

ഇങ്ങിനെ നടത്തിയ പല ചരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നുമായി നൂട്ടൻ ഒരു കണക്കിലെത്തി. ഭാരം ഗ്രാം തുടങ്ങിയ രണ്ടു വസ്തുക്കളെ ഒരു സെൻറിമീറ്റർ ദൂരത്തുവെച്ചാൽ അവതമ്മിലുള്ള ആകർഷണബലം 0.00000006661 ഡൈൻ (dyne) ആണെന്നു കണക്കാക്കപ്പെട്ടു. ഇതുതന്നെയാണു് എല്ലാ വസ്തുക്കൾക്കും ആസ്സദം. സൂര്യനിലായാലും ചന്ദ്രനിലായാലും ഇത്രേ തോതിലാണു് ആകർഷണബലത്തിന്റെ പ്രാബല്യം.

അപ്പോൾ രണ്ടു പേരുടെയും കൈകൾ, അവർ തമ്മിലുള്ള ആകാശ്ചരണലക്ഷ്യം കണക്കാക്കാനൊതുപേണം! രണ്ടു പേരുടെയും തുകൾ ഗ്രാമിൽ കണക്കാക്കണം. ഇതു രണ്ടുപേർ 0.0000000664 കൊണ്ടു ഗുണിക്കണം. എന്നിട്ട് രണ്ടു പേരും തമ്മിലുള്ള ദൂരം സെൻറിമീറ്ററിൽ കണക്കാക്കി അതിൽ വർഗ്ഗംകൊണ്ടു ഗുണഫലനത്തെ വരികണം.

ഒരു ദാത്തൽ 450 ഗ്രാമാണ്. ഒരുപേർ 2½ സെൻറിമീറ്റർ ൨൦. 130 ദാത്തലും 100 ദാത്തലും തുകയുള്ള രണ്ടു പേർ. അവർ തമ്മിലുള്ള ദൂരം 2 അടി. ഈ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കണക്കാക്കിയാൽ അവർ തമ്മിലുള്ള ആകാശ്ചരണലക്ഷ്യം മൂന്നു ഡൈൻ ആണെന്നു കാണാം. ഇതു വളരെ തുച്ഛമായ ബലമാണ്. ഈ ബലം ഒരാൾ അകന്നുപോകുന്നതിനെ തടയില്ല. കാരണം ഭരതദേശസീന്റെ 20 ലക്ഷത്തിലൊരംശമാത്രമേ ഇതിനു ശക്തിയുള്ളൂ. അത്ര സാരമില്ലല്ലോ.

ഈ പരീക്ഷണത്തിൽനിന്നു രണ്ടു വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള ആകാശ്ചരണലക്ഷ്യം കണക്കാക്കാൻ മാത്രമല്ല ജോളിയെ സഹായിച്ചതു. ഭൂമിയുടെ തുകൾ നോക്കാനും ജോളിയെ പഠിപ്പിക്കുകയും ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രം 4000 നാഴികയ്ക്കകത്താണുള്ളതു്. ഈ 4000 നാഴിക ദൂരത്തുനിന്നു് എത്ര ബലത്തോടെയാണു് ഇലാസ്റ്റിലെ ഇടത്തുഭാഗത്തുള്ള കട്ടിയെ ആകാശ്ചരണലക്ഷ്യം വലിയ ഇയ്യക്കട്ടി ഒന്നു അടി ദൂരത്തുനിന്നു് എത്ര ശക്തിയോടെ ആകാശ്ചരണലക്ഷ്യം നാം ഇലാസ്റ്റുകൊണ്ടു കണക്കാക്കിയല്ലോ. ആ അടിസ്ഥാനത്തിലിതും കണക്കാക്കാം. ന്യൂട്ടന്റെ നിയമമുപയോഗിക്കുക. ജോളിയുടെ അനുഭവംവെച്ചു നോക്കുക. ഭൂമിയുടെ തുകൾ കാണാം: 6,000,000,000,000,000,000,000 ടൺ! ഈ സംഖ്യയെത്തന്നെ ഭാഷയിൽ പറഞ്ഞാൽ 60 ലക്ഷം കോടിക്കോടിയെന്നോ മറ്റോ പറയണമെന്നു. അപ്പോൾ നിങ്ങളുടെ ഒരു സ്നേഹിതനു് അത്ര തുകയുണ്ടെങ്കിൽ, ഒരിക്കലും അയാളിൽനിന്നു് അകന്നുനില്ക്കാൻ നിങ്ങളുടെ കഴിയുകയില്ല. ഭൂമിയുടെ ആകാശ്ചരണലക്ഷ്യത്തിൽനിന്നു് രക്ഷപ്പെടാൻ പഴിയായതുപോലെ തന്നെ.

നൂട്ടന്റെ മൂന്നു ചലനവിധങ്ങൾ

നവീനശാസ്ത്രത്തിൽ 'മെക്കാനിക്സ്' എന്ന ശാഖയുടെ അടിസ്ഥാനം കുറിച്ചതു നൂട്ടന്റെ അതിപ്രസിദ്ധങ്ങളായ മൂന്നു ചലനവിധങ്ങളാണ്. ഗലീലിയോവിന്റെ ഗവേഷണങ്ങളെപ്പറ്റി പറയുന്നകൂട്ടത്തിൽ ഇവയെപ്പറ്റി മുമ്പാരു ലേഖനത്തിൽ പരാമർശിക്കുകയുണ്ടായി.

നൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലനവിധം, ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തു, പുറമേയുള്ള മറ്റേതെങ്കിലും ശക്തി അതിന്റെ ഗതി തിരിച്ചിട്ടില്ലെങ്കിൽ, നേർ:രവയിൽത്തന്നെ ചലിക്കുമെന്നും; നിശ്ചലമായൊരു വസ്തു അതിനെ മറ്റൊരു ശക്തി വന്നു ചലിപ്പിച്ചില്ലെങ്കിൽ, അനങ്ങാതെത്തന്നെ നില്ക്കുമെന്നുമാണ്.

ഇതിലത്ര പുതുമയൊന്നും നമുക്കു തോന്നുന്നില്ല. ഗലീലിയോ മിക്കവാറും ഈ നിഗമനത്തിലെത്തിച്ചേർന്നിരുന്നു. അനങ്ങാതിരിക്കുന്ന വസ്തു അനങ്ങാതിരിക്കുക; ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന വസ്തു ചലിക്കുക. ഇത് ഒരു പ്രകൃതിനിയമമാണെന്ന് ഗലീലിയോ പ്രസ്താവിച്ചുവെങ്കിലും.

ഈ 'ഗ്രൂൺ'ത്തിന്, 'ഇൻറർഷ്യ' എന്നു പറയുന്നു. ഇൻഷ്യയെപ്പറ്റി ഒരു ലഘുപരിക്ഷണം നടത്താം. എങ്കിലതിന്റെ പൂർണ്ണവിവരം കിട്ടും.

ഒരു ഗ്ലാസ് കമ്പോളിന്റെ മീതെ ഒരു ശീട്ടും, ശീട്ടിന്മേൽ ഒരു പല്ലകപ്പോട്ടിയും വെക്കുക. പതുക്കെ ശീട്ടിന്റെ ഒരു വക്കത്തു് ഒന്ന് എറുക (ഞോണ്ടുക). 'എറുക' എന്നതിവിടെ പുറമെനിന്നുള്ള ഒരു ശക്തിയാണു് ഈ ശക്തി ശീട്ടിനേയും, ഗോട്ടിയേയും

ബാധിക്കുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ ശീട്ട് ഉടൻ പഠിപ്പിച്ചുകൊടുക്കുന്നവരും ഗോട്ടിയായാകട്ടെ, അത്രയൊന്നും ഈ ബാഹ്യശക്തിയുടെ വിധേയമാകുന്നില്ല. ഗോട്ടിയുടെ ഇനർഷ്യ അതിനെ സാരമായി ചലിപ്പിക്കാതെ നിലനിർത്തുന്നു. എന്നാൽ, ശീട്ട് എറി തെറിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതിന്റെ ഫലമായി, ഗോട്ടിയന്മേൽ മറ്റൊരു ശക്തികൂട്ടിയും ആകർഷണബലം പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇതിനാൽ ഗോട്ടി താഴെ വീഴുന്നു. ശീട്ടു നിർത്തിയിട്ടും, ശീട്ടിന്മേലുള്ള ഗോട്ടി അതിനോടൊപ്പം നീങ്ങാത്തതു് ഇനർഷ്യകാരണമാണു്.

മറ്റൊരു ഉദാഹരണം: ഒരു കാറിന്റെ മുൻസീറ്റിൽ വാഹനം ഇരിക്കുകയാണു് എന്നുവെച്ചുകൊണ്ട്. കാർ ഓടുന്നതിനിടയിൽ ചെട്ടെന്ന് ഡ്രൈവർ ബ്രേക്ക് ചവിട്ടുന്നു. ചവിട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന കാറിനെ പുറമെനിന്നൊരു ശക്തി, ബ്രേക്ക്, നിർത്താൻ ശ്രമിക്കുന്നു. എന്നാൽ മുൻസീറ്റിലിരിക്കുന്ന നിങ്ങളെ യാതൊരു ശക്തിയും തടയുന്നില്ല. ഫലമോ? നിങ്ങളുടെ തല കാറിന്റെ മുൻവശത്തു ചില്ലിന്മേൽ ചെന്നിടിക്കുന്നു. ചവിട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന നിങ്ങൾ, മറ്റൊരു ശക്തി തടയുവാൻ, ചവിട്ടുകൊണ്ടു ഇരിക്കുന്നു! തല ചെന്നു ചില്ലിന്മേലിടിച്ചാൽ, ചില്ലു നിങ്ങളെ തടയുന്നു. ചവിട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ ഇനർഷ്യയാണിതിനു കാരണം.

നൂട്ടന്റെ രണ്ടാം ചലനനിയമം

ഒരു വസ്തുവിന്റെ വേഗത്തിലുണ്ടാവുന്ന വ്യത്യാസം (അതിനെ ആക്സിലറേഷൻ acceleration എന്നു പറയുന്നു) അതിന്മേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലത്തിന്റെ ആകർഷകയ്ക്കനുസരിച്ചു് കൂട്ടുകയും, കുറയുകയും; ബലം എങ്ങോട്ടു പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്നതിനുസരിച്ചു് വസ്തുവിനെ തിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

മനസ്സിലാക്കാൻ വിഷമമുണ്ടെങ്കിൽ, അല്പംകൂടി വിശദീകരിക്കാം. നൂട്ടന്റെ ഒന്നാമത്തെ ചലനനിയമം നമുക്കറിയാമല്ലോ. ഒരു വസ്തുവിന്റെ വേഗം കൂടുകയും കുറയുകയും ചെയ്യുന്നതിനു് എന്തെങ്കിലും ബാഹ്യശക്തി അതിന്മേൽ പ്രവർത്തിക്കണം. എ

നന്മ ചിലിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ വേഗം കുറയുകയും കൂടുകയും ചെയ്യുന്നത് പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബാഹ്യശക്തിയുടെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലിനനുസരിച്ചിരിക്കും. ചിലിക്കുന്ന വസ്തു നോർമലായിട്ടായിരിക്കാൻ തീരുന്നതാണ് അതിനു കാരണം ബാഹ്യശക്തി ആ ഭാഗത്തേക്കാണ് പ്രവർത്തിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത് എന്നതാണ്. വസ്തുവിന്റെ തൂക്കത്തിനനുസരിച്ച് വേഗത്തിൽ വ്യത്യസ്തവരികയും ചലനഗതി മാറുകയും ചെയ്യും. തൂക്കംകൂടിയ വസ്തുവിന്റെ വേഗത്തിൽ വ്യത്യസ്തമാകാനും, അതിന്റെ ഗതി മാറാനും തൂക്കം കുറഞ്ഞ ഒരു വസ്തുവിനേതിനേക്കാൾ പ്രയാസമാണ്.

ഒരു ക്രിക്കറ്റ് പന്തിന്മേൽ നിങ്ങൾ അടിക്കുന്നു. അടിക്കു ശക്തികൂടുന്നതോടും പന്തിന്റെ വേഗം കൂടും. ഏതു ഭാഗത്തേക്കാണ് നിങ്ങൾ പന്തിനെ അടിക്കുന്നത്, ആ ഭാഗത്തേക്കാണ് പന്തു പോവുക. ഇതിനേക്കാൾ തൂക്കം ചുരുങ്ങിയ ഒരു പന്തിന്മേലാണ് നിങ്ങളുടേ ശക്തിയിലടിക്കുന്നതെങ്കിൽ അത് ക്രിക്കറ്റ് പന്തിനേക്കാൾ ദൂരംപോകും. ഇതൊക്കെ നമുക്കറിയാവുന്ന കാര്യങ്ങളാണ്. ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം ചലനനിയമത്തിന്റെ പ്രവർത്തനമാണിതെല്ലാം.

ഒരു പന്തിനെ മുന്നോട്ട് തട്ടിയതിനേക്കാൾ ഇരട്ടി ശക്തിയിലാണ് രണ്ടാമതു തട്ടുന്നതെങ്കിൽ, പന്തിന്റെ വേഗം ആദ്യത്തേതിന്റെ ഇരട്ടിയായിരിക്കും രണ്ടാമത്ത്.

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം ചലനനിയമം ബാഹ്യശക്തികൾക്കും മറ്റുമുണ്ടാകുന്നവർ ഉപയോഗിക്കുന്നു. രണ്ടു ഘട്ട റോക്കറ്റിൽ— റോക്കറ്റിനു രണ്ടു ഭാഗമുണ്ട്. ഒന്നിൽ ഘടിപ്പിച്ചു എഞ്ചിനും എണ്ണക്കുറവും എല്ലാം ഒരു ഘട്ടം കഴിഞ്ഞാൽ രാഷ്ട്രോദ്യമിനും, രണ്ടാമത്തെ ഭാഗത്തെ എഞ്ചിൻ പ്രവർത്തനം തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ മുന്നോട്ടേക്കും അടയാളപ്പെടുത്തുന്ന അപസരത്തിൽ റോക്കറ്റിന്റെ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 5000 മൈലാണെന്നു വിചാരിക്കുക. രണ്ടാംഘട്ടത്തെ എഞ്ചിൻ പ്രവർത്തിക്കാൻ തുടങ്ങുമ്പോൾ 5000 മൈൽ വേഗത്തിനുപുറമെ കൂടുതൽ വേഗം സമ്പാദിക്കാനുള്ള ശ്രമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. രണ്ടാമത്തെ എഞ്ചിൻ 3000 മൈൽ

വേഗത്തിൽ റോക്കറ്റിനെ ഭാഗികമായിക്കൊണ്ട് ഒരു തരം വേഗം (5000 മൈൽ) കൂടിയാൽ റോക്കറ്റിന്റെ രണ്ടാംഘട്ടത്തിലെ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 8000 മൈലാകുമല്ലോ.

ഇതുപോലെത്തന്നെ രണ്ടാംഘട്ടത്തിൽ റോക്കറ്റിന്റെ തൂക്കം ചുരുങ്ങുന്നുണ്ട്. തൂക്കം കുറയുമ്പോൾ വേഗത്തിൽ വർദ്ധിക്കാൻ കഴിയും. അതിനാൽ ഒരു തരം വേഗത്തിൽ റോക്കറ്റിന് ഇപ്പോൾ പോകാൻ കഴിയും. കാരണം അതിന്റെ തൂക്കം കുറഞ്ഞതുതന്നെ.

ഭാഗികമായിരിക്കുന്ന വസ്തുവിന് "മൊമെന്റം" (momentum) എന്നു പറയുന്ന ഒരു ശക്തിയുണ്ട്. വസ്തുവിന്റെ തൂക്കവും വേഗവുംകൂടി ഗുണിച്ചാൽ കിട്ടുന്നതയാണിത്. വേഗവും തൂക്കവും കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് "മൊമെന്റം" വർദ്ധിക്കുമെന്നർത്ഥം. അപ്പോൾ, അത്തരമൊരു വസ്തുവിനെ പിടിച്ചുനിർത്തണമെങ്കിൽ മൊമെന്റത്തിന് ഇല്ലാത്ത ഒരു ശക്തി പ്രയോഗിക്കണമെന്ന് വരും. മാത്രമല്ല, ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തു നിർത്തിയെടുക്കാനിടയല്ല എന്നതിന് ഒരു സൂചനകൂടിയാണിത് മൊമെന്റം. വേഗത്തിൽ പോകുന്ന തൂക്കംകൂടിയ ഒരു വസ്തുവിനെ പിടിച്ചു നിർത്താനത്ര എളുപ്പമൊന്നുമില്ലല്ലോ.

ഏകദേശം 25 ടൺ വരെ ഭാരമുള്ള വസ്തുവിനെ തൂക്കമെന്നിരിക്കട്ടെ. അയാൾ വളരെ വേഗത്തിലോടുന്നപ്പോൾ—അതായത് സെക്കന്റിൽ 25 അടി എന്ന വെഗം— $25 \times 100 = 2500$ ആയിരിക്കും അയാളുടെ മൊമെന്റം. ആ ശക്തിയിൽ വേണമെങ്കിൽ 10 അടി വേഗത്തിൽ ഓടുന്ന ഒരു ഇരട്ടരൂപം നാത്തൽ തൂക്കമുള്ള തടിയനെ അയാൾക്ക് തട്ടിമാറുവാൻ പാടില്ല. കാരണം, തടിയന്റെ മൊമെന്റം $200 \times 10 = 2000$ ആയിരിക്കുമല്ലോ.

രണ്ടാം ഘട്ടത്തിൽനിന്നും ഉണ്ടായ ഗണിതസൂത്രങ്ങളെ ഉപയോഗിച്ച്, എങ്ങിനെയാണോ ഗ്രഹങ്ങളും, ചില നക്ഷത്രങ്ങളും, പൂർണ്ണമായി സഞ്ചരിക്കുന്നതിന് പകരം ദീർഘ, പൂർണ്ണകാലത്തിൽ പോകുന്നതെന്നും, ഒരു കുന്നിൻമുകളിലേയ്ക്കുള്ള വളഞ്ഞ റെയിൽപ്പാളങ്ങളിൽകൂടി ഒരു തീവണ്ടിയെ എങ്ങിനെ

യാണു് ഒരു എഞ്ചിൻ വലിച്ചുകൊണ്ടുപോകുന്നതെന്നും, ഭയങ്കരമായ വേഗത്തിൽ പറക്കുന്ന വിമാനങ്ങളുടെ ചിറകുകൾ എങ്ങിനെ കാറ്റിന്റെ ശക്തിയിൽ തകരാതിരിക്കുന്നുവെന്നും, ഉരുക്കുനീച്ചിനായ ഒരു ടാങ്കിന്റെ കവചത്തെ തുളച്ചുകൊടുവാൻ ഒരു തോക്കിൽ നിന്നു വരുന്ന ഉണ്ടയ്ക്കു് എത്രകണ്ടു് ശക്തി വേണമെന്നും മറ്റും അനവധി പ്രശ്നങ്ങൾക്കു പരിഹാരം കാണാൻ കഴിയും. യന്ത്രയുഗത്തിലിമാതിരി റൂറായിരം പ്രശ്നങ്ങളുണ്ടാവുമല്ലോ.

നൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലനനിയമം

കാരോ പ്രവൃത്തിക്കും സമമായും എന്നാൽ വിചരീതമായും ഒരു പ്രതിക്രിയയുണ്ടു്—എന്നതാണു് മൂന്നാമത്തെ നിയമം.

നൂട്ടന്റെതന്നെ ഭാഷയിൽ ഈ നിയമത്തെ ഇങ്ങിനെ വ്യാഖ്യാനിക്കാം. നിങ്ങൾ വിരൽകൊണ്ടൊരു കല്ലിനേലമർത്തിയാൽ, വിരലിനെ കല്ലും അമർത്തുന്നുണ്ടു്. ഒരു കല്ലിനെ വലിച്ചുകൊണ്ടു് ഒരു കുതിര പോവുകയാണെങ്കിൽ കുതിരയെ കല്ലും വലിക്കുന്നുണ്ടു്. കാരണം, വലിച്ചുനില്ക്കുന്ന കയർ, അതിന്റെ രണ്ടുറ്റത്തു മുളു കല്ലിനേയും കുതിരയേയും പരസ്പരം വലിക്കുന്നുണ്ടല്ലോ.

കുതിരയെ പിന്നോക്കം വലിച്ചിടുന്നതൊന്നും കല്ലിന്നു വയ്യ. എത്ര ശക്തിയിൽ കുതിര കല്ലിനെ വലിക്കുന്നുണ്ടോ, അത്രയും ശക്തിയിൽ കല്ലു് കുതിരയേയും വലിക്കുന്നുണ്ടു്. പിന്നെ എങ്ങിനെയാണു് കുതിരയും കല്ലും മുന്നോട്ടു നീങ്ങുന്നതു്? കുതിരയും കല്ലും നീങ്ങുന്നുണ്ടു്—പക്ഷെ അവ തമ്മിലുള്ള അകലം കൂടുകയോ കുറയുകയോ ചെയ്യുന്നില്ല—ആ നിലയ്ക്കു് അവ തമ്മിൽ തമ്മിൽ നോക്കിയാൽ നീങ്ങുന്നില്ലെന്നതന്നെ പറയേണ്ടിവരും. ഭൂമിയോടു ബന്ധപ്പെടുത്തിയാലേ, ആ രണ്ടു വസ്തുക്കളും നീങ്ങുന്നുണ്ടെന്നു് പറയാനാവൂ. അപ്പോൾ ഭൂമിക്കെതിരായി കുതിരയുടെ കാലുകൾ പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലമാണു് അവയെ നീക്കുന്നതു്.

എന്നാൽ ഭൂമിക്കു് കുതിരയുടെ അത്ര തുക്കമേ ഉള്ളവെങ്കിൽ, എന്താവും നിലു് കല്ലിനെ മുന്നോട്ടു വലിക്കുന്നതോടുകൂടി ഭൂമിതന്നെ കുതിരയുടെ കൂളമ്പടികൊണ്ടു് പിന്നോക്കം നീങ്ങുന്നു. അങ്ങിനെ കുതിര മുന്നോട്ടു പോകുമ്പോൾ ഭൂമി പിന്നോക്കം പോകു

ന്നങ്ങേന്ത് സാരം. പ്രായോഗികമായി ഇതത്ര സാരമല്ല—പക്ഷെ, താത്വികമായി ഇതു സംഭവിക്കുന്നുണ്ട്.

കരയ്ക്കു നില്ക്കുന്ന ഒരു ചെറുതോണിയിൽനിന്നു ഒരു കുട്ടി കരയിലേയ്ക്കു കുതിച്ചുചാടുമ്പോൾ റൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലന നിയമം പ്രവർത്തിക്കുന്നത് കാണാം. തോണിക്ക് വലിയ തൂക്കമൊന്നുമില്ലെങ്കിൽ, കുട്ടി കരയിലേയ്ക്കു ചാടുമ്പോൾ, വേണ്ടത്ര ശ്രദ്ധിച്ചില്ലെങ്കിൽ, ചിലപ്പോൾ വെള്ളത്തിൽ വിങ്ങേക്കും. കാരണം, തോണി ചിന്നോക്കും നീങ്ങുന്നതുതന്നെ. കുട്ടിക്കു തൂക്കം കൂടുംതോറും, തോണി കൂടുതൽ ചിന്നോക്കും പോകും.

ഒരു വലിയ കപ്പലിൽനിന്ന് ചാടുമ്പോഴും ഇതുതന്നെ സംഭവിക്കും—പക്ഷെ, നീങ്ങലുടെ തൂക്കവും കപ്പലിന്റെ തൂക്കവും തമ്മിലുള്ള ഭീമമായ വ്യത്യാസം കാരണം, കപ്പലിന്റെ ചലനം അത്ര പ്രകടമാവില്ലെന്നാത്രം. കപ്പലിന്റെ പിന്നോക്കമുള്ള ചലനം വളരെ തുച്ഛമായിരിക്കും.

ഒരു പീരങ്കിയുടെയെ കയ്യിലെടുത്തു വളരെ കുറച്ച ദൂരമേ റാമിക്ക് എറിയുവാൻ പാടു—കാരണം അതിന്റെ തൂക്കംതന്നെ. എറിയാനുപയോഗിക്കുന്നതിലും വളരെയേറെ ശക്തി പ്രയോഗിച്ചാലേ പീരങ്കിയുടെയെ വളരെ ദൂരം മുന്നോട്ടു ചലിപ്പിക്കുവാൻ കഴിയൂ.

ഇത് തൂക്കമുള്ള വസ്തുക്കൾക്കുമാത്രമുള്ളതല്ല. പരുത്തികൊണ്ടുള്ള ഒരു പത്ത് എത്ര ദൂരം എറിയുവാൻ കഴിയും? ഇതിന്നും വിഷമമാണ്. കാരണം? പരുത്തിപ്പന്തിന് എത്ര ശക്തി എതിരായി പ്രയോഗിക്കാമോ അത്രയല്ലേ അങ്ങോട്ടും പ്രയോഗിക്കാനാവും? തൂക്കം കുറഞ്ഞ സാധനങ്ങൾ ശക്തിയായി എറിയാൻ ശ്രമിച്ചാൽ നീങ്ങലുടെ കയ്യിൽ വേദനയാവും; അതല്ലാതെ പരുത്തികൊണ്ടുള്ള പന്തിന് വേഗമൊന്നും കൂടാൻപോകുന്നില്ല.

ഒരു മോട്ടോർബോട്ടിന്റെ പ്രൊപ്പലർ (propellor) തിരിഞ്ഞു ബോട്ട് മുന്നോട്ടുപോകുമ്പോൾ, അതിന്നെതിരായി വെള്ളം പിന്നോട്ടു നീങ്ങുന്നു. ഇതെല്ലാം റൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലന നിയമത്തിന്റെ പ്രവർത്തനമാണ്.

ഏതു പ്രവർത്തനത്തിനും തുല്യവും എന്തിനുമായ ഒരു പ്രതി
 ക്രിയയുണ്ടെങ്കിൽ, തടക്കാൻ വയ്ക്കാത്ത ഒരു ബലവും ചലിക്കാതെ
 നില്ക്കുന്ന ഒരു ബലവും തമ്മിലുള്ള ഒരു സംഘട്ടനത്തിന്റെ ഫല
 മെന്താവും? തടക്കാൻ വയ്ക്കാത്ത ഒരു ബലമോ, ചലിക്കാത്ത ഒരു
 ബലമോ ഇല്ല; എങ്കിലും? ഒരു ഫീസിക്സ് പ്രൊഫസർ ഇതിനു
 മറുപടി പറഞ്ഞു: "അങ്ങിനെയൊന്നു സംഭവിച്ചാൽ അചിന്ത്യ
 മായ ഒരു സംഘട്ടനമാവും ഫലം!"

മേൽ കൊടുത്ത ചലനനിയമങ്ങളും, പ്രപഞ്ചത്തിനാകെ
 ബാധകമായ പരസ്പരാകർഷണനിയമവുമാണ് മെക്കാനിക്സിന്
 ന്യൂട്ടന്റെ സംഭാവന. പ്രപഞ്ചത്തിലുള്ള ഓരോ കണവും,
 മറ്റൊറ്റൊരു കണങ്ങളേയും ആകർഷിക്കുന്നവെന്നും അവ തമ്മിലുള്ള
 അകലത്തിനനുസരിച്ചു ഈ ആകർഷണബലം കൂടുകയും കുറയുകയും
 ചെയ്യുന്നുവെന്നുമാണ് പരസ്പരാകർഷണനിയമത്തിന്റെ പെരുമാറ്റം.

പരസ്പരാകർഷണം എന്നാൽ വസ്തുവിന്റെ തൂക്കം \times രണ്ടാ
 മത്തെ വസ്തുവിന്റെ തൂക്കം \div അവ തമ്മിലുള്ള അകലത്തിന്റെ
 വർഗ്ഗം.

രണ്ടു വസ്തുക്കളുടെ തൂക്കം 2 റത്തലും, 4 റത്തലുമാണെ
 കിൽ, അവ തമ്മിലുള്ള അകലം 2 അടിയാണെങ്കിൽ ആകർഷണ
 ബലം $= \frac{4 \times 2}{2^2} = \frac{8}{4} = 2$ ആയിരിക്കുമെന്ന് സാരം.

മേൽപ്പറഞ്ഞ പരസ്പരാകർഷണസിദ്ധാന്തമാകട്ടെ, ചലന
 നിയമങ്ങളാകട്ടെ, കണ്ടുപിടിച്ചയുടൻതന്നെയൊന്നും പ്രഖ്യാപിക്ക
 പ്പെട്ടില്ല. പത്തിരപതു കൊല്ലങ്ങളുടെശേഷമാണ് ഈ നിയ
 മങ്ങൾ ന്യൂട്ടൻ പുറത്തുപോണ്ടുവന്നത്. എന്തുകൊണ്ടാണോ ഗ്രഹ
 ങ്ങളും, വാൽനക്ഷത്രങ്ങളും വൃത്താകാരത്തിൽ ചലിക്കുന്നതിനു
 പകരം അന്ധാകൃതിയിൽ ചലിക്കുന്നതെന്നതിന് അതുവരെ യൂറോ
 പ്പിലെ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാക്കൊന്നും കണ്ടുപിടിക്കാൻ വയ്ക്കാത്ത ഉത്തരം
 ന്യൂട്ടൻ കണ്ടുപിടിച്ചു. പക്ഷെ, അതു പുറത്തുപറയാൻ അദ്ദേഹം
 സംശയിച്ചുനില്ക്കുകയായിരുന്നു. ആരോ ചിന്നിട്ട് ചോദിച്ചപ്പോ
 ളാണ് ഇതിന്റെപ്രാദീയെല്ലാം ന്യൂട്ടൻ പറഞ്ഞത്.

എന്താണ് ഈ തത്വങ്ങൾ പുറത്തുവിടാൻ നൂട്ടനിത്ര സംശയിച്ചത്? മനമത്, താനതു പറഞ്ഞാൽ അന്നത്തെ ശാസ്ത്രലോകം അത് സ്വീകരിക്കുമായിരുന്നോ? അതാണ് അദ്ദേഹം സംശയിച്ചത്. അവസാനം തന്റെതായ ചില തത്വങ്ങൾ പുറത്തിട്ടപ്പോൾ എതിർപ്പുകാരിൽനിന്നും അവയെ രക്ഷിച്ചാൻവേണ്ടി അദ്ദേഹത്തിന് ഒരു ഉഗ്രസമരംതന്നെ നടത്തേണ്ടിവന്നു. ഇതൊരു ബൈബിൾകോളിഷിയോടാണ് നൂട്ടന് തോന്നിയത്. സ്റ്റേഫാനോസ് ചിലരുടെ നിരന്തരമായ നിർബ്ബന്ധംകൊണ്ടാണ് അവസാനം തന്റെ നിയമങ്ങൾ അദ്ദേഹം ലോകസമക്ഷം അവതരിപ്പിച്ചത്.

നൂട്ടന്റെ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളെപ്പറ്റി വാദകോലാഹലം തുടങ്ങി. ഇതൊക്കെ ആദ്യമായി കണ്ടുപിടിച്ചത് നൂട്ടനാണോ, അതോ മറ്റൊരാൾക്കുമാണോ, എന്നതിനെപ്പറ്റിപ്പോലും തർക്കമുണ്ടായി. ആ തത്വങ്ങൾ ശരിയാണോ എന്നതും വാദപ്രതിവാദത്തിനിട നല്ലി. ഇതൊക്കെ നൂട്ടനെ വല്ലാതെ അലോസരപ്പെടുത്തി. അദ്ദേഹത്തിനു ഭ്രാന്തുപിടിച്ച മട്ടായി. എല്ലാവരേയും അദ്ദേഹത്തിന് സംശയമായി—ഉററുപങ്ങാതിമാരെപ്പോലും. 50 വയസ്സിലാണിത്. ഈ സ്കന്ദനത്തിൽനിന്നുദ്ദേഹം വളരെ വിഷമിച്ചാണ് രക്ഷപ്പെട്ടത്. ജീവിതത്തിന്റെ അവസാനത്തെ 32 കൊല്ലം നാനായക്കമ്മട്ടത്തിലെ ഒരു ഉദ്യോഗസ്ഥനായി അദ്ദേഹം കഴിഞ്ഞു. ഇക്കാലത്തു ഇംഗ്ലണ്ടിലെ നാനായവ്യവസ്ഥ പരിഷ്കരിക്കാൻ അദ്ദേഹം നേതൃത്വം നല്ലി. മറ്റു പ്രധാന കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളൊന്നും ഇക്കാലത്തുണ്ടായില്ല. 1703-ൽ അദ്ദേഹത്തെ റോയൽ സൊസൈറ്റിയുടെ പ്രസിഡണ്ടായി തിരഞ്ഞെടുത്തു. ഈ സൂചന സിദ്ധ സമിതിയുടെ അദ്ധ്യക്ഷസ്ഥാനം അദ്ദേഹം മരണംവരെ നിലനിർത്തി. 'സർ' എന്ന ബഹുമതിയും അദ്ദേഹത്തിനു കിട്ടി.

ഗണിതശാസ്ത്രത്തിനും നൂട്ടൻ വലിയ സംഭാവന നല്ലി. ഓപ്റ്റിക്സ് (optics) എന്ന ശാസ്ത്രത്തിനും—വെളിച്ചത്തെ സംബന്ധിക്കുന്ന ശാസ്ത്രം—നൂട്ടൻ പല നേട്ടങ്ങളുണ്ടാക്കി. വെളിച്ചത്തെപ്പറ്റി പഠിക്കുന്ന കൂട്ടത്തിലാവാം നൂട്ടന്റെ ആ നേട്ടങ്ങളെപ്പറ്റിയുള്ള പച്ച.

റോബർട്ട് ബോയില്യം വാതകങ്ങളും

സർവ്വകലാശാലാബിരുദം നേടുന്നതിനു മുമ്പു ഗലീലിയോവിനു ദാരിദ്ര്യംകാരണം തന്റെ ചാപ്പു മതിയാക്കേണ്ടിവന്നു. സാധാരണക്കാരനായിരുന്ന ഒരു കഷ്ടനായിരുന്നു ന്യൂട്ടന്റെ അച്ഛൻ. ദരിദ്രന്മാരിൽനിന്നുമാത്രമേ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഉണ്ടാവൂ എന്നിരുന്ന ത്തുമില്ല. കോർപ്പിടല പ്രള എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒരു പ്രമാണിയുടെ മകനായിരുന്നു പ്രസിദ്ധശാസ്ത്രജ്ഞനായ റോബർട്ട് ബോയിൽ. പതിമൂന്നു സഹോദരിസഹോദരന്മാരടങ്ങിയ വലിയൊരു കുടുംബത്തിലാണദ്ദേഹം കുട്ടിക്കാലം കഴിച്ചത്.

1627-ൽ ഐർലാന്റിലെ ഒരു കൊട്ടാരത്തിൽ ഭൂജാതനായ ഇദ്ദേഹം ഇംഗ്ലീഷ് ഭാഷയോടൊപ്പംതന്നെ ലാറ്റിൻ, ഫ്രെഞ്ച് എന്നീ ഭാഷകളിലും സ്വാധീനം നേടി. എട്ടു വയസ്സിൽ ഇറ്ററണിലെ പബ്ലിക് സ്കൂളിൽ ചേർന്നു. 11 വയസ്സിൽ തന്റെ ഒരദ്ധ്യാപകന്റെ കൂടെ യൂറോപ്യൻ പര്യടനത്തിനു പുറപ്പെട്ടു. 14 വയസ്സിൽ റോബർട്ട് ഇറ്റലിയിലെത്തി. അവിടെവെച്ചാണ് ബോയിലിന്റെ ജീവിതത്തിന് ഒരു വഴിത്തിരിവുണ്ടായതെന്നു തോന്നുന്നു.

ഗലീലിയോ മരിക്കുന്നതിന് ഒരു കൊല്ലം മുമ്പാണ് റോബർട്ട് ബോയിൽ ഗലീലിയോവിന്റെ സ്വാധീനവലയത്തിൽ പെട്ടത്. ശാസ്ത്രസേവനമായിരുന്നു ലക്ഷ്യം. പിന്നീട് ജീവിതമത്രയും അദ്ദേഹം സയൻസിനുവേണ്ടി വിനിയോഗിച്ചു.

ഫിസിക്സിന്റെയും കെമിസ്ട്രിയുടെയും പല ശാഖകളിലും പഠനംനടത്തി പല സംഭാവനകളും നൽകിയ ഒരു മഹാനാണ് ബോയിൽ. ശബ്ദം, ചൂടും, പ്രീസ്റ്റ്ലിക്ടം, വിദ്യുച്ഛക്തി എന്നിവ

യെപ്പറ്റിയെല്ലാം അദ്ദേഹം പുതുതായി പലതും മനസ്സിലാക്കി. എന്നാൽ കൈമിസ്സിയീലായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിനു ശ്രദ്ധാർത്ഥം താല്പര്യം. കൂട്ടത്തിൽ മതകാര്യങ്ങളിലും. ബൈബിൾപഠനത്തിനു സഹായിക്കുവാനായി തന്റെ ഭാഷാപരിജ്ഞാനം ഗ്രീക്ക്, ഹീബ്രൂ, സിറിയൻ എന്നീ ഭാഷകളിലേയ്ക്കും അദ്ദേഹം വ്യാപിപ്പിച്ചു.

‘ബോയിൽനിയമം’ എന്നറിയപ്പെടുന്ന തത്ത്വമാണ് ബോയിലിന്റെ ഏറ്റവും വലിയ ശാസ്ത്രീയ കണ്ടുപിടുത്തം.

വാതകങ്ങളുടെ സ്വഭാവത്തെപ്പറ്റിയാണ് ബോയിൽനിയമം പ്രതിപാദിക്കുന്നത്.

എന്താണ് വാതകം? ഇരുമ്പ്, മരം, പൂല്ല്, വെള്ളം എന്നീ വസ്തുക്കളെപ്പോലെ വാതകവും ഒരു പദാർത്ഥമാണ്. വാതകത്തിൽ മറ്റു വസ്തുക്കൾപോലെ അണുക്കളടങ്ങിരിക്കുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിൽ മൂന്നു ബാഹ്യപ്രവർത്തനങ്ങളിലാണ് വസ്തുക്കൾ നിലനില്ക്കുന്നത്. ഇരുമ്പിനെപ്പോലുള്ള ഘനപദാർത്ഥമായിട്ട്; വെള്ളത്തെപ്പോലെ ദ്രവമായിട്ട്; വായുവിനെപ്പോലെ വായു എന്നതു പല വാതകങ്ങളുടെ ഒരു മിശ്രമാണ്—വാതകമായിട്ട്.

ഘനപദാർത്ഥമോ, ദ്രവപദാർത്ഥമോ അല്ലാത്ത നിലയിലാണ് വാതകങ്ങൾ. പരിധികൂടാതെ അതിന് വ്യാപിക്കാൻ കഴിവുണ്ട്. ഏതു പാത്രത്തിലാണോ അതുളളത്, അതിന്നനുസരിച്ച് അതിന് വ്യാപിക്കുകയും, അഥവാ കുറയും. അതിനു വ്യാപിക്കാൻ കിട്ടിയ സ്ഥലത്തു മുഴുവൻ വായു വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നു എന്നും പറയാം. ഇതെങ്ങിനെയാണു്? ചെറിയൊരു സഞ്ചിയിലാണ് വായുവുള്ളതു് എങ്കിൽ, വായുവിന്റെ അണുക്കൾ തൊട്ടുതൊട്ടാവും കിടക്കുക. അതേ വായുവിനെ കൂടുതൽ വലിയൊരു സഞ്ചിയിലേയ്ക്കൊഴിച്ചാൽ ആ സഞ്ചിക്കുള്ളിൽ മുഴുവൻ വാതകം നിറയും—പക്ഷെ, അണുക്കൾ അല്പം അകന്നിട്ടാവും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഒരു സെൻറകുപ്പി തുറന്നുവെച്ചാൽ അതിന്റെ മണം വിട്ടുപോകാൻ പരക്കുന്നു. വാതകമായിട്ടാണ് വാസന വിട്ടുപോകാൻ വ്യാപിക്കുന്നത്. നാഴി വെച്ചും ഒരു ചെറിയ പാത്രത്തിലൊഴിച്ചാലും വലിയ പാത്രത്തിലൊഴി

ചുറ്റും നാശിതനെയല്ലെ ഉണ്ടാവൂ? നാശി വെള്ളത്തിൽ രണ്ടു സ്റ്റൂൺ പഞ്ചസാര ഇട്ടാലോ, വെള്ളം നാശിയിലധികമാവുന്നുണ്ടോ? ഇല്ല. വാതകങ്ങളുടെ പെരുമാറ്റത്തിനും, ഘനദ്രവ പദാർത്ഥങ്ങളുടെ പെരുമാറ്റത്തിനും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമാണിത്.

ആറ്റങ്ങൾ ചേർന്നാണ് അണുക്കൾ (molecules) ഉണ്ടാവുന്നത്. പദാർത്ഥങ്ങൾ അണുനിർമ്മിതങ്ങളാണ്. ഈ അണുക്കളോടുകൂടെ സദാ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഉഷ്ണതയിൽ അണുക്കളുടെ ചലനവേഗം കൂടുന്നു. ഉഷ്ണമില്ലെങ്കിൽ അണുക്കളുടെ ചലനം പതുക്കെയൊപ്പം. ഓരോ ഘനപദാർത്ഥത്തിലും ഈ അണുക്കൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത് ഒരോരോവിധമാണ്. കവാതമുറയ്ക്കുന്ന പട്ടാളക്കാർ പലമാതിരി 'പൊസിങ്'നിൽ നില്ക്കുന്നപോലെ, അണുക്കളും പല നിരകളായും വരികളായുമാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഈ അണുക്കളുടെ ചലനത്തിന് ഒരു കണക്കുണ്ട്. അല്പം മുന്നോട്ടും, സപ്ലം പിന്നോട്ടും മാത്രമേ ഇവയ്ക്ക് ചലിക്കാനാവൂ. ഒരു ക്ലോക്കിന്റെ പെൻഡ്യൂലം ചലിക്കുന്നങ്ങനെയും ഒരു ക്ലിപ്തവിസ്മൃതിയിൽ മാത്രമല്ലെ അതു ചലിക്കുന്നുള്ളൂ? ചൂട് കൂടുംതോറും അണുക്കളുടെ സ്പന്ദനത്തിന് വേഗം കൂടുന്നുവെന്നുമാത്രം. അങ്ങിനെ ചൂട് കൂടിക്കൂടി വന്ധു ഉരുക്കുന്നു. ഇതിന് 'മെൽട്ടിങ്ങ് പോയിന്റ്' എന്ന പദവും. മെൽട്ടിങ്ങ് പോയിന്റ് എത്തിയാൽ അണുക്കളുടെ സ്പന്ദനത്തിന്റെ ഉഗ്രതകാരണം അണുക്കൾ വിഘടിക്കപ്പെടുന്നു. അവ നിരതെരുന്നവരി തെരുന്ന. അണുക്കൾക്ക് സ്വന്തമായി ചലിക്കാൻ സാധ്യമാകുന്നു. ഘനവസ്തു ദ്രവപദാർത്ഥമായി മാറുന്നു. ഘനപദാർത്ഥങ്ങളിലുള്ളതു നിബിഡമായല്ല ദ്രവവസ്തുക്കളിൽ അണുക്കൾ നിരന്നുനില്ക്കുന്നത്. അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടും സ്പന്ദിക്കുക എന്നതാണ് ഘനപദാർത്ഥങ്ങളിൽ സംഭവിക്കുന്നതെങ്കിൽ, അണുക്കൾ ദ്രവത്തിനകത്തു് നീങ്ങുകയും, തൊട്ടടുത്തുള്ള അണുക്കളുമായി കൂട്ടി കൂട്ടുകയും, വീണ്ടും നീങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. മിക്കവാറും ഇതുതന്നെയാണ് വാതകത്തിനകത്തെ അണുക്കളും ചെയ്യുന്നത്—അണുക്കൾ കുറെക്കൂടി അകന്നാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെന്നുമാത്രം.

വെള്ളത്തിന്റെ ഉദാഹരണം എഴുതുക. 'പ്രകൃത്യം' അതൊരു ദ്രവമാണ്. അതിനെ തണുപ്പിക്കുക. അത് റിമിക്കട്ടയാവുന്നു. റിമിക്കട്ടെ ചൂടാക്കുക. ഐസ് ഉരുക്കുന്നു—ചെമ്മീൻ മാറുന്നു. പിന്നെയും ചൂടാക്കുക. ചെമ്മീൻ അണക്കളുടെ ചലനാവേഗം വർദ്ധിക്കുന്നു. എല്ലാ വശങ്ങളിലേക്കും അവ കുതിച്ചുകയറുന്നു. അവസാനം കുറെ അണക്കളം പ്രാത്തിൽനിന്നുതന്നെ കുതിച്ചുപുറപ്പെടുന്നു. ചുറ്റുമുള്ള വായുവിലേക്കു പ്രവേശിക്കുന്നു. ചെമ്മീൻ ആവിയാവുന്ന തരംഗമാണ്. വെള്ളം കൂടുതൽ ചൂടാക്കുമ്പോൾ കൂടുതൽ അണക്കളം പ്രാത്തിൽനിന്നു രക്ഷപ്പെടുന്നു. കൂടുതൽ ആവി പുറത്തുവരുന്നു. ഈ ആവിയെ തണുപ്പിക്കുക. നിങ്ങളുടെ ചെമ്മീൻ തിരിച്ചുകിട്ടുകയും ചെയ്യും.

ഏതു വാതകത്തെയും തണുപ്പിച്ചാൽ (മദ്ദം ചുരുക്കേണ്ടതായും വരും) ദ്രവമാക്കാം. വായുവിനെത്തന്നെ ചെമ്മീൻപോലെയോക്കാം. തെളിഞ്ഞ നീലനിറമാണ് 'ലിക്വിഡ് ഏറി'നുള്ളത്. അതിന്റെ ഉണ്ണിത മൈനസ് 312 ഡിഗ്രിയാണ്. അതിലെങ്ങനെയും നിങ്ങളുടെ വിരൽ രണ്ടു സെക്കൻറനോളം ഇട്ടാൽ, വിരൽ ഐസിൽ കണ്ണുമാതിരി ചൊട്ടിക്കൊണ്ടു! അതിലൊരു രണ്ടുപതു മണി ചന്തിനെ എറിഞ്ഞാൽ, ഒരു സ്കീകർട്ടി ചൊട്ടിപ്പോലെ ആ പതു ചൊട്ടിത്തൊടിക്കും. 'ലിക്വിഡ് ഏറി'ൽ രസമൊഴിച്ചാൽ, ആ രസം എല്ലാംകൂടി ഒരു കട്ടിയാവും. ആ കട്ടികൊണ്ടു് ചുമരിന്മേൽ ആണിമേടാം. അത്ര ഉറപ്പുണ്ടാവും അതിന്നു്.

'ലിക്വിഡ് ഏറി'ന്റെ ബോയിലിങ്ങ് പോയിന്റ് വളരെ താണതാണ്. മുറിയിലുള്ള ഉണ്ണിതയിൽത്തന്നെ അതു തിളച്ചുനിൽക്കും—കൂട്ടത്തിലതു വായുവായി മാറുന്നു. വായുവിനേക്കാൾ വളരെ കുറച്ചു സ്ഥലമേതി ലിക്വിഡ് ഏറിന്നു്. റോക്കറ്റ് എഞ്ചിനീയർമാർ അവർക്കുവശ്യമായ ഓക്സിജൻ ലിക്വിഡ് ഓക്സിജനായാണ് ശേഖരിച്ചുവെക്കുന്നത്. അങ്ങിനെ കുറച്ചു സ്ഥലത്തു് വളരെയധികം ഓക്സിജൻ അവർക്കു കൊണ്ടുപോകാം, ആവശ്യാനുസൃതം

ഉപയോഗിക്കുകയുമാവാം. റോക്കറ്റിനകത്തുള്ള ഇന്ധനം കത്തണമെങ്കിൽ കാക്ലിജൻ വേണമല്ലോ.

വാതകത്തിന്റെ കഴിവുകൾ എങ്ങു നോക്കിയാലും കാണാം. കുട്ടികൾ ബാലൂൺകൊണ്ടു് കളിക്കുന്നു. പെട്രോമാക്സിൽ മണ്ണെണ്ണ വാതകം കത്തിക്കുന്നു. 'റിയോൺ' വിളക്കുകൾ പച്ച വസ്തുക്കളിലല്ലെ കത്തുന്നത്? വിഷവാതകങ്ങളെപ്പറ്റി നാം കേട്ടിട്ടുണ്ടു്. വായുതന്നെ നമ്മുടെ ജീവനാവശ്യമായ വാതകമാണു്. വാതകങ്ങൾ പലതരത്തിലുണ്ടു്. ഓരോന്നിന്റേയും അണുക്കളുടെ ഘടനയും, അണുക്കളുടെ സജ്ജീകരണത്തിനും വ്യത്യസ്തമുണ്ടു് എന്നു മാത്രം.

വായു 'എന്തോ' ആണു്—ശൂന്യാകല്ലെണു് തീർച്ച. വാതകങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരലിൽനിന്നാണു് അതുണ്ടായിരിക്കുന്നതു്. മാത്രമല്ല, കൊടുങ്കാറ്റും മറ്റും ആഞ്ഞടിക്കുമ്പോൾ അതിനു് ഏതോ ശക്തിയുണ്ടെന്നും നമുക്കു് തീർച്ചപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ചലിക്കാത്ത വായു വെറും 'സ്റ്റേസ്' മാത്രമാണെന്നും, ചലിക്കുമ്പോൾ മാത്രമേ അതിന്നു ശക്തിയുണ്ടാവുന്നുള്ളു എന്നും റൂററാണ്ടുകളായി ധരിച്ചു വെച്ചിരുന്നു. ക്രിസ്തുവിനു് 450 വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പു് ജീവിച്ചിരുന്ന സിസിലിക്കാരനായൊരു തത്വചിന്തകൻ വായുവെന്നാലോ 'വസ്തു' വാണെന്നു് തെളിയിക്കുകയുണ്ടായി. വായു നിറച്ച ഒരു കുപ്പിയിലേയ്ക്കു് വെള്ളം കടക്കുന്നില്ല—വെള്ളം കടക്കണമെങ്കിൽ വായു ഒഴിയണം—ഇതിൽനിന്നു് വായുവിനു് സ്ഥലം ആവശ്യമാണെന്നും, അതൊരു വസ്തുവാണെന്നും ആ തത്വചിന്തകൻ തെളിയിച്ചു.

ഒരു ഗ്ലാസ് കുത്തനെ ഒരു വെള്ളത്തൊട്ടിയിൽ കമഴ്ത്തിയാൽ ഗ്ലാസിലുള്ള വായുവിനു് രക്ഷപ്പെടാൻ കഴിയാത്തതുകൊണ്ടു് അതിന്നകത്തേയ്ക്കു വെള്ളം കടക്കുന്നില്ല. ഗ്ലാസ് അല്ലെമൊന്നു് ചെരിച്ചാലോ? എന്തു കാണുന്നു? ഗ്ലാസിനകത്തെ വായു കുമിളകളായി മേല്ലോട്ടു പൊന്തുകയും, അപ്പോൾ വെള്ളം അതിന്നകത്തു കയറുകയും ചെയ്യുന്നു.

സാധാരണ വായുവിനെ കണ്ണുകൊണ്ട് കാണാൻ നിവൃത്തിയില്ല. അതിന്നു മണമോ, നിറമോ ഇല്ല—ഇക്കാരണംകൊണ്ട് വളരെ നൂററാണ്ടുകളായി വായുവിനെപ്പറ്റി നമുക്ക് വിവരം ലഭിച്ചിരുന്നതുചില.

ഒരു ഗ്ലാസിൽ കുറച്ചു അപ്പക്കാരം ഏടുത്തു അതിൽ അല്പം വിനിഗർ (സൂർക്ക) ഒഴിക്കുക. അതിനെ ഒരു കാർബുബോർഡുകൊണ്ട് അടക്കുക. നരയും, ചതയും പൊന്തിക്കൊണ്ടുള്ള ഒരു രാസപരിണാമം സംഭവിക്കുന്നു. ഗ്ലാസിൽ കാർബൺഡയോക്സൈഡ് എന്ന വാതകം നിറയുന്നു.

വായുവിൽ വളരെ ചെറിയ തോതിലടങ്ങിയ ഒരു വാതകമാണിത്. നാം പുറത്തേയ്ക്കു വിടുന്ന ഈ വാതകത്തെ സസ്യങ്ങൾ ഭക്ഷണം നിർമ്മിക്കാൻപേണ്ടി ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്. മുങ്ങിക്കപ്പലുകളിലും മറ്റും വേണ്ടത്ര ഓക്സിജൻ ലഭിക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ, ഈ വാതകത്തിന്റെ തോതു വർദ്ധിക്കും—അതു ജീവനൊത്തനെ അപകടപ്പെടുത്തും. കാർബൺഡയോക്സൈഡ് ഒരു വിഷവാതകമല്ല. പക്ഷെ, ശ്വാസിക്കുന്ന വായുവിലുള്ള ഓക്സിജന്റെ തോതു കുറയുമ്പോഴാണ് തകരാറു സംഭവിക്കുന്നത്. ഒരു മുങ്ങിക്കപ്പലിലുണ്ടായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന കാർബൺഡയോക്സൈഡിനെ ഒരു മഷിയെ മൂപ്പുകടലാസ്സെന്നവ്ധം, വലിച്ചെടുക്കുന്ന ചില രാസവസ്തുക്കൾ അതിന്നകത്തുണ്ട്. പകരം വായുവിൽ കുറേശ്ശയായി ഓക്സിജൻ ചേർക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

അപ്പക്കാരവും, വിനിഗറും ചേർത്തുണ്ടാക്കിയ കാർബൺഡയോക്സൈഡിന്റെ പ്രവർത്തനം കാണണമെങ്കിൽ ഒരു കത്തുന്ന മെഴുകുതിരിയുടെ നേരെ ആ ഗ്ലാസ് കമഴ്ത്തിപ്പിടിച്ചാൽമതി. വായുവിനേക്കാൾ തൂക്കംകൂടിയതാണ് കാർബൺഡയോക്സൈഡ് എന്നതുകൊണ്ട് ഗ്ലാസ് കമഴ്ത്തിപ്പിടിച്ചാൽ വെള്ളം ഒഴുകുന്നതുപോലെ കാർബൺഡയോക്സൈഡും ഒഴുകുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ജ്വാലകെടുന്നു. കാരണം ഓക്സിജനില്ലാതെ ഒന്നിന്നും കത്തുക വയ്യ.

ഇങ്ങിനെയുള്ള അനുഭവങ്ങളിൽനിന്നുവാം, വായു എന്നത് ഒരു വസ്തുവേ അല്ല എന്ന ധാരണയിൽനിന്നു് എല്ലാ വസ്തുക്കൾക്കും മൂലകാരണമായ നാല്പ ധാതുക്കളിൽ ഒന്നാണെന്നെ വിശ്വാസത്തിലെത്തിയതു്. ഭൂമി, വെള്ളം, അഗ്നി എന്നിവയായിരുന്നു മറ്റു മൂലധാതുക്കൾ.

അവർ ഇങ്ങിനെ വാദിച്ചു: ഒരു വടിയെടുക്കുക. ഈ വടിയ്ക്കുള്ളതും മേല്പറഞ്ഞ ധാതുക്കൾ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ടു്. ആ വടി കത്തിച്ചുവെന്നിരിക്കട്ടെ, ആദ്യം അഗ്നി കാണാം. ചതുർഭുതങ്ങളിലൊന്നാണല്ലോ അതു്. പിന്നീടു് പുകവരുന്നു. ഇതാണു് വായുവാരി കല്ലിച്ചിരിക്കുന്നതു്. വടിയുടെ ഒരറ്റത്തുനിന്നു് വെള്ളം ആവിയായിപ്പോകുന്നതു കാണാം. അവധാനം അവശേഷിക്കുന്നതു് ചാരമാണു്. മിക്കവാറും ഭൂമിയെപ്പോലിരിക്കും ഇതു്. ഇങ്ങിനെ ഓരോ വസ്തുവിലും ചതുർഭുതങ്ങളടങ്ങിയിരിക്കുന്നുവെന്നു് സാരം.

എന്നാൽ, ഇതുവക ധാതുക്കളെയൊന്നും ഒരു വടിയ്ക്കുള്ളതു കാണുന്നില്ല—പല ധാതുക്കളുടേയും ആറ്റങ്ങൾ ചേർന്നാണു് അതുണ്ടായിരിക്കുന്നതു്. ഭൂമി, വെള്ളം, വായു എന്നീ വസ്തുക്കൾചേർന്നുപല പ്രത്യേകതരം ആറ്റങ്ങളടങ്ങിയവയാണു്. ഭൂമിയിലെല്ലാം കൂടി 92 തരം ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടു്. ലോഹാദൃതിയിലുണ്ടാക്കാവുന്ന പ്രത്യേകതരം ആറ്റങ്ങളുണ്ടു്. എല്ലാകൂടി 101 തരം! ഇതിൽനിന്നു് പുതിയൊരു തത്വം വന്നു. ലോകത്തിലെല്ലാറ്റിന്നും മൂലകാരണം വെള്ളമാണെന്നായിരുന്നു. ചതുർഭുതസിദ്ധാന്തത്തിൽനിന്നാണു് ഈ തത്വം ഉണ്ടായതു്. മറ്റൊരു തത്വത്തിന്നും പ്രചാരം ലഭിച്ചു. റോബർട്ടു് ഹോയിലും മറ്റും ഈ തത്വത്തിലാണത്രെ വിശ്വസിച്ചിരുന്നതു്. ലോകത്തിലെ സർവ്വവസ്തുക്കളും ഉപ്പു്, ഗന്ധകം, രാസം എന്നീ മൂന്നു രാസവസ്തുക്കൾ ചേർന്നുണ്ടായതാണെന്നായിരുന്നു ആ പുതിയ തത്വം. ഇതു കേട്ടാൽ ഹാലിശമായി തോന്നും—എന്നാലത്രെ നിസ്സാരമാക്കിത്തള്ളാവുന്നതല്ല. ഒരു വസ്തു കത്തിക്കഴിഞ്ഞാൽ ബാക്കിയുള്ളതിനെയാണു് ഉപ്പു് എന്നിവർ പറഞ്ഞതു്. ഇങ്ങിനെ കത്തുമ്പോഴുണ്ടാവുന്ന ദ്രാവകങ്ങളെയാണു് ‘രസം’

എന്നു പറയുന്നതു്. ഒരു വസ്തുവിനെ കത്തിക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന ഭാഗത്തെയാണു് 'ഗ്രന്ധകം' എന്നു പറയുന്നതു്. ഇങ്ങിനെ ലവണ-രസ-ഗ്രന്ധക സിദ്ധാന്തത്തിന്നു ചില യുക്തിയെപ്പോഴുണ്ടായിരുന്നു. പക്ഷെ, ഇന്നു നമുക്കറിയാം, ഒരു വസ്തു കത്തുന്നതുപോലൊരുതരം ഒന്നും നഷ്ടപ്പെടുന്നില്ലെന്നു്. ഒരു വസ്തു കത്തിക്കുവാനുണ്ടായിട്ടുണ്ടാകുന്ന ചെറിയൊരു തൂക്കം നോക്കിയാൽ, കത്തിയ വസ്തുവിനെക്കാൾ അധികം തൂക്കമതിന്നുണ്ടെന്നു കാണാം. അപ്പോൾ തൂക്കം കുറയുകയല്ല, കൂടുകയാണു് ചെയ്യുന്നതെന്നു സാരം. ഒന്നും നഷ്ടപ്പെടുന്നില്ല. ചിലതെല്ലാം ചേരുകയാണു് ഉണ്ടായതു്—വായുവില്ലാത്ത ചില ആറ്റങ്ങളും മരത്തിലുള്ള ചില ആറ്റങ്ങളും കൂടിച്ചേർന്നു്—അതാണു് ജലായുവും അഗ്നിയുവും രൂപാന്തരപ്പെടുന്നതു്.

രസ-ഗ്രന്ധക-ലവണസിദ്ധാന്തത്തിനെ പൊളിക്കുവാൻ ചിലർ പരിശ്രമിച്ചു. എങ്കിലും ശാസ്ത്രലോകത്തിൽനിന്നുതിന്നു തന്റെ മാറ്റുവാനാക്കും കഴിഞ്ഞില്ല. രാസതന്ത്രശാസ്ത്രം ജാലവിദ്യയിൽനിന്നുളള ഉൽഭവമുണ്ടായിട്ടേ ഉണ്ടായിരുന്നുള്ളു—അന്നു പോലും.

'ഗോസ്' എന്ന വാക്കുതന്നെ അന്നത്തെ ആശയക്കുഴപ്പത്തിന്റെ ചിഹ്നമാണു്. ബോയിൽ ജനിക്കുന്നതിന്നും സുമാർ ഒരു നൂറ്റാണ്ടിനുമുമ്പു് ഒരു സ്വീറ്റ്സർലാണ്ടുകാരനായ ഡോക്ടർ (പേർ: തിയോഫ്രാസ്റ്റ് വോൺ ഹൊഹെൻപെറിൻ—Theophrast Von Hohenperin) വായു ഒരു ലഘുവസ്തുവല്ലെന്നും, പലതും കൂടിച്ചേർന്നുണ്ടായതാണെന്നും കണ്ടുപിടിച്ചു; കൂടിച്ചേർന്നതുമായി ഉള്ള 'കയസ്സ്' എന്ന വാക്കുണു് പിന്നീടു് 'ഗോസ്' എന്ന വാക്കായതെന്നുവേണം കരുതുവാൻ. ജെ. ബി. വാൻഹെൽമുണ്ടു് എന്നു പറയുന്ന ഒരു ബെൽജിയൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനും ഇതേ കാര്യംതന്നെ പറഞ്ഞു—ഘനപദാർത്ഥമോ, ദ്രവപദാർത്ഥമോ അല്ലാത്ത എന്തെല്ലാമോ ചേർന്നുണ്ടായതാണു് വായു എന്നുദ്വേദം പറഞ്ഞു.

'ഗോസ്' എന്ന വാക്കിന്റെ ഉത്ഭവത്തെപ്പറ്റി വേറെയും കഥകളുണ്ടു്. ചില ചില പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തുമ്പോൾ പെ

കുട്ടികളുടെ ഹിസ്റ്ററി

ട്ടെന്ന്, കണ്ണുകൊണ്ടു കാണാൻ പറ്റാത്ത ചില വാതകങ്ങൾ പെട്ടെന്ന് തീർപ്പിടിച്ചു് പൊട്ടിത്തെറികളുണ്ടായതായി പല ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും അനുഭവമുണ്ടായിരുന്നു. ഇതൊരതുട്ടുമായി അവർക്കു തോന്നി. ഏതോ 'ചെങ്കുത്താ'നാണ് ഇതിനു കാരണം എന്നാണവരിൽ ചിലർ വിശ്വസിച്ചതു്. 'ഗ്ലാസ്' എന്ന ഫ്ലൈമിഷ് വാക്കിനു് 'ചെങ്കുത്താൻ' എന്നാണർത്ഥം. ആദ്യം ഈ മാതിരി പൊട്ടിത്തെറികളുപയോഗിച്ചിരുന്ന 'ഗ്ലാസ്' എന്ന വാക്കാണ് പിന്നീടു് 'ഗ്ലാസ്' ആയതു്.

ബോയിൽ ഈ ആശയക്കുഴപ്പത്തിനു പിന്നിലെ അടിസ്ഥാന തത്വങ്ങളെന്തെന്ന് വ്യക്തമാക്കി. ചില ഗണിതശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ ഈ 'ഗ്ലാസ്'കളുടെ കാര്യത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ടു്. വിഴുന്ന വസ്തുക്കളെപ്പറ്റിയുള്ള ഗലീലിയോവിന്റെ ശാസ്ത്രീയ നിഗമനങ്ങൾ പോലെ, ചലിക്കുന്ന വസ്തുക്കളെപ്പറ്റിയും, ഭൂമിയുടെ ആകർഷണ ബലത്തെപ്പറ്റിയും ന്യൂട്ടൻ കണ്ടുപിടിച്ചതുപോലെ, ഗ്ലാസുകളിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന നിയമം ബോയിലും കണ്ടുപിടിച്ചു.

ഇവരെല്ലാം മനുഷ്യസമുദായത്തിനുവേണ്ടി എന്തു ചെയ്തു എന്ന് മനസ്സിലാക്കണമെങ്കിൽ അവരുടെ തൊട്ടു മുമ്പിലുള്ള കാലഘട്ടം മനസ്സിലാക്കണം.

പത്തുലക്ഷത്തോളം നിരപരാധികളായ മനുഷ്യർ മരണവാദികളെന്ന നിലയ്ക്കു്, മരത്തിന്റെ പേരിൽ കൊലചെയ്യപ്പെട്ടതു് അക്കാലത്താണ്. ലണ്ടനിൽനിന്നു് ശാരീരികമായ ഭേദ്യം ചെയ്തൽ ഒഴിവാക്കിയിട്ടുപോലും, ഇംഗ്ലണ്ടിൽ എത്രയോ പേർ, തങ്ങൾ നിരപരാധികളാണെന്നു് ഉരുവിട്ടുകൊണ്ടിരിക്കേണമെന്ന, അവസാനത്തെ ശ്വാസം വലിച്ചു. ഭേദ്യംചെയ്യുന്നതു് നിയമ വിധേയമായിരുന്നു. യൂറോപ്പിലാകട്ടെ, വേദന സഹിയാതെ, അവർ കുററം സമ്മതിച്ചു—പിന്നീടു് മരിച്ചു. അവരെ ജീവനോടെ കത്തിക്കുകയാണത്രെ ചെയ്തിരുന്നതു്. എങ്കിലും ഭേദ്യംചെയ്യുന്നതിനാലുണ്ടാവുന്ന കഠോരമായ വേദനയെക്കാളത്രയോ ഭേദം ഇതിനെ വെച്ചുവെക്കുന്നിടാവുകയായിരുന്നു. ഇങ്ങിനെ എത്ര

യെത്രയോ പേർ 'മന്ത്രവാദ'ത്തിന്റെ പേരിൽ കൊലചെയ്യപ്പെട്ട പത്തിരണ്ടു കൊല്ലത്തിനു പിന്നിലാണ് ആധുനികശാസ്ത്രത്തിന്റെ പതാകയുമായി ഗലീലിയോ, ന്യൂട്ടൻ, ബോയിൽ എന്നിവർ മുന്നോട്ടുവന്നത്. ഇവർ മൂന്നുപേരും ഉറച്ച മതവിശ്വാസികളായിരുന്നു. എങ്കിലും, ഗണിതശാസ്ത്രവും, ഘടനീശാസ്ത്രവുമുപയോഗിച്ച് പ്രകൃതിയിലെ സംഭവവികാസങ്ങൾക്ക് വിശദീകരണം നൽകാൻ അവർ കഴിഞ്ഞു—അങ്ങിനെ മന്ത്രവാദിസഹായമെന്ന രക്തപ്പുഴയൊഴുകലിൽനിന്ന് ലോകത്തെ രക്ഷിക്കുവാനും അവർ കഴിഞ്ഞു.

വേറെയും ആളുകൾ അക്കാലത്ത് ശാസ്ത്രത്തിന്റെ സമീപനമാർഗ്ഗം അംഗീകരിച്ചവരായുണ്ടായിരുന്നു. അവർ നടത്തിയ പഠനങ്ങളെത്തുടർന്നാണ് പിന്നീട് പല കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളും ഉണ്ടായത്. ശാസ്ത്രീയജ്ഞാനം വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ പുതിയ പുതിയ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങൾക്കുള്ള വഴിയും സുഗമമായിത്തീർന്നു. ഒരു കണ്ടുപിടുത്തത്തിനുശേഷം വാദി ഒരൊറ്റ ദൃഷ്ടിയാണെന്ന് പറയാനാകുന്ന സാധ്യമല്ല. നൂറുകണക്കിന്മുറകൾ ചെയ്തു പ്രവൃത്തിയുടെ ഫലമാണ് ഭാരോ കണ്ടുപിടുത്തവും എന്ന നില വന്നിരിക്കുന്നു.

ഗലീലിയോവിന്റെ ശിഷ്യനായ ഇറ്റാലിക്കാരൻ കോറിസെല്ലി (ഇദ്ദേഹമാണ് ബറോമീറ്റർ കണ്ടുപിടിച്ചത്), ഹൈന്ദുക്കാരനായ പാസ്കൽ (ഇദ്ദേഹം നിത്യരോഗിയായിരുന്നു, ദീർഘവയസ്സിൽ മരിച്ചു; മദ്യം ദ്രവങ്ങളെ എങ്ങിനെ ബാധിക്കുന്നു എന്നിദ്ദേഹമാണ് കണ്ടുപിടിച്ചത്), വാക്വം കണ്ടുപിടിച്ചു പോൺ ഗവീഷ് എന്ന ജർമ്മൻശാസ്ത്രജ്ഞൻ—ഇവരുടെയെല്ലാം പഠിക്കുന്നങ്ങളെത്തുടർന്നാണ് ബോയിൽ തന്റെ ഗവേഷണം തുടർന്നത്.

വസ്തുക്കൾക്കു ഭൂമിയോടുള്ള ബന്ധംകാരണമാണ് അവ കീഴെ വീഴുന്നതെന്ന് ആചാര്യനായ അരിസ്റ്റോട്ടിൽ പറഞ്ഞുവല്ലോ. അതുപോലെ അദ്ദേഹം വേറെവന്നുകൂടി പറഞ്ഞു. പ്രകൃതി ശൂന്യതയെ വെറുക്കുന്നുവെന്നും തികച്ചും ശൂന്യമായ ഒരവസ്ഥ സൃഷ്ടിക്കാൻ സാധ്യമല്ലെന്നുമാണ് അരിസ്റ്റോട്ടിൽ വാദിച്ചത്. ഗലീലിയോവിനുള്ള തെല്ലും മനസ്സിലായില്ല. ഇതോടുകൂടി ഒരു തൊഴിലാളി ഗലീ

ലിയോവിനോട് ചൊല്ലാൻ കാര്യം അദ്ദേഹം മറന്നു. ശുശ്രൂഷാപഥം (ചികിത്സ) സൃഷ്ടിച്ചുകൊണ്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഒരു പമ്പിന് 30 അടിയിലധികം ഉയരം ഉയർത്താൻ കഴിയില്ലെന്നുള്ളതും, ശുശ്രൂഷാപഥം വല്ലാതെ നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ ഗലീലിയോവിന് ഈ പ്രശ്നം പരിഹരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല; പക്ഷേ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശിഷ്യൻ ടോറിയെപ്പോലുള്ളവർ സാധിച്ചു.

ടോറിയെപ്പോലുള്ളവർ പരീക്ഷണം ചെയ്യാൻ കഴിയാതെ. ഒരു ഭാഗം അടച്ച ഒരു സ്പർശകങ്ങളിൽ രസം നിറച്ച് അതിനെ വിരൽകൊണ്ടടച്ച് രസം നിറച്ച മറ്റൊരു ചതുരത്തിൽ തല കീഴാക്കി വെക്കുക. സ്പർശകങ്ങളിൽ നിന്നും 10-20 മി. ഇഞ്ചു നീളമുണ്ട്. കഴലിൽനിന്ന് അല്പം രസം ചുവട്ടിലെ ചതുരത്തിലേക്കു കയറ്റുക. രസം കയറിത്തുടങ്ങിയ ഭാഗം തല കീഴാക്കിനിർത്തിയ കഴലിന്റെ മുകൾ ഭാഗം ഒരു ശുശ്രൂഷാപഥമാണ്. എന്താണ് കുറച്ച രസം കീഴോട്ടു വീഴാൻ കാരണം? സുമാർ 30 അംഗുലം ഉയരത്തിൽ കഴലിൽ രസം നില്ക്കാൻ കാരണമെന്ത്?

അടിസ്ഥാനപരമായ കഴലിന്റെ പരീക്ഷണത്തിൽ ഇങ്ങനെ പഠിക്കാൻ കഴിയും. കഴലിന്റെ അറ്റത്തു് ഒരു ശുശ്രൂഷാപഥമുണ്ടായിരുന്നെങ്കിൽ അതു കാരണം രസം വീഴാതെ നില്ക്കുന്നതെന്നും (കാരണം പ്രകൃതി, ശുശ്രൂഷാപഥം തുടങ്ങിയവയെല്ലാം) ആദ്യം അടിസ്ഥാനപരമായി വാദിക്കുക. ശുശ്രൂഷാപഥം ഉണ്ടാകാതെ ശക്തിയുണ്ടോ? എങ്കിലല്ലെ രസം വീഴാതെ നില്ക്കുകയുള്ളൂ? അങ്ങനെയൊന്നിൽ ശുശ്രൂഷാപഥത്തിന്റെ വികാസം കൂടുകയും അതിനു രസത്തെ പിടിച്ചുനിർത്താനുള്ള ആകർഷണ ശക്തിയും കൂടുകയല്ലേ? ഇതു പരിശോധിക്കാനായി, അതേമാതിരി മറ്റൊരു കഴലിനെ (പക്ഷേ, അടിഭാഗം ബാലൂണിന്റെ ഉപയോഗം ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്) പരീക്ഷണം നടത്തുക. ഇപ്പോഴും പഴയപോലെ തന്നെയാണോ കഴലിന്റെ? ശുശ്രൂഷാപഥം ഉണ്ടാകാതെ വെച്ചാൽ കഴലിന്റെ അടിഭാഗം മാത്രമേ കഴലിൽ നില്ക്കുന്നുള്ളൂ. ഇതിൽ ശുശ്രൂഷാപഥം ഉണ്ടാകാൻ രസത്തെ പിടിച്ചുനിർത്തുന്നതെന്നു കാരണമാണിത്.

പിന്നെ എങ്ങിനെയാണു് കൂടലിൽ രസം നില്ക്കുന്നതു്? ഏതോ ശക്തി, പുറമെനിന്നു് അതിനെ വീഴാതെ നിർത്തുന്നുണ്ടു്. അതേതു് ശക്തിയാണു്? പുറമെയുള്ള പാത്രത്തിലെ രസവിതാനത്തിനെ ഏതോ ശക്തി അമർത്തുന്നുണ്ടു്. ഈ ശക്തിയാണു് സ്ലിക്കിക്ഷലിലെ രസത്തിനെ താഴെ വീഴാതെ നിർത്തുന്നതു്—ഈ ഉച്ചാഹം ശരിയായിരുന്നു.

സ്ലിക്കിക്ഷലിന്റെ മുകളിലുള്ള ശൂന്യസ്ഥലം രസത്തിനെ അതിലേയ്ക്കുകഷ്ണിച്ചിരുന്നില്ല. നേരെ മറിച്ചു്, ആ ഭാഗത്തു വായുവിന്റെ തൂക്കം പ്രവർത്തിച്ചിരുന്നില്ല—കൂടലിന്റെ ആ ഭാഗം തുറന്നതായിരുന്നുവെങ്കിൽ, അവിടെയും വായുവിന്റെ തൂക്കം പ്രവർത്തിക്കുമായിരുന്നുവല്ലോ. അല്ലെങ്കിൽ, ആ ഭാഗത്തു് ഒരു ദ്വാരമുണ്ടാക്കി എന്നു വെറുക്കുക. പിന്നെ, കൂടലിൽ രസം നില്ക്കില്ല. അതു പാത്രത്തിലേയ്ക്കൊഴുകും. അപ്പോൾ ഈ പരീക്ഷണക്കൂടലിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തു് വായുവിന്റെ തൂക്കം പ്രവർത്തിക്കുന്നില്ല, മറ്റൊരു ഭാഗത്തു് പ്രവർത്തിക്കുന്നു—ഇതാണു് നില.

പാത്രത്തിലെ രസവിതാനത്തിന്റെ മീതെ വായുമണ്ഡലത്തിന്റെ—ഭൂമിയിൽനിന്നു് 250 മൈൽ ഉയരംവരെയുള്ള വായുമണ്ഡലത്തിന്റെ—തൂക്കം മുഴുവനും വന്നമർത്തുന്നുണ്ടു്. വായുവിന്നു് സ്വതവേ തൂക്കം കുറവാണെങ്കിലും, 250 മൈൽ ഉയരത്തിലുള്ള വായുവിന്റെ തൂക്കം നോക്കുമ്പോൾ, അത്ര നിസ്സാരമല്ല. ഭൂമിയുടെ ഭാരോ ചതുരശ്ര അംഗുലം സ്ഥലത്തും 14.7 റാത്തൽ തൂക്കമുണ്ടു്, വായുവിന്നു്. അതായതു്, ഭാരോ ചതു: അംഗുലം സ്ഥലത്തേയും 14.7 റാത്തൽവിതം വായു അമർത്തുന്നുണ്ടു്. വേറെ ഭാഷയിൽ പറഞ്ഞാൽ, ഭാരോ ചതു: അംഗുലത്തിന്നും 14.7 റാത്തൽ ശക്തിയുള്ളതുകൊണ്ടു് അതിന്നനുസരിച്ചു രസത്തെ പിടിച്ചുനിർത്താൻ കഴിയും. 30 അംഗുലം രസത്തിന്റെ തൂക്കം അതാണതാനും. കൂടലിൽ 30 അംഗുലത്തിലധികം രസമുണ്ടായിരുന്നുവല്ലോ. പക്ഷേ അത്രയും രസത്തെ മുഴുവനും വായുവിന്നു പിടിച്ചുനിർത്താൻ പറ്റില്ല. അതുകൊണ്ടു് കുറച്ചു രസം താഴെ വീഴുന്നു. വായുവിന്റെ

തുകവുമായി 'ബാലൻസ്'ചെയ്യാനാവശ്യമായ രസമാത്രമേ കഴലിൽ ബാക്കിയുള്ളൂ. അപ്പോൾ, കഴലിൽ രസത്തെ നിലനിർത്തുന്നത് വായുവിന്റെ തുകമേണം എന്നു തെളിയുന്നു.

രസത്തിനുപകരം വെള്ളമാണ് ഉപയോഗിച്ചത് എന്നുവെളിപ്പെടും. ചെറിയ കഴലിനു പകരം വലിയ കഴൽ വേണം. (രസത്തെക്കാൾ സാന്ദ്രതകുറഞ്ഞ വെള്ളമാണല്ലോ ഉപയോഗിക്കുന്നത്. അതിനനുസരിച്ച് കഴലിനു നീളം കൂടുതൽ വേണം.) വെള്ളം 32 അടി ഉയരത്തിലാണ് ആ നീണ്ട കഴലിൽ നിന്നത്. (രസം 30 അംഗുലം നിന്ന സ്ഥാനത്തു് വെള്ളം 32 അടി.) വായുവിന്റെ തുകക്കത്തിനെ 'ബാലൻസ്'ചെയ്യാൻ രസത്തെക്കാൾ എത്രയോ അധികം വെള്ളം വേണമെന്നു് ഇതിൽനിന്നു വ്യക്തമാകുന്നു. ഈ വ്യത്യാസത്തിനു കാരണമെന്തു്? രസത്തിന്റേയും വെള്ളത്തിന്റേയും സാന്ദ്രതയിലുള്ള വ്യത്യാസമണിതിനു കാരണം. 30 അംഗുലം രസവും, 32 അടി (38.1 അം.) വെള്ളവും ഏതാണ്ടു് ഒരേ തുകമാണു്. അപ്പോൾ, പുറമേയുള്ള ഒരേ ശക്തിയാണു് രസവേഗവും വെള്ളത്തേയും താങ്ങിനില്പുന്നതെന്നു വ്യക്തമാകുന്നു.

ടോറിസെല്ലി ഇതിന്റെയൊക്കെ കണക്കുകൂട്ടുവാൻ തുടങ്ങി. ഘന അംഗുലത്തിനു് 0.49 റാത്തലാണ് രസത്തിന്റെ തൂക്കം. ഇങ്ങിനെ 30 ഘന അംഗുലം രസമുണ്ടെങ്കിലതിന്റെ തൂക്കം $0.49 \times 30 = 14.7$ റാത്തലാവുമല്ലോ. ഇങ്ങിനെയാണു് ഒരു ചതു: അംഗുലം സ്ഥലത്തു നില്ക്കുന്ന വായുവിന്റെ തൂക്കം എന്താവുമെന്നു ടോറിസെല്ലി കണക്കുകൂട്ടിയതു്. ഇതിന്നുമനുതന്നെ ഗലീലിയോ, ഭൂമിയിൽവെച്ചു്, ഓരോ ചതു: അംഗുലത്തിലും എത്ര വായു നില്ക്കുന്നുണ്ടെന്നതിന്റെ തൂക്കം നോക്കിയിരുന്നു. 55 മൈൽ ഉയരത്തിൽ വായു ഉണ്ടെന്നാണു് അന്നു് കണക്കാക്കിയിരുന്നതു്. 55 മൈൽ മാത്രമേ വായുവുള്ളിവെങ്കിൽ ചതു: അംഗുലത്തിനു് 14.7 റാത്തൽ തൂക്കമുണ്ടായാൽ പോരെന്നു് (വായുവിന്റെ തൂക്കം ഒരേവിധമാണെങ്കിൽ) ടോറിസെല്ലി കണ്ടു. വായുവിനു് ഭൂമിയിലുള്ളതു തൂക്കം

മേല്ലോട്ടുപോകുംതോറും ഇല്ലെന്നാണ് ടോറിസെല്ലി കണ്ടുപിടിച്ചത്. ഇത് വാസ്തവമാണെന്ന് നമുക്കറിയാകയും ചെയ്യാം.

വായുവിന്റെ തൂക്കത്തിൽ ഇങ്ങിനെ വ്യത്യാസങ്ങൾ അളക്കുവാൻ ഒരു ഉപകരണം—ബറോമീറ്റർ—ഉണ്ടാക്കുവാൻ ടോറിസെല്ലി ആരംഭിച്ചു. വായുമണ്ഡലത്തിലെ വായുവിന് ചിലപ്പോൾ തൂക്കം കൂടുതലാണ്, ചിലപ്പോൾ കുറവാണ് എന്ന ഊഹനം മനസ്സിലാക്കിയിരുന്ന. അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കിയതാകട്ടെ, ശരിയായിരുന്നു. വരണ്ട വായുവിനാണ് നനഞ്ഞ വായുവിനേക്കാൾ തൂക്കം കൂടുതൽ, ഉഷ്ണവായുവിനേക്കാൾ തൂക്കം ശീതവായുവിനാണ്. ഒരു കൊടുങ്കാറ്റിനോടൊപ്പം ബറോമീറ്ററിലെ പാത്രത്തിലുള്ള രസവിതാനത്തിനേല്പുള്ള വായുവിന്റെ അമച്വ കുറവായതു കൊണ്ട് ബറോമീറ്ററിൽ രസത്തിന്റെ ഉയരം അല്പം കുറവായിരിക്കും. ഇവിടെ മർദ്ദം കുറവാണ് എന്നു നാം പറയാം. നല്ല കാലാവസ്ഥയുള്ളപ്പോഴാകട്ടെ, ഘനമുള്ള വായു ധാരാളമുള്ളതുകൊണ്ട്, പൊതുവെ വായുവിന്റെ മർദ്ദശക്തിയും വർദ്ധിച്ചിരിക്കും. രസസ്പന്ദത്തിന് അതിനനുസരിച്ചു നിളം കൂടുകയും ചെയ്യും. ഇങ്ങിനെ, ഒരു ബറോമീറ്ററിലെ രസസ്പന്ദം നോക്കി കാലാവസ്ഥ നിശ്ചയിക്കുവാൻ കഴിയും.

ടോറിസെല്ലി ഒരു ബറോമീറ്ററുണ്ടാക്കി. പക്ഷെ, അതിൽ അടയാളങ്ങൾ ഒളിഞ്ഞുപോകുകയും, പ്രായോഗികമായി അതുപയോഗപ്രദമല്ലെന്നു നിലവന്നു. ഇന്നാകട്ടെ, വിമാനങ്ങളിലും നിരീക്ഷണാലയങ്ങളിലും മറ്റും വളരെ കൃത്യമായി ക്രമീകരിക്കാവുന്ന തരത്തിലുള്ള ബറോമീറ്ററുകളാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

പാസ്കൽ (അന്നു ഫെബ്രുവരി 25 വയസ്സാണ്) ടോറിസെല്ലിയുടെ സിദ്ധാന്തം ശരിയാണെന്ന് ഒരിക്കൽകൂടി തെളിയിച്ചു—വായുമണ്ഡലത്തിന്റെ തൂക്കം കാരണമാണ് കൂഴലിൽ രസം നില്ക്കുന്നതെന്നതന്നെ. ടോറിസെല്ലി പറഞ്ഞതു ശരിയാണെങ്കിൽ, ഒരു പറ്റുതത്തിന്റെ മീതെ വെച്ചുണ്ടാക്കിയ ബറോമീറ്ററിലെ രസസ്പന്ദത്തിന്റെ നിളം കുറവാവണം. കാരണം, പാസ്കലിന്റെ മുകളിൽ

ലുള്ള വായുവിന്, സമുദ്രനിരപ്പിന്റെ മുകളിലുള്ളതു തുക്കമുണ്ടാവാ നിടയില്ലല്ലോ.

പാസ്സൽ ഒരു പരീക്ഷണത്തിനൊരുവട്ടു. ഒരു നഗരത്തിലെ താണുകിടക്കുന്ന ഒരു സ്ഥലത്തുവെച്ചു ടോറിസെല്ലിയുടെ രണ്ടു കഴലുകൾകൊണ്ടു ബറോമീറ്ററുണ്ടാക്കി. രണ്ടിലും ഒരേ ഉയരത്തിലാണ് രസം നിന്നിരുന്നതു്. പിന്നീടു, അതിലൊരു കഴൽ അവിടെത്തന്നെ വെച്ചു—അതിനൊരാളെ കാവലിനും നിർത്തി—മറ്റേ കഴലിനെ തൊട്ടടുത്തുള്ള ഒരു പവ്വതശിഖരത്തിലേയ്ക്കു കൊണ്ടുപോയി. അവിടെ, ബറോമീറ്ററിലെ രസസ്തംഭത്തിന്റെ നീളം ആദ്യമുണ്ടായിരുന്നതിലും മൂന്നുഗുണം കുറവായിരുന്നു. വീണ്ടും ബറോമീറ്റർ ഉയരമുള്ള സ്ഥലത്തേയ്ക്കു കൊണ്ടുപോയി. അതോടുകൂടി കഴലിലെ രസസ്തംഭത്തിന്റെ നീളം കുറയുവാനും തുടങ്ങി. ഒരു കോണിയുടെ ചുവട്ടിലും, കോണിയുടെ മുകളിലെ അറ്റത്തും ഇതേ പരീക്ഷണം ചെയ്തപ്പോൾ സ്വല്പം വ്യത്യാസം അതിന്നുമുണ്ടെന്നു പാസ്സൽ കണ്ടു.

ഇതേ തത്വമാണ് ഒരു വൈമാനികൻ തന്റെ വിമാനം എത്ര ഉയരത്തിലാണ് പറക്കുന്നതെന്നു കണ്ടുപിടിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നതു്. വിമാനം ഉയരംതോറും വായുമർദ്ദം കുറയുമല്ലോ. അതിന്നനുസരിച്ചു് വൈമാനികന്റെ മുമ്പിലുള്ള മീറ്ററിൽ എത്ര ഉയരത്തിലാണ് വിമാനം പറക്കുന്നതെന്നും കാണിക്കും. 10-12 അടിയുടെ വ്യത്യാസമേ ഉണ്ടാവുകയുള്ളുവത്രെ. മേഘങ്ങൾക്കുള്ളിലൂടെ യാത്രചെയ്യുമ്പോൾ തന്റെ വിമാനം പവ്വതങ്ങളിലോ മറ്റോ മുട്ടുമോ എന്നു് തീരുമാനിക്കുന്നതും ഈ 'ആൾട്രിമീറ്റർ' (ഉന്നതിനോക്കുന്ന യന്ത്രം) നോക്കിയിട്ടാണ്.

എന്നാലും ചിലപ്പോൾ പെട്ടെന്ന് വായുമർദ്ദം കുറഞ്ഞ ഒരു സ്ഥലത്താവും വിമാനം ചെന്നുപെടുന്നതു്. അല്ലെങ്കിൽ, വിമാനം പറക്കുന്നതോടുകൂടിത്തന്നെ വായുവിന്റെ മർദ്ദം മാറിയെന്നുവരാം. വായുമർദ്ദം ചുരുങ്ങിയാൽ (ഈ കൊടുങ്കാറ്റിനു മുമ്പു്) ആൾട്രിമീറ്ററിൽ നോക്കിയാൽ, വിമാനം എത്ര ഉയരത്തിലാണോ യഥാർത്ഥ

ത്തിലുള്ളതു് അതിലും ഉയരത്തിലാണു് പറക്കുന്നതെന്നാവും കാണുക. 1000 അടി ഉയരത്തിലാണെന്നു തോന്നും; വാസ്തുവത്തിൽ 500 അടി മാത്രം ഉയരത്തിലാവുകയും ചെയ്യും. ഇത്തരം ബാബുരങ്ങളിൽ ആരംഭമിററൻ തെറിയിലുണ്ടാകുന്നു. അതു തടയാൻ, വിചാരിച്ചാൽ ഉയരത്തിലെ ബറോമീറ്ററിലെ മട്ടുമെന്തെന്നു ചൈമാനികനെ റേഡിയോസന്ദേശംമുഖേന യഥാവസരം അറിയിക്കുന്നു. ഇതിന്നുസരിച്ചു് ആരംഭമിററൻ പ്രവർത്തനം ഒന്നു നിർത്തുകയും, വീണ്ടും തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ ഒരു വിധം കൃത്യമായ വിവരം ലഭിക്കുന്നു.

ജർമ്മനിയിലുള്ള വോൾഗാർക്കു്, ടോറിസെല്ലിയുടെയും, പാസ്കലിയുടെയും തത്ത്വങ്ങൾ പഠിച്ചു് വെള്ളംകൊണ്ടുള്ള ഒരു ബറോമീറ്ററുണ്ടാക്കി. അദ്ദേഹം തന്റെ വീടിന്റെ ചുറ്റുപാടിൽ 34 അടി നീളത്തിൽ ഒരു കൂഴൽ ഘടിപ്പിച്ചു. കൂഴലിന്റെ മുകൾ ഭാഗവും പിച്ചുള്ളകൊണ്ടായിരുന്നു. അടച്ച ഭാഗംമാത്രം നീളത്തിലൊരു സ്റ്റിക്കിടുകയും, അടിയിലെ തുറന്നഭാഗം ഒരു വെള്ളത്തൊട്ടിയിലും ആയിരുന്നു. കാലാവസ്ഥ നന്നായിരുന്നപ്പോൾ വെള്ളത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ വായുവിന്റെ തൂക്കം വന്നമർത്തി—കൂഴലിലെ വെള്ളത്തിന്റെ നിരപ്പുയർന്നു. കൂഴലിന്റെ ഉള്ളിലുള്ള വെള്ളത്തിൽ മനുഷ്യന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള ഒരു പാവ പാറിക്കളിച്ചിരുന്നു. നല്ല കാലാവസ്ഥയുള്ളപ്പോൾ സ്റ്റിക്കിടുകൾലിന്നകത്തു് ഈ പാവയെ കാണാം—ചുറ്റുപാടുമുള്ളവക്കിതൊരു രസമായിരുന്നു. മഴപെയ്യുമ്പോഴൊക്കെ, (കൂഴലിലെ വെള്ളം സ്വാഭാവികമായും താഴെ) പാവയെ ഒട്ടുകാണുകയുമില്ല.

ഈ തമാശയുള്ള ബറോമീറ്ററുണ്ടാക്കിയതിലല്ല ഗറിക്കിന്റെ പ്രശസ്തി കിടക്കുന്നതു്. അദ്ദേഹത്തിന്റെ ‘ഫ്ലൂർപ്പറു’ പ്രസിദ്ധമാണു്. ഒരു പ്ലീയിൽ വെള്ളം നിറച്ചു്—അതിലൊട്ടും വായുവില്ലെന്നും പുറമെനിന്നു വായു കടക്കുകയില്ലെന്നുമുള്ള നിലയ്ക്കു് അതു് അടച്ചുറപ്പാക്കി. അതിനെ ഒരു പമ്പുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചു. എന്നിട്ടു് വെള്ളം പമ്പുചെയ്യാൻ തുടങ്ങി. വെള്ളം നീക്കംചെയ്

സ്കൂൾ പിന്നെ, ചിപ്പയിൽ നന്നുണ്ടാവില്ലല്ലോ. അതൊരു ശൂന്യ സ്ഥലമായിരിക്കുമല്ലോ. എന്നാൽ, വെള്ളം നീക്കംചെയ്യുന്നതോടുകൂടി, ചിപ്പയുടെ ആണികളും മറ്റും ഇളകാൻ തുടങ്ങി. കാരണം പുറമെനിന്നെന്നോ ശക്തി അതിനെ ഭയങ്കര ബലത്തോടുകൂടി അമർത്തുന്നുണ്ടായിരുന്നു. അവസാനം എത്ര ശക്തിയുള്ള ആണികൾക്കും പീപ്പിയ്ക്കുകയോ വായു കടക്കുന്നതിനെ തടയാൻ കഴിഞ്ഞില്ലെന്നു പറഞ്ഞാൽ മതിയല്ലോ.

