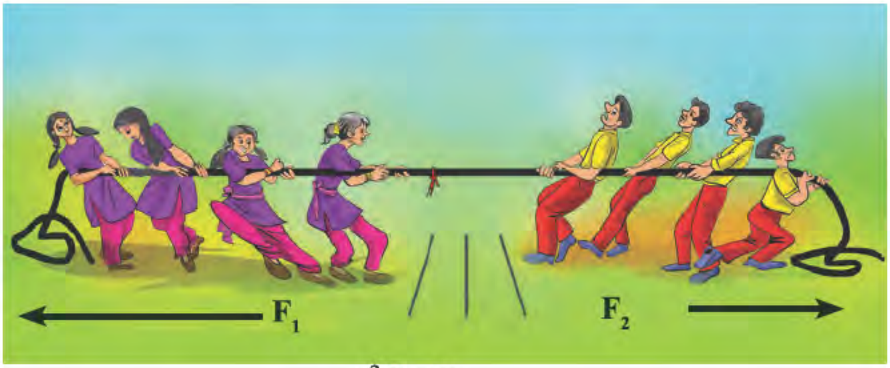
3 ചലനനിയമങ്ങൾ

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

- പന്ത് പിടിച്ചപ്പോൾ കുട്ടി പന്തിനൊപ്പം കൈ കൂടി പുറകോട്ട് ചലിപ്പിച്ചതെന്തിനായിരിക്കും?

രണ്ടു ടീമുകൾ വടം വലിക്കുന്നത് കാണാമല്ലോ.

- രണ്ടു ടീമുകളും ബലം പ്രയോഗിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെങ്കിലും വടം ഒരു ദിശയിൽ മാത്രം ചലിക്കുന്നു. എന്തായിരിക്കും കാരണം?



ചിത്രം 3.1

- 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).

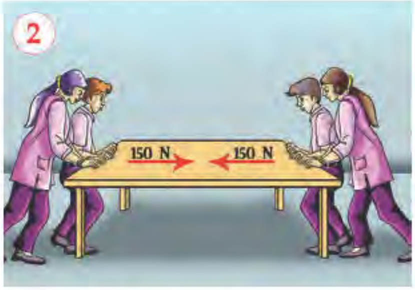
- ഒരു വസ്തുവിൽ കിഴക്ക് ദിശയിൽ 100 N ബലവും പടിഞ്ഞാറ് ദിശയിൽ 150 N ബലവും പ്രയോഗിച്ചാൽ പരിണതബലം എത്രയായിരിക്കും?

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.

ചിത്രം 3.3

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.

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.

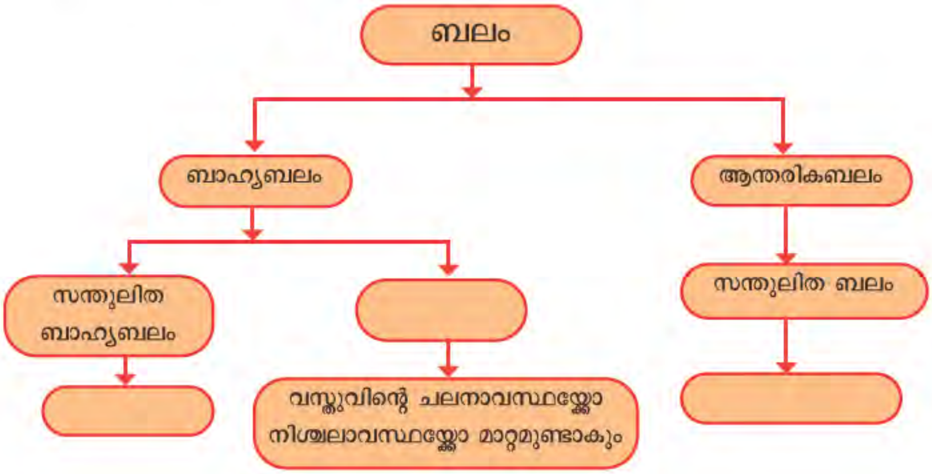
ചിത്രം 3.4

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

  (സന്തുലിതം/അസന്തുലിതം)

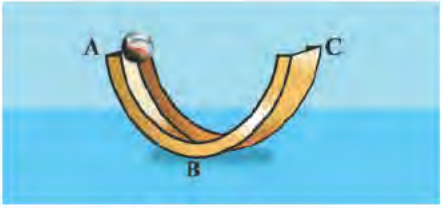
എല്ലാ ആന്തരികബലങ്ങളും സന്തുലിത ബലങ്ങളാണ്. അതിനാലാണ് ആന്തരികബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ വസ്തുവിന്റെ നിശ്ചലാവസ്ഥയ്ക്കോ ചലനാവസ്ഥയ്ക്കോ മാറ്റമുണ്ടാകാത്തത്.

? ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്ന ചാർട്ട് പൂർത്തിയാക്കി സയൻസ് ഡയറിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തൂ.

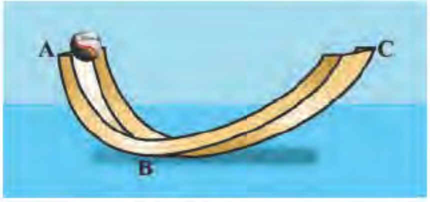


ഗലീലിയോയുടെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ (Galileo's Observations)

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

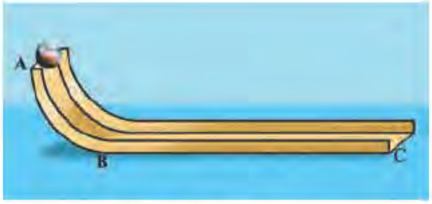


ചിത്രം 3.5 (a)



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 താൽ പര്യമുണ്ടായിരുന്നു. 1581-ൽ ആദ്യത്തെ ശാസ്ത്രഗ്രന്ഥമായ ദി ലിറ്റിൽ ബാലൻസ് എന്ന പുസ്തകത്തിൽ ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത കണ്ടെത്തുന്നതിനുള്ള ആർക്കി മിഡീസ് രീതി അദ്ദേഹം എഴുതി. തന്റെ സ്വന്തം ദൂരദർശിനിയിലൂടെ ശനിയെയും ശുക്രനെയും നിരീക്ഷിച്ച് എല്ലാ ഗ്രഹ ങ്ങളും സൂര്യനെ ചുറ്റുന്നതായി വാദിച്ചു. ചരിവുതലങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചുള്ള പരീ ക്ഷണങ്ങളിലൂടെ അദ്ദേഹത്തിന് ജഡത്വ ത്തെക്കുറിച്ച് ചില സൂചനകൾ നൽകാൻ കഴിഞ്ഞു.

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

ചാനലിന്റെ ചരിവ് കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് ഗോലി കൂടുതൽ ദൂരം പോകുമല്ലോ.

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

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

ചലിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിനെ നിശ്ചലമാക്കാൻ ചലന ത്തിന്റെ എതിർദിശയിൽ അസന്തുലിത ബാഹ്യബലം പ്രയോഗി ക്കണം. ഒരു വസ്തുവിന് സമവേഗത്തിലുള്ള നേർരേഖാ ചലനം നിലനിർത്തുന്നതിന് ഒരു അസന്തുലിതബാഹ്യബലം ആവശ്യ മില്ല.

ഇതായിരുന്നു ഗലീലിയോയുടെ നിരീക്ഷണഫലം.

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

ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനാവസ്ഥയ്ക്കോ നിശ്ചലാവസ്ഥയ്ക്കോ മാറ്റം വരുത്തുന്ന തിന് 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 സഹാ യിച്ചു.

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

ഒന്നാം ചലനനിയമം ബലം, ജഡത്വം എന്നീ ഭൗതിക അളവുകളെ നിർവചിക്കാൻ സഹായിച്ചു.

- എന്താണ് ബലം?

ഒരു വസ്തുവിന്റെ നിശ്ചലാവസ്ഥയ്ക്കോ നേർരേഖാ സമചലന ത്തിനോ 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 കാര ണമെന്താണ്?
    - 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 ജഡത്വ ത്തിന് 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 റിഫ്ലക്ടിങ് 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)

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.

