അധ്യായം 1

D8X6I7

ഭൗതികലോകം (PHYSICAL WORLD)

1.1 എന്താണ് ഭൗതികശാസ്ത്രം?
1.2 ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ സാധ്യതകളും വിസ്മയങ്ങളും
1.3 ഭൗതികശാസ്ത്രവും സാങ്കേതിക വിദ്യയും സമൂഹവും
1.4 പ്രകൃതിയിലെ അടിസ്ഥാനബലങ്ങൾ
1.5 ഭൗതികനിയമങ്ങളുടെ സ്വഭാവം
സംഗ്രഹം
പരിശീലനപ്രശ്നങ്ങൾ

1.1 എന്താണ് ഭൗതികശാസ്ത്രം? (What is Physics ?)

ചുറ്റുപാടുകളെക്കുറിച്ചറിയാനുള്ള മനുഷ്യരുടെ ആകാംക്ഷ എല്ലാകാലത്തുമുള്ളതാണ്. രാത്രിയിൽ ആകാശത്തു തെളിയുന്ന എണ്ണിയാലൊടുങ്ങാത്ത ജ്യോതിർഗോളങ്ങൾ അനാദികാലം മുതൽ തന്നെ മനുഷ്യർക്ക് അദ്ഭുതമുളവാക്കുന്നതായിരുന്നു. രാപകലുകൾ മാറിവരുന്നതിലെ കൃത്യത, ഋതുഭേദങ്ങളുടെ ചാക്രികത, ഗ്രഹണങ്ങൾ, വേലിയേറ്റവും ഇറക്കവും, അഗ്നിപർവതങ്ങൾ, മഴവില്ല് എന്നിങ്ങനെ അനേകമനേകം അദ്ഭുതപ്രതിഭാസങ്ങളാണ് ചുറ്റിലും. ഭൂമുഖത്തു കാണപ്പെടുന്ന പദാർഥങ്ങളുടെ ആശ്ചര്യകരമായ വൈവിധ്യവും ജീവ ജാതികളുടെ നിലനിൽപ്പിലും പെരുമാറ്റങ്ങളിലുമുള്ള വൈചിത്ര്യവും അന്ധാളിപ്പിക്കുന്നതാണ്. ഇതൊക്കെ കണ്ടറിയുമ്പോഴും ചുറ്റുപാടുകളെക്കുറിച്ച് അന്വേഷിക്കുമ്പോഴും സമീപിക്കുമ്പോഴും ഭാവന ചെയ്യുമ്പോഴുമാണ് മനുഷ്യമനസ്സുകളിൽ വിസ്മയങ്ങളുണ്ടാവുന്നത്. ശ്രദ്ധാപൂർവമായ നിരീക്ഷണത്തിലൂടെ പ്രകൃതിപ്രതിഭാസങ്ങളിലെ പരസ്പരാശ്രിതവും അർഥപൂർണമായ ബന്ധങ്ങളും മനസ്സിലാക്കിയെടുക്കുകയും അതിനനുസൃതമായി പ്രകൃതിയോട് ഇടപെടാനുതകുന്ന പുതിയ ഉപായങ്ങൾ മെനഞ്ഞെടുക്കുകയും ചെയ്യുന്നത് പണ്ടേ തുടർന്നുവരുന്ന ഒരു രീതിയാണ്. നിതാന്തമായ ഇത്തരം പരിശ്രമങ്ങൾ മനുഷ്യവംശത്തെ ക്രമേണ ആധുനികശാസ്ത്രത്തിലേക്കും സാങ്കേതികവിദ്യകളിലേക്കും നയിച്ചു.

ശാസ്ത്രം *(science)* എന്ന പദത്തിന്റെ ഉൽപ്പത്തി ലാറ്റിൻ ക്രിയാപദമായ *scientia- (അറിയുക)* എന്നതിൽനിന്നാണ്. സംസ്കൃതത്തിലെ *വിജ്ഞാൻ*, അറബിയിലെ *ഇൽമ്* എന്നീ പദങ്ങളും അറിവ് എന്നർഥമുള്ളവയാണ്. വിശാലമായ അർഥത്തിൽ ശാസ്ത്രത്തിന് മനുഷ്യവംശത്തോളംതന്നെ പഴക്കമുണ്ട്. ഈജിപ്ത്, ഇന്ത്യ, ചൈന, ഗ്രീസ്, മെസൊപ്പൊട്ടേമിയ എന്നിവപോലുള്ള ലോകത്തിലെ പൗരാണിക സംസ്കൃതികൾ ശാസ്ത്രത്തിന്റെ വികാസത്തിനു വിലപ്പെട്ട സംഭാവനകൾ നൽകിയിട്ടുണ്ട്. പതിനാറാം നൂറ്റാണ്ടോടുകൂടി യൂറോപ്പിലാകമാനം ശാസ്ത്രീയ മുന്നേറ്റങ്ങൾക്ക് വലിയ ഉണർവുണ്ടായി. അങ്ങനെ ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ പകുതിയോടുകൂടി ശാസ്ത്രം സാർവത്രികമാവുകയും ലോകവ്യാപകമായ പ്രസ്ഥാനമായിത്തീരുകയും വിവിധ രാജ്യങ്ങളും സംസ്കാരങ്ങളും അതിന്റെ വളർച്ചയെ ത്വരിതഗതിയിലാക്കുകയും ചെയ്തു.

ശാസ്ത്രം, ശാസ്ത്രീയരീതി എന്നിവ എന്താണെന്നു മനസ്സിലാക്കേണ്ടതുണ്ട്. പ്രകൃതിപ്രതിഭാസങ്ങളെ കഴിയുന്നത്ര സമഗ്രതയിലും ആഴ

ത്തിലും മനസ്സിലാക്കാനുള്ള ക്രമാനുഗതമായ പരിശ്രമമാണ് ശാസ്ത്ര പ്രവർത്തനം, അതിലൂടെ ലഭിക്കുന്ന അറിവിനെ *ശാസ്ത്ര*മെന്നു പറയാം, അതിന്റെ വെളിച്ചത്തിൽ ചില കാര്യങ്ങൾ മുൻകൂട്ടി പ്രവചിക്കാനും ചിലതിൽ മാറ്റം വരുത്താനും നിയന്ത്രിക്കാനും സാധിക്കണം. ശാസ്ത്രം പര്യവേക്ഷണമാണ്, പരീക്ഷണമാണ്, ചുറ്റും കാണുന്നവയിൽനിന്ന് ദീർഘദർശനം ചെയ്യാനുള്ള പ്രചോദനവുമാണ്. ലോകത്തെക്കുറിച്ച് അറിയാനുള്ള അതിയായ ആഗ്രഹത്തിൽനിന്ന് രൂപംകൊണ്ട ആദ്യത്തെ കാൽവയ്പ്പാണ് ശാസ്ത്രീയ കണ്ടുപിടുത്തങ്ങൾ. ശാസ്ത്രീയരീതിയെന്നു പറയുമ്പോൾ അതിൽ പരസ്പരബന്ധിതമായ അനേകം ചുവടുകൾ ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു- ചിട്ടയായ നിരീക്ഷണം, നിയന്ത്രിതമായ പരീക്ഷണം, കാര്യകാരണ വിചിന്തനത്തിലെ ഉയർന്ന നിലവാരം, ഗണിത മാതൃകാവൽക്കരണം, അനേക സാധ്യതകളിലേക്കുള്ള ഉപാധികൾ, സിദ്ധാന്തം വിശ്വാസയോഗ്യമാക്കാനുതകുന്ന പരിശോധനാസാധ്യതകൾ എന്നിവയൊക്കെയാണവ. കൂടാതെ ഒരു സിദ്ധാന്തത്തെ മുൻനിർത്തി നിരവധി സങ്കൽപ്പനങ്ങളെ മുന്നോട്ടുവയ്ക്കാനും വിഭാവന ചെയ്യാനും സാധിക്കണം. ആത്യന്തികമായി ഒരു ശാസ്ത്രീയസിദ്ധാന്തം എല്ലാ കാലത്തേക്കും സ്വീകാര്യമാവുന്ന വിധത്തിൽ നിരന്തരമായ നിരീക്ഷണങ്ങളെയും പരിശോധനകളെയും അതിജീവിക്കുന്നതുമായിരിക്കണം. പ്രകൃതിയുടെ തനിമയും ശാസ്ത്രീയരീതികളും തമ്മിൽ നിലനിൽക്കുന്ന നിരവധി ഭിന്നാഭിപ്രായങ്ങളെക്കുറിച്ച് കൂടുതലായൊന്നും ഇവിടെ ചർച്ച ചെയ്യാൻ ഉദ്ദേശിക്കുന്നില്ല.

ശാസ്ത്രീയസിദ്ധാന്തത്തിന്റെയും നിരീക്ഷണത്തിന്റെയും *(അല്ലെങ്കിൽ പരീക്ഷണത്തിന്റെയും)* പാരസ്പര്യമാണ് ശാസ്ത്രപുരോഗതിയുടെ അടിസ്ഥാനം. ശാസ്ത്രം ചലനാത്മകവും മുന്നോട്ടു പോയ്ക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതുമായ പ്രക്രിയയാണ്. ഒരു ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തവും ആ വിഷയത്തിൽ *അവസാന വാക്ക്* അല്ല, ശാസ്ത്രജ്ഞർക്കിടയിൽ ചോദ്യംചെയ്തുകൂടാത്ത ഒരധികാരകേന്ദ്രവുമില്ല. പരീക്ഷണ-നിരീക്ഷണ-വിശകലനങ്ങൾ പുരോഗമിക്കുന്ന മുറയ്ക്ക് പുതിയ സാഹചര്യങ്ങളിൽ ലഭിക്കുന്ന ഫലങ്ങളുടെ വെളിച്ചത്തിൽ അന്വേഷണ വിഷയമായ ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തത്തിൽ തിരുത്തലുകൾ നിർദേശിക്കപ്പെടാവുന്നതാണ്. ഇത്തരം തിരുത്തലുകൾ കൂടുതൽ ഗൗരവതരമല്ലെങ്കിൽ നിലവിലുള്ള സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ചട്ടക്കൂടിനകത്ത് അതും നിലനിൽക്കും. ഉദാഹരണത്തിന്, നിക്കോളസ് കോപ്പർനിക്കസ് (1473-1543) വിഭാവനം ചെയ്ത സൗരയൂഥസിദ്ധാന്തപ്രകാരം (*solar system*) സൂര്യനെ കേന്ദ്രമാക്കി (*helio-centric*) ഗ്രഹങ്ങൾ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നുവെന്നത് ടൈകൊ ബ്രേ (*Tycho Brahe 1546-1601*) നിരീക്ഷിച്ചുറപ്പിച്ചുവെങ്കിലും, ഗ്രഹങ്ങളുടെ പരിക്രമണപഥം വൃത്താകാരമല്ലെന്നും ദീർഘവൃത്താകാര പഥമാണെന്നുമുള്ള ജൊഹനസ് കെപ്ലർ (1571–1630) പിന്നീട് നൽകിയ നിർദേശമാണ് സൗരയൂഥ മാതൃകയ്ക്ക് കൂടുതൽ അനുയോജ്യമെന്ന് ശാസ്ത്രലോകം അംഗീകരിച്ചു. പുതിയ നിരീക്ഷണഫലങ്ങളെ വിശദീകരിക്കാൻ അശക്തമാകുന്ന വിധത്തിൽ പഴയ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ വഴിമുട്ടിനിൽക്കുമ്പോൾ ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിൽ വലിയ പ്രതിസന്ധികളുണ്ടായിട്ടുണ്ട്. ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ പകുതിവരെ സമസ്ത മേഖലകളിലും സ്വീകാര്യമായി തുടർന്നിരുന്ന ന്യൂട്ടോണിയൻ ബലതന്ത്രം (*Newtonian mechanics*) ശാസ്ത്രത്തിലെ ചില സുപ്രധാന പ്രതിഭാസങ്ങളെ വിശദീകരിക്കാൻ അപര്യാപ്തമാണെന്ന് മനസ്സിലായി. അതുപോലെ നൂറ്റാണ്ടുകളായി പ്രയോഗത്തിലുണ്ടായിരുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗസിദ്ധാന്തത്തിന് പ്രകാശവൈദ്യുതപ്രഭാവത്തിന്റെ (*photoelectric effect*) ഗുണവിശേഷങ്ങളെ വിശദീകരിക്കാൻ സാധിക്കാതെവന്നു. ഈ അവസാനവിശേഷം, ഭൗതികശാസ്ത്രത്തെ തളർത്തുകയല്ല, പ്രതിസന്ധികളെ മറികടന്നുകൊണ്ട് പരമാണു പഠനത്തിനും തന്മാത്രാപഠനത്തിനും അവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുന്നതിനും ഉതകുന്ന വിധത്തിൽ പുതിയ മൗലികസിദ്ധാന്തമായ ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രം (*Quantum mechanics*) വികസിച്ചുവരാനിടയാക്കുകയാണു ചെയ്തത്.

പുതിയ പരീക്ഷണരീതിക്ക് ഒരുപക്ഷേ ഒരു ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തത്തെ മറ്റൊരു വിധത്തിൽ നിർദേശിക്കാനായേക്കാം, ഒരു സൈദ്ധാന്തികമുന്നേറ്റത്തിന് ഏതെങ്കിലും പരീക്ഷണത്തിൽ കണ്ടെത്തേണ്ടതിനെ നിർദേശിക്കാനുമായേക്കും. അത്തരത്തിൽ 1911ൽ പ്രമുഖ ബ്രിട്ടിഷ് ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞനായ ***ഏണസ്റ്റ് റൂഥർഫോഡ്*** (1871-1937) അത്യന്തം നേർത്ത ഒരു സ്വർണത്തകിടിൽക്കൂടി ആൽഫാകിരണങ്ങൾ (*α-particles*) പായിച്ചപ്പോൾ ഉണ്ടായ ഫലസിദ്ധി, പരമാണു മാതൃക (*nuclear model*) സ്ഥാപിച്ചെടുക്കാനും പിന്നീട് ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ കണ ഭൗതികമാതൃക വിഭാവനം ചെയ്യാനും ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തത്തിന് അടിത്തറ പാകാനും 1913ൽ നോബെൽ സമ്മാനാർഹനായ ***നീൽസ് ബോർ*** (*Niels Bohr.1885-1962*) ന് പ്രചോദനമായിത്തീർന്നു. മറ്റൊരു വഴിക്ക്, 1930 ൽ ***പോൾ ഡിറാക്ക്*** (1902-1982) എന്ന സൈദ്ധാന്തിക ഭൗതികജ്ഞൻ പ്രതികണങ്ങളുടെ (*antiparticles*) സാധ്യത പ്രവചിക്കുകയും അത് ശരിയാണെന്ന് തെളിയിച്ചുകൊണ്ട് രണ്ടു വർഷത്തിനുശേഷം പരീക്ഷണശാലയിൽ പോസിറ്റീവ് ഇലക്ട്രോൺ (പോസിട്രോൺ- *positron*) എന്ന ഊർജകണത്തെ ***കാൾ ആന്റേഴ്സൺ*** കണ്ടെത്തുകയും ചെയ്തു.

സാമാന്യശാസ്ത്രത്തിലെ ഒരു പ്രധാന പഠനശാഖയാണ് ഭൗതികശാസ്ത്രം. രസതന്ത്രവും ജീവശാസ്ത്രവുമെക്കെ മറ്റുള്ള പഠനശാഖകളാണ്. പ്രകൃതി എന്നർഥമുള്ള ഗ്രീക്ക് പദത്തിൽനിന്നാണ് ഭൗതികശാസ്ത്രം (*Physics*) എന്ന പദം ഉണ്ടായത്. ഇതിനു സമാനമായി സംസ്കൃതത്തിൽ ഭൗതികലോകത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠ

നത്തിന് *ഭൗതിക്* എന്നു പറയുന്നു. ഇതിൽ കൂടുതൽ സൂക്ഷ്മമായ ഒരു നിർവചനം ഇതിനുവേണ്ടി സാധ്യമല്ലാത്തതും ആവശ്യമില്ലാത്തതുമാണ്. വിശാലമായ അർഥത്തിൽ മൂലപ്രകൃതിയുടെ അടിസ്ഥാനനിയമങ്ങളെക്കുറിച്ചു പഠിക്കുകയും അത്തരം പ്രതിഭാസങ്ങളെ വിവിധ രീതികളിൽ ആവിഷ്കരിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന ധർമമാണ് ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റേത്. അതിന്റെ വിശദമായ പ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് ഇനിവരുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ വിവരിക്കുന്നുണ്ട്. ഭൗതികശാസ്ത്രം നേരിടുന്ന രണ്ടു പ്രധാന വെല്ലുവിളികളെക്കുറിച്ചാണ് ഇനി സൂചിപ്പിക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്നത്: ഏകീകരണവും (*unification*) ന്യൂനീകരണവും (*reduction*).

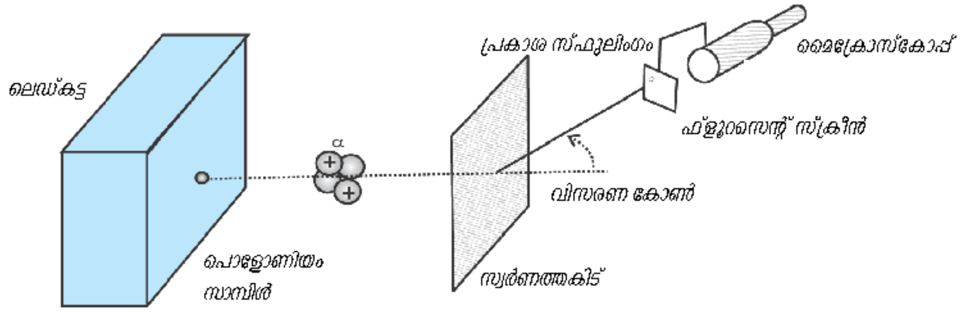
ഏതാനും ധാരണകളുടെയും കുറച്ചു സിദ്ധാന്തങ്ങളുടെയും പിൻബലത്തിലാണ് വൈവിധ്യപൂർണമായ ഭൗതികപ്രതിഭാസങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാൻ ഭൗതികശാസ്ത്രം ശ്രമിക്കുന്നത്. വ്യത്യസ്ത മണ്ഡലങ്ങളിലും വ്യവസ്ഥകളിലുമായി വ്യാപരിക്കുന്ന ഏതാനും സാർവത്രികസിദ്ധാന്തങ്ങളുടെ ആവിഷ്കാരമെന്ന നിലയിലാണ് ഭൗതികശാസ്ത്രം ലോകത്തെ നോക്കിക്കാണാൻ ശ്രമിക്കുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന്, ഒരു ആപ്പിൾ ഭൂമിയിലേക്കു വീഴുന്നതും ചന്ദ്രൻ ഭൂമിയെ ചുറ്റിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതും സൗരയൂഥഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യനെ പരിക്രമണം ചെയ്തുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതുമൊക്കെ വിശദീകരിക്കപ്പെടുന്നത് ഐസക് ന്യൂട്ടൺ ആവിഷ്കരിച്ച ഗുരുത്വാകർഷണസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. അതുപോലെ ***ജെയിംസ് ക്ലാർക്ക് മാക്സ്വെൽ*** വൈദ്യുതിയെയും കാന്തികതയെയും യോജിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് രണ്ടുമേഖലകളെയും ഉൾക്കൊള്ളാനുതകുന്ന വിധത്തിൽ വൈദ്യുതകാന്തികസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ (*electro-magnetism*) സമീകരണങ്ങൾ ആവിഷ്കരിച്ചു. പ്രകൃതിയിലെ അടിസ്ഥാനബലങ്ങളെ ഏകീകരിക്കാനുള്ള ശ്രമത്തിലും (*ഭാഗം1-4*) ഇതുപോലുള്ള അന്വേഷണങ്ങളാണ് നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്.

