ഭൗതികശാസ്ത്രം

സ്റ്റാൻഡേർഡ്

IX

ഭാഗം - 1

കേരളസർക്കാർ

പൊതുവിദ്യാഭ്യാസവകുപ്പ്

തയ്യാറാക്കിയത്

സംസ്ഥാന വിദ്യാഭ്യാസ ഗവേഷണ പരിശീലന സമിതി (SCERT) കേരളം

2024

ST-303-1-PHYSICS(M)-9-VOL-1

ദേശീയഗാനം

ജനഗണമന അധിനായക ജയഹേ
ഭാരത ഭാഗ്യവിധാതാ,
പഞ്ചാബസിന്ധു ഗുജറാത്ത മറാഠാ
ദ്രാവിഡ ഉത്കല ബംഗാ,
വിന്ധ്യഹിമാചല യമുനാഗംഗാ,
ഉച്ഛല ജലധിതരംഗാ,
തവശുഭനാമേ ജാഗേ,
തവശുഭ ആശിഷ മാഗേ,
ഗാഹേ തവ ജയ ഗാഥാ
ജനഗണമംഗലദായക ജയഹേ
ഭാരത ഭാഗ്യവിധാതാ
ജയഹേ, ജയഹേ, ജയഹേ,
ജയ ജയ ജയ ജയഹേ!

പ്രതിജ്ഞ

ഇന്ത്യ എന്റെ രാജ്യമാണ്. എല്ലാ ഇന്ത്യക്കാരും എന്റെ സഹോദരീ സഹോദരന്മാരാണ്.

ഞാൻ എന്റെ രാജ്യത്തെ സ്നേഹിക്കുന്നു; സമ്പൂർണ്ണവും വൈവിധ്യപൂർണ്ണവുമായ അതിന്റെ പാരമ്പര്യത്തിൽ ഞാൻ അഭിമാനം കൊള്ളുന്നു.

ഞാൻ എന്റെ മാതാപിതാക്കളെയും ഗുരുക്കന്മാരെയും മുതിർന്നവരെയും ബഹുമാനിക്കും.

ഞാൻ എന്റെ രാജ്യത്തിന്റെയും എന്റെ നാട്ടുകാരുടെയും ക്ഷേമത്തിനും ഐശ്വര്യത്തിനും വേണ്ടി പ്രയത്നിക്കും.

State Council of Educational Research and Training (SCERT)
Poojappura, Thiruvananthapuram 695012, Kerala
Website : www.scertkerala.gov.in
e-mail : scertkerala@gmail.com, Phone : 0471 - 2341883,
Typesetting and Layout : SCERT
First Edition : 2024
Printed at : KBPS, Kakkanad, Kochi-30
© Department of General Education, Government of Kerala

ആമുഖം

പ്രിയപ്പെട്ട കുട്ടികളേ,

ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ആശയങ്ങളും തത്വങ്ങളും ബോധ്യപ്പെടുന്നതിനും വിവിധ സാഹചര്യങ്ങളിലും മേഖല കളിലും അവ പ്രയോഗിക്കുന്നതിനുള്ള കഴിവും ആത്മവിശ്വാ സവും ആർജിക്കുന്നതിനും സഹായകരമായ രീതിയിലാണ് ഈ പുസ്തകം രൂപകല്പന ചെയ്തിട്ടുള്ളത്.

ഈ പുസ്തകം നിങ്ങളെ വിജ്ഞാനത്തേരേറ്റി, കാഴ്ചകളുടെ വർണ്ണവിസ്മയം തീർത്ത് ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഉള്ളറകളിലേക്ക് നയിക്കും. ഓരോ കാഴ്ചയും എന്തുകൊണ്ട്? എന്തുകൊണ്ട്? എന്ന ചോദ്യം നിങ്ങളിൽ ഉയർത്തുമ്പോൾ നിങ്ങളുടെ ശാസ്ത്ര ലാബുകൾ പുതുജീവൻ പ്രാപിക്കും. ഇതിൽ നിന്ന് സ്വായത്ത മാക്കുന്ന ആശയങ്ങൾ, ഉയരങ്ങൾ സ്വപ്നം കാണാനും ആ സ്വപ്ന ങ്ങളെക്കുറിച്ച് ചിന്തിക്കാനും ആ ചിന്തകളെ പ്രവൃത്തിയിലൂടെ സഫലമാക്കുവാനും നിങ്ങളെ പ്രാപ്തരാക്കും.

ശാസ്ത്രം സമൂഹനന്മയ്ക്ക് എന്ന മഹത്തായ ആശയം ഉൾക്കൊണ്ട് ഞാൻ എന്ന സങ്കുചിതഭാവത്തിൽ നിന്ന് നമ്മൾ എന്ന കൂട്ടാ യ്മയിലൂടെ പാഠപുസ്തകത്തിലെ ഓരോ പ്രവർത്തനവും ഏറ്റെ ടുക്കുക. പുത്തൻ ചോദ്യങ്ങൾ ഉയർത്തി, അറിവ് പങ്കുവച്ച്, ശരിയായ ശാസ്ത്ര ആശയങ്ങൾ കണ്ടെത്തി, അവ സമൂഹത്തിലേക്ക് പകർന്ന്, അന്ധവിശ്വാസങ്ങളെ ശാസ്ത്രയുക്തികൊണ്ട് പ്രതിരോ ധിക്കാനുള്ള ശാസ്ത്രീയ അടിത്തറ പാകാൻ നിങ്ങൾക്ക് കഴിയട്ടെ...

സ്നേഹാശംസകളോടെ,

ഡോ. ജയപ്രകാശ് ആർ.കെ.
ഡയറക്ടർ
എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി.

പാഠപുസ്തക രചനാസമിതി

അഡ്വൈസർ

ഡോ.സലാഹുദ്ദീൻ കുഞ്ഞ് എ
പ്രിൻസിപ്പൽ (റിട്ട.)
യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജ്
തിരുവനന്തപുരം

ചെയർപേഴ്സൺ

പ്രൊഫ.പി എസ് ശോഭൻ
ഹെഡ് (റിട്ട.), ഡിപ്പാർട്ട്മെന്റ് ഓഫ് ഫിസിക്സ്
മഹാരാജാസ് കോളേജ്
എറണാകുളം

വിദഗ്ധർ

ഡോ.എൻ ഷാജി
അഡ്ജങ്റ്റ് ഫാക്കൽറ്റി
ഡിപ്പാർട്ട്മെന്റ് ഓഫ് ഫിസിക്സ്
കുസാറ്റ്, കൊച്ചി

വിവേകാനന്ദൻ ആർ എസ്
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ
ഡിപ്പാർട്ട്മെന്റ് ഓഫ് ഫിസിക്സ്
യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജ്, തിരുവനന്തപുരം

രചയിതാക്കൾ

സുനിൽകുമാർ എം
ബി പി സി
ബി ആർ സി ചെറുവത്തൂർ
കാസറഗോഡ്

ഭാവന ആർ
എച്ച് എസ് ടി (ഫിസിക്കൽ സയൻസ്)
ടി ഇ എം വി എച്ച് എസ് എസ് മൈലോട്
കൊല്ലം

രാജീവ് കെ
എച്ച് എസ് ടി (ഫിസിക്കൽ സയൻസ്)
ജി എച്ച് എസ് എസ് കുറ്റിക്കാട്ടൂർ
കോഴിക്കോട്

ഉണ്ണികൃഷ്ണൻ ടി ഐ
ഹെഡ്മാസ്റ്റർ (റിട്ട.)
എ കെ കെ ആർ എച്ച് എസ് ഫോർ ബോയ്സ്
കോഴിക്കോട്

ഉണ്ണികൃഷ്ണൻ എം
എച്ച് എസ് ടി (ഫിസിക്കൽ സയൻസ്)
ബ്രദേഴ്സ് എച്ച് എസ് എസ് മാവണ്ടിയൂർ
മലപ്പുറം

കാഞ്ചന ആർ
എച്ച് എസ് ടി (ഫിസിക്കൽ സയൻസ്)
ജി എച്ച് എസ് എസ് തോട്ടക്കോണം
പത്തനംതിട്ട

റീന പി ജി
എച്ച് എസ് ടി (ഫിസിക്കൽ സയൻസ്)
ക്രസന്റ് എച്ച് എസ് എസ്
അടക്കാക്കുണ്ട്, മലപ്പുറം

സുരേഷ്കുമാർ കെ
എച്ച് എസ് റ്റി (റിട്ട.) (ഫിസിക്കൽ സയൻസ്)
എ എം എച്ച് എസ് എസ് തിരുമല
തിരുവനന്തപുരം

ചിത്രകാരൻമാർ

മുസ്തജിബ് ഇ സി
എം എം ഇ ടി എച്ച് എസ് എസ്
മേൽമുറി, മലപ്പുറം

ലോഹിതാക്ഷൻ കെ
അസീസി ബധിരവിദ്യാലയം
മാലാപ്പറമ്പ്, മലപ്പുറം

അക്കാദമിക് കോഡിനേറ്റർ

ഡോ.ആൻസി വറുഗീസ്
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ, എസ് സി ഇ ആർ ടി

സംസ്ഥാന വിദ്യാഭ്യാസ ഗവേഷണ പരിശീലന സമിതി (SCERT)
വിദ്യാഭവൻ, പൂജപ്പുര, തിരുവനന്തപുരം 695 012

ഉള്ളടക്കം

1 പ്രകാശത്തിന്റെ അപവർത്തനം ---------- 7

2 ചലനസമവാക്യങ്ങൾ ---------- 27

3 ചലനനിയമങ്ങൾ ---------- 53

4 ഗുരുത്വാകർഷണം ---------- 73

ഈ പുസ്തകത്തിൽ സൗകര്യത്തിനായി
ചില ചിഹ്നങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു

അധികവായനയ്ക്ക് (വിലയിരുത്തലിന് വിധേയമാക്കേണ്ടതില്ല)

ICT സാധ്യത

കുട്ടികൾ ഉന്നയിക്കാവുന്ന ചോദ്യങ്ങൾ

വിലയിരുത്താം

നിരന്തരവിലയിരുത്തൽ ചോദ്യങ്ങൾ

തുടർപ്രവർത്തനങ്ങൾ

ഭാരതത്തിന്റെ ഭരണഘടന

ആമുഖം

ഭാരതത്തിലെ ജനങ്ങളായ നാം ഭാരതത്തെ ഒരു [1]**[പരമാധികാര സ്ഥിതിസമത്വ മതേതര ജനാധിപത്യ റിപ്പബ്ലിക്കായി]** സംവിധാനം ചെയ്യുവാനും അതിലെ പൗരന്മാർക്കെല്ലാം:

സാമൂഹ്യവും സാമ്പത്തികവും രാഷ്ട്രീയവും ആയ **നീതിയും;**

ചിന്തയ്ക്കും ആശയപ്രകടനത്തിനും വിശ്വാസത്തിനും മതനിഷ്ഠയ്ക്കും ആരാധനയ്ക്കും ഉള്ള **സ്വാതന്ത്ര്യവും;**

പദവിയിലും അവസരത്തിലും **സമത്വവും;** സംപ്രാപ്തമാക്കുവാനും;

അവർക്കെല്ലാമിടയിൽ

വ്യക്തിയുടെ അന്തസ്സും [2][രാഷ്ട്രത്തിന്റെ ഐക്യവും അഖണ്ഡതയും] ഉറപ്പുവരുത്തിക്കൊണ്ട് **സാഹോദര്യം** പുലർത്തുവാനും;

സഗൗരവം തീരുമാനിച്ചിരിക്കയാൽ;

നമ്മുടെ ഭരണഘടനാനിർമ്മാണസഭയിൽ ഈ 1949 നവംബർ ഇരുപത്താറാം ദിവസം **ഇതിനാൽ ഈ ഭരണഘടനയെ സ്വീകരിക്കുകയും നിയമമാക്കുകയും നമുക്കു തന്നെ പ്രദാനം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു.**

---

1. 1976 - ലെ ഭരണഘടന (നാല്പത്തിരണ്ടാം ഭേദഗതി) ആക്റ്റ് 2-ാം വകുപ്പു പ്രകാരം "പരമാധികാര ജനാധിപത്യ റിപ്പബ്ലിക്" എന്നതിന് പകരം ചേർത്തത് (3.1.1977 മുതൽ പ്രാബല്യം).
2. മേല്പറഞ്ഞ ആക്റ്റ് 2-ാം വകുപ്പു പ്രകാരം "രാഷ്ട്രത്തിന്റെ ഐക്യം" എന്നതിനു പകരം ചേർത്തത് (3.1.1977 മുതൽ പ്രാബല്യം).

1 പ്രകാശത്തിന്റെ അപവർത്തനം

ഇത്തരം അനുഭവം നിങ്ങൾക്കുമുണ്ടായിട്ടില്ലേ?

ഇങ്ങനെയുള്ള അനുഭവങ്ങളിൽ പലതും വിവിധ പ്രകാശപ്രതിഭാസങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടവയാണ്.

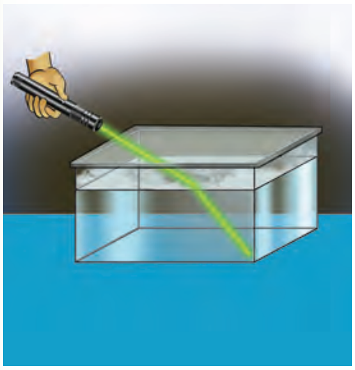
- ഗ്ലാസിലെ നാരങ്ങാവെള്ളത്തിലേക്കിട്ട സ്ട്രോ ഒടിഞ്ഞിരിക്കുന്നതുപോലെ തോന്നിയിട്ടുണ്ടോ? എന്തായിരിക്കും ഇതിന്റെ കാരണം?

ഒരു വസ്തുവിൽ പതിച്ച പ്രകാശം പ്രതിപതിച്ച് നമ്മുടെ കണ്ണിൽ പതിക്കുമ്പോഴാണല്ലോ നാം ആ വസ്തുവിനെ കാണുന്നത്. നാരങ്ങാവെള്ളത്തിൽ മുങ്ങിയിരിക്കുന്ന സ്ട്രോയിൽ നിന്ന് പ്രതിപതിച്ച് വരുന്ന പ്രകാശകിരണങ്ങൾ വിവിധ മാധ്യമങ്ങളിലൂടെ സഞ്ചരിച്ചല്ലേ നമ്മുടെ കണ്ണിൽ പതിക്കുന്നത്?

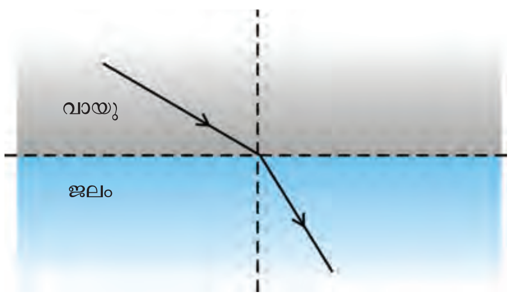
ചിത്രം 1.1

ഒരു പ്രവർത്തനം ചെയ്തു നോക്കാം.

ഒരു ഗ്ലാസ് ടാങ്കിൽ മുക്കാൽ ഭാഗത്തോളം ജലം എടുക്കുക. ജലത്തിൽ ഒന്നോ രണ്ടോ തുള്ളി പാൽ ചേർക്കുക. ടാങ്ക് സുതാര്യമായ പേപ്പർ ഷീറ്റ് കൊണ്ട് അടയ്ക്കുക. ടാങ്കിൽ ബാക്കി ഭാഗത്ത് പുക നിറച്ചശേഷം ഒരു ലേസർ ടോർച്ചിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശം ചിത്രം 1.2 (a) ൽ കാണുന്നരീതിയിൽ പതിപ്പിച്ച് പ്രകാശ പാത നിരീക്ഷിക്കൂ. നിരീക്ഷണം സയൻസ് ഡയറിയിൽ ചിത്രീകരിക്കൂ.



ചിത്രം 1.2 (a)



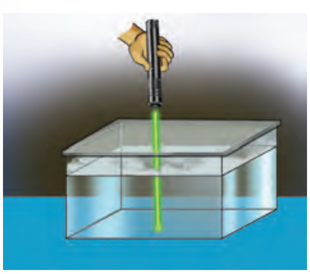
പ്രകാശപാതയുടെ രേഖാചിത്രം
ചിത്രം 1.2 (b)

- ടാങ്കിനുള്ളിൽ ഏതെല്ലാം മാധ്യമങ്ങളിലൂടെയാണ് പ്രകാശരശ്മി സഞ്ചരിക്കുന്നത്?
- ഒരു മാധ്യമത്തിലൂടെ മാത്രം സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശപാതയുടെ ദിശ എപ്രകാരമായിരിക്കും?

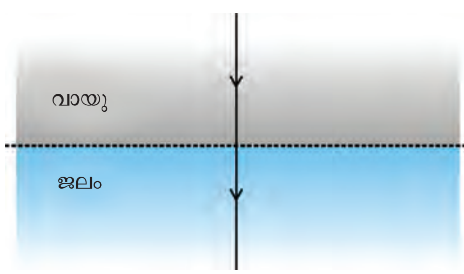
- ഒന്നാമത്തെ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് രണ്ടാമത്തെ മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശം ചരിഞ്ഞ് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശരശ്മിക്ക് ദിശാവ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടോ?
- പ്രകാശരശ്മിക്ക് ദിശാവ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുന്നത് എവിടെ വച്ചാണ്?

ലംബമായി പതിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മിക്ക് ദിശാവ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുമോ?

ലേസർ ടോർച്ചിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശം ടാങ്കിലെ ജലോപരിതലത്തിലേക്ക് ലംബമായി പതിപ്പിച്ചു നോക്കൂ.



ചിത്രം 1.3 (a)



ചിത്രം 1.3 (b)

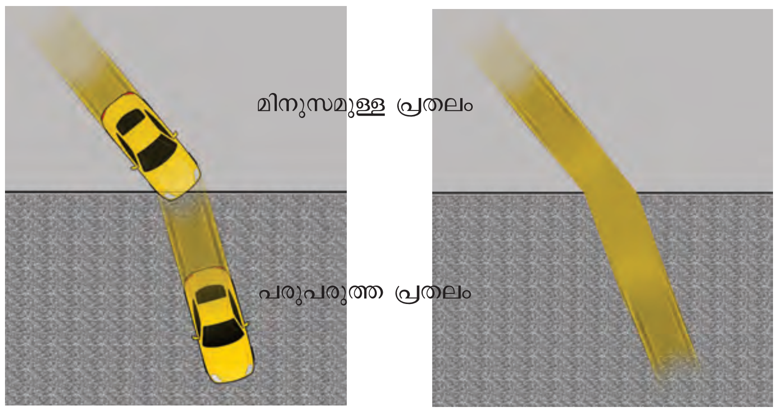
- ഇവിടെ പ്രകാശ രശ്മിക്ക് ദിശാ വ്യതിയാനം ഉണ്ടായോ? നിരീക്ഷണം സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തൂ.

ഒരു മാധ്യമത്തിലൂടെ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശപാത നേർരേഖയിലായിരിക്കും. ഒരു മാധ്യമത്തിൽനിന്ന് മറ്റൊരു മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശരശ്മി ചരിഞ്ഞ് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ മാധ്യമങ്ങളുടെ വിഭജനതലത്തിൽ വച്ച് അതിന് ദിശാവ്യതിയാനം സംഭവിക്കാറുണ്ട്. ലംബമായി പതിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മിക്ക് ദിശാവ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നില്ല.

ഒരു മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശം ചരിഞ്ഞ് കടക്കുമ്പോൾ പ്രകാശപാതയ്ക്ക് വ്യതിയാനം സംഭവിക്കാറുണ്ട്. കാരണമെന്തായിരിക്കും?

മിനുസമുള്ള ഒരു പ്രതലത്തിൽനിന്ന് പരുപരുത്ത പ്രതലത്തിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്ന ടോയ് കാറിന്റെ ചലനവേഗവും ദിശയും നിരീക്ഷിക്കൂ.

- കാറിന്റെ ചലനദിശയ്ക്ക് മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നുണ്ടോ?
- എവിടെ വച്ചാണ് ഈ മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നത്?
- മിനുസമുള്ള പ്രതലത്തിലൂടെയും പരുപരുത്ത പ്രതലത്തിലൂടെയും ഒരേ വേഗത്തിലാണോ കാർ നീങ്ങിയത്?



ചിത്രം 1.4 (a) ചിത്രം 1.4 (b)

ഒരു പ്രതലത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു പ്രതലത്തിലേക്ക് മാറുന്നതുമൂലം കാറിന്റെ വേഗത്തിൽ വ്യത്യാസമുണ്ടാകുന്നതാണല്ലോ അതിന്റെ ദിശാവ്യതിയാനത്തിന് കാരണം.

വിവിധ മാധ്യമങ്ങളിലൂടെയുള്ള പ്രകാശവേഗം വ്യത്യസ്തമാണ്. പ്രകാശവേഗത്തിലുള്ള ഈ മാറ്റമാണ് ഒരു മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശം കടക്കുമ്പോൾ പ്രകാശപാതയുടെ ദിശാവ്യതിയാനത്തിന് കാരണം. വിവിധ മാധ്യമങ്ങളിലൂടെയുള്ള പ്രകാശവേഗം പട്ടികയിൽ നല്കിയിരിക്കുന്നത് ശ്രദ്ധിക്കൂ.

മാധ്യമം	പ്രകാശവേഗം (ഏകദേശം)
വായു	3×10^8 m/s
ജലം	2.25×10^8 m/s
ഗ്ലാസ്	2×10^8 m/s
വജ്രം	1.25×10^8 m/s

പട്ടിക 1.1

വിവിധ മാധ്യമങ്ങളിൽ പ്രകാശവേഗം വ്യത്യാസപ്പെടാൻ കാരണം മാധ്യമങ്ങളുടെ പ്രകാശികസാന്ദ്രതയിലുള്ള വ്യത്യാസമാണ്.

ഒരു മാധ്യമത്തിലൂടെയുള്ള പ്രകാശവേഗത്തെ സ്വാധീനിക്കാനുള്ള മാധ്യമത്തിന്റെ കഴിവിനെ മാധ്യമത്തിന്റെ പ്രകാശികസാന്ദ്രത (optical density) എന്ന് പറയുന്നു.

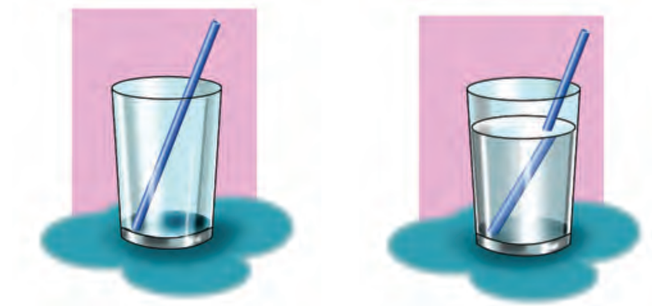
പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ (optically denser medium) പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം കുറവായിരിക്കും. പ്രകാശികസാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ (optically rarer medium) പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം കൂടുതലായിരിക്കും. പ്രകാശികസാന്ദ്രതയ്ക്ക് പദാർഥ സാന്ദ്രതയുമായി ബന്ധമില്ല എന്ന് ഓർക്കുമല്ലോ.

പട്ടിക 1.1 ലെ മാധ്യമങ്ങളെ പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിവരുന്ന വിധത്തിൽ ക്രമീകരിക്കൂ.

വായു < -------- < -------- < വജ്രം

അപവർത്തനം (Refraction)

നാരങ്ങാവെള്ളത്തിൽ സ്ട്രോ ഒടിഞ്ഞതായി തോന്നിയതിന് കാരണം കണ്ടെത്തുന്നതിനായി ഒരു പ്രവർത്തനം ചെയ്തു നോക്കാം.

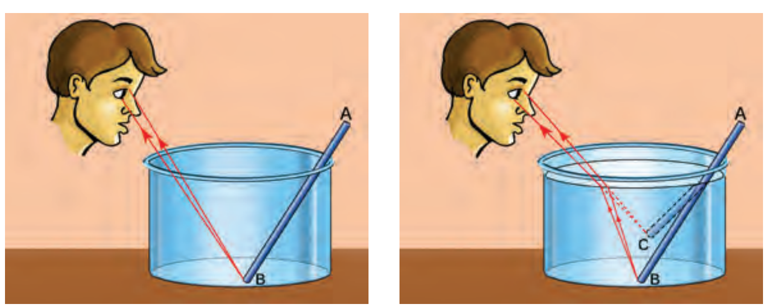


ചിത്രം 1.5 (a) ചിത്രം 1.5 (b)

ഗ്ലാസിൽ ഒരു സ്ട്രോ ചരിച്ചു വയ്ക്കുന്നു. പിന്നീട് അതിലേക്ക് ചിത്രത്തിലേതുപോലെ ജലം നിറയ്ക്കുന്നു. എന്തു വ്യത്യാസമാണ് നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയുന്നത്? നിരീക്ഷണം സയൻസ് ഡയറിയിൽ ചിത്രീകരിക്കൂ.

- സ്ട്രോ ഒടിഞ്ഞതായി തോന്നാനുള്ള കാരണമെന്താണ്?

ഒരു ടഫിൽ ജലം ഒഴിക്കുന്നതിനു മുമ്പും ഒഴിച്ചതിനുശേഷവും ടഫിലിരിക്കുന്ന സ്ട്രോയിൽ നിന്ന് നമ്മുടെ കണ്ണിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മിയുടെ പാത ചിത്രീകരിച്ചത് നിരീക്ഷിക്കൂ.



ചിത്രം 1.6 (a) ചിത്രം 1.6 (b)

- ജലം ഒഴിക്കുന്നതിനുമുമ്പ്, സ്ട്രോയുടെ B എന്ന ഭാഗത്തുനിന്ന് കണ്ണിൽ വന്നു പതിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മിക്ക് ദിശാവ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നുണ്ടോ?

ജലം ഒഴിച്ചശേഷം സ്ട്രോയുടെ, ജലത്തിൽ മുങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തുനിന്നു വരുന്ന പ്രകാശരശ്മി വായുവിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ ജലോപരിതലത്തിൽ വച്ച് ദിശാവ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നുണ്ടല്ലോ.

- B യിൽ നിന്നാണ് പ്രകാശരശ്മി യഥാർഥത്തിൽ വരുന്നതെങ്കിലും C എന്ന ഭാഗത്തുനിന്നും വരുന്നതായല്ലേ നാം കാണുന്നത്?

B എന്ന യഥാർഥ സ്ഥാനം C യിലേക്ക് ഉയർന്നതായി കാണപ്പെടുന്നതിനാൽ സ്ട്രോ ജലോപരിതലത്തിൽ വച്ച് ഒടിഞ്ഞതായി തോന്നുന്നു.

PhET→ Bending Light → Intro

ഒരു മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് പ്രകാശികസാന്ദ്രതയിൽ വ്യത്യാസമുള്ള മറ്റൊരു മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശം ചരിഞ്ഞ് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ മാധ്യമങ്ങളുടെ വിഭജനതലത്തിൽ വച്ച് അതിന്റെ ദിശയ്ക്ക് വ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസമാണ് അപവർത്തനം (refraction).

പ്രകാശത്തെ അപവർത്തനത്തിന് വിധേയമാക്കാനുള്ള മാധ്യമത്തിന്റെ കഴിവ് അതിന്റെ പ്രകാശികസാന്ദ്രതയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രകാശികസാന്ദ്രതയാകട്ടെ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. വിവിധ പ്രകാശിക ഉപകരണങ്ങളുടെ രൂപകല്പനയിൽ അപവർത്തനാങ്കത്തിന്റെ പങ്ക് നിർണ്ണായകമാണ്. മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം എന്താണെന്ന് നോക്കാം.

അപവർത്തനാങ്കം (Refractive Index)

പ്രകാശത്തിന്റെ ശൂന്യതയിലെ വേഗവും ഒരു മാധ്യമത്തിലെ വേഗവും തമ്മിലുള്ള അനുപാത സംഖ്യയാണ് ആ മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം.

ശൂന്യതയിലൂടെയുള്ള പ്രകാശവേഗം c എന്നും മാധ്യമത്തിലൂടെയുള്ള വേഗം v എന്നും സൂചിപ്പിച്ചാൽ

$$\text{അപവർത്തനാങ്കം (n)} = \frac{\text{ശൂന്യതയിലൂടെയുള്ള പ്രകാശവേഗം (c)}}{\text{മാധ്യമത്തിലൂടെയുള്ള പ്രകാശവേഗം (v)}}$$

$$n = \frac{c}{v}$$

ശൂന്യതയിലൂടെയുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം (c) = 3×10^8 m/s

ചില മാധ്യമങ്ങളിലൂടെയുള്ള പ്രകാശവേഗം പട്ടികയിൽ നല്കിയിരിക്കുന്നു. ഓരോ മാധ്യമത്തിന്റേയും അപവർത്തനാങ്കം കണ്ടെത്തി പട്ടിക പൂർത്തീകരിക്കൂ.

മാധ്യമം	പ്രകാശവേഗം (v)	അപവർത്തനാങ്കം (n)
വായു	3×10^8 m/s	$n = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1$
ഗ്ലാസ്	2×10^8 m/s	
ജലം	2.25×10^8 m/s	

പട്ടിക 1.2

വജ്രത്തിന്റ (diamond) അപവർത്തനാങ്കം 2.4 ആണ്. വജ്രത്തിൽ കൂടി യുള്ള പ്രകാശവേഗം എത്രയായിരിക്കും?

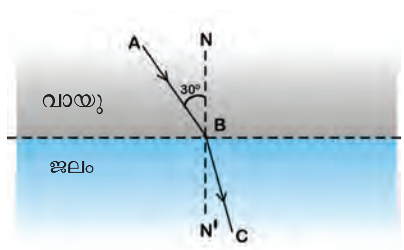
പ്രകാശവേഗം അപവർത്തനാങ്കവുമായി എങ്ങനെ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?

അപവർത്തനാങ്കം കൂടുതലുള്ള മാധ്യമത്തിൽ പ്രകാശവേഗം കുറവായിരിക്കും. പ്രകാശവേഗവും പ്രകാശികസാന്ദ്രതയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം നിങ്ങൾക്കറിയാമല്ലോ. എങ്കിൽ പ്രകാശികസാന്ദ്രത അപവർത്തനാങ്കവുമായി എങ്ങനെ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നുവെന്ന് സയൻസ് ഡയറിയിൽ കുറിക്കൂ.

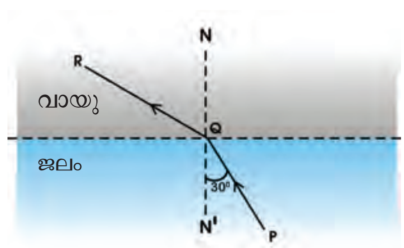
ഒരു മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് പ്രകാശികസാന്ദ്രതയിൽ വ്യത്യാസമുള്ള മറ്റൊരു മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശം ചരിഞ്ഞ് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ മാധ്യമങ്ങളുടെ വിഭജനതലത്തിൽ വച്ച് പ്രകാശരശ്മിയുടെ ദിശയ്ക്ക് വ്യതിയാനമുണ്ടാകുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ.

വായുവിൽ നിന്ന് ജലത്തിലേക്കും ജലത്തിൽ നിന്ന് വായുവിലേക്കും ഒരേ പതനകോണിൽ പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശത്തിനുണ്ടാകുന്ന ദിശാവ്യതിയാനം ഒരുപോലെ ആയിരിക്കുമോ?

ചിത്രങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കൂ.



ചിത്രം 1.7 (a)



ചിത്രം 1.7 (b)

രണ്ട് മാധ്യമങ്ങളുടെ വിഭജനതലത്തിലേക്കു വന്നു പതിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മിയെ പതനരശ്മി (incident ray) എന്നും അപവർത്തനത്തിനു വിധേയമാകുന്ന രശ്മിയെ അപവർത്തനരശ്മി (refracted ray) എന്നും വിളിക്കാം. അപവർത്തനരശ്മിക്കും പതനബിന്ദുവിലെ ലംബത്തിനും (NN′) ഇടയിലുള്ള കോൺ ആണ് അപവർത്തനകോൺ എങ്കിൽ,

- ഓരോ ചിത്രത്തിലേയും പതനരശ്മി, അപവർത്തനരശ്മി, പതനകോൺ, അപവർത്തനകോൺ എന്നിവ കണ്ടെത്തി പട്ടിക പൂർത്തീകരിക്കൂ.

