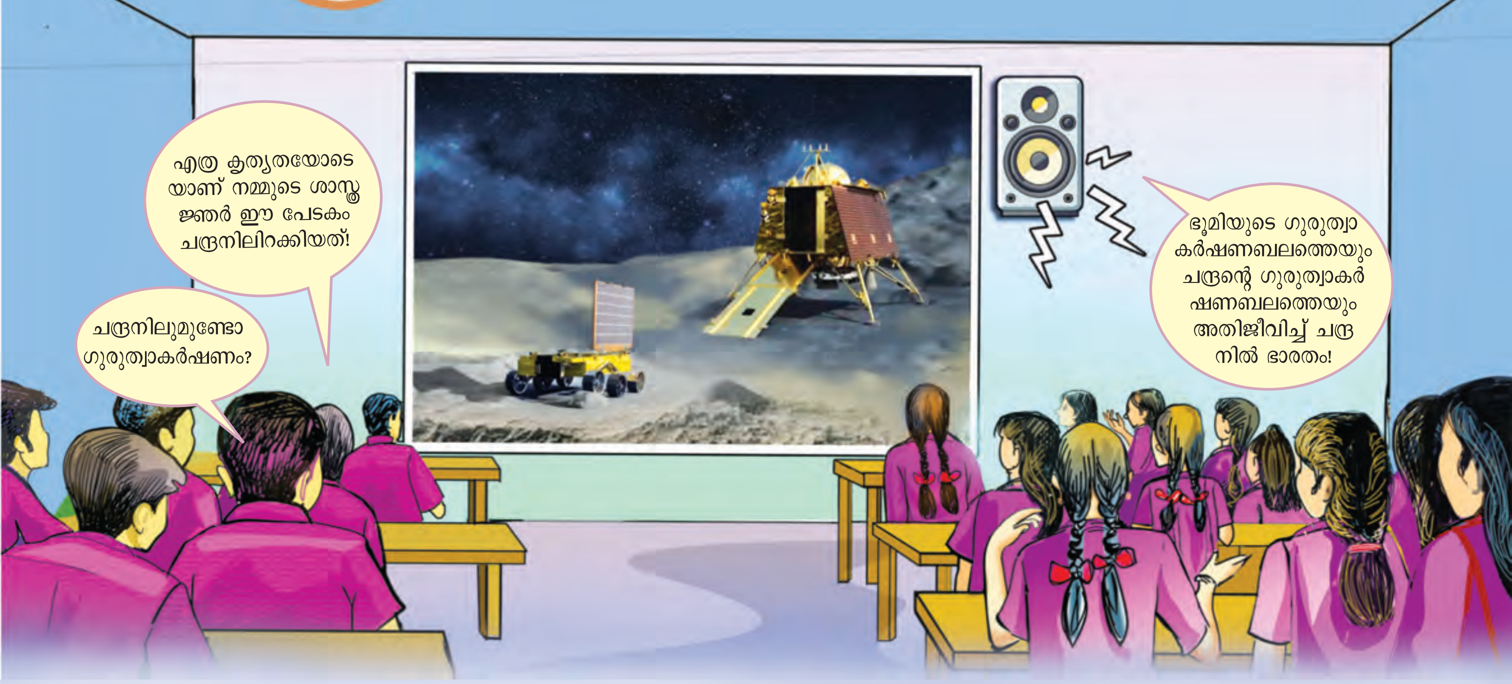
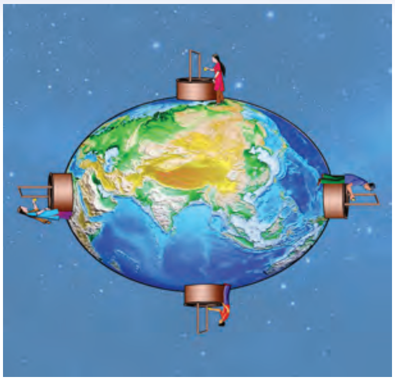
4 ഗുരുത്വാകർഷണം



നമുക്ക് ചുറ്റും കാണുന്ന ഫലവൃക്ഷങ്ങളിൽ നിന്ന് ഫലങ്ങളും ഇലകളും ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കുന്നത് ശ്രദ്ധിച്ചിരിക്കുമല്ലോ. മുകളിലേക്ക് എറിഞ്ഞ കല്ലും കൊഴിഞ്ഞുപോയ പക്ഷിത്തൂവലും എന്തുകൊണ്ട് ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കുന്നു എന്ന് ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ?



ചിത്രം 4.1

- കല്ലിനും തൂവലിനും താഴേക്ക് പതിക്കാൻ ആവശ്യമായ ബലം എവിടെ നിന്നാണ് ലഭിച്ചത്?
- ഭൂമിയുടെ നാനാഭാഗത്തുമുള്ള കിണറുകളിൽ കല്ലുകൾ ഇടുന്നതായി സങ്കല്പിച്ചു നോക്കൂ. കല്ലുകൾ ആകർഷിക്കപ്പെടുന്നത് കിണറുകളുടെ അടിത്തട്ടിലേക്കല്ലേ?
- ഭൂമിയുടെ മറുവശത്തുള്ളവർ ഭൂമിയിൽ നിന്നു വീണുപോകുന്നില്ലല്ലോ! ഭൂമിയുടെ ആകർഷണമല്ലേ ഇതിനു കാരണം?

ഈ ആകർഷണബലം അളക്കുവാൻ കഴിയുമോ?

ചിത്രം 4.2

എല്ലാ വസ്തുക്കളേയും ഭൂമി ആകർഷിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ദിശ ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രത്തിലേക്കാണ്. ഈ ആകർഷണബലമാണ് ഭൂഗുരുത്വാകർഷണ ബലം.

ഒരു പ്രവർത്തനം ചെയ്തു നോക്കാം.

ഒരു സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് ജനൽ കമ്പിയിൽ ഉറപ്പിക്കുക.

അതിന്റെ കൊളുത്ത് കൈകൊണ്ട് പിടിച്ച് വലിക്കുക.

- എന്തുകൊണ്ടാണ് സ്പ്രിങ് വലിഞ്ഞത്?

കൈ പ്രയോഗിച്ച ബലം കൊണ്ടാണല്ലോ സ്പ്രിങ്ങിന് വലിവ് അനുഭവപ്പെട്ടത്.

- സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് റീഡിങ് എത്രയാണ്?
- ഇതല്ലേ നാം പ്രയോഗിച്ച ബലം?
- ബലത്തിന്റെ യൂണിറ്റ് ഏതാണ്?

ചിത്രം 4.3

സ്പ്രിങ് ബാലൻസിൽ 100 g തൂക്കക്കട്ടി കൊളുത്തി ഇടുക.

- സ്പ്രിങ്ങിന് വലിവുണ്ടായത് എന്തുകൊണ്ടായിരിക്കും?
- 100 g മാസിനെ ഏത് ബലമാണ് താഴേക്ക് വലിച്ചത്?
- സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് റീഡിങ് എത്ര?

ഇത് വസ്തുവിനെ ഭൂമി ആകർഷിച്ച ബലം ആണല്ലോ!

ഈ ആകർഷണബലം എന്തിനെയെല്ലാം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു എന്ന് നോക്കാം.

100 g മാസിന് പകരം 200 g മാസുള്ള തൂക്കക്കട്ടി ഉപയോഗിച്ച് പരീക്ഷണം ആവർത്തിക്കുക.

- സ്പ്രിങ് ബാലൻസിൽ കൂടുതൽ വലിവ് ബലം അനുഭവപ്പെടാൻ കാരണം എന്തായിരിക്കും?
- മാസ് കൂടുമ്പോൾ ആകർഷണബലത്തിന് എന്ത് സംഭവിക്കുന്നു?