പക്ഷേ, ഗറിക്ക് അങ്ങിനെ വിടുന്ന കൂട്ടത്തിലായിരുന്നില്ല. വലിയൊരു പീപ്പിയ്ക്കുകയോ ചെറിയൊരു പീപ്പി വെച്ചു. ചെറിയ പീപ്പിയിൽ നിറച്ചുണ്ടായിരുന്ന വെള്ളം പമ്പുചെയ്തു കളയാൻ തുടങ്ങി. അപ്പോഴേക്കും പുറമെയുള്ള പീപ്പിയിൽനിന്നുള്ള അമച്ച കാരണം ചെറിയ പീപ്പി പൊട്ടിപ്പൊളിയുവാൻ തുടങ്ങി. മരത്തിന്നുപകരം ലോഹംകൊണ്ടുള്ളൊരു ഗോളം ഉപയോഗിച്ചു. വെള്ളം നീക്കംചെയ്തതോടുകൂടി, വലിയൊരു ശബ്ദത്തോടെ അത് പൊട്ടിത്തകന്നു.

ഇന്നും ഇതേ പരീക്ഷണം പല മോട്ടോറിസ്റ്റുകളും വേറൊരു നിലയ്ക്കു ചെയ്യുന്നുണ്ട്. ഓറിന്റെ പെട്രോൾസാങ്കിൽനിന്നു് പെട്രോൾ പമ്പുചെയ്തു എഞ്ചിനിലേയ്ക്കു പോകുമ്പോൾ അതിന്നകത്തുള്ള വായു അടയ്ക്കുകയോ കടക്കണമല്ലോ. അതിനായി പെട്രോൾസാങ്കിന്റെ മുകളിലോ അടുപ്പിനേലോ മറ്റൊരു ഒരു ചെറുസൂഷിരം ഉണ്ടായിരിക്കും. ഈ ദ്വാരം അടഞ്ഞാൽ വായുവിന്നു് അങ്ങോട്ടു് കടക്കാൻ കഴിയാതെവരികയും, സാങ്കിൽനിന്നു പെട്രോൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നതോടുകൂടി, സാങ്കിന്റെ അടി പരക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരാൾ ഒരു വലിയ പുതിയ കാർ വാങ്ങി. അതിന്റെ സാങ്കിൽ വളരെ കുറച്ചു പെട്രോൾമാത്രമേ കൊണ്ടിരുന്നുള്ളൂ. കണക്കുനോക്കിയപ്പോൾ ഒരു ഗ്യാലനും 97 മൈൽ വണ്ടി ഓടിയതായും കണ്ടു. അയാൾ അതുതപ്പെട്ടു. പത്രക്കാരെ വിളിച്ചു വിവരം പറഞ്ഞു. പക്ഷേ, ഒരു മെക്കാനിക്സ് വന്നു് പുതിയ കാർ പരിശോധിച്ചപ്പോഴേങ്ങും ഹാർവ്വെ മാസ്റ്റർമാരുതു്. സാങ്കിന്റെ അടിഭാഗം പരന്നായ

ന്റ മിക്കവാറും മേൽഭാഗത്തോട് തൊട്ടുരുന്തിയിരുന്ന. പിന്നെ എങ്ങിനെ ടാങ്കിൽ പെടോടുകൊള്ളാനാണു്?

ഗറിക്ക് പിന്നെയും ചില ഗോളങ്ങളുണ്ടാക്കി വായുമർദ്ദത്തെ ധിക്കരിക്കുവാൻതന്നെ തുടങ്ങി. ലോഹംകൊണ്ടുള്ള രണ്ടു് അർദ്ധ ഗോളങ്ങൾ ചരസ്സരം ഘടിപ്പിച്ചു്, അതിനകത്തുള്ള വായു നീക്കം ചെയ്തു. ഇതിനായി പ്രത്യേകതരത്തിലുള്ള പമ്പു് ശരിക്കു് ഉണ്ടാക്കിയിരുന്നു. പിന്നീടു് രണ്ടു ഭാഗത്തും എട്ടെട്ടു കുതിരകളെ നീർത്തി ഈ അർദ്ധഗോളങ്ങളെ അകറ്റുവാൻ കഴിവുചോ എന്നതിനു് അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടും വലിപ്പിച്ചു. വായുവിന്റെ മർദ്ദം അർദ്ധ ഗോളങ്ങളെ അകറ്റാതെ നിർത്തിയിരുന്നതു് എങ്കിലും, പതിനാറു കുതിരകൾക്കുപോലും അതിനെ ജയിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞില്ല എന്നു പറഞ്ഞാൽ മതിയല്ലോ.

ബോയിൽ തന്റെ പരീക്ഷണം നടത്തുമ്പോൾ—വായുമർദ്ദത്തെപ്പറ്റി—ടോറിസെല്ലിയിൽനിന്നും, പാസ്കലിൽനിന്നും, ഗറിക്ക്കിൽനിന്നും വളരെയേറെ വിവരങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നു. എന്നാൽ വാതകങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചുള്ള സാധുത്വനിയമം കണ്ടു പിടിച്ചതു ബോയിൽ ആണു്—ഇതാണു് നിയമം. ഉണ്ണുത സ്ഥിരമായിരിക്കെ മർദ്ദം കൂടുംതോറും വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം (Volume) കുറയുന്നു.

ഇതിനായി ടോറിസെല്ലിയുടേതുപോലെത്തന്നെ ഒരു ലഘു പരീക്ഷണമാണു് ബോയിലും നടത്തിയതു്. അദ്ദേഹവും നിണ്ടു സ്റ്റിക്കുകൾ ഉപയോഗിച്ചതു്. എന്നാൽ സ്റ്റിക്കുകൾക്കുപോലും അടച്ച ഭാഗത്തെ അദ്ദേഹം വളച്ചെടുത്തു. 'P' വിന്റെ ആകൃതിയിലായി കഴൽ. അതിന്റെ ഒരു വാൽ ചെറുതും, മറ്റേ വാൽ വലുതുമായിരുന്നു. ചെറിയ വാലിന്റെ അറ്റം അടയ്ക്കുകയും ചെയ്തിരുന്നു.

കുഴലിന്റെ വളവിൽ അദ്ദേഹം രസമൊഴിച്ചു. കുഴലിന്റെ കുഴലിയിലായിട്ടു ചെയ്തതു്. ഇങ്ങിനെ, വളവിൽ, സമനീരപ്പിൽ രസം നില്ക്കുന്നതുവരെ ഒഴിച്ചു. രണ്ടു വാലിലും ഒരേനീരപ്പിലാണു്

രസം നിലുനന്നത്. ഇതിനർത്ഥം രണ്ടു ഭാഗത്തുമുള്ള വായുവിന്റെ മർദ്ദം ഉല്പാദനം എന്നാണല്ലോ. പുറമെയുള്ള വായുമർദ്ദം പരീക്ഷണസമയത്തു് 20 അംഗുലമായിരുന്നു. (ബറോമീറ്ററിന്റെ റെഡിംഗ് സെൽസിയസ് 29 അംഗുലം ഉയരമുണ്ടായിരുന്നുവെന്നു് സാരം.)

ഇങ്ങിനെ ഇരുഭാഗത്തും രസം ഒരേവലവലിൽ നിലുനന്നാകാൻ രണ്ടു ഭാഗങ്ങളിലുമുള്ള ബിന്ദുക്കൾ അദ്ദേഹം അടയാളപ്പെടുത്തി. ഭാരോപശത്തും ഉണ്ടായിരുന്ന സ്റ്റെയിച്ചിൽനിന്നു് പുതു നിരപ്പിലാണു് രസം നിലുനന്നതെന്നു് മനസ്സിലാക്കാമായിരുന്നു.

പിന്നീടു് കഴലിന്റെ തുറന്ന ഭാഗത്തുകൂടി ബോയിൽ രസം ഒഴിക്കുവാൻ തുടങ്ങി. ഇതോടുകൂടി ആ ഭാഗത്തുള്ള രസത്തിന്റെ മർദ്ദം കാരണം അടച്ച ഭാഗത്തുള്ള രസവിതാനം ഉയർന്നു. അതിനനുസരിച്ചു് ആ കഴലിന്റെ അറ്റത്തുണ്ടായിരുന്ന വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം കുറയുകയും ചെയ്തു. കഴലിനടുത്തുപെട്ട വായുവിന്നു് രക്ഷപ്പെടാൻ കഴിഞ്ഞിരുന്നില്ലല്ലോ. ഇങ്ങിനെ, ആ ഭാഗത്തുള്ള വായുസ്പന്ദത്തിന്റെ നിലം ആദ്യം ഉണ്ടായിരുന്നതിന്റെ പകുതിയാകുവോളം തുറന്ന ഭാഗത്തു രസമൊഴിച്ചു. സ്റ്റെയിച്ചിൽനിന്നു് രസവിതാനങ്ങളുടെ കണക്കെടുത്തു. നോക്കിയപ്പോളെന്തു കണ്ടു? തുറന്ന ഭാഗത്തു് 29 അംഗുലം രസമാണു് നിലുനന്നതു്. അതായതു് വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം പകുതിയായതു് മർദ്ദം ഇരട്ടിച്ചപ്പോഴാണു്. ആദ്യം ഉണ്ടായിരുന്ന വായുമർദ്ദം 29 അംഗുലത്തേക്കുകൂടി, രസത്തിന്റെ 29 അംഗുലത്തിന്റെ മർദ്ദവുമകൂടിയായപ്പോഴാണു് അടച്ച കഴലിലെ വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം പകുതികണ്ടായതു്.

മർദ്ദം ഇരട്ടിയായപ്പോൾ വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം പകുതിയായി. വീണ്ടും തുറന്ന കഴലിൽ 29 അംഗുലംകൂടി രസമൊഴിച്ചപ്പോൾ—അങ്ങിനെ ആദ്യമുണ്ടായിരുന്നതിന്റെ മൂന്നിരട്ടി മർദ്ദം വർദ്ധിച്ചപ്പോൾ—വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം മൂന്നിലൊന്നായി കുറയുകയും ചെയ്തു.

ഇങ്ങിനെ രസത്തിന്റെ നിലംകൂടി മർദ്ദത്തിൽ വ്യത്യസ്തം വരുന്നതുകൊണ്ടും, വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം കുറിച്ചുകൊണ്ടും ചെയ്തു

കൊണ്ട് ബോയിൽ പല പരീക്ഷണവും നടന്നി. തന്റെ ഉഴവറം ശരിയായിരുന്നുവെന്ന് കൂടുതൽ വ്യക്തമായി. വായുമർദ്ദം വായുവിന്റെ വ്യാപ്തത്തെ പ്രതിലോമക്രമത്തിലാണ് ബാധിക്കുന്നത്. അതായത്, മറ്റൊരുനിലയ്ക്കു പറയുകയാണെങ്കിൽ, മർദ്ദവും വ്യാപ്തവും തമ്മിലുള്ള ഗുണനഫലം സ്ഥിരമായിരിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന്: മർദ്ദം 4-ം, വ്യാപ്തം 2-ം, ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇവയുടെ ഗുണനഫലം $4 \times 2 = 8$ ആണ്. മർദ്ദം പകുതികണ്ട് ചുരുക്കിയെന്ന് കരുതുക. (4-ൽനിന്ന് 2 ആയി.) വ്യാപ്തം ഇരട്ടിയായും. (2-ൽനിന്ന് 4 ആയും.) ഇപ്പോഴും മർദ്ദം (2). വ്യാപ്തം (4). ഇവയുടെ ഗുണനഫലം 8 തന്നെ. ഇങ്ങിനെ ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി ഒരു വായുവിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന മർദ്ദവ്യത്യാസമെത്രയെന്നറിഞ്ഞാൽ അതിന്റെ വ്യാപ്തത്തിലെത്ര വ്യത്യാസമുണ്ടായി എന്നറിയാം. അഥവാ, വ്യാപ്തത്തിലാണ് വ്യത്യാസം വരുന്നതെങ്കിൽ, മർദ്ദവ്യത്യാസം കണക്കാക്കാം. വാതകങ്ങളുടെ ഭൗതികനിയമം ഇങ്ങിനെയാണ് ബോയിൽ ആവിഷ്കരിച്ചത്.

മേല്പറഞ്ഞതു ശരിയാവണമെങ്കിൽ ഒരു ഉപാധിയുണ്ട്. ഉണ്ണുത സ്ഥിരമായിരിക്കണം. ഉണ്ണുത കൂടുമ്പോൾ വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം കൂടുകയും ഉണ്ണുത കുറയുമ്പോൾ വ്യാപ്തം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. ബോയിലിനുശേഷം, ഒരു നൂററാണ്ടു കഴിഞ്ഞപ്പോൾ, ജാക്സ് അലക്സാണ്ടർ ചാറത്സ് എന്ന ഹൈബ്രിഡ് ശാസ്ത്രജ്ഞൻ വായുവിന് ഉണ്ണുതയുണ്ടാക്കുന്ന വ്യത്യാസമെന്തെന്ന് കണക്കാക്കി. മദ്ദം സ്ഥിരമാക്കിനിത്തിയാൽ പൂജ്യം ഡിഗ്രിയിലുള്ള വ്യാപ്തത്തെ അപേക്ഷിച്ച് ഓരോ ഡിഗ്രി കൂടുകോറും (സെൻറിഗ്രേഡ്) $\frac{1}{73}$ ഭാഗം വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം കൂടുകയും ഓരോ ഡിഗ്രി കുറയുമ്പോൾ $\frac{1}{73}$ ഭാഗം വ്യാപ്തം കുറയുകയും ചെയ്യുമെന്ന് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു.

ബോയിലിന്റെ നിയമവും, ചാറത്സിന്റെ നിയമവും കൂട്ടിച്ചേർത്തു പ്രയോഗിച്ചാൽ—ഇതിനോടു തൊട്ടുനില്ക്കുന്ന ഇതരനിയമങ്ങളും ഉപയോഗിച്ചാൽ—ഒരു ഏഞ്ചിൻ, റോക്കറ്റ്, കാർ എഞ്ചിൻ എന്നിവയിൽ ഇവ എങ്ങിനെയാണു പ്രവർത്തിക്കുന്ന

തെന്ത് കാരണം. ഇതിനു പറ്റിയവിധം യന്ത്രങ്ങളെ ആസൂത്രണം (ഡിസൈൻ) ചെയ്യാനും കഴിയും. വൈദ്യുതപാതക റെഗുലേറ്ററുകളിൽ വായുവിന്റെ വ്യാപ്തം വർദ്ധിപ്പിക്കുമ്പോഴാണ് (വ്യാപ്തം കൂടുമ്പോൾ ഉഷ്ണത കുറയുന്നു) അവ തണുക്കുന്നത്. ഉഷ്ണതയുള്ള വായു നിറച്ച ബല്ലുകൾ പൊന്തുന്നത്, ഉഷ്ണവായുവിന്റെ വ്യാപ്തം കൂടുമ്പോൾ ഉണ്ടായെന്നു കരുതണം. ആവിഎഞ്ചിനുകളോടാൻ കാരണം സിലിണ്ടറിന്മേലുള്ള കയറിയ ആവിയുടെ മട്ടം കാരണം പിസ്റ്റൺ അമർത്തപ്പെടുന്നതു കാരണമാണ്.

വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം ചുരുക്കുമ്പോൾ എന്തിനെയാണ് കഴലിന്റെ നേരെയുള്ള മട്ടം വർദ്ധിക്കുന്നതെന്ന് മനസ്സിലാക്കുവാൻ വിഷമമില്ല. ബോയിൽ, ന്യൂട്ടൻ, ഗലീലിയോ എന്നിവരെല്ലാം തന്നെ പഴയ (എങ്കിലും, വേണ്ടത്ര അംഗീകരിക്കപ്പെടാത്ത) അറോമിക് സിദ്ധാന്തത്തിലേയ്ക്കാണ് ചെന്നെത്തിയത്. ഏതു വസ്തുവും അണുനിർമ്മിതമാണെന്ന തീർപ്പിൽ അവരെത്തി.

ഈ ചെറിയ അണുക്കളാകട്ടെ സദാ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്നും അംഗീകരിക്കപ്പെടുവാൻ തുടങ്ങി. വാതകങ്ങളും ഈ മാതറി സൂക്ഷ്മാണുക്കളാൽ നിർമ്മിതമാണ്. എല്ലാ ഭാഗത്തേയ്ക്കും ഉപവേഗത്തിൽ ഈ അണുക്കൾ പാഞ്ഞുപോകുന്നു. നമ്മുടെ വായുവിലുള്ള ഓക്സിജന്റെ അണുക്കൾക്ക് (ഉദാഹരണമായിപ്പറഞ്ഞാൽ) മണിക്കൂറിൽ 1000 ചെൽ വേഗമുണ്ട് ചലനത്തിന്. പരസ്പരം മുട്ടിയും മറും ഈ അണുക്കളുടെ ചലനദിശയും വേഗവും വ്യത്യസ്തപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. കിട്ടിയ സ്ഥലത്തേയ്ക്കെല്ലാം അവ ചലിക്കുന്നു.

ഇതേ അണുക്കൾ വന്ന് ഒരു പാത്രത്തിന്മേലടിക്കുമ്പോഴാണ് മട്ടം അനുഭവപ്പെടുന്നത്. പാത്രത്തിന്റെ വലിപ്പം ചുരുങ്ങിയാൽ അണുക്കൾ കൂടുതൽ അടുത്തടുത്താവുമല്ലോ നില്ക്കുന്നത്. ഇതിന്റെ ഫലമായി അണുക്കൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടലും പാത്രത്തിന്റെ പാർശ്വങ്ങളിലേയ്ക്കുള്ള കൂട്ടിമുട്ടലും അധികമാവുകയും ചെയ്യും. ഇതാണ്

കൂടിയ മദ്ദത്തിന്നു കാരണം. ഉണ്ണുത്തിന്നും ഇതുണ്ടാക്കാം—പക്ഷെ, അണുക്കളുടെ ചലനവേഗം വർദ്ധിച്ചിട്ടുണ്ടെന്നുമാത്രം.

ഒരു വാതകത്തിലെ ഓരോ അണുവും എങ്ങിനെയെല്ലാമാണ് പെരുമാറുന്നതെന്ന് കണ്ടുപിടിക്കാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ സാധ്യമല്ല. എന്നാൽ കോടികോടിക്കണക്കിലുള്ള അണുക്കൾ കൂടിച്ചേർന്നാൽ അവയ്ക്കുള്ള പൊതുസ്വഭാവങ്ങളെന്തൊക്കെയാണെന്ന് പ്രവചിക്കാൻ കഴിയും—സംഭാവ്യതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ (പ്രാസ്സലിന്റെ ഗണിതശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തമാണിത്) ഇത് ഗണിച്ചെടുക്കാൻ കഴിയും.

ബോധിലിന്റെ നിയമം ഈ അണുക്കൾ ചില ചില സാഹചര്യങ്ങളിലെങ്ങിനെയാണെന്ന് പെരുമാറുന്നതെന്നതിനെപ്പറ്റിയാണ്. ഒരേ പാഠസ്ഥിതിയിൽ ഒരേമാതിരിയെയാണ് പെരുമാറും—ചില അണുക്കൾ വേഗത്തിലും, ചിലവ പതുക്കെയും ചലിക്കുന്നുണ്ടാവാം, അവയുടെ ദിശയ്ക്കും വ്യത്യാസമുണ്ടാവാം—എങ്കിലും പൊതുവെയുള്ള പെരുമാറ്റം മിക്കവാറും ഒരേവിധമാണ്.

ഇതേ പദ്ധതികളുപയോഗിച്ച് മനുഷ്യസ്വഭാവം കണ്ടുപിടിക്കാനാവുമോ എന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പരിശോധിച്ചുവരുന്നു. ഒരു പ്രത്യേകസ്ഥിതിയിൽ നമ്മുളിലോരോരുത്തരും എന്തെന്തു ചെയ്യുമെന്ന് കൃത്യമായി പ്രവചിക്കുവാൻ വയ്ക്കുകിലും, മാനവസമുദായത്തിനെയൊക്കെയെടുത്താൽ എങ്ങിനെയാണെന്ന് ഓരോ സന്ദർഭത്തിലും മനുഷ്യൻ പൊതുവായി പെരുമാറുകയെന്ന് പറഞ്ഞുകൂടെ? ഇതു ഭാവിയിലൊരു ശാസ്ത്രശാഖയായിത്തന്നെ വളർന്നുകൂടെന്നില്ല.

സയൻസിന്റെ പുരോഗതിക്ക് ഗംഭീരമായൊരു സംഭാവനയാണെന്ന് ബോധിലിന്റെ നിയമം നല്കിയത്. പല രഹസ്യങ്ങളുടേയും താക്കോലുകളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് ചെറിയ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളാണ്. കാണാത്ത പല മണ്ഡലങ്ങളുമാണ് പ്രകൃതിയുടെ ആ സ്വകാര്യമുറിക്കൊതുത്ത് കാണുന്നത്. ന്യൂട്ടൻ ബോധിൽ നിയമം ഉപയോഗിച്ച് ശബ്ദത്തെ സ്തംബമായിച്ചുള്ള അദ്ദേഹ

ത്തിന്റെ തരംഗസിദ്ധാന്തത്തിലേത്തി. വ്യത്യസ്ത പദാർത്ഥങ്ങളിൽ ഉള്ള ഏതു വേഗത്തിലാണ് ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്നും ഈ നിയമത്തെ ആസ്പദിച്ചു ന്യൂട്ടൻ കണക്കാക്കി. പിന്നീടുള്ള പരീക്ഷണങ്ങൾ ന്യൂട്ടന്റെ കണക്കുകൂട്ടൽ ശരിയായിരുന്നുവെന്ന് തെളിയിക്കുകയുണ്ടായു.

64 വയസ്സിലാണ് ബോയിൽ മരിച്ചത്. ഫിസിക്കിനു പുറമെ, ശരീരശാസ്ത്രത്തിലും ബോയിൽ ശ്രദ്ധചെലുത്തി. എന്നാൽ ആ പരമദയാലുവിന് ജന്തുക്കളെ കിറാനും മുറിക്കുവാനും ഇഷ്ടമില്ലാതിരുന്നതിനാൽ ശരീരശാസ്ത്രപരീക്ഷണങ്ങൾ പുരോഗമിച്ചില്ല!

രണ്ടു കാര്യങ്ങളിലാണത്രെ ബോയിൽ അഭിമാനംകൊണ്ടത്. കെമിസ്ട്രിയിലുള്ള അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിലും, തന്റെ കലീനതയിലും!

ബോയിലിന്റെ ശവകുടീരത്തിലെ കല്ലിന്മേൽ കൊത്തി വെച്ചിരിക്കുന്ന വാക്കുകളിതാണ്: “കെമിസ്ട്രിയുടെ പിതാവും, കോർപ്പറേഷന്റെ അമ്മാവനും ഇവിടെ കിടക്കുന്നു!”

ദ്രവനിലത്താനീയം

ദ്രവങ്ങളും, വാതകങ്ങളും പല കാര്യത്തിലും ഒരേമാതിരിയാണ്. രണ്ടും പാത്രത്തിൽ മാത്രം എടുക്കാവുന്നവയാണ്; രണ്ടിനുമില്ല പ്രത്യേകിച്ചു രൂപവും, വടും, മൂക്കുമൊന്നും; ചില നിയമങ്ങൾ ദ്രവങ്ങൾക്കും, വാതകങ്ങൾക്കും പൊതുവെ ബാധകമാണ്.

എന്നാൽ ഒരു വലിയ വ്യത്യാസമുണ്ട്. വാതകങ്ങളെ ഉയർന്ന മട്ടുചേർത്തോടിച്ചു് ഞെക്കിത്തടക്കി വളരെക്കുറച്ച സ്ഥലത്തിനകത്തൊതുക്കിനിർത്താം. എന്നാൽ ദ്രവങ്ങളെ ഇത്രയ്ക്കു് ധീകം മട്ടി ചെ്യാതുക്കുകവയ്യ. ബോയിൽ നിയമം വാതകങ്ങൾക്കു മാത്രമേ ബാധകമാവൂ. ദ്രവങ്ങൾക്കു് അതു പററില്ല. ഒരു ഗാലൻ വായുവിനെ അര ഗാലൻ മാത്രം കൊള്ളുന്ന ഒരു പാത്രത്തിലാക്കാൻെള്ളപ്പമാണ്. ബോയിൽ നിയമപ്രകാരം മട്ടും ഇരട്ടിച്ചാൽ മതിയല്ലോ (അപ്പോൾ വ്യാപ്തം പകുതിയാവും). എന്നാൽ, ഒരു ഗാലൻ വെള്ളത്തെ അര ഗാലൻ മാത്രം കൊള്ളുന്ന ഒരു കുപ്പിയിലാക്കുകവയ്യ. ഇതിനുവേണ്ടിയുള്ള ഏതു ശ്രമവും പരാജയപ്പെടുകയേ ഉള്ളൂ.

എന്നാൽ, മൗലികമായി വാതകങ്ങൾക്കുള്ള നിയമം ദ്രാവകങ്ങൾക്കും യോജിക്കും. വാതകങ്ങളെയെന്നപോലെ ദ്രവങ്ങളേയും ബാധിക്കുന്ന നിയമമാണ് മട്ടും എല്ലാ ഭാഗത്തേയ്ക്കും സമമായി പ്രേഷണംചെയ്യപ്പെടുന്നുവെന്നതു്. (പാസ്കലാണ് പർവ്വതശിഖരത്തിലെ മട്ടും അടിവാരത്തിലുള്ളതിനേക്കാൾ കുറവാണെന്നു് തെളിയിച്ചതു്.)

പാസ്കൽ ഇതിനായി ഒരു പ്രത്യേകതരം ഉപകരണം നിർമ്മിച്ചു. വലിയൊരു പാത്രവുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി ചെറിയൊരു കുഴലുണ്ട്—മിക്കവാറും കിണ്ടിയുടെ മുരൽപോലെ. വലിയ പാത്രത്തിൽ വെള്ളമൊഴിച്ചാൽ, അതിലെത്ര ഉയരത്തിൽ വെള്ളം നില്ക്കുന്നുണ്ടോ, അത്രതന്നെ ഉയരത്തിൽ ചെറിയ കുഴലിലും വെള്ളം നില്ക്കുന്നു. ഒരു കാപ്പിക്കിണ്ടിയെടുത്തു നോക്കിയാൽ മതി—അതിനകത്തുള്ള വെള്ളത്തിന്റെ ഉയരംതന്നെയാവും മുരലിനകത്തും.

ഇതിലെന്താണിത്ര അതുതത്തിനവകാശം?—എന്നു ചോദിക്കാം. അതാണാദ്യം തോന്നുക. വെള്ളം ഒരേ നിരപ്പിലാവാൻ ശ്രമിക്കുന്നുണ്ടെന്നത് ഒരു പച്ചപ്പരമാർത്ഥമല്ലേ? പാത്രത്തിനകത്തുള്ള വെള്ളത്തിന്റെ തൂക്കം കാരണമാണ് വെള്ളം മുരലിലേയ്ക്കു കുന്നത്. എന്നാൽ മുരലിലുള്ളതിനേക്കാൾ അധികം വെള്ളമുണ്ടല്ലോ പാത്രത്തിൽ? അതിനാൽ, പാത്രത്തിലുള്ള വെള്ളത്തിന്റെ തൂക്കമാവും അധികം. ആ നിലയ്ക്ക് മുരലിലേയ്ക്കു വെള്ളത്തെ തള്ളിവിടുകയല്ലേ വേണ്ടതു്? എന്നാലല്ലേ, രണ്ടുവശത്തുള്ള വെള്ളം തൂക്കത്തിൽ സമതുലനാവസ്ഥയിലാവുകയുള്ളൂ?

പാസ്കൽ ഇതു ഭംഗിയായി വിശദീകരിച്ചു. വെള്ളത്തിന്റെ മട്ടും അതിന്റെ ആഴംതൊ ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നത് എന്നദ്ദേഹം കാണിച്ചു. ഒരു ഘനയംഗുലം (ക്യൂബിക് ഇഞ്ച്) വെള്ളത്തെക്കാൾ ഇരട്ടി തൂക്കമുണ്ടല്ലോ, രണ്ടു ഘനയംഗുലം വെള്ളത്തിന്നു്. ഒന്നിന്റെ (ഘനയംഗുലം വെള്ളത്തിന്റെ) മുകളിലാണ് മറെറൊരു ഘനയംഗുലം വെള്ളം നില്ക്കുന്നതെങ്കിൽ, അടിയിൽ തൂക്കം അധികമാവുമല്ലോ. ഒരംഗുലം ആഴത്തിലുള്ള വെള്ളത്തിന്റെ ഇരട്ടി തൂക്കമുണ്ടാവുമല്ലോ രണ്ടംഗുലം ആഴത്തിലുള്ള വെള്ളത്തിന്നു്. അപ്പോൾ ആഴത്തിന്നനുസരിച്ചു് മട്ടും വ്യത്യസ്തപ്പെടുന്നു.

ഇതു പരീക്ഷിച്ചറിയാൻ കഴിയും. ഒരു തകരപ്പാത്രമെടുത്തു് അതിന്റെ പാർശ്വങ്ങളിൽ പല ഉയരത്തിൽ ദ്വാരങ്ങളുണ്ടാക്കുക. പാത്രത്തിൽ വെള്ളമൊഴിച്ചാൽ എന്തു കാണാം? ഏറ്റവും അടിയിലുള്ള ദ്വാരത്തിലുടയാൻ ഏറ്റവും ശക്തിയായി വെള്ളം

പാസ്കൽ സ്കൂളിനുള്ളിലായിരുന്നു, ഒരേ പാത്രത്തിന് വിവിധ ഭക്ഷണങ്ങളുണ്ടാകാൻ, ഭാര്യ ഭർത്താവിനുള്ള വെള്ളം തൊട്ടടുത്തതിനെ നോഡിങ്ങിനുള്ളിലൂടെ കാരണം, ഭക്ഷണങ്ങളുടെ ആകൃതിയുപയോഗിച്ച്, ആരമാണല്ലോ, പ്രശ്നം.

ഇനി പാസ്കലിന്റെ പാത്രമെടുക്കുക. അതിലുള്ള ചെറിയ കുഴലിന്റെ തുടക്കത്തിലുള്ള മർദ്ദം അതിന്റെ മീതെയുള്ള വെള്ളത്തിന്റെ തുടക്കത്തിന് സമാനം.

പാസ്കലിന്റെ പാത്രത്തിലും, ഒരു കാപ്പിക്കിടയിലും ഇത്തരം ഒന്നുണ്ടാകാൻ സാധിക്കുന്നതാണ്. പാത്രത്തിലുള്ള മർദ്ദം കാരണമാണ് തൊട്ടടുത്തുള്ള കുഴലിൽക്കൂടിയും മേലിൽക്കൂടിയും വെള്ളം കയറുന്നതാണ്. ചെറിയ കുഴലിൽ വെള്ളമുയരുന്നതിന് ഒരു കണക്കുണ്ട്. മർദ്ദത്തെ സമതുലനം ചെയ്യാനെന്നത്ര ഉയരണമോ, അത്രയും ഉയരം വെള്ളത്തിന് എഴുവഴിയിൽ തിരിയാം—അതു ബാസ്കൂളിന്റെ ഒരു പ്രത്യേകതയാണല്ലോ.

ഒരു ചെറിയ പാത്രത്തിന്റെ അടിയിൽ ആണിക്കൊണ്ടു ഒരു ദ്വാരമുണ്ടാക്കുക. വെള്ളം നിറച്ച ഒരു തൊട്ടിയിലേയ്ക്കും, അടിഭാഗം വെള്ളത്തിൽ മുക്കിക്കൊടുക്കണം, ആ പാത്രത്തെ അമർത്തുക. വെള്ളത്തിന്റെ മേല്പോട്ടുള്ള മർദ്ദശക്തി കാരണം, ദ്വാരത്തിൽകൂടി വെള്ളം ശക്തിയായി കയറുന്നതു കാണാം. നാലംഗുലം വരെയാണ് ചിന്ത വെള്ളത്തിൽ താഴ്ന്നിരിക്കുമ്പോൾ എങ്കിൽ സമാർത്ഥം നാലംഗുലമുള്ള ഒരു ധാരയായിട്ടാണ് വെള്ളം ചിന്നിക്കൊണ്ടു കയറുന്നതു.

ഒരു കാപ്പിക്കിടയിൽ നിറച്ച വെള്ളമുണ്ട്. അതിന്റെ മേൽ ഒരു പാത്രം കെട്ടിയിടുന്നു. മേലിലുള്ള വെള്ളത്തെ തള്ളി നീക്കിയാണ് അപ്പു നില്ക്കുന്നതു. ഇപ്പോൾ പാത്രത്തിലുള്ള വെള്ളത്തിന്റെ മർദ്ദത്തിന് അല്പം സമതുലനം വന്നിരിക്കുന്നു. ഇതിനെ ചിന്തയിൽ അപ്പു തന്നെയായ ഒരു മർദ്ദം ചെലുത്തുന്നുണ്ട്. അതിനാൽ അപ്പുവില്ലെങ്കിൽ—അതായത് സ്വന്തം കുറച്ചു മർദ്ദം പ്രയോഗിക്കാൻ അപ്പുവിനെ കഴിയില്ലെങ്കിൽ—അപ്പു മേ

ലിൽ നില്ക്കുകയെന്നുവരികിൽ. ഇങ്ങിനെ അടപ്പിൽനിന്നുണ്ടാവുന്ന മർദ്ദവും വെള്ളത്തിന്റെ എല്ലാഭാഗത്തും വ്യാപിക്കുന്നു.

ഇതു കരളെടുക്കി വൃക്കതരായി തെളിയിക്കുവാൻ ഒരു കുപ്പിയിൽ നിറച്ചു വെള്ളമൊഴിക്കുക. അതു കോർക്കുകൊന്നു മർത്തി അടയ്ക്കുക. ചിന്നിട്ട് ഒരു റാഗർകൊണ്ടു കോർക്കിപ്പോലെന്നു കിട്ടാൽ ആ ശക്തി കുപ്പിയുടെ നാനാഭാഗത്തെയും വെള്ളം വ്യാപിപ്പിക്കുന്നു. റാഗർ ശക്തിയിലാണു കോർക്കിപ്പോലെന്നു കിട്ടാതെങ്കിൽ (കോർക്കിന്റെ വിധി 1/2 ചതു: അംഗുലമെന്നിരിക്കട്ടെ), ചതു: അംഗുലമെന്നു 10 റാഗർകൊണ്ടു തോരിലാണിതു പ്രവർത്തിക്കുക. കുപ്പിയ്ക്കുപുറത്തുള്ള വിസ്തൃതി 80 ചതു: അംഗുലമാണെങ്കിൽ 800 റാഗർ ശക്തിയാണതു കുപ്പിയ്ക്കുപുറത്തുണ്ടാകുന്നതു്. കുററമല്ല; റാഗർകൊണ്ടുള്ള മൊറിയെഴുതി കുപ്പിയെ തകർക്കുന്നു. ഈ പരീക്ഷണം അല്പം സൂക്ഷിച്ചു ചെയ്യണം. കുപ്പിപ്പുല്ലുവിടേണ്ടുചിന്നിപ്പോലും ചിന്നിപ്പിതരതല്ലോ.

ഒരു തന്ത്രംകൂടി പാവുൽ കണ്ടുപിടിച്ചു: ഒരു ദ്രവത്തിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലവും, അതു ചാത്രത്തിന്നുണ്ടാക്കുന്ന തള്ളിച്ചലും തമ്മിലുള്ള ഗണിതശാസ്ത്രപരമായ ബന്ധം. ചെറിയ ശക്തിയെ വലുതാക്കാനിതുകൊണ്ടു കഴിയുമെന്നും പാവുൽ കണ്ടു. വലിയ ഭാരങ്ങളെ ഉയർത്താനൊതുക്കുവാണിതു് ഉപയോഗിച്ചുകൂടാ:

ഏറോപ്പെയർ ഉയർത്താനുള്ള യന്ത്രങ്ങൾ വിമാനത്താവളങ്ങളിലും, കസാലകൾ ഉയർത്താനുള്ള ഫ്യൂച്ചറുകൾ ബാർബർസല്ലുണ്ടു കളിലും, ഹർ ഉയർത്താനുള്ള യന്ത്രങ്ങൾ വർഷോപ്പകളിലും ഉണ്ടല്ലോ. ഇവയെല്ലാം വെള്ളത്തിന്റെ ശക്തികൊണ്ടാണു് പ്രവർത്തിക്കുന്നതു്. ഇവയെ “ഹൈഡ്രോളിക്” യന്ത്രങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. റാഗർകൊണ്ടുള്ള “ഹൈഡ്രോളിക് ബ്രേക്കു”കളുണ്ടു്—ഇതേ തന്ത്രം പ്രയോഗം പ്രവർത്തിക്കുന്നവയാലിട്ടു്.

കുപ്പിക്കിടങ്ങിയുടെ മേലിലെ അടപ്പു് ഏതുവിധം പ്രവർത്തിക്കുന്നുവോ, അതേ മട്ടിലാണു് മേൽപറഞ്ഞ യന്ത്രങ്ങളും പ്രവർത്തിക്കുന്നതു്. കിണ്ടിക് അടപ്പിടുന്നതിന്നു പകരം, ഒരു വിസ്തൃണം

അതിന്റെ മീതെ ഒരു തൂക്കക്കുട്ടിയുമാണുള്ളതെന്നു വെണ്ണുക. പിസ്താൻ നിലുന്നതു് ഓണ്ടിയുടെ ജലനിരപ്പിലാണു്. 10 ചതുരശ്രമാണു് ചതുരത്തിലെ വെള്ളത്തിന്റെ വിസ്താരമെന്നു വെണ്ണുക. മുരലിലിടുന്ന തൂമ്പിൽ 10 റാത്തൽ ശക്തിയാണുള്ളതു്. മുരലിന്റെ വിസ്താരം ഒരു ചതുരശ്രമാണെന്നു ഇരിക്കട്ടെ. ഓരോ ചതുരശ്രമാണു് വെള്ളം ക്യാപ്പിക്കിണ്ടിയിലെ (10 ചതുരശ്രമാണു്) വെള്ളത്തെ അമർത്തുന്നു. അങ്ങിനെ 10 റാത്തൽ പാതിരട്ടി ശക്തിയിലാണു് പുറത്തേയ്ക്കു പ്രവർത്തിക്കുന്നതു്. മുരലിന്റെ വിസ്താരം 1 ചതുരശ്രമാണെന്നു പകരം $\frac{1}{4}$ ചതുരശ്രമാണെന്നു കിൽ അതിലേറുളള 10 റാത്തൽ ശക്തികൊണ്ടു് 400 റാത്തൽ ശക്തിയെ ഉയർത്താമെന്നു വരുന്നു. ചതുരത്തിന്റെ വിസ്താരം 1000 ചതുരശ്രമാണെന്നുകിൽ, പിന്നേയും പാതിരട്ടി, അതായതു് 4000 റാത്തൽ ഭാരത്തെ ഉയർത്താൻ സാധിക്കുന്നു—സുമാർ 2 ടൺ.

10 റാത്തൽ തൂക്കമുള്ള ഒരു കുട്ടി മരടി ഉയർത്താനൊരുപക്ഷെ, പല തവണ നമുക്കു കഴിയും. എന്നാൽ, 10,000 റാത്തലുള്ള കുട്ടിയെ ഒരിക്കലേകിലും മരടി ഉയർത്താൻ നമുക്കു കഴിയൂ. അങ്ങിനെ ചെയ്യണമെങ്കിൽ പ്രത്യേകം യന്ത്രങ്ങളുപയോഗിക്കണം. ഇതിന്നു് “ഹൈഡ്രോളിക് ജാക്ക്” എന്നു പറയുന്നു.

ഹൈഡ്രോളിക് ജാക്കിൽ വെള്ളത്തിന്നു പകരം എണ്ണയാണുപയോഗിക്കുന്നതു്. വെള്ളമായാലും, എണ്ണയായാലും തത്ത്വം ഒന്നുതന്നെ. ഒരു വിമാനത്തിലാണെന്നുകിൽ വൈമാനികൻ ഒരു വാറമ്പു തുറന്നുവിടും—ഉടൻ ഹൈഡ്രോളിക് ജാക്കു് പ്രവർത്തിക്കുവാൻ തുടങ്ങുകയായി. എണ്ണ സിലിണ്ടറിലേയ്ക്കു കടക്കുവാനാവശ്യമായ മട്ടും അതിന്നുവരുത്തുളള ഭാഗിൽപമ്പിൽനിന്നു്—യന്ത്രത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തും എണ്ണ എത്തിച്ചേരാനാണു് പമ്പു്—ലഭിക്കുന്നു. പിടി അമർത്തുമ്പോൾ സിലിണ്ടറിലേയ്ക്കു് എണ്ണ കയറുന്നു. ഈ എണ്ണ പുറുവാധികം ശക്തിയോടുകൂടി വലിയ പിസ്താണെ ചെയുന്നതുതന്നെ. ഭാരം താഴ്ന്നതുകൊണ്ടു് വാറമ്പു തുറക്കണമെന്നുമാത്രം. എണ്ണ തിരിച്ചു് ടാങ്കിലേയ്ക്കുതന്നെ ഒഴുകുന്നു. വാറമ്പു് സ്ഥിതി

ചെയ്യുന്ന ദ്വാരം ചെറിയതായതുകൊണ്ട് എണ്ണ പതുക്കെമാത്രം രക്ഷപ്പെടുന്നു—അതോടുകൂടി ചിസ്താബ് താഴുകയും ചെയ്യുന്നു.

പാസ്കാലിന്റെ നിയമപ്രകാരമാണ് കാനിലെ റൈസ്രോളിക് ബ്രെക്കം, റൈസ്രോളിക് സീറം എന്നെല്ലാം പ്രവർത്തിക്കുന്നത്— അടച്ചുറപ്പായ ചാതുരതിലെ ദ്രവത്തിന്റെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന മർദ്ദം മൊറല്ലാ ബിന്ദുക്കളിലേയ്ക്കും തുല്യശക്തിയോടെ പ്രേഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്നാണ് നിയമം. ഒരു റൈസ്രോളിക് ജാക്കിന്റെ സിലിണ്ടറിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ, ചിസ്താബിലെ ശക്തിയിലമർന്നാണോ അത്രതന്നെ അമർച്ചവരുന്നതാണ്.

പാസ്കാലിന്റെ പരീക്ഷണങ്ങൾ വളരെക്കാലം മുമ്പ് ആർക്കിമിഡീസ് കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ സഹായിച്ചു. രണ്ടായിരം കൊല്ലം മുമ്പ് ജീവിച്ച ഗ്രീക്ക് ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു ആർക്കിമിഡീസ്. വെള്ളത്തിൽ മുക്കിക്കിടക്കുകയോ, വെള്ളത്തിൽ മുക്കിക്കിടക്കുകയോ ചെയ്യുന്ന ഒരു വസ്തുവിനെ വെള്ളം മേല്പോട്ടു തള്ളുന്നുണ്ടെന്നും, മേല്പോട്ടുള്ള ഈ തള്ളിച്ചപ്പോൾ ആ വസ്തു സ്ഥാനാന്തരം വരുത്തുന്ന വെള്ളത്തിന്റെ തൂക്കവും തുല്യമായിരിക്കുമെന്നാണ് ആർക്കിമിഡീസ് കണ്ടുപിടിച്ചത്.

മുക്കിക്കിടക്കുന്ന ഒരു കല്ലിന്റെ തൂക്കം വെള്ളത്തിൽ കുറഞ്ഞതായി നമുക്കു തോന്നുന്നില്ലേ? ഒരു കല്ലിനെ ഒരു റബ്ബർചരടുകൊണ്ട് വെള്ളത്തിലാഴ്ത്തിയാൽ വായുവിൽ റബ്ബർചരടിന്റെ വലിപ്പം വെട്ടുപോലോ അത്ര വലിപ്പമില്ലാത്തതായിരിക്കുന്നില്ല. കേൾക്കൂ മറ്റു കാര്യങ്ങളായി തോന്നുന്നു. ഇതിനെ ഉണ്ടാക്കുന്ന തൂക്കനഷ്ടത്തിന് കാരണം വെള്ളം ആ വസ്തുവിനെ മേല്പോട്ടു തള്ളുന്നതാണ്. ഇതിന് കാരണവും വ്യക്തമാണ്. ഒരു കല്ലു വെള്ളത്തിലാഴ്ന്നു കിടക്കുന്നതായിരിക്കുന്നതുകൊണ്ട് അതിന്റെ മുക്കംഭാഗത്തും കീഴ്ഭാഗത്തും വെള്ളം അതിനെ അമർത്തുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ ചുവട്ടിലാണ് അമർച്ച കൂടുതൽ. കാരണം, ആഴം കൂടുന്നതോടും അമർച്ചയും കൂടുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി അടിയിൽനിന്നു മുകളിലേയ്ക്കും അതിനെ ഉത്തരവായി തോന്നുന്നതാകുന്നു.

തുകത്തിലനുഭവപ്പെടുന്ന ഈ വ്യത്യാസവും, ആ കല്ല് ഏതു വെള്ളത്തെ സ്ഥാനദ്രംശം ചെയ്യുമോ അതിന്റെ തൂക്കവും കൂട്ടിയാണ്. ചതുരാകൃതിയിലുള്ള ഒരു കല്ലിന്റെ മീതെ ഒരു വെള്ള തുണിയിട്ടുണ്ട്. അതിന്റെ വെള്ളത്തിന്റെ അളവ് ചതുരം അടിക്കൂട്ടി (62.1) ന്റെ അളവായിരിക്കും. കല്ലിന് മേൽ കട്ടിയാണുള്ളതെങ്കിൽ, കല്ലിന്റെ അടിഭാഗത്തിനുമീതെ രണ്ടടി വെള്ളമുണ്ടാവും. ഇതിന്റെ ചതുരം അടിക്കൂട്ടി 121.8 ന്റെ അളവായിരിക്കും. ഈ വ്യത്യാസമാണ് കല്ലിന്റെ തൂക്കം കുറയ്ക്കുന്ന എന്ന തോന്നലുണ്ടാകുന്നത്. ആ വസ്തുവിന്റെ വായുവില്ലാത്ത തൂക്കം 100 ന്റെ അളവായിരിക്കും (അതിന്റെ നിളയും വീതിയും കട്ടിയും മറ്റൊരു അടിയാണെന്നു വെല്ലുഴക്കം) വെള്ളത്തിലതിന്റെ തൂക്കം (62.1) ന്റെ അളവായിരിക്കും.

എന്നാൽ 62.1 ന്റെ അളവ് കുറഞ്ഞ ഒരു വസ്തു (അതിന്റെയും നിളയും വീതിയും കട്ടിയും മറ്റൊരു അടിയാണെന്നെങ്കിൽ) വെള്ളത്തിൽ താഴുകയില്ല. തൂക്കം അതിലധികമുണ്ടാകിൽ മാത്രമേ അതു വെള്ളത്തിൽ താഴുകയുള്ളൂ.

അതേതു വായു നിറച്ച ഉരുക്കുകൊണ്ടുള്ള ഒരു ബോട്ടിന്റെ ഘനം അടിക്കൂട്ടി തൂക്കം (62.1) ന്റെ അളവ് കുറഞ്ഞതാണെന്നു വെള്ളത്തിൽ പറിക്കുകയും. അസംഖ്യമസംഖ്യം കണ്ട് തൂക്കമുള്ള കല്ലുകളുടെ സമുദ്രത്തിൽ പറിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതും ഇക്കാരണത്താലാണ്. അവയുടെ തൂക്കത്തിനനുസരിച്ചുള്ള വെള്ളത്തിന്റെ സ്ഥാനദ്രംശം ചെയ്തിട്ടും അവ മുമ്പുവെന്ന് മുങ്ങിയിരിക്കുകയില്ലല്ലോ.

ഒരു ഘനമുള്ള വസ്തുവിന്റെ തൂക്കം (62.1) ന്റെ അളവായിരിക്കും, അതു വെള്ളത്തിന്റെ തൂക്കത്തിന് തുല്യമാണ്. അത്തരം ഒരു വസ്തുവിനെ വെള്ളത്തിനടിയിൽ തള്ളിയാൽ, എത്രത്തോളം തള്ളിയെന്നോ, അതിന്റെ അളവ് നോക്കും. അതിന്റെ നിയമം താഴെകൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. പൊതുവെ കല്ല്, അതേതു വെള്ളം കയറുകയും, വെള്ളമുള്ളതു കളയുകയും ചെയ്യുമെങ്കിൽ മുങ്ങിക്കുഴപ്പമുണ്ടാകും ഈ നിയമം മറ്റൊരു സ്ഥിതിയിൽ പോകാൻ കഴിയും. മുങ്ങിക്കുഴന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ അതിൽ വെള്ളം കയറാനും, കയ

ററിയ വെള്ളം നിക്ഷേപിച്ചെന്നും കഴിയും. എത്ര പിഴ്ചോട്ടു പോയാലും (100 അടി വെള്ളത്തിലായാലും 1000 അടിയിലായാലും) മുങ്ങിക്കുപ്പിലിന്റെ മുകൾഭാഗവും, അടിഭാഗവും തമ്മിൽ വരുന്ന വ്യത്യാസത്തിനനുസരിച്ച മാത്രമാണല്ലോ തുക്കം കുറയുന്നതു്. അങ്ങിനെ, യന്ത്രങ്ങൾകൊണ്ടു് വെള്ളം കയറിയീട്ടും, കളഞ്ഞിട്ടുമാണു് മുങ്ങിക്കുപ്പിലിന്നു വെള്ളത്തിൽ പൊങ്ങാത്തേയും, താഴാരേയും പിടിക്കാൻ കഴിയുന്നതു്.

എല്ലാ ദിശകളിലേയ്ക്കും തുല്യമായിട്ടാണു് ദ്രവത്തിലൊരമ്പിന്ദുവിലെ മർദ്ദം പ്രേഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതെന്നു ചാസ്സിലിന്റെ നിയമവും, ചൊന്നിക്കിടക്കുന്ന (വെള്ളത്തിലാഴ്ന്നു കിട്ടി) വസ്തുക്കൾക്കു സംഭവിച്ചു എന്നു തോന്നുന്ന തുക്കനാച്ചും അതു സ്ഥാനഭ്രംശം ചെയ്യുന്ന വെള്ളത്തിന്റെ തുക്കത്തിന്നു തുല്യമായിരിക്കുമെന്ന ആർക്കിമിഡിസിന്റെ സിദ്ധാന്തവും ദ്രവങ്ങൾക്കും വാതകങ്ങൾക്കും ബാധകങ്ങളാണു്. അതുപോലെത്തന്നെ ദ്രവ-ബാഹ്യങ്ങളുടെ ചലനത്തെപ്പറ്റിയുമുണ്ടാരു സിദ്ധാന്തം—ബർണൂലിയുടെ തത്വം.

ഡാനിയൽ ബർണൂലി 1700-ൽ സ്വീറ്റ്സർലാണ്ടിലെ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ഒരു കൂടുംബത്തിൽ ജനിച്ചു. തന്റെ കൂടുംബക്കാരാധികവും ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരായിരുന്നവെങ്കിലും വൈദ്യശാസ്ത്രം ചാിക്കാനാണു് തുടങ്ങിയതു്. പക്ഷെ, ആ കിട്ടിപ്പുതാലുര്യം വൈദ്യശാസ്ത്രത്തിലായിരുന്നില്ല—ഗണിത—ഭൗതികശാസ്ത്രങ്ങളിൽതന്നെയായിരുന്നു. ൪2 വയസ്സുവരെ ജീവിച്ച ബർണൂലി സയൻസിന്നു് ചല സംഭാവനകളും നല്കി.

വിമാനം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന്നു് 200 കൊല്ലംമുമ്പു് അതു പറക്കുന്നതിന്റെ കാരണമെന്തെന്നു് ബർണൂലി മനസ്സിലാക്കി. വിമാനം കണ്ടുപിടിച്ച സാങ്കേതിക വിദഗ്ദ്ധന്മാർക്കുപോലും എന്തു കാരണംകൊണ്ടാണു് തങ്ങൾ നിർമ്മിച്ച വിമാനം വായുവിൽ പറക്കുന്നതെന്നു പറയാൻ കിടക്കാലം കഴിയേണ്ടിവന്നു. പിന്നീടു്

ബർബറിലൂടെ തപം വായിച്ചു ഒരാളാണ് വിമാനം പറക്കുന്നതിന്റെ കാരണം കണ്ടുപിടിച്ചത്.

ഒരു ഉപരിതലത്തിൻമീതെ ദ്രവങ്ങളോ ബാഷ്പങ്ങളോ ചലിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിൽ, ചലനാവേഗം കൂടുംതോറും അവ ഉപരിതലത്തിലുണ്ടാകുന്ന മർദ്ദം ചുരുങ്ങിച്ചുരുങ്ങിവരുന്നു—ഇതാണ് ബർബറിലൂടെ തപം. തടിച്ച കഴലുകൾക്കിടയിലുള്ള വിസ്താരം ചുരുങ്ങിയ കഴലിൽ കൂടി സ്വാഭാവികമായും വെള്ളം കുറേക്കൂടി വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുമല്ലോ. എന്നാലും കഴലിനേലുള്ള വെള്ളത്തിന്റെ പാർശ്വമർദ്ദം വിസ്താരമുള്ള കഴലിലുള്ളതിനേക്കാൾ കുറവാണ്—അവിടെ വെള്ളത്തിന്റെ വേഗം കുറയുമെങ്കിലും. രണ്ടു കഴലിലും ഓരോ ദ്വാരങ്ങളാക്കിയാൽ പാർശ്വമർദ്ദം എവിടെയാണധികമെന്നും, എവിടെയാണ് കുറവെന്നും ബോധ്യപ്പെടും. വിസ്താരം കുറഞ്ഞ കഴലിലെ ദ്വാരത്തിൽ കൂടി വരുന്നതിനേക്കാൾ ശക്തിയിൽ വിസ്താരം കൂടിയ കഴലിൽ കൂടി വെള്ളം തള്ളിവരുന്നു.

ഇതിന് ലഘുവായ വേറെ ഒരു തെളിവ്: ഒരു കടലാസുകണ്ണത്തിൽ ഉതുക. ഒരറ്റം ചുണ്ടിന്റെ ചുവടെ പിടിച്ചുവെക്കുക. കടലാസ്സു ചൊതുങ്ങുന്നു. വേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്ന കാരണം കടലാസ്സിന്റെ മീതെയുള്ള മർദ്ദം ചുവട്ടിലുള്ള നീശ്ചലമായ വായുവിന്റെ വേഗത്തേക്കാൾ കുറവായതുകൊണ്ടാണിങ്ങനെയുള്ളതെന്നോ കടലാസ്സു ചൊതുങ്ങുന്നത്. വായുമാസലത്തിലെ വായുവാണ് കടലാസ്സിനെ മേല്പോട്ടു ചൊന്തിക്കുന്നത്.

ഒരു വിമാനത്തിന്റെ ചിറകിനും ഇതുതന്നെയാണു സംഭവിക്കുന്നത്. ചിറകിന്റെ മുകൾഭാഗം അല്പം കമാനാകൃതിയിലാണ്. അതിനുചുറ്റും വായുവിനു പരക്കണമെങ്കിൽ കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കണം. വായുവിന്റെ ഈ വേഗക്കൂട്ടൽ ആ ഭാഗത്തെ മർദ്ദം ചുരുക്കുന്നു. ചിറകിന്റെ മുകളിൽ മർദ്ദം കുറവും, ചുവട്ടിൽ മർദ്ദം കൂടുതലും ആവുന്നു. ഇതുകാരണം ചിറകിന്റെ അടിയിൽ മേല്പോട്ടുള്ള ഒരു തള്ളൽ അനുഭവപ്പെടുന്നു. പക്ഷികളുടെ ചിറകുകളുടെ കർവ്വതയിലും ഇതുതന്നെയാണു സംഭവിക്കുന്നത്.

ഒരു ക്രിക്കറുപതു വളഞ്ഞു ഒരു മാറ്റത്തിൽക്കൂടി സഞ്ചരിക്കണമെന്നു കരുതി പന്തെറിയുന്നവർ (ബൗളർ) ഇതുതന്നെയാണു ചെയ്യുന്നത്. ബൗളർ പന്തിനെ വിരോധകരമാക്കാനുമാർന്നു തിരിക്കുന്നു. പന്തിനോടു തൊട്ടുകിടക്കുന്ന വായുവും സമാഹരിക്കുമായി, പതു തിരിയുമ്പോൾ അതോടുകൂടി തിരിയും. എന്നാൽ പതു മുന്നോട്ടു നീങ്ങുമ്പോൾ, പന്തിനോടുകൂടി തിരിയുന്ന വായുവിന്റെ പടലം ചുറ്റുമുള്ള വായുവോടുകൂടി ഉരസുന്നു. ഈ ഉരസൽ പന്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തുമാത്രമേ നടക്കുന്നുള്ളൂ. മേഘത്തു വായുവും ഇതോടുകൂടി പോവുകയാണു ചെയ്യുന്നത്. ഇങ്ങിനെ പന്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തുള്ള വായുവുമാലി ഉരസലും മേഘത്തെ ഉരസലില്ലായ്മയും കാരണം വേഗത്തിലൊലിയിക്കുവാണോ വായു സഞ്ചരിക്കുന്നത്, അവിടെ മർദ്ദം കുറയുന്നു. മർദ്ദം കുറയുന്ന ഭാഗത്തേയ്ക്കു പതു തിരിയുന്നു. ഒരു വളഞ്ഞ പഥത്തിൽക്കൂടിയാണു പന്തിന്റെ സഞ്ചാരം. ബാറ്റുകൊണ്ടടിക്കുന്ന ആളുടെ മുമ്പിൽ പതുചെന്നു വീണാൽ അതു പെട്ടെന്നു തിരിയുന്നതായി തോന്നും—അതു കാഴ്ചയുടെ ഒരു സ്വഭാവമാണു്. അവിടെവെച്ചാണു് ബാറ്റുകാരനു് പന്തിന്റെ മാറ്റം വളഞ്ഞുവരുന്നതായി തോന്നുന്നത്. നല്ലതായി കാണുന്നത് അടുത്തുവരുമ്പോഴാണല്ലോ. പന്തിന്റെ ഗതി വളയുന്നു എന്നയാൾക്കു് തോന്നുകമാത്രമാണു് ചെയ്യുന്നത്.

മെർസിനെയും ശബ്ദശാസ്ത്രവും

തികച്ചും ബാധിതനായ ഒരാൾക്ക് ഒരു പിയാനോ വായിക്കാൻ കഴിവുണ്ടോ? 1636-ൽ ഹെഞ്ചുകാരനായ ഒരു കാത്തലിക് പുരോഹിതൻ പറഞ്ഞു ഇതു തികച്ചും സാധ്യമാണെന്നു്. ഒരു പിയാനോ വായിക്കാൻ കഴിവുമെന്നല്ല അദ്ദേഹം പറഞ്ഞതു്—കാരണം അന്നു പിയാനോ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. “സർഗീത്രോപകരണങ്ങളായ ഹുട്ടുട്ടും, വയലിനും, സ്റ്റീനോറും മറ്റും വാദിക്കാൻ, ബാധിതന്മാർക്കു് ബാധകമായ നിയമങ്ങളനുഷ്ഠിച്ചാൽ, ഒരു ബാധിതനു കഴിയും.” എന്നാണു് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞതു്. അതു ശരിയായിരുന്നതാണു്.

ഒരു കമ്പിയിൽനിന്നു് എങ്ങിനെയാണു് ശബ്ദമുണ്ടാകുന്നതു് എന്നും, ഇങ്ങിനെയാണു് ബാധിതനായ ഒരാൾ കേൾക്കുന്നതെന്നും മറ്റുമുള്ള കാര്യത്തിൽ ചാനറോടുകൂടിയ ഇദ്ദേഹമാണു് മാറിൻ മെർസിനെ. ഒരു കഷ്ടകർമ്മബത്തിലദ്ദേഹം ജനിച്ചു. കാത്തലിക് സ്കൂളിലദ്ദേഹത്തിനു് വിദ്യാഭ്യാസം സിദ്ധിച്ചു. പാർസിയിലെ പല മതസ്ഥപന്തങ്ങളിലുമാണു് അദ്ദേഹം തന്റെ ചെറുപ്പകാലം കഴിച്ചുകൂട്ടിയതു്.

സയൻസിലദ്ദേഹത്തിനു് വലിയ താല്പര്യമായിരുന്നു. അന്നു ജീവിച്ചിരുന്ന മിക്കവാറും എല്ലാ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുമായും അദ്ദേഹം കത്തുകൾമൂലം സമ്പർക്കം പുലർത്തി. ശാസ്ത്രീയപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഒരു ‘ക്ലിബറിംഗ് റെറൗസു്’ ആയിരുന്നു അദ്ദേഹമെന്നു പറയാം. അന്നു ശാസ്ത്രമാസികകളൊന്നും ഉണ്ടായിരുന്നില്ല—ഇന്നത്തെപ്പോലെ. മെർസിനെയിൽനിന്നുള്ള കത്തുകളിൽനിന്നാണു് അന്നു്

മാരോ ശാസ്ത്രജ്ഞനോ ഇന്നതാണ് മാതൃഭൂമി ചെയ്തിരുന്നതെന്നു പറയാനാർഹമല്ലാത്തതായിരുന്നു.

മെർസിനെ ഒരു എണ്ണപ്പെട്ട ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു—ആ ജ്ഞാനത്തെ അദ്ദേഹം സംഗീതത്തിലുപയോഗിച്ചു. ഈ വിഷയത്തിൽ അദ്ദേഹം 12 പുസ്തകങ്ങൾ രചിച്ചു.

“നാഡീരവം രക്ഷിച്ചു നീയുമാനന്ദം”—അങ്ങിനെയാണദ്ദേഹം അവയെ വിളിച്ചത്—ചുരുക്കം ഒരു സ്വാദിഷ്ഠ കമ്പിയുടെ നീളത്തിന്നനുസരിച്ചും, (എത്രകണ്ടു കമ്പിക്ക് നീളം കൂടുതലാണോ, ശബ്ദം അത്രയും deep ആവും) കമ്പിയുടെ തൂക്കത്തിന്നനുസരിച്ചും (തൂക്കം കൂടുന്നതോടുകൂടി ശബ്ദം deep ആവും) കമ്പിയുടെ വലിപ്പത്തിന്നനുസരിച്ചും (ഒരമ്പൻ കൂടുന്നതോടുകൂടി ശബ്ദം deep ആവുന്നു) ശബ്ദത്തിനു മാറ്റമുണ്ടാവും.

ഇതെല്ലാം ഒരു വായലിനിൽ കാണാവുന്നതാണ്. കട്ടികൂടിയ കമ്പി താണതരം ശബ്ദങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നു. കമ്പികളുടെ നീളം കുറയ്ക്കുന്നതായി വിവേകമുള്ളവർക്കു മുമ്പിൽ ശബ്ദം കൂടുന്നു. കമ്പികളേ തെക്കിലും മുറുകി വായലിൻ വായിച്ചാലാകട്ടെ കൂടുതൽ ഉച്ചത്തിലുള്ള ശബ്ദം ലഭിക്കുന്നു.

ഇതിനെല്ലെല്ലാംകൂടി കൃത്യമായ ഗണിതശാസ്ത്രമാതൃകകളിലേയ്ക്ക് അദ്ദേഹം കൊണ്ടുവന്നു. നാഡീരവായ ഒരവസ്ഥയ്ക്കും ശബ്ദം കേൾക്കുന്നതെന്നു വായലിൻ വായിക്കാം. സ്വേദിയിന്റെ മുകുളിലുള്ള ‘ദോ’ എന്ന ശബ്ദം സ്വേദിയിന്റെ അടിയിലുള്ള ‘ദോ’ എന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ചാക്രേയ് ആണ്. ഈ ചാക്രേയ് ശബ്ദമുണ്ടാവാൻമെങ്കിൽ അടിയിലുള്ള ‘ദോ’വിന്റെ ഇരട്ടി ശബ്ദമുണ്ടാക്കണം.

ഒരു സംഗീതയന്ത്രത്തിൽ രണ്ടു കമ്പികളുണ്ടെങ്കിൽ—രണ്ടിന്റെയും നീളവും തൂക്കവും തുല്യമാണെന്നുവെണ്ണുക—ഒന്നിൽ 1 റാത്തൽകട്ടിയും, മറേതിലൊരു 1 റാത്തൽകട്ടിയും തൂക്കിയിട്ടാൽ, ശരിയായ ഒരു ചാക്രേയുണ്ടാക്കാൻ കഴിയുമെന്നാണ് മെർസിനെ പറഞ്ഞത്. ഇതെങ്ങിനെയാണു് ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി പരിശോധിച്ചു തെളിയിക്കാനദ്ദേഹത്തിനു കഴിഞ്ഞതു് എന്ന കാര്യം

വും മെർസിനെ വ്യക്തമാക്കി. ഇതുതന്നെ മറ്റേതരം കമ്പികളിലും അദ്ദേഹം കണക്കാക്കി. രണ്ടു കമ്പികൾക്കു തുടർന്ന് വ്യത്യസ്തമാണെങ്കിലും, നീളത്തിൽ തമ്മിൽ വ്യത്യസ്തമുണ്ടെങ്കിലും എല്ലാം ഇങ്ങിനെ ഓക്സീകരണ ഉണ്ടാക്കാമെന്നും അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു.

ശബ്ദത്തിന്റെ ഫിസിക്കലിന്റെ മുന്നോട്ട് വരുത്തിയതിൽ മെർസിനോട് വലിയ പങ്കാണുള്ളതെങ്കിലും മറ്റേപലരും ഈ രംഗത്തു വളരെയേറെ പ്രവർത്തിച്ചിട്ടുള്ളതുകൊണ്ട് ഒരാരംകൂടാതെ തനിച്ചായി ഒരു കണ്ടുപിടിത്തത്തിനും ഉത്തരവാദിത്വം നൽകാൻ സാധ്യമല്ല. ശബ്ദം തരംഗങ്ങളായാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന സിദ്ധാന്തം ന്യൂട്ടനാണ് കണ്ടുപിടിച്ചതെന്ന് മുൻപ് പ്രസ്താവിച്ചുവെല്ലാം. ബോയിലിന്റെ വാതകങ്ങളെപ്പറ്റിയുണ്ടായ കണ്ടുപിടിത്തത്തെത്തുടർന്ന് ശബ്ദം വായുവിലൂടെയും എത്ര വേഗത്തിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്നും ന്യൂട്ടനും കണക്കാക്കാൻ കഴിഞ്ഞിരുന്നു.

മെർസിനോടും ന്യൂട്ടനും മുമ്പുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കുതന്നെ ശബ്ദത്തെപ്പറ്റി വിചരമുണ്ടായിരുന്നു. ക്രിസ്തുവിനു 500 വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് ഇറ്റലിയിൽ ചൈതന്യശാസ്ത്രം അദ്ദേഹത്തിന്റെ അനുയായികളും കമ്പികളുടെ നീളവും അവയുണ്ടാക്കുന്ന ശബ്ദവും തമ്മിലെന്തെല്ലാമോ ഗണിതപരമായ ബന്ധമുണ്ടെന്ന് മനസ്സിലാക്കി. അങ്ങിനെ നോക്കിയാൽ ഒരേ വസ്തുവും വലിപ്പമുള്ള ഒരു കമ്പിയുടെ നീളം ഇരട്ടിയായാൽ മുന്നിൽനിന്നുണ്ടാവുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ഓക്സേവ് ശബ്ദമാണ് രണ്ടാമത്തേതിൽനിന്നുണ്ടാവുന്നത്.

എന്നാൽ ചൈതന്യശാസ്ത്രം അനുയായികളും അവിടെ നിന്നില്ല. അവർ പിന്നെയും മുന്നോട്ടുതന്നെ നീങ്ങി. ഭൂമിയിൽ നമുക്കിഷ്ടപ്പെടുന്ന ശബ്ദങ്ങളുണ്ടാക്കുന്ന അതേതരത്തിലുള്ള കമ്പികൾക്കുതന്നെ ഭൂമിയിൽനിന്നുകൊണ്ട് ഇതരഗ്രഹങ്ങളിലെത്തിയാലും കേൾക്കാൻ സുഖമുള്ളതാവുമെന്നും അങ്ങിനെ ഒരുതരം സ്വർഗ്ഗീയ സംഗീതം ഉണ്ടാവാനിടയുണ്ടെന്നും അവർ കണക്കാക്കി പറഞ്ഞു.

ഫിസിക്കിൽ അത്രതന്നെ വൈദഗ്ദ്ധ്യമില്ലാത്ത അറിസ്റ്റോട്ടിലാകട്ടെ, ശബ്ദത്തിന്റെ കാര്യത്തിൽ ചിലതെല്ലാം ചെയ്തു. സ്പഷ്ടി

ഒരു വസ്തുക്കളിൽനിന്നാണ് ശബ്ദമുണ്ടാകുന്നതെന്നും വായുവിൽ കൂട്ടിയാണത് ചെവിയിലെത്തുന്നതെന്നും അദ്ദേഹത്തിന് മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിഞ്ഞു.

എന്നാൽ രസകരമായ ഒരു അമ്പലം അദ്ദേഹത്തിനു പിണഞ്ഞു. വായുവിൽ വസ്തുക്കൾ വന്നടിക്കുമ്പോഴാണ് ശബ്ദമുണ്ടാകുന്നതെന്ന വാസ്തവപ്രാബല്യശേഷം അദ്ദേഹം പറയുകയാണ് ഒരു ക്രിക്കറ്റ് മത്സരംകൊണ്ട് പരസിക്കുമ്പോൾ അതിർത്തിയിലേയ്ക്ക് ചതു പോകുമ്പോലെയൊണ് ചിന്നിട്ട് ശബ്ദം സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന്. ഇതു ശരിയാണെങ്കിൽ ഒരു രാഷ്ട്രീയപ്രാസംഗികൻ അയാളുടെ വായുചൊരിച്ചു പ്രസംഗിച്ചാൽ മണിക്കൂറിൽ 750 മൈൽ വേഗമുള്ള ഒരു കൊടകാറ്റമുണ്ടാവും! അതല്ലെങ്കിൽ ഒരു കുട്ടി കരയുമ്പോഴും ഇത്രതന്നെ ശക്തിയേറിയൊരു കാറ്റാണ് അടിക്കുക. ഒരു കാമുകൻ എന്തെങ്കിലുമൊരു സ്വകാര്യം തന്റെ കാമുകിയുടെ കാരിൽ പറഞ്ഞാൽ ആ ശക്തി മതി കാമുകിയുടെ ചെവികളിലെ മൗനം ചൊട്ടിത്തകക്കാൻ!

ചലിക്കുന്ന വായുവാണ് കാറ്റും. മണിക്കൂറിൽ 100 മൈൽ വേഗത്തിലടിക്കുന്ന കാറ്റു തട്ടിയാൽ മതി പല കെട്ടിടങ്ങളും നിലപെടിക്കൂ, മരങ്ങൾ പൂഴങ്ങിവിഴും. അക്കാലത്തു് വേഗം അളക്കാനുള്ള ഉപകരണങ്ങളൊന്നുമില്ലായിരുന്നെങ്കിലും ഏതു കാറ്റിനേക്കാളും വേഗത്തിലാണ് ശബ്ദം വായുവിൽ കൂട്ടി പോയിരുന്നതെന്ന കാര്യം അറിയുന്ന അരിസ്റ്റോട്ടിലിന് നിരീക്ഷണത്തിൽനിന്ന് മനസ്സിലാക്കാമായിരുന്ന എന്നു തോന്നുന്നു.

ശബ്ദത്തെ കൊണ്ടുപോകുന്നത് വായുവല്ലെങ്കിൽ, വായുവിന്റെ കണങ്ങൾ സ്പന്ദിക്കുന്ന വസ്തുവിൽനിന്ന് ചെവിവരെ പോകുന്നില്ലെങ്കിൽ, പിന്നെ ശബ്ദം എങ്ങിനെയൊണ് വായുവിൽ കൂട്ടി പോകുന്നത്? വായുവാണ് ശബ്ദത്തെ വഹിച്ചുകൊണ്ടു പോകുന്നത്, അല്ലാതെ സ്റ്റേസിലെ മറ്റൊരേയ്ക്കു രഹസ്യവസ്തുവല്ല എന്ന കാര്യം തെളിയിക്കാൻ പല പരീക്ഷണങ്ങളും നടത്തിയിട്ടു

നൈകിലും അവയിലേററവും പ്രധാനം ബോധിലിടൻ ഒരു പരിക്ഷണമാണ്.

ഈ പരിക്ഷണത്തെക്കുറിച്ചു നിയമനിയമിയിൽ ഒരു 'ബോൾ ജാറി'നകത്തു് ഒരു ഇലകിടിക ബോൾജിനകത്തുവെച്ചാണ് ചെയ്യുന്നതു്. ബോൾജാരിലെ വായു നീക്കംചെയ്തതിനുശേഷം ഇലകിടിക ബോൾ പ്രവർത്തിപ്പിച്ചാൽ ശബ്ദം കറവുന്നു. ബോൾജാറിൽ നിന്നു് എത്രകണ്ടു് വായു നീക്കംചെയ്യുന്നുവോ അത്രകണ്ടു് ഇലകിടിക ബോൾജിന്റെ ശബ്ദം കുറഞ്ഞുകൊണ്ടുവരുന്നു. തന്റെ വായു വില്ലാതായാൽ ചിന്നിപ്പു് ശബ്ദംതന്നെ കേൾക്കുതാവുന്നു. ബോൾജിന്റെ ഭാഗങ്ങളെല്ലാം പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ടെന്നു് നോക്കിയാൽ കാണാം. എന്നാൽ മണി മുട്ടുന്നതു കാണാമെന്നല്ലാതെ ശബ്ദം മെന്തും ഉണ്ടാകുന്നില്ല.

ഇവിടെ ഒരു ചോദ്യം. ബോൾജിക്കുന്നതു് ആരും കേൾക്കുന്നില്ല. എങ്കിലും ബോൾജിൽനിന്നു് വല്ലതരത്തിലുമുള്ള ശബ്ദമുണ്ടാവുന്നുണ്ടോ? കേൾക്കുക എന്നതു് ചെവിയും തലച്ചോറും കൂടി പ്രവർത്തിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായുണ്ടാവുന്നതിന്റെ ഒരനുഭവമാണ്. ചെവിയിലുള്ള നേരിയ ചർമ്മം സ്തംഭിക്കുമ്പോൾ ഈ സ്തംഭനത്തെ 10 ഇരട്ടിയോളം വലുതാക്കുന്നുണ്ടു് ചെവിയ്ക്കുകത്തെ മൂന്നു് എല്ലുകൾ. ഈ സ്തംഭനം ചെവിയിലുള്ള ഒരു ദ്രവത്തിൽക്കൂടി ശ്രവണനാഡിയിലെത്തുകയും തലച്ചോറിയിലേക്കു് നാഡിവഴിക്കെത്തിയ ഈ വിവരത്തെ അതു വ്യാഖ്യാനിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതാണ് 'കേട്ടു' എന്ന പ്രതിഭി വരുത്തുവാൻ.

നമ്മുടെ ശ്രവണബോധത്തിന്നുസരിച്ചു് തലച്ചോറു് ഈ സ്തംഭനങ്ങളെ വ്യഖ്യാനിക്കുന്നു. ഒരു സെക്കൻറിൽ 256 സ്തംഭനങ്ങളാണ് ഉണ്ടാവുന്നതെങ്കിൽ നാം 'മിഡിൽ C' എന്നു പറയുന്ന സംഗീത സ്വരം വീണ്ടും കേൾക്കുന്നു. ഇതെങ്ങിനെയൊണ് ശരിയായ ചെവിയും തലച്ചോറും ഉള്ള നിബന്ധനകൾ മനസ്സിലാക്കും അനുഭവപ്പെടുന്നതു്? 256 സ്തംഭനങ്ങളെങ്ങിനെയൊണ് കേൾക്കുന്നതു്? പ്രത്യേകിച്ചും 'സി' എന്ന മധ്യസ്വരം. തല

ച്ചോറിന്റേയും, ഹോഡേസ്രിയങ്ങളുടേയും പ്രവർത്തനത്തിന് പരിഹാരം ലഭിക്കാത്ത മട്ടേറെ രഹസ്യങ്ങളുണ്ട്.

ഒരു ബെൽജാറിനകത്തെ മണിയന്ത്രേലതിന്റെ ക്ലാപ്പർ 256 പ്രാവശ്യം മുട്ടിയാൽ, ജാറിനകത്തെ വായു നിശ്ശേഷം നീക്കം ചെയ്തിട്ടില്ലെങ്കിൽ 'സി' സ്വരം കേൾക്കാം. എന്നാൽ വായു നീക്കം ചെയ്യാതെ പിന്നെ ഒന്നും കേൾക്കില്ല. ചിന്നേയും സെക്കന്റിൽ 256 പ്രാവശ്യം ബെല്ലിന്റേ ക്ലാപ്പർ ചെന്നു മുട്ടുന്നുണ്ട്. ശബ്ദമുണ്ടാകുന്നതുകൊണ്ടുമാത്രം ആരും അതു കേൾക്കുന്നില്ല. കാരണം, ആ സ്റ്റേഷനുകളെ ആരുകടയെങ്കിലും ചെവിയിലെത്താനുള്ള വായു അതിലില്ല. നിങ്ങളുടെ ഇഷ്ടമുള്ളതു സ്വീകരിക്കാം—ശബ്ദമുണ്ടെന്നും, ഇല്ലെന്നും. സയൻസ് പറയുന്നത് ശബ്ദമുണ്ടെന്നാണ്—കാരണം ഒരു വസ്തു സ്റ്റേഷനാണെന്നതുതന്നെ. ചുറ്റുമുറ്റം മറിയാൽ അതു കേൾക്കാവുന്ന സ്ഥിതിയിലെത്തും.

വായു എങ്ങിനെയൊണ് ശബ്ദത്തെ ചെവിയിലെത്തിക്കുന്നതെന്ന് ഇതുവരെ നാം ഉത്തരം കണ്ടുപിടിക്കാൻ ശ്രമിക്കാത്ത ഒരു ചോദ്യമാണ്. മണിയടിക്കുന്ന സ്ഥലത്തുനിന്ന് ചെവിയിലെ ശ്രോണിയിലേക്കു വായുവിന്റെ കണങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നില്ലെങ്കിൽപ്പിന്നെ വായു എങ്ങിനെയൊണ് ശബ്ദത്തെ എത്തിക്കുന്നത്.

തരംഗരൂപത്തിലുള്ള ചലനങ്ങളാണ് നടക്കുന്നത്. എന്താണ് തരംഗരൂപത്തിലുള്ള ചലനമെന്നു പുണ്ണുമായും മനസ്സിലാക്കാൻ നാം ശ്രമിക്കേണ്ടതാണ്. മെഴലിപ്പമയൊരു സംഗതിയാണിത്. ശബ്ദത്തെ സംബന്ധിച്ചുടത്തോളം അന്വേഷമാണ് എന്നു നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാം. എന്നാൽ തരംഗചലനം ശബ്ദത്തിനു മാത്രമുള്ളതല്ല. എക്സറേ, റേഡിയോതരംഗം, വെളിച്ചം ഇവയെല്ലാം തരംഗങ്ങളായി ചലിക്കുന്നവയാണ്.

എന്താണ് വസ്തു? ഈ ചോദ്യത്തിന് നമുക്ക് പിന്നിട്ട് ഉത്തരംകൊണ്ടാൻ ശ്രമിക്കാം. ആറ്റങ്ങൾ, ആറ്റങ്ങളുടെ ഭാഗങ്ങൾ എന്നിവയെപ്പറ്റിയെല്ലാം അപ്പോൾ പഠിക്കാം. ഇപ്പോൾ തരംഗങ്ങളെപ്പറ്റിയെല്ലാം പഠിക്കാം. ഘനവസ്തുക്കളുടെ കണങ്ങൾ

തരംഗങ്ങളെപ്പോലെയും, തരംഗങ്ങൾ ഘനവസ്തുക്കളുടെയോ ലെയും ചെരുമാറുന്നു. കാര്യം കൂടുതൽ കഴുപ്പമായല്ലോ. ശരീരമാണ്, കഴിഞ്ഞ കാൽനൂറ്റാണ്ടായി നാം മനസ്സിലാക്കിയ കാര്യങ്ങൾ വെച്ചുനോക്കിയാൽ ഈ കഴുപ്പും കൂടാതെകഴിയില്ല.

കുറിപ്പിന്മേലെയും, ഉരുക്കുകണ്ണവും, വേദൻകാലത്തെ കാറ്റും കവിനായ കണങ്ങളെക്കൊണ്ടു് (ആറനങ്ങളെപ്പറ്റി അങ്ങിനെയൊണ് ആദ്യം വിവരിച്ചിരുന്നതു്.) ഉണ്ടാക്കിയതാണോ, നൂട്ടുൻ പരുതിയപോലെ? അതോ മറ്റു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ചിന്തിച്ചുവെച്ചതുപോലെ അവയെല്ലാം ചലനത്തിന്റെ (എൻർജി) ഫലങ്ങളാണോ? രണ്ടുകൂടിച്ചേർന്നതാണു് എന്നാവും ഉത്തരം. എങ്ങിനെയൊണ് ഇതു് എന്നതിനെപ്പറ്റി സയൻസ് ഉത്തരം ഇതുവരെ കണ്ടിട്ടില്ല.

വെള്ളത്തിലോളങ്ങളുണ്ടാകുന്നതു് നമുക്കു് പരിചയമുള്ളതാണു്. നിശ്ചലമായ ഒരു കുളത്തിൽ ഒരു കല്ലു് ഇട്ടാൽ തരംഗങ്ങൾ നാനാഭാഗത്തേയ്ക്കും നീങ്ങുന്നു. വെള്ളം എല്ലാ ഭാഗത്തേയ്ക്കും ഒഴുകുകയാണോ ചെയ്യുന്നതു്? അല്ല. നിങ്ങൾ മത്സ്യംപിടിക്കുകയാണെന്നു വെച്ചുകൊ. നിങ്ങളുടെ ചുണ്ടിലിൽ ഒരു കോർക്കും തൂക്കിയിട്ടുണ്ടെന്നു വെച്ചുകൊ. വെള്ളത്തിൽ തരംഗങ്ങളുണ്ടാകുമ്പോൾ കോർക്കു് ചൊതുരവും താഴുകയും ചെയ്യുന്നു—എന്നാലതു തോണിയിൽനിന്നു കനംപാകുന്നില്ലെന്നു കാണാം. എന്തെങ്കിലും കാരണം, വെള്ളത്തിന്റെ ഒഴുക്കോ (അതു, വെള്ളത്തിലിട്ട കല്ലുണ്ടാക്കുന്ന തരംഗങ്ങളും രണ്ടാണു്) ഉണ്ടാകിൽ കോർക്കു നീങ്ങുമെന്നുമാത്രം.

നമ്മുടെ നീന്താനിഷ്ടയും വെള്ളത്തിലൊരു കല്ലിടുന്നതിന്റെയും ഫലമായുണ്ടായ ചലനം മാത്രമേ ഉള്ളവെങ്കിൽ കോർക്കു് തരംഗങ്ങൾക്കൊപ്പം ചൊങ്ങിയും താനും ഇരിക്കുമെന്നല്ലാതെ അതു നീങ്ങുന്നില്ല. ഇതിൽനിന്നു് വെള്ളം നീങ്ങുന്നില്ലെന്നു വ്യക്തമാണു്. കാരണം വെള്ളം നീങ്ങുന്നുണ്ടെങ്കിൽ കൂട്ടത്തിൽ കോർക്കും നീങ്ങണമല്ലോ. വാസ്തവത്തിൽ വെള്ളത്തിന്റെ കാരോ കണവും ചെറിയൊരു ദൂരം, വൃത്താകൃതിയിൽ ചലിക്കുന്നുണ്ടു്. കാരോ കണവും

അതിന്റെ തൊട്ടുമുമ്പിലുള്ളതിനെ തള്ളിനിടക്കുന്നു. എന്നിട്ട് സ്വസ്ഥനായതെയ്ക്കു വരുന്നു. അതോടുകൂടി ചിന്നിപ്പോകുന്നതു് ഇതിനേയും തള്ളുന്നു. ഇതെല്ലാംകൂടി പൃത്താകാരത്തിലുള്ള ഒരു ചലനമുണ്ടാവുന്നു. ഇതിന്നനുസരിച്ച് കോർപ്പ്, പൊതുക്കയും താഴ്ന്നതും ചെയ്യുന്നു—എന്നാലതു ചാരിപ്പോകുന്നില്ല. കാരണം, വെള്ളം ഒഴുകുന്നില്ല. അലകൾ മാത്രമേ നീങ്ങുന്നുള്ളൂ.

വെള്ളം അനങ്ങാതെ അലകൾ മാത്രം നീങ്ങുന്നുവെന്നതു് മനസ്സിലാക്കാൻ കുറച്ചു വിഷമമുണ്ടു്. എന്നാൽ, ഒരു നെൽവയലിന്റെ മീതെ ഒരു കാരടിക്കുമ്പോൾ ഒരു അലയങ്ങിനെ വയലിന്റെ ഒരറ്റത്തുനിന്നു് മറ്റൊരു അറ്റത്തേയ്ക്കു് നീങ്ങുന്നതു് എല്ലാവരും കണ്ടിരിക്കും. ഇവിടെ ഏതായാലും നെൽച്ചെടികൾ ഭവരോടെ നീങ്ങുന്നില്ലെന്നു് നമുക്കറിയാം. ചെടിയുടെ മുകളിലെ അറ്റങ്ങൾ മാത്രമേ നീങ്ങുന്നുള്ളൂ. കാരണം തൊട്ടുള്ളതിനെ ചെന്നു തള്ളുന്നു. എന്നിട്ട് സ്വസ്ഥനായതെയ്ക്കുതന്നെ വരുന്നു. അതോടുകൂടി അതു ലേശം പിന്നോക്കം ആകുന്നു. വീണ്ടും അതു മുന്നോട്ടു തന്നെ തള്ളപ്പെടുന്നു. ചെടികളുടെ കടകൾ നീങ്ങുന്നില്ല—മുകളിലെ അറ്റങ്ങൾതന്നെ ചെറിയൊരു വിസ്മൃതിയിലേ നീങ്ങുന്നുള്ളു—എങ്കിലും സൗന്ദര്യവും ഗാഭീര്യവും തികഞ്ഞ അലകൾ നെൽവയലുകളെ ഹൃത്തംവെപ്പിക്കുന്നതായി നമുക്കു് കാണാം.

ഇനി ശബ്ദതരംഗങ്ങളെപ്പറ്റി നമുക്കു് നോക്കാം. ഏതെങ്കിലും ഒരു വസ്തുവിനെ സ്പന്ദിക്കുമ്പോഴാണു് ശബ്ദതരംഗങ്ങളുണ്ടാവുന്നതു്. ഇതെന്തുമാവാം—നടക്കുന്നതിന്നിടയ്ക്കു് ഒരു കല്ലിനെ നിക്ഷിയാൽ മതി, അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ചിയാനോവിന്റെ ‘കട്ട’യിലമഞ്ഞിയാൽ മതി, ഒരു കൊതുകിന്റെ ചലിക്കുന്ന ചിറകുകളായാലും മതി.

ഒരറ്റത്തു ഘടിപ്പിച്ചുവെച്ച ഒരു ലോഹത്തകിടിന്മേലാണു് വിരൽകൊണ്ടു് മുട്ടുന്നതെങ്കിൽ ‘ബോംബ്’ എന്നൊരു ശബ്ദമുണ്ടാവുന്നു.

ബോയിൽ, നൂട്ടൂൺ എന്നിവർ മറാഠെക്കാളുമേറെ, ശബ്ദമുണ്ടാവുന്നതെങ്ങിനെയെന്നു വിശദമായിത്തന്നെ ചിത്രീകരിച്ചുവന്നു. ലോഹത്തകിട് സ്പ്രിങ്ക്ലറോടുകൂടി തൊട്ടുകിടക്കുന്ന വായുവിനേയും ചിലിപ്പിക്കുന്നു. വായുവിലെ കണങ്ങൾ മുന്നോട്ടു നീങ്ങി തൊട്ടടുത്തുള്ള കണങ്ങളെ തള്ളിമാറുന്നു. രണ്ടു കണങ്ങളുടെ തട്ടുത്താവുമ്പോൾ മട്ടം വർദ്ധിക്കുന്നു. ഇതോടുകൂടി ഒരു അലയുണ്ടാവുന്നു. നെൽവയലിൽ ഒരു കാറ്റടിച്ചാലുണ്ടാവുന്ന അലയെപ്പറ്റി പറഞ്ഞുവെല്ലാ, അതുപോലെ ഈ അല വായുവിൽക്കൂടി അങ്ങോട്ടൊഴുകുന്നു.

എന്നാൽ കണങ്ങൾ വളരെ ചതുക്കലും വളരെ കുറച്ചു ദൂരത്തേക്കും മാത്രമേ ചലിക്കുന്നുള്ളൂ. മണിക്കൂറിൽ 700 മൈൽ ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ ചലിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിൽ അതിലെ കണങ്ങൾ മണിക്കൂറിൽ 2 മൈൽ വേഗത്തിലേ നീങ്ങുന്നുള്ളൂ. ഓരോ കണവും, സെക്കൻഡിൽ 2000 സ്പ്രിങ്ക്ലറുണ്ടാവുമെങ്കിൽ, ഒരേപ്രകാരത്തിന്റെ ലക്ഷത്തിലോ, പത്തുലക്ഷത്തിലോ ഒരു ഭാഗം മാത്രമേ ചലിക്കുന്നുള്ളൂ.

കണങ്ങൾ അലകളുടെ ഭാഗത്തേയ്ക്കാണ് നീങ്ങുന്നത്. വെള്ളത്തിലുള്ള അലകളിൽ കണങ്ങൾ വൃത്താകൃതിയിലാണ് നീങ്ങുന്നത്. വായുവിന്റെ കണങ്ങൾ മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടും നീങ്ങുന്നു.

വായുവിന്റെ ഒരു കണം തൊട്ടതിന്റെ മീതെച്ചെന്നു മുട്ടിയാൽ അതു വീണ്ടും പഴയ സ്ഥിതിയിലേയ്ക്കുതന്നെ വരുന്നു. ഏതു കണത്തെയാണോ മുട്ടിയതു് അതു് മുമ്പോട്ടുനീങ്ങുകയുംചെയ്യുന്നു. കണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അകലം വർദ്ധിക്കുന്നു—താന മട്ടത്തോടുകൂടിയ ഒരു വിടവാണവസ്ഥിതയിലുള്ളതു്. ഇതോടുകൂടി തൊട്ടുകിടക്കുന്ന രണ്ടു കണങ്ങളും തമ്മിൽ മുട്ടുന്നു. ഇതിനെ ‘കംപ്രഷൻ അല’ എന്നു പറയുന്നു. പിന്നീട് ഓരോ കണവും പിന്നോക്കം നീങ്ങുന്നു—താന മട്ടത്തോടുകൂടിയ ഒരു വിടവു് സൃഷ്ടിച്ചുചൊണ്ടു്. ഇതിനെതിരായി വീണ്ടും കംപ്രഷൻ അല ഉണ്ടാവുന്നു. ഇതാണ് ക്രമം.

ലോഹത്തകിട് പിന്നെയും സ്പ്രിങ്ക്ലറുണ്ടെങ്കിൽ തൊട്ടുകിടക്കുന്ന കണങ്ങളെ അതു് വീണ്ടും വീണ്ടും ചെന്നു മുട്ടുന്നു. അലകൾ നാനാഭാഗത്തേയ്ക്കുമായി നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ലോഹ

അകിടിന്റെ സ്വന്തം വിനോദങ്ങളെ (വിശ്വമോഷ്ട്) തൊട്ടാൽ
ലോകത്തകിടിന്റെ സ്വന്തം വിനോദം) വാസുദേവന്റെ കണങ്ങളും
ചിന്താടും മനോടും കൂറിച്ചുനോക്കുകി ചെയ്യുന്നു. ചിന്ത
നിശ്ചലമാകുന്നു. ശബ്ദം കേൾക്കാതാവുന്നു.

