க.பொ.த (உயர்தரம்)

பௌதிகவியல்

தரம் - 12

வளநூல்

அலகு - 02

பொறியியல்

அத்தியாயம் - 1

பொறியியல்

2.1 ஒரு பரிமாண இரு பரிமாண இயக்கத்தின் பகுப்பாய்வு

இயக்கத்தியல்

குறித்த கணத்தில் உடல் ஒன்று "எவ்வளவு விரைவு" என்பது அக்கணத்தில் அவ்வுடலின் வேகத்தை விபரிக்கின்றது.

வேகத்தின் வரைவிலக்கணம்

குறித்த திசையில் உடலொன்றின் இடப்பெயர்ச்சி மாறும் விதம் அதன் வேகமாகும்.
வேகத்தைக் குறிக்கும் குறியீடு v அல்லது u
வரைவிலக்கணத்திலிருந்து

$$\text{வேகம்} = \frac{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}{\text{நேரம்}}$$

$$\boxed{v = \frac{\Delta s}{\Delta t}}$$

- வேகம் என்பது காவிக்கணியமாதலால் அதற்குத் திசையுண்டு.
- வேகத்தின் S.I அலகு $m\,s^{-1}$.

தொடர்பு இயக்கம்

உதாரணம் 1

இரண்டு மோட்டார் வண்டிகள் பக்கம் பக்கமாக $100\,km\,h^{-1}$ கதிகளுடன் விரைவதாகக் கருதுக. பாதையின் பக்கத்தில் நிற்கும் போலீஸ்காரன் அவர்களின் கதிகளைக் கதித்துப்பாக்கி மூலம் 100 $km\,h^{1}$ எனக் கண்டுபிடிக்கிறான். ஆனால் ஒரு மோட்டார் வண்டியிலுள்ள ஓட்டுனர்க்கு மற்றைய வண்டி ஓய்விலிருப்பது போல் தோற்றுகிறது.

ஆகவே பொருள் ஒன்றின் வேகமானது அது எந்த "மாட்டேற்றுச் சட்டத்தில்" யாரினால் அவதானிக்கப்படுகிறது அல்லது அளக்கப்படுகிறது என்பதில் தங்கியிருப்பதை இது காட்டுகிறது. நாளாந்த வாழ்க்கையில் நிலமானது மாட்டேற்றுச் சட்டமாகக் கொள்ளப்படுகிறது.

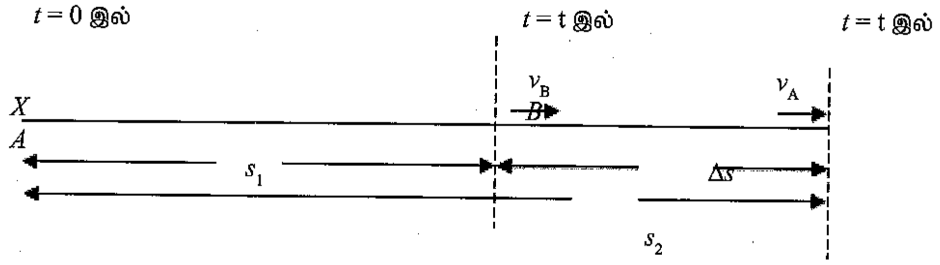
உதாரணமாக போலீஸ் அதிகாரி அவர் ஓய்விலிருக்கையில் மோட்டார் கார்களின் கதிகளைக் கண்டறிந்தார். ஆனால் அவர் இயங்கியவாறு கதியைக் கண்டிருந்தால் கதியின் பெறுமானம் வேறாக இருந்திருக்கும்

உதாரணம் 2

இயங்கும் வாகனம் ஒன்றினுள் இருக்கும் பயணி நிலத்திலுள்ள மரமானது அவர் இயங்கும் திசைக்கு எதிரான திசையில் சமமான கதியில் இயங்குவதை அவதானிப்பார். உண்மையில் மரமானது மாட்டேற்றுச்சட்டம் சார்பாக அதாவது நிலம் சார்பாக ஓய்விலிருப்பினும் இயங்கும் வாகனத்தின் சட்டம் சார்பாக அதற்கு ஒரு வேகமுண்டு.

ஒரு பொருள் A யின் உண்மையான வேகம் அதாவது நிலம் சார்பாக அதன் வேகத்தை $v_{A,E}$ எனக் குறிக்கலாம். வேறு ஒரு பொருள் B சார்பாக அதாவது வேறு சட்டம் சார்பாக A யின் வேகத்தை $V_{A,B}$ எனக் குறிக்கலாம்.

வெவ்வேறு மாட்டேற்றுச் சட்டங்கள் சார்பாக வேகங்களுக் கிடையிலுள்ள தொடர்பை பின்வரும் உதாரணங்களின் மூலம் பெறலாம். A , B என்ற இரு பொருட்கள் பூமி சார்பாக v_A, v_B என்ற சீரான வேகங்களுடன் ஒரே திசையில் ஒரே பாதையில் இயங்குவதாகக் கருதுக.
அவை X என்ற புள்ளியை ஒரே நேரத்தில் சீரான வேகங்கள் v_A, v_B யுடன் கடக்கின் ($v_A > v_B$ ஆயின்)



ஆகவே A யின் வேகம் $v_A = \dfrac{\vec{s}_2}{t}$

B யின் வேகம் $v_B = \dfrac{\vec{s}_1}{t}$

't' நேரத்தின் பின் B சார்பாக (அல்லது B யினால் அவதானித்தால்) A ஆனது Δs என்ற தூரத்தினால் இடம்பெயர்ந்திருக்கும்.

