ഫിസിക്സിന്റെ കഥ

താണു പദ്മനാഭൻ

കേരള ശാസ്ത്രസാഹിത്യ പരിഷത്ത്

പ്രസാധകക്കുറിപ്പ്

ക്വാണ്ടം സയൻസിന്റെയും സാങ്കേതികവിദ്യയുടെയും അന്താരാഷ്ട്രവർഷത്തിന്റെ ഭാഗമായി 'ഫിസിക്സിന്റെ കഥ' കേരള ശാസ്ത്രസാഹിത്യ പരിഷത്ത് വീണ്ടും പ്രസിദ്ധീകരിക്കുകയാണ്.

2005-ൽ അന്താരാഷ്ട്ര ഭൗതികശാസ്ത്രവർഷത്തിന്റെ ആഘോഷങ്ങളുടെ ഭാഗമായാണ് ഈ പുസ്തകത്തിന്റ മലയാള പരിഭാഷയുടെ ആദ്യ പതിപ്പ് പുറത്തിറങ്ങുന്നത്. ശാസ്ത്രീയമായ ചിന്തയും ശാസ്ത്രത്തിന്റെ രീതിയും ഉരുത്തിരിഞ്ഞ് വന്നതിന്റെ ചരിത്രം പഠിക്കുന്നത് ശാസ്ത്രത്തിന്റെ സാമൂഹികപ്രസക്തി മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് സഹായകമാകും.

ചുറ്റുപാടുമുള്ള ഭൗതിക പ്രതിഭാസങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുവാനും വ്യാഖ്യാനിക്കാനും ഉള്ള കഴിവ് പടിപടിയായി മനുഷ്യൻ നേടിയെടുത്തതിന്റെ കഥ പ്രസക്തമാകുന്നത് ഇത്തരുണത്തിലാണ്. 'ഫിസിക്സിന്റെ കഥ' എന്ന തന്റെ ഗ്രന്ഥത്തിലൂടെ ഇതിനുള്ള ഒരു ശ്രമമാണ് പ്രശസ്ത ശാസ്ത്രജ്ഞനായ താണു പത്മനാഭൻ നടത്തുന്നത്. കേന്ദ്ര ശാസ്ത്രസാങ്കേതിക വകുപ്പിന്റെ ഭാഗമായിരുന്ന വിഗ്യാൻ പ്രസാർ പ്രസിദ്ധീകരിച്ച ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ മലയാള പരിഭാഷ നിർവഹിച്ചിട്ടുള്ളത് എ. ജ്യോതിയാണ്. ശാസ്ത്രാഭിമുഖ്യമുള്ള ഒരു പുതിയ തലമുറയെ സൃഷ്ടിക്കാനുള്ള ശ്രമത്തിൽ ഇത് സഹായകമാകും എന്ന പ്രതീക്ഷയോടെ ഈ പുസ്തകം സമർപ്പിക്കുന്നു.

കേരള ശാസ്ത്രസാഹിത്യ പരിഷത്ത്

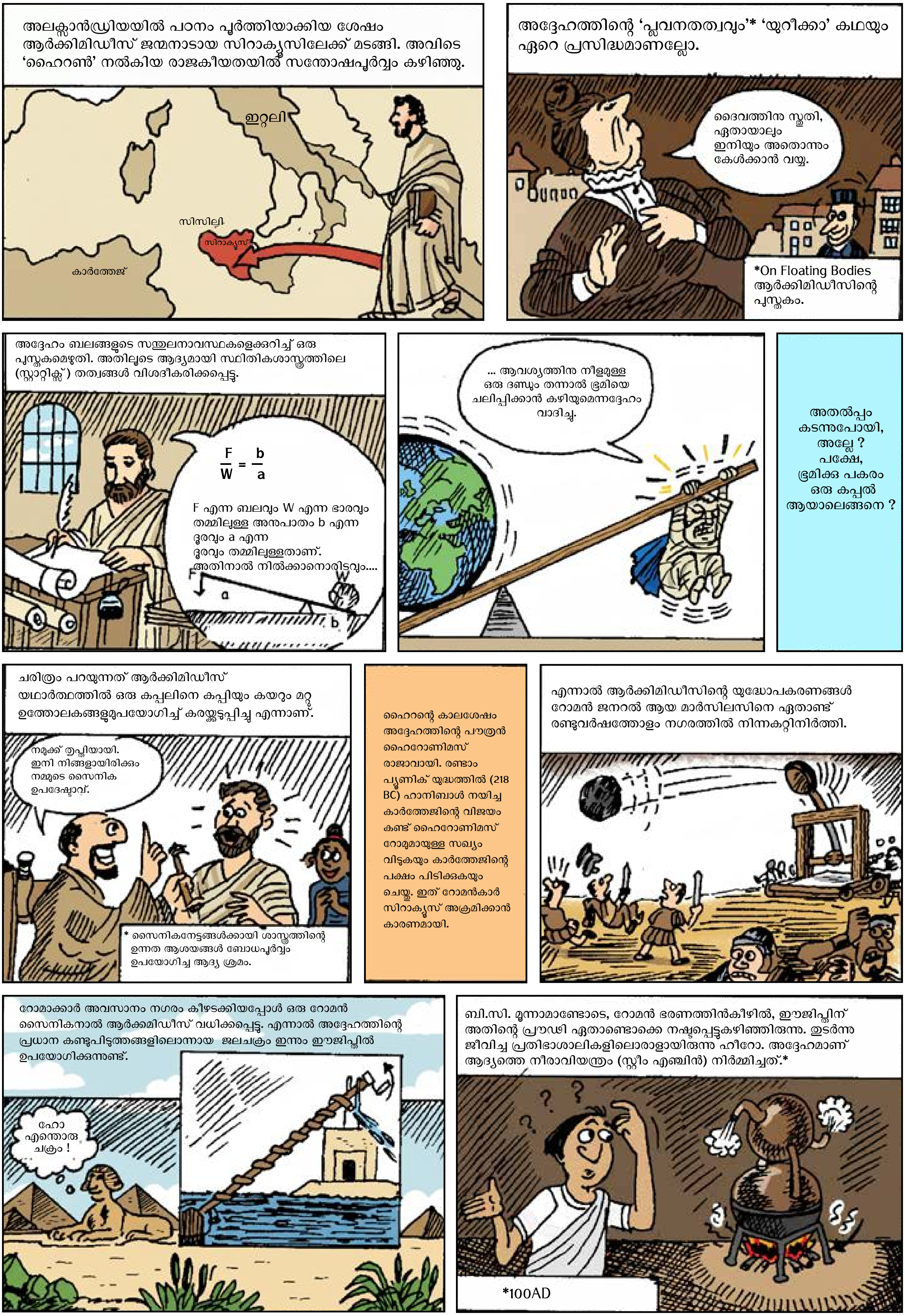
താണു പദ്മനാഭൻ

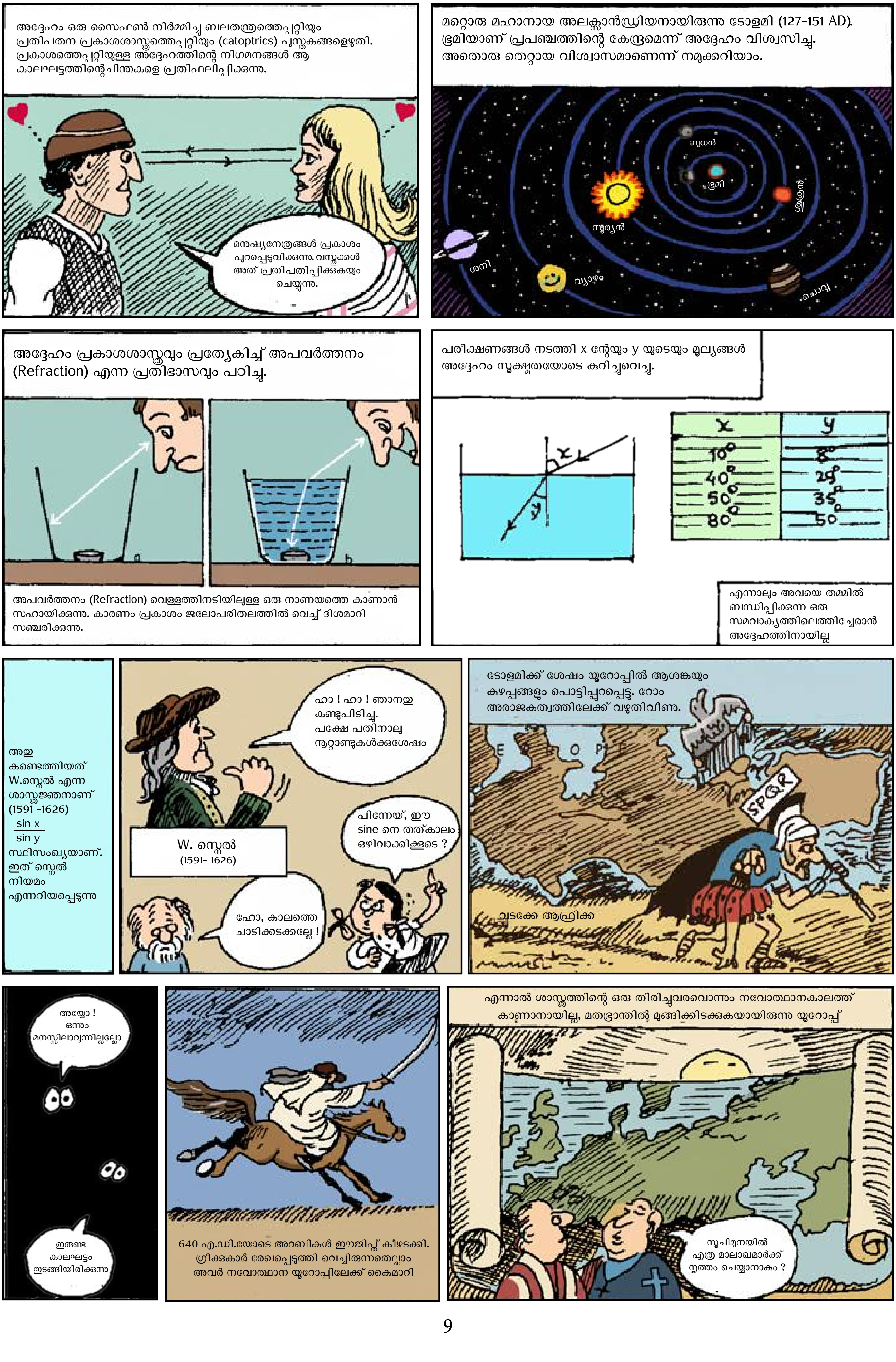
(മാർച്ച് 10, 1957 - സെപ്റ്റംബർ 17, 2021)

മലയാളിയായ ഒരു സൈദ്ധാന്തിക ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു താണു പദ്മനാഭൻ. പത്മശ്രീ, ഭട്നാഗർ പുരസ്കാരം, ബിർള ശാസ്ത്ര പുരസ്കാരം എന്നിവ നേടിയിട്ടുണ്ട്. പൂനെയിലെ ഇന്റർ യൂണിവേഴ്സിറ്റി സെന്റർ ഫോർ അസ്ട്രോണമി ആൻഡ് അസ്ട്രോഫിസിക്സിലെ അക്കാദമിക് വിഭാഗത്തിന്റെ ഡീനായിരുന്നു അദ്ദേഹം. പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഗാലക്സി കൂട്ടങ്ങളുടെ രൂപീകരണം, ഗുരുത്വാകർഷണം, ക്വാണ്ടം ഗുരുത്വം എന്നിവയാണ് അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രധാന ഗവേഷണവിഷയങ്ങൾ. എമെർജന്റ് ഗ്രാവിറ്റിയിൽ താപഗതികത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി സാമാന്യ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെ കൂടുതൽ വികസിപ്പിച്ചതാണ് ഇദ്ദേഹത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാന സംഭാവന. ഇതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഗവേഷണങ്ങൾക്ക് ഇദ്ദേഹത്തിന് 2008-ൽ അമേരിക്കയിലെ ഗ്രാവിറ്റി റിസർച്ച് ഫൗണ്ടേഷന്റെ സമ്മാനം ലഭിച്ചു. 2021 സെപ്തംബർ 17-ന് 64-ാം വയസ്സിൽ ഹൃദയാഘാതത്തെ തുടർന്ന് അദ്ദേഹം പൂനെയിൽ വച്ച് അന്തരിച്ചു.

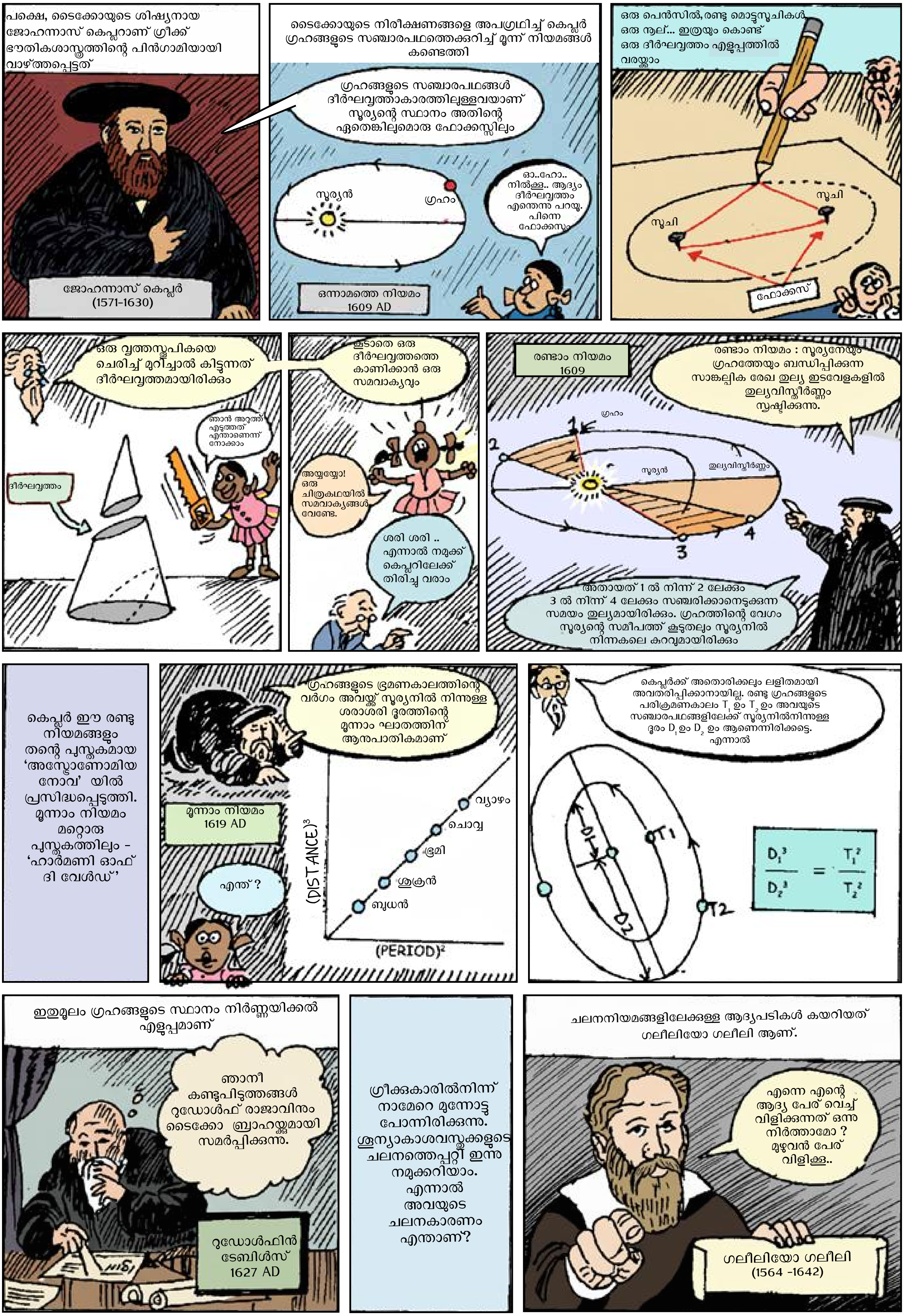
ഫിസിക്സിന്റെ
കഥ
കുട്ടീ, അവർ പിന്നീട് എന്തു ചെയ്തുവെന്നറിയാമോ ?
താണു പത്മനാഭൻ
ചിത്രീകരണം : കെയ്റ്റ് ഫ്രാൻസിസ്
പരിഭാഷ : എ ജ്യോതി.
LUCA @ School
കേരള ശാസ്ത്രസാഹിത്യ പരിഷത്ത്
വളരെ മുമ്പുതന്നെ, ഏതാണ്ട് 10,000 ബി.സി. മുതൽ മനുഷ്യൻ വീടുകളിൽ ശാസ്ത്രം ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു...
ഹായ് ! ഇതു നല്ല സ്വാദുണ്ടല്ലോ
അവന്റെ കഥ കഴിഞ്ഞതു തന്നെ
.... ഉചിതമായ സാങ്കേതികവിദ്യകളും
ഏതോ ഭ്രതം അവനെ സഹായിക്കുന്നുണ്ട്
പുരാതന നാഗരികത പല സാങ്കേതികവിദ്യകളും ഉൾക്കൊണ്ടിരുന്നു
പേർഷ്യ
ഇൻഡസ്
മോഹഞ്ചദാരോ
ഹാരപ്പാ
ഇന്ത്യ
അറേബ്യ
ഈജിപ്ത്
എന്നാൽ ഭൗതികശാസ്ത്രം (ഫിസിക്സ്) - ഒരു കൂട്ടം നിയമങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രകൃതിയെ അപഗ്രഥിക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്ന ഒരു ശാസ്ത്രീയരീതി - മിക്കവാറും ഗ്രീക്കുകാരുടെ കാലം വരെ ഉണ്ടായിരുന്നതേയില്ല
പൈത്തഗോറസിനെപ്പോലെ (582-497 BC) അനവധി തത്വചിന്തകർക്കും ശാസ്ത്രകാരർക്കും ഗ്രീസ് ജന്മം നൽകി
ഓ അവസാനം എനിക്കതു കിട്ടി !
അദ്ദേഹം വലിച്ചുകെട്ടിയ കമ്പിയുടെ കമ്പനത്തെക്കുറിച്ചു പഠനം നടത്തി. കമ്പിയിലെ a, b എന്നീ നീളങ്ങളുടെ അനുപാതം 2:3, 1:2 തുടങ്ങിയ ലളിതാനുപാതങ്ങൾ ആണെങ്കിൽ അവ തരുന്ന സ്വരങ്ങൾ മധുരമാകുന്നു.
പക്ഷെ അനുപാതം കൂടുതൽ സങ്കീർണ്ണമാകുമ്പോൾ ഫലം വിപരീതമായിത്തീരുന്നു.
ഹോ !!! ആ "പൈത്തോ" 419 : 420 അനുപാതമാണെന്ന് തോന്നുന്നു പരീക്ഷിക്കുന്നത്.
എന്തോന്നായിത് ഈ പൈത്ത ഗോറിയന്മാർക്കെല്ലാം ഭ്രാന്തുപിടിച്ചോ ?
പൈത്തഗോറസിന്റെ സമകാലികനായിരുന്ന സെനോ 'ചലനം' മിക്കവാറും അസാധ്യമാണെന്ന നിഗമനത്തിലാണ് എത്തിച്ചേർന്നത് (സെനോയുടെ വിരോധാഭാസം).
ആമയും മുയലും തമ്മിലുള്ള ഓട്ടപ്പന്തയം തുടങ്ങാറായി. തുടക്കത്തിൽ ആമ മുയലിനേക്കാൾ 10 അടി മുന്നിലാണെന്ന് കരുതുക. മുയൽ ഈ 10 അടി ഓടുമ്പോഴേക്കും ആമ ഒരല്പമെങ്കിലും മുന്നിലെത്തിയിട്ടുണ്ടാവും. മുയൽ ഈ അൽപദൂരം പിന്നിടുമ്പോഴേക്കും ആമ വീണ്ടും ഒരു ചെറിയ ദൂരം മുന്നിൽ എത്തിയിരിക്കുമല്ലോ.. അതായത് മുയലിന് ഒരിക്കലും ആമയെ തോൽപ്പിക്കാനാവില്ല എന്നർത്ഥം.
ങേ, ഇതു കുറച്ച് കഠിനമാണല്ലോ
എന്തൊക്കെ ആയാലും അതു ചലിക്കുന്നുണ്ടല്ലോ
നിങ്ങൾ, ഈ കാലഘട്ടത്തിനും അപ്പുറമാണെന്ന് തോന്നുന്നു.
ദ്രവ്യത്തെ (Matter) അനന്തമായി വിഘടിപ്പിക്കാൻ കഴിയില്ലെന്ന് പ്രഖ്യാപിച്ചുകൊണ്ട് ഡെമോക്രാറ്റിസ് (400 BC) സെനോയുടെ വിരോധാഭാസത്തെ നേരിട്ടു.
എല്ലാ ദ്രവ്യവും ആറ്റങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമാണ്.
400 BC

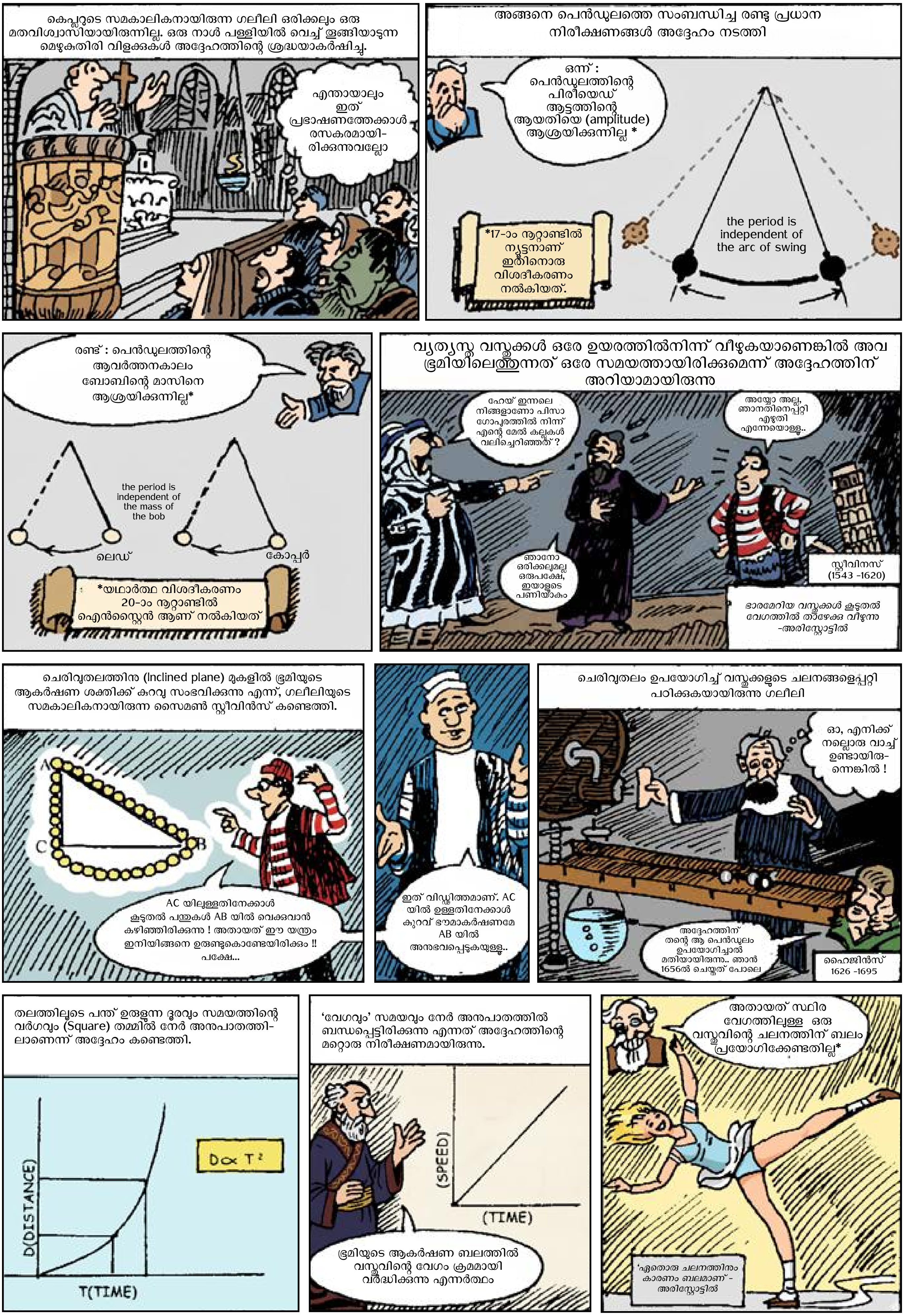
അഗ്നി, ജലം, വായു, ശിലകൾ എന്നിവയുടെ ആറ്റങ്ങൾ സംയോജിച്ചാണ് എല്ലാത്തരം ദ്രവ്യവും രൂപം കൊള്ളുന്നത്.
400 B.C.
10 A.D.
500 A.D.
1900
1950
അമ്പടാ ആറ്റങ്ങളോ അതും 400 BC യിൽ
കണ്ടുപിടുത്തം കട്ടെടുത്തുവെന്ന് പറഞ്ഞ് നമുക്കെതിരെ കേസുകൊടുക്കുമോ
ബി.സി. 336 – 323 കാലഘട്ടത്തിൽ അലക്സാണ്ടർ ചക്രവർത്തി വൻ സാമ്രാജ്യം കെട്ടിപ്പടുക്കാനായി പടയോട്ടം നടത്തി.
മാസിഡോണിയയിൽ നിന്നും
പേർഷ്യ
ഇന്ത്യ
ഏതാണ്ട് അതേകാലത്ത് അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഗുരു, അരിസ്റ്റോട്ടിൽ (384 – 322 BC) അറിവിന്റെ വിശാലമായ ലോകം പടുത്തുയർത്താനുള്ള ശ്രമത്തിലായിരുന്നു.
ഏതൻസിലെ പ്രശസ്തമായ 'ലിസിയ'ത്തിൽ വിവിധ വിഷയങ്ങളെക്കുറിച്ച് അദ്ദേഹം പ്രഭാഷണങ്ങൾ നടത്തി. തർക്കശാസ്ത്രം, ജീവശാസ്ത്രം, ഭൗതികശാസ്ത്രം
നിർഭാഗ്യമെന്ന് പറയട്ടെ, ഭൗതികശാസ്ത്രത്തെക്കുറിച്ചുള്ള അദ്ദേഹത്തിന്റെ ആശയങ്ങളിൽ മിക്കവയും പിന്നീട് തെറ്റാണെന്ന് തെളിഞ്ഞു
നമ്മുടെ ഭൂമിയാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ കേന്ദ്ര ബിന്ദു
ഭൂമി പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലും അതിനുമുകളിലായി ജലം, വായു, അഗ്നി, ഈതർ എന്നിവയും നിലകൊള്ളുന്നു.
വസ്തുക്കൾ എല്ലായ്പ്പോഴും അവയുടെ സ്വാഭാവിക അവസ്ഥയിലേക്ക് വരാൻ ശ്രമിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് മുകളിലേക്കെറിയപ്പെട്ട കല്ല് താഴോട്ടുവീഴുന്നതും വെള്ളത്തിലെ കുമിളകൾ പൊന്തിവരുന്നതും
ഭാരം കൂടിയ വസ്തുക്കൾ കുറഞ്ഞവയേക്കാൾ വേഗത്തിൽ വീഴുമെന്നും അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു.
മണ്ടത്തരം പറയാതെ, അരിസ്റ്റോട്ടിലിന് ഒരിക്കലും തെറ്റുപറ്റില്ല*
നമുക്കവ രണ്ടുമൊന്ന് താഴേക്ക് ഇട്ടുനോക്കിയാലോ ?
*ഈ വിശ്വാസം ഒരുപാടുകാലം നീണ്ടുനിന്നു.
അലക്സാണ്ടറുടെ കാലശേഷം, അദ്ദേഹത്തിന്റെ ജനറൽമാർ സാമ്രാജ്യം പങ്കുവെച്ചു. ടോളമിക്കാണ് ഈജിപ്തിന്റെ ഭരണം ലഭിച്ചത്.
മെഡിറ്ററേനിയൻ കടൽ
അലക്സാൻഡ്രിയ
ഈജിപ്ത്
ഈജിപ്തിന്റെ തലസ്ഥാനമായ അലക്സാൻഡ്രിയ യൂക്ലിഡിനെപ്പോലുള്ള അനേകം ശാസ്ത്രകാരന്മാരെ ആകർഷിച്ചു. അവിടം ബൗദ്ധികപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സിരാകേന്ദ്രമായി മാറി. (യൂക്ലിഡ് 300 BC)
അവരിൽ ഒരാളായിരുന്ന ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ അഗ്രഗണ്യനായിരുന്ന...
ഓ....ആദ്യത്തെ 'നഗ്ന ഓട്ടക്കാരൻ'
ആർക്കിമിഡീസ് (287-212 BC)

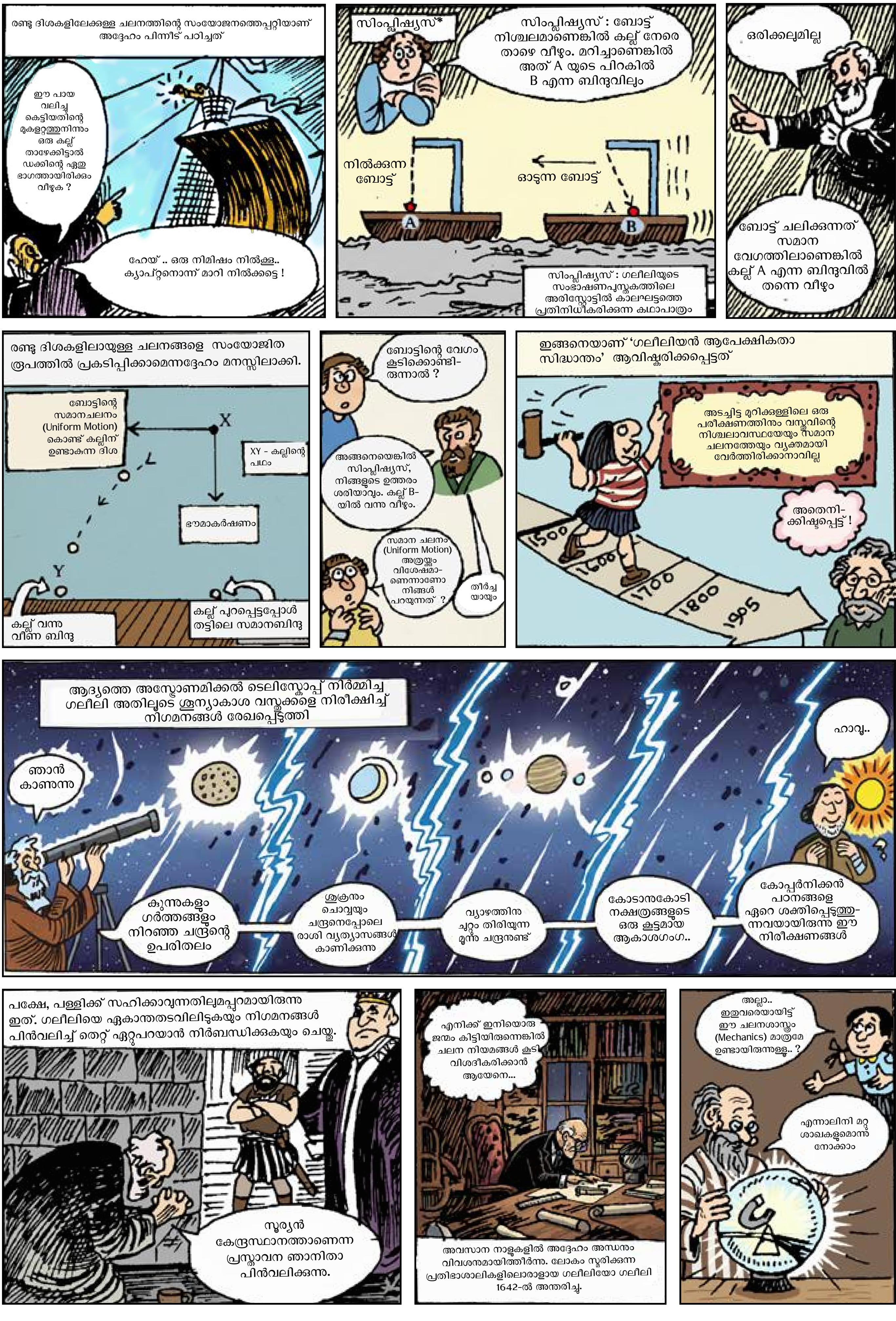

അലക്സാൻഡ്രിയയിൽ പഠനം പൂർത്തിയാക്കിയ ശേഷം ആർക്കിമിഡീസ് ജന്മനാടായ സിറാക്യൂസിലേക്ക് മടങ്ങി. അവിടെ 'ഹൈറൺ' നൽകിയ രാജകീയതയിൽ സന്തോഷപൂർവ്വം കഴിഞ്ഞു.
ഇറ്റലി
സിസിലി
സിറാക്യൂസ്
കാർത്തേജ്
അദ്ദേഹത്തിന്റെ 'പ്ലവനതത്വവും'* 'യുറീക്കാ' കഥയും ഏറെ പ്രസിദ്ധമാണല്ലോ.
ദൈവത്തിനു സ്തുതി, ഏതായാലും ഇനിയും അതൊന്നും കേൾക്കാൻ വയ്യ.
*On Floating Bodies ആർക്കിമിഡീസിന്റെ പുസ്തകം.
അദ്ദേഹം ബലങ്ങളുടെ സന്തുലനാവസ്ഥകളെക്കുറിച്ച് ഒരു പുസ്തകമെഴുതി. അതിലൂടെ ആദ്യമായി സ്ഥിതികശാസ്ത്രത്തിലെ (സ്റ്റാറ്റിക്സ്) തത്വങ്ങൾ വിശദീകരിക്കപ്പെട്ടു.
$\frac{F}{W} = \frac{b}{a}$
F എന്ന ബലവും W എന്ന ഭാരവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം b എന്ന ദൂരവും a എന്ന ദൂരവും തമ്മിലുള്ളതാണ്. അതിനാൽ നിൽക്കാനൊരിടവും....
F
a
W
b
... ആവശ്യത്തിനു നീളമുള്ള ഒരു ദണ്ഡും തന്നാൽ ഭൂമിയെ ചലിപ്പിക്കാൻ കഴിയുമെന്നദ്ദേഹം വാദിച്ചു.
അതൽപ്പം കടന്നുപോയി, അല്ലേ ? പക്ഷേ, ഭൂമിക്കു പകരം ഒരു കപ്പൽ ആയാലെങ്ങനെ ?
ചരിത്രം പറയുന്നത് ആർക്കിമിഡീസ് യഥാർത്ഥത്തിൽ ഒരു കപ്പലിനെ കപ്പിയും കയറും മറ്റു ഉത്തോലകങ്ങളുമുപയോഗിച്ച് കരയ്ക്കടുപ്പിച്ചു എന്നാണ്.
നമുക്ക് തൃപ്തിയായി. ഇനി നിങ്ങളായിരിക്കും നമ്മുടെ സൈനിക ഉപദേഷ്ടാവ്.
* സൈനികനേട്ടങ്ങൾക്കായി ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഉന്നത ആശയങ്ങൾ ബോധപൂർവ്വം ഉപയോഗിച്ച ആദ്യ ശ്രമം.
ഹൈറന്റെ കാലശേഷം അദ്ദേഹത്തിന്റെ പൗത്രൻ ഹൈറോണിമസ് രാജാവായി. രണ്ടാം പ്യൂണിക് യുദ്ധത്തിൽ (218 BC) ഹാനിബാൾ നയിച്ച കാർത്തേജിന്റെ വിജയം കണ്ട് ഹൈറോണിമസ് റോമുമായുള്ള സഖ്യം വിടുകയും കാർത്തേജിന്റെ പക്ഷം പിടിക്കുകയും ചെയ്തു. ഇത് റോമൻകാർ സിറാക്യൂസ് അക്രമിക്കാൻ കാരണമായി.
എന്നാൽ ആർക്കിമിഡീസിന്റെ യുദ്ധോപകരണങ്ങൾ റോമൻ ജനറൽ ആയ മാർസിലസിനെ ഏതാണ്ട് രണ്ടുവർഷത്തോളം നഗരത്തിൽ നിന്നകറ്റിനിർത്തി.
റോമാക്കാർ അവസാനം നഗരം കീഴടക്കിയപ്പോൾ ഒരു റോമൻ സൈനികനാൽ ആർക്കമിഡീസ് വധിക്കപ്പെട്ടു. എന്നാൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രധാന കണ്ടുപിടുത്തങ്ങളിലൊന്നായ ജലചക്രം ഇന്നും ഈജിപ്റ്റിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്.
ഹോ എന്തൊരു ചക്രം !
ബി.സി. മൂന്നാമാണ്ടോടെ, റോമൻ ഭരണത്തിൻകീഴിൽ, ഈജിപ്റ്റിന് അതിന്റെ പ്രൗഢി ഏതാണ്ടൊക്കെ നഷ്ടപ്പെട്ടുകഴിഞ്ഞിരുന്നു. തുടർന്നു ജീവിച്ച പ്രതിഭാശാലികളിലൊരാളായിരുന്നു ഹീറോ. അദ്ദേഹമാണ് ആദ്യത്തെ നീരാവിയന്ത്രം (സ്റ്റീം എഞ്ചിൻ) നിർമ്മിച്ചത്.*
? ?
*100AD


അദ്ദേഹം ഒരു സൈഫൺ നിർമ്മിച്ച ബലതന്ത്രത്തെപ്പറ്റിയും പ്രതിപതന പ്രകാശശാസ്ത്രത്തെപ്പറ്റിയും (catoptrics) പുസ്തകങ്ങളെഴുതി. പ്രകാശത്തെപ്പറ്റിയുള്ള അദ്ദേഹത്തിന്റെ നിഗമനങ്ങൾ ആ കാലഘട്ടത്തിന്റെചിന്തകളെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നു.
മനുഷ്യനേത്രങ്ങൾ പ്രകാശം പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. വസ്തുക്കൾ അത് പ്രതിപതിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
മറ്റൊരു മഹാനായ അലക്സാൻഡ്രിയനായിരുന്ന ടോളമി (127–151 AD). ഭൂമിയാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ കേന്ദ്രമെന്ന് അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. അതൊരു തെറ്റായ വിശ്വാസമാണെന്ന് നമുക്കറിയാം.
ബുധൻ
ഭൂമി
ശുക്രൻ
സൂര്യൻ
ശനി
വ്യാഴം
ചൊവ്വ
അദ്ദേഹം പ്രകാശശാസ്ത്രവും പ്രത്യേകിച്ച് അപവർത്തനം (Refraction) എന്ന പ്രതിഭാസവും പഠിച്ചു.
അപവർത്തനം (Refraction) വെള്ളത്തിനടിയിലുള്ള ഒരു നാണയത്തെ കാണാൻ സഹായിക്കുന്നു. കാരണം പ്രകാശം ജലോപരിതലത്തിൽ വെച്ച് ദിശമാറി സഞ്ചരിക്കുന്നു.
പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി x ന്റേയും y യുടെയും മൂല്യങ്ങൾ അദ്ദേഹം സൂക്ഷ്മതയോടെ കുറിച്ചുവെച്ചു.
x
y
x
y
10°
8°
40°
25°
50°
35°
80°
50°
എന്നാലും അവയെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഒരു സമവാക്യത്തിലെത്തിച്ചേരാൻ അദ്ദേഹത്തിനായില്ല
അത് കണ്ടെത്തിയത് W.സ്നെൽ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് (1591 -1626) sin x / sin y സ്ഥിരസംഖ്യയാണ്. ഇത് സ്നെൽ നിയമം എന്നറിയപ്പെടുന്നു
ഹാ ! ഹാ ! ഞാനത് കണ്ടുപിടിച്ചു. പക്ഷേ പതിനാല് നൂറ്റാണ്ടുകൾക്കുശേഷം
W. സ്നെൽ (1591- 1626)
പിന്നേയ്, ഈ sine നെ തത്കാലം ഒഴിവാക്കിക്കൂടെ ?
ഹോ, കാലത്തെ ചാടിക്കടക്കല്ലേ !
ടോളമിക്ക് ശേഷം യൂറോപ്പിൽ ആശങ്കയും കുഴപ്പങ്ങളും പൊട്ടിപ്പുറപ്പെട്ടു. റോം അരാജകത്വത്തിലേക്ക് വഴുതിവീണു.
SPQR
വടക്കേ ആഫ്രിക്ക
അയ്യോ ! ഒന്നും മനസ്സിലാവുന്നില്ലല്ലോ
ഇരുണ്ട കാലഘട്ടം തുടങ്ങിയിരിക്കുന്നു
640 എ.ഡി.യോടെ അറബികൾ ഈജിപ്ത് കീഴടക്കി. ഗ്രീക്കുകാർ രേഖപ്പെടുത്തി വെച്ചിരുന്നതെല്ലാം അവർ നവോത്ഥാന യൂറോപ്പിലേക്ക് കൈമാറി
എന്നാൽ ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഒരു തിരിച്ചുവരവൊന്നും നവോത്ഥാനകാലത്ത് കാണാനായില്ല, മതഭ്രാന്തിൽ മുങ്ങിക്കിടക്കുകയായിരുന്നു യൂറോപ്പ്
സൂചിമുനയിൽ എത്ര മാലാഖമാർക്ക് നൃത്തം ചെയ്യാനാകും ?