	ചിത്രം 1.7 (a)	ചിത്രം 1.7 (b)
പതനരശ്മി	AB	
അപവർത്തനരശ്മി		
പതനകോൺ (i)	∠ABN	
അപവർത്തനകോൺ (r)	∠CBN′	
അപവർത്തനകോൺ പതനകോണിനേക്കാൾ കൂടുതൽ/കുറവ്		

പട്ടിക 1.3

വായുവിൽ നിന്ന് ജലത്തിലേക്ക് കടക്കുമ്പോഴും ജലത്തിൽ നിന്ന് വായുവിലേക്ക് കടക്കുമ്പോഴും അപവർത്തനരശ്മിയുടെ ദിശാ വ്യതിയാനത്തിന് എന്ത് പ്രത്യേകതയാണ് കാണാൻ കഴിയുന്നത്? സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തൂ.

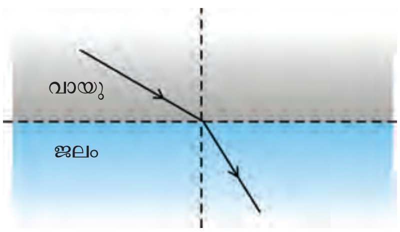
- വായുവിൽ നിന്ന് ജലത്തിലേക്ക് ചരിഞ്ഞു പ്രവേശിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മിയുടെ ദിശാവ്യതിയാനം എപ്രകാരമാണ്?

  (ലംബത്തോട് അടുക്കുന്നു/ലംബത്തിൽ നിന്ന് അകലുന്നു)

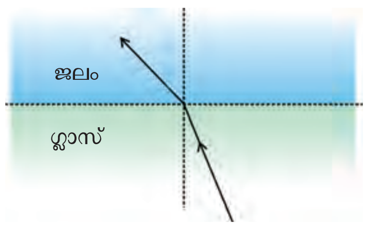
- ജലത്തിൽ നിന്ന് വായുവിലേക്ക് ചരിഞ്ഞ് പ്രവേശിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മിയുടെ ദിശാവ്യതിയാനം എപ്രകാരമാണ്?

  (ലംബത്തോട് അടുക്കുന്നു/ലംബത്തിൽ നിന്ന് അകലുന്നു)

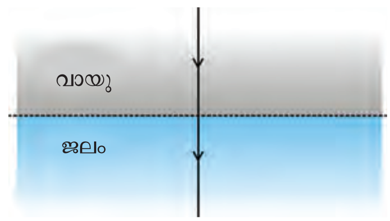
വ്യത്യസ്ത മാധ്യമജോഡികളിൽ കൂടി പ്രകാശം കടന്നു പോകുന്ന ചിത്രങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കൂ.



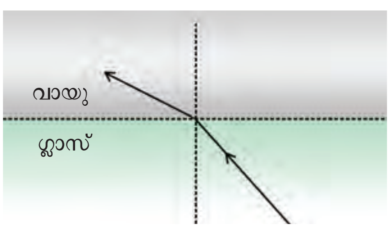
ചിത്രം 1.8 (a)



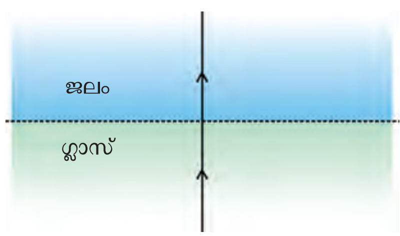
ചിത്രം 1.8 (b)



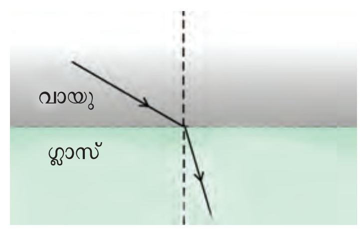
ചിത്രം 1.8 (c)



ചിത്രം 1.8 (d)



ചിത്രം 1.8 (e)



ചിത്രം 1.8 (f)

മാധ്യമങ്ങളുടെ പ്രകാശികസാന്ദ്രതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ചുവടെ നൽകിയ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം കണ്ടെത്തി സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തൂ.

a) പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശരശ്മി ചരിഞ്ഞ് പ്രവേശിക്കുന്നതായി കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ചിത്രങ്ങൾ ഏതൊക്കെയാണ്?

b) ഇവിടെ അപവർത്തനം സംഭവിക്കുന്ന രശ്മിയുടെ ദിശാവ്യതിയാനം എപ്രകാരമാണ്?

(ലംബത്തിനടുത്തേക്ക് / ലംബത്തിൽ നിന്ന് അകലേക്ക്)

c) അപവർത്തനരശ്മി ലംബത്തോട് അടുക്കുന്ന സന്ദർഭങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കുന്ന ചിത്രങ്ങൾ ഏതൊക്കെയാണ്?

d) ലംബത്തോട് അടുക്കുന്ന സന്ദർഭങ്ങളിൽ പ്രകാശം ഏത് മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് ഏത് മാധ്യമത്തിലേക്കാണ് കടന്നു പോകുന്നത്?

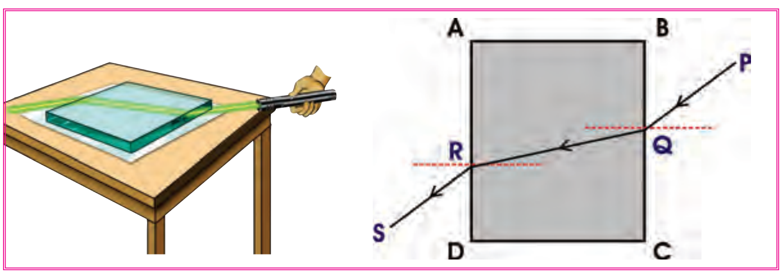
(പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയതിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞതിലേക്ക്/പ്രകാശിക സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതിൽ നിന്ന് കൂടിയതിലേക്ക്)

e) ചിത്രം 1.8 (c), 1.8 (e) എന്നിവയിൽ പ്രകാശത്തിന് അപവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നില്ല. കാരണം എന്തായിരിക്കും?

- പ്രകാശം ഒരു മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ പതന രശ്മി, അപവർത്തന രശ്മി, പതനബിന്ദുവിലെ ലംബം എന്നിവ ഒരേ തലത്തിൽ ആയിരിക്കും.
- പ്രകാശികസാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കൂടിയ മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശം ചരിഞ്ഞ് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ അപവർത്തനരശ്മി ലംബത്തോട് അടുക്കുന്നു.
- പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശം ചരിഞ്ഞ് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ അപവർത്തനരശ്മി ലംബത്തിൽ നിന്ന് അകലുന്നു.
- മാധ്യമത്തിന്റെ വിഭജനതലത്തിലേക്ക് ലംബമായി പതിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മിക്ക് അപവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നില്ല.

ഗ്ലാസ് സ്ലാബിലെ അപവർത്തനം

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന രീതിയിൽ ഗ്ലാസ് സ്ലാബിലേക്ക് ലേസർ ടോർച്ചിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശം പതിപ്പിക്കുക.



ചിത്രം 1.9 (a) ചിത്രം 1.9 (b)

പ്രകാശപാത നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിഞ്ഞല്ലോ?

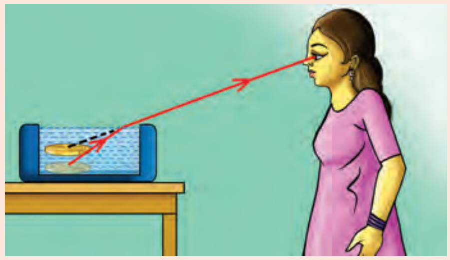
- പ്രകാശരശ്മിക്ക് എവിടെയൊക്കെവച്ചാണ് അപവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നത്?
- പ്രകാശരശ്മിക്ക് ഗ്ലാസ് സ്ലാബിൽ ഉണ്ടാകുന്ന അപവർത്തനം കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം സയൻസ് ഡയറിയിൽ വരയ്ക്കൂ.
- ഗ്ലാസ് സ്ലാബിലേക്ക് ലംബമായി പ്രകാശം പതിപ്പിച്ചു നോക്കൂ. പ്രകാശരശ്മിക്ക് അപവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നുണ്ടോ?

അപവർത്തനം - ചില പ്രായോഗിക പ്രവർത്തനങ്ങൾ

ഒരു പാത്രത്തിൽ നാണയം ഇട്ടശേഷം നാണയത്തെ നോക്കിക്കൊണ്ട് പിന്നിലേക്ക് നടക്കുക. നാണയത്തിന്റെ ദൃശ്യം കണ്ണിൽ നിന്ന് അപ്രത്യക്ഷമാകുന്ന സമയത്ത് മറ്റൊരു കുട്ടിയോട് പാത്രത്തിലേക്ക് ജലം ഒഴിക്കാൻ ആവശ്യപ്പെടൂ.

- എന്ത് നിരീക്ഷിക്കുന്നു? ചിത്രം വിശകലനം ചെയ്ത് കാരണം കണ്ടെത്തൂ.

ചിത്രം 1.10 (a)



ചിത്രം 1.10 (b)

ജലം ഒഴിച്ചപ്പോൾ നാണയത്തിൽ നിന്ന് പ്രതിപതിച്ചു വരുന്ന പ്രകാശത്തിന് അപവർത്തനം സംഭവിച്ച് കണ്ണിൽ പതിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് നാണയം വീണ്ടും ദൃശ്യമാകുന്നു.

ടെക്സ്റ്റ് ബുക്കിലെ അക്ഷരങ്ങൾക്ക് മുകളിൽ ഗ്ലാസ് സ്ലാബ് വയ്ക്കുമ്പോൾ അക്ഷരങ്ങൾ ഉയർന്നിരിക്കുന്നതായി തോന്നുന്നു. കാരണം എന്തായിരിക്കും? കണ്ടെത്തൂ.

ചിത്രം 1.11 നിരീക്ഷിക്കൂ.

ടബിലെ വെള്ളത്തിനടിയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഒരു നാണയം ഒരു വശത്തുനിന്നു നോക്കിക്കൊണ്ട് എടുക്കാൻ ശ്രമിക്കുക. നാണയം എളുപ്പത്തിൽ എടുക്കാൻ കഴിയുന്നുണ്ടോ? കാരണം എന്തായിരിക്കും? കണ്ടെത്തൂ.

ചിത്രം 1.11

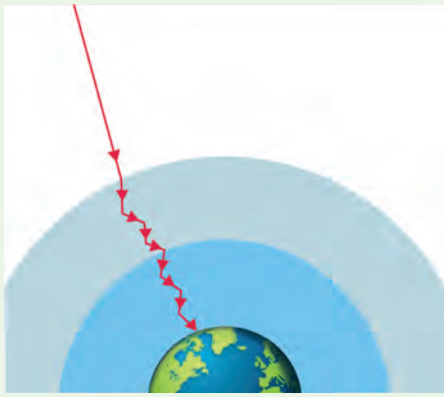
ഒരു ജലാശയത്തിന്റെ അടിത്തട്ട് അകലെ നിന്ന് നോക്കുമ്പോൾ അടുത്തു നിന്ന് നോക്കുമ്പോൾ കാണുന്നതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ ഉയർന്നതായി തോന്നുന്നു. കാരണമെന്ത്?

അമ്പെയ്ത് മീൻ പിടിക്കുന്നവർ മീനിനെ കാണുന്നിടത്തു നിന്ന് അല്പം താഴേക്കാണ് അമ്പെയ്യുന്നത്. എന്തുകൊണ്ട്?

അപവർത്തനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ചില സന്ദർഭങ്ങൾ പരിചയപ്പെട്ടുവല്ലോ. ഇനി അന്തരീക്ഷത്തിൽ നടക്കുന്ന അപവർത്തനങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട സന്ദർഭങ്ങൾ പരിചയപ്പെടാം.

അന്തരീക്ഷത്തിലെ അപവർത്തനം (Atmospheric Refraction)

നക്ഷത്രങ്ങൾ മിന്നിത്തിളങ്ങാൻ കാരണം എന്തായിരിക്കും?



ചിത്രം 1.12 (a)

ചിത്രം 1.12 (b)

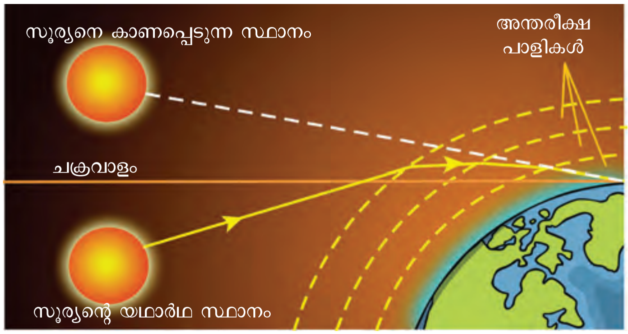
ചിത്രങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കൂ.

- നക്ഷത്രത്തിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശരശ്മി നേർരേഖയിൽ സഞ്ചരിച്ചാണോ നമ്മുടെ കണ്ണിൽ എത്തുന്നത് ?
- വളരെ അകലെയുള്ള ഒരു നക്ഷത്രത്തിൽ നിന്ന് ഭൗമാന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ എത്തുന്ന പ്രകാശരശ്മിയുടെ പാതയ്ക്ക് സമാനമായ ചിത്രീകരണമാണ് ചിത്രം 1.12 (a) യിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നത്. ഇവിടെ പ്രകാശരശ്മിയുടെ പാതയ്ക്ക് ക്രമരഹിതമായ ദിശാമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നില്ലേ? എന്തായിരിക്കും ഇതിന് കാരണം?

നക്ഷത്രങ്ങൾ ഗ്രഹങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് താരതമ്യേന വളരെ അകലെയായതിനാൽ അവ പ്രകാശിത ബിന്ദുക്കൾ പോലെ കാണപ്പെടുന്നു. നക്ഷത്രത്തിൽ നിന്ന് വരുന്ന പ്രകാശം ഭൗമാന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ സഞ്ചരിച്ചാണ് നമ്മുടെ കണ്ണിൽ എത്തുന്നത്. അന്തരീക്ഷപാളികളുടെ ഭൗതിക സാഹചര്യം (മർദം, താപനില തുടങ്ങിയവ) നിരന്തരം മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ പ്രകാശം കടന്നുവരുന്ന മാധ്യമത്തിന്റെ പ്രകാശിക സാന്ദ്രത മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കും. ഇതു കാരണം പ്രകാശരശ്മിക്ക് ക്രമരഹിതമായ അപവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നു. അതിനാൽ നക്ഷത്രങ്ങളിൽ നിന്നു വരുന്ന പ്രകാശകിരണങ്ങൾ പലതവണ ക്രമരഹിത അപവർത്തനത്തിനുശേഷം കണ്ണിൽ പതിക്കുമ്പോൾ നക്ഷത്രത്തെ ഒരേ സ്ഥാനത്ത് തുടർച്ചയായി കാണാൻ കഴിയുന്നില്ല. ഇതാണ് നക്ഷത്രത്തിന്റെ മിന്നിത്തിളക്കത്തിനു കാരണം.

? സൂര്യൻ പടിഞ്ഞാറൻ ചക്രവാളം കടന്നു പോയതിനു ശേഷവും സൂര്യബിംബം അല്പ സമയം കൂടി കാണാൻ കഴിയും. അതുപോലെ തന്നെ രാവിലെ കിഴക്കൻ ചക്രവാളത്തിൽ എത്തുന്നതിന് അല്പം മുമ്പും സൂര്യനെ കാണാൻ കഴിയും. എന്തായിരിക്കും കാരണം?

ചിത്രം 1.13 വിശകലനം ചെയ്ത് വിശദീകരണം സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തുക.



ചിത്രം 1.13

അപവർത്തനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട നിരവധി സന്ദർഭങ്ങൾ പരിചയപ്പെട്ടുവല്ലോ.

മാധ്യമങ്ങളുടെ വിഭജന തലത്തിലേക്ക് പ്രകാശം ചരിഞ്ഞ് പതിക്കുന്ന എല്ലാ സന്ദർഭങ്ങളിലും പ്രകാശത്തിന് അപവർത്തനം സംഭവിക്കുമോ?

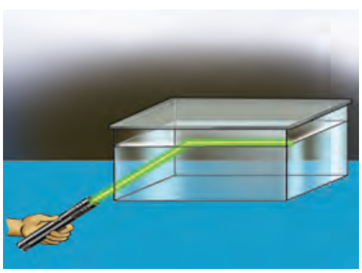
പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം (Total Internal Reflection)

ചിത്രം 1.14

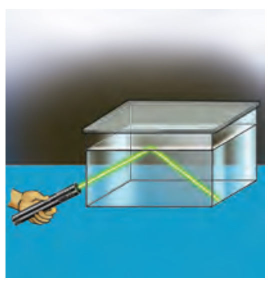
ചിത്രം 1.14 ൽ കാണുന്ന തരത്തിലുള്ള അലങ്കാര വിളക്കുകൾ നിങ്ങൾ കണ്ടിട്ടില്ലേ? ബൾബിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശം ഈ നാരുകളിലൂടെ കടന്നു വരുമ്പോൾ അതിന്റെ അഗ്രഭാഗത്തുകൂടി മാത്രം പ്രകാശം പുറത്തുവരാൻ കാരണം എന്തായിരിക്കും ?

ഇത് മനസ്സിലാക്കുന്നതിനായി ചില പ്രവർത്തനങ്ങൾ ചെയ്തു നോക്കാം.

ഒരു ലേസർടോർച്ചിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശം ടാങ്കിൽ എടുത്ത ജലത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് വിവിധ കോണളവിൽ പതിപ്പിച്ചു നോക്കൂ.



ചിത്രം 1.15 (a)



ചിത്രം 1.15 (b)

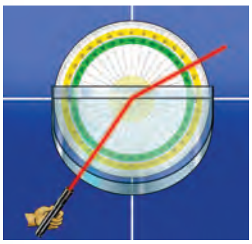
- ടാങ്കിനുള്ളിൽ പ്രകാശം ഏതൊക്കെ മാധ്യമങ്ങളിലൂടെയാണ് കടന്നുപോകുന്നത്?
- ഇവിടെ പ്രകാശം പതിക്കുന്നത് പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞതിലേക്കാണോ അതോ പ്രകാശികസാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ നിന്നും കൂടിയതിലേക്കാണോ?

- പതനകോൺ ക്രമമായി വർധിപ്പിച്ചുനോക്കൂ. എന്താണ് നിരീക്ഷിക്കുന്നത്?

ഇവിടെ പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്കാണ് പ്രകാശം കടന്നു പോകുന്നത്. പതനകോണിന്റെ അളവ് ക്രമമായി കൂടുമ്പോൾ അപവർത്തനകോണും കൂടി വരുന്നു. പതനകോൺ ഒരു നിശ്ചിത അളവിനേക്കാൾ കൂടുമ്പോൾ പതനരശ്മി പൂർണ്ണമായും ജലത്തിലേക്ക് തന്നെ പ്രതിപതിക്കുന്നു.

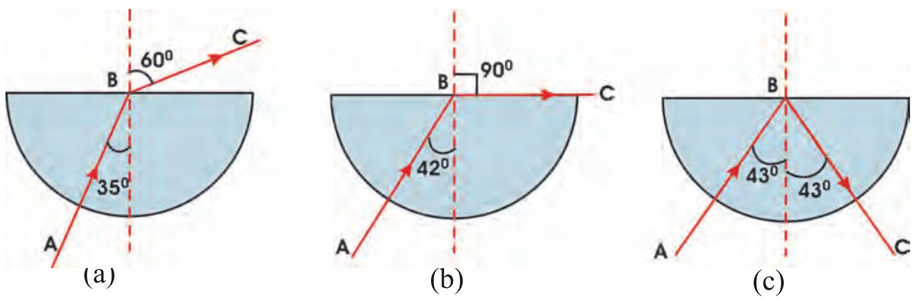
- എപ്പോഴാണ് അപവർത്തനം സംഭവിക്കാതെ പ്രകാശരശ്മി അതേ മാധ്യമത്തിലേക്ക് തിരിച്ചു വരുന്നത് ?

ഒരു പരീക്ഷണം ചെയ്തു നോക്കൂ.



ചിത്രം 1.16

ഒരു ചാർട്ട് പേപ്പറിൽ ഒരു വൃത്തം വരയ്ക്കുക. ഇതിൽ രണ്ട് പ്രൊട്രാക്ടർ ചേർത്ത് വച്ച മാതൃകയിൽ കോണുകൾ അടയാളപ്പെടുത്തി ഒരു മേശയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ വയ്ക്കുക. പിന്നീട് അർധവൃത്താകൃതിയിലുള്ള ഒരു കനം കൂടിയ ഗ്ലാസ് സ്ലാബ് ചിത്രത്തിൽ കാണുന്ന രീതിയിൽ ചാർട്ടിലെ വൃത്തത്തിന് മുകളിൽ വയ്ക്കുക. സ്ലാബിലേക്ക് വ്യത്യസ്ത കോണളവിൽ ലേസർടോർച്ചിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശം പതിപ്പിക്കുക. ഓരോ അവസരത്തിലുമുള്ള പതനകോൺ, അപവർത്തനകോൺ എന്നിവ നിരീക്ഷിച്ച് പ്രകാശപാത കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം സയൻസ് ഡയറിയിൽ വരയ്ക്കൂ.



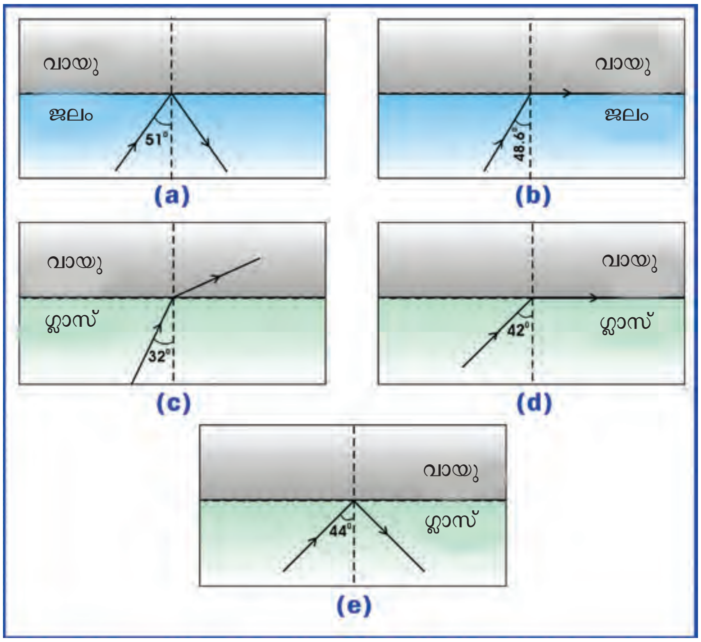
ചിത്രം 1.17

- ഇവിടെ പ്രകാശരശ്മി കടക്കുന്നത് ഏത് മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് ഏതു മാധ്യമത്തിലേക്കാണ്?
  (പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയതിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞതിലേക്ക്/പ്രകാശികസാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതിൽ നിന്ന് കൂടിയതിലേക്ക്)
- പതനകോൺ കൂടുമ്പോൾ അപവർത്തന കോണിന് വരുന്ന മാറ്റം എന്ത്?
- അപവർത്തന കോൺ 90^{o} ആകുമ്പോഴുള്ള പതനകോണിന്റെ അളവ് എത്രയാണ്?
- ഈ പതന കോണിനേക്കാൾ കൂടിയ അളവിൽ പ്രകാശം പതിക്കുമ്പോൾ, എന്തു പ്രത്യേകതയാണ് നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയുന്നത്?

പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽനിന്ന് കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്കു പ്രകാശരശ്മി കടക്കുമ്പോൾ അപവർത്തനകോൺ 90° ആകുന്ന സന്ദർഭത്തിലെ പതനകോണാണ് ക്രിട്ടിക്കൽ കോൺ (critical angle). ഗ്ലാസ് - വായു ജോഡിയിൽ ക്രിട്ടിക്കൽ കോൺ 42° ആണ്.

പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശരശ്മി സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ പതനകോൺ ക്രിട്ടിക്കൽ കോണിനേക്കാൾ കൂടുതലായാൽ, ആ രശ്മി അപവർത്തനത്തിനു വിധേയമാകാതെ അതേ മാധ്യമത്തിലേക്ക് പൂർണ്ണമായും പ്രതിപതിക്കുന്ന പ്രതിഭാസമാണ് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം.

വിവിധ മാധ്യമങ്ങളിലൂടെയുള്ള പ്രകാശപാത തന്നിരിക്കുന്നു. ചിത്രങ്ങൾ വിശകലനം ചെയ്ത് ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം കണ്ടെത്തൂ.



ചിത്രം 1.18

ക്രിട്ടിക്കൽ കോൺ പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ ജോഡികളായി പറയാതെ ഏതെങ്കിലും ഒരു മാധ്യമം മാത്രമേ സൂചിപ്പിക്കുന്നുള്ളൂ എങ്കിൽ രണ്ടാമത്തെ മാധ്യമം വായു അഥവാ ശൂന്യതയായിരിക്കും.

a) പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം സംഭവിക്കുന്നതായി കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ചിത്രങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?

b) ഇവിടെ ഗ്ലാസിന്റെ ക്രിട്ടിക്കൽ കോൺ എത്രയാണ്?

c) ജലത്തിൽനിന്നു 50° കോണളവിൽ വായുവിലേക്കു പതിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം സംഭവിക്കുമോ? എന്തുകൊണ്ട്? ജലം-വായു ജോഡികളുടെ ക്രിട്ടിക്കൽ കോൺ എത്രയാണ്?

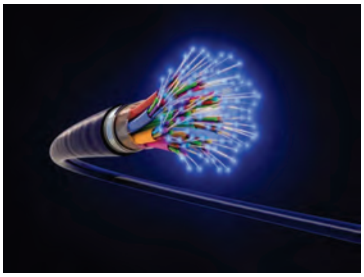
d) പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം സംഭവിക്കാൻ അവശ്യം വേണ്ട രണ്ട് സാഹചര്യങ്ങൾ ഏതൊക്കെയാണ്?

ചിത്രം 1.19 നിരീക്ഷിക്കൂ.

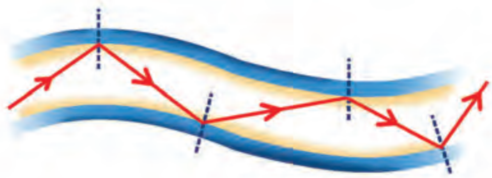
ചിത്രം 1.19

- ഇവിടെ അക്വേറിയത്തിന്റെ അടിത്തട്ട് ജലോപരിതലത്തിന് മുകളിലായി കാണുവാനുള്ള കാരണം എന്തായിരിക്കും?

അക്വേറിയത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ നിന്നു വരുന്ന പ്രകാശത്തിന് ജലോപരിതലത്തിൽവച്ച് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം സംഭവിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ് അക്വേറിയത്തിന്റെ അടിത്തട്ട് മുകളിലായി കാണുന്നത്. ജലോപരിതലത്തിൽ നിന്ന് അക്വേറിയത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിലേക്കുള്ള ദൂരവും പൂർണ്ണാന്തരപ്രതിപതനം മൂലമുണ്ടായ പ്രതിബിംബത്തിലേക്കുള്ള ദൂരവും തുല്യമല്ലേ?



ചിത്രം 1.20 (a)



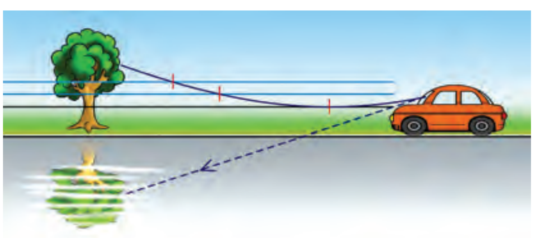
ചിത്രം 1.20 (b)

ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബറുകളിലൂടെയുള്ള പ്രകാശ പ്രേഷണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട നേട്ടങ്ങൾക്കാണ് 2009 ൽ ഭൗതിക ശാസ്ത്രത്തിനുള്ള നൊബേൽ സമ്മാനം ചാൾസ് കെ കാവോയ്ക്ക് ലഭിച്ചത്.

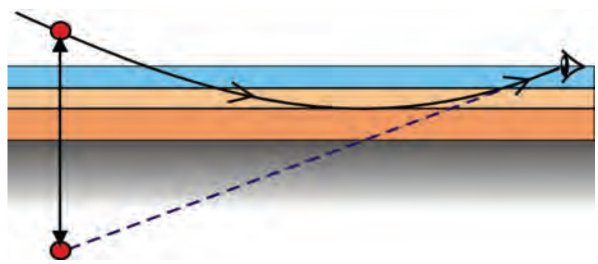
അലങ്കാരവിളക്കിലെ ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബറുകളുടെ ഒരഗ്രം അനുയോജ്യമായ ഒരു പ്രകാശ സ്രോതസ്സുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ സ്രോതസ്സിൽ നിന്നുള്ള പ്രകാശരശ്മികൾ ഫൈബറുകളിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ ക്രിട്ടിക്കൽ കോണിനേക്കാൾ കൂടിയ പതനകോണുകളിലാണ് വശങ്ങളിൽ പതിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട് തുടർച്ചയായി പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം സംഭവിച്ച് രണ്ടാമത്തെ അഗ്രത്തുകൂടി മാത്രം പ്രകാശം പുറത്തേക്ക് വരുന്നു.

പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം മൂലമുണ്ടാകുന്ന മായക്കാഴ്ചകൾ എവിടെയൊക്കെ കാണാൻ കഴിയുന്നു എന്നു നോക്കാം.

- വേനൽക്കാലത്ത് റോഡിൽ അകലെ വെള്ളം കിടക്കുന്നതായി തോന്നുന്നതിനുള്ള കാരണം എന്തായിരിക്കും?



ചിത്രം 1.21 (a)



ചിത്രം 1.21 (b)

റോഡിനോട് ചേർന്നുള്ള ഭാഗത്തെ വായുവിന് ചൂട് കൂടുതലായതിനാൽ പ്രകാശികസാന്ദ്രത കുറവായിരിക്കും. എന്നാൽ മുകൾ ഭാഗത്തേക്ക് പോകുന്തോറും വായുവിന്റെ പ്രകാശികസാന്ദ്രത ക്രമമായി വർധിച്ചുവരുന്നു.

പരിസരത്തുള്ള വസ്തുക്കളിൽ നിന്നു വരുന്ന പ്രകാശകിരണങ്ങൾ പ്രകാശികസാന്ദ്രത വ്യത്യാസമുള്ള വായുവിന്റെ വിവിധ പാളികളിലൂടെ കടന്നുപോകുമ്പോൾ ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ അപവർത്തനത്തിനും തുടർന്ന് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനത്തിനും വിധേയമാകുന്നു. ഇങ്ങനെ ദിശാവ്യതിയാനം സംഭവിച്ച പ്രകാശ കിരണങ്ങളാണ് നമ്മുടെ കണ്ണിൽ പതിക്കുന്നത്. അതിനാൽ അവയുടെ

പ്രതിബിംബം റോഡിൽ രൂപപ്പെടുന്നതുപോലെ തോന്നുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസം മരീചിക (mirage) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. നമുക്കു പരിചിതമായ ഇത്തരം പ്രതിബിംബങ്ങൾ സാധാരണയായി ജലോപരിതലത്തിലാണ് രൂപപ്പെടുന്നത്. അകലെനിന്നും നോക്കുമ്പോൾ റോഡിൽ വെള്ളം ഉള്ള തായി തോന്നുന്നത് എന്തുകൊണ്ടാണെന്ന് മനസ്സിലായല്ലോ.

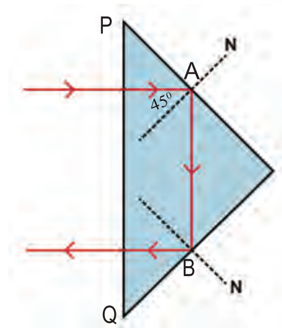
പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്ന സന്ദർഭങ്ങൾ

റിഫ്ലക്റ്റർ (Reflector) :

സൈക്കിൾ റിഫ്ലക്റ്റർ

ചിത്രം 1.22 (a)

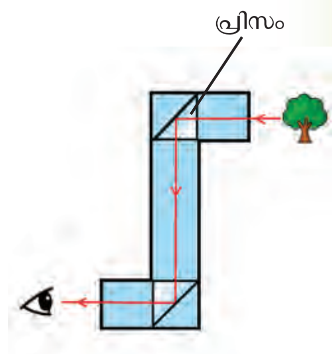
വാഹനങ്ങളുടെ ടെയിൽ ലാമ്പുകളിൽ (ചിത്രം 1.22 (a)) ഉപയോഗിക്കുന്ന റിഫ്ലക്റ്ററുകൾ നിരീക്ഷിച്ചിട്ടില്ലേ? ഇവയിൽ ധാരാളം ചെറുപ്രിസങ്ങൾ ഉറപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയിൽ ഒരു പ്രിസത്തിലേക്ക് പതിക്കുന്ന പ്രകാശ രശ്മി പ്രതിപതിച്ചു വരാൻ കാരണം എന്തായിരിക്കും? ഗ്ലാസിന്റെ ക്രിട്ടിക്കൽ കോണിനെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി വിശദീകരിക്കാം.