$\therefore$ 1 s இல், $\vec{\Delta s} = (\vec{s}_2 - \vec{s}_1)$

$$\frac{\vec{\Delta s}}{t} = \frac{\overrightarrow{(s_2 - s_1)}}{t}$$

$$\frac{\vec{\Delta s}}{t} = \frac{\vec{s}_2}{t} - \frac{\vec{s}_1}{t}$$

அதாவது

$$\boxed{v_{A,B} = v_A - v_B} \quad \text{———— (1)}$$

(பூமி தொடர்பாக A, B யின் வேகங்கள் கருதப்படுவதால் $v_A = v_{A,E}$ $v_B = v_{B,E}$)

காவிகளின் இயல்புகளின் படி $v_{A,B} = v_{A,E} - v_{B,E}$

$$v_A = -v_A$$

அத்துடன்

$$v_{A,E} = -v_{A,E} = v_{E,A}$$

$$v_{B,E} = -v_{B,E} = v_{E,B}$$

ஆகவே மேலுள்ள தொடர்பைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$\boxed{v_{A,B} = v_{A,E} + v_{E,B}}$$

இதிலிருந்து அறிவது யாதெனில் பொருள் ஒன்றினது வேகத்தை வேறு ஒரு பொருள் சார்பாக (வேறு ஒரு மாட்டேற்றுச்சட்டம்) விபரிப்பதற்கு அவற்றின் வேகங்களின் மூலம் ஒரு மூன்றாம் மாட்டேற்றுச்சட்டம் சார்பாக வெளிப்படுத்தலாம்.

தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

1. ஒரு படகு B யானது $60\ \mathrm{km\ h^{-1}}$ வேகத்துடன் வடக்கு நோக்கிச் செல்கிறது. வடக்கிலிருந்து உறுதியான காற்று(W), $40\ \mathrm{km\ h^{-1}}$ வேகத்துடன் வீசுகிறது. படகிலிருக்கும் பயணி ஒருவரினால் உணரப்படும் காற்றின் வேகம் யாது ?

விடை:

$v_{B,E} = 60 \uparrow$ இதிலிருந்து $v_{E,B} = 60 \downarrow$

$v_{W,E} = 40 \downarrow$

$v_{W,B} = v_{W,E} + v_{E,B}$

$= 40\downarrow + 60\downarrow = (40+60)\downarrow = 100\ \mathrm{km\ h^{-1}}$

2. மோட்டார் சைக்கிள்(M) ஒன்று நேரான பாதையில் $100\ \mathrm{km\ h^{-1}}$ கதியுடன் செல்கின்றது. இது போலீஸ் காரை(C) கடக்கும் போது காரானது $110\ \mathrm{km\ h^{-1}}$ கதியுடன் துரத்த ஆரம்பிக்கின்றது. காரிலுள்ள போலீஸ்காரன் சார்பாக மோட்டார் சைக்கிளின் வேகம் யாது ?

விடை:

$v_{M,E} = \overrightarrow{100}\ kmh^{-1}$

$v_{C,E} = \overrightarrow{110}\ kmh^{-1} \qquad v_{E,C} = \overleftarrow{110} kmh^{-1}$

$v_{M,C} = v_{M,E} + v_{E,C}$

$= \overrightarrow{100}\ kmh^{-1} + \overleftarrow{110}\ kmh^{-1}$

$= \overleftarrow{-100}\ kmh^{-1} + \overleftarrow{110}\ kmh^{-1}$

$= \overleftarrow{10}\ kmh^{-1}$

3. 150 m நீளமான புகை வண்டியொன்று (T) நேரிய பாதையில் $70\ \mathrm{km\ h^{-1}}$ என்ற மாறாகதியுடன் பயணிக்கின்றது. மோட்டார் வண்டியொன்று (M) தண்டவாளப் பாதைக்குச் சமாந்தரமாக, அருகில் செல்லும் நேரிய பாதையில் புகைவண்டி செல்லும் அதே திசையில் $85\ \mathrm{km\ h^{-1}}$ என்ற மாறாக்கதியுடன் செல்கின்றது. மோட்டார் வண்டிக்குப் புகை வண்டியைக் கடக்க எடுக்கும் நேரம் யாது ?

விடை:

$v_{M,E} = \overrightarrow{85}\ kmh^{-1}$

$v_{T,E} = \overrightarrow{70}\ kmh^{-1} \qquad v_{E,T} = \overleftarrow{70}\ kmh^{-1}$

$v_{M,T} = v_{M,E} + v_{E,T}$

$= \overrightarrow{85}\ kmh^{-1} + \overleftarrow{70}\ kmh^{-1}$

$= \overrightarrow{85}\ kmh^{-1} - \overrightarrow{70}\ kmh^{-1}$

$= \overrightarrow{15}\ kmh^{-1}$

$$\text{வேகம்} = \frac{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}{\text{நேரம்}}$$ என்பதால்

$$15\ \mathrm{km\ h^{-1}} = \frac{150\times10^{-3}\mathrm{km}}{t}$$

$t = 10^{-2}\ h$

$t = 10^{-2}\times 3600\ \mathrm{s}$

$\underline{\underline{t = 36\ \mathrm{s}}}$

1. ஒவ்வொரு நாளும் சூரியனானது புவியைக் கடந்து செல்வது அவதானிக்கப்படுகிறது. ஆனால் உண்மையான இயக்கத்தில் புவியானது தனது அச்சுப்பற்றி சுற்றி இயங்குகின்றது.

2. காற்று வீசாத போது மழை பெய்யும் போது மழைத்துளிகள் புவியீர்ப்புக் காரணமாக நிலைக்குத்தாக விழுகின்றது. ஆனால் இயங்கும் புகைவண்டியினுள் உள்ள நபருக்கு மழை ஒரு கோணத்தில் விழுவதை அவதானிப்பர்.