ലോകത്തകിടിന് സ്വന്തിക്കുന്നോട, കല്പനയുടെ ഹൃദയവും,
മർദ്ദം കുറഞ്ഞതിന്റെ ഹൃദയവും അലകൾ നാനാഭാഗത്തേയ്ക്കും
ചോകുന്നു. അതിന്റെ അടുത്തത്തൊന്നും മനസ്സന്റെ ചെവിപ്പു
നെയ്കിൽ, അലകൾചെന്നു ശ്രദ്ധകാറ്റത്തിനേൽ മുട്ടുകയും ഇതി
ന്റെ ഹൃദയം അലയോതിരിയെന്ന ശ്രദ്ധകാറ്റം സ്വന്തിക്കുകയും
ചെയ്യുന്നു. ലോകത്തകിടിന്റെ അതേവേഗത്തിലാണ് ശ്രദ്ധകാറ്റം
സ്വന്തിക്കുന്നത്. വെക്കർനിൽ 256 കല്പനയ്ക്ക് അലകളാണ് ലോ
കത്തകിടിൽനിന്നുഭവിക്കുന്നതെങ്കിൽ വെക്കർനിൽ 256 കല്പ
നയ്ക്ക് തരംഗങ്ങളും ശ്രദ്ധകാറ്റത്തേയും ചെന്നു മുട്ടുന്നു—ഇതു തല
മുട്ടുന്നതിലേതുനോട ശബ്ദം കേൾക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ലോക
ത്തകിടിനോടു തൊട്ടാണ് ശ്രദ്ധകാറ്റമെങ്കിലെന്തു സംഭവിക്കുമോ
അതുതന്നെയാണ് ഇവിടെയും സംഭവിക്കുന്നത്.

തരംഗങ്ങളും വാസുദേവനിൽ മുട്ടി ചോകുന്നത്, വാസുദേവനിൽ
തന്നിച്ച് മരിക്കലും സാധിക്കാത്തതു വേഗത്തിലാണ്. ഏതൊക്ക
ലേക്കുമായ കോടുകോടിക്കുനോടുംപോലും വാസുദേവനുള്ള വേഗ
ത്തേക്കു ഉൾകൊണ്ടാണ് ശബ്ദത്തിന്റെ അലകളുടെ വേഗം. കണ
ങ്ങളും എത്രകണ്ടുതന്നാണ് എന്നതിനെ ആസ്പദിച്ചു ശബ്ദത്തിന്റെ
അലകളുടെ വേഗം വ്യത്യസ്തപ്പെടും. തരംഗങ്ങളാകുന്നതിന്നു
മുമ്പ് കണങ്ങളും വളരെ അടുത്താണ് നില്ക്കുന്നതെങ്കിൽ അവ
വേഗം വേഗം ചലിക്കും. തൊട്ടുതൊട്ടു തുഞ്ചിക്കിടക്കുന്ന കുറെ
ചെറുപ്പലങ്ങളെങ്ങനെയെന്ന് സങ്കല്പിക്കുക—ഒന്നാമത്തെ ചെറുപ്പല
ത്തെ ചിട്ടിച്ചാട്ടിയാൽ അതുചെന്നു തൊട്ടടുത്തതിനേയും ചിന്ത
ത്തേതിന്റെ തൊട്ടുതിനേയും ചെന്നു തട്ടുന്നു. ഈ ചെറുപ്പല
ങ്ങളും എത്രകണ്ടു അടുത്തുണ്ടോ സ്വന്തിചെയ്യുന്നത്, അതിന്നു
സരിച്ചു ഈ ചലനത്തിന്റെ വേഗവും കൂടുകയ്യോ.

വസ്തുവിന്റെ സാമ്പ്രത കൂടുംതോറും—കുറഞ്ഞുകൊടുക്കുന്നതിന്റെ അടിയും വാങ്ങിക്കൊടുക്കുന്നതിന്റെയും വേഗം സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഒരു സെക്കന്റിൽ 1087 അടിയാണ് വായുവിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗം. വെള്ളത്തിൽ കൂട്ടികി (ജലകണത്തോളം കൂടെ കൂട്ടികി അടുത്തടുത്താണുണ്ടാകുന്നതു്) സെക്കന്റിൽ 4757 അടി വേഗത്തിലാണ് ശബ്ദം സഞ്ചരിക്കുന്നതു്. ഇരുമ്പിൽ കൂട്ടികിയാകട്ടെ 16,750 അടി വേഗത്തിലും. സ്റ്റീലിൽ കൂട്ടികി 18,050 അടിയാണ് വേഗം.

വായുവിൽ കൂട്ടികി മാത്രമാണ് ശബ്ദം പോകുന്നതെന്ന് വാദിക്കുന്നവർ അങ്ങനെയുള്ള വേഗം അതിനു കാരണം, വായുവിൽ മാത്രമേ നാം ശ്രവിക്കുന്നതു് എന്നതാണ്. മുങ്ങിക്കിടക്കുന്നവർക്കു നീങ്ങലിന്റെ ചെറിയ വെള്ളത്തിനടിയിലായിട്ടുള്ളോ. അപ്പോൾ കണ് ശ്രവിക്കുന്നവർക്കു. അടുത്തടുത്തായും ഒരു ശബ്ദമുണ്ടാക്കിയാൽ ആ ശബ്ദം വായുവിലേക്കോ വേഗത്തിൽ നീങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഈ തത്വത്തെ മുങ്ങിക്കിടക്കുന്നവർക്കു ഉപയോഗിക്കുന്ന അവ ശബ്ദതരംഗങ്ങളെ വെള്ളത്തിനടിയിൽ കൂട്ടികി അയക്കുകയും അവ വല്ല കൂട്ടികിയിലേക്കു (ശബ്ദം) ചെന്നു മുട്ടുന്നതോ എന്നറിയാൻ കാരണമായിട്ടു കഴിയും ചെയ്യുന്നു. വായുവിലേക്കോ വേഗത്തിലാണ് ഈ തരംഗങ്ങൾ പോകുന്നതു്. എത്രകണ്ടു വേഗത്തിലാണ് അവ പോകുന്നതെന്നു സബ്ബ്-മാർക്കിംഗിന്റേതല്ല. എത്ര സമയം ചിടിക്കും ശബ്ദതരംഗങ്ങൾക്കു ശബ്ദകൂട്ടികിയിൽ ചെന്നു മടങ്ങി വരാൻ എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും വേഗം. ശ്രവിക്കാൻ എത്ര ദൂരമായിലാണ് കൂട്ടികി നീങ്ങുന്നതെന്ന് അവർക്കറിയാം.

ഒരു കൂട്ടികിയിൽ ചുട്ടുകൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നവർക്കു ഒരു ചെറിയൊരു എടുക്കുക. രണ്ടും ചെയ്തുകൊടുത്തുചിടിച്ചു് അതിന്റെ മുകളിൽത്തു് ഒരു വായു ചിടിക്കുക. എപ്പോഴാണ് കൂട്ടികി ശബ്ദമുണ്ടാവുന്നതെന്നു മനസ്സിലാക്കാം.

അതിനേക്കാൾ ലാലുവായെന്തെ ചിന്തിക്കണമുണ്ടു്. നമ്മുടെ തലയിലെ എല്ലുകൾക്കു ചുറ്റുമുള്ള വായുവിനേക്കാളും എല്ലുകളെ ചൊരിഞ്ഞുകിടക്കുന്ന മാംസത്തേക്കാളും സാന്ദ്രത കൂടുമെന്നറിയാമല്ലോ. വായുവിലേക്കാൾ വേഗത്തിൽ നിങ്ങളുടെ കവിളുകളിൽ കൂടിയും, കവിളുകളിലേക്കാൾ വേഗത്തിൽ നിങ്ങളുടെ തലയോട്ടിൽ കൂടിയും ശബ്ദത്തിന്നു സഞ്ചരിക്കുവാൻ കഴിയുമെന്നു ധരിച്ചാൽ തെറ്റില്ല. കാരണം, എല്ലുകളിൽ അനാക്കം കുറേക്കൂടി അടുത്തുണ്ടല്ലോ കിടക്കുന്നത്. ഒരു ചെർസിനിലിന്റെ ഒരറ്റം വായുയുടെ തൊട്ടടുത്തു ചിടിച്ചു് മനോഭാഗത്തു ചെറിയൊരു ശബ്ദമുണ്ടാക്കുക—വളരെ കുറച്ചു് ശബ്ദമേ കേൾക്കുന്നുള്ളു. ചിന്നിപ്പു് ചെർസിൻ പല്ലുകൾക്കിടയിൽ—പല്ലുതൊടാതെ—വെച്ചു് ഇരോമതിരി മനോ അറ്റത്തു് ശബ്ദമുണ്ടാക്കുക. കുറേക്കൂടി വ്യക്തമായതു കേൾക്കാൻ കഴിയും—കാരണം, വായുവിലേക്കു കൂടി മാത്രമല്ല, പല്ലുകളിൽ കൂടിയും കവിളുകളിൽ കൂടിയും ശബ്ദം ചെവിയിലേക്കു പോകുന്നുണ്ടു് എന്നതുതന്നെ. ഇനി ചെർസിനിലിന്റെ ഒരറ്റം പല്ലുകൾക്കിടയിൽ മർത്തിച്ചിടിച്ചു് അതോമതിരി ശബ്ദമുണ്ടാക്കുക—ശബ്ദം കുറേക്കൂടി വ്യക്തമാവുന്നു. എല്ലുകളിൽ കൂടിയാണിപ്പോൾ ശബ്ദം സഞ്ചരിക്കുന്നത്. അതിന്നു സരിച്ചു് അതു കൂടുതൽ ഉച്ചത്തിലാവുന്നു! വ്യത്യസ്തം തികച്ചു മറിയാൻ, ചിന്നിപ്പു് ചെർസിൻ പല്ലുകൾക്കിടയിൽ നിന്നെടുത്തു് പല്ലുകൾക്കു ചൊട്ടാതെ വായു കൂടുതലു വെക്കുക. ശബ്ദം വളരെ അത്യക്തമാവും. നിങ്ങളുടെ ചുറ്റുമുള്ള വായുവിൽ കൂടിയാണിപ്പോൾ ശബ്ദം സഞ്ചരിക്കുന്നത്—പല്ലിൽ കൂടിയല്ല. എല്ലു് ശബ്ദത്തെ നന്നായി വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകുന്നു. വായുവിന്നത്ര സൗകര്യമേതുമില്ല.

വായുവിൽ കൂടി പോകുന്നതിനേക്കാൾ നന്നായിട്ടാണ് ശബ്ദം ഘനവസ്തുക്കളിൽ കൂടി സഞ്ചരിക്കുന്നതെങ്കിൽ എന്തുകൊണ്ടാണ് തെരുവിലുള്ള ശബ്ദം തുറന്നിട്ടു ജാലകത്തിൽ കൂടി കൂടുതൽ ഉച്ചത്തിലും, ജാലകമടച്ചിട്ടാൽ പതുക്കെയും, കേൾക്കുന്നത്?

കാരണമുണ്ട്. തെരുവിലുണ്ടാകുന്ന ശബ്ദങ്ങൾക്കെതിരെയുള്ള അടച്ചിട്ട വാതിലിനേൽ ചെന്നുചിട്ടി ഉതിർന്നുപിടിക്കപ്പെടുകയാണെന്ന് ചെയ്യുന്നത്—മരിക്കുകയല്ലെന്ന് കരുതുന്നില്ല.

ഒരു സെക്കന്റിൽ എത്ര ഉച്ചാരണമാണ് ഒരു വാക്ക് സ്പ്രഷനെന്നതൊന്നാസരിച്ചു ശബ്ദത്തിനു വ്യത്യസ്തമാണ്. സ്പ്രഷനുകളുടെ വേഗം ഇരട്ടിച്ചാൽ ശബ്ദം കേൾക്കാൻ കഴിയാതെ പോകും. കാരണം സെക്കന്റില്പോലെയുള്ള ശബ്ദത്തിനും കേൾക്കാനാകാത്തത്രയും വേഗം—അതു പിന്മാറ്റം വരുത്തുന്നില്ലെന്നും, മനുഷ്യന്റെ സ്വഭാവത്താൽ വന്നിട്ടുള്ളതല്ലെന്നും, കാരണം ഇങ്ങനെയുള്ള ഒരു മരണത്തിന്റേതല്ലെന്നും ആവാം.

നാം സംസാരിക്കുമ്പോൾ ശബ്ദങ്ങൾക്കെതിരെയുള്ള വായു സ്വഭാവത്താൽ ചുറ്റും ചുറ്റും പലപ്പോഴും എപ്പോഴും വന്നിടുന്നുണ്ട്. 'ഒരു' എന്ന ശബ്ദമുണ്ടാകുക. പലപ്പോഴും വന്നിടുന്നുണ്ട്. 'ഒരു' പരത്തിയിട്ടാണ് ഈ ശബ്ദമുണ്ടാകുന്നത്. സ്വഭാവത്താൽ വന്നിട്ടാണ് ശബ്ദമുണ്ടാകുന്നതെന്നു തോന്നിപ്പോകാറുണ്ട്. 'നീ' എന്നു ചുറ്റിക്കൊണ്ടു ചുറ്റും, പലപ്പോഴും, സ്വഭാവത്താൽ ഉപയോഗിക്കുന്നതെന്നു മനസ്സിലാക്കാം. 'ഇത്' എന്നു പറയുമ്പോഴും, സ്വഭാവത്താൽ സാധാരണയായി ചുറ്റും, പലപ്പോഴും, നാം ഉപയോഗിച്ചാണ് ശബ്ദമുണ്ടാകുന്നതെന്നും മനസ്സിലാക്കാം. വായുക്കളുടെ വിസ്താരം കൂടുകയും കുറയുകയും ചെയ്യുകയോ സ്പ്രഷനുകളുടെ എണ്ണം കൂടാനും കുറയാനും പറയാം. സ്വഭാവത്താൽ ഉണ്ടാകുന്നതല്ല—'ഉ' എന്നോ, 'ഒ' എന്നോ, 'ഇ' എന്നോ, മറ്റോ—ഇങ്ങനെയുള്ള വിസ്താരത്തിൽ വ്യത്യസ്തമാണ്.

ഒരു ശബ്ദത്തിന്റെ ഉച്ചാരണമെന്താണ് 'പിച്ച്' എന്നു പറയാം. ഒരു സെക്കന്റില്പോലെയുള്ള സ്പ്രഷനുകളുടെ എണ്ണത്തിന് 'പ്രീക്വൻസി' എന്നും പറയാം. 'പ്രീക്വൻസി'യ്ക്കു നേരിട്ടാണ് 'പിച്ച്' വ്യത്യസ്തപ്പെടുക. ശബ്ദം ഘനത്തിലോ, മൃദലോ ആവാം—എങ്കിലും പ്രീക്വൻസി കേൾക്കാൻ നിലനിന്നാൽ, അടയാലും, അകലെയായാലും നിങ്ങളുടെ ശബ്ദത്തിന്റെ 'പിച്ച്' വ്യത്യസ്തപ്പെടുന്നില്ല.

തുടക്കത്തിൽ ശബ്ദതരംഗങ്ങൾക്ക് ശക്തി വളരെ കുറവാണ്. എന്നിട്ടും നാം കേൾക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലതിനു കാരണം നമ്മുടെ ചെവിയിലുള്ള ശ്രവകവൃത്തിന്റെ (ear drum) കഴിവാണു്—മധ്യ കണ്ണിത്തിലുള്ള ചെറിയ എല്ലുകൾക്ക് ഈ ശബ്ദത്തെ വലുതാക്കാനും കഴിയും. താത്പര്യമായിപ്പറഞ്ഞാൽ, ഒരു ശബ്ദതരംഗത്തിന്നുവ സാന്നിദ്ധ്യം—തുടങ്ങിക്കഴിഞ്ഞാലതു എന്നെന്നും നിലനില്ക്കുന്നു! എന്നാൽ, അതിന്റെ ശക്തി പെട്ടെന്നു് ക്രമമായിക്കുറയുന്നു. ചില ശാസ്ത്രപുസ്തകങ്ങളിലെല്ലാം ത്രിപദിച്ചപ്പോലെ, വളരെക്കാലം മുമ്പുണ്ടായ ശബ്ദങ്ങൾപോലും, തക്കതായ യന്ത്രങ്ങളുടെകീഴിൽ വേർതിരിച്ചു കാണ് കഴിയുമെന്ന വാദം താത്പര്യമായി ശരിയാവാം പക്ഷെ, പ്രായോഗികമായി അതിനു ചില പരിമിതികളെല്ലാമുണ്ടു്. ഇന്നും ആ പഴയകാലത്തുണ്ടായ ശബ്ദങ്ങൾ ബലംകുറയിച്ചു രീതിയിലെവിടെയെങ്കിലും അലയടിക്കുന്നുണ്ടാവണം—എന്നാൽ ഇത്രയും ബലംകുറഞ്ഞ ശബ്ദതരംഗങ്ങളെ എങ്ങിനെയൊന്നും തിരഞ്ഞു പിടിക്കുക, അതിനുള്ള ഉപകരണങ്ങളുണ്ടാക്കാൻ കഴിയുമോ—ഇതെല്ലാം സംശയമുള്ള കാര്യങ്ങളാണ്. കാരണം, ശതലക്ഷക്കണക്കിൽ ഈ മാതിരിയുള്ള ബലംകുറയിച്ച ശബ്ദതരംഗങ്ങളാണ് ഒന്നിനടുത്തു കുന്നായി എവിടെയോ അടിക്കുകകൂടിക്കിടക്കുന്നതു്. ഈ അട്ടിയിൽനിന്നു് നൂക്കാവശ്യമുള്ള ശബ്ദതരംഗത്തെമാത്രം വേർതിരിച്ചു കണ്ടു എന്നതു് ക്ഷീൗൗസാധ്യമല്ല. ഇന്നു് ക്ലാസ്സിലെ അദ്ധ്യാപകൻ പറയുന്ന വാചകങ്ങൾ, ഇനി ഒരു പത്തുലക്ഷം വാചകങ്ങൾക്കുശേഷം കേൾക്കണമെന്നുണ്ടെങ്കിലതിന്നു് ഒരൊറ്റ വഴിയൊന്നുമില്ല—ക്ലാസ്സിലെക്കാർക്കു് ചെയ്യുകതന്നെ. നമ്മുടെ ശബ്ദം അങ്ങിനെ റെക്കോർഡ് ചെയ്യാൻ കഴിയും.

ശബ്ദതരംഗങ്ങൾക്കു് ഒരു പ്രത്യേകസ്വഭാവമുണ്ടു്. ‘ഇടപെടൽ’ (interference) എന്നാണു് അതിന്നു പേർ. ഈ സ്വഭാവവിശേഷമുണ്ടോ എന്നു നോക്കിയാണു് ഭൗതികശാസ്ത്രം തരംഗങ്ങളെക്കുറിച്ചു് കണ്ടുപിടിച്ചുവന്നതു്.

ഒരു കണം (Particle) ചുറ്റുമുള്ള എല്ലാ ശക്തികൾക്കും വിധേയമാണ്. കട്ടികൾ കളിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒരു ഉന്തു വണ്ടിയെ ഒരു കണമാണെന്നു കരുതുക. അതിനെ ചിന്നിൽനിന്നു ഉന്തിയാലതു മുമ്പോട്ടു നീങ്ങുന്നു. ഒരാൾക്കു പുറമെ, മറ്റൊരാൾ കൂടിച്ചേർന്ന് അതേ ശക്തിയിലുന്തിയാൽ വണ്ടിയെ ഇരട്ടി ശക്തിയിൽ നീക്കാൻ കഴിയും. അതിന്നുചകരം, രണ്ടാമത്തെ ആൾ വണ്ടിയുടെ മുമ്പിൽച്ചേർന്ന് ഇങ്ങോട്ടുവെന്ന് തള്ളുന്നതെങ്കിലേടേ— വണ്ടി നീങ്ങില്ല. ചിന്നിൽനിന്ന് മുമ്പോട്ടുള്ള ഉന്തലും മുന്നിൽനിന്ന് പിന്നോക്കമുള്ള തള്ളലും ക്ലൈപ്പാപ്പുമാണല്ലോ—പിന്നെ എങ്ങിനെ നീങ്ങും?

മിക്കവാറും ഇതുതന്നെയാണെന്ന് ശബ്ദതരംഗത്തിനകത്തുള്ള വായുവിന്റെ ഒരു കണത്തിനും സംഭവിക്കുന്നത്—കണത്തിന്റെ തുല്യശക്തികൾ അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടും തള്ളുന്നതെങ്കിൽ. കണം വായുവത്തിൽ നീങ്ങുന്നില്ല—അതോടു ശബ്ദമുണ്ടാകുന്നില്ല.

ഇതു സംഭവിക്കുമെന്നുതിന്നു തെളിവായി ഇതാ ഒരു പരീക്ഷണം. ലാബറട്ടറിയിൽ പലതവണയായി ചെയ്തൊരു പരീക്ഷണമാണിതു്. നിങ്ങളുടെയാണെന്നു കരുതുക. ഒരു കപ്പു നിങ്ങളുടെ ചെവിയുടെ ചുറ്റും പിടിക്കുക. കപ്പിൽനിന്ന് ഒരേ നീളമുള്ള രണ്ടു കൂഴലുകൾ പോകുന്നുണ്ടു്. കൂഴലുകളുടെ ചുവട്ടിൽനിന്ന് ശബ്ദമുണ്ടാകുന്നു—ഒരു സംഗീതോപകരണത്തിൽനിന്ന് സെക്കൻറിൽ 256 പ്രാവശ്യം സ്പ്രിങ്ങിടുന്ന ഒരു ശബ്ദം. ഈ ശബ്ദം രണ്ടു കൂഴലിലുമുള്ള വായുവിനെ സ്പ്രിങ്ങിപ്പിക്കുന്നു. സംഗീതോപകരണത്തിന്റെ കമ്പി സെക്കൻറിൽ 256 തവണ വായുവിനെ ചെന്നു മുട്ടുന്നു. അങ്ങിനെ, ശബ്ദതരംഗങ്ങളെങ്ങിനെയെങ്കിലും നമുക്കു് കണക്കാക്കാം. ഉണ്ണുത (I) ഡിഗ്രിയാണെങ്കിൽ, ഒരു സെക്കൻറിൽ 1087 അടിയായാ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗം. ഓരോ ഡിഗ്രി ചൂടു വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗം സെക്കൻറിൽ ഒരടി വർദ്ധിക്കുന്നു. നമ്മുടെ ചെവിയിലേയ്ക്കുള്ള കൂഴലുകളിലെ ഉണ്ണുത 82 ഡിഗ്രി (F)യാണെങ്കിൽ ശബ്ദതരംഗവേഗം

സെക്കൻറിൽ 11:11 അടിയാവും. 1141-നെ കാരോ സെക്കൻറില്പുറത്തു തരംഗങ്ങളെക്കൊണ്ടു റാരിച്ചാൽ (അതായത് 2561നെ കൊണ്ടു)—തരംഗങ്ങൾ രണ്ടിലുള്ള ദൂരം 4½ അടിയാവിരിക്കും.

നമ്മുടെ കഴലുപുളിപ്പോരുന്നിനാം 9 അടി നിളച്ചുണ്ടെന്നു വെള്ളം. രണ്ടിലും 11:11 അടി വേഗത്തിൽ ശബ്ദം സഞ്ചരിക്കുന്നുണ്ടു്. ഒരേ സമയത്തുതന്നെ പുറപ്പെടുന്ന ഈ രണ്ടു തരംഗങ്ങളും ചെവിയിലെത്തുന്നതും ഒരേ സമയത്തുതന്നെയാണു്. ഈ വന്നു ചെവിയിൽ ശക്തിപ്രാപിച്ചാണു് നില്ക്കുന്നതു്—ഒരു കഴലിൽനിന്നു കേൾക്കുന്നതിനോക്കാളധികം കച്ചയുണ്ടാവാം രണ്ടു കഴലിൽകൂടി കേൾക്കുന്നേക്കാം. ഒരേ ശ്രുതിയിലുള്ള ശബ്ദമാണു് രണ്ടു കഴലിൽകൂടിയും വരുന്നതു്—എന്നിട്ടും നാം കേൾക്കുന്നേക്കാം കച്ചകൂടിയിരിക്കും—കാരണം, ഒരു കഴലിൽകൂടി വരുന്ന ശബ്ദത്തെ മറെറു കഴലിലെ ശബ്ദം ശക്തിപ്പെടുത്തുന്നു. ഒരു ഉന്മാദത്തിന്റെ രണ്ടുപേർ ഒരേശക്തിയിലുള്ളതോടൊന്നു ഉണ്ടാകുന്ന അനുഭവമാണു് ഇവിടെ ഉണ്ടാകുന്നതു്.

മുറു സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുള്ള ശരിയായ തെളിവ് വരുന്നില്ല. ഒരു കഴലിൽനിന്നു് 2½ അടി നീളം മുറിച്ചുവെന്നു വെള്ളം. 82 ഡിഗ്രിയിൽ തരംഗത്തിന്റെ നീളം 4½ അടിയാണെന്നു മുറു പ്രസ്താവിച്ചുവല്ലോ. ഇപ്പോൾ നാം ചെയ്തതു് അതിന്റെ പകുതി—അതായതു് 2½ അടി—നീളം കുറയ്ക്കുകയാണു്.

ഇനി നമുക്കു് വീണ്ടും കമ്പിമീട്ടുക. രണ്ടു കഴലുകളും ഈ ശബ്ദത്തെ ചെവിയിലെത്തുന്നതിന്നു—കഴലിലുള്ള വായുവിലൂടെയാണു് ശബ്ദത്തിന്റെ അലകൾ പോകുന്നതു്. (6½ അടി ദൂരം സഞ്ചരിച്ചു് ചെവിയിലെ കഴലിലെ ശബ്ദതരംഗം നിങ്ങളുടെ ചെവിയിലെത്തുന്നേക്കാം, വലിയ കഴലിലെ ശബ്ദതരംഗത്തിന്നു നിങ്ങളുടെ ചെവിയിലെത്തണമെങ്കിൽ ഇനിയും 2½ അടി ദൂരം ബാക്കിയാണു്.

വലിയ കഴലിൽ(അതിന്റെ നീളം 9 അടി)കൂട്ടിയുള്ള ഒന്നാമത്തെ ശബ്ദതരംഗം നിങ്ങളുടെ ചെവിയിലെത്തുന്നതോടൊന്നു,

ചെറിയ കൂലിയിലെ രണ്ടാമത്തെ ശബ്ദമാസ്മാവും 2½ അടി ദൂരത്താ
ലിരിക്കും. ശബ്ദമാസ്മാവിന്റെ ഉള്ളിൽ ഉൾക്കൂടിയ ഭാഗത്തിന്നിടയിലു
ള്ള 'ബെ' ചെറിയ കൂലിയിന്റെ അറ്റത്തായിരിക്കും.

ഇങ്ങിനെ പരസ്പരം ശബ്ദമിട്ടുണ്ടാകുന്നതിന്നു പലരും തരംഗ
ങ്ങൾ വിവർത്തനങ്ങളാകുന്നു—അവ ചെമ്പിയിലൊരോമാതിരിയല്ല
എഴുതിച്ചേയ്ക്കുന്നത്. ഒരു കൂലിയിൽ ഉള്ള ഒരു 'കമ്പ്രഷൻ തരംഗ'മാ
ണെത്തിച്ചേയ്ക്കുന്നതെങ്കിൽ, മറ്റൊരു കൂലിയിൽ ഉള്ള ഒരു 'റിഫ്രാക്ഷൻ
തരംഗ'മാണെന്നു വന്നു. (ഉൾക്കൂടിയ തരംഗത്തെ 'കമ്പ്രഷൻ ത
രംഗ'മെന്നും ഉൾക്കൂടിയ തരംഗത്തെ 'റിഫ്രാക്ഷൻ തരംഗ'മെന്നും പറ
യുന്നു.) ഒരു കൂലിയിൽ ഉള്ള രണ്ടു തരംഗങ്ങളും മൂന്നു സഞ്ചരിക്കു
ന്നതെങ്കിൽ, മറ്റൊരു കൂലിയിൽ ഉള്ള 1½ തരംഗങ്ങളുമേ സഞ്ചരിക്കൂ—
നിങ്ങളുടെ ചെമ്പിയിലൊരോമാതിരിയെങ്കിൽ.

നിങ്ങളും ഉത്തരവാദി തയ്ക്കിയപ്പോഴുള്ള മുന്നോട്ടു നിങ്ങളെയു
പോലെ, ഒരു കൂലിയിലെ കമ്പ്രഷൻ തരംഗം വായുവിന്റെ കണങ്ങൾ
ഉള്ള നിങ്ങളുടെ ശ്രോത്രപഥത്തിലേക്കു ഏല്പിക്കുന്നു. റിഫ്രാക്ഷൻ
തരംഗത്തിലൊരുകൂട്ടി (മറ്റൊരു കൂലിയിൽ) വായുക്കണങ്ങൾ തിരിച്ചുണ്ടോ
ട്ടുവരികയാണു്. (നിങ്ങളുടെ സ്റ്റേറ്റിസ്റ്റ് വണ്ടി മുന്നിൽനിന്നു
നൂൽപ്പോലെ) ഈ വിവർത്തന തരംഗങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി
രണ്ടും ഇല്ലാതാകുന്നു. വണ്ടിയെ ഒരു ഭാഗത്തു നിങ്ങളും ഉത്തരവും,
മറ്റൊരു ഭാഗത്തുനിന്നു നിങ്ങളുടെ സ്റ്റേറ്റിസ്റ്റ് തിരിച്ചുണ്ടോട്ടു തള്ളി
പോകും. ചെമ്പിൽ വണ്ടി നിങ്ങളുന്നില്ലല്ലോ—അതുപോലെ, രണ്ടു
തരംഗങ്ങളും കൂടിച്ചേരുന്നതാകയാൽ കണങ്ങൾ അനങ്ങാതെ നില്ക്കുന്നു.

അങ്ങിനെ വായുക്കണങ്ങൾ അനങ്ങാതിരിക്കുവാനോ നിങ്ങളു
ള്ള ശ്രോത്രപഥം സ്പ്രാക്കിഡ്—നിങ്ങളും ഒരു ശബ്ദം കേൾക്കുകയും
ചെയ്യും. ഇതിനൊന്നാണു് ശബ്ദമാസ്മാവിന്റെ 'ഇടപെടൽ' എന്നു
പറയുന്നതു്.

ഈ പരീക്ഷണത്തിൽ എന്തെങ്കിലും ഒരു കൂലി ചേർന്നാണു്
വെച്ചാൽ, മറ്റൊരു കൂലിയിൽ ഉള്ള ശബ്ദം കേൾക്കുവാൻ കഴിയും.
എന്നാൽ, രണ്ടു കൂലി ചെമ്പിയിൽ വെച്ചാലോ (രണ്ടിന്റേറയും നീളം

മേൽ വിവരിച്ചവിവരങ്ങൾക്കിടയിൽ) ഒരു ശബ്ദം കേൾക്കുകയുണ്ടായില്ല.

ഇനി നിങ്ങളുടെ കഴലിന്റെ നിങ്ങളും 24 അടി ഉറപ്പാക്കുക. ഇപ്പോൾ രണ്ടു കഴലും ഉണ്ടാണോ—നിങ്ങളുടെ ചുറ്റുമുള്ള കഴലിൽ ഉള്ള കേൾക്കാൻ സാധിക്കുന്നവിനോടൊരു ഉച്ചത്തിൽ ഈ രണ്ടു കഴലുകളിലൂടെയും കേൾക്കാൻ കഴിയും. ഇവിടെ ഒരു തരംഗത്തെ മറ്റൊരു തരംഗം വന്നു ശക്തിപ്പെടുത്തുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്.

പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗങ്ങൾക്കും ഇങ്ങനെ മറ്റൊരു തരംഗത്തെ ശക്തിപ്പെടുത്താൻ കഴിയുമെന്ന് വഴിയെ നാം ചിന്തിക്കും—ചരസ്സരം ഇല്ലാതാക്കാനും അപ്രകൃതം കഴിയും. ഈ സ്വഭാവവിശേഷത്തിൽനിന്നാണ് വെളിച്ചം തരംഗങ്ങളാണെന്നും സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്നു സിദ്ധമാനായിത്തീർന്നിരിക്കുന്നത്.

വെളിച്ചത്തിനുണ്ടാവുന്ന അലയടികൾക്കും തരംഗങ്ങളുടെ ഈ സ്വഭാവമുണ്ട്. അലയടിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന കായലുകളുടെയോ കടലുകളുടെയോ വക്കത്തുണ്ടായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന അടയാളങ്ങളിൽ നിന്നത് മനസ്സിലാക്കാം.

അങ്ങോട്ടു പോയ അലയടികൾ തിരിച്ചിങ്ങോട്ടും ശക്തി കുറഞ്ഞു മടങ്ങിവരുന്നതാണ്. അതുപോലെത്തന്നെ, ശബ്ദതരംഗവും എവിടെയെങ്കിലും ചെന്നു തടഞ്ഞാൽ അതു വിണ്ടും മറന്നുവെക്കുന്നതാണ് നമുക്കറിയാത്തതാണല്ലോ. ഇതാണ് മറന്നുവെക്കൽ (echo). ഒരു കുന്നിന്മേലോ, അകലത്തുള്ളതോ മലയിന്മേലോ മറ്റോ രട്ടി ശബ്ദം മറന്നുവെക്കുന്നതു കേൾക്കാൻ സാധ്യമാണ്. എന്നാൽ 55 അടിയിൽ കുറഞ്ഞ ദൂരത്തു സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഒരു വായുവിന്നു ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രതിധ്വനിയുണ്ടാക്കാൻ കഴിയില്ല.

എന്താണിതിനു കാരണം? നിങ്ങളുടെ ഒരു ശബ്ദം കേൾക്കുമ്പോൾ, ആ കേൾവി നിങ്ങളുടെ ചെയ്തിലൂടെ, സാധിക്കുമെങ്കിലും, മറ്റൊരാളിലും മറ്റൊരായി ചുരുങ്ങിയതു് ഒരു സെക്കൻഡിന്റെ 1/10 ഭാഗമെങ്കിലും നിലനില്ക്കുന്നു. 55 അടി ദൂരം സഞ്ചരിച്ചു് പ്രതിധ്വനിയുണ്ടാക്കാൻ ശബ്ദത്തിന്നു് 1/10 സെക്കൻഡു വേണ്ടു. 55

അടിക്കുറ്റിലാണ് തടസ്സമുണ്ടാക്കുന്ന വസ്തുവെങ്കിൽ, നിങ്ങൾ 'പേരട'നായിനിടയിൽത്തന്നെയാണ് പ്രതിപദനവും വന്നു പോകുന്നത്—അതുപോലെതിനെ വേറെ പേരടങ്ങൾ സാധിക്കുന്നില്ല.

തടസ്സമുണ്ടാക്കുന്ന വസ്തുവിലേയ്ക്കുള്ള ദൂരം 55 അടിയീലധികമാണെങ്കിൽ മാറ്റാതെ നിങ്ങളുടെ ചെവിയീലെയ്ക്കുന്നോടേയ്ക്കും ആദ്യത്തെ ശബ്ദം പേരടകുന്നത് കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ടാകും. മാറ്റാതെ വേറെ ഒരു ശബ്ദമായി പേരടകാനും കഴിയും.

ചില 'ചാലിറോറിയ'ങ്ങളിൽ ഈ മാറ്റാതെയുണ്ടാക്കുന്ന കുറ്റവും ചിട്ടയറ്റതല്ല. ശബ്ദത്തിന്റെ സ്വഭാവവിശേഷങ്ങളെ പണക്കീലേടുക്കാനെ നാടകശാലകൾ നിർമ്മിച്ചാലത്തെ നല്ലമാണത്ര. ഉദരം, നീളം, വീതി മുതലായവയെല്ലാം മാറ്റാതെ കൂടാതെ കഴിക്കാൻ പററിയ മട്ടിലായിരിക്കണം. മുക്തിയെപ്പറ്റി ശബ്ദം മാറ്റാതെയെങ്ങൊഴിവാക്കാതെ നോക്കിയിരിക്കണം. മുക്തിയെപ്പറ്റി ശബ്ദം മാറ്റാതെയെങ്ങൊഴിവാക്കാതെ നോക്കിയിരിക്കണം. മുക്തിയെപ്പറ്റി ശബ്ദം മാറ്റാതെയെങ്ങൊഴിവാക്കാതെ നോക്കിയിരിക്കണം.

ഇന്ന് ഇത്തരം നോക്കലുകൾ കണ്ടെടുക്കി ശബ്ദഗാന്ധിയായാണ് നിർമ്മിക്കുന്നത്. നോക്കൽ നിറയെ ആളുകളിരുന്നാലും ഇല്ലെങ്കിലും ശബ്ദം കേൾക്കാൻ എല്ലാവരും പേരടകത്തക്കവണ്ണം സ്വരം കണ്ടെടുക്കുന്ന വസ്തുവിലും ഇന്നായിരിക്കണമെന്നാണ് ശബ്ദഗാന്ധിയുടെ അഭിപ്രായം. ഇതിന്റെ ആവശ്യമുണ്ടാകുമ്പോൾ. ചില തുണിത്തരങ്ങളും, കർട്ടനുകളും ശബ്ദഗാന്ധിയുടെ നിർദ്ദേശം ചെയ്യുകയും, അവയെ ഇല്ലാതാക്കുകയും ചെയ്യണം. അത്തരം വസ്തുക്കളാണു ഉപയോഗിക്കേണ്ടത്.

കുറ്റമുള്ള മറ്റൊരു ചെറുതുകിയ ഒരു സംഗ്രഹംതരം വലിയ ശക്തികളുംകൂടാതെത്തന്നെ മാറ്റാതെയെങ്ങൊഴിവാക്കുന്ന. സൂചിതങ്ങൾ നിറഞ്ഞതും മറ്റു പാലമുമായ സ്വഭാവമുള്ളതും തട്ടിയോലാകട്ടെ ശബ്ദം മാറ്റാതെയെങ്ങൊഴിവാക്കുന്നില്ല. അവിടെത്തന്നെ നിറഞ്ഞതും ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അതായത് തരംഗത്തോടുകൂടിയുള്ള വായുക്കൾ

ണങ്ങളുടെ ക്രമമായ ചലനത്തെ ക്രമരഹിതമായ ചലനമാക്കി മാറ്റുന്നുവെന്നർത്ഥം. കണങ്ങൾ ക്രമമായി ചലിച്ചാലേ ശബ്ദം ഉണ്ടാവൂ. ക്രമമില്ലാത്ത കണങ്ങളുടെ ചലനമാണ് ചുട്ടം.

ഓഡിയോറിയങ്ങളും, നാടകശാലകളും മറ്റും നിർമ്മിക്കുന്ന ആധുനികശില്പശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ മററൊലിയില്ലാതാക്കാൻ ആദ്യം മുതൽക്കു ശ്രമിക്കുന്നു. അവർ ആദ്യമായി ഓഡിയോറിയത്തിന്റെ ഒരു ചെറിയ മോഡലുണ്ടാക്കുന്നു. അതിൽ വെള്ളം നിറയ്ക്കുന്നു. പ്ലാറ്റഫോമിന്റെ ഭാഗത്തുനിന്നും—അവിടെയാണല്ലോ പ്രാസംഗികമായും സംഗീതജ്ഞന്മാരും ഉണ്ടാവുക—അലകൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. വെള്ളത്തിന്റെ ഈ അലകൾ എങ്ങിനെയൊണ് ചലിക്കുന്നതെന്ന് അവർ സൂക്ഷ്മമായി നിരീക്ഷിക്കുന്നു. ഇതിന്നനുസരിച്ച് എങ്ങിനെയൊണ് ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ പ്രചർത്തിക്കുക എന്നതിന്റെ ഒരു ഏകദേശധാരണ അവർ ലഭിക്കുന്നു. ഇതിന്നുപുറമെ ഒരു വിദഗ്ദ്ധന് ശബ്ദശാസ്ത്രപരമായും ഓഡിയോറിയത്തിന്റെ പ്ലാൻ നിർമ്മിക്കാൻ കഴിയും. ശരിയായ ശബ്ദം കേൾക്കാൻ ഏതു വായു എത്ര ചതുരശ്രവാത ഉപയോഗിക്കണം എന്ന് കൃത്യമായി കണക്കാക്കാനും അവർ കഴിയുമത്രെ.

ചെറിയപ്പങ്ങളെപ്പറ്റി ചിരിക്കുമ്പോൾ നാം ഒരു കാര്യം മറന്നുപോകാതിരിക്കണം. ചെറിയപ്പത്തിന്റെ നിളത്തിൽ വ്യത്യസ്തവർണ്ണങ്ങളായ, അതിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്തവർണ്ണങ്ങളായി അതിന്റെ ഒരു സ്വഭാവത്തിനുള്ള സമയത്തിൽ വ്യത്യസ്തമൊന്നും വരുന്നില്ലെന്ന് നാം കണ്ടു. ശബ്ദത്തിനുമുണ്ടാകാതിരിക്കാതെ വരുന്നില്ലെന്ന് നാം കണ്ടു. അവയുടെ 'സമാകാലിതവേഗ'ത്തിലേ തരംഗങ്ങൾ സ്വീകരിക്കുകയുള്ള—അതായത് ഒരു സെക്കന്റിൽ എത്ര സ്വരങ്ങൾ ഉണ്ടെന്ന കണക്കിൽ. നമ്മുടെ വീണകണാധികൃതനിന്നും കേൾക്കുന്ന ശ്രവണത്തിൽ കമ്പിമിട്ടിയാൽ, ഒന്നിന്റെ ശബ്ദംതന്നെ മറ്റൊന്നിനേയും ശബ്ദിപ്പിക്കും. ഒന്നാമത്തെ കമ്പിയിൽനിന്നുണ്ടാവുന്ന കമ്പി ചെറുതരംഗങ്ങൾ രണ്ടാമത്തെ കമ്പിയിൽച്ചെന്നു ചുട്ടി അതിനേയും ചലിപ്പിക്കുന്നു. കാരണം ആ കമ്പിയുടെ സമാകാലിതവേഗവും ചുട്ടു

മാണല്ലോ. ഇതിനെയൊന്നും “റെസൊനൻസ്” (Resonance) എന്നു പറയുന്നതു്.

ശബ്ദംഭത്തിന്നു് ഈ പ്രത്യേകത—റെസൊനൻസ്—ആവശ്യമാണു്, അനാവശ്യമാണു്. ഒരു വയലിൻ നിങ്ങൾ കണ്ടിരിക്കും. ഒരു മരപ്പെട്ടിയിന്മേലാണു് അതിന്റെ കമ്പികൾ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നതു്. കമ്പികൾ സ്പന്ദിക്കുമ്പോൾ അതിന്നുസരിച്ചു് മരപ്പെട്ടിക്കകത്തുള്ള വായുവും സ്പന്ദിക്കുന്നു. ഇതാണു് ശബ്ദംഭത്തിന്റെ വ്യാപ്തം വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതു്. ശബ്ദംഭത്തിന്റെ ഗുണചൗഷ്ഠ്യലുവും വർദ്ധിക്കുന്നു. ഈ റെസൊനൻസ് ഏതുകണ്ടു് ഭക്തിയായിട്ടാണോ ഒരു വയലിനിയിലെ മരപ്പെട്ടിയിൽനിന്നു കിട്ടുന്നതു്, അതിന്നുസരിച്ചു് വയലിന്റെ വില കൂടും. റൂറുകണക്കിൽ പമ്പർ വിലവരുന്ന വയലിനുകളുണ്ടു്. ഇതേമാതിരിത്തന്നെ തോന്നാമെങ്കിലും റെസൊനൻസിന്റെ കാര്യത്തിൽ വളരെ മോശമായ വയലിനുകൾക്കു് വളരെ തുച്ഛമായിരിക്കും വില. ഇവിടെ റെസൊനൻസ് ആവശ്യമാണു്.

എന്നാൽ സംഗീതക്കച്ചേരികൾ നടത്തുന്ന റൊളികളിലെ ജാലകങ്ങളുടെ വാതിലുകളും മറ്റും ചില ചില ശബ്ദംഭങ്ങൾക്കു ഗുണമായി സ്പന്ദിക്കുവാൻ തുടങ്ങിയാലോ? ജനൽവാതിലാവണമെന്നില്ല—ഒരു തുടങ്ങിയിട്ടുണ്ടായാലും ലോഹത്തകിടായാലും മതി—ഇത്തരം റെസൊനൻസ് അനുഭവപ്പെടാൻ. കച്ചേരിയുടെ ഗുണം മൃഗവനിപ്പാക്കാനിതുചെയ്യല്ലോ. ഇത്തരം അവസരങ്ങളിലാണു് അവയെ അമർത്തിപ്പിടിക്കുന്നതു്—സ്പന്ദിക്കാതായാൽ ചിന്നെ റെസൊനൻസുണ്ടായില്ലല്ലോ. ചില സ്പന്ദികപാത്രങ്ങൾ ചില ചില സംഗീതസംഗ്രഹങ്ങൾക്കനുസരിച്ചു കിടന്നാകുകയും തമ്മിൽ കൂട്ടിടു കയും ചെയ്യുന്ന അനുഭവങ്ങൾ കുറച്ചു.

ശബ്ദംഭരംഗങ്ങളെ, പ്രകാശശക്തികളെയെന്നുപോലെ, ഒരു കേന്ദ്രത്തിൽ ‘ഫോക്കസ്സു്’ ചെയ്യാൻ കഴിയും. ശബ്ദംഭത്തെ പൂത്താകാത്തതിലുള്ള ഒരു തലംകൊണ്ടു് പ്രതിധ്വനിപ്പിക്കുകയും, ഇവയെ യെല്ലാകൂടി ഒരേ ദിശയിലേയ്ക്കു തിരിച്ചുവിടുകയും ചെയ്യാം.

ഇതിന്റെ ഫലമായി വ്യാജം വെളിപ്പെടുന്നു. ചില ഹാളുകളിൽ, ഈ മാതൃകയിൽ കേന്ദ്രീകരിച്ചിട്ടുള്ള തരംഗങ്ങളാണ്, ശബ്ദം കൃത്യമായി കേൾക്കുന്നതിന് പകരം മൃദലമായി തോന്നുന്നത്.

നിങ്ങളുടെ ചെവിക്ക്—പുറമേയുള്ള കാരണമല്ല ചെവി—എന്നിവിടെയിരിക്കാൻ ഉറപ്പുള്ളിട്ട് ഉറപ്പുള്ള ശബ്ദം തരംഗങ്ങളെ ശേഖരിച്ച് ചെവിയുടെ ഉള്ളിലേയ്ക്ക് ഹോർണ്ണുകളിലൂടെ വന്നിരുന്നില്ലെങ്കിൽ ഉറപ്പുള്ള ഓരോ വാക്കും. ഈ ഭാഗങ്ങളിൽ ചെറിയ ശബ്ദങ്ങൾ നിങ്ങളുടെ അന്തഃകണ്ഠത്തിലേക്കിടുന്നതല്ല, അവ കേൾക്കാനിടവരികയോ ഇല്ലാത്തതല്ല.

ശബ്ദത്തിനിടയിലും പല പ്രത്യേകതകളുമുണ്ട്.

മൂന്ന് കൂട്ടങ്ങളും ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗം വെളിപ്പെടുന്നു. തന്നെത്തന്നെ വായുവിലൂടെയാണ് ശബ്ദം തരംഗങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നതെങ്കിൽ പിന്നീട് മൂന്നു വായുവിലേയ്ക്ക് കടക്കുമ്പോൾ അവയുടെ വേഗത്തിൽ വ്യത്യാസം വരുന്നു. ഒരു മൂന്നു മൂലകങ്ങളുള്ള കഥയെടുക്കുക. ക്രമീയമായി തൊട്ടുകിടക്കുന്ന വായു മൂലകങ്ങളാണവ. അതിനാൽ അവയെക്കൊണ്ടാണ് ശബ്ദം തരംഗങ്ങൾ മേൽക്കൂട്ടി വ്യതിചലിച്ചുപോകുന്നു. മൂന്നു മൂലകങ്ങളും ശബ്ദം സാധാരണയുള്ളതുപോലെന്നിരിക്കുന്ന നാലു കേന്ദ്രങ്ങൾ—എന്നാൽ, വായുവിലൂടെ സംഭവിക്കുന്നത്. നമ്മുടെ ചെവിയിലേയ്ക്ക് ശബ്ദം തരംഗങ്ങൾ മൃദലം എത്താത്തതാണ്. അവ മുകളിലേയ്ക്ക് വ്യതിചലിച്ചുപോകുന്നു.

നേരേമിച്ച് രാത്രിയുടെ നിശ്ശബ്ദതയിൽ, ഏതു ശബ്ദവും നമുക്ക് വ്യക്തമായി കേൾക്കാം—ക്രമീയമായി തൊട്ടുള്ള വായു തണുത്തതിരിക്കാം. ഇതിന്റെ ഫലമായി ശബ്ദം തരംഗങ്ങൾ കീഴ്കൂട്ടാതെ വ്യതിചലിക്കുന്നത്. നമ്മുടെ ചെവിയിലിരിക്കുന്ന ശബ്ദം വന്നുപോകുന്നതുകൊണ്ട് നാം വ്യക്തമായി കേൾക്കുന്നു.

മൂന്നു മൂലകങ്ങളിൽനിന്നുണ്ടാകുന്ന ശബ്ദം അതേവിടെയാണെന്നു കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കില്ല. അതിനാൽ, ശബ്ദത്തിന്റെ വ്യതിചലനം ഉപയോഗിച്ച് ശബ്ദം കേൾക്കാൻ കഴിയും. ഒരു 'പിന്തുണ' ക്ലാസ് മൂന്നു

കുപ്പിലിനെ പിന്തുടരുന്നതു്, അതിന്റെ ശബ്ദതരംഗങ്ങളെ നോക്കിയാണു്. മുങ്ങിക്കുപ്പിലിൽനിന്നു് വരുന്ന ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ തിക്ഷണതനോക്കി അതെവിടെ, എത്ര ആഴത്തിൽ, സ്ഥിതിചെയ്യുന്നുവെന്നു ഡിസ്ക്രൈമിനേഷൻ കഴിഞ്ഞാനാവും. ഇതു തടയാൻ മുങ്ങിക്കുപ്പിലിനെ ഉണ്ണുമുള്ള ഭാഗത്തേയ്ക്കു, അവിടെനിന്നു തണുത്ത ഭാഗത്തേയ്ക്കും മാറിമാറി ഓടിക്കുന്ന—ഇങ്ങിനെയായാൽ മുങ്ങിക്കുപ്പിലിൽനിന്നു വരുന്ന ശബ്ദം എവിടെയാണെന്നു കൃത്യമായി കണ്ടുപിടിക്കാൻ ഡിസ്ക്രൈമിനേഷൻ കഴിയാതെ വരുമല്ലോ.

ശബ്ദവും കാര്യം ഒരേ ഗതിക്കാണ് പോകുന്നതെങ്കിൽ ശബ്ദത്തിനെ കൂടുതൽ ദൂരം എത്തിക്കാൻ കഴിയും. വായുവിന്റെ കണങ്ങൾ വേഗം നിങ്ങളുമോടു അവയുടെ ഇടയിൽക്കൂടി ശബ്ദതരംഗങ്ങളും നീങ്ങുന്നു. ശബ്ദത്തിനെതിരായാണ് കാര്യം ഓടിക്കുന്നതെങ്കിൽ വിചലിതമാവും ഫലം.

ചിന്നെയുള്ളതു് ശബ്ദത്തിന്റെ ഗുണമാണു്. സംഗീതോപകരണങ്ങളിലോരോന്നിന്നും ഓരോ ശബ്ദഗുണമാണല്ലോ ഉള്ളതു്.

ഒരു കമ്പി സ്റ്റാഷിക്കുനോളുണ്ടാവുന്ന ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ ആ ലഘുവല്ല. ഒരു കമ്പി മുഴുവൻ ഒരു സെക്കൻഡിൽ 256 പ്രാവശ്യം സ്റ്റാഷിക്കുവെങ്കിൽ, അതിന്റെ ചില ചില ഭാഗങ്ങൾ വേറെ വേഗത്തിലും സ്റ്റാഷിക്കുണ്ടാവും. ഇങ്ങിനെ സ്റ്റാഷിവേഗം നോക്കിയാൽ കമ്പിയെ പല ഭാഗങ്ങളായി തിരിക്കാൻ കഴിയും. അതായതു് കമ്പിയുടെ മുഴുവൻ സ്റ്റാഷവും, ഭാഗം ഭാഗമായുള്ള സ്റ്റാഷവും കൂടിച്ചേർന്നതാണു് ആ കമ്പിയിൽനിന്നുണ്ടാവുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ ഗുണം—അതാണു് ഇത്ര ലഘുവല്ലെന്നു് പറഞ്ഞതു്. കമ്പിയുടെ ഭാഗികമായ ഈ സ്റ്റാഷമാണു്, അതിന്റെ അടിസ്ഥാനപരമായ ശബ്ദത്തിനു് ഘോഷം കൊടുപ്പും കൊടുക്കുന്നതു്. നല്ല ശബ്ദമെന്നു് തോന്നുന്നതു് ഈ സ്വരക്കൊഴുപ്പിനെയാണു്.

ഇങ്ങിനെ നോക്കിയാൽ പലതരം ഉപകരണങ്ങളും പല രീതിയിൽ സ്റ്റാഷിക്കുവെന്നു കാണാം. മുഴുവൻ സ്റ്റാഷത്തിന്നു

പുറം, കമ്പിയുടെ അഞ്ചിൽ ഒന്ന്, മൂന്നിലൊന്ന്, അല്ലെങ്കിൽ ഏഴിലൊന്ന് എന്നിങ്ങനെ ഭാഗങ്ങൾ സ്പ്രാഷനാവാവുന്നതുമാണ്. ഓരോ ശബ്ദത്തിനും അതിന്റേതായ സ്വഭാവം വെച്ചിട്ടുണ്ട്. ഒരു ഭാഗങ്ങൾ, വായുവിനും, ചിന്താസാധനം, മനഃശക്തിയുടെ സഹായം കൂടെ ശ്രദ്ധയിൽത്തന്നെ പാഠകന്മാർക്കെങ്കിലും, ആ ശബ്ദങ്ങൾ കേൾക്കുന്ന ഗുണത്തിലേക്കൊരു പൊതുശ്രദ്ധയുണ്ടാക്കണം!

എന്നാൽ ചിലപ്പോൾ, ഒരു പുല്ലൊടി കാരാത്തു കിടന്നാൽ നോക്കി മറ്റൊരു സ്പ്രാഷനും നാം കാണുന്നതുകൊണ്ടും എന്താണ് ശബ്ദമുണ്ടാകാത്തത്? ചോദ്യം, ശബ്ദമുണ്ടാകുന്നില്ലെന്നു തന്നെ. ഒരു സെക്കൻഡിൽ 20-ൽ കുറവാണ് സ്പ്രാഷനുകളിൽ അത്തരം സ്പ്രാഷനുകളിൽനിന്നുള്ള ശബ്ദം കേൾക്കാൻ മനഃശക്തിയുടെ ചെറിയ വ്യത്യാസം. സെക്കൻഡിൽ 20,000-ത്തിലധികമാണ് സ്പ്രാഷനുകളിലും നമ്മുടെ ചെവികൾക്ക് ആ ശബ്ദം കേൾക്കാൻ കഴിയില്ല. 'ശബ്ദമുണ്ട്'—പക്ഷെ നമുക്കുള്ള കേൾക്കാൻ കഴിയില്ലെന്നുമാത്രം. 2000-ഉത്ത് 4000-വരെ സ്പ്രാഷനങ്ങൾ ഒരു സെക്കൻഡിലുണ്ടാകാതെ കേൾക്കാൻ ഏറ്റവും കഴിയുന്നതു്. 20,000-ത്തിലധികമാണ് സ്പ്രാഷനുകളിൽ, അതു ശബ്ദം വെച്ചു, വേദനയാവാതെ നമുക്കുണ്ടാവുന്നതു്.

ഇതിനെല്ലാം കാരണം മനഃശക്തിയുടെ പ്രത്യേകതയാണ്. നമ്മുടെ ചെവിക്ക് കേൾക്കാൻ വയ്യാത്ത ശബ്ദങ്ങൾ പോലും നാസ്റ്റൽ കേൾക്കാൻ കഴിയും. ചെവികളുടെ കേൾക്കാൻ വയ്യാത്ത ഒരുതരം ചുണ്ടുകൾ നാസ്റ്റൽ കേൾക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് നമുക്കുണ്ടാവുന്നതു്.

കൂടുതൽ സ്പ്രാഷനുകൾക്കുണ്ട് നമുക്ക് കേൾക്കാൻ വയ്യാത്ത ശബ്ദങ്ങളെയാണ് 'സൂപ്പർസോണിക്' എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഈ മാതിരി സൂപ്പർസോണിക് കളെക്കൊണ്ട് പല ആവശ്യങ്ങളുണ്ട് നമുക്ക്. മുങ്ങിക്കുപ്പുകളിൽ ഈ മാതിരി ശബ്ദപര്യായം ശിപ്പു് ഒരത്തുനിന്നുള്ള വിവരങ്ങളറിയുന്നു. ദ്രവങ്ങളിലെ അണുക്കളെ ചലിപ്പിക്കാനും—ഇതിന്റെ ഫലമായി ചുണ്ടുണ്ടാവുന്നു—

നൊക്ടീരിയയെ നശിപ്പിക്കാനും സൂപ്പർസോണിക് തരംഗങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കാം. വീടുകളിലും വ്യവസായശാലകളിലും ചൂടിനായി ഈ ഉപയോഗിക്കുന്നു. സൂപ്പർസോണിക് സ്റ്റാമ്പറവേഗത്തിൽത്തിരിയുന്ന “സ്രീലോകം”കൊണ്ട് ഏതു കഠിനമായ ലോഹവും തുളയ്ക്കാൻ കഴിയുമത്രെ. തുണികളിൽനിന്ന് അഴുക്കു നീക്കം ചെയ്യാനും ഇതിനു കഴിവുള്ളതിനാൽ അലക്കിനും ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നു. ശിശുവേഗമുള്ള ശബ്ദതരംഗങ്ങളെക്കൊണ്ട് പുതിയ പല ആവശ്യങ്ങളും കണ്ടുപിടിക്കുകയാണ്.

ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത്തേക്കാൾ കഠിനത വേഗത്തിനാണ് ‘സൂപ്പർ സോണിക്’ എന്ന വിശേഷണം നൽകുന്നത്. സമുദ്രനിലവാരത്തിൽ ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 761 മൈൽ ആണ്. ഉയരത്തിലുയരത്തിൽ അത് കുറഞ്ഞുപോകും. 10,000 അടി ഉയരത്തിലത് മണിക്കൂറിൽ 663 മൈൽ ആണ്. ഇതിലധികം വേഗത്തിൽ പോകുന്ന പല വിമാനങ്ങളും തകരുകയുണ്ടായി, ആദ്യത്തിൽ. ചിന്നിട്ട് വിമാനത്തിന്റെ ചിറകുകളുടെ മാത്രകമ്പിയിൽ വ്യത്യസ്തം വരുത്തിയിട്ടാണ് ഈ കുഴപ്പം പഠിപ്പിച്ചതത്രെ.

എന്താണിതിന് കാരണം? ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത്തിൽ കഠിനത്ത് വിമാനം ചാർജ്ജനോടുകൂടി ‘പ്രെഷർ തരംഗങ്ങൾ’ ഉണ്ടാവുന്നു. വിമാനത്തിന്റെ ചുറ്റുമുള്ള വായു പ്രത്യേക ഡിസൈനുകളിലാണിവിടെ വിഭജിക്കപ്പെടുന്നത്. ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത്തിനേക്കാൾ കഠിനത വേഗത്തിൽ വിമാനത്തിന്റെ ചിറകിന്റെ മുമ്പിലായിരിക്കും ഇങ്ങിനെ വിഭജിക്കുന്നത്. അതായത് ‘പ്രെഷർ തരംഗം’ വിമാനത്തിന്റെ ചിറകിന്റെ തൊട്ടു പിന്നിലാവും. ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗത്തിലാണത്രെ പോകുന്നതെങ്കിൽ, പ്രെഷർ തരംഗത്തോടൊപ്പം ചിറകുകളും നീങ്ങും. എന്നാൽ പിന്നേയും വേഗം കൂടിയായാലോ? ആ പ്രെഷർതരംഗത്തേയും തുളച്ചുകയറുവാൻ ഇന്നത്തെ വിമാനങ്ങൾക്കു കഴിയുമല്ലോ. ശബ്ദം ഒരു തടസ്സമായി നില്ക്കുമോ? കേൾക്കുന്നതുതന്നെ അതുതകരമായിത്തോന്നുന്നു, ഇല്ലേ?

വാഘ ഒരു ഭിത്തിയെപ്പോലെയോ മനോ ഒരു തടസ്സമല്ലല്ലോ. ഒരു വിമാനം ശബ്ദത്തേക്കാൾ വേഗം പറക്കുന്നവഴിയാണെന്നു 'ചോഷ വേവു'കൾ അതിന്റെ ഗതിയെ അലട്ടുന്നുവെന്നു മാത്രമാണിതി ന്നത്ഥം. ഈ വേഗത്തിൽ വിമാനം ഓടിക്കുന്ന ചൈലററിന്റേ യാതൊരു ശബ്ദവും കേൾക്കുവാൻ വയ്യ. തന്ത്രങ്ങളും മറ്റും പ്രവർത്തിക്കുമ്പോഴാണെന്നു ശബ്ദം ചൊമ്പിക്കാൻ ചെവിയിലെത്തുന്നതിനേക്കാൾ വേഗത്തിലാണ് വിമാനത്തിന്റെ സഞ്ചാരം.

ചെട്ടെന്ന് താഴെ കൂമിയിലേയ്ക്കു വരുമ്പോൾ വിമാനത്തിന് ശബ്ദത്തിനേക്കാളധികം വേഗമുണ്ടെങ്കിൽ കൂമിയിലാകെ ഒരു ഭൂകമ്പമുണ്ടായതായി തോന്നുന്നു. കെട്ടിടങ്ങൾ കലുങ്ങുന്നു, വാതിലുകൾകടയുന്നു. ഇതിന് ചോഷ്ഠരംഗങ്ങളാണ് കാരണം. സൂപ്പർ സോണിക് റ്റുണ്ടുണ്ട് ആണിത്.

ചില ശബ്ദങ്ങൾ സംഗീതരസകരമായി നമുക്കനുഭവപ്പെടുന്നു. അതേ സമയത്തു് ബോധിലഭവകളിൽനിന്നും മറ്റുമുണ്ടാകുന്ന ശബ്ദമാകട്ടെ, വളരെ വിരസമായും തോന്നുന്നു. എന്നാണി വ്യത്യസ്തത്തിനടിസ്ഥാനം: താഴെത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കൃത്യസമയം ഇടവിട്ടിട്ടാണ് ശബ്ദം നമ്മുടെ ചെവിയിൽ വന്നു കേൾക്കുന്നതെങ്കിൽ ആ ശബ്ദം സുഖകരമായി തോന്നുന്നു. ക്രമം തെറ്റി വരുന്ന ശബ്ദങ്ങൾ അസുഖകരവുമാണ്. എന്നാണി ഞിനെ തോന്നാൻ എന്നതിന് ശരിക്കും ഉത്തരം പറയാൻ വയ്യ— തലച്ചോറിന്റെ വിദ്യയാണിതെന്ന് പറയാം.

ശബ്ദത്തിന്റെ വളരെ കാര്യമായ ഒരു പ്രത്യേകതയ്ക്കു് "ഡോപ്ലർ ഇഫക്ട്" എന്നു പറയുന്നു. 'വിസിദ്ധ'പ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന തിമ്പനം കേൾക്കുന്നവർക്കുവേണ്ടി നാം ഒരു റെയിൽവേ സ്റ്റാന്റുമുമ്പിൽ നില്ക്കുകയാണെന്നു ചൊല്ലുക. ട്രെയിനിനിലിരിക്കുകയാണു് നിങ്ങളെങ്കിൽ വണ്ടിയുടെ ചുളംവിളിപ്പം യാതൊരു പ്രത്യേകതയും അനുഭവപ്പെടില്ല. എന്നാൽ സ്റ്റാന്റുമുമ്പിൽ നിന്നു് നാം കേൾക്കുന്ന ശബ്ദം മറ്റൊരു രീതിയിലാണ്, ട്രെയിൻ

യിൻ നിർമ്മൂകയാണെന്നും വിസിൽ ചരയപടിതന്നെ ഉത്തുനങ്ങളെ നാം വിചാരിക്കുക. സെക്കൻറിൽ 2000 ശമ്പാദവിചികളാണു് ഈ വിസിലിൽനിന്നുണ്ടാകുന്നതെന്നുവെള്ളുക. നിങ്ങളുൾക്കു നീക്കംതന്നെ നിർമ്മൂകയാണെങ്കിൽ, ഈ ശമ്പാദവിചികൾക്കു ഓരോ സെക്കൻറിലും 2000 എന്ന തോതിൽ വന്നു നിങ്ങളുടെ ചെവിയിൽ ചെട്ടം. എന്നാൽ നിർമ്മൂക കടലിനിന്റെ ഹേതര നിങ്ങളുൾക്കു ഓരോയാണെങ്കിലും, ഈ ശമ്പാദം കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ നിങ്ങളുടെ ചെവിയിൽ വന്നുവെള്ളുന്നു. ശമ്പാദത്തിന്റെ വേഗം ഹേതരത്തിൽ വർദ്ധിക്കുന്നു—കൂടുതൽ ഉയർന്ന ഒരു ശമ്പാദമാണു് നിങ്ങളുൾക്കു കേൾക്കുന്നതു്. ഇതിന്നു പകരം കടലിനിൽനിന്നു് വരുന്ന ശമ്പാദ വിചികളേകൂടുകി നാം ഓരോയാണു് ചെയ്യുന്നതെങ്കിലും, തന്നെ ശമ്പാദമാണു് കേൾക്കുക. ഇവി ശമ്പാദത്തോളം വേഗത്തിലാണു് നിങ്ങളുൾക്കു കേൾക്കുന്നതു് എന്നിരിക്കട്ടെ. എന്താണു് ഉണ്ടാവുക? ശമ്പാദം കേൾക്കുകയേ ഇല്ല.

ചലിക്കുന്നതു് കടലിനാകട്ടെ, നിങ്ങളുടെ ചെവിയാകട്ടെ, ഹേതരം ഒന്നാണു്. കടലിൻ സ്റ്റാൻഡേർഡിനോടടുക്കുംതോറും ശബ്ദം കൂടുന്നു—സ്റ്റാൻഡേർഡ് വിട്ടുവേഗം ശമ്പാദം കേൾക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇങ്ങിനെ ശമ്പാദത്തിന്നു് ചലിപ്പിച്ചുകൊടുക്കുകയുണ്ടു്. എന്നാൽ ചെട്ടിപ്പുറത്തിന്നിരിക്കുകയുണ്ടു് വ്യത്യസ്തതകൾ.

നൂട്ടനും ഹൃദയം

എങ്ങും കാണുന്ന വെളിച്ചം എന്താണത്? ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെ വിഷമിപ്പിച്ചതും, നമുക്കെല്ലാം പരിചയമുള്ളതുമായ ഒരു വസ്തുവുമാണിത്. ഇത് നമുക്ക് വെളിച്ചത്തെപ്പറ്റി ഒരുപാട് കാര്യങ്ങൾ അറിയാം. വസ്തുക്കളിൽനിന്ന് കണ്ണുകളിലേയ്ക്കുവന്നു വെളിച്ചം പോകുന്നതെന്നു ഇന്നു നമുക്കറിയാമെങ്കിലും, കുറെക്കാലമുമ്പുള്ള ധാരണ, കണ്ണിൽനിന്നാണ് വെളിച്ചം പോകുന്നതെന്നായിരുന്നു.

ഗ്രീക്കുഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായ യൂക്ലിഡും, തലചിന്തകനായ പ്ലേറ്റോവും മറ്റു പല പണ്ഡിതന്മാരും വിചാരിച്ചത്, കണ്ണിൽ നിന്ന് വെളിച്ചം വസ്തുക്കളെച്ചെന്നു മുട്ടുന്നുവെന്നാണ്. കയ്യൊഴുക്കു തൊട്ടുനോക്കി മേശപ്പുറം എങ്ങിനെയിരിക്കുന്നുവെന്ന് നാമറിയാംപോലെ, കണ്ണുമെന്ന് തടവുമ്പോഴാണ് നമുക്ക് കാഴ്ചയുണ്ടായതായിത്തോന്നുന്നതെന്നായിരുന്നു അവരിൽപ്പലരും ധരിച്ചത്.

ഇങ്ങനെയോ നാം ഒന്നും കാണുന്നില്ലെന്നുള്ള നിത്യജീവനുമുണ്ടായിട്ടും കുറെ നൂറ്റാണ്ടുകാലത്തോളം കണ്ണിൽനിന്നാണ് വെളിച്ചം പോകുന്നതെന്ന് എല്ലാവരും വിശ്വസിച്ചിരുന്നതുതന്നെ. സൂര്യനിലുപയോഗിച്ച് നമ്മുടെ കണ്ണിലെ വെളിച്ചം ഇല്ലാതാവുമോ? രാത്രി തിരക്കുതീർന്നപ്പോൾ നമുക്ക് കാഴ്ചയുണ്ടാവുന്നില്ലോ—അതിനെന്താണ് കാരണം? ഈ ചോദ്യങ്ങളൊന്നും അന്നുള്ളവർ ശ്രദ്ധിച്ചിരിക്കാറില്ലായിരുന്നു.

ഭൂമിയും അതിലധിപതിക്കുന്ന മനുഷ്യനുമായാണ് ബ്രഹ്മാണ്ഡത്തിന്റെ കേന്ദ്രസ്ഥാനങ്ങളെന്ന് വിശ്വസിച്ചിരുന്ന അന്നത്തെ ചിന്തകന്മാർക്ക് വെളിച്ചം വന്നതും കണ്ണിൽനിന്നുണ്ടാവുന്നതെ

ന്നു ചായലായിരുന്ന കൂടുതൽ ആവർദ്ധിപ്പിച്ചുകൊടുത്തു. ആ വിഷയം മറ്റൊന്നും അവർ സംശയിച്ചുതേയില്ല. ക്ഷേത്രശാസ്ത്രത്തെ സംബന്ധിച്ചുകൊണ്ട്, വെളിച്ചം കണ്ണിൽനിന്നു വന്നുവിലേക്കു, അതോ വന്നുവിലേക്കു കണ്ണിലേക്കു, എങ്ങിനെ പോയാലും രണ്ടുപക്ഷിലായിരുന്നു. ചില ശരിയായ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ യൂക്ലിഡ് മുറിയായവർ എത്തിച്ചേരാൻ ഈ തെറ്റായ തുടക്കം സഹായകമായിരുന്നു.

ഉദാഹരണത്തിന്നു, വെളിച്ചത്തിന്റെ ആ ചരതാകോണം, (angle of incidents) പ്രതിഫലനകോണം (angle of reflection), തുല്യമാണെന്നും, അവ കര തലത്തിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെന്നും അവർ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഈ കോണുകളെ അളക്കുന്നത് പ്രതിഫലനതലത്തിലെ ലംബമായ നോർമലി (normal) യെ ആസ്പദിച്ചാണ്. ആ ചരതാപ്രതിഫലനകോണുകൾ ഒപ്പമാണ്. ചുരുക്കത്തിൽ ഒരു രബ്ബർപന്ത് അതേ ശക്തിയിൽ തന്നെ ഇങ്ങോട്ടും തിരികുവന്നുപോകുമെന്നുപോലെയാണിത്. ഇതിനാൽ, ഏതാണ് ആ ചരതാകോൺ, ഏതാണ് പ്രതിഫലനകോൺ എന്നു ശരിയായി അറിഞ്ഞില്ലെങ്കിൽപ്പോലും, ഇവയെ ആസ്പദിച്ചുണ്ടാക്കിയ കണക്കുകൾ അത്രയൊന്നും തെറ്റില്ല. നേർരേഖകളിലൂടെയാണ് പ്രകാശകിരണങ്ങൾ പോകുന്നതെങ്കിലും, ഒരു വസ്തുവിലേക്കു മാത്രമായി വെളിച്ചത്തിനു വക്രികരണം സംഭവിക്കുന്നു.

ഒരു നാണുവും ഒരു കപ്പു വെള്ളവുംകൊണ്ടു പ്രസിദ്ധമായ ഒരു പാർക്കിംഗ് റവ്യൂജെൻസും നടത്താം. ഒരു കപ്പിനടിയിൽ ഒരു നാണുവെച്ചു ചതുക്കെ പിന്നോക്കം മാറി നാണുത്തെ കപ്പിന്റെ വഴി മാറ്റുന്നതുവരെ നോക്കുക. അങ്ങിനെ നാണുവും പാർക്കിംഗ് റവ്യൂജെൻസിലും വെള്ളമൊഴിക്കുക. അതോ, നാണുവും നിങ്ങളുടെ ദൃഷ്ടിയിൽപ്പെടുന്നു! ഇതെങ്ങിനെയാണ്?

പഴയ നക്ഷത്രശാസ്ത്രജ്ഞനായ ടോളമി 1800 വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പു ഈ പാർക്കിംഗ് നടത്തുകയുണ്ടായി. വെളിച്ചം നേർരേഖകളിൽക്കൂടിയാണു സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്നു അദ്ദേഹം വിശ്വസിക്കുന്നു.

കുപ്പിൽ വെള്ളമൊഴിക്കുമ്പോൾ നാണുത്തിൽനിന്നുള്ള രശ്മി
 കര വെള്ളത്തിൽക്കൂടി നോർവേയിൽ സഞ്ചരിക്കുകയും വെള്ള
 ത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽവെച്ച് അതിനു വക്രികരണം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വെളിച്ചത്തിന്റെ രശ്മികൾ വക്രികരിച്ചിരിക്കുന്നവെന്നല്ല. നാണു കപ്പിന്റെ അടിയിൽനിന്നല്ല പൊന്തിയ തായിട്ടാണ് നമ്മുടെ കണ്ണുകൾക്കനുഭവപ്പെടുന്നത്. ഒരു കണ്ണാടിയിൽ നോക്കിയാലും, കണ്ണടിക്കുള്ളിലാണല്ലോ നമ്മുടെ മറയ കാണുന്നത്.

ഈ വക്രികരണത്തിനു കാരണമെന്തെന്ന് ടോളമിയ്ക്കറിയില്ലായ്കയാൽ. പക്ഷെ, വക്രികരണകാരണമാണ് സൂര്യോദയത്തിനും സൂര്യസ്തമയത്തിനും താൻ കണക്കാക്കിയതിൽനിന്നു ചില ന്യായമനുസരിച്ചു വ്യത്യാസമുണ്ടെന്നു ടോളമി പറഞ്ഞു. ഉദയസൂര്യത്തിൽനിന്നു വരുന്ന പ്രകാശരശ്മികൾ കീഴ്പ്പോട്ടാണ് വക്രികരിക്കുന്നത്—അവ വായുവിൽ പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ. ഏതുവിധം കപ്പിന്റെ വക്കിൽക്കൂടി നാണുത്തെ നാം കണ്ടുവോ, അതുപോലെ, സൂര്യൻ തികച്ചും ചക്രവാളത്തിലെത്തുന്നതിനു മുമ്പുതന്നെ അതു ഉദിച്ചതായി നമുക്കനുഭവപ്പെടുന്നു. അതുപോലെത്തന്നെ സൂര്യൻ അസ്തമിച്ച ലും നാമതിനെ ചിത്രനയും കാണുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു വസ്തുവിൽക്കൂടി പോകുന്ന പ്രകാശരശ്മികൾ മറ്റൊരു മാധ്യമത്തിലേക്കു കടക്കുമ്പോൾ എന്തു കാരണമാണ് വക്രികരിക്കുന്നതെന്നതിനു യുക്തിയുക്തമായ ഒരു വിശദീകരണം നൽകിയത് (1629-ൽ ഗോളത്തിൽ ജനിച്ച) ക്രിസ്റ്റൻ ഹ്യൂജൻസാണ്. ന്യൂട്ടൺ 30 കൊല്ലങ്ങൾക്കുമുമ്പു ജനിച്ച ഹ്യൂജൻസു അക്കാലത്തെ പ്രതിഭാശാലികളിലൊരാളായിരുന്നു. അദ്ദേഹം, പ്രകാശത്തിന്റെ സ്വഭാവവിശേഷത്തെപ്പറ്റി നൂട്ടനുമായി നടത്തിയ പ്രചണ്ഡ മലയ വാദപ്രതിവാദം ഊസിച്ചുമാണ്. അതിൽ ഒരുനിലയ്ക്കു നോക്കിയാൽ ഇയിച്ചതു ഹ്യൂജൻസുമാണ്.

തിളങ്ങുന്ന വസ്തുക്കളിൽനിന്നു നിഷ്പ്രകാശമായ വളരെ ചെറിയ വസ്തുക്കളാണ് പ്രകാശരശ്മികൾ എന്നു ന്യൂട്ടൻ കരുതി. ഒരു

തോക്കിൽനിന്നും ചെറിയ അനവധി ഇയ്യമണികൾ ഒഴിക്കുംപോലെയാണ് ഇതെന്നും നൂട്ടൻ പറഞ്ഞു. ഇതാണ് “നോർചാൾ”കൾ സിദ്ധാന്തം.”

നേരെ മറിച്ച് ഹൃദയങ്ങൾസാക്ഷി. അദ്ദേഹത്തിന് മുമ്പുണ്ടായിരുന്ന പല ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെയും ചുവടുപിടിച്ചു, ശബ്ദത്തെപ്പോലെ വെളിച്ചവും താഴെത്തോറാണ് മലിനമെന്നു വാദിച്ചു. എന്നാൽ, ശൂന്യപ്രദേശത്തിലും വെളിച്ചം സഞ്ചരിക്കുന്നുണ്ടല്ലോ. അതെങ്ങിനെയാണെന്നായിരുന്നു നൂട്ടന്റെ അഭിപ്രായം. അതിനാൽ ചോദിച്ചത്. നിങ്ങളുടെ നോഡലിന്റെ മേൽ ജാർചാർക്കുന്നുണ്ടോ? ജാർചാർ വായു നീക്കം ചെയ്തപ്പോൾ, അടിക്കുന്ന വൈദ്യുതമണിയുടെ ശബ്ദം ലഭിക്കാതാവുമല്ലോ. കാരണം, ശൂന്യതയിൽ ശബ്ദം വിചിത്ര സഞ്ചരിക്കുകയില്ല എന്നതുതന്നെ. അതേ സമയം അതിനകത്തുള്ള മണി കാണാമായിരുന്നു. അതുകൊണ്ട് ശൂന്യതയിൽ കൂടി വെളിച്ചം സഞ്ചരിക്കുന്നുണ്ടെന്നതു വ്യക്തമായല്ലോ.

ഈ പ്രശ്നത്തിന് അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ കാലത്തുതന്നെ മറുപടി കണ്ടിരുന്നു—വെളിച്ചത്തിന് “ഇതറി”ൽ കൂടി പോകാൻ കഴിയുമെന്നാണ് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞത്. കാണാനോ, തൊടാനോ വയ്യാത്ത നേർമ്മയുള്ള ഒരു ദ്രവമാണ് ഇതെന്നായിരുന്നു ശരിപ്പെടുത്തിയത്—പക്ഷെ, എല്ലാ വസ്തുക്കളിലും ഇത്തരം ഉണ്ടായിരുന്നുവെന്നും പറയപ്പെട്ടിരുന്നു. വെളിച്ചത്തിലും വായുവിലും ഘനവസ്തുക്കളിലും ഇത്തരം ഉണ്ടായിരുന്നുവെന്നു ധാരണ. ശൂന്യപ്രദേശത്തുപോലും ഇത്തരം ഉണ്ടായിരുന്നുവത്രെ. ഇത് അങ്ങിനെയാണല്ലോ തെളിയിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇല്ലാത്ത ഇതറിനെ കൂടാതെത്തന്നെ വെളിച്ചം എങ്ങിനെ പോകുന്നുവെന്നും മറ്റുള്ള കാര്യങ്ങൾ ഇന്നു വ്യക്തമാക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

വെളിച്ചത്തിന്റെ തരംഗസ്വഭാവമാണ് വക്രീകരണത്തിനുള്ള കാരണമെങ്കിലും, എങ്കിലും, ശബ്ദം തരംഗങ്ങളെപ്പോലെ

ലെയ്യാൻ പ്രകാരതരംഗങ്ങളും എന്ന റവ്യൂജേർസ് പറഞ്ഞതു തികച്ചും ശരിയാക്കിയില്ല.

വെള്ളത്തിലെ അപകടം, ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ, എന്നിവയെ പറ്റി നാം മുമ്പ് പ്രസ്തുതിച്ചുവെല്ലാം. എങ്ങിനെയൊന്നാണ് രണ്ടു തരംഗങ്ങൾ കൂട്ടിച്ചേർന്ന് ശബ്ദത്തിന് ശക്തികൂട്ടുന്നതെന്നും നാം കാണും. ഒരു തരംഗത്തിലെ മാറ്റം മൂലവും ക്ഷയിച്ചൊന്നു—അതിൽനിന്നു കൊച്ചു കൊച്ചു തരംഗങ്ങളുണ്ടാകുന്നു—ഈ കൊച്ചു തരംഗങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിച്ചേർന്നു സ്വലത്തുവെച്ചുവെന്ന് തരംഗങ്ങളുടെ ശക്തി കൂടുന്നതു്.

ഒരു പ്രകാശരശ്മി വായുവിൽകൂടി വന്നു് വെള്ളത്തിൽ പ്രവേശിച്ചാൽ വെള്ളത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലുള്ള കോശം ബിന്ദുവുമാകുന്നതുപോലെ സമാധി പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. വൃത്താകൃതിയിലുള്ള കൊച്ചു തരംഗങ്ങളായി മാറുന്നു. ഈ വെള്ളത്തിന്റെ തൊട്ടു മേൽവെച്ചു കൂട്ടിച്ചേർന്നുപോകുന്നു, അവ പ്രതിഫലനതരംഗമായിത്തീരുന്നു. അവ വെള്ളത്തിനടിയിൽവെച്ചുവെന്ന് കൂട്ടിച്ചേർന്നതെങ്കിൽ വളർന്നുപോകുന്നു—ഈ വളർന്നുപോകുന്ന തരംഗമാണ് പിന്നീടു് വെള്ളത്തിൽകൂടി പോകുന്നത്. (വെളിച്ചം വന്നു വെള്ളത്തെ മുട്ടുമ്പോൾ കറച്ചു ഭാഗം പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നു; കറച്ചു ഭാഗം വെള്ളത്തിൽകൂടി പോകുന്നു എന്നാണ് ചരികുന്നതെങ്കിൽനിന്നറിവുന്നത്. ഒരു ജലാശയത്തിന്റെ തീരത്തുനിന്നു നോക്കിയാൽ, പ്രതിഫലിച്ചുപിടിച്ചെടുത്തു സൂര്യരശ്മിയെ ജലതലത്തിൽ കാണാം. വെള്ളത്തിനടിയിൽ നിന്നു നോക്കുക. വെള്ളത്തിൽ പ്രവേശിച്ചു വെളിച്ചത്തെയും കാണാൻ)

വായുവിലേക്കുമാകാം പതുക്കെയാണ് വെളിച്ചം വെള്ളത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന് റവ്യൂജേർസ് വിശദീകരിച്ചു. ഇതു പിന്നീടു് തെളിയിക്കപ്പെട്ടുപോയും ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഒരു കിരണാവലി ചെരിഞ്ഞിട്ടുവെന്ന് ജലതലത്തിൽ വീഴുന്നതെങ്കിൽ—അതിന്റെ അടിഭാഗത്തുനിന്നു നോക്കുന്ന കൊച്ചുതരംഗങ്ങൾ വെള്ളത്തിൽകൂടി സഞ്ചരിക്കുന്നു—പക്ഷേ വായുവിലേതിനേക്കാൾ പതുക്കെയാണ്. ഇതേ സമയംതന്നെ, കിരണാവലിയിലെ മുകൾഭാഗത്തുള്ള കിരണങ്ങൾ

വായ്പയിൽ കൂടിത്തന്നെയാണ് പോകുന്നത്—പിന്നീടാണിത് വെള്ളത്തിൽ വന്ന തട്ടുന്നതും ഇവയുടെ വേഗംകൊണ്ടത കൊല്ലതരംഗങ്ങളുണ്ടാകുന്നതും. ഇങ്ങിനെയൊണ് വെള്ളത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ വെച്ചു വെട്ടിക്കൊന്നം സംഭവിക്കുന്നത്.

ഒരു രബ്ബർമാർക്കിന്റെ മരണം നിങ്ങളും മറ്റോ അറാം നിങ്ങളുടെ സ്റ്റോറിതാനം വിടിച്ചിടിക്കുകയാണെന്നു കരുതുക. നിങ്ങൾ കടൽക്കരയിൽ കടലിനെ നോക്കിനില്ക്കുകയാണെന്നും കരുതുക. ഇങ്ങിനെ വെട്ടിച്ചിടിച്ചുകൊണ്ടു നിങ്ങളിരുവരും സമുദ്രത്തിന്റെ നേരെ ചാടുകയാണെങ്കിൽ—സമുദ്രത്തിന്നു ലിംബമല്ലാതെ അല്പം ചെറിയൊരു ചാടുകയാണെങ്കിൽ—നിങ്ങൾ സമുദ്രത്തിന്റെ വക്കത്തെയറി അതിലിറങ്ങിയാലെന്നുചെയ്യും? മുമ്പത്തെപ്പോലെ വേഗത്തിൽ ചാടാൻ സാധിക്കാതെ വരും. അതേസമയത്തു കടൽക്കരയിൽ കൂടി ചാടുന്ന സ്റ്റോറിന്റെ വേഗം കുറയുന്നില്ല. അയാൾ കടലിലെത്തുമ്പോഴേക്കും കുറച്ചു ദൂരമേ നിങ്ങൾ കടലിൽ ചാടിയിട്ടുണ്ടാവൂ. ഇങ്ങിനെ രണ്ടുപേരും കുറച്ചു ദൂരം കടലിൽ കൂടി ചാടിയാൽ, കടൽക്കരയിൽ ചാടിയിരുന്നതിൽനിന്നു അല്പം വെട്ടിച്ചായിരിക്കും നിങ്ങൾ ചാടുന്നതെന്നു ചിന്തിച്ചിരുന്നുവോക്കിയാൽ ധാരണം. ഇതേയതിരിവെന്നെ, ആദ്യം കടലിൽനിന്നു ചാടിയതുടങ്ങിനോക്കുക. ഒരേ വേഗത്തിലാണ് നിങ്ങൾ കടലിലും കരയിലും ചാടുന്നതെങ്കിൽ നിങ്ങൾ പുറപ്പെട്ട സ്ഥലത്തുതന്നെ എത്തിച്ചേരും.

ഏകദേശം ഇതാണ് ഒരു പ്രകാശതരംഗം വായ്പയിൽനിന്നു വെള്ളത്തിലേക്കു കടക്കുമ്പോഴും സംഭവിക്കുന്നത്—അല്ലെങ്കിൽ സ്പ്രിംഗിൽലേക്കു കടക്കുമ്പോഴും.

എന്നാൽ പ്രകാശം തരംഗങ്ങളായിച്ചേരുന്ന എന്ന വാദത്തോടു നൂട്ടനം യോജിച്ചില്ല. രണ്ടു കാരണങ്ങളാലാണ് അദ്ദേഹം ഇതിനോടൊന്നിനെ യോജിക്കാതിരുന്നത്.

ഒന്നാമതു്, തരംഗങ്ങളായാണ് പ്രകാശം പോകുന്നതെങ്കിൽ അതിന്നിത്ര കറുപ്പുള്ള നിഴൽ എങ്ങിനെ ഉണ്ടായി? വെള്ളത്തിലെ ഒരു അലയുടെ നടുവിലോ, ഒരു ശബ്ദതരംഗത്തിന്റെ വഴിക്കോ

ചെയ്തു. ഞാൻ അത്തരമൊരു കാര്യം സൂചിപ്പിക്കാൻ കഴിയില്ല എന്ന് വെച്ചു—അതിന്റെ വിശദീകരണം അംഗീകരിക്കാനായിരുന്നു. ഒരു നിശ്ചിതമായി. അതു ഞാൻ പരിശോധിച്ചു. നിങ്ങൾ ഒന്നുകിൽ ചുമടുകൾ ലഭിക്കാൻ അല്ലെങ്കിൽ വേറൊരു സ്ത്രീയിലേക്കു പോകാം. നിങ്ങളുടെ ഇരുപത്തഞ്ചിലുമുള്ള വസ്തുക്കൾ പുറമെ, നിങ്ങൾക്കുവേണ്ടി ഒരു കോർട്ടിലേക്കു സമാഹരണത്തിനായി വിഭജിച്ചുപോയിരിക്കുന്നു. നിങ്ങൾ എത്ര ദൂരത്താണോ, അതിനനുസരിച്ച് ഈ വിഭജന രേഖകളുടെ എണ്ണം കൂടുകയും കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. നിങ്ങളുടെ നാടുകൾ എന്തായാലും വെളിച്ചത്തിലേക്കു വരിക.

ഇതാണ് ഞങ്ങളുടെ വിവരണം. അതായത്, മറ്റൊരു തരം തത്വസംഹാരം ചെയ്യാൻ തരംഗങ്ങളും തടസ്സത്തിന്റെ ഇരുപത്തഞ്ചിലേക്കും വ്യാപിപ്പിക്കുന്നു. ഇവിടെ തടസ്സമായി നില്ക്കുന്നത് ഞങ്ങളുടെ കാര്യകാര്യമാണ്. അതിന് വിവിധ കുറവുകളും കാര്യങ്ങളും മെമ്പർ ഒന്നിനോടൊന്നും ഇടപെടുന്നു. കാരണമെന്നാൽ വെളിച്ചത്തിന്റെ പ്രദേശങ്ങളായി ഈ തരംഗങ്ങൾ ശക്തിപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. 'ഇടപെടൽ' കാരണമാണ് നിങ്ങളിൽ ഈമാതിരി വിഭജനരേഖകളുണ്ടായതെന്നും, കാര്യത്തിന്റെ ഒരു വശത്തേക്കും വെളിച്ചം കടക്കാത്തതിനാലാണിതു സംഭവിക്കുന്നതെന്നും ഞങ്ങൾ പറഞ്ഞു. വെളിച്ചത്തിന്റെ തരംഗങ്ങൾ കാര്യത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തുകൂടി മാത്രമേ പോകുന്നുള്ളവെങ്കിൽ നിങ്ങളിലുള്ള വിഭജന രേഖകൾ അപ്രത്യക്ഷമായിത്തീരുന്നു.

തരംഗസമീകരണത്തിനെതിരായി സ്കൂട്ടന്റെ രണ്ടാമത്തെ വാദം ഇതായിരുന്നു: തരംഗങ്ങൾ ഇരുപത്തഞ്ചിലേക്കു പരന്നുപോകാൻ. പ്രകാശതരംഗങ്ങൾ ശബ്ദവിചലനങ്ങളെപ്പോലെത്തന്നെ യാതൊരു കാര്യത്തിനും പരന്ന തരംഗം ഉണ്ടാവാൻ സാധ്യമല്ല, അതിനാൽ, ശബ്ദതരംഗങ്ങളെപ്പോലെ വെളിച്ചം. അത് തരംഗമായല്ല പോകുന്നത്. സ്കൂട്ടന്റെ വാദമായിരുന്നു.

വെളിച്ചത്തിന്റെ തരംഗങ്ങൾ വിഭജനരേഖകളുടെ വഴിയായി അന്നുപോലും അറിയില്ലായിരുന്നു. തരംഗം എങ്ങോട്ടു നീങ്ങുന്നുവോ,

അതിന്നു വിലങ്ങനെയാണിവ. അല്ലാതെ, ശബ്ദമരംഗത്തെ പ്പോലെയല്ല വെളിച്ചത്തിന്റെ തരംഗങ്ങൾ.

പോലരൈസുചെയ്യുന്ന (വെളിച്ചത്തിന്റെ സ്പന്ദനങ്ങൾ ഭരണശക്തിയുടേതല്ല) വസ്തുക്കൾ ഇന്ന് സുലഭമാണ്. വെളിച്ചത്തിന്റെ തിഷ്ണത കണ്ണിൽ വന്ന് കുത്തുന്നതിനെ തടയുവാൻ പോലരൈസുചെയ്ത ചില്ലുകൾ ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്. കുറുകുട്ടികളുടെ മുമ്പിലും പാശ്ചാത്യങ്ങളിലും ഉള്ള ചില്ലുകൾ ഈ മാതിരിയാണ്.