ചിത്രം 1.22 (b)

P Q എന്ന വശത്ത് ലംബമായി പ്രകാശരശ്മി പതിക്കുന്നതിനാൽ അപവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നില്ല. ഗ്ലാസിന്റെ ക്രിട്ടിക്കൽ കോൺ 42^o ആണെന്ന് അറിയാമല്ലോ. ഇവിടെ A, B എന്നീ ബിന്ദുക്കളിലെ പതനകോൺ 45^o ആണ്. അതിനാൽ A ൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശം പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനത്തിന് വിധേയമായി B യിൽ എത്തും. അവിടെ വീണ്ടും പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം സംഭവിച്ച് ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ റിഫ്ലക്റ്ററിനു പുറത്തേക്കുവരുന്നു. റിഫ്ലക്റ്ററിലെ മറ്റു പ്രിസങ്ങളിലും ഇതുപോലെ തന്നെയല്ലേ സംഭവിക്കുന്നത്.

പെരിസ്കോപ്പ് (Periscope) :



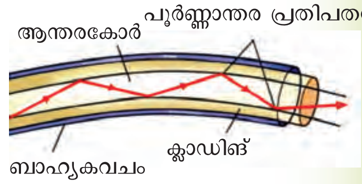
ചിത്രം 1.23

ദർപ്പണങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചുള്ള പെരിസ്കോപ്പുകളാണല്ലോ നിങ്ങൾ പരിചയപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്. എന്നാൽ ദൃശ്യങ്ങളുടെ വ്യക്തത കൂട്ടുന്നതിനുവേണ്ടി പ്രിസങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചുള്ള പെരിസ്കോപ്പുകളും നിർമ്മിക്കുന്നുണ്ട്.

പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം ഒരു പെരിസ്കോപ്പിൽ പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത് എങ്ങനെയെന്ന് നോക്കൂ (ചിത്രം 1.23).

ചിത്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പെരിസ്കോപ്പിൽ പ്രിസങ്ങളെ എങ്ങനെ പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു എന്ന് മനസ്സിലാക്കി സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തൂ.

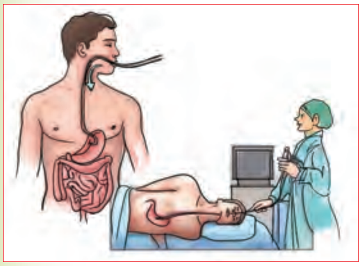
ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബർ (Optical Fibre) :



ചിത്രം 1.24

ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബറുകളുടെ കണ്ടുപിടിത്തം വാർത്താവിനിമയ രംഗത്ത് വിപ്ലവകരമായ മാറ്റങ്ങളാണ് ഉണ്ടാക്കിയത്. ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബർ കേബിളുകളിൽ (OFC) എങ്ങനെയാണ് പ്രകാശത്തിന്റെ പൂർണ്ണാന്തരപ്രതിപതനം പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത് എന്ന് നേരത്തെ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഇതേ പ്രതിഭാസം അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയാണ് ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബറുകളിലൂടെ പ്രകാശകിരണങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ (optical signals)

വാർത്താവിനിമയ സിഗ്നലുകളും സഞ്ചരിക്കുന്നത്. അനേകായിരം പ്രകാശ സിഗ്നലുകൾ അവയുടെ തീവ്രതയ്ക്ക് നഷ്ടം സംഭവിക്കാതെ ഒരേസമയം ഒരു കേബിളിലൂടെ അയയ്ക്കാൻ കഴിയും. പ്രകാശവേഗത്തിൽ ഇത്തരം സിഗ്നലുകളെ വിദൂരസ്ഥലങ്ങളിലേക്ക് എത്തിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു. ഇതാണ് വാർത്താവിനിമയത്തിന് ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബർ ഉപയോഗിക്കാൻ കാരണമായത്.



എൻഡോസ്കോപ്പി

ചിത്രം 1.25

ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബറുകളുടെ ഉപയോഗം മെഡിക്കൽ രംഗത്ത് നാൾക്കുനാൾ വർധിച്ചുവരുന്നു. മെഡിക്കൽ രംഗത്ത് ഇവ എങ്ങനെയാണ് പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നതെന്ന് വിവരശേഖരണം നടത്തി ക്ലാസിൽ അവതരിപ്പിക്കൂ.

പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം, സമതല ദർപ്പണങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള സാധാരണ പ്രതിപതനം ഇവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രസ്താവനകൾ നൽകിയിരിക്കുന്നു. അവയെ അനുയോജ്യമായി പട്ടികപ്പെടുത്തൂ.

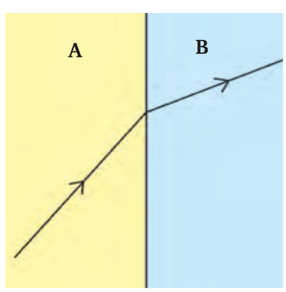
- **പ്രകാശരശ്മി പ്രകാശിക സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്ക് ക്രിട്ടിക്കൽ കോണിനേക്കാൾ കൂടിയ പതനകോണിൽ പതിക്കുമ്പോൾ മാത്രം സംഭവിക്കുന്നു.**
- **പ്രകാശരശ്മി പൂർണ്ണമായും പ്രതിപതിക്കുന്നില്ല.**
- **പ്രതലത്തിലേക്ക് ഏതു പതനകോണിൽ പതിച്ചാലും പ്രതിപതനം സംഭവിക്കുന്നു.**
- **പ്രകാശരശ്മി പൂർണ്ണമായും പ്രതിപതിക്കുന്നു.**

ദർപ്പണങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള പ്രതിപതനം	പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം
• പ്രകാശരശ്മി പൂർണ്ണമായും പ്രതിപതിക്കുന്നില്ല. •	• •

പട്ടിക 1.4

വിലയിരുത്താം

1. A, B എന്നീ മാധ്യമങ്ങളിലൂടെ പ്രകാശരശ്മി കടന്നുപോകുന്ന രേഖാചിത്രം നല്കിയിരിക്കുന്നു.

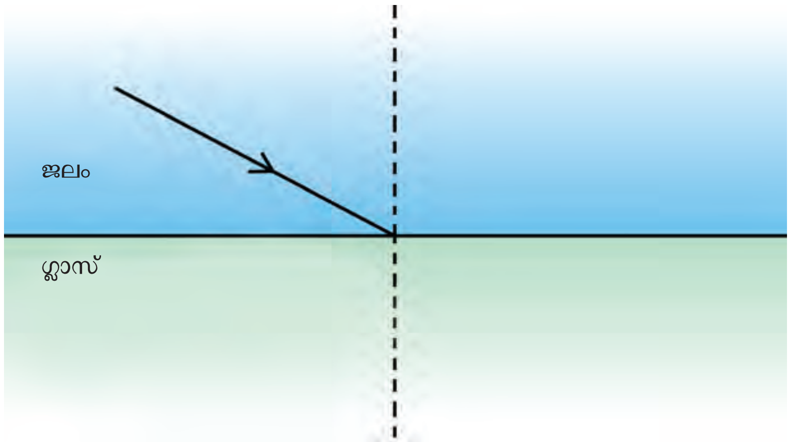


ചിത്രം 1.26

a) A, B എന്നീ മാധ്യമങ്ങളിൽ ഏത് മാധ്യമത്തിലായിരിക്കും പ്രകാശവേഗം കുറവ്?

b) ഇവയിൽ പ്രകാശിക സാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമം ഏതായിരിക്കും? ഉത്തരം സാധൂകരിക്കുക.

2. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം പൂർത്തിയാക്കുക. പതനകോൺ, അപവർത്തനകോൺ ഇവ അടയാളപ്പെടുത്തുക.



ചിത്രം 1.27

3. പ്രകാശം മാധ്യമം X ൽ നിന്ന് മാധ്യമം Y യിലേക്ക് കടന്നു പോകുന്നു.
ഇവിടെ പതന കോണിനേക്കാൾ കൂടുതലാണ് അപവർത്തനകോൺ

a) X, Y ഇവയിൽ ഏതു മാധ്യമത്തിൽ ആയിരിക്കും പ്രകാശത്തിന് വേഗം കൂടുതൽ?

b) അപവർത്തനാങ്കം കൂടിയ മാധ്യമം ഏതായിരിക്കും?

c) പ്രകാശപാത ചിത്രീകരിക്കുക.

4. വിവിധ മാധ്യമങ്ങളുടെ അപവർത്തനാങ്കം പട്ടികയിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

മാധ്യമം	അപവർത്തനാങ്കം
ക്രൗൺ ഗ്ലാസ്	1.52
ഗ്ലിസറിൻ	1.47
സൺഫ്ളവർ ഓയിൽ	1.47
ജലം	1.33
ഫ്ളിന്റ് ഗ്ലാസ്	1.62

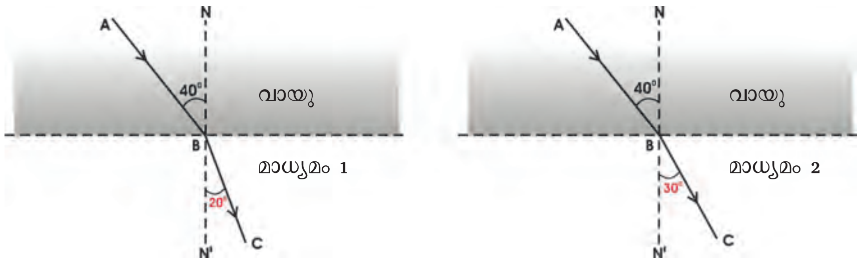
പട്ടിക 1.5

a) പ്രകാശം ഏതു മാധ്യമത്തിലൂടെയാണ് ഏറ്റവും കൂടിയ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന് കണ്ടെത്തുക.

b) ഗ്ലിസറിനിൽ നിന്ന് സൺഫ്ലവർ ഓയിലിലേക്ക് ചരിഞ്ഞ് പതിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മിയുടെ ദിശയ്ക്ക് വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുമോ? കാരണം വിശദമാക്കുക.

c) ഗ്ലാസിൽ നിന്ന് പട്ടികയിൽ സൂചിപ്പിച്ച ഓരോ മാധ്യമത്തിലേക്കും പ്രകാശം കടത്തിവിടുന്നു. 30° പതനകോണിലാണ് പ്രകാശം പതിപ്പിക്കുന്നതെങ്കിൽ ഏതു മാധ്യമത്തിലായിരിക്കും അപവർത്തനകോൺ ഏറ്റവും കൂടുതൽ? എന്തുകൊണ്ട്?

5. ചിത്രം നിരീക്ഷിക്കുക. രണ്ടു വ്യത്യസ്ത മാധ്യമങ്ങളിൽ പ്രകാശരശ്മി പതിക്കുന്നതു ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

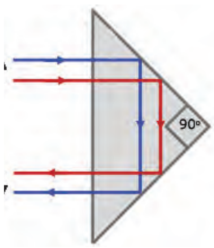


ചിത്രം 1.28

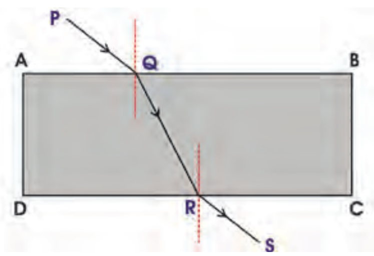
a) ഏതു മാധ്യമത്തിനാണ് പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടുതൽ? എന്തുകൊണ്ട്?

b) ഏതു മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കമാണ് കൂടുതൽ?

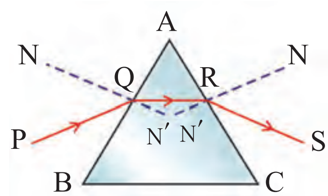
6. ചിത്രം നിരീക്ഷിക്കുക.



ചിത്രം 1.29 (a)



ചിത്രം 1.29 (b)



ചിത്രം 1.29 (c)

a) പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം സൂചിപ്പിക്കുന്ന ചിത്രം ഏതാണ് ?

b) അപവർത്തനത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ചിത്രങ്ങൾ ഏതൊക്കെയാണ് ?

7. ഗ്ലാസിന്റെ ക്രിട്ടിക്കൽ കോൺ 42° ആണ്. തന്നിരിക്കുന്നവയിൽ ഏത് പതനകോണിൽ പതിക്കുമ്പോഴാണ് പ്രകാശത്തിന് പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം സംഭവിക്കുക?

a) 40° b) 49° c) 38° d) 42°

8. മോട്ടോർസൈക്കിളിന്റെ റിഫ്ലക്റ്ററുകളിൽ അനേകം ചെറിയ പ്രിസങ്ങൾ കാണുവാൻ കഴിയും. ഇവ ഉള്ളതുകൊണ്ടുള്ള പ്രയോജനം എന്താണെന്ന് വിശദമാക്കുക.

9. പട്ടിക നിരീക്ഷിക്കൂ.

മാധ്യമം	അപവർത്തനാങ്കം
വായു	1.0003
ജലം	1.33
മണ്ണെണ്ണ	1.44
ടർപെന്റയിൻ ഓയിൽ	1.47
ക്രൗൺ ഗ്ലാസ്	1.52
വജ്രം	2.42

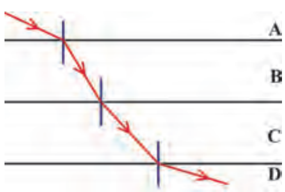
പട്ടിക 1.6

a) പട്ടികയിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നവയിൽ പ്രകാശവേഗം ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ മാധ്യമം ഏത്?

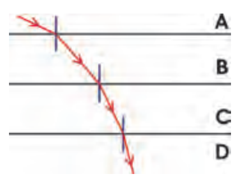
b) വായുവിലൂടെയുള്ള പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം 3×10^8 m/s ആണ്. മണ്ണെണ്ണയിലൂടെയുള്ള പ്രകാശവേഗം എത്രയായിരിക്കും?

c) വായുവിൽ നിന്ന് വജ്രത്തിലേക്ക് പ്രകാശരശ്മി ചരിഞ്ഞു പതിക്കുമ്പോൾ അപവർത്തന രശ്മി ലംബത്തോട് അടുക്കുമോ അതോ അകലുമോ? ഉത്തരം സാധൂകരിക്കുക.

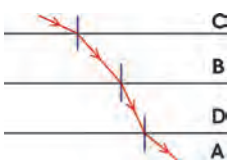
10. A, B, C, D എന്നീ മാധ്യമങ്ങളിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന പ്രകാശരശ്മിയുടെ പാത നൽകിയിരിക്കുന്നു. ശരിയായവ തെരഞ്ഞെടുക്കുക. (മാധ്യമങ്ങളുടെ പ്രകാശിക സാന്ദ്രത $A < B < C < D$ എന്ന ക്രമത്തിലാണ്.)



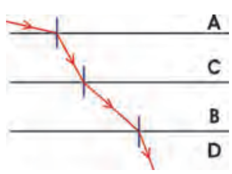
ചിത്രം 1.30 (a)



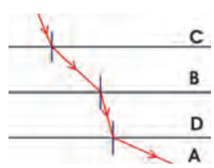
ചിത്രം 1.30 (b)



ചിത്രം 1.30 (c)



ചിത്രം 1.30 (d)



ചിത്രം 1.30 (e)

11. മെത്തനോളിലെ പ്രകാശവേഗത്തേക്കാൾ കുറഞ്ഞ വേഗത്തിലാണ് എത്തനോളിൽ കൂടി പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ഇവയിൽ അപവർത്തനാങ്കം കുറവ് ഏതു മാധ്യമത്തിന് ആയിരിക്കും? എന്തുകൊണ്ട്?

തുടർപ്രവർത്തനങ്ങൾ

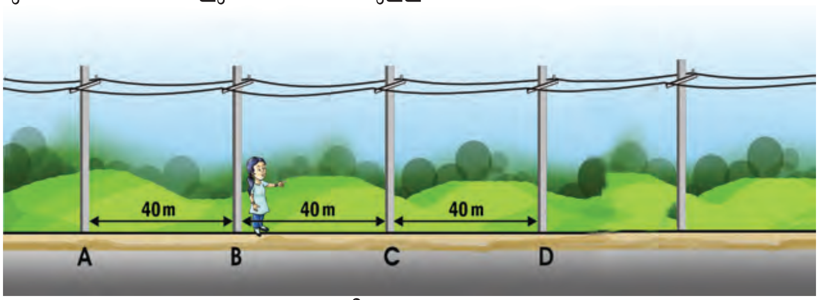
1. സമതല ദർപ്പണങ്ങൾക്ക് പകരമായി പ്രിസങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് പെരിസ്കോപ്പുകൾ നിർമ്മിച്ച് പ്രദർശിപ്പിക്കൂ.
2. ഗ്ലിസറിൻ, ജലം, വെളിച്ചെണ്ണ, ഗ്ലാസ് തുടങ്ങിയ വ്യത്യസ്ത മാധ്യമങ്ങളുടെ ക്രിട്ടിക്കൽ കോൺ ഒരു പരീക്ഷണ പ്രോജക്ടിലൂടെ കണ്ടെത്തി താരതമ്യം ചെയ്യുക. ഉദ്ദേശ്യം, സാമഗ്രികൾ, പഠനരീതി, പഠനഫലങ്ങൾ തുടങ്ങിയ ഘട്ടങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുത്തി പ്രോജക്റ്റ് റിപ്പോർട്ട് തയ്യാറാക്കുക.
3. പ്രകാശരശ്മി പ്രകാശികസാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കൂടിയ മാധ്യമത്തിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ അപവർത്തനകോൺ 90^{o} ആകുമോ? പ്രവർത്തനം ചെയ്ത് നോക്കി സയൻസ് ഡയറിയിൽ കുറിക്കൂ.

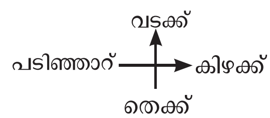
2 ചലനസമവാക്യങ്ങൾ

ചിത്രം നിരീക്ഷിക്കുക.

കുട്ടിക്കുണ്ടായ ഇത്തരം സംശയം നിങ്ങൾക്കും തോന്നിയിട്ടുണ്ടോ? അതിന് ഉത്തരം കണ്ടെത്താൻ ശ്രമിക്കാം.

A, B, C, D എന്നിവ റോഡരികിൽ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്ന 4 ഇലക്ട്രിക് പോളുകളാണ്. അടുത്തടുത്ത രണ്ട് പോളുകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം 40 m വീതമാണ്.





ചിത്രം 2.1

പോൾ B യുടെ ചുവട്ടിൽ നിന്ന് ഒരു കുട്ടി C യും കടന്ന് D യിൽ എത്തി.

അതിനുശേഷം D യിൽ നിന്നും തിരിച്ച് C എന്ന പോളിനരികെ എത്തി.

- കുട്ടി സഞ്ചരിച്ച ആകെ ദൂരമെത്ര?
- കുട്ടിയുടെ ആദ്യസ്ഥാനമായ B യും ഇപ്പോഴത്തെ സ്ഥാനമായ C യും തമ്മിലുള്ള അകലം എത്രയാണ്?
- B യിൽ നിന്ന് 40 m ദൂരം സഞ്ചരിച്ചാൽ കുട്ടിയുടെ സ്ഥാനം എവിടെയെല്ലാമാകാം?
- B യിൽ നിന്ന് 40 m ദൂരം ഏത് ദിശയിൽ യാത്രചെയ്താൽ C യിൽ എത്തും?

കിഴക്ക് / പടിഞ്ഞാറ്

കുട്ടിയുടെ ആദ്യസ്ഥാനമായ B യും ഇപ്പോഴത്തെ സ്ഥാനമായ C യും തമ്മിലുള്ള അകലമാണല്ലോ കുട്ടിയുടെ സ്ഥാനമാറ്റത്തിന്റെ അളവ്. B യിൽ നിന്ന് 40 m കിഴക്ക് ദിശയിൽ യാത്രചെയ്താൽ കുട്ടിക്ക് C യിൽ എത്താൻ കഴിയുമല്ലോ. അതിനാൽ B യിൽ നിന്നും C യിലേക്ക് കിഴക്ക് ദിശയിൽ 40 m എന്നതാണ് കുട്ടിയുടെ ഈ സന്ദർഭത്തിലെ സ്ഥാനാന്തരം.

സ്ഥാനാന്തരം (Displacement)

രണ്ട് സ്ഥാനങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള നേർരേഖാ അകലം ഒരു നിശ്ചിത ദിശയോടു കൂടി പ്രതിപാദിക്കുന്നതാണ് സ്ഥാനാന്തരം (displacement). സ്ഥാനാന്തരം s എന്ന അക്ഷരം കൊണ്ടാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ദൂരത്തിന്റെ യൂണിറ്റായ മീറ്റർ (m) തന്നെയാണ് സ്ഥാനാന്തരത്തിന്റെയും യൂണിറ്റ്.

അളവിനോടൊപ്പം ദിശ കൂടി പ്രതിപാദിക്കേണ്ട അളവുകളാണ് സദിശ അളവുകൾ (vector quantities). സദിശ അളവുകൾക്ക് അളവും ദിശയും ഉണ്ടാകും. ദിശ ആവശ്യമില്ലാത്ത അളവുകളാണ് അദിശ അളവുകൾ (scalar quantities).

- അങ്ങനെയെങ്കിൽ സ്ഥാനാന്തരം സദിശമാണോ അതോ അദിശമാണോ?

മറ്റൊരു സന്ദർഭം പരിഗണിക്കാം

- കുട്ടി B യിൽ നിന്ന് 40 m പടിഞ്ഞാറ് ദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നുവെങ്കിൽ കുട്ടിയുടെ ഇപ്പോഴത്തെ സ്ഥാനം .... ആണ്.

B യിൽ നിന്ന് മുന്നോട്ട്/കിഴക്ക് ദിശയിലേക്കുള്ള സ്ഥാനാന്തരം പോസിറ്റീവ് (positive) ആയി പരിഗണിക്കുകയാണെങ്കിൽ പുറകിലേക്ക്/പടിഞ്ഞാറ് ദിശയിലേക്കുള്ള സ്ഥാനാന്തരം നെഗറ്റീവ് (negative) ആയി പരിഗണിക്കാം. (ഇവയെ തിരിച്ചും എടുക്കാവുന്നതാണ്). ഒരിക്കൽ ദിശ നിർണ്ണയിച്ചു കഴിഞ്ഞാൽ തുടർന്നുള്ള പഠന പ്രക്രിയകളിൽ പോസിറ്റീവ്, നെഗറ്റീവ് ദിശകൾക്ക് മാറ്റം വരുത്താൻ പാടില്ല. ഇവിടെ ആദ്യസ്ഥാനം B യും അന്ത്യസ്ഥാനം A യും ആണല്ലോ. അതിനാൽ സ്ഥാനാന്തരം നെഗറ്റീവ് ആണ്.

കുട്ടിയുടെ സഞ്ചാരത്തെ ആസ്പദമാക്കി ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടിക പൂർത്തീകരിക്കുക.

സഞ്ചാരപാതയുടെ ഘട്ടങ്ങൾ	സഞ്ചരിച്ച ദൂരം	സ്ഥാനാന്തരം
B യിൽ നിന്ന് C വരെ നേരിട്ട്	40 m	
B യിൽ നിന്ന് പുറപ്പെട്ട് D യിൽ എത്തി തിരികെ C യിൽ എത്തുമ്പോൾ		40 m B യിൽ നിന്ന് C യിലേക്ക്
B യിൽ നിന്ന് പുറപ്പെട്ട് D യിൽ എത്തുമ്പോൾ	80 m	80 m B യിൽ നിന്ന് D യിലേക്ക്
B യിൽ നിന്ന് A വരെ		– 40 m B യിൽ നിന്ന് A യിലേക്ക്
B യിൽ നിന്ന് A യിൽ എത്തി തിരികെ B യിൽ എത്തുമ്പോൾ		പൂജ്യം

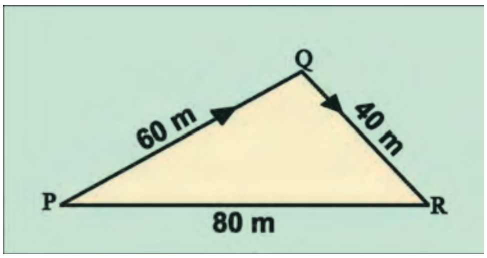
പട്ടിക 2.1

- കുട്ടി A യിൽ നിന്ന് D യിൽ എത്തിയ ശേഷം A യിൽ തിരിച്ചെത്തിയപ്പോൾ സഞ്ചരിച്ച ദൂരം എത്ര? സ്ഥാനാന്തരമെത്ര?
  ഇവിടെ ആദ്യസ്ഥാനവും അന്ത്യസ്ഥാനവും ഒന്നുതന്നെയല്ലേ?

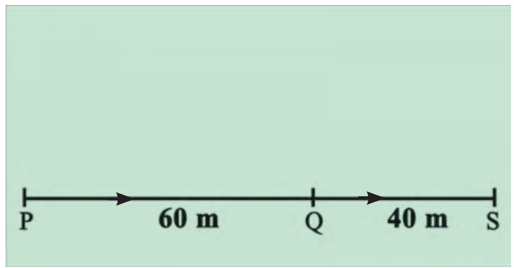
  ഒരു വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരത്തിന്റെ അളവ് സഞ്ചരിച്ച ദൂരത്തിന് തുല്യമോ കുറവോ പൂജ്യമോ ആകാം എന്ന് പട്ടികയിൽ നിന്നും വ്യക്തമാണല്ലോ.

- സഞ്ചരിച്ച ദൂരവും സ്ഥാനാന്തരവും തുല്യമായി വരുന്ന സന്ദർഭങ്ങളെഴുതുക.

? ഒരു കുട്ടി P എന്ന സ്ഥാനത്തു നിന്ന് Q വഴി സഞ്ചരിച്ച രണ്ട് വ്യത്യസ്ത പാതകൾ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.2 (a)



ചിത്രം 2.2 (b)

a) ചിത്രം 2.2 (a) യിൽ സഞ്ചരിച്ച ദൂരം എത്ര? സ്ഥാനാന്തരം എത്ര?

b) ചിത്രം 2.2 (b) യിൽ സഞ്ചരിച്ച ദൂരം എത്ര? സ്ഥാനാന്തരം എത്ര?

c) ഇവിടെ ഏത് സന്ദർഭത്തിലാണ് സ്ഥാനാന്തരത്തിന്റെ അളവും ദൂരത്തിന്റെ അളവും തുല്യമായത്?

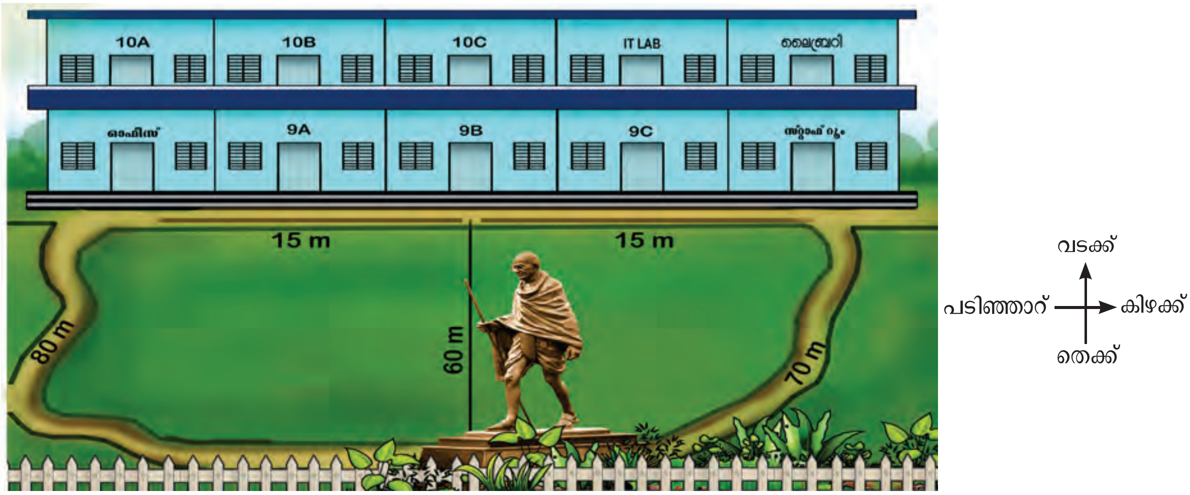
ഒരു വസ്തു നേർരേഖാ പാതയിലൂടെ ഒരേ ദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ മാത്രമാണ് സ്ഥാനാന്തരത്തിന്റെയും സഞ്ചരിച്ച ദൂരത്തിന്റെയും മൂല്യം തുല്യമാകുന്നത്.

? ഒരാളുടെ സഞ്ചാരവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ദൂരം, സ്ഥാനാന്തരം ഇവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ പട്ടിക 2.2 ൽ രേഖപ്പെടുത്തൂ.

ദൂരം	സ്ഥാനാന്തരം
സഞ്ചരിച്ച പാതയുടെ ആകെ നീളം	
	പൂജ്യവും ആകാം
അദിശം	

പട്ടിക 2.2

ഒരു സ്കൂളിലെ ക്ലാസ്റൂമുകളും മറ്റു ചില ഭാഗങ്ങളുമാണ് ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 2.3

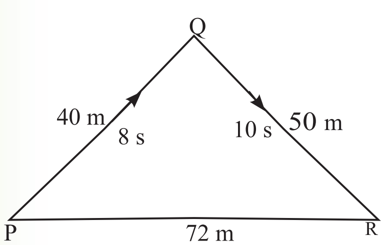
ഇന്റർവെൽ സമയത്ത് 9 B ക്ലാസിൽ നിന്ന് ഒരു കുട്ടി സ്റ്റാഫ് റൂമിൽ പോയ ശേഷം സ്കൂൾ ഗാർഡനിലെ രാഷ്ട്രപിതാവിന്റെ പ്രതിമയുടെ സമീപവും തുടർന്ന് സ്കൂൾ ഓഫീസ് വഴി തിരികെ ക്ലാസിലും എത്തി. എങ്കിൽ, കുട്ടിയുടെ സഞ്ചാരവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പട്ടിക 2.3 പൂർത്തീകരിക്കൂ.

കുട്ടിയുടെ സഞ്ചാരപാത	ദൂരം (m)	സ്ഥാനാന്തരം (m)
9 B ക്ലാസിൽ നിന്നും സ്റ്റാഫ് റൂമിന്റെ മുന്നിൽ എത്തുമ്പോൾ		
9 B ക്ലാസിൽ നിന്നും സ്റ്റാഫ് റൂം വഴി രാഷ്ട്രപിതാവിന്റെ പ്രതിമയുടെ അരികിലെത്തുമ്പോൾ		
9 B ക്ലാസ് റൂമിൽ തിരിച്ചെത്തുമ്പോൾ		

പട്ടിക 2.3

പ്രവേഗം (Velocity)

ഒരു കുട്ടിയുടെ സഞ്ചാരപാതയുടെ ചിത്രീകരണമാണ് നൽകിയിരിക്കുന്നത്. P എന്ന സ്ഥലത്തു നിന്ന് യാത്ര ആരംഭിച്ച കുട്ടി Q വഴി R എന്ന സ്ഥലത്തെത്താൻ 18 s സമയമെടുത്തു.



ചിത്രം 2.4

- P യിൽ നിന്ന് Q വഴി R എന്ന സ്ഥലത്ത് എത്താൻ കുട്ടി സഞ്ചരിച്ച ആകെ ദൂരം എത്ര?
- കുട്ടി P യിൽ നിന്ന് Q വഴി R ലേക്ക് യാത്ര ചെയ്യുമ്പോൾ കുട്ടിയുടെ വേഗം എത്ര?
- കുട്ടിക്കുണ്ടായ സ്ഥാനാന്തരം എത്രയാണ്?

- 72 m സ്ഥാനാന്തരം സംഭവിച്ചത് 18 s സമയം കൊണ്ടല്ലേ? എങ്കിൽ ഒരു സെക്കന്റിൽ ഉണ്ടായ സ്ഥാനാന്തരം കണക്കാക്കാമല്ലോ.

$$\text{ഒരു സെക്കന്റിലുണ്ടായ സ്ഥാനാന്തരം} = \frac{\text{സ്ഥാനാന്തരം}}{\text{സമയം}}$$

$$= \frac{72\ \text{m}}{18\ \text{s}}$$

$$= 4\ \text{m/s}$$

ഒരു സെക്കന്റിലുണ്ടായ സ്ഥാനാന്തരമാണ് പ്രവേഗം (velocity).