மாறாத ஆர்முடுகலுடனான நேர்கோட்டு இயக்கம்

இயக்கங்களுக்குரிய வரைபுகள்

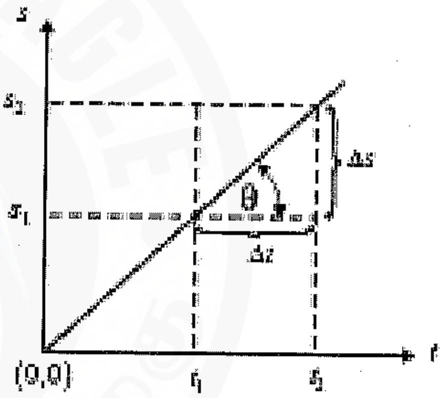
இடப்பெயர்ச்சி, வேகம், ஆர்முடுகல் போன்ற இயல்புகளைப் பொருள் ஒன்றின் நேர்கோட்டு இயக்கத்தை விபரிப்பதற்கு உபயோகிக்கலாம்.

$$\text{வேகம்} = \frac{\text{Äஇடப்பெயர்ச்சி}}{\text{Äநேரம்}}$$

$$\text{ஆர்முடுகல்} = \frac{\text{Äவேகம்}}{\text{Äநேரம்}}$$

இடப்பெயர்ச்சி - நேர வரைபு

உடல் ஒன்று குறித்த திசையொன்றில் இயங்கிய தூரத்தை(இடப்பெயர்ச்சி) நேரத்திற்கு எதிரே குறித்தால் இடப்பெயர்ச்சி (s) - நேரம் (*t*) வரைபு பெறப்படும்.



உரு 1.2

- இடப்பெயர்ச்சி (s) - நேரம்(t) வரைபானது நேர்கோடாக பெறப்படின்,

  படித்திறன் $= \tan\theta$

  படித்திறன் $== \dfrac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$

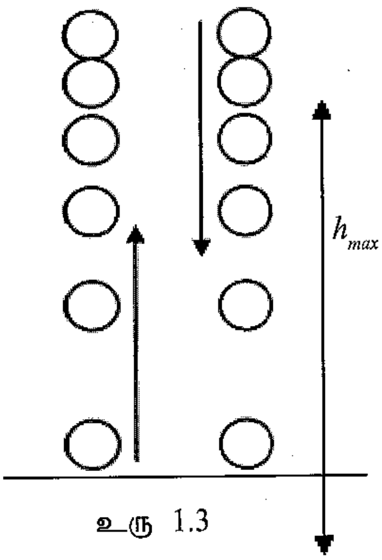
  $$= \frac{Äs}{Ät}$$

படித்திறன் = உடலின் வேகம்

இடப்பெயர்ச்சி எதிர் நேரவரைபு நேர்கோடாயின் பொருளின் இயக்கமானது "சீரான வேகம்" என்பதை இது காட்டுகிறது.

- நிலைக்குத்தாக மேல்நோக்கி எறியப்பட்ட பந்து ஒன்று புவியீர்ப்பின் கீழ் இயங்கும் போது சமநேர இடைவெளிகளில் எடுக்கப்பட்ட ஒளிப்படத்தின் அடுத்தடுத்த நிலைகளை உரு காட்டுகிறது.

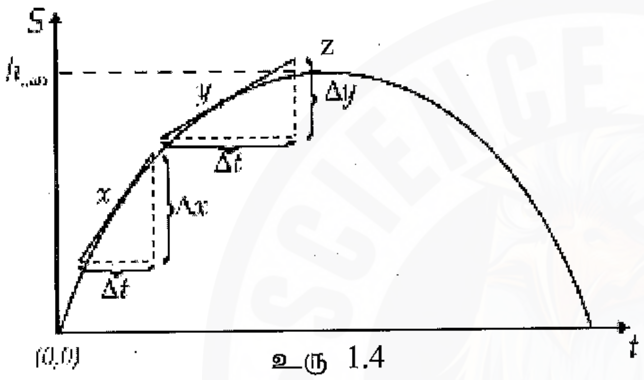
ஒளிப்படமானது சமநேர இடைவெளிகளில் எடுக்கப்பட்டதால் பொருள் மேல் நோக்கி இயங்கும் போது இடப்பெயர்ச்சி



உரு 1.3

குறைவதையும் அது கீழ் நோக்கி இயங்கும் போது இடப்பெயர்ச்சி அதிகரிக்கின்றது என்பது தெளிவாகின்றது. பந்தானது சீரான வேகத்துடன் இயங்காததால் வரைபானது ஏகபரிமாணமற்றது என்பது தெளிவாகின்றது.
எனவே இதன் இடப்பெயர்ச்சி (S) ஐ நேரம்(t) இற்கு எதிராக வரைபு வரையின் அது கீழ் உள்ள வரைபில் (உரு 1.4) காட்டியவாறு அமையும்

- பொருள் சீரான வேகத்துடன் இயங்கவில்லை எனத் தெளிவாகிறது எனவே வரைபானது ஏகபரிமாணமற்றது.
- வரைபிலுள்ள இரண்டு புள்ளிகள் x, y ஐ கருதின் குறித்த கணங்களில் புள்ளிகள் x, y யில் வரைபுக்குத் தொடலிகள் வரையின் அவற்றின் படித்திறன்கள் அக்கணங்களில் பொருளின் வேகத்தை தரும்.



உரு 1.4

$$(\text{படித்திறன்})_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = (\text{வேகம்})_x$$

$$(\text{படித்திறன்})_y = \frac{\Delta x}{\Delta t} = (\text{வேகம்})_y$$

$(\text{படித்திறன்})_x > (\text{படித்திறன்})_y$ ஆதலினால்

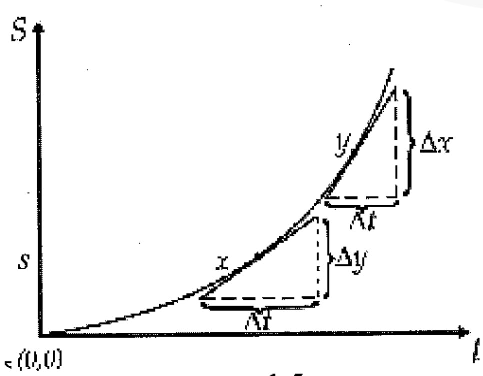
$$(\text{வேகம்})_x > (\text{வேகம்})_y$$

ஆகவே நிலைக்குத்தாக மேல்நோக்கிச் செல்லும் போது குறையும் வேகத்துடன் அதாவது "அமர்முடுகலுடன்" இயங்குகின்றது.

அதியுயர் புள்ளி z இல் $(\text{படித்திறன்})_z = 0$

ஆகவே அதியுயர் புள்ளியில் நிலைக்குத்து திசையில் பூச்சிய வேகத்தையடைகிறது.