  കൂടുന്നു/കുറയുന്നു

- അങ്ങനെയെങ്കിൽ ആകർഷണബലത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഒരു ഘടകം എഴുതൂ.

മാസ് മാത്രമായിരിക്കുമോ ആകർഷണബലത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നത്?

ഒരു വസ്തു ഭൂമിയുടെ വിവിധ സ്ഥാനങ്ങളിലായിരിക്കുമ്പോഴുള്ള ആകർഷണ ബലം പട്ടികയിൽ നല്കിയിരിക്കുന്നു.

വസ്തുവിന്റെ മാസ് (kg)	ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നുള്ള ഉയരം (m)	ആകർഷണബലം (N)
100	ഉപരിതലത്തിൽ (0)	980
100	1,00,000	950
100	10,00,000	730

പട്ടിക 4.1

പട്ടിക നിരീക്ഷിച്ച് ചുവടെ കൊടുത്ത ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം രേഖപ്പെടുത്തൂ.

- 100 kg മാസുള്ള വസ്തുവിൽ ആകർഷണബലം കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെട്ടത് എവിടെ വച്ചാണ്?

  (ഉപരിതലത്തിൽ / 1,00,000 m ഉയരത്തിൽ / 10,00,000 m ഉയരത്തിൽ)

- ഭൂമിയിൽ നിന്ന് വസ്തുവിലേക്കുള്ള അകലം കൂടുമ്പോൾ ഭൂമി പ്രയോഗിക്കുന്ന ആകർഷണബലം

  (കൂടുന്നു / കുറയുന്നു)

ഭൂഗുരുത്വാകർഷണബലത്തെക്കുറിച്ച് നിങ്ങൾ നേടിയ അറിവുകൾ സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തൂ.

- ഭൂമി എല്ലാ വസ്തുക്കളേയും അതിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലേക്ക് ആകർഷിക്കുന്നു.
- വസ്തുവിന്റെ മാസ് കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ആകർഷണബലം കൂടുന്നു.
- വസ്തുവിലേക്കുള്ള അകലം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ആകർഷണബലം കുറയുന്നു.

ഭൂമി മാത്രമാണോ ഇത്തരത്തിൽ ആകർഷണബലം പ്രയോഗിക്കുന്നത്?

താണുപത്മനാഭൻ (Thanu Padmanabhan)

ജീവിതകാലം : 1957 – 2021
ജന്മ സ്ഥലം : തിരുവനന്തപുരം

തിരുവനന്തപുരം യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജിൽ BSc യ്ക്കും MSc യ്ക്കും ഗോൾഡ് മെഡൽ ജേതാവായിരുന്നു. കോസ്മോളജി, ഗ്രാവിറ്റേഷൻ എന്നീ മേഖലകളിൽ മൗലികമായ സംഭാവനകൾ നൽകി.

ന്യൂട്ടന്റെയും ഐൻസ്റ്റൈന്റെയും ഗുരുത്വാകർഷണ സിദ്ധാന്തങ്ങളിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമായ മറ്റൊരു മാതൃക അവതരിപ്പിച്ചു. പത്മശ്രീ, കേരളശാസ്ത്രപുരസ്കാരം തുടങ്ങി നിരവധി ബഹുമതികൾക്ക് അദ്ദേഹം അർഹനായി.

ഭൂമിയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വേലിയേറ്റം, വേലിയിറക്കം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് കേട്ടിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഭൂമിയിൽ ചന്ദ്രനും സൂര്യനും പ്രയോഗിക്കുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തിന്റെ പ്രഭാവം കാരണമാണല്ലോ ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നത്.

- സൂര്യനും ചന്ദ്രനും ഭൂമിയിൽ ബലം പ്രയോഗിക്കുമെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചത്തിലെ മറ്റു ഗോളങ്ങൾ തമ്മിലും പരസ്പരാകർഷണബലം ഉണ്ടാകില്ലേ?

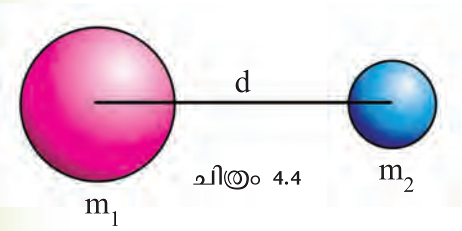
സാർവിക ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം (Universal Law of Gravitation)

പ്രപഞ്ചത്തിലെ വസ്തുക്കളുടെ പരസ്പര ആകർഷണത്തെക്കുറിച്ച് സമഗ്രമായ ഒരു നിയമം ആദ്യമായി ആവിഷ്കരിച്ചത് സർ ഐസക് ന്യൂട്ടൻ ആണ്. ഇതാണ് സാർവിക ഗുരുത്വാകർഷണ നിയമം.

സാർവിക ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം (Universal Law of Gravitation)

പ്രപഞ്ചത്തിലുള്ള എല്ലാ വസ്തുക്കളും പരസ്പരം ആകർഷിക്കുന്നു. രണ്ടു വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണബലം (Gravitational force) അവയുടെ മാസുകളുടെ ഗുണനഫലത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലും അകലത്തിന്റെ വർഗത്തിന് വിപരീത അനുപാതത്തിലും ആണ്.

m_1, m_2 എന്നീ മാസുള്ള രണ്ട് വസ്തുക്കളുടെ കേന്ദ്രങ്ങൾ തമ്മിൽ d അകലമുണ്ടെങ്കിൽ അവ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ആകർഷണബലം F ആണെന്നു കരുതുക. എങ്കിൽ,



ചിത്രം 4.4

$$F \propto m_1 \times m_2 \qquad F \propto \frac{1}{d^2}$$

അഥവാ, $$F \propto \frac{m_1\, m_2}{d^2}$$

അതായത്, $$\mathbf{F = G\frac{m_1\, m_2}{d^2}}$$

PhET→ Gravity Force Lab

G എന്നത് ഗുരുത്വാകർഷണസ്ഥിരാങ്കമാണ്. $6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$ ആണ് G യുടെ മൂല്യം. പ്രപഞ്ചത്തിൽ എല്ലായിടത്തും G യുടെ മൂല്യം തുല്യമായിരിക്കും. ഹെൻറി കാവെൻഡിഷ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് G യുടെ മൂല്യം പരീക്ഷണത്തിലൂടെ കണ്ടെത്തിയത്.

1 kg മാസുള്ള രണ്ട് വസ്തുക്കൾ തമ്മിൽ 1 m അകലത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുമ്പോൾ അവയ്ക്കിടയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണബലം G newton ആയിരിക്കും.

ന്യൂട്ടന്റെ സാർവിക ഗുരുത്വാകർഷണനിയമത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പട്ടിക 4.2 പൂർത്തിയാക്കുക.

പൂർത്തിയാക്കിയ പട്ടിക നിരീക്ഷിച്ച് താഴെക്കൊടുത്ത ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം എഴുതൂ.