- ഇതിന്റെ ദിശ ഏതാണ്? ($P \rightarrow R$ / $R \rightarrow P$ / $P \rightarrow Q \rightarrow R$)

സ്ഥാനാന്തരത്തിന്റെയും പ്രവേഗത്തിന്റെയും ദിശ ഒന്നു തന്നെയാണെന്ന് മനസ്സിലായില്ലേ?

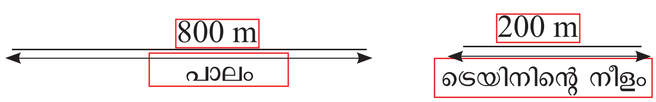
പ്രവേഗം (v) = $\frac{..............}{................}$; അതായത് $v = \frac{s}{t}$

$$\text{പ്രവേഗത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്} = \frac{\text{സ്ഥാനാന്തരത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്}}{\text{സമയത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്}}$$

= $\frac{.............}{..............}$ = ... /.............

> ഒരു വസ്തുവിന് യൂണിറ്റ് സമയത്തിലുണ്ടാകുന്ന സ്ഥാനാന്തരമാണ് പ്രവേഗം.
>
> പ്രവേഗം ഒരു സദിശ അളവാണ്. സ്ഥാനാന്തരത്തിന്റെ ദിശയാണ് പ്രവേഗത്തിന്റെയും ദിശ. ഇതിന്റെ യൂണിറ്റ് m/s ആണ്.
>
> ഒരു വസ്തുവിനുണ്ടാകുന്ന സ്ഥാനാന്തരം അതിന്റെ സഞ്ചാരപാതയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ പ്രവേഗം കണക്കാക്കാനായി പരിഗണിക്കേണ്ടത് വസ്തു സഞ്ചരിക്കാനെടുത്ത ആകെ സമയം തന്നെയാണ്.

പാഠാരംഭത്തിൽ കുട്ടി ഉന്നയിച്ച സംശയം ഇനി പരിഗണിക്കാം. 200 m നീളമുള്ള ഒരു ട്രെയിൻ 20 m/s പ്രവേഗത്തോടെ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഈ ട്രെയിൻ 800 m നീളമുള്ള ഒരു നേർപാലം കടക്കാൻ എത്ര സമയമെടുക്കും?



സ്ഥാനാന്തരം = പാലത്തിന്റെ നീളം + ട്രെയിനിന്റെ നീളം

$s = 800\ \text{m} + 200\ \text{m}$

$= 1000\ \text{m}$

പ്രവേഗം (v) = 20 m/s

സമയം (t) = ?

$$t = \frac{s}{v} = \frac{1000\ m}{20\ m/s}$$

സമയം = 50 s

ചിത്രം 2.4 ലെ P മുതൽ Q വരെയുള്ള കുട്ടിയുടെ വേഗവും പ്രവേഗവും കണക്കാക്കുക.

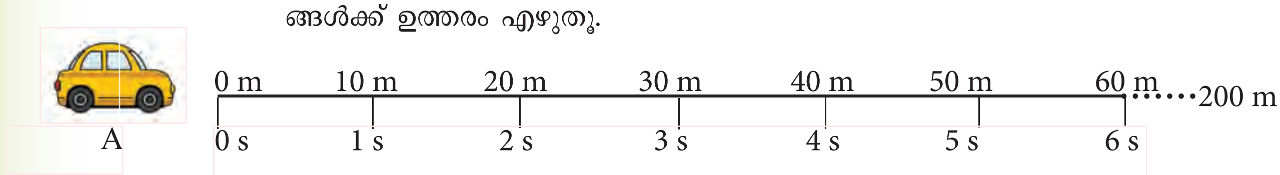
ഇതിൽ നിന്നും നിങ്ങൾക്ക് എത്തിച്ചേരാവുന്ന നിഗമനങ്ങളേവ?

25 m/s പ്രവേഗത്തോടെ നേർരേഖയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വാഹനം 400 m ദൂരം സഞ്ചരിച്ചുവെങ്കിൽ ഇതിനെടുത്ത സമയം കണക്കാക്കുക.

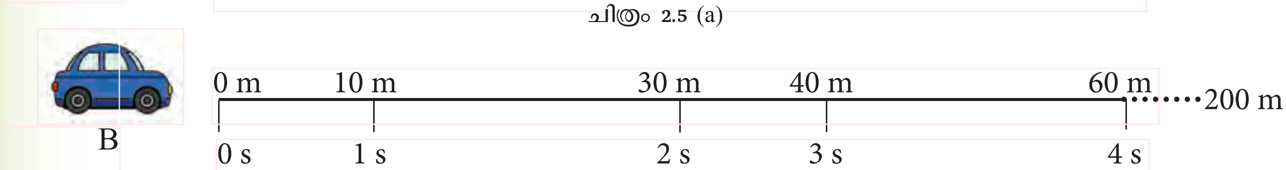
36 m/s പ്രവേഗത്തോടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന് ഒരു മിനിറ്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥാനാന്തരമെത്ര?

സമപ്രവേഗവും അസമപ്രവേഗവും
(Uniform Velocity and Non uniform Velocity)

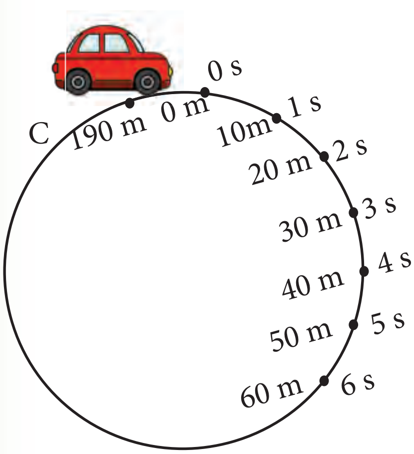
മൂന്നു കാറുകൾ 200 m ദൂരം സഞ്ചരിച്ചതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വിവരങ്ങളാണ് നൽകിയിരിക്കുന്നത്. കാറുകളുടെ ചലനത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകൾ നിരീക്ഷിച്ച് ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം എഴുതൂ.



ചിത്രം 2.5 (a)



ചിത്രം 2.5 (b)



ചിത്രം 2.5 (c)

- കാർ A യുടെ പ്രവേഗം എല്ലായ്പ്പോഴും തുല്യമാണോ? കാരണമെന്ത്?
- കാർ B യുടെ പ്രവേഗമോ? കാരണമെന്ത്?
- വാഹനങ്ങളുടെ ടയർ കറങ്ങുന്ന അവസരത്തിൽ അതിൽ പറ്റിയിരിക്കുന്ന ചെളി തെറിച്ചു പോകുന്നത് ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടില്ലേ? ഓരോ സമയത്തും ചെളി തെറിക്കുന്നത് ഒരേ ദിശയിലാണോ?

വർത്തുളപാതയിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനദിശ എല്ലായ്പ്പോഴും മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്ന് മനസ്സിലായല്ലോ.

ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനദിശ മാറിക്കൊണ്ടിരുന്നാൽ ആ വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗവും മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കും.

- ഓരോ സെക്കന്റിലും കാർ C യുടെ പ്രവേഗം തുല്യമാണോ? ഇവിടെ പ്രവേഗം മാറുന്നുണ്ടോ? ഇവിടെ വേഗത്തിന്റെ അളവ് മാറുന്നില്ലെങ്കിൽ പോലും ദിശമാറുന്നതിനാലാണ് പ്രവേഗത്തിന് വ്യത്യാസമുണ്ടാകുന്നത്.

ഒരേ ദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനാന്തരത്തിന്റെ അളവ് തുല്യ ഇടവേളകളിൽ തുല്യമായിരുന്നാൽ ആ വസ്തു സമപ്രവേഗത്തിലാണ് (uniform velocity).

വേഗം, ദിശ എന്നിവ മാറിയാൽ പ്രവേഗം മാറും. ഇവയിൽ ഏതെങ്കിലും ഒന്ന് മാറിയാലും പ്രവേഗത്തിന് മാറ്റം വരും. വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗത്തിന് മാറ്റമുണ്ടെങ്കിൽ അത് അസമപ്രവേഗമായിരിക്കും (non uniform velocity).

ചിത്രം 2.5 (a), (b), (c) യിലെ വിവരങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പട്ടിക പൂർത്തിയാക്കൂ.

വാഹനം	സമപ്രവേഗം	അസമപ്രവേഗം	കാരണം
കാർ A	✓		പ്രവേഗത്തിന്റെ അളവോ ദിശയോ മാറുന്നില്ല
കാർ B			
കാർ C			പ്രവേഗത്തിന്റെ അളവ് മാറുന്നില്ല; ദിശ മാറുന്നു

പട്ടിക 2.4

സമപ്രവേഗവും അസമപ്രവേഗവും എന്താണെന്ന് മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ.

ചുവടെ നൽകിയ സന്ദർഭങ്ങളെ സമപ്രവേഗം, അസമപ്രവേഗം എന്നിങ്ങനെ സയൻസ് ഡയറിയിൽ പട്ടികപ്പെടുത്തൂ.

- **മുകളിൽനിന്ന് താഴേക്കിട്ട കല്ലിന്റെ ചലനം**
- **പ്രകാശം ശൂന്യതയിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ**
- **ബസ്സ്സ്റ്റോപ്പിൽ നിന്ന് പുറപ്പെട്ട് മുന്നോട്ടു നീങ്ങുന്ന ബസ്സ്**
- **ഒരു ട്രെയിൻ ഒരേ ദിശയിൽ സമവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന അവസരം**
- **ഊഞ്ഞാലാടുന്നത്**

സമപ്രവേഗം	അസമപ്രവേഗം
•	• മുകളിൽ നിന്ന് താഴേക്കിട്ട കല്ലിന്റെ ചലനം •

പട്ടിക 2.5

ബസ്സ്സ്റ്റോപ്പിൽ നിന്ന് പുറപ്പെട്ട് നീങ്ങുന്ന ഒരു ബസ്സിന്റെ പ്രവേഗം മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. ഓരോ സെക്കന്റിലേയും പ്രവേഗമാറ്റം ഒരുപോലെ ആയിരിക്കുമോ?

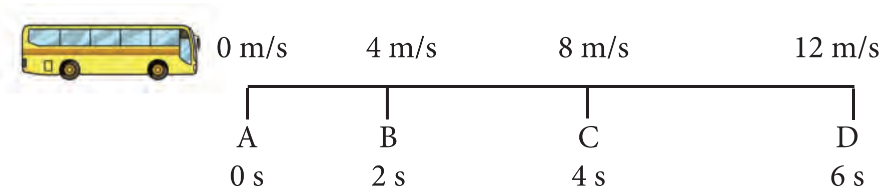
വാഹനങ്ങളിൽ പ്രവേഗം വർധിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒരു സംവിധാനമാണ് ആക്സിലറേറ്റർ.

ചിത്രം 2.6

ത്വരണം (Acceleration)

ഒരു ബസ്സിൽ നിങ്ങൾ ഇരിക്കുന്നതായി സങ്കല്പിക്കൂ. ബസ്സ് സ്റ്റാർട്ട് ചെയ്ത് നേർരേഖാ പാതയിലൂടെ മുന്നോട്ട് പോകുമ്പോൾ, അതിന്റെ പ്രവേഗം മാറുന്നുണ്ടല്ലോ.

ബസ്സിന്റെ നേർരേഖാ സഞ്ചാരവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വിവരങ്ങൾ ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു. അവ വിശകലനം ചെയ്ത് ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം എഴുതൂ.



ചിത്രം 2.7

- A മുതൽ B വരെ ബസ്സ് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ A യിലെ പ്രവേഗമാണ് .... (ആദ്യപ്രവേഗം/അന്ത്യപ്രവേഗം)
- B യിലെ പ്രവേഗമോ? .... (ആദ്യപ്രവേഗം/അന്ത്യപ്രവേഗം)
- B മുതൽ C വരെ പരിഗണിക്കുമ്പോൾ B യിലെ പ്രവേഗം ....

ബസ്സിന്റെ ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വിവരങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് പട്ടിക പൂർത്തിയാക്കുക.

ബസ്സ് സഞ്ചരിച്ച ഘട്ടങ്ങൾ	ഓരോ ഘട്ടത്തിലെയും		പ്രവേഗമാറ്റം (v - u) m/s	പ്രവേഗമാറ്റത്തിനെടുത്ത സമയം (t) s	പ്രവേഗമാറ്റത്തിന്റെ നിരക്ക് $\left(\frac{v-u}{t}\right)$ m/s^2
	ആദ്യപ്രവേഗം (u) m/s	അന്ത്യപ്രവേഗം (v) m/s			
A മുതൽ B വരെ	0	4	4	2	$\frac{4\ m/s}{2\ s} = 2\ m/s^2$
B മുതൽ C വരെ					
C മുതൽ D വരെ					

പട്ടിക 2.6

ഒരു വസ്തുവിന് യൂണിറ്റ് സമയത്തിലുണ്ടായ പ്രവേഗമാറ്റത്തിന്റെ അളവ് അഥവാ പ്രവേഗമാറ്റത്തിന്റെ നിരക്കാണ് ത്വരണം (acceleration).

$$\text{ത്വരണം} = \frac{\text{പ്രവേഗമാറ്റം}}{\text{സമയം}} \quad ; \quad a = \frac{v-u}{t}$$

ത്വരണം ഒരു സദിശ അളവാണ്.

ബസ്സിന് ഓരോ സെക്കന്റിലുമുണ്ടായ പ്രവേഗമാറ്റത്തിന്റെ അളവ് അഥവാ പ്രവേഗമാറ്റത്തിന്റെ നിരക്ക് കണ്ടെത്തിയല്ലോ. ഇതാണ് ബസ്സിന്റെ ത്വരണം.

$$\text{ത്വരണത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്} = \frac{\text{പ്രവേഗമാറ്റത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്}}{\text{സമയത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്}}$$

$$= \frac{\ldots\ldots\ldots\ldots}{\ldots\ldots\ldots\ldots}$$

$$= \ldots\ldots\ldots\ldots$$

10 m/s പ്രവേഗത്തിൽ നേർരേഖാ പാതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു കാറിന് 5 m/s^2 ത്വരണം നൽകുന്നു. 2 s നു ശേഷം കാറിന്റെ പ്രവേഗം കണക്കാക്കുക.

ആദ്യപ്രവേഗം u = 10 m/s

ത്വരണം a = 5 m/s^2

സമയം t = 2 s

അന്ത്യപ്രവേഗം v = ?

$$a = \frac{v-u}{t}$$

$$v - u = at$$

$$v = u + at = 10 + 5 \times 2$$

$$= 20 \text{ m/s}$$

v = u + at എന്നത് അന്ത്യപ്രവേഗം കാണാനുള്ള സമവാക്യമായി ഉപയോഗിക്കാം.

? **4 m/s പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം 4 s കൊണ്ട് 28 m/s ആയി മാറിയെങ്കിൽ ത്വരണം കണക്കാക്കുക.**

? **അമ്യൂസ്മെന്റ് പാർക്കിലെ ഒരു ദൃശ്യമാണ് ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ത്വരണമുണ്ടാകുന്ന സന്ദർഭങ്ങൾ ലിസ്റ്റ് ചെയ്യൂ.**

- **ജയന്റ്‌വീലിന്റെ ചലനം**
-

ചിത്രം 2.8

നിത്യജീവിതത്തിൽ ത്വരണം ഉണ്ടാകുന്ന സന്ദർഭങ്ങൾ കണ്ടെത്തി സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തുക.

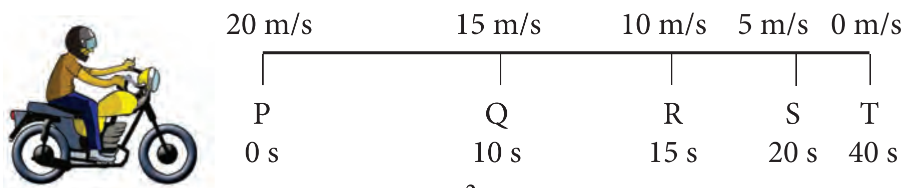
- തെങ്ങിൽ നിന്ന് താഴേക്ക് പതിക്കുന്ന തേങ്ങയുടെ ചലനം.
-

പ്രവേഗം കുറഞ്ഞു വരുന്ന ചില സന്ദർഭങ്ങളും നിത്യജീവിതത്തിൽ ഇല്ലേ? കൂടുതൽ ഉദാഹരണങ്ങൾ എഴുതി ലിസ്റ്റ് വിപുലീകരിക്കൂ.

- സ്റ്റേഷനിൽ എത്തിച്ചേർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ട്രെയിൻ.
- മുകളിലേക്ക് എറിഞ്ഞ ഒരു കല്ലിന്റെ മുകളിലേക്കുള്ള ചലനം.
-

വേഗം കുറയുന്ന അവസരത്തിലും ത്വരണം തന്നെയാണോ?

ചിത്രം നിരീക്ഷിക്കൂ.



ചിത്രം 2.9

ഒരു മോട്ടോർബൈക്കിന്റെ ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വിവരങ്ങളാണ് ചിത്രത്തിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നത്.

ചിത്രം 2.9 വിശകലനം ചെയ്ത് പട്ടിക പൂർത്തീകരിക്കൂ.

ചലനഘട്ടങ്ങൾ	ഓരോ ഘട്ടത്തിലേയും		പ്രവേഗമാറ്റം (v - u) m/s	പ്രവേഗമാറ്റത്തിനെടുത്ത സമയം (t) s	പ്രവേഗമാറ്റത്തിന്റെ നിരക്ക് (ത്വരണം) $\left(a = \frac{v-u}{t}\right)$ m/s²
	ആദ്യപ്രവേഗം (u) m/s	അന്ത്യപ്രവേഗം (v) m/s			
P മുതൽ Q വരെ	20	15	-5	10	$\frac{-5}{10} = -0.5$
Q മുതൽ R വരെ					
R മുതൽ S വരെ					
S മുതൽ T വരെ					

പട്ടിക 2.7

ഇവിടെ പ്രവേഗം കുറഞ്ഞുവരുന്നതായി കണ്ടുവല്ലോ.

പ്രവേഗം കുറഞ്ഞുവരുന്നതിന്റെ നിരക്കാണ് നെഗറ്റീവ് ത്വരണം അഥവാ മന്ദീകരണം (retardation). ഇതിന്റെ യൂണിറ്റും m/s^2 ആയിരിക്കും.

മന്ദീകരണമെഴുതുമ്പോൾ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം നൽകേണ്ടതുണ്ടോ?

ഒരു വസ്തു നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ചലനം ആരംഭിച്ച് 5 s കൊണ്ട് 10 m/s പ്രവേഗം ആർജിക്കുന്നു.

a) ഇപ്പോൾ ത്വരണമെത്ര?

b) അടുത്ത 5 s കൊണ്ട് നിശ്ചലാവസ്ഥയിലാകുന്നുവെങ്കിൽ ഈ സന്ദർഭത്തിലെ ത്വരണമെത്ര? മന്ദീകരണമെത്ര?

5 m/s പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വാഹനം ബ്രേക്ക് ചെയ്ത് 2 s കൊണ്ട് നിർത്തുന്നു. വാഹനത്തിന്റെ മന്ദീകരണമെത്ര?

ഒരു വസ്തുവിന്റെ രണ്ടാം സെക്കന്റിലെ പ്രവേഗം 40 m/s ഉം നാലാം സെക്കന്റിലെ പ്രവേഗം 30 m/s ഉം ആയാൽ അതിന്റെ ത്വരണമെത്ര? മന്ദീകരണമെത്ര? എട്ടാം സെക്കന്റിലെ പ്രവേഗമെത്ര?

സമത്വരണം, അസമത്വരണം

(Uniform Acceleration, Non uniform Acceleration)

- പട്ടിക 2.6 ൽ ലഭിച്ച ത്വരണം ഓരോ അവസരത്തിലും തുല്യമായിരുന്നോ?
- പട്ടിക 2.7 പ്രകാരം ലഭിച്ച ത്വരണമോ?

ഒരു വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗമാറ്റത്തിന്റെ അളവ് തുല്യ ഇടവേളകളിൽ തുല്യമായിരുന്നാൽ അത് സമത്വരണത്തിലാണ് (uniform acceleration). എന്നാൽ, ഒരു വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗമാറ്റത്തിന്റെ അളവ് തുല്യ ഇടവേളകളിൽ വ്യത്യസ്തമായിരുന്നാൽ അത് അസമത്വരണത്തിലാണ് (non uniform acceleration).

വേഗം, പ്രവേഗം, ത്വരണം തുടങ്ങിയവയെക്കുറിച്ച് നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ. വാഹനങ്ങളുടെ അമിതവേഗം അപകടങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്നു. അപകടങ്ങൾ കുറയ്ക്കാൻ നാം റോഡ് നിയമങ്ങൾ നിർബന്ധമായും പാലിക്കേണ്ടതാണ്. വാഹനങ്ങളുടെ അമിതവേഗം മാത്രമാണോ അപകടങ്ങൾക്കു കാരണം? കാൽനടക്കാരും റോഡ് നിയമങ്ങൾ പാലിക്കേണ്ടതല്ലേ?

കാൽനടക്കാർ പാലിക്കേണ്ട റോഡ് നിയമങ്ങൾ ഏതൊക്കെയായിരിക്കും?

- കാൽനടയാത്രക്കാർ റോഡിന്റെ വലതുവശം ചേർന്ന് നടക്കുക.
- സീബ്രാക്രോസിങ്ങിലൂടെ സിഗ്നൽ അനുസരിച്ച് മാത്രം റോഡ് ക്രോസ് ചെയ്യുക.
-

റോഡപകടങ്ങൾ കുറയ്ക്കുകയും സുരക്ഷിതയാത്ര ഉറപ്പുവരുത്തുകയും ചെയ്യുന്നതിന് റോഡ് സൈനുകളും റോഡ് മാർക്കിംഗുകളും നടപ്പിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്.

റോഡ് സൈനുകളെ പ്രധാനമായും മൂന്നായി തരം തിരിക്കാം.

റോഡരുകിൽ സ്ഥാപിച്ചിട്ടുള്ള സൈൻബോർഡുകൾ ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടില്ലേ? അവയിൽ ചിലത് വൃത്താകൃതിയിലും ത്രികോണാകൃതിയിലും ചതുരാകൃതിയിലും കാണാം. അവയ്ക്കോരോന്നിനുമുള്ള പ്രത്യേകതകൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്.

മാൻഡേറ്ററി സൈനുകൾ (Mandatory signs) നിർബന്ധമായും പാലിക്കേണ്ടവ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ചിഹ്നങ്ങൾ	കോഷനറി സൈനുകൾ (Cautionary signs) ജാഗ്രതാ സൂചക ചിഹ്നങ്ങൾ	ഇൻഫോമേറ്ററി സൈനുകൾ (Informatory signs) അടിസ്ഥാനവിവര സൂചകങ്ങൾ

ചിത്രം 2.10 (a)

മാൻഡേറ്ററി, കോഷനറി, ഇൻഫോമേറ്ററി സൈനുകൾക്ക് ഉദാഹരണം ശ്രദ്ധിക്കൂ.

i. മാൻഡേറ്ററി സൈനുകൾ

എന്തൊക്കെയാണ് നിർബന്ധമായും പാലിക്കേണ്ടത് എന്നുള്ള മുന്നറിയിപ്പ് നൽകുന്ന അടയാളങ്ങളാണ് ഇത്തരം ചിഹ്നത്തിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നത്.

ഇവിടെ പാർക്ക് ചെയ്യരുത്

സൈക്കിൾ യാത്ര നിരോധിച്ചിരിക്കുന്നു

ഹോൺ നിരോധിച്ചിരിക്കുന്നു

ചിത്രം 2.10 (b)

ii. കോഷനറി സൈനുകൾ

മുന്നോട്ടുള്ള യാത്രയിൽ റോഡിന്റെ അവസ്ഥയെക്കുറിച്ചുള്ള മുന്നറിയിപ്പുകളാണ് ഇത്തരം ചിഹ്നത്തിലൂടെ മനസ്സിലാകുന്നത്.

ഹമ്പ്

ഇടുങ്ങിയ പാലം

സ്കൂൾ സമീപം

ചിത്രം 2.10 (c)

iii. ഇൻഫോമേറ്ററി സൈനുകൾ

വാഹനം ഓടിക്കുന്നയാൾ പോകേണ്ട ദിശ, വിവിധ സ്ഥലങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരം, മറ്റ് സൗകര്യങ്ങൾ ലഭ്യമായ സ്ഥലം എന്നിവയെല്ലാം ഈ സൈൻ ഉപയോഗിച്ച് മനസ്സിലാക്കാം.

പെട്രോൾ പമ്പ്

പോലീസ് സ്റ്റേഷൻ

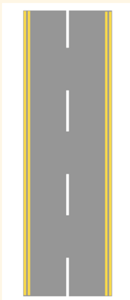
ആശുപത്രി

ചിത്രം 2.10 (d)

മുകളിൽ സൂചിപ്പിച്ച സൈനുകൾക്ക് പുറമേ ഓരോ വിഭാഗത്തിലുമുള്ള കൂടുതൽ ചിഹ്നങ്ങൾ ശേഖരിച്ച് പ്രത്യേകം പോസ്റ്ററുകൾ തയ്യാറാക്കി സ്കൂൾ ബുള്ളറ്റിൻ ബോർഡിൽ പ്രദർശിപ്പിക്കുക.

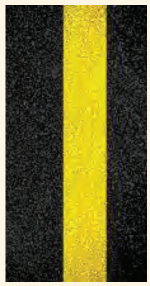
റോഡ് മാർക്കിംഗ് (Road Marking)

വാഹനങ്ങൾക്ക് നിയന്ത്രിതമായി മുറിച്ചുകടക്കാൻ കഴിയുന്നവ



ചിത്രം 2.11 (a)

വാഹനങ്ങൾക്ക് മുറിച്ച് കടക്കാൻ പാടില്ലാത്തവ



ചിത്രം 2.11 (b)

സീബ്ര ക്രോസിങ്

ചിത്രം 2.11 (c)

റോഡ് നിയമങ്ങൾ അനുസരിക്കാത്തതുകൊണ്ടു മാത്രമാണോ അപകടങ്ങൾ സംഭവിക്കുന്നത്?

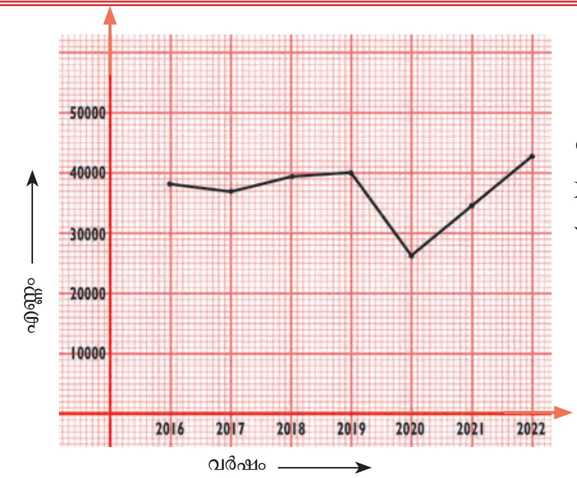
മങ്ങിയ വെളിച്ചത്തിൽ കടും നിറത്തിലുള്ള വസ്ത്രങ്ങൾ ധരിച്ച് റോഡരികിലൂടെ നടന്നു പോകുന്നവരെയും റോഡ് മുറിച്ചു കടക്കുന്നവരെയും മറ്റും ഡ്രൈവർമാർക്കു കാണാൻ കഴിയാതെ വരാം. അത് അപകടങ്ങൾ ക്ഷണിച്ചു വരുത്തും. ഈ സമയങ്ങളിൽ ഇളം നിറത്തിലുള്ള വസ്ത്രം ധരിക്കുന്നതല്ലേ ഉചിതം.

വിദ്യാർഥികളും റോഡ് സുരക്ഷയും എന്ന വിഷയത്തെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി ഒരു സെമിനാർ പേപ്പർ തയ്യാറാക്കി അവതരിപ്പിക്കൂ.

സൂചന :

- റോഡ് മുറിച്ചു കടക്കൽ
- കൂട്ടം കൂടിയുള്ള സഞ്ചാരം
- റോഡിനു സമീപമുള്ള കളികൾ
- ലൈസൻസ് നേടാനുള്ള പ്രായത്തിന് മുമ്പ് മോട്ടോർ വാഹനം ഓടിക്കുന്നത്
- സുരക്ഷിത സൈക്കിൾ യാത്ര
- റോഡ് സിഗ്നൽ
-

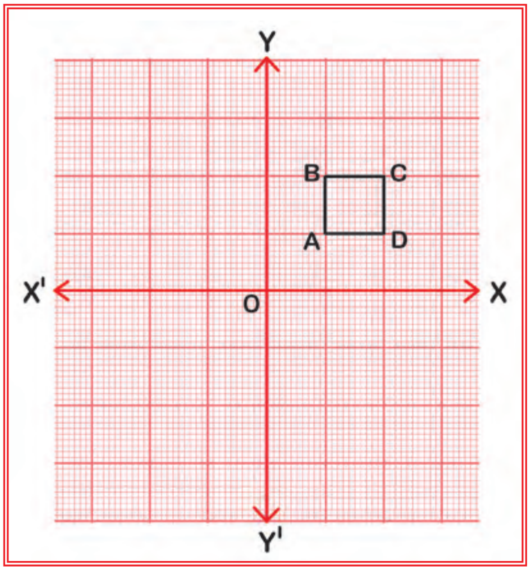
2016 മുതൽ 2022 വരെ കേരളത്തിൽ ഉണ്ടായ റോഡപകടങ്ങളുടെ എണ്ണത്തെ സംബന്ധിച്ച ഗ്രാഫ് ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു.



ഗ്രാഫ് 2.1

- ഗ്രാഫിൽ നിന്ന് എന്തെല്ലാം വിവരങ്ങളാണ് മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്നത് ?
- കണ്ടെത്തിയ വിവരങ്ങൾ ലിസ്റ്റ് ചെയ്യൂ.

ചലനത്തിന്റെ ഗ്രാഫിക ചിത്രീകരണം (Graphical Representation of Motion)



ഗ്രാഫ് 2.2

ഗ്രാഫ് ഒരു ദ്വിമാനചിത്രമാണ്. ഗ്രാഫിൽ തിരശ്ചീന രേഖയായ XX′ നെ X അക്ഷമെന്നും ലംബ രേഖയായ YY′ നെ Y അക്ഷമെന്നും വിളിക്കുന്നു. ഈ അക്ഷങ്ങൾ സന്ധിക്കുന്ന ബിന്ദുവായ O ആണ് മൂലബിന്ദു (origin).

OX പോസിറ്റീവും (വലത്തേക്ക്) OX′ നെഗറ്റീവും (ഇടത്തേക്ക്) ആണ് രേഖപ്പെടുത്തുന്നത്. ഇതുപോലെ OY പോസിറ്റീവും OY′ നെഗറ്റീവും ആയി കണക്കാക്കുന്നു. അക്ഷങ്ങളെല്ലാം സംഖ്യാരേഖകളാണ്.

ഗ്രാഫിൽ 1 cm നീളവും 1 cm വീതിയുമുള്ള നിരവധി ഭാഗങ്ങളുണ്ട്. ഗ്രാഫിലെ ABCD എന്ന ഭാഗത്തിന്റെ പരപ്പളവ് 1 cm^2 ആണ്. ഗ്രാഫിന് പേര് നൽകുന്നത് യഥാക്രമം Y, X അക്ഷങ്ങളിൽ പ്രതിപാദിച്ചിരിക്കുന്ന അളവുകൾ ചേർത്താണ്.

ഗ്രാഫ് ഉപയോഗിച്ച് അളവുകൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം മനസ്സിലാക്കാനും ചിത്രീകരിക്കാനും ഈ ബന്ധത്തെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി സമവാക്യം രൂപീകരിക്കാനും കഴിയും. കൂടാതെ ഗണിത നിർധാരണങ്ങൾ, തത്സമയ വിവരങ്ങൾ, നിഗമനരൂപീകരണങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയും ഗ്രാഫിലൂടെ സാധ്യമാകും.

ExpEYES → Distance Measurement using SR04 Echo Module Plotting Graphs

ഗ്രാഫ് 2.1 പരിശോധിച്ച് ചുവടെ നൽകിയ ചോദ്യങ്ങളുടെ ഉത്തരം കണ്ടെത്തൂ.

- ഏത് വർഷമാണ് ഏറ്റവും കുറവ് അപകടങ്ങൾ ഉണ്ടായത്?
- 2019 ൽ എത്ര അപകടങ്ങൾ ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട്?

സ്ഥാന - സമയ ഗ്രാഫ് (Position - Time Graph)

ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വിവരങ്ങളാണ് പട്ടികയിൽ നല്കിയിരിക്കുന്നത്. ഈ അളവുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഏങ്ങനെ ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കാം? അനുയോജ്യമായ തോത് തിരഞ്ഞെടുക്കുമല്ലോ.