ഒരു ചെറിയ വസ്തുതയിൽനിന്നോ അതിന്റെ പ്രവർത്തന സ്വഭാവങ്ങളിൽനിന്നോ അതിന്റെ തന്നെ വലിയതും സങ്കീർണവുമായ വ്യവസ്ഥയുടെ ഗുണവിശേഷത്തെ വിശകലനം ചെയ്യുകയെന്നത് അതീവ ശ്രമകരമാണ്. ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഹൃദയമെന്ന് പറയാവുന്ന ഈ സമീപനത്തെയാണ് ***ന്യൂനീകരണത്വം*** (*reductionism*) എന്നു പറയുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന്, താപഗതികം (*Thermodynamics*) എന്ന വിഷയം ഉടലെടുക്കുന്നത് പത്തൊമ്പതാം നൂറ്റാണ്ടോടുകൂടിയാണ്. അത് കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നത് സ്ഥൂലവ്യവസ്ഥയിൽ (*bulk system*) സ്ഥൂലപരിമാണങ്ങളായി പെരുമാറുന്ന താപം, ആന്തരികോർജം, എൻട്രോപ്പി (*ഒരു വ്യവസ്ഥയുടെ ക്രമരാഹിത്യത്തിന്റെ അളവ്*) എന്നിവയെയാണ്. പിന്നീട് ഈ പരിമാണങ്ങളിലേക്ക് ഗതികനിയമത്തിന്റെയും സ്ഥിതിവിവര സങ്കേതികതയുടെയും സ്വാധീനം കടന്നുവരുന്നതോടുകൂടി ആ സ്ഥൂല വ്യവസ്ഥയാകെത്തന്നെ മൂലപദാർഥത്തിന്റെ തന്മാത്രാ തലത്തിൽ വ്യവഹരിക്കപ്പെടാനിടയാവുന്നു. വിശേഷിച്ച്, താപം എന്നത് ഒരു വ്യവസ്ഥയിലെ തന്മാത്രകളുടെ ഗതികോർജത്തിന്റെ ശരാശരിയായിട്ടാണ് കണക്കാക്കുന്നത്.

1.2 ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ സാധ്യതയും വിസ്മയവും (Scope and excitement of physics)

ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഉപവിഭാഗങ്ങളിലേക്ക് എത്തുമ്പോൾതന്നെ അതിനെക്കുറിച്ചുള്ള ഒരു കാഴ്ചപ്പാട് രൂപപ്പെടാനിടയുണ്ട്. അടിസ്ഥാനപരമായി ഇവിടെ പരിഗണിക്കേണ്ട രണ്ടു പ്രമുഖ മണ്ഡലങ്ങളുണ്ട്: സ്ഥൂലവും (*macroscopic*) സൂക്ഷ്മവും (*microscopic*). സ്ഥൂലമണ്ഡലം എന്നത് പരീക്ഷണശാല, ഭൂമി തുടങ്ങി ജ്യോതിർഗോളങ്ങൾ വരെയുള്ള പരിമാണങ്ങളിലേക്കു വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നു. സൂക്ഷ്മ മണ്ഡലമാകട്ടെ–ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ, ആണവ പ്രതിഭാസങ്ങൾ എന്നിവയെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതാണ്.* ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികം (*Classical Physics*) പ്രധാനമായും കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നത് സ്ഥൂലപ്രതിഭാസങ്ങളെയാണ്. ബലതന്ത്രം (*mechanics*), താപഗതികം (*Thermodynamics*), വൈദ്യുതഗതികം (*Electrodynamics*), പ്രകാശശാസ്ത്രം (*Optics*) എന്നിവകളൊക്കെ അതിൽ വിഷയമായി വരുന്നു. ന്യൂട്ടന്റെ ചലനനിയമങ്ങളും ഗുരുത്വാകർഷണസിദ്ധാന്തവും ആധാരമാക്കിയുള്ള ബലതന്ത്രം കണങ്ങളുടെയും മറ്റു വിവിധ പദാർഥരൂപങ്ങളുടെയും, ചലനാവസ്ഥകളെയും സന്തുലനാവസ്ഥകളെയും കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നു. ഒരു റോക്കറ്റ് ജെറ്റ് കുഴലിൽക്കൂടി വാതകം ചീറ്റുമ്പോഴുള്ള തള്ളൽശക്തി, വെള്ളത്തിലും വായുവിലും തരംഗങ്ങൾ രൂപപ്പെട്ടുവരുന്നത്, ഒരു വലിയ ഭാരം താങ്ങുന്ന വളഞ്ഞ ദണ്ഡിന്റെ സന്തുലിതാവസ്ഥ തുടങ്ങിയവയൊക്കെ ബലതന്ത്രത്തിന്റെ പ്രശ്നങ്ങളാണ്. ചാർജിതവും കാന്തീകൃതവുമായ വസ്തുക്കളുടെ വൈദ്യുതവും കാന്തികവുമായ പ്രതിഭാസങ്ങളെയാണ് വൈദ്യുതഗതികം പ്രതിപാദിക്കുന്നത്. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനനിയമങ്ങൾ ആവിഷ്കരിച്ചിട്ടുള്ളത് കൂളോം, ഏഴ്സ്റ്റഡ്, ആമ്പിയർ, ഫാരഡേ എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞരും. ഈ നിയമങ്ങളുടെ സത്തകളെല്ലാം ഒരു ചട്ടക്കൂടിലാക്കിയത് മാക്സ്വെൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ വിഖ്യാതമായ വൈദ്യുതകാന്തിക സമവാക്യങ്ങളിലൂടെയുമാണ്. കാന്തികമണ്ഡലത്തിലെ വൈദ്യുതി വഹിക്കുന്ന ഒരു ചാലകത്തിന്റെ ചലനാവസ്ഥ, ഒരു എ.സി. വോൾട്ടത (സിഗ്നൽ)യിൽ കാണിക്കുന്ന വൈദ്യുത സെർക്കീട്ടിന്റെ (*circuit*) പ്രതികരണം, ആന്റിനയുടെ പ്രവർത്തനം, അയണോസ്ഫിയറിൽ റേഡിയോതരംഗങ്ങളുടെ പ്രേഷണം എന്നിങ്ങനെയുള്ളവ വൈദ്യുതഗതികത്തിലുൾപ്പെടുന്നു. ഒപ്റ്റിക്സ്–അഥവാ പ്രകാശശാസ്ത്രം ഉൾക്കൊള്ളുന്നത് പ്രധാനമായും പ്രകാശം ഉൾപ്പെടുന്ന പ്രതിഭാസങ്ങളെയാണ്. ടെലിസ്കോപ്പ്, മൈക്രോസ്കോപ്പ് തുടങ്ങിയ പ്രകാശ ഉപകരണങ്ങളിലെ പ്രവർത്തനം, നേരിയ സ്തരങ്ങളു

* *സ്ഥൂലമണ്ഡലത്തിനും സൂക്ഷ്മമണ്ഡലത്തിനും മധ്യവർത്തിയായി- ഏതാനും (പത്തോ നൂറോ) ആറ്റങ്ങളെക്കുറിച്ചു മാത്രം പ്രതിപാദിക്കുന്ന മീസോസ്കോപിക് (Mesoscopic) മണ്ഡലത്തിന്റെ പഠനങ്ങൾ ഇപ്പോൾ ശാസ്ത്രഗവേഷണരംഗത്ത് പുതിയ വാതായനങ്ങൾ തുറന്നിട്ടുണ്ട്.*



ചിത്രം 1.1 പരീക്ഷണ-നിരീക്ഷണങ്ങളും സിദ്ധാന്തങ്ങളും ശാസ്ത്രവികാസത്തിനു പരസ്പരപൂരകങ്ങളായി വർത്തിക്കുന്നു. ആറ്റങ്ങളുടെ അണുകേന്ദ്ര മാതൃകയിലേക്കു നയിച്ച റുഥർഫോഡിന്റെ ആൽഫാ വികിരണ വിസരണ പരീക്ഷണം.

ണ്ടാക്കുന്ന നിറങ്ങൾ മുതലായവ ഒപ്റ്റിക്സിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. താപഗതികമാവട്ടെ, ബലതന്ത്രത്തിൽ നിന്നു വ്യത്യസ്തമായി വസ്തുക്കളുടെ മൊത്തം ചലനങ്ങളിൽ ഇടപെടുന്നില്ല, മറിച്ച് സ്ഥൂലവ്യവസ്ഥകളെ സംതുലനാവസ്ഥക്ക് മാറ്റം വരുത്തുന്ന ആന്തരികോർജം, താപം, അവ്യവസ്ഥ അഥവാ എൻട്രോപ്പി മുതലായ പ്രതിഭാസങ്ങളിലും താപപ്രേഷണത്തിലും അത് ഇടപെടുന്നു. പ്രായോഗിക പ്രവർത്തനങ്ങളായി താപയന്ത്രങ്ങളുടെയും ശീതീകരണയന്ത്രങ്ങളുടെയും കാര്യക്ഷമത, ഭൗതികവും രാസികവുമായ പ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കൽ എന്നിങ്ങനെയുള്ളവ താപഗതികത്തിന്റെ പരിഗണനയിൽ വരുന്നു.

ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ സൂക്ഷ്മമണ്ഡലം ചർച്ച ചെയ്യുന്നത്, ദ്രവ്യത്തിന്റെ അതിസൂക്ഷ്മതലങ്ങളിൽ വ്യാപരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോൺ, പ്രോട്ടോൺ (അതിലും ചെറിയ കണങ്ങളും) തുടങ്ങിയ അടിസ്ഥാനകണങ്ങളും അവ ചേർന്നു രൂപപ്പെടുന്ന ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ പോലുള്ളവയുടെ പരസ്പര ബന്ധവും പ്രവർത്തനവും ആണ്. ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ ഇത്രയും സൂക്ഷ്മതലത്തിലുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കാനുള്ള ഉപാധികൾ ഇല്ലാത്തതിനാൽ ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് സൂക്ഷ്മമണ്ഡല പ്രതിഭാസങ്ങൾ വിശകലനം ചെയ്യാനും വിശദീകരിക്കാനും ശ്രമിക്കുന്നത്. മൊത്തത്തിൽ ഭൗതികശാസ്ത്രമെന്ന സുന്ദരസൗധം ആസ്വാദ്യവും ആനന്ദകരവുമാണ്. താൽപ്പര്യപൂർവം അതിലേക്ക് കയറിപ്പോവുകയാണ് വേണ്ടത്.

അതിവിശാലമാണ് ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ സാധ്യതയെന്ന് നിങ്ങൾക്കിപ്പോൾ മനസ്സിലായിട്ടുണ്ടാകും. അത് ഭൗതിക അളവുകളായ നീളം, മാസ്, സമയം, ഊർജം എന്നിങ്ങനെ നിരവധി തരത്തിലും തോതിലുമുള്ള അളവുകളെ ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്. അതിസൂക്ഷ്മ കണങ്ങളുടെ-ഉദാ: ഇലക്ട്രോൺ, പ്രോട്ടോൺ – വലുപ്പമായ $10^{-14}m$ ൽ തുടങ്ങി പ്രപഞ്ചപ്രതിഭാസങ്ങളെയും താരാപഥങ്ങളെയും വർണിക്കാൻ ആവശ്യമായ 10^{26}m വരെ ആണ് വലുപ്പത്തിന്റെ പരിധി. ഈ രണ്ടു സ്ഥലപരിമാണങ്ങളും തമ്മിൽ 10^{40} ന്റെ വ്യത്യാസമാണുള്ളത്. ഈ അളവുകളെ പ്രകാശവേഗം കൊണ്ട് ഹരിച്ചാൽ സമയപരിമാണങ്ങളായി യഥാക്രമം 10^{-22}-*s*, 10^{18}*s*. എന്നിങ്ങനെ ലഭിക്കുന്നു. അതുപോലെ പരാമർശിക്കപ്പെട്ട മാസുകളുടെ അളവുകളെടുത്താൽ 10^{-30}*kg*.*(ഇലക്ട്രോൺ വിരാമ മാസ്)* മുതൽ 10^{55}*kg*. *(ദൃശ്യപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ (Galaxy) ശരാശരി മാസ്)* വരെയാണ്. നമുക്ക് പരിചിതങ്ങളായ ഭൗമ പരിമാണങ്ങൾ ഇവകൾക്കിടയിൽ എവിടെയെങ്കിലുമായിരിക്കും.

ഭൗതികശാസ്ത്രം നാനാവഴികളിലൂടെ ആവേശകരമായി മുന്നേറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ചിലയാളുകൾക്ക് അതിന്റെ അടിസ്ഥാനസിദ്ധാന്തങ്ങളുടെ ലാളിത്യവും വശ്യതയും, അദ്ഭുതകരമായി തോന്നുന്നത് അതിന്റെ സാർവത്രികതകൊണ്ടാണ്. അതായത് ചുരുക്കം ചില അടിസ്ഥാന സിദ്ധാന്തങ്ങളും അതിന്മേൽ പടുത്തുയർത്തിയ സങ്കൽപ്പങ്ങളും നിഗമനങ്ങളും ചേർന്നു നൽകുന്ന പിൻബലമാണ് അതിവിശാല മേഖലകളിൽ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്ന ഭൗതികപ്രതിഭാസങ്ങളെ വിശദീകരിക്കാനും വിശകലനം നടത്താനും ഭൗതികശാസ്ത്രത്തെ പ്രാപ്തമാക്കുന്നത്. സ്വപ്നതുല്യമായ ഭാവനകൾ പ്രാവർത്തികമാക്കിക്കൊണ്ട് ഭൗതികശാസ്ത്രം പുതിയ പരീക്ഷണങ്ങളിലേക്കും പ്രകൃതിരഹസ്യങ്ങൾ അനാവരണം ചെയ്യുന്നതിനുള്ള ഉപാധികളിലേക്കും സിദ്ധാന്തങ്ങളുടെ കണിശതയും നിലനിൽപ്പും പരിശോധിക്കുന്നതിലേക്കുമൊക്കെ വ്യാപരിക്കുന്നതാണ് മറ്റൊരു കൂട്ടരെ ആവേശം കൊള്ളിക്കുന്നത്. പ്രായോഗിക ഭൗതികവും ഇതേപോലെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്ന ഒന്നാണ്. ഭൗതികനിയമങ്ങൾ സ്വായത്തമാക്കിയും പ്രയോഗിച്ചും അനേകതരം ഉപകരണങ്ങളുടെ സൃഷ്ടിയും അവയിലൂടെ ലഭിക്കുന്ന വിസ്മയാവഹമായ നേട്ടവുമാണ് അത്യന്തം ആവേശകരമായിത്തീരുന്ന മറ്റൊരു കാര്യം.