- அதேபோல் இயக்கம் கீழுள்ளவாறு வெளிப்படுத்தப்படின்



உரு 1.5

இங்கு x, y இல் வேகங்கள்

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v_y = \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

$v_x < v_y$ என்பது தெளிவாகும்.

"ஆர்முடுகலுடன்" இயங்குகின்றது.

ஆகவே புவியீர்ப்பின் கீழ் எறியப்பட்ட பொருளானது கீழ் நோக்கி இயங்கும் போது ஆர்முடுகலுடன் இயங்கும் என்பது தெளிவாகின்றது.

வேக - நேர வரைபு

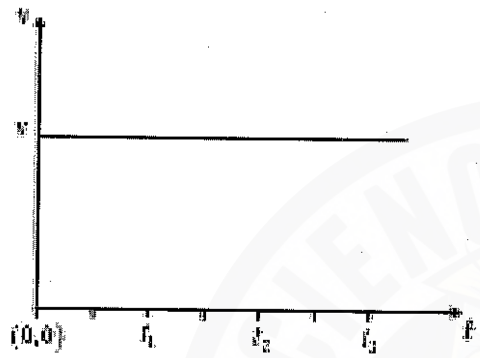
பொருள் ஒன்றின் வேகமானது நேரத்துடன் மாறும் போது நேரத்திற்கு எதிரே வேகம் குறிக்கப்படின் வேக-நேர வரைபு பெறப்படும்.

சீரான வேகம்

- நேரத்துடன் பொருள் ஒன்றின் வேகம் மாறாதிருப்பின் கீழுள்ளவாறு வேகம் எதிர் நேர வரைபு பெறப்படும்.

நேர அச்சுக்கு சமாந்தரமான நேர்கோடு சீரான வேகத்தைக் குறிக்கின்றது.

சீரான ஆர்முடுகல்

- 

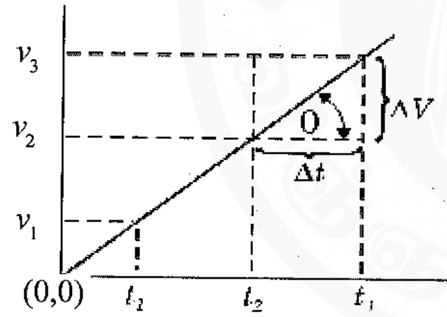
உரு 1.6

வேகம்(v) -நேரம்(t) வரைபானது உரு 1.7 நேர அச்சுடன் சாய்ந்த நிலையிலுள்ள நேர்கோடாயின் வரைபானது நேரத்துடன் வேகம் அதிகரிப்பதை காட்டுகின்றது. அத்துடன் இவ்வரைபின் படித்திறன் ஆர்முடுகலை குறிக்கின்றது.

வரைபின் படித்திறனிலிருந்து

$$\text{படித்திறன்} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

படித்தி-றன் $\frac{v}{t} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

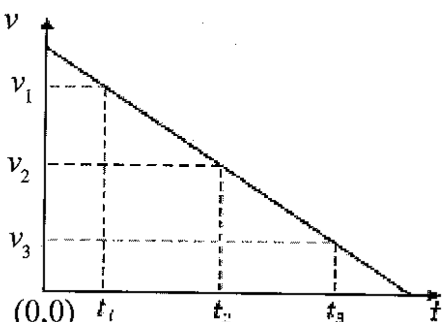


உரு 2.1.7

படித்திறன் = ஆர்முடுகல்

மேலுள்ள வரைபில் படித்திறனானது வரைபின் வழியே மாறிலியாக இருப்பதாலும் நேரத்துடன் வேகம் அதிகரிப்பதனாலும் இது “சீரான ஆர்முடுகலை” குறிக்கின்றது.

சீரான அமர்முடுகல்

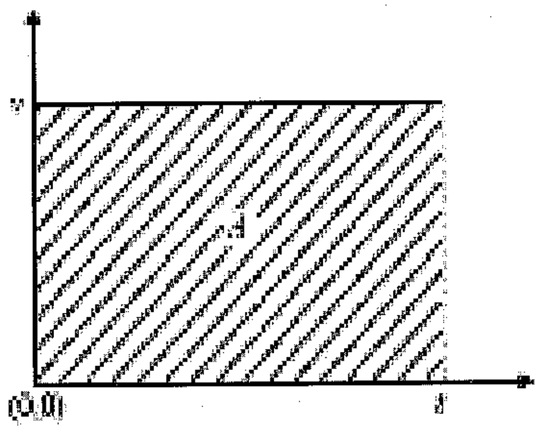


உரு 1.7

நேர் கோட்டின் சாய்வு அருகில் உள்ள வரைபில் தரப்பட்டவாறு இருப்பின் படித்திறனானது சீரானது. ஆனால் வேகத்தின் பருமன் நேரத்துடன் குறைகின்றது. ஆகவே சீரான அமர்முடுகலை இது குறிக்கின்றது.

இடப்பெயர்ச்சியும் வேகமும் காவி இயல்புகளைக் கொண்டதால் வரைபில் இயங்கும் திசை வெளிப்படுத்தப்படல் வேண்டும்.

வேக-நேர வரைபில் பரப்பு



சீரான வேகத்துடனான இயங்கும் பொருள் ஒன்றை கருதுக.

$v = \dfrac{\text{இடப்பெயர்ச்சி}}{\text{நேரம்}}$ என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து

இடப்பெயர்ச்சி = வேகம் $\times$ நேரம்

வரையிலிருந்து

பரப்பு A = செவ்வகத்தின் பரப்பு
பரப்பு A $= v \times t$
= இடப்பெயர்ச்சி
ஆகம்பை

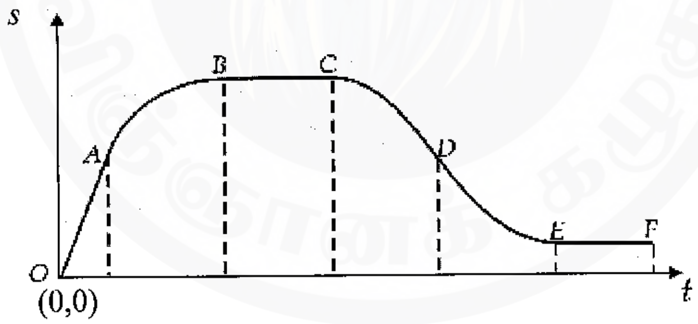
வளையி நேர அச்சுடன் ஆக்கும் பரப்பு = பொருள் அடைந்த இடப்பெயர்ச்சி

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணங்கள்

1. கீழுள்ள இடப்பெயர்ச்சி (S) -நேரம்(t) வரைபை கருதுக.