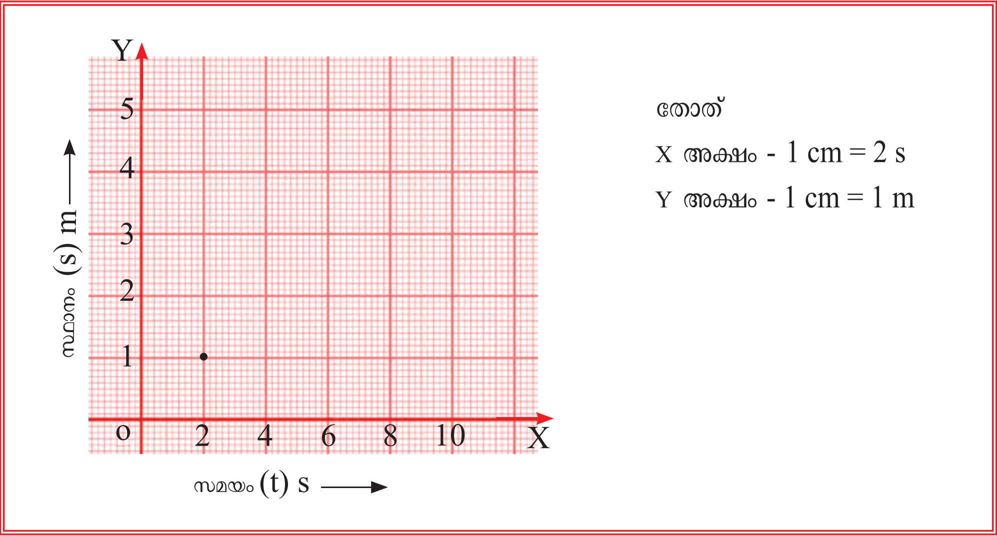
കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഉദാഹരണം നോക്കൂ.

X അക്ഷം - സമയം (s)	2	4	6	8	10
Y അക്ഷം - സ്ഥാനം (m)	1	2	3	4	5

പട്ടിക 2.8

നൽകിയിരിക്കുന്ന ഗ്രാഫ് പേപ്പറിൽ X′OX, Y′OY എന്നീ അക്ഷങ്ങൾ വരയ്ക്കുക. അക്ഷങ്ങൾ സന്ധിക്കുന്ന ഭാഗത്ത് O അടയാളപ്പെടുത്തൂ. ഉചിതമായ തോത് നിശ്ചയിച്ച് ആ തോതിനനുസരിച്ച് Y അക്ഷത്തിൽ സ്ഥാനവും X അക്ഷത്തിൽ സമയവും രേഖപ്പെടുത്തൂ. പട്ടികയിലെ ക്രമജോഡികൾ ഗ്രാഫ് പേപ്പറിൽ ബിന്ദുക്കളായി അടയാളപ്പെടുത്തൂ.

ഉദാ : (2, 1) സമയം 2 s ഉം സ്ഥാനം 1 m ഉം ആകുമ്പോൾ X അക്ഷത്തിലെ 2 ന് മുകളിലായും Y അക്ഷത്തിലെ 1 ന് നേരെയും വരുന്ന ബിന്ദു കണ്ടെത്തി ഗ്രാഫ് 2.3 ൽ നൽകിയതുപോലെ രേഖപ്പെടുത്തൂ. മറ്റ് ബിന്ദുക്കളും ഇതുപോലെ അടയാളപ്പെടുത്തൂ. ലഭിച്ച ബിന്ദുക്കളെ തമ്മിൽ കൂട്ടി യോജിപ്പിക്കൂ.



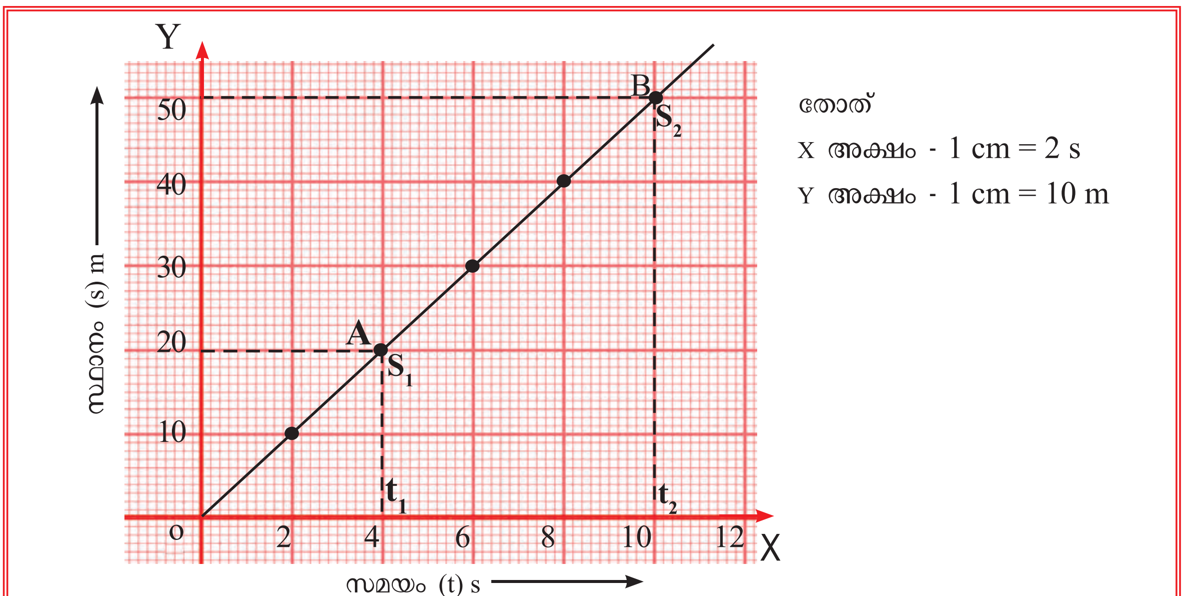
ഗ്രാഫ് 2.3

- ലഭിച്ച ഗ്രാഫിന്റെ സ്വഭാവമെന്ത്?

  (തിരശ്ചീനമായ നേർരേഖയാണ്/ചരിവുള്ള നേർരേഖയാണ്/വക്രരേഖയാണ്)
- ഈ ഗ്രാഫ് ഏതുപേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു?
- ലഭിച്ച ഗ്രാഫിന്റെ ആകൃതിയിൽ നിന്ന് വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗത്തിന്റെ പ്രത്യേകത എന്ത്? (സമപ്രവേഗം/അസമപ്രവേഗം)
- 5 s കൊണ്ട് വസ്തുവിനുണ്ടായ സ്ഥാനാന്തരം എത്രയാണ്?
- 1.5 m സഞ്ചരിക്കാനെടുത്ത സമയം എത്രയാണ്?

മറ്റൊരു സന്ദർഭം പരിഗണിക്കാം.

ഒരു കാറിന്റെ ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട സ്ഥാന-സമയ ഗ്രാഫ് തന്നിരിക്കുന്നു.



ഗ്രാഫ് 2.4

ഗ്രാഫ് 2.4 ൽ നിന്ന് കാറിന്റെ A മുതൽ B വരെയുള്ള പ്രവേഗം എങ്ങനെ കണ്ടെത്താം?

- ഗ്രാഫിൽ A മുതൽ B വരെയുള്ള ഭാഗത്ത് കാറിന്റെ സ്ഥാനാന്തരം എത്ര?
- A മുതൽ B വരെ കാർ സഞ്ചരിക്കുന്നതിന് എടുത്ത സമയമെത്ര?

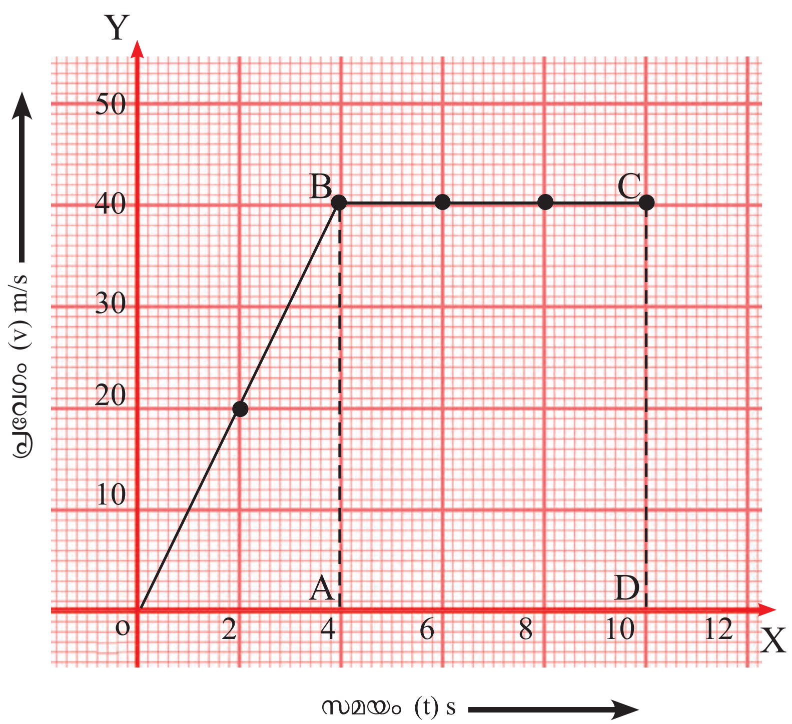
$$\text{പ്രവേഗം} = \frac{\text{സ്ഥാനാന്തരം}}{\text{സമയം}} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \text{------} = \text{------}$$

- ഗ്രാഫിൽ കാറിന്റെ 6-ാം സെക്കന്റിലെ സ്ഥാനം എത്ര?
- ഈ കാറിന് ഏതുതരം പ്രവേഗമാണുള്ളത്? (സമപ്രവേഗം/അസമപ്രവേഗം)
- 6 s നും 8 s നും ഇടയിൽ കാറിന്റെ പ്രവേഗം ഗ്രാഫിൽ നിന്ന് കണ്ടെത്തുക.

തന്നിരിക്കുന്ന അളവുകളെ ഗ്രാഫ് പേപ്പറിൽ ഒതുങ്ങുന്ന രീതിയിൽ ചിത്രീകരിക്കുന്നതിനാണ് അനുയോജ്യമായ തോത് എടുക്കേണ്ടിവരുന്നത്. തോത് കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ഗ്രാഫിന്റെ വലിപ്പം കുറഞ്ഞുവരും. എന്നാൽ ഗ്രാഫ് സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഭൗതിക അളവിന്റെ (physical quantity) മൂല്യത്തിൽ വ്യത്യാസം സംഭവിക്കുന്നില്ല.

പ്രവേഗ - സമയ ഗ്രാഫ് (Velocity - Time Graph)

ഒരു വാഹനത്തിന്റെ സഞ്ചാരവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പട്ടികയും പ്രവേഗ-സമയഗ്രാഫും നൽകിയിരിക്കുന്നത് നിരീക്ഷിക്കൂ.



സമയം (s)	0	2	4	6	8	10
പ്രവേഗം (m/s)	0	20	40	40	40	40

തോത്
X അക്ഷം - 1 cm = 2 s
Y അക്ഷം - 1 cm = 10 m/s

ഗ്രാഫ് 2.5

X അക്ഷത്തിൽ സമയവും Y അക്ഷത്തിൽ പ്രവേഗവും രേഖപ്പെടുത്തി വരയ്ക്കുന്ന ഗ്രാഫാണ് പ്രവേഗ-സമയഗ്രാഫ്.

- ലഭിച്ച ഗ്രാഫിൽ നിന്ന് നാലാമത്തേയും പത്താമത്തേയും സെക്കന്റിനിടയിലുണ്ടായ സ്ഥാനാന്തരം കണ്ടെത്തൂ.

$$\text{പ്രവേഗം} = \frac{\text{സ്ഥാനാന്തരം}}{\text{സമയം}}$$

എങ്കിൽ, സ്ഥാനാന്തരം = പ്രവേഗം × സമയം ആണല്ലോ?

ഗ്രാഫിൽ ഇത് AB × AD യ്ക്ക് തുല്യമായിരിക്കും. (ചതുരം ABCD യുടെ പരപ്പളവിന് തുല്യം)

- ഇത് ഗ്രാഫിൽ BC യ്ക്ക് താഴെ വരുന്ന ഭാഗത്തിന്റെ പരപ്പളവിന് തുല്യമാണല്ലോ?

$s = 40 \text{ m/s} \times 6 \text{ s} = 240 \text{ m}$

ഒരു പ്രവേഗ - സമയ ഗ്രാഫിൽ നിശ്ചിത ഇടവേളകൾക്കിടയിൽ വസ്തുവിനുണ്ടാകുന്ന സ്ഥാനാന്തരത്തിന്റെ അളവ് ആ സമയ ഇടവേളയിലെ ഗ്രാഫിന് ചുവടെയുള്ള ഭാഗത്തിന്റെ പരപ്പളവിന് തുല്യമായിരിക്കും.

- ആദ്യത്തെ 4 s ലെ സ്ഥാനാന്തരം ഗ്രാഫിൽ നിന്നും കണ്ടെത്തൂ (ഗ്രാഫ് 2.5).
- ആദ്യത്തെ 4 s കൊണ്ടുണ്ടായ പ്രവേഗമാറ്റം എത്ര? ത്വരണം എത്ര?
- 4 s നും 10 s നും ഇടയിൽ ഈ വാഹനത്തിന്റെ ത്വരണം എത്ര?

പ്രവേഗ - സമയ ഗ്രാഫിൽ നിന്നും സ്ഥാനാന്തരം, പ്രവേഗം, സമയം, ത്വരണം തുടങ്ങിയവ കണ്ടെത്താൻ കഴിയുമെന്ന് മനസ്സിലായല്ലോ.

ഇതുപോലെ സമവാക്യങ്ങൾ രൂപീകരിക്കാനും ഗ്രാഫുകൾ ഉപയോഗിക്കാം.

ചലനസമവാക്യങ്ങൾ (Equations of Motion)

ചലനസമവാക്യങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ സാധാരണയായി ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സൂചകങ്ങളാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

സമത്വരണത്തോടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ

ആദ്യപ്രവേഗം u   അന്ത്യപ്രവേഗം v

സ്ഥാനാന്തരം s   ത്വരണം a

പ്രവേഗമാറ്റത്തിനെടുത്ത സമയം t

പ്രവേഗവും സമയവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം മനസ്സിലാക്കാൻ നമുക്ക് $v = u + at$ എന്ന സമവാക്യം ഉപയോഗിക്കാം.

സ്ഥാനാന്തരവും സമയവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടെത്താൻ $s = ut + \frac{1}{2} at^2$ എന്ന സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ചാൽ മതിയാകും.

സ്ഥാനാന്തരവും പ്രവേഗവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം $v^2 = u^2 + 2as$ എന്ന സമവാക്യത്തിലൂടെ കണ്ടെത്താം. ഈ മൂന്ന് സമവാക്യങ്ങളാണ് ചലന സമവാക്യങ്ങൾ.

സമത്വരണത്തിലുള്ള വസ്തുക്കൾക്ക് മാത്രമേ ഈ സമവാക്യങ്ങൾ ബാധകമാകുന്നുള്ളൂ.

ചലന സമവാക്യങ്ങൾ

$$v = u + at$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിന്നും പുറപ്പെട്ട ഒരു വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം 2 s കൊണ്ട് 20 m/s ഉം 6 s കൊണ്ട് 40 m/s ഉം ആയി. ഈ സമയ ഇടവേളയിൽ വസ്തുവിനുണ്ടായ സ്ഥാനാന്തരമെത്ര?

ആദ്യപ്രവേഗം, $u = 20$ m/s   സമയം $t = t_2 - t_1 = 6\ s - 2\ s = 4\ s$

അന്ത്യപ്രവേഗം, $v = 40$ m/s

$$\text{ത്വരണം, } a = \frac{v-u}{t} = \frac{40\ m/s - 20\ m/s}{4\ s} = \frac{20\ m/s}{4\ s} = 5\ m/s^2$$

$$\text{സ്ഥാനാന്തരം, } S = ut + \frac{1}{2}at^2 = (20\ m/s \times 4\ s) + \left[\frac{1}{2} \times 5\ m/s^2\ (4\ s)^2\right] = 80\ m + 40\ m = 120\ m$$

ഒരു കാറിന്റെ പ്രവേഗം 10 s കൊണ്ട് 6 m/s ൽ നിന്നും 16 m/s ലേക്ക് എത്തുന്നുവെങ്കിൽ,

a) കാറിന്റെ ത്വരണം കണക്കാക്കുക.

b) ഈ സമയം കൊണ്ട് കാറിനുണ്ടായ സ്ഥാനാന്തരം എത്ര?

a) $u = 6$ m/s

$v = 16$ m/s

$t = 10$ s

$$\text{ത്വരണം } a = \frac{v-u}{t} = \frac{16\ m/s - 6\ m/s}{10\ s} = \frac{10\ m/s}{10\ s} = 1\ m/s^2$$

b) സ്ഥാനാന്തരം $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$= (6\ m/s \times 10\ s) + \left[\frac{1}{2} \times 1\ m/s^2 \times (10\ s)^2\right]$$

$$= 60\ m + 50\ m$$

$$= 110\ m$$

റെയിൽവേ സ്റ്റേഷനിൽ നിന്ന് പുറപ്പെട്ട ഒരു ട്രെയിനിന്റെ പ്രവേഗം 10 മിനിറ്റ് കൊണ്ട് 90 km/h ആയി. എങ്കിൽ, ട്രെയിനിന്റെ ത്വരണം കണക്കാക്കുക.

$$1\ km/h = \frac{1000\ m}{3600\ s} = \frac{5}{18}\ m/s$$

$u = 0$

$v = 90\ km/h$

$= \frac{90 \times 5\ m/s}{18}$

$= 25\ m/s$

$t = 10$ മിനിറ്റ്

$= 600\ s$

ത്വരണം, $a = \frac{v - u}{t}$

$= \frac{25\ m/s - 0\ m/s}{600\ s}$

$= \frac{1}{24}\ m/s^2$

നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് $10\ m/s^2$ സമത്വരണത്തോടെ പതിക്കുന്ന വസ്തു തറയിൽ തൊടുന്നതിന് തൊട്ടു മുമ്പ് അതിന്റെ പ്രവേഗം 20 m/s ആണെങ്കിൽ വസ്തു എത്ര ഉയരത്തിൽ നിന്നാണ് പുറപ്പെടുന്നത്?

$u = 0$

$a = 10\ m/s^2$

$v = 20\ m/s$

$v^2 = u^2 + 2as$

$(20\ m/s)^2 = 0^2 + 2 \times 10 \times s$

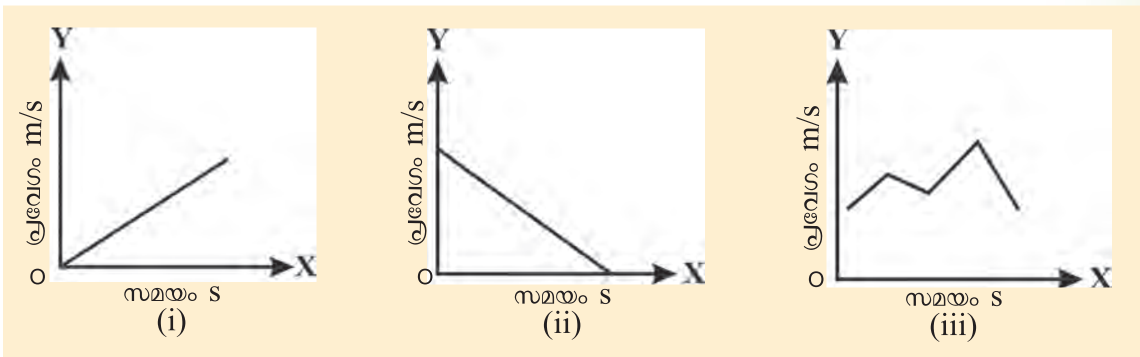
$400 = 20 \times s$

$s = \frac{400}{20}$

$= 20\ m$

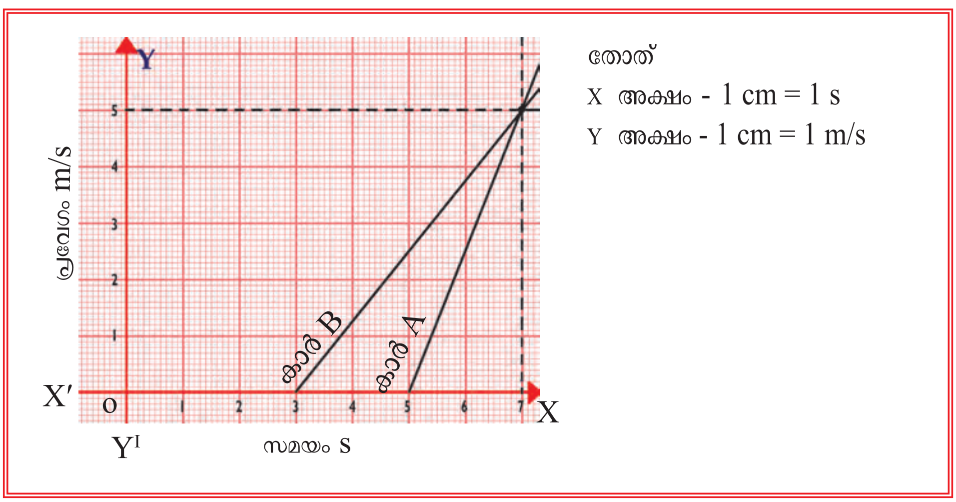
വിലയിരുത്താം

1. നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ഒരു കാർ സമത്വരണത്തോടെ ചലിക്കുന്നു. ചലനം ആരംഭിച്ച് 20 s കൊണ്ട് 200 m ദൂരം എത്തിയെങ്കിൽ കാറിന്റെ ത്വരണം കണക്കാക്കുക.
2. നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് നീങ്ങിത്തുടങ്ങുന്ന ഒരു വസ്തു 2 m/s^2 ത്വരണത്തോടെ സഞ്ചരിക്കുന്നു. എങ്കിൽ 10 s കഴിയുമ്പോൾ വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം എത്രയായിരിക്കും?
3. ഒരു വാഹനത്തിന്റെ ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട 3 വ്യത്യസ്ത ഗ്രാഫുകൾ ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു. ഗ്രാഫുകൾ വിശകലനം ചെയ്ത് ചലനത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകൾ കണ്ടെത്തുക.



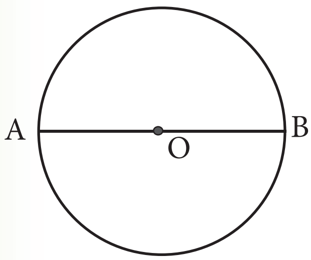
ഗ്രാഫ് 2.6

4. കാർ A, കാർ B ഇവയുടെ സഞ്ചാരത്തിന്റെ ഗ്രാഫ് തന്നിരിക്കുന്നു.
   a) ഏത് കാറിനാണ് ത്വരണം കൂടുതൽ? എന്തുകൊണ്ട്?
   b) തോത് മാറ്റി വരച്ച് ഗ്രാഫുകൾ താരതമ്യം ചെയ്യുക.



ഗ്രാഫ് 2.7

5. ചിത്രം നിരീക്ഷിക്കൂ.



ചിത്രം 2.12

ഒരു കുട്ടി 440 m ചുറ്റളവുള്ള വൃത്തപാതയിൽ കൂടി സമവേഗത്തിൽ ഓടുന്നു. വൃത്തപാതയുടെ ആരം 70 m ആണ്. A യിൽ നിന്ന് B യിലൂടെ തിരികെ A യിൽ ഓടിയെത്താനെടുക്കുന്ന സമയം 80 s ആണ്. പട്ടിക യിൽ നൽകിയ ഓരോ സന്ദർഭത്തിലും ഉള്ള ദൂരം, സ്ഥാനാന്തരം, വേഗം, പ്രവേഗം ഇവ കണ്ടെത്തുക.

സന്ദർഭം	ദൂരം	സ്ഥാനാന്തരം	വേഗം	പ്രവേഗം
B യിൽ എത്തുമ്പോൾ				
A യിൽ എത്തുമ്പോൾ				

പട്ടിക 2.9

6. നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിന്നും പുറപ്പെട്ട ഒരു ട്രെയിനിന്റെ പ്രവേഗം 5 മിനിറ്റ് കൊണ്ട് 72 km/h ആകുന്നു. ട്രെയിനിന്റെ ത്വരണവും ഈ സമയം കൊണ്ട് ട്രെയിനിനുണ്ടായ സ്ഥാനാന്തരവും കണ്ടുപിടിക്കുക.

7. പട്ടിക 2.10 വിശകലനം ചെയ്ത് പ്രവേഗ - സമയ ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക.

X സമയം (s)	0	2	4	6	8	10
Y പ്രവേഗം (m/s)	10	15	20	20	20	15

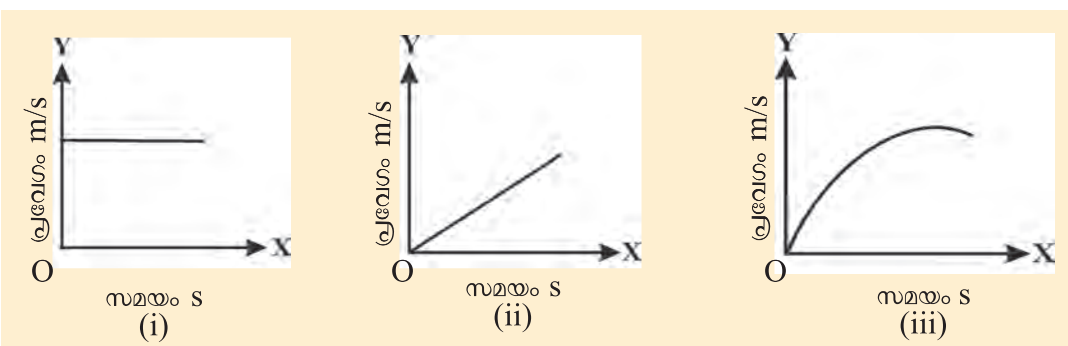
പട്ടിക 2.10

a) ഗ്രാഫിൽ നിന്ന് ത്വരണമില്ലാത്ത സമയ ഇടവേള കണ്ടെത്തുക.

b) മന്ദീകരണമുള്ള സമയ ഇടവേള കണ്ടെത്തുക.

c) നാലാമത്തെ സെക്കന്റിനും എട്ടാമത്തെ സെക്കന്റിനും ഇടയിലുള്ള സ്ഥാനാന്തരം കണ്ടെത്തുക.

8. ഗ്രാഫുകൾ നിരീക്ഷിക്കുക.



ഗ്രാഫ് 2.8

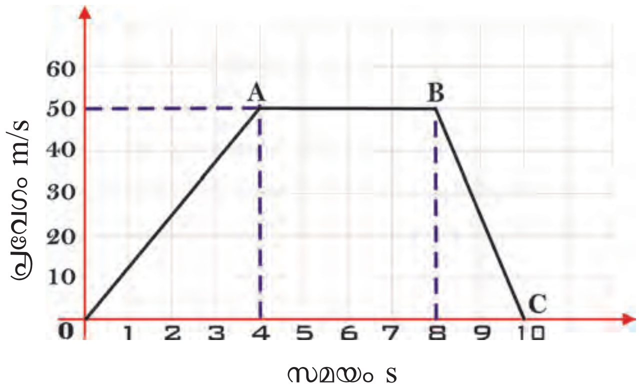
ഏത് ഗ്രാഫിലാണ് വസ്തുവിന്

a) സമത്വരണമുള്ളത്?

b) സമപ്രവേഗമുള്ളത്?

c) ത്വരണവും മന്ദീകരണവുമുള്ളത്?

9. ഒരു വസ്തുവിന്റെ നേർരേഖാചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രവേഗ-സമയ ഗ്രാഫ് നൽകിയിരിക്കുന്നു.



ഗ്രാഫ് 2.9

ഗ്രാഫിൽ ഏത് അവസരത്തിലാണ് വസ്തുവിന്

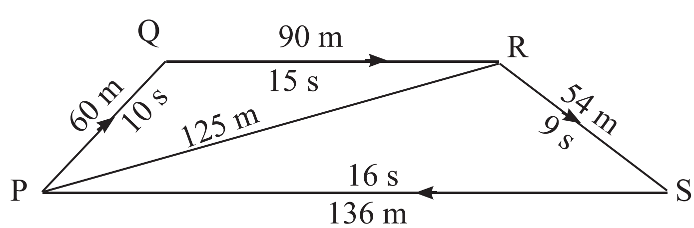
a) ത്വരണമുള്ളത്?

b) സമപ്രവേഗമുള്ളത്?

c) മന്ദീകരണമുള്ളത്?

10. രാത്രിയിലും വെളിച്ചം കുറവുള്ള സമയത്തും കാൽനടയാത്രക്കാർ കടും നിറത്തിലുള്ള വസ്ത്രങ്ങൾ ധരിക്കുന്നത് സുരക്ഷിതമല്ല എന്നറിയാമല്ലോ. നിങ്ങളുടെ സ്കൂളിൽ കടും നിറത്തിലുള്ള യൂണിഫോം തിരഞ്ഞെടുക്കുവാൻ സ്കൂൾ അധികൃതർ തീരുമാനിച്ചു. ഈ തീരുമാനത്തോട് നിങ്ങളുടെ പ്രതികരണം രേഖപ്പെടുത്തുക. റോഡ് സുരക്ഷയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ഉത്തരം സാധൂകരിക്കുക.

11. ഒരു കുട്ടി P യിൽ നിന്ന് യാത്ര തിരിച്ച് Q, R എന്നീ ഭാഗങ്ങളിലൂടെ S ലും തുടർന്ന് നേരെ P യിൽ തിരിച്ചെത്തിയതും ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.13

ചിത്രം വിശകലനം ചെയ്ത് താഴെ കൊടുത്ത പട്ടിക പൂർത്തിയാക്കുക.

P യിൽ നിന്ന് സഞ്ചരിച്ച്	വേഗം	പ്രവേഗം
Q വരെ എത്തുമ്പോൾ		
R വരെ എത്തുമ്പോൾ		
S വരെ എത്തുമ്പോൾ		
P യിൽ തിരികെ എത്തുമ്പോൾ		

പട്ടിക 2.11

12. ഒരു കല്ല് 20 m/s പ്രവേഗത്തിൽ മുകളിലേക്ക് കുത്തനെ എറിയുന്നു. ($a = -10\ m/s^2$)
    a) ഈ കല്ല് പരമാവധി എത്ര ഉയരത്തിലെത്തും?
    b) പുറപ്പെട്ട് 3 s കൊണ്ട് ഈ കല്ല് എത്ര ദൂരം സഞ്ചരിക്കും?
    c) പുറപ്പെട്ട് 3 s കഴിയുമ്പോൾ ഈ കല്ല് തറയിൽ നിന്നും എത്ര ഉയരത്തിലായിരിക്കും?
13. ഒരു വസ്തു 40 m/s വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇതിന് $8\ m/s^2$ മന്ദീകരണം നൽകിയാൽ
    a) ഈ വസ്തു നിശ്ചലമാകാൻ എത്ര സമയമെടുക്കും?
    b) ഇത്രയും സമയം കൊണ്ട് വസ്തുവിനുണ്ടാകുന്ന സ്ഥാനാന്തരമെത്ര?
14. 20 m/s പ്രവേഗത്തിൽ ഒരു വസ്തു ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഈ വസ്തുവിന് $5\ m/s^2$ ത്വരണം നൽകുന്നു. സ്ഥാനാന്തരം 120 m ആകുന്ന അവസരത്തിലെ പ്രവേഗമെത്ര?
15. 60 m/s പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിച്ച വെടിയുണ്ട ഒരു മരത്തടിയിൽ 2 cm തുളച്ചു കയറിയപ്പോൾ നിശ്ചലമായി. ഈ വെടിയുണ്ടയുടെ ത്വരണമെത്ര? മന്ദീകരണമെത്ര?
16. ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പട്ടിക നിരീക്ഷിച്ച് അനുയോജ്യമായ സ്കെയിൽ തിരഞ്ഞെടുത്ത് ഗ്രാഫ് വരയ്ക്കുക. ഗ്രാഫ് വിശകലനം ചെയ്ത് ചുവടെ കൊടുത്ത ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരമെഴുതുക.