ഒരു നീണ്ട ചരടിന്റെ ഒരറ്റം ഒരു പോസ്റ്റിന്റേൽ കെട്ടി മറുഭാഗം പിടിച്ചിട്ടുക്കിയാൽ വിലങ്ങനെയുള്ള തരംഗങ്ങൾ നിങ്ങളുടെ കാണാൻ പ്രയാശതരംഗങ്ങൾ ഈ മാതിരിയാണ്. ചരടിന്റെ ഒരു ഭാഗവും മറ്റേ അറ്റത്തേയ്ക്കു നീങ്ങുന്നില്ല. തരംഗം മാത്രമാണ് ചലിക്കുന്നത്. ഈ ചരടിന്റെ പുതു ഭാഗത്തേയ്ക്കു പോണമെങ്കിൽ ചലിപ്പിക്കാൻ നമുക്ക് പഴിയും. സൂര്യനിൽനിന്നോ, ഏതെങ്കിലും വിളക്കിൽനിന്നോ, വരുന്ന വെളിച്ചവും ഇതുപോലെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലേയ്ക്കും സ്പന്ദിക്കുന്നു.

എന്നാൽ, മേൽപറഞ്ഞ ചരടി് കുത്തനെയുള്ള ഒരു ദിശയ്ക്കു തിരിച്ചുനിൽക്കുന്ന പോകുന്നതെങ്കിൽ ചരടി് എന്തെല്ലാം ഭാഗത്തേയ്ക്കു ചലിപ്പിച്ചാലും വിലങ്ങനെയുള്ള സ്പന്ദനങ്ങളെ ആ ദിശയ്ക്കു ഇല്ലാതാക്കുകയും കുത്തനെയുള്ള സ്പന്ദനങ്ങളെ മാത്രം കടത്തിവിടുകയുമാണ് ചെയ്യുന്നതെന്ന് കാണാം. ദിശയ്ക്കു തിരിഞ്ഞിട്ടുള്ള തരംഗം പോലരൈസുചെയ്ത വെളിച്ചമാണെന്നു് കരുതുക. പോലരൈസുചെയ്ത വെളിച്ചം മറ്റേയൊരു ദിശയിലേ സ്പന്ദിക്കുകയുള്ളൂ. ചില ക്രിസ്തുലകളെക്കൊണ്ടു പോണമെങ്കിൽ വെളിച്ചത്തെ പോലരൈസു ചെയ്യാൻ പഴിയും. ചരടിന്റെ ഉപാധരണത്തിൽ, കുത്തനെയുള്ള ദിശയ്ക്കു ചെയ്യുന്ന ചലനമാണിത് ചെയ്യുന്നത്. സൂക്ഷ്മത്തിൽ ഈ മാതിരിയുള്ള ഒരു ചെറിയ പടലമുണ്ടായാൽ അത് വെളിച്ചത്തെ പോലരൈസു ചെയ്യുന്നു.

ഇവിടെ കുത്തനെയുള്ള ദിശയ്ക്കു തിരിഞ്ഞിട്ടുള്ള വെളിച്ചത്തെപ്പറ്റി ഒരു പാഠ്യ വെളിച്ചത്തെപ്പറ്റി സമീകരിക്കുന്ന മേൽ

കഴിയുന്നവരുന്ന സ്റ്റാനറുടെ വിലങ്ങനെയുള്ള ചാരം രക്ഷയ്ക്കുന്ന അതിന്നപ്പുറം സ്റ്റാനറേ ഇല്ലാത്ത ഒരു നിലയാണുള്ളത്.

പോലറൈസ് ചെയ്ത രണ്ടു സ്റ്റിക്കുകളിലൂടെ ഉപയോഗിച്ചു ഈ ഫലമുണ്ടാക്കാം. ഒന്നാമത്തെ ചില്ലി് ഒരു പ്രത്യേക രാത്രിയിലുള്ള രാശിമണ്ഡലങ്ങളെ മാത്രം കടത്തിവിടുന്നു. രണ്ടാമത്തെ സ്റ്റിക്കും രേഖിരിച്ചാണു് വെച്ചിരിക്കുന്നതെങ്കിൽ ആ രാശിമണ്ഡലങ്ങളേയും കടത്തിവിടാതിരിക്കുന്നു. ഒരേ രേഖിയിലാണു് രണ്ടു ചില്ലുകളും വെച്ചിട്ടുള്ളതെങ്കിൽ ഒരേമാതിരിയുള്ള പ്രകാശരാശിമണ്ഡലങ്ങളെ അവ കടത്തിവിടുന്നു.

പ്രതിഫലനം (reflection) കൊണ്ടും, വക്രികരണം (refraction) കൊണ്ടും വെളിച്ചത്തിന്നു് ഒരു നിലയ്ക്കു് ട്രാൻസ്മിറ്ററുകൾ സംഭവിക്കുന്നുണ്ടു്. ആപാശത്തിന്റെ നിലനിറത്തിന്നു കാരണം സൂര്യപ്രകാശം പ്രതിഫലിച്ചതാണു്—ആപാശത്തിലെ വക്രികരണം, ചൊടിയും മറ്റു ലഭ്യമാണുള്ളതാണു് സൂര്യപ്രകാശത്തെ ഇങ്ങിനെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നതു്. ചെറുകുണ്ടകൾ വക്രികരണം ചെയ്യുന്നതായ രാശിമണ്ഡലങ്ങളായ നിലനിറത്തെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നു. കൂടുതൽ വലിയ കുണ്ടകൾ കൂടുതൽ നിറം രാശിമണ്ഡലങ്ങളുള്ള ഇതരമാണു് തങ്ങളേയും പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നു. അങ്ങിനെ ഭാഗികമായി വെളിച്ചം ട്രാൻസ്മിറ്ററുകൾ ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

വെളിച്ചത്തിന്റെ പോലറൈസേഷണനാനുരിച്ചു് ഗതി നിയന്ത്രിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുകയും, തേനിച്ചുകളുകയും കണ്ണുകൾക്കു കഴിയും. സൂര്യന്റെ സ്ഥിതിക്കനുസരിച്ചു് ഈ പോലറൈസേഷണവും വ്യത്യസ്തവരും. തേനിച്ചുകളുടെ കണ്ണുകൾ പോലറൈസേഷണമല്ല സ്റ്റിക്കുകളിലൂപോലെയാണു്—പല രേഖങ്ങളിലായി ഘടിപ്പിച്ച റൈൻസുകളാണതിലുള്ളതു്. സൂര്യനെ നേരിട്ടു കണ്ടാലും ഇല്ലെങ്കിലും സൂര്യനിൽനിന്നു വരുന്ന വെളിച്ചത്തിന്റെ നിലയ്ക്കനുസരിച്ചു് (അതു് വെളുത്തതോ, കറുത്തതോ, അമൃതീകയിലേതെങ്കിലും നിറമോ ആയിരിക്കും.) സ്ഥാനം ഗതി നിയന്ത്രിക്കാൻ തേനിച്ചുകളുകൾ കഴിയും. അവയ്ക്കു് ഒരു ചെറുതാകെത്തുള്ള ഒരു പുക

നോട്ടത്തിലേയ്ക്കു്, ഈ പോലീസുകാരെക്കുറിച്ചു് വെളിച്ചത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ കൃത്യമായി എത്തിച്ചേരാൻ കഴിയുമത്രെ.

തരംഗസിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഇതെല്ലാം സാധ്യമാണെന്ന കാര്യം ന്യൂട്ടൻ മറന്നു. കാരണം വെളിച്ചത്തിന്റെ അലകൾ വിലങ്ങനെ യുള്ളുവയാണെന്നു് അന്നു് മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നില്ല. ശബ്ദതരംഗത്തിനോടു് സമശോബു് പ്രകാശതരംഗങ്ങളെന്നു് ധരിച്ചതാണു് തെറ്റു്.

ന്യൂട്ടനും, ഹ്യൂബ്ബൻസും തമ്മിലുള്ള വാദപ്രതിവാദത്തിലേ താണു ഗരിയെന്നു് സാമാന്യമായ ചില അനുഭവങ്ങൾകൊണ്ടു നിയമം. ഹ്യൂബ്ബൻസിന്റെ തരംഗസിദ്ധാന്തപ്രകാരം വെളിച്ചം വായുവിൽനിന്നു വെള്ളത്തിലേയ്ക്കു് പ്രവേശിക്കുമ്പോഴുണ്ടാവുന്ന വക്രികരണത്തിന്റെ ഫലമായി വായുവിലേക്കു വേഗം കുറഞ്ഞാണു് വെള്ളത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതു്.

ന്യൂട്ടനാകട്ടെ, വെളിച്ചം കണങ്ങളെയാണു്, തരംഗങ്ങളായല്ല, ചലിക്കുന്നതെന്നു പറഞ്ഞു. അങ്ങിനെയാണെങ്കിൽ വെള്ളത്തിൽ ഉടുതൽ വേഗത്തിലാണല്ലോ വെളിച്ചം സഞ്ചരിക്കേണ്ടതു്.

വെളിച്ചം വായുവിലാണോ വെള്ളത്തിലാണോ കൂടുതൽ വേഗം സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്നു് തെളിയിക്കുവാൻ അക്കാലത്തു് ഇരുവർക്കും കഴിഞ്ഞില്ല. രണ്ടിലൊരാലും വെളിച്ചം അതിവേഗത്തിലാണു് ചലിക്കുന്നതെന്നു് കണ്ടു് വേഗം കണക്കാക്കാനുള്ള വകുപ്പുണ്ടല്ലെന്നും അന്നു് അറിയുമായിരുന്നില്ല.

അതിനുമുമ്പുതന്നെ വെളിച്ചം എങ്ങിനെയാണിത്ര വേഗം ചലിക്കുന്നതെന്നാണു് ന്യൂട്ടനി ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ചിന്തിച്ചിരുന്നതു്. ഗലീലിയോ വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം കണക്കാക്കാൻ ശ്രമിച്ചതു് ഫലിച്ചില്ല. ഒരു കുന്നിന്റെ മുകളിലൊരു വിളക്കുമായി ഗലീലിയോവും, ഏതിർവാഴത്തൊരു കുന്നിന്മേൽ മറ്റൊരാളും നിന്നു. രണ്ടു വിളക്കും മൂടിയിരുന്നു. ഗലീലിയോ മൂടി നീക്കി—ആ വെളിച്ചം എതിർഭാഗത്തെ കുന്നിന്മേലുള്ള ആൾ കണ്ടാൽ അയാളുടെ വിളക്കിന്റേറയ്യം മൂടി നീക്കുന്നു—ഇതു് ധരിച്ചു ന്യൂട്ടനു്. അങ്ങോട്ടും ഇങ്ങോട്ടും

വെളിച്ചം കാണാനെടുക്കുന്ന സമയം കണക്കാക്കിയാൽ, അത്രയും ദൂരം വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗതയോടൊന്നായിത്തീരും. എന്നാൽ ഈ പരീക്ഷണം കൃത്യമായി നടന്നില്ല. വെളിച്ചത്തിന്റെ അത്ര വേഗത്തിൽ വിരലുകളുടെ മാസംപ്രതിയെങ്കിലും മാറിപ്പോകാനോ, മൂടി തറക്കുവാനോ ഒരപേക്ഷാ സാധ്യമാവില്ലെന്ന് ഗലീലിയോ കണ്ടു. അങ്ങിനെ തന്റെ ശ്രമം അദ്ദേഹം ഉപേക്ഷിക്കുകയും ചെയ്തു.

എന്നാൽ നൂട്ടന്റെ കാലത്തു് ഡെന്മാർക്കുകാരനായ റോമർ ഒരു പ്രത്യേകരീതിയിൽ വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം കണക്കാക്കുകയും മിക്കവാറും കൃത്യമായ ഒരു ഉത്തരത്തിലെത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്തു. ജൂപ്പിറ്റർ (വ്യാഴം) എന്ന ഗ്രഹത്തിന്റെ ഏറ്റവുംടുത്തെത്തുന്ന സ്ഥാനം ജൂപ്പിറ്റർ റിന്റെ ചന്ദ്രന്മാരിലൊന്നിന്റെ ഗ്രഹണം സാധാരണയിൽക്കവിഞ്ഞ് 500 സെക്കൻഡു വേഗത്തിൽ ദൃശ്യമാവുന്നുണ്ടെന്ന് അദ്ദേഹം കണ്ടു. ജൂപ്പിറ്റർ റിന്റേന്നു് ഏറ്റവും അകന്നാണു് ഭൂമി നില്ക്കുന്നതു് എന്നു വന്നാലോ, ശരാശരി സമയത്തിൽ നിന്നു് 500 സെക്കൻറു് കഴിഞ്ഞിട്ടാണു് ഗ്രഹണം ദൃശ്യമായിരുന്നതു്. ഈ 1000 സെക്കൻറിൽ വ്യത്യംസം വരാതെത്തു കാരണാൽ വെളിച്ചം ഭൂമിയിലെത്താൻ എടുത്ത സമയമാണതു്. ദൂരം കൂടിയ തിന്നസസരിച്ചു് വെളിച്ചത്തിന്നു് ഭൂമിയിലെത്താൻ കൂടുതൽ സമയവും എടുക്കുന്നു. ജൂപ്പിറ്റർ ഭൂമിയുടെ ഏറ്റവും അടുത്തെത്തുന്ന സ്ഥാനം, ഏറ്റവും അകന്നുനില്ക്കുന്ന സ്ഥാനം തമ്മിലുള്ള വ്യത്യംസം 192,000,000 മൈലാണു്. ഈ ദൂരമാണു് വെളിച്ചം 1000 സെക്കൻറിൽ പോകുന്നതു്—അതായതു്, സെക്കൻറിൽ 192,000 മൈലാണു് വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം. ഇങ്ങിനെയാണു് റോമർ കണക്കാക്കിയതു്. എന്നാലിതു കൃത്യമായിട്ടും ശരിയായിരുന്നില്ല.

ഭൂമിയുടെ വ്യാസം ഏകദേശത്തിൽ അദ്ദേഹത്തിന്നല്ലെങ്കിൽ തൊട്ടുപററി. വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം സെക്കൻറിൽ 186,000 മൈലാണു്. അതിൽനിന്നല്ലെങ്കിൽ വ്യത്യംസംപ്പെട്ടതാണു് റോമറിന്റെ കണക്കെന്നതിന്നു കാരണം ഇതാണു്, ആലോചിക്കാൻപോലും പ

ഇതിൽനിന്നു് ഒരു മുഖത്തിന്നു് ഒരു ദൂരണത്തിന്റെ എട്ടിലൊന്നിന്നു വേണ്ട സമയം കണക്കാക്കാമല്ലോ. ഇതിൽനിന്നു് വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗവും കാണാം. (അതിനുശേഷം കുറെക്കൂടി കൃത്യമായി വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം ഒരു സെക്കൻറിൽ 186281 മൈലാണെന്നു കണക്കാക്കിയിരിക്കുന്നു.)

നൂട്ടൻറ ഉരണത്തിനുശേഷം ഏറ്റവുമൊന്നു കഴിഞ്ഞു. ഒരു ഡോക്ടറായി തുടങ്ങിയ ഒരു തിരുശാസ്ത്രജ്ഞനായി മാറുകയും ചെയ്തു. ഫ്രെഞ്ചുകാരൻ ജീൻ ഫൌക്കോൾ (Jehan Foucault) വെള്ളത്തിൽപ്പോകുന്ന വെളിച്ചത്തിന്നു് വായുവിലേതിനേക്കാൾ നാലിൽ മൂന്നുഭാഗം മാത്രമേ വേഗമുള്ളൂവെന്നു് കണക്കാക്കി. മേല്പറഞ്ഞവിധമുള്ള, കണ്ണാടികൊണ്ടൊരു കളിയാടിയെന്നു അതും. രശ്മികളെ വെള്ളത്തിൽക്കൂടിയും, വെള്ളത്തിൽ പെച്ച ഒരു കൂലിൽ കൂടിയും അയച്ചു് പരീക്ഷണം നടത്തിയിട്ടാണു് ഈ താരതമ്യപഠനം അദ്ദേഹം നടത്തിയതു്.

വെളിച്ചം ഏറ്റവും വേഗം പോകുന്ന മീഡിയം ഒരു വാക്വമാണു്. മീഡിയത്തിന്നു് കട്ടികൂടുംതോറും വേഗം കുറയുന്നു. നൂട്ടൻറ വിശദീകരണപ്രകാരമാണെങ്കിൽ മറിച്ചായിരുന്നു വേണ്ടതു്. അങ്ങിനെ നൂട്ടൻറ സിദ്ധാന്തം ശരിയല്ലെന്നും ഹ്യൂമൻഷിന്റെ തരംഗസിദ്ധാന്തം ശരിയാണെന്നും അവസാനം വ്യക്തമായി—രണ്ടുപേരും മരിച്ചു് ഒരു ഏറ്റവുമൊന്നു കഴിഞ്ഞിട്ടു്.

ജീൻ ഫൌക്കോളിന്റെ കണ്ടുപിടുത്തത്തിനുശേഷം നൂട്ടൻറ സിദ്ധാന്തം—വെളിച്ചം തരംഗങ്ങളെക്കൊണ്ടല്ല, കണങ്ങളാലാണു് രചിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതെന്ന സംഗതി—മിക്കവാറും കാർത്തികമായി വിട്ടു. എന്നാൽ, അടുത്തകാലത്തിൽ, നൂട്ടൻ പറഞ്ഞതാണു് കുറെപ്പേരെ ശരിയെന്നു് തെളിയിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. തരംഗസിദ്ധാന്തത്തിന്നു് വിശദീകരണം നല്ലാൻ വയ്യാത്തതും, കണസിദ്ധാന്തംകൊണ്ടുമാത്രം വിശദീകരിക്കാവുന്നതുമായ ചില പരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നാണിതു സംഭവിച്ചതു്. നൂട്ടനും ഹ്യൂമൻഷ്യം ശരിയാണെന്നാണു് അഭിപ്രായമതം! വെളിച്ചം ഇരുവരും പറഞ്ഞ

വിലമാണ് പെരുമാറുന്നത്. ഇപ്പോൾ ഒരു വൈദ്യതകാരൻ സിദ്ധാന്തം (വെളിച്ചത്തെപ്പറ്റി) നിലവിലുണ്ട്. അതു നമുക്ക് വഴിയെ ചാരിശോധിക്കാം. ഹോട്ടോണുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന തൂക്കമില്ലാത്ത വിദ്യുച്ഛക്തികണങ്ങളാണ് വെളിച്ചത്തിലുള്ളതെന്നും, ഈ കണങ്ങൾക്കുചുറ്റും സ്ഫാടിക്കുന്ന കോന്മണ്ഡലങ്ങളുണ്ടെന്നുമാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം പറയുന്നത്—ഈ കോന്മണ്ഡലമാണത്രെ വിലങ്ങനെയുള്ള തരംഗങ്ങൾക്കുതരവാദി. ഇങ്ങിനെ യൊക്കെ എന്തെങ്കിലും സാധ്യമാണെന്ന് തന്റെ കാലത്ത് ന്യൂട്ടനും സൂചിപ്പിക്കുകയുണ്ടായി.

എന്നാൽ ന്യൂട്ടന്റെ വെളിച്ചത്തെപ്പറ്റി പറഞ്ഞ മറ്റൊരു കാര്യം തർക്കവിഷയമേ ആയില്ല. ഏറ്റവും വലിയൊരു കണ്ടുപിടിത്തമായിരുന്നു അത്. എന്താണതെന്നു നോക്കാം.

1666-ലാണ് ന്യൂട്ടൻ ഒരു ത്രികോണപ്രിസ്മാക്കു റ്റുടിക്കുച്ചിട്ടിന്ന് വെളിച്ചത്തിൽനിന്നെന്തെല്ലാം മനോഹരവണ്ണങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കാൻ കഴിയുമെന്നു നിരീക്ഷിച്ചത്. പ്രിസത്തിൽനിന്ന് വണ്ണങ്ങളുണ്ടാവും എന്നത് പുതിയൊരു കാര്യമായിരുന്നു. ചില ആഭരണങ്ങളിൽനിന്നും ചിലുക്കളിൽനിന്നും ഒരു ഗ്ലാസ് കണ്ണിയിൽ നിന്നും മറ്റും വരുന്ന ഈ വണ്ണങ്ങൾ നിങ്ങളും കണ്ടിരിക്കും. ഒരു ഗ്ലാസിൽ വെള്ളംനിറച്ച് അതിൽക്കൂടി വരുന്ന സൂര്യരശ്മികളെ നോക്കിയാലും ഈ വണ്ണങ്ങൾ കാണാം.

ന്യൂട്ടൻ തന്റെ മറ്റി ഇടയാക്കി. ജാലകം മൂടി, അതിനൊരു ചെറിയ ദ്വാരം മാത്രമുണ്ടാക്കി. ആ ദ്വാരത്തിൽക്കൂടി വരുന്ന വെളിച്ചത്തിന്നിടയിൽ ഒരു സ്ഫടികപ്രിസ്മം വെച്ചു.

“അതിൽനിന്നുണ്ടായ വണ്ണങ്ങൾ നയനാനന്ദകരമായിരുന്നു” എന്നാണതിനെപ്പറ്റി ന്യൂട്ടൻ പറഞ്ഞത്. എന്നാൽ, ന്യൂട്ടൻ ഒരു സൗന്ദര്യരാധകൻ മാത്രമല്ല, ശാസ്ത്രജ്ഞനുമായിരുന്നു. എന്താണിതിനു കാരണം എന്നായി ന്യൂട്ടന്റെ വിചാരം. മനുഷ്യന് വല്ലാത്ത ശല്യമായി. താൻ കണ്ടു വണ്ണരാജിക്ക് (സ്പെക്ട്രം) ഉയരം കൂടുതലും വീതി കുറവുമാണ്. എന്താണത്? എന്തുപോണ്ട് അത്

ജാലകത്തിലെ വൃത്താകാരമായ ദ്വാരംചോലെയല്ല; അല്ലെങ്കിൽ സൂര്യനെപ്പോലെ വൃത്താകാരത്തിലല്ല; വെള്ളത്തിലുള്ള ഒരു നാണു നോക്കിയാൽ—വക്രികരണമുണ്ടെങ്കിൽപ്പോലും— നാണുത്തിന്റെ വൃത്താകൃതി കാണാനാകില്ല.

സ്പെക്ട്രം നാട്യന്റെ നിഷ്ഠുഷമായ ചരിത്രശാസ്ത്ര വിധേയമായി. വിവിധേക്കാൾ അന്ധിരട്ടി പൊക്കമതിനാൽ. ഇതിന്നെന്താവാം കാരണം എന്നായി നാട്യന്റെ ആലോചന. പലതും പരീക്ഷിച്ചുനോക്കി. ഉപദേശങ്ങളൊക്കെ സ്ഥാനംതെറ്റി. ജാലകത്തിലെ ദ്വാരം വലുതാക്കിനോക്കി, ത്രിസത്തിന്റെ സ്ഥാനം മാറ്റിനോക്കി, ത്രിസങ്ങൾതന്നെ മാറ്റി മാറ്റി ചെയ്തു. സ്പെക്ട്രത്തിന് വലിയ വ്യത്യാസമൊന്നുമില്ല. അതിന്റെ ആകൃതി പഴയപടി തന്നെ—ഉയരം കൂടുതലും വിവിധ കറമ്പും. ത്രിസത്തിൽനിന്നു വരുന്ന പ്രകാശരശ്മികൾ ഒരുപക്ഷെ നേരെ പോകുന്നതിനു പകരം മുകളിലേക്കും കീഴ്പ്പോലും വളഞ്ഞതാണോ പോകുന്നതെന്നായി നാട്യസംശയം. എന്നാൽ, ചൊടിപടലത്തിൽനിന്ന് പ്രതിഫലിച്ചുവരുന്ന രശ്മികളെ നോക്കുമ്പോൾ അവ വളയുന്നില്ലെന്നും കാണുന്നു— അപ്പോൾ ആ ഉപദേശം ശരിയല്ല.

വേറെ ആലോചനയ്ക്കും പരീക്ഷണത്തിനും അദ്ദേഹം മുതിർന്നു. നാം കാണുന്ന വെളിച്ചം—വെളുത്ത സൂര്യരശ്മികൾ—ഒരുപക്ഷെ, അങ്ങിനെ വെളുത്തതൊന്നല്ലെങ്കിലോ? പലതരം വെളിച്ചങ്ങളും കൂടിച്ചേർന്നതാണ് വെളുത്ത പ്രകാശം എന്ന് ഉപഹിച്ഛാലോ? ഇതുവരെ ഈ നിലയ്ക്ക് ഒരാലോചനതന്നെ നടന്നിട്ടില്ല. ഇത് അസാധ്യമാണോ? നാട്യന്റെ പ്രതിഭ കിടക്കുന്നതെവിടെയാണ്! അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഉപദേശംചോലും ശരിയായ വഴിക്കായിരുന്നു. ഈ ഉപദേശം ശരിയാണോ എന്ന് ശാസ്ത്രീയമായി അദ്ദേഹം അന്വേഷിച്ചു. പരീക്ഷണങ്ങൾ ചെയ്തുനോക്കി. അതിന്നനുസരിച്ച് രണ്ടു മുൻപ്രകാശങ്ങൾ കണക്കിൽ ശേഷിപ്പെട്ടു, അല്ലെങ്കിൽ തെറ്റാണെന്നു തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. ഇതായിരുന്നു നാട്യന്റെ ചോദ്യം.

നൂട്ടൻ വിണ്ടും ഒരു സ്പെക്ടാക്കി. ഒരു ബോർഡിൽ ചെറിയൊരു ചാരമുണ്ടാക്കി, അത് ജാലകത്തിന്റെ അടുത്തുവെച്ചു. ജാലകത്തിനും ബോർഡിനുമിടയിൽ ഒരു ഗ്രിഡും, അവിടെനിന്നും 12 അടി ദൂരത്ത് ചെറിയ ചാരമുണ്ടാക്കിയ ഒരു ബോർഡും വെച്ചു. ബോർഡിനോടുതൊട്ട് ഒരു ഗ്രിഡും. രണ്ടാമത്തെ ബോർഡിൽ വന്നടിച്ച ചുവപ്പുനിറത്തെ മാത്രം അദ്ദേഹം വിട്ടു. ഇതിന്റെ ഒരു മരയ വന്നു ചുമരിനേൽ പതിഞ്ഞു. ചുവപ്പുനിറം ചുമരിനേലേവിടെയാണ് വന്നു പതിച്ചതെന്നു ശ്രദ്ധിച്ചു. പിന്നീട്, മാറിമാറി ഓരോ വസ്തുവും രണ്ടാമത്തെ ബോർഡിൽ കട്ടി കടത്തിവിടുകയും, ഓരോന്നും ചുമരിനേൽച്ചെന്നു വിഴുന്നതെവിടെയാണെന്നു കുറിയ്ക്കുകയും ചെയ്തു. എന്നാൽ നൂട്ടൻ കണ്ടതെന്താണ്? ഓരോ വസ്തുവും ചുമരിന്റെ ഓരോ സ്ഥാനത്താണ് ചെന്നു തട്ടിയത്. ശരിയ്ക്കലോചിച്ചാൽ, ഇവയോരോന്നും വെളിച്ചത്തെപ്പോലെയാണെങ്കിൽ, ഒരേ സ്ഥലത്താണ് ചെന്നു പതിക്കേണ്ടിയിരുന്നതു്. ഏറ്റവും മേതെ ചുവപ്പും, പിന്നീട് ഓറഞ്ച്, മഞ്ഞ, പച്ച, നീല, വൈലറു് എന്നീ വസ്തുക്കളായിരുന്നു.

ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ വക്രികരണമുണ്ടായതു് ചുവപ്പുനിറമാണെന്നു ത്ഥം. അതായതു് വായുവിൽനിന്നു് സ്പെക്ട്രത്തിലേയ്ക്കു് രശ്മി ഒരു പോകുമ്പോഴും, സ്പെക്ട്രത്തിൽനിന്നു തിരിച്ചു് വായുവിലേയ്ക്കു വരുമ്പോഴും ഏറ്റവും ചുരുങ്ങിയ ഗതി മാറുമുണ്ടായതു് ചുവപ്പുനിറത്തിനാണു്. നീലയും വൈലറുമാണു് ഏറ്റവുമധികം വക്രികരിച്ചതു്. അവ വേറെ വേറെ നിലയ്ക്കാണ് വക്രികരിച്ചതെന്നതു് കാണിക്കുന്നതു് അവയുടെ ഓരോന്നിന്റെയും തരംഗനീളത്തിൽ വ്യത്യാസമുണ്ടെന്നാണു്. ഇപ്പോൾ അവ തമ്മിൽ തരംഗനീളത്തെപ്പറ്റി അന്വേഷിച്ചു കണ്ടതോളമുള്ള വ്യത്യാസവും നമുക്കറിയാം. ഏറ്റവും നീളംകൂടിയ തരംഗങ്ങളാണ് ചുവപ്പിനുള്ളതു്. ഗ്രിഡത്തിൽ കൂടി വരുമ്പോൾ അവയുടെ വേഗം കുറയുന്നുണ്ടെങ്കിലും ഏറ്റവും കുറച്ചു വേഗം കുറയുന്നതു് ചുവപ്പിന്നാണു്. തരംഗനീളം കുറയുന്നതോടുകൂടി ഗ്രിഡത്തിൽ ചെന്നു് അവയുടെ വേഗവും കൂടുതൽ

കൂടെ കറയുന്നു. ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ തരഗതങ്ങളുള്ള വയലറിനും ചിന്തയിൽവെച്ച് ഏറ്റവും നീളം കറയുന്നു. പല നിരക്കിലാണ് പലതരം രശ്മികളും ഇങ്ങിനെ മാറ്റത്തിലാവുന്നത്. അതുകൊണ്ട് വ്യത്യസ്തസ്ഥലങ്ങളിൽവെച്ചാണ് അവ പ്രിസത്തിൽനിന്നു വിടുന്നത്. ഇവ എല്ലാകൂടി സ്പെക്ട്രം ആവുകയും ചെയ്യുന്നു.

നൂട്ടൻ വീണ്ടും പരീക്ഷണം തുടർന്നു. ശുദ്ധനിറമുള്ള രശ്മികൾക്ക് മറ്റേതെങ്കിലും നിറമുണ്ടെന്നു കണ്ടിട്ടു തോന്നിപ്പിക്കാവുന്നതരത്തിൽ അവയിലെതെങ്കിലും ചേർന്നു കഴിയും എന്നുദ്ദേശം ചെയ്തു. ഇതിന്റെ ഫലമായി രശ്മികൾക്കു വ്യത്യസ്തം വരുന്നില്ല— അവയെ വീണ്ടും പഴയ ശുദ്ധനിറത്തിലേക്കു കൊണ്ടുവരാനാകാതെ. താരതമ്യപരമായെന്ന നിലയ്ക്കു, നിലപ്പെടുകയും മാഞ്ഞുപോകുകയും തമ്മിൽ ചേർത്താൽ, മിശ്രം കണ്ടിട്ടു പച്ചയായാണ് തോന്നുക. എന്നാൽ അതേ മിശ്രത്തെ ഒരു മൈക്രോസ്കോപ്പിൽ കൂട്ടി നോക്കിയാൽ നിലപ്പെടുകയോ തരികൾ നിലയും, മാഞ്ഞുപോകുകയോ ചെയ്യുമായിത്തന്നെ നിലനില്ക്കുന്നുവെന്നു കാണാം. (ഈ രത്നമാണ് കളർപ്രിൻറിങ്ങിലുപയോഗിക്കുന്നത്. പച്ചനിറത്തിലാണ് അച്ചടിക്കുന്നതെങ്കിൽ നിലയും മാഞ്ഞയും കൂടുതൽ കടലാസിൽ അച്ചടിക്കുന്നു. ഇവ തമ്മിൽച്ചേർന്നുമാറ്റിയാണ് കണ്ണു അതിനെ പച്ചനിറമായി കാണുന്നത്.)

ഇങ്ങിനെ മഴവില്ലിന്റെ നിറങ്ങളെക്കൊണ്ടു നൂട്ടനും വിശദീകരിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞു. വണ്ണങ്ങൾ വക്രികരിച്ചുണ്ടാവുകയാണെന്നുദ്ദേശം ഉണ്ടാക്കി. ഒരു മഴത്തുള്ളിയിലേക്കു ചുവേശിക്കുന്ന സൂര്യരശ്മി മഴത്തുള്ളിയുടെ മറ്റേ അറ്റത്തെത്തുറവരെ വക്രികരിച്ചു നിലയിലാണ് പോകുന്നത്. ഇതിലൊരു ഭാഗം പ്രതിഫലിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു—ഒരു കണ്ണാടിയിൽ തട്ടിയാണെന്നുപോലെ. ഇതിന്നു വിവിധ വക്രികരണം സംഭവിക്കുന്നു. അങ്ങിനെ സൂര്യരശ്മിയെ കൊച്ചു കൊച്ചു പ്രിസങ്ങളെപ്പോലെ മഴത്തുള്ളികൾ വക്രികരിക്കുന്നു. കണ്ണിൽനിന്നു ഒരേ ദൂരത്തു സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന മഴത്തുള്ളികൾ ഒരേ നിറത്തിൽ മാത്രമേ അറയുകയുള്ളൂ. മറ്റു വണ്ണങ്ങൾ അവിടെ

ഉണ്ടാവുന്നുണ്ട്. അത് ഭൂമിയിലേയ്ക്കു വരികയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. എന്നാൽതിനെ കാണാൻ പറ്റില്ല. കാരണം ആ വസ്തുക്കളുടെ രശ്മികൾ നിങ്ങളുടെ കണ്ണിൽ വന്നു തറയ്ക്കുന്നില്ല—ഒന്നുകിൽ മീതെ യോ, അല്ലെങ്കിൽ കിഴയോ പോകുന്നു. അങ്ങിനെ ഒരർത്ഥമില്ലാത്തതായിപ്പോകുന്നു. മറ്റൊരു കാര്യം ഇതുവരെയുള്ളതും ഒരു പ്രത്യേകനിരമാത്രം അയയ്ക്കുന്നു. മറ്റൊരു കാര്യം ഇതുവരെയുള്ളതും ഒന്നാണല്ലോ. മറ്റൊരു നിരയെ യാണെന്ന് നമ്മുടെ കണ്ണുകൾക്കുവെളിപ്പെടുന്നതും. കാണുന്നതും നിങ്ങളുടെ കണ്ണും തമ്മിൽ ഹൃദയമുള്ളതുകൊണ്ടാണെന്ന് ഓരോരുത്തരും അവരവന്റെ സ്വന്തം മഴവില്ലു കാണുന്നതും.

നൂട്ടൻ വേറെനന്നം കണ്ടുപിടിച്ചു. ഒരു വസ്തുവിന്നുമില്ല സ്വന്തംനിലക്ക് നിരം. ഒരു ചുവപ്പ് ചുവന്നതായി തോന്നാൻ കാരണം ചുവന്ന വെളിച്ചത്തിന്റെ രശ്മികളെയാണെന്ന് അതേറ്റവും നന്നായി പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നത് എന്നതുകൊണ്ടാണെന്ന്. അതേ ചുവപ്പിനെ ശുദ്ധമായ നീലനിറമുള്ളതായ മറ്റിയിൽവെച്ചു നോക്കിയാൽ അതിന്റെ നിറം നീലയാവും. എന്നാൽ ചുവപ്പിന് നീലനിറത്തെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കാൻ വളരെ കുറച്ചു കഴിയും എന്നതുകൊണ്ടു ചുവപ്പുരശ്മികളെ പ്രതിഫലിപ്പിച്ചപ്പോൾ അതിനങ്ങായ ആ തിഷ്ണത നീലനിറത്തെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുമ്പോഴുണ്ടാവില്ല. നൂത്തനാടക രംഗങ്ങളിൽ ഈ തത്വമുപയോഗിച്ചാണെന്ന് നർത്തകികളുടെ വേഷ വിധാനത്തിൽ അതുതന്നെപോലെ പല വസ്തുക്കളും ലൈറ്റിംഗ് കലാവഴിയുണ്ടാക്കുന്നതും.

വസ്തുവിനെപ്പറ്റി സെക്കരമായി പലതും പറയാനാണു്. രണ്ടു സമ്പൂർണ്ണവസ്തുക്കളെന്നൊന്നാണു്. രണ്ടു വസ്തുക്കളെ തമ്മിൽ ചേർത്താൽ വെളുത്തനിറമുണ്ടാകുന്നു (ഇത്തരം വസ്തുക്കളെയാണു് Complimentary colours എന്നു പറയുന്നതു്.) ഒരു സൂക്രിനിൽ സമ്പൂർണ്ണവസ്തുക്കൾ പ്രതിഫലിപ്പിച്ചാൽ—ഒന്നിന്നുമീതെ മറ്റൊന്നു് എന്ന നിമിത്തം—ഫലം വെളുത്തതാവും. ചുവപ്പും ചുവപ്പും—നീലയും ഓരോന്നും—വെളുത്തതും മഞ്ഞയും സമ്പൂർണ്ണവസ്തുക്കളാണു്.

മഞ്ഞയും നിലയുംകൂട്ടിച്ചേർത്താൽ ചപ്പുയാകും. നിലയും ചുവപ്പും ചേർത്താൽ റായലറാകും. മഞ്ഞയും ചുവപ്പുംകൂടി ചേർത്താൽ മാറഞ്ചുനിറമാകും. ചുവപ്പ്, മഞ്ഞ, നില-ഇവയെ പ്രൈമറിവർണ്ണങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു.

വിവിധ വർണ്ണങ്ങൾ കൂട്ടിച്ചേർന്നുള്ള തരംഗങ്ങൾ കണ്ണിനകത്തു കടക്കുകയും, അവിടെയുള്ള മസ്തിഷ്കതന്തുക്കളെ പ്രവർത്തിപ്പിക്കുകയും എങ്ങിനെയെന്നു കൃത്യമായി പറയാൻ വയ്യ. മസ്തിഷ്കം അതിനെ പല വർണ്ണങ്ങളായി തരംതിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വർണ്ണങ്ങളെ തിരിച്ചറിവുനേടാൻ മസ്തിഷ്കമാണ്. പച്ചനിറം കാണുന്നുവെന്നാലത്ത്, പച്ചവെളിച്ചത്തിന്റെ തരംഗനീളത്തിലുള്ള വെളിച്ചമാണ് കണ്ണിലെത്തിയത് എന്നാണ്. മഞ്ഞയും പച്ചയും തമ്മിൽ കലർത്തിയ രശ്മികളാണ് വരുന്നതെങ്കിൽ അറിയേയും വ്യാഖ്യാനിക്കാനും മസ്തിഷ്കത്തിനു കഴിയും. ഒരു നോട്ടുകൊണ്ട്—അതായത് ലേസറോടൊന്നു ചിന്തിക്കാതെ—പച്ചനിറം മഞ്ഞയുടെ അംശങ്ങൾ ഉണ്ടോ എന്നു തിരിച്ചറിയാൻ നിങ്ങൾക്കു സാധിക്കുകയില്ല.

ഒരു വർണ്ണമുള്ള രശ്മികളിലേയ്ക്കു മറ്റൊരു വർണ്ണമുള്ള രശ്മികൾ ചേർത്താൽ, ഒന്ന് മറ്റൊന്നിൽ “കൂടി” എന്നാണ് പറയുക. ചായങ്ങളും മറ്റും ചേർക്കാനാവാതെ നേരെ മറിച്ചു സംഭവിക്കുന്നു. ചില വർണ്ണങ്ങളെ അത് “പിഴിച്ചു”കളയുന്നു. അതായത് ചില വർണ്ണങ്ങളെ പുറത്തു കാണാത്തവിധം സ്വീകരിക്കുന്നു. മഞ്ഞയും നിലയും ചായങ്ങൾ കൂട്ടിച്ചേർത്താൽ ചപ്പുയാകും നിറം. ചായങ്ങൾ വാസ്തവത്തിൽ വർണ്ണങ്ങളുടെ പ്രഭാവസ്ഥാനങ്ങളല്ല. മറിച്ചു ചില വർണ്ണങ്ങളെ സ്വീകരിച്ചു കാണാതാക്കുകയും വേറെ ചിലതിനെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുകയുമാണ് ചെയ്യുന്നത്.

ഒരു ഉദാഹരണം: മഞ്ഞ പൂവത്തിന്റെയും നിലച്ചായത്തിന്റെയും ഒരു മിശ്രത്തിൽ വെളുത്ത രശ്മികൾ വന്നുവീടുന്നു. വെള്ള രശ്മികളിൽ എല്ലാ വർണ്ണങ്ങളും അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. അതിൽനിന്നു മഞ്ഞച്ചായം അതിന്റെ സമ്പൂർണ്ണമായ വരണനിറവും അല്പം നിലയേയും വലിച്ചെടുക്കുന്നു. നിലച്ചായമാകട്ടെ അതി

ന്റെ സമ്പൂർണ്ണമായ മാനുഷികതയും വലിച്ചെടുക്കുന്നു. (മാനവത്വമെന്ന മാനുഷികതയും ചിലപ്പോൾ ചേർന്നുവരുന്നു.) ഇങ്ങനെ, മാനുഷിക വർണ്ണനയെക്കുറിച്ചും വയലാറും, നീല, മഞ്ഞ, ചുവപ്പും ഇവയെല്ലാം വലിച്ചെടുക്കപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെ വെളുത്ത രശ്മിയിൽ മാനുഷികതയെന്ന നിറം പച്ചമാത്രമാണ്. അതാണ് നിറമേറിയ കറുത്തതും. അപ്പോൾ നീലച്ചായവും മഞ്ഞച്ചായവും കൂട്ടിച്ചേർത്താൽ പച്ച നിറം ആകാനുള്ള കാര്യം മനസ്സിലായോ?

നല്ലൂർ പരീക്ഷണം നടത്തിയ ആ സ്പെക്ട്രിസ്റ്റ്, അത് സയൻസിന്റെ ഏറ്റവും വലിയ ഒരു ഉപകരണമായിത്തീർന്നിരിക്കുകയാണ്. ഓരോ മൂലകത്തിനെയും ചൂടാക്കിപ്പിടിച്ചാൽ, ഒരു പ്രത്യേകദശയിൽനിന്നും വെളിച്ചമുണ്ടാകുന്നുണ്ടെന്നും, ഈ വെളിച്ചത്തിന് സ്വന്തം ഒരു സ്പെക്ട്രമുണ്ടെന്നും കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. സാധാരണ ഉപ്പിനുള്ള സ്പെക്ട്രം പരിശോധിക്കാം. ഒരു ജലാലയിൽ ഉപ്പു കാണിച്ചാൽ അടുത്തുകിടക്കുന്ന രണ്ടു മഞ്ഞവരകളാണുണ്ടാവുന്നത്. ഉപ്പിന്റെ സ്പെക്ട്രത്തിന് രണ്ടു മഞ്ഞവരകളാണുള്ളത്. ഉപ്പിന്റെ (സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് ആണ് ഉപ്പ്) സോഡിയത്തിൽനിന്നുണ്ടായതാണിത് മഞ്ഞനിറം. ഇങ്ങനെ മഞ്ഞമാത്രമുണ്ടാകുന്ന മറ്റൊരു മൂലകവുമില്ല. ഇങ്ങനെ ഓരോ മൂലകത്തിനും അതിന്റേതായ വർണ്ണരാജികളുണ്ട്.

ഈ വഴി ഉപയോഗിച്ചു—ശരിയായ ഉപകരണമുണ്ടെങ്കിൽ—ഇതിന് ചേർ 'സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പി' എന്നാണ്—ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും ഏറ്റവും ചെറിയ കണപോലും വേർതിരിച്ചറിയാൻ കഴിയും. ആറ്റത്തെപ്പറ്റിയും, പ്രാണജീവികളുടെയും പറ്റിയും സ്പെക്ട്രത്തിന്റെ പഠനം വളരെയധികം സഹായിച്ചിരിക്കുന്നു. നൂറുനൂറ്റാണ്ടോ, നാഷണലിന്റെയോ സ്പെക്ട്രം വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയാതെ വന്നിട്ടുള്ളതും അടങ്ങിയ വസ്തുക്കളെല്ലാം സാക്ഷ്യമാണെന്നും ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കു മനസ്സിലാക്കണം. ഭൂമിയിൽ വിലിയും കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനു മുമ്പുതന്നെ സൂര്യനിലുള്ളതാണ് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിഞ്ഞുവന്നിട്ടുള്ളതെന്നാണ്.

ഭൂമിയിലും മറ്റുമുള്ള വസ്തുക്കളെല്ലാം തികച്ചും പതിവു വസ്തുക്കളോ
 ണ്" ഇതരഗോളങ്ങളിലുണ്ടാവുക എന്നാശിഷ്ണാ പണ്ടുള്ളവരുടെ
 വിചാരം. ആധുനിക 'സയൻസ്‌മാനുകണ്' എഴുത്തുകാരും പല
 പുതിയ വസ്തുക്കളും അവരുടെ ഉണ്ടായ മട്ടിലാണ് പലകളെഴുതുന്നതു്.
 എന്നാൽ സ്വേദകോശ്വോപ്പിൽക്കൂടി നോക്കിയതിൽ, ഭൂമിയിൽ കാണാൻ
 വ്യക്തമായ ഒരൊറ്റ വസ്തുവും ഇതരഗോളങ്ങളിലോ ഗോളങ്ങളിലോ ഇല്ലെന്ന്
 തെളിയിക്കുന്നു. ശരിയാണ്, ചില വസ്തുക്കൾ ഭൂമിയിലുള്ളതിനേക്കാളേറെ
 ഉണ്ടാവുകയും, അല്ലെങ്കിൽ കുറവായും, സൂര്യനിലും നക്ഷത്രങ്ങളിലും
 മറ്റും. എന്നാൽ അവരുടെയുള്ള സകല വസ്തുക്കളും ഇവിടെ—ഭൂമിയിൽ—
 ഉണ്ട്. ആദ്യമാദ്യം അവിടെയുള്ള വസ്തുക്കൾ ഇവിടെ ഇല്ലെന്നാണ്
 ധരിച്ചിരുന്നതു്— എന്നാൽ, ചിന്നിട്ട് സംഗതികൾ കണ്ടെടുക്കുകയും ചെയ്തു.

'കാണാതെ' എന്നൊട്ടൊരു 'കേൾക്കുക' എന്നപോലെത്തന്നെ മസ്തിഷ്കത്തിന്റെ ഒരു പ്രവൃത്തിയാണ്. പുറമെയുള്ള പ്രകാശ രശ്മികൾ കണ്ണിൽ
 വന്ന തട്ടുകയും നേത്രനാഡികളിലൂടെ വിവരം തലച്ചോറിലെത്തുകയും, തലച്ചോറിന്റെ വ്യാഖ്യാനം ലഭിക്കുകയും ചെയ്യുകയും
 എന്ന തോന്നലുണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. കണ്ണിന്റെ പ്രവൃത്തി എന്താണെന്നു്
 മോത്തത്തിൽപ്പുറയാമെന്നല്ലാതെ അതിന്റെ എല്ലാ വിശദാംശങ്ങളും നമുക്കറിയില്ല. ഏതായാലും അത്യന്തതകരമായ ഒരു സാധനമാണി കണ്ണു്.

വെളിച്ചം കണ്ണിൽ പ്രവേശിക്കുന്നു, എന്നിട്ടു് നേത്രപടലത്തിൽ തലകീഴായി ഒരു മറയു നീർന്നിടുന്നു. ഈ തലകീഴായി മറയയെ നേർവഴി
 ക്കു് നീർന്നതു് തലച്ചോറിന്റെ വ്യാഖ്യാനമാണ്. കണ്ണിൽനിന്നു ലഭിക്കുന്ന സിഗ്നലുകളെ ഈ വിധമാണ് മസ്തിഷ്കം ശരിയായി വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നതു്.

ഒരു കേന്ദ്രം തലച്ചോറിന്റെ ബാലബാലകൾ 'T' എന്ന അക്ഷരം ഒരു കടലാസ്സിൽ വെട്ടിയെടുത്തു് ഒട്ടിക്കുക. ഒരു കടലാസ്സിൽ
 ചെറിയൊരു ചുരുങ്ങിയൊരു കടലാസ്സിൽനിന്നുള്ള വെളിച്ചം ചുമരിന്മേൽ പതിച്ചു ഒരു കടലാസ്സിൽ വിഴുത്തുകവണ്ണം

കാണാം. വന്യ കുറച്ചുകലയാണെങ്കിൽ തലകീഴായ ചെറി യൊരു മരായാണാണാവുക.

ലെൻസുകളും കണ്ണാടികളും പല ആകൃതിയിലുമുണ്ടെങ്കിലും പ്രവീണലോപവക്രികരണാനിയമങ്ങൾ എല്ലാറ്റിനും ബാധകമാണ്. എന്നാൽ ഇവയോരോന്നും ആ നിരമുപകാരം പ്രവർത്തിക്കുന്നത് ഓരോരോ വിധത്തിലാണ്—പലപ്പോഴും സർക്കുലാറായിട്ടാണ്— ഓരോ തരം ലെൻസും കണ്ണാടിയും എന്തുചെയ്യണമെന്നറിയാൻ വേറെ ചാനം നടത്തുകതന്നെ വേണം.

വജ്രകെ കണ്ണു് ഒരു കാമരപോലെത്തന്നെയാണ്—കാമര യേക്കാൾ എത്രയെത്രയോ വിലപിടിച്ചതും, കൂടുതൽ ഭംഗിയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതുമാണ് കണ്ണു് എന്നു മാത്രം. കാമരയിൽ മരായ ഹിലിമിൽചെന്നു പതിയ്ക്കാനായി, ലെൻസിന്റെ ദൂരത്തെ ക്രമീക രിക്കേണ്ടതുണ്ട്. കണ്ണിലാകട്ടെ, ലെൻസിന്റെ വലിപ്പത്തിൽ വ്യത്യാസവേരുള്ളതും, മരായ ശരിക്കും നേത്രപടലത്തിൽ(റെട്ടി റ)ച്ചെന്നു പതിക്കാതിരവേരുള്ളതും ചെയ്യുന്നു. അടുത്തുള്ള രാജ്യ നോക്കിയ അത്ര കണ്ണുകൊണ്ട് അപലവെച്ചു ഒരു പവ്വര യേത്തയും റോക്കുന്നു. ചെട്ടെന്തെന്ന കണ്ണിലെ ലെൻസു് ഇതിന്ന നസരിച്ചു് വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. ലെൻസിന്റെ വലിപ്പത്തിലി ണ്ണിറെ വ്യത്യാസം വരുത്തുന്നത് കണ്ണിനുള്ളിലെ മാംസപേശിക ളാണ്.

കണ്ണിലേയ്ക്കു വെളിച്ചം കടക്കാനുള്ള ദ്വാരമാണ് കൃഷ്ണ മണി (പ്യൂപ്പിൾ). ഈ പ്യൂപ്പിളും ആകൃതിയിൽ വ്യത്യാസപ്പെ ടുന്നു—വെളിച്ചത്തിന്റെ തിഷ്ണതക്കനുസരിച്ചു്. വെളിച്ചം കുറവാണെങ്കിൽ പ്യൂപ്പിൾ വലുതായി കൂടുതൽ വെളിച്ചത്തെ കണ്ണി ലേയ്ക്കു കടത്തിവിടുന്നു. തിഷ്ണത കൂടിയായോ, അധികം വെ ളിച്ചും കടക്കാതാക്കാൻ പ്യൂപ്പിൾ ചെറുതാവുകയും ചെയ്യുന്നു. കണ്ണിന്റെ ദർശനശക്തി അപാരമാണ്. 15 മുതൽ 20 ദൈൽ വരെ അപല കത്തുന്ന ഒരു മെട്രകുതിരിയെപ്പോലും കാണാനു ത്തിന്നു കഴിയും.

വെളിച്ചത്തിൽ വരുന്ന മരായകളെ പണ്ണിന്റെ ചിന്തപരമായുള്ള റെട്ടിന എന്ന നേത്രപടലം സ്വീകരിക്കുന്നു. ലക്ഷക്കണക്കിൽ കോലും കോണം (Rods and Cones) അടങ്ങിയ ഒരു ഭാഗമാണത്. ഇവയെല്ലാം പ്രധാനപ്പെട്ട നേത്രനാധിയുമായി ബന്ധപ്പെടുമിരിക്കുന്നു. പണ്ണിൽ നേത്രനാടി വന്നുചേരുന്ന സ്ഥലത്തു് കോലും കോണം ഇല്ലാത്തതിനാൽ ആ ഭാഗത്തിനു് ദർശനശക്തിയില്ല. ഇടത്തെ പണ്ണുകൾ ചുവടെയുള്ള 'X' എന്ന അക്ഷരത്തെ സൂക്ഷ്മമായി നോക്കുക. പുസ്തകം അടുത്തേയ്ക്കു കൊണ്ടുവന്നാലൊരു ഘട്ടത്തിൽ 'o' എന്ന അക്ഷരം കാണാതാവുന്നു. ഇതേദൂരത്തിൽ നിങ്ങളുടെ വലത്തുപണ്ണുകൾ 'o' എന്ന അക്ഷരത്തെ ചുൻപറഞ്ഞ വിധം നോക്കുക. 'X' കാണാതാവുന്നു.

55 അടിയിൽ കുറവായ ഒരു സ്ഥലത്തുനിന്നു് ഒരു ശബ്ദത്തിന്റെ മാറ്റം കേൾക്കാൻ നിങ്ങളുടെ കഴിയില്ലെന്നതുപോലെത്തന്നെ—ഇതിനു കാരണം $\frac{1}{16}$ സെക്കൻഡു സമയമില്ലെങ്കിൽ കേൾക്കാൻ കഴിയില്ലെന്നതാണു്—പണ്ണിനും ഒരു സെക്കൻഡിന്റെ ചെറിയൊരു ഭാഗം സമയം കിട്ടിയാലേ കാണാൻ കഴിയൂ. കണ്ടുകൊണ്ടിരിക്കണമെങ്കിൽ കൂടുതൽ സമയം വേണം. ഇതുകൊണ്ടാണു് ചലച്ചിത്രങ്ങൾ തുടർച്ചയായ ചിത്രങ്ങളാണെന്നു തോന്നുവാൻ കാരണമാകുന്നതു്. സിനിമയിൽ അറുപതി നിശ്ചലചിത്രങ്ങളാണു് വാസ്തുവത്തിലുള്ളതു്. രണ്ടു ചിത്രങ്ങൾക്കിടയിൽ അല്പസമയം വെളിച്ചം കാണാതാക്കുന്നുണ്ടു്, സിനിമാ പ്രൊജക്ടർ ഇങ്ങിനെയുള്ള നിശ്ചലചിത്രങ്ങൾ ഒരു സെക്കൻഡിൽ 16 തവണയും അതിലധികവും വന്ന പണ്ണിൽ തട്ടിയാൽ പണ്ണു് അതു കണ്ടുകൊണ്ടേ ഇരിക്കുന്നു. ഇക്കല്ലൊരു വികാസമായി പണ്ണിനു തോന്നുന്നില്ല. അവാസാമെന്ന ചിത്രം കാണുമ്പോൾ തന്നെയാണു് ചിന്തത്തെ ചിത്രവും വരുന്നതു്. ഇതു കാരണം ചിത്രങ്ങൾക്കിടയിലെ ഇരുണ്ട ഭാഗം കാണുന്നില്ല—ചിത്രങ്ങളെല്ലാം കൂടി ചെലിക്കുന്ന പ്രതിഭാസമാണിതു്.

നിങ്ങളുടെ രണ്ടു കണ്ണുകളും. അതെന്തിനാണ്? ഓരോ വാചകവും നാമെന്തെങ്കിലും നോക്കുമ്പോൾ ഓരോ കണ്ണും ആ വസ്തുവിനെ ഓരോ രൂപത്തിലാണ് കാണുന്നത്. രണ്ടു വ്യത്യസ്ത കോണുകളിൽ ഉള്ളിയാണല്ലോ നാം വസ്തുവിനെ നോക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഇങ്ങിനെ വ്യത്യസ്ത രൂപത്തിലാണ് കാണുന്നതെങ്കിലും മായകൾ രമ്യപ്പോലിലെത്തുമ്പോൾ രണ്ടു കണ്ണുകളിൽനിന്നുകൂടി ലഭിച്ച മായകൾ ഒന്നിനമതെ നന്നായ ഒരനുഭവം ഉണ്ടാകുന്നു. അങ്ങിനെയാണ് നിങ്ങളുടെ കാണുന്നതിന് ഒരു ഘനം തോന്നുന്നത്. ഇങ്ങിനെ മൂന്ന് അളവുകളിൽ—നീളം, വീതി, ഘനം—വസ്തുക്കളെ കാണാനുള്ള കഴിവ് നമ്മുടെ കണ്ണുകൾക്കുണ്ട്. ഇന്ന് ചില ത്രിമാന (3-D) ഡെജെൻഷൻ) ഡിസിമകളിനുശ്ലോ—അതു പോലെ.

എന്നാൽ കണ്ണുകൾ വളരെ അടുത്താണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത് എന്നതുകൊണ്ട് ദൂരത്തുള്ള വസ്തുക്കളുടെ ഘനം—വീതി ലഭിക്കുന്നില്ല. ധൂലിക്കുപ്പുകളിലും മറ്റും വളരെ ദൂരത്തുള്ള വസ്തുക്കളെ നിരീക്ഷിക്കാനുള്ള നേത്രോപകരണങ്ങളുണ്ട്. ഇവ വളരെ അകന്നാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത് എന്നതുകൊണ്ട് നമ്മുടെ കണ്ണുകൾ കൊണ്ട് കാണുന്നതിനേക്കാൾ ദൂരെപ്പുള്ള വസ്തുക്കളെ ഈ ധൂലിക്കുപ്പുകളിലെ നേത്രോപകരണങ്ങൾ കാണാൻ കഴിയുമത്രെ.

700 അടിയിലധികം ദൂരെയുള്ള വസ്തുക്കളുടെ ഘനം—വീതി മനസ്സിലാക്കാൻ നമ്മുടെ കണ്ണുകൾക്കു വയ്യ. ആ ദൂരത്തിനിടയിലുള്ള രണ്ടു മരങ്ങളിൽ ഏതാണ് അടുത്തതെന്നും ഏതാണ് അകലത്തെന്നും നിങ്ങളുടെ പഠിച്ചവൻ കഴിയാം. അതിനുള്ളിലുള്ള മരങ്ങളിലേതാണ് അടുത്തതെന്നും അകലത്തെന്നും പഠിച്ചവൻ—എന്നാൽ വലിപ്പം—വെളിച്ചം ധോഷിയാണ് ഏതാണ് അടുത്തതെന്നും വിശദമാക്കുന്നത്. അതിദൂരെ ഒരു വീടും ഒരു കാര്യം കണ്ടാൽ (കാർ വികിനേക്കാൾ ചെറുതാണെന്ന് നമ്മുടെ വ്യക്തതയെല്ലാം) രണ്ടും ഒരേ വലിപ്പത്തിലാണ് കാണുന്നതെങ്കിൽ കാർ അടുത്തതാണെന്നും, വീട് അകലെയതാണെന്നും ഡോക്ടറുമാർ അങ്ങനെ

ഭാവം വെച്ചപ്പോൾ നമുക്ക് പറയാം. എന്നാൽ ഇതിൽ നമുക്ക് അമ്പലം പറയാനിടയുണ്ട്. ഒരു കാർ ഒരു വീടിനോടൊരു വലുതാക്കി ഉണ്ടാക്കിയതാണെന്ന് പരമേശ്വരൻ—എന്നിട്ട് നോക്കിയാൽ, കാർ വീട് ഒരു ഭൂമിയാണെന്ന് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെങ്കിലും കാരണം അടുത്തതെന്ന് നാം പറയും—അതു ശരിയാവുകയില്ലല്ലോ.

ഉച്ചസ്ഥാനമായ സൂര്യചന്ദ്രന്മാരോടൊപ്പം വലിപ്പം തോന്നുന്നുണ്ട് ഉദിക്കുന്ന ചന്ദ്രനും, അസ്തമിക്കുന്ന സൂര്യനും. അവയെ നോക്കുമ്പോഴുണ്ടാവുന്ന കോണിന്റെ വ്യത്യാസമാണിതിനു കാരണം. എത്ര ഉയരത്തിലായാലും അവയുടെ വലിപ്പം ഒരേമാതിരിയാണെന്ന് ഉപകരണങ്ങൾ കൊണ്ട് അളന്നു രീതിപ്പെടുത്താം. ഇവിടെ വായു മണ്ഡലം ഒരു ക്രമക്കണ്ണാടിപോലെ പ്രവർത്തിക്കുന്നില്ല—പിന്നെ, വലിപ്പം കൂടിക്കാണുന്നതെങ്ങിനെയാണെന്ന്? ഉദയാസ്തമയ സമയങ്ങളിൽ സൂര്യചന്ദ്രന്മാർ താണാകിടക്കുന്നു. അവയുടെ വലിപ്പത്തെ മറ്റു സാധനങ്ങളുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തിയിട്ടാണെന്ന് നാം നോക്കുന്നത്—വീടുകൾ, മരങ്ങൾ, കുന്നുകൾ, മലകൾ എന്നിങ്ങിനെ. ഈ താരതമ്യം കൊണ്ടാണെന്ന് അറിയുക കൂടുതൽ വലിപ്പം തോന്നുന്നത്. ആകാശത്തിൽ—ഉയരത്തിൽ—ഇങ്ങിനെ ഒന്നുമായും താരതമ്യം ചെയ്യാനില്ലല്ലോ. അതാണി വ്യത്യാസത്തിന് കാരണം.

പ്രകാശത്തിന്റെ പാറം രസകരമായില്ലേ? ഇനി ഉണ്ണുത്തെപ്പറ്റിയാണ് നമുക്ക് പഠിക്കുവാനുള്ളത്. പ്രകാശവും ഉണ്ണുവുമായി വ്യത്യസ്തമാണോ? എല്ലാം നമുക്ക് പഠിക്കാം.

മുട്ട

കൗണ്ടിംഗ് ഹോർഡ് സെൻസിൽ ഒരു പ്രത്യേകസ്ഥാനം അർഹിക്കുന്നു. സാധാരണക്കാരനായ ബെഞ്ചമിൻ തോംസനാലാണ് അദ്ദേഹം അമേരിക്കയിൽ 1753-ൽ ജനിച്ചത്. ചെറുപ്പം മുതൽത്തന്നെ അച്ഛൻ മരിച്ചു. ദാരിദ്ര്യത്തിലും കഷ്ടപ്പാടിനു മാലിന്യം ബാല്യകാലം കഴിഞ്ഞത്. കുട്ടിയുവേണമെന്നെ പലതും കണ്ടുപിടിക്കാനുള്ള വാസന ആ കുട്ടിക്കുണ്ടായിരുന്നു. പ്രതിഭാശാലിയാണെന്നും അന്നേ തെളിഞ്ഞിരുന്നു. 13 വയസ്സിൽ തന്നെ ശ്രദ്ധപാലിപ്പു വിട്ട് ഒരു തുണിപ്പിടികയിൽ വില്പനക്കാരനായിച്ചേർന്നു. ഒരു വൈദ്യശാസ്ത്രജ്ഞനാവാനായിരുന്നു മോഹം. അതിനാൽ അദ്ദേഹമൊരു അദ്ധ്യാപകനായി അക്കാലത്തു് അധികം പഠിക്കാത്തവർക്കു കീഴ്ചർമാരാവുമായിരുന്നു.

എന്നാൽ അദ്ധ്യാപകൻ് വേതനം തുച്ഛമായിരുന്നു. 19 വയസ്സിൽ (1772-ൽ) ഈ യുവാവ് അധ്യാപകൻ് ധനികയായ ഒരു വിശ്വവിയ കല്യാണം കഴിച്ചു. 1775-ലെ അമേരിക്കൻ സ്വാതന്ത്ര്യസമരത്തിൽ രാജകീയപക്ഷപാതിത്വംകാരണം, അദ്ദേഹത്തിന്നവിടെ ഇരിക്കപ്പെടാൻ തടയപ്പെട്ടു. ഇംഗ്ലണ്ടിലേയ്ക്കു് അതേ കൊല്ലം തന്നെ ബെഞ്ചമിൻ തോംസൻ കപ്പൽ കയറി.

പിന്നീടു് 16 കൊല്ലംകൂടി ഭാര്യ അമേരിക്കയിൽ ജീവിച്ചു വെങ്കിലും അവർ തമ്മിൽ കാര്യങ്ങൾ ഉണ്ടായില്ല. മസ്സാച്ചുസെറ്റ്സ് സ്റ്റേറ്റ് ഇദ്ദേഹത്തിന്റെ സ്വന്തം പിടിച്ചെടുത്തു. പിന്നീടു്, ഭാര്യയുടെ പണത്തെ ആശ്രയിച്ചല്ല അദ്ദേഹം കഴിഞ്ഞത്. ബ്രിട്ടീഷ് ഗവൺമെന്റ് പല നല്ല ജോലികളും തോംസനു നൽകി. സർ

തന്ത്ര്യപ്രശ്നങ്ങൾക്കു നേരിടുന്നതിനു മുമ്പ് ബ്രിട്ടീഷ് സേനയിലെ ഒരു കർണൽ എന്ന വിഭാഗം അദ്ദേഹം അമേരിക്കയ്ക്കു പോയി. അതാവാൻ അദ്ദേഹത്തിന്റെ അവാസനത്തെ അമേരിക്കൻ സർക്കാർ.

പട്ടാളസേവനം തോടെന്ന് ഇഷ്ടമായി. തന്റെ സമയത്തിലധികവും വെടിമരുന്നു മുതലായവ ചരിത്രശാസ്ത്രങ്ങൾ, മറ്റു ശാസ്ത്രീയകാര്യങ്ങൾക്കും വേണ്ടിയാണദ്ദേഹം ചിലവഴിച്ചത്. പട്ടാളസേവനത്തിലുള്ള ഇഷ്ടംകാരണം, അമേരിക്കൻ സഹായസേനയ്ക്കു വേണ്ടി അദ്ദേഹം ആസ്ട്രിയൻ പട്ടാളത്തിൽ ചേർന്നു. അന്ന് ആസ്ട്രിയൻ ഇംപീരിയൽ സേനയിൽ ചേർന്നു. പക്ഷേ, ആസ്ട്രിയൻ പട്ടാളത്തിൽ ചേരാനുണ്ടായ ആർക്കും അവാസനം ബാധിക്കാതെ വെടിമരുന്നു, മന്ത്രിയായിത്തീർന്നു. ഉണ്ടായത്. ബാബറിൻ പട്ടാളത്തിലേക്കു ചേർന്നു. മറ്റു മറ്റു പട്ടാളങ്ങളും വരുത്തി. ദരിദ്രനാകുന്നതു ചില ക്ഷേമപദ്ധതികൾ അദ്ദേഹം നടപ്പിലാക്കി. അദ്ദേഹത്തിന് 'സർ' സ്ഥാനം കിട്ടി. റോമൻ സാമ്രാജ്യത്തിലെ ഒരു കൌണ്ടി ആയിത്തീർന്നു. അമേരിക്കയിലെ തന്റെ കുട്ടിക്കാലത്തെ ജീവിതം കഴിഞ്ഞു. റോമൻ സാമ്രാജ്യത്തിൽ ചേർന്നു. റോമൻ സാമ്രാജ്യത്തിൽ ചേർന്നു. റോമൻ സാമ്രാജ്യത്തിൽ ചേർന്നു.

സമ്പന്നനും, കിർത്തിമാനമായിട്ടാണ് റോമൻ സാമ്രാജ്യത്തിൽ ചേർന്നു. അവിടെ അദ്ദേഹം റോമൻ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടൻ സ്ഥാപിച്ചു. ശാസ്ത്രലോകത്തിന്റെ ഒരു വലിയ ആസ്ഥാനമായിത്തീർന്നു ഈ പുതിയ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടൻ ശാസ്ത്രവിദ്യാർത്ഥികൾ അന്വേഷിച്ചു. ശാസ്ത്രത്തിൽ പ്രാവിണ്യമുള്ളവർക്ക് സഹായമെന്നാലിരുന്നു റോമൻ സാമ്രാജ്യത്തിൽ ചേർന്നു. റോമൻ സാമ്രാജ്യത്തിൽ ചേർന്നു. റോമൻ സാമ്രാജ്യത്തിൽ ചേർന്നു.

പാർസിയിലേക്കു അദ്ദേഹം മടങ്ങിപ്പോയി. മറ്റു പല സാമ്രാജ്യങ്ങളിലും അദ്ദേഹം സേവനം ചെയ്തു. പാർസിയിലേക്കു അദ്ദേഹം മടങ്ങിപ്പോയി. മറ്റു പല സാമ്രാജ്യങ്ങളിലും അദ്ദേഹം സേവനം ചെയ്തു. പാർസിയിലേക്കു അദ്ദേഹം മടങ്ങിപ്പോയി. മറ്റു പല സാമ്രാജ്യങ്ങളിലും അദ്ദേഹം സേവനം ചെയ്തു.

വിവാഹം കഴിച്ചു. ചക്ഷു, ആ നാഡം താഴെകാലം നിന്നില്ല. ക്ഷീണിതനും, രോഗിയുമായ റഹ്മാൻ ചരമപ്പെടുന്നതു് ഒരു ഉരണാട്ടിപ്പോഴു് താമസം മറന്നു. ആ വിശ്വമരവിതയായ ജീവിതത്തിന്റെ അവസാനത്തെ അഞ്ചു കൊല്ലം തോട്ടുകൃഷി ലംഘനപോഷണത്തിലുമാവി കഴിച്ചുകൂട്ടി. പിറ്റേത്തെ വയസ്സിലാണദ്ദേഹം മരിച്ചതു്. എല്ലാ സ്വത്തുക്കളും, ഗവേഷണഫലങ്ങളും അമേരിക്കൻ ഗവൺമെന്റിന്നും റഹ്മാൻ റവ്യൂകലാശാലയ്ക്കും കൊടുക്കണമെന്നാണു് അദ്ദേഹം ഒസ്യത്തിലെഴുതിവെച്ചതു്.

സയൻസിനു് ഏറ്റവും വലിയ സംഭാവന ചെയ്തവൻ റഹ്മാൻസിനു കഴിഞ്ഞതു് അദ്ദേഹം യുദ്ധകാര്യമന്ത്രിയായി ബഹവേരിയയിൽ സേവനമനുഷ്ഠിക്കുമ്പോഴാണു്. എന്താണു് ചൂടു്? എന്ന ചോദ്യത്തിന്നത്തരംതരം വളരെയേറെ സഹായിച്ച ഒരു പരിക്ഷണപരമ്പരതന്നെ അദ്ദേഹം നടത്തി.

സൂട്ടൻ, ബോയിൽ, മുതലായവർ സൂചിപ്പിച്ചിരുന്നതു ചൂടു് ഒരുതരം സ്പന്ദനമാണെന്നാണു്. ചക്ഷു, ഇതു പരിക്ഷണങ്ങളിൽ കൂടി തെളിയിക്കാറോ, തപത്തെ തികച്ചും സ്ഥാപിക്കുവാനോ, അവർ കഴിഞ്ഞില്ല. കുറെക്കാലത്തേയ്ക്കു ഭൂരിപക്ഷം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും കരുതിരതു് മറ്റൊരു യഥാർത്ഥവിശദീകരണം ഇതിനണ്ടെന്നായിരുന്നത്രവസ്തുവെപ്പോലെയാണു് ചൂടെന്നു് അവർ പറഞ്ഞു.

ഈ ദ്രവത്തെ 'കലോറിക്' എന്നു പേരിട്ടു. കാനാൻവച്ചാൽ ഒരു ദ്രവസ്തുവാനു് കലോറിക് എന്നും, അതിന്നു തുക്കമില്ലെന്നും ചിലർ പറഞ്ഞപ്പോൾ, വേറെച്ചിലർ അതിന്നു തുക്കമുണ്ടെന്നും, ഏതു വസ്തുവിൽക്കൂടിയും ലാഘവത്തോടെ മൃകാനതിനു് കഴിയുണ്ടെന്നും പറഞ്ഞു. വസ്തുക്കളുടെ സൂക്ഷ്മാണുക്കൾക്കു് ചൂടുമൊഴുകുന്നതാണു് ചൂടെന്നു്യിരുന്ന ചൊതുശാരണ. ചില അണുക്കൾക്കിടയിൽ കൂടുതൽ സ്ഥലമുള്ളതുകൊണ്ടു് കൂടുതൽ ചൂടു് ഉരക്കൊച്ചാൻ അത്തരം വസ്തുക്കൾക്കു കഴിയുമെന്നും, വേറെച്ചിലരിന്നു് ഈ കഴിവില്ലെന്നും പറയപ്പെട്ടു.

എത്ര ചോദ്യങ്ങൾക്കും ഉത്തരംപറയുവാൻ കഴിയാം ഈ സിദ്ധാന്തത്തിനനുസരിച്ച് രണ്ടാമത്തെ നോക്കുന്നത് സഹകരമാണ്. ഉണ്ണും കൂടിയൊരു വസ്തുവിൽനിന്നും ഉണ്ണുകയാണത്രെ വസ്തുവിലേക്കു ചുട്ട് 'ഗ്രാഹിതം'നായിപ്പോകുന്നു. അങ്ങനെയോ പഠിക്കുന്നത് വെള്ളം ചുട്ടാക്കിയാൽ, തീർന്നിട്ടുള്ള കലോരികൾ വെള്ളത്തിലേക്കു വ്യാപിക്കുന്നതല്ല. വെള്ളത്തിൽ ഐസിലാൽ വെള്ളത്തിലുള്ള കലോരികൾ ഐസിലേക്കു വ്യാപിക്കുന്നതെന്നും പറയപ്പെട്ടു. ഐസിൽ കലോരികൾ തീരെ ഇല്ലെന്നാണ് കരുതപ്പെട്ടിരുന്നത്.

എന്നാൽ പ്രീഷർ വഴി ചുട്ടുണ്ടാക്കുന്നില്ലേ? അതെങ്ങനെയാണത്? കൈകൾ കൂട്ടിയപ്പോൾ ചുട്ടുണ്ടാക്കുന്നതാണ് നല്ല കൈകൾ അറിയാം. ഒരു ആണിയിനേൽ ചുട്ടുകൊണ്ടിപ്പോൾ ആണി ചുട്ടാകുന്നു. എന്തിനാണിത് വന്ന കലോരികൾ? അന്നത്തെ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അറിയാൻ കഴിയാതെ ഉത്തരം കൊടുത്തു. ചുട്ടുകൊണ്ടിടുന്നതോടോ, വസ്തുക്കൾ തമ്മിൽ ശക്തിയായി കൂട്ടിയ സമയത്തോ, ആ വസ്തുക്കൾക്ക് മാറ്റമില്ലാത്തതാണെന്നും ഇതിന്റെ ഫലമായി അവയ്ക്കുള്ളിൽ കലോരിക്കളുടെ നിലനിൽപ്പുള്ള കഴിവു കുറയുമെന്നും, അങ്ങനെയൊരു അധികമുള്ള കലോരികൾ പുറത്തേക്കു വരികയാണെന്നും പറയപ്പെട്ടു. പ്രീഷർ വഴി ചുട്ടുണ്ടാക്കുന്നതിനെക്കുറിച്ചാണ് വിശദീകരിക്കപ്പെട്ടു.

പുറകുയർത്തിക്കൊണ്ടു കഴിഞ്ഞുപോകാൻ ചെയ്യാതെ സഹായകരമായി. നോക്കൂ സോസൈറ്റിക്ക് അദ്ദേഹം നൽകിയ റിപ്പോർട്ടിൽ, പ്രകൃതിയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ചുട്ടുണ്ടാക്കുന്നതിനെപ്പറ്റി താൻ നടത്തിയ ചില പരീക്ഷണങ്ങൾ ഭാവിയിലെ ജീവനും കൂടുതൽ ഉപകരിക്കുമെന്ന് ഉറപ്പിക്കുകയും ചെയ്തുവത്രെ.

അദ്ദേഹം കലോരികൾ സിദ്ധാന്തത്തെ നിഷ്കൃഷ്ടം നിഷ്കാസനം ചെയ്തു. ഇതുവരെ പറഞ്ഞിരുന്ന അഭിപ്രായങ്ങൾ അബദ്ധമാണെന്നും റഫേറൻസ് പറഞ്ഞു.

പ്രീഷർ വഴി വളരെവേഗം ചുട്ടുണ്ടാക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ടെന്നുള്ളതാണ് റഫേറൻസ് തെളിയിച്ചത്. കലോരികൾ സിദ്ധാന്തം

പ്രകാരം ഉള്ളിനെയാതുങ്ങാത്ത ചുട്ടം പുറത്തു വിട്ടാലൊന്നും ഇത്രയേറെ ചുട്ടം ഉണ്ടാക്കാൻ വയ്യ.

അദ്ദേഹം ഒരു പീരങ്കിയുടെ അറ്റത്തു് ഒരു പിച്ച് ഉള്ളതെന്ന് റെപ്പോർട്ട് ചെയ്തു. ആ പിച്ച് ഉള്ളതിന്നു് 10 അംഗുലം നീളവും 8 അംഗുലം വ്യാസവുണ്ടായിരുന്നു. ഈ ഉള്ളിൽ ഒരു ദ്വാരമുണ്ടാക്കി. ആ ദ്വാരത്തിൽ മുച്ചുവീടുത്ത ഉരുക്കുകൊണ്ടുള്ള ഒരു അലക്സ് റെപ്പോർട്ട് ചെയ്തു—ദ്വാരത്തിനോളം വീതിയും 1/2 ഇഞ്ചിലേറെ കട്ടിയുമുള്ളതായിരുന്നു ആ അലക്സ്. പിച്ച് ഉൾക്കൊള്ളുന്നതിലേ 10,000 റാത്തൽ തൂക്കത്തിന്റെ റോക്കറ്റായിരുന്നു ഈ അലക്സിന്റെ ഒരറ്റം സ്ഥിതി ചെയ്തിരുന്നതു്. കുറെ കരിമ്പുകൊണ്ടു് പീരങ്കി മീറ്റിൽ 3/4 വരുന്ന തിരിച്ചറയ്ക്കപ്പെട്ടു് പ്രവർത്തിച്ചു. പിച്ച് ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ദ്വാരത്തിലുള്ള ഉരുക്കുകൾ ചുട്ടം തിരിഞ്ഞു. ആ സിലണ്ടറിലെ ഉള്ളിയെക്കൊന്നറിയാൻ ഒരു തർജ്ജമക്കാരനും സിലണ്ടറിലേയ്ക്കു് ഇറക്കിവെച്ചിരുന്നു.

മുച്ചു മീറ്റിൽ 1.13 റാത്തലുള്ള പിച്ച് ഉൾക്കൊള്ളുന്നതിലേ ഉള്ളിയെ 60 ഡിഗ്രിയിൽനിന്നു് 330 ഡിഗ്രി (ഫോർബിറ്റ്) ആയി ഉയർന്നു. ദ്വാരത്തിലുള്ള അലക്സിനേയ്ക്കുള്ള ലോഹമെല്ലാകെ അല്പം ചുരണ്ടിയെടുത്തു് റെഫോർഡ് പരിശോധിച്ചു. പലോറിസിദ്ധന്മാരും ശരിയാണെങ്കിൽ, അങ്ങനെയുള്ള ലോഹമെല്ലാകിയുണ്ടാവണമെങ്കിൽ, 66360 മാത്രം ചുട്ടം വേണ്ടിവരുന്നെന്നും റെഫോർഡ് കണക്കാക്കി.

സിലണ്ടറിലെ ദ്വാരത്തിനടുത്തുള്ള ലോഹത്തിന്റെ 'താപധാരകത' (capacity for heat) കലോറിക്സുകളുടെ ഒരു കണക്കിപ്പറഞ്ഞാക്കൽ താപമേന്മയ്ക്കു് റേറ്റിംഗ് ചെയ്തു. ഓരോ തവണയും റെഫോർഡ് ഇതേ പരീക്ഷണം ചെയ്തുകൊണ്ടിരുന്നില്ലെന്നും ഇതേമാതിരിയുള്ള ഫലങ്ങളാണുണ്ടായതു്. പീരങ്കിയുടെ ഉള്ളിയെ ഓരോ തവണയും അതുതന്നെയായിരുന്നു.

എവിടെനിന്നാണി ചുട്ടം വന്നതു്? നാലു വീൽനിന്നാണോ? അതോ, ലോഹത്തിൽനിന്നാണോ?

ഇതറിയാനായി റഫോർഡ് വെള്ളംചോരാത്ത ഒരു ചെട്ടി വൃണാക്കി. അതിനെ തന്റെ ചിരങ്കിയുടെ ചിട്ടച്ചുട്ടസിലിണ്ടറിന്റെ തുടക്കത്തിൽ ചുറ്റും ഘടിപ്പിച്ചു. ചിന്നിടയിൽ വെള്ളം നിറച്ചു. ഇതിന്റെ ഫലമായി അങ്ങോട്ടു വായു കടക്കാതായി. എന്നിട്ടും ചിരങ്കി വ്രാത്തിപ്പിച്ചപ്പോൾ ചിട്ടച്ചുട്ടസിലിണ്ടറിന്റേ ചുട്ടുപിടിച്ചു. വെള്ളവും ചൂടായി. 2 1/2 മണിക്കൂർ കഴിഞ്ഞപ്പോൾ വെള്ളം തിളച്ചു.

“തണുത്ത വെള്ളമിങ്ങിനെ തിളയ്ക്കുന്നതു കണ്ടപ്പോൾ ക്ലാസി കൾക്കുണ്ടായ അതുതരം പറയാതിരിക്കുകയാണ് നല്ലത്.” എന്നാണ് റഫോർഡ് പറഞ്ഞത്. “അവരുടെ മുഖത്തുനോക്കിയാലതു ചാണാമായിരുന്നു. ആ കാഴ്ച കണ്ടാനന്തം എന്നിൽ ബാലസഹായമായ സന്തോഷം വളർത്തി.”

ചിട്ടച്ചുട്ടസിലിണ്ടറിലേയ്ക്കുള്ള വായുവിന്റെ പോക്കിനെ വെള്ളംനിറച്ച ചെട്ടി തടഞ്ഞു. അപ്പോൾ ചൂട് വെള്ളത്തിൽ നിന്ന് വായുവിലേയ്ക്കും പോവുകയില്ലല്ലോ. അതുകൊണ്ട് റഫോർഡിന് എത്ര ചൂടുണ്ടായി എന്ന് കണക്കാക്കാനുള്ള സൗകര്യം കിട്ടി. അത്രയും ചൂട് ഒമ്പത് മെഴുകുതിരികൾ (ചാരോന്നിനാൽ 3 1/2 അംഗുലം വ്യാസം) ഒന്നിച്ചു കത്തുവോൾ ഉണ്ടാകുമായിരുന്നു. അപ്പോൾ റഫോർഡ് മൊത്തത്തിൽ പറഞ്ഞു.

ഒരു കുതിരവൃണാക്കുന്ന ട്രിഷ്ഷൻ മതി ചോരവെക്കാനുള്ള ചൂടുണ്ടാവാതെന്നും അദ്ദേഹം കണ്ടു. പക്ഷെ, ഇങ്ങിനെ ചൂടുണ്ടാക്കുന്നത് ആദായകരമായിരുന്നില്ല.

“എന്താണ് ചൂട്?” റഫോർഡ് തന്നോടടുത്തൊരു ചോദ്യം ചെയ്തപ്പോഴാണ്. “കലോറിക്ക്” എന്നു പറയാവുന്ന എന്തെങ്കിലും പ്രമോണോസ വാസ്തുവത്തിൽ?

ട്രിഷ്ഷൻകൊണ്ട് ചൂടുണ്ടാവുന്നത് സിലിണ്ടറിന്റെ അകത്തുള്ള ലോഹസ്റ്റാക്കിയിൽനിന്നോ വായുവിൽനിന്നോ അല്ലെന്ന് റഫോർഡിന് മനസ്സിലായി. അതു വന്നത് വെള്ളത്തിൽനിന്നുമാണ് വഴിയല്ല. കാരണം, വെള്ളം ചൂടിനെ സ്വീകരിക്കുന്നതാണ്.

യിട്ടാണ് കണ്ടത്. ചിരങ്കിയുടെ ഇതരഭാഗങ്ങളിലെ ലോഹത്തിൽനിന്നാണോ ചൂടുണ്ടായത്? അതുമല്ല. കാരണം, അങ്ങിനെയൊന്നുകിൽ ആ ഭാഗത്തെ ചൂട് നഷ്ടപ്പെട്ട് അവ തണുക്കുമല്ലോ. അതിന്നു പകരം ചൂട് കൂടുകയാണ് ചെയ്തത്. ഏകദേശം പൊതുവെ ഉണ്ടാവുന്ന ചൂടിന്നൊരവസാനമില്ലെന്നും കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു.

അവസാനം ഒരു തീരുമാനത്തിലെത്തി റഫോർഡ്. ചൂട് ഒരുതരം ചലനമാണ്!

അതെ, ഉണ്ണമെന്നതു് ചലനമാണ്. റഫോർഡിന്റെ ആശയത്തിനെ പലരും പോഷിച്ചിട്ടു. എങ്കിലും അതു് സത്യമായിത്തന്നെ വീശുന്നില്ല.

റഫോർഡിന്റെ മൂല്യകുറഞ്ഞ ഉരുക്കലുകൂടി ചിട്ടപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ടെന്നു കണ്ടുണ്ടല്ലോ ചലനത്തിന്നു് വേഗംകൂട്ടി. അതിനാലാണ് ചൂടുണ്ടായതു്.

എല്ലാ വസ്തുക്കളും വളരെ ചെറിയ കണങ്ങളുടെ കലർച്ചയാണെന്നാണ്. ഉദാഹരണത്തിന്നു്, ഹൈഡ്രജന്റെ അണുക്കൾ (12^oFൽ) ഒരു മൈക്രോമീറ്റർ ഒരു മൈക്രോ എന്ന് വേഗത്തിലാണ് ചലിക്കുന്നതു്. ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണു മറ്റൊന്നിനേക്കാൾ ചൂടു കൂടുന്ന—ഒരു സെക്കൻഡിൽ 1000,000,000 ഗ്രാമശക്തി! ഇങ്ങിനെ മറ്റേതെങ്കിലും കൂട്ടിച്ചേർത്താൽ അതു് 0.000033 അംഗുലം ചലിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു ഉരുക്കലാണെന്നു കരുതി അണുക്കൾ സ്പർശിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്നു് വിശ്വസിക്കാൻ വിചിത്രമായ കാര്യമാണ്. എന്നാലതാണ് വാസ്തവം. നിങ്ങളുടെ നഖത്തിന്റെ അറ്റത്തുള്ള അണുക്കളും ഇങ്ങിനെ സ്പർശിക്കുന്നുണ്ടു്. കണ്ണുകൊണ്ടു് ഈ അണുക്കളുടെ ചലനം കാണാൻ വയ്യ—അത്രയും ചെറുതാണ് അവ. എന്നാൽ ഈ ചെറിയ അണുക്കൾ മറ്റു വലിയ അണുക്കളെ (ഇവയെ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ കാണാം) വന്നു ചൂടുന്നതു് കാണാൻ കഴിയുമത്രെ. ഒരു ഗ്ലാസ് വെള്ളത്തിൽ മറിച്ച് ചെടി കഴിച്ചാൽ,

ആ മൂലം വെള്ളം മുഴുവൻ വ്യാപിക്കുന്നത് വെള്ളത്തിന്റെ അണുക്കളുടെ ചലനം കാരണമാണ്—വെള്ളത്തെ അനക്കാതെ വെച്ചാലും മൂലം വെള്ളത്തിലുണ്ടാകാത്ത കലങ്ങളും.

ദ്രവത്തിലെ അണുക്കൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത് ഘനപദാർത്ഥത്തിലേക്കാൾ കുറഞ്ഞു കിടക്കുന്നുണ്ട്. ചൂട് തട്ടിയാൽ ഈ അണുക്കളുടെ ചലനത്തിന് വേഗം കൂടും. അവ പരസ്പരം അധികമധികം ഇടിച്ചുടും. വളരെ അധികം ചൂടാവുകയും, അണുക്കളുടെ വേഗം അധികമാവുകയും ചെയ്യുമ്പോഴാണ് ഇരുമ്പിനെപ്പോലുള്ള ലോഹങ്ങൾ ഉപ്പോലും ഉരുക്കുന്നത്. പിന്നെയും ചൂടാക്കിയാൽ ദ്രവം നാശിച്ചുപോകും.

മറിച്ചുണ്ടാക്കും ഇതേ പ്രക്രിയ തന്നെ. ഒരു ബാഷ്പത്തെ ശരിയായ മട്ടിൽ വേണ്ടത്ര തണുപ്പിച്ചാൽ അത് ഒരു ദ്രവമായിത്തീരും. പിന്നെയും തണുപ്പിച്ചാൽ ഘനപദാർത്ഥമാകും.

അങ്ങിനെ ഏതു വസ്തുവിന്റെയും അണുക്കൾ ചലിക്കുന്നു. ഈ ചലനമാണ് ചൂടെന്നതുകൊണ്ട്, ഏതു വസ്തുവിനും ചൂടുണ്ടെന്നു പറയാം. ചൂടില്ലാത്ത ഒരു വസ്തു ഇതുവരെ അറിവിൽ പെട്ടിട്ടില്ല. കേവലശൂന്യാത (absolute zero) യോളം തണുപ്പുള്ള ഒരു വസ്തു ഇതുവരെ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ല. (പൂജ്യം ഡിഗ്രി ഫാറൻഹീറ്റ് നിലയിൽനിന്നു 273 ഡിഗ്രി താഴെയുള്ള നിലയെയാണ് കേവലശൂന്യാതെന്നു പറയുന്നത്.) അതിന്റെ വളരെ അടുത്തുവരെ ഇതിനകംതന്നെ എത്തിയിട്ടുണ്ട്. ആ ഉണ്ണുന്നിലയിൽ വസ്തുക്കളുടെ അണുക്കൾ ചലിക്കുകയില്ല. ചൂട് നിശ്ശേഷമില്ലാത്ത ഒരു വസ്തുവായുമാകും.

ചൂടാക്കുകയോ വസ്തുക്കളുടെ കണങ്ങൾ 'സ്പന്ദിക്കുന്നില്ല. ചലനം എന്ന ചൂടാണ്. അത് ഒരു തരം തരംഗശക്തിയാണ്. ചലിക്കുന്ന ഒരു കണം തൊട്ടുകിടക്കുന്ന കണത്തിലേയ്ക്ക് ഈ ചലനത്തെ എത്തിക്കുന്നു. ഒരു ഗോളി ചെന്നു' മറ്റൊരു ഗോളിയെ മുട്ടിക്കൊല്ലും.

ഒരു നിങ്ങളുടേതുവെങ്കിലും മറ്റേതെങ്കിലും ചൂടാവാം. തിന്മിന്റെ ഭാഗത്തുള്ള അനാക്കൾ ഭരണകാര്യ വേഗത്തിൽ ചലിക്കുകയാണ്. ഇതിന്റെ ഫലമായി വടിയുടെ മറ്റേഭാഗത്തുള്ള അനാക്കളുടെയും സുഹൃത്തുക്കൾ വെളിപ്പെടുകയും, ആ ഭാഗം ചൂടാവാൻ കഴിയും. ഇടതെത്തുകയുള്ള അനാക്കളുടെ ചലനവേഗമാണിതിന്റെ ചൂടിന്റെ ഒരറ്റത്തുനിന്നും മറ്റേ അറ്റത്തേയ്ക്കു വെളിച്ചംകൊണ്ടുപോകുന്നത്.

ഈ മാതിരി ചൂടേകുന്നതിനായാണ് 'കണ്ടക്ടർ' എന്ന പദം ഉണ്ടായത്. ഒരു ചൂടേകുന്ന ഇരുമ്പുവടി നിങ്ങളുടെ പിടിച്ചാൽ കണ്ടക്ടർ വഴിയായി ചൂട് നിങ്ങളുടെ കയ്യിലേക്കു വന്നു. ഇരുമ്പുവടിയുടെ ചലനവേഗം കാരണവും, ആ സുഹൃത്തുക്കൾ നിങ്ങളുടെ കയ്യിൽനിന്നും രക്ഷപ്പെടാത്തതു കാരണം, ആ ഭാഗം പെട്ടെന്നു ചൂടേകാൻ സ്ഥലം തന്നെയും സുഹൃത്തുക്കൾ കയ്യിൽ ഇത്രയും പൊള്ളുകയില്ല.