கீழுள்ள ஒவ்வொரு பகுதியிலும் பொருளின் இயக்கத்தை விபரிக்க.

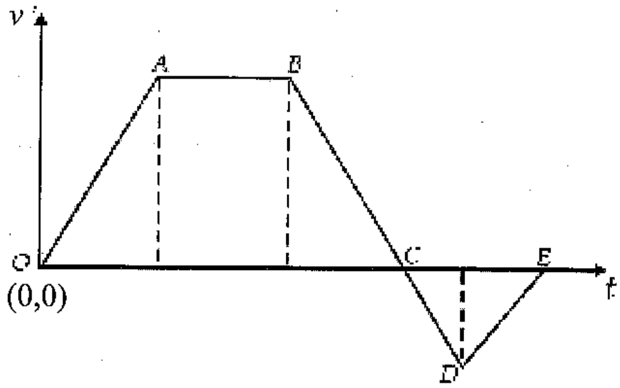
(1) O இல் இருந்து A இற்கு
(2) A இல் இருந்து B இற்கு
(3) B இல் இருந்து C இற்கு
(4) Cஇல் இருந்து D இற்கு
(5) D இல் இருந்து E இற்கு
(6) Eஇல் இருந்து F இற்கு



விடை:

(1) O இல் இருந்து A இற்கு :- சீரான வேகம் (மாறா படித்திறன் ஆதலினால்)
(2) A இல் இருந்து B இற்கு :- அமர்முடுகல் அல்லது (-) ஆர்முடுகல் (படித்திறன் குறைவதால்)
(3) B இல் இருந்து C இற்கு :- தொடர்ந்து ஓய்விலிருக்கும் (படித்திறன் = 0)
(4) C இல் இருந்து D இற்கு :- Cயில் பொருளானது ஆரம்ப திசையை நோக்கித் திரும்பி ஆர்முடுகலுடன் இயங்கும். (படித்திறன் (-) ஆகவும் படித்திறனின் பருமன் அதிகரிக்கின்றது)
(5) D இல் இருந்து E இற்கு :- அமர்முடுகல் (படித்திறனின் பருமன் குறைவாதால்)
(6) E இல் இருந்து F இற்கு :- தொடர்ந்து ஓய்விலிருக்கும் (படித்திறன் = 0)

2. கீழே தரப்பட்டுள்ள வேகம்(v) எதிர் நேரம்(t) வரைபினால் வெளிப்படுத்தப்படும் இயக்கத்தை கருதுக.



கீழே தரப்பட்டுள்ள புள்ளிகளுக்கிடையிலுள்ள இயக்கத்தை விபரிக்க.

(1) O இல் இருந்து A இற்கு
(2) A இல் இருந்து B இற்கு
(3) B இல் இருந்து C இற்கு
(4) C இல் இருந்து D இற்கு
(5) D இல் இருந்து E இற்கு

தீர்வு:-

(1) O இல் இருந்து A இற்கு:- இயக்கம் ஓய்விலிருந்து ஆரம்பித்து சீரான ஆர்முடுகலுடன் இயங்குகின்றது. (படித்திறன் சீராகவும் வேகத்தின் பருமன் அதிகரிப்பதனாலும்)

(2) A இல் இருந்து B இற்கு:- சீரான வேகம் (வேகத்தின் குறித்த பெறுமானத்தில் படித்திறன் பூச்சிமாகும்)

(3) B இல் இருந்து C இற்கு:- சீரான அமர்முடுகளுடன் இயங்கி ஓய்வுக்கு வருகிறது (படித்திறன் மாறிலியாகவும் வேகத்தின் பருமன் குறைவதாலு)

(4) C இல் இருந்து D இற்கு:- ஓய்விலிருந்து புறப்பட்டு ஆரம்ப திசைக்கு எதிர் திசையில் சீரான ஆர்முடுகலுடன் இயங்குகிறது. (வேகத்தின் பருமன் அதிகரிக்கின்றது வேகமானது மறையாகக் குறிக்கப்படுகிறது அத்துடன் படித்திறன் மாறிலியாகும்)

(5) D இல் இருந்து E இற்கு:- ஆரம்ப திசைக்கு எதிர்த்திசையில் சீரான அமர்முடுகலுடன் இயங்கி ஓய்வுக்கு வருகின்றது. (வேகத்தின் பருமன் குறைகிறது அத்துடன் பெறுமானம் மறையாகவும் உள்ளது படித்திறன் மாறிலி)

3. இறப்பர் பந்தொன்று புவியீர்ப்பின் கீழ் நிலைக்குத்ததாக மேல் நோக்கி $40\ m\ s^{-1}$ வேகத்துடன் எறியப்படுகின்றது. எறியப்பட்ட மட்டத்திற்கு வரும் பொழுது பந்தானது கிடை மேற்பரப்புடன் மோதி மோதல் வேகத்தின் அரைப்பகுதி வேகத்துடன் பின்னடைகிறது.

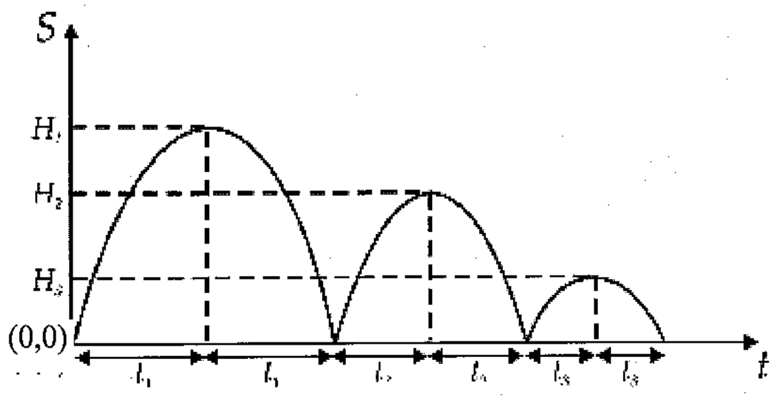
(1) இவ் இயக்கத்திற்குரிய இடப்பெயர்ச்சி (s) - நேரம்(t) வரைபையும் வேகம் (v) -நேரம்(t) வரைபையும் வரைக.