ക്രമ നമ്പർ	വസ്തുക്കളുടെ മാസ് kg		വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള അകലം m	പരസ്പരാകർഷണ ബലം N
1	5	10	2	$\frac{G \times 10 \times 5}{2^2} = 12.5\,G$
2	10	10	2	G × ---------- = ----------
3	10	30	2	G × ---------- = ----------
4	5	10	4	G × ---------- = ----------
5	5	10	1	G × ---------- = ----------
6	5	10	$\frac{1}{2}$	G × ---------- = ----------

പട്ടിക 4.2

- പരസ്പരം ആകർഷിക്കുന്ന ഒരു നിശ്ചിത അകലത്തിലുള്ള രണ്ട് വസ്തുക്കളിൽ ഒന്നിന്റെ മാസ് രണ്ട് മടങ്ങാക്കിയാൽ പരസ്പരാകർഷണബലം എത്ര മടങ്ങാകും?
- ഒരു വസ്തുവിന്റെ മാസ് രണ്ട് മടങ്ങും രണ്ടാമത്തെ വസ്തുവിന്റെ മാസ് മൂന്ന് മടങ്ങും ആക്കിയാലോ?

- വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള അകലം രണ്ട് മടങ്ങ് ആക്കിയാലോ?
- വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള അകലം പകുതിയാക്കിയാലോ?
- വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള അകലം നാലിലൊന്നാക്കിയാലോ?
- 40 kg, 50 kg വീതം മാസുള്ള രണ്ട് കുട്ടികൾ 2 m അകലത്തിൽ ആയിരിക്കുമ്പോൾ അവർ തമ്മിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം കണക്കാക്കുക.

$m_1 = 40$ kg $\quad m_2 = 50$ kg $\quad d = 2$ m

$$F = G\frac{m_1 m_2}{d^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 40 \times 50}{(2)^2} \text{ N}$$

$$F = 500 \times 6.67 \times 10^{-11} \text{ N}$$

$$= 3335 \text{ x } 10^{-11} \text{ N}$$

$$F = 3.335 \times 10^{3} \text{ x } 10^{-11} \text{ N}$$

$$F = 3.335 \text{ x } 10^{-8} \text{ N}$$

$$F = 0.00000003335 \text{ N}$$

ചിത്രം 4.5

വളരെ കുറഞ്ഞ ബലമായതിനാലാണ് കുട്ടികൾ തമ്മിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണബലം അനുഭവപ്പെടാത്തതെന്ന് ബോധ്യമായല്ലോ. ഈ ബലം ഘർഷണ ബലം, കാന്തികബലം പോലുള്ള മറ്റ് ബലങ്ങളോട് താരതമ്യം ചെയ്യാൻ പോലും കഴിയാത്തത്ര ചെറുതാണ്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ നിത്യജീവിതത്തിൽ ഈ ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നതായി തോന്നാറുമില്ല!

ചിത്രം 4.6

ഇവിടെ 40 kg മാസുള്ള കുട്ടിയും 50 kg മാസുള്ള കുട്ടിയും 3.335×10^{-8} N ബലത്തോടെയാണ് പരസ്പരം ആകർഷിക്കുന്നത്. അതായത് രണ്ടുപേർക്കും ഒരേ ആകർഷണബലമാണ് ലഭിക്കുക.

? ഭൂമി ചന്ദ്രനെ ആർഷിക്കുന്ന ബലം F എങ്കിൽ ചന്ദ്രൻ ഭൂമിയെ ആകർഷിക്കുന്ന ബലം എത്രയായിരിക്കും?

തുടർച്ചയായി ബലം പ്രയോഗിക്കുന്നതു മൂലം വസ്തുക്കൾക്ക് ത്വരണമുണ്ടാകുമെന്നറിയാമല്ലോ. എങ്കിൽ ഭൂഗുരുത്വാകർഷണ ബലം മൂലം ത്വരണമുണ്ടാകുമോ?

ഗുരുത്വാകർഷണത്വരണം (Acceleration due to Gravity)

ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലം കാരണമല്ലേ തെങ്ങിൽ നിന്നും ഞെട്ടറ്റുപോയ തേങ്ങ താഴോട്ട് തന്നെ പതിക്കുന്നത്? ഭൂമി പ്രയോഗിക്കുന്ന അസന്തുലിത ബലം തേങ്ങയിൽ ത്വരണമുണ്ടാക്കുന്നത് മൂലമാണ് അത് താഴേക്ക് പതിക്കുന്നത്.

ഒരു നിശ്ചിത ഉയരത്തിൽ നിന്ന് മാസ് കുറഞ്ഞ വസ്തുവും മാസ് കൂടിയ വസ്തുവും ഒരുമിച്ചു താഴേക്ക് പതിപ്പിക്കുക.

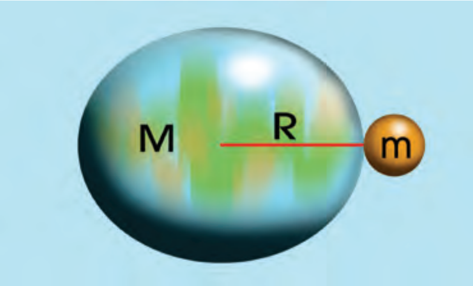
ചിത്രം 4.7

- ഏതാണ് ആദ്യം എത്തിയത്?
- ഏതിനായിരിക്കും കൂടുതൽ ത്വരണം ഉണ്ടായത്?

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം ചലന നിയമം അനുസരിച്ച് $F = ma$ ആണല്ലോ.

F എന്നത് ഭൂമിയുടെ ആകർഷണ ബലവും m വസ്തുവിന്റെ മാസും എങ്കിൽ a എന്നത് ഭൂമിയുടെ ആകർഷണം മൂലമുള്ള ത്വരണമല്ലേ?

ഭൂഗുരുത്വാകർഷണബലത്താൽ വസ്തുക്കൾക്കുണ്ടാവുന്ന ത്വരണം ഭൂഗുരുത്വാകർഷണ ത്വരണം (acceleration due to gravity) എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഇത് g എന്ന അക്ഷരം കൊണ്ടാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 4.8

വസ്തുവിന്റെ മാസ് m, ഭൂമിയുടെ മാസ് M, ഭൂമിയുടെ ആരം R എന്ന് പരിഗണിച്ചാൽ ഗുരുത്വാകർഷണനിയമപ്രകാരം ഭൂമി പ്രയോഗിക്കുന്ന ആകർഷണബലം

$F = \frac{GMm}{R^2}$ ആണ്.

എന്നാൽ രണ്ടാം ചലനനിയമപ്രകാരം m മാസുള്ള വസ്തുവിന് g ത്വരണമുണ്ടാകുവാൻ ആവശ്യമായ ബലം $F = mg$ ആണല്ലോ.

അതായത് $mg = \frac{GMm}{R^2}$

$$\mathbf{g = \frac{GM}{R^2}}$$

- g യുടെ യൂണിറ്റെന്ത്?
- ഈ സമവാക്യത്തിൽ വസ്തുവിന്റെ മാസ് ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടോ?

വസ്തുവിന്റെ മാസ് ഗുരുത്വാകർഷണത്വരണത്തെ ബാധിക്കുന്നില്ല എന്ന് ഈ സമവാക്യത്തിൽ നിന്നും ബോധ്യപ്പെട്ടല്ലോ.

ഒരേ ഉയരത്തിൽ നിന്ന് ഒരേ സമയം പതിക്കുന്ന വ്യത്യസ്ത മാസുള്ള വസ്തുക്കൾ ഒരേ സമയം തറയിൽ പതിച്ചത് എന്തുകൊണ്ടാണെന്ന് മനസ്സിലായില്ലേ?

- മാവിൽ നിന്ന് മാങ്ങയും ഇലയും ഒരേ സമയം പതിക്കാൻ തുടങ്ങിയാൽ അവ ഒരുമിച്ച് താഴെ എത്തുമോ? എന്തായിരിക്കും കാരണം?

തെങ്ങിലുള്ള തേങ്ങയിലേക്ക് ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നുള്ള ദൂരം എങ്ങനെ കണക്കാക്കാം.

ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്ന് ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്കുള്ള ദൂരത്തോടൊപ്പം തെങ്ങിന്റെ ഉയരവും കൂടി കണക്കിലെടുക്കേണ്ടതല്ലേ?

ഭൂമിയുടെ ആരം വളരെ വലുതായതിനാൽ ചെറിയ ഒരു ദൂരം കൂടി കൂട്ടിച്ചേർക്കുന്നതുകൊണ്ട് ദൂരത്തിന്റെ മൂല്യത്തിൽ കാര്യമായ മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നില്ല.

- ഒരു കടലാസ് കഷണവും ഒരു നാണയവും ഒരേ ഉയരത്തിൽ നിന്ന് ഒരുമിച്ച് താഴോട്ട് ഇടുക. എന്ത് നിരീക്ഷിക്കുന്നു?
- ഇതേ കടലാസ് ചുരുട്ടിയ ശേഷം പ്രവർത്തനം ആവർത്തിക്കുക. എന്ത് വ്യത്യാസമാണ് ഇപ്പോൾ നിരീക്ഷിച്ചത്?

വായു ചെലുത്തുന്ന സ്വാധീനം കാരണമാണ് ഇല, തൂവൽ, കടലാസ് തുടങ്ങിയവ സാവധാനം പതിക്കുന്നത്.

വായു നീക്കം ചെയ്യാനുള്ള ഉപായം കണ്ടെത്തിയതോടെ ഈ നിഗമനം പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. അവയിൽ ഒന്നാണ് തൂവലും നാണയവും പരീക്ഷണം.

തൂവലും നാണയവും പരീക്ഷണം (Feather and Coin Experiment)

നീളം കൂടിയ സുതാര്യ ട്യൂബിൽ ഒരു നാണയവും തൂവലും നിക്ഷേപിച്ച് ലംബമായി പിടിച്ച് പെട്ടെന്ന് തലകീഴായി നിർത്തിയപ്പോൾ നാണയം പതിച്ച് അല്പം കഴിഞ്ഞ് തൂവൽ എത്തുന്നതായി കാണുന്നു. ട്യൂബിനകത്തെ വായു നീക്കം ചെയ്ത് പരീക്ഷണം ആവർത്തിച്ചാൽ തൂവലും നാണയവും ഒരുമിച്ച് താഴെ പതിക്കുന്നതും കാണാം.

ചിത്രം 4.9

ഈ പരീക്ഷണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തൂവൽ, ഇല, കടലാസ് തുടങ്ങിയവ സാവധാനത്തിൽ തറയിൽ പതിക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ടാണെന്ന് വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയുമല്ലോ.

ഭൂമിയിലെ g യുടെ മൂല്യം കണക്കാക്കി നോക്കാം.

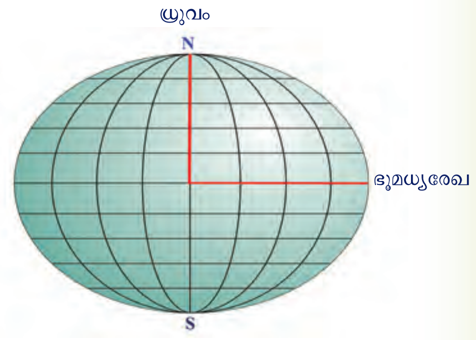
ഭൂമിയുടെ മാസ് M = 6×10^{24} kg

ആരം R = 6.4×10^{6} m

$$g = \frac{----------}{----------} = \frac{----------}{----------} = 9.8 \text{ m/s}^2$$

ഭൂഗുരുത്വാകർഷണത്വരണം ഭൂമിയിൽ എല്ലാ യിടത്തും ഒരുപോലെയാണോ?

ചിത്രം നിരീക്ഷിക്കൂ.



ചിത്രം 4.10

- ഭൂമി യഥാർഥ ഗോളാകൃതിയിലാണോ?
- ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നുള്ള അകലം ഏറ്റവും കൂടിയ ഭാഗം എതാണ്? (ധ്രുവപ്രദേശം/ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശം)
- അകലം കുറഞ്ഞ ഭാഗമോ?
- ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്ന് ഉപരിതലത്തിലേക്കുള്ള അകലം വ്യത്യാസപ്പെടുമ്പോൾ g യുടെ മൂല്യത്തിന് എന്തു മാറ്റമുണ്ടാകും?

  $g = \frac{GM}{R^2}$ എന്ന സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് പരിശോധിക്കൂ.

- g യുടെ മൂല്യം ഏറ്റവും കൂടുതൽ എവിടെയാണ്?

  (ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത്/ ധ്രുവപ്രദേശത്ത്)

- ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽ വസ്തുവിനെ എല്ലാഭാഗത്തു നിന്നും ആകർഷിക്കുന്ന ബലങ്ങൾ തുല്യമായതിനാൽ അവിടെ g യുടെ മൂല്യം എത്രയായിരിക്കും? ചർച്ചചെയ്ത് രേഖപ്പെടുത്തൂ.

ഭൂമധ്യരേഖ പ്രദേശത്ത് g യുടെ ഏകദേശ മൂല്യം = 9.78 m/s^2.

ധ്രുവപ്രദേശത്ത് g യുടെ ഏകദേശ മൂല്യം = 9.83 m/s^2.

ചിത്രം 4.11

ഗുരുത്വാകർഷണബലം എന്നത് പരസ്പരാകർഷണബലം ആണല്ലോ. അന്തരീക്ഷത്തിൽ പറന്നുയർന്ന വിമാനത്തിന്റെ പ്രവർത്തനം നിലച്ചു പോയാൽ വിമാനം താഴേക്ക് പതിക്കുന്നതുപോലെ ഭൂമി വിമാനത്തിലേക്ക് ഉയർന്നു പോകുന്നില്ലല്ലോ. എന്തായിരിക്കും കാരണം? നമുക്ക് പരിശോധിക്കാം.

10000 kg മാസുള്ള വിമാനം ഭൂമിയിൽ നിന്ന് 10 km ഉയരത്തിലായിരിക്കുമ്പോൾ വിമാനവും ഭൂമിയും തമ്മിലുള്ള ഗരുത്വാകർഷണബലം കണക്കാക്കാം.

$$m = 10000 \text{ kg} = 10^4 \text{ kg}$$

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നുള്ള ഉയരം $d = 10 \text{ km} = 10000 \text{ m} = 10^4 \text{ m}$

$$F = \frac{GMm}{R^2}$$

$$F = \frac{G \times 6 \times 10^{24} \text{kg} \times 10^4 \text{ kg}}{(6.4 \times 10^6 + 10^4 \text{m})^2}$$

$$= \frac{(6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{28})}{(6.41 \times 10^6)^2} \text{ N}$$

$$= 97400 \text{ N}$$

ഇത്രയും ബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ വിമാനത്തിനുണ്ടാകുന്ന ത്വരണം എത്രയെന്ന് നോക്കാം.

$$F = mg$$

$$g = \frac{F}{m} = \frac{97400}{10000} = 9.74 \text{ m/s}^2$$

ഭൂമി വിമാനത്തിൽ പ്രയോഗിച്ച ഇതേ ബലം തന്നെയല്ലേ വിമാനം ഭൂമിയിൽ പ്രയോഗിക്കുന്നത്?