കഴിഞ്ഞ ഏതാനും നൂറ്റാണ്ടുകളിൽ ഭൗതികശാസ്ത്രം കൈവരിച്ച നേട്ടങ്ങൾക്ക് പിന്നിൽ പ്രവർത്തിച്ചതെന്താണ്? ലോകത്താകമാനമുള്ള മനുഷ്യർക്ക് അവരുടെ ചുറ്റുപാടുകളെക്കുറിച്ചുണ്ടായ ധാരണകളിൽ വന്ന അടിസ്ഥാനപരമായ മാറ്റമാണ് പുരോഗതിയിലേക്ക് നയിച്ചത്. ശ്രേഷ്ഠമായ ചിന്താപദ്ധതികൾക്ക് ശാസ്ത്രത്തിൽ മുന്തിയ പരിഗണനയുണ്ടെങ്കിലും, ശാസ്ത്രീയപുരോഗ

തിക്ക് അതുമാത്രമുണ്ടായാൽ പോരെന്ന് വിലയിരുത്തപ്പെട്ടു. ജാഗ്രതയോടുകൂടിയുള്ള പരിമാണനിർണയം മുഖ്യസ്ഥാനത്തു നിൽക്കുന്ന ഒരു പ്രക്രിയയാണ്, പ്രത്യേകിച്ച് ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിൽ. കാരണം, പ്രകൃതി നിയമങ്ങൾ ആവിഷ്കരിക്കേണ്ടിവരുന്നത് പ്രധാനമായും ഗണിതസമവാക്യങ്ങളിലൂടെയായിരിക്കും. കൂടാതെ ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനതത്വങ്ങളെല്ലാം തന്നെ സാർവത്രികമായ കാഴ്ചപ്പാടോടുകൂടിയതാണ്. ഒരു സിദ്ധാന്തം തന്നെ വിവിധ സന്ദർഭങ്ങളിൽ നിരവധി മേഖലകളിലേക്കു പ്രയോഗിക്കാൻ കഴിയും. ഏകദേശനത്തിന്റെ (approximation) പ്രാധാന്യം തിരിച്ചറിഞ്ഞതാണ് മറ്റൊരു കാര്യം. നാം നിത്യവും കാണുന്ന പ്രതിഭാസങ്ങളിലേറെയും ലളിതമായ ഭൗതിക നിയമങ്ങളുടെ സങ്കീർണമായ ചേരുവകളാണ്. അതിൽ ഏറ്റവും മൗലികമായത് ഏത്, എന്ത്, എന്ന് കണ്ടെത്തലാണ് പ്രധാനം. ഒരു പ്രതിഭാസത്തിന്റെ സങ്കീർണതകളെയെല്ലാം പരിഗണിക്കുകയല്ല. ഒരു പ്രതിഭാസത്തിലുൾപ്പെടുന്ന അടിസ്ഥാനകാര്യം തിരിച്ചറിഞ്ഞ്, പിന്നീട് കൂടുതൽ തെളിവാർന്ന സിദ്ധാന്തങ്ങളിലേക്ക് എത്തിച്ചേരുക എന്നതാണ് ഇതുകൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന്, ഉയരത്തിൽ നിന്ന് ഒരു കല്ലും തൂവലും ഒരേസമയത്ത് താഴേക്കിട്ടാൽ നമുക്കറിയാവുന്നതുപോലെ കല്ല് ആദ്യം നിലം തൊടും. ഗുരുത്വബലം എല്ലാ വസ്തുക്കളേയും ഒരുപോലെ സ്വാധീനിക്കുന്നു എന്ന തത്വത്തിന്റെയടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള വസ്തുക്കളുടെ സ്വതന്ത്ര പതനം (*free fall*) എന്ന പ്രതിഭാസമാണിത്. പക്ഷേ, വായുരോധം തൂവലിന്റെ ഗതിയെ തടയുന്നു. സ്വതന്ത്ര പതനത്തിന്റെ വസ്തുത മനസ്സിലാക്കാൻ വായു നീക്കം ചെയ്തിട്ടുള്ള ഒരു സംവിധാനത്തിൽ പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കണം. ലംബദിശയിലിരിക്കുന്ന വായു നീക്കം ചെയ്ത കുഴലിൽക്കൂടി കല്ലും തൂവലും ഒരേ വേഗത്തിൽത്തന്നെ വീഴുന്നതു കാണാം. ഗുരുത്വത്വരണം മാസിൽനിന്ന് മുക്തമാണെന്നിത് തെളിയിക്കുന്നു. ഈ അടിസ്ഥാനതത്വത്തിൽനിന്നു വായുരോധം സംബന്ധിച്ച ചില ധാരണകളിലെത്തിച്ചേരാനും നിലവിലുള്ള സിദ്ധാന്തം പരിഷ്കരിക്കാനും ഗുരുത്വാകർഷണം മൂലമുള്ള വീഴ്ചയുടെ കാര്യത്തിൽ പുതിയ സിദ്ധാന്തങ്ങളിലേക്ക് എത്തിച്ചേരാനും സാധിക്കുന്നു.

1.3 ഭൗതികശാസ്ത്രവും സാങ്കേതികവിദ്യയും സമൂഹവും (Physics, Technology and Society)

ഭൗതികശാസ്ത്രവും സാങ്കേതികവിദ്യയും സമൂഹവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം വ്യക്തമാക്കുന്ന നിരവധി ഉദാഹരണങ്ങളുണ്ട്. വിവിധ ആവശ്യങ്ങൾ മുൻനിർത്തി താപയന്ത്രങ്ങളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കാനും അവ പരിഷ്കരിക്കാനും ഇടവന്നത് താപഗതികത്തിന്റെ വികാസത്തിന് കാരണമായി. നിങ്ങൾക്കറിയാവുന്നതുപോലെ പതിനെട്ടാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ഇംഗ്ലണ്ടിലുണ്ടായ വ്യാവസായികവിപ്ലവത്തിൽ പ്രധാന പങ്കുവഹിച്ചത് ആവിയന്ത്രത്തിന്റെ ഉപയോഗമാണ്. മാനവസംസ്കാരത്തിന് അതുമൂലമുണ്ടായ നേട്ടം മഹത്തരമാണ്. ചിലപ്പോൾ സാങ്കേതിക വിദ്യ

പരികൽപനകളും സങ്കൽപ്പങ്ങളും മോഡലുകളും (Hypothesis, Axioms and Models)

എല്ലാ കാര്യങ്ങളും ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെയും ഗണിതത്തിന്റെയും സഹായത്തോടെ തെളിയിക്കാനും വിശദീകരിക്കാനും സാധിക്കുമെന്ന് ആരും കരുതാനിടയില്ല. ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിലെ മാത്രമല്ല, ഗണിതത്തിലെയും ഒട്ടുമിക്ക കാര്യങ്ങളുടെയും അടിസ്ഥാനം സാധ്യതയെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള ഊഹങ്ങളാണ് (assumptions) സങ്കൽപ്പങ്ങളെന്നോ അനുമാനങ്ങളെന്നോ പരികൽപനകളെന്നോ അതിനെ വിളിക്കാം.

ഉദാഹരണത്തിന്, ഗുരുത്വാകർഷണമെന്ന സാർവിക സിദ്ധാന്തം ന്യൂട്ടൺ സ്വന്തം അനുമാനത്തിൽനിന്ന് നിർദേശിച്ചതാണ്. അത്തരം ഒരു ധൈഷണികത അദ്ദേഹത്തിനുണ്ടായിരുന്നു എന്നർഥം. അതിനു മുമ്പും പലരും പല നിരീക്ഷണങ്ങളും നടത്തിയിരുന്നു. ഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യനെ ചുറ്റുന്നതും ഭൂമിക്ക് ചുറ്റും ചന്ദ്രന്റെ പരിക്രമണവും പെൻഡുലങ്ങളുടെ ആന്ദോളനങ്ങളും വസ്തുക്കൾ ഭൂമിയിലേക്കു പതിക്കുന്നതും എല്ലാം നിരീക്ഷിക്കുകയും വിവരശേഖരണങ്ങൾ നടത്തുകയും ചെയ്തിരുന്നതാണ്. ഓരോന്നിനും വെവ്വേറെ വിശദീകരണം നൽകാനും ശ്രമിച്ചിരുന്നു. സാർവിക ഗുരുത്വാകർഷണ സിദ്ധാന്തം എന്താണ് ചെയ്തത്? ഇത്രമാത്രം: പ്രപഞ്ചത്തിൽ എവിടെയും രണ്ടു വസ്തുക്കൾ പരസ്പരം ആകർഷിക്കുന്നത് അവയുടെ മാസിന്റെ ഗുണനഫലത്തിന്റെ നേർ അനുപാതത്തിലും അവ തമ്മിലുള്ള അകലത്തിന്റെ വർഗത്തിന് **വിപരീതാനുപാതത്തിലുമായിരിക്കും.** ഈയൊരു കാഴ്ചപ്പാടു വരുമ്പോഴേക്കും മുമ്പു പറഞ്ഞ കാര്യങ്ങളൊക്കെ ഒറ്റയടിക്ക് വിശദീകരണത്തിലേക്കെത്തുന്നു. ഇക്കാര്യം മാത്രമല്ല വിശദീകരിക്കാനുതകുക, ഭാവിയിൽ വരുന്ന ഒരുപാടു പരീക്ഷണഫലങ്ങളെ മുൻകൂട്ടി കാണാനും പ്രവചിക്കാനും അതു നമ്മളെ പ്രാപ്തരാക്കുന്നു.

ഒരു പരികല്പന രൂപപ്പെടുന്നത് അത് സത്യമാണ് എന്ന നിഗമനത്തിൽ പൂർണമായി എത്തിയ ശേഷമാവണമെന്നില്ല. അതിനുള്ള സാധ്യതയുണ്ടായിരിക്കും. ഗുരുത്വാകർഷണസിദ്ധാന്തം തെളിയിക്കാൻ ആവശ്യപ്പെടുന്നത് ഉചിതമല്ല. കാരണം, തെളിയിക്കാൻ സാധ്യമാവാത്തതാണ് അതിന്റെ ആലോചനാപദ്ധതിതന്നെ. അതിൻമേൽ പരിശോധന നടത്തുകയും പരീക്ഷണ-നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ അത് വിമർശനത്തിനോ തിരുത്തലിനോ വിധേയമാക്കുകയും ചെയ്യാം.

സങ്കൽപം എന്നത് സ്വയം ബോധ്യമുള്ള ഒരു കാര്യവും മാതൃക അല്ലെങ്കിൽ മോഡൽ എന്നത് നിരീക്ഷിച്ച പ്രതിഭാസത്തെ വിശദീകരിക്കേണ്ടുന്നതിലേക്ക് നിർദേശിക്കുന്ന ഒരു സിദ്ധാന്തവുമാണ്. ഈ പറയുന്ന കാര്യങ്ങളിൽ നിങ്ങൾ വ്യാകുലചിത്തരാ

കണ്ടെത്തില്ല. ഉദാഹരണത്തിന്, അടുത്ത വർഷം നിങ്ങൾക്ക് ഹൈഡ്രജന്റെ ബോർമാതൃക പഠിക്കാനുള്ളതാണ്. അതിൽ ബോർ അനുമാനിക്കുന്നത് ഹൈഡ്രജൻ അണുവിലെ ഇലക്ട്രോൺ കൃത്യമായ ഒരു നിയമം അനുസരിക്കുന്നുണ്ടെന്നാണ്. അദ്ദേഹം എന്തുകൊണ്ടാണങ്ങനെ ചെയ്തത്? മുന്നിലുണ്ടായിരുന്ന വർണരാജികളുടെ നിരവധി സ്ഥിതിവിവരങ്ങളിൽനിന്ന് മറ്റൊരു സാധ്യതയിലേക്ക് എത്തപ്പെടാനാവില്ലെന്ന് അദ്ദേഹത്തിന് ബോധ്യമായി. അതുകൊണ്ടാണ് നിഗമനം സ്വീകാര്യമാവുമെങ്കിൽ അണുവിന്റെ സ്വഭാവം സംബന്ധിച്ച കാര്യങ്ങളിലെല്ലാം വിശദീകരണം സാധ്യമാവുമെന്ന് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞത്.

ഐൻസ്റ്റൈന്റെ സവിശേഷ ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം (special theory of relativity) രണ്ടുതരം നിഗമനങ്ങൾ ആസ്പദമാക്കിയുള്ളതാണ്. വൈദ്യുത-കാന്തിക വികിരണങ്ങളുടെ വേഗസ്ഥിരത സംബന്ധിച്ചും ഭൗതികനിയമങ്ങളെല്ലാം ജഡത്വാവലംബകങ്ങളിൽ (inertial frame of reference) സാധുവായിരിക്കും എന്നതു എല്ലാ ഭൗതിക നിയമങ്ങളുടെയും സാധുത സംബന്ധിച്ചും നിരീക്ഷകനിൽനിന്നോ സ്രോതസ്സിൽനിന്നോ സ്വതന്ത്രമായി, ശൂന്യസ്ഥലത്തുകൂടിയുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗം സ്ഥിരമാണെന്നത് തെളിയിക്കാൻ ആവശ്യപ്പെടുന്നതു യുക്തമല്ല.

ഗണിതത്തിലും എല്ലാ ഘട്ടങ്ങളിലും സങ്കൽപ്പങ്ങളും നിഗമനങ്ങളും വന്നുകൊണ്ടേയിരിക്കും. യൂക്ലീഡിയൻ ജ്യാമിതിപ്രകാരം രണ്ട് സമാന്തരരേഖകൾ കൂട്ടിമുട്ടുന്നില്ല. അതൊരു സങ്കൽപ്പമാണ്. ആ പ്രസ്താവന വിശ്വാസത്തിലെടുക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിന്മേൽ നമുക്കാ നേർരേഖയുടെ ഒരുപാട് സാധ്യതകളെയും രണ്ടോ മൂന്നോ മാനങ്ങളുള്ള രൂപങ്ങളുടെ ഗുണവിശേഷങ്ങളെയും വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും. എന്നാൽ ആ സങ്കൽപ്പത്തെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നില്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു പരികൽപനയിലേക്കോ പുതിയ രീതിയിലുള്ള ജ്യാമിതിയിലേക്കോ നിങ്ങൾക്ക് പോകേണ്ടിവരും. അത്തരം രീതികൾ കഴിഞ്ഞ ഏതാനും നൂറ്റാണ്ടുകളിലും ദശകങ്ങളിലുമായി സംഭവിച്ചുകഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്.

കളും ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ മുന്നേറ്റങ്ങൾക്ക് കളമൊരുക്കാറുണ്ട്.

ഭൗതികശാസ്ത്രം പുതിയ സാങ്കേതികവിദ്യക്ക് എപ്പോഴും പ്രചോദനമാണ്. അതിനുള്ള ഉദാഹരണമാണ് പത്തൊമ്പതാം നൂറ്റാണ്ടിൽ കണ്ടെത്തിയ വൈദ്യുതിയുടെയും കാന്തികതയുടെയും അടിസ്ഥാനതത്വങ്ങളിൽനിന്ന് കമ്പിയില്ലാക്കമ്പി (wireless) യെന്ന സാങ്കേതികവിദ്യ വികസിച്ചുവന്നത്. ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ പ്രായോഗികപദ്ധതികളെ മൊത്തമായി പലപ്പോഴും മുൻകൂട്ടി കാണാനാവില്ല. ഉദാഹരണമായി, പ്രശസ്ത ഭൗതികജ്ഞൻ ഏണസ്റ്റ് റൂഥർഫോഡ് ആറ്റങ്ങളിൽനിന്ന് ഊർജം ഉൽപ്പാദിക്കാമെന്ന ആശയം തള്ളിക്കളഞ്ഞതു 1933ലാണ്. എന്നാൽ കുറച്ചു വർഷങ്ങൾക്ക് ശേഷം 1938ൽ ന്യൂട്രോൺ പ്രേരണയാൽ യുറേനിയത്തിന്റെ അണുവിഘടനപ്രതിഭാസം മൂലമുള്ള ഊർജോൽപ്പാദനം സാധ്യമാണെന്ന് *ഹാൻ, മൈറ്റ്നർ* എന്നിവർ കണ്ടെത്തി. ഈ കണ്ടെത്തലിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ആണവവൈദ്യുതനിലയങ്ങളും ആണവായുധങ്ങളും സാധ്യമായത്. സാങ്കേതികവിദ്യയുടെ ഉയർച്ചയെ ഭൗതിക ശാസ്ത്രം പിന്തുണച്ച മറ്റൊരുദാഹരണമാണ് സിലിക്കൺ ചിപ്പി (chip)ന്റെ കണ്ടുപിടുത്തം. അത് കഴിഞ്ഞ മൂന്നു പതിറ്റാണ്ടുകളായി കമ്പ്യൂട്ടർവിപ്ലവത്തിനു വഴിവച്ചു.

ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ ശ്രദ്ധപതിഞ്ഞിട്ടുള്ളതും കാര്യമായ ഗവേഷണങ്ങൾ തുടരേണ്ടതുമായ ഒരു മേഖലയാണ് പാരമ്പര്യേതര ഊർജസ്രോതസ്സുകളുടേത് (alternative energy sources). അതിന്റെ സാധ്യതകൾ വികസിപ്പിക്കുകയും പ്രയോഗത്തിൽ വരുത്തുകയും ചെയ്യേണ്ടത് മനുഷ്യജീവിതത്തെ സംബന്ധിച്ച് അത്യാവശ്യമാണ്. ഗ്രഹത്തിലെ ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടെ ഉറവകൾ അതിവേഗം വറ്റിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന സാഹചര്യത്തിൽ പരമ്പരാഗതമാർഗങ്ങൾക്കു പകരം, ഊർജാവശ്യങ്ങൾക്ക് മറ്റുമാർഗങ്ങൾ കണ്ടെത്തേണ്ടതുണ്ട്. സൗരോർജവും ഭൗമതാപവും ഉപയോഗിക്കുന്ന വിധത്തിലുള്ള വൈദ്യുതിനിർമാണം ആ ദിശയിൽ ചിന്തിക്കുമ്പോൾ പരിഗണിക്കാവുന്ന സാധ്യതകളാണ്. ഇക്കാര്യങ്ങളിൽ ഗവേഷണങ്ങൾ നടക്കുന്നുണ്ടെങ്കിലും ഇനിയുമെത്രയോ കൂടുതൽ മുന്നോട്ടു പോകേണ്ടതുണ്ട്.

പട്ടിക 1-1 ൽ ചില മഹാശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ പേരുകളും അവരുടെ സംഭാവനകളും ജന്മദേശവും കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ലോകത്തിലെ മുഴുവൻ ജനങ്ങൾക്കുമായി ശാസ്ത്രീയമായ കണ്ടെത്തലുകൾക്കുള്ള ശ്രമങ്ങൾ സംസ്കാരങ്ങളെയും രാജ്യാതിർത്തികളെയും മറികടക്കുന്നതായി ഈ പട്ടികനോക്കുമ്പോൾ നിങ്ങൾക്കു ബോധ്യമാവും.