(2)(a) பந்து இயங்கிய கணத்திலிருந்து முதலாவது மோதுகைக்கு இடப்பட்ட நேரம்?
(b) பந்து அடைந்த அதியுயர் உயரம் யாது ?

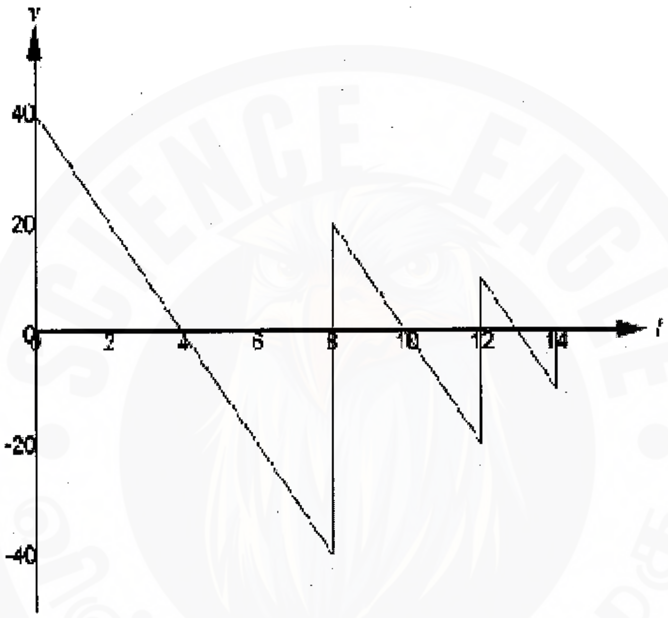
விடை:-

(i) பந்தை மேல்நோக்கிப் புவியீர்ப்புக்கு எதிராக எறியும் போது அது $10\ m\ s^{-2}$ (g) என்ற சீரான அமர்முடுகலுடன் மேல் நோக்கி இயங்கி அதியுயர் உயரத்தை அடைந்த பின் எதிரான திசையில் சமமான ஆர்முடுகல் $10\ m\ s^{-2}$ (g) அதே நேர்கோட்டின் வழியே விழுந்து எறியல் மட்டத்தை $40\ m\ s^{1}$ (எறியல் வேகத்திற்கு சமமான வேகத்துடன்) அடையும்.

இடப்பெயர்ச்சி - நேரம் வரைபு



வேகம் - நேரம் வரைபு



(ii) (a) v- t வரைபிலிருந்து

$$\text{படித்திறன்} = \text{ஆர்முடுகல்} = 10 = \frac{40-0}{t_1}$$

$$t_1 = 4 \text{ s}$$

∴ முதலாவது மோதலுக்கு எடுத்த நேரம் $2t_1 = 8$ s

(b) பரப்பு(A) யிலிருந்து

பரப்பு = இடப்பெயர்ச்சி $= H_1$

$$= \frac{1}{2} \times t_1 \times 40$$

$$= \frac{1}{2} \times 4 \times 40$$

$$= \underline{\underline{80 \text{ m}}}$$

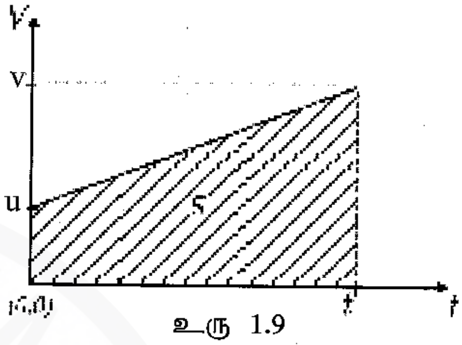
இயக்கச்சமன்பாடுகள்

பொருளொன்றின் குறிப்பிட்ட இயக்கத்தை விபரிக்கும் பௌதிக இயல்புகளுக்கிடையிலுள்ள தொடர்பு இயக்கச் சமன்பாடுகள் எனப்படும்.

பொருள் ஒன்றின் ஆரம்ப வேகம் 'u' ஆகவும் அது ஒரு நேர் கோட்டின் வழியே சீரான ஆர்முடுகலுடன் 'a' காலம் 't' இற்கு இயங்கிப் பெற்ற இறுதி வேகம் 'v' ஆகவும் அடைந்த இடப்பெயர்ச்சி 's' ஆகவும் இருப்பின் இதன் இயக்கத்தைக் கீழே தரப்பட்டுள்ள வேகம் - நேரம் வரைபின் மூலம் விபரிக்கலாம். உரு 1.9

படித்திறன் = ஆர்முடுகல் $= \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

$$a = \frac{v-u}{t} \Rightarrow \boxed{v = u + at}$$



உரு 1.9

பரப்பு = இடப்பெயர்ச்சி (s)

$$\boxed{s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t}$$

மேலுள்ள இரு சமன்பாடுகளிலும் இருந்து

$$s = \left(\frac{u+(u+at)}{2}\right)t \Rightarrow \boxed{s = ut + \frac{1}{2}at^2}$$

$$s = \left(\frac{u+v}{2}\right)\left(\frac{v-u}{a}\right) \Rightarrow \boxed{v^2 = u^2 + 2as}$$

புவியீர்ப்பின் கீழ் இயக்கம்

பொருட்கள் வளித்தடை போன்ற தடைவிசைகள் புறக்கணிக்கத்தக்கவையாக உள்ளபோது புவியீர்ப்பின் தாக்கத்தின் கீழ் புவியீர்ப்பு விசையை அனுபவித்தவாறு இயங்குமாயின் அவ்வியக்கம் புவியீர்ப்பின் கீழ் இயக்கம் எனப்படும்.