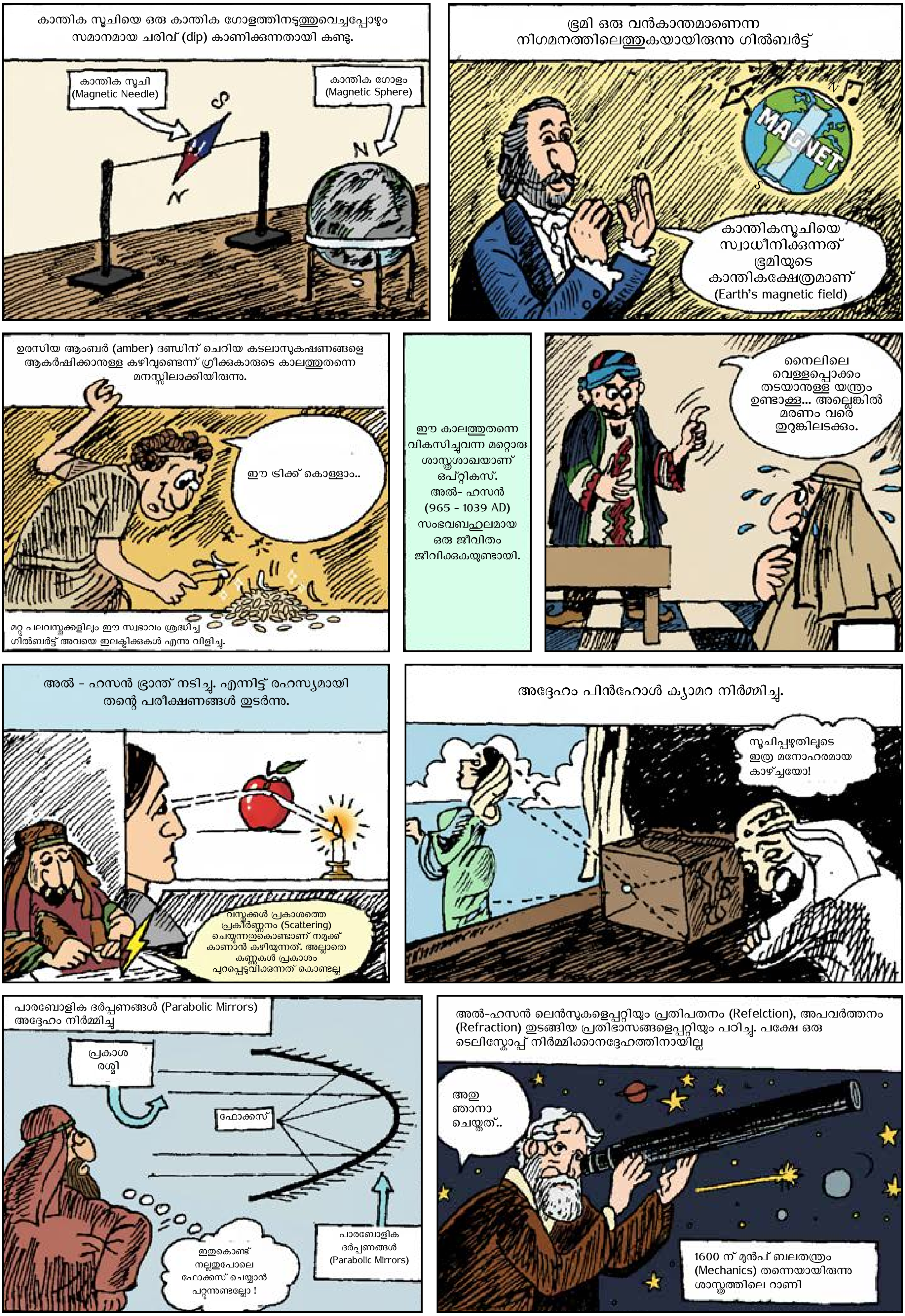
അന്നത്തെ മതവിശ്വാസങ്ങൾ അറിയാനുള്ള അഭിവാഞ്ഛയെ മാനിച്ചതേയില്ല
ങേ! ചൊവ്വയുടെ സഞ്ചാരം ഇങ്ങനെയായത് എന്തുകൊണ്ടാകും ?
1 2 3 4 5 6 7 8
ശുക്രൻ ഒരിക്കൽപോലും നമ്മുടെ തലയ്ക്കു മുകളിൽ വരുന്നില്ലല്ലോ. അതെന്താണാവോ ?
ടോളമിയുടെ പ്രപഞ്ചസങ്കൽപ്പത്തിൽ ഈ ചോദ്യങ്ങൾക്കുത്തരം കണ്ടെത്തുക എളുപ്പമായിരുന്നില്ല
അങ്ങനെയിരിക്കെയാണ് നിക്കോളാസ് കോപ്പർനിക്കസ്
ചരിത്രത്തിലേക്ക് നടന്നു കയറിയത് (1473 - 1543).
സൂര്യന് കേന്ദ്രസ്ഥാനം നൽകിക്കൊണ്ടാണ് അദ്ദേഹം ആരംഭിച്ചത്. ഭൂമിക്ക് ഒരു ഭ്രമണപഥവും നൽകി.
ശുക്രൻ
ബുധൻ
ചൊവ്വ
ഭൂമി
ഇതെത്ര ലളിതമാണെന്നു നോക്കൂ...
ങ്ഹാ... അങ്ങനെയോ.. ?
ഏതാണ്ട് 100 വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് ഗുട്ടെൻബർഗ് അച്ചടി കണ്ടുപിടിച്ചിരുന്നു
പരിശുദ്ധ ബൈബിളാവട്ടെ ആദ്യം !*
*ഗുട്ടൻബർഗിന്റെ ബൈബിൾ
കോപ്പർനിക്കസ്സിന്റെ 'ദൈവനിഷേധപരമായ' പുതിയ ചിന്തകൾ പ്രസിദ്ധീകരിക്കപ്പെട്ടത് 1543 -ലാണ്
'ഇതല്ല യാഥാർത്ഥ്യം' എന്നോ മറ്റോ നിക്കോളായ് അതിലെഴുതി-ച്ചേർത്തിരുന്നുവോ ?
അദ്ദേഹത്തിന്റെ എഡിറ്ററാണ് അങ്ങനെയെന്തോ ഒന്ന് അതിലെഴുതി-ച്ചേർത്തത്.
ചിലർ കോപ്പർനിക്കസ്സിന്റെ പ്രപഞ്ചമാതൃക അതുപോലെ തന്നെ അംഗീകരിച്ചു.
എനിക്കിപ്പോൾ എല്ലാം വ്യക്തമായി പ്രവചിക്കാനാവും...
റെയ്നോൾഡ് (1511-1553) 'Prussian Table of Planetary Positions" എന്ന പുസ്തകം 1551 -ൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു.
എന്നാൽ മറ്റുചിലർ ഒരു ചെറിയ ഒത്തുതീർപ്പ് നടത്തി... !
ഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യനുചുറ്റും തിരിയട്ടെ. സൂര്യൻ ഭൂമിയേയും ചുറ്റിക്കറങ്ങട്ടെ അനുമതിയോ?
വേണ്ട
ജെ. കെപ്ലർ (1571-1630)
ടൈക്കോ ബ്രാഹെ (1546 -1601)
ടൈക്കോ തന്റെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തിയിരുന്ന ഡെന്മാർക്കിലെ വീൻ (Hveen) ഒബ്സർവേറ്ററി...
.. കോപ്പർനിക്കൻ മാതൃകയെ ബലപ്പെടുത്താനുതകുന്ന മാതൃകകൾ അവിടെ വേണ്ടത്ര ഉണ്ടായിരുന്നു.
ടൈക്കോ ഒരു നൂതന നക്ഷത്രത്തിന്റെ ഉദയം രേഖപ്പെടുത്തി. ('സൂപ്പർനോവ') - 1542 AD
'സ്വർഗീയ വസ്തുക്കൾ' അചഞ്ചലമാണ് - അരിസ്റ്റോട്ടിൽ
ദീർഘവൃത്താകാര പഥത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു ധൂമകേതുവിനെയും അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി.
പ്രകൃതിയിലെ ചലനങ്ങളെല്ലാം തന്നെ വൃത്താകാരപഥത്തിലാണ് - അരിസ്റ്റോട്ടിൽ

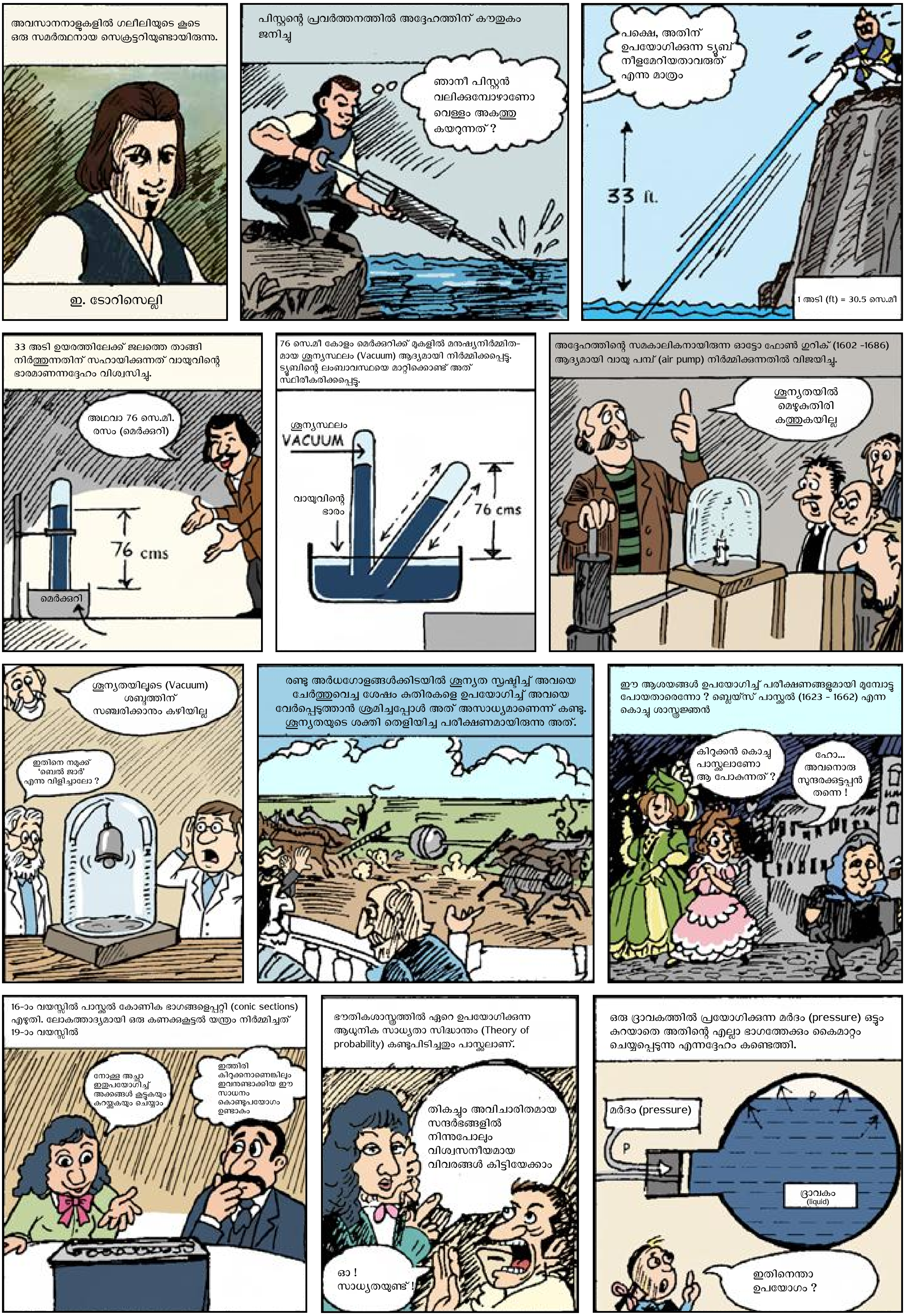

പക്ഷെ, ടൈക്കോയുടെ ശിഷ്യനായ ജോഹന്നാസ് കെപ്ലറാണ് ഗ്രീക്ക് ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ പിൻഗാമിയായി വാഴ്ത്തപ്പെട്ടത്
ജോഹന്നാസ് കെപ്ലർ (1571-1630)
ടൈക്കോയുടെ നിരീക്ഷണങ്ങളെ അപഗ്രഥിച്ച് കെപ്ലർ ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാരപഥത്തെക്കുറിച്ച് മൂന്ന് നിയമങ്ങൾ കണ്ടെത്തി
ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാരപഥങ്ങൾ ദീർഘവൃത്താകാരത്തിലുള്ളവയാണ് സൂര്യന്റെ സ്ഥാനം അതിന്റെ ഏതെങ്കിലുമൊരു ഫോക്കസ്സിലും
സൂര്യൻ
ഗ്രഹം
ഓ..ഹോ.. നിൽക്കൂ.. ആദ്യം ദീർഘവൃത്തം എന്തെന്നു പറയൂ. പിന്നെ ഫോക്കസും
ഒന്നാമത്തെ നിയമം 1609 AD
ഒരു പെൻസിൽ, രണ്ടു മൊട്ടുസൂചികൾ ഒരു നൂല്... ഇത്രയും കൊണ്ട് ഒരു ദീർഘവൃത്തം എളുപ്പത്തിൽ വരയ്ക്കാം
സൂചി
സൂചി
ഫോക്കസ്
ഒരു വൃത്തസ്തൂപികയെ ചെരിച്ച് മുറിച്ചാൽ കിട്ടുന്നത് ദീർഘവൃത്തമായിരിക്കും
ഞാൻ അറുത്ത് എടുത്തത് എന്താണെന്ന് നോക്കാം
ദീർഘവൃത്തം
കൂടാതെ ഒരു ദീർഘവൃത്തത്തെ കാണിക്കാൻ ഒരു സമവാക്യവും
അയ്യയ്യോ! ഒരു ചിത്രകഥയിൽ സമവാക്യങ്ങൾ വേണ്ടേ.
ശരി ശരി .. എന്നാൽ നമുക്ക് കെപ്ലറിലേക്ക് തിരിച്ചു വരാം
രണ്ടാം നിയമം 1609
രണ്ടാം നിയമം : സൂര്യനേയും ഗ്രഹത്തേയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന സാങ്കല്പിക രേഖ തുല്യ ഇടവേളകളിൽ തുല്യവിസ്തീർണ്ണം സൃഷ്ടിക്കുന്നു.
ഗ്രഹം
സൂര്യൻ
തുല്യവിസ്തീർണ്ണം
1
2
3
4
അതായത് 1 ൽ നിന്ന് 2 ലേക്കും 3 ൽ നിന്ന് 4 ലേക്കും സഞ്ചരിക്കാനെടുക്കുന്ന സമയം തുല്യമായിരിക്കും. ഗ്രഹത്തിന്റെ വേഗം സൂര്യന്റെ സമീപത്ത് കൂടുതലും സൂര്യനിൽ നിന്നകലെ കുറവുമായിരിക്കും
കെപ്ലർ ഈ രണ്ടു നിയമങ്ങളും തന്റെ പുസ്തകമായ 'അസ്ട്രോണോമിയ നോവ' യിൽ പ്രസിദ്ധപ്പെടുത്തി. മൂന്നാം നിയമം മറ്റൊരു പുസ്തകത്തിലും - 'ഹാർമണി ഓഫ് ദി വേൾഡ്'
ഗ്രഹങ്ങളുടെ ഭ്രമണകാലത്തിന്റെ വർഗം അവയ്ക്ക് സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള ശരാശരി ദൂരത്തിന്റെ മൂന്നാം ഘാതത്തിന് ആനുപാതികമാണ്
മൂന്നാം നിയമം 1619 AD
എന്ത്?
(DISTANCE)³
(PERIOD)²
വ്യാഴം
ചൊവ്വ
ഭൂമി
ശുക്രൻ
ബുധൻ
കെപ്ലർക്ക് അതൊരിക്കലും ലളിതമായി അവതരിപ്പിക്കാനായില്ല. രണ്ടു ഗ്രഹങ്ങളുടെ പരിക്രമണകാലം T_1 ഉം T_2 ഉം അവയുടെ സഞ്ചാരപഥങ്ങളിലേക്ക് സൂര്യനിൽനിന്നുള്ള ദൂരം D_1 ഉം D_2 ഉം ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. എന്നാൽ
T1
T2
D1
D2
$\frac{D_1^3}{D_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2}$
ഇതുമൂലം ഗ്രഹങ്ങളുടെ സ്ഥാനം നിർണ്ണയിക്കൽ എളുപ്പമാണ്
ഞാനീ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങൾ റുഡോൾഫ് രാജാവിനും ടൈക്കോ ബ്രാഹയ്ക്കുമായി സമർപ്പിക്കുന്നു.
റുഡോൾഫിൻ ടേബിൾസ് 1627 AD
ഗ്രീക്കുകാരിൽനിന്ന് നാമേറെ മുന്നോട്ടു പോന്നിരിക്കുന്നു. ശൂന്യാകാശവസ്തുക്കളുടെ ചലനത്തെപ്പറ്റി ഇന്നു നമുക്കറിയാം. എന്നാൽ അവയുടെ ചലനകാരണം എന്താണ്?
ചലനനിയമങ്ങളിലേക്കുള്ള ആദ്യപടികൾ കയറിയത് ഗലീലിയോ ഗലീലി ആണ്.
എന്നെ എന്റെ ആദ്യ പേര് വെച്ച് വിളിക്കുന്നത് ഒന്നു നിർത്താമോ ? മുഴുവൻ പേര് വിളിക്കൂ..
ഗലീലിയോ ഗലീലി (1564 -1642)


കെപ്ലറുടെ സമകാലികനായിരുന്ന ഗലീലി ഒരിക്കലും ഒരു മതവിശ്വാസിയായിരുന്നില്ല. ഒരു നാൾ പള്ളിയിൽ വെച്ച് തൂങ്ങിയാടുന്ന മെഴുകുതിരി വിളക്കുകൾ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശ്രദ്ധയാകർഷിച്ചു.
എന്തായാലും ഇത് പ്രഭാഷണത്തേക്കാൾ രസകരമായി-രിക്കുന്നുവല്ലോ
അങ്ങനെ പെൻഡുലത്തെ സംബന്ധിച്ച രണ്ടു പ്രധാന നിരീക്ഷണങ്ങൾ അദ്ദേഹം നടത്തി
ഒന്ന് : പെൻഡുലത്തിന്റെ പീരിയെഡ് ആട്ടത്തിന്റെ ആയതിയെ (amplitude) ആശ്രയിക്കുന്നില്ല *
*17-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ന്യൂട്ടനാണ് ഇതിനൊരു വിശദീകരണം നൽകിയത്.
the period is independent of the arc of swing
രണ്ട് : പെൻഡുലത്തിന്റെ ആവർത്തനകാലം ബോബിന്റെ മാസിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല*
the period is independent of the mass of the bob
ലെഡ്
കോപ്പർ
*യഥാർത്ഥ വിശദീകരണം 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ഐൻസ്റ്റൈൻ ആണ് നൽകിയത്
വ്യത്യസ്ത വസ്തുക്കൾ ഒരേ ഉയരത്തിൽനിന്ന് വീഴുകയാണെങ്കിൽ അവ ഭൂമിയിലെത്തുന്നത് ഒരേ സമയത്തായിരിക്കുമെന്ന് അദ്ദേഹത്തിന് അറിയാമായിരുന്നു
ഹേയ് ഇന്നലെ നിങ്ങളാണോ പിസാ ഗോപുരത്തിൽ നിന്ന് എന്റെ മേൽ കല്ലുകൾ വലിച്ചെറിഞ്ഞത് ?
ഞാനോ ഒരിക്കലുമല്ല ഒരുപക്ഷേ, ഇയാളുടെ പണിയാകും
അയ്യോ അല്ല, ഞാനതിനെപ്പറ്റി എഴുതി എന്നേയൊള്ളൂ..
സ്റ്റീവിനസ് (1543 -1620)
ഭാരമേറിയ വസ്തുക്കൾ കൂടുതൽ വേഗത്തിൽ താഴേക്കു വീഴുന്നു -അരിസ്റ്റോട്ടിൽ
ചെരിവുതലത്തിനു (Inclined plane) മുകളിൽ ഭൂമിയുടെ ആകർഷണ ശക്തിക്ക് കുറവു സംഭവിക്കുന്നു എന്ന്, ഗലീലിയുടെ സമകാലികനായിരുന്ന സൈമൺ സ്റ്റീവിൻസ് കണ്ടെത്തി.
A
B
C
AC യിലുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ പന്തുകൾ AB യിൽ വെക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞിരിക്കുന്നു ! അതായത് ഈ യന്ത്രം ഇനിയിങ്ങനെ ഉരുണ്ടുകൊണ്ടേയിരിക്കും !! പക്ഷേ...
ഇത് വിഡ്ഢിത്തമാണ്. AC യിൽ ഉള്ളതിനേക്കാൾ കുറവ് ഭൗമാകർഷണമേ AB യിൽ അനുഭവപ്പെടുകയുള്ളൂ..
ചെരിവുതലം ഉപയോഗിച്ച് വസ്തുക്കളുടെ ചലനങ്ങളെപ്പറ്റി പഠിക്കുകയായിരുന്നു ഗലീലി
ഓ, എനിക്ക് നല്ലൊരു വാച്ച് ഉണ്ടായിരു-ന്നെങ്കിൽ !
അദ്ദേഹത്തിന് തന്റെ ആ പെൻഡുലം ഉപയോഗിച്ചാൽ മതിയായിരുന്നു.. ഞാൻ 1656ൽ ചെയ്തത് പോലെ
ഹൈജിൻസ് 1626 -1695
തലത്തിലൂടെ പന്ത് ഉരുളുന്ന ദൂരവും സമയത്തിന്റെ വർഗവും (Square) തമ്മിൽ നേർ അനുപാതത്തി-ലാണെന്ന് അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി.
D∝T²
D(DISTANCE)
T(TIME)
'വേഗവും' സമയവും നേർ അനുപാതത്തിൽ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നത് അദ്ദേഹത്തിന്റെ മറ്റൊരു നിരീക്ഷണമായിരുന്നു.
(SPEED)
(TIME)
ഭൂമിയുടെ ആകർഷണ ബലത്തിൽ വസ്തുവിന്റെ വേഗം ക്രമമായി വർദ്ധിക്കുന്നു എന്നർത്ഥം
അതായത് സ്ഥിര വേഗത്തിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനത്തിന് ബലം പ്രയോഗിക്കേണ്ടതില്ല*
'ഏതൊരു ചലനത്തിനും കാരണം ബലമാണ്' - അരിസ്റ്റോട്ടിൽ


രണ്ടു ദിശകളിലേക്കുള്ള ചലനത്തിന്റെ സംയോജനത്തെപ്പറ്റിയാണ് അദ്ദേഹം പിന്നീട് പഠിച്ചത്
ഈ പായ വലിച്ചു കെട്ടിയതിന്റെ മുകളറ്റത്തുനിന്നും ഒരു കല്ല് താഴേക്കിട്ടാൽ ഡക്കിന്റെ ഏതു ഭാഗത്തായിരിക്കും വീഴുക ?
ഹേയ് .. ഒരു നിമിഷം നിൽക്കൂ.. ക്യാപ്റ്റനൊന്ന് മാറി നിൽക്കട്ടെ !
സിംപ്ലിഷ്യസ്*
സിംപ്ലിഷ്യസ് : ബോട്ട് നിശ്ചലമാണെങ്കിൽ കല്ല് നേരെ താഴെ വീഴും. മറിച്ചാണെങ്കിൽ അത് A യുടെ പിറകിൽ B എന്ന ബിന്ദുവിലും
നിൽക്കുന്ന ബോട്ട്
ഓടുന്ന ബോട്ട്
A
A
B
സിംപ്ലിഷ്യസ് : ഗലീലിയുടെ സംഭാഷണപുസ്തകത്തിലെ അരിസ്റ്റോട്ടിൽ കാലഘട്ടത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന കഥാപാത്രം
ഒരിക്കലുമില്ല
ബോട്ട് ചലിക്കുന്നത് സമാന വേഗത്തിലാണെങ്കിൽ കല്ല് A എന്ന ബിന്ദുവിൽ തന്നെ വീഴും
രണ്ടു ദിശകളിലായുള്ള ചലനങ്ങളെ സംയോജിത രൂപത്തിൽ പ്രകടിപ്പിക്കാമെന്നദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി.
ബോട്ടിന്റെ സമാനചലനം (Uniform Motion) കൊണ്ട് കല്ലിന് ഉണ്ടാകുന്ന ദിശ
X
XY - കല്ലിന്റെ പഥം
ഭൗമാകർഷണം
Y
കല്ല് വന്നു വീണ ബിന്ദു
കല്ല് പുറപ്പെട്ടപ്പോൾ തട്ടിലെ സമാനബിന്ദു
ബോട്ടിന്റെ വേഗം കൂടിക്കൊണ്ടിരുന്നാൽ ?
അങ്ങനെയെങ്കിൽ സിംപ്ലിഷ്യസ്, നിങ്ങളുടെ ഉത്തരം ശരിയാവും. കല്ല് B-യിൽ വന്നു വീഴും.
സമാന ചലനം (Uniform Motion) അത്രയും വിശേഷമാണെന്നാണോ നിങ്ങൾ പറയുന്നത് ?
തീർച്ചയായും
ഇങ്ങനെയാണ് 'ഗലീലിയൻ ആപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തം' ആവിഷ്കരിക്കപ്പെട്ടത്
അടച്ചിട്ട മുറിക്കുള്ളിലെ ഒരു പരീക്ഷണത്തിനും വസ്തുവിന്റെ നിശ്ചലാവസ്ഥയേയും സമാന ചലനത്തേയും വ്യക്തമായി വേർതിരിക്കാനാവില്ല
അതെനിക്കിഷ്ടപ്പെട്ടു !
1500
1600
1700
1800
1905
ആദ്യത്തെ അസ്ട്രോണമിക്കൽ ടെലിസ്കോപ്പ് നിർമ്മിച്ച ഗലീലി അതിലൂടെ ശൂന്യാകാശ വസ്തുക്കളെ നിരീക്ഷിച്ച് നിഗമനങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തി
ഞാൻ കാണുന്നു
ഹാവൂ..
കുന്നുകളും ഗർത്തങ്ങളും നിറഞ്ഞ ചന്ദ്രന്റെ ഉപരിതലം
ശുക്രനും ചൊവ്വയും ചന്ദ്രനെപ്പോലെ രാശി വ്യത്യാസങ്ങൾ കാണിക്കുന്നു
വ്യാഴത്തിനു ചുറ്റും തിരിയുന്ന മൂന്നു ചന്ദ്രനുണ്ട്
കോടാനുകോടി നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഒരു കൂട്ടമായ ആകാശഗംഗ..
കോപ്പർനിക്കൻ പഠനങ്ങളെ ഏറെ ശക്തിപ്പെടുത്തുന്നവയായിരുന്നു ഈ നിരീക്ഷണങ്ങൾ
പക്ഷേ, പള്ളിക്ക് സഹിക്കാവുന്നതിലുമപ്പുറമായിരുന്നു ഇത്. ഗലീലിയെ ഏകാന്തതടവിലിടുകയും നിഗമനങ്ങൾ പിൻവലിച്ച് തെറ്റ് ഏറ്റുപറയാൻ നിർബന്ധിക്കുകയും ചെയ്തു.
സൂര്യൻ കേന്ദ്രസ്ഥാനത്താണെന്ന പ്രസ്താവന ഞാനിതാ പിൻവലിക്കുന്നു.
എനിക്ക് ഇനിയൊരു ജന്മം കിട്ടിയിരുന്നെങ്കിൽ ചലന നിയമങ്ങൾ കൂടി വിശദീകരിക്കാൻ ആയേനെ...
അവസാന നാളുകളിൽ അദ്ദേഹം അന്ധനും വിവശനുമായിത്തീർന്നു. ലോകം സ്മരിക്കുന്ന പ്രതിഭാശാലികളിലൊരാളായ ഗലീലിയോ ഗലീലി 1642-ൽ അന്തരിച്ചു.
അല്ലാ.. ഇതുവരെയായിട്ട് ഈ ചലനശാസ്ത്രം (Mechanics) മാത്രമേ ഉണ്ടായിരുന്നുള്ളൂ.. ?
എന്നാലിനി മറ്റു ശാഖകളുമൊന്നു നോക്കാം

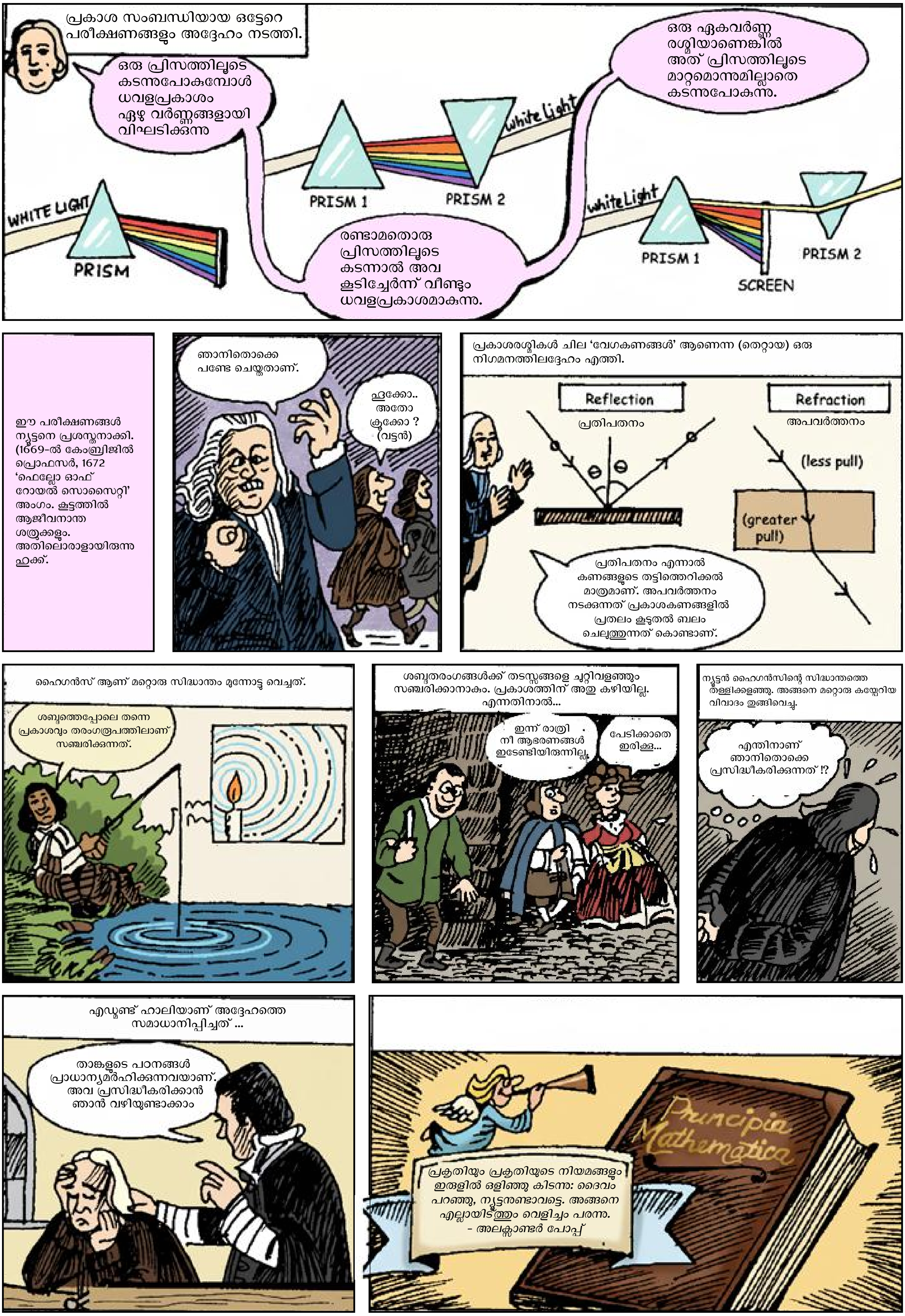
ബലതന്ത്രം
(Mechanics)
അതിവേഗത്തിൽ
മുന്നോട്ട്
കുതിക്കുമ്പോൾ
അപ്പുറത്ത്
കാന്തികതയും
പ്രകാശവും
സംബന്ധിച്ച ശാസ്ത്രം
എങ്ങുമെത്താതെ
ഇഴഞ്ഞു
നീങ്ങുകയായിരുന്നു
വളരെ പണ്ടു മുതൽക്കു തന്നെ സ്വാഭാവിക കാന്തങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് ചൈനക്കാർക്കുണ്ടായിരുന്നു.
ഛെ ! ഇതെന്തൊരു കഷ്ടം.
ഹ.. ഹ.. അയാളുടെ പണിയായുധം വീണ്ടും കല്ലിൽ ഒട്ടിപ്പോയി
അമാനുഷിക ശക്തികളാണ് കാന്തങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനത്തിന് പിറകിലെന്ന് അവർ വിശ്വസിച്ചു.
ഇതാ... ഈ വെളുത്തുള്ളി കാന്തശക്തിയെ നശിപ്പിച്ചേക്കും.
പുനർജന്മത്തിലേക്ക് ആളുകൾ പ്രവേശിക്കുന്നത് കാന്തങ്ങളുടെ സഹായത്തോടുകൂടിയാണ്
കാന്തങ്ങളുടെ ദിശ കാണിക്കുന്ന സ്വഭാവം കണ്ടെത്തിയത് ആരാണെന്നറിയില്ല.
AXIS
N
W
E
S
AXIS
എന്നാൽ 900 BC യിൽ പോലും കപ്പൽയാത്രക്കാർ ദിശയറിയാനായി കാന്തസൂചികൾ ഉപയോഗിച്ചിരുന്നതായി തെളിവുണ്ട്
എങ്കിലും കാന്തികബലം അവരുടെ മുന്നിൽ ഒരു ചോദ്യമായിത്തന്നെ നിന്നു.
ഒരു വെള്ളിത്തളികയ്ക്ക് കീഴെ ഒരു കാന്തം ചലിപ്പിക്കുമ്പോൾ മുകളിൽ വെച്ചിരിക്കുന്ന ഇരുമ്പുകഷണത്തിനും ചലനമുണ്ടാകുന്നു.
അഗസ്റ്റിൻ പുണ്യവാളൻ (428 AD)
ഫ്രഞ്ച് എഞ്ചിനീയറായ പെരിഗ്രിനസ് ആയിരുന്നിരിക്കണം കാന്തങ്ങളെക്കുറിച്ച് ആദ്യമായി പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തിയ ആൾ.
കാന്തത്തിന്റെ ധ്രുവങ്ങൾ (poles) സ്ഥിരമാണ്.
പെരിഗ്രിനസ് 1280 AD
N
N
N
S
സമാനധ്രുവങ്ങൾ (like poles) വികർഷിക്കുകയും വിപരീത ധ്രുവങ്ങൾ (unlike poles) ആകർഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
S
S
N
S
N
S
കാന്തം മുറിച്ചുകൊണ്ട് ഉത്തര ദക്ഷിണ ധ്രുവങ്ങളെ വേർപ്പിരിക്കാനാവില്ല.
പക്ഷേ, കാന്തത്തിന്റെ ദിശാസൂചക സ്വഭാവത്തെപ്പറ്റിയുള്ള (north seeking behaviour) യുള്ള അദ്ദേഹത്തിന്റെ വിശദീകരണം തെറ്റിപ്പോയി.
ഖഗോളം (Celestial Sphere)
EARTH
കാന്തികധ്രുവങ്ങൾ ഖഗോളധ്രുവങ്ങൾക്ക് നേരെയാണ് തിരിഞ്ഞിരിക്കുന്നത്.
വില്യം ഗിൽബർട്ടിന്റെ (1544 - 1603) കാലം വരെ സംഗതികൾ ഏതാണ്ടിങ്ങനെ തുടർന്നു...
ഒരു കാന്തസൂചിയെ ലംബതലത്തിൽ തിരിയാൻ അനുവദിച്ചാൽ അത് ഭൂമിക്ക് നേരെ ചരിഞ്ഞു നിൽക്കുന്നതായി (dip) അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി.