വിമാനം ഭൂമിയിൽ ചെലുത്തുന്ന ബലം കാരണം ഭൂമിക്കുണ്ടാകുന്ന ത്വരണം കണക്കാക്കാം.

$$g = \frac{F}{M} = \frac{97400}{6 \times 10^{24}} = 1.6 \times 10^{-20} \text{ m/s}^2 = 0.000000000000000000016 \text{ m/s}^2.$$

ഭൂമിക്കുണ്ടാകുന്ന ത്വരണം പൂജ്യത്തിന് സമാനമാണ്. വിമാനവും ഭൂമിയും പരസ്പരം ആകർഷിക്കുന്ന ബലങ്ങൾ തുല്യമാണെങ്കിലും ഭൂമിക്ക് ത്വരണം അനുഭവപ്പെടുന്നതായി തോന്നുകയില്ല. ഭൂമിയുടെ ഉയർന്ന മാസാണിതിന് കാരണം.

ഒരേ ബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ മാസ് കൂടിയ വസ്തുക്കൾക്ക് ലഭിക്കുന്ന ത്വരണം കുറവായിരിക്കും.

ഭൂമിയിലെയും ചന്ദ്രനിലെയും ഗുരുത്വാകർഷണ ത്വരണത്തിന്റെ മൂല്യങ്ങൾ ഒരുപോലെയാകുമോ?

ചന്ദ്രനിലെ ഗുരുത്വാകർഷണത്വരണം

ചന്ദ്രന്റെ മാസ് $M = 7.34 \times 10^{22}$ kg

ചന്ദ്രന്റെ ആരം $R = 1.74 \times 10^{6}$ m

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

$$g_{ചന്ദ്രൻ} = 1.62\ m/s^2$$

$$\frac{g_{ചന്ദ്രൻ}}{g_{ഭൂമി}} = \frac{\text{ചന്ദ്രനിലെ g യുടെ മൂല്യം}}{\text{ഭൂമിയിലെ g യുടെ മൂല്യം}}$$

$$= \frac{\text{..............................}}{\text{..............................}}$$

$$= \text{----------------}$$

അതായത് ചന്ദ്രനിലെ g യുടെ മൂല്യം ഭൂമിയിലെ g യുടെ മൂല്യത്തിന്റെ ഏകദേശം $\frac{1}{6}$ ആണ്.

തമോഗർത്തം (Black hole)

പ്രകാശത്തിനുപോലും വിട്ടുപോകുവാൻ കഴിയാത്ത വിധത്തിൽ അതിശക്തമായ ഗുരുത്വാകർഷണം ഉള്ള പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളാണ് തമോഗർത്തങ്ങൾ.

ഗുരുത്വാകർഷണത്തെ സംബന്ധിച്ച ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റൈന്റെ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തമോഗർത്തങ്ങളുടെ സാധ്യതയെക്കുറിച്ച് 1916 - ൽ പ്രവചിച്ചിരുന്നു. എന്നാൽ ഇവയുടെ സാന്നിധ്യത്തിന്റെ ശരിയായ തെളിവുകൾ ലഭിച്ചത് 2017 - ൽ ആണ്. M87 എന്ന വിദൂര ഗാലക്സിയുടെ കേന്ദ്രത്തിലുള്ള വലിയ മാസുള്ള തമോഗർത്തത്തിന്റെ നിഴൽ ചിത്രം ശാസ്ത്രജ്ഞർക്ക് സൃഷ്ടിക്കാനായി. നമ്മുടെ ഗാലക്സിയായ ആകാശഗംഗയുടെ മധ്യഭാഗത്തായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഒരു പടുകൂറ്റൻ തമോഗർത്തത്തെക്കുറിച്ചുള്ള തെളിവുകളും ഇപ്പോൾ ലഭ്യമാണ്.

സൂര്യന്റെ പല മടങ്ങ് മാസുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുടെ പരിണാമത്തിന്റെ അവസാനഘട്ടത്തിൽ ചിലത് തമോഗർത്തങ്ങളായി മാറാൻ സാധ്യതയുണ്ട്. ഇത്തരം ധാരാളം തമോഗർത്തങ്ങൾ ഗാലക്സികളിൽ ഉണ്ട്.

? **10,000 kg മാസ് ഉള്ള ഒരു കൃത്രിമ ഉപഗ്രഹം പ്രവർത്തനം നിലച്ച് ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കാൻ തുടങ്ങുന്നു. വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണം പരസ്പരമാണ് എന്നറിയാമല്ലോ. ഭൂമി ഉപഗ്രഹത്തെ ആകർഷിക്കുന്ന അതേ ബലത്തിൽ ഉപഗ്രഹം ഭൂമിയേയും ആകർഷിക്കുന്നു.**

ഭൂമിയിൽ നിന്നുള്ള ഉയരം = 5000 m, ഭൂമിയുടെ ആരം $R = 6.4 \times 10^{6}$ m

a) ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ത്വരണം എത്ര?

b) ഭൂമിക്കുണ്ടാകുന്ന ത്വരണം എത്ര? (ഭൂമിയുടെ മാസ് = 6×10^{24} kg)

? **10 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ 20 m ഉയരത്തിൽ നിന്ന് ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കാൻ അനുവദിച്ചാൽ,**

a) അത് തറയിലെത്താൻ എത്ര സമയമെടുക്കും?

b) ചന്ദ്രനിലാണെങ്കിൽ തറയിലെത്താൻ എത്ര സമയം വേണ്ടി വരും എന്ന് കണക്കാക്കുക.

$$g_{ഭൂമി} = 10\ m/s^2,\ g_{ചന്ദ്രൻ} = 1.62\ m/s^2$$

? **ചന്ദ്രോപരിതലത്തിൽ നിന്ന് ഒരു കല്ല് നേരെ മുകളിലേക്ക് എറിയുന്നു. 6 s കൊണ്ട് കല്ല് തിരിച്ചെത്തുമെങ്കിൽ,**

a) കല്ലിന്റെ ആദ്യപ്രവേഗം എത്ര?

b) കല്ല് സഞ്ചരിച്ചേക്കാവുന്ന ദൂരം എത്ര?

c) 4 s കഴിയുമ്പോൾ കല്ലിന്റെ സ്ഥാനം എവിടെയായിരിക്കും?

ഒരു ചാക്ക് സിമന്റിന് 50 കിലോഗ്രാം ഭാരമുണ്ടെന്നും 50 കിലോഗ്രാം മാസുണ്ടെന്നും നാം പറയാറുണ്ട്. ഇവ രണ്ടും ഒന്നു തന്നെയാണോ? നമുക്ക് പരിശോധിക്കാം.

മാസും ഭാരവും (Mass and Weight)

ഒരു വസ്തുവിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ദ്രവ്യത്തിന്റെ അളവാണ് അതിന്റെ മാസ് എന്ന് പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. മാസ് അളക്കുന്നത് ഏത് ഉപകരണം ഉപയോഗിച്ചാണ്? കോമൺ ബാലൻസിൽ മറ്റൊരു വസ്തുവിന്റെ മാസുമായി താരതമ്യം ചെയ്താണ് ഒരു വസ്തുവിന്റെ മാസ് കണക്കാക്കുന്നത്. മാസിന്റെ യൂണിറ്റ് ഏത്?

കോമൺ ബാലൻസ്
ചിത്രം 4.12 (a)

ഭാരം എന്നത് ഒരു ബലമാണ്. ഒരു വസ്തുവിൽ ഭൂമി പ്രയോഗിക്കുന്ന ആകർഷണബലമാണ് ആ വസ്തുവിന്റെ ഭൂമിയിലെ ഭാരം. ചന്ദ്രനിലോ മറ്റ് ആകാശഗോളങ്ങളിലോ (celestial bodies) ആയിരിക്കുമ്പോൾ ആ ഗോളങ്ങൾ വസ്തുവിനെ ആകർഷിക്കുന്ന ബലമാണ് വസ്തുവിന്റെ അവിടുത്തെ ഭാരം. ഒരു വസ്തുവിന്റെ മാസ് m ആയാൽ വസ്തുവിന്റെ ഭാരം mg ആയിരിക്കും. സ്പ്രിങ് ബാലൻസ്, പ്ലാറ്റ്ഫോം ബാലൻസ് തുടങ്ങിയവ ഉപയോഗിച്ചാണ് ഭാരം അളക്കുന്നത്. ഭാരത്തിന്റെ യൂണിറ്റ് ന്യൂട്ടൻ (N) ആണ്.