പട്ടിക 1-2 ൽ പ്രധാനപ്പെട്ട സാങ്കേതികവിദ്യകളും അവ ഉൾപ്പെടുന്ന ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തവും കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ പല വിവരങ്ങളും അധ്യാപകരുടെയും നല്ല ശാസ്ത്ര പുസ്തകങ്ങളുടെയും വെബ്സൈറ്റുകളുടെയും സഹായത്തോടുകൂടി നിങ്ങൾക്കുതന്നെ ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുത്താനാവും. ഇത്തരം ശ്രമങ്ങൾ പര്യാലോചനകൾ ആനന്ദകരവും ശാസ് ത്രപുരോഗതിപോലെത്തന്നെ അവസാനിക്കാത്തതുമാണ്. പ്രകൃതിയെക്കുറിച്ചും പ്രപഞ്ച പ്രതിഭാസങ്ങളെക്കുറിച്ചുമുള്ള പഠനശാഖയാണ് ഭൗതികശാസ്ത്രമെന്നു നമുക്കറിയാം. പരീക്ഷണ-നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ കണ്ടെത്തുകയും വിശകലനത്തിലൂടെ അംഗീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്തിട്ടുള്ള ഭൗതിക നിയമങ്ങളും സിദ്ധാന്തങ്ങളും ഒക്കെത്തന്നെ പ്രവർത്തിക്കുന്നത് പ്രപഞ്ചത്തെ മനസ്സിലാക്കാനുള്ള ഉപാധികൾ എന്ന നിലയിലാണ്. ഓരോ ഭൗതിക

പട്ടിക 1.1 വ്യത്യസ്ത രാജ്യങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞരും അവരുടെ പ്രധാന സംഭാവനകളും

പേര്	പ്രധാന സംഭാവനകൾ/കണ്ടെത്തലുകൾ	ജന്മരാജ്യം
ആർക്കിമെഡീസ്	പ്ലവനതത്ത്വങ്ങൾ, ഉത്തോലകതത്ത്വങ്ങൾ	ഗ്രീസ്
ഗലീലിയോ ഗലീലി	ജഡത്വനിയമങ്ങൾ	ഇറ്റലി
ക്രിസ്ത്യൻ ഹൈഗൻസ്	പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗസിദ്ധാന്തം	ഹോളണ്ട്
ഐസക് ന്യൂട്ടൺ	ഗുരുത്വാകർഷണസിദ്ധാന്തം, ചലനനിയമങ്ങൾ, പ്രതിഫലന ദൂരദർശിനി	ഇംഗ്ലണ്ട്
മൈക്കൽ ഫാരഡേ	വൈദ്യുതകാന്തികപ്രേരണനിയമം	ഇംഗ്ലണ്ട്
ജെയിംസ് ക്ലർക്ക് മാക്സ്വൽ	വൈദ്യുതകാന്തികസിദ്ധാന്തം, പ്രകാശം ഒരു വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗം	ഇംഗ്ലണ്ട്
ഹൈൻറിഷ് റുഡോൾഫ് ഹെർട്സ്	വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗ ഉൽപ്പാദനം	ജർമനി
ജെ.സി.ബോസ്	ഏറ്റവും ചെറിയ തരംഗദൈർഘ്യമുള്ള റേഡിയോതരംഗം	ഇന്ത്യ
ഡബ്ല്യു.കെ.റോൺജൻ	എക്സ് - റേ	ജർമനി
ജെ.ജെ.തോംസൺ	ഇലക്ട്രോൺ	ഇംഗ്ലണ്ട്
മേരി സ്ക്ലോഡോസ്കാ ക്യൂറി	റേഡിയം, പ്ലൂട്ടോണിയം, റേഡിയോ വികിരണപഠനം	പോളണ്ട്
ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റൈൻ	പ്രകാശവൈദ്യുതപ്രതിഭാസം, ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തങ്ങൾ	ജർമനി
വിക്ടർ ഫ്രാൻസിസ് ഹെസ്സ്	കോസ്മിക്കിരണങ്ങൾ	ആസ്ട്രേലിയ
ആർ.എ.മില്ലിക്കൻ	ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചാർജ്നിർണയം	അമേരിക്ക
ഏണസ്റ്റ് റൂഥർഫോഡ്	ആറ്റത്തിന്റെ രൂപഘടന	ന്യൂസിലാന്റ്
നീൽസ് ബോർ	ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിന്റെ ക്വാണ്ടം രൂപഘടന	ഡെൻമാർക്ക്
സി.വി.രാമൻ	തന്മാത്രകൾക്കിടയിലെ സൂക്ഷ്മപ്രകാശവിസരണം, രാമൻപ്രഭാവം	ഇന്ത്യ
ലൂയി വിക്തർ ദി ബ്രോയ്	ദ്രവ്യത്തിന്റെ തരംഗസ്വഭാവം	ഫ്രാൻസ്
എം.എൻ.സാഹാ	താപീയ അയണീകരണം	ഇന്ത്യ
എസ്.എൻ.ബോസ്	ക്വാണ്ടം സ്റ്റാറ്റിസ്റ്റിക്സ്	ഇന്ത്യ
വുൾഫ്ഗാങ് പൗളി	ഒഴിവാക്കൽനിയമം	ഓസ്ട്രിയ
എൻറിക്കോ ഫെർമി	നിയന്ത്രിത അണുഭേദനം	ഇറ്റലി
വെർണർ ഹൈസൻബർഗ്	ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രം, അനിശ്ചിതത്വസിദ്ധാന്തം	ജർമനി
പോൾ ഡിറാക്ക്	ഇലക്ട്രോണിന്റെ ആപേക്ഷികതാ നിയമം, ക്വാണ്ടം സ്റ്റാറ്റിസ്റ്റിക്സ്	ഇംഗ്ലണ്ട്
എഡ്വിൻ ഹബ്ബിൾ	പ്രപഞ്ചവികാസസിദ്ധാന്തം	അമേരിക്ക
ഏണസ്റ്റ് ഒർലാൺറോ ലോറൻസ്	സൈക്ലോട്രോൺ	അമേരിക്ക
ജെയിംസ് ചാഡ്വിക്ക്	ന്യൂട്രോൺ	ഇംഗ്ലണ്ട്
ഹിദെക്കി യുക്കാവ	അണുകേന്ദ്രബലനിയമം	ജപ്പാൻ
ഹോമി ജഹാംഗിർ ഭാഭാ	കോസ്മിക് വികിരണധാര	ഇന്ത്യ
ലെഫ് ഡെവിഡോവിച്ച് ലന്താവു	ദ്രവസാന്ദ്രീകരണനിയമം, ദ്രവഹീലിയം	റഷ്യ
സുബ്രഹ്മണ്യം ചന്ദ്രശേഖർ	ചന്ദ്രശേഖർ പരിധി, നക്ഷത്രഘടനയും പരിണാമവും	ഇന്ത്യ
ജോൺ ബാർഡീൻ	ട്രാൻസിസ്റ്റർ, അതിചാലകതാനിയമം	അമേരിക്ക
സി.എച്ച്. ടൗൺസ്	മേസർ, ലേസർ	അമേരിക്ക
അബ്ദുൽസലാം	വൈദ്യുതകാന്തികബലം, ക്ഷീണ ആണവബലം എന്നിവയുടെ സംയോജനം	പാകിസ്ഥാൻ

പട്ടിക 1.2 ഭൗതികശാസ്ത്രവും സാങ്കേതികവിദ്യയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

സാങ്കേതികവിദ്യ	ശാസ്ത്രീയസിദ്ധാന്തങ്ങൾ
ആവിയന്ത്രം	താപഗതികസിദ്ധാന്തങ്ങൾ
ആണവനിലയം	നിയന്ത്രിത അണുവിഘടനം
റേഡിയോ, ടെലിവിഷൻ	വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗത്തിന്റെ ഉൽപ്പാദനം, വിതരണം,സ്വീകരണം
കമ്പ്യൂട്ടർ	ഡിജിറ്റൽ ലോജിക് (digital logic)
ലേസർ	അനുവർധിത വികിരണംകൊണ്ടുള്ള പ്രകാശപ്രവർധനം
അത്യുന്നത കാന്തികക്ഷേത്രനിർമിതി	അതിചാലകത (superconductivity)
റോക്കറ്റ് ചലനം	ന്യൂട്ടന്റെ ചലനനിയമങ്ങൾ
ജനറേറ്റർ	ഫാരഡേയുടെ വൈദ്യുതകാന്തിക പ്രേരണനിയമങ്ങൾ
ജലവൈദ്യുതശക്തി	ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിതികോർജത്തെ വൈദ്യുതോർജമായി മാറ്റുന്നു.
വിമാനം	ബർണൗളിയുടെ ദ്രവഗതികസിദ്ധാന്തങ്ങൾ
കണികാത്വരിത്രം (ആക്സിലറേറ്ററുകൾ)	വൈദ്യുതകാന്തികക്ഷേത്രത്തിലൂടെയുള്ള ചാർജിതകണങ്ങളുടെ ചലനം
സോനാർ	അൾട്രാസോണിക് തരംഗങ്ങളുടെ പ്രതിഫലനം
ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബർ	പ്രകാശത്തിന്റെ പൂർണആന്തരിക പ്രതിഫലനം
പ്രതിപതനരോധ പൂശലുകൾ	നേരിയ ഇന്റർഫറൻസ് സ്തരങ്ങൾ
ഇലക്ട്രോൺ മൈക്രോസ്കോപ്പ്	ഇലക്ട്രോണുകളുടെ തരംഗസ്വഭാവം
ഫോട്ടോസെൽ	ഫോട്ടോ ഇലക്ട്രിക് പ്രഭാവം
ഫ്യൂഷൻ ടെസ്റ്റ് റിയാക്ടർ (ടോക്കാമാക്ക്)	കൃത്രിമ പ്ലാസ്മാവസ്ഥ സംരക്ഷിച്ചു നിർത്തൽ.
ജയന്റ് മീറ്റർവേവ് റേഡിയോ ടെലസ്കോപ്പ് (GMRT)	റേഡിയോ തരംഗങ്ങളെ പിടിച്ചെടുക്കൽ/സ്വീകരിക്കൽ
ബോസ്-ഐൻസ്റ്റൈൻ കണ്ടൻസേറ്റ്	ലേസർരശ്മിയും കാന്തികക്ഷേത്രവും ഉപയോഗിച്ച് ആറ്റങ്ങളെ വളരെ താഴ്ന്ന താപനിലയിലേക്കു തണുപ്പിച്ചെടുക്കൽ.

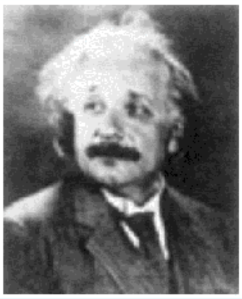
പ്രവർത്തനവും വിശകലനം ചെയ്യുമ്പോൾ അടിസ്ഥാനപരമായി പലവിധത്തിലുള്ള ബലങ്ങൾ (forces) അവയിലൊക്കെ പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ടെന്നു കാണാം. ഏതൊക്കെയാണ് ആ ബലങ്ങൾ? അതു മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് പ്രാപഞ്ചിക ശക്തികളായി വർത്തിക്കുന്ന അടിസ്ഥാന ബലങ്ങൾ, അഥവാ പ്രാഥമികബലങ്ങൾ എന്തൊക്കെയാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാൻ ശ്രമിക്കാം.

1.4 പ്രകൃതിയിലെ അടിസ്ഥാനബലങ്ങൾ (Fundamental forces in Nature*)

ദൈനംദിനജീവിതത്തിൽ നമ്മെ ഏതൊക്കെയോ ബലങ്ങൾ സ്വാധീനിക്കുന്നുവെന്ന് തോന്നാറുണ്ട്. എല്ലാതരം പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും ബലം വേണമെന്ന് നമുക്കറിയാം. വസ്തുവിനെ തള്ളിമാറ്റാനും ദൂരേക്ക് വലിച്ചെറിയാനും പിളർക്കാനും തകർക്കാനുമൊക്കെ ബലം വേണം. അതുപോലെ നമുക്കെതിരെ വരുന്ന വസ്തു നമ്മുടെ ദേഹത്തുതട്ടിയാലും നമ്മൾ സ്വയം കറങ്ങിക്കൊണ്ടേയിരുന്നാലും ഉണ്ടാവുന്ന ശാരീരികാനുഭവം നമുക്കറിയാം. ഇത്തരം അനുഭവങ്ങളിലുൾപ്പെടുന്നതും അല്ലാത്തതുമായ ബലങ്ങളെക്കുറിച്ച് ശാസ്ത്രീയമായി വിശകലനം ചെയ്താൽ ബലമെന്നത് കേവലം നിസ്സാരമോ ബാലിശമോ ആയ കാര്യമല്ലെന്ന് ബോധ്യമാവും. പൗരാണിക ചിന്തകരായിരുന്ന അരിസ്റ്റോട്ടിൽ പോലുള്ളവർക്കുപോലും ഇക്കാര്യത്തിൽ ശരിയായ കാഴ്ചപ്പാടുകൾ ഉണ്ടാക്കിയെടുക്കാൻ കഴിഞ്ഞിരുന്നില്ല. ബലം എന്ന പ്രതിഭാസത്തെക്കുറിച്ച് പ്രാഥമികമായ ഒരു കാഴ്ചപ്പാടുണ്ടാക്കിയെടുക്കാൻതന്നെ ഐസക് ന്യൂട്ടൻ ചലനനിയമങ്ങൾ (Laws of motion) ആവിഷ്കരിക്കുന്ന കാലം വരെ മനുഷ്യരാശിക്ക് കാത്തിരിക്കേണ്ടിവന്നു. രണ്ടു വസ്തുക്കൾക്കിടയിലെ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് അദ്ദേഹം കൃത്യമായ രൂപം നൽകി. (ഇനി വരുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ഇക്കാര്യം കൂടുതൽ പഠിക്കാനുണ്ട്.)

സ്ഥൂല പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തിന് പുറമേ മറ്റനേകം ബലങ്ങളെയും നമുക്ക് അഭിമുഖീകരിക്കേണ്ടിവരുന്നുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന് പേശീബലം, രണ്ടു വസ്തുക്കളുടെ സമ്പർക്കം മൂലമുണ്ടാവുന്ന ബലം, ഘർഷണ ബലം (friction -*ഇത് രണ്ടു പ്രതലങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള സമ്പർക്കം മൂലമുണ്ടാവുന്ന ബലം തന്നെ*), വലിവുബലം (tension), ദ്രാവകസമ്പർക്കത്തിലുണ്ടാവുന്ന പ്ലവന ബലം (force of buoyancy), വിസ്കസ് ബലം (viscous force), ദ്രവങ്ങളുടെ മർദ്ദം (pressure), ദ്രാവകത്തിന്റെ പ്രതലബലം (surface tension) എന്നിങ്ങനെ നിരവധിയെണ്ണം. ചാർജിതവസ്തുക്കളുടെയും കാന്തികവസ്തുക്കളുടെയും ബലങ്ങൾകൂടി ഇതിൽ ഉൾപ്പെടാനുണ്ട്. സൂക്ഷ്മമണ്ഡലത്തിലാണെങ്കിൽ, വൈദ്യുതബലവും കാന്തികബലവും, ഇലക്ട്രോൺ, പ്രോട്ടോൺ മുതലായവയുൾപ്പെടുന്ന ആണവബലവും ഒക്കെയായി ബലങ്ങളുടെ പട്ടിക നീണ്ടുപോ

* *Sections 1.4 and 1.5 contain several ideas that you may not grasp fully in your first reading. However, we advise you to read them carefully to develop a feel for some basic aspects of physics. These are some of the areas which continue to occupy the physicists today.*



ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റൈൻ (1879 – 1955)

ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റൈൻ 1879 ൽ ജർമനിയിലെ ഉൽമ് എന്ന സ്ഥലത്തു ജനിച്ചു. ലോകം മുഴുവൻ ആദരിക്കുന്ന മഹാനായ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ. ആശ്ചര്യകരമായ രീതിയിലായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശാസ്ത്രപ്രവേശം. 1905ൽ ഒരു ശാസ്ത്രമാസികയിൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചുവന്ന, പതിവുരീതികളിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമായ അദ്ദേഹത്തിന്റെ മൂന്നു പ്രബന്ധങ്ങളോടുകൂടിയാണ് അത് തുടങ്ങുന്നത്. പ്രബന്ധങ്ങളിലൊന്നിൽ പ്രകാശ ക്വാണ്ടത്തെ (light quanta - പിൽക്കാലത്ത് photon എന്നറിയപ്പെട്ട ഊർജകണം) ക്കുറിച്ചുള്ള ആശയം അവതരിപ്പിക്കുകയും പ്രകാശവൈദ്യുത പ്രഭാവത്തിന്റെ (photoelectric effect) സ്വഭാവങ്ങൾ വിവരിക്കാൻ ശ്രമിക്കുകയും ചെയ്തു. എന്നാൽ അന്നുവരെ പ്രകാശത്തിന്റെയും വികിരണത്തിന്റെയും തനതു സ്വഭാവമായി ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികം സ്വീകരിച്ചുപോന്ന തരംഗസിദ്ധാന്തത്തിന് നിരക്കുന്നതായിരുന്നില്ല അത്. രണ്ടാമത്തെ പ്രബന്ധം ബ്രൗണിയൻ ചലനങ്ങളെ (Brownian motion) വിശദീകരിക്കുന്നതാണ്. ഇക്കാര്യത്തെക്കുറിച്ച് പിന്നീടു നടന്ന പരീക്ഷണം പ്രബന്ധത്തിലെ ആശയങ്ങളെ ശരിവക്കുന്നതരത്തിൽ ദ്രവ്യത്തിലെ തന്മാത്ര (അണു) സാന്നിധ്യത്തിന് വിശ്വസനീയമായ തെളിവു ലഭിക്കുകയും ചെയ്തു. മൂന്നാമത്തെ ലേഖനത്തിലാണ് ഐൻസ്റ്റൈനെ ഇതിഹാസതുല്യനായ ശാസ്ത്രജ്ഞനാക്കിയ സവിശേഷ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം (special theory of relativity) പിറവിയെടുക്കുന്നത്. അതേത്തുടർന്ന് $E = mc^2$ എന്ന വിഖ്യാതമായ ഊർജസമവാക്യത്തിന്റെ പര്യാലോചനകൾ നടത്തി. പിന്നീടാണ് ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തെ ജഡത്വത്തിന്റെ (inertia) ചട്ടക്കൂടിലേക്ക് കൊണ്ടുവന്ന് അതിന് ഒരു പൊതു അവബോധമുണ്ടാക്കിയെടുത്തുകൊണ്ട് സാമാന്യ ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തം (General theory of relativity) ആവിഷ്കരിക്കുന്നത്. ഇതിലൂടെ ഗുരുത്വാകർഷണത്തെ മറ്റൊരു വീക്ഷണകോണിലൂടെ നോക്കിക്കാണാൻ അദ്ദേഹം പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ഐൻസ്റ്റൈന്റെ പ്രധാനപ്പെട്ട പിൽക്കാല സംഭാവനകൾ: മാക്സ് പ്ലാങ്കിന്റെ തമോവസ്തു വികിരണനിയമത്തിന്റെ (blackbody radiation law) വ്യുൽപത്തിയിൽനിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി ഒരു ഉത്തേജിത ഉൽസർജനത്തിന്റെ (stimulated emission) സങ്കൽപം മുന്നോട്ടു വച്ചു. ആധുനിക പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനത്തിന് പ്രേരണയാകുന്നത് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ സ്ഥിരതാ (static universe) മാതൃക ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഘടന, ഭാരിച്ച ബോസോണുകളുടെ (massive bosons) ക്വാണ്ടം സ്ഥിതികാവസ്ഥ, ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രത്തിന്റെ ആവിഷ്കാരത്തിലുള്ള വിമർശനാത്മകമായ വിശകലനം എന്നിവയൊക്കെയാണ്. അന്താരാഷ്ട്ര ഭൗതികശാസ്ത്ര വർഷമായി 2005 പ്രഖ്യാപിച്ചത്, ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ നൂറാം വർഷം എന്ന പരിഗണനയിലും ഐൻസ്റ്റൈൻ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനോടുള്ള ലോകത്തിന്റെ ആദരസൂചകവുമായിട്ടാണ്. 1905 ലായിരുന്നല്ലോ സാമ്പ്രദായിക ചിന്താപദ്ധതികളെ മുഴുവൻ തകിടംമറിക്കുകയും ലോകത്തെ മറ്റൊരു കാഴ്ചപ്പാടിലൂടെ നോക്കിക്കാണാൻ പ്രേരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്ത ആപേക്ഷിക സിദ്ധാന്തത്തിന് ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റൈൻ എന്ന മഹാപ്രതിഭ ജന്മം നൽകിയത്.