കാന്തിക സൂചിയെ ഒരു കാന്തിക ഗോളത്തിനടുത്തുവെച്ചപ്പോഴും സമാനമായ ചരിവ് (dip) കാണിക്കുന്നതായി കണ്ടു.
കാന്തിക സൂചി (Magnetic Needle)
കാന്തിക ഗോളം (Magnetic Sphere)
S
N
ഭൂമി ഒരു വൻകാന്തമാണെന്ന നിഗമനത്തിലെത്തുകയായിരുന്ന ഗിൽബർട്ട്
MAGNET
കാന്തികസൂചിയെ സ്വാധീനിക്കുന്നത് ഭൂമിയുടെ കാന്തികക്ഷേത്രമാണ് (Earth's magnetic field)
ഉരസിയ ആംബർ (amber) ദണ്ഡിന് ചെറിയ കടലാസുകഷണങ്ങളെ ആകർഷിക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ടെന്ന് ഗ്രീക്കുകാരുടെ കാലത്തുതന്നെ മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നു.
ഈ ട്രിക്ക് കൊള്ളാം..
മറ്റു പലവസ്തുക്കളിലും ഈ സ്വഭാവം ശ്രദ്ധിച്ച ഗിൽബർട്ട് അവയെ ഇലക്ട്രിക്കുകൾ എന്നു വിളിച്ചു.
ഈ കാലത്തുതന്നെ വികസിച്ചുവന്ന മറ്റൊരു ശാസ്ത്രശാഖയാണ് ഒപ്റ്റിക്സ്. അൽ- ഹസൻ (965 - 1039 AD) സംഭവബഹുലമായ ഒരു ജീവിതം ജീവിക്കുകയുണ്ടായി.
നൈലിലെ വെള്ളപ്പൊക്കം തടയാനുള്ള യന്ത്രം ഉണ്ടാക്കൂ... അല്ലെങ്കിൽ മരണം വരെ തുറുങ്കിലടക്കും.
അൽ - ഹസൻ ഭ്രാന്ത് നടിച്ചു. എന്നിട്ട് രഹസ്യമായി തന്റെ പരീക്ഷണങ്ങൾ തുടർന്നു.
വസ്തുക്കൾ പ്രകാശത്തെ പ്രകീർണ്ണനം (Scattering) ചെയ്യുന്നതുകൊണ്ടാണ് നമുക്ക് കാണാൻ കഴിയുന്നത്. അല്ലാതെ കണ്ണുകൾ പ്രകാശം പുറപ്പെടുവിക്കുന്നത് കൊണ്ടല്ല
അദ്ദേഹം പിൻഹോൾ ക്യാമറ നിർമ്മിച്ചു.
സൂചിപ്പഴുതിലൂടെ ഇത്ര മനോഹരമായ കാഴ്ചയോ!
പാരബോളിക ദർപ്പണങ്ങൾ (Parabolic Mirrors) അദ്ദേഹം നിർമ്മിച്ചു
പ്രകാശ രശ്മി
ഫോക്കസ്
ഇതുകൊണ്ട് നല്ലതുപോലെ ഫോക്കസ് ചെയ്യാൻ പറ്റുന്നുണ്ടല്ലോ !
പാരബോളിക ദർപ്പണങ്ങൾ (Parabolic Mirrors)
അൽ-ഹസൻ ലെൻസുകളെപ്പറ്റിയും പ്രതിപതനം (Refelction), അപവർത്തനം (Refraction) തുടങ്ങിയ പ്രതിഭാസങ്ങളെപ്പറ്റിയും പഠിച്ചു. പക്ഷേ ഒരു ടെലിസ്കോപ്പ് നിർമ്മിക്കാനദ്ദേഹത്തിനായില്ല
അതു ഞാനാ ചെയ്തത്..
1600 ന് മുൻപ് ബലതന്ത്രം (Mechanics) തന്നെയായിരുന്നു ശാസ്ത്രത്തിലെ റാണി

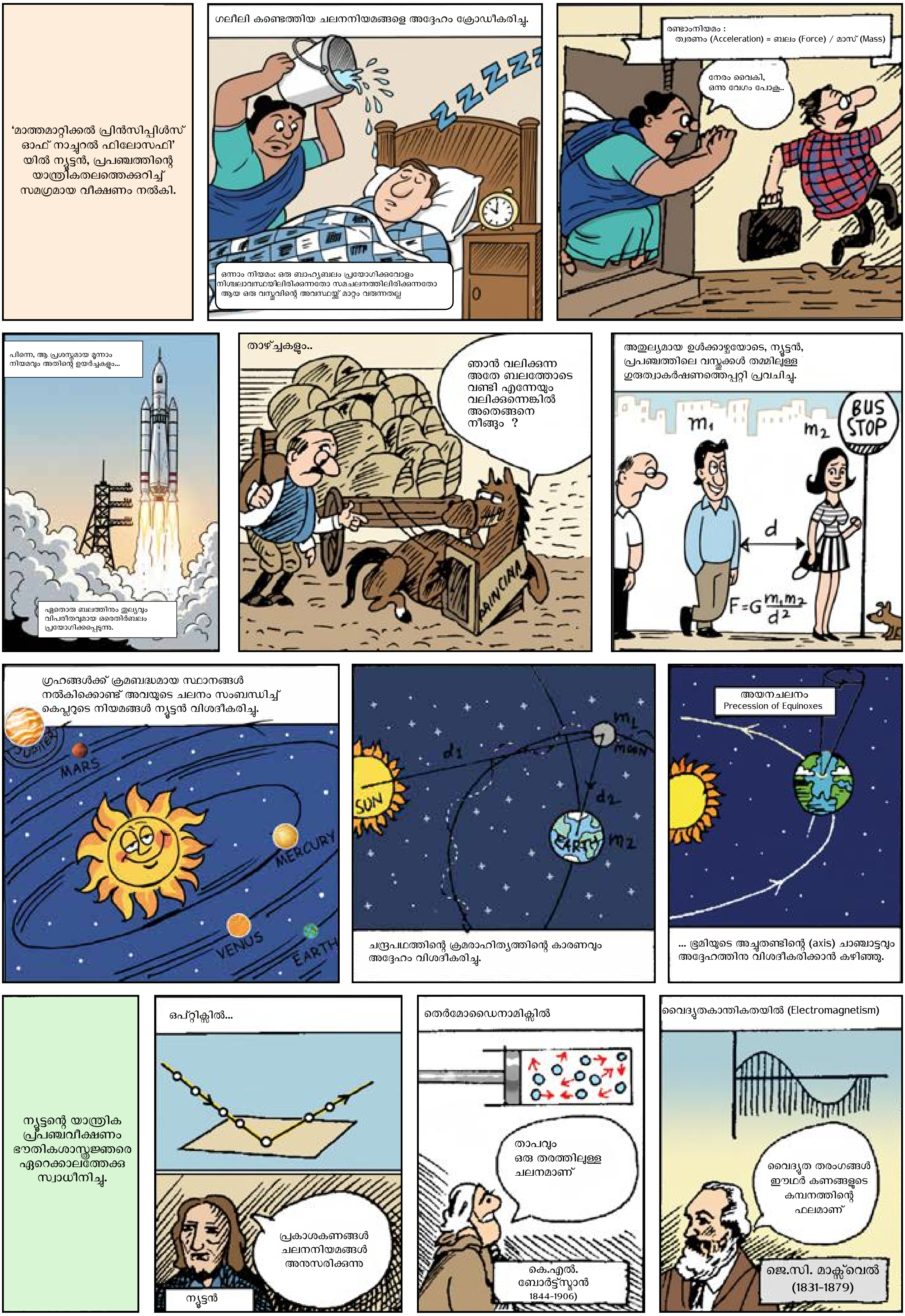

അവസാനനാളുകളിൽ ഗലീലിയുടെ കൂടെ ഒരു സമർത്ഥനായ സെക്രട്ടറിയുണ്ടായിരുന്നു.
ഇ. ടോറിസെല്ലി
പിസ്റ്റന്റെ പ്രവർത്തനത്തിൽ അദ്ദേഹത്തിന് കൗതുകം ജനിച്ചു
ഞാനീ പിസ്റ്റൻ വലിക്കുമ്പോഴാണോ വെള്ളം അകത്തു കയറുന്നത് ?
പക്ഷെ, അതിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ട്യൂബ് നീളമേറിയതാവരുത് എന്നു മാത്രം
33 ft.
1 അടി (ft) = 30.5 സെ.മീ
33 അടി ഉയരത്തിലേക്ക് ജലത്തെ താങ്ങി നിർത്തുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നത് വായുവിന്റെ ഭാരമാണന്നദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു.
അഥവാ 76 സെ.മീ. രസം (മെർക്കുറി)
76 cms
മെർക്കുറി
76 സെ.മീ കോളം മെർക്കുറിക്ക് മുകളിൽ മനുഷ്യനിർമ്മിതമായ ശൂന്യസ്ഥലം (Vacuum) ആദ്യമായി നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടു. ട്യൂബിന്റെ ലംബാവസ്ഥയെ മാറ്റിക്കൊണ്ട് അത് സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെട്ടു.
ശൂന്യസ്ഥലം
VACUUM
വായുവിന്റെ ഭാരം
76 cms
അദ്ദേഹത്തിന്റെ സമകാലികനായിരുന്ന ഓട്ടോ ഫോൺ ഗ്വറിക് (1602 -1686) ആദ്യമായി വായു പമ്പ് (air pump) നിർമ്മിക്കുന്നതിൽ വിജയിച്ചു.
ശൂന്യതയിൽ മെഴുകുതിരി കത്തുകയില്ല
ശൂന്യതയിലൂടെ (Vacuum) ശബ്ദത്തിന് സഞ്ചരിക്കാനും കഴിയില്ല
ഇതിനെ നമുക്ക് 'ബെൽ ജാർ' എന്നു വിളിച്ചാലോ ?
രണ്ടു അർധഗോളങ്ങൾക്കിടയിൽ ശൂന്യത സൃഷ്ടിച്ച് അവയെ ചേർത്തുവെച്ച ശേഷം കുതിരകളെ ഉപയോഗിച്ച് അവയെ വേർപ്പെടുത്താൻ ശ്രമിച്ചപ്പോൾ അത് അസാധ്യമാണെന്ന് കണ്ടു. ശൂന്യതയുടെ ശക്തി തെളിയിച്ച പരീക്ഷണമായിരുന്നു അത്.
ഈ ആശയങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് പരീക്ഷണങ്ങളുമായി മുമ്പോട്ടു പോയതാരെന്നോ ? ബ്ലെയ്സ് പാസ്കൽ (1623 - 1662) എന്ന കൊച്ചു ശാസ്ത്രജ്ഞൻ
കിറുക്കൻ കൊച്ചു പാസ്കലാണോ ആ പോകുന്നത് ?
ഹോ... അവനൊരു സുന്ദരക്കുട്ടപ്പൻ തന്നെ !
16-ാം വയസ്സിൽ പാസ്കൽ കോണിക ഭാഗങ്ങളെപ്പറ്റി (conic sections) എഴുതി. ലോകത്താദ്യമായി ഒരു കണക്കുകൂട്ടൽ യന്ത്രം നിർമ്മിച്ചത് 19-ാം വയസ്സിൽ
നോക്കു അച്ഛാ ഇതുപയോഗിച്ച് അക്കങ്ങൾ കൂട്ടുകയും കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യാം
ഇത്തിരി കിറുക്കനാണെങ്കിലും ഇവനുണ്ടാക്കിയ ഈ സാധനം കൊണ്ടുപയോഗം ഉണ്ടാകും
ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ ഏറെ ഉപയോഗിക്കുന്ന ആധുനിക സാധ്യതാ സിദ്ധാന്തം (Theory of probability) കണ്ടുപിടിച്ചതും പാസ്കലാണ്.
തികച്ചും അവിചാരിതമായ സന്ദർഭങ്ങളിൽ നിന്നുപോലും വിശ്വസനീയമായ വിവരങ്ങൾ കിട്ടിയേക്കാം
ഓ ! സാധ്യതയുണ്ട് !
ഒരു ദ്രാവകത്തിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന മർദം (pressure) ഒട്ടും കുറയാതെ അതിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തേക്കും കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്നദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി.
മർദം (pressure)
P
ദ്രാവകം (liquid)
ഇതിനെന്താ ഉപയോഗം ?

ദ്രാവകങ്ങളെ ഉത്തോലകങ്ങളായി (levers) ഉപയോഗിക്കാമല്ലോ.
PRESSURE P
SMALL AREA A1
PRESSURE P
LARGE AREA A2
ഒരു നിശ്ചിത ഉയരം വരെ മാത്രമേ അന്തരീക്ഷമുള്ളൂ എന്ന് പാസ്കൽ ഗണിച്ചു.
LOWER READING
76 cms
അതുകൊണ്ടുതന്നെ ബാരോമീറ്റർ വെച്ച് കാണിക്കുന്ന മർദ്ദനില മലമുകളിൽ സമതലത്തേക്കാൾ കുറഞ്ഞിരിക്കും
അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഭാര്യാസഹോദരൻ ഇതു തെളിയിക്കാൻ ഒരു മൈലോളം മലകയറി
അളിയാ, ഇത് മുന്നിഞ്ചോളം താണിരിക്കുന്നല്ലോ..
അങ്ങനെ ബാരോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ച് സ്ഥലത്തിന്റെ ഉയരം അളക്കാം. അതിന് വേറെയും രീതികൾ ഉപയോഗിക്കാം.
ബാരോമീറ്ററിനെ അളവു കോലായി ഉയോഗിച്ച് താഴേക്ക് ഇറങ്ങുക
ബാരോമീറ്ററങ്ങ് താഴേക്കിട്ട് വീഴ്ചക്കെടുക്കുന്ന സമയം കുറിക്കുക
ഹിഹി... ആർക്കെങ്കിലും കൈക്കൂലി നൽകിയും ഉയരമറിയാം..
BLAH! BLAH! ??!
മർദത്തെപ്പറ്റി പിന്നീട് കൂടുതൽ പഠിച്ചത് റോബർട്ട് ബോയ്ൽ ആണ്.
റോബർട്ട് ബോയ്ൽ
(1627 - 1691)
ഇംഗ്ലണ്ടിലെ അഭ്യന്തരയുദ്ധത്തിന് ശേഷം...
ഒരു സംഘം ശാസ്ത്രവിദ്യാർത്ഥികൾ ചേർന്ന് 'ഇൻവിസിബിൾ കോളേജ്'-ന് രൂപം നൽകി. ആ ചർച്ചാസംഘത്തിൽ ബോയ്ലും അംഗമായി
നമ്മൾ പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തണം
ചാൾസ് രാജകുമാരന്റെ സ്ഥാനാരോഹത്തിന് ശേഷം 'ഇൻവിസിബിൾ കോളേജ്' റോയൽ സൊസൈറ്റി എന്നറിയപ്പെട്ടു.
The Royal Society "Nullis in Verba*
* വെറും മേധാവിത്വം കൊണ്ട് ഒരു സത്യവും ഉണ്ടാകുന്നില്ല
സമർത്ഥനായ ശിഷ്യൻ റോബർട്ട് ഹുക്കിന്റെ സഹായത്തോടെയാണ് ബോയ്ൽ തുടർച്ചയായ പരീക്ഷണാന്വേഷണങ്ങൾ നടത്തിയത്
ഞാനെപ്പോഴും ഒരു പകരക്കാരൻ മാത്രം !
റോബർട്ട് ഹുക്ക്
(1635 - 1703)
മർദിതാവസ്ഥയിലുള്ള വായു കൂടുതൽ മർദം പ്രയോഗിക്കുന്നു
മെർക്കുറി മർദം
Pressure ∝ 1/volume
വായു
Boyle's law* (in UK, USA)
*Mariotte's law (in France)
വായുവിനെ അതിമർദിതാവസ്ഥയിൽ എത്തിക്കാമെന്ന നിരീക്ഷണം പ്രധാനപ്പെട്ട ഒരു നിഗമനത്തിലേക്ക് എത്തിച്ചു.
മർദീകരണം തെളിയിക്കുന്നത് ശൂന്യതയാൽ വേർത്തിരിക്കപ്പെട്ട ചെറു കണികകളാണ് വായു എന്നാണ്.

പതിനേഴാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ രണ്ടാം പകുതിയിൽ യൂറോപ്യൻ സയൻസിൽ ഒരു താരനിര തന്നെ ഉണ്ടായിരുന്നു.
സി. ഹൈഗൻസ് (1629 -1716)
Δy
Δx
G W ലെബനിസ് (1646-1716)
ആർ. ഹുക്ക് (1635-1703)
ഇ. ഹാലി (1656-1742)
പക്ഷേ, അവർക്കിടയിലെ രാജാവായിരുന്നു...
ഹോ !
ഐസക് ന്യൂട്ടൻ (1642 -1727)
ന്യൂട്ടൻ എന്ന 'ക്രിസ്തുമസ് ശിശു' വളർന്നത് തന്റെ മുത്തശ്ശിയോടും മുത്തച്ഛനോടും കൂടെയായിരുന്നു.
അവനാകെ വിഷണ്ണനായിരിക്കുന്നല്ലോ.
കേംബ്രിജിലെ ടിനിറ്റി കോളേജിൽ നിന്ന് അദ്ദേഹം ബിരുദപഠനം പൂർത്തിയാക്കി (1665). 1666 - 67 ലെ പ്ലേഗ് കാലത്ത് അമ്മയുടെ തോട്ടത്തിൽ കഴിച്ചുകൂട്ടി.
ഒരിക്കൽ സർവ്വകലാശാലകൾക്കു പുറത്തുവെച്ച് അദ്ദേഹത്തിലെ പ്രതിഭ ലോകശ്രദ്ധയാകർഷിച്ചു.
ഹായ് * $(a + b)^n$ എന്താണെന്ന് എനിക്ക് മനസ്സിലായി.
* 'ബൈനോമിയൽ നിയമം'
താഴെ പറയും വിധമുള്ള വാക്യങ്ങളുടെ വിപുലീകരണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒരു നിയമമാണ് ബൈനോമിയൽ തിയറം
$(a + b)^1 = a + b$
$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$
$(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$
$(a + b)^4 = a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$
അദ്ദേഹം ഇൻഫിനിറ്റസിമലുകളെ പറ്റി പഠിച്ച് 'കാൽക്കുലസ്' എന്ന ശാഖയ്ക്ക് രൂപം കൊടുത്തു.
$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{dy}{dx}$
$\int \frac{dy}{dx} dx = y$
അങ്ങനെ വരട്ടെ.. അപ്പോ ന്യൂട്ടനാണ് യഥാർഥ പ്രതി
ക്ഷമിക്കണം ! പക്ഷേ, ഞാനും 'കാൽക്കുലസ്' രൂപകൽപ്പന ചെയ്തിട്ടുണ്ട്
BRITAIN
NEWTON
LEIBNITZ
GERMANY
പ്ലേഗ് പടർന്നുപിടിച്ച വർഷം, അദ്ദേഹം ഗുരുത്വാകർഷണ നിയമങ്ങൾ കണ്ടെത്തി (അവ പ്രസിദ്ധീകരിക്കപ്പെട്ടത് 15 വർഷങ്ങൾക്ക് ശേഷമാണ്!)
ഞെട്ടറ്റ ഒരു ആപ്പിൾ ഭൂമിയിലേയ്ക്ക് പതിക്കുന്നതിനു ഹേതുവായ ബലം തന്നെയാണ് ചന്ദ്രനെ അതിന്റെ (ഓർബിറ്റിൽ) ഭ്രമണപഥത്തിൽ നിലനിർത്തുന്നതും.
NEWTON
$\frac{f_1}{f_2} = \frac{R^2}{r^2}$
f2
f2
R
EARTH
MOON
ഭൂമിയിലെയും ആകാശത്തെയും നിയമങ്ങൾ വ്യത്യസ്തമാണ്.
-അരിസ്റ്റോട്ടിൽ

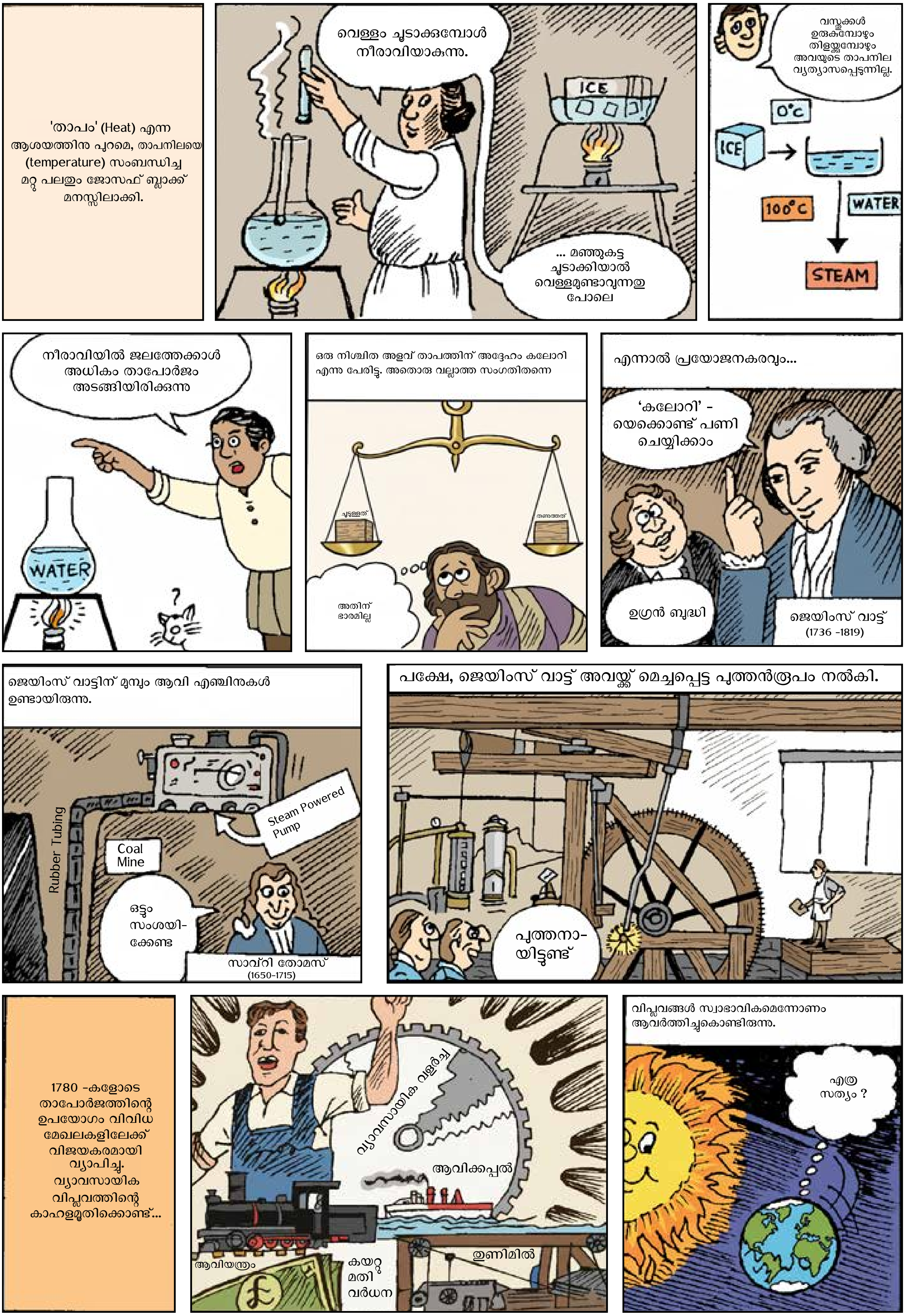


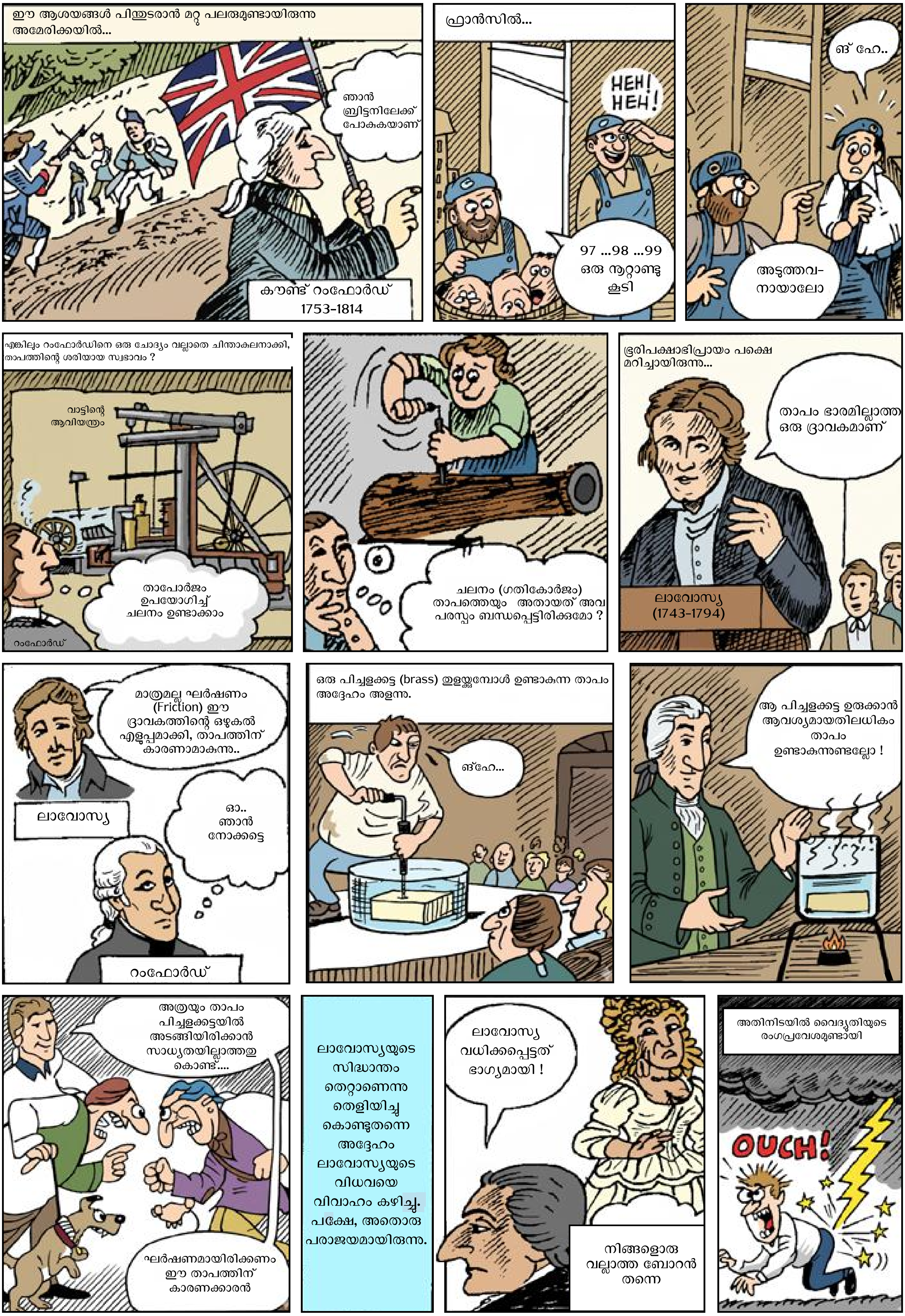
പ്രകാശ സംബന്ധിയായ ഒട്ടേറെ പരീക്ഷണങ്ങളും അദ്ദേഹം നടത്തി.
ഒരു പ്രിസത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുമ്പോൾ ധവളപ്രകാശം ഏഴു വർണ്ണങ്ങളായി വിഘടിക്കുന്നു
WHITE LIGHT
PRISM
PRISM 1
PRISM 2
white light
രണ്ടാമതൊരു പ്രിസത്തിലൂടെ കടന്നാൽ അവ കൂടിച്ചേർന്ന് വീണ്ടും ധവളപ്രകാശമാകുന്നു.
ഒരു ഏകവർണ്ണ രശ്മിയാണെങ്കിൽ അത് പ്രിസത്തിലൂടെ മാറ്റമൊന്നുമില്ലാതെ കടന്നുപോകുന്നു.
white Light
PRISM 1
SCREEN
PRISM 2
ഈ പരീക്ഷണങ്ങൾ ന്യൂട്ടനെ പ്രശസ്തനാക്കി. (1669-ൽ കേംബ്രിജിൽ പ്രൊഫസർ, 1672 'ഫെല്ലോ ഓഫ് റോയൽ സൊസൈറ്റി' അംഗം. കൂട്ടത്തിൽ ആജീവനാന്ത ശത്രുക്കളും. അതിലൊരാളായിരുന്നു ഹുക്ക്.
ഞാനിതൊക്കെ പണ്ടേ ചെയ്തതാണ്.
ഹൂക്കോ.. അതോ ക്രൂക്കോ ? (വട്ടൻ)
പ്രകാശരശ്മികൾ ചില 'വേഗകണങ്ങൾ' ആണെന്ന (തെറ്റായ) ഒരു നിഗമനത്തിലദ്ദേഹം എത്തി.
Reflection
പ്രതിപതനം
Refraction
അപവർത്തനം
(less pull)
(greater pull)
പ്രതിപതനം എന്നാൽ കണങ്ങളുടെ തട്ടിത്തെറിക്കൽ മാത്രമാണ്. അപവർത്തനം നടക്കുന്നത് പ്രകാശകണങ്ങളിൽ പ്രതലം കൂടുതൽ ബലം ചെലുത്തുന്നത് കൊണ്ടാണ്.
ഹൈഗൻസ് ആണ് മറ്റൊരു സിദ്ധാന്തം മുന്നോട്ടു വെച്ചത്.
ശബ്ദത്തെപ്പോലെ തന്നെ പ്രകാശവും തരംഗരൂപത്തിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത്.
ശബ്ദതരംഗങ്ങൾക്ക് തടസ്സങ്ങളെ ചുറ്റിവളഞ്ഞും സഞ്ചരിക്കാനാകും. പ്രകാശത്തിന് അതു കഴിയില്ല. എന്നതിനാൽ...
ഇന്ന് രാത്രി നീ ആഭരണങ്ങൾ ഇടേണ്ടിയിരുന്നില്ല.
പേടിക്കാതെ ഇരിക്കൂ...
ന്യൂട്ടൻ ഹൈഗൻസിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തെ തള്ളിക്കളഞ്ഞു. അങ്ങനെ മറ്റൊരു കയ്പേറിയ വിവാദം തുങ്ങിവെച്ചു.
എന്തിനാണ് ഞാനിതൊക്കെ പ്രസിദ്ധീകരിക്കുന്നത് !?
എഡ്മണ്ട് ഹാലിയാണ് അദ്ദേഹത്തെ സമാധാനിപ്പിച്ചത് ...
താങ്കളുടെ പഠനങ്ങൾ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നവയാണ്. അവ പ്രസിദ്ധീകരിക്കാൻ ഞാൻ വഴിയുണ്ടാക്കാം
Principia Mathematica
പ്രകൃതിയും പ്രകൃതിയുടെ നിയമങ്ങളും ഇരുളിൽ ഒളിഞ്ഞു കിടന്നു: ദൈവം പറഞ്ഞു, ന്യൂട്ടനുണ്ടാവട്ടെ. അങ്ങനെ എല്ലായിടത്തും വെളിച്ചം പരന്നു.
- അലക്സാണ്ടർ പോപ്പ്

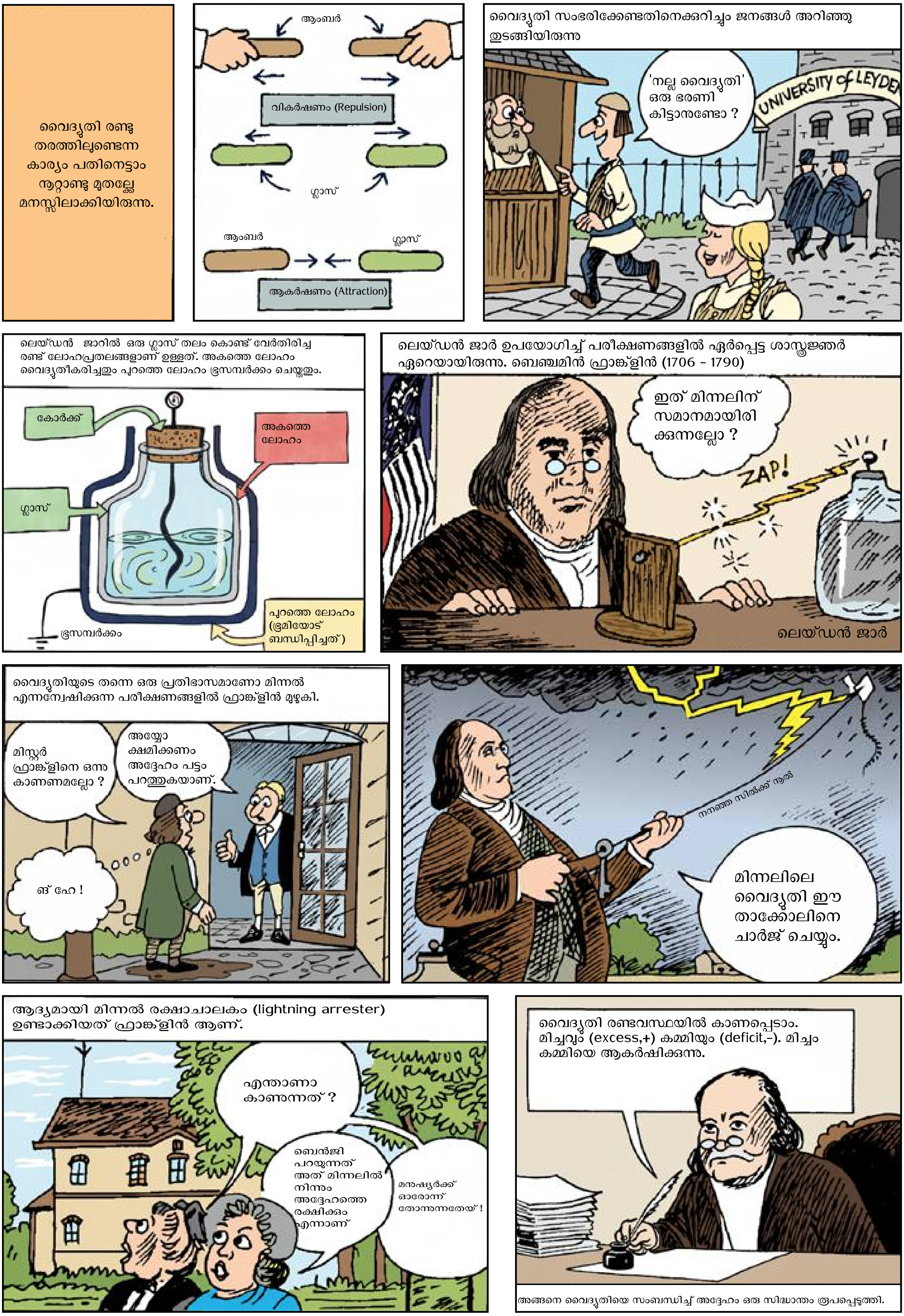


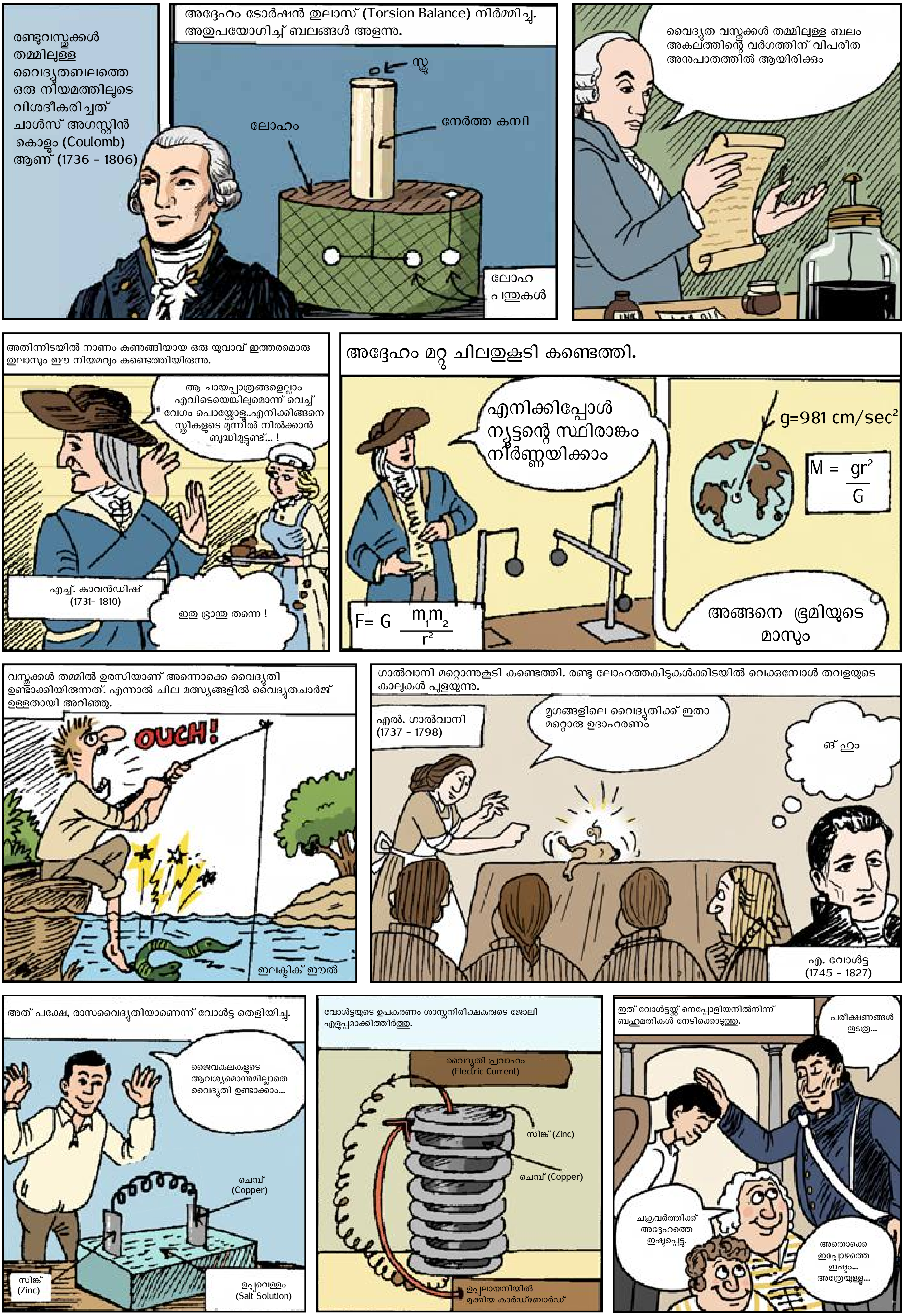
‘മാത്തമാറ്റിക്കൽ പ്രിൻസിപ്പിൾസ് ഓഫ് നാച്ചറൽ ഫിലോസഫി’ യിൽ ന്യൂട്ടൻ, പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ യാന്ത്രികതലത്തെക്കുറിച്ച് സമഗ്രമായ വീക്ഷണം നൽകി.
ഗലീലി കണ്ടെത്തിയ ചലനനിയമങ്ങളെ അദ്ദേഹം ക്രോഡീകരിച്ചു.
ZZZZZ
ഒന്നാം നിയമം: ഒരു ബാഹ്യബലം പ്രയോഗിക്കുവോളം നിശ്ചലാവസ്ഥയിലിരിക്കുന്നതോ സമചലനത്തിലിരിക്കുന്നതോ ആയ ഒരു വസ്തുവിന്റെ അവസ്ഥയ്ക്ക് മാറ്റം വരുന്നതല്ല
രണ്ടാംനിയമം :
ത്വരണം (Acceleration) = ബലം (Force) / മാസ് (Mass)
നേരം വൈകി, ഒന്നു വേഗം പോകൂ..
പിന്നെ, ആ പ്രശസ്തമായ മൂന്നാം നിയമവും അതിന്റെ ഉയർച്ചകളും...
ഏതൊരു ബലത്തിനും തുല്യവും വിപരീതവുമായ ഒരെതിർബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നു.
താഴ്ച്ചകളും..
ഞാൻ വലിക്കുന്ന അതേ ബലത്തോടെ വണ്ടി എന്നേയും വലിക്കുന്നെങ്കിൽ അതെങ്ങനെ നീങ്ങും ?
BAINCINA
അതുല്യമായ ഉൾക്കാഴ്ചയോടെ, ന്യൂട്ടൻ, പ്രപഞ്ചത്തിലെ വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണത്തെപ്പറ്റി പ്രവചിച്ചു.
BUS STOP
m_1
m_2
d
$F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$
ഗ്രഹങ്ങൾക്ക് ക്രമബദ്ധമായ സ്ഥാനങ്ങൾ നൽകിക്കൊണ്ട് അവയുടെ ചലനം സംബന്ധിച്ച് കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങൾ ന്യൂട്ടൻ വിശദീകരിച്ചു.
JUPITER
MARS
MERCURY
VENUS
EARTH
SUN
d_1
m_1
MOON
d_2
EARTH
m_2
ചന്ദ്രപഥത്തിന്റെ ക്രമരാഹിത്യത്തിന്റെ കാരണവും അദ്ദേഹം വിശദീകരിച്ചു.
അയനചലനം
Precession of Equinoxes
... ഭൂമിയുടെ അച്ചുതണ്ടിന്റെ (axis) ചാഞ്ചാട്ടവും അദ്ദേഹത്തിനു വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞു.
ന്യൂട്ടന്റെ യാന്ത്രിക പ്രപഞ്ചവീക്ഷണം ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞരെ ഏറെക്കാലത്തേക്കു സ്വാധീനിച്ചു.
ഒപ്റ്റിക്സിൽ...
പ്രകാശകണങ്ങൾ ചലനനിയമങ്ങൾ അനുസരിക്കുന്നു
ന്യൂട്ടൻ
തെർമോഡൈനാമിക്സിൽ
താപവും ഒരു തരത്തിലുള്ള ചലനമാണ്
കെ.എൽ. ബോർട്ട്സ്മാൻ
1844-1906)
വൈദ്യുതകാന്തികതയിൽ (Electromagnetism)
വൈദ്യുത തരംഗങ്ങൾ ഈഥർ കണങ്ങളുടെ കമ്പനത്തിന്റെ ഫലമാണ്
ജെ.സി. മാക്സ്‌വെൽ
(1831-1879)