உதாரணம் I

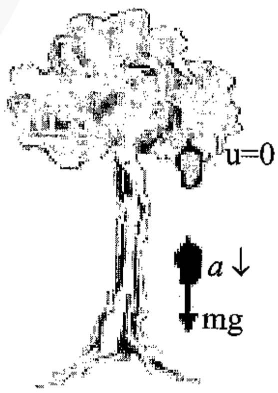
மரம் ஒன்றிலிருந்து பழம் ஒன்று விழுகின்றது.

$\downarrow F = ma$

$mg = m \times a$

$\downarrow a = g \text{ m s}^{-2}$ g - ஈர்ப்பு ஆர்முடுகல்

இங்கு $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ (புவியின் மேற்பரப்புக்குச் சற்று மேல்)



உதாரணம் II

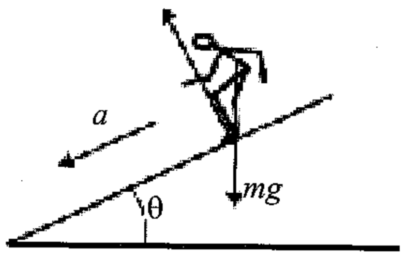
மனிதன் ஒருவன் புறக்கணிக்கத்தக்க உராய்வைக் கொண்ட சரிவான பனித்தரையில் தரையை நோக்கி வழுக்கினால்

$\underline{F} = m\, \underline{a}$

$\cancel{m} g \sin \quad \cancel{m} \times a$

$a = g \sin$

ஆகவே சாய்வு (θ) அதிகரிக்க ஆர்முடுகல் அதிகரிக்கும்.



எறிய இயக்கம்

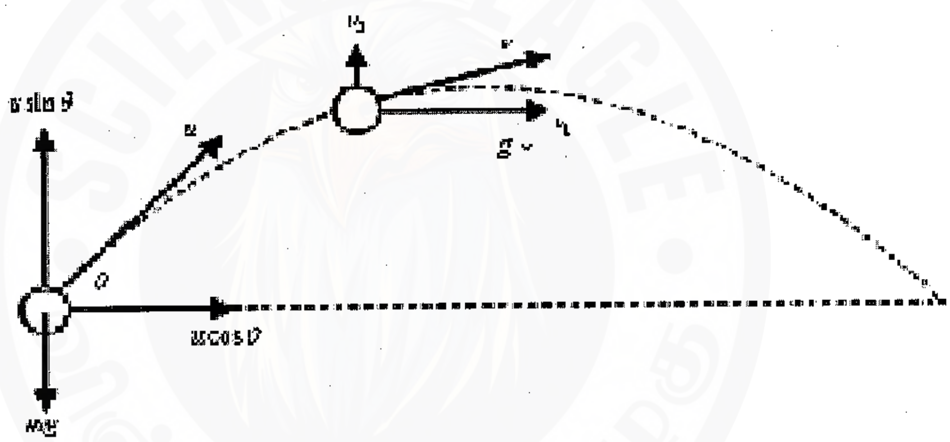
கிடை நிலைக்குத்து இயக்கங்களின் சேர்மான இயக்கம் எறிய இயக்கம் எனப்படும். எனவே கிடை நிலைக்குத்துக் கூறுகளைக் கருதுவதன் மூலம் இதைக் கற்க முடியும்.

துடுப்பாட்டக்காரர் ஒருவர் 6 புள்ளிகளை எடுக்க அவர் பந்தை அடிப்பதைப் பார்த்திருப்பீர்கள். பந்து ஒரு வளைவுப்பாதையில் பயணிப்பதை நீங்கள் அவதானித்திருப்பீர்கள். அவ்வாறான பொருட்களின் இயக்கம் எறிய இயக்கம் என அழைக்கப்படும். இப்பந்தின் இயக்கத்தின் பின்னாலான விஞ்ஞானத்தை நீங்கள் எண்ணிப்பார்த்தது உண்டா? பந்து பயணிக்கும் தூரம் பல காரணிகளில் தங்கியுள்ளது. அவையாவன

1. பந்திற்கு கொடுக்கப்பட்ட ஆரம்ப வேகம்
2. எறியக் கோணம் (கிடையுடன் பந்தின் ஆரம்ப வேகம் அமைக்கும் சாய்வு)

பயிற்றுவிப்பாளர்கள் இக்காரணிகளைக் கருத்திற்கொண்டு துடுப்பாட்டக்காரர் ஆறு புள்ளிகளை எடுக்க வழிகாட்டுவார்கள்.
எறிய இயக்கமானது கிடைஇயக்கத்தினதும் நிலைக்குத்து இயக்கத்தினதும் சேர்க்கையினால் ஆனது. ஆகவே நாங்கள் இவற்றைப் படிப்பதற்குக் கிடை, நிலைக்குத்துக் கூறுகளின் தாக்கங்களைக் கருத்திற் கொள்ளவேண்டும்.

துடுப்பாட்டக்காரன் ஒருவர் பந்தைக் கிடையுடன் கோணம் (θ) ஒன்றை அமைக்கும் திசையில் அடிக்கும் போது



உரு 1.10

நிலைக்குத்துக் கூறின் தாக்கத்தைக் கருதின்,

ஆரம்ப நிலைக்குத்து வேகக்கூறு $= \uparrow u\sin\theta$

ஆர்முடுகல் $= +g\downarrow$

$$\uparrow v = u + at$$

$$v_2 = u\sin\theta - g\times t < u\sin\theta$$

வேகத்தின் நிலைக்குத்துக் கூறு குறைகின்றது. இக்குறைவு பூச்சியம் வரை நிகழும். அதன் பின் பந்தின் மீது தாக்கும் புவியீர்ப்பு விசையின் காரணமாக அதன் நிலைக்குத்து வேகக்கூறு தரையை அடையும் வரை படிப்படியாக அதிகரிக்கும். ஆகவே பந்தின் நிலைக்குத்து இயக்கமானது புவியீர்ப்பின் கீழ் இயக்கத்தை ஒத்தது.