കുന്നു. എന്നാൽ നമുക്ക് പരിചിതങ്ങളായ ബലങ്ങളെല്ലാംതന്നെ സ്വതന്ത്രമായ നിലകളിൽ ഉള്ളവയാകണമെന്നില്ല. ബലങ്ങളുടെ പൊതുവായ ചില സ്വഭാവങ്ങളനുസരിച്ച് നമുക്ക് അവയെ ചുരുക്കം ചില ശീർഷകങ്ങളിലേക്ക് ക്രോഡീകരിക്കാനാവും. അത്തരത്തിൽ തരംതിരിക്കുമ്പോഴും ക്രോഡീകരിക്കുമ്പോഴും അടിസ്ഥാനപരമായി വേറിട്ടുനിൽക്കുന്നവ നാലു ബലങ്ങൾ മാത്രമാണെന്നു ബോധ്യമാവും. അവയാണ് അടിസ്ഥാന പ്രകൃതിബലങ്ങൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നത്, നിരവധിയായ സന്ദർഭങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന അനേകം ബലങ്ങൾ പരിചിതമാണെങ്കിലും ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ഭൗതികശാസ്ത്ര കാഴ്ചപ്പാടിൽ അടിസ്ഥാന പ്രകൃതിബലങ്ങൾ നാലെണ്ണം മാത്രമേയുള്ളൂ. അവയെക്കുറിച്ച് ഇനി വരുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ചുരുക്കി വിവരിക്കുന്നു.

1.4.1 ഗുരുത്വബലം (Gravitational Force)

രണ്ടു വസ്തുക്കൾ തമ്മിൽ അവയുടെ മാസുകളുടെ തോതനുസരിച്ച് അന്യോന്യം ചെലുത്തുന്ന ബലമാണ് ഗുരുത്വബലം. ഇത് സർവവ്യാപിയായ ബലമാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കളും മറ്റെല്ലാ വസ്തുക്കളുമായും ഈ ബലം പരസ്പരം ചെലുത്തുന്നു. (മാസിനും അകലത്തിനും അനുസരിച്ചുള്ള ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ ഉണ്ടാകും). ഭൂമിയിലുള്ളതും സമീപസ്ഥവുമായ എല്ലാ വസ്തുക്കളെയും ഭൂമി അതിലേക്ക് ആകർഷിക്കുന്നു *(ഇതുകൊണ്ടാണ് വസ്തുക്കൾക്ക് ഭാരം അനുഭവപ്പെടുന്നത്)*. ഇതേ ഗുരുത്വബലം തന്നെയാണ് മുകളിൽനിന്നുള്ള വസ്തുക്കൾ താഴേക്ക് വീഴുന്നതിനും ചന്ദ്രൻ ഭൂമിയെ ചുറ്റിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനും *(അല്ലെങ്കിൽ ഭൂമിയിലേക്ക് വീണുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനും)* ഗ്രഹങ്ങളെല്ലാം സൂര്യനെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നതിനും ഹേതുവായിട്ടുള്ളത്. പ്രപഞ്ചത്തിലെ ബൃഹത്തായ പ്രവർത്തനങ്ങളിലും പ്രതിഭാസങ്ങളിലും, (ഉദാഹരണത്തിന് നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും ഗാലക്സികളുടെയും ഗാലക്സിവ്യൂഹങ്ങളുടെയും ജനനത്തിലും പരിണാമപ്രക്രിയകളിലും) ഗുരുത്വബലം പ്രധാന പങ്കുവഹിക്കുന്നു.

1.4.2 വൈദ്യുതകാന്തികബലം (Electromagnetic Force)

ചാർജിത കണങ്ങൾക്കിടയിലെ ബലമാണ് വൈദ്യുതകാന്തികബലം. ചാർജുകൾ സ്ഥിരാവസ്ഥയിലാ (rest) ണെന്ന് സങ്കൽപ്പിച്ചാൽ കൂളോം നിയമം (Coulomb's Law) അനുസരിച്ച്: *വിരുദ്ധ ചാർജുകൾ തമ്മിൽ ആകർഷണത്തിലും സമാന ചാർജുകൾ തമ്മിൽ വികർഷണത്തിലും ആയിരിക്കും.* ചലനത്തിലുള്ള ചാർജ് ഒരു കാന്തികപ്രതിഭാസത്തിനു കാരണമാവുകയും ഒരു വസ്തുവിനോ കണത്തിനോ ചുറ്റുമായി അതൊരു കാന്തികമണ്ഡലമുണ്ടാക്കുകയും ആയത് ചലിത വസ്തുവിന്മേൽ ഒരു ബലമുണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വൈദ്യുതപരവും കാന്തികവുമായ പ്രതിഭാസങ്ങളെ വേർതിരിക്കാൻ പൊതുവേ സാധിക്കില്ല. അതുകൊ

സത്യേന്ദ്രനാഥ് ബോസ് (1894 – 1974)

1894 ൽ കൽക്കത്തയിലാണ് സത്യേന്ദ്രനാഥ് ബോസ് (Sayendra Nath Bose) ജനിച്ചത്. ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ഭൗതികശാസ്ത്ര പുരോഗതിക്ക് അടിസ്ഥാനപരമായ സംഭാവനകൾ നൽകിയ ഇന്ത്യൻ ശാസ്ത്രജ്ഞരിൽ അദ്ദേഹം പ്രമുഖസ്ഥാനം വഹിക്കുന്നു. ഒരു വിദ്യർഥിയായിരുന്ന ബോസ് വിദ്യാഭ്യാസത്തിനു ശേഷം 1916 ൽ കൽക്കത്താ സർവകലാശാലയിൽ ഭൗതികശാസ്ത്ര അധ്യാപകനായിച്ചേർന്നു. അഞ്ചു വർഷത്തിനു ശേഷം അദ്ദേഹം ധാക്ക യൂണിവേഴ്സിറ്റിയിലേക്ക് മാറി. അവിടെ വെച്ച് 1924 ൽ പ്ലാങ്ക് സിദ്ധാന്തത്തിന് ഒരു പുതിയ നിർധാരണം കണ്ടെത്തി. പ്രകാശകണ (photon) സഞ്ചയത്തെ ഒരു വാതക വ്യൂഹമായി പരിഗണിച്ച് സാംഖ്യകനിയമങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചായിരുന്നു നിർധാരണം. ഇത് ഒരു ചെറിയ പ്രബന്ധമായി അദ്ദേഹം ഐൻസ്റ്റൈൻ എഴുതുകയും അദ്ദേഹം ഇതിന്റെ സാധ്യത പെട്ടെന്നു മനസ്സിലാക്കുകയും ഉടൻ തന്നെ അത് ജർമൻ ഭാഷയിൽ വിവർത്തനം ചെയ്ത് പ്രസിദ്ധീകരിക്കുകയും ചെയ്തു. ഐൻസ്റ്റൈൻ പിന്നീട് ഇതേ മാതൃക തന്മാത്രകളുടെ സഞ്ചയത്തിൽ പ്രയോഗിച്ചു. ഫോട്ടോൺ വ്യൂഹത്തെ വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള കണികകളായി പരിഗണിച്ചുകൊണ്ട് ഇത്തരം കണികകളുടെ എണ്ണം നിർണയിക്കാനാകും എന്ന് അദ്ദേഹം സമർഥിച്ചു.

ഇത് അതുവരെ ശാസ്ത്രലോകം കണികകളെക്കുറിച്ച് ധരിച്ചുവച്ചിരുന്ന മാക്സ്‌വെൽ - ബോൾട്സ്മാൻ സ്റ്റാറ്റിസ്റ്റിക്സ് നിബന്ധനകളിൽ നിന്നുള്ള വ്യക്തമായ വ്യതിചലനമായിരുന്നു. ബോസിന്റെ പരികല്പനയിൽ നിന്നു രൂപീകൃതമായ ബോസ് - ഐൻസ്റ്റൈൻ സ്റ്റാറ്റിസ്റ്റികസ് പൂർണസംഖ്യാസ്പിൻ കാണിക്കുന്ന കണികകൾ പാലിക്കുന്നുവെന്ന് ബോധ്യമായി. പോളിയുടെ നിയമം അനുസരിക്കുന്ന അർധ സ്പിൻ കണികകളുടെ സ്വഭാവങ്ങളെ നിർണയിക്കാനുള്ള ഫെർമി - ഡിറാക് സ്റ്റാറ്റിസ്റ്റിക്സ് പരികല്പനയുടെ ആവശ്യകതയിലേക്ക് ഭൗതികശാസ്ത്രത്തെ ഇത് കൊണ്ടെത്തിച്ചു. പൂർണസംഖ്യാസ്പിൻ പരിമാണങ്ങളുള്ള കണങ്ങളെ ബോസിന്റെ ബഹുമാനാർഥം ബോസോണുകളെന്നു വിളിക്കുന്നു.

ഒരു തന്മാത്രാസഞ്ചയത്തിന്റെ താപനില വളരെ താഴ്ന്നതലത്തിലെത്തുമ്പോൾ തന്മാത്രാസഞ്ചയത്തിലെ ബഹുഭൂരിപക്ഷം തന്മാത്രകളും ഏറ്റവും താഴ്ന്ന ഒരു ഊർജനിലയിലേക്ക് മാറുന്ന തരത്തിലുള്ള അവസ്ഥാപരിണാമം (Phase change) (ബോസ് - ഐൻസ്റ്റൈൻ കണ്ടൻസേറ്റ്) നടക്കുമെന്ന് ബോസ് - ഐൻസ്റ്റൈൻ സ്റ്റാറ്റിസ്റ്റിക്സിലൂടെ പ്രവചിച്ചിരുന്നു. എന്നാൽ എഴുപതോളം വർഷങ്ങൾ കഴിഞ്ഞപ്പോഴാണ് ശാസ്ത്രീയമായി ഈ അവസ്ഥാപരിണാമത്തെ കണ്ടെത്താൻ കഴിഞ്ഞത്.

ണ്ടാണ് വൈദ്യുതകാന്തികത എന്നുവിളിക്കുന്നത്. ഗുരുത്വബലം പോലെത്തന്നെ വൈദ്യുതകാന്തികബലവും സർവവ്യാപിയും മാധ്യമത്തിന്റെ ആവശ്യമില്ലാത്തതുമാണ്. അത് ഗുരുത്വാകർഷണത്തെ അപേക്ഷിച്ച് ശക്തി കൂടിയതാണ്. ഏത് അകലത്തിലായാലും രണ്ടു പ്രോട്ടോണുകൾക്കിടയിലെ വൈദ്യുത ബലം അവ തമ്മിലുള്ള ഗുരുത്വബലത്തേക്കാൾ 10^{36} മടങ്ങാണ്. നമുക്കറിയാവുന്നതുപോലെ ദ്രവ്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ ഇലക്ട്രോൺ, പ്രോട്ടോൺ തുടങ്ങിയ കണങ്ങളാണ്. വൈദ്യുതകാന്തികബലം ഗുരുത്വാകർഷണത്തേക്കാൾ ശക്തിയുള്ളതായതിനാൽ അത് അറ്റോമികതലത്തിലും തന്മാത്രാതലത്തിലുമുള്ള എല്ലാ പ്രതിഭാസങ്ങളെയും നിയന്ത്രിക്കുന്നു. (മറ്റു രണ്ടു ബലങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കാൻ പോകുന്നതുപോലെ അണുവിനകത്ത് മാത്രം പ്രവർത്തിക്കുന്നു.) അങ്ങനെ, വൈദ്യുതകാന്തികബലം ആറ്റങ്ങളുടെയും തന്മാത്രകളുടെയും ഘടനയെ നിയന്ത്രിക്കുകയും രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഗതി, ദ്രവ്യത്തിന്റെ ബലതന്ത്രം, താപീയപ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവകളിൽ ഫലപ്രദമായി ഇടപെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അത് സങ്കുലബലങ്ങളായ വലിവുബലം, ഘർഷണബലം, ലംബബലം, സ്പ്രിങ് ബലം എന്നിവകൾക്കു പിന്നിൽ പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ആകർഷിക്കുക എന്നതാണ് ഗുരുത്വബലത്തിന്റെ പൊതുസ്വഭാവം. അതേസമയം വൈദ്യുതകാന്തികബലം ആകർഷണസ്വഭാവവും വികർഷണസ്വഭാവവും പ്രകടിപ്പിക്കുന്നുണ്ട്. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ മാസ് ഒരു തരത്തിൽ മാത്രമേയുള്ളൂ (നെഗറ്റീവ് (–) മാസ് നിലവിലില്ല). എന്നാൽ ചാർജുകൾ രണ്ടു വിധമുണ്ട്–പോസിറ്റീവ് ചാർജും (+) നെഗറ്റീവ് ചാർജും (–). ഇതാണ് രണ്ടു ബലങ്ങളും തമ്മിലുള്ള പ്രധാന വ്യത്യാസം. ദ്രവ്യം പൊതുവേ വൈദ്യുതപരമായി ഉദാസീനമാണ് (neutral). അപ്പോൾ ആപേക്ഷികമായി നിശ്ചലവസ്തുക്കൾ വൈദ്യുതനിരപേക്ഷമായതിനാൽ ഭൗമതലത്തിൽ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് പ്രാമുഖ്യം കിട്ടുന്നു. വൈദ്യുതബലം വാസ്തവത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിലനിൽക്കുന്നുണ്ട്, ആറ്റങ്ങൾ അയോണീകരിക്കപ്പെട്ട് ഒത്തുകൂടുമ്പോഴാണ് മിന്നൽ പോലുള്ള പ്രതിഭാസങ്ങളുണ്ടാവുന്നത്.

ഗുരുത്വബലത്തേക്കാൾ എത്രയോ ശക്തമായ ബലമാണ് വൈദ്യുതകാന്തികബലമെന്ന് നമുക്കു ചുറ്റുമുള്ള കാര്യങ്ങളെ ശരിയായി മനസ്സിലാക്കിയാൽ ബോധ്യപ്പെടും. പരസ്പരവികർഷണം മൂലം തന്മാത്രകൾ അവയുടെ വലുപ്പത്തിന്റെ എത്രയോ മടങ്ങ് അകലങ്ങളിലായാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത് *(വായു തന്മാത്രകൾ അവയുടെ വലുപ്പത്തിന്റെ 10 മടങ്ങ് ഇടവിട്ട് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു- അവഗാഡ്രോ തത്ത്വം.)*. അങ്ങനെയല്ലായിരുന്നെങ്കിൽ വസ്തുക്കളും ജീവശരീരങ്ങളും ഗുരുത്വാകർഷണം മൂലം ഞെരിഞ്ഞമർന്നുപോകുമായിരുന്നു.

1.4.3 പ്രബല ആണവബലം (Strong Nuclear Force)

അണുകേന്ദ്രത്തിലെ (Nucleus) പോസിറ്റീവ് ചാർജുള്ള പ്രോട്ടോണിനെയും ശൂന്യചാർജുള്ള ന്യൂട്രോണിനെയും ഒരുമിച്ചുനിർത്തുന്ന ബലമാണ് പ്രബല ആണവ ബലം. അത്തരം ഒരു ബലം പ്രവർത്തിക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ പ്രോട്ടോണുകൾ പരസ്പരം വികർഷിച്ച് അണുകേന്ദ്രം ശിഥിലമാവുമായിരുന്നു. അണുകേന്ദ്രത്തിലെ രണ്ടു പ്രധാന കണങ്ങൾ പരസ്പരം യോജിച്ചുനിൽക്കുന്നത് ഗുരുത്വാകർഷണം മൂലമാവാനിടയില്ല. കാരണം, അണുകണങ്ങളുടെ വലുപ്പവും അവ തമ്മിലുള്ള അകലവും ഗുരുത്വബലത്തിന്റെ സമീകരണത്തിന് വഴങ്ങുന്നതല്ല, മാത്രമല്ല, വൈദ്യുതബലത്തെ മറികടന്ന് ഗുരുത്വബലത്തിന് അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ഒന്നും ചെയ്യാനാവില്ല. അതുകൊണ്ട് ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തിൽ നിന്നു ഭിന്നമായ ഒരു ബലം അവിടെ തീർച്ചയായും പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ട്. അതാണ് പ്രബല ആണവബലം. ഈ ബലം അടിസ്ഥാന പ്രകൃതിബലങ്ങളിൽ ഏറ്റവും ശക്തിയുള്ളതാണ്. വൈദ്യുതകാന്തികബലത്തെ അപേക്ഷിച്ച് 100 ഇരട്ടി ശക്തി അതിനുണ്ട്. പ്രോട്ടോണും പ്രോട്ടോണും തമ്മിലും ന്യൂട്രോണും ന്യൂട്രോണും തമ്മിലും പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണും തമ്മിലും നിശ്ചിത സ്ഥാനങ്ങളിൽ നിലനിർത്തുന്നതിന് ഈ ബലം പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഈ ബലത്തിന്റെ സ്വാധീനം അണുകേന്ദ്രത്തിനകത്ത് ഏകദേശം 10^{-15} *m*. പരിധിയിൽ മാത്രം ഒതുങ്ങുന്നതാണ്.

പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണും അടിസ്ഥാനകണങ്ങളല്ലെന്നും അവ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് ക്വാർക്കുകൾ (quarks) എന്ന കൂടുതൽ മൗലികമായ കണങ്ങൾ ചേർന്നാണെന്നും സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെട്ടത് അണുഭൗതികത്തെ അന്വേഷണത്തിന്റെ പുതിയ മേഖലകളിലെത്തിക്കുന്നു.