ന്യൂട്ടന ശേഷമുണ്ടായ കണ്ടെത്തലുകൾ ലളിതമാണെങ്കിലും പ്രാധാന്യമേറിയവയായിരുന്നു.
റോമർ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം കണ്ടെത്തി.
വ്യാഴത്തിന്റെ ഉപഗ്രഹം
വ്യാഴം
B
ഭൂമി
A
1
വ്യാഴം
B
ഭൂമി
A
2
വ്യാഴത്തിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശരശ്മികൾ 2 - ലേതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ 1 ൽ സഞ്ചരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. വ്യാഴത്തിന്റെ ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ഗ്രഹണവും അങ്ങനെ വൈകുന്നു.
ഈ കാലതാമസത്തിന്റെ ശരിയായ നിരീക്ഷണവും AB യുടെ നീളവും ചേർത്ത് പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം എനിക്ക് കിട്ടി. 227000 കി.മീ./സെ*
റോമർ (1644 -1710)
* യഥാർത്ഥ മൂല്യം 2,99,792 കി.മീ./സെ
ബ്രാഡ്‌ലിയുടെ ഉത്തരം കൂടുതൽ കൃത്യതയുള്ളതായിരുന്നു. 'ലംബനരീതിയാണ്' (Parallax Method)) അദ്ദേഹം ഉപയോഗിച്ചത്.
ലംബ ... എന്ത് ?!
മഴയത്ത് നടക്കുമ്പോൾ കുട ചെരിച്ചു പിടിക്കുന്നതുപോലെ
(Actual Direction)
ചെരിഞ്ഞ ദിശ (Apparent Direction)
ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണം കണക്കിലെടുത്തുകൊണ്ട് ടെലിസ്കോപ്പ് ഒരല്പം ചെരിച്ചുവെക്കുന്നു !
ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണവേഗവും ചരിവുകോണും മനസ്സിലാക്കി, പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം ഞാൻ കണ്ടെത്തി!
ജെ. ബ്രാഡ്‌ലി (1693 -1762)
തെർമോമെട്രിയായിരുന്നു മറ്റൊരു പ്രധാനശാഖ
ആൽക്കഹോളിനേക്കാൾ ഫലപ്രദമാണല്ലോ 'രസം' (മെർക്കുറി)
ഫാരൻഹെയ്റ്റ് അസാധാരണ നമ്പറുകളെ ഇഷ്ടപ്പെട്ടു.
212°
ജലത്തിന്റെ തിളനില (Boiling point)
180°
ജലത്തിന്റെ ഖരാങ്കം (Freezing point))
32°
100° തിളനില (Boiling point)
ഓ, അതു മറന്നേക്കൂ, ഇങ്ങനെ ചെയ്താൽ മതി...
ഖരാങ്കം (Freezing point)
സെൽഷ്യസ് 1701 - 1744)
ഫാരൻഹെയ്റ്റ് ചില സുപ്രധാന നിരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി-
ദ്രാവകങ്ങൾ തിളക്കുന്നത് ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിലാണ്
WSSSSHHHH
എന്നാൽ മർദം പ്രയോഗിക്കുക- യാണെങ്കിൽ സ്ഥിതി വിത്യസ്തമാകും

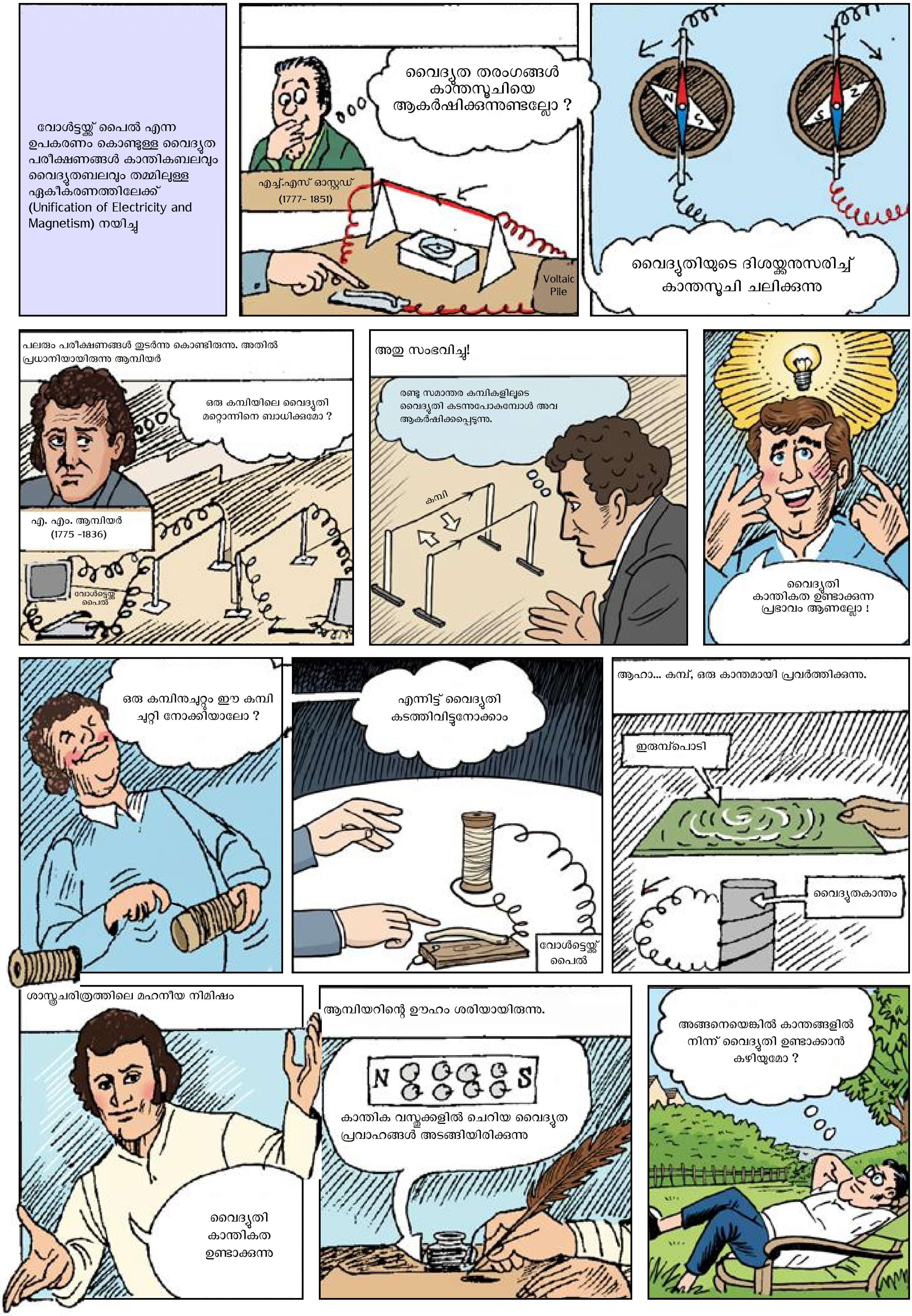

'താപം' (Heat) എന്ന ആശയത്തിനു പുറമെ, താപനിലയെ (temperature) സംബന്ധിച്ച മറ്റു പലതും ജോസഫ് ബ്ലാക്ക് മനസ്സിലാക്കി.
വെള്ളം ചൂടാക്കുമ്പോൾ നീരാവിയാകുന്നു.
ICE
... മഞ്ഞുകട്ട ചൂടാക്കിയാൽ വെള്ളമുണ്ടാവുന്നതു പോലെ
വസ്തുക്കൾ ഉരുകുമ്പോഴും തിളയ്ക്കുമ്പോഴും അവയുടെ താപനില വ്യത്യാസപ്പെടുന്നില്ല.
0°C
ICE
100°C
WATER
STEAM
നീരാവിയിൽ ജലത്തേക്കാൾ അധികം താപോർജം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു
WATER
?
ഒരു നിശ്ചിത അളവ് താപത്തിന് അദ്ദേഹം കലോറി എന്നു പേരിട്ടു. അതൊരു വല്ലാത്ത സംഗതിതന്നെ
ചൂടുള്ളത്
തണുത്തത്
അതിന് ഭാരമില്ല
എന്നാൽ പ്രയോജനകരവും...
'കലോറി' - യെക്കൊണ്ട് പണി ചെയ്യിക്കാം
ഉഗ്രൻ ബുദ്ധി
ജെയിംസ് വാട്ട് (1736 -1819)
ജെയിംസ് വാട്ടിന് മുമ്പും ആവി എഞ്ചിനുകൾ ഉണ്ടായിരുന്നു.
Rubber Tubing
Steam Powered Pump
Coal Mine
ഒട്ടും സംശയി- ക്കേണ്ട
സാവ്റി തോമസ് (1650-1715)
പക്ഷേ, ജെയിംസ് വാട്ട് അവയ്ക്ക് മെച്ചപ്പെട്ട പുത്തൻരൂപം നൽകി.
പുത്തനാ- യിട്ടുണ്ട്
1780 -കളോടെ താപോർജത്തിന്റെ ഉപയോഗം വിവിധ മേഖലകളിലേക്ക് വിജയകരമായി വ്യാപിച്ചു. വ്യാവസായിക വിപ്ലവത്തിന്റെ കാഹളമൂതിക്കൊണ്ട്...
വ്യാവസായിക വളർച്ച
ആവിക്കപ്പൽ
ആവിയന്ത്രം
കയറ്റുമതി വർധന
തുണിമിൽ
വിപ്ലവങ്ങൾ സ്വാഭാവികമെന്നോണം ആവർത്തിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നു.
എത്ര സത്യം ?


ഈ ആശയങ്ങൾ പിന്തുടരാൻ മറ്റു പലരുമുണ്ടായിരുന്നു
അമേരിക്കയിൽ...
ഞാൻ ബ്രിട്ടനിലേക്ക് പോകുകയാണ്
കൗണ്ട് റംഫോർഡ്
1753-1814
ഫ്രാൻസിൽ...
HEH! HEH!
97 ...98 ...99 ഒരു നൂറ്റാണ്ടു കൂടി
ങ് ഹേ..
അടുത്തവ-നായാലോ
എങ്കിലും റംഫോർഡിനെ ഒരു ചോദ്യം വല്ലാതെ ചിന്താകുലനാക്കി, താപത്തിന്റെ ശരിയായ സ്വഭാവം ?
വാട്ടിന്റെ ആവിയന്ത്രം
താപോർജം ഉപയോഗിച്ച് ചലനം ഉണ്ടാക്കാം
റംഫോർഡ്
ചലനം (ഗതികോർജം) താപത്തെയും അതായത് അവ പരസ്പം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുമോ ?
ഭൂരിപക്ഷാഭിപ്രായം പക്ഷെ മറിച്ചായിരുന്നു...
താപം ഭാരമില്ലാത്ത ഒരു ദ്രാവകമാണ്
ലാവോസ്യ
(1743-1794)
മാത്രമല്ല ഘർഷണം (Friction) ഈ ദ്രാവകത്തിന്റെ ഒഴുകൽ എളുപ്പമാക്കി, താപത്തിന് കാരണാമാകുന്നു..
ലാവോസ്യ
ഓ.. ഞാൻ നോക്കട്ടെ
റംഫോർഡ്
ഒരു പിച്ചളക്കട്ട (brass) തുളയ്ക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന താപം അദ്ദേഹം അളന്നു.
ങ്ഹേ...
ആ പിച്ചളക്കട്ട ഉരുക്കാൻ ആവശ്യമായതിലധികം താപം ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടല്ലോ !
അത്രയും താപം പിച്ചളക്കട്ടയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കാൻ സാധ്യതയില്ലാത്തതു കൊണ്ട്....
ഘർഷണമായിരിക്കണം ഈ താപത്തിന് കാരണക്കാരൻ
ലാവോസ്യയുടെ സിദ്ധാന്തം തെറ്റാണെന്നു തെളിയിച്ച കൊണ്ടുതന്നെ അദ്ദേഹം ലാവോസ്യയുടെ വിധവയെ വിവാഹം കഴിച്ചു. പക്ഷേ, അതൊരു പരാജയമായിരുന്നു.
ലാവോസ്യ വധിക്കപ്പെട്ടത് ഭാഗ്യമായി !
നിങ്ങളൊരു വല്ലാത്ത ബോറൻ തന്നെ
അതിനിടയിൽ വൈദ്യുതിയുടെ രംഗപ്രവേശമുണ്ടായി
OUCH!

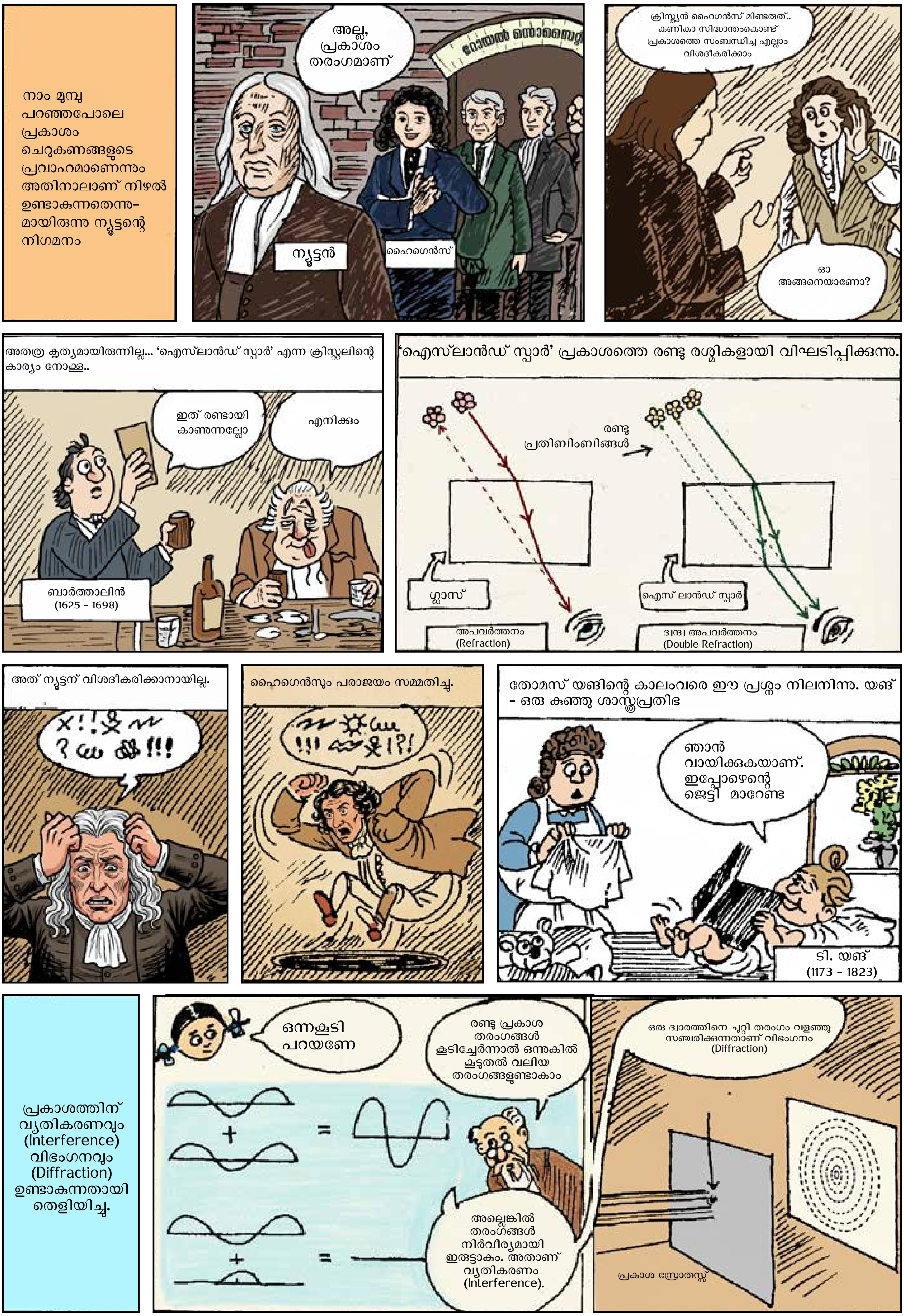

വൈദ്യുതി രണ്ടു തരത്തിലുണ്ടെന്ന കാര്യം പതിനെട്ടാം നൂറ്റാണ്ടു മുതല്ലേ മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നു.
ആംബർ
വികർഷണം (Repulsion)
ഗ്ലാസ്
ആംബർ
ഗ്ലാസ്
ആകർഷണം (Attraction)
വൈദ്യുതി സംഭരിക്കേണ്ടതിനെക്കുറിച്ചും ജനങ്ങൾ അറിഞ്ഞു തുടങ്ങിയിരുന്നു
'നല്ല വൈദ്യുതി' ഒരു ഭരണി കിട്ടാനുണ്ടോ ?
UNIVERSITY of LEYDEN
ലെയ്ഡൻ ജാറിൽ ഒരു ഗ്ലാസ് തലം കൊണ്ട് വേർതിരിച്ച രണ്ട് ലോഹപ്രതലങ്ങളാണ് ഉള്ളത്. അകത്തെ ലോഹം വൈദ്യുതീകരിച്ചതും പുറത്തെ ലോഹം ഭ്രസമ്പർക്കം ചെയ്തതും.
കോർക്ക്
അകത്തെ ലോഹം
ഗ്ലാസ്
പുറത്തെ ലോഹം (ഭ്രമിയോട് ബന്ധിപ്പിച്ചത്)
ഭ്രസമ്പർക്കം
ലെയ്ഡൻ ജാർ ഉപയോഗിച്ച് പരീക്ഷണങ്ങളിൽ ഏർപ്പെട്ട ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഏറെയായിരുന്നു. ബെഞ്ചമിൻ ഫ്രാങ്ക്ളിൻ (1706 - 1790)
ഇത് മിന്നലിന് സമാനമായിരിക്കുന്നല്ലോ ?
ZAP!
ലെയ്ഡൻ ജാർ
വൈദ്യുതിയുടെ തന്നെ ഒരു പ്രതിഭാസമാണോ മിന്നൽ എന്നന്വേഷിക്കുന്ന പരീക്ഷണങ്ങളിൽ ഫ്രാങ്ക്ളിൻ മുഴുകി.
മിസ്റ്റർ ഫ്രാങ്ക്ളിനെ ഒന്നു കാണണമല്ലോ ?
അയ്യോ ക്ഷമിക്കണം അദ്ദേഹം പട്ടം പറത്തുകയാണ്.
ങ് ഹേ !
നനഞ്ഞ സിൽക്ക് നൂൽ
മിന്നലിലെ വൈദ്യുതി ഈ താക്കോലിനെ ചാർജ് ചെയ്യും.
ആദ്യമായി മിന്നൽ രക്ഷാചാലകം (lightning arrester) ഉണ്ടാക്കിയത് ഫ്രാങ്ക്ളിൻ ആണ്.
എന്താണാ കാണുന്നത് ?
ബെൻജി പറയുന്നത് അത് മിന്നലിൽ നിന്നും അദ്ദേഹത്തെ രക്ഷിക്കും എന്നാണ്
മനുഷ്യർക്ക് ഓരോന്ന് തോന്നുന്നതേയ് !
വൈദ്യുതി രണ്ടവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടാം. മിച്ചവും (excess,+) കമ്മിയും (deficit,-). മിച്ചം കമ്മിയെ ആകർഷിക്കുന്നു.
അങ്ങനെ വൈദ്യുതിയെ സംബന്ധിച്ച് അദ്ദേഹം ഒരു സിദ്ധാന്തം രൂപപ്പെടുത്തി.

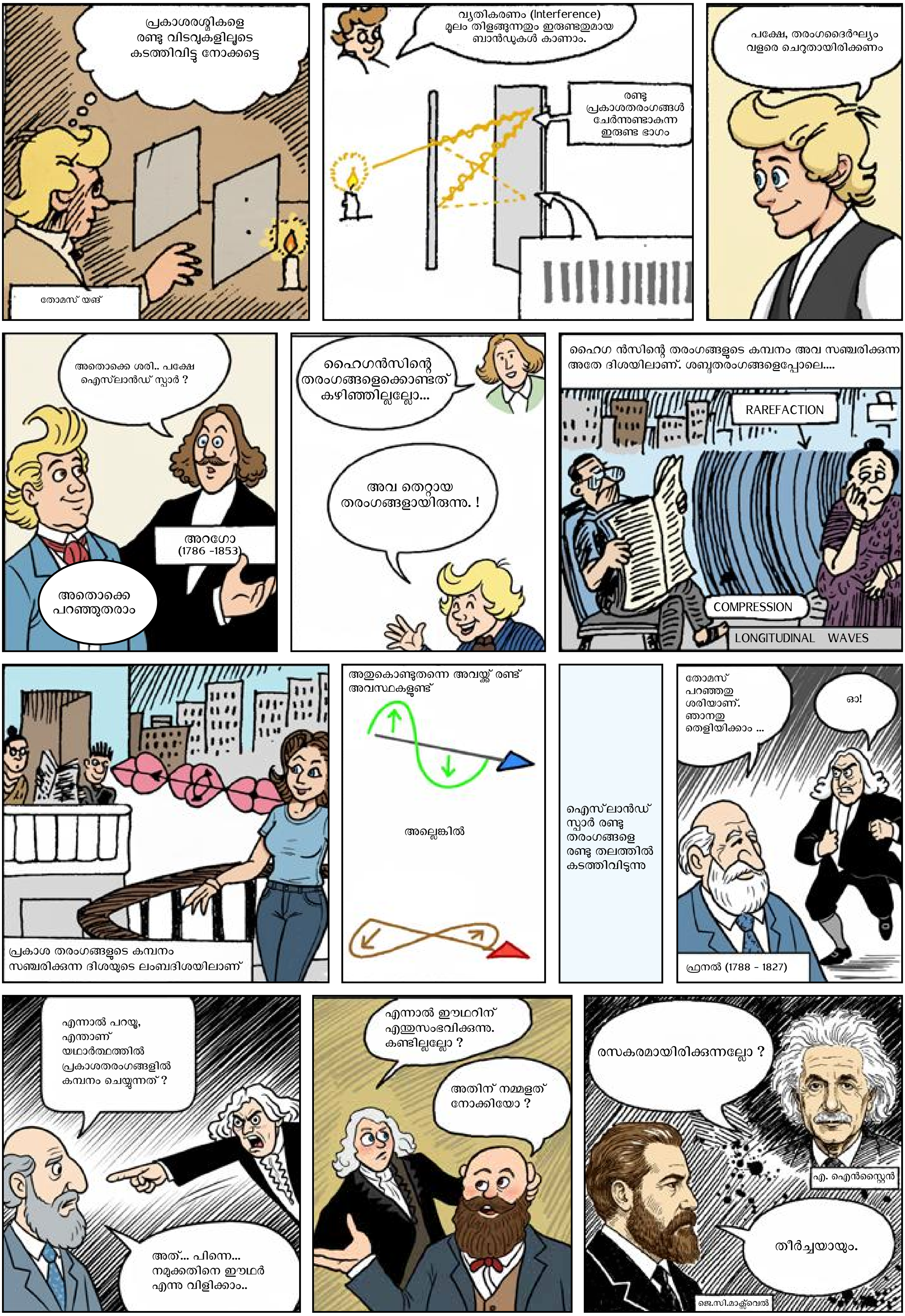


രണ്ടുവസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള വൈദ്യുതബലത്തെ ഒരു നിയമത്തിലൂടെ വിശദീകരിച്ചത് ചാൾസ് അഗസ്റ്റിൻ കൊളൂം (Coulomb) ആണ് (1736 - 1806)
അദ്ദേഹം ടോർഷൻ തുലാസ് (Torsion Balance) നിർമ്മിച്ചു. അതുപയോഗിച്ച് ബലങ്ങൾ അളന്നു.
സ്കെ
ലോഹം
നേർത്ത കമ്പി
ലോഹ പന്തുകൾ
വൈദ്യുത വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള ബലം അകലത്തിന്റെ വർഗത്തിന് വിപരീത അനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും
അതിന്നിടയിൽ നാണം കുണുങ്ങിയായ ഒരു യുവാവ് ഇത്തരമൊരു തുലാസും ഈ നിയമവും കണ്ടെത്തിയിരുന്നു.
ആ ചായപ്പാത്രങ്ങളെല്ലാം എവിടെയെങ്കിലുമൊന്ന് വെച്ച് വേഗം പൊയ്ക്കോളൂ..എനിക്കിങ്ങനെ സ്ത്രീകളുടെ മുന്നിൽ നിൽക്കാൻ ബുദ്ധിമുട്ടുണ്ട്... !
എച്ച്. കാവൻഡിഷ് (1731- 1810)
ഇതു ഭ്രാന്തു തന്നെ !
അദ്ദേഹം മറ്റു ചിലതുകൂടി കണ്ടെത്തി.
എനിക്കിപ്പോൾ ന്യൂട്ടന്റെ സ്ഥിരാങ്കം നിർണ്ണയിക്കാം
g=981 cm/sec²
$M = \frac{gr^2}{G}$
$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
അങ്ങനെ ഭൂമിയുടെ മാസും
വസ്തുക്കൾ തമ്മിൽ ഉരസിയാണ് അന്നൊക്കെ വൈദ്യുതി ഉണ്ടാക്കിയിരുന്നത്. എന്നാൽ ചില മത്സ്യങ്ങളിൽ വൈദ്യുതചാർജ് ഉള്ളതായി അറിഞ്ഞു.
OUCH!
ഇലക്ട്രിക് ഈൽ
ഗാൽവാനി മറ്റൊന്നുകൂടി കണ്ടെത്തി. രണ്ടു ലോഹത്തകിടുകൾക്കിടയിൽ വെക്കുമ്പോൾ തവളയുടെ കാലുകൾ പുളയുന്നു.
എൽ. ഗാൽവാനി (1737 - 1798)
മൃഗങ്ങളിലെ വൈദ്യുതിക്ക് ഇതാ മറ്റൊരു ഉദാഹരണം
ങ് ഹും
എ. വോൾട്ട (1745 - 1827)
അത് പക്ഷേ, രാസവൈദ്യുതിയാണെന്ന് വോൾട്ട തെളിയിച്ചു.
ജൈവകലകളുടെ ആവശ്യമൊന്നുമില്ലാതെ വൈദ്യുതി ഉണ്ടാക്കാം...
ചെമ്പ് (Copper)
സിങ്ക് (Zinc)
ഉപ്പുവെള്ളം (Salt Solution)
വോൾട്ടയുടെ ഉപകരണം ശാസ്ത്രനിരീക്ഷകരുടെ ജോലി എളുപ്പമാക്കിത്തീർത്തു.
വൈദ്യുതി പ്രവാഹം (Electric Current)
സിങ്ക് (Zinc)
ചെമ്പ് (Copper)
ഉപ്പുലായനിയിൽ മുക്കിയ കാർഡ്ബോർഡ്
ഇത് വോൾട്ടയ്ക്ക് നെപ്പോളിയനിൽനിന്ന് ബഹുമതികൾ നേടിക്കൊടുത്തു.
പരീക്ഷണങ്ങൾ തുടരൂ...
ചക്രവർത്തിക്ക് അദ്ദേഹത്തെ ഇഷ്ടപ്പെട്ടു.
അതൊക്കെ ഇപ്പോഴത്തെ ഇഷ്ടം... അത്രേയുള്ളൂ...

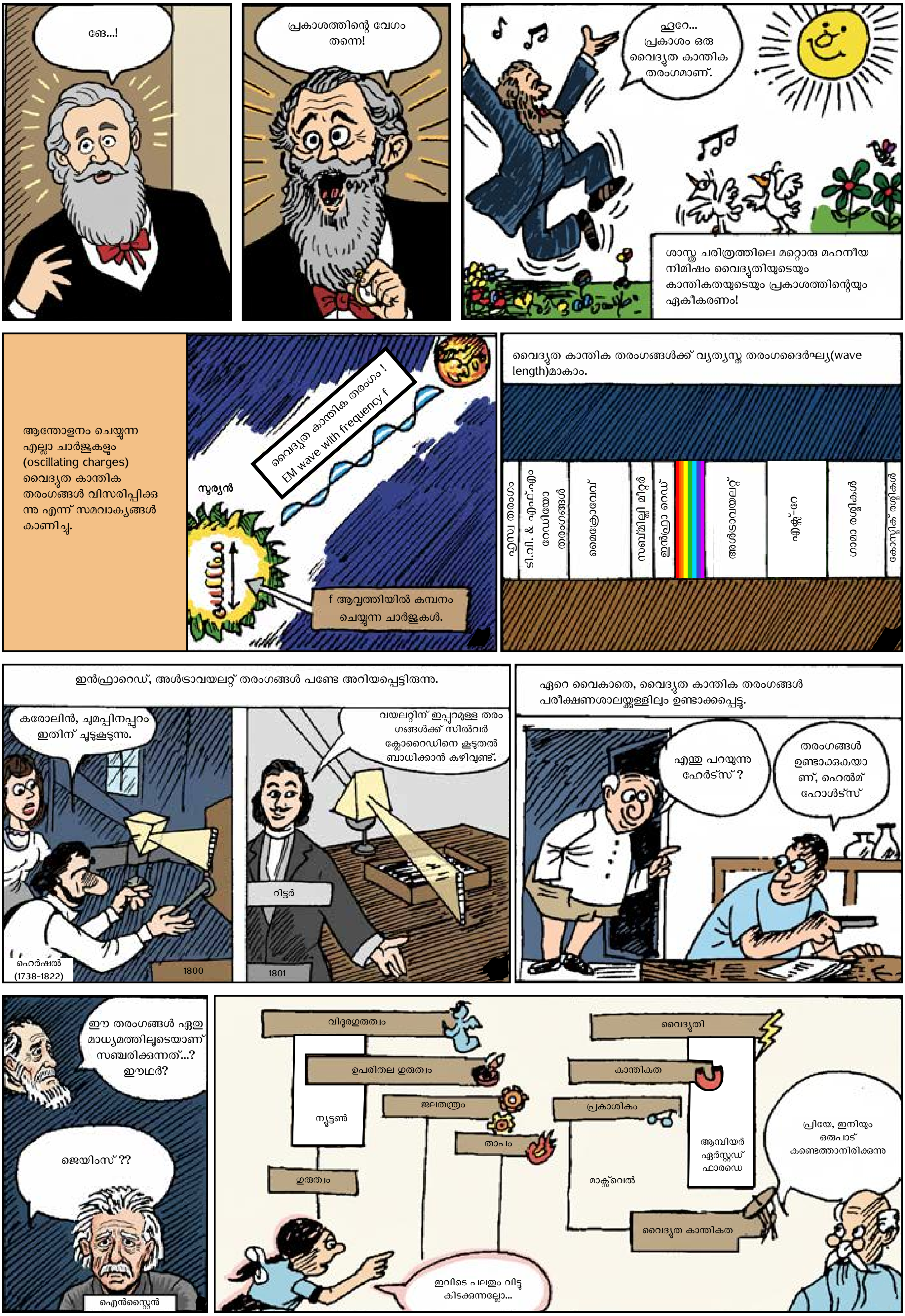

വോൾട്ടയ്യ് പൈൽ എന്ന ഉപകരണം കൊണ്ടുള്ള വൈദ്യുത പരീക്ഷണങ്ങൾ കാന്തികബലവും വൈദ്യുതബലവും തമ്മിലുള്ള ഏകീകരണത്തിലേക്ക് (Unification of Electricity and Magnetism) നയിച്ചു
വൈദ്യുത തരംഗങ്ങൾ കാന്തസൂചിയെ ആകർഷിക്കുന്നുണ്ടല്ലോ ?
എച്ച്.എസ് ഓസ്റ്റഡ് (1777- 1851)
Voltaic Pile
വൈദ്യുതിയുടെ ദിശയ്ക്കനുസരിച്ച് കാന്തസൂചി ചലിക്കുന്നു
പലതും പരീക്ഷണങ്ങൾ തുടർന്നു കൊണ്ടിരുന്നു. അതിൽ പ്രധാനിയായിരുന്നു ആമ്പിയർ
ഒരു കമ്പിയിലെ വൈദ്യുതി മറ്റൊന്നിനെ ബാധിക്കുമോ ?
എ. എം. ആമ്പിയർ (1775 -1836)
വോൾട്ടെയ്യ് പൈൽ
അതു സംഭവിച്ചു!
രണ്ടു സമാന്തര കമ്പികളിലൂടെ വൈദ്യുതി കടന്നുപോകുമ്പോൾ അവ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നു.
കമ്പി
വൈദ്യുതി കാന്തികത ഉണ്ടാക്കുന്ന പ്രഭാവം ആണല്ലോ !
ഒരു കമ്പിനുചുറ്റും ഈ കമ്പി ചുറ്റി നോക്കിയാലോ ?
എന്നിട്ട് വൈദ്യുതി കടത്തിവിട്ടുനോക്കാം
വോൾട്ടെയ്യ് പൈൽ
ആഹാ... കമ്പ്, ഒരു കാന്തമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.
ഇരുമ്പ്പൊടി
വൈദ്യുതകാന്തം
ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിലെ മഹനീയ നിമിഷം
വൈദ്യുതി കാന്തികത ഉണ്ടാക്കുന്നു
ആമ്പിയറിന്റെ ഊഹം ശരിയായിരുന്നു.
N S
കാന്തിക വസ്തുക്കളിൽ ചെറിയ വൈദ്യുത പ്രവാഹങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു
അങ്ങനെയെങ്കിൽ കാന്തങ്ങളിൽ നിന്ന് വൈദ്യുതി ഉണ്ടാക്കാൻ കഴിയുമോ ?