ചില വസ്തുക്കൾ മറ്റുള്ളവയേക്കാൾ വേഗം ചൂടിനെ വെളിച്ചം കൊണ്ടുപോകുന്നു. ഓരോ വസ്തുവിലും അടങ്ങിയ അനാക്കളുടെ ഘടനയും അടുപ്പത്തിനനുസരിച്ചാണ് ചൂടിന്റെ കണ്ടക്ടർ ശക്തി കൂടുന്നതും കുറയുന്നതും. മരം, ചൂടിന്റെ നല്ല ഒരു കണ്ടക്ടർ (Conductor) അല്ല. ഒരു തണുത്ത മുറിയിലെ ഒരു മരം തൊട്ടുനോക്കിയാലും ഒരു ലോഹം തൊട്ടുനോക്കിയാലും വ്യത്യാസം കാണാം. ലോഹത്തിന് തണുപ്പ് കൂടുതലുണ്ടാകും. ഇതിനു കാരണം, നിങ്ങളുടെ കയ്യിലുള്ള ചൂട് കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ ലോഹത്തിലേക്കു വ്യാപിക്കുന്നതാണ്. ചൂട് കയ്യിൽനിന്നു വിട്ടുപോകാൻ, കയ്യിൽ തണുപ്പ് തോന്നുന്നു. അതുതന്നെ ചൂട് മരത്തിലേയ്ക്കു വ്യാപിക്കുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട് മരം തണുത്തതായി തോന്നുന്നില്ല.

മുറിക്കു വളരെ ചൂടാണെങ്കിൽ (നിങ്ങളുടെ ശരീരത്തേക്കാൾ അധികമാണ് ചൂടെങ്കിൽ) ലോഹത്തിന് മരത്തേക്കാൾ അധികം ചൂടേതോന്നും. ലോഹത്തിൽനിന്നുള്ള ചൂട് നിങ്ങളുടെ

ശരീരത്തിലേയ്ക്കുമാണ് ഈ സ്ഥിതിയിൽ വ്യക്തികൾ. അതും മരണത്തിൽനിന്നു വാങ്ങുന്നതിനേക്കാൾ ഉയർന്നു പോകുന്നതിനായിരിക്കാം. മോഹത്തിനേക്കാൾ മരണത്തിനേക്കാൾ ഉയർന്നു മരിക്കാനുള്ള ഉയർന്നതന്നെയാണെന്നു കരുതാം. മോഹമാണ് കൂടുതൽ നല്ല കണക്കാണ് ഇതിൽ നിന്നും തെളിയുന്നു.

ഒരു മരിക്കൽ ഒരു ചായ വിരിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, നിങ്ങളുടെ മൃതദേഹം വിട്ടുപോകാൻ പാടില്ല. നിങ്ങളുടെ ചായയേക്കാൾ നല്ല കണക്കുകൾ. കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട് ചുട്ട് നിങ്ങളുടെ ചോരകുന്നതു മോഹത്തിൽ പായലിലേയ്ക്കു പോകുന്നില്ലെന്ന് സാരം.

വെള്ളയും മെമ്പരമാണ് ഏതാനും നല്ല ഉണ്ണുവാൻ കഴിയുന്നവർ. കഠിനം റേഡിയേഷൻകളിലും മറ്റും വെള്ളി ഉപയോഗിക്കുന്നത് വളരെയേറെ പ്രയോജനകരമാവും, പക്ഷെ വിവിധ തരങ്ങളാണിട്ടെന്നുമാത്രം. അതിനാൽ മെമ്പരമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. റേഡിയേഷൻകളിലെ വെള്ളത്തിന്റെ ചുട്ട് മോഹത്തിൽ മെമ്പരലേയ്ക്കും അവിടെനിന്നും വായുവിലേയ്ക്കും വ്യാപിക്കുന്നു.

വെള്ളത്തിന് വളരെ അധികം ചുട്ടിനെ ഉള്ളിലൊതുക്കുവാൻ കഴിയുണ്ട്—ഇരുമ്പിനേക്കാൾ കമ്പിരട്ടിയധികം. എന്നിട്ടും, വെള്ളം ഒരു നല്ല ഉണ്ണുവാൻ കഴിയുന്നില്ല—സ്റ്റിക്കും, ഇടയ്ക്കിട എന്നിവയേക്കാൾ മോശമാണ് വെള്ളം. വായുവും ഉണ്ണുത്തിന്റെ നല്ല കണക്കുകൾ—വെള്ളത്തേക്കാൾ മോശമാണ്.

ശരീരത്തിലേയ്ക്കും താമസസ്ഥലങ്ങളിലെ തണുപ്പു കുറയ്ക്കുവാൻ ചുട്ടുള്ള വെള്ളവും വായുവും കഴിഞ്ഞിട്ടുള്ള കോണ്ടിഷണറും, ഒരു മോട്ടോർകാറോട്കൂടിയെ അധികമുള്ള ചുട്ടുവെള്ളം നിങ്ങളുടെ മെമ്പരകളും എങ്ങിനെയാണു്?

ഈ ചോദ്യങ്ങൾക്കുത്തരം തരുന്നതിനും സഹായകനായും കോണ്ടിഷണറും ഹോർഡ് മുതൽ. ഇദ്ദേഹത്തിന്റെ പരിക്ഷണങ്ങൾക്കു മുമ്പ് വെള്ളവും വായുവും ഉണ്ണുത്തിന്റെ നല്ല കണക്കുകൾമാരാണ് എന്നിങ്ങനെയാണു് ശരിച്ചുവരുന്നതു്.

ജീവിതത്തിനിടയിൽ എല്ലാപ്പോഴും 'കണ്ണുതുറന്നു'കൊണ്ടു തന്നെ ജീവിച്ചു. റം റോർഡ്' വഴിയും പുതിയത് കണ്ടുപിടിച്ചു. ചിന്താപരമായതും ഏകാഗ്രമാണിരുന്ന" ചിന്തിക്കുന്ന തത്വ ചിന്തകനാക്കേക്കാം, പ്രാജോഗികജീവിതത്തിൽനിന്നുള്ള പാഠങ്ങൾ പഠിക്കേണ്ടതാണ്" കൂടുതൽ അഭിപ്രായമെന്നായിരുന്നു റം റോർഡിന്റെ അഭിപ്രായം.

മുട്ടുള്ള ഭക്ഷണപദാർത്ഥങ്ങൾ കഴിക്കുന്നതിൽനിന്നാണ് റം റോർഡ് തന്റെ ചില ശാസ്ത്രീയനിഗമനങ്ങളിലെത്തിയത്. ചില ചടങ്ങുകൾ പുഴുങ്ങിയാലതിന്റെ ചൂട് കുറെ നേരം നില നില്ക്കുന്നു. അതുപോലെ ക്ഷോഭിത സൂപ്പിന്റെ ചൂടും പതുക്കെ മാത്രമേ അന്തമുള്ളൂ. നോട്ടപ്പിന്റേസിലെ ഉണ്ണുപ്രവാഹത്തെപ്പറ്റിയും, വെച്ചുത്തിന്റേയും പൂഴിമണലിന്റേയും ചൂടിനെപ്പറ്റിയുമെല്ലാം അദ്ദേഹം പരീക്ഷിച്ചു. കുറെക്കൊല്ലങ്ങളായിരുന്ന 'മുട്ടുള്ള' കാര്യങ്ങളെപ്പറ്റി അദ്ദേഹം ആലോചനകളും പരീക്ഷണങ്ങളും നടത്തി. അവസാനം ഇതിനെപ്പറ്റി ഉത്തരം കണ്ടുപിടിച്ചത് ആകസ്മികമായിട്ടാണ്.

എന്തോ ഒരു കാര്യത്തിനായി ഒരു പരീക്ഷണം നടത്തി കൊണ്ടിരിക്കുമ്പോൾ, ഒരു പ്രത്യേകതരം തർമ്മോമീറ്റർ അദ്ദേഹം ഉപയോഗിച്ചു. ഇന്നു നമുക്ക് പരിചയമുള്ള മട്ടിലുള്ളതായിരുന്നില്ല ആ തർമ്മോമീറ്റർ. അതിന്റെ അടിയിൽ 1 അംഗുലം വ്യാസമുള്ള ഒരു ഗോളമുണ്ടായിരുന്നു. അതിൽ വീഞ്ഞാണ് നിറച്ചിരുന്നത്. വീഞ്ഞു ചൂടാക്കി തർമ്മോമീറ്റർ തണുക്കുന്നതായി അലക്ഷ്യത്തിന്മേൽ വെച്ചു. ആ റ്റേർമോമീറ്റർ കുറെനാളായി ഉപയോഗിക്കാത്തതിനാൽ വീഞ്ഞു കഴിക്കുന്നതിനുമുമ്പ് അതിൽ നിറച്ചു പൊടിപടലങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നു. അലക്ഷ്യത്തിൽ ഈ ഉപകരണം വെച്ചുവെക്കുമ്പോൾ സൂര്യപ്രകാശം അതിന്മേൽ വന്നു പെട്ടി. ഇതു കാരണം അതിനകത്തുള്ള പൊടിപടലങ്ങൾ വ്യക്തമായി കാണപ്പെട്ടു. തർമ്മോമീറ്റർ കൂടലിലേയ്ക്ക് നോക്കിയപ്പോൾ പൊടിപടലം കൂടലിന്റെ മദ്ധ്യ

തുതന്നെ. ഇവിടെ കൺവെക്ഷണൻ സ്ഥാനമില്ല. വെള്ളത്തിന്റെ ഉചിതമലം ചുട്ടായി അതു വികസിക്കുന്നോട അതിന്നു കീഴ്ചോട്ടുചോടാൻ നിവൃത്തിയില്ല. മേല്പോട്ടേയ്ക്കു ചോയതു കൊണ്ടു് അടിയിലുള്ള വെള്ളത്തിന്നു് ചുട്ടാനുണ്ടാകില്ല. ഇക്കം ചുരുങ്ങിയ ഒരു വെള്ളം അവിടെത്തന്നെ വീഴുന്നു.

എന്നാൽ അടിയിലാണ് വെള്ളത്തിന്റെ ചുട്ടാക്കുന്നതെങ്കിൽ (അടുത്തുവെച്ചു ചാതുത്തിലിതാണ് സംഭവിക്കുന്നതു്.) അടിയിലുള്ള വെള്ളം ചുട്ടാനുണ്ടോട അതു വികസിക്കുകയും മേല്പോട്ടു് പൊതുപടയും ചെയ്യുന്നു. മുകളിലുള്ള തണുത്തവെള്ളത്തിന്നു സാദ്രത കൂടുകയാലതു് കീഴ്ചോട്ടു വരുന്നു. കൺവെക്ഷണമൂലം ചാതുത്തിലെ വെള്ളം മൂഴുവാനും ചുട്ടാവുന്നു.

വായു, ഇതേമാതിരിത്തന്നെ പെരുമാറുന്നു. അടിയിലുള്ള ഉണ്ണുകൂടിയ വായു മൂറിയുടെ മുകൾഭാഗത്തേയ്ക്കും, സാദ്രതകൂടിയ വായു അടിയിലേയ്ക്കും ചുഴുകുന്നു. ഈ തത്വമുപയോഗിച്ചാണ് തണുപ്പുരാജ്യങ്ങളിൽ ഒരു മൂറിയിലെ ശൈത്യം കുറയ്ക്കാൻ ഉണ്ണുവായു നിറച്ചു കീഴിലേക്കു കഴിയുന്നതു്. മൂറിയുടെ നിമിത്തമാണ് ഇത്തരം ഉണ്ണുകൂടിയെങ്കിൽ, ചതുക്കെച്ചുതക്ക കൺവെക്ഷണകൊണ്ടു്, ആ ചുട്ടു് മൂറിയിലുള്ള വായുവിന്നുകെ ബാധിക്കുന്നു.

കാലാവസ്ഥയിലുണ്ടാക്കിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന വ്യത്യസ്തങ്ങളധികവും കൺവെക്ഷണമൂലമാണാകുന്നതു്. ഭൂമിയോടു തൊട്ടുകിടക്കുന്ന വായു—ഈശ്യേകീച്ചും ഉണ്ണുമേഖലയിലെ വായു—ചുട്ടാവുന്നു. മറ്റു ഭാഗത്തുനിന്നു് തണുത്ത വായു വന്നു് ആ സ്ഥലം പിടിക്കുന്നു—ചുട്ടുള്ള വായുവിന്റെ പുറംതള്ളിയിട്ടു്. ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂമിയോടു തൊട്ടുള്ള വായു തണുത്തതാണു്. അങ്ങിനെ, ഉണ്ണുമേഖലയിലെ വായു മേല്പോട്ടേയ്ക്കും ധ്രുവങ്ങളിലെ വായു മേല്പുറേയിലേയ്ക്കും ചുഴുകുന്നു. ഉണ്ണുവായു, ധ്രുവങ്ങളിലേയ്ക്കാണ് ചുഴുകുന്നതു്. ഇതിന്നുപുറമെ ചെറിയ ചലനങ്ങളുമുണ്ടു്. വേനല്ലാലത്തു് ഒരു ചുട്ടുപുഴുത്ത വയലിലെ വായു ഉയരും. ഈ വായുപ്രവാഹമുപയോഗിച്ചു് ഐസ്ലർ വൈമാനികന്മാർ വളരെ അധികം ആകാശ

ത്തിലേയ്ക്കുയരണം. വായ്പയിൽ ധാരാളം നിരവധിയുണ്ടെങ്കിൽ, വായ്പ ഉയർന്നുകൊണ്ടുപോകാൻ തുടങ്ങും. എന്തുവരെ? നിരവധിയെ ഹെവി ഭവിയ്ക്കിച്ച് വെള്ളമാക്കിത്തീർന്നു തന്നെല്ലെന്ന് വരെ. ഇതാണ് അവിടെ ഒരു മോലമായിത്തീർന്നത്.

ഉണ്ണിത്തിനെ ചലിപ്പിക്കുന്ന വായ്പയാണ് വാറിച്ചുകൊണ്ടുപോകുന്നത്. എന്നാൽ വായ്പ, ഉണ്ണിത്തിന്റെ ഒരു ചിന്ത കണ്ടുകൂടാൻ. ഇൻസുലേഷനിൽ ഇതു ഉപയോഗിക്കുന്നു. വാടം പൊള്ളയായ പൂമരുകൊണ്ടാണ് ഒരു വീടിന്റെ ചണിയെങ്കിൽ, തണുപ്പുകാലത്ത് മുറിയിലുള്ള ചൂടിനെ നഷ്ടപ്പെടുത്താതെ നോക്കുകയാണത്രെ ചെയ്യുന്നത്. നല്ല ഇൻസുലേഷനുകൾക്കു പറ്റാത്തതാൽ, ഇടയ്ക്ക് ധാരാളം വായ്പനിറഞ്ഞ സ്ഥലങ്ങളെന്നാണത്. രോമക്കുറ്റായങ്ങളും പൂതപ്പുകുളിം ഇത്രയധികം തണുപ്പിനെതിരായാൽ കാരണം അവയ്ക്കിടയിലുള്ള വായ്പയാണ്. നൂലുകൊണ്ടു ചിന്നിയുണ്ടാക്കിയ സെപററുകൾ എന്തു ഉണ്ണി തരണം! നൂലുകൾക്കിടയിൽ വളരെയധികം വായ്പ ഉണ്ടെന്നുള്ളതാണ് ഈ ഗുണത്തിനു കാരണം. അൻറാർട്ടിക് യാത്രയ്ക്കു പോയവരെല്ലാം ഇങ്ങിനെ തുന്നിയുണ്ടാക്കിയ സെപററുകൾക്കുണ്ടാത്രെ ഉപയോഗിച്ചിരുന്നത്.

വല്ലാതെ തണുപ്പുതീയാൽ വസ്തുക്കൾ കട്ടിയാവുന്നു. കട്ടിയാവുമ്പോൾ വസ്തുക്കൾ ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു—വെച്ചും ഇതിനൊരു അപവാദമാണ്. വെച്ചും കട്ടിയാവുമ്പോൾ അതിന്റെ വ്യാപ്തം വർദ്ധിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. വെച്ചുത്തിനോക്കാൻ 10 ശതമാനം കൂടുതൽ സ്ഥലംവേണം അതു ഹിമമായി മാറിയാൽ. വെച്ചുത്തിന് വേറെയൊരു പ്രത്യേകതയുണ്ട്. 32° ഫാറൻഹീറ്റിലാണ്—അതായത് കട്ടിയാവുന്നതിനോക്കാൻ 7° അധികം—വെച്ചുത്തിനോറാവുകയും സാദൃശ്യമുള്ളത്. അതിന്റെ ഉണ്ണുത കുറയുന്നതോടുകൂടി അതു ചുരുങ്ങുകയും, (32° വരെ) ചിന്നിട്ടത് കട്ടിയാവുന്ന നിലവരെ വികസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഈ ഒരു കാരണംകൊണ്ടാണ് നിരവധിങ്ങളിലെ മധ്യശയങ്ങളും അടിവരെ ഹെവിഭവിക്കാത്തത്. ഇതുവരെ മൺവെക്കു

നെട്ടുപാറി നാം ചാിച്ചതിനെ ആസ്പദിച്ച നോക്കിയൽ ജലാശയത്തിന്റെ അടിയിലുള്ള ഉണ്ണുജലം മുക്തിലേയ്ക്കുളരണം—അവിടെ ചൂട് തണുത്തുവെള്ളവുമായിച്ചേർന്നു രണ്ടാകണം—അപ്പോൾ തണുപ്പോകണം—വീണ്ടും ഉയരണം—അങ്ങിനെ വെള്ളപ്പുഴുവാനം ദിഗ്യിലേത്തന്നം—അതായത് ഘനീഭവിക്കണമെന്നു ഡോ. ഇവാൺ കൺവെഷൻ തത്വമുപയോഗിച്ചാൽ സംഭവിക്കുന്നത്.

എന്നാൽ ദീപി ഡിഗ്രി വരെ മാത്രമേ കൺവെഷൻ വരൂ എന്നുള്ളത്. ആ ഉണ്ണുനിലയിലാണ് വെള്ളത്തിനോടൊന്നിടം ഡോ. ഇവാൻ തന്നെ തന്നെ കൈമാറ്റം, വെള്ളമാവും എന്താവും അടിയിൽ. മുക്തിലേയ്ക്കുള്ള വെള്ളത്തിന് അതിനേക്കാൾ ഉണ്ണു കുറയുനോടാണ് വികസിച്ചു മുക്തിലേയ്ക്കു നിലയെടുക്കുക തുടങ്ങിക്കൊണ്ടു. ഉപരിതലത്തിലാണ് വെള്ളം ആദ്യം കുടിയാറാകുന്നത്. ഐസ് ഉണ്ണുത്തിന്റെ ഒരു ചിത്ത കണ്ടുകൂടാത്തതുകൊണ്ട്, വെള്ളത്തിലുള്ള ചൂടിനെ വളരെ കുറച്ചു ഐസ് വലിച്ചെടുക്കുന്നതു. അതിന്റെ ഫലമായി ഉപരിതലം മാത്രം തണുത്തു കുടിയാറാകുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ വളരെ വളരെ ശൈത്യമുള്ളപ്പോൾ ജലാശയങ്ങളൊട്ടാകെ കുടിയാറായിട്ടുണ്ടെന്നില്ല—കാരണം, വെള്ളത്തിന്റെ ചൂട് റേഡിയേഷൻ വഴി നഷ്ടപ്പെടുന്നു.

എന്താണീ റേഡിയേഷൻ? കണ്ടുകൂടാൻ, കൺവെഷൻ എന്നീ രണ്ടു വഴികളെന്തെന്ന് നാം കണ്ടു. കണ്ടുകൂടാൻ സ്പാർഷണ അറക്കൾ ആ സ്പന്ദനത്തെ തൊട്ടടുത്തുള്ള അണുവിന്ദുക്കൾ നൽകുന്നു. കൺവെഷനിൽ പ്രവാഹമാണ് ചൂടിനെ നാനാഭാഗത്തേയ്ക്കും വ്യാപിപ്പിക്കുന്നത്. എന്താണീ റേഡിയേഷൻ?

ഒരു കത്തുന്ന ബാലന്റിന്റെ ചുവട്ടിൽ നിന്നും കയ്യുവെച്ചു നോക്കിയൽ ചൂടുതോന്നും. കണ്ടുകൂടാൻ മുഖേനയ്ക്കു ചൂട് ബാലന്റിൽനിന്ന് കയ്യിലേയ്ക്കു തുടങ്ങുന്നത്, കാരണം ബാലന്റിന്റെ ഏറ്റവും ചിത്ത ഒരു കണ്ടുകൂടാതെ പരത്തുവെള്ളം കൺവെഷനുമല്ല—കാരണം ബാലന്റിന്റെ ചുവട്ടിൽ കയ്യുവെച്ചു

രാൽ, അത് ഘോഷോദ്യോജനം പോലും. ബാലകളുടെ അടിയന്തിരമായ ചികിത്സയ്ക്കായി?

ഇവിടെ റേഡിയേഷൻ വഴിയായാണ് ചികിത്സ സഞ്ചരിക്കുന്നത്. പ്രകാശതരംഗങ്ങളെപ്പോലുള്ള വിദ്യുൽക്കാനതരംഗങ്ങളാണ് സ്പന്ദിക്കുന്ന അണുക്കളിൽനിന്നുണ്ടാവുന്നത്. പ്രകാശതരംഗത്തേക്കാൾ 'പോസ്റ്റ്-ഇമിഷൻ' കൂടുതലാണ് ഉണ്ണിതരംഗങ്ങൾക്ക് എന്നു മാത്രമേയുള്ളൂ.

കാണപ്പെടുന്ന വെളിച്ചത്തിൽ ചുവന്നവണ്ണത്തിലുള്ള രശ്മികൾക്കാണ് റേഡിയേഷൻ തരംഗനീളമുള്ളത്. മറ്റു വണ്ണങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് ചുവപ്പുനിറത്തിനാണ് ചുട്ടുപിടിക്കുക. ചുവന്ന രശ്മികളേക്കാൾ തരംഗനീളമുള്ള രശ്മികളെയാണ് 'ഇൻഫ്രാറെഡ്' രശ്മികളെന്നു പറയുന്നത്. പക്ഷെ അവ ഉഷ്ണഗോചരമല്ല. പകരം ചൂടാണ് അനുഭവപ്പെടുന്നത്. വെളിച്ചം, രശ്മികളേയും നോക്കിയാൽ കാണില്ല. അവ, എവിടെയെങ്കിലും ചെന്നു തട്ടി പ്രതിഫലിക്കുമ്പോൾ, അല്ലെങ്കിൽ നിഗമനം ചെയ്യപ്പെടുമ്പോഴോ മാത്രമേ വെളിച്ചരശ്മികൾ നമ്മുടെ കണ്ണുകൾ കാണുന്നുള്ളൂ. അതല്ലെങ്കിൽ, ആ രശ്മികളുടെ ഉത്ഭവസ്ഥാനം നോക്കണം—അപ്പോഴും രശ്മികൾ വന്ന് കണ്ണിൽ തട്ടിയാലേ കാണുന്നുള്ളൂ.

കണ്ടക്ടീവ് കോണ്ടക്ടീവ് പരമാവർത്തമം മാത്രം നടക്കുന്നു. എന്നാൽ വിദ്യുൽക്കാനതരംഗങ്ങളോടുകൂടിയ റേഡിയേഷൻ (വെളിച്ചത്തിന്റെ പേരുമാണ്, 1,86,000 മൈലോണിന്റെ ഒരു സെക്കൻഡിനെ പേരും) വളരെ പേരും നടക്കുന്നു. വെളിച്ചത്തെപ്പോലെ ഹൃദയംപോലെയും അതിനു സഞ്ചരിക്കാൻ പഴിയും. ഈ തരംഗങ്ങളെക്കൊണ്ടാണ് വസ്തുക്കളെച്ചുവന്നു മുട്ടുമ്പോൾ, ആ വസ്തുവിന് ചൂടുകിട്ടുന്നു. റേഡിയേഷൻ ശക്തി ഉണ്ണിശക്തിയായി മാറുന്നു. ഈ വസ്തുവാകട്ടെ, രസിക്കിങ്ങിനെ ലഭിച്ച ചൂട്, കണ്ടക്ടീവ്, കോണ്ടക്ടീവ്, റേഡിയേഷൻ എന്നീ മൂന്നു വഴികൾ വഴിയായി മാറുന്നു.

സൂര്യനിൽനിന്നു വരുന്ന എല്ലാ ശക്തിയും രശ്മികളുടെ രൂപത്തിലാണു് നമുക്കു് ലഭിക്കുന്നതു്.

വെളിച്ചത്തിന്റെ തരംഗങ്ങളെല്ലെ നമുചൊലെ റേഡിയേറ്റ് ഉണ്ണുതരംഗങ്ങളേയും പല വസ്തുക്കൾക്കും പ്രതിഫലിപ്പിക്കാനും, സ്ഥലമാറ്റംചെയ്യാനും, വലിച്ചെടുക്കാനും കഴിയും. എന്നാൽ ഉണ്ണുത്തിന്റെയും വെളിച്ചത്തിന്റെയും തരംഗനീളത്തിൽ വ്യത്യാസമുള്ളതുകൊണ്ടു് വസ്തുക്കൾ അവയെ അതേമാതിരി ബാധിക്കുന്നില്ല. സൂക്ഷ്മത്തിന്നു് വെളിച്ചത്തിന്റെ രശ്മികളെ അയയ്ക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ടു്—പക്ഷെ പല ഉണ്ണുതരംഗങ്ങളേയും കടത്തിവിടുന്നില്ല. (പച്ചപ്പൂക്കൾക്കൊണ്ടു മോത്ത ഒരു ഭവനത്തിലേയ്ക്കു് സൂര്യനിൽനിന്നുള്ള തരംഗങ്ങളെല്ലാം കുറഞ്ഞ രശ്മികൾ മാത്രം കടക്കുന്നു; അതേസമയംതന്നെ അവ അകത്തുള്ള വസ്തുക്കളെപ്പറ്റി ചുട്ടുപോകാതെ അവയ്ക്കു ചൂടുചിടിക്കുന്നു. ചൂടുചിടിച്ചു വസ്തുക്കൾ റേഡിയേഷൻ വഴി ചൂടു് പുറത്തുകളയുന്നു. ആ തരംഗങ്ങൾക്കു് നീളം കൂടുതലായതുകൊണ്ടു് അവ സൂക്ഷ്മത്തിൽക്കൂടി പുറത്തുപോകുന്നില്ല—കണ്ടുകുഴൽ, കൺവെക്ഷൻവഴി പോകുന്ന ചൂടു് ഗ്ലാസ്സിനകത്തു് ഉണ്ടാവും. ഇതു പാരണം സൂര്യൻ പ്രകാശിക്കുമ്പോൾ ഗ്രീൻ ഹൗസിൽ ചൂടു് കൂടിക്കൂടിവരും.) മറുചില വസ്തുക്കൾ വെളിച്ചത്തെ കടത്തിവിടില്ല—ഉണ്ണുതരംഗങ്ങളെ കടത്തിവിടുകയും ചെയ്യും.

ഇളംനിറത്തിലുള്ള വസ്തുക്കളാണു് കടംനിറത്തിലുള്ള വസ്തുക്കളേക്കാൾ നന്നായി ഉണ്ണുതരംഗങ്ങളെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നതു്. കടംനിറത്തിലുള്ളവ ഉണ്ണുരശ്മികളെ കൂടുതൽ നന്നായി നിഗ്രഹണം ചെയ്യുന്നു. ചൂടിനെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നൊരു വസ്തു തൊട്ടടുത്തെന്നു തീർക്കും. ചൂടിനെ നിഗ്രഹണംചെയ്യുന്നവ ചൂടാധിരിക്കും. തിളങ്ങുന്ന ഒരു ദിൻപാത്രം വെയിലത്തുവെച്ചാൽ ആ പാത്രത്തിനകം ചൂടാവുന്നതും, പാത്രത്തിന്റെ പുറം കരിപുരട്ടിയാലകം ചൂടാവുന്നതും തമ്മിൽ വ്യത്യാസമുണ്ടു്. ആദ്യത്തേതിൽ ചൂടു് കുറവായിരിക്കും,

വേനൽക്കാലത്തു് ഇളംനിറത്തിലുള്ള വസ്ത്രങ്ങളും ശീതമാലത്തു് കടുംനിറത്തിലുള്ള വസ്ത്രങ്ങളുമാണു് ശ്രീകൃഷ്ണൻ നല്ലതു്. ഇടവേളാം വേനൽക്കാലത്തു് തണുപ്പുതരുന്ന. കടുംനിറം ശീതമാലത്തു് ചൂടും നല്കുന്നു. എണ്ണക്കമ്പനിക്കാർ അറയുടെ എണ്ണകാങ്കുകൾ അല്പമിനിയംകൊണ്ടാണു് ചാലമിടുന്നതു്. ഇതിന്റെ ഹൃദയമായി സൂര്യശ്രീകൾ പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. അകത്തുള്ള എണ്ണ കഴിയുന്നതും കുറച്ചുമാത്രം ആയിരായിപ്പോകട്ടെ എന്നു കരുതിയാണിങ്ങിനെ ചെയ്യുന്നതു്. വെളുത്ത ഉപരിതലങ്ങൾ പ്രകാശത്തെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നു. ഉണ്ണുതെ സ്ഥിരപ്പെടുന്ന വസ്തുക്കൾ തന്നെ ഉണ്ണുതെ പ്രാസരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യും. കറുത്ത ചാലം കൊടുത്ത 'ഗ്ലോബിൾ' നിറം കൂടുതൽ ചൂടു് പ്രാസരിക്കുന്നുണ്ടു്. റെഡ് കോളർ നീക്കം ചെയ്ത നിറത്തിലായിരിക്കും—കഴിയുന്നതു് റേഡിയേഷൻ ചുരുങ്ങാനാണിതു്. കാപ്പി കുടിക്കാനുപയോഗിക്കുന്ന കോപ്പുകൾ മിന്നിത്തിളങ്ങുന്നതു കാരണം അധികമായും കാപ്പിയുടെ ചൂടാറാതെ കഴിയുന്നു. മങ്ങിയ നിറമുള്ള കാപ്പിലാണെങ്കിൽ കൂടുതൽ വേഗം കാപ്പി തണുക്കും. സൂര്യൻ മാത്രമല്ല, എല്ലാ വസ്തുക്കളും ചൂടിനെ പ്രാസരിപ്പിക്കുകയും അതേസമയംതന്നെ ചൂടിനെ വലിച്ചെടുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇക്കാരണങ്ങളാലാണെന്നു് ഒരു മുറിക്കകത്തുള്ള എല്ലാ വസ്തുക്കളും ഒരു ഉണ്ണുനിലയിലെത്തുന്നതു്. ഒരു കാപ്പി ചൂടുള്ള ചാലം വെള്ളത്തിൽ പതുക്കെപ്പതുക്കെ അതു് തണുത്തു് മുറിയിലെ ഉണ്ണുനിലയെപ്പോലെ അതായിത്തീരുന്നു. ഇതേസമയംതന്നെ ആ കാപ്പി തന്നെ മേലിലെ മറ്റൊരു വസ്തുക്കളിൽനിന്നും ചൂടിനെ നിശ്ചലമാക്കുന്നുണ്ടു്. എന്നാൽ, ചുറ്റുമുള്ള വസ്തുക്കളുടെ ചൂടു് കുറവാവുന്നതിനാൽ, ചൂടുള്ള ചാലം നിശ്ചലമാക്കുന്നതിനേക്കാളേറെ ചൂടാണു് പാത്രത്തിൽനിന്നു് റേഡിയേഷൻ വഴി പുറത്തുപോകുന്നതു്. രണ്ടുകൂടി, അവസാനം, പാത്രത്തിന്നു് മുറിയിലെ ഉണ്ണുനില ലഭിക്കുന്നു. അങ്ങിനെ മുറിയിലെ ഉണ്ണുനിലയിലെത്തുന്നോടു പിന്നേയും അതിൽനിന്നു് ചൂടു് പ്രാസരിക്കുന്നു. എന്നാ

പിടിച്ചുപിടിച്ചു അതിൽനിന്നു ഭ്രമകുന്ന ചുട്ട്. അതു നിഗമനം ചെയ്യുന്ന ചുട്ടും സമയമനുഭവിക്കാൻ ചാത്രത്തിന്നു ചുട്ട് കൂടുന്ന മില്ല, കുറയുന്നമില്ല.

ചുട്ടും വെളിച്ചവും തമ്മിൽ അടുത്ത ബന്ധമാണുള്ളതു്. ചുട്ട് തിളങ്ങുന്ന എണ്ണ" നാം ചാലുവാനിപ്പോഴും കഠിനമായ ചുട്ട് കാരണം ചാലുന്ന വെളിച്ചം ഇരിക്കും വെളിച്ചം. ഒരു ഇരുമ്പു മണലും മറ്റൊന്നും ഉണ്ണുതലിൽത്തന്നെ ചുട്ട് പ്രാപിച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ, ആ ഉണ്ണുതലിൽത്തന്നെ തരംഗനിളം കാരണം അവ നമ്മുടെ കണ്ണുകൾക്കൊണ്ടു് കാണാൻ കഴിയുന്നില്ല. അതേമണലിനെ ചുട്ടാക്കുകയാൽ നീളംകൂടിയ തരംഗത്തോടുകൂടിയാണു് റേഡിയേഷൻ നകകുന്നതു്. ഇതിന്നും പുറമെ തരംഗനിളം കുറഞ്ഞ റേഡിയേഷനും നകകുന്നതു്. കാണാൻ കഴിയുന്നത്ര നീളംകുറഞ്ഞ തരംഗങ്ങളുണ്ടെങ്കിൽ, ചുവന്ന വെളിച്ചമുണ്ടാകുന്നു. ചിന്നോലും ചുട്ടാകുന്നതോടുകൂടി നീളംകുറഞ്ഞ റേഡിയേഷൻ തരംഗങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. ഇങ്ങിനെ മിശ്രവസ്തുങ്ങളുണ്ടാകുന്നതാണു് അതിന്നു വെളിച്ചം നിറം തോന്നുന്നതു്.

ചുട്ട്തട്ടിയാൽ, നിറം മാറുന്നതിന്നു പുറമെ, വസ്തുവിന്നു വികാസവും സംഭവിക്കുന്നു. ഇതിന്നു കാരണം അതിന്നുകത്തുള്ള അണുക്കളുടെ സ്പ്രിംഗ്വേർ വലിച്ചുതാണു്. ഇതിന്റെ ഫലമായി അണുക്കൾ പരസ്പരം അകന്നുപോകുന്നു. ഏതു വസ്തുവും ചുട്ട്തട്ടിയാൽ അല്ലെങ്കിലും വികാസിക്കാതിരിക്കുന്നില്ല. വസ്തുവിന്നു സരിച്ചു് വികാസം കുറയുകയോ, കൂടുകയോ ചെയ്യുമെന്നുമാത്രം. റേഡിയേഷൻ വെളിച്ചംകൂടിയതോടുകൂടി അല്ലെങ്കിലും വികാസം വീഴുന്നതും, കോൺക്രീറ്റിനും റേഡിയേഷൻകൂടിയതോടുകൂടി ചെറിയ വികാസം വീഴുന്നതും ഈ വികാസത്തെ കണക്കിലെടുത്തുകൊണ്ടാണു്.

രണ്ടു വ്യത്യസ്തവിധത്തിൽ വികാസിക്കുന്ന ലോഹങ്ങളിലെ കഠിനത കൂട്ടിയിടുന്നതിന്നു ഉപയോഗിച്ചിട്ടാണു് 'കാർബോസ്റ്റാറ്റ' എന്ന ഉപകരണം ഉണ്ടാകുന്നതു്. വേദയിലേറുകകൂടിയ ചുട്ട് ഒരു പ്രത്യേകവിധത്തിൽനിന്നുപിടിക്കുകയാണു് അതിന്നു ഉപയോഗിക്കുന്ന

ഒന്നാണു് രാജമോഹനൻ. ചുട്ടുതട്ടിയൊരു ചേൾ വികസിക്കുന്ന ലോഹത്തുകിട്ടു് വളയുകയും ചുട്ടുകൂടുന്നതോടും വളവു് അധികരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങിനെ ഒരു പ്രത്യേകസമീതിയിൽ വളയുന്നോര ഇലകുകിടന്നു് സ്ഥിരപ്പെട്ടു് തനിയെ 'മാണു' ആകുന്നു.

ചുട്ടുകാരണം ഒരു വാസ്തുവിനു് സമീതിമാറാം സംഭവിക്കുന്നതോര, വളരെ അധികം ചുട്ടുവേണം അങ്ങനെയെ ചേർത്തിരിച്ചു്, ഹൃദയപദാർത്ഥത്തെ ദ്രവപദാർത്ഥമാക്കാനും ദ്രവത്തെ ഹിമാനുകരിക്കാനും. അതേസമയത്തേന്ന ഒരു ഹിമാനും ദ്രവമായിത്തീരുന്നോരും, ദ്രവം ഹിമാനുകരിക്കുന്നോരും വളരെ അധികം ചുട്ടു് പുറത്തേക്കു് പോവുകയും ചെയ്യുന്നു. കാരണം, മോളികൾക്കും അടക്കം വരുന്നതോ ചെയ്യുന്നതു്.

ഐസു് ഉപയോഗിച്ചു് പാറീയങ്ങളെ തണുപ്പിക്കുന്നതു് ഇക്കാരണത്താലാണു്. ഐസു് ഉരുകുന്നോര, ഉരുകാനാവശ്യമായ ചുട്ടു് ചുറ്റുമുള്ള വെള്ളത്തിൽനിന്നു് എടുക്കുകയും, ഇതിന്റെ ഹൃദയമായി വെള്ളം തണുപ്പാവുകയും ചെയ്യുന്നു. എത്ര ചുട്ടാണു് ഐസു് ഉരുകാനായി പാറീയത്തിൽനിന്നു് വലിച്ചെടുക്കുന്നതെന്നറിയാൻ ഒരു കാര്യം അറിയണം: ഒരു റാത്തൽ വെള്ളത്തിന്റെ ഉണ്ണുത ഒരു ഡിഗ്രി (ഫാറൻഹീറ്റ്) ഉയർത്തുവാൻ വേണ്ട ചുട്ടാണു് ഒരു ബ്രിട്ടീഷു് തെർമൽ യൂനിറ്റ് (B T U)

ഒരു റാത്തൽ ഐസിന്റെ ഉണ്ണുത 31 ഡിഗ്രിയാണെങ്കിൽ വെള്ളം കുട്ടിയായാൻ വേണ്ടതു് 32 ഡിഗ്രിയാണു്. ഒരു B T U ചുട്ടു് അതിന്റെ ഉണ്ണുത 32 ഡിഗ്രി വർദ്ധിപ്പിക്കും. ഒരു B T U കൂടിയാൽ എന്തു സംഭവിക്കുന്നു? ഉണ്ണുത കൂടുന്നതിന്നു പകരം, ഐസിലൊരു ഭാഗം ദ്രവമായിത്തീരുന്നു. ഇങ്ങിനെ ഉരുകിപ്പുണ്ടായ വെള്ളത്തിന്നു് 32 ഡിഗ്രിയാണു് ഉണ്ണുത. വാസ്തുവത്തിൽ 14.1 B T U ചുട്ടുണ്ടെങ്കിൽ മാത്രമേ (അത്രതന്നെ വെള്ളത്തിന്റെ 14.1 ഡിഗ്രി ഉയർത്താൻ വേണ്ടതു ചുട്ടാണിതു്) ഒരു റാത്തൽ ഐസു് ഉരുകുകയുള്ളൂ. അത്ര ചുട്ടുവേണം ഐസിന്റെ അങ്ങനെയെ അക

ററിനിർത്തി അതിനെ ഉരക്കി വ്രതപത്തിലാക്കുവാൻ. ഉരകിയ ഒരു റാത്തൽ വെള്ളത്തിന്റെ ഉണ്ണുത 32 ഡിഗ്രിയായിരിക്കും.

എത്രയൊലും ഒരു B T U കൊണ്ടു് വെച്ചുത്തിന്റെ ചുട്ടു് 33 ഡിഗ്രിയായും. ഇങ്ങിനെ 212 ഡിഗ്രിവരെ ഓരോ B T U വിനും ഓരോ ഡിഗ്രി ഉണ്ണുത കൂടുന്നു. 212 ഡിഗ്രിയിലാണ് വെള്ളം തിളപ്പുളകും.

ഇതോടുകൂടി മറ്റൊരു സ്ഥിതിമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു. വെള്ളം ആവിയാലി മാറുന്നു. ഒരു തുറന്ന പാത്രത്തിൽ തിളച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന വെള്ളത്തിനെ എത്രതന്നെ ചൂടുകൾക്കുമാക്കിയാലും അതിന്റെ ഉണ്ണുത 212 ഡിഗ്രിയിൽ അധികം വർദ്ധിക്കുകയില്ല. പക്ഷെ അതിരറിയാമെങ്കിൽ പിന്നെ വെറുതെ വിറകു് ചിലവാക്കുകയില്ല. അടുപ്പത്തിരിക്കുന്ന കപ്പിിക്കിണ്ടിയിലെ വെള്ളം തിളച്ചുതന്നെ ഇരിക്കാനാവശ്യമായ ചെറിയൊരു പാലയേ വേണ്ടു്—ഇതുകൊണ്ടുതന്നെ വെള്ളത്തിലാവശ്യമായ ചൂട്ടുണ്ടാവു്—ഭയങ്കരമായി തിളച്ചുതുകൊണ്ടെന്നും അധികം ചൂട്ടുണ്ടാവില്ലെന്നതും. ഒരു തർമോമീറ്റർകൊണ്ടു് നൂക്കു പരീക്ഷിക്കാവുന്നതാണിതു്. കൂടുതലുള്ള ചൂട്ടു് വെച്ചുത്തിന്റെ അണക്കളെ കൂടുതൽ വേഗം സ്പന്ദിപ്പിക്കുന്നു—ആ അണക്കടം കൂടുതൽ വേഗം ആവിയാലി പരിണമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു റാത്തൽ വെള്ളത്തെ നിരാവിയാക്കിമാറ്റാൻ 970 B T U ചൂട്ടുവേണം. അതായതു്, വെച്ചുത്തിന്റെ ഉണ്ണുത ഐസ് ഉരകിയതിൽനിന്നു് വെള്ളം തിളപ്പുളന്നുവരെയൊക്കാൻ എത്ര ചൂട്ടുവേണം അതിന്റെ അഞ്ചിരട്ടി ചൂട്ടാണിതു്.

സ്ഥിതിമാറ്റം മറിച്ചാണെങ്കിൽ ഇതെല്ലാം തികച്ചും വിചരിതമായിരിക്കും. നിരാവി വെച്ചുമായിത്തീരുന്നോൾ, ഓരോ റാത്തൽ വെച്ചുമുണ്ടാവാൻ നിരാവി 970 B T U ചൂട്ടു് കൈവിടുന്നു. അതിനാലാണ് ആവികൊണ്ടു് ചെയ്യുന്നതു് തിളച്ചുവെച്ചുതുകൊണ്ടു് ചെയ്യുന്നതിനേക്കാൾ ഭയങ്കരമാവുന്നതു്. നിങ്ങളുടെ വിരലിൽ തട്ടിയ ആവി ആദ്യമായി വെച്ചുമായി വ്രതപതപ്പെടുന്നു—ജ്വലി

ന്നിടയിൽ അനവധി ചൂട് നിങ്ങളുടെ വിരലിലേയ്ക്കു വരുന്ന. വെള്ളമായിക്കഴിഞ്ഞാൽ പിന്നെയും അതു തിളയ്ക്കുന്ന വെള്ളമാണെന്ന്—അതിന്റെ ചൂടും അനഭവിക്കണം.

വെള്ളത്തിന്റെ കപടനാങ്കത്തിൽനിന്ന് (212° F) കിട് ഫ്ലോട്ട് വെച്ചും തണുക്കുന്നോടേ ഓരോ റാത്തൽ വെച്ചും ഓരോ ഡിഗ്രിയും തണുക്കാൻ 970 B T U ചൂടാണ് ആവിക്കുകവെച്ചിട്ടുള്ളതും. 32 ഡിഗ്രി വരെ (ഉറച്ചു കട്ടിയായപ്പോൾ) ഇതാണ് നില. അതിനുശേഷം 144 B T U ചൂട് കൈവെടിഞ്ഞതോടേ അതിന് ഉറച്ചു ഐസ്സായിത്തീരാനുണ്ട് കഴിയും. അങ്ങിനെ ഉറച്ചുകഴിഞ്ഞാൽ ഓരോ B T U ചൂട് കൈവിട്ടതിന് ഐസ്സിന്റെ ഉണ്ണുന്ന ഓരോ ഡിഗ്രികളും കുറയുന്നു.

അതുതന്നെയാണുകിട്ടും, ശിവാകാലത്തു വെച്ചും കൂടിയിൽ ഉറച്ചു കട്ടിയായപ്പോൾ വായുവിന്റെ ചൂടിനെ വളരെയേറെ തടയാതെ നിലനിർത്തുന്നതും ഈ കട്ടിയായ വെള്ളമാണെന്നു് ഓർത്തുനോക്കിയിട്ടുണ്ടോ? വസന്തത്തിൽ ഐസ്സും മഞ്ഞും ഉരുക്കുമ്പോൾ വായുവിന്റെ ചൂട് കുറയുന്നതും—വായുവിൽനിന്ന് ചൂടിനെ വലിച്ചെടുക്കുന്നു.

തന്റെ ചീനകി തിരിയാനായി ഒരു കുരിശെ ഉപയോഗിച്ചു കെട്ടിയിട്ടുണ്ട് റഷ്യാർഡ് പ്രവൃത്തിയെ ചൂടാക്കി മാറ്റുകയായിരുന്നു ചെയ്തിരുന്നതു്. പ്രവൃത്തിയെ “ഹൂട് ചെയ്യാനിലാണ് അളക്കുന്നതു്. ഒരു റാത്തൽക്കട്ടിയെ രേടി ചൊന്നിടുകവാൻ വേണ്ട പ്രവൃത്തിയുടെ മാത്രമേയാണു് “ഹൂട് ചെയ്യാനും” എന്നു പറയുന്നതു്. ഒരു പ്രത്യേക അളവു് ചൂടാക്കാനു് എത്ര പ്രവൃത്തിചെയ്യണമെന്നതു് കൃത്യമായി കണക്കാക്കണം. ഒരു റാത്തൽ വെള്ളത്തിന്റെ ഉണ്ണുന്ന ഒരു ഡിഗ്രി വർദ്ധിപ്പിക്കാൻ 778 ഹൂട് ചെയ്യാനും പ്രവൃത്തി വേണം. ഇതു പരമതീമമാണു്. ഒരു ചതുരതില്ലാത്ത വെള്ളത്തിൽ ഒരു ചെറിയ തൂപ്പു കൂടി, അതിനെ, 778 അടി വീഴുന്ന ഒരു റാത്തൽക്കട്ടി തുല്യമായ രീതിയിൽ തിരിച്ചാൽ, ഒരു റാത്തൽ വെള്ളത്തിന്റെ ഉണ്ണുന്ന ഒരു ഡിഗ്രി വർദ്ധിക്കുന്നു എന്നു തോതിൽ ഉണ്ണുന്ന ഉയരുന്നതു്.

മാണാം. ഒരു നാത്തൽ വെള്ളത്തിന്റെ ചൂട് ഒരു ഡിഗ്രി ഉയർത്താൻ വേണ്ട ചൂടിനെ നാം ഒരു B T U എന്ന് നിയ്ക്കുകയും ചെയ്തു. അപ്പോൾ 778 ഫുട്-പൗണ്ട് പ്രവൃത്തി ഒരു B T U വിന്റു നമുക്കുമാണ് എന്നർത്ഥം.

ചൂടും യാന്ത്രികശക്തിയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെക്കുറിച്ചു നിലമുണ്ടെങ്കിൽ “തർജ്ജമ ഡൈനാമിക്സിന്റെ നിയമങ്ങൾ” എന്ന് വിളിക്കുന്നു. മനോമെത്ര തർജ്ജമ ഡൈനാമിക്സിന്റെ ശാസ്ത്രീയ കൃതികളുടെ രൂപം മാറ്റാമെന്നുള്ളതും, ശക്തിയെ ഇല്ലാതാക്കാൻ കഴിയില്ലെന്നാണ്. ശക്തിയും മറ്റൊന്നുമില്ലാത്തതും എന്നാണിതിനുള്ള ഡാഡോണിന്റെ വ്യക്തമായ ശബ്ദരേഖകളെ നിഗമനം ചെയ്യാൻ ചൂടും വെളിച്ചം നാം ഇതിനുമുമ്പ് പഠിച്ചു. ഇവിടെ വെള്ളത്തിന്റെ ശക്തി ഇല്ലാതായില്ല, അതിന്റെ രൂപം മാറുകയാണെന്നാണ്. ഒരു കോർപ്പറേറ്റിംഗ് കമ്പനി വെക്കിംഗ് റിപ്പോർട്ടിൽ “കൈനോറിംഗ് എൻജിൻ. ചൊട്ടിത്തൊട്ടി വെക്കിംഗിന്റെ ശക്തി—കൈനോറിംഗ് എൻജിൻ—യാണിങ്ങനെ ചലനശക്തിയായി മാറിയത്. വെക്കിംഗ് കട്ടിയുള്ള ഒരു ഉൽപ്പന്നം മെക്കാനിക്കൽ കമ്പിളി, ചിന്നിട് മുനോട്ടുപോകാനാവാതെ അതിന്റെ അറ്റം നോക്കുകയും ചെയ്യേണ്ടതാണ്. എന്നാലും അതിന്റെ ശക്തി നിലനിൽക്കില്ല. അത് ചൂടായി മാറുന്നു. ഉൽപ്പന്നം വെക്കിംഗ് റിപ്പോർട്ടും ചൂടാകുന്നു—രണ്ടിലേയും അനുഭവങ്ങൾ സംഭവിച്ചു ഇക്കാരണത്താൽ കാരണം. ചൂടാകുന്ന ഈ ശക്തി ഉൽപ്പന്നം മെക്കാനിക്കൽ റിപ്പോർട്ട് ചിന്നിട് വെക്കിംഗ് റിപ്പോർട്ടും വെക്കിംഗ് റിപ്പോർട്ടും അതിനെ സഹിക്കുന്നു—അല്ലെങ്കിൽ വേറെ ഏതെങ്കിലും കട്ടി ചൂടിനെ വിടുന്നു.

വെള്ളച്ചാട്ടത്തിൽനിന്നുള്ള ശക്തികൊണ്ട് ഒരു ചക്രം ചുറ്റുമ്പോൾ കഴിയും—അങ്ങനെ അത് യാന്ത്രികശക്തിയായിത്തീരുന്നു. ഇതിന് ഒരു ജനറേറ്ററിനെ പ്രവർത്തിപ്പിക്കുവാൻ കഴിയും. ഇതിന്റെ ഫലമായി വിദ്യുച്ഛക്തിയുണ്ടാകുന്നു. ഈ ശക്തിക്ക് ഒരു

കമ്പിയെ ചൂടാക്കാനും ചൂടായോ, വെളിച്ചമായോ രൂപാന്തരപ്പെടുത്താനും കഴിയും.

ഇങ്ങിനെ നോക്കിയാൽ ശക്തിയെ നിശ്ശേഷം ഇല്ലാതാക്കുവാൻ സാധ്യമല്ല. ഒരു നല്ല പെട്രോളൈൻനോ, ഡീസൽ എഞ്ചിനോ, ആവിയെഞ്ചിനോ ഉണ്ടാക്കിയാൽ, കാരോ B T U ചൂടിനേയും 778 ഫുട് പൌണ്ടു് പ്രവൃത്തിയാക്കി മാറാം. എന്നാൽ അങ്ങിനെ അനുകൂലമായൊരു എഞ്ചിൻ ഉണ്ടാക്കുക വയ്യ. ചൂടു് ആവശ്യമില്ലാത്ത രീതിയിലങ്ങിനെ ചോന്നുപോകുന്നു. ചലിക്കുന്ന കാശങ്ങളുടെ ഉദാഹരണമുഖം കുറെ ശക്തി ചൂടായി മാറുന്നു. ഈ ചൂടു് വാവുവിലേയ്ക്കു് ചോറുകയുംചെയ്യുന്നു. ഒരു നല്ല സ്റ്റീം ടർബൈനിനു് ആവിശക്തിയുടെ 25 ശ.മാ.മാത്രമേ ഉപയോഗപ്രദമാക്കുവാൻ കഴിയുകയുള്ളൂ. പിസ്റ്റൺ ഉള്ള ആവിയന്ത്രങ്ങളിലിനിരക്കു് അതിലും കുറവു്. ഒരു ഗാലൻ പെട്രോളിലടങ്ങിയ എല്ലാ ശക്തിയും ഉപയോഗകരമായ പ്രവൃത്തിയാക്കി മാറിയാൽ ഏറ്റവും വലിയ കെട്ടികത്തെപ്പോലും ഉയർത്തുവാൻ ആ ഗാലൻ പെട്രോളിനു് കഴിയും. എന്നാൽ, 25 ശതമാനമെങ്കിലും ശക്തി നഷ്ടം ലഭിച്ചാൽതന്നെ അതിനെ നല്ലൊരു എഞ്ചിൻ എന്നു വിളിക്കാം.

ശക്തി നിഷ്കരമാണെന്നപോലെ മറ്റൊരു നിയമമുണ്ടു്. വസ്തുവിനുമില്ലാത്ത നാശം. വസ്തുവിനെ മാറ്റാമെന്നല്ലാതെ, തിനെ ഇല്ലാതാക്കാൻ കഴിയില്ല. എന്നാൽ, ആദ്യത്തെ ആറ്റംബോറു് ഓടിച്ചപ്പോൾ ഈ രണ്ടു നിയമങ്ങളും പേടിച്ചുവിറച്ചു. ശക്തിയെ വസ്തുവാക്കി മാറ്റാനിനു് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാക്കു കഴിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. എന്റർജിയിൽനിന്നു് വസ്തു നിർമ്മിക്കുകയുംചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഇന്നും ഈ നിയമങ്ങൾ സാധുവാണോ? എന്താണു് വസ്തു? ഈ ചോദ്യത്തിനുത്തരം കാണണം. എന്താണു് ചൂടു് എന്നതിനു് കൌണ്ടു് റഫേറൻസ് ഡെപാർട്ട്മെന്റിലേയ്ക്കു്—എന്താണു് വസ്തു?

ഒന്നിൻറെതന്നെ വ്യത്യസ്തരൂപങ്ങളാണു് വസ്തുവും ശക്തിയും. ഒരുപക്ഷെ, രൂപത്തിൽപോലും അവ തമ്മിൽ അത്ര വ്യത്യാസമുണ്ടോ? കൂടുതൽ ഡെഫിനിറ്റമായ വിശദമാങ്ങളിലേയ്ക്കു കഴിഞ്ഞി

ലേലുക്കാരാണ് ശാസ്ത്രം നമ്മെ കൊണ്ടുപോകുന്നത്. എന്നാലി സങ്കീർണ്ണതകൾക്കുള്ളിലെ നിയമങ്ങളാകട്ടെ ലളിതങ്ങളാണതാനും.

ഒരു എഞ്ചിനോ, കെമിക്കൽ സജ്ജീകരണമോ ഉണ്ടാക്കുകയോ സ്ഥാപിക്കുകയോ ചെയ്യുമ്പോൾ വസ്തുക്കൾക്കും ശക്തിക്കും നാശമുണ്ടാവുന്നില്ലെന്ന നിയമം എല്ലാ പ്രായോഗികനിലയ്ക്കും കാർഷ്കനത് നന്നായിരിക്കും. ഇനി താത്പര്യമായി നോക്കിയാലും എന്തൊക്കിലുമൊന്നും അവസാനമുണ്ടെന്നു—തികച്ചും ഒന്നു നശിക്കുന്നില്ലെന്നു—കരുതുന്നതും തെറ്റായിരിക്കുകയില്ല. വസ്തുവും ശക്തിയും കൂടിച്ചേർന്നു കരേ തുകയായിരിക്കും—ഒരുപക്ഷെ, ഒന്നു മറ്റൊന്നായി മാറിയിട്ടുണ്ടാവാമെന്നുപോലും.

വിദ്യുച്ഛക്തിയെപ്പറ്റിയും കാനാശക്തിയെപ്പറ്റിയും വിചിന്തനംചെയ്തിട്ടില്ല. എങ്കിലും വെളിച്ചത്തിന്റെ തരംഗങ്ങളെപ്പോലെയോണവയെന്നും, തരംഗനീളത്തിൽ മാത്രമേ വ്യത്യാസമുള്ളുവെന്നും നമുക്കറിയാം. ഇവയെ ഇലക്ട്രോമാഗ്നറ്റിക് തരംഗങ്ങൾ എന്നു വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നു. എല്ലാറ്റിനുമുള്ള പൊതുഗുണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള സാമ്യവും അവയുടെ ലാളിത്യവും ഇതിൽനിന്നു വീണ്ടും തെളിയുന്നു.

‘ഇലക്ട്രോമാഗ്നറ്റിക്’തെപ്പറ്റി കൂടുതൽ പഠിക്കാനുള്ള അവസരമിതാണ്.

ബെഞ്ചമിൻ ഫ്രാങ്ക്ലിനും വിദ്യുച്ഛക്തിയും

കെഴുത്തു് റംഫോർഡിനെപ്പോലെ ബെഞ്ചമിൻ ഫ്രാങ്ക്ലിനും ഭരിച്ചറായാണു് ജനിച്ചതു്. മെഴുകുതിരിയും സോപ്പുണ്ടാക്കുന്ന രൊളുടെ മകനായിരുന്ന ബെഞ്ചമിൻ. പണിച്ചെയ്യു ജീവിക്കേണ്ട തുക തിനാൽ—സൂര്യരാധിപ്പു് വിടേണ്ടിവന്നു. ചിന്നിടദ്വേദം പണക്കാറായി. പക്ഷെ, ധനികവിധവമാരെ കല്യാണംകഴിച്ചിട്ടില്ല (റംഫോർഡിനെപ്പോലെ) ബെഞ്ചമിൻ ധനികനാലതു്. ഗ്രിൻറിങ്—പണ്ണിഷിങ്ങു് വ്യവസായത്തിലാണു് അദ്വേദം പ്രവർത്തിച്ചതു്. 40 വയസ്സാവുമ്പോഴേക്കും തന്റെ സമയം മുഴുവനും രാഷ്ട്രതന്ത്രത്തിലും സയൻസിലും വിനിയോഗിക്കുകയാണദ്വേദം ചെയ്തതു്. തന്റെ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളിൽനിന്നു പണമുണ്ടാക്കാൻ അദ്വേദം കൂട്ടിക്കിയില്ല.

ബെഞ്ചമിൻ തോംസൻ (കെഴുത്തു് റംഫോർഡു്) ജനിച്ചപ്പോഴേക്കും മറ്റേ ബെഞ്ചമിനു് 47 വയസ്സായിരുന്ന—അമേരിക്കയിലേററവും പ്രശസ്തനായിരുന്ന. 84 വയസ്സുവരെ അദ്വേദം ജീവിച്ചു. ഒരു രാഷ്ട്രതന്ത്രജ്ഞനെന്ന നിലയിൽ തന്റെ രാജ്യത്തിന്നു വേണ്ടി അദ്വേദം ചെയ്ത കാര്യങ്ങൾ പ്രഖ്യാതങ്ങളാണു്. ഒരു ശാസ്ത്രജ്ഞനെന്ന നിലക്കും മുമ്പുതന്നെ—അവിടെ ചെയ്യുന്നതിന്നു മുമ്പുതന്നെ—പ്രഖ്യാതനായതുകൊണ്ടു് അമേരിക്കൻ പ്രതിനിധിയായി അദ്വേദം ഇംഗ്ലണ്ടിലും, ഫ്രാൻസിലും ഒരു രാഷ്ട്രതന്ത്രജ്ഞനെന്ന നിലക്കും പേരെടുത്തു.

കെഴുത്തു് റംഫോർഡു് ചുട്ടിനെപ്പറ്റിയുള്ള ശവേച്ഛനങ്ങൾ കൊണ്ടു് സയൻസിനു് സംഭാവന നല്കുമ്പോൾ—ചുട്ടു് തൃക്കുടി

ല്ലാത്ത, അദ്ദേഹം ഒരു പ്രവാഹമാണെന്നായിരുന്നു അതുവരെയുള്ള ധാരണ—ബെഞ്ചമിൻ ഫ്രാങ്ക്ലിൻ വിദ്യാഭ്യാസത്തിന്റെ ഉപദേശങ്ങൾ. അത് തുടങ്ങിയപ്പോൾ അദ്ദേഹം ഒരു ദ്രവ പ്രവാഹമാണെന്നായിരുന്നു കരുതിയിരുന്നത്. ഇത് ശരിയല്ലെങ്കിലും സമയംകഴിഞ്ഞു കഴിഞ്ഞു സമയംകഴിഞ്ഞു തിന്ന് കഴിഞ്ഞു.

ബെഞ്ചമിൻ ഫ്രാങ്ക്ലിന്റെ ആശയം ശരിയല്ലെങ്കിൽപ്പോലും വിദ്യാഭ്യാസത്തിന്റെ സഹായത്തോടുകൂടിയുള്ള നല്ലൊരു വിശദീകരണമായിരുന്നു അത്. അതിനെത്തുടർന്നുള്ള നിരീക്ഷണങ്ങൾ ഷണിങ്ങും വിദ്യാഭ്യാസത്തിന്റെ സഹായത്തോടുകൂടിയും പെരുമാറ്റത്തോടുകൂടിയും കൂടുതൽ വിവരങ്ങൾ നേടിത്തന്നു. ഇവ മുന്നോട്ടുള്ള വലിയ കാൽവെച്ചുകൊടുത്തിരുന്നു. എല്ലാ പ്രായോഗികചരീക്ഷണത്തിൽകൂടിയും ബെഞ്ചമിൻ ഫ്രാങ്ക്ലിൻ വിദ്യാഭ്യാസത്തിന്റെ പഠനത്തോടു ശരിയായിരുന്നു.

വിദ്യാഭ്യാസത്തിലൂടെയും രണ്ടു ദിവസങ്ങളുടെ ഒരു ചിത്രമാണെന്നായിരുന്നു ധാരണ. ഇതിനെ ബെഞ്ചമിൻ ഒന്നാക്കിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നു. അതുതന്നെ വലിയൊരു മുന്നോട്ടായിരുന്നു.

ഫ്രാങ്ക്ലിൻ രംഗത്തുവന്നപ്പോൾ, വിദ്യാഭ്യാസത്തിന് അത്ര പുതുതായ ഒരു കാര്യമായിരുന്നില്ല. അതിനെപ്പറ്റി മാനവാശിക്കു എന്തെല്ലാം പഠനമോ അതെല്ലാം പറഞ്ഞു—വിദ്യാഭ്യാസത്തിന്റെ സഹായത്തോടുകൂടി കണ്ടുപിടുത്തങ്ങൾക്കുമിടയിൽ കണ്ടുപിടുത്തം തന്നെ. മനുഷ്യന്റെ ആവിർഭാവം മുതൽക്കുതന്നെ ഇടമിന്നൽ ആളുകളെ കൊന്നിരുന്നു. ഇത് ഈശ്വരന്മാരുടെ ശിക്ഷയാണെന്നും പറഞ്ഞു ആളുകൾ ആശ്ചര്യം കൈക്കൊണ്ടു. ഫ്രാങ്ക്ലിന്റെ പാലത്തുകെട്ടി, ഒരൊറ്റ ഈശ്വരന്റെ ശിക്ഷയാണ് ഇതെന്നായിരുന്നു ധാരണ. അത് മാത്രമായിരുന്നു വ്യത്യസ്തം.

ഒരു ഇലക്ട്രിക് വൃക്കിയെ (eel) അമർത്തിപ്പിടിച്ചു ഒന്നു മഞ്ഞ മനുഷ്യൻ വിദ്യാഭ്യാസത്തിൽ ചോരണങ്ങൾക്കുവാൻ കഴിവുണ്ടെന്ന് മനസ്സിലാക്കി. ക്രിസ്തുവിന് 600 കൊല്ലങ്ങൾക്കുമുമ്പ്

ഗ്രീക്കുകാർ ഒരു കാര്യം മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നു. ഒരു അമ്പർ (amber) കല്ലുതലിപ്പാൽ—ചെമ്പർമരങ്ങളുടെ ചാശയിൽനിന്ന് ആരോണങ്ങളും ചൈപ്പുകൾ ഉണ്ടാക്കുവാനുപയോഗിച്ചിരുന്ന ഒരു വസ്തുവാണ് അമ്പർ—ഒരു തലിപ്പാൽ ഉടച്ചാൽ തുക്കം കുറഞ്ഞ വസ്തുക്കളെ (കടലാസ്സ്, തുവൽ എന്നിവ) തന്നിലേയ്ക്കുകൊണ്ടിക്കാൻ ഈ അമ്പറിന് കഴിയുമെന്ന് ഗ്രീക്കുകാർ മനസ്സിലാക്കി. ഇതിനു കാരണം വിദ്യുച്ഛക്തിയാണെന്നും പിന്നീട് മറുപടിയായി—കുറുകാലത്തേയ്ക്കു അമ്പറിന് ഭാരത്താലും ലഭിച്ചതാണിതിനു കാരണമെന്നാണു ചാരുതപ്പെട്ടിരുന്ന.

അതുപോലെതന്നെ, വിദ്യുച്ഛക്തിയുടെ ഇരട്ടചെറുതായ സഹായം ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ടും ചരിത്രത്തിന്റെ ആരംഭം മുതൽക്കുതന്നെ നമുക്കറിയാനുണ്ടായിരുന്നു. പ്രകൃതിയിൽ ലഭിക്കുന്ന കാരണം ഇങ്ങനെയുള്ള ഒരു അതിരായ 'ലോഡ്' സ്റ്റോൺ ആണ്. ആയിരം കൊല്ലങ്ങളായിത്തന്നെ ലോഡ് സ്റ്റോണിനെപ്പറ്റി നമുക്ക് അറിയാനുണ്ടായിരുന്നു. ഭൗട്ടികതയുടെ വടിയുടെ ഇരുമ്പുകൊണ്ടുള്ള അറത്തു ലോഡ് സ്റ്റോണിന്റെ ഒരു കഷണം ചെന്ന് ഒട്ടിപ്പിടിച്ചതിനെ തുടർന്നായി കണ്ടുപിടിച്ചതെന്നാണ് ഐതിഹ്യം. എന്നാൽ മുപ്പതാം നൂറ്റാണ്ടിലും കൊല്ലങ്ങളായി, ഗവേഷണമല്ല, ഒരുതരം മിസ്റ്റിക്വാമിറ്റാണു ലോഡ് സ്റ്റോണിനെപ്പറ്റി നടന്നത്. ഇരുമ്പാണികൾ കണ്ടുപിടിക്കുകയും അവയുപയോഗിച്ച് കപ്പലുകൾ നിർമ്മിക്കുകയും ചെയ്തപ്പോൾ, ലോഡ് സ്റ്റോൺ മലകൾക്കരികിൽ കൂടി പോകുന്ന കപ്പലുകളിൽനിന്ന് ഇരുമ്പാണികളെ ഈ മലകൾ ആകർഷിച്ചതായും കഥകൾ കേട്ടിരുന്നു. അങ്ങനെ നല്ല നല്ല കപ്പലുകൾ പൊളിഞ്ഞുപോവുകയും മരപ്പലകകളായി മറ്റുകൊണ്ടും ചെയ്തു.

വിലയം ശിൽപ്പർട്ട് പതിനാറാം നൂറ്റാണ്ടിലാണ് ജീവിച്ചത്. എലിസബത്ത് രാജ്ഞിയുടെയും, ജെയിംസ് മൂന്നാമന്റെയും കൊട്ടാരവൈദ്യനായിരുന്നു ശിൽപ്പർട്ട്. കാനസെറ്റിയെപ്പറ്റിയുള്ള ആധുനിക ഗ്രന്ഥം ഗവേഷണത്തിനടിത്തറയിട്ടത് അദ്ദേ

റാമാണ്. കാന്തങ്ങളുടെ മെലിടുന്നങ്ങൾ അദ്ദേഹം മറന്നുപി
ലാക്കി. ഓരോ കാന്തത്തിനും (ലോഡ്സ്റ്റോണിനും) രണ്ടു യുവ
ങ്ങളിടേന്നും—അവസ്കൂട് ഒത്തര്യവമെന്നും, ദക്ഷിണയുവമെന്ന
മാണ് അദ്ദേഹം ചേർ കൊടുത്തത്—സദൃശ്യവങ്ങൾ അകന്നു
ചേരുകയും, വിരുദ്ധയുവങ്ങൾ പരസ്പരം ആകർഷിക്കപ്പെടുകയും
ചെയ്യുന്നുണ്ടെന്നും ഗിൽബർട്ട് പറഞ്ഞു.

ഇതൊന്നും ഇന്നു നവയുഗോല്പാടം പുതുതേതാനന്നില്ല. എ
ന്നാലക്കാലത്തു് ഇതു് ഹൃതനാശയമായിരുന്നു. രണ്ടു കാന്തങ്ങൾ
നിങ്ങളുടെ കയ്യിലുണ്ടെങ്കിൽ അവ ഒരു നിലയ്ക്കുവെച്ചാൽ പര
സ്പരം അകലുന്നവെന്നും മറ്റൊരു നിലയ്ക്കുവെച്ചാൽ അടുക്കുന്ന
വെന്നും കാണാൻ കഴിയും. കാന്തങ്ങളിനേൽ ചെറിയ ചട്ടി
പ്പട്ടികളെ ഘടിപ്പിച്ചുകൊണ്ടുള്ള പരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടു്. മുഖത്തോടു
മുഖം വെച്ചാലവ പരസ്പരം ചാടി അടുക്കുകയും വിപരീതമായി
വെച്ചാൽ അവ അകന്നുകയും ചെയ്യുന്നു. കാന്ത
ങ്ങൾക്കു സംഭവിക്കുന്നതാണിതു്.

ഒരു കാന്തത്തെ രണ്ടാക്കി മുറിച്ചാൽ ഓരോ ഭാഗത്തുനിന്നും
ഒരു ഉത്തരയുവാവും ഒരു ദക്ഷിണയുവാവും ഉണ്ടാവുമെന്നും അദ്ദേഹം
കണ്ടുപിടിച്ചു. എന്താണു് കാന്തശക്തി? ഈ ചോദ്യത്തിനു്
ഗിൽബർട്ട് ഉത്തരം പറഞ്ഞതു് “അതുതന്നെയാണു് ഒരു മാന്വ
ശക്തി”യാണെന്നുമാണു്. ചുട്ടുകല്ലിനെപ്പറ്റി ആക്ഷം വിവരം
ലഭിച്ചില്ല. ഇതൊക്കെ എന്തോ ‘ജാലാവിദ്യ’യാണെന്നു അഭിപ്രാ
യക്കാരോടു് ഗിൽബർട്ടിനു് യോജിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. പരി
ഷണങ്ങളെക്കൊണ്ടും, ചുട്ടിപ്പുഴുവത്തുണ്ടാകുന്നതെക്കൊണ്ടും പൃഷ്ണി
പൃഷ്ണമായിത്തന്നെ കാന്തശക്തിയെന്നാണു് എന്നതിന്റെ സഹ
കാരികമായ ഉത്തരം കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയാതെ ഗിൽബർട്ടു്
വാദിച്ചു. ഇവിന്നാശേഷമുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ പഠനങ്ങൾ വ
ളരെ ദൂരം നമ്മെ എത്തിച്ചിരിക്കുന്നു.

ശ്രീമതെന്നു വലിയൊരു കാന്തമാണെന്നും ഗിൽബർട്ട് തെളി
യിച്ചു. “അതുതന്നെയാണു്”, മുന്പുതന്നെ ഉപയോഗിച്ചിരുന്ന വക്ത്ര

നോക്കി (കാനംസൂചി) സദാ തെക്കുവടക്കായി നിന്നത്. തികച്ചും വടക്കല്ലെങ്കിലും ഏകദേശം വടക്കോട്ടു തിരിഞ്ഞാണ് കാനം സൂചി നിന്നിരുന്നത്. ഉത്തരദേശത്തെ യുവനക്ഷത്രമാണ് കാനം സൂചിയെ ഇങ്ങിനെ അങ്ങോട്ടാകുപ്പിക്കുന്നത് എന്നായിരുന്നു ധാരണ. അതല്ല ശരിയെന്നും, ഭൂമിക്കുതന്നെ ഒരു വടക്കുൻ യുവവും തെക്കുൻ യുവവുമുണ്ടെന്നും, ഇവ ഭൂമിയാസ്രൂപരമായ ഉത്തരദക്ഷിണ:ധ്രുവങ്ങളിലല്ല കൃത്യമായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെന്നും ഗിൽബർട്ട് പ്രസ്താവിച്ചു. അറിനാൽ യഥാർത്ഥമായ 'വടക്കു' എന്തെന്നല്ല കാനംസൂചികൾ കാണിക്കുന്നത്—പകരം ഭൂമിയാകുന്ന പാതത്തിന്റെ ഉത്തരധ്രുവത്തെയാണതു ചൂണ്ടിക്കാണിക്കുന്നത്. മാത്രമല്ല, ഭൂമിയുടെ കാനംധ്രുവങ്ങൾ ഭൂമിക്കടിയിൽ എവിടെയോ ആണെന്നും, പുറത്തല്ലെന്നും കൂട്ടി വ്യക്തമാവുന്നുണ്ട്. ഏതു ദിശയിലേയ്ക്കും നിർത്താനുള്ള കഴിവുണ്ട് ഒരു കാനംസൂചിക്കെങ്കിൽ അതു വടക്കോട്ടു മാത്രമല്ല, കിഴക്കോട്ടും നിങ്ങളെന്നും (മദ്ധ്യരേഖയിലൊഴികെ) അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു. ബ്രിട്ടീഷ് ഭൂമിപുസ്തകത്തിൽ 70 ഡിഗ്രി കിഴക്കോട്ടാണത്രെ അതു ആകുപ്പിക്കപ്പെടുന്നത്.

കാനംശക്തിയെപ്പറ്റി മാത്രമല്ല, അമ്പറിന്റെ വൈദ്യുത ഗുണങ്ങളെപ്പറ്റിയും ഗിൽബർട്ട് ചിലരെയ്ക്കും കണ്ടുപിടിച്ചു. അന്നാർ ഒരു 'മിസ്റ്റിക്കി' വാസ്തുവാണെന്ന ധാരണയെ തിരുത്താനദ്ദേഹം മുതിർന്നു. അന്നാറിന്റെ ഗ്രിംകിപുഷ്പ പേരിൽനിന്നാണ് ഇലക്ട്രിസിറ്റി എന്ന വാക്ക് ഉരുവിച്ചത്—'ഇലക്ട്രോൺ' എന്നാണ് വാക്ക്. ഉരസുന്നതിന്റെ ഫലമായി മറ്റു വസ്തുക്കൾക്കും വിദ്യുച്ഛക്തിയുണ്ടാക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് അദ്ദേഹം തെളിയിച്ചു.

രണ്ടു വൈദ്യുതപ്രവാഹങ്ങളുണ്ടെന്നും, ഇവയ്ക്കുപേരെന്നും ഓരോ വിധത്തിലാണ് പെരുമാറുന്നതെന്നും അറോപഷകവാർ പറഞ്ഞു.

ഈ ഉരസലിന്ദ്രം പരീക്ഷിക്കാൻ വരുത്തി വൈദ്യുതോല്പാദനം നന്നാക്കുവാൻ പലതും ഉണ്ടാക്കുവാൻ ഇടയുണ്ടി. ഇതിനായി ഒരു ഭരണി രചിക്കുന്ന കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. ധാരാളം ശക്തി ശേഖരിക്കാൻ

പററിയ ഒരു 'കെൻസൗ'യിരുന്ന അത്. തിപ്പോരികളും ഘോഷമുണ്ടാക്കാൻ ഇതിലെ വിദ്യുച്ഛക്തിക്ക് കഴിയുമായിരുന്നു.

ഈ വികാസങ്ങൾ ആർക്കും ശ്രദ്ധിക്കാതെ പഠിയിരുന്നില്ല. ഗ്രാഹകന്മാർ തങ്ങളുടെ ഉപകരണങ്ങൾ തെരുവുകളിൽ കൊണ്ടുപോയിക്കാണിച്ചു വിശദീകരണം നല്കി. പ്രവേശനം കിടന്നുപോകാൻ സാധിച്ചു. ഇങ്ങിനെയാണു പ്രദർശനസംഗത്തിൽ പങ്കെടുത്തതിനെത്തുടർന്നാണ് ഫ്രാങ്ക്‌ജിനം വിദ്യുച്ഛക്തിയിൽ താല്പര്യമുണ്ടായത്. സ്വന്തം പരീക്ഷണങ്ങൾ ചെയ്യാൻ അദ്ദേഹം തുടങ്ങി.

കൂടുതൽ പറയട്ടെ, ഫ്രാങ്ക്‌ജിനാണ് റെഗറീവ് ഇലക്ട്രിസിറ്റി, പോസിറ്റീവ് ഇലക്ട്രിസിറ്റി എന്നീ വാക്കുകൾ നമുക്കു തന്നത്. ഒരു വൈദ്യുതത്വപ്പോരിയുടെ വേഗം കാരണം അത് ഏതു ദിശയിലാണ് പോകുന്നതെന്ന് തിരിച്ചറിയുവാൻ നമുക്ക് കഴിയുന്നില്ല. ഇത് നമുക്കുതരിയാം. എന്നാൽ ഫ്രാങ്ക്‌ജിൻ വിപരീതമാലയാണ് കാര്യങ്ങൾ കണ്ടത്. പോസിറ്റീവ് ചാർജിൽ നിന്ന് (+) റെഗറീവിലേയ്ക്കാണ് (-) വിദ്യുച്ഛക്തി പ്രവഹിക്കുന്നതെന്നാണ് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞത്. വാസ്തവത്തിൽ ശരിയല്ല—വിപരീതമാണ്. എങ്കിലും ഇന്നും നാം ഈ വാക്കുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഒരു ബാറ്ററി എടുക്കുക. വിദ്യുച്ഛക്തി റെഗറീവ് എന്നൊഴുതിയ അറ്റത്തുനിന്ന് പോസിറ്റീവ് എന്നൊഴുതിയ അറ്റത്തിലേയ്ക്കാണ്, മൈസ്സിൽനിന്ന് പ്ലസ്സിലേയ്ക്കാണ് യഥാർത്ഥത്തിൽ പോകുന്നതെന്ന് കാണാം.

ഫ്രാങ്ക്‌ജിന്റെ പ്രശസ്തമായ സംഭാവന—ക്ലോറവും പ്രശസ്തമല്ലെങ്കിലും—ഇലക്ട്രിക് കെൻസൗയെക്കണ്ടിയിരുന്നു. ഇലക്ട്രിക് യന്ത്രങ്ങളിൽനിന്നുണ്ടാവുന്ന വൈദ്യുതത്വപ്പോരികൾ ഇടിമിന്നലിന്റെ കൂടെയുണ്ടാവുന്ന വൈദ്യുതിയെപ്പോലെത്തന്നെയായിരുന്നു എന്ന നിഗമനത്തിൽ പലരും എത്തിയിരുന്നു. പക്ഷെ, അതരം കണ്ടിയിട്ടില്ലായിരുന്നില്ല. ഫ്രാങ്ക്‌ജിനതു വിവരിച്ചു. എത്ര ആപേക്ഷമായ ജോലിയാണ് ഫ്രാങ്ക്‌ജിൻ വിവരിച്ചതെന്നുപോലാലിടം വേറെ നാം നടുങ്ങുന്നു. പ്രൊഫസർ റിച്ചാർഡ് എന്നൊരു

സ്വീഡൻകാരനായ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഹ്രാക്ളിന്റെ കണ്ടുപിടുത്തം ശരിയാണോ എന്ന് പരിശോധിക്കുന്നതിനിടയിൽ വൈദ്യുത ഘോഷേനാദ് മരിക്കുകതന്നെചെയ്തു. ഒരു ഇടിമിന്നലിനകത്തുള്ള ഇലകുടിസിററിയുടെ ആധിക്യത്തെ സംബന്ധിച്ചു് ഹ്രാക്ളിനു് അത്ര വലിയ വിവരമുണ്ടെന്നുവേണം വിചാരിക്കാൻ.

തന്റെ പരീക്ഷണങ്ങൾ ആവർത്തിക്കാനാവശ്യമായ നിഷേധശക്തി ലഭിക്കാതെ ഒരു സ്റ്റോറിതന്നു് അദ്ദേഹം നല്കി.

സിഡാർ (cedar) മരത്തിന്റെ കനംകുറഞ്ഞ ചിളുകൾ കൊണ്ടു് ഒരു കുരിശുണ്ടാക്കുക—ആ കുരിശിന്റെ നാലറ്റങ്ങളും ഒരു പട്ടുരമാലിന്റെ മുക്കുകളിൽച്ചെന്നു് മുട്ടത്തക്കവിധമായിരിക്കണം. ഇങ്ങിനെ ഒരു പട്ടുമുണ്ടാക്കുക. ഇതിന്നൊരു വാലും, കൊള്ളത്തും, നൂലും എല്ലാം വേണം. അതു് വായുവിൽ കടലാസ്സുപട്ടുപോലെത്തന്നെ പറക്കും. എന്നാൽ ശക്തിയായ കാറ്റും മറ്റും ഈ സിൽക്കുപട്ടത്തെ കീറുകയില്ല. മരക്കുരിശിന്റെ അറ്റത്തു് മുകളിൽ മറടി നീണ്ടുനില്ക്കുന്ന ഒരു കൂർത്ത കമ്പി ഘടിപ്പിക്കുക. നൂലിന്റെ അറ്റത്തു് കുരിശിന്റെ ഭൂജത്തിനോടു തൊട്ടു് ഒരു സിൽക്കു റിബ്ബൺ കെട്ടുക. സിൽക്കു റിബ്ബണും കൂട്ടിച്ചുട്ടുന്നിടത്തു് ഒരു താക്കോലും വേണം. ഇടിയും കാറ്റും വരുന്ന ഒരവസരത്തിലാവണം ഈ പട്ടം മേല്പോട്ടുയർന്നുനൂതു്. ഒരു വാതിലിൽ കൂടിയിലോ ജാലകത്തിൽകൂടിയിലോ ആവണം പട്ടം മേല്പോട്ടുയർന്നുനൂതു്—ആൾ റ്റിപ്പിനകത്താവണം. സിൽക്കു റിബ്ബൺ നവയാതെ നോക്കാനാണിതു്. നൂലുകളെ വാതിലിന്റെയോ ജാലകത്തിന്റെയോ ഹ്രൈയിമിൻ തട്ടാതേയും നോക്കണം. പട്ടത്തിന്റെ മേ്തെ ഇടിയും കാറ്റും വന്ന രട്ടുന്വേൾ അതിലേക്കു വീശുപ്ലുപ്പിയിലെ നീണ്ട കമ്പി തന്നിലേയ്ക്കുകെട്ടിക്കൊണ്ടു; പട്ടവും, നൂലും എല്ലാം വൈദ്യുതശക്തി പുറന്തൊടു; നൂലിന്റെ അഴഞ്ഞ ഇടകൾ എടുത്തു പിടിച്ചുനില്ക്കുകയും, ഒരു വിരൽ അടുത്തുചെന്നാലങ്ങോട്ടുകെട്ടിക്കൊടുക്കുകയുചെയ്യുന്നു. നൂലും പട്ടവും മഴയത്തു നാനാത്വകഴിഞ്ഞാൽ വീശുപ്ലുപ്പിയിലെ അതിന്നു വന്നിടവേൾ വഴിയും—അതു കൈറ്റിലെ

താക്കോലിൽക്കൂടി സ്വച്ഛന്ദം പ്രാദാനിഷകയുചെയ്യും. ഈ താക്കോലിൽക്കൂടി വിദ്യുച്ഛക്തി പുറത്തയ്ക്കുകയും ചെയ്യും— സ്റ്റിരിട്ടകൾ കത്തിക്കാനും, മറ്റൊറ്റൊരുതരം വൈദ്യുതപരീക്ഷണങ്ങളും നടത്താനും—സാധാരണ സ്റ്റിക്കിഷ്കഷണം തുടച്ചിട്ടാണി പരീക്ഷണങ്ങൾ ചെയ്യുന്നത്. അങ്ങിനെ ഇടിമിന്നലിൽനിന്നുണ്ടാവുന്ന വിദ്യുച്ഛക്തിയും, ബാറ്ററിലിൽനിന്നുണ്ടാവുന്ന ശക്തിയും ഒന്നാണെന്നു തെളിയിക്കാനും.

ഫ്രാങ്ക്ലിൻ ഈ പരീക്ഷണം നടത്തുവോൾ അദ്ദേഹത്തിന്റെ മകൻ വില്യം (21 വയസ്സു്)വും കൂടെയുണ്ടായിരുന്നു. രണ്ടു പേരും ഒരു വയലിലെ ഷെഡ്ഡിലാണു് നിന്നിരുന്നതു്, ഭാഗ്യവതിനു റിബ്ബൺ നന്നാക്കിയിരുന്നില്ല. മറ്റു അപകടങ്ങളും സംഭവിച്ചില്ല. കയ്യുകൊണ്ടു് താക്കോൽ തൊട്ടപ്പോൾത്തന്നെ അദ്ദേഹത്തിനു വൈദ്യുതാഘാതമേറ്റു.

ആപൽക്കരമാണെന്നു് അദ്ദേഹം അറിഞ്ഞിരുന്നിരിക്കില്ല— ഇത്തരം പരീക്ഷണങ്ങൾ കൂടുതൽ ലാഘവത്തോടുകൂടി ചെയ്യുവാൻ അദ്ദേഹം തുടങ്ങി. തന്റെ വീടിന്റെ പുറകുഭാഗിൽനിന്നു് 9 അടി ഉയരത്തിൽ ഒരു ഇരുമ്പുകോൽ നാട്ടി. ഇതിന്റെ മറ്റേ അറ്റം തന്റെ മുറിക്കെതിരായുള്ള ഒരു കോണിപ്പടിമേലും ഘടിപ്പിച്ചു. ഇരുമ്പുദണ്ഡു് അവസാനിപ്പിച്ചതു് രണ്ടായി പിളർന്നുപോയി ഒരു കമ്പിയിലാണു്. ഓരോ കമ്പിയും ഓരോ മണിയുമായും ബന്ധിപ്പിച്ചിരുന്നു. ഒരു പിച്ഛുപ്പുന്തിനെ ഒരു പട്ടുരുലുകൊണ്ടു് കൊട്ടിത്തൂക്കിയിരുന്നു—ബെല്ലുകൾക്കിടയിൽ. ഇടിമിന്നലിൽനിന്നു് ഇരുമ്പുദണ്ഡിന്നു് ചാർജ്ജു് കിട്ടിയപ്പോൾ—ഇതു നൊഗറീവ് ആയിരുന്നുവത്രെ—വിദ്യുച്ഛക്തി ഈ പിച്ഛുപ്പുന്തിനെ ആകർഷിക്കുകയും, അതിന്റെ ഫലമായി ഇരുഭാഗത്തുള്ള ബെല്ലുകൾ അടിക്കുകയും ചെയ്തുവത്രെ. തന്റെ ഇരുമ്പുറപ്പിപ്പു് വൈദ്യുതചാർജ്ജു് കിട്ടുന്നുണ്ടെന്നു സമർത്ഥമായി തെളിയിക്കുവാൻ ഫ്രാങ്ക്ലിനു തന്റെ മുറിയിൽനിന്നു പുറത്തുപോകേണ്ടി വന്നുരെയില്ല.

ഫ്രാങ്ക്‌ളിന്റെ (ഇടിമിന്നലുകൊണ്ടുള്ള) ഹിസ്ട്രിയാണിത്. ഒരു പ്രസിദ്ധമായ ഹലോ 'ലൈറ്റ്‌നിങ്ങ് കണ്ടക്ടർ' ആണ്. ഒരു ഉയർന്ന കെട്ടിടത്തിന്റെ ഏറ്റവും മീതെ ഒരു ഇരുമ്പുദണ്ഡ് വെച്ചാൽ അതു വൈദ്യുതത്തിന്റെ മേലുഭാഗത്തിൽനിന്നു നിശ്ചലമായി വലിച്ചെടുക്കുന്നതെന്നും, ഫ്രാങ്ക്‌ളിൻ കണ്ടു. വീട്ടിൽനിന്നുവന്നെ യാത്നം ഇരുമ്പുദണ്ഡുകൾ ഇൻസുലേറ്ററുകളാൽ—എന്നിട്ടുവെച്ചു അതും നിലത്തേയ്ക്കും കൊണ്ടുവന്നു. മേലുഭാഗം ഭൂമിക്കുമീതെ ലുള്ള വൈദ്യുതച്ചാർജ്ജ് ഇതു ബിന്ദുക്കളിൽ കൂട്ടി മോഹിപ്പോന്നു. വിപരീതമായ ചാർജ്ജുകൾ ഒരു ഇടിമിന്നൽ സാധാരണയായി ലഭിക്കുകൊണ്ടുവരാനും കഴിഞ്ഞില്ല. അഥവാ ഒരു ഇടിമിന്നൽ ഉണ്ടായാലോ, അതു വീടിനെയല്ല, ഇരുമ്പുദണ്ഡിനെയെയാണ് മെന്റുനടുന്നത്—യാതൊരു വിഷമവും കൂടാതെ അതിനെ ഭൂമിയിലേയ്ക്കു കണ്ടിടുകയും ചെയ്യും.

തന്റെ ആൽമനസ്സിൽ—(Poor Richard Improved എന്നാണതിന്റെ പേർ) ഇത്തരം 'ലൈറ്റ്‌നിങ്ങ്' വടികൾ ഉണ്ടാക്കാനുള്ള നിർദ്ദേശങ്ങൾ ഫ്രാങ്ക്‌ളിൻ 1753-ൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. ഇതോടുകൂടി യൂറോപ്പിൽ ഈ ലൈറ്റ്‌നിങ്ങ് വടികൾ ഒരു ഹാസനായിക്കലാശിച്ചുവത്രെ—സ്മിതകൾ തങ്ങളുടെ തൊപ്പിയിന്മേൽ പ്പോലും ഇത്തരം ഒരു ഇരുമ്പുവടി ഹിററ് ചെയ്യാണത്രെ നടന്നിരുന്നതു്!

ലൈറ്റ്‌നിങ്ങ് വടിയും മറ്റും കെട്ടിടങ്ങളിൽ വെച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിലും അല്പംകുറച്ചുപേരെങ്കിലും ഇടിമിന്നലേറ്റു് വല ദിക്കിലും മരിക്കുന്നുണ്ടു്. ഭരണമേലത്തു് രണ്ടുപ്രാവശ്യം ഇടിവെട്ടുകയ്യില്ല എന്നതു് ഒരു അന്ധവിശ്വാസമാത്രമാണു. ഉടക്കുമട്ടുള്ളപ്പോഴു് കൂടിയ പൊക്കമുള്ള കെട്ടിടങ്ങൾ ഇടിമിന്നലിന്റെ മാർഗ്ഗത്തിൽ വലിയ തടസ്സമൊന്നുമുണ്ടാക്കുന്നില്ല—ഇത്തരം കെട്ടിടങ്ങൾക്കു് ഏകദേശംകൂടി പ്രാവശ്യം ഇടിയേല്ക്കുന്നുണ്ടു്. എന്നാൽ ഉടക്കു് വീടുവെച്ചതിനെയു താപത്തുകൂടാതെ ഭൂമിയിലേയ്ക്കു നയിക്കുന്നു. വിമാനങ്ങളിലും ഇടി ശാരാളം വെട്ടുന്നുണ്ടു്. പക്ഷേ, അവയുടെമെ

നമുണ്ടാവുന്നില്ല. ലോകവാസം അർത്ഥമില്ലാത്ത യാത്രകൾക്കും നന്മകളുടെയും കേടുകൾക്കും സാക്ഷ്യമാണ്. വിദ്യാഭ്യാസം പഠനം പഠനമാണ്. വൈദ്യകൃഷ്ണകൾ വന്നടിക്കുകയാണ്.

ഇടിമിന്നൽമാത്രം കാണുകയും ശബ്ദം കേൾക്കാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതരത്തിലുള്ളവയെ 'ഹീറോ' ലൈറ്റ് ബോൾ' എന്നു വിളിക്കുന്നു—ഇവ വളരെ ദൂരെയായുകൊണ്ട്, ശബ്ദം ഇങ്ങനെ തുണിയിട്ടു. ഇടിമിന്നലിന്റെ ഫലമായി വായു വികസിച്ചതിനെ തുടർന്ന് ഉണ്ടായ ശൂന്യപ്രദേശത്തേയ്ക്ക് നാനാഭാഗത്തുനിന്നുള്ള വായു ഇറച്ചുകരുന്ന ശബ്ദമാണ് ഇടിവെട്ടൽ.