1.4.4 ക്ഷീണ ആണവബലം (Weak Nuclear Force)

ചില പ്രത്യേകതരം ആണവപ്രക്രിയകളിൽ, അതായത് അണുഭാരം കൂടുതലുള്ള വസ്തുക്കളിൽ ബീറ്റാശോഷണം (β-decay) എന്ന പ്രതിഭാസം സംഭവിക്കുന്നിടത്താണ് ക്ഷീണ ആണവബലം പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. ബീറ്റാശോഷണത്തിൽ അണുകേന്ദ്രത്തിൽനിന്ന് ഒരു ഇലക്ട്രോണും ഒരു പ്രതി-ന്യൂട്രിനോ (anti-neutrino) എന്ന ഉദാസീന കണവും അണു പുറത്തേക്ക് ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നു. പേരു സൂചിപ്പിക്കുംപോലെ ഈ ബലം അത്ര ക്ഷീണിതമൊന്നുമല്ല, ഗുരുത്വബലത്തേക്കാൾ ശക്തി കൂടിയതും മറ്റു രണ്ടു ബലത്തേക്കാൾ ശക്തി കുറഞ്ഞതുമാണ്. 10^{-16} *m* മാത്രമാണ് അതിന്റെ പ്രവർത്തനസീമ.

1.4.5 പ്രകൃതിബലങ്ങളുടെ ഏകീകരണം (Unification of Forces)

ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിൽ പ്രകൃതിബലങ്ങളുടെ ഏകീകരണമെന്ന കാഴ്ചപ്പാടിനും അതിനുള്ള അന്വേഷണത്തിനും പ്രമുഖ സ്ഥാനമാണുള്ളത്. ഇതര മണ്ഡലങ്ങളിലും വ്യത്യസ്തമായ സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്കു കീഴിൽ മുൻപുണ്ടായിരുന്ന ബലങ്ങളെ പലകാലങ്ങളിലായി ഏകീകരണത്തിനു വിധേയമാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഭൗമമണ്ഡലത്തിലും ആകാശ മണ്ഡലത്തിലുമുള്ളവയെ ന്യൂട്ടൻ ഗുരുത്വബലമെന്ന പൊതു നിയമത്തിൻ കീഴിലാക്കി. ഏഴ്സ്റ്റഡിന്റെയും ഫാരഡേയുടെയും പരീക്ഷണ ഫലമായി വൈദ്യുതിയും കാന്തികതയും പൊതുവേ വിഭജനാതീതമാണെന്ന കാഴ്ചപ്പാടിലെത്തിച്ചു. പ്രകാശം ഒരു വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗമാണെന്ന് സ്ഥാപിച്ചതിലൂടെ വൈദ്യുതകാന്തികതയെയും പ്രകാശശാസ്ത്രത്തെയും മാക്സ്വെൽ ഏകീകരിച്ചു. ഐൻസ്റ്റൈൻ ഗുരുത്വത്തെയും വൈദ്യുതകാന്തികതയെയും യോജിപ്പിക്കാൻ ശ്രമിച്ചെങ്കിലും ആ ഉദ്യമം വിജയിച്ചില്ല. എന്നാൽ ഇതൊന്നും ഭൗതികത്തെ ഏകീകരണമെന്ന ലക്ഷ്യത്തിൽനിന്നു പിന്നോട്ടുപോവാൻ ഇടയാക്കിയില്ല.

ഈയടുത്ത ദശകങ്ങളിൽ ഈ മുന്നേറ്റം കുറച്ച് പുരോഗതിയിലേക്കു പോകുന്നതായി കാണുന്നു. വൈദ്യുതകാന്തികബലവും ക്ഷീണ ആണവബലവും ഏകീകരിച്ചുകൊണ്ട് വൈദ്യുത-ക്ഷീണബലമെന്ന (electro-weak force) ഒറ്റ കാഴ്ചപ്പാടിലേക്കു കൊണ്ടുവരാൻ കഴിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. ഈ ഏകീകരണപ്രക്രിയയുടെ വിശദാംശങ്ങൾ ഇവിടെ വിവരിക്കാൻ സാധിക്കാത്തതാണെങ്കിലും അതിനെ തുടർന്ന് വൈദ്യുത-ക്ഷീണബലത്തേയും പ്രബലബലത്തേയും തമ്മിൽ സംയോജിപ്പിക്കുന്നതിനും കൂടാതെ മറ്റു അടിസ്ഥാനബലങ്ങളുമായി ഗുരുത്വബലത്തെ സംയോജിപ്പിക്കുന്നതിനുമുള്ള ശ്രമങ്ങൾ ഇപ്പോഴും തുടരുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ ഇത് അത്ര എളുപ്പമല്ല. ഇതു സംബന്ധിച്ച ആശയങ്ങളും പ്രതീക്ഷകളും എവിടെയുമെത്താറായിട്ടുമില്ല. പട്ടിക 1.4 ൽ ഏകീകരണത്തിന്റെ പുരോഗതിയുടെ നാഴികക്കല്ലുകൾ ചുരുക്കി വിവരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

1.5 ഭൗതികനിയമങ്ങളുടെ സ്വഭാവം (Nature of physical laws)

പ്രപഞ്ചവിശാലതയിലേക്കുള്ള അന്വേഷണമാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞർ നടത്തുന്നത്. ശാസ്ത്രീയപ്രക്രിയകളിലൂടെ മുന്നേറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന അന്വേഷണത്തിന്റെ പരിധിയിൽ അണുവിനേക്കാൾ ചെറുതായ ഊർജകണങ്ങളും അതിവിദൂരതയിലുള്ള നക്ഷത്രമണ്ഡലങ്ങളും ഉൾപ്പെടും. നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും വസ്തുതകൾ കണ്ടെത്തുക മാത്രമല്ല, രൂപപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള നിഗമനങ്ങളെ ക്രോഡീകരിച്ച് മിക്കപ്പോഴും ഗണിതത്തിന്റെ പിൻബലത്തോടെ ഒരു സിദ്ധാന്തമായി അവതരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുക എന്നതാണ് ഒരു ശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ ശ്രമകരമായ പ്രവർത്തനം.

പട്ടിക 1.3 പ്രകൃതിയിലെ അടിസ്ഥാനബലങ്ങൾ

പേര്	ആപേക്ഷികശക്തി	സ്വാധീനപരിധി	സ്വാധീനമേഖല
ഗുരുത്വബലം	10^{-39}	അനന്തം	എല്ലാ പ്രപഞ്ച വസ്തുക്കളിലും
ക്ഷീണ ആണവബലം	10^{-13}	അതിസൂക്ഷ്മം, അണുകേന്ദ്ര വലുപ്പം ($\sim 10^{-16}$മീ.)	ചില പ്രാഥമികകണങ്ങൾ - പ്രത്യേകിച്ച് ഇലക്ട്രോൺ, ന്യൂട്രിനോകൾ
വൈദ്യുതകാന്തികബലം	10^{-2}	അനന്തം	ചാർജിത കണങ്ങൾ
പ്രബല ആണവബലം	1	സൂക്ഷ്മം, അണുകേന്ദ്ര വലുപ്പം ($\sim 10^{-15}$മീ.)	ന്യൂക്ലിയോണുകൾ, ഭാരമേറിയ പ്രാഥമികകണങ്ങൾ.

വ്യത്യസ്ത ബലങ്ങളാൽ നിയന്ത്രിക്കപ്പെടുന്ന ഭൗതിക പ്രതിഭാസങ്ങളിൽ സമയാനുസൃതമായി വ്യത്യാസപ്പെടുന്ന വിവിധതരം അളവുകൾ ഉണ്ടാകും. എന്നാൽ ചില പ്രത്യേക ഭൗതിക അളവുകൾ എല്ലായ്പ്പോഴും സ്ഥിരമായി നിലനിൽക്കുന്നതായി കാണാം. ഇവ പ്രകൃത്യാ തന്നെ സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഭൗതിക പ്രതിഭാസങ്ങളാണ്. ഇത്തരം സംരക്ഷണനിയമങ്ങൾ മനസ്സിലാവുമ്പോഴാണ് നിരീക്ഷണവിവരങ്ങളിൽ അവശ്യം ഉണ്ടായിരിക്കേണ്ട അളവുകളുടെ കൃത്യത ബോധ്യപ്പെടുക.

ബാഹ്യസംരക്ഷിതബലത്തിനു കീഴിലുള്ള ഒരു ചലിത വസ്തുവിനെ സംബന്ധിച്ച് മൊത്തം യാന്ത്രികോർജം, അതായത് ഗതികോർജത്തിന്റെയും സ്ഥിതികോർജത്തിന്റെയും തുക സ്ഥിരമായിരിക്കും. പരിചിതമായ ഉദാഹരണം ഗുരുത്വാകർഷണത്തിനുകീഴിൽ ഒരു വസ്തുവിന്റെ വെറും വീഴ്ചതന്നെയാണ്. വീഴ്ചയുടെ സമയവർധനയനുസരിച്ച് അതിന്റെ ഗതികോർജത്തിലും സ്ഥിതികോർജത്തിലും ആനുപാതികമായ മാറ്റങ്ങളുണ്ടാകും. എന്നാൽ ഊർജത്തിന്റെ തുക നിശ്ചിതമായിരിക്കും. വിരാമത്തിൽനിന്നു പുറപ്പെടുന്ന വസ്തുവാണെങ്കിൽ അതിന്റെ പ്രാരംഭസ്ഥിതികോർജം ഭൂമിയിൽ പതിക്കുമ്പോഴേക്കും മൊത്തമായി ഗതികോർജമായി മാറ്റപ്പെട്ടിരിക്കും. ഈ തത്വം സംരക്ഷിതബലത്തിനുമാത്രമായി പരിമിതപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളതാണ്. ഒറ്റപ്പെട്ട വ്യവസ്ഥകളെ പൊതുഊർജ സംരക്ഷണനിയമമായി ഇതിനെ തെറ്റിദ്ധരിക്കേണ്ടതില്ല. (അത് താപഗതികത്തിന്റെ ഒന്നാം നിയമത്തെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളതാണ്).

ഊർജത്തെക്കുറിച്ചുള്ള കാഴ്ചപ്പാട് ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ മുഖ്യസ്ഥാനത്തുള്ളതും ഊർജത്തിന്റെ ആവിഷ്കാരം ഭൗതികത്തിന്റെ എല്ലാ വ്യവസ്ഥകളിലും കുറിക്കാനാവുന്നതുമാണ്. എല്ലാ ഊർജരൂപങ്ങളും അതായത് താപം, വൈദ്യുതോർജം, യാന്ത്രികോർജം മുതലായവ പരിഗണിക്കുമ്പോൾ ഊർജം സംരക്ഷിതമാണ്. ഊർജസംരക്ഷണനിയമം എല്ലാതരം ബലങ്ങളെയും സംബന്ധിച്ച് യഥാർഥവും ഏതുതരം ഊർജവിനിമയത്തിലും ബാധകവുമാണ്. വെറും വീഴ്ചയിലുൾപ്പെടുന്ന വസ്തുതന്നെ ഉദാഹരണമാക്കിയാൽ വീഴുന്ന വസ്തുവിന്മേലുള്ള വായുരോധം ഉൾപ്പെട്ട നിലയിൽ വസ്തു തറയിൽ എത്തിയശേഷം വീക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ മൊത്തം യാന്ത്രികോർജം സംരക്ഷിക്കപ്പെട്ടില്ലെന്നു വ്യക്തമാവുന്നു. പക്ഷേ സാമാന്യ ഊർജസംരക്ഷണ നിയമം ഇതിനു ബാധകമാവേണ്ടതാണ്. ഇവിടെ, വസ്തുവിന്റെ പ്രാരംഭ സ്ഥിതികോർജം വിവിധ ഘട്ടങ്ങളിലായി മറ്റ് ഊർജരൂപങ്ങളായി മാറ്റപ്പെടുന്നുണ്ട്- താപം, ശബ്ദം എന്നിങ്ങനെ (ശബ്ദം പിന്നീട് താപോർജമായി പരിണമിക്കും). അങ്ങനെയാവുമ്പോൾ മൊത്തം വ്യവസ്ഥയുടെ ഊർജം (വസ്തു, ചുറ്റുപാടുകൾ എന്നിവകളിലായി) മാറ്റമില്ലാതെ നിലനിൽക്കുമെന്നു പറയാം.

പട്ടിക 1.4 ഏകീകരണപ്രക്രിയ കൈവരിച്ച പ്രകൃതിയിലെ വിവിധ ബലങ്ങൾ/മേഖലകൾ

ശാസ്ത്രജ്ഞർ	വർഷം	ഏകീകരണത്തിലെ മുന്നേറ്റങ്ങൾ
ഐസക് ന്യൂട്ടൺ	1687	ആകാശത്തും ഭൂമിയിലുമുള്ള വസ്തുക്കളുടെ ചലനപ്രതിഭാസങ്ങളെ ഏകോപിപ്പിച്ച് ഇരുമണ്ഡലങ്ങളിലുമുള്ള ചലനനിയമങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെയാണെന്നു തെളിയിച്ചു.
ഹാൻ ക്രിസ്റ്റ്യൻ എഴ്സ്റ്റഡ് മൈക്കൽ ഫാരഡേ	1820 1830	വൈദ്യുതിയും കാന്തികതയും വിഭജിക്കാനാകാത്തവിധം കൂടിച്ചേർന്ന പ്രതിഭാസങ്ങളാണെന്നും ഇവ രണ്ടും ഒരു ഏകീകൃത മണ്ഡലത്തിന്റെ ഭാഗമാണെന്നും തെളിയിച്ചു.
ജെയിംസ് ക്ലാർക്ക് മാക്സ്‌വെൽ	1873	വൈദ്യുതിയെയും കാന്തികതയെയും പ്രകാശ ഊർജത്തെയും ഏകീകരിച്ചു. പ്രകാശം ഒരു വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗമാണെന്ന് തെളിയിച്ചു.
ഷെൽഡൺ ഗ്ലാഷോവ് അബ്ദുൽസലാം, സ്റ്റീവൻ വൈൻബർഗ്	1979	പ്രപഞ്ചത്തിലെ നാല് അടിസ്ഥാനബലങ്ങളിൽപ്പെട്ട ക്ഷീണ ആണവബലവും വൈദ്യുതകാന്തികബലവും ഏകോപിപ്പിച്ചു, അവ രണ്ടും ക്ഷീണ ആണവബലത്തിന്റെ രണ്ടു വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവമാണെന്നു തെളിയിച്ചു.
കാർലോ റൂബിയ, സൈമൺ വേന്റർ മീർ	1984	ക്ഷീണ ആണവബലത്തെക്കുറിച്ചുള്ള മേൽ പ്രവചനം ശരിയാണെന്നു പരീക്ഷണത്തിലൂടെ കണ്ടെത്തി.

ഊർജസംരക്ഷണനിയമം പ്രകൃതിയിലെ എല്ലാ മണ്ഡലങ്ങളിലും (സൂക്ഷ്മമണ്ഡലമായാലും സ്ഥൂലമണ്ഡലമായാലും) ഒരുപോലെ ബാധകമാണ്. കണഭൗതികശാസ്ത്രത്തിലും (Atomic Physics) ആണവശാസ്ത്രത്തിലും (Nuclear Physics) അടിസ്ഥാന ഊർജകണങ്ങളുടെ വ്യവഹാരങ്ങളിലും അത് നിരന്തരം പ്രയോഗിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതാണ്. പ്രകൃതിയിൽ ധാരാളം പ്രക്ഷുബ്ധ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടന്നുകൊണ്ടേയിരിക്കുന്നുണ്ട്. എന്നാലും പ്രകൃതിയിലെ മൊത്തം ഊർജാവസ്ഥ (സാധ്യമായത്ര ഭിന്നവ്യവസ്ഥകളിലും) മാറ്റമില്ലാതെ നിലനിൽക്കുന്നതായി കരുതുന്നു.

ഐൻസ്റ്റൈന്റെ ആപേക്ഷികസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ആവിർഭാവം വരെ, ദ്രവ്യത്തിന്റെ അല്ലെങ്കിൽ മാസിന്റെ സംരക്ഷണനിയമം (Law of conservation of mass) പ്രകൃതിയിലെ ഒരു അടിസ്ഥാനതത്വമാണെന്ന് കരുതിപ്പോന്നിരുന്നു. ദ്രവ്യത്തിന് നാശമില്ലെന്നത് ശാസ്ത്രീയമായിത്തന്നെ കരുതിയിരുന്നു. രാസപ്രവർത്തന വിശകലനത്തിൽ ഉപയോഗിച്ചിരുന്ന (ഇപ്പോഴും ഉപയോഗിക്കുന്ന) ഒരു പ്രധാന തത്വവും ഇതുതന്നെയാണ്. രാസപ്രവർത്തനമെന്നത്, വിവിധ തന്മാത്രകൾക്കിടയിൽ നിന്നു പുറത്തേക്കും അകത്തേക്കും വന്നു പോകുന്ന അണുകണങ്ങളുടെ താൽക്കാലികമായ ഒരു പുനക്രമീകരണമാണ്. രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കേണ്ടുന്ന മൊത്തം തന്മാത്രകളുടെ ബന്ധനോർജം (binding energy) രാസ ഉൽപ്പന്നത്തിലുൾപ്പെടുന്ന തന്മാത്രകളുടെ ബന്ധനോർജത്തേക്കാൾ കുറവാണ് എന്നു കാണുന്നുവെങ്കിൽ, പ്രതിപ്രവർത്തനം താപമോചകമാണ് (exothermic) എന്നും നേരെ മറിച്ചാണെങ്കിൽ താപാഗിരണപ്രക്രിയ അല്ലെങ്കിൽ താപശോഷക (endothermic) മാണെന്നും പറയുന്നു. രാസപ്രവർത്തനത്തിലേതായാലും തന്മാത്രകളും അണുക്കളും പുതിയൊരു ക്രമീകരണത്തിലേക്കു വരുന്നുവെന്നല്ലാതെ നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട് വസ്തുക്കളുടെയും പ്രതിപ്രവർത്തന ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടെയും പിണ്ഡങ്ങൾ രാസപ്രവർത്തനാനന്തരം ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും. ബന്ധനോർജത്തിനായി മാറ്റപ്പെടുന്ന മാസിന്റെയോ ഊർജത്തിന്റെയോ അളവുകൾ അതിസൂക്ഷ്മമായതിനാൽ മാസ് വ്യത്യാസം കാണിക്കാൻ മാത്രം പര്യാപ്തമല്ല.

ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിലെ സംരക്ഷണനിയമങ്ങൾ (Conservation Laws in Physics)

ഊർജം, ആവേഗം, കോണീയ ആക്കം, ചാർജ് എന്നിവയുടെ സംരക്ഷിത നിയമങ്ങളാണ് ഭൗതികത്തിൽ അടിസ്ഥാനനിയമങ്ങളായി പരിഗണിക്കപ്പെടുന്നത്. എന്നാൽ അനേകം സംരക്ഷണനിയമങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്നുണ്ട്. മേൽപ്പറഞ്ഞവയിൽനിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി അണുഭൗതികത്തിന്റെയും കണഭൗതികത്തിന്റെയും തലങ്ങളിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നവയായി നിരവധി നിയമങ്ങളുണ്ട്. ചില സംരക്ഷിത പരിമാണങ്ങളായി ഭ്രമണം (spin), ബാരിയോൺ സംഖ്യ (baryon number), വൈചിത്ര്യങ്ങൾ (strangeness, singularity), വർധിത ചാർജുകൾ (hyper charges) എന്നിവയൊക്കെ പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ട്.

സംരക്ഷിതനിയമങ്ങളായി, നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും ലബ്ധമായിട്ടുള്ളത് ചില സങ്കൽപ്പങ്ങളാണ്; സംരക്ഷണനിയമങ്ങൾ തെളിയിക്കാനാവാത്തവയാണ്. പക്ഷേ, പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ അത് പരിശോധിക്കുകയോ തള്ളിക്കളയുകയോ ആവാം.

അനേക നൂറ്റാണ്ടുകളായി നമ്മുടെ അനുഭവങ്ങളിൽനിന്ന് ഉരുത്തിരിഞ്ഞുവന്നിട്ടുള്ള ചില ധാരണകളാണവ. മാത്രമല്ല, വിവിധ പരിശോധനകളിൽനിന്ന് അവ സാധുതയുള്ളവയാണെന്നു തെളിഞ്ഞിട്ടുമുണ്ട്. ബലതന്ത്രം, താപഗതികം, വൈദ്യുതകാന്തികത, പ്രകാശശാസ്ത്രം എന്നിങ്ങനെ പല പ്രതിഭാസങ്ങളിലുമുള്ള പ്രായോഗികപരീക്ഷണങ്ങളെ അതിജീവിച്ചവയുമാണ് സംരക്ഷണനിയമങ്ങൾ.

ചില വിദ്യാർഥികൾക്കെങ്കിലും ഗുരുത്വാകർഷണത്തിലുൾപ്പെട്ട ഒരു വസ്തുവിന്റെ വെറും വീഴ്ചയിലെ യാന്ത്രികോർജത്തിന്റെ സംരക്ഷിതാവസ്ഥ തെളിയിക്കാനാവുമെന്ന് തോന്നിയിട്ടുണ്ടാവാം. ഏതെങ്കിലും ഒരു സന്ദർഭത്തിലെ ഗതികോർജവും സ്ഥിതികോർജവും ചേർത്ത് മൊത്തം ഊർജാവസ്ഥ സ്ഥിരമാണെന്ന് കണ്ടെത്താനായേക്കും. പക്ഷേ, ഇത് സംരക്ഷണ നിയമത്തിന്റെ ഒരു പരിശോധന മാത്രമാണ്.

ഐൻസ്റ്റീന്റെ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് m എന്ന മാസും E എന്ന ഊർജവും തമ്മിൽ $E = mc^2$ എന്ന സമവാക്യമുപയോഗിച്ച് ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവിടെ c എന്നത് പ്രകാശത്തിന്റെ ശൂന്യതയിലുള്ള പ്രവേഗമാണ്. അണുകേന്ദ്ര പ്രവർത്തനങ്ങളിലും മാസ് ഊർജമായും (തിരിച്ചും) രൂപമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഈ ഊർജമാണ് ആണവ വൈദ്യുത ഉൽപാദനത്തിലും അണുവിസ്ഫോടനങ്ങളിലും പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്.

ഊർജം ഒരു അദിശ (scalar - ദിശ സൂചിപ്പിക്കേണ്ടാത്ത) പരിമാണമാണ്. പക്ഷേ, എല്ലാ സംരക്ഷിതോർജപരിമാണങ്ങളും അദിശമാകണമെന്നില്ല. രേഖീയ ആക്കത്തിന്റെയും (linear momentum) കോണീയ ആക്കത്തിന്റെയും (angular momentum) സൂചനകൾ സദിശവും (vectors) വേറിട്ട വ്യവസ്ഥകളിൽ നിലനിൽക്കുന്ന സംരക്ഷിത പരിമാണങ്ങളുമാണ്. ഈ തത്വങ്ങൾ ന്യൂട്ടന്റെ ചലനനിയമങ്ങളിലെ ബലതന്ത്രത്തിൽനിന്ന് നിഷ്പാദിപ്പിക്കാവുന്നതാണ്. പക്ഷേ, അവയുടെ പ്രാവർത്തികവും പ്രായോഗികവുമായ മേഖലകൾ ബലതന്ത്രത്തിന്റെ നിയന്ത്രണങ്ങൾക്കും അപ്പുറത്താണ്. എന്നാൽ ഇവ എല്ലാ മണ്ഡലങ്ങളിലും വ്യാപരിക്കുന്ന പ്രകൃതിയിലെ അടിസ്ഥാന സംരക്ഷണനിയമങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നതും ന്യൂട്ടന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ സാധുവല്ലാത്തിടത്തു പ്രബലമാവുന്ന ബലങ്ങളുമാണ്.

സംരക്ഷിതനിയമങ്ങൾ, അവയുടെ ലാളിത്യത്തിനും സ്വീകാര്യതയ്ക്കുമപ്പുറം, പ്രായോഗികമായി വളരെ ഉപയോഗപ്രദമാണ്. വ്യത്യസ്ത കണങ്ങളും ബലങ്ങളും ഉൾപ്പെട്ടുവരുന്ന പരിപൂർണ ഗതികത്തിന്റെ സങ്കീർണമായ പ്രശ്നങ്ങളിൽ പരിഹാരം ലഭ്യമാകാത്ത ഒട്ടേറെ സന്ദർഭങ്ങളുണ്ടാവാറുണ്ട്. ഉദാഹരണത്തിന്, രണ്ടു വാഹനങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിയിടിക്കുമ്പോൾ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലങ്ങളുടെ സങ്കീർണാവസ്ഥയോ അതിലുൾപ്പെടുന്ന തത്വങ്ങളോ പരിമാണങ്ങളോ കണ്ടെത്തുക പ്രയാസകരമാണ്. എന്നാൽ ആക്കസംരക്ഷണനിയമത്തിന്റെ സഹായത്താൽ കൂട്ടിയിടിക്കലിന്റെ വിഷമാവസ്ഥയെ മറികടന്നുകൊണ്ട് ആവശ്യമായ പരിമാണങ്ങൾ കണ്ടെത്താനാവുന്നു. ആണവപ്രതിഭാസങ്ങളുടെയും അടിസ്ഥാന ഊർജകണങ്ങളുടെയും പ്രവർത്തന വിശകലനത്തിനുകൂടി സംരക്ഷണനിയമം പ്രയോജനകരമാണ്. തീർച്ചയായും ഇത്തരത്തിലുള്ള സാധ്യതയിൽ നിന്നുകൊണ്ടാണ് ബീറ്റാശോഷണം സംബന്ധിച്ചുള്ള ഊർജാവസ്ഥയും ആക്കവും കണക്കാക്കി ഊർജസംരക്ഷണ നിയമത്തിന്റെ പ്രയോഗത്തിലൂടെയും വിശകലനത്തിലൂടെയും വൂൾഫ്ഗാങ് പോളി (1900 - 1958) വളരെ കൃത്യമായി 1931ൽ പുതിയതരം ഊർജകണങ്ങൾ ഉൽസർജിക്കുന്ന കാര്യം പ്രവചിച്ചത്. (ഇലക്ട്രോണും ആൻറി ന്യൂട്രിനോ എന്ന കണവും)

സമമിതി (symmetry) യുമായി സംരക്ഷണ നിയമങ്ങൾക്കു വളരെ ആഴത്തിലുള്ള ബന്ധമാണുള്ളതെന്ന് തുടർന്നുള്ള ഭൗതികപഠനത്തിൽ നിങ്ങൾക്ക് ബോധ്യമാവും. ഉദാഹരണത്തിന്, പ്രകൃതിനിയമങ്ങളൊന്നുംതന്നെ സമയത്തിനൊപ്പം വ്യതിയാനത്തിന് വിധേയമാവുന്നില്ല എന്ന സുപ്രധാന കാര്യം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്. ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രതിഭാസത്തിന്മേൽ പരീക്ഷണശാലയിൽ ഒരു ഫലം കണ്ടെത്തി പിന്നീട് വളരെക്കാലം കഴിഞ്ഞും ആ പരീക്ഷണം ആവർത്തിച്ചാൽ അതേ ഫലം തന്നെ ലഭിക്കുന്നു. കാലസ്ഥാനാന്തരം സമമിതി കാത്തുസൂക്ഷിക്കുന്നു എന്നതിന് തുല്യമാണ് ഊർജസംരക്ഷണനിയമം. അതേസമയത്തുതന്നെ സ്ഥലം (spacc)ഏകസമാനമാണെന്നതിനാൽ, മറ്റൊന്നിനെയും ആശ്രയിക്കാതെ കേവല സ്ഥലത്ത് ഒരു സ്ഥാനനിർണയം അസാധ്യവുമാണ്. വ്യക്തമായിപ്പറഞ്ഞാൽ പ്രപഞ്ചത്തിലെവിടെയും പ്രകൃതിനിയമങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെയാണ്. (ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടത്: വിവിധ സ്ഥലങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത സാഹചര്യത്തിൽ ഇത് പ്രത്യക്ഷത്തിൽ ഒരുപോലെയല്ലെന്ന് തോന്നാവുന്നതാണ്. ഉദാഹരണത്തിന്, ചന്ദ്രനിലെ ഗുരുത്വാകർഷണബലം ഭൂമിയിലുള്ളതിന്റെ ആറിലൊന്നാണ്. എന്നാൽ ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം ഭൂമിയിലും ചന്ദ്രനിലും പ്രവർത്തിക്കുന്നത് ഒരുപോലെയാണ്. സ്ഥാനചലനങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന സ്ഥലവിശാലതയിലെ പ്രകൃതിനിയമങ്ങളുടെ ഈ സമമിതി രേഖീയ ആക്കത്തിന്റെ സംരക്ഷണമായി പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. അതേസമയം സ്ഥലത്തിന്റെ സമദൈശികത (isotropy) സ്ഥലത്തിന് എല്ലാ ദിശകളും ഒരു പോലെയാണ്. കോണീയ ആവേഗ സംരക്ഷണനിയമത്തെ പിന്താങ്ങുന്നു. ചാർജിതവും അല്ലാത്തതുമായ അടിസ്ഥാനകണങ്ങളും മറ്റും ഉൾപ്പെടുന്ന വിശാലമായ ബഹുമണ്ഡലത്തിലെ സംരക്ഷണനിയമം അമൂർത്തവും സവിശേഷവുമായ സമമിതിയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടുകിടക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ സ്ഥലത്തിന്റെയും സമയത്തിന്റെയും സമമിതികളും അടിസ്ഥാന ബലങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച ആധുനിക സിദ്ധാന്തങ്ങളിൽ പ്രമുഖ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

സർ സി. വി. രാമൻ (1888 – 1970)

ചന്ദ്രശേഖര വെങ്കിട്ടരാമൻ 1888 നവംബർ 8ന് തിരുവനൈക്കോവിൽ ജനിച്ചു. അദ്ദേഹം സ്കൂൾ വിദ്യാഭ്യാസം 11-ാം വയസ്സിൽത്തന്നെ പൂർത്തിയാക്കി. മദിരാശി പ്രസിഡൻസി കോളേജിലെ ബിരുദ പഠനത്തിനു ശേഷം സർക്കാർ വകുപ്പിൽ ധനകാര്യ രംഗത്ത് പ്രവർത്തിച്ചു.

പിന്നീടദ്ദേഹം കൽക്കത്തയിലായിരുന്നപ്പോൾ, ഡോ. മഹേന്ദ്രലാൽ സർക്കർ സ്ഥാപിച്ച പ്രസിദ്ധ ശാസ്ത്രഗവേഷണ സ്ഥാപനമായ ഇന്ത്യൻ അസോസിയേഷൻ ഫോർ ദി കൾട്ടിവേഷൻ ഓഫ് സയൻസ് എന്ന സ്ഥാപനത്തിൽ സായാഹ്ന ഗവേഷണത്തിലേർപ്പെട്ടു. കമ്പനങ്ങൾ, സംഗീതോപകരണങ്ങളിലെ ശ്രുതിവ്യത്യാസം, അൾട്രാസോണികം, വ്യതികരണം എന്നീ വിഷയങ്ങളിൽ അദ്ദേഹം പഠനം നടത്തി.

1917 ൽ അദ്ദേഹത്തിന് കൽക്കത്താ സർവകലാശാലയിൽ പ്രൊഫസർ പദവി വാഗ്ദാനം ചെയ്യപ്പെട്ടു. 1924 ൽ അദ്ദേഹത്തെ ലണ്ടനിലെ റോയൽ സൊസൈറ്റിയിൽ അംഗമാക്കി. 1930 ൽ പ്രകാശസംബന്ധമായ അദ്ദേഹത്തിന്റെ മൗലിക കണ്ടെത്തലായ രാമൻപ്രഭാവം (Raman effect) നോബൽ സമ്മാനാർഹമാവുകയും ചെയ്തു.

രാമൻപ്രഭാവം കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നത് ഉത്തേജിത തന്മാത്രകളുടെ സാന്നിധ്യത്തിൽ പ്രകാശതരംഗത്തിനുണ്ടാവുന്ന വിസരണത്തെക്കുറിച്ചാണ്. പിന്നീടുള്ള വർഷങ്ങളിൽ ഈ കണ്ടെത്തൽ ഗവേഷണത്തിനുള്ള വലിയ പന്ഥാവുതന്നെ വെട്ടിത്തുറന്നു.

അദ്ദേഹത്തിന്റെ അവസാനനാളുകൾ ബാംഗ്ലൂരിൽ ഇന്ത്യൻ ഇൻസ്റ്റിട്യൂട്ട് ഓഫ് സയൻസിലും, പിന്നീട് രാമൻ റിസർച്ച് ഇൻസ്റ്റിട്യൂട്ടിലും ചെലവഴിച്ചു. അദേഹത്തിന്റ പ്രവർത്തനങ്ങൾ പുതിയ തലമുറകൾക്ക് ശാസ്ത്രമേഖലയിൽ പ്രചോദനമായിത്തീരുകയും ചെയ്തു.

സംഗ്രഹം

1. ഭൗതികശാസ്ത്രമെന്നത്, അടിസ്ഥാന പ്രകൃതിനിയമങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനവും വിവിധ പ്രതിഭാസങ്ങളിൽ അവയുടെ സാക്ഷാത്ക്കാരവുമാണ്. അടിസ്ഥാന ഭൗതികനിയമങ്ങൾ സാർവത്രികവും വ്യത്യസ്ത സന്ദർഭങ്ങളിലും അവസ്ഥകളിലും പ്രായോഗികവുമാണ്.
2. ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ സാധ്യത അതിവിശാലമാണ്. ഭൗതികരാശികളുടെ അതിവിപുലമായ സീമകൾ ഉൾക്കൊള്ളാൻ അതിനു സാധിക്കുന്നു.
3. ഭൗതികശാസ്ത്രവും സാങ്കേതികവിദ്യയും പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടുകിടക്കുന്നു. ചിലപ്പോൾ സാങ്കേതികവിദ്യ പുതിയ ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിനും മറ്റു ചിലപ്പോൾ ഭൗതികശാസ്ത്രം പുതിയ സാങ്കേതികവിദ്യകൾക്കും പ്രചോദനമാകുന്നു. രണ്ടിനും സമൂഹത്തിൽ നേരിട്ട് സ്വാധീനംചെലുത്താൻ കഴിയുന്നു.
4. സ്ഥൂലമണ്ഡലത്തിലെയും സൂക്ഷ്മമണ്ഡലത്തിലെയും വിവിധ പ്രതിഭാസങ്ങളെ ആധാരമാക്കി നാല് അടിസ്ഥാനബലങ്ങളാണ് പ്രകൃതിയിലുള്ളത്. ഗുരുത്വബലം, വൈദ്യുതകാന്തികബലം, പ്രബല ആണവബലം, ക്ഷീണ ആണവബലം എന്നിവയാണവ. പ്രകൃതിയിലെ ബലങ്ങളെയും ഏകീകരിക്കുകയെന്നത് ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ പ്രധാന ലക്ഷ്യങ്ങളിലൊന്നാണ്.
5. ഏതു പ്രക്രിയയിലും മാറ്റമില്ലാതെ നിൽക്കുന്ന അളവുകളാണ് സംരക്ഷിത പരിമാണങ്ങൾ. പ്രകൃതിയിലെ ചില സാമാന്യ സംരക്ഷിതനിയമങ്ങളാണ് മാസ്, ഊർജം, രേഖീയആവേഗം, കോണീയആവേഗം, ചാർജ്. എന്നീ സംരക്ഷിത അളവുകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടവ. അടിസ്ഥാനബലങ്ങളിൽ ഏതെങ്കിലും ഒന്ന് പാലിക്കുന്ന സംരക്ഷണനിയമം മറ്റുബലങ്ങൾ പാലിക്കണമെന്നില്ല.
6. പ്രകൃതിയിലെ സമമിതിയുമായി അഭേദ്യമായ ബന്ധമാണ് സംരക്ഷിതനിയമങ്ങൾക്കുള്ളത്. സ്ഥലകാല സമമിതി, മറ്റുവിധത്തിലുള്ള സമമിതികൾ എന്നിവ പ്രകൃതിയിലെ അടിസ്ഥാനബലങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച സിദ്ധാന്തങ്ങളിൽ പ്രമുഖമായ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

പരിശീലന പ്രശ്നങ്ങൾ

വിദ്യാർഥികൾക്കുള്ള കുറിപ്പ്

താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പരിശീലനപ്രശ്നങ്ങൾ, ശാസ്ത്രീയവും സാങ്കേതികവും സാമൂഹികവുമായ പ്രശ്നസമീപനങ്ങളിൽ നിങ്ങളുടെ അവബോധത്തെ ഉയർത്തുന്നതിനും അവയെക്കുറിച്ചുള്ള നിങ്ങളുടെ ചിന്തകളെയും കാഴ്ചപ്പാടുകളെയും ബലപ്പെടുത്തുന്നതിനും ഉദ്ദേശിച്ചുള്ളതുമാണ്. ഈ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് വ്യക്തതയുള്ള ശരി ഉത്തരങ്ങൾ ഉണ്ടായേക്കില്ല.