കിലോഗ്രാം വെയിറ്റ് (kgwt) എന്നത് ഭാരത്തിന്റെ മറ്റൊരു യൂണിറ്റാണ്. സ്പ്രിങ് ബാലൻസിൽ സാധാരണയായി kgwt നെ kg എന്നാണ് അടയാളപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. 50 kg മാസുള്ള വസ്തുവിന്റെ ഭാരം എത്രയായിരിക്കും?

സ്പ്രിങ് ബാലൻസ്
ചിത്രം 4.12 (b)

ഒരു കിലോഗ്രാം ഭാരം (1 kgwt)

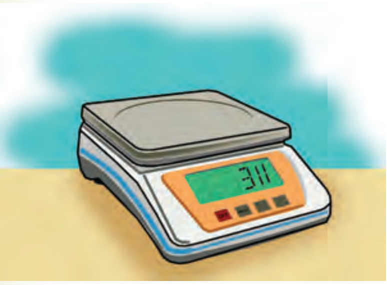
ഒരു കിലോഗ്രാം മാസുള്ള വസ്തുവിൽ ഭൂമി പ്രയോഗിക്കുന്ന ആകർഷണബലത്തിന് തുല്യമായ ബലമാണ് ഒരു കിലോഗ്രാം ഭാരം (1 kgwt).

$$F = ma = mg$$

$1 \text{ kgwt} = 1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 9.8 \text{ kgm/s}^2 = 9.8 \text{ N}$ അതായത് $1 \text{ kgwt} = 9.8 \text{ N}$.

50 kg മാസുള്ള വസ്തുവിന്റെ ഭാരം $= mg = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 490 \text{ N}$

ഇത് 50 kgwt (കിലോഗ്രാം ഭാരം) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു.



പ്ലാറ്റ്ഫോം ബാലൻസ്
ചിത്രം 4.12 (c)

? 10 കിലോഗ്രാം മാസ് ഉള്ള ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഭൂമിയിലെ ഭാരം കണക്കാക്കുക. ഈ വസ്തുവിനെ ചന്ദ്രനിൽ എത്തിച്ചാൽ ഭാരം എത്രയായിരിക്കും? ($g_{\text{ചന്ദ്രൻ}} = 1.62 \text{ m/s}^2$)

ഭൂമിയിലെ ഭാരം $= mg = 10 \times 9.8 = 98 \text{ kgm/s}^2 = 98 \text{ N}$

$$g_{\text{ചന്ദ്രൻ}} = 1.62 \text{ m/s}^2$$

ചന്ദ്രനിലെ ഭാരം $= mg_{\text{ചന്ദ്രൻ}} = 10 \times 1.62 = 16.2 \text{ N}$

? പ്രപഞ്ചത്തിൽ എവിടെയായിരുന്നാലും വസ്തുവിന്റെ മാസിന് മാറ്റം ഉണ്ടാകില്ല. എന്നാൽ ഭാരമോ? മാസും ഭാരവും താരതമ്യം ചെയ്ത് പട്ടികയിൽ രേഖപ്പെടുത്തുക.

മാസ്	ഭാരം
• കോമൺ ബാലൻസ് ഉപയോഗിച്ച് അളക്കുന്നു. •	• സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് ഉപയോഗിച്ച് അളക്കുന്നു. •

പട്ടിക 4.3

ചിത്രം 4.13

കൊച്ചിയിൽ നിന്ന് ഇംഗ്ലണ്ടിലേക്ക് കപ്പലിൽ കയറ്റി അയച്ച വസ്തുക്കളെ കൊച്ചിയിൽ ഉപയോഗിച്ച അതേ സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് ഉപയോഗിച്ച് ഇംഗ്ലണ്ടിൽ വച്ച് തൂക്കിയപ്പോൾ 20 N ഭാരം കൂടുതലായി കണ്ടു. എന്തായിരിക്കും കാരണം? ചർച്ച ചെയ്ത് സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തൂ.

ഒരു വസ്തുവിന് ധ്രുവ പ്രദേശത്താണോ ഭൂമധ്യരേഖ പ്രദേശത്താണോ ഭാരം കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെടുന്നത്? ഉത്തരം സാധൂകരിക്കുക.

ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽ വസ്തുവിന്റെ ഭാരം എത്രയായിരിക്കും?

ഒരു വസ്തു ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ ഭാരത്തിന് മാറ്റമുണ്ടാകുമോ?

നിർബാധ പതനവും ഭാരമില്ലായ്മയും (Free Fall and Weightlessness)

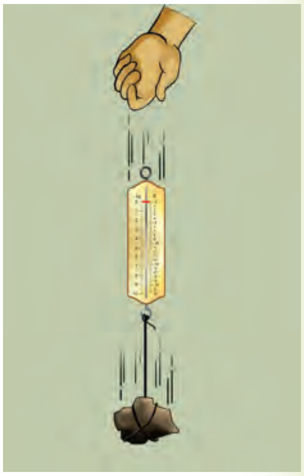
ഒരു സ്പ്രിങ് ബാലൻസിൽ 20 g തൂക്കക്കട്ടി കൊളുത്തിയിട്ട് സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് കൈയിൽ പിടിച്ചുകൊണ്ട് പെട്ടെന്ന് താഴ്ത്തുക.

- ഈ സമയത്തു റീഡിങ്ങിലുണ്ടായ മാറ്റം എന്തായിരിക്കും?

  (കൂടുന്നു / കുറയുന്നു)

ഇനി ഇവയെ സ്വതന്ത്രമായി പതിക്കാൻ അനുവദിച്ചാൽ റീഡിങ് പൂജ്യമാകുന്നത് കാണാമല്ലോ.

> ഒരു വസ്തുവിനെ ഉയരത്തിൽ നിന്ന് സ്വതന്ത്രമായി താഴേക്ക് വീഴാൻ അനുവദിച്ചാൽ അത് ഭൂമിയുടെ ആകർഷണബലത്താൽ മാത്രം ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കും. ഇത്തരം ചലനമാണ് നിർബാധ പതനം.



ചിത്രം 4.14

നിർബാധം പതിക്കുന്ന വസ്തുക്കൾക്ക് ത്വരണം ഉണ്ട് എന്ന് അറിയാമല്ലോ. ത്വരണത്തിന് ആവശ്യമായ ബലം നൽകുന്നത് ഗുരുത്വാകർഷണമാണ്. ഗുരുത്വാകർഷണം നൽകുന്ന ബലം മുഴുവൻ ത്വരണം ഉണ്ടാക്കാൻ ഉപയോഗിച്ചാൽ പിന്നെ വസ്തുവിന് ഭാരം ഉണ്ടാകില്ലെന്ന് പരീക്ഷണത്തിൽ കൂടി വ്യക്തമായല്ലോ.

ഭാരമില്ലായ്മ അനുഭവപ്പെടുന്ന സന്ദർഭങ്ങൾ ഏവ?