അതിനുത്തരം...
ഉവ്വ്
മൈക്കിൾ ഫാരഡെ
(1791 - 1867)
ദരിദ്രനായ കൊല്ലപ്പണിക്കാരന്റെ പത്തുമക്കളിൽ ഒരുവനായിരുന്നു ഫാരഡെ. അത് ഫാരഡെയ്ക്ക് ഒരു അനുഗ്രഹമായി
കുട്ടീ.. നിന്നെ സ്കൂളിലേക്കയച്ച് പഠിപ്പിക്കാനുള്ള കഴിവെനിക്കില്ല
ങ്ഹേ !
ഫാരഡെ ഇത് പ്രയോജനപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്തു.
BOOK BINDERS
നിങ്ങളുടെ പുസ്തകം ബൈൻഡു ചെയ്തു കഴിഞ്ഞു. പക്ഷേ, ഞാൻ വായിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. നാളെ വരൂ..
ഹംഫ്രി ഡേവി എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ പരീക്ഷണശാലയിൽ അദ്ദേഹത്തിനൊരു ജോലി കിട്ടി.
ഇവനാണ് എന്റെ മഹത്തായ കണ്ടുപിടുത്തം
എച്ച്. ഡേവി. (1776- 1829)
.. അവിടെ വെച്ച് സുപ്രധാനമായ പല നിരീക്ഷണങ്ങളും നടത്തി.
ഒരു കമ്പിച്ചുരുളിനുള്ളിൽ ചലിക്കുന്ന കാന്തം വൈദ്യുതി ഉണ്ടാക്കുന്നു.
കാന്തികപ്രഭാവം വൈദ്യുതിക്ക് കാരണമാകുന്നു.
ചലിക്കുന്ന കാന്തം
S
N
കറന്റ് അളക്കാനുള്ള സങ്കേതം
കോയിൽ
ഒരു വൈദ്യുതകാന്തം ഉപയോഗിച്ചാലെന്താ ?
Voltaic Pile
അദ്ദേഹം വൈദ്യുതകാന്തം ഉപയോഗിച്ച് ആദ്യത്തെ 'ട്രാൻസ്ഫോർമർ' നിർമ്മിച്ചു
ഒരു കമ്പിച്ചുരുളിലെ മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന വൈദ്യുതി മറ്റൊരു ചുരുളിലും വൈദ്യുതി ഉണ്ടാക്കുന്നു.
ഫാരഡെയുടെ ക്ലാസുകൾ ഒരുപാട് ജനങ്ങളെ ആകർഷിച്ചു
വൈദ്യുതിക്ക് ചലനം സൃഷ്ടിക്കാനാകും.
അദ്ദേഹം വൈദ്യുതമോട്ടോറും ഡൈനാമോയും രൂപകല്പന ചെയ്തു
METER
വൈദ്യുതിയേയും കാന്തികതയേയും ഏകീകരിച്ചു എന്നതാണ് അതിലുപരിയായ നേട്ടം
അത് മറ്റൊരു ഏകീകരണത്തിനും കാരണമായി
പ്രകാശം കൂടിയാവട്ടെ അടുത്തത്


നാം മുമ്പ് പറഞ്ഞപോലെ പ്രകാശം ചെറുകണങ്ങളുടെ പ്രവാഹമാണെന്നും അതിനാലാണ് നിഴൽ ഉണ്ടാകുന്നതെന്നു-മായിരുന്നു ന്യൂട്ടന്റെ നിഗമനം
അല്ല, പ്രകാശം തരംഗമാണ്
റോയൽ സൊസൈറ്റി
ന്യൂട്ടൻ
ഹൈഗെൻസ്
ക്രിസ്റ്റ്യൻ ഹൈഗൻസ് മിണ്ടരുത്.. കണികാ സിദ്ധാന്തംകൊണ്ട് പ്രകാശത്തെ സംബന്ധിച്ച എല്ലാം വിശദീകരിക്കാം
ഓ അങ്ങനെയാണോ?
അത്ര കൃത്യമായിരുന്നില്ല... 'ഐസ്‌ലാൻഡ് സ്പാർ' എന്ന ക്രിസ്റ്റലിന്റെ കാര്യം നോക്കൂ..
ഇത് രണ്ടായി കാണുന്നല്ലോ
എനിക്കും
ബാർത്താലിൻ (1625 - 1698)
'ഐസ്‌ലാൻഡ് സ്പാർ' പ്രകാശത്തെ രണ്ടു രശ്മികളായി വിഘടിപ്പിക്കുന്നു.
രണ്ടു പ്രതിബിംബങ്ങൾ
ഗ്ലാസ്
ഐസ് ലാൻഡ് സ്പാർ
അപവർത്തനം (Refraction)
ദ്വന്ദ്വ അപവർത്തനം (Double Refraction)
അത് ന്യൂട്ടന് വിശദീകരിക്കാനായില്ല.
ഹൈഗെൻസും പരാജയം സമ്മതിച്ചു.
തോമസ് യങിന്റെ കാലംവരെ ഈ പ്രശ്നം നിലനിന്നു. യങ് - ഒരു കുഞ്ഞു ശാസ്ത്രപ്രതിഭ
ഞാൻ വായിക്കുകയാണ്. ഇപ്പോഴെന്റെ ജെട്ടി മാറേണ്ട
ടി. യങ് (1173 - 1823)
പ്രകാശത്തിന് വ്യതികരണവും (Interference) വിഭംഗനവും (Diffraction) ഉണ്ടാകുന്നതായി തെളിയിച്ചു.
ഒന്നുകൂടി പറയണേ
രണ്ടു പ്രകാശ തരംഗങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്നാൽ ഒന്നുകിൽ കൂടുതൽ വലിയ തരംഗങ്ങളുണ്ടാകാം
അല്ലെങ്കിൽ തരംഗങ്ങൾ നിർവീര്യമായി ഇരുട്ടാകാം. അതാണ് വ്യതികരണം (Interference).
ഒരു ദ്വാരത്തിനെ ചുറ്റി തരംഗം വളഞ്ഞു സഞ്ചരിക്കുന്നതാണ് വിഭംഗനം (Diffraction)
പ്രകാശ സ്രോതസ്സ്

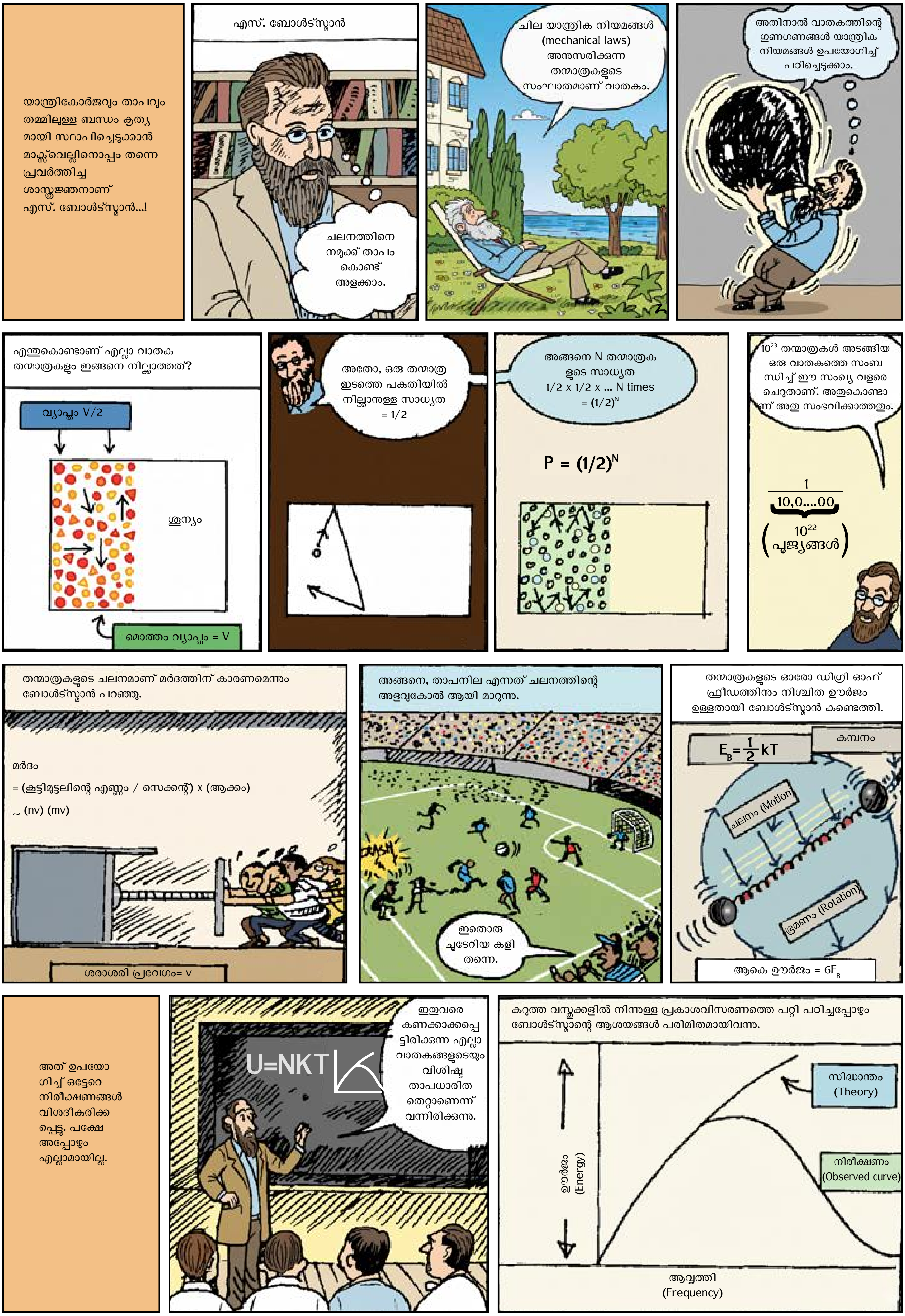

പ്രകാശരശ്മികളെ രണ്ടു വിടവുകളിലൂടെ കടത്തിവിട്ടു നോക്കട്ടെ
തോമസ് യങ്
വ്യതികരണം (Interference) മൂലം തിളങ്ങുന്നതും ഇരുണ്ടതുമായ ബാൻഡുകൾ കാണാം.
രണ്ടു പ്രകാശതരംഗങ്ങൾ ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന ഇരുണ്ട ഭാഗം
പക്ഷേ, തരംഗദൈർഘ്യം വളരെ ചെറുതായിരിക്കണം
അതൊക്കെ ശരി.. പക്ഷേ ഐസ്‌ലാൻഡ് സ്പാർ ?
അറഗോ (1786 -1853)
അതൊക്കെ പറഞ്ഞുതരാം
ഹൈഗൻസിന്റെ തരംഗങ്ങളെക്കൊണ്ടത് കഴിഞ്ഞില്ലല്ലോ...
അവ തെറ്റായ തരംഗങ്ങളായിരുന്നു. !
ഹൈഗ ൻസിന്റെ തരംഗങ്ങളുടെ കമ്പനം അവ സഞ്ചരിക്കുന്ന അതേ ദിശയിലാണ്. ശബ്ദതരംഗങ്ങളെപ്പോലെ....
RAREFACTION
COMPRESSION
LONGITUDINAL WAVES
പ്രകാശ തരംഗങ്ങളുടെ കമ്പനം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദിശയുടെ ലംബദിശയിലാണ്
അതുകൊണ്ടുതന്നെ അവയ്ക്ക് രണ്ട് അവസ്ഥകളുണ്ട്
അല്ലെങ്കിൽ
ഐസ്‌ലാൻഡ് സ്പാർ രണ്ടു തരംഗങ്ങളെ രണ്ടു തലത്തിൽ കടത്തിവിടുന്നു
തോമസ് പറഞ്ഞതു ശരിയാണ്. ഞാനതു തെളിയിക്കാം ...
ഓ!
ഫ്രനൽ (1788 - 1827)
എന്നാൽ പറയൂ, എന്താണ് യഥാർത്ഥത്തിൽ പ്രകാശതരംഗങ്ങളിൽ കമ്പനം ചെയ്യുന്നത് ?
അത്... പിന്നെ... നമുക്കതിനെ ഈഥർ എന്നു വിളിക്കാം..
എന്നാൽ ഈഥറിന് എന്തുസംഭവിക്കുന്നു. കണ്ടില്ലല്ലോ ?
അതിന് നമ്മളത് നോക്കിയോ ?
രസകരമായിരിക്കുന്നല്ലോ ?
എ. ഐൻസ്റ്റൈൻ
തീർച്ചയായും.
ജെ.സി.മാക്സ്‌വെൽ

പ്രകാശത്തിന്റെ യഥാർത്ഥ സ്വഭാവത്തെ കൃത്യമായി വിശദീകരിച്ചത് ജെയിംസ് ക്ലാർക്ക് മാക്സ്‌വെൽ (1831-1879) എന്ന ബുദ്ധി രാക്ഷസനായിരുന്നു.
മറ്റൊരു കൊച്ചു രസികൻ കഥാപാത്രം...
ഹാ... ഹാ !!!
നോക്കണേ, കുഞ്ഞു മാക്സ്‌വെല്ലിന്റെ കാര്യം
കേവലം 15-ാം വയസ്സിൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ആദ്യത്തെ പേപ്പർ റോയൽ സൊസൈറ്റിയിൽ വായിക്കപ്പെട്ടു.
ROYAL SOCIETY
ഈ കുട്ടിക്ക് അസാധാരണ കഴിവുണ്ട്
അദ്ദേഹം വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രഭാവങ്ങളെപ്പറ്റി പഠിച്ചു.
ഇതുവരെ നേടിയെടുത്ത എല്ലാ അറിവിനെയും ഒന്നു ക്രോഡീകരിച്ചാലോ...
ഇതാ കൂളോമിന്റെ നിയമം.
അല്ല, എന്താണീ തലതിരിഞ്ഞ ത്രികോണം
ഓ അതു മറന്നേക്കൂ! ആളുകളിപ്പോൾ അങ്ങനെയാണ് എഴുതുന്നത്.
ആമ്പിയറിന്റെ നിയമവുമായി.
വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രഭാവമുണ്ടാകുന്നു.
എർസ്റ്റഡ്
കാന്തങ്ങൾക്ക് വൈദ്യുതി ഉണ്ടാക്കാനാവും.
ഇതെല്ലാം മൈക്കലിന്റെ പണികളാണ്.
ഫാരഡെ
ഇതു ശരിയാവുന്നില്ലല്ലോ.
ആ, ഒന്ന് നോക്കട്ടെ...
അദ്ദേഹത്തിന്റെ കണക്കുകൂട്ടലുകൾ മറ്റു പല സുപ്രധാന കണ്ടെത്തലുകൾക്കും വഴിവെച്ചു.
സമവാക്യങ്ങളുടെ ഉത്തരം തരംഗ സമവാക്യമാണല്ലോ. തരംഗങ്ങളുടെ വേഗം കണ്ടുപിടിച്ചു നോക്കട്ടെ.

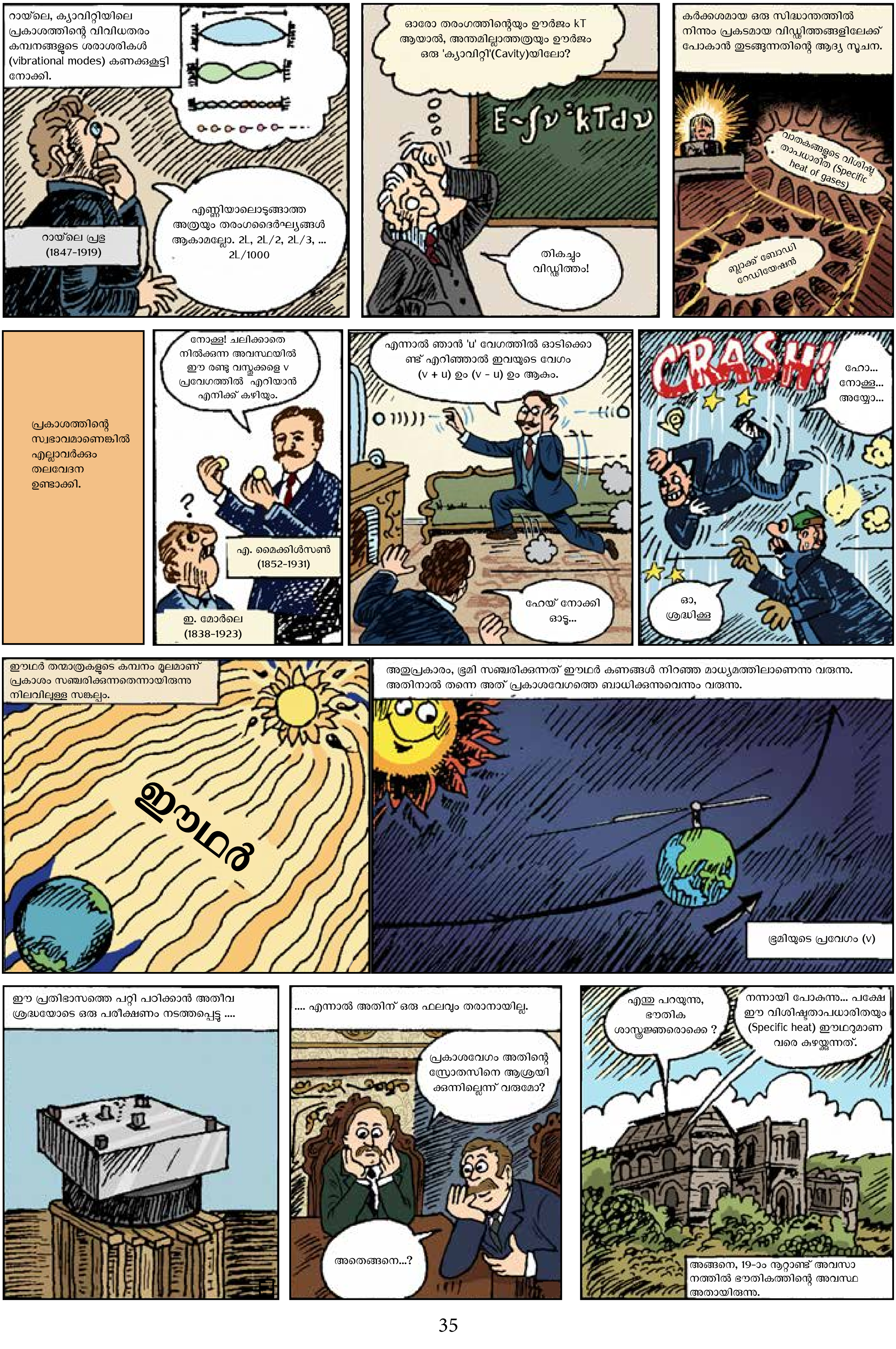

ങേ...!
പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം തന്നെ!
ഹുറേ... പ്രകാശം ഒരു വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗമാണ്.
ശാസ്ത്ര ചരിത്രത്തിലെ മറ്റൊരു മഹനീയ നിമിഷം വൈദ്യുതിയുടെയും കാന്തികതയുടെയും പ്രകാശത്തിന്റെയും ഏകീകരണം!
ആന്തോളനം ചെയ്യുന്ന എല്ലാ ചാർജ്ജുകളും (oscillating charges) വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ വിസരിപ്പിക്കുന്നു എന്ന് സമവാക്യങ്ങൾ കാണിച്ചു.
വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗം !
EM wave with frequency f
സൂര്യൻ
f ആവൃത്തിയിൽ കമ്പനം ചെയ്യുന്ന ചാർജ്ജുകൾ.
വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾക്ക് വ്യത്യസ്ത തരംഗദൈർഘ്യ(wave length)മാകാം.
ഹ്രസ്വ തരംഗം
ടി.വി. & എഫ്.എം റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ
മൈക്രോവേവ്
സബ്മില്ലി മീറ്റർ
ഇൻഫ്രാ റെഡ്
അൾട്രാവയലറ്റ്
എക്സ്-റേ
ഗാമാ രശ്മികൾ
കോസ്മിക് രശ്മികൾ
ഇൻഫ്രാറെഡ്, അൾട്രാവയലറ്റ് തരംഗങ്ങൾ പണ്ടേ അറിയപ്പെട്ടിരുന്നു.
കരോലിൻ, ചുമപ്പിനപ്പുറം ഇതിന് ചൂടുകൂടുന്നു.
ഹെർഷൽ (1738-1822)
1800
വയലറ്റിന് ഇപ്പുറമുള്ള തരംഗങ്ങൾക്ക് സിൽവർ ക്ലോറൈഡിനെ കൂടുതൽ ബാധിക്കാൻ കഴിവുണ്ട്.
റിട്ടർ
1801
ഏറെ വൈകാതെ, വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ പരീക്ഷണശാലയ്ക്കുള്ളിലും ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ടു.
എന്തു പറയുന്നു ഹേർട്സ് ?
തരംഗങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുകയാണ്, ഹെൽമ് ഹോൾട്സ്
ഈ തരംഗങ്ങൾ ഏതു മാധ്യമത്തിലൂടെയാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത്...? ഈഥർ?
ജെയിംസ് ??
ഐൻസ്റ്റൈൻ
വിദൂരഗുരുത്വം
ഉപരിതല ഗുരുത്വം
ന്യൂട്ടൺ
ജലതന്ത്രം
താപം
ഗുരുത്വം
വൈദ്യുതി
കാന്തികത
പ്രകാശികം
ആമ്പിയർ ഏർസ്റ്റഡ് ഫാരഡെ
മാക്സ്‌വെൽ
വൈദ്യുത കാന്തികത
പ്രിയേ, ഇനിയും ഒരുപാട് കണ്ടെത്താനിരിക്കുന്നു
ഇവിടെ പലതും വിട്ടു കിടക്കുന്നല്ലോ...

താപത്തെയും ബലതന്ത്രത്തെയും ഒന്നിച്ച് ചേർത്ത് താപഗതിക (thermodynamics) ത്തെ സിദ്ധാന്ത വല്ക്കരിക്കാൻ ഒരുപാട് പേർ പ്രവർത്തിച്ചു... സാദി കാർനോ ആണ് അതിന് തുടക്കമിട്ടത്.
ഭയങ്കരം! എത്ര പതുക്കെയാണിത് പോകുന്നത്. ചെലവും അധികം.
കതിരകളെ കൊണ്ട് വണ്ടി വലിപ്പിച്ചിരുന്നെങ്കിൽ.
ഒരു ആവിയന്ത്രത്തിന് എത്ര ക്ഷമതയുണ്ടാകാം?
zzzz
എസ്. കാർനോ (1796-1832)
അദ്ദേഹം തന്നെ ഉത്തരവും കണ്ടെത്തി.
മാതൃകായന്ത്രങ്ങൾ കൂടി കുറ്റമറ്റതല്ല.
ഒരു മാതൃക യന്ത്രത്തിന്റെ ക്ഷമത എപ്പോഴും ഒന്നിൽ കുറവായിരിക്കും.
$E = 1 - (\frac{T_2}{T_1})$
T_1 = ആവിയുടെ താപനില
T_2 = ബാഹ്യ താപനില
ഉപയോഗത്തിൽ ഇരിക്കുന്ന ഒരു യന്ത്രവും മാതൃകാ എഞ്ചിനോളം ക്ഷമതയുള്ളതല്ല.
നിങ്ങൾ തന്ന യന്ത്രം പ്രവർത്തനയോഗ്യമല്ല.
ഞാൻ നിങ്ങൾക്ക് കാർനോ ചാക്രികത്തെ പറ്റി പറഞ്ഞുതരട്ടെ.
താപവും ചലനവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെപ്പറ്റി പഠിക്കാൻ മറ്റു ചിലരും കൂടി മുന്നോട്ടു വന്നു.
ജെ.പി. ജൂൾ (1818 - 1889)
ഡബ്ലിയു.ടി. കെൽവിൻ (1824-1907)
ജൂൾ യാന്ത്രിക ചലനത്തിലൂടെ ഉണ്ടാവുന്ന താപം കൃത്യമായി അളന്നു ....
വെള്ളം കടയുമ്പോൾ ചൂടാകുന്നു.
.... ഒരു ശാസ്ത്ര മധുവിധുവും.
നോക്കൂ പ്രിയേ അവിടെ വെള്ളത്തിന് കൂടുതൽ ചൂടുണ്ടാകും
?!!?
അവസാനം അദ്ദേഹം ഒരു സിദ്ധാന്തത്തിൽ എത്തിച്ചേർന്നു.
41,800,000 എർഗ്ഗ് (4.18 ജൂൾ) പ്രവൃത്തി മൂലം ഒരു കലോറി താപം ഉണ്ടാക്കാം.
മാധ്യമങ്ങൾ പക്ഷേ അവ തിരസ്കരിച്ചു.
ക്ലിംഗ്
അങ്ങനെ അദ്ദേഹം പത്രപ്രവർത്തനത്തിലൂടെ ....
.... ശാസ്ത്രം പ്രചരിപ്പിക്കാൻ ആരംഭിച്ചു.
എന്താണിതൊക്കെ? വില കെട്ടത്?
ദേഷ്യം പിടിപ്പിക്കുന്നത്.
മിക്കപ്പോഴും അതിലൂടെ മാത്രം.

കെൽവിന്റെ സ്വാധീനം മൂലം ജൂൾ അംഗീകരിക്കപ്പെടാനും അഭിനന്ദിക്കപ്പെടാനും തുടങ്ങി.
അയാൾ പറയുന്നതത്രയും ശരിയാണ്.
ഉരുണ്ടുവരുന്ന ഒരു പന്ത് നിൽക്കുമ്പോൾ
അതിന്റെ ഗതികോർജം (kinetic energy) താപോർജമായി മാറുന്നു. അങ്ങനെ അതിന്റെ താപനില ഉയരുന്നു.
അപ്പോഴാണ് താൻ ഉണ്ടാക്കിയ 'കേവല താപനിലയുടെ അളവുകോൽ' (absolute scale of temperature) എത്ര പ്രാധാന്യമേറിയതെന്ന് മനസ്സിലായത്.
100C
50°
0°c
-100°
-200°
-273°C
373°K
273K
73K
0K
എല്ലാ ചലനവും ഇവിടെ അവസാനിക്കുന്നു.
താപം ഒരു ഊർജരൂപമാണെന്നത് താപഗതികത്തിലെ ആദ്യ നിയമത്തിലേക്ക് വഴി വച്ചു. (First Law of Thermodynamics)
ചക്രം
പിസ്റ്റൺ
ബോയിലർ
തീ
ആകെ ഊർജം = താപം + യാന്ത്രികോർജം = സ്ഥിരം (Constant)
എച്ച്.എൽ.എഫ്. ഹെൽമോട്സ് (1821- 1894)
മറ്റൊരു ചോദ്യം കൂടുതൽ വിഷമമുണ്ടാക്കി.
നോക്കു തോംസൺ ! എന്തുകൊണ്ട് ഒരു പന്തിന് അതിന്റെ താപനില സ്വയം താഴ്ത്തിയിട്ട് സ്വയം ഉരുണ്ടു കൂടാ...?
അതിത്തിരി കടുത്ത ചോദ്യം തന്നെ...
താപഗതികത്തിലെ രണ്ടാം നിയമമായിരുന്നു അതിന്റെ ഉത്തരം. (Second Law of Thermodynamics)
S = ∫dQ
ഒരു അടഞ്ഞ വ്യൂഹത്തിന് സ്വയം അതിന്റെ ക്രമരാഹിത്യ നില കുറയ്ക്കാൻ ആവില്ല.
ക്ലോഷ്യസ് (1822-1888)
എൻട്രോപ്പി എന്നും അതിനെ പറയുന്നു.
എന്ത് ക്രമരാഹിത്യം ? (Disorder)
നോക്കൂ, ഈ അടപ്പ് എടുത്തു മാറ്റുമ്പോൾ
വാതകം
ശൂന്യം
.... വാതകം ജാറിൽ നിറയുന്നു.
പക്ഷേ, അതൊരിക്കലും തിരിച്ചു സംഭവിക്കുന്നില്ല.
വാതകം
വാതകം
ശൂന്യം
എന്ത് ഒരിക്കലുമില്ല ?
ഒരിക്കലും?
ശരിക്കും?
ഒരിക്കലും?
രണ്ടാമത്തെ നിയമം ഒരുപാട് കാര്യങ്ങൾ വിശദീകരിച്ചു
ഒരു പന്ത് താപനില താഴ്ത്തിക്കൊണ്ട് സ്വയം ഉരുണ്ടുതുടങ്ങില്ല.
താപം ഒരിക്കലും കുറഞ്ഞ താപനിലയുള്ള വസ്തുവിൽ നിന്ന് കൂടിയതിലേക്ക് ഒഴുകുകയില്ല...
കാപ്പിയും പാലും ഒരിക്കൽ കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെട്ടാൽ പിന്നെ അവ സ്വയം വേർതിരിയുകയില്ല.
പക്ഷേ രണ്ടാമത്തെ നിയമം വിശദീകരിക്കാൻ ഗതിക സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ സഹായം തേടേണ്ടി വന്നു. (Kinetic theory of Gas)
എസ്. ബോൾട്സ്മാൻ (1844-1906)

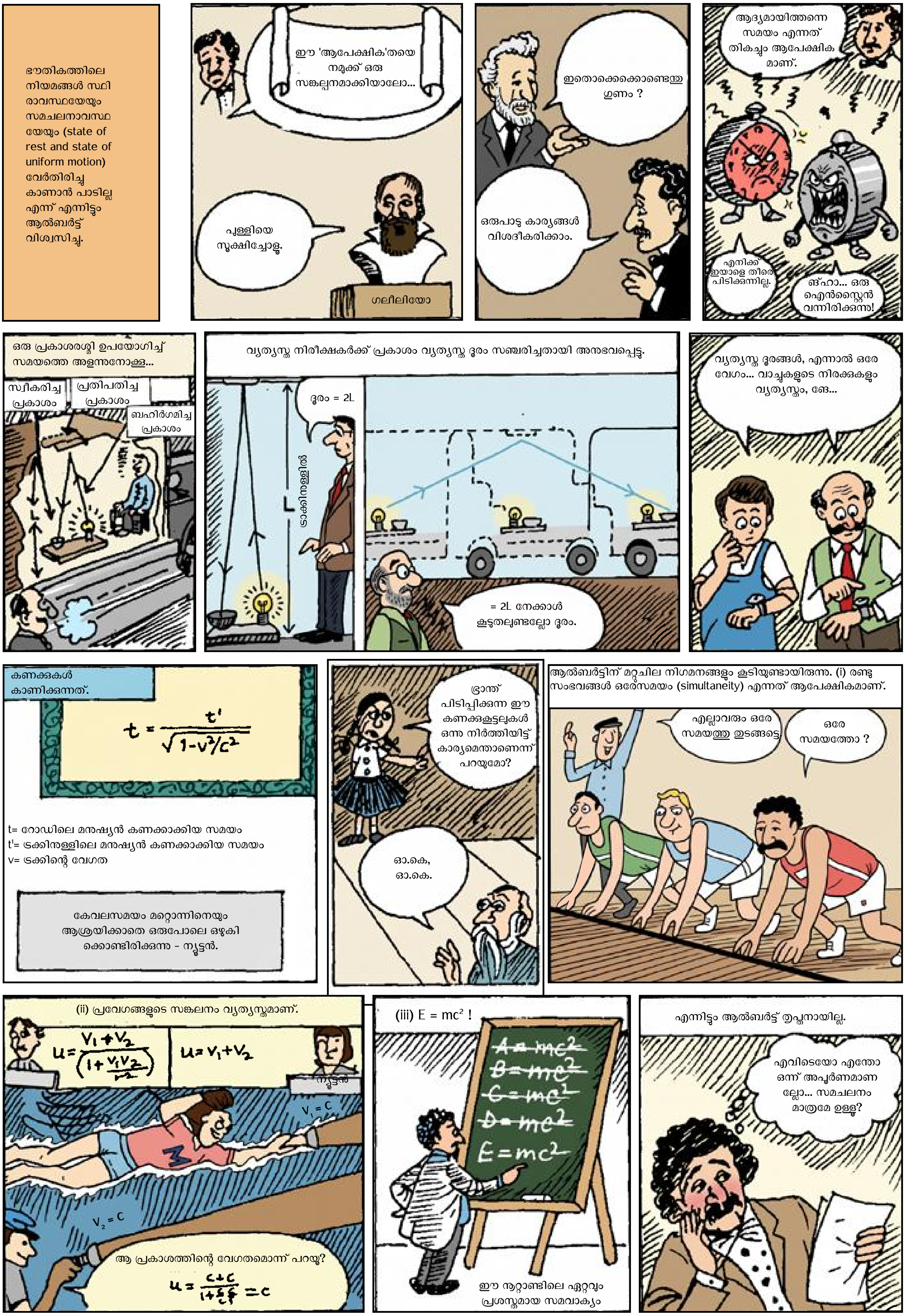


യാന്ത്രികോർജവും താപവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കൃത്യമായി സ്ഥാപിച്ചെടുക്കാൻ മാക്സ്‌വെല്ലിനൊപ്പം തന്നെ പ്രവർത്തിച്ച ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് എസ്. ബോൾട്ട്സ്മാൻ...!
എസ്. ബോൾട്ട്സ്മാൻ
ചലനത്തിനെ നമുക്ക് താപം കൊണ്ട് അളക്കാം.
ചില യാന്ത്രിക നിയമങ്ങൾ (mechanical laws) അനുസരിക്കുന്ന തന്മാത്രകളുടെ സംഘാതമാണ് വാതകം.
അതിനാൽ വാതകത്തിന്റെ ഗുണഗണങ്ങൾ യാന്ത്രിക നിയമങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് പഠിച്ചെടുക്കാം.
എന്തുകൊണ്ടാണ് എല്ലാ വാതക തന്മാത്രകളും ഇങ്ങനെ നില്ക്കാത്തത്?
വ്യാപ്തം V/2
ശൂന്യം
മൊത്തം വ്യാപ്തം = V
അതോ, ഒരു തന്മാത്ര ഇടത്തെ പകുതിയിൽ നില്ക്കാനുള്ള സാധ്യത = 1/2
അങ്ങനെ N തന്മാത്രകളുടെ സാധ്യത 1/2 x 1/2 x ... N times = $(1/2)^N$
$P = (1/2)^N$
10^{23} തന്മാത്രകൾ അടങ്ങിയ ഒരു വാതകത്തെ സംബന്ധിച്ച് ഈ സംഖ്യ വളരെ ചെറുതാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് അത് സംഭവിക്കാത്തതും.
$\frac{1}{10,0....00}$
(10^{22} പൂജ്യങ്ങൾ)
തന്മാത്രകളുടെ ചലനമാണ് മർദത്തിന് കാരണമെന്നും ബോൾട്ട്സ്മാൻ പറഞ്ഞു.
മർദം
= (കൂട്ടിമുട്ടലിന്റെ എണ്ണം / സെക്കന്റ്) x (ആക്കം)
$\sim$ (nv) (mv)
ശരാശരി പ്രവേഗം= v
അങ്ങനെ, താപനില എന്നത് ചലനത്തിന്റെ അളവുകോൽ ആയി മാറുന്നു.
ഇതൊരു ചുടേറിയ കളി തന്നെ.
തന്മാത്രകളുടെ ഓരോ ഡിഗ്രി ഓഫ് ഫ്രീഡത്തിനും നിശ്ചിത ഊർജം ഉള്ളതായി ബോൾട്ട്സ്മാൻ കണ്ടെത്തി.
$E_B = \frac{1}{2}kT$
കമ്പനം
ചലനം (Motion)
ഭ്രമണം (Rotation)
ആകെ ഊർജം = $6E_B$
അത് ഉപയോഗിച്ച് ഒട്ടേറെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ വിശദീകരിക്കപ്പെട്ടു. പക്ഷേ അപ്പോഴും എല്ലാമായില്ല.
U=NKT
ഇതുവരെ കണക്കാക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന എല്ലാ വാതകങ്ങളുടെയും വിശിഷ്ട താപധാരിത തെറ്റാണെന്ന് വന്നിരിക്കുന്നു.
കറുത്ത വസ്തുക്കളിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശവിസരണത്തെ പറ്റി പഠിച്ചപ്പോഴും ബോൾട്ട്സ്മാന്റെ ആശയങ്ങൾ പരിമിതമായിവന്നു.
സിദ്ധാന്തം (Theory)
നിരീക്ഷണം (Observed curve)
ഊർജം (Energy)
ആവൃത്തി (Frequency)