അധ്യാപകർക്കുള്ള കുറിപ്പ്

പരിശീലനപ്രശ്നങ്ങളെന്ന രീതിയിൽ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾ പരീക്ഷകൾക്കുള്ള ചോദ്യമായി പരിഗണിക്കേണ്ടതില്ല.

1.1 ലോകത്തിലെ എക്കാലത്തെയും പ്രമുഖ ശാസ്ത്രജ്ഞരിൽ ഒരാളായ ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റൈന്റെ ശ്രദ്ധേയമായ പ്രസ്താവനകളിലൊന്നാണ് ഇതോടൊപ്പം ചേർക്കുന്നത്. ഇതു പറയുമ്പോൾ അദ്ദേഹം ഉദ്ദേശിച്ചതെന്താണെന്ന് നിങ്ങൾക്ക് വിലയിരുത്താമോ? “ഈ ലോകത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ഏറ്റവും ദുർഗ്രഹമായ കാര്യം അത് സുഗ്രഹമാണ് എന്നതാണ്.”

1.2. “മിക്കവാറും എല്ലാ പ്രമുഖ ഭൗതികസിദ്ധാന്തങ്ങളും പരമ്പരാഗത ചിന്തയെതിർത്തുകൊണ്ട് ഒരു ചോദ്യം ചെയ്യലായി (heresy) ആരംഭിക്കുകയും ഒരു ശാഠ്യമായി (dogma) അവസാനിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു”. കുറച്ച് അലോസരപ്പെടുത്തുന്ന ഈ അഭിപ്രായത്തെ സാധൂകരിക്കുന്ന എന്തെങ്കിലും ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിൽ നിന്നു കണ്ടെത്തിയെഴുതുക.

1.3. “രാഷ്ട്രീയം സാധ്യതയുടെ കലയാണ്. ” അതുപോലെ “ ശാസ്ത്രം ഉത്തരം കണ്ടെത്തലിന്റെയും”. മനോഹരമായ ഈ സൂക്തങ്ങളെ ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പ്രയോഗവും സ്വഭാവവും കണക്കിലെടുത്ത് വിശദീകരിക്കുക.

1.4. ഇന്ത്യ ഇന്ന് ശാസ്ത്രസാങ്കേതികരംഗത്ത് നല്ല അടിത്തറയുള്ളതും വേഗത്തിൽ ആ രംഗത്തു വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതുമായ രാജ്യമാണെങ്കിലും, ശാസ്ത്രരംഗത്ത് ലോകത്തിന്റെ നേതൃ നിരയിലെത്താൻ ഇനിയും ബഹുദൂരം സഞ്ചരിക്കേണ്ടതായുണ്ട്. ഇതിന്റെ പ്രധാന കാരണങ്ങൾ ചൂണ്ടിക്കാണിക്കുക. ഇന്ത്യശാസ്ത്രപുരോഗതിയിൽ പിന്നിലാവുന്നതിന്റെ കാരണങ്ങളെപ്പറ്റി നിങ്ങളുടെ അഭിപ്രായം രേഖപ്പെടുത്തുക.

1.5. ഒരു ഭൗതികജ്ഞനും ഒരിക്കലും ഒരു ഇലക്ട്രോൺ കണ്ടിട്ടില്ല. പക്ഷേ, എല്ലാ ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞരും ഇലക്ട്രോൺ ഉള്ളതാണെന്ന് കരുതി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. എന്നാൽ അതിസമർഥനായ ഒരു അന്ധവിശ്വാസി വാദിക്കുന്നത്, പ്രേതങ്ങളെ ആരും കാണുന്നില്ലെങ്കിലും അത് വിശ്വസിക്കണമെന്നാണ്. ഇതിനോട് നിങ്ങൾ എങ്ങനെ പ്രതികരിക്കും?

1.6. ജപ്പാനിലെ ചില തീരങ്ങളിൽ കാണുന്ന ഒരുതരം ഞണ്ടുകളുടെ പുറംതോട് ജപ്പാൻ പാരമ്പര്യയോദ്ധാക്കളായ *സമുറായി*യുടെ മുഖത്തോട് വളരെ സാദൃശ്യമുള്ളതാണ്. നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ട ഈ വസ്തുതകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ രണ്ടു വിശദീകരണങ്ങൾ താഴെ കൊടുക്കുന്നു. ഒരു ശാസ്ത്രീയ വിശദീകരണമായി നിങ്ങൾക്ക് സ്വീകരിക്കാനാവുന്നത് തിരഞ്ഞെടുക്കുക.

a) നൂറ്റാണ്ടുകൾക്കു മുമ്പ് കപ്പൽഛേദത്തെത്തുടർന്ന് ഒരു യുവ സമുറായി യോദ്ധാവ് കടലിൽ മുങ്ങിത്താണു. അസാമാന്യധൈര്യത്തെ മുൻനിർത്തി പ്രകൃതിതന്നെ അവന്റെ സ്മരണ നിലനിർത്താൻ ആ പ്രദേശത്തെ ഞണ്ടുകളുടെ പുറംതോടിൽ അവന്റെ മുഖം മുദ്രണം ചെയ്തു.

b) കപ്പലപകടത്തിനു ശേഷം യുവയോദ്ധാവിനോടുള്ള ആദരസൂചകമായി ആ പ്രദേശത്തെ മത്സ്യത്തൊഴിലാളികൾ, പിടിയിലാകുന്ന സമുറായി മുഖരൂപമുള്ള ഞണ്ടുകളെ സ്വതന്ത്രരാക്കി. അതിനാൽ അത്തരം ഞണ്ടുകളുടെ വർഗം അവയോടൊപ്പമുണ്ടായിരുന്ന ജീവിവർഗത്തെ അപേക്ഷിച്ച് യാതൊരുവിധ നാശത്തെയും അഭിമുഖീകരിക്കാതെ പെറ്റുപെരുകി. പരിണാമപ്രക്രിയയിലെ കൃത്രിമനിർധാരണത്തിനൊരുദാഹരണമാണിത്.

(ഈ വിവരണം പ്രസിദ്ധ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ കാൾ സാഗന്റെ 'കോസ്മോസ്'എന്ന കൃതിയിൽനിന്നുള്ളതാണ്. അപ്രതീക്ഷിതമായി ചിലപ്പോൾ ചില കാര്യങ്ങൾ അലൗകികമായി തോന്നിയേക്കാം. പക്ഷേ, ശാസ്ത്രീയമായ ആലോചനകളിൽ അവയൊക്കെ വിശദീകരണത്തിന് സാധ്യമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതുപോലുള്ള മറ്റുദാഹരണങ്ങൾ ആലോചനയ്ക്കെടുക്കുക.)

1.7. രണ്ട് നൂറ്റാണ്ടുകൾക്ക് മുമ്പ് ഇംഗ്ലണ്ടിലും പശ്ചിമ യൂറോപ്പിലുമുണ്ടായ വ്യാവസായികവിപ്ലവത്തിന് തുടക്കം കുറിച്ചത് പ്രധാനപ്പെട്ട ചില ശാസ്ത്രീയകണ്ടെത്തലുകളും സാങ്കേതികവിദ്യകളുമാണ്. ഏതൊക്കെയാണ് ഇവ?

1.8. സമൂഹത്തെയാകമാനം സമഗ്രമാറ്റത്തിലേക്കു നയിച്ച ആദ്യ വ്യാവസായികവിപ്ലവത്തെപ്പോലെ ലോകം ഇപ്പോൾ ഒരു രണ്ടാം വ്യവസായവിപ്ലവത്തിനു സാക്ഷ്യം വഹിക്കുകയാണെന്ന് പറയപ്പെടുന്നു. ഉദ്ദേശിക്കുന്ന മാറ്റത്തിന് പ്രേരകമായിട്ടുള്ള സമകാലീന ശാസ്ത്രനേട്ടങ്ങളിലും സാങ്കേതിക നേട്ടങ്ങളിലും പ്രധാനപ്പെട്ടവ ഏതൊക്കെയാണ്?

1.9. ഇരുപത്തിരണ്ടാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ശാസ്ത്ര-സാങ്കേതികനേട്ടങ്ങളുടെ പശ്ചാത്തലം വിഭാവനം ചെയ്തുകൊണ്ട് ആയിരം വാക്കിൽ ഒതുങ്ങുന്ന ഒരു സാങ്കൽപികകഥ എഴുതുക.

1.10. ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പ്രയോഗങ്ങളിൽ നിങ്ങളുടെ ധാർമിക കാഴ്ചപ്പാട് രൂപീകരിക്കാൻ ശ്രമിക്കുക. ഉദാഹരണത്തിന്, നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധേയമായ ഒരു ശാസ്ത്രീയ കണ്ടെത്തൽ നടത്തുകയും അത് ശ്രദ്ധിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്തു. അതിന്റെ പ്രയോഗം മനുഷ്യസമൂഹത്തിന് ഭീകരമായ പ്രത്യാഘാതങ്ങളുണ്ടാക്കുമെന്ന് നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കുന്നു. നിങ്ങളുടെ ധർമസങ്കടത്തെ എങ്ങനെ മറികടക്കും?

1.11. ശാസ്ത്രം മറ്റേതൊരു വിജ്ഞാനവും പോലെത്തന്നെ നന്മക്കും തിന്മക്കും വേണ്ടി പ്രയോഗിക്കാം. അത് കൈയാളുന്നവനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. താഴെ കുറച്ച് ശാസ്ത്രീയ പ്രയോഗങ്ങൾ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. അവയിൽ നല്ലതെന്നോ ചീത്തയെന്നോ ഇവ രണ്ടും കൃത്യമായി വേർതിരിച്ചറിയാനാവാത്തതെന്നോ ഉള്ളവ കണ്ടെത്തുക.

a) ഗോവസൂരിക്കെതിരെ മുഴുവൻ ജനങ്ങൾക്കും കുത്തിവയ്പെടുക്കുന്നത് രോഗപ്രതിരോധത്തിനും ഈ വ്യാധിയെ ഭൂമുഖത്തുനിന്ന് തുടച്ചുമാറ്റുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു. (ഇത് ഇന്ത്യയിൽ വിജയകരമായി നിർവഹിച്ചതാണ്).

b) ടെലിവിഷൻ, നിരക്ഷരതാ നിർമാർജനത്തിനും വാർത്തയുടെയും ആശയത്തിന്റെയും വ്യാപകമായ പ്രചാരണത്തിനും വേണ്ടിയാണ്.

c) ഗർഭസ്ഥശിശുവിന്റെ ലിംഗനിർണയം
d) ജോലിയിൽ കാര്യക്ഷമത വർധിപ്പിക്കാനാണ് കമ്പ്യൂട്ടർ.
e) ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണപഥത്തിലേക്ക് കൃത്രിമ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ അയക്കുന്നത്.
f) ആണവായുധങ്ങളുടെ വികസനം.
g) പുതിയതും ശക്തവുമായ രാസായുധങ്ങൾ, ജൈവായുധങ്ങൾ എന്നിവയുടെ വികസനം.
h) കുടിവെള്ളശുദ്ധീകരണം
i) പ്ലാസ്റ്റിക് സർജറി
j) ക്ലോണിങ്

1.12. ഇന്ത്യക്ക് ഗണിതശാസ്ത്രത്തിലും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിലും ഭാഷാപ്രയോഗത്തിലും തർക്കം, മീമാംസ തുടങ്ങിയ വിഷയങ്ങളിലും മഹാപണ്ഡിതരും മഹത്തായ പാരമ്പര്യവുമുണ്ട്. അതേസമയം തന്നെ അന്ധവിശ്വാസങ്ങളും ദുരാചാരങ്ങളും വിജ്ഞാനവിരോധ ചിന്താഗതികളും സമൂഹത്തിൽ നിലനിന്നിരുന്നുവെന്ന് മാത്രമല്ല, അവ തുടർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരക്കാരുടെ കൂട്ടത്തിൽ നല്ല വിദ്യാഭ്യാസപശ്ചാത്തലമുള്ളവരും ഉൾപ്പെടുന്നുവെന്നത് അദ്ഭുതകരമാണ്. നിങ്ങളുടെ ശാസ്ത്രവിജ്ഞാനത്തെ ഇത്തരം പ്രവണതകൾക്കെതിരായി എങ്ങനെ പ്രയോജനപ്പെടുത്താനാവുമെന്ന് ആലോചിക്കുക.

1.13. നിയമം സ്ത്രീകൾക്ക് ഇന്ത്യയിൽ തുല്യത നൽകുന്നുണ്ടെങ്കിലും ധാരാളം ആളുകൾ സ്ത്രീകളുടെ തനതു സ്വഭാവവും കഴിവും ബുദ്ധിശക്തിയും സംബന്ധിച്ച് അശാസ്ത്രിയ നിലപാടുകൾ കൈക്കൊള്ളുന്നവരാണ്. അവർക്ക് പ്രായോഗികമായി രണ്ടാം സ്ഥാനമേ അക്കൂട്ടർ കല്പിക്കുന്നുള്ളു. ഉദാഹരണങ്ങളിലൂടെ അശാസ്ത്രീയമായ ഇത്തരം ചിന്താഗതികളെ തകർക്കാനും മനുഷ്യരെന്ന നിലയിൽ സ്ത്രീകളും പുരുഷന്മാരും തുല്യരാണെന്നും അവസരം നൽകിയാൽ എല്ലാ കാര്യങ്ങളിലും പുരുഷന്മാരോടൊപ്പം തുല്യരായി തീരുമെന്നും ശാസ്ത്രത്തിലും മറ്റു രംഗങ്ങളിലുമുള്ള മഹതികളുടെ ഉദാഹരണങ്ങൾ നിരത്തി സ്ഥാപിക്കുക. ഇത്തരം ഒരു ബോധം നിങ്ങളിലും സമൂഹത്തിലും ഉണ്ടാവാനുള്ള വിചിന്തനം നടത്തുക.

1–14. "ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിലെ സമവാക്യങ്ങൾക്ക്, അവ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ സാധൂകരിക്കപ്പെടുന്നു എന്നതിനപ്പുറം സൗന്ദര്യമുണ്ടായിരിക്കണമെന്നത് കൂടുതൽ പ്രധാനമാണ്"–പ്രമുഖ ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികജ്ഞൻ പി.എ.എം. ഡിറാക്കിന്റെ വാക്കുകളാണിവ. ഈ പ്രസ്താവന വിശകലനം ചെയ്യുക. ഈ പുസ്തകത്തിലെ ചില സമവാക്യങ്ങൾ ഉദാഹരണമായെടുത്തുകൊണ്ട് നിങ്ങളെ ആകർഷിച്ച സുന്ദരമായ സമവാക്യങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക.

1–15. മുകളിൽ കൊടുത്ത പ്രസ്താവനതന്നെ ഒരു വിവാദമായേക്കാം. മിക്ക ഭൗതികജ്ഞരും കരുതുന്നത് ഭൗതികത്തിലെ പ്രമുഖ സിദ്ധാന്തങ്ങളെല്ലാംതന്നെ ഒറ്റനോട്ടത്തിൽ ലളിതവും സുന്ദരവുമാണെന്നാണ്. ഡിറാക്കിനെ കൂടാതെ ഇതേ അഭിപ്രായം പങ്കുവക്കുന്നവരാണ് ഐൻസ്റ്റൈൻ, ബോർ, ഹൈസൻബർഗ്, ചന്ദ്രശേഖർ, ഫെയൻമാൻ മുതലായവർ. ഈ കൂട്ടത്തിൽപ്പെടുന്നവരോ മറ്റുള്ളവരോ ആയ മഹാശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ പുസ്തകങ്ങൾ അന്വേഷിച്ച് കണ്ടെത്തി വായിക്കാൻ നിങ്ങൾ പ്രത്യേകം താൽപ്പര്യമെടുക്കേണ്ടതാണ്. ആവേശകരങ്ങളാണവ! (ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ അവസാനം പുസ്തകങ്ങളുടെ പട്ടിക കൊടുത്തിട്ടുണ്ട് കാണുക).

1–16. ശാസ്ത്രവിഷയങ്ങളിലുള്ള പാഠപുസ്തകങ്ങൾ വായിച്ച് ഒരുപക്ഷേ നിങ്ങൾക്ക് മടുപ്പു തോന്നിയിട്ടുണ്ടാവാം. ഇത്രയും ഗഹനമായ കാര്യങ്ങൾ ചിന്തിച്ചും പ്രവർത്തിച്ചും കഴിയുന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞർ അരസികരും ഉൾവലിഞ്ഞ് ജീവിക്കുന്നവരും ചിരിക്കുകയോ സന്തോഷിക്കുകയോ ചെയ്യാത്തവരും ആണെന്ന് നിങ്ങൾ കരുതുന്നുണ്ടാവും. ശാസ്ത്രത്തെപ്പറ്റിയും ശാസ്ത്രജ്ഞരെപ്പറ്റിയുമുള്ള ഈയൊരു ധാരണ തെറ്റാണെന്നു മാത്രമല്ല, എല്ലാ മനുഷ്യരെപ്പോലെയും ആഹ്ലാദത്തോടെയും സഹവർത്തിത്വത്തോടെയും, തമാശകളും സാഹസികതകളും ആസ്വദിച്ചും ജീവിക്കുന്നവരാണ് അവരും. ജോർജ് ഗാമോ, ഫെയ്ൻമാൻ എന്നീ പ്രസിദ്ധ ശാസ്ത്രജ്ഞർ പറയുകയോ എഴുതുകയോ ചെയ്യുന്ന ഓരോ വാക്കിലും നർമം കരുതിവെക്കുന്നവരാണ്. ഇവരുടെയൊക്കെ പുസ്തകങ്ങൾ അതു നമ്മെ ബോധ്യപ്പെടുത്തും.