- സ്പേസ് സ്റ്റേഷനുകളിൽ ഭൂമിയെ ചുറ്റുന്നയാൾക്ക്
-

നിർബാധം പതിക്കുന്ന വസ്തുക്കൾക്ക് ഭാരമില്ലായ്മ അനുഭവപ്പെടാൻ കാരണമെന്ത്? സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തുക.

നിർബാധം പതിക്കുന്ന കല്ലിന്റെ ചലനം നേർരേഖയിലാണല്ലോ? എന്നാൽ കൃത്രിമ ഉപഗ്രഹങ്ങളുടെ ചലനം ഏത് തരത്തിലാണ്? ഇത്തരത്തിലുള്ള ചലനങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങൾ എഴുതൂ.

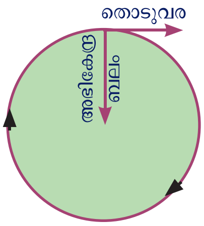
- കല്ല് കയറിൽ കെട്ടി കറക്കുന്നത്
-

വർത്തുളചലനം (Circular Motion)

ചിത്രം 4.15

ചരടിൽ കെട്ടിയ ഒരു കല്ല് ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 4.15) കാണുന്നതുപോലെ കറക്കിയാൽ കല്ലിന്റെ ചലനം വൃത്തപാതയിലല്ലേ? ഇത് വർത്തുള ചലനമാണ്. ഈ കല്ല് വൃത്തപാതയിൽ തുല്യ സമയ ഇടവേളകളിൽ തുല്യ ദൂരം സഞ്ചരിച്ചാൽ അത് സമവർത്തുളചലനമാണ്.

- ഈ വസ്തുവിന് സമവേഗം ആണെങ്കിലും സമപ്രവേഗം ആയിരിക്കുമോ? എന്തുകൊണ്ട്?
- ഈ വസ്തുവിൽ ഏതെങ്കിലും ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നുണ്ടോ?
- ചരട് കൈയിൽ നിന്ന് വിട്ടാൽ കല്ല് ഏത് ദിശയിൽ ആയിരിക്കും ചലിക്കുക? തൊടുവരയിൽ കൂടിയായിരിക്കുമല്ലോ (ചിത്രം 4.16).



ചിത്രം 4.16

പ്രവേഗമാറ്റത്തിന്റെ നിരക്കാണല്ലോ ത്വരണം. വർത്തുളപാതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ ത്വരണമാണ് അഭികേന്ദ്രത്വരണം (centripetal acceleration). ഈ ത്വരണത്തിന് ആവശ്യമായ ബലമാണ് അഭികേന്ദ്രബലം (centripetal force). നമ്മുടെ കൈയല്ലേ ഇത് നൽകിയത്?

- അഭികേന്ദ്രബലമില്ലെങ്കിൽ വർത്തുളചലനമുണ്ടാകുമോ?

ആറ്റത്തിലെ ന്യൂക്ലിയസ്സിനു ചുറ്റും ഇലക്ട്രോണുകൾ കറങ്ങുന്നതും സൂര്യന് ചുറ്റും ഗ്രഹങ്ങൾ കറങ്ങുന്നതും ഭൂമിക്ക് ചുറ്റും ഉപഗ്രഹങ്ങൾ കറങ്ങുന്നതും അഭികേന്ദ്രബലത്തിന് വിധേയമായിട്ടാണ്.

വളവ് തിരിയുമ്പോൾ

ഒരു വസ്തുവിന്റെ സഞ്ചാരപാത പൂർണ്ണവൃത്തമല്ലെങ്കിലും ഒരു ചാപം (arc) മാത്രമാണെങ്കിലും അതിനെ വൃത്തപാതയായി കണക്കാക്കണം. അതിനാലാണ് വളവുകൾ തിരിയുന്ന സന്ദർഭങ്ങളിൽ വാഹനങ്ങൾ വൃത്തപാതയിലാണെന്ന് പറയുന്നത്.

അഭികേന്ദ്രബലത്തിന്റെ അപര്യാപ്തത മൂലമാണ് വളവു തിരിയുന്ന വാഹനങ്ങൾ വളവിന്റെ പുറത്തേക്ക് മറിയാനുള്ള പ്രവണത കാണിക്കുന്നത്. വാഹനത്തിന്റെ മാസും വേഗവും വളവിന്റെ വക്രതയും വാഹനം മറിയാനുള്ള പ്രവണതയെ സ്വാധീനിക്കുന്നു.

അഭികേന്ദ്രബലത്തിന് വിധേയമായി സഞ്ചരിക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെ സഞ്ചാരപാത വർത്തുളമോ വക്രമോ ആയിരിക്കുമല്ലോ.

- അങ്ങനെയെങ്കിൽ ഭൂമിക്ക് ചുറ്റും കറങ്ങുന്ന കൃത്രിമ ഉപഗ്രഹങ്ങൾക്ക് അഭികേന്ദ്രബലം ലഭിക്കുന്നത് എവിടെ നിന്നാണ്?
- ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണബലം തന്നെയല്ലേ അഭികേന്ദ്രബലമായി മാറിയത്?

ഭാരതത്തിന്റെ ശാസ്ത്രരംഗത്തെ പുതുയുഗപ്പിറവിക്ക് കാരണമായ ചന്ദ്രയാൻ -3 ഇതേ ഗുരുത്വാകർഷണബലം മറികടന്നല്ലേ ചന്ദ്രനിൽ എത്തിയത്?

ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തെ അതിജീവിച്ച് ഉപഗ്രഹങ്ങൾ ബഹിരാകാശത്തേക്ക് പോകണമെങ്കിൽ വളരെയധികം ഊർജം ആവശ്യമില്ലേ? അതുകൊണ്ടാണ് ഉപഗ്രഹ

വിക്ഷേപണത്തിന് വലിയ റോക്കറ്റുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഇത് ചെലവ് വർധിപ്പിക്കുന്നു. ചന്ദ്രയാൻ വിക്ഷേപണത്തിനുപയോഗിച്ച സാങ്കേതികമേന്മ കൊണ്ട് മറ്റു രാജ്യങ്ങളുടെ ചാന്ദ്രമിഷനുകളെ അപേക്ഷിച്ച് ശേഷി കുറഞ്ഞ റോക്കറ്റുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ചന്ദ്രയാനെ ചന്ദ്രനിൽ എത്തിക്കാൻ സാധിച്ചു. ചന്ദ്രനിൽ എത്തുന്ന ലാന്ററിന്റെ വേഗം ചന്ദ്രന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണബലം മൂലം വർധിക്കും. ഇങ്ങനെയുണ്ടാകുന്ന വേഗവർധനവിനെ ക്രമമായി കുറച്ചാണ് സോഫ്റ്റ്ലാന്റിങ് നടത്തിയത്. ഈ സാങ്കേതികവിദ്യയുടെ മികവിനെയാണ് പാഠാരംഭത്തിൽ കുട്ടികൾ വാഴ്ത്തിയത്.

വിലയിരുത്താം

1. ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്ന് ഒരു വസ്തു ഭൗമോപരിതലം വരെ ഉയർത്തുകയാണെങ്കിൽ വസ്തുവിന്റെ മാസിനും ഭാരത്തിനും മാറ്റം ഉണ്ടാകുമോ? ഉത്തരം സാധൂകരിക്കുക.

2. 5 kg മാസ് ഉള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ സ്പ്രിങ് ബാലൻസിൽ തൂക്കിയിട്ട് ഭാരം നിർണ്ണയിച്ചു. വസ്തുവും സ്പ്രിങ് ബാലൻസും ഒരുമിച്ച് താഴേക്ക് പതിച്ചാൽ ആ അവസരത്തിൽ വസ്തുവിന്റെ ഭാരം എത്രയായിരിക്കും? കാരണമെന്ത്?