- 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

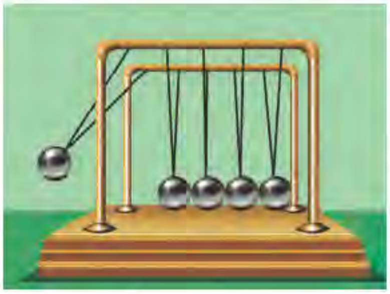
a) പരിണതബലം കണക്കാക്കുക.

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	$\frac{600\ kgm/s}{5\ s} = 120$
$\frac{F}{2}$	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 × 1 kg × 1 m/s^2 ; k = 1

F = ma

ഇതാണ് ബലം കണക്കാക്കാനുള്ള സമവാക്യം.

? **12 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തു 4 m/s^2 ത്വരണത്തോടു കൂടി ചലിക്കുന്നു വെങ്കിൽ 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

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

$$= 25 \text{ m/s}$$

അന്ത്യപ്രവേഗം v = 0

മാസ് m = 1000 kg

$$F = ma$$

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

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

$$= -5000 \text{ N}$$

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

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

b) ബലം F = മൊമെന്റവ്യത്യാസനിരക്ക് = 30 N

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

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

? 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.

ചിത്രം 3.10

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.

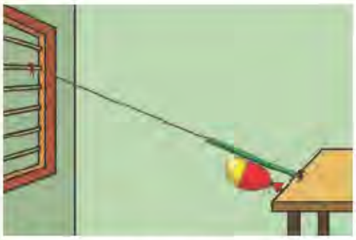
$F = ma \qquad a = \frac{F}{m}$

$F = 0$ എങ്കിൽ $a = 0$

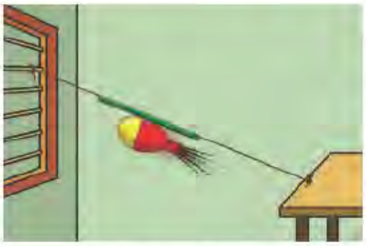
ബലം പ്രയോഗിക്കാത്ത അവസരങ്ങളിൽ വസ്തുവിന് ത്വരണം ഉണ്ടാകില്ലല്ലോ. ത്വരണമുണ്ടാകാത്ത അവസ്ഥയിൽ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന വസ്തു നേർരേഖാപാതയിൽ തുടരുകയോ ചലനമില്ലാത്ത വസ്തു നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ തുടരുകയോ ചെയ്യും. ഇത് ഒന്നാം ചലന നിയമമല്ലേ? ഇതിൽ നിന്നും രണ്ടാം ചലന നിയമം ഒന്നാം ചലന നിയമവുമായി ഒത്തുപോകുന്നതായല്ലേ മനസ്സിലാകുന്നത്?

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)

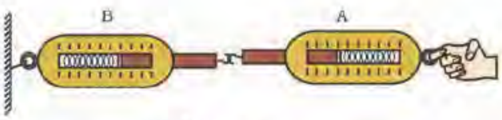


ചിത്രം 3.12 (b)

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)

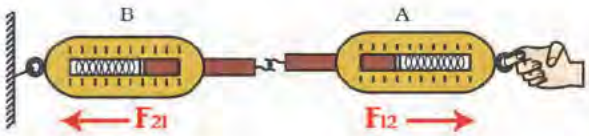
ബലവും പ്രതിബലവും ഒരേ സമയം വ്യത്യസ്ത വസ്തുക്കളിലാണ് അനുഭവപ്പെടുന്നത്. രണ്ടു വസ്തുക്കളിൽ ബലം അനുഭവപ്പെടുമ്പോൾ അവയിൽ ഒരു വസ്തുവിൽ അനുഭവപ്പെടുന്നത് ബലം (action) ആയും രണ്ടാമത്തെ വസ്തുവിൽ എതിർദിശയിൽ ഉളവാകുന്ന ബലം പ്രതിബലം (reaction) ആയും പരിഗണിക്കാം. ഇവ ജോഡികളായി മാത്രമേ പ്രവർത്തിക്കുന്നുള്ളൂ. ബലം ഉണ്ടെങ്കിൽ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

നൽകിയിരിക്കുന്ന പ്രസ്താവനകൾക്ക് കാരണം കണ്ടെത്തി സയൻസ് ഡയറിയിൽ എഴുതൂ.