'ലൈറ്റ് ബോൾ' കണ്ടുകണ്ടുകണ്ട അറം ഫ്രാങ്ക്ലിൻ കൂട്ടിച്ചേർത്തു. ഏറ്റവും കർത്താക്കളിലാണ് സാമാന്യതയിലധികം വലിയ വൈദ്യകൃഷ്ണകൾ വന്നേല്ക്കുന്നതെന്നു മനസ്സിലാക്കി യവരിൽ മുമ്പാകെ ഫ്രാങ്ക്ലിൻ. ഒരു കർത്താക്കളിൽനിന്ന് വിദ്യാഭ്യാസം അനാഥാസന വായുവിലേയ്ക്കു ലയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനു കാരണം നമുക്കു പിന്നീടറിയാം.

വിദ്യാഭ്യാസം വേദപഠനംകൊണ്ട് മനുഷ്യജന്മംകൊണ്ടു കണ്ടു കണ്ട പ്രായോഗികമായ ഉപയോഗം ഫ്രാങ്ക്ലിന്റെ ലൈറ്റ് ബോൾ വെട്ടിയാണ്. എന്തെങ്കിലും പ്രായോഗികപ്രയോജനമുള്ളതു ഉണ്ടാക്കണമെന്നു ഫ്രാങ്ക്ലിന് ആഗ്രഹം ഇല്ലായിരുന്നു. തന്റെ ശ്രദ്ധയോടെയിൽനിന്നു വളർന്നുവന്നതാണ് ലൈറ്റ് ബോൾ വെട്ടി. കർത്താക്കളും വിദ്യാഭ്യാസം എങ്ങനെ ചെയ്യാമെന്നും, ഇടിമിന്നൽ വിദ്യാഭ്യാസത്തിലൂടെ ഫലമാണെന്നും തെളിയിക്കാനുള്ള പരിശ്രമത്തിൽനിന്നുണിതുകൊണ്ടു. ചുരുങ്ങിയ 2340 വർഷങ്ങളായെങ്കിലും വിദ്യാഭ്യാസംവെട്ടിനിന്നു നമുക്കറിയാം. ഗിൽബർട്ട് വിദ്യാഭ്യാസം സാമൂഹ്യപ്രയോജനമാണെന്നു പറയാൻ കൊല്ലം 150 ആയി. പരീക്ഷണങ്ങളുടെ ഒരു പ്രവഹനം ആരംഭിച്ചതു അങ്ങനെയാണ്.

'ഇടയ്ക്കായ ശാസ്ത്രത്തിന്' വലിയ വിജയമാണെന്നുവെല്ലാനും, 'പ്രായോഗിക'മായി അതുകൊണ്ട് ഫലമുണ്ടാക്കിയിട്ടുണ്ടെന്നു

പ്രധാനമെന്നും ചിലർ ഉറപ്പിച്ചുപറയുന്നു. എന്നാൽ ഗിൽബർട്ടിനും ഫ്രാങ്ക്ലിനുമിടയിലെ ആ 150 കൊല്ലം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വിദ്യുച്ഛക്തിയെക്കൊണ്ട് പ്രായോഗികപ്രയോജനമെന്നും കാണാത്തതിനാൽ ഗോപിണിത്തന്നെ ഉപേക്ഷിച്ചുപോകുന്നതുമായി. പിന്നീടൊരു നൂറ്റാണ്ടു കഴിഞ്ഞിട്ടാണ് തോമസ് എഡിസൻ ഒന്നാമതായി വൈദ്യുതദീപം കണ്ടുപിടിച്ചത്. ഗിൽബർട്ടിന്റെയും ഫ്രാങ്ക്ലിന്റെയും ശാസ്ത്രീയ 'കൊതുക്കം' ഇന്ന് എത്രയെത്ര പ്രായോഗികകാര്യങ്ങൾക്കാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നതെന്നോർമ്മനോക്കൂ. ഇന്ന് ഇലക്ട്രിസിറ്റിയും അതിന്റെ ഫലമായുള്ള ലൈറ്റും, റേഡിയോയും, ടെലിവിഷനും, ടെലിഫോണും, ടെലിഗ്രാഫും, റഡാറും, വാക്വംക്ലിനാറും, ബെല്ലും, വിമാനങ്ങളെ ഇലക്ട്രോണിക്കടിസ്ഥാനത്തിൽ നിയന്ത്രിക്കലും, പങ്കുകളും, കാർബൻ സെൽസ് സ്റ്റാർട്ടറുകളും, ഭാരം ചൊന്തിക്കാനുള്ള ഇലക്ട്രോമാഗ്നറ്റുകളും മറ്റുമില്ലെങ്കിൽ എന്താവും ലോകത്തിന്റെ സ്ഥിതി എന്ന് ചെന്നോർമ്മനോക്കൂ!

വിദ്യുച്ഛക്തിയെപ്പറ്റി ശരിയായ ഒരു ധാരണയുണ്ടാക്കാൻ കഴിഞ്ഞത് ഫ്രാങ്ക്ലിന്റെ 'ഏകദ്രവ' സിദ്ധാന്തം മൂലമാണ്. പുറം നാടുകളിലുണ്ടായ സങ്കീർണ്ണസിദ്ധാന്തങ്ങളെക്കുറിച്ച് പരിചയം കുറവായതിനാൽ തന്റെ സ്വന്തമായി ഒരു സിദ്ധാന്തം അദ്ദേഹം ആവിഷ്കരിച്ചു. ദമ്പ്യ നിദ്ദേശിച്ചതിലൊന്നും മേന്മയുള്ളതായിരുന്നു ഈ സിദ്ധാന്തം. പ്രായോഗികമായി വിദ്യുച്ഛക്തി എന്താണെന്ന് കാണാൻ ഈ സിദ്ധാന്തം വളരെയേറെ സഹായിച്ചു.

രണ്ടു വ്യത്യസ്ത ദ്രവങ്ങളാണ് വിദ്യുച്ഛക്തിക്കടിസ്ഥാനമെന്ന വാദത്തെ ഫ്രാങ്ക്ലിൻ നിരാകരിച്ചു. എല്ലാറ്റിലും ഒരേമാതിരിയുള്ള വിദ്യുച്ഛക്തിയേ ഉള്ളൂ എന്ന് അദ്ദേഹം വാദിക്കുകയും ചെയ്തു. വിദ്യുച്ഛക്തിയുടെ അതിർക്കവിഞ്ഞ കഴുക്കാണ് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജെന്നും നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജെന്നും സാധാരണയിൽനിന്ന് കുറവായതാണ് നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജെന്നും അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു. അതിനാൽ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള ഒരു വസ്തുവിലേയ്ക്ക് വിദ്യുച്ഛക്തി പ്രവഹിക്കുന്ന—

വിദ്യുച്ഛക്തി രണ്ടിലും ഒരേതരത്തിലായുംവരെ. രണ്ടിലും ഒരേ തരം തിലാണം വിദ്യുച്ഛക്തിയെകിൽ, ചിന്നിടതു വ്രവഹിക്കില്ല.

വെച്ചും അതിന്റെ ലെവൽ സ്ഥിരീകരിക്കുന്നവെന്നപോലെ വിദ്യുച്ഛക്തിയും പെരുമാറുന്നുവെന്നാണ് ഫ്രാങ്ക്ചീൻ ഗ്രാസ്സാവിച്ച തിന്റെ ചുരുക്കം. വിദ്യുച്ഛക്തിയെ ഒരു 'ദ്രവ'മെന്നല്ല ഫ്രാങ്ക്ചീൻ വിളിച്ചുതു്. ഇലക്ട്രിക് ഫയർ—വൈദ്യുതാഗ്നി—എന്നാണ് ദ്രവപയോഗിച്ച വാക്ക്. എന്നാൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ വണ്ണം ഒരു 'ദ്രവ'ത്തിന് പറ്റിയ രീതിയിലായിരുന്നു. ആ സിദ്ധാന്തത്തിന് 'ദ്വൈദ്വ'സംഗ്രഹംമെന്ന പേരും ലഭിച്ചു. വളരെ ലളിതമായ പദാവലി കലാശാസ്ത്രം ഉപയോഗിച്ചുതു്.

വിദ്യുച്ഛക്തിയുടെ ചൊതുഭണ്ഡാരം ക്രമീയാണെന്നാണ് ഫ്രാങ്ക്ചീൻ പറഞ്ഞതു്. ഒരു വലിയ കുഴത്തിൽ വെച്ചും ശേഖരിച്ചു വെച്ചുപോലെ, ക്രമീയിൽ വിദ്യുച്ഛക്തി ശേഖരിച്ചുവെച്ചിരിക്കുകയാണ്. ക്രമീയോക്തൃകീച്ചേന്നായില്ലെന്ന ഒരു റാസ്സൂപിന് വിദ്യുച്ഛക്തി, അധികമായില്ല, കുറവുമില്ല. അതു ലെവലിലാണ്. അതിന്റെ ചാർജ്ജുകൾ സമമാണ്.

തന്റെ വാദം തെളിയിക്കാൻ ഫ്രാങ്ക്ചീൻ മൂന്നു സ്റ്റേജി തന്മാരെ ഉപയോഗിച്ചു. അവർ A, B, C, എന്നു പേരിട്ടു. ഓരോരുത്തർക്കും തുകക്കത്തിൽ ആവശ്യത്തിനുള്ള വൈദ്യുതാഗ്നിയുണ്ടെന്ന് അദ്ദേഹം കരുതി—കാരണം അവർ ക്രമീയിലാണ് പ്ലോറിയെടുത്തു്. അവർ പരസ്പരം തൊട്ടാൽ, തീപ്പെറ്റിപ്പോലെയുണ്ടാവില്ല—കാരണം ഓരോരുത്തർക്കും ആവശ്യത്തിനുള്ള വിദ്യുച്ഛക്തിമാത്രമാണ് പ്ലോ ഉള്ളതു്.

പിന്നീട് ഫ്രാങ്ക്ചീൻ 'A' എന്നുള്ള മെഴുകുകൊണ്ടുണ്ടാക്കിയ ഒരു പ്ലാത്തിനേൽ നിന്നി—ക്രമീയമായുള്ള റസ്സൂപ്കം വിട്ടുത്താനാണിതു് ചെയ്തതു്. അയാളെക്കൊണ്ടു് ഒരു സ്റ്റിക്കുകൾ ഉൾപ്പെടുത്തി. സ്റ്റിക്കും ഉൾപ്പെടുന്നോൾ ഫ്രാങ്ക്ചീന്റെ സിദ്ധാന്തം കാരം ഇയാളുടെ ശരീരത്തിൽനിന്നു വിദ്യുച്ഛക്തി സ്റ്റിക്കുകൾക്കു ലഭിക്കുമെന്നു് വ്യാപിക്കുകയാണ് ചെയ്തതു്. ഇയാളുടെ ശരീരം ഇ

പ്പോൾ നെഗറ്റീവാണ്—അതായത് ശരീരത്തിൽ നോൺൽമാ ജീവ്യെന്നതും. സ്റ്റികക്ഷലിനാകട്ടെ, നോൺലിമഡികം മാ ജ്ജുണ്ടു—അതു പോസിറ്റീവാണ്.

രണ്ടാമത്തെ ചങ്ങാതി B യേയും ഇതുപോലെത്തന്നെ ചെങ്കു പ്വാത്തിൽ നിർത്തി. അയാളുടെ കൈ A യുടെ കയ്യിലെ സ്റ്റിക ക്ഷലിന്റെ അടുത്തു കൊണ്ടുവന്നു. ഇപ്പോൾ, വിദ്യുച്ഛക്തി കൂടുതൽ മാജ്ജുച്ഛ സ്റ്റികക്ഷലിയിൽനിന്നു B യുടെ ശരീരത്തിലേയ്ക്കു മാടി യത്രെ.

പുതുതായി വിദ്യുച്ഛക്തിയൊന്നും ഉല്പാദിപ്പിച്ചിട്ടില്ലെങ്കിലും, രണ്ടുപേരും ഇപ്പോൾ മാജ്ജുചെയ്തുനില്ക്കുകയാണ്—കന്നാമൻ (A) നെഗറ്റീവായും, രണ്ടാമൻ (B) പോസിറ്റീവായും. A യുടെ സാമാന്യ വൈദ്യുതശക്തിയുടെ ഒരു ഭാഗം B യ്ക്കു പോയി. ഇരു വടും ഇപ്പോൾ നോൺൽ ശക്തിയല്ല ഉച്ഛതു്. A എന്ന ആൾ B യുടെ കൈ തൊട്ടാൽ ശക്തിയുള്ള ഒരു തീപ്പൊരിയുണ്ടാവും— കാരണം B യുടെ ശരീരത്തിൽ കൂടുതലുള്ള വിദ്യുച്ഛക്തി A യിലേയ്ക്കു മാടും—ഇരുവരുടേയും സല്ലെപ്പു കരോതിരിയാവുവര.

A എന്നവൻ B യെ തൊടാതിരിക്കുകയും മൂന്നാമതൊരാൾ ചെങ്കുനേലല്ലാതെ ക്രമിയിൽ നില്ക്കുകയുംചെയ്താൽ കൂടുതൽ ശക്തി കറഞ്ഞ ഒരു തീപ്പൊരിയുണ്ടാവും. മൂന്നാമൻ A യെ തൊട്ടാൽ അയാളുടെ സല്ലെപ്പുയിലൊരു ഭാഗം A യ്ക്കു പോയി; A യ്ക്കു വേണ്ടത്ര ശക്തിയില്ലല്ലോ.

ഇങ്ങിനെ മൂന്നാമത്തേവൻ നാഴുപ്പെട്ട തുക വിണ്ടും അ യാൾക്കു ക്രമിയിൽനിന്നു ലഭിക്കുന്നു. കാരണം—അയാൾ ചെങ്കു നേലല്ല നില്ക്കുന്നു. അയാൾ B യെ തൊട്ടാൽ B യുടെ അമിത മായ ശക്തി മൂന്നാമന്റെ ശരീരത്തിലേയ്ക്കു വ്യാപിക്കും—അവിടെ നിന്നു ക്രമിയിലേയ്ക്കും. ഈ ഘട്ടത്തിൽ മൂന്നുപേരും നോൺൽ ശക്തിയാണ് അവരുടെ ശരീരത്തിലുള്ളതു്. അവയ്ക്കിടയിൽത്തുടി ഒരു തീപ്പൊരിയും പോകില്ല.

ഈ പരീക്ഷണം നിങ്ങളെ പലതും ഓർമ്മിപ്പിക്കും. നിങ്ങൾ ഷ്യാപ്പിട്ട് നിലത്തെ പരവതാനിയിൽ ഉറങ്ങിയാൽപോലുമെന്ന വിദ്യുച്ഛക്തി നിങ്ങൾ വേറെ ഏതെങ്കിലും ഓടാനിടയോ (വികൃതി കൂടതലാണെങ്കിൽ) അടുത്തു നില്ക്കുന്ന ആളുടെ കമ്പിളോ തൊട്ടാൽ ഇല്ലാതാകുമെന്നത് നിങ്ങൾ ഓർമ്മനടയാം. ഈ മാതിരിയുണ്ടായ ഇലക്ട്രിസിറ്റി പെടേറോ ലോറിയോടൊന്നു ചേർന്നു കൂടെ നിടയുണ്ടു്. അതിനാലാണു് അപരിൽനിന്നു് ഒരു ചങ്ങല കൂട്ടിയിൽ വീണുപിടിക്കുന്നതു്—കൂടുതലുള്ള വിദ്യുച്ഛക്തിയെ സർവ്വകരിപ്പാവാൻ.

ഫ്രാക്ചീന്റെ ഈ ലളിതചിത്രം പഠിപ്പിക്കുന്നതും രിക്കച്ചും തെളിപ്പിക്കുന്നതും വെള്ളവും വിദ്യുച്ഛക്തിയും താരതമ്യപ്പെടുത്തുന്നതുമാണു്—പ്രിസിസ്റ്റ് പ്ലാസ്റ്റിക്സിൽ ചെയ്യുന്നമാതിരി. ഉയന്ന ഒരു കോർത്തിന്നു് ചുവട്ടിലേയ്ക്കു് വെച്ചു ഒരു കമ്പിളി—അല്ലെങ്കിൽ നിറച്ചുള്ള ഒരു പാത്രത്തിൽനിന്നു് ഒഴിഞ്ഞ ചതുരത്തിലേയ്ക്കു് ഒഴുകുന്ന—ഇവയ്ക്കിടയിൽ ഒരു പൈപ്പിടങ്ങളിൽ ഈ ഉയരം കൂടുതലാകുമ്പോൾ വളർന്നു. മട്ടത്തിലുള്ള ഈ വ്യത്യസ്ത—വിദ്യുച്ഛക്തിയെ സ്റ്റാറ്റിയാറ്റോറിയോടൊന്നു ചേർത്തു് എന്നു ചോദിക്കുന്നതു്. ഈ ഒഴുക്കിനെ കുറുപ്പു് എന്നും പറയാം. ഒഴുക്കിന്റെ വേഗത്തെ ആരംഭിക്കുകയാണു് അളക്കുന്നതു്. ഒരു വലിയ പൈപ്പിൽച്ചുട്ടിയാണു്, ചെറിയ പൈപ്പിലേക്കാളധികം വെച്ചു മൊഴുകുന്നതു്—ഇതുപോലെ വിദ്യുച്ഛക്തിയും വലിയ ഒരു കമ്പിയിൽച്ചുട്ടി, ചെറിയ കമ്പിയിൽച്ചുട്ടി പ്രവഹിക്കുന്നതിനേക്കാൾ വേഗം പ്രവഹിക്കുന്നു. കുറുപ്പിന്റെ പ്രവാഹത്തിനുള്ള എതിർപ്പിനെയാണു് ‘റെസിസ്റ്റൻസ്’ എന്നു പറയുന്നതു്. ഇതു് ‘ഓം’ (Ohm) എന്ന മാത്രകൊണ്ടാണു് അളക്കുന്നതു്. ഒഴുക്കിന്റെ തോതു് (ആംപിയർ) മട്ടത്തിനെ (വോൾട്ടേജ്) റെസിസ്റ്റൻസുകൊണ്ടു് (ഓം) നിർണ്ണയിക്കുന്നതുമാണു്. ശക്തിയുടെ മാത്രമല്ലാണു് ‘വാട്ട്’ എന്നു പറയുന്നതു്—ഒരു വോൾട്ട് മട്ടവ്യത്യസ്തത്തോടെ ഒരു കമ്പിയിൽച്ചുട്ടി ഒരു ആംപിയർ ശക്തി ചോദിക്കുന്നതിനെയാണു്

ഒരു വാട്ട് എന്ന പറയുന്നു. ആംപിയറിനെ വോൾട്ടുകൊണ്ട് പെരുക്കിയാൽ വാട്ടിലാവും ഉത്തരം കിട്ടുക. ഒരു ഹോർസ് പവർ എന്നാൽ 746 വാട്ടിനു സമമാണ്. ഈ പദങ്ങളുടെ യെല്ലാം അർത്ഥം മനസ്സിലാക്കിയാൽ വൈദ്യുതത്തിനെക്കുറിച്ചു പറയുന്ന തെന്താണെന്ന് വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കുവാൻ കഴിയും. ഓരോ ബാറ്റിനും 500 വാട്ട് എന്ന തോതിലാണ് വൈദ്യുതത്തിന്റെ റിസർവ് കണക്കാക്കുന്നത്—ഒരു ബാറ്റാണ് എങ്കിലും 1000 വാട്ട് ആവുന്നു, അതായത് ഒരു കിലോവാട്ട്. തുടക്കത്തിലത് 1½ ഹോർസ് പവറിനു തുല്യമാണ്. മുഖ്യ വോൾട്ടേജ് എന്താണെന്ന് നമുക്കറിയാം—200നും 250നും വോൾട്ടുകൾക്കിടയിലാണ്—(നിങ്ങളെവിടെയാണെന്നതിനെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി). അപ്പോൾ വൈദ്യുതത്തിലുള്ള പ്രവാഹമെത്രയുണ്ടെന്ന് അറിയണമെങ്കിൽ, വാട്ടിനെ വോൾട്ടുകൊണ്ട് ഹരിക്കണം—ഉത്തരം നാലോ അഞ്ചോ ആംപിയർ ആയിരിക്കും. വൈദ്യുതത്തിലിന്നു നോരിക്കേണ്ടിവരുന്ന പ്രതിരോധശക്തി എത്രയാണെന്ന് കണക്കാക്കാതെ എന്ന് പരീക്ഷിച്ചുനോക്കൂ. (പ്രയോഗം = ആംപിയർ = വോൾട്ട് ÷ ഓം, എന്നത് ഓർക്കുക.)

പലപ്പോഴും പറഞ്ഞതുപോലെ, വിദ്യുച്ഛക്തി ഒരു ദ്രവമല്ല. അതൊരു മൂലകമല്ല. അതു തീയല്ല. 'സ്വർഗ്ഗീയശക്തിയുള്ള ആളി'ക്കത്തലുമല്ല. ആധുനികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം പിന്നെ വിദ്യുൽപ്രവാഹം എന്താണ്? പുതിയ അറോമിക്സിദ്ധാന്തം കണ്ടുപിടിക്കും വരെ ഇതിനു കാത്തിരിക്കേണ്ടതായിവന്നു. ആദ്യത്തെ സിദ്ധാന്തക്കാർ പറഞ്ഞതുപോലെ ആറ്റം എന്നത് കടുപ്പമുള്ള അവിഭാജ്യമായ സൂക്ഷ്മകണമല്ല, പിന്നെയോ, വിവിധ ഭാഗങ്ങളോടുകൂടിയ ഒരു സങ്കീർണ്ണവസ്തുവാണ്.

ആറ്റത്തിന്റെ മിക്കവാറും മുഴുവൻ ഭൂരിഭാഗം കിടക്കുന്നത് ന്യൂക്ലിയസിലാണ്. ന്യൂക്ലിയസിന്റെപ്പറ്റി ധാരാളം മനസ്സിലാക്കിയ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ആറ്റം ഹൈഡ്രജൻ ബോധ്യമുള്ളതാണെന്ന് തിരിച്ചറിഞ്ഞു—ആറ്റോമിക് പവർസ്റ്റേഷനുകളിൽ അ

വർ വിദ്യാലയത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നാൽ ആറാത്തിനകത്തു് സംഭവിക്കുന്ന പലതും അവർക്കിന്നും അജ്ഞാതമാണ്. കൊളംബസ്സ് അമേരിക്കയെ ദൂരത്തുകണ്ടപ്പോൾ അമേരിക്കയെപ്പറ്റി എത്ര വിവരം അദ്ദേഹത്തിന്നുണ്ടായിരുന്നുവോ, ആദ്യം വിവരമേ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ആറാത്തിനകത്തു് എന്തു പറയാം.

പുതിയ പുതിയ കണ്ടെത്തലുകളെ ആറാത്തിനകത്തു് കണ്ടുപിടിക്കുന്നു. തരംഗസിദ്ധാന്തവും, കണസിദ്ധാന്തവും, തരംഗകണസിദ്ധാന്തവും മാറിമാറി ആറാത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലേക്കു് തിരിച്ചുവിട്ടിരിക്കുന്നു.

എങ്കിലും ആറാത്തിന്റെ ഒരു ലളിതരൂപം ഇതുവരെയായി പ്രായോഗികാവശ്യങ്ങൾക്കെല്ലാം ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു—ന്യൂട്ടിയസ്സിൽ രണ്ടുതരം കണ്ടെത്തലുകളെക്കൊണ്ടാണ് ആ പ്രായോഗികധാരണ—പ്രോട്ടോണുകളും, ന്യൂട്രോണുകളും. ഓരോ പ്രോട്ടോണിന്നും പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ഉണ്ട്. ന്യൂട്രോൺ വൈദ്യുതമായി നിഷ്പക്ഷമാണ്.

നാം ധരിച്ചതുപോലെ, വിദ്യാലയത്തിൽ ഒരു മെലിമെന്റിയം സൂര്യചാർജ്ജുകളുടെ തന്മിയിലേക്കു്, ഭിന്നചാർജ്ജുകളുടെ തന്മിയിലേക്കു് ചെയ്യുന്നവെക്കണ്ണാണ്. ഒരു നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ഒരു പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിനെ ആകർഷിക്കും, എന്നാൽ ഒരു നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജിനെ ഉന്തിയകറ്റും; പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് പോസിറ്റീവ് നേരും.

എന്നാൽ ആറാത്തിന്റെ ന്യൂട്ടിയസ്സിനെപ്പോലെയല്ല. നിയമം കൃത്യമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നില്ല. പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള പ്രോട്ടോണുകൾ പരസ്പരം ആട്ടിയകറ്റപ്പെടേണ്ടതാണ്—എന്നാലവ, ഇതുവരെ അറിയാപ്പെട്ട ഏതിനേക്കാളും കൂടുതൽ ദൃഢമായി പരസ്പരം ബന്ധിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു! ഇതുവരെ അറിഞ്ഞതിലേറെ വ്യംവലിയ വിദ്യാലയത്തിലാണവയെ ഇങ്ങനെ കൂട്ടിയിണക്കുന്നത്. ന്യൂട്രോണുകളെ, വൈദ്യുതമായി നിഷ്പക്രിയമാണ്, അതിന്മാർ ആകർഷിക്കാനോ വികർഷിക്കാനോ ഉള്ള കഴിവില്ല. അവ

അതിഭീമമായ ആഹോമിക്ശക്തിമൂലം ഉപരികരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മാത്രമല്ല ഈ ശക്തി മറ്റു അതുതകരമായവിധത്തിൽ പെരുമാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഏറ്റവും ചുരുങ്ങിയ ഒരു ദൂരത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുമ്പോഴാണിതിന് ഏറ്റവും വലിയ ശക്തി ലഭിക്കുന്നത്. ഒരു ഗുലത്തിന്റെ 1/25, 100,000,000,000 ഭാഗത്തിൽ കുറവാണ് ഈ ദൂരം—ഈ ദൂരമാകട്ടെ, ഒരു ആറ്റത്തിന്റെ റേഡിയൂസിന്റെ ലക്ഷത്തിലൊരംശംമാത്രം വരുന്നതാണ്. ഈ ദൂരത്തിനപ്പുറം അതു പെട്ടെന്ന് ദൃശ്യമാവുക. മറ്റൊരു ശക്തിയും ദൃശ്യമാകുന്നതിനേക്കാളേറെ വേഗത്തിലാണിതു സംഭവിക്കുന്നത്. അങ്ങിനെ, ശരിക്കും വേണ്ട ദൂരത്തിലത് ദൃശ്യമാവുകയും, കൂടുതൽ അടുത്ത ദൂരങ്ങളിൽ പരസ്പരം ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നതിനു പകരം വികർഷിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെന്നാൽ ആലോചിച്ചാലൊരത്ഥവും കാണാനാവില്ല. അതുഭയമെന്നെ.

ഇതൊക്കെയങ്ങിനെയാണെങ്കിലും ന്യൂക്ലിയൂസിന് ഒരു പൊസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുണ്ടെന്നാണ് വാസ്തവം. മാരോ പ്രോട്ടോണിനും മാരോ ചാർജ്ജുള്ളതിനാൽ, ആകെക്കൂട്ടിച്ചേർന്നുപോകാൻ എണ്ണത്തിനനുസരിച്ച് ചാർജ്ജും വലിക്കുന്നു. മാരോ മൂലകത്തിന്റെ ആറ്റത്തിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ സംഖ്യ വ്യത്യസ്തപ്പെട്ടിരിക്കും. യഥാർത്ഥത്തിൽ, മൂലകങ്ങളെ തമ്മിൽ ചേർന്നിരിക്കുന്നത് പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണമാണ്. ഒരു ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിൽ ഒരു പ്രോട്ടോണാണുള്ളത്. ധൂനേനിയത്തിലാകട്ടെ അത് 92 ആണ്. ഇതിലുമധികം പ്രോട്ടോണുകളാണ് ലാണ്ടാഫ്രീഡിൽ നിന്നിരിക്കപ്പെട്ട മൂലകങ്ങൾക്കുള്ളത്.

ആറ്റത്തിന്റെ പുറംഭാഗത്തെ സ്ഥിതിഗതികൾ ഇത്രയൊന്നൊക്കട്ടുപിന്നാഞ്ഞതല്ല.

മൂലകങ്ങളുടെ വിദ്യുച്ഛക്തിയുടെ സാധാരണ റിന്റർമെൻഡ് പ്രത്യേകമായിത്തന്നെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ന്യൂക്ലിയൂസിലെ മാരോ പ്രോട്ടോണിനും സാധാരണയായി, മറ്റൊരു കണമുണ്ട്—ഇലക്ട്രോൺ—ഇത് ഇലക്ട്രോൺ ന്യൂക്ലിയൂസിന്റെ ചുറ്റും ഒരു ക്രാന്തപഥത്തിലൂടെ

സന്ധിയിടുന്നു. ഇലകൾക്കുണ്ടാകട്ടെ 'കണങ്ങളാ' എന്നു നാം വിളിക്കുന്നു—അങ്ങിനെ അമ്പലപ്പുറം കാണുന്നതാണ് കൂടുതൽ എളുപ്പം. എന്നാലിവിടെയും വിദ്യകൃഷ്ണിയുടെ മേഖലയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്തുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന മട്ടിലാണ്. എന്തായാലും അവയ്ക്ക് ദ്രവ്യശാസ്ത്രം ഉണ്ടുണ്ട്. 1837 ഇലകൾക്കാണ് കൂടിയാലേ ഒരു പ്രോട്ടോണിൻറെ ഒരു ന്യൂട്രോണിൻറെയോ തുക്കമാറു. ഇവയുടെ സംഖ്യ ന്യൂക്ലിയസ്സിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണത്തിന് തുല്യമായതുകൊണ്ട് ഒരു ആറ്റത്തിന്റെ തുക്കത്തിൽ മുഖ്യഭാഗവും ന്യൂക്ലിയസ്സിനാണ് ഉള്ളതെന്നു കാണാൻ പ്രയാസമില്ലല്ലോ.

ആറ്റത്തിന്റെ വലുപ്പം വളരെ കുറവായതുകൊണ്ട് അവയെപ്പറ്റി ആലോചിക്കാൻതന്നെ വയ്യ. ശക്തിയേറിയ മൈക്രോസ്കോപ്പുകൾകൊണ്ട് നോക്കിയാൽപ്പോലും ആറ്റങ്ങളെ കാണാൻ വിഷമമാണ്. കണ്ണുകൊണ്ട് കാണാൻ കഴിയുന്ന ഏറ്റവും ചെറിയ ആറ്റം സമുഹത്തിൽ 1,000,000,000,000,000,000,000 ആറ്റങ്ങളെങ്കിലും അടങ്ങിയിരിക്കുമത്രെ. ഇത്രയും സൂക്ഷ്മമാണ് ഒരു ആറ്റം എങ്കിലും ഇലകൾക്കുണ്ടാകാ, താരതമ്യേന, ന്യൂക്ലിയസ്സിൽനിന്ന് വളരെ വളരെ അകന്നാണ് കിടക്കുന്നത്. അവയ്ക്കിടയിലുള്ളത് ശൂന്യമായ സ്വേദനമാത്രമാണ്. ന്യൂക്ലിയസ്സിന് ഒരു ഹിട്ബാളിന്റെ വലിപ്പമുണ്ടെന്നു സങ്കല്പിച്ചാൽ, അതുമെൽ അകലെയായിരിക്കും ഇലകൾക്കുണ്ടാകാ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഇതാണ് സാധാരണയായിപ്പറയാറുള്ള ഒരു താരതമ്യപാഠം.

ഊർജ്ജം സ്വന്തം ഭ്രമണപഥത്തിൽ ചുറ്റിത്തീർത്തുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഈ ഇലകൾക്കുണ്ടാകാ ഇലകൾക്കിടയിൽ ആകർഷണംമൂലം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഓരോ ഇലകൾക്കുണ്ടാലും നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ഉണ്ട്. ഇതിനെ പ്രോട്ടോണിലെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ആകർഷിക്കുന്നു. അതിനാലാണ് പ്രോട്ടോണുകളും ഇലകൾക്കുണ്ടാകാകൾക്കും മേൽ സംഖ്യയായിരിക്കുന്നത്. കൂടുതലൊരു ഇലകൾക്കാണ് ആറ്റത്തിൽ വന്നുചേർന്നാൽ അതിനെ ആകർഷിക്കാൻ ഉള്ള പ്രോട്ടോണിന്റെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിലെങ്കിൽ അതിന്റെ നില്ക്കില്ല.

അത് അവിടെനിന്ന് തെറിപ്പുപോവുകയും ചെയ്യും. ഒരു ചിട്ടയിൽ അറഞ്ഞു കെട്ടിയ കല്ലിനെ തലയ്ക്കുമുകളിൽ ചാറുമ്പോൾ ചാർച്ചെപ്പോട്ടിന്മേൽ 'സെൻറിഫ്രൂഗൽ' ഗതനീകരണം കല്ലു തെറിക്കുംപോലെ, ഇലക്ട്രോണും തെറിക്കുന്നു.

ഇലക്ട്രോണുകളെ ന്യൂക്ലിയസ്സു് ആകർഷിക്കുന്നതുകൊണ്ടു്, ഈ സമതുലനത്തെ അട്ടിമറിക്കാൻ കൂടുതൽ ഗതനീകരണങ്ങൾ ബാഹ്യഗതനീകരണങ്ങളിൽ, ഇലക്ട്രോൺ അതിന്റെ ദ്രവണപഥത്തിൽനിന്നു് തെറിപ്പുപോകുന്നു. അങ്ങിനെ വന്നാൽ ആററത്തിനകത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണം കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇലക്ട്രോണുകളെ പിടിച്ചെടുക്കാനുള്ള കഴിവു് പലതരം വസ്തുക്കളുടെ ആററങ്ങൾക്കും പലതരത്തിലാണു്. ചിലതിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ വേഗം വിട്ടുപോകും. സാധാരണ, ഇടത വസ്തുക്കളിൽത്തന്നെ ധാരാളം 'സ്വതന്ത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ' ഉണ്ടു്. ഇവ ന്യൂക്ലിയസ്സുമായി നേരിട്ടു് ബന്ധപ്പെട്ടവയായിരിക്കില്ല. ഇവയാണു് വെള്ളി, ചെമ്പു്, മുതലായ വിദ്യുച്ഛക്തിയെ വേഗം വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകുന്ന ലോഹങ്ങൾ. ഇൻസുലേറ്ററുകളിലാകട്ടെ, വിപരീതമാണു് നില. മെഴുകു്, സ്റ്റിക്കും, റബ്ബറു്, ശുദ്ധജലം ഇവയെല്ലാം വിദ്യുച്ഛക്തിയെ വഹിക്കാൻ കഴിയാത്ത വസ്തുക്കളാണു്.

ശുദ്ധജലത്തെ ഇൻസുലേറ്ററായിരിക്കാൻ കൂടുതൽ പെട്ടെന്നാണോ? വെള്ളത്തെപ്പറ്റിയായിലിരുന്നുകൊണ്ടു് റേഡിയോ ട്യൂബ് ചെയ്യാൻ മതി നിങ്ങൾ മരിക്കാൻ എന്ന് നിങ്ങൾ കേട്ടിരിക്കും. ഈ കഴപ്പത്തിന്നു കാരണം പരിശുദ്ധജലമെന്നതു് ഇല്ലാത്ത ഒരു വസ്തുവായതാണു്. ഇപ്പോൾ ചെയ്ത മഴവെള്ളംപോലും മാലിന്യങ്ങൾ (ലോഹഘടകങ്ങൾ, ചൊടിപടലങ്ങൾ) ചേർന്നവയാണു്. ഇവ ചേർന്നാൽ വെള്ളം നല്ലൊരു വിദ്യുൽവാഹകവസ്തുവാകുന്നു—ലോഹങ്ങളോളം നല്ല കണ്ടക്ടറാകുന്നില്ലെങ്കിലും.

നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുകളടിയ രണ്ടു ഇലക്ട്രോണുകൾ പരസ്പരം അകലുന്നു. അങ്ങിനെ ഒരു വസ്തുവിന്നു് ഉള്ള സ്വതന്ത്ര

മായ ഇലക്ട്രോണുകൾ വസ്തുവിന്റെ നാനാഭാഗത്തേയ്ക്കും വ്യാപി
 ക്ഷമാൻ ശ്രമിക്കുന്നു. വസ്തുവിന്റെ ഒരു പ്രത്യേകഭാഗത്തുവന്നു്
 അടിഞ്ഞുകൂടുകയല്ല ഇവ ചെയ്യുന്നത്—കാരണം, അങ്ങിനെ ഒരി
 കത്തുവന്നു കൂടിയാൽ അവ അകന്നുപോകും—ഒരു കാരണത്തിന്റെ
 സദൃശ്യവത്തായ ചെയ്യപോലെ. എന്നാൽ, ഒരു കൂർത്ത അറ്റത്തു്
 ഇലക്ട്രോണുകൾ വന്നു കൂട്ടുകയും—കാരണം, പിന്നിലുള്ള വിസ്താ
 രത്തോടുകൂടിയ ഭാഗത്തെ അസംഖ്യം ഇലക്ട്രോണുകൾ വന്നു് ഈ
 ഭാഗത്തേയ്ക്കുണ്ടാകുന്ന ഉന്മാദമുള്ളതാണിത്. ഇതിൽനിന്നു ഫ്രാങ്ക്ലിന്റെ
 പോയിൻറുകളെ സംബന്ധിച്ച കാര്യം—ന്റെ ഇലക്ട്രിക് പട്ട
 ത്തിൽ അദ്ദേഹം ഒരു കൂട്ടിച്ചു കമ്പിയുപയോഗിച്ചതു ശരിയായി
 രൂപപ്പെട്ടു എന്ന കാര്യം—മനസ്സിലാക്കാം.

ഒരു ബാറ്ററിയിലെ സെൽസിയാൻ—സെൽസിയാൻ്റെ അ
 ഗ്രന്ഥങ്ങളെ ബന്ധിച്ചുകൊണ്ടു് ഒരു ചെമ്പുകമ്പിയുണ്ടെന്നു കരുതുക.
 ചെമ്പു്, ധാരാളം ഇലക്ട്രോണുകൾ സ്വതന്ത്രമായിട്ടുള്ള വസ്തുക്കളി
 ലെന്നാണു്—ചെമ്പിൽ, ആറ്റങ്ങളിൽനിന്നു് എളുപ്പത്തിൽ ഇല
 ക്കോണുകളെ തള്ളിമാറ്റുകയും ചെയ്യും. കമ്പിയെ ബാറ്ററിയിലു
 മായി ബന്ധിച്ചിടുന്നതിന്നു മുമ്പു് കമ്പിപ്പു ചാഞ്ചുണ്ടാണല്ലോ—
 കാരണം അതിനകത്തെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെയും പ്രോട്ടോണുകളു
 ക്കുടെയും എണ്ണം തുല്യമാണു്. അവ പരസ്പരം തട്ടിക്കിടിച്ചുപോ
 കുന്നു. എന്നാലും അതിൽ ഇലക്ട്രോണുകളുണ്ടു്.

രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ കൂട്ടി ബാറ്ററി അതിനകത്തുനിന്നു്
 ഇലക്ട്രോണുകളെ വിട്ടുതലാക്കുന്നു—അവയെ സെൽസിയാൻ്റെ അഗ്ര
 ത്തിന്നു നല്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ ഇലക്ട്രോണുകൾ കമ്പിയിലെ
 ഇലക്ട്രോണുകളെ സമീപിക്കുന്നു—അവയെ ആട്ടി അകറ്റുന്നു.
 തൊട്ടടുത്തുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ഈ ആട്ടിയകറ്റലിന്റെ ശക്തി
 യിൽ ചലിക്കുന്നു—അടുത്തുള്ളവയെ തള്ളിമാറ്റുന്നു. ചില സമ
 യത്തു് ഇലക്ട്രോൺ ഒരു സ്വതന്ത്രഇലക്ട്രോണിനെ തള്ളിമാറ്റുന്നു.
 മറ്റൊരുകാരെ ഇലക്ട്രോൺ ഉണ്ടാകുന്നതിലൂടെ ചുറ്റിത്തരിയുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഈ ചലനം ഒരു വൈദ്യുതപ്രവാഹമാണ്.

ഒരൊറ്റ ഇലക്ട്രോണും കമ്പിയുടെ നിളം മുഴുവൻ സഞ്ചരിക്കുന്നില്ലെന്ന് ശ്രദ്ധിക്കുക. കാരോ ഇലക്ട്രോണും വളരെ കുറച്ചു ഊർജ്ജം പോകുന്നുള്ളൂ. പതുക്കെയാണ് ചലനം—1 മില്ലിമീറ്റർ വ്യാസമുള്ള ചെമ്പുകമ്പിയിൽക്കൂടി ഒരു മണിക്കൂറിൽ 14 അംഗുലം എന്ന തോതിൽ—ഒരു ആമ്പീറാണ് വിദ്യുൽധാരയെങ്കിൽ—മാത്രമാണതിന്റെ ചലനം.

എന്നാൽ വിദ്യുൽപ്രവാഹത്തിന് വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗമുണ്ട്. സെക്കൻഡിൽ 1,86,000 മൈൽ. ശബ്ദതരംഗങ്ങളെപ്പറ്റി പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ കൂടുതൽ പതുക്കെ പോകുന്ന അണുക്കളുണ്ടാക്കുന്ന തരംഗങ്ങളുടെ ആപേക്ഷികമായ വേഗത്തെപ്പറ്റി നാം പരാമർശിച്ചു. നിലത്തുകിടക്കുന്ന ഒരു വടിയുടെ ഒരറ്റത്തു് ഉന്തിയാൽ സംഭവിക്കുന്നതിനു തുല്യമായ ഒരു കാര്യമാണിതു്. പതുക്കെയാണു ഉത്തുന്നതെങ്കിലും വടിയുടെ മറ്റേ അറ്റം ഉടൻതന്നെ നിങ്ങളുണ്ടല്ലോ.

ഇലക്ട്രിസിറ്റി എന്നതു് ഇലക്ട്രോണുകളിൽനിന്നുണ്ടായതാണെന്നു മനസ്സിലാക്കിയാൽ ഫ്രാക്റ്റിൽ പോസിറ്റീവ് എന്നും, നെഗറ്റീവ് എന്നും തെറ്റായി പേർ വിളിച്ചതിനുള്ള കാരണവും കാണാം. പോസിറ്റീവിൽനിന്നു് നെഗറ്റീവിലേയ്ക്കുമാണു് വിദ്യുച്ഛക്തി കഴുകുന്നതെന്നാണു് അദ്ദേഹം വിചാരിച്ചതു്—മറിച്ചാണു് വാസ്തവമെങ്കിലും. വിദ്യുൽപൃത്തങ്ങളുടെ ചിത്രങ്ങൾ വരയ്ക്കുന്നതിലുപയോഗിച്ചു് ആ പഴയ മരുന്നുകൾ ഉപയോഗിച്ചാണു്—പോസിറ്റീവിൽനിന്നു് നെഗറ്റീവിലേയ്ക്കു്. പ്രായോഗികമായി ഇതുകൊണ്ടു വ്യത്യസ്തമാണെന്നു വരുമ്പോൾ—കാരണം, വിദ്യുച്ഛക്തിയുടെ വേഗം അത്രയ്ക്കു ധികമാണു്. ചെറിയ സമയത്തിന്റെയൊന്നും വ്യത്യസ്തം അതിനെ ബാധിക്കുന്നില്ല.

നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുണ്ടു പദങ്ങളാൽ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ അമിതമായ വിന്തിലുകാരണാണു്—അതേ വസ്തുവിൽ പ്രോട്ടോണുക

ഉടെ എണ്ണാതെയി രാരതമ്യപ്പെടുത്തിയിട്ടാണിതു പറയുന്നത്. പോസിറ്റീവ് ചാർജിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ വേണ്ടത്ര ഇല്ലായ്മയുണ്ടാവും—പ്രേട്ടോണുകളെ അപേക്ഷിച്ച്. ഒരു വസ്തുവിൽനിന്നു ഇലക്ട്രോണുകൾ നീങ്ങിപ്പോയാൽ, അതിൽ ഇലക്ട്രോണുകളേക്കാളധികം പ്രോട്ടോണുകളാണ് ഉണ്ടായിരിക്കുക. തൽഫലമായി നെഗറ്റീവിനെക്കാൾ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജാവും അതിനാണ്ടാവുക.

ഫ്രാങ്ക്ളിന്റെ ചങ്ങാതിമാർ അദ്ദേഹത്തിന്റെ പരീക്ഷണത്തിൽ വേണ്ട സഹായം നൽകി. A ഒരു സ്റ്റിക്കിടുകുഴലിനെ സിദ്ധകൈകൾ ഉരസിയപ്പോൾ ഉണ്ടായ കാര്യത്തെപ്പറ്റി ഫ്രാങ്ക്ളിന്റെ വിശദീകരണം ശരിയായിരുന്നു. വിദ്യുച്ഛക്തിയുടെ ഗതി അദ്ദേഹം വിവക്ഷിച്ചതിന്നു വിപരീതമായിരുന്നുവെന്നു മാത്രം.

എതുവഴിക്കാണ് വിദ്യുച്ഛക്തി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് എന്നു ഫ്രാങ്ക്ളിനറുടായായിരുന്നെങ്കിൽ അദ്ദേഹം പറയുമായിരുന്നത് A—സ്റ്റിക്കിടുകുരസിയതിന്നുശേഷം—പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ളവനായിരിക്കുമെന്നായിരുന്നു. പകരം പറഞ്ഞതു നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ളവനാകുമെന്നാണ്. പിന്നീടുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പറയുമായിരുന്നു, ഇലക്ട്രോണിനു പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജും, പ്രേട്ടോണിനു നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുമാണുള്ളതെന്ന്—ഇതു ശരിയുമായിരുന്നു. പക്ഷെ, എല്ലാവരും ഫ്രാങ്ക്ളിന്റെ നാമകരണത്തെ പിന്തുടന്നു. ഒരു ഇലക്ട്രോൺചാർജിനെ നെഗറ്റീവ് എന്നു പറയുമ്പോൾ ഫ്രാങ്ക്ളിന്റെ പഴയ പരീക്ഷണത്തിൽ A—ഏഴ് നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജാണ് ലഭിക്കുന്നതെന്ന വിശദീകരണത്തോടു് നാം ഇപ്പോഴും യോജിക്കുന്നുവെന്നാണർത്ഥം.

ഫ്രാങ്ക്ളിന്റെ പരീക്ഷണത്തിന്റെ ആധുനികവിശദീകരണം രാഷ്ട്ര ട്രാവേഴ്സിഡായിരിക്കും: സിസ്റ്റീലും ഗ്ലാസ്സിലുമുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടേയും ഇലക്ട്രോണുകളുടേയും ആപേക്ഷികമായ സംഖ്യയും ക്രമീകരണവും ഒരു പ്രത്യേകതരത്തിലാണ്. ഗ്ലാസിനേൽ സിസ്റ്റീലെച്ചു് ഉരസുമ്പോൾ ഗ്ലാസിൽനിന്നുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ സിസ്റ്റീലേയ്ക്കു വ്യാപിക്കുന്നു—അവിടെനിന്നു് കയ്യിലേയ്ക്കും. ഇതുപോലാണു്

മി: A-യുടെ ശരീരത്തിന് ആവശ്യത്തിലധികം ഇലക്ട്രോണുകൾ ലഭിച്ചു—ഗ്ലൂസുകൾക്കിടയിൽ അതു കുറവായി. അങ്ങനെ അയാൾക്കു നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ലഭിച്ചു. മി: B ഗ്ലൂസിനെ തൊട്ടപ്പോൾ അയാളുടെ ശരീരത്തിൽനിന്നും ഇലക്ട്രോണുകൾ ഗ്ലൂസിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകാരണം അങ്ങോട്ട് ആകർഷിക്കപ്പെട്ടു. ഗ്ലൂസുകൾക്കിടയിൽ വീണ്ടും വേണ്ടത്ര ഇലക്ട്രോണുകൾ ലഭിച്ചു; എന്നാലിപ്പോൾ മി: P-യ്ക്ക് ഇലക്ട്രോണുകൾ കമ്മിയാകുന്നു—അങ്ങനെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജിലാണയാൾ നിന്നത്.

തലമുടിയിൽക്കൂടി പോകുന്ന ചീർപ്പ്—അല്ലെങ്കിൽ ചീപ്പിനെ രോമത്തൂണിനെക്കൊണ്ടുരസിയായും മതി—തലമുടിയിൽനിന്നോ രോമത്തൂണിയിൽനിന്നോ ഇലക്ട്രോണുകളെ സ്വീകരിക്കുന്നു. അങ്ങനെ അതിന് നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് കിട്ടി. തലമുടി ഇതിന്റെ ഫലമായി പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ളതായി—തലനാൾകൾ ചീപ്പിപ്പോൾ ഉയരുകയും ചെയ്യും. ഇതേമാതിരിത്തന്നെ ചാർജ്ജ്ചെയ്യപ്പെട്ട രണ്ടാമതൊരു ചീപ്പിനെ നോക്കിപ്പിന്നടത്തു കൊണ്ടുവന്നാൽ രണ്ടു ചീപ്പിലുമുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ആധിക്യംകാരണം അവ പരസ്പരം അകന്നുപോകുന്നു.

ഒരു ചീപ്പിന് വിദ്യുച്ഛക്തി ലഭിക്കാതിരിക്കുകയും, മറ്റൊന്നിന് ശക്തിയായ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് ലഭിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, പരസ്പരം അകലുന്നതിനുപകരം അവ ആകർഷിക്കപ്പെടുകയാണു ചെയ്യുന്നത്. അവ തമ്മിലടുക്കുമ്പോൾ ചാർജ്ജ്നേടിയ ചീപ്പിന്റെ ഇലക്ട്രോണുകൾ ചാർജ്ജ്ലഭിക്കാത്ത ചീപ്പിലെ ഇലക്ട്രോണുകളെ ചീപ്പിന്റെ അങ്ങേയറ്റത്തേയ്ക്ക് തള്ളിനീക്കും. അതിന്റെ ഫലമായി ചാർജ്ജുള്ള ചീപ്പിനോടു തൊട്ടുകിടക്കുന്ന (ചാർജ്ജ്ലാത്ത) ചീപ്പിന്റെ ഭാഗത്തിന് പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് കിട്ടും. ഇങ്ങനെ പ്രേരിപ്പിക്കപ്പെട്ട പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജ് നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള ചീപ്പിനെ ആകർഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഈ അദ്ധ്യായത്തിന്റെ തുടക്കത്തിൽ വിദ്യുച്ഛക്തിയും കാനത ശക്തിയും ഇരട്ടപൊര സഹോദരന്മാരാണെന്നു നാം പറഞ്ഞു. ഒരു കടലാസ്സറിന്റെ ചുവട്ടിലൊരു കാനതം വെച്ച് കടലാസ്സിൽ ഇരുമ്പു പൊടി വീതറിയാൽ, ഇരുമ്പുപൊടി കാനതമണ്ഡലത്തിന്റെ ശക്തി രേഖകൾക്കനുസരിച്ചാണ് ചെന്നു അണിനിറങ്ങുന്നത്.

ഗവേഷകന്മാർ അവസാനം ഒരു കാര്യം കണ്ടുപിടിച്ചു: ഒരു കമ്പിയിൽക്കൂടി വിദ്യുച്ഛക്തി പ്രവഹിക്കുമ്പോൾ, കമ്പിക്കുചുറ്റും അതൊരു കാനതമണ്ഡലത്തെ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഒരു വൈദ്യുതകമ്പി വൃടെ അടുത്തുവെച്ച കാനതസൂചി കമ്പിയുടെ ദിശയ്ക്കു് 90 ചെരിഞ്ഞുണ്ടു് തിരിയുക.

ഇംഗ്ലണ്ടിലെ മൈക്കൽ ഫാരഡേ, അമേരിക്കയിലെ ജോസഫ് റെറൻറി, ഇവർ യഥാർത്ഥത്തിൽ കാനതശക്തിയെ വിദ്യുച്ഛക്തിയാക്കി മാറുകതന്നെ ചെയ്തു. ലോകത്തിലുള്ള എല്ലാ ഇലക്ട്രിക് ജനറേറ്ററുകളുടേയും, ഇലക്ട്രിക് മോട്ടോറുകളുടേയും തത്പമാണിതു്.

ഇരുമ്പും പരസ്പരമറിയാതെ മിക്കവാറും ഒരേമാതിരി പരീക്ഷണങ്ങളാണ് നടത്തിയതു്. അവർ കമ്പിച്ചുരുളുകളുണ്ടാക്കി— ഈ ചുരുളിന്റെ രണ്ടറ്റങ്ങളും ഒരു ഉപകരണവുമായി ഘടിപ്പിച്ചു— ചുരുളിൽക്കൂടി വിദ്യുച്ഛക്തി പ്രവഹിക്കുന്നുണ്ടോ എന്നു പരീക്ഷിക്കാൻ. തുടക്കത്തിലൊന്നുണ്ടായിരുന്നില്ല—കാരണം കമ്പിച്ചുരുളിലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ ചലിക്കാനായി അതിനെ ഒരു ബാറ്ററിയുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തിയിരുന്നില്ല. എന്നാൽ കമ്പിച്ചുരുളിനകത്തു് ഒരു കാനതത്തെ ഇറക്കിയാൽ, എന്നിട്ടു് ആ കാനതത്തെ മുമ്പോട്ടും പിന്നോട്ടും ചലിപ്പിച്ചാൽ, ഉപകരണത്തിൽ കമ്പിച്ചുരുളിൽക്കൂടി വിദ്യുച്ഛക്തി പോകുന്ന തരത്തിലുള്ള ചലനമുളവായി.

വിപരീതവും കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടു. കമ്പിയിൽക്കൂടി വിദ്യുച്ഛക്തി പോകുമ്പോൾ, കമ്പിച്ചുരുളിൽ ഒരു പച്ചയിരുമ്പിൻകഷണം വെച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ പച്ചയിരുമ്പിനു് കാനതശക്തി കിട്ടും. കമ്പിക്കു

ചന്ദ്രം ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ട കാന്തമണ്ഡലം ഇരുമ്പിൽക്കൂടി ചോക്രവും അതിനകത്തുള്ള അണുക്കളെ തലങ്ങും വിലങ്ങുമായി ക്രമീകരിക്കുകയും ചെയ്തപ്പോൾ, ഓരോ അണുവിന്റേയും ഉത്തരധ്രുവങ്ങൾ എല്ലാം ഒരേ വശത്തേയ്ക്കു തിരിഞ്ഞു—ദക്ഷിണധ്രുവങ്ങൾ എതിർ വശത്തേയ്ക്കും. വിദ്യുൽപ്രവാഹം ഇല്ലാതാക്കിയപ്പോൾ അണുക്കൾക്കു ക്രമീകരണം നഷ്ടപ്പെട്ടു—ഇരുമ്പിനാകെവയ്ക്കു കാന്തശക്തി പെട്ടെന്നങ്ങോട്ടില്ലാതാവുകയും ചെയ്തു. വ്യവസായത്തിൽ ഇലക്ട്രിക് ട്രെയിനുകൾ ഈ തത്വപ്രകാരമാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്.

പരിഷ്കരിച്ച ഈടുശങ്ങളായ ഇലക്ട്രോമാഗ്നറ്റുകൾ നമുക്ക് പല നിലയ്ക്കും ഉപകരിക്കുന്നു. ഒരു കൂററൻ ട്രെയിനിന്റെ കൂടെ ഘടിപ്പിച്ച വിദ്യുൽക്കാന്തത്തിന് അനവധി ടൺ ഇരുമ്പിനെ ഉയർത്തുവാൻ കഴിയും—അതിനെ ഒരു റെയിൽവെ ട്രക്കിലേയ്ക്കു് ഉയർത്താനും, കറൻറ നിർത്തിയാൽ ഭാരത്തെ ശരിയായ സ്ഥാനത്തു് നിക്ഷേപിക്കാനും അതിനു കഴിയും. ഒരു ചെറിയ വിദ്യുൽക്കാന്തത്തിന് പ്രവേശനദ്വാരത്തിൽ വെച്ചു ഒരു മണി അടിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. ഒരു ബട്ടനമർത്തിയാൽ വിദ്യുച്ഛക്തി കമ്പിച്ചുരുളിലേയ്ക്കു് കടക്കുകയും ചുരുളിന്റെ നടുവിലുള്ള ഇരുമ്പു് ഒരു കാന്തമായിത്തീരുകയും, ഈ കാന്തം മണിയടിക്കുന്ന ലോഹത്തകിടിനെ ആകർഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങിനെയാണ് മണിയൊച്ച കേൾക്കുന്നത്. ടെലിഗ്രാഫിലും (കമ്പിയടിക്കുവാൻ) ഇതേ തത്വമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

റേഡിയോവിലേയും ടെലിവിഷനിലേയും ലൗഡ്സ്പീക്കറിൽ, കമ്പിച്ചുരുളിലേയ്ക്കു് റേഡിയോതരംഗങ്ങൾവഴി ലഭിക്കുന്ന വിദ്യുച്ഛക്തിയുടെ ഏറ്റക്കുറവനുസരിച്ചു വിദ്യുൽക്കാന്തത്തിന്റെ ശക്തി കൂടുകയോ കുറയുകയോ ചെയ്യുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി അതിലെ ഡയാഫ്രം സ്വന്ദിക്കുന്നു—ഇതു് വായുക്കണങ്ങളെ ചെന്നുമുട്ടി ശബ്ദമുണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

പാഠശാലയുടേയും ഹെൻറിയുടേയും പുണ്യചിന്താശാലകൾ ശേഷം (കാൻസൽവർട്ടി എങ്ങിനെയാണോ വിദ്യുച്ഛക്തിയാക്കി മാറ്റുന്നതെന്നതിനെപ്പറ്റി) പ്രായോഗികമായി ഇലക്ട്രിക് മോട്ടോറുകളുടേയും, ജനറേറ്ററുകളുടേയും നിർമ്മാണം പഠിപ്പിക്കാൻ ഒരു പ്രശ്നം മാത്രമായിരുന്നു. വിദ്യുച്ഛക്തി 'നിർമ്മാണം'ത്തിനുള്ള ഒരു ജനറേറ്റർ മുഖ്യമായും ഒരു കമ്പിച്ചുരുളാണ്. ഈ കമ്പിച്ചുരുളെ ഒരു കാൻസൽവർട്ടിൽ 90° ചെരിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. കമ്പിക്കുറുത്തു വിദ്യുച്ഛക്തി പ്രവഹിക്കുന്നു. ഈ പ്രവാഹത്തെ കമ്പിയിൽ കൂട്ടി വീടുകളെ പ്രകാശിപ്പിക്കുവാനും ഫാക്ടറികളിൽ ഇലക്ട്രിക് മോട്ടോറുകളെ പ്രവർത്തിപ്പിക്കുവാനും അയയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഏതായാലും കാൻസൽവർട്ടിയിൽക്കിടന്ന തിരിയുന്ന കമ്പിച്ചുരുളിന് തിരിയാനാവശ്യമായ ശക്തി എവിടെനിന്നെങ്കിലും കിട്ടണം. ജലശക്തിയെ—ഒഴുകുന്ന വെള്ളത്തിന്റെ ശക്തിയെ—ഒരു ടർബൈൻ തിരിക്കുന്നപയോഗിക്കുന്നു. ഈ ടർബൈനാണ് കമ്പിച്ചുരുളിനെ തിരിക്കുന്നത്. കമ്പിച്ചുരുളിന്നിടവശത്തും ഓരോ വലിയ കണ്ടമുണ്ടു്. അങ്ങിനെ വിദ്യുച്ഛക്തിയുണ്ടാവുന്നു. മറ്റുള്ളവർ സ്റ്റേഷനുകളിൽ ആവിയുപയോഗിച്ചാണ് ടർബൈൻ തിരിക്കുന്നതെന്നുമാത്രം. ബോയിലറുകളിൽ കല്ലുരി കത്തിച്ചോ, അറോമിക് പവർസ്റ്റേഷനുകളിൽ ന്യൂക്ലിയാർ ശക്തിയിൽനിന്നുള്ള ചൂടുപയോഗിച്ചോ ആവിയുണ്ടാക്കുന്നു. ഡിസൽ-ഇലക്ട്രിക് ഏഞ്ചിനിൽ ഏണ്ണ കത്തിയുണ്ടായ ചൂടിനെ യാന്ത്രികശക്തിയാക്കി മാറ്റുകയും, അതു് ഒരു ടർബൈനെ തിരിപ്പിക്കുകയും, ഇതോടുകൂടി കാൻസൽവർട്ടിൽ തിരിയുന്ന കമ്പിച്ചുരുളെ യാന്ത്രികശക്തിയെ വിദ്യുച്ഛക്തിയാക്കി മാറ്റുകയും, ഈ വിദ്യുച്ഛക്തിയുപയോഗിച്ചു് ഏൻജിന്റെ ഇലക്ട്രിക് മോട്ടോറും മറ്റുള്ളും തിരിയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു ജനറേറ്ററിന്റെ നേരെ വിപരീതമാണു് ഒരു ഇലക്ട്രിക് മോട്ടോർ. ഒരു ബാറ്ററിയിൽനിന്നോ ജനറേറ്ററിൽനിന്നോ ഉള്ളു് ശക്തി കമ്പിച്ചുരുളിലേയ്ക്കു് പോകുന്നു. ഇതു് അവിടെ ഒരു

വിദ്യാർത്ഥികൾക്കിടയിൽ സൃഷ്ടിക്കുന്ന. സ്ഥിരകാലങ്ങളുടെ കഠിന
 മേധാവിത്വം പുറമെ ഈ താല്പരക കഠിനമേധാവിത്വം ചേര
 ന്നോടുകൂടി, കമ്പിളിമൂലം തിരിയുന്ന—അങ്ങിനെ വിദ്യാർത്ഥികൾ, ആ
 ചുരുങ്ങിയ വട്ടത്തിൽ തിരിയുന്ന യാത്രികശാലയിലായി മാറുന്ന
 ഒരു വാക്യം ക്ലിനിക്കൽ ചുരുങ്ങിയതും, ഒരു ഡിസ്ട്രിബ്യൂഷൻ
 മോട്ടോറിന്റെ ചക്രങ്ങളെ ചുരുങ്ങിയതും ഈ തിരിയുന്ന കമ്പിക
 ഉമാണ്.

രണ്ടു ആറുണ്ടുമ്പോൾ ഫ്രീക്വൻസിന്റെ ലൈറ്റ് സിസ്റ്റം വഴി
 കണ്ടുപിടിച്ചപ്പോഴുണ്ടായ അതുതന്നെമാനം ഇന്ന് വിദ്യാർത്ഥികൾക്കിടയിൽ
 പറ്റി കേൾക്കുമ്പോൾ നമുക്കില്ല. അത്രയും വിപുലമായ രോഗി
 ലാണ് നാമിന്ന് വിദ്യാർത്ഥികൾ ഉപയോഗിക്കുന്നത്. എങ്കിലും
 പ്രപഞ്ചത്തിലെ അതുതന്നെകൂടെ നേർക്കുള്ള ഏതു സമീപനവും
 നമ്മെ വിദ്യാർത്ഥികൾക്കിടയിലേയ്ക്ക് തിരിച്ചുകൊണ്ടുപോകുന്നു. കാരണം,
 എല്ലാ വസ്തുക്കളുടേയും ശക്തിയുടെ അടിസ്ഥാനം വിദ്യാർത്ഥികൾക്കിടയിൽ
 ഉണ്ടല്ലോ.

എന്നാലും ആറുതന്നെകൂടെ ഇതിനേക്കാൾ ശക്തിയുള്ള
 കണ്ണുണ്ട്—അന്തരീക്ഷ ന്യൂക്ലിയസ്സ്.

മെൻറിബ് ക്യാമ്പും

റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് പാഠവും

ഗലീലിയോവിൽനിന്നാരംഭിച്ച ആധുനിക ശാസ്ത്രീയരീതി പല അതുതഫലങ്ങളുണ്ടുവാക്കി. 1890 ആവുമ്പോഴേയ്ക്കും, ഇനി കൂടുതലൊന്നുമില്ല കണ്ടുപിടിക്കാനായിട്ട് എന്നൊരു ധാരണയിലാണ് പല ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും എത്തിച്ചേർന്നത്.

നാമിതുവരെ പഠിച്ച ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളും— നമുക്ക് പഠിക്കാൻ സൗകര്യം ലഭിക്കാത്ത എത്രയെത്രയോ ആളുകളുടെ പ്രയത്നവും— പ്രകൃതി എങ്ങിനെയൊണ് പ്രവർത്തിപ്പിക്കുന്നതെന്നതിനെപ്പറ്റിയും ഞാൻ ഏതുവിധമാണെന്ന ഒരു വിശദീകരണം നല്ലൊന്നുള്ള കഴിവിനെപ്പറ്റിയുമുള്ളതായിരുന്നു. പഠിക്കാനുള്ളതിന്റെ എല്ലാ മുഖ്യ ഘടകങ്ങളും പഠിച്ചുകഴിഞ്ഞു എന്ന സ്ഥിതിയിലാണ് മനുഷ്യനെത്തിച്ചേർന്നത്.

ഇതിനകംതന്നെ, വസ്തു എന്നത് അവിഭാജ്യമായ വളരെ ചെറിയ ആറ്റങ്ങളെക്കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയതാണെന്ന കാര്യം പല പരീക്ഷണങ്ങളും സ്ഥിരീകരിച്ചിരുന്നു. ആറ്റങ്ങൾക്കു വിശദീകരിക്കുവാൻ വയ്യാത്തത്, വിദ്യുൽക്കാന്തതരംഗങ്ങൾക്കു സാധിക്കുകയും ചെയ്തു. സ്റ്റോട്ടിങ്ങ് ഭൗതികശാസ്ത്രനായ ജെയിംസ് ക്ലാക്ക് മ. സ്ലീവെൽ പ്രവചിച്ചു, ഒരു സ്പന്ദിക്കുന്ന വൈദ്യുത ചാർജിന് ശക്തിതരംഗങ്ങളെ പ്രസരിപ്പിക്കുവാൻ കഴിയുമെന്ന്. ജർമ്മനിയിലെ ഹെൻറിച്ച് ഹെർട്ട്സാകളെ വിദ്യുൽകാന്തതരംഗങ്ങളെ ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്തു.

ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരിലൊരാൾ ശാന്തമായിരുന്നു!

പിന്നീടാണ് ശാസ്ത്രഗതികളെ വിട്ടു തിരച്ചെടുത്തു കൂടിയത്. ഇനിയും കണ്ടുപിടിക്കാത്ത എത്രയെത്രയോ കാര്യങ്ങളുണ്ടെന്ന് വ്യക്തമായി. മാത്രമല്ല, ഏറ്റവും പ്രധാനമായ പല ശാസ്ത്രനിയമങ്ങളും ഒന്നുകിൽ ഭീമാവൃക്ഷങ്ങളോ, അല്ലെങ്കിൽ ചെറിയ ചെറിയ കല്ലോ ആണെന്നുള്ള സംശയം പ്രചരിക്കുകയും ചെയ്തു. പഴയ നിരീക്ഷണങ്ങളെ അവ ഭംഗിയായി വിശദീകരിച്ചു—എന്നാൽ, പുതിയ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുവാനിവിടെ കഴിഞ്ഞില്ല. കൂടുതൽ സമർത്ഥമായ ഉപകരണങ്ങളും, ഗവേഷണ സംകരണങ്ങളും ഉപയോഗിച്ചതിന്റെ ഫലമായാണ് (ചിലപ്പോൾ തികച്ചും ആകസ്മികമായും) ഈ പുതിയ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളുണ്ടായത്.

അതിനുശേഷമുള്ള അറുപതിലേറെ വർഷങ്ങൾ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളുടെ ഒരു സുവർണ്ണദശയായിരുന്നു—ഇന്നും അതങ്ങിനെയാണ്. അറുപതാണ്ടുകൾക്കപ്പുറം, ഇപ്പോഴും, 1890-ലെ ആത്മസംതൃപ്തിയുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരേക്കാളെത്രയോ അധികം ആശയക്കുഴപ്പത്തിലാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നില്ക്കുന്നത്.

1890-നെ തുടർന്നുള്ള കൊല്ലങ്ങളിലായി ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ഈ അലംഭാവത്തിന്റെ നേരെ വെച്ചു കനാമത്തെ ബോധവാണ് എക്സ്പ്ലോഷൻ കണ്ടുപിടുത്തം. ആരും ഇതുവരെ പ്രതിഷ്ഠിക്കാത്ത കരുതനം റേഡിയേഷനായിരുന്നു ഇത്. ആകസ്മികമായിട്ടാണ് ജർമ്മൻ ഫിസിക്കൽ പ്രൊഫസറായ വില്യം റോണ്ട്ജൻ ഈ കണ്ടുപിടിച്ചത്. താണമർദ്ദങ്ങളിൽ വിദ്യുച്ഛക്തി വാതകമായി ഡിസ്ചാർജ്ജ് ചെയ്യുന്നതിനെപ്പറ്റി അദ്ദേഹം ചെയ്ത പരീക്ഷണത്തിൽ, കറുത്ത ഒരു കടലാസുകൊണ്ട് ഒരു ഇരുട്ടുമുറിയിലെ ഡിസ്ചാർജ്ജ് കഴലിനെ മൂടിയിരുന്നു. അദ്ദേഹം ഒരു ഫ്ലൂറോസെൻ്റ് സ്ക്രീനുകളായിരുന്നു. അടുത്തമനുപായട്ടെ, സ്ക്രീൻ മിന്നിത്തളങ്ങുവാൻ തുടങ്ങി. കറുത്ത കടലാസിൽക്കൂടി വരാൻപറിയ ഈ വസ്തു എന്തായിരിക്കണം? കാണാൻപര്യാപ്തപിധം ഇരുട്ടുമുറിയിൽക്കൂടി അതു പോവുകയുംചെയ്തു—സ്ക്രീനിനു തിളക്കം ഉണ്ടാ

കുറയും ചെയ്തു. എന്താണതെന്നു റോണ്ട്ജൻ മനസ്സിലാവാതെ ഇരിക്കാൻ 'X-റേ' എന്ന് അതിനു പേരിട്ടു. ആൽബിബ്രാൻക്സ് X എന്നത് അറിയപ്പെടാത്തതിനുള്ള ഒരു ചിഹ്നമാണ്.

പലതരം വിദ്യുൽക്കാന്തതരംഗങ്ങളിൽ ഒന്നാണ് എക്സ്റേ എന്നു പിന്നീടു തെളിഞ്ഞു. ഉഷ്ണതരംഗങ്ങളും പ്രകാശതരംഗങ്ങളും ഒരേവിധമാണ്—പ്രകാശതരംഗത്തിനു നീളം കുറയുമെന്നുമാത്രം. ഉഷ്ണതരംഗങ്ങൾ റേഡിയോവേവുകളെപ്പോലെയാണ്—പക്ഷെ നീളം കുറയും. എക്സ്റേ പ്രകാശതരംഗങ്ങളെപ്പോലെയാണ്— അവയേക്കാൾ നീളം കുറവുണ്ടെന്നുമാത്രം. തരംഗങ്ങളുടെ നീളം കുറവും അവയുടെ തീക്ഷ്ണതയുടെ ആധിക്യവും കാരണം കണ്ണുകൊണ്ട് അവയെ കാണാൻ കഴിയുന്നില്ല. സാധാരണ വെളിച്ചം കടക്കാത്ത പല വസ്തുക്കളിൽ കൂടിയും ഈ രശ്മികൾ കടക്കാൻ കാരണമിതാണ്. എക്സ്റേയുടെ സഹായത്താൽ നിങ്ങളുടെ ഡോക്ടർ ശരീരത്തിനകത്തേയ്ക്കു നേരിട്ടു നോക്കി എന്താണ് കേടെന്നു കണ്ടുപിടിക്കാം. എക്സ്റേയെ കാണാനയാൾക്കു കഴിയില്ലെങ്കിലും അവയുണ്ടാക്കുന്ന ഹായകൾ ഒരു സ്ക്രീനിലോ, ഫോട്ടോഗ്രാഫിക്ഫിലിമിലോ അയാൾക്കു കാണാം. 1895-ൽ റോണ്ട്ജൻ എക്സ്റേ കണ്ടുപിടിച്ചു മൂന്നു മാസം കഴിയും മുമ്പുതന്നെ അത് ആസ്പത്രികളിലുപയോഗിക്കുവാൻ തുടങ്ങിയത്രെ.

അക്കാലത്തെ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെ—കൂടുതൽ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങൾ പ്രതീക്ഷിക്കാതിരിക്കുവാനിരുന്ന അവർ—ഈ പുതിയ രശ്മികൾ വിഷമിച്ചിട്ടില്ല. പക്ഷെ, അത് ഒരു തുടക്കമാത്രമായിരുന്നു.

പിന്നീടു് ഒരു കൊല്ലം കഴിഞ്ഞു. മറ്റൊരു കണ്ടുപിടുത്തം—'കാത്തോഡ്റേ' എന്നു പറയുന്ന ഒരുതരം ഇലക്ട്രിക്കൽ ഡിസ്ചാർജ്ജായി ഒരു പ്രത്യേകവസ്തു ബന്ധപ്പെട്ടാൽ എക്സ്റേയുണ്ടാവുന്നുണ്ടെന്നു റോണ്ട്ജൻ കണ്ടു. ഇതെന്താണെന്ന് അദ്ദേഹത്തിന് അറിവില്ലായിരുന്നു—ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ഒരു പ്രവാഹമാണ് കണ്ടുപിടുത്തം. തപരിതരമാണെന്നു ഇലക്ട്രോണുകൾ ആ

വസ്തുവിലെ ആറ്റങ്ങൾ ആവേശംകൊള്ളിപ്പിച്ചു—ഇതിൽനിന്നാണ് അതിർക്കുടമായ എക്സ്പ്ലോഷൻ ഉണ്ടായത്.

എല്ലാ വസ്തുക്കളും ഇങ്ങിനെ കാര്യങ്ങൾക്കുശ്രദ്ധയോടെ ചേർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുമ്പോഴാണ് എക്സ്പ്ലോഷൻ ഉണ്ടാവുകയോ? എക്സ്പ്ലോഷൻ, ആ രശ്മി തട്ടിയപ്പോൾ മിന്നിത്തീർന്നുണ്ടെന്നു ഹൈഡ്രജൻ വസ്തുക്കളുടെയെല്ലാംകൊണ്ടുണ്ടാകുന്നു. ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണു നായ റെഡൻറി ബാഹ്യരീതിയിൽ ഇതിനെപ്പറ്റി ഗവേഷണം തുടങ്ങി—റേഡൻ-ജൻ തന്റെ കണ്ടുപിടുത്തം പ്രഖ്യാപിച്ച ഉടൻതന്നെയാണിത്.

കാര്യങ്ങൾക്കുശ്രദ്ധയോടെ ചേർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുമ്പോൾ കരുതിയ ഒരു വസ്തു ഡിഫ്രാക്റ്റിവിറ്റിയിൽ തീർന്നുണ്ടെന്നു ഒരു ലവണമായിരുന്നു. അപ്പോഴാണ് മറ്റൊരു തരം സംഭവങ്ങളായത്. ബാഹ്യരീതിയിൽ ലാബറട്ടറിയിൽ ചില ഫോട്ടോഗ്രാഫിക്സ് എടുത്തുകൊണ്ടുണ്ടായിരുന്നു. അവയെ വെളിച്ചംകൊണ്ടുതീർന്നുവെച്ചപ്പോൾ തടിച്ചുകൊണ്ടുണ്ടായിരുന്നു. എങ്കിലും, ബാഹ്യരീതിയിൽ തന്റെ റേഡിയേഷൻ വെളിച്ചംകൊണ്ടുണ്ടാകുന്നില്ലെന്നു തോന്നിപ്പോയി, അവയെല്ലാം തന്റെ റേഡിയേഷൻ കൊണ്ടുണ്ടായിരുന്നു.

ഇങ്ങിനെയാണു് സംഭവിച്ചിരിക്കുക? കാണപ്പെടുന്ന പ്രകാശമെന്നും അതിന്റെ എത്തിയിരുന്നില്ല. എക്സ്പ്ലോഷൻ അവയെ മങ്ങിപ്പിക്കുക കഴിയും. എന്നാൽ ആ ലവണത്തെ കാര്യങ്ങൾക്കുശ്രദ്ധയോടെ ചേർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുമ്പോൾ—അതിൽ എക്സ്പ്ലോഷൻ വാൻ വഴിയില്ലല്ലോ. ഈ അപകടം വീണ്ടും ഉണ്ടായില്ല. അതുതന്നെ സംഭവിച്ചു. ഒരൊറ്റ ഉത്തരമുണ്ടാവുവാൻ വിചാരിച്ചു. ഡിഫ്രാക്റ്റിവിറ്റിയിൽ ലവണത്തിൽനിന്നു് എക്സ്പ്ലോഷൻ, അല്ലെങ്കിൽ അതിനെപ്പോലെയാണെന്നു കരുതിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുണ്ടു്. അങ്ങിനെയാണു് റേഡിയേഷൻ ആക്റ്റിവിറ്റി കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടതു്. മറ്റൊരു വസ്തുക്കളും ഇങ്ങിനെയാണു് ചെയ്യാവുന്നതായി കണ്ടുപിടിച്ചു. ഹിസ്റ്ററി, മേരിക്ലറിയും പൂരിയം റേഡിയേഷൻ ആക്റ്റിവിറ്റിയെക്കണ്ടു—റേഡിയേഷൻ ചെയ്യാവുന്നതായി കണ്ടുപിടിക്കുകയുണ്ടായി.

ഈ വാസ്തുക്കളിൽനിന്നുള്ള റേഡിയേഷൻ മൂന്നുതരത്തിലാണു് ഉള്ളതെന്ന് അനന്തരഗവേഷണങ്ങൾ തെളിയിച്ചു. ഗ്രീക്ക് അക്ഷരമാലയിലെ ആദ്യാക്ഷരങ്ങളായ ആൽഫ, ബീറ്റാ, ഗാമ എന്നീ അക്ഷരങ്ങളാലാണ് അവ അറിയപ്പെടുന്നത്. റീഡിയം ആറ്റങ്ങളെപ്പോലെയുള്ള കണങ്ങളാണ് ആൽഫാപ്രകാശങ്ങളിലുള്ളത്—പക്ഷെ, പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജാണെന്നുമാത്രം. വേറൊരുതരം കാര്യമാണ് ഗാമപ്രകാശങ്ങൾ (അതായത് ഇലക്ട്രോണുകളുടെ) ബീറ്റാപ്രകാശങ്ങൾ. ഗ്രഹാഗതരംഗങ്ങളായോ എക്സറേയോപ്പോലെയോ വിദ്യുത്കാന്തരംഗങ്ങളാണ് ഗാമപ്രകാശങ്ങൾ. പക്ഷെ, അവയുടെ തരംഗനീളം വളരെ കൂടിയതുകൊണ്ട് കൂടുതലധികം ഇളപ്പുകയറുവാനുള്ള കഴിവുണ്ടുവെക്കും.

ഏതു് റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് വസ്തുവും ഒരു പ്രത്യേകനിലയിൽ 'ട്രാൻസിമൂട്ടേഷൻ' നേടുകയായിരിക്കും. ഒരു പ്രത്യേക സമയത്തിൽ വാസ്തുക്കളുടെ ആറ്റങ്ങളുടെ ഒരു പ്രത്യേക തോതു് ചില കണങ്ങളെ പ്രസരിപ്പിക്കും. ആറ്റത്തിന് അതിന്റെ ഒരു ഭാഗം നഷ്ടപ്പെട്ടാൽ അതിനെ മാറ്റിനിർത്തുന്നു—അതു് മറ്റൊരുതരം ആറ്റം ആയിത്തീരുന്നു—അതായതു് മൂലകംതന്നെ, വസ്തുതന്നെ, മാറുന്നവെന്നർത്ഥം. പഴയ ജാലവിദ്യകാരുടെ ഒരു ചിരന്തനസ്വപ്നം അങ്ങിനെ സാധിതപ്രായമാകുന്നു—ഒരു വസ്തുവിനെ മറ്റൊന്നായി മാറ്റാനാണവർ വളരെനാളായി ശ്രമിച്ചിരുന്നതു്. ഇവിടെ വസ്തുക്കൾ തികച്ചും മാറുന്നതായിക്കണ്ടു. ധ്വനിയത്തെപ്പോലുള്ള ഘനവസ്തുക്കളിൽ ഈ പ്രക്രിയ ഘനകൂടിയ വസ്തുക്കളിൽനിന്നു് ഘനംകുറഞ്ഞ വസ്തുക്കളിലേയ്ക്കായിരിക്കും. അവ സാന്നം ആറ്റങ്ങളെല്ലാം കാര്യത്തിന്റേതായിത്തീരുംവരെ—ഈ ഘട്ടമെത്തിയാൽ ഈ പ്രക്രിയ അവസാനിക്കുന്നു.

റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് വസ്തുക്കളിലുള്ള ആറ്റങ്ങളുടെ പകുതിഭാഗം റേഡിയോപ്രസരത്തിന്റെ ഫലമായി രൂപാന്തരപ്പെടുന്നതിനുവേണ്ട സമയത്തിനു് അർദ്ധായുസ്സു് എന്നു പറയുന്നു. ചില വസ്തുക്കളുടെ അർദ്ധായുസ്സു് (half life) ഒരു സെക്കൻറിന്റെ

പത്തുലക്ഷത്തിലൊരു ഭാഗത്തിൽക്കുറവായിരിക്കും. പ്ലൂട്ടോണിയം എന്ന വസ്തു കാര്യമായി മാറുന്നു. അതിന്റെ അളവുസ്സു ഭരണക്കമ്മിഷന്റെ കോടിയിലൊരു ഭാഗത്തേക്കാൾ കുറവാണ്. നേരേമറിച്ച് യൂറേനിയത്തിന്റെ അളവുസ്സുകളെ 400 കോടി വർഷങ്ങളാണ്.

ഈ ജിണ്ണീകൾ വളരെ കൃത്യമായിട്ടാണ് നടക്കുന്നത്—ഇതു നോക്കി ഭൂമിയുടെ വയസ്സും കാലവും കണക്കാക്കുവാൻ പറ്റും— സൂര്യനോടു താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ഭൂമിയുടെ ചലനം നോക്കി വയസ്സ് ക്ലിപ്തപ്പെടുത്തുന്നമതിരി, അതിന്റെ റേഡിയോആക്റ്റീവ് ജിണ്ണീതനോക്കിയും വയസ്സ് കണക്കാക്കാം. ചരിത്രാതീതകാലത്തെ രസതന്ത്രങ്ങളുടെ വയസ്സ് നിണ്ണയിക്കുവാൻ അവയിലടങ്ങിയ റേഡിയോ ആക്റ്റീവ്കാർബൺന്റെ ശോഭ നോക്കുകയാണിന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ചെയ്യുന്നത്. ഭൂമിയുടെ വയസ്സ് നിശ്ചയിക്കാനുള്ള ഒരു വഴികൂടിയാണിത്.

പ്രകൃതിയിൽ കണ്ടുവന്ന വസ്തുക്കൾ മാത്രമല്ല റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് രസതന്ത്രങ്ങളുണ്ടുണ്ട്. ലാബറട്ടറിയിലവയെ സൃഷ്ടിക്കുന്ന നിർമ്മിക്കാൻ കഴിയും—അറോമിക്ബോമ്പുകളിലും, അറോമിക് ചൂളകളിലും മാറും. ആറ്റമങ്ങളിലേയ്ക്കു കണങ്ങളെ ചേർക്കാനും അടയ്ക്കിനിന്ന് കണങ്ങളെ പുറത്തേയ്ക്കു കളയുവാനും കഴിയും. സൈക്ലോട്രോൺ മുതലായ യന്ത്രങ്ങളെക്കൊണ്ടു് അതാണ് ഉപയോഗം. അവ ഇലക്ട്രോമഗ്നറ്റിക് ശക്തിയുപയോഗിച്ച് കണങ്ങളെ തകർത്തു് അകറ്റുവാനാവശ്യമായ വേഗവും ശക്തിയും സമ്പാദിക്കുന്നു—ആ ശക്തിക്കു് ആറ്റമത്തെ തകർക്കാനാവുവരെ.

പുനഃൽ ര.മുട്ടുടെ കഥ അവിടെയെന്നുമല്ലല്ലോ. റോബർട്ട്ജൻ പ്യൂക്ലിംഗ്റ്റനും ബെർണാർഡ് റേഡിയോ ആക്റ്റീവിറ്റിയും കണ്ടുപിടിച്ച കലണ്ടർ ആറ്റമെന്നതു് അവിടെയുണ്ടായ ഒരു കണമാണെന്നു് കരുതിയെന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഏറ്റവും സൂക്ഷ്മമായ കണം ആറ്റമമാണെന്നു് ധരിച്ചിരുന്നതു്. ഈ കണ്ടെക്കേണ്ടെന്നു് മറ്റൊരു രസതന്ത്രങ്ങളും നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടെന്നും.

ഇന്ത്യയിലെ ഏകദേശം 100 കോടിയിലധികം ജനങ്ങൾ (ആൽഹാക്കണങ്ങൾ) റേഡിയോയിൽനിന്ന് (റേഡിയോയിൽനിന്ന് റേഡിയോയിലൂടെ) പഠനംചെയ്യുകയും മറ്റൊരു വിഷയകാര്യം: ജോസഫ് ജോൺ തോംസൺ എന്നൊരു ബിട്ടിഷ്യാഗ്രാസ്ട്രിയൻ 1897-ൽ കാത്തോഡീയോഡ് വികസിപ്പിച്ചെടുത്തു. ചിലപ്പോൾ ഇലക്ട്രോണിക്സിലെ തിരിച്ചറിവ്—ആറ്റോമുകളുടെ ഭാഗമാണ് ഇലക്ട്രോണുകളെന്നും അദ്ദേഹം ചർച്ചിച്ചു.

കൂടുതൽ ആവേശകരമായ സംഭവങ്ങളുണ്ടായി. നാം ഇനി പറയാൻചോദിക്കുന്ന ക്രാൻറംസിദ്ധാന്തം 1900-ൽ പുറത്തുവന്നു. 1905-ൽ ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ തന്റെ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തങ്ങളിൽ ഒന്നാമത്തേതുകൊണ്ട് പുറത്തുവന്നു—ന്യൂട്ടന്റെ പരസ്പരകർഷണസിദ്ധാന്തം ശരിയാണോ എന്നുചോദ്യം ചെയ്യപ്പെട്ടു. അടുത്ത അദ്ധ്യായത്തിലിതിലേയ്ക്ക് കടക്കാം.

ലോകമെങ്ങുമുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഈ ആറ്റോമിക്സിദ്ധാന്തം അനുകൂലിക്കുകയും തുടർന്ന് ഇതിന്റെ ആദ്യത്തെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടന്നത് ലോകപ്രസിദ്ധമായ കോംബ്രിഡ്ജിലെ കാവൻഡിഷ് ലാബറട്ടറിയിലാണ്. ആറ്റോമിക്സിദ്ധാന്തം തെളിയിക്കാൻ കാത്തോഡീയോഡുകളെപ്പറ്റി ജെ. ജെ. തോംസൺ ഗവേഷണംനടത്തി തിരിവിലെത്തിച്ചു. ലോർഡ് റാൽഫോർഡ് എന്ന മറ്റൊരു ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ആദ്യമായി ആറ്റോമിക്സിദ്ധാന്തം തെളിയിച്ചു.

ആൽഹാക്കണങ്ങളെ പുറത്തുവിട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഏതു റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകത്തിനും ചില മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാവുന്നു—അതായത് അതു ജീർണ്ണിക്കുകയോ നശിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. പക്ഷെ, എന്താണ് നശിച്ചിരുന്നതെന്ന് ആർക്കും വ്യക്തമായി അറിയില്ലായിരുന്നു. വളരെ കട്ടികുറഞ്ഞ ലോഹത്തകിടുകളിൽക്കൂടി പോകുമ്പോൾ ആൽഹാക്കണങ്ങളെങ്ങിനെ പഠനംചെയ്യുന്നതിനെപ്പറ്റിയുള്ള പഠനത്തിൽനിന്ന് ലോർഡ് റാൽഫോർഡ് ആറ്റോമിക്സിദ്ധാന്തം ന്യൂട്ടന്റെ അസ്തിത്വം കണ്ടുപി

ടിച്ച്. ആറന്തണിനകത്തു ചെറിയ പലനംകൂടിയ ഒരു ന്യൂക്ലിയസ്സുണ്ടെന്നും അതിനചുറ്റും ഇലക്ട്രോണുകൾ ചുറ്റിത്തിരിയുന്നതെന്നും അദ്ദേഹം തെളിയിച്ചു. 1919-ൽ ഡൈട്രോൺവായകത്തിലേയ്ക്ക് ആൽഫാകണങ്ങളെ 'ഷൂട്ടു'ചെയ്തു ലോകത്തിലൊട്ടുമായി ന്യൂക്ലിയസ്സിനെ പിളർക്കുകയും ചെയ്തു. അതേസമയംതന്നെ അദ്ദേഹം പ്രോട്ടോൺ കണ്ടുപിടിച്ചു—പോസിറ്റീവ് ചാർജുള്ള കണമാണത്—ന്യൂക്ലോണിനോടുകൂടിച്ചേർന്ന് ന്യൂക്ലിയസ്സുവുന്നതിനാണ്. ന്യൂക്ലോണിനെപ്പോലെ ഏറേം മനുഷ്യവേഷണങ്ങളെപ്പോലെ 'മതർ ഹോർഡ്' ഉണ്ടായിട്ടുണ്ടെങ്കിലും 1932 വരെ അതിനെ ആരും കണ്ടുപിടിച്ചില്ല—അക്കാലം ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞനായ സർ ജെയിംസ് ചാഡ്വിക്ക് അതു കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇങ്ങിനെ ഒരു ആറന്തണിന്റെ ചിത്രത്തിന്നു പുണ്യമുണ്ടായിരുന്നു. ബോർ എന്ന ഡാനിഷ് ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ആറന്തണിനകത്തു് ഒരു പ്രദക്ഷിണവഴിയിൽക്കൂടി എങ്ങിനെയാണു് ഇലക്ട്രോണുകൾ ചുറ്റുന്നതെന്നു പ്രദർശിപ്പിച്ചതോടുകൂടി ആ ചിത്രം പൂർത്തിയായി.

ബോറിന്റെ 'ചിത്രം' (ആറന്തണിനെപ്പറ്റി) ഇന്നും നിലനില്ക്കുന്ന—പക്ഷെ, അന്നറിഞ്ഞതിനേക്കാളേറെ കാര്യങ്ങൾ ചാർജ്ജ് നങ്ങളെന്നുമാത്രം. ലോകത്തിലെ പല ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും കൂടുതൽ മെലിമയായ പലതും കണ്ടുപിടിച്ചു. കൂടുതൽ അടിസ്ഥാനപരമായ സിദ്ധാന്തങ്ങളും രൂപംകൊണ്ടു.

ആറന്തണിനകത്തു് സംഭവിക്കുന്നതിനെപ്പറ്റി കൂടുതൽ വ്യക്തമായ തെളിവുകൾ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വളരെക്കൂടെ കണ്ടുപിടിച്ചതു് (ഇങ്ങിനെയാണെന്നതിനെപ്പറ്റി അവർ വിവരം കുറവായിരുന്നു) ആദ്യത്തെ അറോമിക്ചുള പ്രവർത്തിക്കുവാൻ തുടങ്ങിയപ്പോഴാണ്. 1942 ഡിസംബർ 2-ാം-നാ- ഷിക്കാഗോ സർവ്വകലാശാലയിലെ ഹൂട്ബാർഡ്കോർട്ടിന്റെ ചുവട്ടിലാണതു് നിർമ്മിച്ച പ്രവർത്തിപ്പിക്കുവാൻ തുടങ്ങിയതു്. ആദ്യത്തെ ആറന്തണിബോംബ് 1945 ആഗസ്റ്റ് 6-ാം-നാ- ഹിരോഷിമയിൽ പൊട്ടി ആ

നഗരത്തെ തകർത്തപ്പോൾ കൂടുതൽ തെളിവുകൾ ലഭിക്കുകയും ചെയ്തു.