സമയം s	0	5	10	15	20	25	30
പ്രവേഗം m/s	20	25	30	30	30	25	20

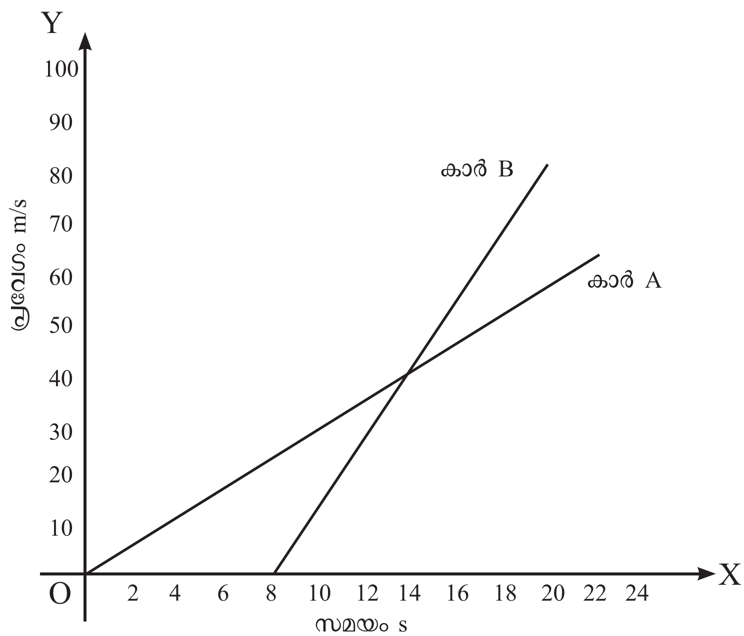
പട്ടിക 2.12

a) ത്വരണമില്ലാത്ത സമയ ഇടവേള ഏത്?

b) മന്ദീകരണം ഉണ്ടായിരുന്ന സമയ ഇടവേള ഏത്?

c) ഈ വസ്തുവിന് 30 s ൽ ഉണ്ടായ സ്ഥാനാന്തരം കണക്കാക്കുക.

17. A, B എന്നീ കാറുകളുടെ ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രവേഗ-സമയഗ്രാഫ് നൽകിയിരിക്കുന്നു.



ഗ്രാഫ് **2.10**

a) ഏത് കാറാണ് ആദ്യം യാത്ര തിരിച്ചത്?

b) രണ്ട് കാറുകൾക്കും ഒരേ പ്രവേഗമെത്താൻ എത്ര സമയം വീതം എടുത്തു?

c) ഏത് കാറിനാണ് കൂടുതൽ ത്വരണം ഉള്ളത്?

d) ഏത് കാറിനാണ് സ്ഥാനാന്തരം കൂടുതൽ?

തുടർപ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. 'അമിതവേഗം മൂലമുണ്ടാകുന്ന വാഹനാപകടങ്ങൾ' എന്ന വിഷയത്തിൽ സയൻസ് ക്ലബ് ഒരു ബോധവൽക്കരണ ക്ലാസ് സംഘടിപ്പിക്കുന്നു. ഈ ക്ലാസിൽ അവതരിപ്പിക്കുന്നതിനാവശ്യമായ സ്ലൈഡുകൾ തയ്യാറാക്കൂ.

   (സൂചന - ട്രാഫിക് നിയമങ്ങൾ, സൈൻ ബോർഡുകൾ, കാൽനടക്കാർ പാലിക്കേണ്ട റോഡ് നിയമങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ)

2. ഒരു വസ്തുവിനെ 30 m/s പ്രവേഗത്തോടു കൂടി മുകളിലേക്കെറിയുന്നു. ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തിനുശേഷം വസ്തു അതേ സ്ഥലത്ത് തിരിച്ചെത്തി. ഈ വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗ - സമയഗ്രാഫ് വരച്ച് ക്ലാസിൽ പ്രദർശിപ്പിക്കുക (മന്ദീകരണം 10 m/s^2 ആയി പരിഗണിക്കുക).

3. നിങ്ങളുടെ പ്രദേശത്ത് റോഡപകടങ്ങൾ കുറയ്ക്കുന്നതിനു വേണ്ടി നടപ്പിലാക്കിയിട്ടുള്ള സുരക്ഷാ സംവിധാനങ്ങൾ പര്യാപ്തമാണോ എന്നതിനെക്കുറിച്ച് ഒരു പ്രോജക്റ്റ് തയാറാക്കൂ.

- പ്രോജക്റ്റ് ആസൂത്രണം ടീച്ചറുടെ സഹായത്തോടെ ചെയ്യുമല്ലോ.
- പ്രസക്തമായ കണ്ടെത്തലുകൾ റോഡ് സുരക്ഷാ അതോറിറ്റിയുടെ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെടുത്തൂ.

(കൂടുതൽ വിവരങ്ങൾക്ക് National Transportation Planning and Research Centre (NATPAC) ന്റെയും മോട്ടോർ വാഹന വകുപ്പിന്റെയും സേവനം പ്രയോജനപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്).

റിപ്പോർട്ടിൽ അത്യാവശ്യമായി ഉണ്ടാകേണ്ടവ.

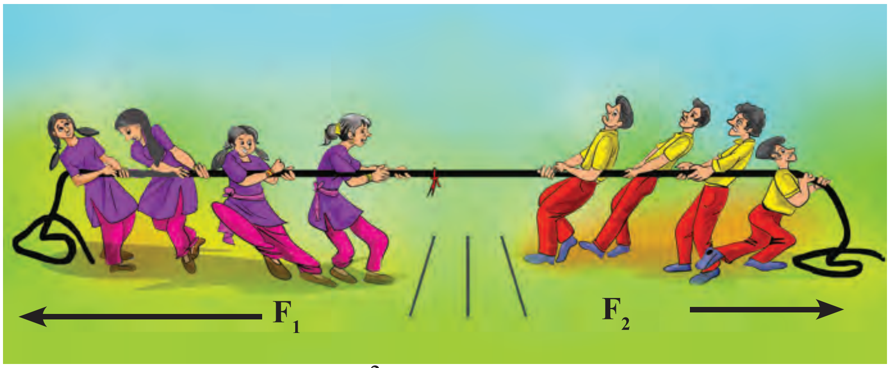
- ആമുഖം
- പരികല്പന
- ഉദ്ദേശ്യലക്ഷ്യങ്ങൾ
- പഠനരീതി
- അപഗ്രഥനം
- പഠനഫലങ്ങൾ
- നിഗമനം
- നിർദേശങ്ങൾ

3 ചലനനിയമങ്ങൾ

ചലനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വിവിധ സന്ദർഭങ്ങൾ ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. കുട്ടി ക്രിക്കറ്റ് പന്ത് പിടിക്കുന്നത് നോക്കൂ.

- പന്ത് പിടിച്ചപ്പോൾ കുട്ടി പന്തിനൊപ്പം കൈ കൂടി പുറകോട്ട് ചലിപ്പിച്ചതെന്തിനായിരിക്കും?

രണ്ടു ടീമുകൾ വടം വലിക്കുന്നത് കാണാമല്ലോ.



ചിത്രം 3.1

- രണ്ടു ടീമുകളും ബലം പ്രയോഗിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെങ്കിലും വടം ഒരു ദിശയിൽ മാത്രം ചലിക്കുന്നു. എന്തായിരിക്കും കാരണം?
- ഇവിടെ ഇരു ടീമുകളും പ്രയോഗിച്ച ബലം തുല്യമാണോ?
- ഏതു ടീമാണ് കൂടുതൽ ബലം പ്രയോഗിച്ചത്?
- കൂടുതലായി അനുഭവപ്പെട്ട ബലമല്ലേ ചലനം ഉണ്ടാക്കിയത്?

ഇവിടെ പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട ബലങ്ങളിൽ F_1 വിജയിച്ച ടീമിന്റെ വശത്തേക്കും F_2 എതിർ ദിശയിലേക്കും അല്ലേ? അപ്പോൾ പരിണത ബലം വിജയിച്ച ടീമിന്റെ വശത്തോട്ടായിരിക്കുമല്ലോ. ബലം സദിശമായതിനാൽ നിശ്ചിത ദിശയിലുള്ള ബലം പോസിറ്റീവ് എന്ന് പരിഗണിച്ചാൽ വിപരീത ദിശയിലുള്ള ബലം നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കും.

ഒരു വസ്തുവിൽ ഒന്നിലധികം ബലങ്ങൾ ഒരേ സമയത്ത് പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ഈ ബലങ്ങൾ വസ്തുവിൽ ഉളവാക്കുന്ന ആകെ ബലമാണ് സഫലബലം അഥവാ പരിണതബലം (resultant force).

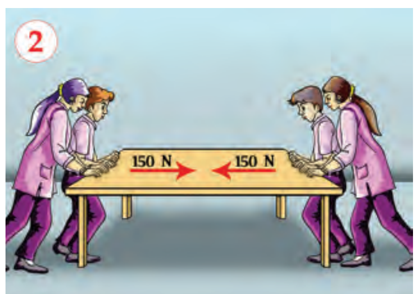
- ഒരു വസ്തുവിൽ കിഴക്ക് ദിശയിൽ 100 N ബലവും പടിഞ്ഞാറ് ദിശയിൽ 150 N ബലവും പ്രയോഗിച്ചാൽ പരിണതബലം എത്രയായിരിക്കും?

കിഴക്ക് ദിശയിലുള്ള ബലം പോസിറ്റീവ് ആയി പരിഗണിച്ചാൽ, പടിഞ്ഞാറ് (എതിർ) ദിശയിലുള്ള ബലം നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കും (ഇവയെ നേരെ തിരിച്ചും എടുക്കാവുന്നതാണ്).

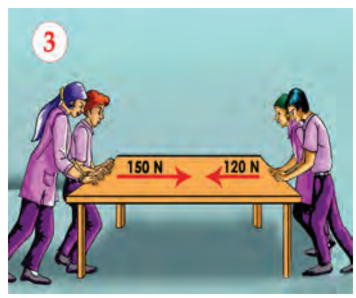
പരിണത ബലം = 100 N + (–150 N) = –50 N. കിഴക്കോട്ടുള്ള ബലമല്ലേ നാം പോസിറ്റീവായി എടുത്തത്? അപ്പോൾ പരിണതബലം 50 N പടിഞ്ഞാറോട്ടാണ് എന്ന് മനസ്സിലായല്ലോ.

ചിത്രങ്ങൾ വിശകലനം ചെയ്ത് പട്ടിക 3.1 പൂർത്തിയാക്കൂ.

ചിത്രം 3.2 (a)

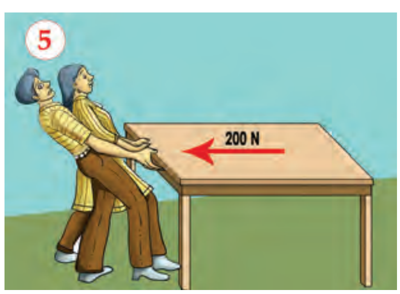


ചിത്രം 3.2 (b)



ചിത്രം 3.2 (c)

ചിത്രം 3.2 (d)



ചിത്രം 3.2 (e)

ചിത്രം 3.2 (f)

ചിത്രം	ബലം F_1 (N)	ബലം F_2 (N)	പരിണത ബലം (N)
1			
2	150	-150	0
3			
4			
5			
6			

പട്ടിക 3.1

- ഏതൊക്കെ സന്ദർഭങ്ങളിലാണ് പരിണതബലം പൂജ്യമാകുന്നത്?
- പരിണതബലം പൂജ്യമല്ലാത്ത സന്ദർഭങ്ങൾ ഏവ?
- എതെല്ലാം സന്ദർഭങ്ങളിലാണ് ചലനമുണ്ടാകാത്തത്?

ഒരു വസ്തുവിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന പരിണതബലം പൂജ്യമാണെങ്കിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട ബലങ്ങളെ സന്തുലിതബലങ്ങൾ (balanced forces) എന്നു പറയുന്നു. ഇത്തരം ബലങ്ങൾക്ക് നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ ചലിപ്പിക്കാനോ ചലനാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനദിശയ്ക്കോ വേഗത്തിനോ മാറ്റം വരുത്താനോ കഴിയില്ല.

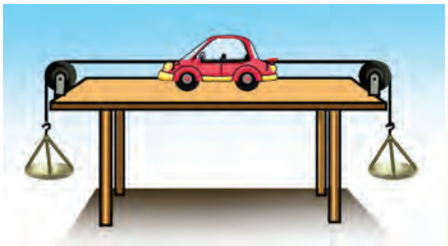
ഒരു വസ്തുവിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന പരിണതബലം പൂജ്യമല്ലെങ്കിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട ബലങ്ങളെ അസന്തുലിതബലങ്ങൾ (unbalanced forces) എന്നു പറയുന്നു. ഇത്തരം ബലങ്ങൾക്ക് നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ ചലിപ്പിക്കാനും ചലനാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനദിശയ്ക്കോ വേഗത്തിനോ മാറ്റം വരുത്താനും കഴിയും.

? ചിത്രം 3.1 ലെ വടംവലി മത്സരത്തിൽ രണ്ട് ടീമുകളും വടത്തിൽ ബലം പ്രയോഗിച്ചപ്പോൾ വടത്തിൽ അനുഭവപ്പെട്ട പരിണതബലം സന്തുലിതമോ അസന്തുലിതമോ?

എല്ലാ ബലങ്ങളും ചലനം ഉണ്ടാക്കുമോ?

ഒരു പ്രവർത്തനം ചെയ്തു നോക്കാം.

ഏകദേശം 1.2 m നീളവും 10 cm വീതിയുമുള്ള ഒരു പലകയുടെ രണ്ടഗ്രങ്ങളിലും ഓരോ കപ്പി ഉറപ്പിക്കുക (ചിത്രം 3.3). ഈ പലക മേശപ്പുറത്തു വയ്ക്കുക. പലകയുടെ മധ്യഭാഗത്തായി ഒരു ടോയ് കാർ വയ്ക്കുക. അതിന്റെ രണ്ടഗ്രങ്ങളിലായി ബന്ധിപ്പിച്ച ചരടുകളിൽ ഒരേ മാസുള്ള പാനുകൾ തൂക്കിയിടുക. രണ്ട് പാനുകളിലും 200 g തൂക്കക്കട്ടി വീതം വയ്ക്കുക.



ചിത്രം 3.3

PhET→ Forces and Motion : Basics
PhET→ Friction

- ടോയ് കാർ ചലിക്കുന്നുണ്ടോ?
- ഇപ്പോൾ ബലങ്ങൾ സന്തുലിതമാണോ അതോ അസന്തുലിതമാണോ?
- ഏതെങ്കിലും ഒരു പാനിൽ 50 g കൂടി വയ്ക്കുക. എന്തു നിരീക്ഷിക്കുന്നു?
- ഈ അവസരത്തിൽ ബലങ്ങൾ സന്തുലിതമാണോ അതോ അസന്തുലിതമാണോ?
- കാർ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന അവസരത്തിൽ കാർ ഓടുന്ന ദിശയിലുള്ള പാനിൽ 50 g കൂടി ഇട്ടാൽ കാറിന്റെ ചലനത്തിൽ എന്തു മാറ്റം നിരീക്ഷിക്കും?
- കാർ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന അവസരത്തിൽ കാർ ഓടുന്നതിന്റെ വിപരീത ദിശയിലുള്ള പാനിൽ 200 g കൂടി ഇട്ടാൽ എന്തു നിരീക്ഷിക്കും?
- ഇപ്പോൾ ബലങ്ങൾ സന്തുലിതമോ അതോ അസന്തുലിതമോ?
- ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ നിന്നും എന്താണ് മനസ്സിലാക്കിയത്?
- പരിണത ബലം അനുഭവപ്പെട്ട ദിശയിലേക്ക് വസ്തു ചലിക്കുന്നുണ്ടോ?

  (ചലിക്കുന്നു/ചലിക്കുന്നില്ല)
- ചലനവേഗം വർധിക്കുന്നത് ഏത് സാഹചര്യത്തിലാണ്?
  (പരിണത ബലത്തിന്റെ അളവ് കൂടുമ്പോൾ /കുറയുമ്പോൾ)
- കാറിനെ ചലിപ്പിച്ച ബലം കാറിന്റെ പുറത്ത് നിന്നാണോ അതോ അകത്ത് നിന്നാണോ പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ടത്?
- ചലനദിശ മാറുന്നത് ഏത് സാഹചര്യത്തിലാണ്?

ഇവിടെ ചെയ്ത പ്രവർത്തനങ്ങളിലെല്ലാം വസ്തുവിനു പുറത്ത് നിന്നാണ് ബലം നൽകിയത്. അതിനാൽ ഇവയെല്ലാം ബാഹ്യബലങ്ങളാണ്. ബാഹ്യബലം സന്തുലിതമോ അസന്തുലിതമോ ആകാം.

ഒരു വസ്തുവിൽ അസന്തുലിതബാഹ്യബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ ആ വസ്തുവിന്റെ നിശ്ചലാവസ്ഥയ്ക്കോ ചലനാവസ്ഥയ്ക്കോ ചലനദിശയ്ക്കോ വേഗത്തിനോ മാറ്റം വരുത്താനോ അതിനുള്ള പ്രവണത ഉളവാക്കാനോ കഴിയും. ഈ മാറ്റം അസന്തുലിതബലത്തിന്റെ ദിശയിലായിരിക്കും.

ചിത്രം നിരീക്ഷിക്കൂ.

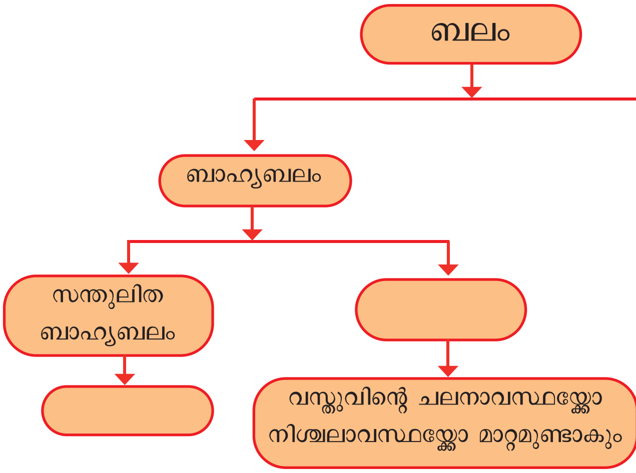
ചിത്രം 3.4

- ഒരു വാഹനത്തെ അതിനകത്തു നിന്ന് തള്ളിയാൽ ആ വാഹനം ചലിക്കുമോ?
- ഈ ബലം ആന്തരികബലമല്ലേ?
- ആന്തരിക ബലങ്ങൾ .... ആയിരിക്കും.

  (സന്തുലിതം/അസന്തുലിതം)

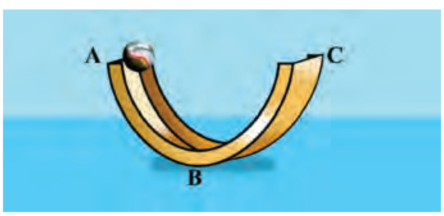
എല്ലാ ആന്തരികബലങ്ങളും സന്തുലിത ബലങ്ങളാണ്. അതിനാലാണ് ആന്തരികബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ വസ്തുവിന്റെ നിശ്ചലാവസ്ഥയ്ക്കോ ചലനാവസ്ഥയ്ക്കോ മാറ്റമുണ്ടാകാത്തത്.

ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്ന ചാർട്ട് പൂർത്തിയാക്കി സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തൂ.

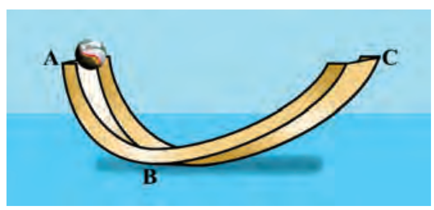


ഗലീലിയോയുടെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ (Galileo's Observations)

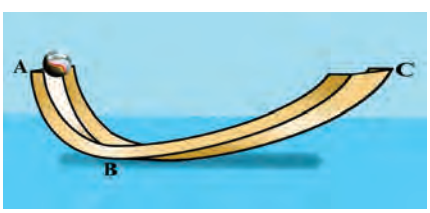
ഏകദേശം നാല് നൂറ്റാണ്ടുകൾക്കു മുമ്പ് ഗലീലിയോ നടത്തിയ പരീക്ഷണത്തിന്റെ മറ്റൊരു രൂപമാണ് ഇവിടെ നൽകിയിരിക്കുന്നത്.



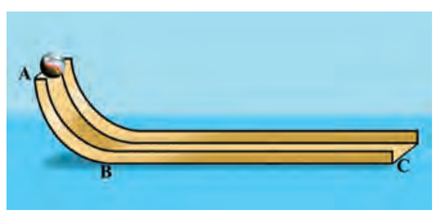
ചിത്രം 3.5 (a)



ചിത്രം 3.5 (b)



ചിത്രം 3.5 (c)



ചിത്രം 3.5 (d)

പരീക്ഷണത്തിനായി ചിത്രങ്ങളിൽ സൂചിപ്പിച്ചതുപോലെ വയറിങ് ചാനലിന്റെ C എന്ന അഗ്രഭാഗം ക്രമേണ താഴ്ത്തിക്കൊണ്ടുവന്ന് തിരശ്ചീനതലത്തിലാക്കുന്നു.

- ഓരോ സന്ദർഭത്തിലും വയറിങ് ചാനലിലെ A എന്ന ഭാഗത്തു നിന്ന് ഒരു ഗോലി ഉരുട്ടി വിട്ടാൽ എന്തൊക്കെ നിരീക്ഷിക്കും?

ഗലീലിയോ ഗലീലി
(Galileo Galilei)

ജീവിതകാലം : 1564 - 1642

ജന്മസ്ഥലം : ഇറ്റലിയിലെ പിസ

കുട്ടിക്കാലം മുതൽ ഗലീലിയോയ്ക്ക് ഗണിതത്തിലും തത്വചിന്തയിലും താൽപര്യമുണ്ടായിരുന്നു. 1581-ൽ ആദ്യത്തെ ശാസ്ത്രഗ്രന്ഥമായ ദി ലിറ്റിൽ ബാലൻസ് എന്ന പുസ്തകത്തിൽ ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത കണ്ടെത്തുന്നതിനുള്ള ആർക്കിമിഡീസ് രീതി അദ്ദേഹം എഴുതി. തന്റെ സ്വന്തം ദൂരദർശിനിയിലൂടെ ശനിയെയും ശുക്രനെയും നിരീക്ഷിച്ച് എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളും സൂര്യനെ ചുറ്റുന്നതായി വാദിച്ചു. ചരിവുതലങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചുള്ള പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ അദ്ദേഹത്തിന് ജഡത്വത്തെക്കുറിച്ച് ചില സൂചനകൾ നൽകാൻ കഴിഞ്ഞു.

- ഓരോ സന്ദർഭത്തിലും ഗോലി സഞ്ചരിച്ച ദൂരം കൂടിയോ അതോ കുറഞ്ഞോ?
- ഗോലി ഏറ്റവും കൂടുതൽ ദൂരം സഞ്ചരിച്ചത് ഏത് സന്ദർഭത്തിലാണ്?

ചാനലിന്റെ ചരിവ് കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് ഗോലി കൂടുതൽ ദൂരം പോകുമല്ലോ.

ആദ്യം ഏത് ഉയരത്തിൽ നിന്ന് പതിച്ചുവോ ആ ഉയരം വരെ എത്താനുള്ള ശ്രമം കാരണമാണ് ഗോലി കൂടുതൽ സഞ്ചരിച്ചത്.

- എന്തുകൊണ്ടായിരിക്കാം കുറച്ചു ദൂരം കഴിഞ്ഞപ്പോൾ ഗോലി നിശ്ചലമായത്?
- ഘർഷണം ഇല്ലായിരുന്നുവെങ്കിൽ എന്ത് സംഭവിക്കുമായിരുന്നു?
- ഒരു ബാഹ്യബലവും ഈ ഗോലിയിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ടില്ലായിരുന്നു എങ്കിൽ എന്ത് സംഭവിക്കുമായിരുന്നു?
- ഇതിൽ നിന്നും നിങ്ങൾ എത്തിച്ചേർന്ന നിഗമനമെന്ത്?

ചലിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിനെ നിശ്ചലമാക്കാൻ ചലനത്തിന്റെ എതിർദിശയിൽ അസന്തുലിത ബാഹ്യബലം പ്രയോഗിക്കണം. ഒരു വസ്തുവിന് സമവേഗത്തിലുള്ള നേർരേഖാ ചലനം നിലനിർത്തുന്നതിന് ഒരു അസന്തുലിതബാഹ്യബലം ആവശ്യമില്ല.

ഇതായിരുന്നു ഗലീലിയോയുടെ നിരീക്ഷണഫലം.

ടോയ് കാർ പരീക്ഷണം, ഗലീലിയോയുടെ പരീക്ഷണം എന്നിവയിൽ നിന്നും നേടിയ അറിവുകൾ ഇപ്രകാരം ക്രോഡീകരിക്കാം.

ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനാവസ്ഥയ്ക്കോ നിശ്ചലാവസ്ഥയ്ക്കോ മാറ്റം വരുത്തുന്നതിന് ഒരു അസന്തുലിതബാഹ്യബലം ആവശ്യമാണ്.

ന്യൂട്ടന്റെ ഒന്നാം ചലന നിയമം
(Newton's First Law of Motion)

ഗലീലിയോയെപ്പോലെയുള്ള മുൻഗാമികളുടെ ശാസ്ത്രനിരീക്ഷണങ്ങളെ ന്യൂട്ടൻ അപഗ്രഥിച്ചു പഠിക്കുകയും അവ ക്രോഡീകരിക്കുകയും ചെയ്തു. ഇത് ചലനത്തെക്കുറിച്ചും ബലത്തിന് വിധേയമാകുന്ന വസ്തുക്കളെക്കുറിച്ചും പുതിയ നിഗമനങ്ങളും നിയമങ്ങളും ആവിഷ്കരിക്കാൻ ന്യൂട്ടനെ സഹായിച്ചു.

അസന്തുലിതമായ ബാഹ്യബലത്തിന് വിധേയമാകുന്നതുവരെ ഓരോ വസ്തുവും നിശ്ചലാവസ്ഥയിലോ നേർരേഖയിലുള്ള സമചലനത്തിലോ തുടരും. ഇതാണ് ന്യൂട്ടന്റെ ഒന്നാം ചലനനിയമം.

ഒന്നാം ചലനനിയമം ബലം, ജഡത്വം എന്നീ ഭൗതിക അളവുകളെ നിർവചിക്കാൻ സഹായിച്ചു.

- എന്താണ് ബലം?

ഒരു വസ്തുവിന്റെ നിശ്ചലാവസ്ഥയ്ക്കോ നേർരേഖാ സമചലനത്തിനോ മാറ്റം വരുത്താനോ അതിനുള്ള പ്രവണത ഉളവാക്കാനോ വേണ്ടി ആ വസ്തുവിൽ പ്രയോഗിക്കേണ്ടത് എന്താണോ അതാണ് ബലം (force).

ജഡത്വം (Inertia)

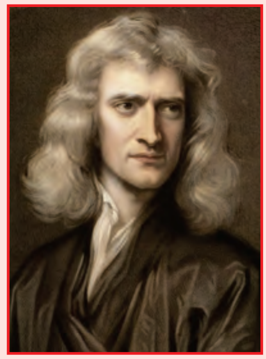
നിശ്ചലമായിരുന്ന ഒരു ബസ്സ് പെട്ടെന്ന് മുന്നോട്ടെടുത്താൽ ബസ്സിൽ നിൽക്കുന്ന യാത്രക്കാർ പിന്നിലേക്ക് ആയുന്നത് കണ്ടിട്ടില്ലേ? ബസ്സ് മുന്നോട്ടെടുക്കുന്നതിന് മുമ്പ് ബസ്സിനോടൊപ്പം യാത്രക്കാരും നിശ്ചലാവസ്ഥയിലായിരുന്നില്ലേ? ബസ്സ് പെട്ടെന്ന് ചലനാവസ്ഥയിലായപ്പോഴും യാത്രക്കാർക്ക് നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ തുടരാനുള്ള പ്രവണത ഉള്ളതുകൊണ്ടാണ് അവർ പിന്നിലേക്ക് ആയുന്നത്. ഈ പ്രവണതയെ നിശ്ചല ജഡത്വം എന്ന് പറയാം.

- ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ബസ്സ് പെട്ടെന്ന് നിർത്തുമ്പോൾ ബസ്സിൽ നിൽക്കുന്ന യാത്രക്കാർ മുന്നോട്ട് ആയുന്നതിന് കാരണമെന്താണ്?
    - ♦ നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിന് സ്വയം അതിന്റെ അവസ്ഥയ്ക്ക് മാറ്റം വരുത്താൻ കഴിയില്ല. ഇതാണ് നിശ്ചല ജഡത്വം (inertia of rest).
    - ♦ സമചലനത്തിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിന് സ്വയം അതിന്റെ ചലനാവസ്ഥയ്ക്ക് മാറ്റം വരുത്താൻ കഴിയില്ല. ഇതാണ് ചലനജഡത്വം (inertia of motion).

നിശ്ചല ജഡത്വവും ചലനജഡത്വവും വിശകലനം ചെയ്ത് ജഡത്വത്തിന് പ്രായോഗിക നിർവചനം എഴുതി നോക്കൂ.

ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന നിർവചനവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യൂ.

സർ ഐസക് ന്യൂട്ടൻ (Sir Isaac Newton)



ജീവിത കാലം : 1643 - 1727
ജന്മസ്ഥലം : ഇംഗ്ലണ്ട്

ഇംഗ്ലീഷ് തത്വചിന്തകനും ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞനും ഗണിതജ്ഞനും ജ്യോതിശാസ്ത്രജ്ഞനും ആയിരുന്നു സർ ഐസക് ന്യൂട്ടൻ.

പ്രധാന സംഭാവനകൾ : ഭൂമിയിൽ കാണുന്ന വസ്തുക്കളുടെ ചലനവും ആകാശഗോളങ്ങളുടെ ചലനവും ഒരേ പ്രകൃതി നിയമങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് എന്ന് തെളിയിച്ചു. പ്രിൻസിപ്പിയ മാത്തമാറ്റിക്ക എന്ന പേരിൽ അദ്ദേഹം പ്രസിദ്ധീകരിച്ച ഗ്രന്ഥത്തിൽ ഗുരുത്വാകർഷണം, ചലനനിയമങ്ങൾ എന്നിവ നന്നായി വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ ഗ്രന്ഥം ഇന്നും ബലതന്ത്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനശിലയാണ്. പ്രകാശത്തിന്റെ കണികാസിദ്ധാന്തവും കാൽക്കുലസും അദ്ദേഹത്തിന്റെ സംഭാവനയാണ്. കാൽക്കുലസിന്റെ പിതാവ് എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഇദ്ദേഹമാണ് ആദ്യമായി റിഫ്ലക്റ്റിങ് ടെലിസ്കോപ്പ് നിർമ്മിച്ചത്.

ഒരു വസ്തുവിന് അതിന്റെ നിശ്ചലാവസ്ഥയിലോ ചലനാവസ്ഥയിലോ തുടരാനുള്ള പ്രവണതയാണ് ജഡത്വം (inertia).

താഴെ കൊടുത്ത ഓരോ പ്രവർത്തനവും ചെയ്ത് നിരീക്ഷണം സയൻസ് ഡയറിയിൽ എഴുതുക.

ചിത്രം 3.6 (a)

ചിത്രം 3.6 (b)

മേശപ്പുറത്ത് പേപ്പർ വയ്ക്കുക. അടിവശം പരന്ന ഒരു കുപ്പിയിൽ ജലം നിറച്ച് അടച്ചശേഷം പേപ്പറിനു മുകളിൽ വയ്ക്കുക. പേപ്പർ പെട്ടെന്ന് തിരശ്ചീനമായി വലിക്കുക.

- കുപ്പിയ്ക്കെന്ത് സംഭവിച്ചു?
- കുപ്പിയുടെ ജഡത്വം ഏത് തരം?

ചിത്രം 3.7 (a)

ഡെസ്കിനു മുകളിൽ ജലം നിറച്ച ഒരു ഗ്ലാസ് വച്ച ശേഷം അതിനെ സാവധാനം നിരക്കി മുന്നോട്ട് നീക്കി ക്രമമായി വേഗം വർധിപ്പിച്ച ശേഷം പെട്ടെന്ന് നിശ്ചലമാക്കുക.

- എന്താണ് നിരീക്ഷിച്ചത്? ജലത്തിന് ഏതു തരം ജഡത്വമാണുള്ളത്?

ചിത്രം 3.7 (b) ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ക്യാരം കോയിനുകൾ ഒന്നിനു മുകളിൽ ഒന്നായി അടുക്കി വയ്ക്കുക. അവയ്ക്ക് മുകളിൽ ജലം നിറച്ച ഒരു പ്ലാസ്റ്റിക് കപ്പ് വയ്ക്കുക. നീളമുള്ള ഒരു സ്കെയിൽ ഉപയോഗിച്ച് ഏറ്റവും അടിയിൽ നിന്ന് ക്യാരം കോയിൻ ഒന്നൊന്നായി വളരെ വേഗത്തിൽ തട്ടിത്തെറിപ്പിക്കുക.