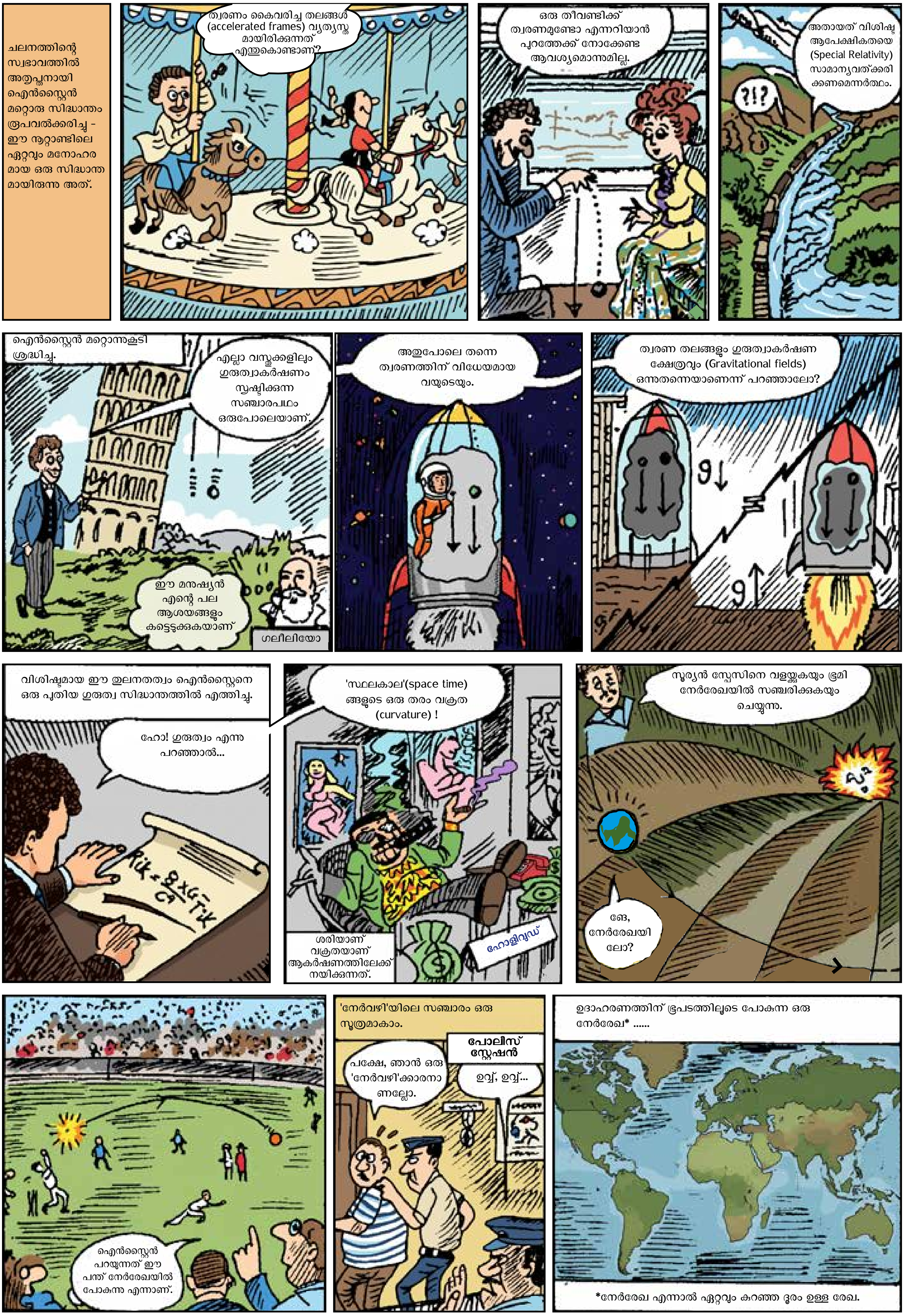


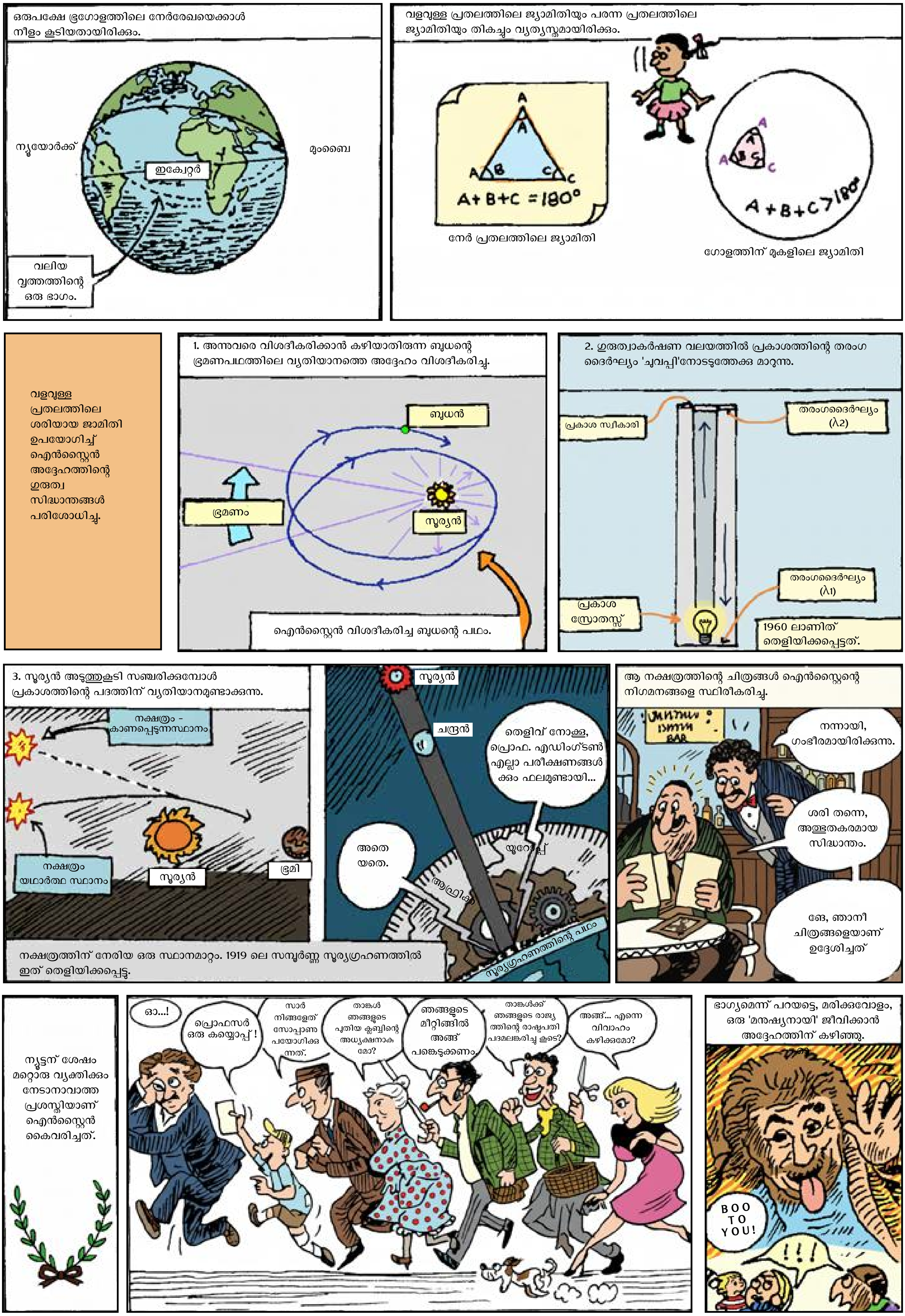
റായ്‌ലെ, ക്യാവിറ്റിയിലെ പ്രകാശത്തിന്റെ വിവിധതരം കമ്പനങ്ങളുടെ ശരാശരികൾ (vibrational modes) കണക്കുകൂട്ടി നോക്കി.
എണ്ണിയാലൊടുങ്ങാത്ത അത്രയും തരംഗദൈർഘ്യങ്ങൾ ആകാമല്ലോ. 2L, 2L/2, 2L/3, ... 2L/1000
റായ്‌ലെ പ്രഭു (1847-1919)
ഓരോ തരംഗത്തിന്റെയും ഊർജം kT ആയാൽ, അന്തമില്ലാത്തത്രയും ഊർജം ഒരു 'ക്യാവിറ്റി'(Cavity)യിലോ?
E~∫ν²kTdν
തികച്ചും വിഡ്ഢിത്തം!
കർക്കശമായ ഒരു സിദ്ധാന്തത്തിൽ നിന്നും പ്രകടമായ വിഡ്ഢിത്തങ്ങളിലേക്ക് പോകാൻ തുടങ്ങുന്നതിന്റെ ആദ്യ സൂചന.
വാതകങ്ങളുടെ വിശിഷ്ട താപധാരിത (Specific heat of gases)
ബ്ലാക്ക് ബോഡി റേഡിയേഷൻ
പ്രകാശത്തിന്റെ സ്വഭാവമാണെങ്കിൽ എല്ലാവർക്കും തലവേദന ഉണ്ടാക്കി.
നോക്കൂ! ചലിക്കാതെ നിൽക്കുന്ന അവസ്ഥയിൽ ഈ രണ്ടു വസ്തുക്കളെ v പ്രവേഗത്തിൽ എറിയാൻ എനിക്ക് കഴിയും.
?
എ. മൈക്കിൾസൺ (1852-1931)
ഇ. മോർലെ (1838-1923)
എന്നാൽ ഞാൻ 'u' വേഗത്തിൽ ഓടിക്കൊണ്ട് എറിഞ്ഞാൽ ഇവയുടെ വേഗം (v + u) ഉം (v - u) ഉം ആകും.
ഹേയ് നോക്കി ഓട്ടൂ...
CRASH!
ഹോ... നോക്കൂ... അയ്യോ...
ഓ, ശ്രദ്ധിക്കൂ
ഈഥർ തന്മാത്രകളുടെ കമ്പനം മൂലമാണ് പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്നായിരുന്നു നിലവിലുള്ള സങ്കല്പം.
ഈഥർ
അതുപ്രകാരം, ഭൂമി സഞ്ചരിക്കുന്നത് ഈഥർ കണങ്ങൾ നിറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലാണെന്നു വരുന്നു. അതിനാൽ തന്നെ അത് പ്രകാശവേഗത്തെ ബാധിക്കുന്നുവെന്നും വരുന്നു.
ഭൂമിയുടെ പ്രവേഗം (v)
ഈ പ്രതിഭാസത്തെ പറ്റി പഠിക്കാൻ അതീവ ശ്രദ്ധയോടെ ഒരു പരീക്ഷണം നടത്തപ്പെട്ടു ....
.... എന്നാൽ അതിന് ഒരു ഫലവും തരാനായില്ല.
പ്രകാശവേഗം അതിന്റെ സ്രോതസിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ലെന്ന് വരുമോ?
അതെങ്ങനെ...?
എന്തു പറയുന്നു, ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞരൊക്കെ ?
നന്നായി പോകുന്നു... പക്ഷേ ഈ വിശിഷ്ടതാപധാരിതയും (Specific heat) ഈഥറുമാണ വരെ കഴയ്ക്കുന്നത്.
അങ്ങനെ, 19-ാം നൂറ്റാണ്ട് അവസാനത്തിൽ ഭൗതികത്തിന്റെ അവസ്ഥ അതായിരുന്നു.

ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിലെ (Classical physics) പ്രശ്നങ്ങളെപ്പറ്റിയുള്ള ചർച്ചകളുടെ ഫലമായി, ഭൗതികത്തിലെ അടിസ്ഥാന ആശയങ്ങൾ പോലും മാറ്റത്തിന് വിധേയമായി. ഉദാഹരണത്തിന് 'ആപേക്ഷികത', ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രം...
ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിച്ചത് 1879ൽ ജനിച്ച ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റൈൻ ആയിരുന്നു.
ജർമൻ സാമ്രാജ്യം
EUROPE
യൂറോപ്പ്
എല്ലാ മനുഷ്യരും തുല്യരാണ്
ആൽബർട്ടിന്റെ ബാല്യകാല ജീവിതം ഏതു മണ്ടനും ആശ നൽകും.
പോളിൻ, ആൽബർട്ട് ഒന്നും പഠിക്കുന്നില്ലല്ലോ...
ഈ കണക്കിന് പോയാൽ അവൻ ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ തകർന്നത് തന്നെ.
ഐൻസ്റ്റൈൻ നീ ശല്യമുണ്ടാക്കുകയാണ്.
ഡിപ്ലോമ ലഭിക്കാതെ തന്നെ സ്കൂൾ വിട്ടു.
സൂറിച്ചിലെ ETH ലെ പ്രവേശന പരീക്ഷകളിൽ പരാജയപ്പെട്ടപ്പോൾ ....
നീ ഫ്രഞ്ച്, ഇംഗ്ലീഷ്, ജീവശാസ്ത്രം, സസ്യശാസ്ത്രം എന്നിവയിലെല്ലാം തോറ്റമ്പി.
അദ്ദേഹം ആറോവിലെ സി. അന്റോണൽ സ്കൂളിൽ ചേർന്ന് 1896-ൽ ബിരുദമെടുത്തു.
വൈദ്യുതകാന്തികതയെയും ബലതന്ത്രത്തെയും ഒരുമിപ്പിക്കുന്നതിലാണ് ഇന്ന് നാം പ്രശ്നം നേരിടുന്നത്.
സൂറിച്ചിൽ അഞ്ചുവർഷം ചെലവഴിച്ചതിനുശേഷം അദ്ദേഹത്തിന് 'ബേണിൽ' ഒരു ജോലി ശരിയായി. അതും മാർസൽ ഗ്രോസ്മാൻ എന്ന ഒരു സുഹൃത്തിന്റെ സ്വാധീനം കൊണ്ടു മാത്രം!
ഇതു പേറ്റന്റ് (patent) ഓഫീസ് തന്നെയാണെന്ന് നിങ്ങൾക്കുറപ്പുണ്ടോ?
എന്റെ ദൈവമേ, നിങ്ങളിവിടെ പുതിയതാണോ?
1901
ഭൗതികത്തെ പറ്റി ചർച്ച നടത്താൻ അദ്ദേഹത്തിന് അവിടെ ഒരു സുഹൃത്തുണ്ടായിരുന്നു. മൈക്ക് ബെസ്സോ.
ന്യൂട്ടന്റെ സിദ്ധാന്തം അനുസരിച്ച്, സ്രോതസ്സിന്റെ ചലനം പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത്തെ ബാധിക്കില്ല, അല്ലേ മൈക്ക് ?
അതെ.
കാപ്പി, സാർ
ശരി
പക്ഷേ നമുക്കിതു കാണാൻ കഴിയുന്നില്ല..., ശരിയല്ലേ?
എത്ര ശരിയായിരിക്കുന്നു?
മൈക്കിൾസൺ
മോർലെ
അതായത് ന്യൂട്ടന്റെ ആശയങ്ങൾ തെറ്റായിരുന്നു എന്ന് !
ഓ. അതെ...
വെയ്റ്റർ ഇനിയും കാപ്പി കൊണ്ടു വരൂ.
ചലന സ്രോതസ്സിന്റെ വേഗതിനതീതമായി പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം സ്ഥിരമായിരിക്കും
സ്പീഡ് = C
സ്പീഡ് = C



ഭൗതികത്തിലെ നിയമങ്ങൾ സ്ഥിരാവസ്ഥയേയും സമചലനാവസ്ഥയേയും (state of rest and state of uniform motion) വേർതിരിച്ചു കാണാൻ പാടില്ല എന്ന് എന്നിട്ടും ആൽബർട്ട് വിശ്വസിച്ചു.
ഈ 'ആപേക്ഷിക'തയെ നമുക്ക് ഒരു സങ്കല്പനമാക്കിയാലോ...
പുള്ളിയെ സൂക്ഷിച്ചോളൂ.
ഗലീലിയോ
ഇതൊക്കെക്കൊണ്ടെന്തു ഗുണം ?
ഒരുപാടു കാര്യങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാം.
ആദ്യമായിത്തന്നെ സമയം എന്നത് തികച്ചും ആപേക്ഷികമാണ്.
എനിക്ക് ഇയാളെ തീരെ പിടിക്കുന്നില്ല.
ഓ്ഹാ... ഒരു ഐൻസ്റ്റൈൻ വന്നിരിക്കുന്നു!
ഒരു പ്രകാശരശ്മി ഉപയോഗിച്ച് സമയത്തെ അളന്നുനോക്കൂ...
സ്വീകരിച്ച പ്രകാശം
പ്രതിഫലിച്ച പ്രകാശം
ബഹിർഗമിച്ച പ്രകാശം
വ്യത്യസ്ത നിരീക്ഷകർക്ക് പ്രകാശം വ്യത്യസ്ത ദൂരം സഞ്ചരിച്ചതായി അനുഭവപ്പെട്ടു.
ദൂരം = 2L
ട്രക്കിനുള്ളിൽ
L
= 2L നേക്കാൾ കൂടുതലുണ്ടല്ലോ ദൂരം.
വ്യത്യസ്ത ദൂരങ്ങൾ, എന്നാൽ ഒരേ വേഗം... വാച്ചുകളുടെ നിരക്കുകളും വ്യത്യസ്തം, ദേ...
കണക്കുകൾ കാണിക്കുന്നത്.
$t = \frac{t'}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$
t= റോഡിലെ മനുഷ്യൻ കണക്കാക്കിയ സമയം
t'= ട്രക്കിനുള്ളിലെ മനുഷ്യൻ കണക്കാക്കിയ സമയം
v= ട്രക്കിന്റെ വേഗത
കേവലസമയം മറ്റൊന്നിനെയും ആശ്രയിക്കാതെ ഒരുപോലെ ഒഴുകിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു - ന്യൂട്ടൻ.
ഭ്രാന്ത് പിടിപ്പിക്കുന്ന ഈ കണക്കുകൂട്ടലുകൾ ഒന്നു നിർത്തിയിട്ട് കാര്യമെന്താണെന്ന് പറയുമോ?
ഓ.കെ, ഓ.കെ.
ആൽബർട്ടിന് മറ്റുചില നിഗമനങ്ങളും കൂടിയുണ്ടായിരുന്നു. (i) രണ്ടു സംഭവങ്ങൾ ഒരേസമയം (simultaneity) എന്നത് ആപേക്ഷികമാണ്.
എല്ലാവരും ഒരേ സമയത്തു തുടങ്ങട്ടെ
ഒരേ സമയത്തോ ?
(ii) പ്രവേഗങ്ങളുടെ സങ്കലനം വ്യത്യസ്തമാണ്.
$u = \frac{V_1 + V_2}{(1 + \frac{V_1 V_2}{c^2})}$
$u = V_1 + V_2$
ന്യൂട്ടൻ
$V_1 = C$
$V_2 = C$
ആ പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗതമൊന്ന് പറയൂ?
$u = \frac{c+c}{1+\frac{c}{c}\frac{c}{c}} = c$
(iii) E = mc² !
$A=mc^2$
$B=mc^2$
$C=mc^2$
$D=mc^2$
$E=mc^2$
ഈ നൂറ്റാണ്ടിലെ ഏറ്റവും പ്രശസ്തമായ സമവാക്യം
എന്നിട്ടും ആൽബർട്ട് തൃപ്തനായില്ല.
എവിടെയോ എന്തോ ഒന്ന് അപൂർണമാണല്ലോ... സമചലനം മാത്രമേ ഉള്ളൂ?

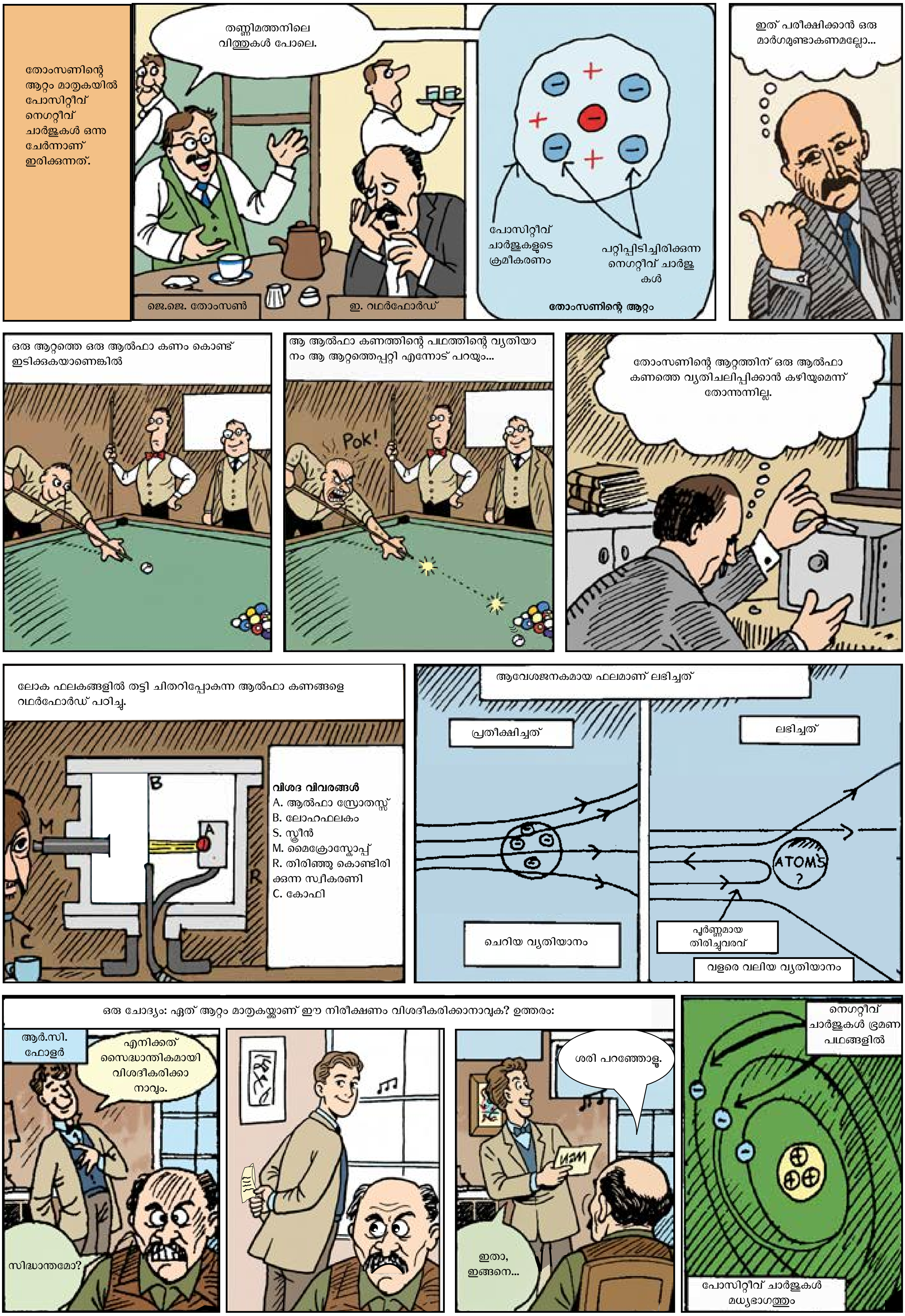

ചലനത്തിന്റെ സ്വഭാവത്തിൽ അതൃപ്തനായി ഐൻസ്റ്റൈൻ മറ്റൊരു സിദ്ധാന്തം രൂപവൽക്കരിച്ചു – ഈ നൂറ്റാണ്ടിലെ ഏറ്റവും മനോഹര മായ ഒരു സിദ്ധാന്ത മായിരുന്നു അത്.
ത്വരണം കൈവരിച്ച തലങ്ങൾ (accelerated frames) വ്യത്യസ്ത മായിരിക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ടാണ്?
ഒരു തീവണ്ടിക്ക് ത്വരണമുണ്ടോ എന്നറിയാൻ പുറത്തേക്ക് നോക്കേണ്ട ആവശ്യമൊന്നുമില്ല.
?!?
അതായത് വിശിഷ്ട ആപേക്ഷികതയെ (Special Relativity) സാമാന്യവത്ക്കരിക്കണമെന്നർത്ഥം.
ഐൻസ്റ്റൈൻ മറ്റൊന്നുകൂടി ശ്രദ്ധിച്ചു.
എല്ലാ വസ്തുക്കളിലും ഗുരുത്വാകർഷണം സൃഷ്ടിക്കുന്ന സഞ്ചാരപഥം ഒരുപോലെയാണ്.
ഈ മനുഷ്യൻ എന്റെ പല ആശയങ്ങളും കട്ടെടുക്കുകയാണ്
ഗലീലിയോ
അതുപോലെ തന്നെ ത്വരണത്തിന് വിധേയമായ വയുടെയും.
ത്വരണ തലങ്ങളും ഗുരുത്വാകർഷണ ക്ഷേത്രവും (Gravitational fields) ഒന്നുതന്നെയാണെന്ന് പറഞ്ഞാലോ?
വിശിഷ്ടമായ ഈ തുലനതത്വം ഐൻസ്റ്റൈനെ ഒരു പുതിയ ഗുരുത്വ സിദ്ധാന്തത്തിൽ എത്തിച്ചു.
ഹോ! ഗുരുത്വം എന്നു പറഞ്ഞാൽ...
'സ്ഥലകാല'(space time) ങ്ങളുടെ ഒരു തരം വക്രത (curvature) !
ശരിയാണ് വക്രതയാണ് ആകർഷണത്തിലേക്ക് നയിക്കുന്നത്.
ഹോളിവുഡ്
സൂര്യൻ സ്പേസിനെ വളയ്ക്കുകയും ഭൂമി നേർരേഖയിൽ സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
ങേ, നേർരേഖയിലോ?
ഐൻസ്റ്റൈൻ പറയുന്നത് ഈ പന്ത് നേർരേഖയിൽ പോകുന്നു എന്നാണ്.
'നേർവഴി'യിലെ സഞ്ചാരം ഒരു സൂത്രമാകാം.
പോലിസ് സ്റ്റേഷൻ
പക്ഷേ, ഞാൻ ഒരു 'നേർവഴി'ക്കാരനാണല്ലോ.
ഉവ്വ്, ഉവ്വ്...
ഉദാഹരണത്തിന് ഭൂപടത്തിലൂടെ പോകുന്ന ഒരു നേർരേഖ* ......
*നേർരേഖ എന്നാൽ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ദൂരം ഉള്ള രേഖ.



ഒരുപക്ഷേ ഭൂഗോളത്തിലെ നേർരേഖയെക്കാൾ നീളം കൂടിയതായിരിക്കും.
ന്യൂയോർക്ക്
മുംബൈ
ഇക്വേറ്റർ
വലിയ വൃത്തത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം.
വളവുള്ള പ്രതലത്തിലെ ജ്യാമിതിയും പരന്ന പ്രതലത്തിലെ ജ്യാമിതിയും തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും.
A+B+C =180°
നേർ പ്രതലത്തിലെ ജ്യാമിതി
A+B+C>180°
ഗോളത്തിന് മുകളിലെ ജ്യാമിതി
വളവുള്ള പ്രതലത്തിലെ ശരിയായ ജാമിതി ഉപയോഗിച്ച് ഐൻസ്റ്റൈൻ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഗുരുത്വ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ പരിശോധിച്ചു.
1. അന്നുവരെ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയാതിരുന്ന ബുധന്റെ ഭ്രമണപഥത്തിലെ വ്യതിയാനത്തെ അദ്ദേഹം വിശദീകരിച്ചു.
ബുധൻ
ഭ്രമണം
സൂര്യൻ
ഐൻസ്റ്റൈൻ വിശദീകരിച്ച ബുധന്റെ പഥം.
2. ഗുരുത്വാകർഷണ വലയത്തിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗ ദൈർഘ്യം 'ചുവപ്പി'നോടടുത്തേക്കു മാറുന്നു.
പ്രകാശ സ്വീകാരി
തരംഗദൈർഘ്യം (λ2)
തരംഗദൈർഘ്യം (λ1)
പ്രകാശ സ്രോതസ്സ്
1960 ലാണിത് തെളിയിക്കപ്പെട്ടത്.
3. സൂര്യൻ അടുത്തുകൂടി സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശത്തിന്റെ പദത്തിന് വ്യതിയാനമുണ്ടാകുന്നു.
നക്ഷത്രം - കാണപ്പെടുന്നസ്ഥാനം
നക്ഷത്രം യഥാർത്ഥ സ്ഥാനം
സൂര്യൻ
ഭൂമി
സൂര്യൻ
ചന്ദ്രൻ
തെളിവ് നോക്കൂ, പ്രൊഫ. എഡിംഗ്ടൺ എല്ലാ പരീക്ഷണങ്ങൾക്കും ഫലമുണ്ടായി...
അതെ യതെ.
യൂറോപ്പ്
ആഫ്രിക്ക
സൂര്യഗ്രഹണത്തിന്റെ പഥം
നക്ഷത്രത്തിന് നേരിയ ഒരു സ്ഥാനമാറ്റം. 1919 ലെ സമ്പൂർണ്ണ സൂര്യഗ്രഹണത്തിൽ ഇത് തെളിയിക്കപ്പെട്ടു.
ആ നക്ഷത്രത്തിന്റെ ചിത്രങ്ങൾ ഐൻസ്റ്റൈന്റെ നിഗമനങ്ങളെ സ്ഥിരീകരിച്ചു.
നന്നായി, ഗംഭീരമായിരിക്കുന്നു.
ശരി തന്നെ, അത്ഭുതകരമായ സിദ്ധാന്തം.
ങേ, ഞാനീ ചിത്രങ്ങളെയാണ് ഉദ്ദേശിച്ചത്
ന്യൂട്ടന് ശേഷം മറ്റൊരു വ്യക്തിക്കും നേടാനാവാത്ത പ്രശസ്തിയാണ് ഐൻസ്റ്റൈൻ കൈവരിച്ചത്.
ഓ...!
പ്രൊഫസർ ഒരു കയ്യൊപ്പ് !
സാർ നിങ്ങളേത് സോപ്പാണ പയോഗിക്കന്നത്.
താങ്കൾ ഞങ്ങളുടെ പുതിയ ക്ലബ്ബിന്റെ അധ്യക്ഷനാകമോ?
ഞങ്ങളുടെ മീറ്റിങ്ങിൽ അങ്ങ് പങ്കെടുക്കണം.
താങ്കൾക്ക് ഞങ്ങളുടെ രാജ്യത്തിന്റെ രാഷ്ട്രപതി പദമലങ്കരിച്ചു കൂടെ?
അങ്ങ്... എന്നെ വിവാഹം കഴിക്കമോ?
ഭാഗ്യമെന്ന് പറയട്ടെ, മരിക്കുവോളം, ഒരു 'മനുഷ്യനായി' ജീവിക്കാൻ അദ്ദേഹത്തിന് കഴിഞ്ഞു.
BOO TO YOU!
!!!

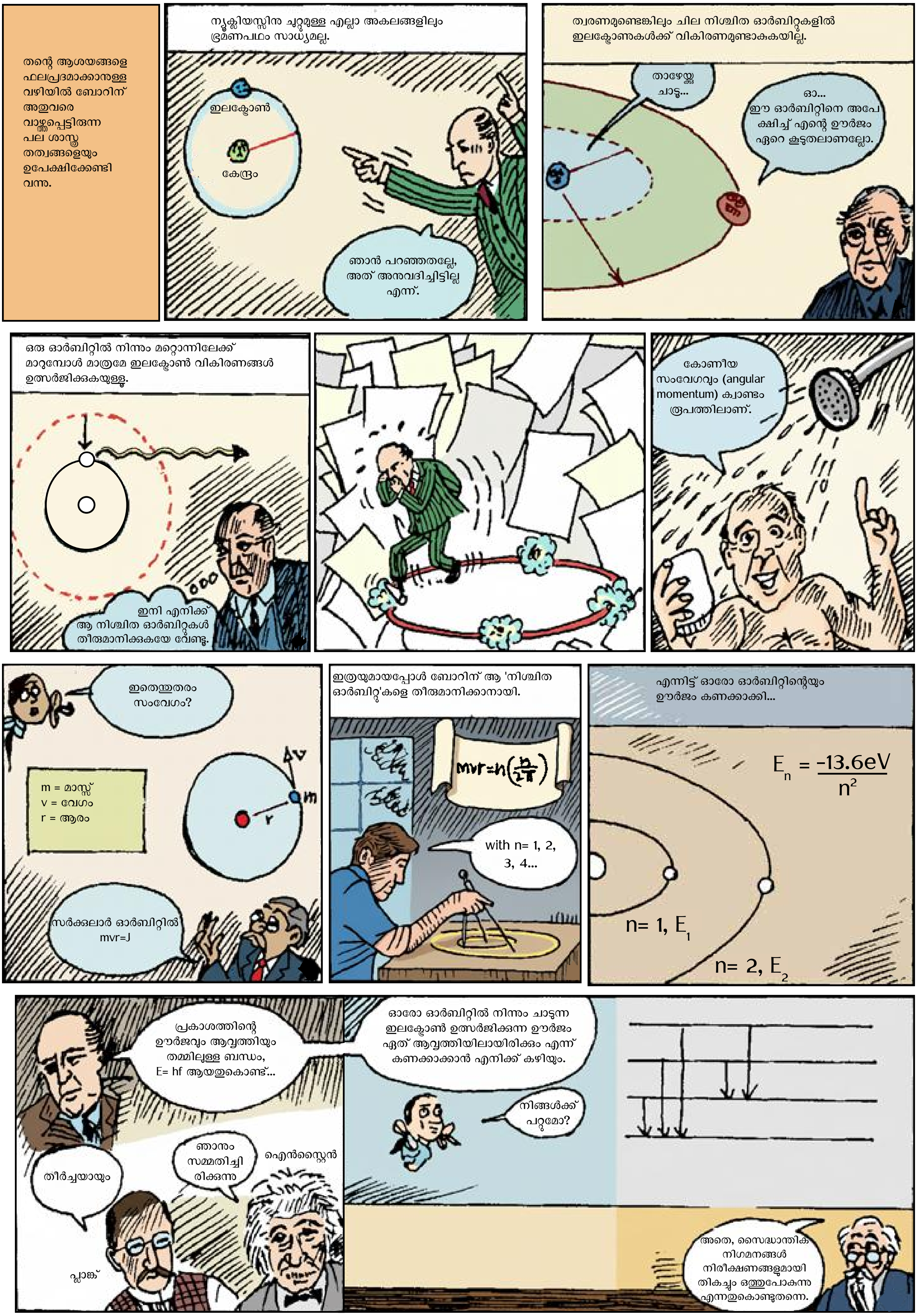
ആപേക്ഷികതയുടെ വിപ്ലവം അങ്ങനെ അരങ്ങേറുന്നതി നിടയിൽ മറ്റൊരു കൂട്ടം ഭൗതികശാസ്ത്ര ജ്ഞർ വസ്തുവിന്റെ ഘടനയെ പറ്റിയുള്ള ഗവേഷ ണത്തിലായിരുന്നു...
... അതിൽ പ്രഥമനാണ് വില്യം ക്രൂക്സ് (1832-1919)
അങ്ങനെ തന്നെ...
ഒരു വാക്വം ട്യൂബിൽ ഉയർന്ന വൈദ്യുതി കൊടുക്കു മ്പോൾ അതിന്റെ കാഥോഡിൽ നിന്ന് ഒരു പ്രത്യേക തരം രശ്മികൾ പുറപ്പെടുന്നതായി അദ്ദേഹം കണ്ടു.
കാഥോഡ് രശ്മികൾ
എയർ പമ്പ്
കാഥോഡ് -ve
ആനോഡ് +ve
ഹാ, ഈ രശ്മികൾ നിഴലു ണ്ടാക്കുന്നു. കൂടാതെ മധ്യത്തിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു ചക്രത്തെ തിരിക്കാനും അവയ്ക്ക് കഴിയുന്നു.
അവ വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങ ളാകുമോ?
ഓ, അതു നമുക്കിപ്പോൾ കണ്ടുപിടിക്കാമല്ലോ.
നോക്കൂ, അവയെ വ്യതിചലിപ്പിക്കാൻ ഒരു കാന്തത്തിന് കഴിയുന്നു. അതായത് അവ ചാർജ്ജുള്ള കണങ്ങളാണെന്നർത്ഥം.
രണ്ടു ദശാബ്ദങ്ങൾ കഴിഞ്ഞ് ജെ. ജെ. തോംസൺ ഈ കണങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതകൾ കണ്ടെത്തി.
അവയ്ക്ക് വളരെ ചെറിയ മാസ്സേയുള്ളൂ.
സൂക്ഷ്മകണങ്ങളുടെ (subatomic) ലോകത്തിലേക്കുള്ള വാതിൽ തുറക്കലായിരുന്നു അത്.
അതിനിടയിൽ ക്രൂക്സിന്റെ ട്യൂബ് പുതിയ അത്ഭുതങ്ങളിലേക്ക് നയിച്ചു.
ഞാനിതൊരു കറുത്ത തുണിയിൽ പൊതിഞ്ഞു വെയ്ക്കാം.
ഡബ്ലിയു. കെ. റോൺട്ജൻ (1845-1923)
എന്ത്, ഈ ലൂമിനിസന്റ് പേപ്പർ തിളങ്ങു ന്നുവോ?
ചിട്ടയായ നിരീക്ഷണത്തിലൂടെ റോൺട്ജൻ ശരിയായ ഒരു നിഗമനത്തിലെത്തി.
മിക്ക വസ്തുക്കളിലൂടെയും കടന്ന പോകാൻ കഴിയുന്ന ഒരു പ്രത്യേക രശ്മിയാണിത്.
എക്സ്- രശ്മികൾ
ഞാൻ ഉറപ്പു നൽകാം മാഡം, ഈ തുണിയിലൂടെ എക്സ് രശ്മികൾ കടന്നു പോകില്ല.
തുണികൾ

എ എച്ച് ബെക്വറൽ തന്റെ (1852-1908) പരീക്ഷണങ്ങൾക്കിടയിൽ എക്സ് രശ്മികളെ കണ്ടുമുട്ടി യിരുന്നു! ഫ്ലൂറസൻസ് വസ്തുക്കൾ ഉത്സർജിച്ച എക്സ് രശ്മികൾ ആയിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ നിരീക്ഷണത്തിൽ വന്നത്.
അദ്ദേഹം പരീക്ഷണങ്ങൾ തുടർന്നു.
പൊട്ടാസ്യം യുറാനിൽ സൾഫേറ്റ്
SUN
എക്സ് രശ്മികൾ
ഫ്ലൂറസൻസ് വസ്തുക്കൾ എക്സ് രശ്മികളെ സ്വീകരിച്ച് പ്രകാശത്തെ ഉത്സർജിക്കുന്നു.
കറുത്ത കടലാസുകൊണ്ട് പൊതിഞ്ഞ ഫോട്ടോഗ്രാഫിക്ക് ഫലകം.
മഴക്കാറോട് കൂടിയ ഒരു ദിവസമായിരുന്നു അത്.
ഗ്ർർ
സൂര്യപ്രകാശമേൽക്കാതെ ഒരു ഫലകം വികസിപ്പിച്ചു അദ്ദേഹം.
എന്ത്! ഇതിലും ചില അടയാളങ്ങൾ!
ഹെൻറി ബെക്വറൽ ഒരു തീരുമാനത്തിലെത്താൻ നിർബന്ധിതനായി.
യുറേനിയം അടങ്ങിയ പദാർത്ഥം ചില വികിരണങ്ങൾ (Radiation) ഉത്സർജിക്കുന്നു ണ്ടെന്നർത്ഥം
റേഡിയോ ആക്ടിവിറ്റി
ഈ ആശയത്തെ വിശദമായി പഠിച്ചത് ക്യൂറിമാരാണ്.
ഈ വികിരണങ്ങൾ എന്താണെന്നാണ് പറഞ്ഞത്?
ഉത്തരം വിചിത്രമായിരുന്നു.
വികിരണങ്ങൾ മൂന്നുവിധം ആൽഫ, ബീറ്റ, ഗാമ.
സ്രോതസ്സ്
ബീറ്റ രശ്മി
കാന്തം
ആൽഫാ രശ്മി
ഗാമ രശ്മി
നോക്കൂ, മേരി ഈ റേഡിയേഷൻ സ്രോതസിനെ ഒന്ന് വേർതിരിച്ചെടുക്കണമല്ലോ.
ഉം. അതാണ് വിഷമം പിടിച്ച പണി.
ഏറെക്കാലത്ത് പരിശ്രമത്തിന്റെ ഫലമായി ശക്തിയേറിയ ആ വികിരണ സ്രോതസ്സ് അവർ വേർതിരിച്ചെടുത്തു. "റേഡിയം"
റേഡിയോ ആക്ടിവിറ്റി വസ്തുക്കൾക്ക് ഒരു പുതിയ മാനം നൽകി.
ആറ്റങ്ങൾക്ക് കൃത്യമായ ആന്തരിക ഘടന ഉണ്ട്.
തോംസൺ
ആറ്റങ്ങൾ എന്നാൽ ഒരുപക്ഷേ പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകളുടെ ശേഖരത്തിൽ ഒട്ടിപ്പിടിച്ച കുറേ നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ചേർന്നതാവാം.
എനിക്കറിയില്ല