കഴിഞ്ഞ അധ്യായത്തിൽ ഇലക്ട്രോണുകളെ എങ്ങനെ ഉപയോഗിച്ച് വിദ്യുത്സ്രോതാവിനെ വിശദീകരിക്കുവാൻ വേണ്ടി ആറ്റത്തിന്റെ ഒരു ലഘുവിവരണം നാം ചർച്ചചെയ്യുകയുണ്ടായി. ആറ്റത്തിന്റെ ചുറ്റും എങ്ങനെയാണതിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ (നൂക്ലിയസ്സിൽ) സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെന്നും ഒരു തുടർച്ചയായ രാജ്യാധാരം കണങ്ങളെക്കൊണ്ടാണ് നൂക്ലിയസ്സുണ്ടാക്കിയിട്ടുള്ളതെന്നും നാം പ്രതിപാദിച്ചു. ഹൈഡ്രജൻ ചാർജുള്ള പ്രോട്ടോണും നെഗറ്റീവമായി നീറ്റിക്കുമായ ന്യൂട്രോണുമാണി കണങ്ങൾ എന്നും സൂചിപ്പിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു.

ആറ്റംബോധം ഒരു ആറ്റംമൂലയുടെ പ്രവർത്തനവും നൂക്ലിയസ്സിന്റെ വിഭജനത്തെ (ഫിഷൻ) ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. യൂറേനിയത്തിന്റെയും പ്ലൂട്ടോണിയത്തിന്റെയും ആറ്റങ്ങളുടെ തുടർച്ചയായ നൂക്ലിയസ്സിനെ പിളർത്തിയിട്ടാണ് ഇവയ്ക്ക് ശക്തി ലഭിക്കുന്നത്. 92 മൂലകങ്ങളിൽവെച്ച് ഏറ്റവും തുടർച്ചയായ ലോഹമാണ് യൂറേനിയം. ദ്രമിയിലും (പ്രചഞ്ചത്തിലും) അങ്ങിങ്ങായി കാണുന്ന ഒരു വസ്തുവാനിത്. യൂറേനിയത്തിൽനിന്ന് മനുഷ്യനുണ്ടാക്കുന്നതാണ് പ്ലൂട്ടോണിയം. ആറ്റത്തിന്റെ കെട്ടുറപ്പുള്ള കേന്ദ്രത്തിനെ ഭഞ്ജിക്കുന്നത് അസാധാരണമായ ഒരു പണിയാണ്. ഏറ്റവും എളുപ്പത്തിൽ ഭഞ്ജിക്കാവുന്ന ആറ്റങ്ങളെ മാത്രമേ പ്രായോഗികമായി ഉപയോഗിക്കാവൂ.

മുൻ അധ്യായത്തിൽ ചർച്ചചെയ്തതിനെ ഒരു ആറ്റത്തിലെ നൂക്ലിയസ്സിലുള്ള ശക്തി സംഭരിക്കുവാൻ ശ്രമിക്കുമ്പോൾ, ഇതുവരെ അറിയപ്പെടാത്തതിലും വലിയൊരു ശക്തിയാണ് നമുക്ക് നേരിടേണ്ടിവരുന്നത്. ഇത് പുതിയ ഒരു ശക്തിയാണ്. എന്താണതെന്ന് ഇപ്പോഴും നമുക്ക് നല്ല നിശ്ചയമില്ല. നമുക്കറിയാവുന്നേടത്തോളം കത്തിച്ചുപലിക്കുന്ന ഗ്രാഫ്റ്റ് ഫർണസ്സിലോ, ഗംഭീരമായ (TNT) വിസ്ഫോടനത്തിലോ ഉള്ള ശക്തിയെപ്പോലെയുള്ള

തല്ല ഈ പുതിയ ശക്തിയെന്ന് നമുക്കറിയാം. ഇതിലേപ്പോം രാസ വ്യക്തികളുടെ ഫലമായാണ് വിസ്ഫോടനം ഉണ്ടാവുന്നത്. ആററത്തിന്റെ പുറംഭാഗമായ ഇലക്ട്രോണുകളെ മാത്രമേ ഇത് ബാധിക്കുന്നുള്ളൂ. ആററത്തിന്റെ ന്യൂക്ലിയസ്സിന് യാതൊരു അലട്ടം സംഭവിക്കുന്നില്ല—അതിൽനിന്നൊന്നും കിട്ടുന്നമില്ല. അതു വേഗമൊന്നും കലുങ്ങുന്ന കൂട്ടത്തിലല്ല ഈ ന്യൂക്ലിയസ്സ്.

വെള്ളത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയേക്കാൾ 100 മില്യൻ തവണ അധികമാണ് അറ്റോമിക് ന്യൂക്ലിയസ്സിന്റെ സാന്ദ്രത. മറ്റു ഭാഷയിൽ പറയാം: ഒരു ചൈന്ദ്ര കൊള്ളുന്ന കപ്പിയിലെ വെള്ളം ഒഴിച്ചുകളഞ്ഞു അതിനു പകരം കപ്പിയിൽ റൈഡ്രജൻറയും ഓക്സിജൻറയും ആററങ്ങളുടെ ന്യൂക്ലിയസ്സുകൊണ്ട് നിറച്ചാൽ (ഇവ രണ്ടും ചേർന്നാണ് വെള്ളമുണ്ടാവുന്നത്)—ഇലക്ട്രോണുകളെ നീക്കംചെയ്ത് ന്യൂക്ലിയസ്സുകളെ അടുത്തടുത്ത് അടുക്കി വെച്ചാൽ, ഒരു ചൈന്ദ്ര ന്യൂക്ലിയസ്സിന്റെ തൂക്കം സുമാർ 50,000 മില്യൻ ടൺ ആയിരിക്കും. ആ ചൈന്ദ്രിന് കഴിഞ്ഞ ഷുദ്ധ കാലത്തുപയോഗിച്ച നാലു എഞ്ചിൻ ബോമ്പുകളേക്കാൾ 250 മില്യൻ തവണ അധികം തൂക്കമുണ്ടായിരിക്കും—അല്ലെങ്കിൽ ലോകത്തിലുള്ള ജനങ്ങളെല്ലാം കൂടിച്ചേർന്നുള്ള തൂക്കത്തിന്റെ 300-ൽ അധികം ഇരട്ടി തൂക്കമുണ്ടാവും. ഇത്രയും വലിയ മട്ടുമേല്ലാൻ ആ കപ്പി കഴിയില്ല—അത് മേശയേയും, നിലത്തേയും, വീടിന്റെ അസ്ഥിവാദത്തേയും തുളച്ചു കൂടിയിലേയ്ക്ക് താഴുകയും ചെയ്യും.

സാന്ദ്രതകൂടിയ അറ്റോമിക് ന്യൂക്ലിയസ്സിനെപ്പോലുള്ള വസ്തുക്കൾക്കകത്തെ കണങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ശക്തി അതിമഹത്താണ്. ഈ ശക്തി വിദ്യുച്ഛക്തിയാവാൻ എന്തായാലും നിവൃത്തിയില്ലെന്നു നാം പറഞ്ഞു കഴിഞ്ഞു—കാരണം, പോസിറ്റീവ് ചാർജുള്ള പ്രോട്ടോണുകൾ തമ്മിൽത്തല്ലുകയല്ലാതെ പരസ്പരം കൂടിച്ചേരുകയില്ല. ഇവയിൽ പകുതിയെണ്ണകിലും നെഗറ്റീവ് ചാർജുള്ള നെല്ല്വാൻ കഴിഞ്ഞാൽ—അങ്ങിനെയൊന്നെങ്കിലും നെഗറ്റീവ് ചാർജുള്ള കണങ്ങളെ ആകർഷിക്കുമ്പോൾ—വിന്നേയ്ക്കു

അവതരിപ്പിച്ചു ബന്ധം വിദ്യുച്ഛക്തിയേക്കാൾ നാലിരട്ടി കൂടുതൽ ശക്തിയുള്ളതാണെന്നു കാണാം. ചാർജ്ജില്ലാത്ത ന്യൂക്ലോണുകളുടെ കാര്യം ഇവിടെക്കുറിക്കുന്നില്ല—അവ പ്രോട്ടോണുകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടുനിൽക്കുന്നു. ഗ്രാവിറ്റിയെ സംബന്ധിച്ചാണെങ്കിൽ "സൂട്ടൻ പാദത്തതു" ഓരോ കണവും മറ്റൊറ്റൊ കണങ്ങളെയും ആകർഷിക്കുന്നുണ്ടെന്നാണ്; എന്നാൽ അറോമിക് ന്യൂക്ലിയിയൂസിനകത്തെ ബന്ധനശക്തിക്കു കാരണമതാണെന്നു പറഞ്ഞാൽ ഗാമിയാവില്ല. അത്രയും കുറവാണ്യാകെണ്ടാവാലും. ഇന്നുള്ളതിനേക്കാൾ 100,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 തവണ ബാലൂണ്ടുമാണു ആകെണ്ടത്തീനു്, എങ്കിലേ ന്യൂക്ലിയൂസിനെ ബന്ധിപ്പിക്കുവാനാകൂ കഴിയൂ. ഈ അക്കം എത്രയാണെന്നു നിങ്ങളെ പറഞ്ഞതായിരിക്കുവാൻ വയ്യ. വാലിച്ചുനോക്കിക്കൊള്ളുക!

ഇലക്ട്രോണിക്സ് ബാലത്തെപ്പോലെയാണു് ന്യൂക്ലിയൂസിനകത്തെ ബാലങ്ങളും പ്രവർത്തിക്കുന്നതു് എന്ന ഉച്ചാരണത്തോടെ റാഡിയോകാമ്പി ഡിസോട്രോണിക്സ് എന്ന ജോർജ്ജ് ഹേബർട്ടൻ ചുവിയൊരു കണത്തെ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇതിനു് 'മെസോൺ' എന്ന അർത്ഥം ചേരിട്ടതു്. ന്യൂക്ലിയൂസിലെ മറ്റു കണങ്ങളോടുകൂടിയ്ക്കിട്ടു പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബാലത്തെ ഈ കണങ്ങളാണു് കൊടുക്കുന്നതെന്നു അദ്ദേഹം ഉച്ചരിച്ചു. പിന്നീടു് ഈജിപ്തി കണങ്ങളെ ഡെൽറ്റാസ്മാൽ കണ്ടുപിടിക്കുകതന്നെ ചെയ്തു. മെസോൺ കാണിച്ചു വഴിയീൽക്കൂടി ശ്രദ്ധേയകുറവു, ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ വലിയ ഉത്സാഹത്തോടെ ചോരുന്നതു്—പക്ഷേ, അവർ ചോരുന്നവഴിതന്നെയാണോ ഗാമിക്സുള്ള വഴിയെന്നു് അറിയാനാരിക്കുന്നതു്.

മെസോൺസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ വിശദാംശങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചു് ഇനിയും വിവരങ്ങൾ കിട്ടാൻ നാം കാത്തിരിക്കുമ്പോൾ അറിയുന്ന ഒരു വസ്തുതയിലേക്കു നമുക്കു വരാൻ കഴിയും. ഒരു ന്യൂക്ലിയൂസിന്റെ ആറ്റം പിളർത്തിയാൽ, അതിനകത്തുനിന്നു് അസംഖ്യമായ ശക്തിയാണു് പുറത്തുവരുന്നതു്. ഒരു ആറ്റംബോംബു്

പൊട്ടിത്തെറിക്കുമ്പോൾ ഈ ശക്തി പ്രകാശമായും, ചൂടായും, റേഡിയേഷനായും പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു.

വിസ്ഫോടനാനന്തരം, ആദ്യം ആറ്റത്തിനകത്തുണ്ടായിരുന്ന ഉരണെ പ്രോട്ടോണുകളും, ന്യൂട്രോണുകളും ആറ്റത്തിൽ എവിടെയോ ചുറ്റിത്തിരിയുന്നുണ്ട്, എന്നാൽ അവയുടെയെല്ലാംകൂടിയുള്ള തുക്കം പഴയ പടിയല്ല—എത് ആറ്റത്തിന്റെയും ന്യൂക്ലിയസ്സിന്, അരിലടങ്ങിയ കണങ്ങളുടെ ആകെ തുക്കത്തേക്കാൾ തുക്കം കുറവാണ്. ഒരോ റാത്തൽവിതം തുക്കമുള്ള രണ്ട് ആറ്റങ്ങളെ ഒരു തുലാസ്സുതട്ടിൽ വെച്ചു തുക്കംനോക്കുമ്പോൾ ആകെ തുക്കം രണ്ട് പെടങ്ങളിൽ കുറവുവെന്നു വരുന്നതുപോലെ അതുതമാണിത്. ആറ്റത്തിൽ ഈ തുക്കക്കുറവിനു കാരണം കണങ്ങളുടെ ദ്രവ്യരാശിയുടെ ഒരു ഭാഗം ശുദ്ധശക്തിയായി മാറിയിരിക്കുന്നു എന്നാണ്.

ഹിസോഷിയെ കൃത്യമാക്കിയ ആറ്റം പൊട്ടിത്തെറിയിൽ ബോധിനകത്തു് ഒരു നയാപൈസയോളം മാത്രം തുക്കമുള്ള വസ്തുവിന്റെ ഒരു ഭാഗം തികച്ചും ശക്തിയായി രൂപാന്തരപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

1905-ലാണ് ഇത് ഐൻസ്റ്റീൻ അറിഞ്ഞതെങ്കിൽപ്പോലും അദ്ദേഹം അതുതപ്പെടുമായിരുന്നില്ല. അന്ന് അദ്ദേഹം പ്രാസ്താവിച്ചു, മാസ്സും എനർജിയും തുല്യമാണെന്ന്—അഥവാ ഒരു വസ്തുവിന്റെ വ്യത്യസ്തരൂപങ്ങളാണവയെന്ന്. തന്റെ പ്രസിദ്ധമായ ഗണിതസമവാക്യം $(E = mc^2)$ അദ്ദേഹം പ്രഖ്യാപിച്ചത് അന്നാണ്. ഇതിന്റെ അർത്ഥം ദ്രവ്യരാശി (m) ശക്തിയായി (E) രൂപാന്തരപ്പെടുമ്പോൾ, ആ ശക്തി ദ്രവ്യരാശിയെ വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിന്റെ വക്രംകൊണ്ട് (c^2) — (സെക്കന്റിൽ 8000 മൈൽ ആണു വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം)—ഗുണിച്ചാൽ കിട്ടുന്നത്രയുണ്ടെന്നാണ്. ഇതനുസരിച്ച് ഏതു വസ്തുവിന്റെയും ഒരു റാത്തൽ എടുത്തു് അതിനെ മുഴുവൻ പുനർജീയാക്കി മാറ്റിയാൽ 11,100,000,000 കിലോവാട്ട് മണിച്ചുർ ശക്തി ഉല്പാദിപ്പിക്കാം.

നൂക്രിയാർ ശക്തിയെ ഫിഫൻകൊണ്ടു് ചോചിപ്പിക്കുന്നതു് — തുക്കംകൂടിയ ആററത്തിന്റെ നൂക്രിയസ്സുകളെ ചിളക്കുന്ന രീതി — നൂക്രിയസ്സിനെ നൂക്രോണുകളെക്കൊണ്ടു് ‘വെടിവെച്ചി’ട്ടാണ്. നൂക്രിയസ്സിന്റെ രചനാവിഭാസങ്ങൾ ഒരു മൗലിക കണമാണു് നൂക്രോൺ എന്നു പറഞ്ഞുവല്ലോ. നൂക്രിയസ്സിനെ തകർന്നു വെടിയുണ്ടകളെന്ന നിലയ്ക്കു് നൂക്രോണുകൾ ഏറ്റവും പറിയവയാണു്. അവയ്ക്കു് റേറുതേ തുക്കമുണ്ടു്. ഒരു സെക്കൻറിൽ 10,000 മൈൽ വേഗത്തിൽ (ഒന്നാലോചിച്ചുനോക്കൂ!) അവയ്ക്കു് സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയും; ഇലക്ട്രിക് ചാർജ്ജില്ലാത്തവയാണവ; ഇതു കാരണം നൂക്രിയസ്സിലെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ള പ്രോട്ടോണുകൾ ഇവയെ നൂക്രിയസ്സാകുന്ന ലക്ഷ്യത്തിൽ ചെന്നുതട്ടുന്നതിനെ വൃതിചലിപ്പിക്കുന്നില്ല.

ഒരു ആററംബോമ്പിലോ, ആററംമുട്ടയിലോ നൂക്രോൺ വെടിയുണ്ടകൾ വസ്തുവിന്നകത്തുതന്നെ ഉണ്ടാവും. ഒരു നൂക്രിയസ്സ് ചിളരുമ്പോൾ അതിലെ പ്രോട്ടോണും, നൂക്രോണിലധികവും ഭിന്നിച്ചു് രണ്ടു് ചെറിയ ആററങ്ങളായിത്തീരുകയാണു ചെയ്യുന്നതു്.

ഈ പുതിയ ആററങ്ങളുണ്ടാകുമ്പോൾ രണ്ടുമൂന്നു നൂക്രോണുകൾ ആവശ്യമില്ലാതെവരുന്ന. ഇവയാണു് ‘നൂക്രോൺ വെടിയുണ്ടകൾ’ എന്ന നിലയ്ക്കു് മറ്റു തുക്കമുള്ള നൂക്രിയസ്സുകളെച്ചെന്നു തകർക്കാൻ പറിയവിയം പോകുന്നതു്. ഇങ്ങിനെ തുക്കംകൂടിയ നൂക്രിയസ്സുകൾ ചിളരുമ്പോൾ പിന്നെയും രണ്ടോ മൂന്നോ നൂക്രോണുകൾ ഇതേമാതിരി വെടിയുണ്ടകളെപ്പോലെ ചിരിപ്പാഞ്ഞു മറ്റു നൂക്രിയസ്സുകളെച്ചെന്നുമടുന്നു. ഇങ്ങിനെയാണു് ‘ചെയിൻ റിയാക്ഷൻ’ — പ്രക്രിയാപരമ്പര — തുടരുന്നതു്. ഈ പ്രക്രിയകൾ വളരെ വേഗം നടക്കുന്നു. ഒരു സെക്കൻഡിന്റെ 10 കോടിയിലൊരു ഭാഗം സമയമാകുമ്പോഴേയ്ക്കും ആററം വിസ്ഫോടനമെല്ലാം കഴിയുന്നു.

ഒരു ചെയിൻ റിയാക്ഷനുള്ളതു ശക്തി ലഭിക്കാനുള്ള വസ്തുവുണ്ടെങ്കിൽ ബോമ്പു് പൊട്ടിത്തെറിക്കുന്നു. ചില നൂക്രിയസ്സുകൾ

ആകസ്മികമായിത്തന്നെ ചിട്ടഭരണ—ഇതിനാലേതുപോലെയും ചെയ്തിൻ റീയാക്ഷൻ തുടങ്ങുവാനുള്ള ന്യൂട്രോണുകൾ വന്ധ്യവീനകളാണെന്നായിരിക്കും. എന്തായാലും ആറ്റങ്ങളുടെ ന്യൂക്ലിയസ്സുകൾ വളരെ അപകൃഷ്ടമാണ് സമീപിച്ചെടുത്തത്. (ന്യൂക്ലിയസ്സിൽനിന്നെത്ര ദൂരത്താണ് ന്യൂട്രോണുകൾ കിടക്കുന്നതെന്ന് മുമ്പു പറഞ്ഞതോർത്തുണ്ടല്ലോ.) ഇതിനാൽ ലക്ഷ്യമില്ലാത്ത ഈ ന്യൂട്രോണുകളെപ്പോലെയും സൂന്യാവസ്ഥയിലുള്ളിടം, വന്ധ്യവീന പുറമെ, പോകുന്നു—എന്തെങ്കിലും ഒരു ന്യൂക്ലിയസ്സിനെ ചെയ്ത് മുട്ടുമുട്ടും. എങ്ങിനെയാണിത് ന്യൂട്രോണുകൾ ന്യൂക്ലിയസ്സിൽ ചെയ്ത് മുട്ടുമുട്ടുന്നത് സാരം—താങ്ങി നെയാണെങ്കിൽ രക്ഷപ്പെടുന്ന ന്യൂട്രോണുകൾ ന്യൂക്ലിയസ്സിനെ ചെയ്ത് മുട്ടുമുട്ടും, ചെയ്തിൻ റീയാക്ഷൻ തുടർന്നു നടക്കാനാവാത്തുമാനവിധം സഹതീകരം നീങ്ങുകയുണ്ടാകുന്നു.

ഇതുപോലെത്തന്നെയാണ് അറോമിഷ്കളുടെയും ഏറ്റവും പ്രവർത്തിക്കുന്നത്—ഒരു വ്യത്യസ്തമാണ്—ചെയ്തിൻ റീയാക്ഷൻ നിയന്ത്രിക്കുന്നുണ്ടെന്നതന്നെ. കൂടുതൽ കരുത്തുപറഞ്ഞ ഇസോടോപ്പുകളായോടും, കോഡ് മീയം, ബോറോൺ-10-ൽ എന്നിവയുടെ ദണ്ഡുകൾ ചെയ്ത് ആണ് ഇങ്ങിനെ ചെയ്തിൻ റീയാക്ഷൻ നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. കോഡ് മീയത്തിന്റേയും, ബോറോന്റേയും ആറ്റങ്ങളുടെ ന്യൂട്രോണുകളെ എളുപ്പത്തിൽ ചെയ്യുന്ന പിടികൂടുന്ന—അവ ചിട്ടഭരണില്ല. ദണ്ഡുകളെ ചുറ്റുമ്പോഴും താഴ്ന്നിടം ഉയർത്തിയോ മാറ്റുന്നതാണ് കോഡ് മീയവും ബോറോണുപയോഗിച്ച് (ചെയ്തിൻ റീയാക്ഷൻ പതുക്കെയൊക്കാനോ നിർത്താനോ പാറിയ രീതിയിൽ) ന്യൂട്രോൺ വെടിയങ്ങളെ പിടിക്കുന്നു.

അറോമിഷ് ബോറോണിലുപയോഗിക്കുന്ന യൂറേനിയം ഇസോടോപ്പുകൾ പ്രത്യേകവരത്തിലുള്ളതാണ്. വേഗം ചിട്ടഭരണ യൂറേനിയം ആറ്റങ്ങളാണതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. ഇതിനെ U-235 എന്നു വിളിക്കുന്നു. U എന്നതിനർത്ഥം യൂറേനിയം എന്നാണ്. 235 എന്നത് യൂറേനിയത്തിന്റെ അറോമിഷ്കളെത്തന്നെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

തമെന്നു പറയട്ടെ) P-235-ന്റെ ന്യൂക്ലിയസ്സിനെ ചിട്ടക്കാരാവാൻ കഴിയുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഈ പ്രക്രിയ തുടരുന്നതാകട്ടെ ഭരണകാര്യം ചൂടുണ്ടാവുന്നു. ചൂടേറിയതുള്ള വെള്ളത്തിലേക്കോ മറ്റേതെങ്കിലും വാഹകവസ്തുക്കളിലേക്കോ ഈ ചൂടിനെ മാറ്റാം. ഇങ്ങിനെ അമിതോഷ്ണം ലഭിച്ചു വന്നു എല്ലാമരമാറിയിട്ടു റേഡിയോ ആക്ടിവാണു്, എന്നാൽ ചൂടേറിയ വെള്ളത്തിൽ അതിനു് കൂടുതൽ സെല്ലുകളിലേക്കു് ചൂടിനെ കൊടുക്കുവാൻ കഴിയും—ഒരു ബോയിലിനിന്നകത്തെ വെള്ളത്തിലേക്കു് ചൂടൊല്പാദനം കഴിയും. ഈ ചൂടാകട്ടെ ലഭിക്കുന്ന വെള്ളത്തിനു് റേഡിയോആക്ടിവ് ശക്തി ഉണ്ടാവില്ല. അതിൽനിന്നുള്ള ആവികൊണ്ടു് സ്റ്റീം സർബൈനകൾ കാടിക്കാനും, ഇതിൽനിന്നുവെക്ക ശക്തിയിൽനിന്നു് ഒരു ജനറേറ്റർ തിരിക്കുവാനും, വിദ്യുച്ഛക്തി ഉല്പാദിപ്പിക്കുവാനും (ഈ വിദ്യുച്ഛക്തി ഹാക്സിക്ലിറ്റിംഗും, വിദ്യുച്ഛക്തിയെ മൂലധനംഗീകാരം) കഴിയും. അറോമിക് മൂലധനംകളിൽ സ്റ്റീം സർബൈനകൾതന്നെയാണു് പ്രൊപ്പർട്ടികളെ കാടിക്കുന്നതു്.

ആറ്റംചൂടിലെ ചെറിയ റീഡാപ്ഷൻ തുടങ്ങുന്നതാണു്. കോൾമിയത്തിന്റേയും, ഹോറോന്റേയും ദണ്ഡുകൾ അതിനെ തടയുന്നതുവരെ—അതല്ലെങ്കിൽ, യൂറേനിയം ആറ്റം ചിട്ടക്കാരതിന്റെ ഹലമായി കൂടുതൽ ചെറിയ ആറ്റങ്ങൾ ചാരമായിത്തീരുംവരെ—ഇതു തുടരുന്നു. ചാരമായിത്തീരുന്ന P-235-ന്റെ ന്യൂക്ലിയസ്സിനെപ്പറ്റി, ഈ ചാരത്തിലാണു് ന്യൂക്ലോണകൾ ചെന്നുചേരുന്നതു്. നാഷണലുള്ള P-235 ആറ്റങ്ങൾ ചൂടിലുള്ളതിനെ (ന്യൂക്ലോണകൾ ചെന്നു തട്ടാത്തവ) ചാരത്തിൽനിന്നു നീക്കംചെയ്യാൻ കഴിയും. വിണ്ടും ഇന്ധനമായിതുപയോഗിക്കുകയുമാവാം. ആറ്റങ്ങൾ ചിട്ടക്കാരായ കട്ടേറെ ചെറിയ ആറ്റങ്ങൾ വളരെ റേഡിയോ ആക്ടിവാണു്—ആ നിലയ്ക്കു് ഈ ചാരം വളരെ ആപ്തമാണു്. ഇവയെ എങ്ങിനെയാണു നീക്കംചെയ്യുന്നതെന്നു് വലിയൊരു പ്രശ്നമാണു്.

ഈ ചാരത്തിനകത്തു് മറ്റൊരു അറ്റോമിക് അയുദ്ധം തെളിഞ്ഞുകിടക്കുന്നുണ്ടു്. ചിത്രങ്ങൾ കൂട്ടിക്കാത്ത വളരെയേറെ U-238ന്റെ ആറ്റങ്ങളെ ന്യൂക്ലോണാമെൽ ചെയ്തുകൊടുത്തു. ഇവ മറ്റൊരു മൂലകമായിത്തീരുന്നു. ഈ പുതിയ മൂലകത്തിന്റെ ആറ്റങ്ങളെ ചിത്രീകരണം ചെയ്തു.

ചിത്രരത്ന U-238ൽനിന്നുണ്ടാവുന്ന പ്ലൂട്ടോണിയം U-239 നെപ്പോലെയെന്നെ ചിത്രീകരണമാണു്. ഇതിനെ അറ്റോമിക് പ്ലൂട്ടോണിയം ഇന്ധനമാക്കുകയാണിരിക്കാൻ.

ഡോ. ഡി. 238 എത്തിയെന്നാണു് തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായ ഒരു മൂലകമായി മാറുന്നതെന്നൊരും സയൻസിസ് വിശദീകരിക്കുന്ന ന്യൂക്ലിയറ്റിയുടെ 'ഇന്റഗ്രേറ്റഡ് റിപ്പോർട്ട്' U-238ന്റെ ന്യൂക്ലിയറ്റിയെ ഒരു ന്യൂക്ലോൺ ചെയ്തുകൊടുത്തു, അതു ചിത്രീകരണത്തിനുവേണ്ടി, ന്യൂക്ലിയറ്റിയെ ന്യൂക്ലോണാമെൽ വിശദീകരണം ചെയ്യുന്നു. എത്തിയെന്നാണു് ഇതു് ന്യൂക്ലിയറ്റിയുടെ സമതുലനാവസ്ഥയെ അടയാളപ്പെടുത്തുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ മിനറൽകൾക്കുള്ളിൽ ന്യൂക്ലോണാമെൽനിന്നു് ഒരു നെഹർനിബന്ധനാണു് പ്രസരിക്കുന്നു. ന്യൂക്ലോൺ വൈദ്യുതമായി വിഘടിക്കുന്നതാണെന്നു് നാം പഠിച്ചുവന്നിട്ടുള്ളതു്. എന്നാൽ, ചില ചുരുക്കങ്ങളിൽ, ഒരു നെഹർനിബന്ധനാണു് പ്രസരിക്കുന്നതാണെന്നു്, ന്യൂക്ലോണാമെൽ ഒരു ഹോംനിബന്ധനാണെന്നു് ഉണ്ടാകുന്നതു്. ഇതു് ഒരു പ്രോട്ടോണാണെന്നാണു്—അപ്പോൾ ഒരു ന്യൂക്ലോൺ പ്രോട്ടോണായി മാറിയിരിക്കുകയാണു്. ന്യൂക്ലിയറ്റിയെപ്പോലെയും ഇപ്പോൾ 93 പ്രോട്ടോണുകളുണ്ടു്. ഡോ. ഡി. 238ന്റെ 92 പ്രോട്ടോൺ മാത്രമേയുള്ളൂ. അങ്ങിനെ ന്യൂക്ലിയറ്റിയെപ്പോലെയും എന്നു ചിലപ്പോൾ ചിലപ്പോൾ മൂലകമായിത്തീർന്നിരിക്കുന്നു.

കുറച്ചു ദിവസങ്ങൾക്കുള്ളിൽ മറ്റൊരു ന്യൂക്ലോൺ ഒരു നെഹർനിബന്ധനാണെന്നു് പ്രസരിക്കുകയും അതൊരു പ്രോട്ടോണായിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇപ്പോൾ 93 പ്രോട്ടോണുകളുണ്ടു്. 94 പ്രോട്ടോണുകളുള്ള പ്ലൂട്ടോണിയമാണെന്നു്. ന്യൂക്ലിയറ്റിയെപ്പോലെയും

ലേഘ്യം കൂടുതലായിച്ചെന്നു തുക്കം ന്യൂട്രേൺവെടിയുണ്ടായപ്പോഴാണ്. അങ്ങിനെ ന്യൂക്ലിയസ്സിന്റെ തുക്കം മനശ്ശികമായിരിക്കുന്നു— 238ൽനിന്നു 239 ആയിരിക്കുന്നു. (നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജ് അതിൽനിന്നു പോയതു കണക്കാക്കാനുള്ളതുയില്ല.) അവസാനമിതാണ് ഫലം: പ്ലൂട്ടോണിയം 239, അഥവാ Pu 239.

ബ്രീഡർ റിയാക്ടർ എന്നു പേരുള്ള അറോമിക് ചുളയിൽ യൂറേനിയം 235 കത്തുമ്പോഴുണ്ടാവുന്നതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ പ്ലൂട്ടോണിയമുണ്ടാക്കാൻ സാധ്യമാണ്. ഈ മാതിരി ചുള ഉപയോഗിക്കുന്നതിലുപരികം ഇന്ധനം അതുണ്ടാക്കുന്നു.

പ്രകൃത്യാ ഉള്ള യൂറേനിയം ശുദ്ധീകരിച്ചു് ഒരു റാത്തലൈനുള്ളതു് (U-235ന്റെയും U-238ന്റെയും ഒരു മിശ്രമാണതു്) ഈ മാതിരി ചുളയിലുപയോഗിക്കുന്നുവെങ്കിൽ 2,600,000 റാത്തൽ ക്ലസ്റ്ററിയിൽനിന്നുണ്ടാവുന്നതു ചുട്ടുണ്ടാക്കാൻ കഴിയും.

മുങ്ങിക്കപ്പലുകൾ, കപ്പലുകൾ, വലിയ വിമാനങ്ങൾ, റെയിൽവേ ലോക്കമോട്ടീവ്, വിദ്യകളിലേഘ്യം, ഹാക്ട്രികളിലേഘ്യം വിദ്യുച്ഛക്തി നല്ലവാനുള്ള പവർസ്റ്റേഷനുകൾ എന്നിവയിൽ അറോമിക് ശക്തി ഉപയോഗിക്കുന്നതുകൊണ്ടു വലിയ മെച്ചങ്ങളുണ്ടാകുമതു്. അവ പുകകൂടാതെ പ്രവർത്തിക്കാനിതു സഹായിക്കും; കുറച്ചുസ്ഥലത്തുതന്നെ എത്രയോ കൊല്ലങ്ങൾക്കാവശ്യമായതു ഇന്ധനം ശേഖരിച്ചുവെള്ളാൻ കഴിയും. കഗ്രാമങ്ങളിൽപോലും— ശക്തി ഇതുവരെ ലഭിക്കാത്ത സ്ഥലങ്ങളിൽപോലും— വമ്പിച്ച പവർപ്ലാന്റുകൾ സ്ഥാപിക്കുവാനും പ്രവർത്തിപ്പിക്കുവാനും കഴിയും. ആവശ്യമായ യൂറേനിയം അവിടേയ്ക്കു് ഒരു വിമാനത്തിൽ വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകാം. ന്യൂക്ലിയർ ഇന്ധനങ്ങൾ കുറെക്കാലത്തേയ്ക്കു്— ക്ലസ്റ്ററിയും എണ്ണയും കിട്ടാതാവുന്ന കാലത്തേയ്ക്കുള്ളി— ഉപയോഗിക്കാമല്ലോ.

അറോമിക് ചുളയുടെ പലിപ്പം (അതിന്റെ ഘനമേറിയ കമ്പോളങ്ങളും മറ്റും അതിനെ ഒരു വിട്ടിലോ ഒരു ചെറിയ ക്വരിലോ പെട്ടിപ്പിക്കുന്നതിനു ചാരിച്ചതു്). റേഡിയേഷൻകൊണ്ടുള്ള ആവ

ന്തു", (വിദ്യാലയങ്ങൾ പരിഹരിക്കാൻ കഴിവുള്ള കാര്യമാണിതെങ്കിലും) അതിഭീമമായ ചിലവു, (കാലക്രമേണ ഈ ചിലവുവരുക്കാൻ കഴിഞ്ഞൊരിക്കലും) എന്നിവയാണ് ഇന്നുള്ള പ്രാതികൂല്യങ്ങൾ. കുറെക്കുറഞ്ഞതാൽ കല്ലറിയോടും എണ്ണയോടും താരതമ്യപ്പെടുത്താവുന്നതു ചിലവോ ഇതിനും വരികയുള്ളൂ എന്നാണ് പ്രവീക്ഷ.

പുതിയ ആനന്ദശക്തിയുടെ ഹൃദയമായി റോഡിയോ ആക്ടിവിസിയോടുകൂടി ചേർന്നുപോകുന്ന പരിഷ്കൃതമായ ഗവേഷണാത്മകതയോടു കൂടിയുള്ളതാണ് ആനന്ദശക്തിയുടെ സമാധാനപരമായ ആവശ്യങ്ങളിലൊന്നാണ്. സമാധാനത്തിന്റെ എല്ലാ ശാഖകളെയും ഇതു സമാധാനപ്പെടുത്തി, നീർമ്മാണം, വൈദ്യശാസ്ത്രം എന്നിവയെ ഇതു സമാധാനപ്പെടുത്തും ചെയ്യും. ആനന്ദശക്തിയിൽവെച്ചു ന്യൂനതകൾ വെട്ടിപ്പുറംകൊണ്ടു ശരവ്യമായി വെച്ചിരിക്കുന്ന ഏതു കൃഷിയും റോഡിയോ പ്രാദേശികമായിത്തീരുന്നു. ഈ ആനന്ദശക്തി റോഡിയോ ആക്ടിവിസിയോടു കൂടിയായി ചേർന്നു ചേർന്നുപോകുന്നതാണ് ഉപയോഗിക്കാൻ. റോഡിയോയെപ്പറ്റി കണ്ടെടുത്ത പ്രസരണങ്ങളെപ്പറ്റിയും പ്രത്യേകതരം ഉപയോഗങ്ങളെപ്പറ്റി ('ഗ്ലോബൽ കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ' എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്) ഹോട്ടോപ്പോയിന്റുകളിലോ ചേർന്നു അവയുടെ സാന്നിധ്യം തെളിയിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണത്തിന്, ഒരു കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ പ്രത്യേകതകളെക്കുറിച്ചുള്ള ശ്രദ്ധയോടെ എങ്ങനെയെന്ന് സമാധാനപ്പെടുത്തുന്നതെന്നറിയണമെങ്കിൽ ആ കമ്മ്യൂണിക്കേഷന്റെ 'കോഡുകളുമായി ചേർന്നു' കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ നിർമ്മാണം തരണം. കോഡുകളുടെ പുരോഗതിയെ ഗ്ലോബൽ കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻകൊണ്ടു പരിശോധിക്കുകയും ചെയ്യും. ഇവയെക്കൂടി സെല്ലുകളുടെ പ്രവർത്തനത്തെപ്പറ്റി പഠിക്കുവാൻ കേന്ദ്രങ്ങളിലേക്കുപോകണം. നിർമ്മാണത്തിലുപയോഗിക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെ അടയാളപ്പെടുത്തിയ ആനന്ദശക്തിയോടുകൂടി തന്നെയാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്ന കമ്മ്യൂണിക്കേഷൻ, നിയന്ത്രണങ്ങളുപയോഗിച്ചു കേന്ദ്രങ്ങളിലും അടയാളപ്പെടുത്തിയ പദാർത്ഥങ്ങളുടെ തോതു കൃത്യമായി കണക്കാക്കും. ഇതിനും സമാധാനങ്ങളുടെ ഉപയോഗങ്ങളെക്കുറിച്ചുപോകുന്നതിനും ആനന്ദ

മുകളിൽനിന്നും റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ആറ്റങ്ങൾ എത്ര വേണമെങ്കിൽ, എത്രതരം വേണമെങ്കിൽ, ഉണ്ടാക്കുകയുമാവാം. റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് ആറ്റങ്ങളുള്ള വസ്തുക്കളുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ഇതിന് ചിലപ്പോൾ വളരെ കുറവായിരിക്കും.

ഇക്കൂടെയ്ക്കു ന്യൂക്ലിയസ്സുകൾ ഭേദിക്കപ്പെടുമ്പോൾ, അതിന്റെ ദ്രവ്യരാശിയുടെ ഒരു ഭാഗം ശുദ്ധശക്തിയായി മാറുന്നു. ഇതു തന്നെ കൂടുതൽ സംഭവിക്കുന്നത് ഇക്കൂടെയ്ക്കു ന്യൂക്ലിയസ്സുകൾ തമ്മിൽ ചേർന്നു് ഇക്കൂടെയ്ക്കു ആറ്റങ്ങളുണ്ടാക്കുമ്പോഴാണ്. ഇതിന് പേര് ഫ്യൂഷൻ (fusion) എന്നാണ്—അതായത് ലയനം. ഫിഷൻ (fission) (ഭേദനം) എന്നതിനെതിരായി. ഭേദനത്തിലുള്ളതിനേക്കാൾ ഏഴിരട്ടിയോളം ശക്തിയാണ് ലയനത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാവുന്നത്.

ഹൈഡ്രജൻബോമ്പിലുപയോഗിക്കുന്ന പ്രക്രിയ ലയനമാണ്. ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിൽ മരയൊരു പ്രോട്ടോണോ അടങ്ങിയിട്ടുള്ളു. പല ന്യൂക്ലിയസ്സിലും ന്യൂട്രോണുകൾതന്നെയില്ല. ചിലതിന് ഒരു ന്യൂട്രോണുണ്ട്. [ഇത് മാതിരി ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തെ ഹെവിഹൈഡ്രജൻ അഥവാ ഡ്യൂറ്റീരിയം (heavy hydrogen or deuterium) എന്നു വിളിക്കുന്നു.] ചിലതിന് രണ്ടു ന്യൂട്രോണുണ്ട്. ഇതിനെ ട്രിറ്റിയം (Tritium) എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ശരിയായ തോതിൽ പലതരത്തിലും പെട്ട ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങളും അവയെ വ്യവർത്തിപ്പിക്കാൻ വേണ്ടത്ര ചൂടുമുണ്ടാക്കി (ഒരു ആറ്റംബോമ്പിനെയെയാണ് ഇവിടെ 'ടിഗ്നാ'യി ഉപയോഗിക്കുന്നത്—കാരണം ഇതിന്നാവശ്യമായ ലക്ഷണങ്ങളിൽ ഡിഗ്രി ചൂട് ആറ്റംബോമ്പിൽനിന്നു മാത്രമാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്) ന്യൂക്ലിയസ്സുകൾ തമ്മിൽ ചേർന്നു. തൽഫലമായി ഹീലിയം ആറ്റങ്ങളുണ്ടാവുകയുണ്ടാകുന്നു.

ഫലിയം ആറ്റങ്ങളുടെയും രണ്ടു പ്രോട്ടോണും രണ്ടു ന്യൂട്രോണുമാണ്. അങ്ങിനെ ഒരു പ്രോട്ടോൺ മാത്രമുള്ള ഹൈഡ്രജൻ ന്യൂക്ലിയസ്സ്; രണ്ടു ന്യൂട്രോണും ഒരു പ്രോട്ടോണുമുള്ള മറ്റൊരുതരം

ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റോമിയോടുകൂടിയ ഒരു റീഡിയം ന്യൂക്ലിയസ്സുണ്ടാവുന്നു. രണ്ടു ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങളുടെ (ഒരു പ്രോട്ടോണും ഒരു ന്യൂട്രോണുമുള്ളവ) റെക്ലഷനിലും ഇതുതന്നെയാണു് സംഭവിക്കുന്നതു്. ഇതിന്റെ ഫലമായി രണ്ടു പ്രോട്ടോണും, രണ്ടു ന്യൂട്രോണുമുണ്ടു്—ഇതു് ഹൈഡ്രജൻബോമ്പിലെ ഒരു ചുടാന്ന അംശമാണെന്നു് കരുതപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന്നു്, ഒരു ടീറിയം ആറ്റത്തിന്നു് ഒരു ലിതിയം ആറ്റോമിയോടുകൂടിയൊന്നും, തൽഫലമായി രണ്ടു റീഡിയം ആറ്റങ്ങളും ഒരു സ്വതന്ത്ര ന്യൂട്രോണും ഉണ്ടാകുവാനും കഴിയും. മറ്റു സംയോജനങ്ങളും വസ്തുക്കളും ഉണ്ടാകാനാമിയുണ്ടു്. ടീറിയംമൊഴികെ മറ്റെല്ലാം സുലഭവും വിലകുറഞ്ഞതരീതിയിലുണ്ടാകാവുന്നവയുമാണു്.

വൃദ്ധത്തിലാദ്യമുപയോഗിച്ച ബോമ്പുകളേക്കാൾ ശക്തികൂടിയതാണിന്നത്തെ ആറ്റംബോമ്പുകൾ. എന്നാലി ആറ്റംബോമ്പുകളേക്കാൾ ആയിരമിരട്ടി ശക്തിയുണ്ടത്രെ ഹൈഡ്രജൻബോമ്പിന്നു്. ഒരു ചെറിയ H-ബോമ്പു് ധാരാളസമുദ്രത്തിലെ ഒരു വിജനദർപ്പിൻപൊച്ചു പൊട്ടിച്ചപ്പോൾ സമുദ്രത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ 175 അടി ആഴവും ഒരു മൈൽ വിസ്താരവുമുള്ള ഒരു വലിയ കുഴിയുണ്ടായത്രെ. എങ്കിലും ഒരു H-ബോമ്പു് എത്ര വലുതും എത്രമാത്രം ശക്തിയേറിയതുമായാണെന്നതിന്നു് ഒരു പരിധിയുണ്ടു്.

ഏതായാലും ബോമ്പുകളേക്കാൾ നല്ല കാര്യങ്ങൾ പറഞ്ഞു നമുക്കു് ഈ അദ്ധ്യായം അവസാനിപ്പിക്കാം.

ഇതാ വളരെ സന്തോഷകരമായ ഒരു കാര്യം. ഹ്യൂഷൻ കാരണം, സൂര്യനിൽനിന്നു, 50,000 മില്യൻ വഷങ്ങൾവരെ ഉഷ്ണം ലഭിക്കുമെന്നു് നമുക്കു് പ്രതീക്ഷിക്കാം. സൂര്യൻ കല്ലുരികൊണ്ടാണു് ഉണ്ടാക്കിയിട്ടുള്ളതെങ്കിൽ അതു് വേഗം കത്തിയെരിയും. എന്നാലതിലധികവും ഹൈഡ്രജനാണു്. ഹൈഡ്രജൻ കത്തി റീഡിയംമാരിട്ടാണു് (മേല്പറഞ്ഞവിധം) അതിൽനിന്നു് ശക്തിയുണ്ടാക

നന്മ. ഇത്രയും കുറച്ചു വസ്തുവിൽനിന്നു ഇത്രയധികം ശക്തി
വ്യക്തമാക്കാനുള്ള പ്രക്രിയകൾ വേറെയില്ല. ന്യൂക്ലിയർ ശക്തിയുടെ
ബാലാബലങ്ങൾ കാരണമാണു സൂര്യൻ നമുക്കു മേൽ പ്രകാശിപ്പ
നതുതന്നെ.

ആധികാരികമായി പലതും പറയുന്നുണ്ട് സൂര്യനു് ഉഷ്ണ
കൂടിയുള്ളടിവരികയാണെന്നു്. അതിലുള്ള ഹൈഡ്രജന്റെ മൂന്നി
ലൊന്നു് ഹീലിയമായി മാറുമ്പോഴേയ്ക്കും, നമ്മുടെ സമുദ്രങ്ങൾ
കിളിച്ചുറ്റിയുടമെന്നും, ഉത്തരധ്രുവത്തിലെ ഹിമനാഷ്ടൻ (Santa
claus, ഭീവനോടെത്തന്നെ വേവിക്കപ്പെടുമെന്നും പറയപ്പെടുന്നു.

പക്ഷെ, അതു സംഭവിക്കുമോ? ഏതായാലും വരുന്ന 10,000
മില്ലാൻ വാർഷികങ്ങളിൽ അതു സംഭവിക്കുമെന്നു് തോന്നുന്നില്ല.
അതുകൊണ്ടു് അക്കാര്യം മറക്കുക. സുഖപര്യവസായിയാവാട്ടു ഈ
അദ്ധ്യായം.

ഐൻസ്റ്റീൻ്റെ ആചേക്ഷികസിദ്ധാന്ത .

സമൻസു് ഒരു ഉപജീവനമാഗ്നമായി എടുക്കണമെന്നാണ് ഇതുവരെയുള്ള പഠനത്തിൽനിന്നു് തോന്നിയതെങ്കിൽ, ഇനി ഞങ്ങളുടെ പഠനം പഠിക്കാനില്ലല്ലോ എന്നോർത്തു നിരാശപ്പെടേണ്ടതില്ല. 1890-വരെ ചില ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും വരുത്തിയ തെറ്റു് നിങ്ങളുടെ വരാതിരിക്കട്ടെ. പ്രധാനമായു് തെറ്റാകുന്ന കണ്ടുപിടിപ്പുകഴിഞ്ഞുവെന്നായിരുന്നു അവർ അന്നു് ധരിച്ചുവെച്ചതു്. ആ അബദ്ധം ഏതായാലും ഇനി പറരരുതു്.

അതു മാത്രമല്ല, ഇന്നു് തീർച്ചയാണെന്നു വിശ്വസിക്കപ്പെടുന്ന തെറ്റും—ഈ പരമ്പരയിൽ 'നിയമങ്ങളായി പറയപ്പെട്ടവപോലും—ഏതു കാരണത്താലും സത്യമാണെന്നു വിശ്വസിക്കരുതു്. അഞ്ചു കൊല്ലംമാത്രം പഴക്കമുള്ള ഒരു പുസ്തകം ഞാൻ ഇയ്യിടെ വായിക്കുകയായിരുന്നു. വിദൂരനക്ഷത്രങ്ങളിലേയ്ക്കുള്ള ദൂരത്തെ എത്ര കണിശത്തോടെയാണു് നക്ഷത്രശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അളന്നു തിട്ടപ്പെടുത്തിയതു് എന്നതിനെ പ്രശംസിക്കുകയായിരുന്നു ആ പുസ്തകം. എന്നാലതിനിടയിൽ ആ കണക്കുകളിൽ ഒരു തെറ്റുണ്ടെന്നു മനസ്സിലാക്കുകയും, ആദ്യം കണക്കാക്കിയ സംഖ്യകളെ ഇരട്ടിപ്പിക്കേണ്ടതായി വരികയും ചെയ്തു.

ശാസ്ത്രത്തെ നല്ല അടുക്കും ചിട്ടയുമുള്ള പൊതികളാക്കി തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്ന നൂട്ടനും മറ്റു മഹാശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും എന്ന കാര്യത്തിൽ ആർക്കെങ്കിലും വല്ല സംശയാഭിമുഖീകൃതം ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ അതു നിഷേധിച്ചു.

ചില അടിസ്ഥാനസംഗതികളിൽ ന്യൂട്ടൺ തെറ്റപറ്റി ഐസ്ക്രീം ചുട്ടെടുത്തു. ഇവിടെയെങ്കിലും എന്തെങ്കിലും ഐസ്ക്രീം ഏതെങ്കിലും വാദം ശരിയല്ലെന്നും തെളിയിച്ചുകൊടുത്തില്ല. ഇതാണത്രേ പരിശോധനയെല്ലാ ഏതു കാര്യത്തിലും ഐസ്ക്രീം സിദ്ധാന്തം ശരിയാണെന്നാണ് തെളിഞ്ഞിരിക്കുന്നത്. എന്നാൽ അതിനെ പരിശോധിക്കാനുള്ള അധികാരം വഴികളിനിയും കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടില്ല.

ഐസ്ക്രീം സിദ്ധാന്തങ്ങളെപ്പറ്റി വേണ്ടത്ര മനസ്സിലാക്കാൻ ശ്രമിക്കാൻ. ശാസ്ത്രത്തിന്റെ അവിഷകര എത്ര വിസ്തൃതമാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാനാവശ്യമാണ്.

ഐസ്ക്രീം സിദ്ധാന്തങ്ങളുടെ ചില അനന്തരഫലങ്ങൾ സാധാരണനിലയ്ക്കുപോയിച്ചാൽ എന്തുപിടിയും കിട്ടാത്തതു സങ്കീർണ്ണവിപുലമാണെന്നു മനസ്സിലാക്കും. അവ ശരിയല്ലെന്നാണ് സാമാന്യബുദ്ധി പറയുക. അതാണ് ഐസ്ക്രീം പറയുന്നതും— നാം നമ്മുടെ സാമാന്യബുദ്ധിയെ കുറച്ചുകൊണ്ട് വിശ്വസിച്ചു, അതാണത്രേ നമ്മുടെ തെറ്റി. പണ്ടേങ്ങിടങ്ങളിൽനിന്നു ലഭിക്കുന്ന അറിവാണ് സാമാന്യബുദ്ധി—അതെപ്പോഴും ശരിയാണെന്നു നില്ക്കട്ടെ.

കണ്ണിനെ പഠിക്കുന്ന പല വിദ്യാർത്ഥികളുണ്ട്. കണ്ണുകളോട് നിങ്ങളുടെ മസ്തിഷ്കം കാണാൻ പറഞ്ഞ എല്ലാ വസ്തുക്കളും ശരിയല്ലെന്നു വരും. കണ്ണുകൊണ്ടു കണ്ടതിനെ നിങ്ങളുടെ തലച്ചോർ 'ഒരുവ്യാഖ്യാനിക്കുന്നില്ലെങ്കിലും നിങ്ങളുടെ ചുറ്റും നടക്കുന്നതിന്റെ ചെറിയൊരു ഭാഗമേ കണ്ണുകൊണ്ടു കാണാൻ കഴിയൂ. എക്സറേ, പ്രകാശശാസ്ത്രം, ഉഷ്ണതരംഗങ്ങൾ, ടെലിവിഷൻതരംഗങ്ങൾ, റേഡിയോതരംഗങ്ങൾ ഇവയെല്ലാം ഒരുപോലെയാണെന്നും, തരംഗനീളത്തിൽ മാത്രമാണ് വ്യത്യാസമുള്ളതെന്നും നാം മനസ്സിലാക്കി. എന്നാലെന്താണ് റേഡിയോ തരംഗങ്ങളും, ഉഷ്ണരശ്മികളും നിങ്ങൾ കാണാത്തത്? കാരണം, നമ്മുടെ കണ്ണുകൾക്കത്ര ശക്തിയേ ഉള്ളൂ. ചെറിയ ഉപകരണങ്ങളെ മാത്രമാണ് കണ്ണുകൾ. വെളിച്ചമെന്ന

പറയുന്ന മരണശിക്ഷ വിദ്യുൽക്കാനാശംഗങ്ങളെ മാത്രമേ കാണാ
നാവാൻ കഴിയൂ.

നിങ്ങളുടെ ബോധത്തെ ചലിപ്പിച്ചുപോകാൻ കഴിയും
ഒരു ശബ്ദവും അതിന്റെ മറുപടിയും ഒരു സെക്കൻഡിന്റെ
പത്തിലൊരംശത്തിലാവുന്നതിനുള്ള കാര്യങ്ങളിൽ അവയെ രണ്ടു പ്രാ
വശ്യമായി കേൾക്കാൻ നിങ്ങളുടെ ചെവികൾക്കു ശക്തിയില്ല.
ചെവിയുടെ ചുറ്റും വരുന്ന ശബ്ദതരംഗങ്ങളിലൊരു ചെറിയ
വികാശം തരംഗങ്ങളെ മാത്രം കേൾക്കാവോ നിങ്ങളുടെ ചെവികൾ
കഴിയും. നിങ്ങളേക്കാളധികം ശ്രദ്ധണാധർമ്മി ഒരു നായന്മാനുണ്ട്.

അമിതവിയോഗങ്ങളുണ്ടാകാൻ കഴിയും പ്രാകൃതമാണ്. വേവി
ക്കാത്ത ഒരു കഷണം ആയിട്ടും ഉള്ളതിനേക്കാൾ അധികമാണെന്നു
മാണെന്ന് ചലിക്കും തിരിച്ചറിയാൻ വയ്യ. കഷണം കണ്ടിട്ടാണ്
അവർ വസ്തുക്കളെ തിരിച്ചറിയുന്നത്. കണ്ണടച്ചു തിന്മയാക്കി
അതുപോലെത്തന്നെ നിങ്ങളുടെ സ്വർഗ്ഗത്തിൽ തൃപ്തികരമാണെന്നു
മാണെന്ന് ധാരണയെങ്കിൽ വിരൽ ആദ്യം കുറച്ചുനേരം ചുട്ടുവെച്ചു
ത്തിൽ മുക്കിപ്പിടിക്കുക, പിന്നീട് ഇളംചൂടായ വെള്ളത്തിൽ
മുക്കുക. ഇളംചൂടുള്ള വെള്ളം തണുപ്പാണെന്നു് തോന്നും. കയ്യ്
ഐന്ദുസ്താൻ വെള്ളത്തിലിട്ടു് പിന്നീട് ഇളംചൂടായ വെള്ളം തൊട്ടു്
തോക്കു—അപ്പോൾ അതിനു് ചൂടാണു് അനുഭവപ്പെടുക.

ഇതൊക്കെ ശരിയാണ്. ചക്ഷു, ലോകത്തിനോടു് നാം
സമ്പർക്കം പുലർത്തുന്നത് ഈ ബോധശേഷിയുടെ വഴിയാണ്.
അതിനാൽ ചിലപ്പോൾ തെറ്റായ നിഗമനങ്ങളിൽ നാം ഏർപ്പെട
പ്പെടുന്നില്ല.

രണ്ടു കാര്യങ്ങളെപ്പറ്റി ധർമ്മമുള്ളതു് സംഭവിക്കുന്നുവെന്നു് നാം
പറയാറുണ്ട്. ചക്ഷു, അതിലത്ര തീവ്രമുണ്ടോ? ഐന്ദുസ്താൻ
ഈ ഉദാഹരണപര്യായം ചെയ്തു. നിങ്ങൾ ഒരു റെയിൽവേ പാളത്തി
ന്നരികിൽ നില്ക്കുമ്പോൾ ഇടിയുമിന്നലുള്ളപ്പോൾ ഒരു തീവണ്ടി
കാഴ്ചപ്പെടുന്നു എന്നു് കരുതുക. വണ്ടിയുടെ പകുതി ഭാഗം നിങ്ങളി
യിട്ടേയുള്ളു—ആ പകുതിയാണ് തീവണ്ടിപ്പാളത്തിന്റെ ഒരു

മിന്നലേല്ക്കുന്നു. ട്രെയിനിന്റെ തൊട്ടു പുറകേയും, അശേഷമേ
 തൊട്ടുമുമ്പിലുമായിട്ടാണ് മിന്നലടിക്കുന്നത്. നിങ്ങൾ നേരെ
 മുമ്പോട്ടു ട്രെയിനിന്റെ പാർപ്പുകാഗതയാണോ നോക്കുന്നത്.
 എന്നാൽ രണ്ടു കണ്ണാടികളിൽ രണ്ടു മിന്നലുകൾ നിങ്ങൾക്കു റൂപ്പി
 ഗോചരമാകുന്നു. അങ്ങിനെയായാൽ നിങ്ങൾക്കു തീവ്രമായും
 ചറയാം, രണ്ടു മിന്നലുകളും ഒരേസമയത്താണുണ്ടായതെന്നു്.

ഇതിനു പകരം ട്രെയിനിന്റെ ഒരു വശത്തല്ല അതിന്റെ
 മുകളിലാണു് നിങ്ങൾ ഇരിക്കുന്നതെങ്കിലോ? ഇപ്പോഴും കണ്ണാടിക
 ലൂണ്ടു്. നിങ്ങൾക്കു തല ചെരിയുണ്ടായില്ല, ഇപ്പോൾ. അത്യധികം
 വേഗത്തിലാണു് വെളിച്ചം പോകുന്നത്. പക്ഷെ, അതിനു് ഒരു
 സ്ഥലത്തുനിന്നു് വേറൊരു സ്ഥലത്തെത്താൻ അല്പം സമയം
 പിടിക്കും. ട്രെയിനിന്റെ പിന്നിലുണ്ടായ മിന്നലിന്റെ വെളിച്ചം
 നിങ്ങളുടെ കണ്ണിലേയ്ക്കു സഞ്ചരിക്കുമ്പോ, നിങ്ങളുടെ കണ്ണുകൾ,
 ട്രെയിനിന്റെ ചലനം കാരണം, ആദ്യത്തേതിൽനിന്നല്ല നിങ്ങൾ
 യിരിക്കുമല്ലോ. ട്രെയിനിന്റെ പിന്നിലുണ്ടായ മിന്നലിന്റെ
 വെളിച്ചത്തിന്റെ തള്ളിച്ചയിൽനിന്നു് കണ്ണുകൾ അകന്നുകൊണ്ടുപോ
 കുന്നു—അതേസമയത്തുതന്നെ മുമ്പിൽനിന്നു വരുന്ന വെളിച്ചത്തി
 ന്റെ അടുത്തേയ്ക്കു് അധികമായിട്ടും കണ്ണുകൾത്തള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു.
 മുമ്പിൽനിന്നു വരുന്ന മിന്നലാണു് കണ്ണുകൾ ആദ്യം കാണുക.
 ബോധേന്ദ്രിയങ്ങളെ വിശ്വസിക്കുന്ന സത്യസന്ധനായ ഒരു നിരീ
 ക്ഷകനെന്ന നിലയ്ക്കു് നിങ്ങൾ എന്താണു് റിപ്പോർട്ടുചെയ്യുക?
 മിന്നൽവെളിച്ചങ്ങൾ കണ്ടുവെന്നും, മുമ്പിൽനിന്നുള്ള വെളിച്ച
 മാണു് പിന്നിൽനിന്നുള്ളതിനേക്കാൾ വേഗത്തിലുണ്ടായതെന്നുമാ
 യിരിക്കും.

ഒന്നുകൂടി കരുതാം. നമുക്കു വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിലാ
 ണു് (ഇതു സാധ്യമല്ല) ട്രെയിൻ കാണുന്നതെന്നു കരുതുക. അങ്ങി
 നെയൊക്കെങ്കിൽ ട്രെയിനിന്റെ പിൻവശത്തുനിന്നുള്ള മിന്നലിന്റെ
 വെളിച്ചം ഒരിക്കലും നിങ്ങളുടെ കണ്ണിലെത്തുകയില്ല—ഒരു ഒരു
 റ്ററിമാനത്തിലെ വെളിച്ചം നിങ്ങളുടെ റിമാനത്തിന്റെ പിൻകൂഴലിൽ

നിന്നുണ്ടാവുന്ന ശബ്ദം കേൾക്കുകയോ കഴിയാത്തതുപോലെത്തന്നെ. ശബ്ദത്തെക്കാൾ വേഗത്തിലാണല്ലോ ഷെററ് വിചാണം പോകുന്നത്. ചിന്നിലെ മിന്നൽ നിങ്ങൾ കാണുകയേയില്ല. അപ്പോൾ നിങ്ങൾ സത്യസന്ധമായും റിപ്പോർട്ടുചെയ്യും കൈനിന്റെ പാർപ്പത്തു നിന്ന് ആദ്യത്തെ ആൾ പറഞ്ഞ കാര്യം ശരിയല്ലെന്നും. അവിടെ പോയെന്നും ഒരൊറ്റ മിന്നൽപ്പിണരേ ഉണ്ടായിരുന്നുള്ളുവെന്നും ആയിരിക്കും അയാൾ പറയുക.

മനമില്ലാത്തവർക്കായിട്ടെന്നും കേവലമായിട്ടെന്നും ആളുകളെ ബോധ്യപ്പെടുത്താനല്ല ഐന്റുട്രിൻ ശ്രമിച്ചത്. കൈനിന്റെ മുകളിലെ നിരീക്ഷകനെ സംബന്ധിച്ചേടത്തോളം മിന്നലുണ്ടായത് കേവലമായല്ല. പക്ഷെ, വാസ്തവത്തിലവ കേവലമായതാണുണ്ടായതെന്നു കൈനിന്റെ പാർപ്പസമനായ ആളെ സംബന്ധിച്ചേടത്തോളം ശരിയുമാണ്.

അദ്ദേഹത്തിനു മുമ്പുള്ളവർ പ്രദർശിപ്പിച്ചതുപോലെ ഐന്റുട്രിനും നിങ്ങളുടെ പരിക്ഷണങ്ങളെല്ലാം ശരിയാണെന്നുള്ള ധാരണ എത്ര തെറ്റായിരിക്കാമെന്നു തെളിയിക്കുവാൻ ശ്രമിക്കുകയായിരുന്നു. ഇതിനു ചില നിയമങ്ങളും അദ്ദേഹം ഉന്നയിച്ചു. നിരീക്ഷകൻ എവിടെയായാലും അയാൾ ഏതു രീതിയിൽ ചിലിച്ചാലും ശരിയായ ഉത്തരത്തിലെത്താവുന്ന നിയമങ്ങളായിരുന്നു ഇവ.

കൈനിയമങ്ങളുടെ വക്കത്തു കൈനിയമം നോക്കിക്കൊണ്ടും നിങ്ങൾ നില്ക്കുമ്പോഴും ആ കൈനിൻ എത്ര വേഗത്തിലാണോ പോയിരുന്നതെന്നു നിങ്ങൾക്കു പറയാൻ പറ്റിയോ? എ.ജി.ഗേൾ കൈനിയമങ്ങളിലെത്തി, പിന്നീട് കൈനിയമം പോയിച്ചിട്ടും ആ കൈനിൻ ശരിയാണോ എന്നു പരിശോധിക്കാം. കൈനിയമം പോയിച്ചിട്ടും മനമില്ലാത്തവർ 75 മൈൽ വേഗത്തിൽ പോകുന്നുവെന്നും സ്പീഡോമീറ്റർ പറയുന്നു. ഇത് 'ആപേക്ഷികവേഗം'യെന്നും 'കേവലവേഗം'യല്ല.

നിങ്ങളുടെ അരികിൽ കൂടി മണിക്കൂറിൽ 75 മൈൽ വേഗത്തിലാണോ കൈനിൻ ഓടുന്നത്. എന്നാൽ ആ വേഗം കൂടിയെണ്ണുന്ന സിദ്ധിച്ചുവെന്നും. കൂടി തന്നെ സമയം തിരിയുകയും, കൂട്ടത്തിൽ

ടെയിനിനെ വഹിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മണിക്കൂറിൽ 1000 മൈലാണ് ഭൂമിയുടെ വേഗം. പുറമെ, ടെയിനിനെ വഹിക്കുന്ന ഭൂമി, സൂര്യനെ മണിക്കൂറിൽ 70,000 മൈൽ വേഗത്തിൽ ചുറ്റിക്കറങ്ങുന്നുണ്ടല്ലോ. ഇതുകൊണ്ടും മുഴുവനായില്ല. സൂര്യൻ, ഭൂമി, ഇതരഗ്രഹങ്ങൾ എന്നിവയോടുകൂടി, നമ്മുടെ ടെയിനോടുകൂടി, അടുത്തുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഒരുമിച്ച്, മണിക്കൂറിൽ 50,000-ത്തോളം മൈൽ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുകയാണ്. ഈ നക്ഷത്രങ്ങളും സൂര്യനും ഭൂമിയും തിമ്പനിയുമെല്ലാം മാടാകിനി (Milky way) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഗ്രഹഞ്ചരത്തിൽ മണിക്കൂറിൽ 7,20,000 മൈലോളം വേഗത്തിലാണ് ചലിക്കുന്നത്. മാടാകിനിയാകട്ടെ താരതമ്യേന മണിക്കൂറിൽ 360,000 മൈൽ വേഗത്തിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത്.

അപ്പോൾ വസ്തുവത്തിൽ എന്തു വേഗത്തിലാണ് തീവണ്ടി മാറിയിരുന്നത്? മുകളിൽപ്പറഞ്ഞ എല്ലാ വേഗങ്ങളും ഒന്നിനോടൊന്നുകൂടിച്ചേർത്താൽ പറയില്ല—കാരണം, അവയുടെയെല്ലാം ചലനം മരേ ദിശയിലായിരുന്നില്ല. അങ്ങിനെ എല്ലാം ഒരേ ദിശയിലാണ് നിങ്ങളുടെ കൈൽപ്പോലും ടെയിനിന്റെ 'കേവല'വേഗം എന്തൊരു നിമിഷം കിട്ടില്ല—അതിന്റെ കേവലമായ ദിശയും നിങ്ങളുടെ ലഭിക്കുകയില്ല. നിങ്ങളുടെ പിന്നെയും ആപേക്ഷികമായ വേഗവും ദിശയും മാത്രമേ ലഭിക്കൂ. കാരണം, ഓരോ വേഗവും ദിശയും അടുത്തുള്ളതും ചലിക്കുന്നതുമായ മറ്റൊന്നിനെ ആസ്പദിച്ചാണ് നാം കണക്കാക്കിയത്—വിദ്വരാകാശത്തിലെ ഏതൊരു മാനുഷികിയെ ആശ്രയിച്ചാണ് നാം ഇതെല്ലാം കണക്കാക്കിയത്. നമ്മുടെ സ്ഥിതിയുമായി തട്ടിച്ചുനോക്കിയാൽ എത്ര വേഗത്തിലാണ് ആ മാനുഷികി ചലിക്കുന്നതെന്ന നമുക്കു പറയാം; അതിന്റെ വേഗത്തോടു നമ്മേയും താരതമ്യപ്പെടുത്താം. എന്നാൽ ഈ അബിലാബുസബ്രപാബുസബ്രത്തിലുള്ള (നമുക്ക് ഇന്നു കാണാനോ, മരിക്കലേകിലും കാണാനോ കഴിയാത്ത) വസ്തുക്കളുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തിയാൽ—എന്തു വേഗത്തിലും എന്തു ദിശയിലുമാണ് നാം ആ വിദ്വരവുമായ മാനുഷികിയും ചലിക്കുന്നതെന്ന നമ്മുടെ അറിവ് പറയാം?

കേവലവേഗം കണക്കാക്കാൻ സ്വേസിയെ എന്തെങ്കിലും സ്ഥിരമായ വസ്തുവിനെ ആശ്രയിക്കണം. അതല്ലെങ്കിലത്ര സാധ്യമല്ല. അങ്ങിനെ ചിലിക്കാത്തതായി ഒരു വസ്തു എവിടെയുണ്ടു്? ഉണ്ടോ?

നാം മുമ്പു പറഞ്ഞതുപോലെ, പ്രകാശതരംഗസിദ്ധാന്തം അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടപ്പോൾ, ഒരു ശൂന്യസ്ഥലത്തിൽക്കൂടി പ്രകാശത്തിന്നു് പോകാൻ കഴിയുമെന്നു് വ്യക്തമാക്കപ്പെടാൻ, സയൻസ് പ്രകാശത്തിന്നു ചോകാൻപറിയൊരു 'മീഡിയം' കണ്ടുപിടിച്ചു. വിദൂരനക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്നു് വരുന്ന വായു മറ്റു വാതകങ്ങളോ ഇല്ലാത്തതായ സ്വേസിൽക്കൂടി പ്രകാശതരംഗങ്ങളെ വഹിച്ചുവരുന്നതു് 'ഇതർ' എന്ന വസ്തുവാണെന്നു് കരുതപ്പെട്ടിരുന്നു. അദ്ദേശ്യവും തുടക്കമില്ലാത്തതുമായ ഒരു വസ്തുവാണിതെന്നും സ്വേസിലും മറ്റൊറ്റുവരിലും ഇതടങ്ങിയിട്ടുണ്ടെന്നും ആയിരുന്നു വിശ്വാസം.

പ്രപഞ്ചത്തിലാകെ ചിലിക്കാത്ത ഒന്നുണ്ടെങ്കിലതു് 'ഇതർ' എന്നും, അതു നിശ്ചലമായി നില്ക്കുകയാണെന്നും, സൂര്യനപ്പുറം ഭൂമി തിരിയുന്നതിൽനിന്നും, നക്ഷത്രങ്ങളുടെ വെളിച്ചത്തിൽനിന്നും മറ്റുമായി യുക്തിയുക്തം സ്ഥാപിക്കപ്പെട്ടു.

ഇതർ നിശ്ചലമായിരിക്കെ അതിനുള്ളിൽക്കുറങ്ങുന്ന ഭൂമിയുടെ കേവലവേഗമെന്നെന്നു് കണക്കാക്കാം. പല ദിശകളിലുമായി പ്രകാശകിരണാവലികളയയ്ക്കുകയും, അവയെ തുടക്കസ്ഥാനത്തേയ്ക്കുതന്നെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുകയും, അതിന്നിടയിൽ വന്ന ഇടവേളയെ നിണ്ണയിക്കുകയും ചെയ്യാം. ഇതറിൽ ഭൂമിയുടെ ചലനത്തിനോടൊത്തുപോകുന്ന പ്രകാശതരംഗങ്ങൾ അല്പം വൈകിയിട്ടുമാണു് പ്രതിഫലിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതു്.

രണ്ടു് അമേരിക്കൻ പ്രൊഫസർമാരായ ആൽബർട്ട്. മൈക്കൽ സൺ, ജ. ഡബ്ലിയു. മോർലി എന്നിവർ ഇതു തെളിയിക്കുവാൻ ഉദ്യമിച്ചു. 1881-ൽ ഓഹിയോയിലെ ക്രീപ് ലാൻറിൽവെച്ചുണ്ടായ ഒരു പ്രസിദ്ധമായ പരീക്ഷണം നടന്നതു്.

അവർ ഈ പരീക്ഷണത്തിന്നായി നിർമ്മിച്ച ഉപകരണം കൃത്യതയുടെ കരളുതസൃഷ്ടിയായിരുന്നു. അതിന്റെ അന്ത്യനായെപ്പറ്റി

ആരും ഇതുവരെ സംശയം പ്രകടിപ്പിച്ചിട്ടില്ല. വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിൽ ഒരു സെക്കന്റിൽ ഒരു മൈൽ വേഗംവേഗം തിരിച്ചറിയാൻ അതിനു കഴിവുണ്ടാവില്ല. ഒരു സെക്കന്റിൽ 10 മൈൽ വ്യത്യസ്തങ്ങളാവുമെന്നാണ് പ്രതീക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരുന്നതു്.

ഫലം വിസ്തൃതകരമായിരുന്നു. യാതൊരു വ്യത്യാസവും കാണപ്പെട്ടില്ല. ഏതു ദിശയിലേയ്ക്കു് കിരണാവലികളെ അയച്ചാലും അറിയുടെ വേഗം പ്രത്യക്ഷത്തിൽ സമീകരമായിത്തന്നെ അനുഭവപ്പെട്ടു. മറ്റുള്ളവരും ഈ പരീക്ഷണം ചെയ്തതുകൊണ്ട്. ഫലം തന്നെ. അതിനാൽ, മനുഷ്യർ ഭൂമിയും ഈതരം നിശ്ചലമായ സ്ഥലിലാണ്, അതല്ലെങ്കിൽ ഭൂമി ചലിക്കുന്നുണ്ടു്, പക്ഷെ, ഈതിലല്ലായിരുന്നു ആ ചലനം—വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിൽ വ്യത്യാസം വരുത്തുന്ന യാതൊരു ഈതരം അതിലുണ്ടായിരുന്നില്ല.

മിക്കവാറും എല്ലാ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും വിചാരിക്കുന്നത് 'മൂലതർ' ഇല്ലെന്നാണ്. സ്പെസിൽ നിശ്ചലമായി നില്ക്കുന്ന യാതൊരു സ്റ്റേഷനറി പ്ലാനെറ്റോയും ഇല്ലെന്നും അതുകൊണ്ടു് കോലമ്പോരം അളക്കുവാൻ സാധ്യമല്ലെന്നമാണവരുടെ വിശ്വാസം. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽക്കൂടി മണിക്കൂറിൽ 75 മൈൽ വേഗത്തിൽ പതുക്കെ ഇഴങ്ങേണ്ട പോകുന്ന ടെലിനിന്റെ കോലമ്പോരമോ ദിശയോ ഒരിക്കലും അറിയാൻ വയ്യ.

ഈ മൈക്കൽസൺ—മോർലി പരീക്ഷണമാണു് ആപേക്ഷിത കസിദ്ധാന്തത്തിലേയ്ക്കു് വഴികാണിച്ചതു്. ഐൻലാൻറുകാരനായ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ജോർജ്ജ് ഫ്രാൻസിസ് ഫ്ലിറ്റ്റ്സ് ജെറാൽഡ് വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിൽ വ്യത്യാസം കാണാതിരിക്കുന്നതിനുള്ള കാരണത്തെപ്പറ്റി അതുതകരമായൊരു പ്രസ്താവന ചെയ്തു. ചലിക്കുമ്പോൾ ഏതെങ്കിലും വസ്തുവിന്റെ നീളം ചുരുങ്ങിയാൽ, വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിലുള്ള വ്യത്യാസം അളക്കുവാനുപയോഗിച്ച ഉപകരണത്തെ ഭൂചലനംകാരണം ശരിക്കും പ്രവർത്തിക്കാതാവും. ആ ദിശയിലതിന്റെ നീളം ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യും—വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിലെത്ര വ്യത്യാസം വന്നാലും, അതിന്നു്

കണ്ടു ചതുക്കെടൊന്നു അതെന്ന് അദ്ദേഹം കണക്കാക്കുകയും ചെയ്തു.

ഈ രണ്ട് ആശയങ്ങളും ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീനും അത്മാവത്തായിത്തോന്നി. ചിലനുകൊണ്ട് ഒരു ഉപവസ്തുവിനും വികസനവുണ്ടാവുന്നതെന്ന് ഹിററ്സ് ജെറാഡ് പറഞ്ഞപ്പോൾ ഈ സ്വീസ്റ്റ്-ജർമ്മൻ യുവാവിനു ഇരുപതിൽ താഴെയാണു വായസ്സ്. തന്റെ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിച്ചപ്പോൾ ഐൻസ്റ്റീനും റെമം 26 വയസ്സേ പ്രായമായിരുന്നെങ്കിലും. സ്വീറ്റ്സർലാൻറിനെക്കുറിച്ചുപറഞ്ഞതിൽ ഒരു പരാമർശം എങ്കിലുമില്ലാത്തതിനാലേ അദ്ദേഹം അദ്ദേഹം. യൂറോപ്പിനു നല്ലൊരു നാളായി കളഭ്രഹത്തിന് വിന്നിട്ടു ലഭിച്ചു. 1913-ൽ തന്റെ സമയം മുഴുവൻ ഗവേഷണത്തിൽ ചിലവഴിക്കാൻ പഠിപ്പിച്ചു. ബർലിൻ വിഭാഗത്തിനൊരു സഹായം ലഭിച്ചു. ഐൻസ്റ്റീൻ അമേരിക്കൻ ഐക്യനാടുകളിൽ പോയിരുന്നകാലത്തു ഹിററ്സ് അദ്ദേഹത്തിന് ബർലിൻവിലുണ്ടായിരുന്ന ഉദ്യോഗം നഷ്ടപ്പെടുത്തിയപ്പോൾ ജർമ്മനിയിൽ നിന്ന നഷ്ടം അമേരിക്കയ്ക്കു ലഭിച്ചു. ന്യൂ ജർസിയിൽ പ്രിൻസ്റ്റണിലെ ഉപരിപഠനസമാഹരണത്തിൽ (Institute of advanced study) ഗണിതശാസ്ത്രാധ്യാപകനായിത്തീർന്നു അദ്ദേഹം. അദ്ദേഹം പ്രസിഡണ്ട് ഫ്രാങ്ക്ലിൻ റൂസ്വെൽട്ടിനൊപ്പമിരുന്ന ഒരു കാര്യം ആരംഭിച്ചുണ്ടാക്കാനുള്ള പദ്ധതികൾക്ക് കാരണമായത്. ആദ്യത്തെ അറോമിക് ചുളയ്ക്കും, ആരംഭിക്കാനായിട്ടും ഇതാണ് വഴി വെച്ചത്.

ഭൂമിയുടെ ഭാഗം അളക്കാനുള്ള പരീക്ഷണം—ഇതാർ നിശ്ചയിച്ചതല്ലെന്ന് ഡോക്ടറുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ നടത്തിയ പരീക്ഷണം—പരാജയപ്പെടുന്നതും ഇതുവരെ മനസ്സിലാക്കിയ എല്ലാ പ്രകൃതിനിയമങ്ങളേയും—ആരംഭം പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വികാസത്തെ പ്രകൃതിയെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന എല്ലാ നിയമങ്ങളേയും—പുനഃപരിശോധിക്കാനുള്ള ഒരു സഹായം ഐൻസ്റ്റീനു ലഭിച്ചത്. ഭൂമിയിൽനിന്നുള്ളൊരു നിരീക്ഷണം അയാളുടെ ചിലനുക, പ്രകാശം

നിന്നുമുള്ള വെളിച്ചത്തിന്, അതു ഭൂമിയിൽ വന്നു മുട്ടുമ്പോൾ ഒരേ വേഗമാണുള്ളതെന്ന തെളിവെടുത്തു—ഭൂമിയുടേയും നക്ഷത്രങ്ങളുടേയും ചലനത്തിലെത്തെല്ലാം വ്യത്യസ്തങ്ങളുണ്ടായിരുന്നവെങ്കിലും.

ഭൂമിയിലെ ഒരു നിരീക്ഷകന്, അപകമ്പോകുന്ന നക്ഷത്രത്തിൽനിന്നുള്ള വെളിച്ചത്തിന്, ഭൂമിയോടടുക്കുന്ന നക്ഷത്രത്തിന്റെ വെളിച്ചത്തിനേക്കാൾ കൂടുതൽ തരംഗനീളമുണ്ടു്—പക്ഷെ, അതിന്റെ ആവൃത്തി (ഫ്രീക്വൻസി) കുറവുമാണു്. തീവണ്ടി എൻജിന്റെ കൂക്കലിന്റെ ശബ്ദം അകലുന്തോറും കുറഞ്ഞുപോകുന്നതിനു് ഏകദേശം സമഗ്രമാണിതു്. മറ്റുദാഹരണു് ഡബിൾനക്ഷത്രം തരംഗനീളംകുറഞ്ഞ പ്രകാശശക്തികളെ അയയ്ക്കുന്നു. ഇവയ്ക്കു് ഫ്രീക്വൻസി കൂടും. പക്ഷെ, രണ്ടിലും വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിനു് മാറ്റംവരുന്നില്ല.

കൂട്ടത്തിലൊരു കാര്യം. അപകമ്പോകുന്ന നക്ഷത്രത്തിന്റെ തരംഗനീളത്തിലുള്ള ആധിക്യം ആ നക്ഷത്രത്തിന്റെ വസ്തുതയിൽ പ്രത്യക്ഷമായൊരു വ്യത്യസ്തമുണ്ടാകുന്നു. തരംഗനീളമധികമുണ്ടെങ്കിൽ 'റെഡ്'ത്തിന്റെ ചുവന്ന അറ്റത്തുനിന്നാവും അതു് വന്നിട്ടുണ്ടാവുക. ഈ 'ചുവപ്പുനിറമായി മാറൽ' ഭൂമിയിൽനിന്നകലുന്ന നക്ഷത്രത്തിന്റെ ആപേക്ഷികവേഗം കണക്കാക്കാനുള്ള ഒരു വഴിയാണു്. ഭൂമിയിൽനിന്നു് നക്ഷത്രത്തിലേയ്ക്കുള്ള ദൂരം കണക്കാക്കാനുള്ള ഒരു ഉപകാരപ്രദമായ വഴികൂടിയാണിതു്.

അങ്ങിനെ ഐൻസ്റ്റീൻ ഉണ്ടാിച്ചതു് വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം ഒരു സാർവ്വത്രികസമീപസമ്യയാണെന്നാണു്. മറ്റു ഭാഗ്യത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, വേഗം അളക്കുന്ന ആളെ അപേക്ഷിച്ചു്, എത്ര വേഗത്തിലാണു് പ്രകാശത്തിന്റെ ഉത്ഭവസ്ഥാനം ചലിക്കുന്നതെന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചല്ല കിടക്കുന്നതു്. അതു് യഥാർത്ഥത്തിലൊരു സ്ഥിരസമ്യയാണോ, അതോ അങ്ങിനെ തോന്നുകമാത്രമാണോ എന്നതു് ഒരു പ്രശ്നകാര്യമല്ല. കാരണം, നമ്മുടെ മസ്തിഷ്കത്തിലേയ്ക്കുവരുന്ന കണ്ണുകളിലേയ്ക്കുവരുന്നവയ്ക്കുള്ള ഒന്നോടേറ്റിസെന്റിലുള്ളതെങ്ങിനെയാണല്ലോ ഉപകരണങ്ങളിലെ അളവുകൾ നാം

ക്ഷമന അനുകൂലം. അതിനു ചേരുന്ന ആ ക്ലോക്കിന്റെ ഒരു ഭാഗത്താണ് നിങ്ങൾ ഇരിക്കുന്നതെന്നു വിചാരിക്കുക. അതോടുകൂടി നിങ്ങളും സഞ്ചരിക്കുകയാണ്. അതേസമയം ഒരു സ്റ്റേറ്റിസ്റ്റ് കർമ്മിലൊരു ഘടികാരവും പിടിച്ചു പുറത്തു നിന്നുകൊണ്ട് നിങ്ങളെ റോക്കുകയാണെന്നും വെറുക്കുക.

നിങ്ങളുടെ സ്റ്റേറ്റിസ്റ്റ് പറയും നിങ്ങളുടെ ക്ലോക്ക് നില്ക്കുകയാണെന്നും ശരിയല്ലെന്നും. നിങ്ങൾ പറയും നിങ്ങളുടേതാണ് ശരിയെന്നും—വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിലകലുന്ന സ്റ്റേറ്റിസ്റ്റിന്റെ കർമ്മിലുള്ള ക്ലോക്കാണ് നിന്നതെന്നും ശരിക്കും പ്രവർത്തിക്കുന്നതെന്നും. ആരാണിതിൽ ശരി?

രണ്ടുപേരും പറയുന്നതു ശരിയാണെന്നാണ് ഇതിനു യഥാർത്ഥത്തിൽ ഉത്തരം പറയാനുള്ളതു്. രണ്ടുപേരും പറഞ്ഞു അവനവൻ നിശ്ചയിച്ചുവെച്ചിട്ടുള്ളതാണ്—ആ ധാരണയെ ആസ്പദിച്ചാണ് നിങ്ങളുടെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ നടന്നതു്. സ്റ്റേറ്റിസ്റ്റിനാണ് ചലിക്കുന്നതെന്നാണിരുവരും കരുതിയതു്. ഐസ്റ്റീന്റെ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം രണ്ടു ധാരണകളും തുല്യമായി അംഗീകരിക്കാവുന്നതാണ്. മറ്റേ ആളുടെ ക്ലോക്കിലെ വ്യത്യാസം ഓരോരുത്തർക്കും തോന്നിയെന്നുവെച്ചു. ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ തമ്മിൽ ഇന്നും തർക്കമുള്ള ഒരു പ്രശ്നമാണിതു്.

വെളിച്ചത്തിന്റെ അത്ര വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുകയെന്നതു് അസാധ്യമാണെങ്കിലും വെളിച്ചത്തിന്റെ 90% വേഗമുണ്ടാക്കാൻ കഴിയും. ലാബറട്ടറികളിൽ ആനുകൂല്യങ്ങൾക്ക് ഈ വേഗമുണ്ടാക്കാൻ കഴിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ മനുഷ്യനിർമ്മിതമായ ഒരു യന്ത്രത്തിനും ഈ വേഗം കിട്ടിക്കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. വെളിച്ചത്തിന്റെ 90% വേഗമുള്ളപ്പോൾ ക്ലോക്കുകൾ അവയുടെ വേഗത്തിൽ സുമാർപക്ഷമായിരിക്കുന്നതെന്നും സമയത്തിനനുസരിച്ചു കൃത്യമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന എന്തു്—നിങ്ങളുടെ ഹൃദയവും, ശാരീരികപ്രക്രിയകളുമെല്ലാം—അങ്ങിനെ പോന്നു.

നിങ്ങൾ ഒരു സൂപ്പർപാക്കറിൽ കയറി സ്റ്റേഷിൻകൂടി വെളിച്ചത്തിന്റെ 90% വേഗത്തോടുകൂടി 10 കൊല്ലം ചാരിപ്പുറക്കുകയാണെന്നുവെങ്കിലും—ഭൂമിയുടെ വർഷങ്ങളാണിവിടെ പറയുന്നത്. നിങ്ങൾ ഭൂമിയിലേയ്ക്കു മടങ്ങുമ്പോൾ ഭൂമിയിലെല്ലാറ്റിനും 10 വയസ്സ് കൂടുതലായിട്ടുണ്ടാവും. ചോദ്യമിതാണ്. നിങ്ങൾക്കെത്ര വയസ്സ് കൂടുതലായിട്ടുണ്ടാവും?

പല ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും (ഐൻസ്റ്റീൻതന്നെ ഇതിലുൾപ്പെട്ടു) പറയുന്നത് നിങ്ങൾക്കു അഞ്ചുവയസ്സുമാത്രമേ കൂടുതലായിരിക്കൂ എന്നാണ്. കാരണം, നിങ്ങളുടെ ശരീരവും, ഘടികാരവും ഭൂമിയിലുള്ളവർ കണക്കാക്കുന്നതിന്റെ പകുതി വേഗത്തിലേ പ്രവർത്തിച്ചിരുന്നുള്ളൂ. മറ്റു ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പറയുന്നത് ഇതു അസംബന്ധമാണെന്നാണ്. നിങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചുവെങ്കിലും നിങ്ങളുടെ റോക്കറ്റിലെല്ലാം സാധാരണമട്ടിലായിരുന്നു. നിങ്ങളുടെ ഘടികാരവും (ശരീരവും) 10 കൊല്ലം തികച്ചു കാത്തിരിക്കും. എന്നാൽ ഭൂമി വെളിച്ചത്തിന്റെ 90% വേഗത്തിൽ കതിക്കുകയാണെന്നുള്ള സഹതി നിങ്ങളെ അല്പം വിചലിപ്പിക്കും—അവിടെ എല്ലാ ക്ലോക്കുകളും പതുക്കെയൊന്നും പോകുന്നത്. നിങ്ങൾ മടങ്ങിയെത്തുമ്പോൾ (നിങ്ങളുടെ കണക്കുകാരം) നിങ്ങൾക്കു 10 വയസ്സിനു പകരം അഞ്ചുവയസ്സു ആയിട്ടുണ്ടാവും.

ഐൻസ്റ്റീന്റെ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം, നിങ്ങളെ എതിർത്ത് ഭൂമിയിലുള്ള എല്ലാവരോളംതന്നെ ശരിയാണ് നിങ്ങളും പറയുന്നത്. കാരണം, നിങ്ങളാണ് നിശ്ചലമായി നിന്നത് എന്ന ധാരണയാണല്ലോ നിങ്ങൾക്കുണ്ടായിരുന്നത്—ആ ധാരണ, ഭൂമിയിലാണ് നിശ്ചലമായി നില്ക്കുന്നതെന്ന ധാരണയോളംതന്നെ ശരിയായിരുന്നു—റോക്കറ്റിനേക്കാൾ എത്രയോ വലുതാണ് ഭൂമിയെങ്കിലും.

ഈ വിഷമപ്പതത്തിൽനിന്നു പുറത്തുചാടാനുള്ള വഴി നിരീക്ഷകന്മാരുടെ വലിപ്പം ചില വ്യത്യാസങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നുവെന്നു ഊഹിക്കുകയും—അതായത് നിങ്ങളേക്കാൾ പ്രധാനമാണു ഭൂമിയെന്നതുതന്നെ. ആഴ്ത്തിനെന്തായിരിക്കാം; എന്നാൽ സ്റ്റേഷിൻകൂടി

മനുഷ്യർക്ക് സഞ്ചരിക്കുവാൻ കഴിയുവാനെ ഇതാകും തെളിയിക്കുവാൻ വയ്ക്കട്ടേ.

കൂട്ടത്തിലൊരു കാര്യം റോക്കറ്റിൽ കൂട്ടിയുള്ള യാത്രക്കിടയിൽ വന്നിട്ടു വേഗത്തിൽ പോകുമ്പോൾ ഭൂമിയിൽനിന്നു നോക്കുന്ന ഒരാൾക്കു യഥാർത്ഥത്തിൽപ്പോരുന്നതിന്റെ പകുതി ദൂരമേ പോയി എന്നു തോന്നുകയുള്ളൂ. റോക്കറ്റിലിരിക്കുന്ന ആൾക്കുള്ള മനുഷ്യിലായില്ല—കാരണം, റോക്കറ്റിനകത്തു് എല്ലാം (നിങ്ങളുടെ) പകുതിയായി ചുരുങ്ങിയിട്ടുണ്ടാവും. ഉയരവും വീതിയും പഴയപോലെത്തന്നെയും—നിളമാത്രം പകുതിയായിരിക്കും.

മറ്റൊരു സംഭവിയുണ്ടു്. നിങ്ങളുടെ റോക്കറ്റിനു വെളിച്ചത്തിന്റെ 50% മാത്രമേ വേഗമുള്ളൂ എന്നു് പറഞ്ഞിട്ടുണ്ടു് അതു് 100% ആകാത്തതു നന്നായി. അങ്ങിനെയായിരുന്നെങ്കിൽ റോക്കറ്റും നിങ്ങളും ചുരുങ്ങിച്ചുരുങ്ങി അവസാനം ഒന്നും ഇല്ലാത്ത രോഗസ്ഥലിൽ എത്തിച്ചേരുകയായിരുന്നു! മറ്റൊരു വശത്തു കൂടി നോക്കിയാൽ, ഇത്തരം ഒരു തെറ്റായ ചിന്തയ്ക്കു് നിങ്ങളുടെ സാധിക്കുകയായിരുന്നില്ല. കാരണം, എൻജിന്റെ ഗണിതശാസ്ത്ര സിദ്ധാന്തപ്രകാരം അനന്തമായ ശക്തി (energy) ഉണ്ടെങ്കിൽ മാത്രമേ ഒരു റോക്കറ്റിനെ ഉന്തിത്തള്ളി വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിലോളം എത്തിക്കുവാൻ കഴിയുകയുള്ളൂ. ഇന്നു് പ്രപഞ്ചത്തിലുള്ള ഭൂമി എന്തെങ്കിലും ഉപയോഗിച്ചാലും അതിന്നു സാധ്യമാകില്ല. അതുകൊണ്ടു് ഏതെങ്കിലും വസ്തുവിന്നു് വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം ലഭിക്കുക എന്നതു് സംഭവിക്കാത്തതാണു്—ആ ആപത്തു് അതുകൊണ്ടു് റോക്കറ്റിനുവരില്ല.