- **തോണി തുഴയുമ്പോൾ ജലത്തെ പുറകോട്ട് തള്ളുന്നു. പക്ഷേ തോണി മുന്നോട്ട് പോകുന്നു.**
- **റോക്കറ്റ് ലോഞ്ചിങ്ങ് 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 ഉണ്ടാകുന്നുള്ളൂ. F_{12} എന്നത് ഒന്നാം വസ്തു രണ്ടാം വസ്തുവിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലമാണ്. F_{21} എന്നതോ? രണ്ടാം വസ്തു ഒന്നാമത്തേതിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലമാണ്. അപ്പോൾ ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം ചലന നിയമപ്രകാരം $F_{12} = -F_{21}$.

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.

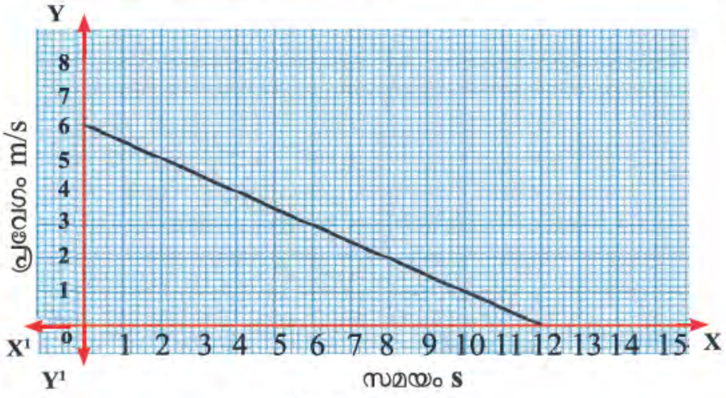
   a) കാർഡ്ബോർഡിനെ പെട്ടെന്ന് തട്ടിത്തെറിപ്പിച്ചാൽ നാണയത്തിന് എന്തു സംഭവിക്കും?

   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.

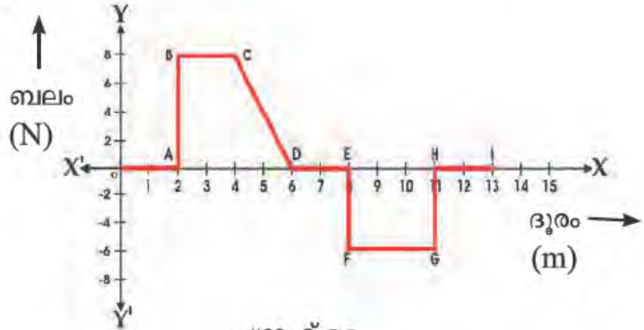
12. 20 kg മാസുള്ള ഒരു വസ്തുവിൽ ഒരു ബലം 2 s സമയത്തേക്ക് പ്രയോഗിച്ചപ്പോൾ അതിന്റെ പ്രവേഗം 10 m/s ൽ നിന്നും 50 m/s ആയി മാറി. ഇതേ ബലം 10 kg മാസുള്ള 20 m/s പ്രവേഗത്തിൽ ചലിക്കുന്ന വസ്തുവിന്റെ ചലനദിശയിൽ 2 s സമയത്തേക്കു തന്നെ പ്രയോഗിച്ചാൽ അതിന്റെ അന്ത്യപ്രവേഗം കണക്കാക്കുക.

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?

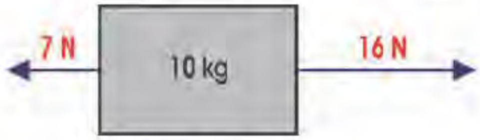
c) ഏതൊക്കെ അവസരങ്ങളിലാണ് വസ്തുവിന് സമത്വരണമുള്ളത്?

d) ഏത് അവസരത്തിലാണ് മന്ദീകരണമുള്ളത്?

15. പരിണതബലം പൂജ്യമായ ഗ്രാഫേത്?

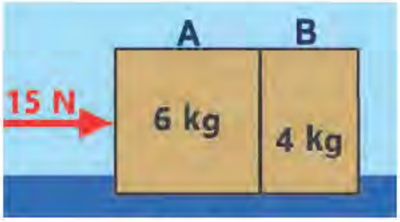
ഗ്രാഫ് 3.3

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.