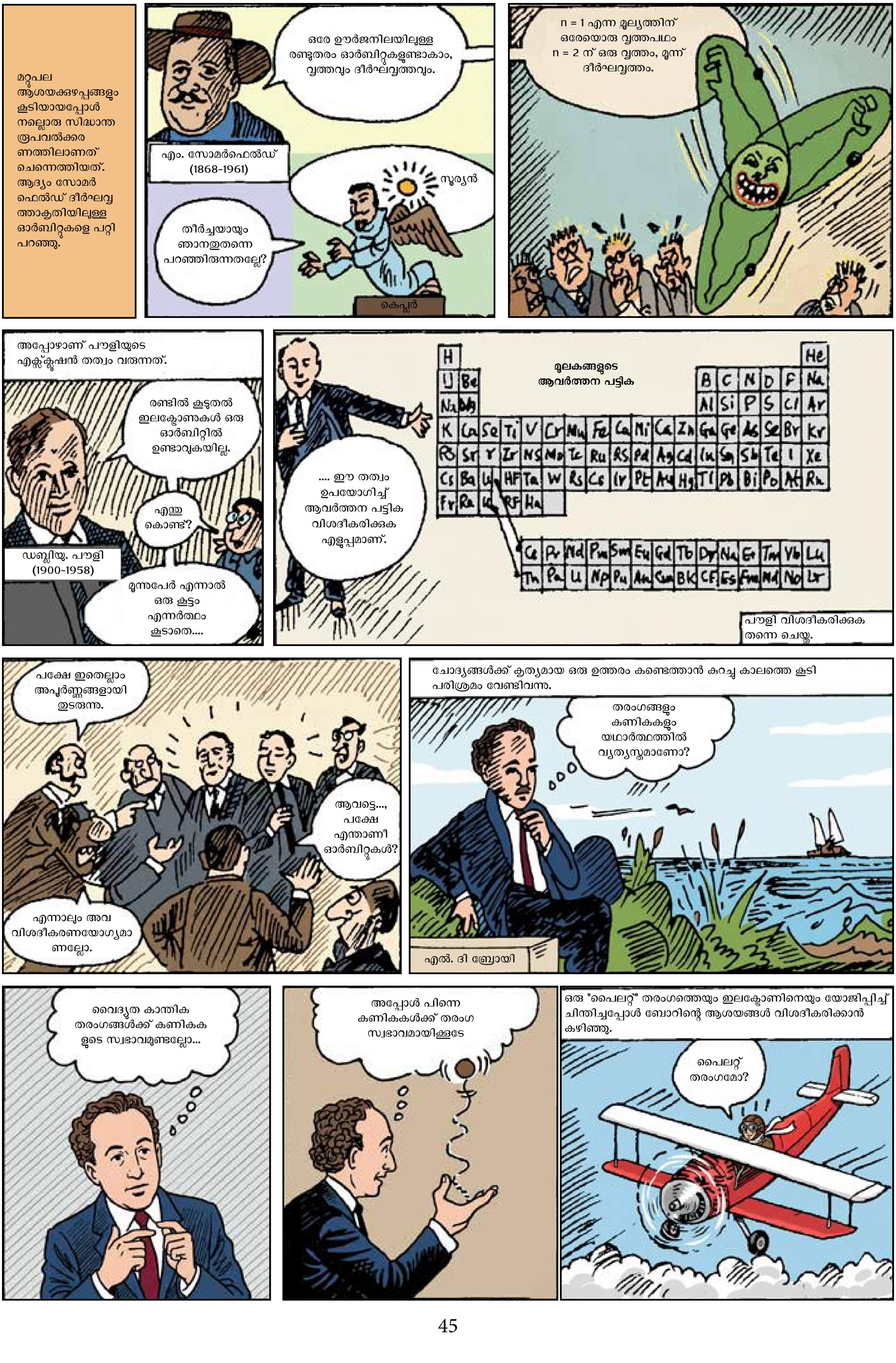


തോംസണിന്റെ ആറ്റം മാതൃകയിൽ പോസിറ്റീവ് നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ഒന്ന ചേർന്നാണ് ഇരിക്കുന്നത്.
തണ്ണിമത്തനിലെ വിത്തുകൾ പോലെ.
ജെ.ജെ. തോംസൺ
ഇ. റഥർഫോർഡ്
പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകളുടെ ക്രമീകരണം
പറ്റിപ്പിടിച്ചിരിക്കുന്ന നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ
തോംസണിന്റെ ആറ്റം
ഇത് പരീക്ഷിക്കാൻ ഒരു മാർഗമുണ്ടാകണമല്ലോ...
ഒരു ആറ്റത്തെ ഒരു ആൽഫാ കണം കൊണ്ട് ഇടിക്കുകയാണെങ്കിൽ
ആ ആൽഫാ കണത്തിന്റെ പഥത്തിന്റെ വ്യതിയാനം ആ ആറ്റത്തെപ്പറ്റി എന്നോട് പറയും...
POK!
തോംസണിന്റെ ആറ്റത്തിന് ഒരു ആൽഫാ കണത്തെ വ്യതിചലിപ്പിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് തോന്നുന്നില്ല.
ലോക ഫലകങ്ങളിൽ തട്ടി ചിതറിപ്പോകുന്ന ആൽഫാ കണങ്ങളെ റഥർഫോർഡ് പഠിച്ചു.
B
M
A
R
C
വിശദ വിവരങ്ങൾ
A. ആൽഫാ സ്രോതസ്സ്
B. ലോഹഫലകം
S. സ്ക്രീൻ
M. മൈക്രോസ്കോപ്പ്
R. തിരിഞ്ഞു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന സ്വീകരണി
C. കോഫി
ആവേശജനകമായ ഫലമാണ് ലഭിച്ചത്
പ്രതീക്ഷിച്ചത്
ലഭിച്ചത്
ATOMS ?
ചെറിയ വ്യതിയാനം
പൂർണ്ണമായ തിരിച്ചുവരവ്
വളരെ വലിയ വ്യതിയാനം
ഒരു ചോദ്യം: ഏത് ആറ്റം മാതൃകയ്ക്കാണ് ഈ നിരീക്ഷണം വിശദീകരിക്കാനാവുക? ഉത്തരം:
ആർ.സി. ഫോളർ
എനിക്കത് സൈദ്ധാന്തികമായി വിശദീകരിക്കാനാവും.
സിദ്ധാന്തമോ?
ശരി പറഞ്ഞോളൂ.
ഇതാ, ഇങ്ങനെ...
നെഗറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ ഭ്രമണ പഥങ്ങളിൽ
പോസിറ്റീവ് ചാർജ്ജുകൾ മധ്യഭാഗത്തും

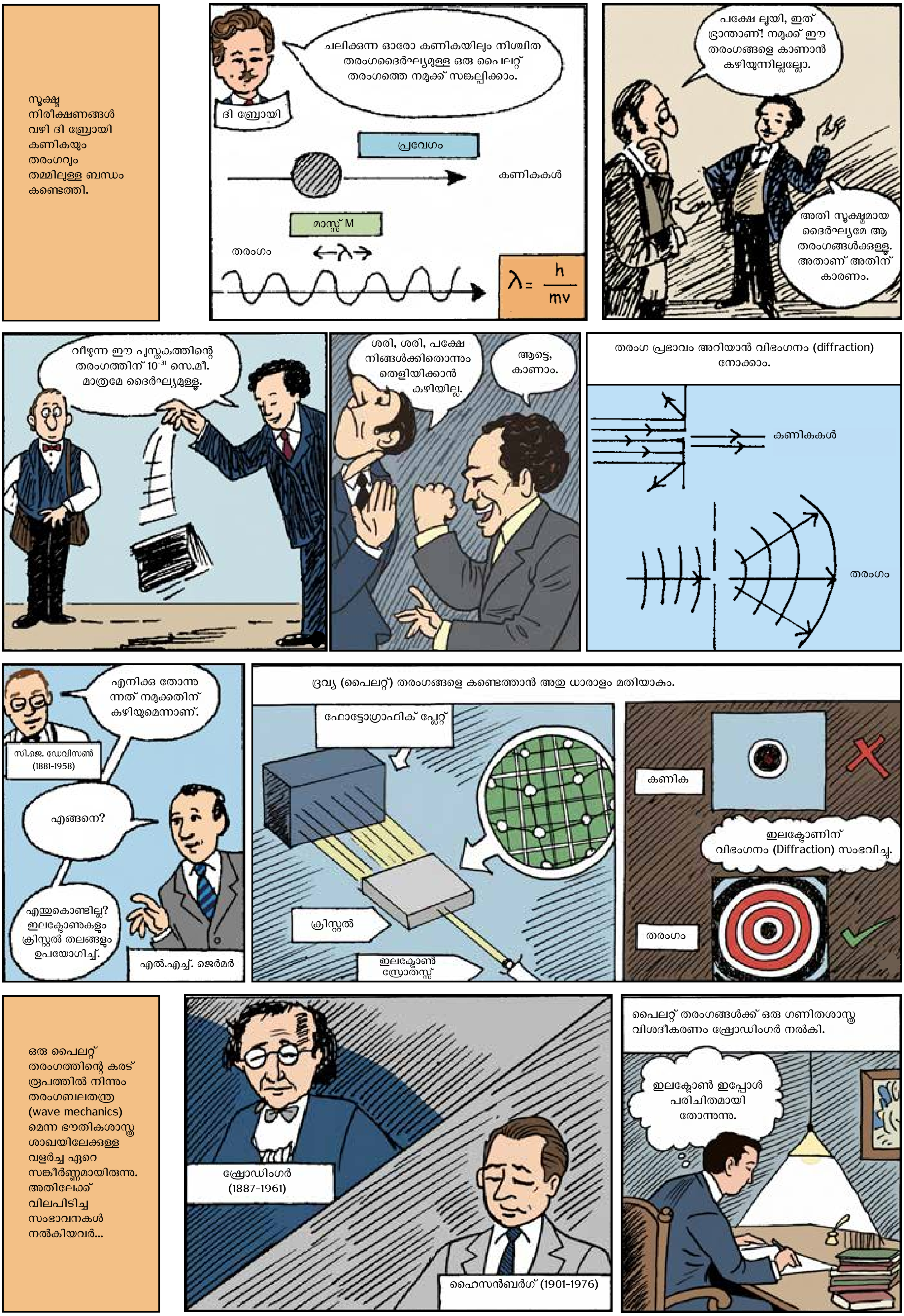
രസകരമായിരിക്കുന്ന സൂര്യന് ചുറ്റും ഗ്രഹങ്ങൾ പോലെ.
എനിക്കത്ര രസിക്കുന്നില്ല.
നീൽസ് ബോർ (1885-1962)
ഇലക്ട്രോൺ
കേന്ദ്രം ന്യൂക്ലിയസ്
പ്രകാശം
ഭ്രമണപഥത്തിലുള്ള ഒരു ഇലക്ട്രോൺ ഊർജ വികിരണം നടത്തിക്കൊണ്ട് കറങ്ങി കറങ്ങി കേന്ദ്രത്തിലേക്ക് കൂപ്പുകുത്തും.
അങ്ങനെയെങ്കിൽ നമ്മുടെ നിയമങ്ങൾ പറയുന്നത് ആറ്റത്തിന് നിലനില്പില്ല എന്നാണ്.
എന്നാൽ നമുക്കാ നിയമങ്ങളെ തന്നെയങ്ങ് മാറ്റിയാലോ !
നിയമങ്ങളെ മാറ്റിയത് എങ്ങനെ യെന്നറിയണമെ ങ്കിൽ, പക്ഷേ നമുക്ക് കുറച്ച് വർഷങ്ങൾ പുറകിലേയ്ക്ക് പോകേണ്ടിവരും... പണ്ടൊരാൾ "ഈ നിയമങ്ങൾക്ക് മാറ്റം വരുത്തേണ്ടതിനെ" പ്പറ്റി ചിന്തിച്ചിരുന്നു.
E ഊർജം
സിദ്ധാന്തം
നിരീക്ഷണം
f ആവൃത്തി
ഒരു കാവിറ്റിയിൽ നിന്നുള്ള വികിരണങ്ങളെ വിശദീകരിക്കാൻ ഈ നിയമങ്ങളെ കൊണ്ടുകഴിയില്ലല്ലോ, ഞാനതങ്ങ് മാറ്റിയേക്കാം.
എം. പ്ലാങ്ക് (1858-1947)
വികിരണ ഊർജത്തെ ഉൽസർജിക്കുന്നതും സ്വീ കരിക്കുന്നതും "ക്വാണ്ടം" രൂപത്തിലായിരിക്കും.
ഒരു പുതിയ സ്ഥിരാങ്കവും അദ്ദേഹം കണക്കാക്കി.
ഒരു ക്വാണ്ടത്തിന്റെ ഊർജം = h x ആവൃത്തി
h = 6.6 x 10⁻³⁴ joule.sec
അല്ല യഥാർത്ഥത്തിൽ എന്താണീ 'ക്വാണ്ടം' ?
അതിപ്പോ... അറിയില്ല കേട്ടോ...
അതേസമയം തന്നെ 'ക്വാണ്ടം' പല കാര്യങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.
ഒരു പക്ഷേ, വികിരണം ക്വാണ്ടം രൂപത്തിലായിരിക്കാം
ഇപ്പോഴുണ്ട്... എന്നാലിപ്പോഴില്ല.
പ്രകാശ വൈദ്യുത പ്രതിഭാസം പോലെ.
ക്ലാസിക്കൽ സിദ്ധാന്തം: ഊർജം ∝ തീവ്രത
ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തം: ഊർജം ∝ ആവൃത്തി
ലോഹം
പ്രകാശം
ആവൃത്തി F
ഇലക്ട്രോൺ ഊർജം E
ഇതെല്ലാം ബോറിനെ ഇങ്ങനെ ചിന്തിപ്പിച്ചു.
വികിരണോർജം ക്വാണ്ടം രൂപത്തിലാ ണെങ്കിൽ
ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഊർജത്തിന് എന്തുകൊണ്ടങ്ങനെയായിക്കൂടാ

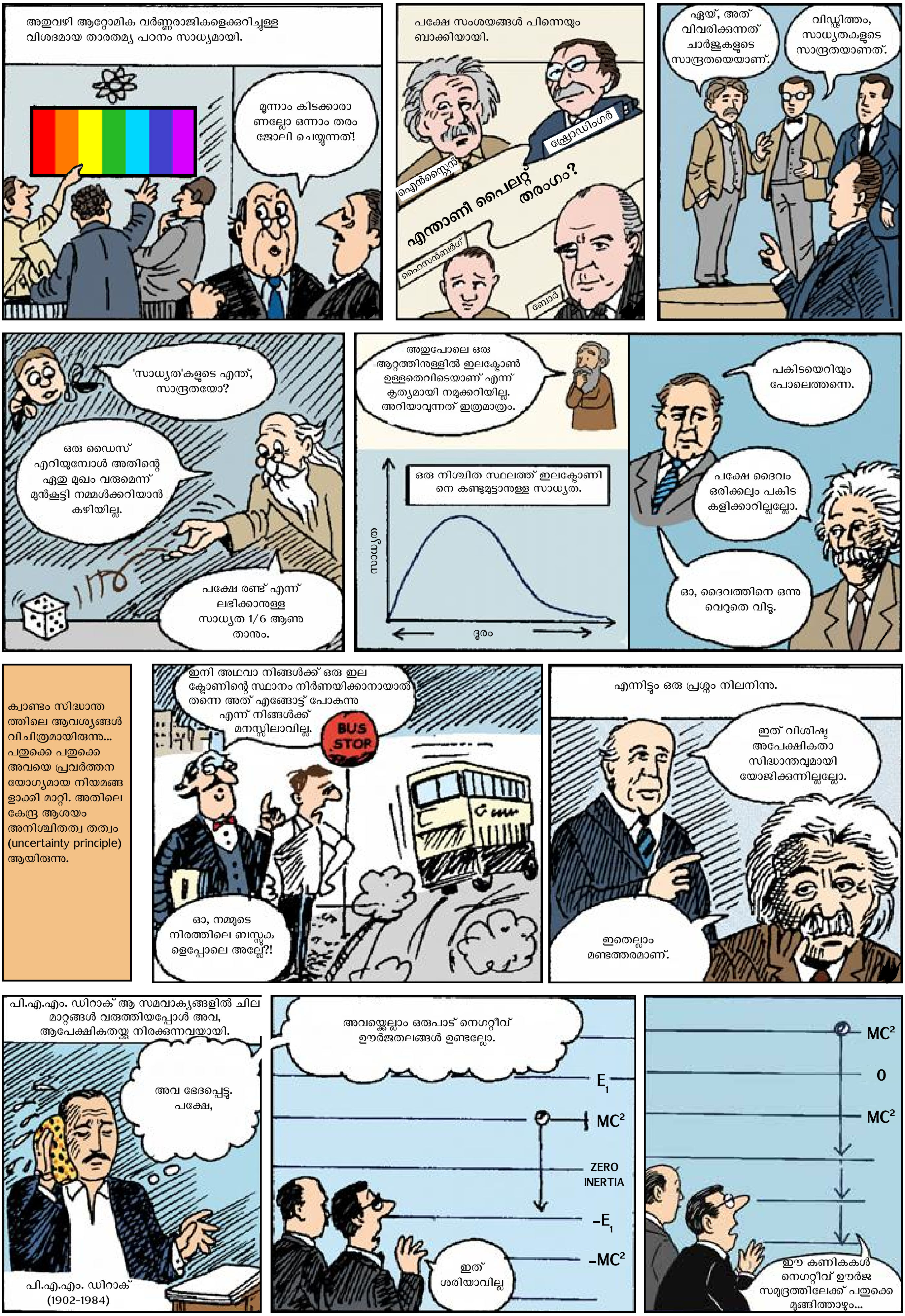


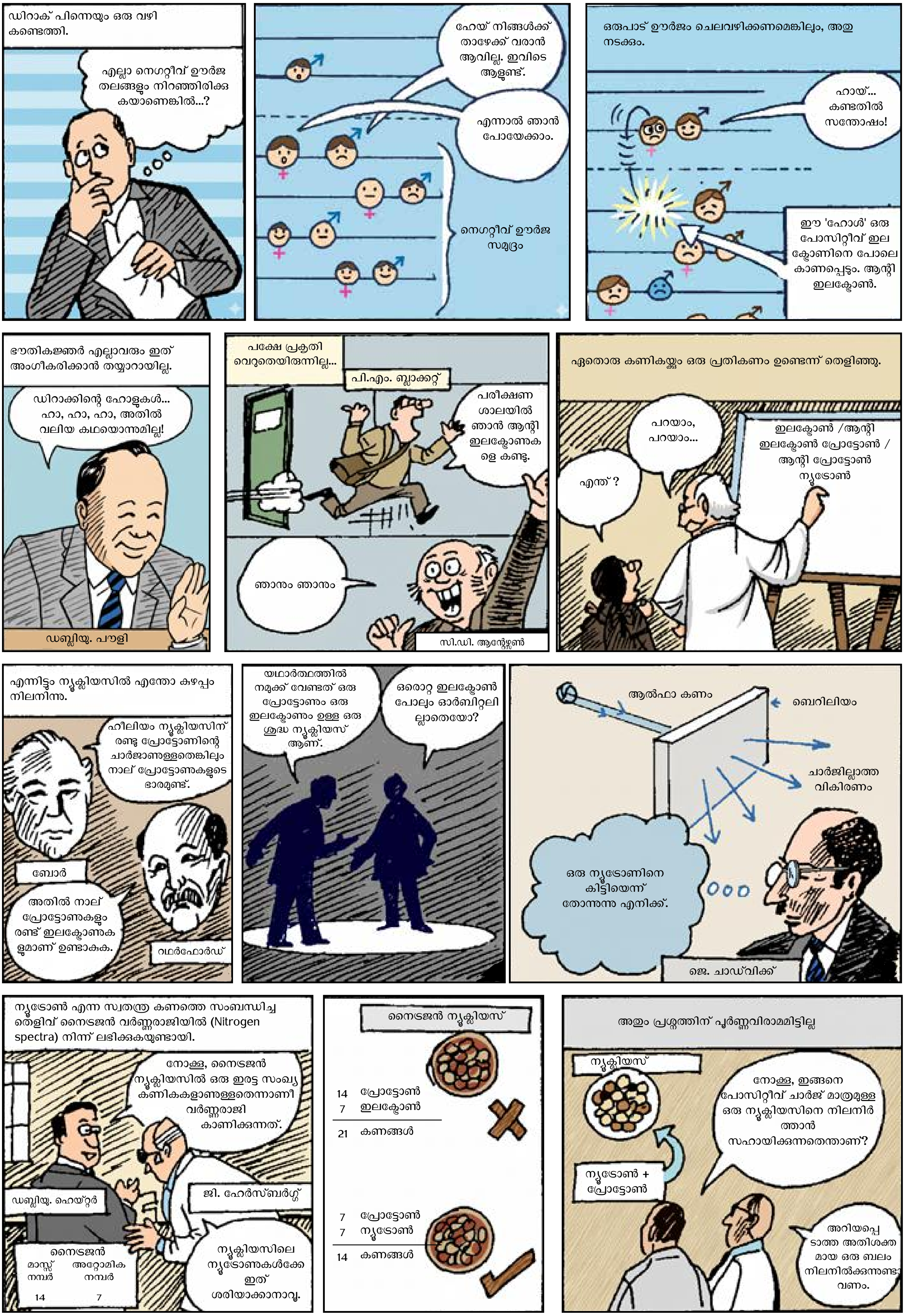
തന്റെ ആശയങ്ങളെ ഫലപ്രദമാക്കാനുള്ള വഴിയിൽ ബോറിന് അതുവരെ വാഴ്ത്തപ്പെട്ടിരുന്ന പല ശാസ്ത്ര തത്വങ്ങളെയും ഉപേക്ഷിക്കേണ്ടി വന്നു.
ന്യൂക്ലിയസ്സിനു ചുറ്റുമുള്ള എല്ലാ അകലങ്ങളിലും ഭ്രമണപഥം സാധ്യമല്ല.
ഇലക്ട്രോൺ
കേന്ദ്രം
ഞാൻ പറഞ്ഞതല്ലേ, അത് അനുവദിച്ചിട്ടില്ല എന്ന്.
ത്വരണമുണ്ടെങ്കിലും ചില നിശ്ചിത ഓർബിറ്റുകളിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് വികിരണമുണ്ടാകുകയില്ല.
താഴേയ്ക്കു ചാടൂ...
ഓ... ഈ ഓർബിറ്റിനെ അപേക്ഷിച്ച് എന്റെ ഊർജം ഏറെ കൂടുതലാണല്ലോ.
ഒരു ഓർബിറ്റിൽ നിന്നും മറ്റൊന്നിലേക്ക് മാറുമ്പോൾ മാത്രമേ ഇലക്ട്രോൺ വികിരണങ്ങൾ ഉത്സർജിക്കുകയുള്ളൂ.
ഇനി എനിക്ക് ആ നിശ്ചിത ഓർബിറ്റുകൾ തീരുമാനിക്കുകയേ വേണ്ടൂ.
കോണീയ സംവേഗവും (angular momentum) ക്വാണ്ടം രൂപത്തിലാണ്.
ഇതെന്തുതരം സംവേഗം?
m = മാസ്സ്
v = വേഗം
r = ആരം
സർക്കുലാർ ഓർബിറ്റിൽ mvr=J
ഇത്രയുമായപ്പോൾ ബോറിന് ആ 'നിശ്ചിത ഓർബിറ്റു'കളെ തീരുമാനിക്കാനായി.
$mvr=n\left(\frac{h}{2\pi}\right)$
with n= 1, 2, 3, 4...
എന്നിട്ട് ഓരോ ഓർബിറ്റിന്റെയും ഊർജം കണക്കാക്കി...
$E_n = \frac{-13.6eV}{n^2}$
n= 1, E_1
n= 2, E_2
പ്രകാശത്തിന്റെ ഊർജവും ആവൃത്തിയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം, E= hf ആയതുകൊണ്ട്...
തീർച്ചയായും
ഞാനും സമ്മതിച്ചിരിക്കുന്നു
ഐൻസ്റ്റൈൻ
പ്ലാങ്ക്
ഓരോ ഓർബിറ്റിൽ നിന്നും ചാടുന്ന ഇലക്ട്രോൺ ഉത്സർജിക്കുന്ന ഊർജം ഏത് ആവൃത്തിയിലായിരിക്കും എന്ന് കണക്കാക്കാൻ എനിക്ക് കഴിയും.
നിങ്ങൾക്ക് പറ്റുമോ?
അതെ, സൈദ്ധാന്തിക നിഗമനങ്ങൾ നിരീക്ഷണങ്ങളുമായി തികച്ചും ഒത്തുപോകുന്നു എന്നതുകൊണ്ടുതന്നെ.



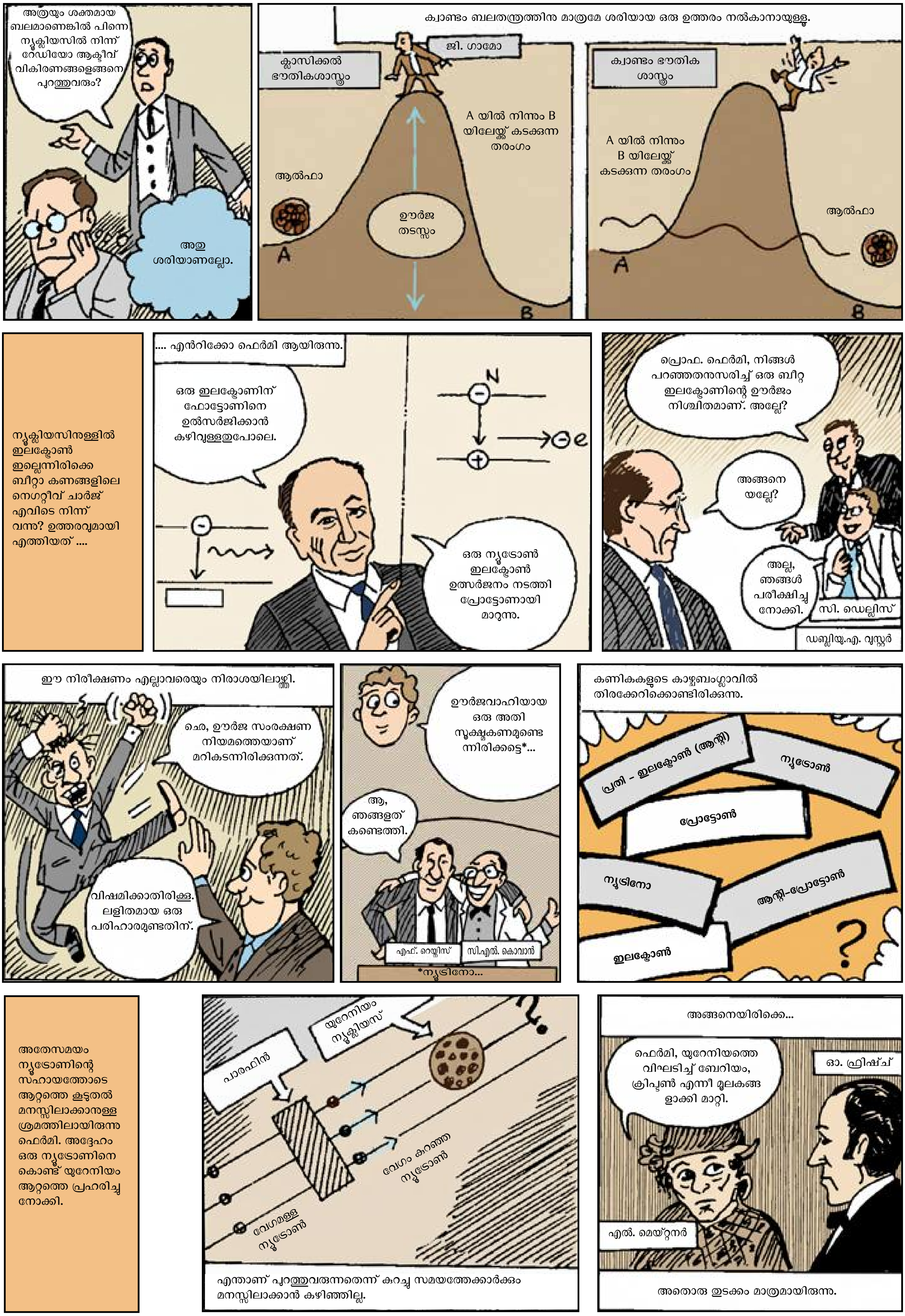
മറ്റുപല ആശയക്കുഴപ്പങ്ങളും കൂടിയായപ്പോൾ നല്ലൊരു സിദ്ധാന്ത രൂപവൽക്കര ണത്തിലാണത് ചെന്നെത്തിയത്. ആദ്യം സോമർ ഫെൽഡ് ദീർഘവൃ ത്താകൃതിയിലുള്ള ഓർബിറ്റുകളെ പറ്റി പറഞ്ഞു.
ഒരേ ഊർജനിലയിലുള്ള രണ്ടുതരം ഓർബിറ്റുകളുണ്ടാകാം, വൃത്തവും ദീർഘവൃത്തവും.
എം. സോമർഫെൽഡ് (1868-1961)
സൂര്യൻ
തീർച്ചയായും ഞാനതുതന്നെ പറഞ്ഞിരുന്നതല്ലേ?
കെപ്ലർ
n = 1 എന്ന മൂല്യത്തിന് ഒരേയൊരു വൃത്തപഥം n = 2 ന് ഒരു വൃത്തം, മൂന്ന് ദീർഘവൃത്തം.
അപ്പോഴാണ് പൗളിയുടെ എക്സ്ക്ലൂഷൻ തത്വം വരുന്നത്.
രണ്ടിൽ കൂടുതൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ ഒരു ഓർബിറ്റിൽ ഉണ്ടാവുകയില്ല.
എന്തു കൊണ്ട്?
ഡബ്ലിയു. പൗളി (1900-1958)
മൂന്നുപേർ എന്നാൽ ഒരു കൂട്ടം എന്നർത്ഥം കൂടാതെ....
മൂലകങ്ങളുടെ ആവർത്തന പട്ടിക
.... ഈ തത്വം ഉപയോഗിച്ച് ആവർത്തന പട്ടിക വിശദീകരിക്കുക എളുപ്പമാണ്.
പൗളി വിശദീകരിക്കുക തന്നെ ചെയ്തു.
പക്ഷേ ഇതെല്ലാം അപൂർണ്ണങ്ങളായി തുടരുന്നു.
ആവട്ടെ..., പക്ഷേ എന്താണീ ഓർബിറ്റുകൾ?
എന്നാലും അവ വിശദീകരണയോഗ്യമാണല്ലോ.
ചോദ്യങ്ങൾക്ക് കൃത്യമായ ഒരു ഉത്തരം കണ്ടെത്താൻ കുറച്ചു കാലത്തെ കൂടി പരിശ്രമം വേണ്ടിവന്നു.
തരംഗങ്ങളും കണികകളും യഥാർത്ഥത്തിൽ വ്യത്യസ്തമാണോ?
എൽ. ദി ബ്രോയി
വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾക്ക് കണികകളുടെ സ്വഭാവമുണ്ടല്ലോ...
അപ്പോൾ പിന്നെ കണികകൾക്ക് തരംഗ സ്വഭാവമായിക്കൂടേ
ഒരു "പൈലറ്റ്" തരംഗത്തെയും ഇലക്ട്രോണിനെയും യോജിപ്പിച്ച് ചിന്തിച്ചപ്പോൾ ബോറിന്റെ ആശയങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞു.
പൈലറ്റ് തരംഗമോ?

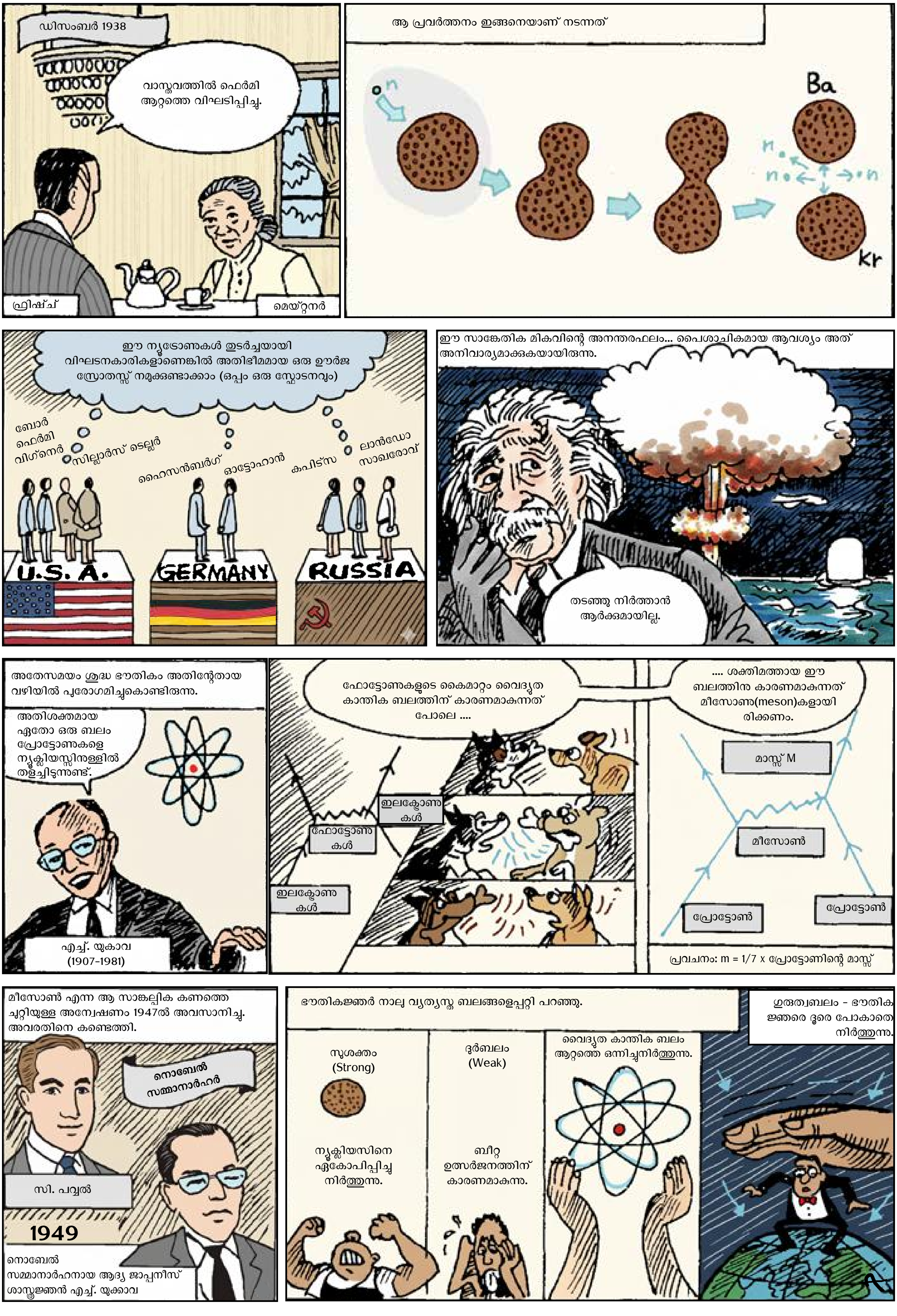

സൂക്ഷ്മ നിരീക്ഷണങ്ങൾ വഴി ദി ബ്രോയി കണികയും തരംഗവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടെത്തി.
ചലിക്കുന്ന ഓരോ കണികയിലും നിശ്ചിത തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള ഒരു പൈലറ്റ് തരംഗത്തെ നമുക്ക് സങ്കല്പിക്കാം.
ദി ബ്രോയി
പ്രവേഗം
കണികകൾ
മാസ്സ് M
തരംഗം
$\lambda = \frac{h}{mv}$
പക്ഷേ ലൂയി, ഇത് ഭ്രാന്താണ്! നമുക്ക് ഈ തരംഗങ്ങളെ കാണാൻ കഴിയുന്നില്ലല്ലോ.
അതി സൂക്ഷ്മമായ ദൈർഘ്യമേ ആ തരംഗങ്ങൾക്കുള്ളൂ. അതാണ് അതിന് കാരണം.
വീഴുന്ന ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ തരംഗത്തിന് 10^{-31} സെ.മീ. മാത്രമേ ദൈർഘ്യമുള്ളൂ.
ശരി, ശരി, പക്ഷേ നിങ്ങൾക്കിതൊന്നും തെളിയിക്കാൻ കഴിയില്ല.
ആട്ടെ, കാണാം.
തരംഗ പ്രഭാവം അറിയാൻ വിഭംഗനം (diffraction) നോക്കാം.
കണികകൾ
തരംഗം
എനിക്കു തോന്നുന്നത് നമുക്കതിന് കഴിയുമെന്നാണ്.
സി.ജെ. ഡേവിസൺ (1881-1958)
എങ്ങനെ?
എന്തുകൊണ്ടില്ല? ഇലക്ട്രോണുകളും ക്രിസ്റ്റൽ തലങ്ങളും ഉപയോഗിച്ച്.
എൽ.എച്ച്. ജെർമർ
ദ്രവ്യ (പൈലറ്റ്) തരംഗങ്ങളെ കണ്ടെത്താൻ അതു ധാരാളം മതിയാകും.
ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് പ്ലേറ്റ്
ക്രിസ്റ്റൽ
ഇലക്ട്രോൺ സ്രോതസ്സ്
കണിക
ഇലക്ട്രോണിന് വിഭംഗനം (Diffraction) സംഭവിച്ചു.
തരംഗം
ഒരു പൈലറ്റ് തരംഗത്തിന്റെ കരട് രൂപത്തിൽ നിന്നും തരംഗബലതന്ത്ര (wave mechanics) മെന്ന ഭൗതികശാസ്ത്ര ശാഖയിലേക്കുള്ള വളർച്ച ഏറെ സങ്കീർണ്ണമായിരുന്നു. അതിലേക്ക് വിലപിടിച്ച സംഭാവനകൾ നൽകിയവർ...
ഷ്രോഡിംഗർ (1887-1961)
ഹൈസൻബർഗ് (1901-1976)
പൈലറ്റ് തരംഗങ്ങൾക്ക് ഒരു ഗണിതശാസ്ത്ര വിശദീകരണം ഷ്രോഡിംഗർ നൽകി.
ഇലക്ട്രോൺ ഇപ്പോൾ പരിചിതമായി തോന്നുന്നു.