3. ഭൂമിയിൽ നിന്നും ചന്ദ്രനിൽ എത്തിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ മാസ്, ഭാരം എന്നിവയിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാകുമോ? ഉത്തരം സാധൂകരിക്കുക.

4. 100 m ഉയരമുള്ള ഒരു ടവറിന് മുകളിൽ നിന്ന് ഒരു വസ്തു നിർബാധം പതിക്കാൻ അനുവദിച്ചു. അതേസമയം മറ്റൊരു വസ്തു ഈ വസ്തുവുമായി കൂട്ടിമുട്ടത്തക്കരീതിയിൽ 25 m/s പ്രവേഗത്തോടെ നേരെ താഴെ നിന്നും കുത്തനെ മുകളിലേക്ക് എറിഞ്ഞു ($g_{ഭൂമി} = 10\ m/s^2$, $g_{ചന്ദ്രൻ} = 1.62\ m/s^2$).
   a) എത്ര സമയത്തിനുശേഷം അവ കൂട്ടിമുട്ടും?
   b) തറയിൽ നിന്ന് എത്ര ഉയരത്തിൽ വച്ചായിരിക്കും കൂട്ടിമുട്ടുന്നത് എന്ന് കണക്കാക്കുക.
   c) ഈ പ്രവർത്തനം ചന്ദ്രനിൽ വച്ചാണ് നടത്തിയതെങ്കിൽ ലഭിച്ച ഉത്തരങ്ങൾക്ക് മാറ്റം ഉണ്ടാകുമോ? സമർഥിക്കുക.

5. ചന്ദ്രോപരിതലത്തിൽ ഗുരുത്വാകർഷണബലം ഭൂമിയിലേതിന്റെ ഏകദേശം $\frac{1}{6}$ ആണ്.
   a) 10 kg മാസുള്ള വസ്തുവിന്റെ ഭൂമിയിലെ ഭാരം എത്രയായിരിക്കും?
   b) ഈ വസ്തു ചന്ദ്രോപരിതലത്തിൽ എത്തിച്ചാൽ അതിന്റെ മാസ് എത്ര? ഭാരം എത്ര?

6. മാസ് കൂടിയ വസ്തുക്കളെയാണ് മാസ് കുറഞ്ഞ വസ്തുക്കളേക്കാൾ കൂടുതൽ ശക്തമായി ഭൂമി ആകർഷിക്കുക. എങ്കിൽ മാസ് കൂടിയ വസ്തുവും മാസ് കുറഞ്ഞ വസ്തുവും ഒരേ ഉയരത്തിൽ നിന്നും നിർബാധം പതിക്കാൻ അനുവദിച്ചാൽ,
   a) ഏതാണ് ആദ്യം തറയിൽ എത്തുക?
   b) ഉത്തരം സാധൂകരിക്കുക.

7. മാസും ഭാരവും എങ്ങനെയെല്ലാം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്ന് വിശദമാക്കുക.

8. ഒരു കല്ലിന്റെയും ഹൈഡ്രജൻ നിറച്ച ബലൂണിന്റെയും മാസുകൾ തുല്യമാണ്. ഇവ രണ്ടും ഒരേ തറയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്താൽ രണ്ടിലും ഭൂമി പ്രയോഗിക്കുന്ന ആകർഷണ ബലം തുല്യമായിരിക്കുമോ? ഉത്തരം സാധൂകരിക്കുക.

9. ഉയരമുള്ള ഒരു കെട്ടിടത്തിന് മുകളിൽ നിന്നും പതിക്കുന്ന ഒരു കല്ല് 2 s കൊണ്ട് തറയിൽ തൊടുന്നു ($g = 9.8\ m/s^2$).

a) കെട്ടിടത്തിന്റെ ഉയരം കണക്കാക്കുക.

b) തറയിൽ സ്പർശിക്കുന്നതിന് തൊട്ടുമുമ്പ് കല്ലിന്റെ പ്രവേഗം എത്രയായിരിക്കും?

10. വർത്തുളചലനങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങൾ ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ നിന്ന് കണ്ടെത്തി പട്ടികപ്പെടുത്തുക.

- ന്യൂക്ലിയസിനു ചുറ്റും കറങ്ങുന്ന ഇലക്ട്രോണുകൾ
- 100 m സ്പ്രിന്റ് ഓടുന്ന കുട്ടി
- ഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യന് ചുറ്റും കറങ്ങുന്നത്
- ഒരു ട്രെയിൻ വളവുകളില്ലാത്ത റെയിൽവേ ട്രാക്കിൽ കൂടി ഓടുന്നത്
- ഭൂമിക്ക് ചുറ്റും ചന്ദ്രന്റെ പരിക്രമണം

11. ഭൂമിയുടെ രണ്ട് മടങ്ങ് മാസും മൂന്ന് മടങ്ങ് ആരവുമുള്ള ഒരു ഗ്രഹത്തിൽ 10 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഭാരം എത്രയായിരിക്കും?

12. ഭൂമിയുടെ $\frac{1}{4}$ ആരമുള്ള ഒരു ഗ്രഹത്തിന്റെ മാസ് ഭൂമിയുടെ മാസിന്റെ പകുതിയാണെങ്കിൽ അതിലെ ഗുരുത്വാകർഷണ ത്വരണം ഭൂമിയുടേതിന്റെ എത്ര മടങ്ങായിരിക്കും?

(a) $\frac{1}{4}$ b) 4 c) $\frac{1}{8}$ d) 8)

13. നിർബാധം പതിക്കുന്ന ഒരു വസ്തു ഭൂമിയിൽ നിശ്ചിത ഉയരം പതിക്കാൻ 50 s എടുത്തു. ഇതേ വസ്തു ഭൂമിയുടെ രണ്ട് മടങ്ങ് ആരവും രണ്ട് മടങ്ങ് മാസുമുള്ള മറ്റൊരു ഗോളത്തിൽ ഇതേ ഉയരത്തിൽ നിന്നും പതിക്കാൻ എത്ര സമയമെടുക്കും? (ഉത്തരം : $50\sqrt{2}$ s).

14. 100 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തുവിന് ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രം, ധ്രുവപ്രദേശം, ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശം, ചന്ദ്രൻ, വ്യാഴം എന്നിവിടങ്ങളിലുള്ള ഭാരം കണക്കാക്കുക (വ്യാഴത്തിലെ $g = 23.1\ m/s^2$).

തുടർപ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. സൗരയൂഥത്തിന്റെ ഒരു നിശ്ചലമാതൃക നിർമ്മിച്ച് ക്ലാസിൽ പ്രദർശിപ്പിക്കുക. ഭൂമിയെ ചുറ്റുന്ന ചന്ദ്രൻ, ഒരു കൃത്രിമ ഉപഗ്രഹം എന്നിവ അതിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുക.

2. വിവിധ ഗ്രഹങ്ങളിലെ g യുടെ മൂല്യം നൽകിയിരിക്കുന്നു. 100 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തുവിന് ആ ഗ്രഹങ്ങളിലുള്ള ഭാരം നിർണ്ണയിക്കുക.

ഗ്രഹം	ഗുരുത്വാകർഷണത്വരണം m/s^2 ൽ (ഏകദേശം)	ഭാരം (N)
ഭൂമി	9.8	
ബുധൻ	3.7	
ശുക്രൻ	8.9	
ചൊവ്വ	3.7	
ശനി	9.00	
യുറാനസ്	8.7	
നെപ്റ്റ്യൂൺ	11.00	

പട്ടിക 4.4