ചിത്രം 3.7 (b)

- കപ്പിന് ജഡത്വമുണ്ടോ? ഏത് തരം?

നിങ്ങൾ ചെയ്ത പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ നേടിയ അറിവുകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ജഡത്വവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രസ്താവനകളെ അനുയോജ്യമായി പട്ടികയിൽ (പട്ടിക 3.2) രേഖപ്പെടുത്തൂ.

- മാവിൻ കൊമ്പ് കുലുക്കിയാൽ മാങ്ങ ഞെട്ടറ്റ് വീഴുന്നു.
- ലോങ് ജമ്പിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന ആൾ കുറേ ദൂരം ഓടി വന്ന് ചാടുന്നു.
- സീറ്റ് ബെൽറ്റ് ധരിക്കാതെ കാറിൽ യാത്ര ചെയ്യുന്നത് അപകടകരമാണ്.
-

നിശ്ചലജഡത്വം	ചലനജഡത്വം
• ഒരു ബസ്സ് പെട്ടെന്ന് മുന്നോട്ടെടുത്താൽ ബസ്സിൽ നിൽക്കുന്ന യാത്രക്കാർ പിന്നോട്ടായുന്നു. •	• നിരപ്പായ തറയിൽ ഉരുട്ടിവിട്ട പന്ത് മുന്നോട്ട് പൊയ്ക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. •

പട്ടിക 3.2

ചലനജഡത്വത്തിനും നിശ്ചലജഡത്വത്തിനും കൂടുതൽ ഉദാഹരണങ്ങൾ കണ്ടെത്തി പട്ടിക വിപുലീകരിക്കുക.

ജഡത്വത്തിന് വസ്തുവിന്റെ മാസുമായി ബന്ധമുണ്ടോ?

മാസും ജഡത്വവും (Mass and Inertia)

മേശപ്പുറത്ത് പേപ്പർ വയ്ക്കുക. അടിവശം പരന്ന ഒരേ വലിപ്പമുള്ള രണ്ട് പ്ലാസ്റ്റിക് കുപ്പികൾ എടുക്കുക. ഒന്നിൽ മണൽ നിറയ്ക്കുക. ഈ കുപ്പിയും ഒഴിഞ്ഞ കുപ്പിയും പേപ്പറിൽ കുത്തനെ വയ്ക്കുക. പേപ്പർ അതിവേഗം തിരശ്ചീനമായി വലിച്ച് മാറ്റുക.

ചിത്രം 3.8

- ഏത് കുപ്പിയാണ് മറിഞ്ഞു വീഴാത്തത്?
- ഏത് കുപ്പിക്കാണ് മാസ് കൂടുതൽ?
- ഏത് കുപ്പിയിലാണ് ജഡത്വം കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെട്ടത്?
- എങ്കിൽ ഒരു വസ്തുവിന്റെ മാസും ജഡത്വവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധമെന്ത്?

? ഒഴിഞ്ഞ ടാർ വീപ്പയ്ക്കാണോ അതോ ടാർ നിറച്ച വീപ്പയ്ക്കാണോ ജഡത്വം കൂടുതൽ? കാരണം വ്യക്തമാക്കുക.

? ആനയുടെ ആക്രമണത്തിൽ നിന്നും രക്ഷപ്പെടാൻ ആളുകൾ വളഞ്ഞു തിരിഞ്ഞ് ഓടുന്നതെന്തിനായിരിക്കും?

? ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഏതിലൊക്കെയാണ് അസന്തുലിത ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നത്?

a) 20 m/s പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന കാർ ഓടിക്കുന്നയാൾ ബ്രേക്ക് പ്രയോഗിക്കുന്നു.

b) ഒരു പുസ്തകം കൈയിൽ താങ്ങി നിർത്തിയിരിക്കുന്നു.

c) കൃത്രിമ ഉപഗ്രഹം സമവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു.

ഒരു വസ്തുവിൽ 200 N ബലം ഒരു ദിശയിലും 250 N ബലം എതിർ ദിശയിലും നൽകിയാൽ

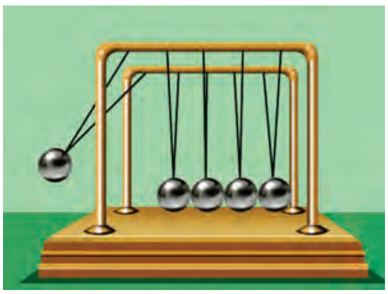
a) പരിണതബലം കണക്കാക്കുക.

b) വസ്തു ചലിക്കുമെങ്കിൽ അത് ഏത് ദിശയിലായിരിക്കും?

ചലിക്കുന്ന വസ്തുക്കളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ചില വസ്തുതകൾ പരിശോധിക്കാം.

മൊമെന്റം (Momentum)

തെങ്ങിൽ നിന്നും തേങ്ങ കൃഷിയിടത്തിലെ ഇളക്കിയിട്ടിരിക്കുന്ന മണ്ണിലേക്ക് പതിച്ചാൽ അവിടെ കുഴി രൂപപ്പെടുന്നത് കണ്ടിട്ടില്ലേ? ഈ മണ്ണിൽ തേങ്ങ ഉണ്ടാക്കിയ ആഘാതമല്ലേ ഇതിന് കാരണം? ഇതേ തേങ്ങ എടുത്ത് വളരെ സാവധാനം വച്ചാൽ ഇത്രയും ആഴത്തിലുള്ള കുഴിയുണ്ടാകുമോ? ചലിക്കുന്ന വസ്തുക്കൾക്ക് മാത്രമല്ലേ ഇത്തരം ആഘാതം ഉണ്ടാക്കാൻ കഴിയുന്നുള്ളു? ചലിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഈ സവിശേഷതയാണ് അതിന്റെ മൊമെന്റം.


ചിത്രം 3.9

ചിത്രം 3.9 നിരീക്ഷിക്കൂ.

ന്യൂട്ടൻസ് ക്രാഡിൽ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഉപകരണമാണ് ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്.

ഒരു ന്യൂട്ടൻസ് ക്രാഡിലിൽ താഴെ കൊടുത്ത ക്രമത്തിൽ ബോളുകൾ പുറകോട്ട് വലിച്ച ശേഷം സ്വതന്ത്രമാക്കുക. നിരീക്ഷണം സയൻസ് ഡയറിയിൽ എഴുതൂ.

- ആദ്യത്തെ ബോൾ മാത്രം
- ആദ്യത്തെ രണ്ട് ബോളുകൾ
- ആദ്യത്തെ മൂന്ന് ബോളുകൾ
- ആദ്യത്തെ നാല് ബോളുകൾ

ഒന്നാമത്തെ ബോൾ മാത്രം വന്നിടിച്ചപ്പോൾ ആ ബോൾ കൈമാറ്റം ചെയ്ത മൊമെന്റം മറ്റു ബോളുകളിലൂടെ അവസാന ബോളിൽ എത്തിയതുകൊണ്ടല്ലേ അത് തെറിച്ച് പോയത്?

ആദ്യത്തെ രണ്ട് ബോളുകൾ ഇടിച്ചപ്പോൾ ചലനത്തിലുള്ള ഈ ബോളുകൾ ചേർന്ന് ഒരു വ്യൂഹമായി മാറി. ഇത് നൽകിയ മൊമെന്റം മറ്റു ബോളുകളിലൂടെ കൈമാറ്റം ചെയ്ത് അവസാനത്തെ രണ്ട് ബോളുകളിൽ എത്തിയതുകൊണ്ടല്ലേ അവ തെറിച്ചത്? ഇതുപോലെ തന്നെയല്ലേ മറ്റു സന്ദർഭങ്ങളിലും?

ഒരു വസ്തുവിന്റെ മൊമെന്റം എന്തിനെയൊക്കെ ആശ്രയിക്കുന്നു?

ന്യൂട്ടൻസ് ക്രാഡിലിൽ ഒരു ബോൾ മാത്രം കുറച്ചു ദൂരം പിന്നിലേക്ക് നീക്കിയ ശേഷം സ്വതന്ത്രമാക്കി നിരീക്ഷിക്കൂ. അവസാന ബോൾ അല്പ ദൂരം മാത്രമല്ലേ തെറിച്ചുള്ളു? ഇതേ ബോൾ കൂടുതൽ ദൂരം പുറകോട്ട് വലിച്ച ശേഷം സ്വതന്ത്രമാക്കുമ്പോൾ അത് കൂടിയ പ്രവേഗത്തോടെയാണ് വന്നിടിക്കുന്നത്. ഈ

സമയത്ത് അവസാന ബോൾ കൂടുതൽ ദൂരം തെറിക്കുന്നതും കാണാമല്ലോ. വന്നിടിച്ച ബോളിന്റെ പ്രവേഗ വർധനവല്ലേ ഇതിനു കാരണം?

- അങ്ങനെയെങ്കിൽ ബോളിന്റെ മൊമെന്റത്തെ സ്വാധീനിച്ച ഘടകമേത്?

രണ്ട് ബോളുകൾ ഒരു വ്യൂഹമായി വന്നിടിച്ചപ്പോൾ വന്നിടിക്കുന്ന വ്യൂഹത്തിന്റെ മാസ് കൂടിയതിന്റെ ഫലമായാണ് രണ്ട് ബോളുകൾ തെറിച്ചത്.

- ഈ സന്ദർഭത്തിൽ ബോളുകളുടെ മൊമെന്റത്തെ സ്വാധീനിച്ച ഘടകമേത്?

ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെ മാസോ പ്രവേഗമോ വർധിപ്പിക്കുമ്പോൾ അവ ഉളവാക്കുന്ന ആഘാതവും കൂടുമെന്ന് നാം കണ്ടല്ലോ.

> ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ മാസിന്റെയും (m) പ്രവേഗത്തിന്റെയും (v) ഗുണനഫലമാണ് അതിന്റെ മൊമെന്റം. അതായത് മൊമെന്റം, $p = mv$. മൊമെന്റം സദിശ അളവാണ്. പ്രവേഗത്തിന്റെ ദിശയാണ് അതിന്റെയും ദിശ.

മൊമെന്റത്തിന്റെ യൂണിറ്റ് = മാസിന്റെ യൂണിറ്റ് × പ്രവേഗത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്
= .... × .... = ...

200 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തു 16 m/s പ്രവേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്നു. ഈ വസ്തുവിന്റെ മൊമെന്റം കണക്കാക്കുക.

ഒരു വസ്തുവിന്റെ മൊമെന്റം 200 kgm/s ആണ്. ഈ വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം 20 m/s എങ്കിൽ വസ്തുവിന്റെ മാസ് എത്ര?

60 g മാസ് ഉള്ള ഒരു വെടിയുണ്ട 200 m/s പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ മൊമെന്റം കണക്കാക്കുക. ഈ വെടിയുണ്ട നിശ്ചലാവസ്ഥയിലായിരിക്കുമ്പോഴുള്ള മൊമെന്റമെത്ര?

മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്ക് (Rate of Change of Momentum)

- 20 kg മാസ് ഉള്ള നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിൽ 5 s സമയത്തേക്ക് ബലം പ്രയോഗിച്ചപ്പോൾ വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം 30 m/s ആയി മാറിയെങ്കിൽ വസ്തുവിന്റെ മൊമെന്റവ്യത്യാസം കണക്കാക്കുക.

ആദ്യമൊമെന്റം $= mu = 20\text{ kg} \times 0 = 0$

അന്ത്യമൊമെന്റം $= mv = 20\text{ kg} \times 30\text{ m/s} = 600\text{ kgm/s}$

മൊമെന്റവ്യത്യാസം $= mv - mu = 600\text{ kgm/s} - 0 = 600\text{ kgm/s}$

ഈ വസ്തുവിന് യൂണിറ്റ് സമയത്തിലുണ്ടായ മൊമെന്റവ്യത്യാസം അഥവാ മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്ക് എത്രയായിരിക്കും?

മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്ക് $= \dfrac{\text{മൊമെന്റവ്യത്യാസം}}{\text{സമയം}}$

$$= \frac{600\text{ kgm/s}}{5\text{ s}}$$

$$= 120\text{ kgm/s}^2$$

100 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തു നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ചലനം ആരംഭിച്ച് നാലാം സെക്കന്റിൽ 30 m/s പ്രവേഗം കൈവരിക്കുന്നു. എങ്കിൽ ഈ വസ്തുവിന്റെ

a) ആദ്യമൊമന്റമെത്ര? b) അന്ത്യമൊമെന്റമെത്ര?

c) മൊമെന്റവ്യത്യാസമെത്ര? d) മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്കെത്ര?

നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ള 20 kg മാസുള്ള വസ്തുവിൽ 5 s സമയത്തേക്ക് വ്യത്യസ്ത അളവിൽ ബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്ന പ്രവേഗം തന്നിരിക്കുന്നു. ഓരോ സന്ദർഭത്തിലേയും ആദ്യമൊമെന്റം, അന്ത്യമൊമെന്റം, മൊമെന്റവ്യത്യാസത്തിന്റെ നിരക്ക് ഇവ കണക്കാക്കുക.

ബലം N	ലഭിക്കുന്ന പ്രവേഗം m/s	ആദ്യ മൊമെന്റം kgm/s	അന്ത്യ മൊമെന്റം kgm/s	മൊമെന്റ വ്യത്യാസം kgm/s	മൊമെന്റ വ്യത്യാസനിരക്ക് kgm/s^2
F	30	0	20 kg ×30 m/s = 600	600 – 0 = 600	$\frac{600 \text{ kgm/s}}{5 \text{ s}} = 120$
$\frac{F}{2}$	15				
2F	60				

പട്ടിക 3.3

പൂർത്തിയാക്കിയ പട്ടികയിൽ നിന്ന് മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്കും അതിൽ പ്രയോഗിച്ച ബലവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം എന്താണെന്ന് കണ്ടെത്തി എഴുതുക.

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം ചലന നിയമം (Newton's Second Law of Motion)

ഒരു വസ്തുവിന് ലഭിച്ച ബലം കൂടുതലെങ്കിൽ മൊമന്റവ്യത്യാസനിരക്ക് കൂടുതലായിരിക്കും. ഇത് ആദ്യമായി പ്രസ്താവിച്ചത് സർ ഐസക് ന്യൂട്ടനാണ്. ഇതാണ് ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം ചലന നിയമം.

ഒരു വസ്തുവിനുണ്ടാകുന്ന മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്ക് ആ വസ്തുവിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന അസന്തുലിത ബാഹ്യബലത്തിന് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. മൊമെന്റവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നത് പരിണതബലത്തിന്റെ ദിശയിലായിരിക്കും.

ഈ നിയമം ഗണിതരീതിയിൽ എഴുതിനോക്കാം.

m മാസുള്ള ഒരു വസ്തു u എന്ന പ്രവേഗത്തോടെ ചലിക്കുന്നു എന്ന് കരുതുക. t സമയത്തേക്ക് F ബലം പ്രയോഗിച്ചപ്പോൾ അതിന്റെ പ്രവേഗം v ആയി മാറുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ.

വസ്തുവിന്റെ ആദ്യപ്രവേഗം = u അന്ത്യപ്രവേഗം = ...

ആദ്യമൊമെന്റം = mu അന്ത്യമൊമെന്റം = ...

മൊമെന്റവ്യത്യാസം = ...

മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്ക് $= \frac{m(v-u)}{t} = ma$

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം ചലനനിയമമനുസരിച്ച് $F \propto ma$

അങ്ങനെയെങ്കിൽ $F = k\,ma$

k എന്നത് ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യയാണ്.

ബലത്തിന്റെ SI യൂണിറ്റ് ന്യൂട്ടൻ (N) ആണ്. 1 kg മാസുള്ള വസ്തുവിൽ $1\ m/s^2$ ത്വരണമുണ്ടാക്കാൻ ആവശ്യമായ ബലം 1 N എന്നെടുത്താൽ $m = 1$ kg, $a = 1\ m/s^2$, $F = 1$ N

അങ്ങനെയെങ്കിൽ $F = kma$; $1\ N = k \times 1\ kg \times 1\ m/s^2$; $k = 1$

$$\mathbf{F = ma}$$

ഇതാണ് ബലം കണക്കാക്കാനുള്ള സമവാക്യം.

? 12 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തു 4 m/s² ത്വരണത്തോടു കൂടി ചലിക്കുന്നുവെങ്കിൽ ആ വസ്തുവിൽ പ്രയോഗിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ബലം കണക്കാക്കുക.

? 20 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തുവിൽ 40 N ബലം പ്രയോഗിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നാൽ ഉണ്ടാകുന്ന ത്വരണമെത്ര?

? 1000 kg മാസുള്ള ഒരു വാഹനം 90 km/h പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. 5 s സമയത്തേക്ക് ബ്രേക്ക് പ്രയോഗിച്ചപ്പോൾ വാഹനം നിശ്ചലമായി എങ്കിൽ പ്രയോഗിച്ചുകൊണ്ടിരുന്ന ബലമെത്ര?

ആദ്യപ്രവേഗം u $= 90$ km/h

$= 90 \times \frac{5}{18}$ m/s

$= 25$ m/s

അന്ത്യപ്രവേഗം v $= 0$

മാസ് m $= 1000$ kg

$F = ma$

$= \frac{m(v-u)}{t}$

$= \frac{1000(0-25)}{5}$ N

$= -5000$ N

പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലത്തിന് എന്തിനാണ് നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം?

ബലം സദിശ അളവായതിനാൽ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ബലം വാഹനം ചലിക്കുന്നതിന്റെ എതിർ ദിശയിലാണ് എന്നതാണ്.

? 10 kg മാസുള്ള വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം 4 s കൊണ്ട് 6 m/s ൽ നിന്നും 18 m/s ആയി മാറുന്നു.

a) മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്കെത്ര?

b) ഇവിടെ പ്രയോഗിച്ച ബലമെത്ര?

c) വസ്തുവിന്റെ ത്വരണമെത്ര?

d) 6 s സമയത്തേക്ക് ഈ ബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ വസ്തുവിന്റെ പ്രവേഗം എത്രയാകും?

മാസ് m = 10 kg, ആദ്യപ്രവേഗം u = 6 m/s, അന്ത്യപ്രവേഗം v = 18 m/s

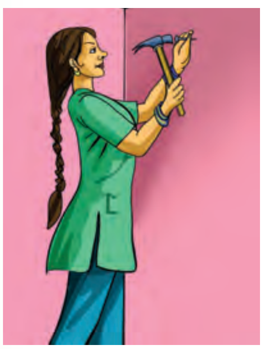
a) മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്ക് $= m\dfrac{(v-u)}{t}$

$$= \frac{10\ kg\ (18\ m/s - 6\ m/s)}{4\ s} = 30\ N$$

b) ബലം $F =$ **മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്ക്** $= 30\ N$

c) ത്വരണം $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{30\ N}{10\ kg} = 3\ m/s^2$

d) അന്ത്യപ്രവേഗം $v = u + at = 6\ m/s + 3\ m/s^2 \times 6\ s = 24\ m/s$



ചിത്രം 3.10

? 7 kg മാസുള്ള ഒരു ഷോട്ട് നിരപ്പായ ഒരു മൈതാനത്തിൽ കൂടി 2 m/s പ്രവേഗത്തോടെ ഉരുട്ടി വിട്ടപ്പോൾ 5 s കൊണ്ട് നിശ്ചലമായി.

a) ഈ ഷോട്ടിനെ നിശ്ചലമാക്കിയ ബലമേത്?

b) ബലത്തിന്റെ അളവ് കണക്കാക്കുക.

ചുറ്റിക ഉപയോഗിച്ച് ആണി അടിച്ച് കയറ്റുമ്പോൾ ആണിയിലേക്ക് ബലം കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്ന സമയ ഇടവേള എത്രയെന്ന് ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ? ഒരു സെക്കന്റിന്റെ വളരെ ചെറിയ ഒരംശം മാത്രമല്ലേ ഇത്? ഇത്തരം ബലങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ പരിശോധിക്കാം.

ആവേഗബലവും ബലത്തിന്റെ ആവേഗവും (Impulsive Force and Impulse of Force)

ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ ബലങ്ങളുടെ പ്രത്യേകത എന്താണെന്ന് കണ്ടെത്താമോ?

- ക്രിക്കറ്റ് ബാറ്റ് കൊണ്ട് ബോൾ അടിച്ചു തെറിപ്പിക്കുന്നത്.
- ഫുട്ബോൾ കളിക്കുമ്പോൾ പന്ത് കാലുകൊണ്ട് അടിക്കുന്നത്.

ഇവിടെയെല്ലാം വലിയ ബലം വളരെ ചെറിയ സമയത്തേക്കല്ലേ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നത്. ഇത്തരം ബലമാണ് ആവേഗബലം (impulsive force).

വളരെ ചെറിയ സമയത്തേക്ക് പ്രയോഗിക്കുന്ന വലിയ ബലമാണ് ആവേഗബലം. ഈ ബലത്തിന്റെയും സമയത്തിന്റെയും ഗുണനഫലമാണ് ബലത്തിന്റെ ആവേഗം.

ബലത്തിന്റെ ആവേഗം (I) = ബലം (F) × സമയം (t), $I = F \times t$.

ബലം ഉണ്ടാക്കുന്ന ആവേഗത്തിന്റെ യൂണിറ്റ് = ബലത്തിന്റെ യൂണിറ്റ് × സമയത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്

= .... × .... = ...

ബലം ഉണ്ടാക്കുന്ന ആവേഗം $= F\,t = \frac{m\,(v-u)\,t}{t} = mv - mu$

ഒരു ബലത്തിന്റെ ആവേഗവും അതുണ്ടാക്കുന്ന മൊമെന്റവ്യത്യാസവും തുല്യമായിരിക്കും. ഇതാണ് ആവേഗമൊമെന്റതത്വം (impulse-momentum principle).

200 g മാസുള്ള ഒരു പന്ത് **30 m/s** പ്രവേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്നു. ഒരാൾ ഈ പന്ത് പിടിക്കുന്നു.

a) പന്തിനെ പിടിച്ച് നിശ്ചലമാക്കാനെടുത്ത സമയം താഴെ കൊടുത്ത പ്രകാരമെങ്കിൽ ഓരോ സന്ദർഭത്തിലും കൈയിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലം എത്രയായിരിക്കും? **i) 0.3 s ii) 0.2 s iii) 0.1 s**

b) ഇവിടെ നിങ്ങൾക്ക് ലഭിച്ച ഉത്തരങ്ങളിലെല്ലാം ബലത്തിന്റെ അളവ് നെഗറ്റീവാണല്ലോ. ഇത് എന്തിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു?

c) ഈ ഉത്തരങ്ങൾ വിശകലനം ചെയ്ത് ഒരു പൊതുനിഗമനം രൂപീകരിക്കുക.

ഇവിടെ രൂപീകരിച്ച നിഗമനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ചുവടെ കൊടുത്ത പ്രസ്താവനകൾക്ക് കാരണം കണ്ടെത്തുക.

a) ക്രിക്കറ്റ് കളിക്കാർ വേഗത്തിൽ വരുന്ന പന്ത് പിടിക്കുന്നതിനൊപ്പം കൈ പുറകോട്ട് ചലിപ്പിക്കുന്നു.

b) ഫുട്ബോൾ കളിയിൽ ഗോൾമുഖത്തേക്ക് വരുന്ന പന്ത് ഗോളി പിടിക്കുമ്പോൾ പന്തിനൊപ്പം കൈകൾ പുറകോട്ട് ചലിപ്പിക്കുന്നു.

c) പോൾവാൾട്ട് പിറ്റിൽ ഫോം ബെഡ് ഇടുന്നു.

d) ഗ്ലാസ് പാത്രങ്ങൾ അടുക്കി വച്ചിരിക്കുന്ന പാക്കറ്റുകളിൽ സ്പോഞ്ച് അല്ലെങ്കിൽ വൈക്കോൽ നിറയ്ക്കുന്നു.

ചിത്രം 3.11

രണ്ടാം ചലനനിയമം പരിഗണിക്കുമ്പോൾ ബലം പ്രയോഗിക്കാത്ത ഒരവസരത്തെപ്പറ്റി ചിന്തിച്ചു നോക്കൂ.

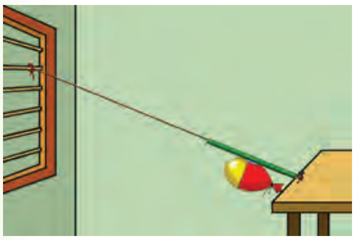
$F = ma \qquad a = \frac{F}{m}$

$F = 0$ എങ്കിൽ $a = 0$

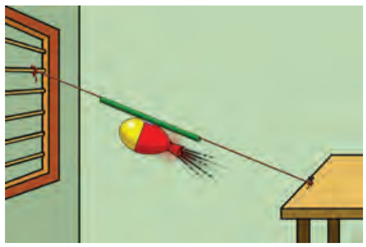
ബലം പ്രയോഗിക്കാത്ത അവസരങ്ങളിൽ വസ്തുവിന് ത്വരണം ഉണ്ടാകില്ലല്ലോ. ത്വരണമുണ്ടാകാത്ത അവസ്ഥയിൽ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന വസ്തു നേർരേഖാ പാതയിൽ തുടരുകയോ ചലനമില്ലാത്ത വസ്തു നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ തുടരുകയോ ചെയ്യും. ഇത് ഒന്നാം ചലന നിയമമല്ലേ? ഇതിൽ നിന്നും രണ്ടാം ചലന നിയമം ഒന്നാം ചലന നിയമവുമായി ഒത്തുപോകുന്നതായല്ലേ മനസ്സിലാകുന്നത്?

കടൽത്തീരത്ത് മണലിൽക്കൂടി ഓടിയിട്ടുണ്ടോ? ചെളി നിറഞ്ഞ പ്രദേശത്തു കൂടി നടന്ന് നീങ്ങാൻ ബുദ്ധിമുട്ടനുഭവപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടോ? എന്നാൽ ഉറച്ച തറയിൽ കൂടി നടക്കുമ്പോഴോ? ഉറച്ച തറയിലൂടെ വേഗത്തിൽ നടക്കാൻ കഴിഞ്ഞതും ചെളിയിൽ നടക്കാൻ പ്രയാസമുണ്ടായതും എന്തുകൊണ്ടായിരിക്കും? നാം തറയിലൂടെ നടക്കുമ്പോൾ ഏത് ദിശയിലാണ് ബലം പ്രയോഗിക്കുന്നത്? നമുക്കുണ്ടാകുന്ന ചലനത്തിന്റെ ദിശയോ? ഇതിനെക്കുറിച്ചുള്ള കൂടുതൽ അറിവുകൾക്കായി നമുക്ക് ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലനനിയമം പരിചയപ്പെടാം.

ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലനനിയമം
(Newton's Third Law of Motion)



ചിത്രം 3.12 (a)

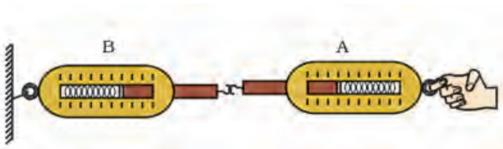


ചിത്രം 3.12 (b)

ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ മിനുസമുള്ള പ്ലാസ്റ്റിക് നൂലിൽ ഒരു സ്ട്രോ കടത്തിയ ശേഷം ചരിച്ചു കെട്ടിയിരിക്കുന്നു. ഊതി വീർപ്പിച്ച ഒരു ബലൂൺ സ്ട്രോയിൽ സെല്ലോടേപ്പ് കൊണ്ട് ഒട്ടിച്ച ശേഷം ബലൂണിലെ വായു തുറന്നു വിടുക. എന്ത് നിരീക്ഷിക്കുന്നു.

- ബലൂണിനുള്ളിലെ വായുവിന്റെ ചലനം ഏത് ദിശയിലാണ്?
- ബലൂണിന്റെ ചലനദിശയോ?

ഒരേ പോലുള്ള രണ്ടു സ്പ്രിങ് ബാലൻസുകൾ ആണ് A യും B യും.



ചിത്രം 3.13

സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് B യുടെ ഒരഗ്രം ജനൽ കമ്പിയിൽ ദൃഢമായി ഉറപ്പിക്കുക. സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് A ഉപയോഗിച്ച് 40 N ബലം B യിൽ പ്രയോഗിച്ചാൽ ഓരോ സ്പ്രിങ് ബാലൻസും സൂചിപ്പിക്കുന്ന റീഡിങ് എത്ര വീതമാണ്? ഇവ തുല്യമല്ലേ?

- ഇവ ഒരേ ദിശയിലാണോ അതോ എതിർ ദിശകളിലാണോ?

ഈ രണ്ട് സ്പ്രിങ് ബാലൻസുകളിൽ ഒന്ന് കാണിച്ച റീഡിങ് ബലവും രണ്ടാമത്തെ സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് കാണിച്ച റീഡിങ് പ്രതിബലവുമാണ്.

അതായത് ഓരോ ബലവും ഒരു പ്രതിബലം ഉളവാക്കുന്നു. ഈ രണ്ട് ബലങ്ങളിൽ ഒന്നിനെ വസ്തുവിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെട്ട ബലം എന്നും രണ്ടാമത്തെ ബലത്തെ പ്രതിബലം എന്നും വിശേഷിപ്പിക്കാം.

ഈ കണ്ടെത്തലുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലനനിയമം രൂപീകരിക്കാൻ കഴിയും.

ഏതൊരു ബലത്തിനും തുല്യവും വിപരീതവുമായ ഒരു പ്രതിബലം ഉണ്ടായിരിക്കും ഇതാണ് ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലനനിയമം.

കാറിനകത്തിരുന്ന് കാറിനെ തള്ളിയാൽ കാർ ചലിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ പിൻ സീറ്റിലിരുന്ന് മുൻ സീറ്റിനെ തള്ളി ചലിപ്പിക്കാൻ നമുക്ക് കഴിയുമല്ലോ. അതെങ്ങനെയാണ്?

മുൻസീറ്റുകൾ നിരക്കി നീക്കാവുന്നതിനാൽ പിൻസീറ്റിലിരുന്ന് മുൻസീറ്റിനെ തള്ളുമ്പോൾ നാം പൂർണ്ണമായും മുൻസീറ്റിന് പുറത്തായതുകൊണ്ട് അതിൽ അസന്തുലിത ബാഹ്യബലം പ്രയോഗിക്കാൻ കഴിയുന്നു. എന്നാൽ കാറിനകത്തിരുന്ന് കാറിനെ തള്ളുമ്പോൾ കൈകൊണ്ട് കാറിന് നൽകുന്ന അതേ അളവിൽ ബലം ശരീരം വഴി കാറിന്റെ പ്ലാറ്റ്ഫോമിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ അവ സന്തുലിതമായി മാറും. അതിനാൽ കാർ ചലിക്കില്ല. റോഡിൽ നിന്നുകൊണ്ട് കാറിനെ തള്ളുമ്പോൾ കാറിന് അസന്തുലിത ബാഹ്യബലം ലഭിക്കുന്നതിനാൽ കാർ ചലിക്കുന്നു.

ബലം, പ്രതിബലം ഇവയിൽ ഏതാണ് ആദ്യം ഉണ്ടാകുന്നതെന്ന് കണ്ടെത്താനാകുമോ?

ബലവും പ്രതിബലവും (Action and Reaction)

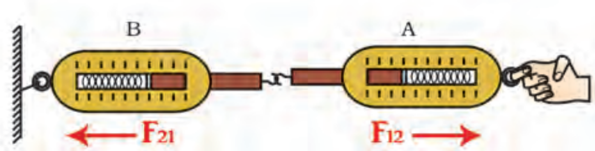
ബലവും പ്രതിബലവും ഒരേ സമയം വ്യത്യസ്ത വസ്തുക്കളിലാണ് അനുഭവപ്പെടുന്നത്. രണ്ടു വസ്തുക്കളിൽ ബലം അനുഭവപ്പെടുമ്പോൾ അവയിൽ ഒരു വസ്തുവിൽ അനുഭവപ്പെടുന്നത് ബലം (action) ആയും രണ്ടാമത്തെ വസ്തുവിൽ എതിർദിശയിൽ ഉളവാകുന്ന ബലം പ്രതിബലം (reaction) ആയും പരിഗണിക്കാം. ഇവ ജോഡികളായി മാത്രമേ പ്രവർത്തിക്കുന്നുള്ളൂ. ബലം ഉണ്ടെങ്കിൽ പ്രതിബലവും ഉണ്ടായിരിക്കും.

? നൽകിയിരിക്കുന്ന പ്രസ്താവനകൾക്ക് കാരണം കണ്ടെത്തി സയൻസ് ഡയറിയിൽ എഴുതൂ.