അതുവഴി ആറ്റോമിക വർണ്ണരാജികളെക്കുറിച്ചുള്ള വിശദമായ താരതമ്യ പഠനം സാധ്യമായി.
മൂന്നാം കിടക്കാരാണല്ലോ ഒന്നാം തരം ജോലി ചെയ്യുന്നത്!
പക്ഷേ സംശയങ്ങൾ പിന്നെയും ബാക്കിയായി.
ഐൻസ്റ്റൈൻ
ഷ്രോഡിംഗർ
എന്താണീ പൈലറ്റ് തരംഗം?
ഹൈസൻബർഗ്
ബോർ
ഏയ്, അത് വിവരിക്കുന്നത് ചാർജ്ജുകളുടെ സാന്ദ്രതയെയാണ്.
വിഡ്ഢിത്തം, സാധ്യതകളുടെ സാന്ദ്രതയാണത്.
'സാധ്യത'കളുടെ എന്ത്, സാന്ദ്രതയോ?
ഒരു ഡൈസ് എറിയുമ്പോൾ അതിന്റെ ഏതു മുഖം വരുമെന്ന് മുൻകൂട്ടി നമ്മൾക്കറിയാൻ കഴിയില്ല.
പക്ഷേ രണ്ട് എന്ന് ലഭിക്കാനുള്ള സാധ്യത 1/6 ആണ് താനും.
അതുപോലെ ഒരു ആറ്റത്തിനുള്ളിൽ ഇലക്ട്രോൺ ഉള്ളതെവിടെയാണ് എന്ന് കൃത്യമായി നമുക്കറിയില്ല. അറിയാവുന്നത് ഇത്രമാത്രം.
ഒരു നിശ്ചിത സ്ഥലത്ത് ഇലക്ട്രോണിനെ കണ്ടുമുട്ടാനുള്ള സാധ്യത.
സാധ്യത
ദൂരം
പകിടയെറിയും പോലെത്തന്നെ.
പക്ഷേ ദൈവം ഒരിക്കലും പകിട കളിക്കാറില്ലല്ലോ.
ഓ, ദൈവത്തിനെ ഒന്നു വെറുതെ വിടൂ.
ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തത്തിലെ ആവശ്യങ്ങൾ വിചിത്രമായിരുന്നു... പതുക്കെ പതുക്കെ അവയെ പ്രവർത്തന യോഗ്യമായ നിയമങ്ങളാക്കി മാറ്റി. അതിലെ കേന്ദ്ര ആശയം അനിശ്ചിതത്വ തത്വം (uncertainty principle) ആയിരുന്നു.
ഇനി അഥവാ നിങ്ങൾക്ക് ഒരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ സ്ഥാനം നിർണയിക്കാനായാൽ തന്നെ അത് എങ്ങോട്ട് പോകുന്നു എന്ന് നിങ്ങൾക്ക് മനസ്സിലാവില്ല.
BUS STOP
ഓ, നമ്മുടെ നിരത്തിലെ ബസ്സുകളെപ്പോലെ അല്ലേ?!
എന്നിട്ടും ഒരു പ്രശ്നം നിലനിന്നു.
ഇത് വിശിഷ്ട അപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തവുമായി യോജിക്കുന്നില്ലല്ലോ.
ഇതെല്ലാം മണ്ടത്തരമാണ്.
പി.എ.എം. ഡിറാക് ആ സമവാക്യങ്ങളിൽ ചില മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തിയപ്പോൾ അവ, ആപേക്ഷികതയ്ക്കു നിരക്കുന്നവയായി.
അവ ഭേദപ്പെട്ടു. പക്ഷേ,
പി.എ.എം. ഡിറാക് (1902-1984)
അവയ്ക്കെല്ലാം ഒരുപാട് നെഗറ്റീവ് ഊർജതലങ്ങൾ ഉണ്ടല്ലോ.
E1
MC2
ZERO INERTIA
-E1
-MC2
ഇത് ശരിയാവില്ല
MC2
0
MC2
ഈ കണികകൾ നെഗറ്റീവ് ഊർജ സമുദ്രത്തിലേക്ക് പതുക്കെ മുങ്ങിത്താഴും...

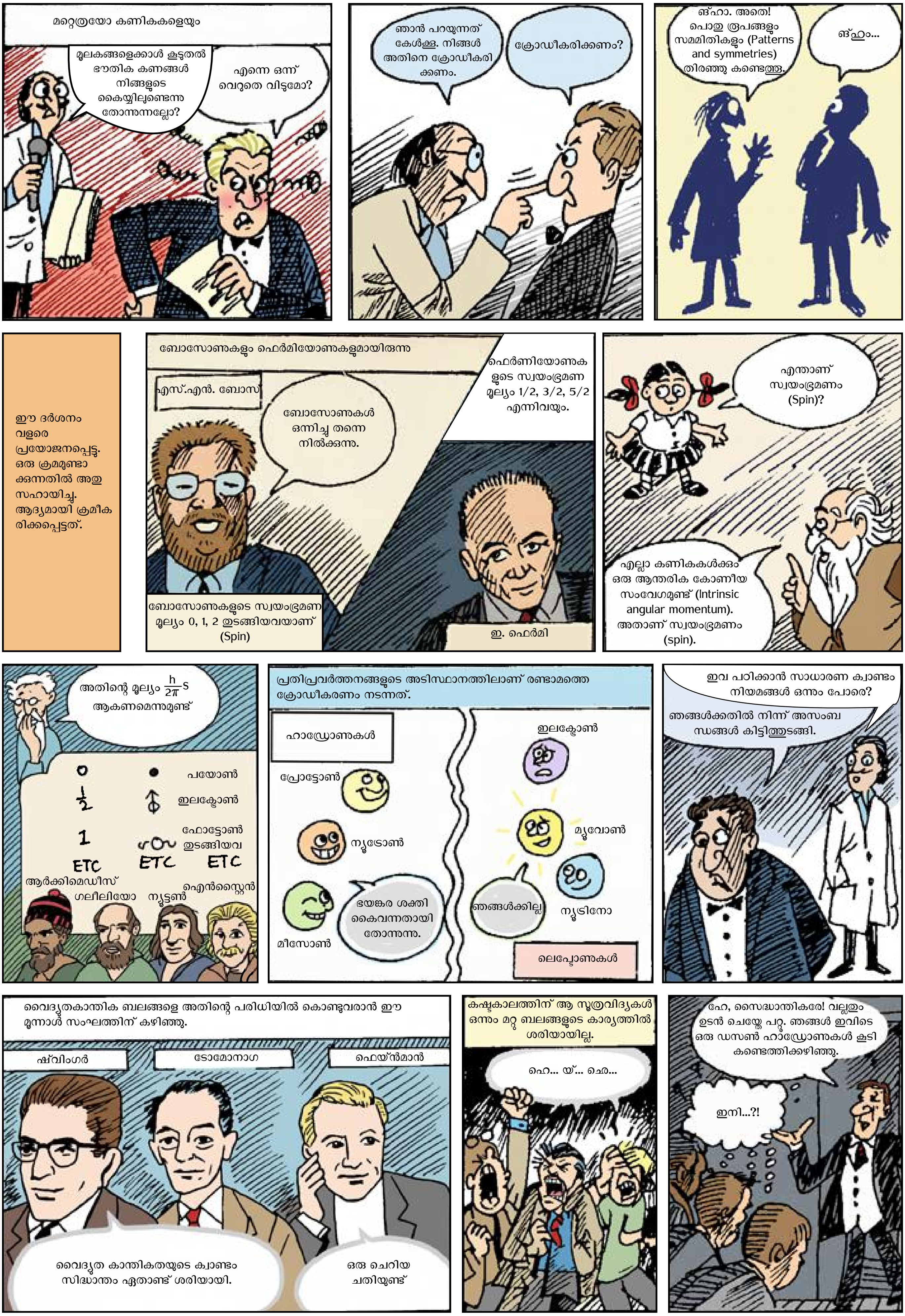


ഡിറാക് പിന്നെയും ഒരു വഴി കണ്ടെത്തി.
എല്ലാ നെഗറ്റീവ് ഊർജ്ജ തലങ്ങളും നിറഞ്ഞിരിക്കയാണെങ്കിൽ...?
ഹേയ് നിങ്ങൾക്ക് താഴേക്ക് വരാൻ ആവില്ല. ഇവിടെ ആളുണ്ട്.
എന്നാൽ ഞാൻ പോയേക്കാം.
നെഗറ്റീവ് ഊർജ്ജ സമുദ്രം
ഒരുപാട് ഊർജം ചെലവഴിക്കണമെങ്കിലും, അതു നടക്കും.
ഹായ്... കണ്ടതിൽ സന്തോഷം!
ഈ 'ഹോൾ' ഒരു പോസിറ്റീവ് ഇലക്ട്രോണിനെ പോലെ കാണപ്പെടും. ആന്റി ഇലക്ട്രോൺ.
ഭൗതികജ്ഞർ എല്ലാവരും ഇത് അംഗീകരിക്കാൻ തയ്യാറായില്ല.
ഡിറാക്കിന്റെ ഹോളുകൾ... ഹാ, ഹാ, ഹാ, അതിൽ വലിയ കഥയൊന്നുമില്ല!
ഡബ്ലിയു. പൗളി
പക്ഷേ പ്രകൃതി വെറുതെയിരുന്നില്ല...
പി.എം. ബ്ലാക്കറ്റ്
പരീക്ഷണശാലയിൽ ഞാൻ ആന്റി ഇലക്ട്രോണുകളെ കണ്ടു.
ഞാനും ഞാനും
സി.ഡി. ആന്റേഴ്സൺ
ഏതൊരു കണികയ്ക്കും ഒരു പ്രതികണം ഉണ്ടെന്ന് തെളിഞ്ഞു.
പറയാം, പറയാം...
എന്ത് ?
ഇലക്ട്രോൺ /ആന്റി ഇലക്ട്രോൺ പ്രോട്ടോൺ / ആന്റി പ്രോട്ടോൺ ന്യൂട്രോൺ
എന്നിട്ടും ന്യൂക്ലിയസിൽ എന്തോ കുഴപ്പം നിലനിന്നു.
ഹീലിയം ന്യൂക്ലിയസിന് രണ്ടു പ്രോട്ടോണിന്റെ ചാർജാണുള്ളതെങ്കിലും നാല് പ്രോട്ടോണുകളുടെ ഭാരമുണ്ട്.
ബോർ
അതിൽ നാല് പ്രോട്ടോണുകളും രണ്ട് ഇലക്ട്രോണുകളുമാണ് ഉണ്ടാകുക.
റഥർഫോർഡ്
യഥാർത്ഥത്തിൽ നമുക്ക് വേണ്ടത് ഒരു പ്രോട്ടോണും ഒരു ഇലക്ട്രോണും ഉള്ള ഒരു ശുദ്ധ ന്യൂക്ലിയസ് ആണ്.
ഒരൊറ്റ ഇലക്ട്രോൺ പോലും ഓർബിറ്റില്ലാതെയോ?
ആൽഫാ കണം
ബെറിലിയം
ചാർജില്ലാത്ത വികിരണം
ഒരു ന്യൂട്രോണിനെ കിട്ടിയെന്ന് തോന്നുന്നു എനിക്ക്.
ജെ. ചാഡ്‌വിക്ക്
ന്യൂട്രോൺ എന്ന സ്വതന്ത്ര കണത്തെ സംബന്ധിച്ച തെളിവ് നൈട്രജൻ വർണ്ണരാജിയിൽ (Nitrogen spectra) നിന്ന് ലഭിക്കുകയുണ്ടായി.
നോക്കൂ, നൈട്രജൻ ന്യൂക്ലിയസിൽ ഒരു ഇരട്ട സംഖ്യ കണികകളാണുള്ളതെന്നാണ് വർണ്ണരാജി കാണിക്കുന്നത്.
ഡബ്ലിയു. ഹെയ്റ്റർ
ജി. ഹേർസ്ബർഗ്ഗ്
നൈട്രജൻ
മാസ്സ് നമ്പർ 14
അറ്റോമിക നമ്പർ 7
ന്യൂക്ലിയസിലെ ന്യൂട്രോണുകൾക്കേ ഇത് ശരിയാക്കാനാവൂ.
നൈട്രജൻ ന്യൂക്ലിയസ്
14 പ്രോട്ടോൺ
7 ഇലക്ട്രോൺ
21 കണങ്ങൾ
7 പ്രോട്ടോൺ
7 ന്യൂട്രോൺ
14 കണങ്ങൾ
അതും പ്രശ്നത്തിന് പൂർണ്ണവിരാമമിട്ടില്ല
ന്യൂക്ലിയസ്
നോക്കൂ, ഇങ്ങനെ പോസിറ്റീവ് ചാർജ് മാത്രമുള്ള ഒരു ന്യൂക്ലിയസിനെ നിലനിർത്താൻ സഹായിക്കുന്നതെന്താണ്?
ന്യൂട്രോൺ + പ്രോട്ടോൺ
അറിയപ്പെടാത്ത അതിശക്തമായ ഒരു ബലം നിലനിൽക്കുന്നുണ്ടാവണം.

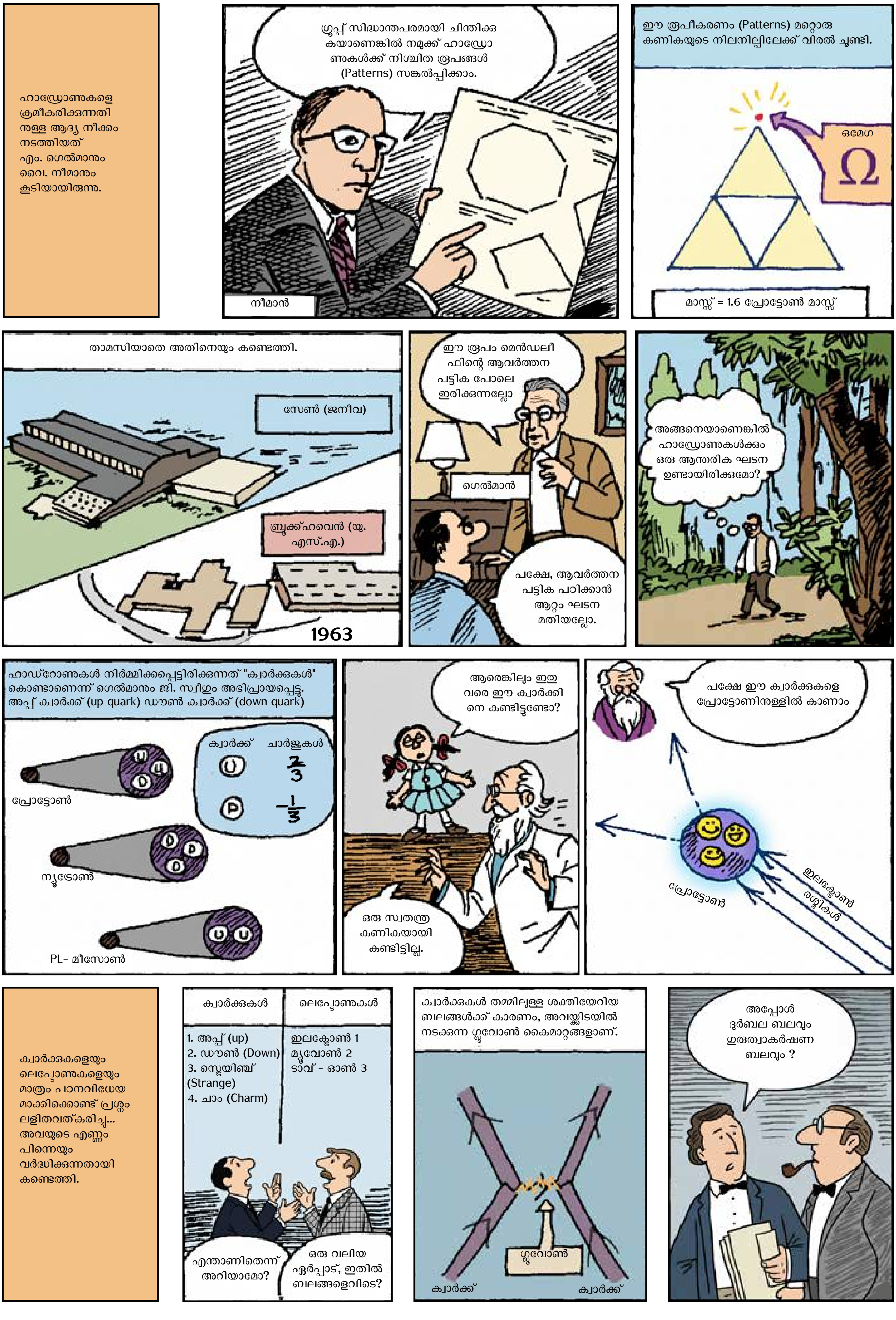

അത്രയും ശക്തമായ ബലമാണെങ്കിൽ പിന്നെ ന്യൂക്ലിയസിൽ നിന്ന് റേഡിയോ ആക്ടീവ് വികിരണങ്ങളെങ്ങനെ പുറത്തുവരും?
അതു ശരിയാണല്ലോ.
ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രത്തിനു മാത്രമേ ശരിയായ ഒരു ഉത്തരം നൽകാനായുള്ളൂ.
ജി. ഗാമോ
ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികശാസ്ത്രം
A യിൽ നിന്നും B യിലേയ്ക്ക് കടക്കുന്ന തരംഗം
ആൽഫാ
ഊർജ തടസ്സം
A
B
ക്വാണ്ടം ഭൗതിക ശാസ്ത്രം
A യിൽ നിന്നും B യിലേയ്ക്ക് കടക്കുന്ന തരംഗം
ആൽഫാ
A
B
ന്യൂക്ലിയസിനുള്ളിൽ ഇലക്ട്രോൺ ഇല്ലെന്നിരിക്കെ ബീറ്റാ കണങ്ങളിലെ നെഗറ്റീവ് ചാർജ് എവിടെ നിന്ന് വന്നു? ഉത്തരവുമായി എത്തിയത് ....
.... എൻറിക്കോ ഫെർമി ആയിരുന്നു.
ഒരു ഇലക്ട്രോണിന് ഫോട്ടോണിനെ ഉൽസർജിക്കാൻ കഴിവുള്ളതുപോലെ.
N
e
ഒരു ന്യൂട്രോൺ ഇലക്ട്രോൺ ഉത്സർജനം നടത്തി പ്രോട്ടോണായി മാറുന്നു.
പ്രൊഫ. ഫെർമി, നിങ്ങൾ പറഞ്ഞതനുസരിച്ച് ഒരു ബീറ്റ ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഊർജം നിശ്ചിതമാണ്. അല്ലേ?
അങ്ങനെ യല്ലേ?
അല്ല, ഞങ്ങൾ പരീക്ഷിച്ചു നോക്കി.
സി. ഡെല്ലിസ്
ഡബ്ലിയു.എ. വൂസ്റ്റർ
ഈ നിരീക്ഷണം എല്ലാവരെയും നിരാശയിലാഴ്ത്തി.
ഛെ, ഊർജ സംരക്ഷണ നിയമത്തെയാണ് മറികടന്നിരിക്കുന്നത്.
വിഷമിക്കാതിരിക്കൂ. ലളിതമായ ഒരു പരിഹാരമുണ്ടതിന്.
ഊർജവാഹിയായ ഒരു അതി സൂക്ഷ്മകണമുണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ*...
ആ, ഞങ്ങളത് കണ്ടെത്തി.
എഫ്. റെയ്നിസ്
സി.എൽ. കൊവാൻ
*ന്യൂട്രിനോ...
കണികകളുടെ കാഴ്ചബംഗ്ലാവിൽ തിരക്കേറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു.
പ്രതി - ഇലക്ട്രോൺ (ആന്റി)
ന്യൂട്രോൺ
പ്രോട്ടോൺ
ന്യൂട്രിനോ
ആന്റി-പ്രോട്ടോൺ
ഇലക്ട്രോൺ
?
അതേസമയം ന്യൂട്രോണിന്റെ സഹായത്തോടെ ആറ്റത്തെ കൂടുതൽ മനസ്സിലാക്കാനുള്ള ശ്രമത്തിലായിരുന്നു ഫെർമി. അദ്ദേഹം ഒരു ന്യൂട്രോണിനെ കൊണ്ട് യുറേനിയം ആറ്റത്തെ പ്രഹരിച്ചു നോക്കി.
യുറേനിയം ന്യൂക്ലിയസ്
പാരഫിൻ
?
വേഗം കുറഞ്ഞ ന്യൂട്രോൺ
വേഗമുള്ള ന്യൂട്രോൺ
എന്താണ് പുറത്തുവരുന്നതെന്ന് കുറച്ചു സമയത്തേക്കാർക്കും മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല.
അങ്ങനെയിരിക്കെ...
ഫെർമി, യുറേനിയത്തെ വിഘടിച്ച് ബേറിയം, ക്രിപ്റ്റൺ എന്നീ മൂലകങ്ങളാക്കി മാറ്റി.
ഓ. ഫ്രിഷ്ച്
എൽ. മെയ്റ്റ്നർ
അതൊരു തുടക്കം മാത്രമായിരുന്നു.

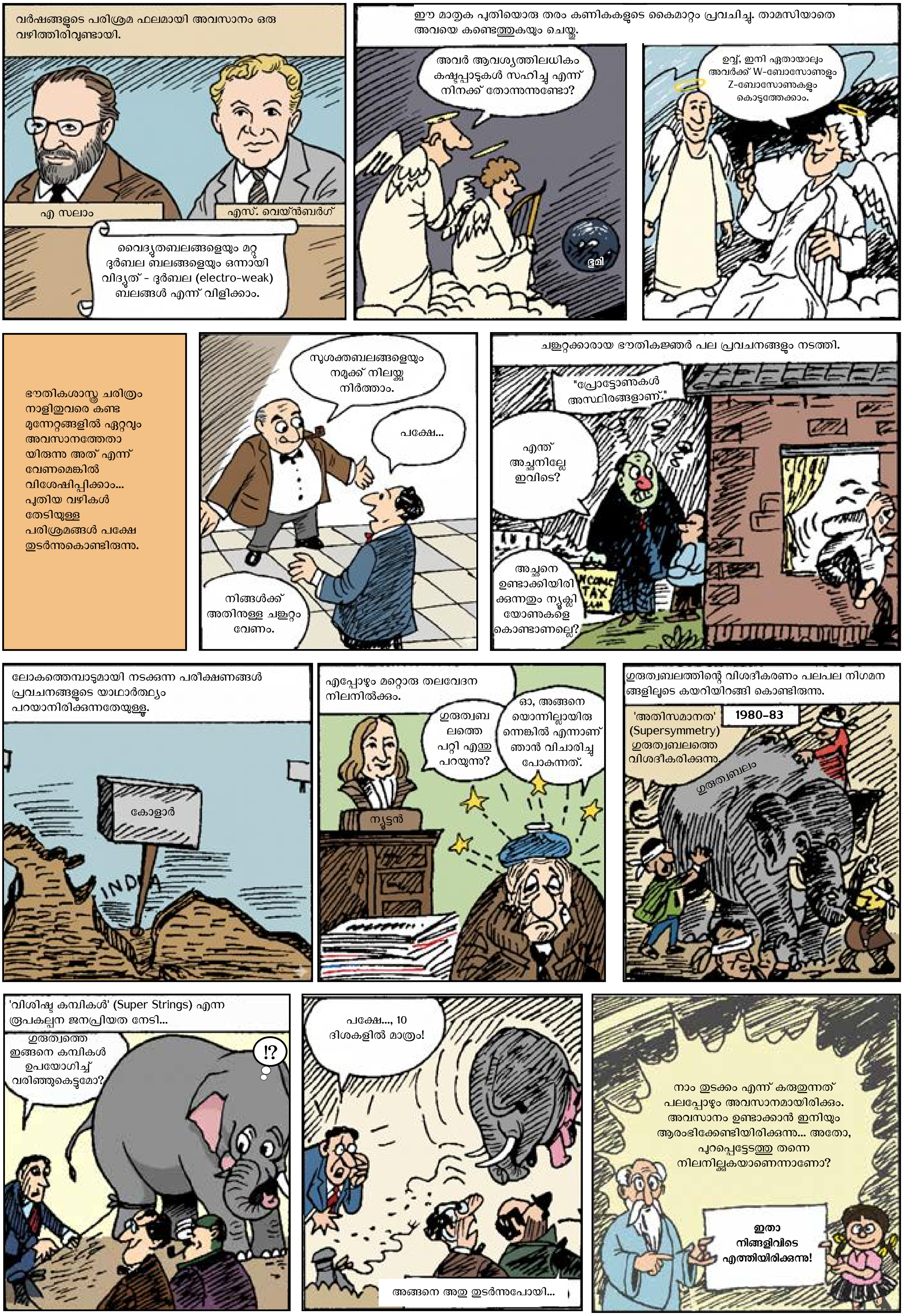


ഡിസംബർ 1938
വാസ്തവത്തിൽ ഫെർമി ആറ്റത്തെ വിഘടിപ്പിച്ചു.
ഫ്രിഷ്ച്
മെയ്റ്റ്നർ
ആ പ്രവർത്തനം ഇങ്ങനെയാണ് നടന്നത്
n
Ba
n
n
n
Kr
ഈ ന്യൂട്രോണുകൾ തുടർച്ചയായി വിഘടനകാരികളാണെങ്കിൽ അതിഭീമമായ ഒരു ഊർജ സ്രോതസ്സ് നമുക്കുണ്ടാക്കാം (ഒപ്പം ഒരു സ്ഫോടനവും)
ബോർ
ഫെർമി
വിഗ്നെർ
സില്ലാർസ് ടെല്ലർ
ഹൈസൻബർഗ്
ഓട്ടോഹാൻ
കപിട്സ
ലാൻഡോ
സാഖരോവ്
U.S.A.
GERMANY
RUSSIA
ഈ സാങ്കേതിക മികവിന്റെ അനന്തരഫലം... പൈശാചികമായ ആവശ്യം അത് അനിവാര്യമാക്കുകയായിരുന്നു.
തടഞ്ഞു നിർത്താൻ ആർക്കുമായില്ല.
അതേസമയം ശുദ്ധ ഭൗതികം അതിന്റേതായ വഴിയിൽ പുരോഗമിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നു.
അതിശക്തമായ ഏതോ ഒരു ബലം പ്രോട്ടോണുകളെ ന്യൂക്ലിയസ്സിനുള്ളിൽ തളച്ചിടുന്നുണ്ട്.
എച്ച്. യുകാവ (1907-1981)
ഫോട്ടോണുകളുടെ കൈമാറ്റം വൈദ്യുത കാന്തിക ബലത്തിന് കാരണമാകുന്നത് പോലെ ....
ഇലക്ട്രോണുകൾ
ഫോട്ടോണുകൾ
ഇലക്ട്രോണുകൾ
.... ശക്തിമത്തായ ഈ ബലത്തിനു കാരണമാകുന്നത് മീസോണു(meson)കളായിരിക്കണം.
മാസ്സ് M
മീസോൺ
പ്രോട്ടോൺ
പ്രോട്ടോൺ
പ്രവചനം: m = 1/7 x പ്രോട്ടോണിന്റെ മാസ്സ്
മീസോൺ എന്ന ആ സാങ്കല്പിക കണത്തെ ചുറ്റിയുള്ള അന്വേഷണം 1947ൽ അവസാനിച്ചു. അവരതിനെ കണ്ടെത്തി.
നൊബേൽ സമ്മാനാർഹർ
സി. പവ്വൽ
1949
നൊബേൽ സമ്മാനാർഹനായ ആദ്യ ജാപ്പനീസ് ശാസ്ത്രജ്ഞൻ എച്ച്. യുക്കാവ
ഭൗതികജ്ഞർ നാലു വ്യത്യസ്ത ബലങ്ങളെപ്പറ്റി പറഞ്ഞു.
സുശക്തം (Strong)
ന്യൂക്ലിയസിനെ ഏകോപിപ്പിച്ചു നിർത്തുന്നു.
ദുർബലം (Weak)
ബീറ്റ ഉത്സർജനത്തിന് കാരണമാകുന്നു.
വൈദ്യുത കാന്തിക ബലം ആറ്റത്തെ ഒന്നിച്ചുനിർത്തുന്നു.
ഗുരുത്വബലം - ഭൗതികജ്ഞരെ ദൂരെ പോകാതെ നിർത്തുന്നു.



മറ്റെത്രയോ കണികകളെയും
മൂലകങ്ങളെക്കാൾ കൂടുതൽ ഭൗതിക കണങ്ങൾ നിങ്ങളുടെ കൈയ്യിലുണ്ടെന്ന തോന്നുന്നല്ലോ?
എന്നെ ഒന്ന് വെറുതെ വിട്ടുമോ?
ഞാൻ പറയുന്നത് കേൾക്കൂ. നിങ്ങൾ അതിനെ ക്രോഡീകരിക്കണം.
ക്രോഡീകരിക്കണം?
ങ്ഹാ. അതെ! പൊതു രൂപങ്ങളും സമമിതികളും (Patterns and symmetries) തിരഞ്ഞു കണ്ടെത്തൂ.
ങ്ഹം...
ഈ ദർശനം വളരെ പ്രയോജനപ്പെട്ടു. ഒരു ക്രമമുണ്ടാക്കുന്നതിൽ അതു സഹായിച്ചു. ആദ്യമായി ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടത്.
ബോസോണുകളും ഫെർമിയോണുകളുമായിരുന്നു
എസ്.എൻ. ബോസ്
ബോസോണുകൾ ഒന്നിച്ചു തന്നെ നിൽക്കുന്നു.
ബോസോണുകളുടെ സ്വയംഭ്രമണ മൂല്യം 0, 1, 2 തുടങ്ങിയവയാണ് (Spin)
ഫെർമിയോണുകളുടെ സ്വയംഭ്രമണ മൂല്യം 1/2, 3/2, 5/2 എന്നിവയും.
ഇ. ഫെർമി
എന്താണ് സ്വയംഭ്രമണം (Spin)?
എല്ലാ കണികകൾക്കും ഒരു ആന്തരിക കോണീയ സംവേഗമുണ്ട് (Intrinsic angular momentum). അതാണ് സ്വയംഭ്രമണം (spin).
അതിന്റെ മൂല്യം $\frac{h}{2\pi}$S ആകണമെന്നുമുണ്ട്
0 പയോൺ
1/2 ഇലക്ട്രോൺ
1 ഫോട്ടോൺ തുടങ്ങിയവ
ETC ETC ETC
ആർക്കിമെഡീസ്
ഗലീലിയോ
ന്യൂട്ടൺ
ഐൻസ്റ്റൈൻ
പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് രണ്ടാമത്തെ ക്രോഡീകരണം നടന്നത്.
ഹാഡ്രോണുകൾ
പ്രോട്ടോൺ
ന്യൂട്രോൺ
മീസോൺ
ഭയങ്കര ശക്തി കൈവന്നതായി തോന്നുന്നു.
ഇലക്ട്രോൺ
മ്യൂവോൺ
ഞങ്ങൾക്കില്ല
ന്യൂട്രിനോ
ലെപ്റ്റോണുകൾ
ഇവ പഠിക്കാൻ സാധാരണ ക്വാണ്ടം നിയമങ്ങൾ ഒന്നും പോരേ?
ഞങ്ങൾക്കതിൽ നിന്ന് അസംബന്ധങ്ങൾ കിട്ടിത്തുടങ്ങി.
വൈദ്യുതകാന്തിക ബലങ്ങളെ അതിന്റെ പരിധിയിൽ കൊണ്ടുവരാൻ ഈ മൂന്നാൾ സംഘത്തിന് കഴിഞ്ഞു.
ഷ്വിംഗർ
ടോമോനാഗ
ഫെയ്ൻമാൻ
വൈദ്യുത കാന്തികതയുടെ ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തം ഏതാണ്ട് ശരിയായി.
ഒരു ചെറിയ ചതിയുണ്ട്
കഷ്ടകാലത്തിന് ആ സൂത്രവിദ്യകൾ ഒന്നും മറ്റു ബലങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ ശരിയായില്ല.
ഹെ... യ്... ഛെ...
ഹേ, സൈദ്ധാന്തികരേ! വല്ലതും ഉടൻ ചെയ്യേ പറ്റൂ. ഞങ്ങൾ ഇവിടെ ഒരു ഡസൻ ഹാഡ്രോണുകൾ കൂടി കണ്ടെത്തിക്കഴിഞ്ഞു.
ഇനി...?!


ഹാഡ്രോണുകളെ ക്രമീകരിക്കുന്നതിനുള്ള ആദ്യ നീക്കം നടത്തിയത് എം. ഗെൽമാനും വൈ. നീമാനും കൂടിയായിരുന്നു.
ഗ്രൂപ്പ് സിദ്ധാന്തപരമായി ചിന്തിക്കുകയാണെങ്കിൽ നമുക്ക് ഹാഡ്രോണുകൾക്ക് നിശ്ചിത രൂപങ്ങൾ (Patterns) സങ്കൽപ്പിക്കാം.
നീമാൻ
ഈ രൂപീകരണം (Patterns) മറ്റൊരു കണികയുടെ നിലനില്പിലേക്ക് വിരൽ ചൂണ്ടി.
ഒമേഗ
Ω
മാസ്സ് = 1.6 പ്രോട്ടോൺ മാസ്സ്
താമസിയാതെ അതിനെയും കണ്ടെത്തി.
സേൺ (ജനീവ)
ബ്രൂക്ക്ഹവെൻ (യു. എസ്.എ.)
1963
ഈ രൂപം മെൻഡലീഫിന്റെ ആവർത്തന പട്ടിക പോലെ ഇരിക്കുന്നല്ലോ
ഗെൽമാൻ
പക്ഷേ, ആവർത്തന പട്ടിക പഠിക്കാൻ ആറ്റം ഘടന മതിയല്ലോ.
അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ ഹാഡ്രോണുകൾക്കും ഒരു ആന്തരിക ഘടന ഉണ്ടായിരിക്കുമോ?
ഹാഡ്റോണുകൾ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് "ക്വാർക്കുകൾ" കൊണ്ടാണെന്ന് ഗെൽമാനും ജി. സ്വീഗും അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. അപ്പ് ക്വാർക്ക് (up quark) ഡൗൺ ക്വാർക്ക് (down quark)
ക്വാർക്ക്
ചാർജ്ജുകൾ
$\frac{2}{3}$
$-\frac{1}{3}$
പ്രോട്ടോൺ
ന്യൂട്രോൺ
PL- മീസോൺ
ആരെങ്കിലും ഇതു വരെ ഈ ക്വാർക്കിനെ കണ്ടിട്ടുണ്ടോ?
ഒരു സ്വതന്ത്ര കണികയായി കണ്ടിട്ടില്ല.
പക്ഷേ ഈ ക്വാർക്കുകളെ പ്രോട്ടോണിനുള്ളിൽ കാണാം
പ്രോട്ടോൺ
ഇലക്ട്രോൺ രശ്മികൾ
ക്വാർക്കുകളെയും ലെപ്ടോണുകളെയും മാത്രം പഠനവിധേയമാക്കിക്കൊണ്ട് പ്രശ്നം ലളിതവത്കരിച്ചു... അവയുടെ എണ്ണം പിന്നെയും വർദ്ധിക്കുന്നതായി കണ്ടെത്തി.
ക്വാർക്കുകൾ
ലെപ്ടോണുകൾ
1. അപ്പ് (up)
2. ഡൗൺ (Down)
3. സ്ട്രെയിഞ്ച് (Strange)
4. ചാം (Charm)
ഇലക്ട്രോൺ 1
മ്യുവോൺ 2
ടാവ് - ഓൺ 3
എന്താണിതെന്ന് അറിയാമോ?
ഒരു വലിയ ഏർപ്പാട്, ഇതിൽ ബലങ്ങളെവിടെ?
ക്വാർക്കുകൾ തമ്മിലുള്ള ശക്തിയേറിയ ബലങ്ങൾക്ക് കാരണം, അവയ്ക്കിടയിൽ നടക്കുന്ന ഗ്ലൂവോൺ കൈമാറ്റങ്ങളാണ്.
ഗ്ലൂവോൺ
ക്വാർക്ക്
ക്വാർക്ക്
അപ്പോൾ ദുർബല ബലവും ഗുരുത്വാകർഷണ ബലവും ?



വർഷങ്ങളുടെ പരിശ്രമ ഫലമായി അവസാനം ഒരു വഴിത്തിരിവുണ്ടായി.
എ സലാം
എസ്. വെയ്ൻബർഗ്
വൈദ്യുതബലങ്ങളെയും മറ്റു ദുർബല ബലങ്ങളെയും ഒന്നായി വിദ്യുത് - ദുർബല (electro-weak) ബലങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കാം.
ഈ മാതൃക പുതിയൊരു തരം കണികകളുടെ കൈമാറ്റം പ്രവചിച്ചു. താമസിയാതെ അവയെ കണ്ടെത്തുകയും ചെയ്തു.
അവർ ആവശ്യത്തിലധികം കഷ്ടപ്പാടുകൾ സഹിച്ചു എന്ന് നിനക്ക് തോന്നുന്നുണ്ടോ?
ഭൂമി
ഉവ്വ്, ഇനി ഏതായാലും അവർക്ക് W-ബോസോണുകളും Z-ബോസോണുകളും കൊടുത്തേക്കാം.
ഭൗതികശാസ്ത്ര ചരിത്രം നാളിതുവരെ കണ്ട മുന്നേറ്റങ്ങളിൽ ഏറ്റവും അവസാനത്തേതായിരുന്നു അത് എന്ന് വേണമെങ്കിൽ വിശേഷിപ്പിക്കാം... പുതിയ വഴികൾ തേടിയുള്ള പരിശ്രമങ്ങൾ പക്ഷേ തുടർന്നുകൊണ്ടിരുന്നു.
സുശക്തബലങ്ങളെയും നമുക്ക് നിലയ്ക്കു നിർത്താം.
പക്ഷേ...
നിങ്ങൾക്ക് അതിനുള്ള ചുണ്ടറ്റം വേണം.
ചുണ്ടറ്റക്കാരായ ഭൗതികജ്ഞർ പല പ്രവചനങ്ങളും നടത്തി.
"പ്രോട്ടോണുകൾ അസ്ഥിരങ്ങളാണ്."
എന്ത് അച്ഛനില്ലേ ഇവിടെ?
അച്ഛനെ ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നതും ന്യൂക്ലിയോണുകളെ കൊണ്ടാണല്ലൊ?
INCOME TAX
ലോകത്തെമ്പാടുമായി നടക്കുന്ന പരീക്ഷണങ്ങൾ പ്രവചനങ്ങളുടെ യാഥാർത്ഥ്യം പറയാനിരിക്കുന്നതേയുള്ളൂ.
കോളാർ
INDIA
എപ്പോഴും മറ്റൊരു തലവേദന നിലനിൽക്കും.
ഗുരുത്വബലത്തെ പറ്റി എന്തു പറയുന്നു?
ഓ, അങ്ങനെയൊന്നില്ലായിരുന്നെങ്കിൽ എന്നാണ് ഞാൻ വിചാരിച്ചു പോകുന്നത്.
ന്യൂട്ടൻ
ഗുരുത്വബലത്തിന്റെ വിശദീകരണം പലപല നിഗമനങ്ങളിലൂടെ കയറിയിറങ്ങി കൊണ്ടിരുന്നു.
'അതിസമാനത' (Supersymmetry) ഗുരുത്വബലത്തെ വിശദീകരിക്കുന്നു.
1980–83
ഗുരുത്വബലം
'വിശിഷ്ട കമ്പികൾ' (Super Strings) എന്ന രൂപകല്പന ജനപ്രിയത നേടി...
ഗുരുത്വത്തെ ഇങ്ങനെ കമ്പികൾ ഉപയോഗിച്ച് വരിഞ്ഞുകെട്ടുമോ?
!?
പക്ഷേ..., 10 ദിശകളിൽ മാത്രം!
അങ്ങനെ അതു തുടർന്നുപോയി...
നാം തുടക്കം എന്ന് കരുതുന്നത് പലപ്പോഴും അവസാനമായിരിക്കും. അവസാനം ഉണ്ടാക്കാൻ ഇനിയും ആരംഭിക്കേണ്ടിയിരിക്കുന്നു... അതോ, പുറപ്പെട്ടേടത്തു തന്നെ നിലനില്ക്കുകയാണെന്നാണോ?
ഇതാ നിങ്ങളിവിടെ എത്തിയിരിക്കുന്നു!