നിങ്ങളുടെ സങ്കല്പത്തിലുള്ള ആ യാത്രയിൽ നിങ്ങളുടെ റോക്കറ്റിനേ മറ്റൊരു വലിയ കാര്യമുണ്ടു്. ഭൂമിയിലുള്ള ആർക്കും നിങ്ങളുടെ റോക്കറ്റിന്റെ ദ്രവ്യരാശി (നിങ്ങളുടെ ദ്രവ്യരാശിയും) ആ വേഗത്തിൽ ഇരട്ടിയാവുമായിരുന്നു. കുറച്ചു അധ്യയങ്ങളുടെ മുമ്പു് നാം 'ഇക്ക'ത്തെയ്യുന്നിപ്പും 'ദ്രവ്യരാശി'യെയ്യുന്നിപ്പും പ്രതി

ചാദിക്കുകയുണ്ടായി. ന്യൂട്ടന്റെ റിവിച്ച്ചനപ്രകാരം ബലമെന്നത് ദ്രവ്യരാശിയും ത്വരണവും (ആക്സിലറേഷൻ) തമ്മിലുള്ള ഗുണനഫലമാണെന്നും സൂചിപ്പിച്ചു. താൽപ്പര്യമേന്മയോടുകൂടി ഒരു കാനിന്റെ ഇരട്ടി ദ്രവ്യരാശിയുള്ളതായ ലോറിക്ക് ഒരു കാനിനനുസൃത ത്വരണത്തിനു ഇരട്ടി ബലംവേണം. ആദ്യമുള്ളതിന്റെ ഇരട്ടി ദ്രവ്യരാശിയുള്ള നമ്മുടെ അതിവേഗം ചലിക്കുന്ന റോക്കറ്റിന്റേയും മുഖ്യബലമായിരുന്ന അത്രതന്നെ ആക്സിലറേഷൻ വേണമെങ്കിൽ ഇരട്ടി ബലം വേണ്ടിവരും. വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിന്റെ അടുത്തത്തുതോറും ദ്രവ്യരാശി വർദ്ധിച്ചുകൊണ്ടേ ഇരിക്കും—അവ ഹാവാനം അനന്തമായതു ദ്രവ്യരാശി ആ വസ്തുവിന്നുണ്ടാകും പ്രപഞ്ചത്തിലാകെയുള്ള ദ്രവ്യത്തിനേക്കാളെല്ലാം അധികമായിരിക്കും ആ ദ്രവ്യരാശി. ഇക്കാരണത്താലും വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം റിട്ടേഡേഷൻ ലഭിക്കുകയില്ല.

ഇവയെല്ലാം തികച്ചും സാങ്കല്പികങ്ങളായി മാത്രം എന്തിനും റിട്ടേഡേഷൻ അനുഭവപ്പെടും. ഐസ്റ്റ്മീൻ പറഞ്ഞതു ശരിയല്ലെന്ന് ഒരു കാലത്തു് തെളിയുകയും ചെയ്തു. എന്നാലിതുവരെയായി ഐസ്റ്റ്മീൻ പറഞ്ഞതു തെറ്റാണെന്നു തെളിയിക്കാനാകും കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. ഉദാഹരണത്തിന്റേ, എത്രതന്നെ വേഗം വർദ്ധിപ്പിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞാലും, വെളിച്ചത്തിന്റെ അത്ര വേഗത്തിൽ ഒരു വസ്തുവിനെ ചലിപ്പിക്കുവാനിതുവരെ ആർക്കും സാധിച്ചിട്ടില്ല. റൈൽഫോർഡ് പരിഷ്കരിച്ചുണ്ടായ ഭീമാകാരനായ ആക്സിലറേറ്ററുകൾക്ക് ഇലക്ട്രോൺ, പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ മുതലായ കണങ്ങളുടെ വേഗം വെളിച്ചത്തിന്റെ 99% വരെ എത്തിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ടു്. പക്ഷെ, അതിനുശേഷം എത്രയെത്ര ശക്തി കൂട്ടിയിട്ടും ബാക്കിയുള്ള ആ വികസനികത്താൽ—വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിലെത്താൻ—ആർക്കും കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല.

അതേവേലയ്ക്കുതന്നെ പല ചരീകണങ്ങളും ഐസ്റ്റ്മീൻറെ പ്രവാചനയുടെ ശരിയാണെന്നു തെളിയിച്ചിരിക്കുന്നു.

ദ്രവ്യരാശിവർദ്ധനയെപ്പറ്റി നാം ചർച്ചചെയ്യവല്ലോ. ഇതിനെപ്പറ്റിയാണ് ഒരു പരീക്ഷണം. കണങ്ങളുടെ വേഗം വർദ്ധിച്ച ഡിസൈനർമാർ ദ്രവ്യരാശിയുടെ വർദ്ധനവും കണക്കിലെടുത്താണ് അവരുടെ യന്ത്രങ്ങൾ ഡിസൈൻ ചെയ്യുന്നത്. കാരണം കണങ്ങളുടെ വേഗം വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച്, കണക്കുകൂട്ടട്ടേണ്ടതല്ലെന്നു, ദ്രവ്യരാശിയും വർദ്ധിക്കുന്നുണ്ടെന്നു വ്യക്തമായിരിക്കുന്നു.

ആറ്റംലോകത്തിലെ വസ്തുതകൾ നിരീക്ഷിച്ചപ്പോൾ ഘടികാരം പതുക്കെയൊന്നുപോലും സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. വെളിച്ചത്തെ റേഡിയേറ്റ ചെയ്യുമ്പോൾ, ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങൾ കൃത്യമായ ആവൃത്തി(ഫ്രീക്വൻസി)യോടുകൂടിയ രശ്മികളെ പ്രസരിപ്പിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് അവ പ്രത്യേകിച്ചും കൃത്യമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഘടികാരമാണ് എന്നു പരീക്ഷണത്തിൽനിന്നു തെളിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. എത്രകണ്ട് വേഗത്തിൽ ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങൾ ചലിക്കുന്നുണ്ടോ, അത്രയും അവയുടെ ഫ്രീക്വൻസിയുടെ സ്പന്ദനങ്ങൾ പതുക്കെയായി നമുക്ക് തോന്നുന്നു.

നിത്യജീവിതത്തിലിവിക കാര്യങ്ങളൊന്നും പ്രകടമാകുന്നില്ല. കാരണം ഇതിൽനിന്നുള്ള ഫലങ്ങൾ പ്രായോഗികമായി പൂർണ്ണമാണ്—വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിലെത്തുംവരെ. അമാനുഷക്കാരനായ ഈ ലോകത്തിൽ ആമാതിരി ഉയർന്ന വേഗങ്ങളൊന്നും നമുക്കു ബോധപ്പെടാറില്ല. റേഡിയത്തിൽനിന്നും ആൽഫാകണങ്ങൾ വരുന്നത് മിക്കവാറും വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിലാണ്. ഒരു ഘടികാരത്തിന്റെ റേഡിയേഷനായ സൂചികളെ ഇരുട്ടത്തുപോലും നിങ്ങൾ കാണുമ്പോൾ ആറ്റംപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമെന്നെന്ന് നിങ്ങൾക്കു മനസ്സിലാവുന്നു. എന്നാൽ ആ കണങ്ങളെ കാണുവാൻ നിങ്ങൾക്കു കഴിയുന്നില്ല.

ഈ കാരണംകൊണ്ട്, യന്ത്രങ്ങളും വളരെ കൃത്യമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഉപകരണങ്ങളും നൂട്ടുന്റെ നിയമപ്രകാരം വളരെ യഥാർത്ഥമായി ഉണ്ടാക്കാൻ കഴിയും. കാരണം ഐൻസ്റ്റീന്റെ സിദ്ധാന്തം

തട്ടിയായി വളരെ അടുത്ത ഫലങ്ങളാണ് പ്രായോഗികമായി ഇവയും നൽകുന്നത്. ഇവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ ഇന്നത്തെ മാതൃകാസമങ്ങളെക്കൊണ്ടൊന്നും കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ വയ്യ. വളരെ ഉയർന്ന വേഗങ്ങളിൽ മാത്രമേ ഗണ്യമായ എറൊങ്കിലും വ്യത്യാസമുണ്ടാകുന്നുള്ളൂ. അപ്പോഴുകൂടെ വ്യത്യാസം വളരെ വലുതാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

പ്രായോഗികമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന എൻജിനീയർമാർക്ക് ഐൻസ്റ്റീൻറെ ഗണിതസൂത്രത്തിന് വലിയ അർത്ഥമൊന്നാകില്ലെന്നും ആറാം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കും, നക്ഷത്രശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കും അതൊരുകണ്ടുപ്രധാനമാണെന്നും, അല്ലെങ്കിൽ ബീജഗണിതം (ആൾജിബ്ര) നിശ്ചയമുണ്ടാകിൽ നിങ്ങൾക്ക് മനസ്സിലാക്കാം. 'ലോറെൻറ്സ് ട്രാൻസ്ഫോർമേഷൻ' സൂത്രങ്ങളുപയോഗിച്ചാണ് ദ്രവ്യരാശിയും സമയവും ഐൻസ്റ്റീൻ അളന്നത്. പുതിയ മൂല്യങ്ങൾ കണക്കാക്കുന്നത് ക്ലാസ്സിക്കൽ വേഗത്തിന്റെ വക്രത്തിനെ വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗവക്രംകൊണ്ട് ഹരിച്ചുകിട്ടുന്ന ഫലത്തെ കിഴിച്ചുകിട്ടുന്ന ഫലത്തിന്റെ വക്രമൂലംകൊണ്ടും പഴയ മൂല്യത്തെ ഹരിച്ചിട്ടാണ് അതായത്—

$$\text{പുതിയ മൂല്യങ്ങൾ (സമയമോ ദ്രവ്യരാശിയോ)} = \frac{\text{പഴയ മൂല്യങ്ങൾ}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

തീളങ്ങൾക്കു പഴയ മൂല്യങ്ങളെ വക്രമൂലങ്ങളെക്കൊണ്ട് ഹരിക്കുന്നതിന്റേ പകരം പെരുക്കുന്നു. ഈ ലളിതസമീകരണങ്ങളിൽ (ഇക്വേഷനുകളിൽ) V എന്നത് ചലിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ വേഗവും, C എന്നത് വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗവുമാണ്. ഒന്നാമത്തെ ഇക്വേഷനിൽ, വേഗം 0 ആണെങ്കിൽ, പഴയ ഫലങ്ങളെ 1 കൊണ്ടാണ് ഹരിക്കുന്നത്—അപ്പോൾ വ്യത്യാസമൊന്നുമില്ല. 'ഉയർന്ന' വേഗമെന്ന് നാം പറയുന്ന ശബ്ദത്തിന്റെ വേഗവും, ദ്രമീകൃതകൃഷ്ണപരിധിവിട്ട് മേല്പോട്ടുപോകാൻ ഒരു റോക്കറ്റിന്റേയോ വേഗവുമെല്ലാം—ഇത് മണിക്കൂറിൽ 25000 മൈൽ വരും

—വളരെ ചെറുതാണ്. 25000 മൈൽ വേഗതയോടെയും പടയ ഫലങ്ങളെ $\sqrt{1 - 1/700,000,000}$ എന്ന ഡെങ്കി കൊണ്ട് റെഡിക്ഷനം. ഇത് ഫലത്തെ വളരെ കുറച്ചു മാറ്റേണ്ടതുണ്ട്. ഒരു റെക്കോർഡിന്റെ പ്രായോഗികമായ നിർമ്മാണത്തിലേക്കും, പ്രവർത്തനത്തിലേക്കും ഇത് സാധാരണ വ്യത്യസ്തങ്ങളാണെന്നു ഉണ്ടാക്കുന്നില്ല.

എന്നാൽ വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗതോടടുത്തു പോകാൻ ഉണ്ടായാൽ, ഭിന്നിതത്തിന്റെ മൂല്യം തീവ്രമായി മാറുന്നു. ഡെങ്കി വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിനോടടുത്താലോ, ഭിന്നിതത്തിന്റെ മൂല്യം ഒന്നിനോടടുക്കും. അങ്ങിനെ വന്നാൽ പടയ മൂല്യത്തെ $\sqrt{1 - 1}$ കൊണ്ട് — അതായത് 0 കൊണ്ട് — റെഡിക്ഷനമായി വരും. ഫലമാകട്ടെ അനന്ത(ഇൻഫിനിറ്റി)മാവും. നീളത്തിന്റെ കാര്യത്തിലാകട്ടെ, 0 കൊണ്ട് ഗുണിക്കേണ്ടതായും വരും. ഇതേ മാതിരി അനന്തമായ ഒരു ഫലമാണുപോലും ലഭിക്കുക.

വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിന് ഒരു സ്ഥിരമായ മൂല്യമാണ് ഉള്ളതെന്ന ഉപാഹാരത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് പടിപടിയായി ആപേക്ഷികതയുടെ ഗണിതശാസ്ത്രസമീകരണങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കിയത്. ഇത് (വെളിച്ചത്തിന്റെ മൂല്യം സ്ഥിരമാണെന്ന്) സത്യമാണെങ്കിൽ, ദൂരത്തെയും സമയത്തെയും, വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തെയും ബാധിക്കുന്ന പടയ സമീകരണങ്ങൾ മാറ്റേണ്ടിയിരിക്കുന്നു. വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗത്തിന് മാറ്റമില്ലെങ്കിൽ ദൂരത്തിന്റെയും സമയത്തിന്റെയും മൂല്യങ്ങൾക്ക് മാറ്റം വരണം. എങ്കിലല്ലെങ്കിൽ വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം ആ ഇടപെടലുകളിൽ മാറ്റത്തെ സ്ഥിരമായി നിർണ്ണയിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഒന്നും ഒന്നും കൂട്ടിയാൽ രണ്ടാണെന്ന്. പക്ഷെ, “രണ്ടു” എന്നത് വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗമാണെങ്കിൽ, അത് ഏകദേശം സ്ഥിരമായി നിർണ്ണയിക്കുന്നത് നാം കാണുന്നുവെങ്കിൽ, ഒരു കാര്യം കൂടി ചാർജ്ജ് — ഒന്നും രണ്ടും കൂട്ടിയാൽ രണ്ടാണെന്ന് — വെളിച്ചത്തിന്റെ വേഗം അതാണെങ്കിൽ. ഉത്തരത്തിനെ ചോദ്യംചെയ്തു

നമ്മുടെ ദേശം കൂട്ടിക്കിട്ടിയ തുകയുടെ മുഖ്യതയാണ് നാം
ചെയ്യേണ്ടതല്ലേയ്ക്കോ?

ഈ നമ്മുടെ ഏകീകരണത്തെ മുന്നോട്ടു കൊണ്ടു വരാനും
ഗണ്യമായ സുസ്ഥിരതയ്ക്കായിട്ടും അത് ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്.
എന്നാൽ ഐക്യത്തിന് മുന്നോട്ടുവരികെ. ഗണ്യമായ സുസ്ഥിരത
അതേ ഇതിനായിട്ടാണ്. പ്രവൃത്തിയുടെ, എന്തിനെയും
കൊടുക്കുന്നതിന്റെ വിവിധരൂപങ്ങളാണെന്നുള്ള ഉറപ്പില്ലാത്തത്—
“ഐക്യത്തിൽ” അഥവാ സമാധാനം, അഥവാ “ഐക്യം”—
ഇതിനുള്ള കേന്ദ്രം രിപ്പ എന്നർത്ഥം വന്നു, എന്നർത്ഥം വന്നത്
യഥാർത്ഥത്തിൽ അതിവേഗത്തിലായി വ്യാപിച്ചു വന്നുവെന്നും
മറ്റും—ഗണ്യമായ സുസ്ഥിരതയ്ക്കായിട്ടാണ്. അതേ ആരം
ഭാവവും ചെയ്യുമ്പോൾ ഇതു തെളിയുന്നുണ്ട്—വസ്തുവിന്റെ ശക്തി
അതി മാനദണ്ഡങ്ങളെല്ലാം ചെയ്യുന്നത്—ലോകത്തിൽ ശക്തി
കണങ്ങളായി മാനദണ്ഡം ചെയ്യുന്നു. എത്രയെന്ന് വേഗം കണ
മെടുക്കാനോ അത്രയ്ക്കും ശക്തി അത് വലിച്ചെടുക്കുന്നവനാണ്
ഐക്യത്തിന് ശക്തിയുടേതെന്ന് പറഞ്ഞു. എന്നർത്ഥം വസ്തുവിന്റെ കഴ
ിവുമാണെങ്കിൽ അതിനു പ്രവൃത്തിയുണ്ടാവാനും, അപ്പോൾ
പ്രകൃതി വേഗം ചെയ്യുന്ന കണത്തിന്, കൂടുതൽ പ്രവൃത്തിയു
ണ്ടാവണം. ഇതിനുമുമ്പ് നാം ചെയ്തതെല്ലാം പ്രസിദ്ധമായ ഇട
ത്തുള്ളതാണ് അദ്ദേഹത്തെ നയിച്ചത്. ആരംഭം
ബിരുദം കണ്ടുപിടിച്ചതിന് എത്രയോ കൊല്ലം മുമ്പായിട്ട്
തെളിയിച്ചത്. എന്നർത്ഥം വന്നത് പ്രവൃത്തിയെ വെളിച്ച
ത്തിന്റെ വേഗത്തിന്റെ വഴികൊണ്ട് ഗുണിച്ചുകിട്ടുന്ന ഫലമായി
രിക്കും എന്നാണ് ($E=mc^2$) പ്രസിദ്ധമായ ആ ഇടപെടൽ.

ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചെറിയൊരംശത്തിലടങ്ങിയ ഭൗതികമായ
ശക്തിയെ സ്റ്റാമ്പിച്ച് ഇതു പ്രസ്താവം പല രഹസ്യങ്ങൾക്കും
വിശദീകരണം നൽകി. എങ്ങനെയാണോ കണങ്ങൾ കത്തിച്ചുവന്നുവെ
ന്നുവെന്നുപകരം ഉത്തരമടികം എന്നർത്ഥം നൽകാൻ സ്പെഷ്യൽ കഴി
യുള്ളത് എന്തും, റേഡിയോ ആക്ടീവ് ആറണമു എങ്ങനെ ഇതു

വമ്പിച്ച വേഗത്തോടുകൂടിയ കണങ്ങളെ പ്രസരിപ്പിക്കുന്നു എന്ന് തിന്നും ഇതു വിശദീകരണം തരുന്ന.

‘നാലാമത്തെ അളവ്’ (fourth dimension) എന്ന ആശയവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണ് എൻസ്റ്റീന്റെ ചേർ. കേൾക്കുവാൻ ഉള്ളതും തോന്നുന്ന ഒരു വാക്കാണിത്. ആശയം ലളിതമാണ് സാരാംശത്തിൽ. നമുക്ക് ഉയരം, നീളം, വിതി എന്നീ മൂന്നളവുകളാണ് നിത്യപരിചയമുള്ളത്. നാലാമത്തെ അളവ് സമയമാണ്. സമയത്തെ ഒരു അളവായി നാമെന്നും ഉപയോഗിക്കുന്നു.

വിമാനങ്ങളോടിക്കുന്നവർ നിർണ്ണയിക്കപ്പെട്ട മാർഗ്ഗത്തിൽ കൂടി വേണം പറക്കുവാൻ. വഴിയിൽ ചില ചില ഘട്ടങ്ങളിൽ തടയുന്ന സ്ഥലത്താണ് എത്തിയിരിക്കുന്നതെന്ന കാര്യം കൺട്രോൾ സെൻററിനെ അറിയിക്കുകയും വേണം. ഒരു വൈമാനികൻ താൻ പിന്തുടരുന്ന റേഡിയോ കിരണാവലിയെ മുറിച്ചുപോവുകയാണെന്ന വെല്ലുഴക്കം. ഉടനയാൾ ആ വിവരം കൺട്രോളറെ അറിയിക്കും. ഏതുയരത്തിലാണ് താനുള്ളതെന്നും (എത്ര വടക്കോട്ടാണെന്നുള്ളതിനെ നീളമെന്ന പറയാം), എത്ര കിഴക്കോട്ടാണിതെന്നും (വിതി) ഭൂമിയിൽനിന്നെത്ര ഉയരത്തിലാണെന്നും കൺട്രോളർ മനസ്സിലാക്കുന്നു. സ്പേസിൽ ഏതു ബിന്ദുവിലാണ് വിമാനമെന്നത് ഇതിൽ വന്നില്ലാതെ തികച്ചും അറിയുവാൻ കഴിയും. എന്നാൽ സമയം കൂടി കണക്കിലെടുത്തില്ലെങ്കിൽ ഇതിനൊന്നുംതന്നെ യാതൊരു മൂല്യവുമില്ല. എപ്പോഴാണ് വിമാനം അവിടെ എത്തിയത് എന്ന് കൺട്രോളർക്കറിയാം. റേഡിയോറിപ്പോർട്ട് കിട്ടുന്നതോടുകൂടിത്തന്നെ എപ്പോഴാണി റിപ്പോർട്ട് കിട്ടിയതെന്ന വിവരവും അയാൾ കിട്ടിയവെല്ലുഴക്കം. അതേസമയംതന്നെ മറ്റൊരു വിമാനം അതേ റേഡിയോകിരണാവലിയെ പിന്തുടർന്ന് അവിടെവെച്ച് കൂട്ടിമുട്ടലുകളുണ്ടാകാതിരിക്കാൻ വേണ്ടിയാണ് അയാൾ അങ്ങിനെ ചെയ്യുന്നത്.

സമയത്തിന്റെ അഭാവത്തിൽ സ്ഥാനനിണ്ണയംകൊണ്ടു് യാതൊരു പ്രയോജനവുമില്ല—കാരണം ഒരു നിമിഷംമുമ്പുപോലും വിമാനം അവിടെ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. വിമാനം ചലിച്ചുകൊണ്ടേ ഇരിക്കുന്നു. ഓരോ സമയത്തും ഓരോ സ്ഥാനത്തുള്ള ഓരോ ബിന്ദുക്കളിലാണു് അതു ചെന്നുചേരുന്നതു്.

വിമാനത്തിന്റെ സ്ഥിതി നിയന്ത്രിക്കാൻ നാലു് അളവുകൾ നാം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഹർക്കലിൽ ഇതെല്ലാം ആവശ്യമായും വളരെ അത്ഥ്വത്തായും നമുക്കു തോന്നുന്നു.

എന്നാലതിന്റെ കൺട്രോളർ, ഭൂമിയിലെവിടെയോ 100 മൈലുകലെയുള്ള റോപ്പീസിലിരിക്കുന്നതിനു പകരം, ഏറ്റവുമടുത്തുള്ള ഒരു നക്ഷത്രത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന തന്റെ ആപ്പീസിൽനിന്നാണു് റേഡിയോസിഗ്നൽ കിട്ടിയതെന്നു കരുതുക. തന്റെ ക്ലോക്കു നോക്കി തനിക്കു 'ഓം' കിട്ടിയപ്പോൾ അയാൾ പറഞ്ഞിരിക്കണം: "ശ്രീ, പൈലററിപ്പോൾ ഭൂമിയിൽ ലണ്ടന്റെ മിതെലുള്ള ഇന്ന സ്ഥാനത്താണു് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതു്."

ഇതു പറയുമ്പോൾ ഭയങ്കരമായൊരു തെറ്റായിരിക്കും അയാൾ ചെയ്യുന്നതു്. കൺട്രോളർ 'ഇപ്പോൾ' എന്നുപറഞ്ഞ അവസരത്തിൽ, പൈലററു് ലണ്ടനിൽനിന്നു് 38 വഷങ്ങൾ അകലെയാണു സ്ഥിതിചെയ്തിരുന്നതു്. റേഡിയോതരംഗങ്ങൾ വെളിച്ചത്തോളം വേഗത്തിൽ പോകുമെങ്കിലും, റേഡിയോസന്ദേശം നക്ഷത്രത്തിലിരിക്കുന്ന കൺട്രോളറുടെ അടുത്തെത്താൻ 38 വഷങ്ങൾ പിടിക്കും. ഈ വിവരം താനറിഞ്ഞുവെന്നുള്ള മറുപടിസന്ദേശം ഭൂമിയിലെത്താനും വേണം റേറൊരു 38 വഷങ്ങൾ. ഒരുപക്ഷെ, മറുപടി കിട്ടുമ്പോഴേക്കും പൈലററു് മരിക്കാനാണു് വഴി.

സ്വേസിനോടു ബന്ധപ്പെടുത്താതിരുന്നാൽ സമയത്തിനു് അർത്ഥമില്ലാതാവുന്നു; സമയവുമായി ബന്ധപ്പെടാതെ സ്വേസിന്നും യാതൊരു അർത്ഥവുമില്ല. ഒരു വിദൂരനക്ഷത്രത്തെ തെളിഞ്ഞ ഒരു രാത്രി നിരീക്ഷിക്കുമ്പോൾ ആ സന്ദർഭത്തിലല്ല നിങ്ങളതിനെ 'കാണുന്നതു്'. 'ഇപ്പോൾ' എന്നു പറഞ്ഞാൽ 'ഇപ്പോൾ' എന്നർത്ഥമില്ല—

ഭൂമിയിലെ നമയവും നക്ഷത്രത്തിലെ നമയവും നോക്കിയാൽ നൂറുകണക്കിൽ വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് സംഭവിച്ച ഒരു കാര്യമാണ് ഏറ്റവും നിശ്ചയകാണുന്നത്—അമേരിക്കയെ കൊളംബസ്സ് കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് എത്രയോ മുമ്പ്. നിശ്ചയ സ്വേദിപ്പലേക്കു മാത്രമല്ല, പിൻതീർത്തു സമയത്തിലേക്കു കൂടിയാണു് നോക്കുന്നത്. ഒരുപക്ഷെ ആ നക്ഷത്രത്തെ പൊട്ടിത്തെറിക്കുകയോ അതു തൂങ്ങുമാവുകയോ ചെയ്തിട്ട് കുറെ കാലമായിട്ടുണ്ടാവും. രണ്ട് നക്ഷത്രങ്ങൾ തൊട്ടടുത്തുനില്ക്കുന്നതിനെ നിശ്ചയം നോക്കി, എത്ര ഭംഗിയുള്ള ദ്രവ്യങ്ങളാണിവ എന്നു അളക്കപ്പെടുന്നതാവും. ഒന്നിൽനിന്നു മറെറാന്നിലേക്കു് ലക്ഷക്കണക്കിൽ മൈൽ ദൂരമുണ്ടാവും. അവിടെയാണു് കൂടുതൽ വലുതായിരിക്കുപക്ഷെ, നോക്കുമ്പോൾ അവിടെ ഒരേ വലിപ്പമാണു് തോന്നുക. സ്വേദിപ്പലിൽ വെളിച്ചം വരാതെത്തന്നെ സമയത്തെപ്പറ്റി അറിയാതെ ദൂരമെന്നാണെന്നു നിശ്ചയിക്കുവാൻ സാധിക്കില്ല എന്നു സാരം.

ആപേക്ഷികതയിൽ സാധാരണയായി നോക്കുന്ന അനുപാതികമാണു പദപ്രയോഗമാണു് “സ്വേസ്—ടെം കൺടിനപം.” കേൾക്കുന്നതു മോശമല്ല അതു്. തുടർന്നുപോയിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതെന്നോ അതാണു് കൺടിനപം. നമ്മുടെ വിമാനം എവിടെ നില്ക്കുന്നുവെന്നു നിമിഷംപ്രതി നാം അടയാളപ്പെടുത്തുകയാണെങ്കിൽ—നമുക്കു വളഞ്ഞ ഒരു രേഖയാണു് ലഭിക്കുക—നാലു ഡൈമെൻഷനുള്ള “സ്വേസ്—ടെം കൺടിനപ”ത്തിന്റെ ഒരു വക്രരേഖ. പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഏതു വസ്തുവും, കണവും ഇതേമാതിരിത്തന്നെ അടയാളപ്പെടുത്തുവാൻ കഴിയും. ഈ വര അതിന്റെ ചിത്രവും കാണിച്ചുതരും. ഒരു പ്രത്യേകസന്ദർഭത്തിലതു് എവിടെയാണെന്നു് ഏതു സ്ഥലത്തു നില്ക്കുന്ന നിരീക്ഷകനും മനസ്സിലാക്കാം. അതൊരു “ഭൂലോകരേഖ”യാണു്.

ഈ ഭൂലോകരേഖ ഭൂമിയിലുള്ള നമുക്കു നോക്കിയാൽ കാണാൻ പാടില്ലെന്നു്, നക്ഷത്രത്തിലുള്ള ഒരു നിരീക്ഷകനു്, അയാൾ വ്യക്തമായ വേഗത്തോടു കൂടി പോകുമ്പോൾ, നോക്കുമ്പോൾ തോ

നടന്നു. ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി വ്യത്യസ്തപ്പെട്ട സമാപനങ്ങളാണിതിൽ പ്രവർത്തിച്ചത്. ഒരു നിരീക്ഷകന്റെ വേദത്തിനനുസരിച്ച് സമയത്തിന്റെയും ദൂരത്തിന്റെയും മൂല്യങ്ങൾ വ്യത്യസ്തപ്പെടുന്നു എന്ന അഭ്യൂഹം വെച്ചു—വെളിച്ചത്തിന്റെയും വേഗതയുടെയും വ്യത്യാസം ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട്—അതാണ് ഇവിടെ വിശദീകരിക്കേണ്ടത്. ഇവിടെയെല്ലാം ഒരു വിശ്വാസപരമായും ഒരു അർത്ഥശാസ്ത്രപരമായും തീർച്ചയുണ്ട്.

1915-ൽ ഐക്യവാദത്തിന്റെ സമാപന ആശയവികാസം (ജനറൽ തിയറി ഓഫ് റിലേറ്റീവിറ്റി) പ്രഖ്യാപിച്ചു. ആകാശനാലത്തെപ്പറ്റി ഇതൊരു പുതിയ ആശയമായിരുന്നു. ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഭാരം കണക്കാക്കുന്നതിന് കഴിയാത്ത ആകാശനാലത്തെ ന്യൂട്ടൺ പറഞ്ഞു. രണ്ടു വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള ആകാശനാലം അവയുടെ ദൂരം അനുസരിച്ച് അനുയോജ്യമായും അനുയോജ്യമല്ലാത്തതുമായും മാറുന്നുവെന്നും ഇതിൽ പ്രതിപാദിച്ചു. വേഗം ഇതിൽ വ്യത്യസ്തമാണെന്നും വരുത്തിയില്ല. ഈ നിയമങ്ങൾ ആകാശത്തിലെ വസ്തുക്കളുടെ ചലനങ്ങളെയും പഥങ്ങളെയും നിർണ്ണയിച്ചു. റെലേറ്റീവിറ്റി എന്താണ് ഗ്രാവിറ്റേഷൻ, അതിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തം എന്നും, പ്രവചിക്കാൻ കഴിഞ്ഞത് ഈ നിയമപ്രകാരമാണ്.

ഒരൊരോ പ്രശ്നം ന്യൂട്ടന്റെ നിയമത്തിന് വിരുദ്ധമാണെന്ന് വരുത്താൻ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. മെർക്യൂറിയുടെ പ്രദക്ഷിണപഥം—സൂര്യന്റെ ഏറ്റവും തൊട്ടുള്ള ഗ്രഹമാണ് മെർക്യൂറി—സൂര്യന് ചുറ്റും കൃത്യമായ ലക്ഷ്യം വരുന്നില്ലെങ്കിൽ പതുക്കെയാണു മാറുന്നതായിരുന്നു. ന്യൂട്ടന്റെ നിയമപ്രകാരം, മറ്റു കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളും വസ്തുക്കൾ മെർക്യൂറിയുടെ ആകാശനാലത്തെ സമാപനങ്ങളെപ്പറ്റി പലപ്പോഴും സംഭവിക്കാൻ പാടില്ലായിരുന്നു. എന്നാൽ അത്തരം വസ്തുക്കളെയെന്നും പുതുതായി കണ്ടുപിടിച്ചിരുന്നില്ല.

ആ പഴയ പ്രശ്നത്തിന് ഐൻസ്റ്റീന്റെ സിദ്ധാന്തം വിശദീകരണം തരുന്നു. സൂര്യനേടുകേടുകൾതോറം ഗ്രഹങ്ങളുടെ കൂടുതൽ വേഗം അവയുടെ ദ്രവ്യരാശി വർദ്ധിച്ചിടുന്നു—ന്യൂട്ടോണിയൻ കണക്കുകളിലേക്കു പ്രവചിക്കുന്നതിനേക്കാൾ അധികമാണ് അവയുടെ ആകർഷണത്തിന്റെ ഫലങ്ങൾ. പുറമെ, തന്റെ സ്വന്തം ചില പ്രവചനങ്ങളിലും ഐൻസ്റ്റീൻ എത്തി. ഇവ ന്യൂട്ടന്റെ നിയമത്തെ ഉണ്ണിച്ചു. അവയെ പരിശോധിക്കാനവസരം ലഭിച്ചപ്പോൾ, പ്രവചനങ്ങൾ തെളിയുകയും ചെയ്തു. ഒരു നക്ഷത്രത്തിൽനിന്നു വരുന്ന വെളിച്ചം സൂര്യന്റെ അടുത്തെത്തുന്നേടോ വളയും എന്നുവരികുന്നു ഒരു പ്രവചനം. ന്യൂട്ടോണിയൻ നിയമപ്രകാരം കണക്കുകൂട്ടുന്നതിന്റെ ഇരട്ടിയാണ് ഈ വളവെന്നും ഐൻസ്റ്റീൻ തിരിച്ചറിഞ്ഞു. സൂര്യഗ്രഹണമയത്ത് എടുത്ത ഫോട്ടോഗ്രാഫും ഐൻസ്റ്റീനാണ് ശരിയെന്നു തെളിയിച്ചത്.

ആപേക്ഷികതാനിയമങ്ങളും ന്യൂട്ടോണിയൻവാദങ്ങളും ഉയർന്നു വേഗങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച കണക്കുകളിൽ ഒഴികെ മറ്റൊന്നും സന്ദർഭങ്ങളിലും ഒരു ഫലത്തിലേയ്ക്കുണ്ടാക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ ആകർഷണത്തെപ്പറ്റിയുള്ള ഐൻസ്റ്റീന്റെ ആശയമാകെ ന്യൂട്ടന്റെതിൽനിന്നു വിഭിന്നമായിരുന്നു.

രണ്ടു വസ്തുക്കൾ പരസ്പരം സ്നേഹിതങ്ങളായി വളരെ ദൂരം ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നുണ്ടെന്നു ആശയത്തെത്തന്നെ ഐൻസ്റ്റീൻ നിരസിച്ചു. ഗ്രാവിറ്റിയെ ഒരു ബലമായിപ്പോലും അദ്ദേഹം അംഗീകരിച്ചില്ല. സ്നേഹിതങ്ങളുൾക്കൊള്ളുന്ന വളഞ്ഞ രൂപത്തിൽ ആകർഷണബലമുണ്ടാകുമെന്ന് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു—ഒരു കാനൽത്തിന്നുചുറ്റും, ഒരു വിദ്യുച്ഛക്തിശരയ്ക്കു ചുറ്റും വളഞ്ഞ കാനൽബലമുള്ളതുപോലെ. സ്നേഹിതങ്ങളുടെ പ്രവൃത്തിയിൽ ഈ ആകർഷണബലങ്ങൾ അലട്ടുകയാണ്—സ്നേഹിതങ്ങളുൾക്കൊള്ളുന്ന കാരണം—ഒരു പക്ഷി അതു പറക്കുന്ന വായുവിനെ അലട്ടുക പോലെ. ഭൂമിയിൽ ചുറ്റുമുള്ള പ്രദക്ഷിണപഥത്തിൽ ചന്ദ്രൻ നില്ക്കുന്നതിനും കാരണം ഭൂമി അതിനെ ആകർഷണബലംകൊണ്ടു വലിക്കുന്നു.

കണങ്ങളെത്തല്ല, പിന്നെയോ? ഭൂമി സ്പേസിൽ ടൈമിൽ, നമ്മുടെ സമീപത്തു് ഒരു വക്രതയുണ്ടാകുന്നതാണ്. ചന്ദ്രൻ എടുപ്പമാത്രം സ്വീകരിച്ചു് വളവിൽക്കൂടി പോവുകയാണ് കാരണം. ഈ വളവിൽനിന്നതിനെ പുറത്തള്ളുവാനുള്ള യാതൊരു ബലവും അതിന്മേൽ തട്ടുന്നില്ല. വാസ്തവത്തിൽ, ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ചന്ദ്രൻ അതിൻറെ ഏറ്റവും ചുരുങ്ങിയ നീളത്തിലാണ് യാത്രചെയ്യുന്നത്. നാം പഠിച്ച എപ്പോ രേഖാഗണിത (ജോമെട്രി). ത്തിനും എതിരായിട്ടു്.

ഇതു കേട്ടാലതാൾ തോന്നുന്നില്ലെങ്കിൽ വിഷമിക്കരുതു്. മറുപടിയെപ്പറ്റി ഇതു മനസ്സിലാവില്ല. എന്നാൽ ഐൻസ്റ്റീൻറെ പ്രവചനങ്ങൾ ശരിയാണെന്നാണ് വീണ്ടും തെളിയുന്നത്. ഒരു ഗുരുത്വ ക്ഷേത്രം (ഗ്രാവിറ്റേഷനൽ ഫീൽഡ്) എന്നാൽ എന്താണ് യഥാർത്ഥത്തിൽ എന്നു വിശദീകരിക്കുവാനിതു് സഹായിക്കുന്നില്ലെന്നു നിങ്ങൾക്കു പറയാം. എന്നാലതു ശരിയാണ്. ആക്സൻ അതിയില്ല. ഒരുപക്ഷെ, ഒരാൾക്കു അറിയാൻ കഴിഞ്ഞെന്നും വരില്ല. ഒരു കാരണത്താലും, വിദ്യുത് ക്ഷേത്രം എന്നെല്ലാം പറഞ്ഞാൽ യഥാർത്ഥത്തിലെന്നാണെന്നു് ഇതുവരെയും ആക്സൻ അറിയില്ല. എപ്പോഴോണവ ഉണ്ടാകുന്നതെന്നു് നമുക്കറിയാം എന്താണ് ഫലമെന്നും ഉൾക്കൊള്ളാം. എന്തുതന്നെയൊന്നും അവയെല്ലാം ഒരേയൊരു വസ്തുവാണെന്നു് ഐൻസ്റ്റീൻ സംശയിച്ചു. വസ്തുക്കളോളം അദ്ദേഹം പ്രവർത്തിച്ചതു് സാമ്പത്തികമായൊരു 'ഫീൽഡ്' സിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിക്കാനാണ്. എല്ലാറ്റിനും ബാധകമായൊരു നിയമം, ഗ്രാവിറ്റേഷനൽ ഫീൽഡിനെയാടുകയും ബാധിക്കുന്ന ഒരു തത്വം കാണാനാണദ്ദേഹം ശ്രമിച്ചതു്.

ഇതു കണ്ടുപിടിച്ചുകഴിഞ്ഞാലും ഒരു ചോദ്യം പിന്നെയും ബാക്കിനില്ക്കും! "ശരി, അവ എന്താണ്?" ഈ ചോദ്യത്തിൽ സത്യം സിന്ധു പ്രവർത്തിക്കാൻ വേണ്ടത്രയുണ്ടു്.

പല ആശയങ്ങളെയും ഐൻസ്റ്റീൻ കീഴ് മേൽമറിച്ചു. രണ്ടുപ്രധാനുപദേശങ്ങളുള്ള ഏറ്റവും ചുരുങ്ങിയ നീളമാണു് ഒരു നേർ

കേന്ദ്രീകൃത ജനസംഖ്യയെക്കുറിച്ചുള്ള പലതരം ഐക്യത്തിൽ തകിടം
 മറിച്ച്. പ്രാദേശികമായിട്ടുള്ള ഏറ്റവും വലുതുള്ളതായും ആകർഷണ-
 കേന്ദ്രങ്ങളാണെന്നുള്ളതും ആകർഷണകേന്ദ്രങ്ങളുടെ റേഡിയോപ്രദേശത്തിനെ ഒരു
 ഗോളാകൃതിയിൽ വെളിപ്പെടുത്തുന്നു—അതു തന്നെയാണ്. മറ്റൊരു
 കേന്ദ്രം ഒരു പ്രദേശത്തിൽ, രണ്ടു വിവിധകേന്ദ്രങ്ങളുള്ള
 ഏറ്റവും കിരഞ്ഞ ഭൂമി ഈ വളവിനെ ആസ്പദിച്ചിരിക്കുന്നു. നമ്മുടെ
 സമൂഹത്തിന്റെ അനുഭവപരമായ വെളിപ്പെടുത്തലുകളിൽ നിന്നും
 പലതരം പ്രകാശനങ്ങൾക്കുവേണ്ടി ഒരു സെൻസേറ്റീവ് ഇടയിൽ ഇടയിൽ
 സെൻസേറ്റീവ് പലതരം 200,000,000,000 വർഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽ
 തിരിച്ചുപുറപ്പെട്ടു സ്വീകരിക്കുന്നതെന്നു വരും. ഒരു സെൻസേറ്റീവ്
 1,86,800 മൈൽ വേഗത്തിൽ വെളിച്ചത്തിന് അത്രയും നമുക്കു
 വേണം. പെൻസേറ്റീവ് കേന്ദ്രമായ വിശ്വപ്രദേശത്തിലെന്നു ചുറ്റി
 കേന്ദ്രീകൃതമാണ്. ഈ ഗോളപ്രദേശത്തിന്റെ അളവുമാത്രം 35000
 മില്ലീമീറ്റർ പ്രദേശവർഷമാണ്.

പെൻസേറ്റീവ് ഈ വിശ്വപ്രദേശത്തിന്റെ വലിപ്പത്തിന്
 കേന്ദ്രീകൃതമാണെന്നും അതിന് അതികളെന്നാണിട്ടു. അതിനപ്പുറം
 കേന്ദ്രമാണ്? കേന്ദ്രീകൃതം വെളിപ്പെടുത്തൽ ക്രമമായി നിലനിൽക്കാനുള്ള
 ഒരു പാത്രം മാത്രമാണ് സ്പേസ്. വെളിപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളതിൽ സ്പേസ് മാത്രം
 കേന്ദ്രീകൃതമാണെന്നാണ് നോക്കൂ. സ്പേസിനപ്പുറം കേന്ദ്രീകൃതം.

നിങ്ങളുടെ തലമുറയെക്കുറിച്ചും കേന്ദ്രീകൃതമാണെന്നും നി-
 ങ്ങളെ ഹാനുമാക്കുമോ? ഭൂമി പരന്നതാണെന്ന് ഒരുകാലത്തും
 മനുഷ്യൻ വിചാരിച്ചു. ഒരുപക്ഷേ, ഉറപ്പുള്ളതും ഇപ്പോഴും അങ്ങി-
 നെയാവും 'വിചാരിക്കുന്നത്'. എന്നാലിന്ന് വൃത്താകാരത്തിലും
 കേന്ദ്രീകൃത ധാരണ നമുക്കുണ്ടായിരിക്കുന്നു.

പ്രദേശവും അങ്ങിനെ വളഞ്ഞതാണെന്നിരിക്കിൽ രണ്ടു വിവിധ-
 കേന്ദ്രീകൃതം തമ്മിലുള്ള ഏറ്റവും ചുരുങ്ങിയ ഭൂമാത്രം വളഞ്ഞതായിരി-
 ക്കണമല്ലോ. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തെ സംബന്ധിച്ചുടത്തോളം
 അതു ശരിയാണ്. നിങ്ങളുടെ യാത്രപോകുന്ന കപ്പലോ, വിമാന-
 യോ, ഒരു 'സെൻസേറ്റീവ്' ഇടയിൽ ഇടയിൽ തിരിച്ചുപോകാൻ, ഏതു സമയത്തും

കോർഡിനേറ്റുകളിലാണു് ദിശയിൽക്കൂടിക്കൂട്ടാകുവാൻ ശ്രമിക്കുകയില്ല. അതു വളരെ വളഞ്ഞ വഴിയാവാം. അവർ വലിയൊരു ദൂതാകാരഗതിയാണു് സ്വീകരിക്കുന്നതു്. ഒരു ഭൂഗോളമെടുത്തു് ഒരു ചരടിന്റെ ഒരറ്റം യു. എസ്സ്. എ:യിലെ സാൻഫ്രാൻസിസ്കോവിദ്യം മറ്റൊരു അറ്റം ആസ്ത്രേലിയയിലെ സിഡ്നീയിലും പിടിച്ചാൽ ഏറ്റവും കുറച്ചുനിളം ചരടു് ഉപയോഗിക്കുകയുണ്ടാകിൽ, ഒരു പരന്ന പടത്തിലേതിനെപ്പറ്റിവെച്ചു് സാരങ്ങളു് വ്യത്യസ്തമായെന്നാണു് നിങ്ങളുടെ അഭിപ്രായം. ഈ രണ്ടു് നഗരങ്ങളും തമ്മിൽ ഭൂരേഖത്തിലുള്ള വ്യത്യാസം ഒരു വളഞ്ഞ രേഖയാണു്. ഭൂഗോളമാകുന്ന ദൂതരേഖയിന്റെ ഒരു കരണം മാത്രമാണതു്. ഒരു പരന്ന പടത്തിൽ വെച്ചാൽ ശബ്ദസമുദ്രത്തിൽ ഈ ചരടങ്ങിനെ ആടിക്കളിക്കുന്നതുപോലെ!

നൂട്ടന്റെ ഇനർഷ്യയിൽനിന്നു് ഗ്രാവിറ്റിയെ വേർതിരിച്ചെടുക്കുവാൻ വഴിയൊന്നുമില്ലെന്നു് ഐസ്റ്റീൻ പറഞ്ഞു. ഗ്രാവിറ്റിയെന്നു പറയുന്നതിനെക്കൊണ്ടു് നമുക്കു് ഉണ്ടാവുന്ന എല്ലാ ഘടങ്ങളും ഇനർഷ്യകൊണ്ടുണ്ടാകാറുണ്ടെന്നുവയാണു്. അതായതാണു് ചിട്ടാലാക്കും കോർഡിനേറ്റും. ഐസ്റ്റീൻ വിചാരിച്ചതുപോലെ നിങ്ങളുടെ മൈക്രോകോസ്മിക് ഉയരമുള്ള ഒരു കെട്ടിടത്തിലുണ്ടെന്നും, അടുപ്പമുള്ള ഒരു 'ലിഫ്റ്റി'ൽ കിടപ്പോട്ടിറങ്ങുകയാണെന്നും സങ്കല്പിക്കുക. അതിന്റെ കമ്പി ചൊട്ടിയപ്പോൾ നീങ്ങളുടെ ലൂണിറ്റി—കാരണം, പുറത്തേക്കു് നോക്കാൻ നിങ്ങളുടെ വയറുപറ്റിയപ്പോൾ, ലിഫ്റ്റിനകത്തെ വായുവും നിങ്ങളോടൊപ്പം കിടപ്പോട്ടു വീഴുന്നു. നിങ്ങളുടെ പുസ്തകം ചങ്ങാതിക്കു കൊടുക്കുന്ന പക്ഷെ, ആ ചങ്ങാതി ഇതു കാണുന്നില്ല. കയ്യുമാറിയപ്പോൾ പുസ്തകം മാറ്റുന്നില്ല. നിങ്ങളുടെ പുസ്തകത്തിൽനിന്നു് കയ്യെടുത്താലും ചങ്ങാതിയുടെ വായുവിൽ നില്ക്കുന്നു, കാരണം ലിഫ്റ്റും അതിനകത്തുള്ള നിങ്ങളും പുസ്തകവും എല്ലാം ഒരേ വേഗത്തിലാണു് വീഴുന്നതു്. ഇതായതാണു് ചിട്ടാൽ വളരെ അന്ധധാരണമായിത്തോന്നാം. എന്നാൽ, കാൽചിരലു കളിപ്പേൽ നിന്നുപോ, ഇതിലധികമായും അന്ധധാരണമേകും.

മേല്പാട്ടു ചെയ്യാൻ നിങ്ങളേന്തിവലിഞ്ഞില്ലെ? അതു കാരണം നിങ്ങൾ മേല്പാട്ടേയ്ക്കുതാ പൊതു. ഗ്രാവിറ്റിയുടെ നിയമം ആരോ നിർത്തിവെച്ചു എന്നുപോലാണു് നിങ്ങൾക്കു അനുഭവപ്പെടുക.

അതുതന്നെ. നിങ്ങളുടെ ലിഫ്റ്റ് വിദ്വരണുള്ള സ്പേസിലേയ്ക്കു് എറിയപ്പെടുന്നു, ഭൂമിയുടെ ആകർഷണപരിധിക്കുമപ്പുറം. ഏങ്കിലും അതിന്റെ വേഗം വർദ്ധിക്കുന്നു. ഈ വേഗവർദ്ധന കൂടുംതോറും ലിഫ്റ്റിന്റെ അടിഭാഗം നിങ്ങളുടെ കാലടികളെ മേല്പാട്ടു തള്ളുന്നു. 'പുസ്തകവിദ്യ' ഒന്നുകൂടി പരീക്ഷിച്ചുനോക്കൂ—ഇത്തവണ പുസ്തകം നിലത്തുവീഴുന്നു. അതാണല്ലോ വേണ്ടതു്. വീണ്ടും ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലം പ്രവർത്തിക്കുവാൻ തുടങ്ങിയപ്പോലെ ഒരനുഭവമുണ്ടാകുന്നു.

ആദ്യം ഗ്രാവിറ്റി നിങ്ങളെ വലിച്ചിറക്കുമ്പോൾ നിങ്ങൾ വിചാരിച്ചു, ഗ്രാവിറ്റിയുടെ നിയമംതന്നെ ഇല്ലെന്നു്. ഭൂമിയിൽ നിന്നകന്നുകനു് ഗ്രാവിറ്റിതന്നെ പ്രവർത്തിക്കാത്ത ഒരു സ്ഥിതിയിലെത്തിയപ്പോഴാകട്ടെ, ഭൂമി നിങ്ങളെ പിടിച്ചുവലിക്കുന്നുവെന്നായി നിങ്ങളുടെ ധാരണ.

ഈ മാതിരി ഒരു ലിഫ്റ്റ് നിങ്ങൾക്കു് കിട്ടിയാൽ ഈ പരീക്ഷണങ്ങൾ നിങ്ങൾക്കുതന്നെ ചെയ്തുനോക്കാം. ഐസ്റ്റീൻ പരഞ്ഞതു് ശരിയാണെന്നും; ആശയക്കുഴപ്പത്തിന്നിടയില്ലെന്നും നിങ്ങൾക്കു ബോദ്ധ്യമാവുകയും ചെയ്യും.

ഇനി അവസാനത്തെ അദ്ധ്യായമാണു്. ഇന്നത്തെ ആശയക്കുഴപ്പത്തിന്റെ നടുവിൽ എന്താണു് വസ്തു എന്നു കാര്യം അന്വേഷിച്ചുനോക്കാം.

നാളത്തെ കണ്ടപിടുത്തങ്ങൾ

അടിസ്ഥാനപരമായി എന്താണ് വസ്തു എന്നതിനെ ഒരു കലാകാരനും ഭംഗിയായും ലളിതമായും വരക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ലെങ്കിൽ അദ്ദേഹത്തെ നമുക്കു കുറംപറയാതിരിക്കുക.

പാൽ തരുന്നതും, കരയുന്നതും, കൊമ്പുള്ളതും ആയ ഏതെങ്കിലും ഒന്നിന്റെ ചിത്രം വരക്കാൻ നിങ്ങളോടു പറഞ്ഞാൽ ഉടൻ നിങ്ങൾ ഒരു പശുവിന്റെ പടം വരയ്ക്കും.

മരങ്ങളിൽ പാർക്കുന്നതും, പറക്കുന്നതും, തൂവലുള്ളതുമായ ഒന്നിന്റെ ചിത്രം വരക്കാൻ പറഞ്ഞാൽ, ഉടൻ നിങ്ങളോടു പക്ഷിയെ വരക്കുന്നു.

എന്നാൽ കൊമ്പുള്ളതും, പാൽ തരുന്നതും, കരയുന്നതും, തൂവലുള്ളതും, പറക്കുന്നതും, മരത്തിൽ പാർക്കുന്നതുമായ ഒന്നിന്റെ പേർ പറയുവാൻ പറഞ്ഞാലോ? നിങ്ങൾ എന്തു ചെയ്യും?

അതേമന്ത്രി ഒരു വിഷമമാണ് നമ്മുടെ കലാകാരനും അനുഭവിക്കുന്നത്—കുറച്ചുകൂടിയുണ്ടെന്നമാത്രം. ഒരു ആററം എങ്ങിനെയാണ് യഥാർത്ഥത്തിലുള്ളതെന്നു കാണിക്കാൻ. അയാൾ ശ്രമിച്ചാൽ—രണ്ടു സദൃശകാര്യങ്ങളെ ഒന്നാണെന്നമട്ടിൽ അയാൾക്കു വരയ്ക്കുണ്ടതായിവരും—കാണാൻവയ്യാത്തത്ര അപലത്തിലുള്ള രണ്ടു കാര്യങ്ങളെയോണയാൾ വരക്കുക!

കാണാൻവയ്യാത്തത് എന്നു മാത്രമല്ല ആററങ്ങൾക്കുള്ള 'ദോഷം'—മറു വിഷമങ്ങളുമുണ്ട്. വളരെ ശക്തിയുള്ളൊരു മൈക്രോസ്കോപ്പിന്റെകീൽപ്പാലും—ഇലകടോണിനെപ്പോലും കാണാനതിന്നു ശക്തിയുണ്ടെങ്കിൽപ്പോലും—നിങ്ങൾക്കതിനെ കാണാൻ പ

ററീല്ല. ഉരുട്ടിയത് ഒന്നു കാണാൻ പറയില്ലല്ലോ. ഇലക്ട്രോണിൻ്റെ ഒരു വെളിച്ചം തട്ടിച്ചാൽ, വെളിച്ചത്തിൻ്റെ ശക്തി അതിനെ അങ്ങോട്ടുചിതോട്ടം ഉറപ്പിക്കുകയും ചെയ്യും. പ്രകാശതരംഗങ്ങളുടെ നീളത്തെക്കുറിച്ചു കറവയീടിക്കും ഇലക്ട്രോണിൻ്റെ ചലനം—അതു കൊണ്ടു നീശ്ചലമായിനിന്നാൽപോലും അതിനെ കാണാൻ നിങ്ങളുടെ പറയില്ല. സാധാരണവെളിച്ചത്തേക്കാൾ ചെറിയ വിദ്യുൽചാലന തരംഗങ്ങളുപയോഗിച്ചാലാകട്ടെ, അവയ്ക്കു കൂടുതൽ എൻർജി ഉണ്ടാവും. പലവുമായ ഇലക്ട്രോണിനെ, അതിനെ വെളിച്ചം തട്ടിമറന്നുവെന്നുവേണ്ടാതെ അകലത്തേക്കുട്ടി, തട്ടിനിടക്കും.

അതിനാലാകാം ഒരു ഇലക്ട്രോണിനെ കാണാൻ കഴിയുമെന്നു തോന്നുന്നില്ല.

മേൽപ്പറഞ്ഞ എല്ലാ വിഷയങ്ങളും പരിഹരിച്ചാൽത്തന്നെയും അതിലെങ്ങെങ്കിലും കാണാനുണ്ടോ എന്ന കാര്യം ആകാം ഉറപ്പില്ല; ഒരു കണത്തിൻ്റെ ചുറ്റുമുള്ള കാര്യങ്ങളെക്കുറിച്ചു കണ്ടുപിടിച്ചാൽ ടീകം എങ്ങെങ്കിലും കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും.

അതുകൊണ്ടു തല്ലാലത്തേക്കുട്ടി ആറത്തിൻ്റെ ഒരു യഥാർത്ഥമായ പടം വരയ്ക്കുവാൻ കഴിയുമെന്നു മോഹം വിട്ടുകയാലും സല്ലത്ത്. സങ്കല്പത്തിൽപോലും ഒരു ആറത്തിൻ്റെ എല്ലാ ഗുണങ്ങളും സഹജവെളിച്ചമടങ്ങിയ ഒരു വസ്തുവിനെ ചിത്രീകരിക്കുവാൻ കഴിയില്ല.

എന്താണു് വസ്തു? അതു കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കുന്നതെന്തെന്നും, തരംഗങ്ങളായാണെന്നും രണ്ടു സിദ്ധാന്തങ്ങളുണ്ടു്. പക്ഷേ ഒരു വ്യത്യസ്തമുണ്ടു്. വസ്തുതകളിലും ഇരിക്കാതെ ശരിയെന്നു് എങ്ങെന്നുവേണം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതു് വ്യക്തമായി വാദിച്ചതും, പരിക്ഷണം നടത്തിയതും എന്നു നമുക്കറിയാം. രണ്ടു സിദ്ധാന്തങ്ങളും ശരിയെന്നെന്നു ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതിലാണിപ്പോൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതായിരിക്കുന്നതു്.

രണ്ടു സിദ്ധാന്തങ്ങളെപ്പറ്റി ചിന്തിക്കുന്ന പരീക്ഷണങ്ങൾ എത്ര വേണ്ടെങ്കിലുമുണ്ടു്—ഇന്നെല്ലാവരും പറയുന്നതു് അവ

ആററുപണങ്ങളെപ്പോലെയും ചെങ്കോലനാക്കുന്നതാണ്. ഇങ്ങനെ നെയ്യെടുക്കുന്നതാണ്. അതിനെയാണ് നെയ്യെടുക്കുന്നതും അറിയില്ല. എന്നാൽ ഈ അതുതത്തിന്റെ അടുത്താണെന്നാൽ നിലകൊള്ളുന്നത്. ദ്രവ്യരൂപം ഒന്നാണെന്നു ഇന്നു നിങ്ങളുടേതായിരിക്കുന്നു. കണങ്ങളാണോ, രംഗങ്ങളാണോ എന്നതിനെ സംബന്ധിച്ചുള്ള ഒരു തിരുമാനത്തിനെത്തന്നെക്കൽ 'കണങ്ങൾ' എന്നത് രംഗങ്ങൾ കേന്ദ്രീകരിച്ചുണ്ടായതാണെന്ന ഒരു വിശദീകരണത്തിലേതു കാര്യം നല്ലതു്. അപ്പോൾ ഇന്നു നിങ്ങളിൽക്കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന സൗന്ദര്യവും ചെറിയൊരുമെല്ലാം സങ്കീർണ്ണമായ വിദ്യകൊണ്ടുണ്ടാക്കുന്ന ഒരു സമഹാരമാണെന്നു പറയേണ്ടതായി വരും. പക്ഷെ, എന്നിട്ടും നിങ്ങളുടെ പ്രയത്നങ്ങൾ. ഒരു തരം വിദ്യകൊണ്ടുണ്ടാക്കുന്ന ഒരു മറ്റൊരു തരം രംഗങ്ങളെക്കൊണ്ട് നിങ്ങളുടേതായിട്ടുണ്ടാകുന്നു.

1918-ൽ ഒന്നാം ലോകമഹായുദ്ധം തുടങ്ങുന്നതിനുള്ള മുമ്പു്. എന്താണ് വസ്തു എന്ന ചോദ്യം എന്നെന്നേക്കുമായി ഉത്തരം നൽകപ്പെട്ടതായി ഒരു തോന്നലുണ്ടായി. നീൽബോർ, ആററത്തിന്റെ ഒരു മോഡലുണ്ടാക്കി. മുമ്പാരിക്കൽ വാട് അതിനെപ്പറ്റി പ്രസ്താവിച്ചു.

ബോർ, ആററത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങൾ ചിത്രീകരിച്ചു തിങ്ങിനെയാണ്.

പുണ്ണമായിട്ടില്ലെങ്കിലും, ബോറിന്റെ ആററം, ന്യൂക്ലിയോർ ഫിസിക്സിൽ, വലിയൊരു മുന്നേറ്റമായിരുന്നു. ഈ മോഡൽ മനസ്സിൽ വെച്ചുകൊണ്ടാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ആററംബോറുണ്ടാക്കിയതു്, വലിയ ആററംകളുകൾ നിർമ്മിച്ചതു്. മനുഷ്യനു് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർപോലും തന്റെ മനസ്സിൽ വ്യക്തമായ ഒരു ചിത്രം ഉണ്ടായാലേ ഒരു യഥാർത്ഥബോറും ഉണ്ടാവുകയുള്ളൂ. ബോറിന്റെ ആററത്തിന്റെ പല വശങ്ങളും ഇതിൽനിന്നു വ്യക്തമാകുന്നു. ഇതിനേക്കാൾ വ്യക്തവും, കൃത്യവുമായ ഒരു ചിത്രം നിന്നുവേണ്ടി സർവ്വൻസു് ശ്രമിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതാണെന്നുമാത്രം.

കുട്ടിയുടെ അമ്മയ്ക്കു മറ്റൊരു പെട്ടിയിലുണ്ട്. എല്ലാ വസ്തുക്കളുടേയും നിർമ്മാണം അടിസ്ഥാനപരമായും ആറ്റങ്ങളെക്കൊണ്ടാണ്—നിങ്ങളുടെ കരത്തോറിയ മാംസപേടികളും, മധുരനാരങ്ങളും, ഒരു മേഖലകളിലും എല്ലാ വസ്തുവുമാണ്. ഭൂമിയിൽ 12 തരം ആറ്റങ്ങൾ (ഇപ്പോൾ ആറിലേറെ) കണ്ടുകിട്ടിയിട്ടുണ്ട്—ചില അടിസ്ഥാനവസ്തുക്കൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് ആറ്റങ്ങളെ സൃഷ്ടിക്കാൻ ഉപയോഗിച്ചുണ്ടാക്കിയതാണ്. ഇരുമ്പ് ഇരുമ്പിന്റെ ആറ്റങ്ങളിലും, ചെമ്പ് അതിന്റെ അണുക്കളിലും, കാൽഷ്യൻ കാൽഷ്യൻ ആറ്റങ്ങളിലും മാറുന്നു. നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്.

ഈ 12 മുലവസ്തുക്കൾക്കു പുറമെ, മറ്റൊരു ആയിരക്കണക്കിലുള്ള വസ്തുക്കളും, ഈ വ്യത്യസ്ത മുലവസ്തുക്കളുടെ വെറും സംയോജനങ്ങളാണ്. പലതരം ആറ്റങ്ങൾ, പലതരത്തിലും, തുറന്നിട്ടുള്ള മോളികൂട്ടുകളായി തുറന്നിട്ടുണ്ട്. എല്ലാറ്റിലും ചുറ്റും ഉള്ള ഒരു ഉദാഹരണമെടുക്കുക: H_2O —രണ്ടു റൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങളും, ഒരു ഓക്സിജൻ ആറ്റവും (ഇവ രണ്ടു മുലവസ്തുക്കളുടെ ആറ്റങ്ങളാണ്) കൂടിച്ചേർന്ന് വെള്ളത്തിന്റെ ഒരു മോളികൂട്ടാകുന്നു. ഇവ വേണ്ടത്രയായാൽ മോളികൂട്ടുകൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ഒരു കപ്പ് വെള്ളമാകുന്നു. ഈ മോളികൂട്ടുകളെ ലാബറട്ടറിയിൽ വെച്ച് വിച്ഛേദിച്ചു വീണ്ടും അതിന്റെ മുലവസ്തുക്കളാക്കി—(ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും) തിരിച്ചെടുക്കുന്ന പ്രക്രിയയെക്കൂടിയും മാറ്റം മോളികൂട്ടുകൾക്കകത്തു് പലതരം വസ്തുക്കളുടെ സുരക്ഷിതമായ ആറ്റങ്ങൾ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്—എല്ലാറ്റിലും ഒരു നിശ്ചിതമായ മാതൃകയിലാണിവ ചേർന്നിരിക്കുന്നത്.

12 തരം ആറ്റങ്ങളും ഇവ ചേർന്നുണ്ടായ പലതരം മോളികൂട്ടുകളും ആണ് പലതരത്തിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കളുടേയും നിർമ്മാണം.

ആറ്റങ്ങൾക്കകത്തു് ഒരേതരം കണങ്ങളാണുള്ളതു്—പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ, ഇലക്ട്രോൺ. വ്യത്യസ്തമായ തോതിലാണിവ വ്യത്യസ്ത ആറ്റങ്ങളിലുള്ളതു്—ആറ്റങ്ങളുടെ വൈവിധ്യത്തിനിതാണ് കാരണം. തിരിച്ചറിയാനുള്ള കണങ്ങളാണ് പ്രോട്ടോൺ

കുറെ—നൂറ്റാണ്ടുകളിലെ പ്രോട്ടോൺ സംഖ്യ ആറാം ഏകദേശത്തിൽ
 ഒരു പ്രതിമാസം വ്യക്തമാക്കി. ഉദാഹരണത്തിന് ഹൈഡ്രജൻ
 നാലാം ഹൈഡ്രജനായത് അതിലെ ഓരോ ആറ്റത്തിനും ഓരോ
 പ്രോട്ടോൺ അതിന്റെ നൂറ്റാണ്ടിലുണ്ടായതുകൊണ്ടാണ്. മാക്സി
 മൽവാതം ക്ലിഷ്ടനായത് അതിന്റെ ആറ്റത്തിന്റെ നൂറ്റാണ്ടിലു
 സ്സിൽ എട്ടു പ്രോട്ടോണുകളുള്ളതിനാലാണ്. യൂറേനിയംവരെ
 ഇതാണ് കഥ—അതിന്റെ ആറ്റത്തിന്റെ നൂറ്റാണ്ടിലു
 പ്രോട്ടോണുകളുണ്ട്.

ചിന്നിപ്പ് സയൻസ് പ്രകൃതിദത്തമായ മേൽപ്പറഞ്ഞ 82
 വസ്തുക്കൾക്കു പുറമെ ചില പുതിയ മൂലവസ്തുക്കൾ കണ്ടുപിടിച്ചു—
 യൂറേനിയം നൂറ്റാണ്ടിലു പ്രോട്ടോണുകൾ ചേർന്നിട്ടു്. (ഈ
 പട്ടികയ്ക്കു പുറമെ, മുമ്പു പ്രസ്താവിച്ചതുപോലെ, 101 മൂല
 വസ്തുക്കളുണ്ട്.)

ഇതെല്ലാം ശരിയാണ്, ഇനിയങ്ങോട്ടും ഇതൊക്കെ വിസ്തൃ
 ശയമായും സമ്പന്നമായും ചെയ്യും. ഒരു ചോദ്യമേയുള്ളു—
 എന്താണ്? ഒരു പ്രോട്ടോൺ? എന്താണ്? നൂറ്റാണ്ടി? എന്താണ്?
 ഇലക്ട്രോൺ? ആറ്റത്തിന്റെ നൂറ്റാണ്ടിലു ചോദ്യങ്ങൾക്കു
 ഞങ്ങളും കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു—ഇവയെല്ലാമെന്താണ്, എ
 ന്താണ് എന്ന ചോദ്യം ഉണ്ടാകുന്നു.

നോർ വിഭാവനംചെയ്തു ആറ്റത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനപര
 മായ ഭാഗങ്ങളെല്ലാ നിറയ്ക്കുകയും ആരംഭിച്ചത് ഇലക്ട്രോണുക
 കണ്ടുപിടിച്ചാണ്. ആറ്റത്തിന്റെ നൂറ്റാണ്ടിലു ഒരു പലത്തിലൂടെ
 ചുറ്റുന്ന ഒരു ചെറുകണികയായിട്ടാണ് നോർ ഇലക്ട്രോണിനെ
 വിഭാവനം ചെയ്തത്—ദ്രുതി സൂര്യനെ ചുറ്റുംപോലെ. അതിന്
 ഹൈഗർവ്ച് ചാർജ്ജാണുള്ളത്. അത് ചെറിയൊരു കണമായിര
 ന്നു. അത്തരം 1850 എണ്ണം ചേർന്നാലേ ഒരു പ്രോട്ടോണിനോ
 ഞമോ നൂറ്റാണ്ടോളമോ വലിപ്പം വരികയുള്ളൂ.

എത്ര പ്രോട്ടോണുകളുണ്ടോ ആതു ഇലക്ട്രോണുകളുണ്ട്. ഹൈഗ
 റ്റ്വ്ച് ചാർജ്ജുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ അറിയപ്പെടുന്ന പലങ്ങളിൽ നില്ക്കു

നമ്മു് പ്രോട്ടോണുകളുടെ പോസിറ്റീവ് വൈദ്യുതചാർജ്ജുകാരണമാണു്. ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് പലരും പഥങ്ങളിൽക്കൂടിയും സഞ്ചരിക്കുവാൻ കഴിയും—നൂക്ലിയസ്സിൽനിന്നു് പരദൂരങ്ങളിലും—സൂര്യന്റെ ചുറ്റും വിവിധ പ്രദക്ഷിണപഥങ്ങളിൽക്കൂടി ഭൂമിയും ക്ഷണം മറ്റും തിരിയുന്നതുപോലെ. ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്നു് അതിന്റെ ഒരു പഥത്തിൽനിന്നു് നൂക്ലിയസ്സിന്റെ തൊട്ടടുത്തു മറ്റൊരു പഥത്തിലേയ്ക്കു പോകാൻ കഴിയും. ഇങ്ങിനെയായാലതിൽനിന്നു് ശക്തിയുണ്ടാവും. അതല്ലെങ്കിലതിന്നു് ഉള്ളിൽനിന്നു പുറമേയ്ക്കു മാറാം—അപ്പോൾ അതു് ശക്തിയെ സ്വീകരിക്കുകയാണു് ചെയ്യുക.

വാസ്തവത്തിൽ, ബോർ ഒരിക്കലും ഒരു പഥത്തിൽനിന്നു് മറ്റൊന്നിലേയ്ക്കു ഇലക്ട്രോൺ മാടുന്നതു് കണ്ടിരുന്നില്ല. പക്ഷെ, അദ്ദേഹം ഈ ഉത്തരത്തിലെത്തിയതു്, മാക്സ് പ്ലാങ്ക് എന്ന ജർമ്മൻ ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞൻ ആവിഷ്കരിച്ച ഒരു സിദ്ധാന്തം വിശദീകരിക്കുവാൻ ശ്രമിക്കുമ്പോഴാണു്. ഇതായിരുന്നു അടിസ്ഥാനപരവും സുപ്രധാനവുമായ ക്വാൻറംസിദ്ധാന്തം. ഈ നൂററണ്ടിന്റെ തുടക്കത്തിലാണു് മാക്സ് പ്ലാങ്ക് ഇതു് ആവിഷ്കരിച്ചതു്.

കെൽവിൻ-ഹെൽഗോൾഡ്വിൽ നിന്നു നാം പഠിച്ചു, ഉഷ്ണമെന്നതു് ചലനമാണെന്നു്. വസ്തുവിന്റെ കണങ്ങൾ കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ സ്പന്ദിക്കുമ്പോൾ ചൂടു് അധികമാകുന്നു. സ്പന്ദനം ക്രമമായി വർദ്ധിക്കുമ്പോൾ ഉഷ്ണത്തിന്റെ റേഡിയേഷനിലുമുണ്ടാവുന്ന ക്രമമായ വർദ്ധന. റേഡിയേഷൻ കൃത്യമായ ഘട്ടങ്ങളിലാണു് വർദ്ധിച്ചതെന്നും കണ്ടു. ശക്തിതന്നെ (വെളിച്ചം ഉൾപ്പെടെ) ചെറിയ പാക്കറ്റുകളായാണു് വന്നതു്. ഈ ചെറിയ പാക്കറ്റുകൾ ഉയാണു് 'ക്വാൻറ' എന്നു വിളിച്ചതു്. അവയ്ക്കു് ഒരു കൃത്യമായ ഗണ്യതയുമുണ്ടെന്നു പ്ലാങ്ക് കണ്ടു. അവയുടെ ശക്തി ഒരു പ്രത്യേക സംഖ്യയെ (പ്ലാങ്ക് കിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം) റേഡിയേഷൻ ഫ്രീക്വൻസി കൊണ്ടു ഗുണിച്ചുകിട്ടിയാലുളളതുമാണു്. ഈ സ്ഥിരാങ്കംഖ്യയെ 'h' എന്നു വിളിച്ചു.

—സ്ഥിരമായ ഭാഗത്തിൽ, ഒരു പഥത്തിൽ. അവ ശക്തിയെ പ്രസരിക്കുകയോ സ്വീകരിക്കുകയോ ചെയ്തില്ല.

വസ്തുക്കൾ കണങ്ങളായിട്ടാണ് നിലനില്ക്കുന്നതെന്ന സിദ്ധാന്തത്തിന് ഇതു വലിയൊരു വിജയമായിരുന്നു.

എന്നാൽ ഇപ്പോൾ ബോറിന്റെ ക്വാൻറം-വിശദീകരണം പോലെത്തന്നെ ശക്തമായ ഒരു തരംഗസിദ്ധന്തത്തെ ഉയർത്തിപ്പിടിച്ചുകൊണ്ട് ചിലർ വന്നിരിക്കുന്നു.

അവർ ഇതിനെ വാദിക്കുന്നു! ഒരു കണമെന്നതിനു പകരം ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ന്യൂക്ലിയസ്സിനെ ചുറ്റിക്കൊണ്ടുള്ള ഒരു വിദ്യുൽ കാന്തതരംഗമാണെന്നു കരുതുക. ആറ്റത്തിനകത്തു് അതു കിടന്നു ചാഞ്ഞാകുന്നു. പെൻഡുലം, വീണകമ്പി എന്നിവയെപ്പറ്റി പ്രതിപാദിക്കുമ്പോൾ നോർമൽപ്രീക്വൻസിയെപ്പറ്റി സൂചിപ്പിക്കുകയുണ്ടായി. ശരി, നമ്മുടെ ഇലക്ട്രോൺതരംഗത്തിന് ചില ആവൃത്തികൾമാത്രമേ സാധ്യമാകൂ.

കണമെന്ന തരംഗരീതി സാധ്യമാണ്; പ്രീക്വൻസി ഇരട്ടിയായതും സാധ്യമായിരിക്കും—രണ്ടാമത്തേതുപോലെ. മൂന്നാമത്തെപ്പോലെ പ്രീക്വൻസി വർദ്ധിച്ചതരത്തിലുള്ളതും തരംഗരീതി അസാധ്യമായിരിക്കും. അതിൽ തരംഗങ്ങൾ ശരിക്കും ചലിക്കുന്നില്ല.

ഓരോ ആവൃത്തിയിൽനിന്നും മറ്റൊരുതരം ആവൃത്തിയിലേക്കുള്ള മാറ്റം—ശക്തിയെ ക്വാൻറങ്ങളാക്കി പ്രസരിക്കുകയോ സ്വീകരിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നത്—ബോറിന്റെ ചാടുന്ന ഇലക്ട്രോൺകണങ്ങൾ ചെയ്യുന്നപോലെത്തന്നെയാണ്. പരീക്ഷണം കൊണ്ട് ഇവയ്ക്കു ഊർജ്ജമായ മൂല്യമുണ്ടെന്നു കാണുകയും ചെയ്തിരിക്കുന്നു.

അതിനാൽ, ശക്തിയുടെ ചെട്ടിയെ, ഇലക്ട്രോൺ ചുറ്റിത്തീരുന്ന കണങ്ങളാണെന്ന സങ്കല്പത്തിലും, തരംഗങ്ങളാണെന്ന സങ്കല്പത്തിലും വിശദീകരിക്കാം.

ഓരോമൂല്യം, പരിഷ്കരിച്ച സങ്കേതങ്ങൾ, ചിലതൊക്കെ പുതുതായി തിരുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇലക്ട്രോൺ കിരണാധിപകരം ഇരുട്ടു

ബെളിപ്പിച്ചുവെച്ചു വൃത്തങ്ങളെ ആവാർത്തിച്ചുവാർത്തിച്ചു സൃഷ്ടിക്കുന്നതെന്നും—വെളിച്ചത്തെപ്പോലെ—തെളിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ഇലക്ട്രോൺ, കണങ്ങളാണെന്ന ധാരണയെപ്പോലെ ഈ തരംഗസംഭാവം വിശദീകരിക്കാൻ പറ്റില്ല.

ഒരു വിൽസൺക്ലൗഡ് മേമ്പറിൽ (വാതകം സീറിച്ച ഒരു സ്റ്റീൽ കോമ്പോസൈറ്റ്) ഏതുവഴിക്കാണ് ആറ്റംകണങ്ങൾ ചലിക്കുന്നതെന്ന് വ്യക്തമായി കാണാം. ഈ വഴികൾ ഇടയ്ക്കു കൂട്ടിച്ചേർന്നുണ്ടെന്നും കാണാം—വാതകത്തിൽക്കൂടി വളരെ വേഗമുള്ള കൊച്ചു വെടിയുണ്ടകൾ സീല്ലാറംചെയ്തപ്പോഴേക്കുനേരമേ തോന്നും. തരംഗങ്ങളുമായി ഇവയ്ക്കു യാതൊരു സാമ്യവുമില്ല. ഇതാണ് മറവാരം.

ലളിതമായൊരു ക്ലൗഡ് മേമ്പർ നിങ്ങൾക്കുണ്ടാക്കാം. അതിൽ കോമ്പോസിറ്റുകളും മറ്റു റെഡിയേഷനും കാണുകയും ചെയ്യാം. ഒരു ലോഹങ്ങളുള്ള സ്റ്റീൽ ഭരണി വെട്ടുക. ഭരണിയുടെ ഉള്ളിൽ അടിഭാഗത്തു് ഒരു തൂണിയോ കാർബ്ബോയോ ഒട്ടിക്കുക. ഒട്ടിച്ചുകഴിഞ്ഞുനന്നായിയാൽ, തൂണിയോ കാർബ്ബോയോ ശുദ്ധമായ ആൽക്കഹോളിൽ കുതിപ്പുക. ഒരു നനഞ്ഞ കറുത്ത വെൽവെറാറ്റ് അടപ്പിന്മേൽ ഒട്ടിക്കുക. അടച്ചു സൂക്ഷിച്ചു ഭരണിയിൽ വായു കടക്കാത്തവിധമാക്കുക. പുന്നിട്ടു് തലകീഴായി ഭരണിയെ ഒരു ഐസറിൻകട്ടമേൽ വെച്ചുകൊടുക്കുക. അടച്ചുകൂടിയിട്ടില്ലാത്ത ഭാഗം ഐസറിനെ ചൊരിയുക. അല്ലെങ്കിൽ അതിൽനിന്നുള്ള ജലബാഷ്പം ഭരണിയുടെ പുറംഭാഗത്തു് ചെന്നടിക്കുകയും ചെയ്യും.

ഇനി ഒരു പ്രകാശതരംഗത്തെ ഭരണിയുടെ അടിഭാഗത്തുള്ള പാർപ്പത്തിൽക്കൂടി കടത്തിവിടുക. കറുത്ത വെൽവെറാറിന്റെ രണ്ടു മൂന്നുഗുലം ഉയരത്തിൽ മേലങ്ങളുണ്ടാവാം. മുകളിൽനിന്നു് അവയെ നോക്കുക. കറുത്ത പശ്ചാത്തലമായി വെൽവെറാറുള്ളതിനാൽ കാണാനെളുപ്പുണ്ടാവാം. ഒരു മഴച്ചാറലിന്റെ കൊച്ചുരൂപം നമുക്കുണ്ടാവപ്പെടുന്നു. അതിന്റെ നടുവിൽ ആറ്റംകണങ്ങളുടെ വഴികൾ നേരിയ, വെള്ളിശരഖകളായി ഒരു സെക്കൻഡിന്റെ ഒരു ഭാഗം സമയത്തേയ്ക്കു കാണപ്പെടുന്നു. പിന്നീടു കാണാനാവാതെ

ഇലക്ട്രോണുകളുടെ വഴികളേക്കാൾ വീതികൂടിയവയാണ് ആൻ ഹാക്കിങ്ങുകളാണെന്ന വഴികൾ. ശാമരശ്ശികൾ ഹ്രസ്വങ്ങളായ വഴികളാണ് വരയ്ക്കുന്നത്. കണങ്ങൾ സ്കീകരണി അവിടെയില്ലെന്നുമട്ടിൽ അതിനെ തുളച്ചുപോകുന്നു. ഇവ സ്റ്റേസിലെ കോമ്പ്ലിക് റേഡിയേഷനിൽനിന്നോ, ചുറ്റുമുറ്റത്തുള്ള റേഡിയോ ആക്ടീവ് വസ്തുക്കളിൽനിന്നോ ആയിരിക്കാം വരുന്നത്. ഈമാതിരി റേഡിയേഷൻ പുറത്തു സമയവും നിങ്ങളുടെ ശരീരത്തെ തുളച്ചുകയറുന്നുണ്ട് — ഭരണിയിലെന്നപോലെ. പക്ഷെ ഉപഗ്രഹമല്ലാത്തതു ചെറിയ തോതിലാണെന്നമാത്രം.

അങ്ങിനെ അതു നടക്കുന്നു. പക്ഷെ, വസ്തുക്കൾ കണങ്ങളാണെന്നു തെളിയിക്കാനുള്ള ഓരോ പാഠികണത്തിനും അതുതന്നെ വ്യക്തമായ തെളിവുണ്ട്, വസ്തു തരംഗങ്ങളായാൽ നിലനില്പുന്നതെന്നതിന്.

ഒരു 'ക്ലോഡ്' ചേംബർ കൂടാതെത്തന്നെ നിങ്ങൾക്ക് അതിനെ തെളിയിക്കാം. ഒരു റിസ്ക് വാച്ചിലെ തിളങ്ങുന്ന അക്കങ്ങളിൽ നിങ്ങൾ നോക്കിയാൽ നാം മുമ്പു സൂചിപ്പിച്ചപോലെ, നിങ്ങൾ കണങ്ങളെയാണ് കാണുന്നത്. ഒരു ഭൂതക്കണ്ണാടി വെച്ചുനോക്കിയാൽ വെളിച്ചം മേല്പോട്ടും കീഴ്പ്പോട്ടും ചിടുന്നതടയാലാണെന്നതു കാണാം. ഓരോ ചെറിയ തിളങ്ങലും ചെറിയും ആററത്തിൽ നിന്ന് ബഹിർഗ്ഗമിക്കുന്ന ഒരു കണമുണ്ടാക്കിയതാണ്. വെയിലത്തു വെച്ചു വെള്ളപ്പാത്രത്തിലെ പാറിക്കിടക്കുന്ന എണ്ണയിൽ നോക്കിയാൽ ഭംഗിയുള്ള വണ്ണങ്ങൾ നിങ്ങൾക്കു കാണാം. വക്രികരണം കാരണമാണിത്. വെളിച്ചത്തിന്റെ തരംഗങ്ങളെയാണ് നിങ്ങളുപരി വീടെ കാണുന്നത്.

വസ്തുവിനെപ്പറ്റിയുള്ള നമ്മുടെ ചിത്രത്തെ മനോഹരമാക്കി ക്ഷമ; ദ്രവ്യശാശി ശക്തിയാണ്, ശക്തി ദ്രവ്യശാശിയുമാണ്. അപ്പോൾ ശക്തിയുടെ കപാൻതടയം മനോഹരമാക്കിയിട്ടുള്ളതെല്ലാം കെട്ടുകയുള്ളൂ. കപാൻതടയംകൊണ്ടെ 'ദ്രവ്യശാശിയുണ്ട്. അപ്പോൾ ശക്തിയെ കപാൻതടയം വിമർശിച്ച് ഒരു വിസ്തൃതിയിലെ കണത്തിൽനിന്ന്

മറ്റൊന്നിലേയ്ക്കും തട്ടിമാറ്റമോ, ഈ കണക്കുകൾക്കുതന്നെയാണ് കർമ്മങ്ങൾ. തിരിച്ചും ഇതു ശരിയാണ്.

ചെളിച്ചത്തിനുതന്നെ ദ്രവ്യരാശിയുണ്ട്—കാരണം ഗ്രാവിറ്റി ഫീൽഡിലെത്തിയാൽ ഇവ വളയുന്നുണ്ട്. ശൂന്യമായ സ്പേസ് എന്നൊന്നില്ല—കാരണം പ്രപഞ്ചത്തിലെവിടേയും കണമില്ലെങ്കിൽ, നക്ഷത്രപ്രകാശമെങ്കിലുമുണ്ടായിരിക്കും. നക്ഷത്രത്തിന്റെ വെളിച്ചത്തിനു പുറമെ സ്പേസിൽ ഗുരുത്വക്ഷേത്രവും, വിദ്യുൽ കാന്തക്ഷേത്രവും ഉണ്ടാകാം. അധികമധികം പാടിക്കത്തോടും നക്ഷത്രപ്രകാശവും, ഗ്രാവിറ്റേഷൻ ഫീൽഡും, ഇലക്ട്രോമാഗ്നറ്റിക് ഫീൽഡും തമ്മിൽ വ്യത്യസ്തങ്ങൾ കുറവായിട്ടാണ് കാണുന്നത്. കഴിഞ്ഞ കുറെ വർഷങ്ങളായി വസ്തുക്കൾക്കെതിരായാണ് (anti matter) പായപ്പെടുന്ന കണങ്ങളെ മാത്രമേ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കണ്ടുപിടിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുള്ളൂവത്രെ. സാധാരണവസ്തുക്കളുടെ കണങ്ങൾക്കുള്ള എല്ലാ ഗുണങ്ങളും ഇവയ്ക്കുമുണ്ട്—അവയുടെ ചാർജ്ജുകൾ വിപരീതമാണെന്നുമാത്രം. ആൻറി ഇലക്ട്രോൺ (പോസിട്രോൺ) പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ളവയാണ്; ആൻറി പ്രോട്ടോൺ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുള്ളവയാണ്. ആൻറി ന്യൂക്ലോൺ കളുമുണ്ട്. ഇവയുടെ ദ്രവ്യരാശിപോലും നെഗറ്റീവാണ്! ഒരു കണം അതിന്റെ എതിർകണത്തെ കടക്കുമ്പോൾ (ആൻറി പാർട്ടിക്കിൾ) രണ്ടും തികച്ചും അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നു. അവയുടെ ദ്രവ്യരാശി കൂടുതലായത്ര ശക്തി അവ വിടുന്നു.

അപ്പോൾ എന്താണ് വസ്തു? എന്താണ് എന്തും? ചെറിയ ആൺകുട്ടികളും പെൺകുട്ടികളും എന്തു കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയതാണ്?

ഈ ഗ്രന്ഥനിർമ്മിതിക്കുള്ള എന്റെ ചാനത്തിൽ ഒരിക്കലും, ഒരു ശാസ്ത്രജ്ഞനും, പണ്ടേതോ കവി പറഞ്ഞതുപോലെ പെൺകുട്ടികൾ പഞ്ചസാരയും സ്വഗന്ധദ്രവ്യംകൊണ്ടുണ്ടാക്കിയതാണെന്നും, ആൺകുട്ടികൾക്കു വിലകുറഞ്ഞ വസ്തുക്കൾകൊണ്ടുണ്ടാക്കിയതാണെന്നും പറഞ്ഞതായിക്കണ്ടില്ല.

അ ഡോണർഷ്യം രസമുണ്ട്. ചക്കെ, അതാടെ ഹിസ്റ്ററി.

നിങ്ങളുടെ മതിയായോ? ഗലീലിയോയിൽനിന്ന തുടങ്ങിയ
താണി ചെ. തന്റെ ഇടമ്പുചതുരത അദ്ദേഹം കിഴ്ന്റോട്ടിട്ടു
അറിഞ്ഞാട്ടിൽ ചൊഴുത്ത ശരിയാണോ എന്ന പരിശോധിച്ചു.
തുടക്കം കൂടിയ പനാണോ ആദ്യം ഭൂമിയിൽ വന്നമുട്ടുക? ശാസ്ത്രീയ
മാർഗ്ഗത്തിന്റെ ഹലങ്ങൾ ചിലതും നന്നം കണ്ടു.

ചെയ്ത ശാസ്ത്രീയനിയമങ്ങളെ, സർക്കാരിന്റെയോ ചങ്ങലിയ
ടേയോ പ്രോവാദനംകൂടാതെത്തന്നെ എതിർക്കാനും, സ്വതന്ത്രമായി
ചിന്തിക്കാനും, ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പഠിയ ഒരു കാലഘട്ടമായി
ലാണു് നിങ്ങൾ ജീവിക്കുന്നതെന്ന കാര്യം സംതുച്ഛിജനകമല്ലെ
റാൻ നിരീക്ഷിക്കുന്ന ചലതിന്നും പുതിയ പുതിയ നിയമങ്ങൾ കണ്ടു
പിടിക്കാനാണവർ ഉദ്ദേശിക്കുന്നതെന്നും തൃപ്തികരമല്ലെ?

നമ്മുടെ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ മൊത്തത്തിൽ ചരമസത്യം കണ്ടുപി
ടിച്ചുവെന്ന യാതൊരു നാട്യപ്രമില്ലാത്തവരാണെന്നു നിങ്ങൾ മന
സ്സിലാക്കണം. അവരുടെ പരീക്ഷണങ്ങൾ ചില 'സത്യ'ങ്ങൾ
ജനത്തെപ്പോലെ തെളിയിക്കുന്ന—ഇതുവരെയായി അതു നിരീക്ഷ
ണങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുകയും, കൃത്യമായ പ്രവചനങ്ങളിലെത്തു
കയും ചെയ്തിരിക്കുന്നു. വരുകൊല്ലമോ, വരുന്ന റൂററാണ്ടിലോ,
ചിലതുകൂടി നമുക്കു ലഭിക്കും—കുറെക്കൂടി പൂർണ്ണമാവും. അജ്ഞാ
തമായ മേഖലയിലേയ്ക്കു് നാം അതോടുകൂടി ഉന്തിത്തള്ളപ്പെടും.
അവസാനം, പ്രപഞ്ചവും മനുഷ്യനും ആയുടകാലം നിലനിന്നാൽ
(അതെത്രകാലത്തിന്നശേഷമാണെന്നു നമുക്കറിഞ്ഞുകൂടാ) മാറ്റമി
ല്ലാത്തതും അവിസാനഭേതമായ സത്യത്തിൽ നാമെത്തിയെന്നും
വരും!

അപ്പോൾ എന്താണു് വരും?

തുടക്കത്തിൽത്തന്നെ വായനയ്ക്കുകകൂടി സയൻസിന്റെ പ
രോഗതിയെപ്പറ്റി അറിയാനും, ആയിരമു മുന്നാകളിലായി ഇതി
ന്നൊരു ഉത്തരം കാണാനുള്ള സയൻസിന്റെ അന്വേഷണത്തെ

മാസ്സിലാക്കാനും നിങ്ങൾക്കൊഗ്രഹിച്ചുണ്ടാവും. ചാക്കേ ഈ ചോദ്യം ഒരു വെല്ലുവിളിയാണ്—ഈ സത്യാനുഭവങ്ങളിൽ നിങ്ങൾക്കും പങ്കുചേരാൻ ജോറുണ്ടാവും. സൗന്ദര്യം ഒരു ഉപജീവനമാസ്ത്രമെന്നനിലയ്ക്ക് സ്വീകരിക്കണമെന്നും നിങ്ങൾക്കു തോന്നിപ്പിടുന്നുണ്ടാവും.

കൂടുതൽ മറന്നതായ കണ്ടാപിടുത്തങ്ങൾക്കുള്ള വഴി തുറന്നുകിടക്കുകയാണെന്നു നിങ്ങൾക്കറിയാമോ?

ചെറുപ്പക്കാർക്കു ഡോളർ വഴികളുണ്ട്. ഇടയ്ക്കിടയ്ക്കു പഴയ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ, മനഃശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരിലുള്ള, പണ്ടങ്ങളുടെയും തരംഗങ്ങളുടെയും സമാഹാരങ്ങളെന്നനിലയ്ക്കും അവരുടെ ആശയങ്ങളിൽ ഉറച്ചുനില്ക്കുന്നു. ചെറുപ്പക്കാരായ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഉണ്ടാവാനും സംശയവും കൂടുതലാണല്ലോ. അടിസ്ഥാനപരമായ ആശയങ്ങളെയാണവർ ചോദ്യംചെയ്യുന്നത്. അടിസ്ഥാനപരമായ ശാസ്ത്രീയകണ്ടാപിടുത്തങ്ങൾക്കു ദുരിതമാകും 30 വയസ്സിൽ താഴെ യുള്ളവരാണ് കാരണം.

ഇത്രയും പറഞ്ഞതിൽനിന്നും ഒരു ആഹ്വാനം യഥാർത്ഥത്തിലെത്തിനെയിരിക്കുമെന്നതിനെപ്പറ്റി ഒരു ചിത്രം വരുകയാൽ നിങ്ങൾക്കു വല്ല വഴിയും തോന്നിപ്പോകുമെന്ന് ഉറപ്പായി ഞങ്ങളുടെ ചിത്രകാരനെ അറിയിച്ചു.