- **തോണി തുഴയുമ്പോൾ ജലത്തെ പുറകോട്ട് തള്ളുന്നു. പക്ഷേ തോണി മുന്നോട്ട് പോകുന്നു.**
- **റോക്കറ്റ് ലോഞ്ചിങ് സമയത്ത് റോക്കറ്റിന്റെ ജ്വലന അറയിൽ ഇന്ധനം ജ്വലിച്ചുണ്ടാകുന്ന ഉയർന്ന മർദത്തിലുള്ള വാതകങ്ങൾ ഉന്നത വേഗത്തിൽ ഒരു ദിശയിൽ പോകുന്നു. പക്ഷേ റോക്കറ്റ് എതിർ ദിശയിൽ കുതിക്കുന്നു.**
- **കരയ്ക്കടുത്തുള്ള തോണിയിൽ നിന്നും ഒരാൾ കരയിലോട്ട് ചാടുമ്പോൾ തോണി പുറകോട്ട് പോകുന്നു.**

ചിത്രം 3.14

സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് ഉപയോഗിച്ചുള്ള മുൻ പരീക്ഷണത്തിൽ ഇരു ദിശകളിലും തുല്യ ബലമല്ലേ അനുഭവപ്പെട്ടത്?



ചിത്രം 3.15

ബലം ജോഡികളായി മാത്രമേ ഉണ്ടാകുന്നുള്ളു. F_{12} എന്നത് ഒന്നാം വസ്തു രണ്ടാം വസ്തുവിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലമാണ്. F_{21} എന്നതോ? രണ്ടാം വസ്തു ഒന്നാമത്തേതിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലമാണ്. അപ്പോൾ ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലന നിയമപ്രകാരം $F_{12} = -F_{21}$.

നിശ്ചലം | മൂന്നാം ചലനനിയമ പ്രകാരമുള്ള ചലനം | ജഡത്വം കാരണം ചലനം തുടരുന്നു

ചിത്രം 3.16

നൽകിയിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം എഴുതുക. ഉത്തരങ്ങൾ സാധൂകരിക്കുക.

a) ബലവും പ്രതിബലവും തുല്യവും വിപരീതവും ആണല്ലോ. അങ്ങനെയെങ്കിൽ അവ പരസ്പരം നിർവീര്യമാക്കപ്പെടുമോ?

b) ഐസിനു മുകളിൽ നിന്നുകൊണ്ട് ഒരു വാഹനം തള്ളി നീക്കാൻ ശ്രമിച്ചാൽ വാഹനം നീങ്ങുമോ?

മൂന്നാം ചലനനിയമത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ആന്തരികബലം എന്തുകൊണ്ട് സന്തുലിത ബലമായി എന്ന് സ്ഥാപിക്കുക. (സൂചന : ആന്തരികബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ ബലവും പ്രതിബലവും ഒരേ വസ്തുവിലാണ് അനുഭവപ്പെടുന്നത്)

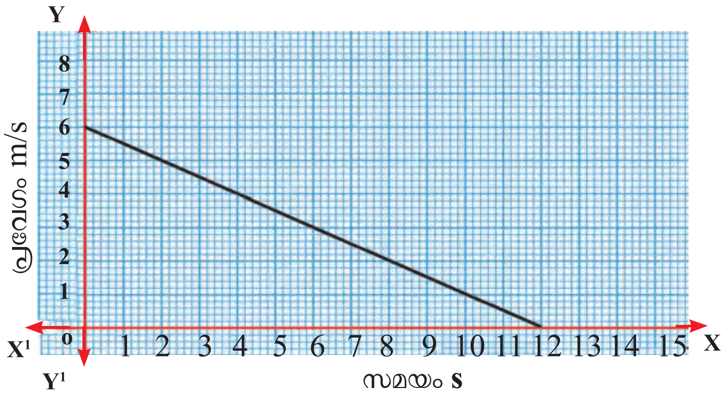
വിലയിരുത്താം

1. 144 km/h പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന 5 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തു 4 s കൊണ്ട് നിശ്ചലാവസ്ഥയിലാകുന്നുവെങ്കിൽ താഴെക്കൊടുത്തവ കണക്കാക്കുക.

   വസ്തുവിന്റെ a) ആദ്യമൊമെന്റം b) അന്ത്യമൊമെന്റം
   c) മൊമെന്റവ്യത്യാസം d) മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്ക്

2. 200 g മാസുള്ള ഒരു ഹോക്കി ബോൾ 20 m/s വേഗത്തിൽ ഒരു ഹോക്കിസ്റ്റിക്കിൽ വന്നിടിച്ച് അതേ വേഗത്തിൽ അതേ പാതയിലൂടെ തിരികെ പോകുന്നു. ഈ ബോളിന്റെ മൊമെന്റവ്യത്യാസം എത്ര?
3. ഭാരം നിറച്ച 10,000 kg മാസുള്ള ഒരു ലോറിയുടെ പ്രവേഗം 4 s കൊണ്ട് 15 m/s ൽ നിന്നും 12 m/s ആയി മാറുന്നുവെങ്കിൽ ലോറിയുടെ മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്കെത്ര?
4. കൂട്ടത്തിൽപ്പെടാത്തതേത്? (ബലം, മൊമെന്റം, പ്രവേഗം, വേഗം)
5. ഒരു കപ്പിനു മുകളിൽ ഒരു കാർഡ്ബോർഡും അതിനു മുകളിൽ ഒരു നാണയവും വച്ചിരിക്കുന്നു.
   a) കാർഡ്ബോർഡിനെ പെട്ടെന്ന് തട്ടിത്തെറിപ്പിച്ചാൽ നാണയത്തിന് എന്തു സംഭവിക്കും?
   b) കാരണമെന്ത്?
6. ഒരു കാർപ്പറ്റ് വൃത്തിയാക്കാൻ വേണ്ടി നാം അതിനെ തൂക്കിപ്പിടിച്ച് അതിൽ കമ്പ് കൊണ്ട് അടിക്കാറുണ്ട്. ഇപ്രകാരം ചെയ്യുമ്പോൾ പൊടി വേർപെടുന്നു. ഇതിന്റെ കാരണം വ്യക്തമാക്കുക.
7. ഒരു കുതിരവണ്ടിയെ കുതിര വലിക്കുമ്പോൾ വണ്ടി മുന്നോട്ടു പോകുന്നു. അതേ സമയം കുതിരവണ്ടി കുതിരയെ എതിർദിശയിൽ തുല്യബലത്തോടെ വലിക്കും. പക്ഷേ കുതിരയും വണ്ടിയും മുന്നോട്ട് പോകും. ഇതെങ്ങനെ സാധ്യമാകുന്നു എന്ന് വിശദീകരിക്കുക.

8. 250 g മാസുള്ള വസ്തു ഒരു പ്രതലത്തിലൂടെ ചലിക്കുന്നതിന്റെ പ്രവേഗ - സമയ ഗ്രാഫ് നൽകിയിരിക്കുന്നു. വസ്തുവിൽ പ്രതലം പ്രയോഗിച്ച ഘർഷണബലം കണക്കാക്കുക.



ഗ്രാഫ് 3.1

9. 500 g മാസുള്ള ഒരു വസ്തു 40 m/s പ്രവേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്നു. 4 s സമയത്തേക്ക് ഒരു ബലം പ്രയോഗിച്ചപ്പോൾ പ്രവേഗം 80 m/s ആയി മാറിയെങ്കിൽ പ്രയോഗിച്ച ബലം കണക്കാക്കുക.

10. 50 kg മാസുള്ള ഒരാൾ ലോങ് ജമ്പ് ചാടുന്നതിനു വേണ്ടി 8 m/s പ്രവേഗത്തിൽ ഓടി വന്ന് ചാടുന്നു. 60 kg മാസുള്ള മറ്റൊരാൾ 7 m/s പ്രവേഗത്തിൽ ഓടി വന്ന് ചാടുന്നു. ഇവരുടെ മൊമെന്റം താരതമ്യം ചെയ്യുക.

11. 14,000 kg മാസുള്ള ഒരു വാഹനത്തിന് 1.8 m/s^2 മന്ദീകരണം ലഭ്യമാക്കി നിശ്ചലമാക്കണമെങ്കിൽ പ്രയോഗിക്കേണ്ട ബലത്തിന്റെ അളവ് കണക്കാക്കുക.

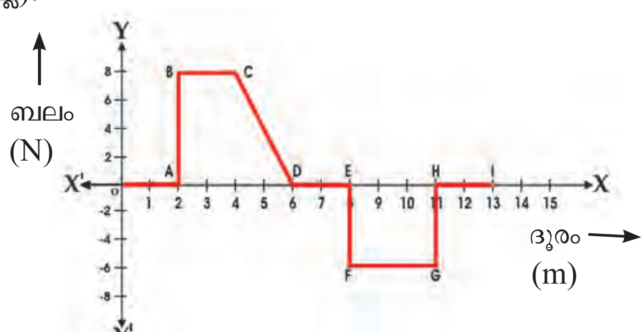
12. 20 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തുവിൽ ഒരു ബലം 2 s സമയത്തേക്ക് പ്രയോഗിച്ചപ്പോൾ അതിന്റെ പ്രവേഗം 10 m/s ൽ നിന്നും 50 m/s ആയി മാറി. ഇതേ ബലം 10 kg മാസുള്ള 20 m/s പ്രവേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ ചലനദിശയിൽ 2 s സമയത്തേക്കു തന്നെ പ്രയോഗിച്ചാൽ അതിന്റെ അന്ത്യപ്രവേഗം കണക്കാക്കുക.

13. 20 g മാസുള്ള ഒരു വെടിയുണ്ട 100 m/s പ്രവേഗത്തിൽ ഒരു മരത്തടിയിൽ തറയ്ക്കുന്നു. മരത്തടിയ്ക്കുള്ളിലേക്ക് 4 cm സഞ്ചരിച്ചപ്പോൾ അത് നിശ്ചലമായി.

a) വെടിയുണ്ടയുടെ ത്വരണമെത്ര? b) വെടിയുണ്ടയുടെ മന്ദീകരണമെത്ര?

c) ഈ വെടിയുണ്ട മരത്തടിയിൽ പ്രയോഗിച്ച ബലം കണക്കാക്കുക

14. 10 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തുവിൽ ബലം പ്രയോഗിക്കുന്നതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഗ്രാഫ് നൽകിയിരിക്കുന്നു. ഗ്രാഫിൽ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രകാരം ബലത്തിന്റെ അളവ് മാറുന്നുണ്ട് (ഘർഷണം പരിഗണിക്കേണ്ടതില്ല).



ഗ്രാഫ് 3.2

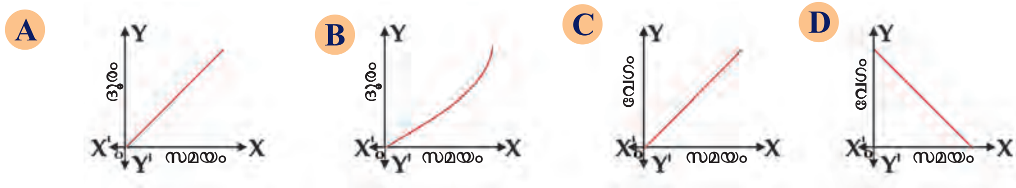
a) വസ്തു 3 m ൽ ആയിരിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ ത്വരണമെത്ര?

b) ഏതൊക്കെ അവസരങ്ങളിലാണ് വസ്തുവിന് സമപ്രവേഗം?

c) ഏതൊക്കെ അവസരങ്ങളിലാണ് വസ്തുവിന് സമത്വരണമുള്ളത്?

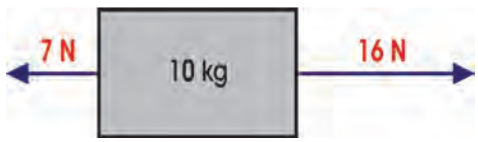
d) ഏത് അവസരത്തിലാണ് മന്ദീകരണമുള്ളത്?

15. പരിണതബലം പൂജ്യമായ ഗ്രാഫേത്?



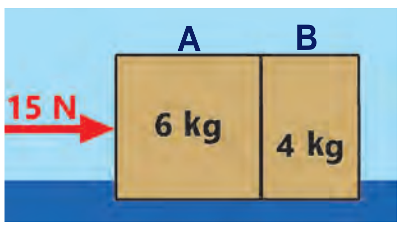
ഗ്രാഫ് 3.3

16. നിശ്ചലാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിൽ ബലം പ്രയോഗിക്കുന്നത് ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ വസ്തുവിന് ലഭിക്കുന്ന ത്വരണമെത്ര? 2 s കൊണ്ട് ഈ വസ്തുവിന് ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥാനാന്തരമെത്ര?



ചിത്രം 3.17

17. ചിത്രം നിരീക്ഷിക്കുക.



ചിത്രം 3.18

A, B എന്നിവ 6 kg, 4 kg എന്നിങ്ങനെ മാസുള്ള രണ്ട് വസ്തുക്കളാണ്. തമ്മിൽ സ്പർശിച്ചിരിക്കുന്ന ഇവ ഘർഷണമില്ലാത്ത ഒരു പ്രതലത്തിലാണ് വച്ചിരിക്കുന്നതെങ്കിൽ ഇവയിൽ 15 N ബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ B എന്ന വസ്തു A എന്ന വസ്തുവിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലം കണക്കാക്കുക.

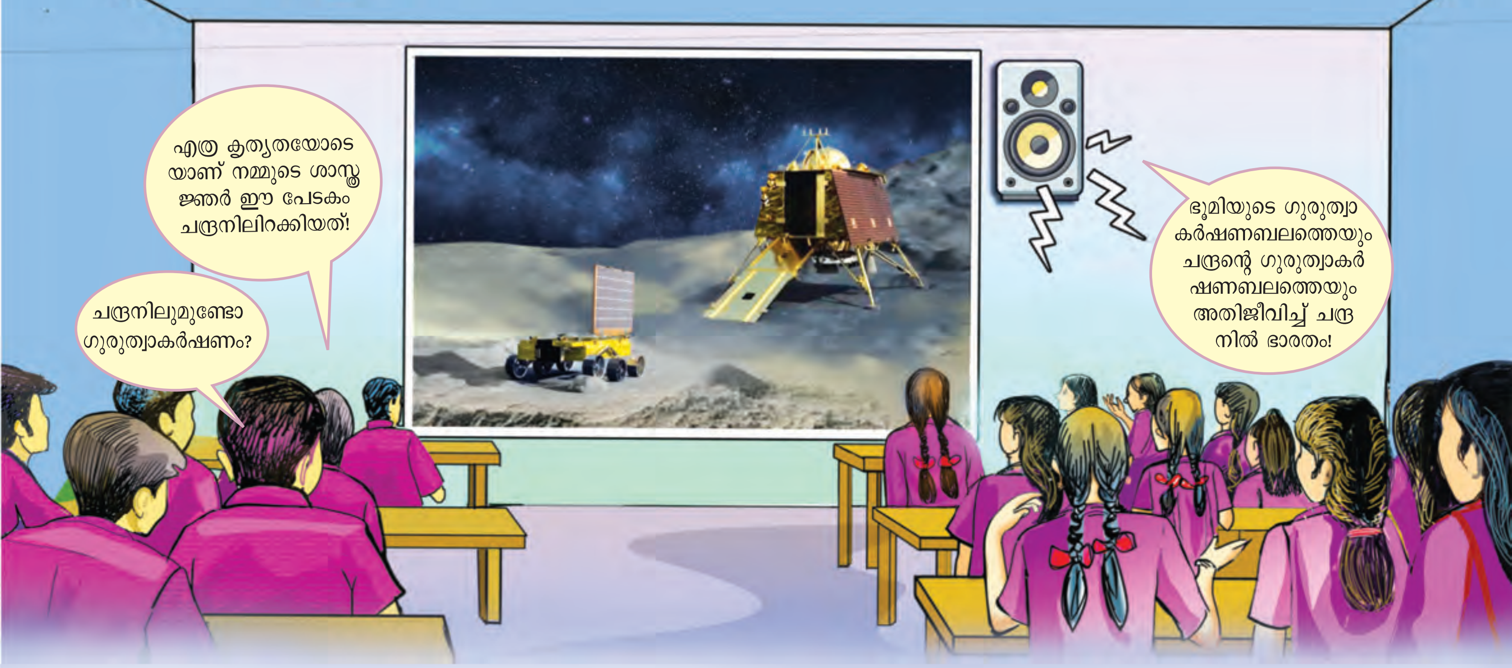
തുടർപ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. വാഹനങ്ങളിലെ അമിതഭാരവും അമിതവേഗവും റോഡ് സുരക്ഷയെ എപ്രകാരം ബാധിക്കും എന്നതിനെക്കുറിച്ച് ഒരു സെമിനാർ പേപ്പർ തയ്യാറാക്കി അവതരിപ്പിക്കുക.

2. വാഹനങ്ങളിലെ ഷോക്ക് അബ്സോർബർ, നമ്മുടെ നട്ടെല്ലിലെ ഡിസ്കുകൾ എന്നിവയുടെ പ്രവർത്തനം വിശദീകരിക്കാൻ ആവേഗം എന്ന ആശയം എങ്ങനെ പ്രയോജനപ്പെടുത്താം എന്നതിനെക്കുറിച്ച് റിപ്പോർട്ട് തയ്യാറാക്കി സയൻസ് ക്ലബ്ബിൽ അവതരിപ്പിക്കുക.

3. ബലവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ഈ യൂണിറ്റിൽ പഠിച്ച ആശയങ്ങൾ നിത്യ ജീവിതത്തിൽ പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്ന സന്ദർഭങ്ങളെക്കുറിച്ച് സെമിനാർ അവതരിപ്പിക്കുക.

4 ഗുരുത്വാകർഷണം

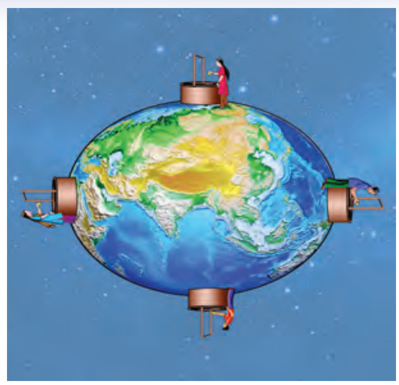


നമുക്ക് ചുറ്റും കാണുന്ന ഫലവൃക്ഷങ്ങളിൽ നിന്ന് ഫലങ്ങളും ഇലകളും ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കുന്നത് ശ്രദ്ധിച്ചിരിക്കുമല്ലോ. മുകളിലേക്ക് എറിഞ്ഞ കല്ലും കൊഴിഞ്ഞുപോയ പക്ഷിത്തൂവലും എന്തുകൊണ്ട് ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കുന്നു എന്ന് ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടോ?

- 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?

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



ചിത്രം 4.1

ചിത്രം 4.2

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?

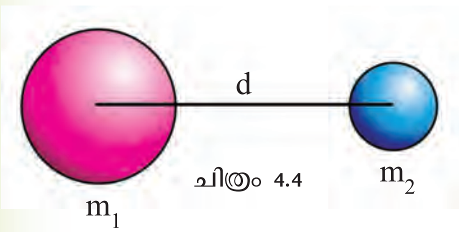
സാർവിക ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം (Universal Law of Gravitation)

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

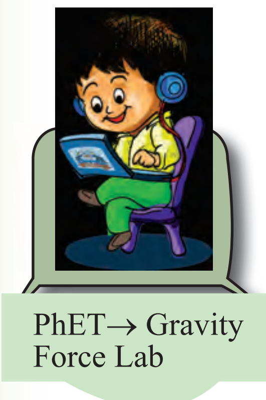


ചിത്രം 4.4

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

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

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



G എന്നത് ഗുരുത്വാകർഷണസ്ഥിരാങ്കമാണ്. 6.67×10^{-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.

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

$$F = G\frac{m_1 m_2}{d^2} = \frac{6.67\times10^{-11}\times40\times50}{(2)^2}\ N$$

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

$$= 3335 \times 10^{-11}\ N$$

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

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

$$F = 0.00000003335\ N$$

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.

ചിത്രം 4.7

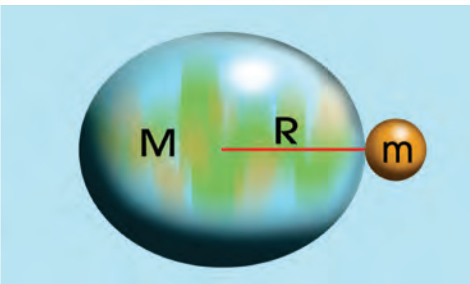
ഒരു നിശ്ചിത ഉയരത്തിൽ നിന്ന് മാസ് കുറഞ്ഞ വസ്തുവും മാസ് കൂടിയ വസ്തുവും ഒരുമിച്ചു താഴേക്ക് പതിപ്പിക്കുക.

- 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.

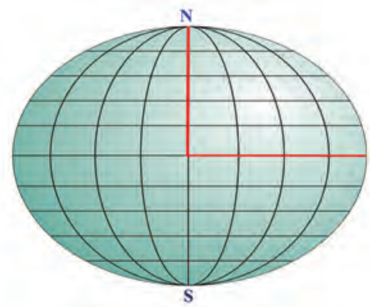
ഭൂമിയുടെ മാസ് $M = 6 \times 10^{24}$ kg

ആരം $R = 6.4 \times 10^{6}$ m

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

ഭൂഗുരുത്വാകർഷണത്വരണം ഭൂമിയിൽ എല്ലായിടത്തും 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 ഗുരുത്വാകർഷണബലം കണക്കാക്കാം.

$$m = 10000\ kg = 10^4\ kg$$

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

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

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

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

$$= 97400\ N$$

ഇത്രയും ബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ വിമാനത്തിനുണ്ടാകുന്ന ത്വരണം എത്രയെന്ന് നോക്കാം.

$$F = mg$$

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

ഭൂമി വിമാനത്തിൽ പ്രയോഗിച്ച ഇതേ ബലം തന്നെയല്ലേ വിമാനം ഭൂമിയിൽ പ്രയോഗിക്കുന്നത്?

വിമാനം ഭൂമിയിൽ ചെലുത്തുന്ന ബലം കാരണം ഭൂമിക്കുണ്ടാകുന്ന ത്വരണം കണക്കാക്കാം.

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

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

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

$$g_{ചന്ദ്രൻ} = 1.62 \text{ m/s}^2$$

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

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

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

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.

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

? **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 ആകാശ ഗോളങ്ങളിലോ (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)

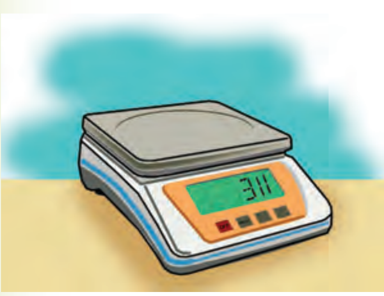
ഒരു കിലോഗ്രാം മാസുള്ള വസ്തുവിൽ ഭൂമി പ്രയോഗിക്കുന്ന ആകർഷണ ബലത്തിന് തുല്യമായ ബലമാണ് ഒരു കിലോഗ്രാം ഭാരം (1 kgwt).

$$F = ma = mg$$

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

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

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? ($g_{ചന്ദ്രൻ} = 1.62\ m/s^2$)

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

$$g_{ചന്ദ്രൻ} = 1.62\ m/s^2$$

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

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)

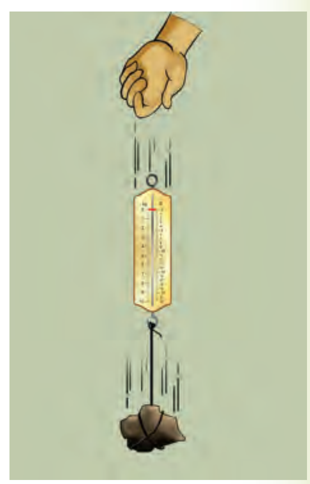
ഒരു സ്പ്രിങ് ബാലൻസിൽ 20 g തൂക്കക്കട്ടി കൊളുത്തിയിട്ട് സ്പ്രിങ് ബാലൻസ് കൈയിൽ പിടിച്ചുകൊണ്ട് പെട്ടെന്ന് താഴ്ത്തുക.

- 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.

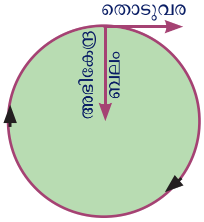
- കല്ല് കയറിൽ കെട്ടി കറക്കുന്നത്
-

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

ഭാരതത്തിന്റെ ഭരണഘടന

ഭാഗം IV ക

മൗലികകർത്തവ്യങ്ങൾ

51 ക. മൗലികകർത്തവ്യങ്ങൾ - താഴെപ്പറയുന്നവ ഭാരതത്തിലെ ഓരോ പൗരന്റെയും കർത്തവ്യം ആയിരിക്കുന്നതാണ് :

(ക) ഭരണഘടനയെ അനുസരിക്കുകയും അതിന്റെ ആദർശങ്ങളെയും സ്ഥാപനങ്ങളെയും ദേശീയപതാകയെയും ദേശീയഗാനത്തെയും ആദരിക്കുകയും ചെയ്യുക;

(ഖ) സ്വാതന്ത്ര്യത്തിനുവേണ്ടിയുള്ള നമ്മുടെ ദേശീയസമരത്തിന് പ്രചോദനം നൽകിയ മഹനീയാദർശങ്ങളെ പരിപോഷിപ്പിക്കുകയും പിൻതുടരുകയും ചെയ്യുക;

(ഗ) ഭാരതത്തിന്റെ പരമാധികാരവും ഐക്യവും അഖണ്ഡതയും നിലനിർത്തുകയും സംരക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുക;

(ഘ) രാജ്യത്തെ കാത്തുസൂക്ഷിക്കുകയും ദേശീയസേവനം അനുഷ്ഠിക്കുവാൻ ആവശ്യപ്പെടുമ്പോൾ അനുഷ്ഠിക്കുകയും ചെയ്യുക;

(ങ) മതപരവും ഭാഷാപരവും പ്രാദേശികവും വിഭാഗീയവുമായ വൈവിധ്യങ്ങൾക്കതീതമായി ഭാരതത്തിലെ എല്ലാ ജനങ്ങൾക്കുമിടയിൽ, സൗഹാർദവും പൊതുവായ സാഹോദര്യമനോഭാവവും പുലർത്തുക, സ്ത്രീകളുടെ അന്തസ്സിന് കുറവു വരുത്തുന്ന ആചാരങ്ങൾ പരിത്യജിക്കുക;

(ച) നമ്മുടെ സമ്മിശ്രസംസ്കാരത്തിന്റെ സമ്പന്നമായ പാരമ്പര്യത്തെ വിലമതിക്കുകയും നിലനിറുത്തുകയും ചെയ്യുക;

(ഛ) വനങ്ങളും തടാകങ്ങളും നദികളും വന്യജീവികളും ഉൾപ്പെടുന്ന പ്രകൃത്യാ ഉള്ള പരിസ്ഥിതി സംരക്ഷിക്കുകയും അഭിവൃദ്ധിപ്പെടുത്തുകയും, ജീവികളോട് കാരുണ്യം കാണിക്കുകയും ചെയ്യുക;

(ജ) ശാസ്ത്രീയമായ കാഴ്ചപ്പാടും മാനവികതയും, അന്വേഷണത്തിനും പരിഷ്കരണത്തിനും ഉള്ള മനോഭാവവും വികസിപ്പിക്കുക;

(ഝ) പൊതുസ്വത്ത് പരിരക്ഷിക്കുകയും ശപഥം ചെയ്ത് അക്രമം ഉപേക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുക;

(ഞ) രാഷ്ട്രം യത്നത്തിന്റെയും ലക്ഷ്യപ്രാപ്തിയുടെയും ഉന്നതതലങ്ങളിലേക്ക് നിരന്തരം ഉയരത്തക്കവണ്ണം വ്യക്തിപരവും കൂട്ടായതുമായ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ എല്ലാ മണ്ഡലങ്ങളിലും ഉൽകൃഷ്ടതയ്ക്കുവേണ്ടി അധ്വാനിക്കുക;

(ട) ആറിനും പതിനാലിനും ഇടയ്ക്ക് പ്രായമുള്ള തന്റെ കുട്ടിക്കോ തന്റെ സംരക്ഷണയിലുള്ള കുട്ടികൾക്കോ, അതതു സംഗതി പോലെ, മാതാപിതാക്കളോ രക്ഷാകർത്താവോ വിദ്യാഭ്യാസത്തിനുള്ള അവസരങ്ങൾ ഏർപ്പെടുത്തുക.

കുട്ടികളുടെ അവകാശങ്ങൾ

പ്രിയമുള്ള കുട്ടികളേ,

നിങ്ങൾക്കുള്ള അവകാശങ്ങളെന്തെല്ലാമെന്ന് അറിയേണ്ടതില്ലേ? അവകാശങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് നിങ്ങളുടെ പങ്കാളിത്തം, സംരക്ഷണം, സാമൂഹികനീതി എന്നിവ ഉറപ്പാക്കാൻ പ്രേരണയും പ്രചോദനവും നൽകും. നിങ്ങളുടെ അവകാശങ്ങൾ സംരക്ഷിക്കാൻ ഇപ്പോൾ ഒരു കമ്മീഷൻ പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ട്. കേരള സംസ്ഥാന ബാലാവകാശസംരക്ഷണ കമ്മീഷൻ എന്നാണ് അതിന്റെ പേര്. എന്തെല്ലാമാണ് നിങ്ങൾക്കുള്ള അവകാശങ്ങൾ എന്നു നോക്കാം.

- സംസാരത്തിനും ആശയപ്രകടനത്തിനുമുള്ള സ്വാതന്ത്ര്യം
- ജീവന്റെയും വ്യക്തിസ്വാതന്ത്ര്യത്തിന്റെയും സംരക്ഷണം
- അതിജീവനത്തിനും പൂർണ്ണവികാസത്തിനുമുള്ള അവകാശം
- ജാതി-മത-വർഗ-വർണ്ണ ചിന്തകൾക്കതീതമായി ബഹുമാനിക്കപ്പെടാനും അംഗീകരിക്കപ്പെടാനുമുള്ള അവകാശം
- മാനസികവും ശാരീരികവും ലൈംഗികവുമായ പീഡനങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള സംരക്ഷണത്തിനും പരിചരണത്തിനുമുള്ള അവകാശം
- പങ്കാളിത്തത്തിനുള്ള അവകാശം
- ബാലവേലയിൽനിന്നും ആപൽക്കരമായ ജോലികളിൽനിന്നുമുള്ള മോചനം
- ശൈശവവിവാഹത്തിൽനിന്നുള്ള സംരക്ഷണം
- സ്വന്തം സംസ്കാരം അറിയുന്നതിനും അതനുസരിച്ച് ജീവിക്കുന്നതിനുമുള്ള സ്വാതന്ത്ര്യം
- അവഗണനകളിൽനിന്നുള്ള സംരക്ഷണം
- സൗജന്യവും നിർബന്ധിതവുമായ വിദ്യാഭ്യാസ അവകാശം
- കളിക്കാനും പഠിക്കാനുമുള്ള അവകാശം
- സ്നേഹവും സുരക്ഷയും നൽകുന്ന കുടുംബവും സമൂഹവും ലഭ്യമാകാനുള്ള അവകാശം

നിങ്ങളുടെ ചില ഉത്തരവാദിത്വങ്ങൾ

- സ്കൂൾ, പൊതുസംവിധാനങ്ങൾ എന്നിവ നശിപ്പിക്കാതെ സംരക്ഷിക്കുക.
- സ്കൂളിലും പഠനപ്രവർത്തനങ്ങളിലും കൃത്യനിഷ്ഠ പാലിക്കുക.
- സ്കൂൾ അധികാരികളെയും അധ്യാപകരെയും മാതാപിതാക്കളെയും സഹപാഠികളെയും ബഹുമാനിക്കുകയും അംഗീകരിക്കുകയും ചെയ്യുക.
- ജാതി-മത-വർഗ-വർണ്ണ ചിന്തകൾക്കതീതമായി മറ്റുള്ളവരെ ബഹുമാനിക്കാനും അംഗീകരിക്കാനും സന്നദ്ധരാവുക.

ബന്ധപ്പെടേണ്ട വിലാസം:

കേരള സംസ്ഥാന ബാലാവകാശസംരക്ഷണ കമ്മീഷൻ
ശ്രീ ഗണേഷ്, റ്റി.സി. 14/2036, വാൻറോസ് ജംങ്ഷൻ,
കേരള യൂണിവേഴ്സിറ്റി പി.ഒ, തിരുവനന്തപുരം – 34
ഫോൺ 0471 – 2326603

ഇ- മെയിൽ childrights.cpcr@kerala.gov.in, rte.cpcr@kerala.gov.in
വെബ്സൈറ്റ് : www.kescpcr.kerala.gov.in
ചൈൽഡ് ഹെൽപ്പ് ലൈൻ - 1098, ക്രൈം സ്റ്റോപ്പർ - 1090, നിർഭയ – 1800 425 1400
കേരള പൊലീസ് ഹെൽപ്പ് ലൈൻ - 0471 – 3243000/44000/45000

online ***R.T.E Monitoring : www.nireekshana.org.in***