கிடைக்கூறின் தாக்கத்தைக் கருதின்

ஆரம்ப கிடை வேகக்கூறு $= \rightarrow u\cos\theta$,

ஆர்முடுகல் $= 0$

$$\rightarrow v = u + at.$$

$$v_1 = u\cos\theta$$

கிடைக்கூறு தொடர்ந்து மாறிலியாகும். குறித்த நேரத்தின் பின் பந்தின் வேகத்தைக் காண்பதற்கு

காவிக் கூட்டலினைப் பயன்படுத்தலாம். அத்துடன் இத்தாக்கங்களின் அடிப்படையில் பந்தின் பாதை பரவளைவாகும் என்பது தெளிவாகும்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணங்கள்

1. பேருந்து நிலையம் ஒன்றில் புறப்படும் பேருந்து ஒன்று 72 km h^{-1} என்ற வேகத்தை 10 s இல் அடைகின்றது. அடைந்த இவ்வேகத்துடன் 10 s இற்கு இயங்கி மேலும் 5 s இல் அடுத்த நிலையத்தில் ஓய்விற்கு வருகிறது. ஆர்முடுகலும் அமர்முடுகலும் சீரானதாயின், பின்வருவனவற்றைக் காண்க.
   (*a*) அதன் ஆர்முடுகல்
   (*b*) அதன் அமர்முடுகல்
   (*c*) இரண்டு நிலையங்களுக்கிடையிலுள்ள தூரம்
   (*d*) பேருந்தின் சராசரி வேகம்

தீர்வு:

$$72\ \text{km h}^{-1} = 72\times\frac{1000}{3600} = 72\times\frac{5}{18} = 20\ \text{m s}^{-1}$$

(*a*) $v = u + at$ இல் இருந்து $\Rightarrow 20 = 0 + a_1\times 10$

ஆர்முடுகல் $a_1 = 2\ \text{m s}^{-2}$

ஆர்முடுகல் காலத்தில் இடப்பெயர்ச்சி $s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$ இல் இருந்து

$$\Rightarrow s_1 = \frac{(0+20)}{2}\times 10 = 100\ \text{m}$$

சீரான வேகத்தில் இடப்பெயர்ச்சி $s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$ இல் இருந்து

$$\Rightarrow s_2 = \frac{(20+20)}{2}\times 10 = 200\ \text{m}$$

(*b*) $v = u + at$ இல் இருந்து $\Rightarrow 0 = 20 - a_2\times 5$

அமர்முடுகல் $a_2 = 4\ \text{m s}^{-2}$

அமர்முடுகல் காலத்தில் இடப்பெயர்ச்சி $s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$ இல் இருந்து

$$\Rightarrow s_3 = \frac{(20+0)}{2}\times 5 = 100$$

m = 50 m

(*c*) மொத்த இடப்பெயர்ச்சி $= 100 + 200 + 50 = 350\ \text{m}$

(*d*) $$\text{சராசரி வேகம்} = \frac{\text{மொத்த இடப் பெயர்ச்சி}}{\text{மொத்தத் நேரம்}}$$

$$= \frac{350}{(10+10+5)} = \frac{350}{25} = 14\ \text{m s}^{-1}$$

2. உயரமான கட்டிடமொன்றின் ஜன்னலினூடாக டெனிஸ் பந்து ஒன்றை குழந்தை ஒன்று

போடுகின்றது. பந்து நிலத்தை 25 m s^{-1} என்ற கதியுடன் அடைகின்றது. பந்தானது 16 m s^{1} கதியுடன் பின்னடைகின்றது. வளித்தடை புறக்கணிக்கத்தக்கது. பந்தானது புவியீர்ப்பின் கீழ் இயங்கின் பின்வருவனவற்றைக் கணிக்க.

(*a*) நிலத்திலிருந்து குழந்தையின் உயரம்
(*b*) பின்னதைப்பின் பின்னர் பந்து எழுந்த உயரம்
(*c*) நிலத்துடனான முதலாம் இரண்டாம் மோதுகைகளுக்கிடைப்பட்ட பறப்பு நேரம்.

தீர்வு:

(*a*) விழவிடப்பட்டு நிலத்தை அடிக்கும் வரை

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

$$(25)^2 = 0 + 2 \times g \times h$$

நிலத்திலிருந்து குழந்தையின் உயரம் $h = \frac{625}{20} = 31.25$ m

(*b*) பின்னதைத்து அதியுயர் உயரம் அடையும் வரை

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

$$0 = 16^2 + 2 \times g \times h_{max}$$

பின்னதைப்பின் பின்னர் பந்து எழுந்த உயரம் $h_{max} = \frac{256}{20} = 12.8$ m

(*c*) முதலாம் இரண்டாம் மொத்தல்களுக்கிடையில்

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

$$0 = 16 \times t + \frac{1}{2}(-g)\, t^2$$

$$0 = (32 - 10t)\, t$$

$$t \neq 0 \quad \therefore t = 3.2 \text{ s}$$

3. கிடையுடன் 30^o சரிவாக்கப்பட்ட மலைப்பாறையில் உச்சியில் இருந்து கீழ் நோக்கி பனியில் சறுக்கும் மனிதன் ஒருவன் பனிமேற்பரப்பின் மீது வழுக்குகின்றான். மேற்பரப்பின் உராய்வு புறக்கணிக்கத்தக்கதெனின் பின்வருவனவற்றைக் கணிக்க.

(*1*) அவனது கதி 5 m s^{-1} இலிருந்து 10 m s^{-1} இற்கு அதிகரிக்கும் போது அவன் சென்ற தூரத்தையும் அதற்கு எடுத்த நேரத்தையும்
(*2*) அதன்பின் அதே நேர இடையில் சென்ற தூரம் (இந்நேரமானது முதலாவது விடையில் பெறப்பட்டது)

விடை:

(1) $a = g \sin 30^0 = 5 \text{ m s}^{-2}$

$$v = u + at$$

$$10 = 5 + 5t$$

$$t = 1 \text{ s}$$

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

$$10^2 = 5^2 + 2 \times 5 \times s$$

$$s = \frac{75}{2 \times 5} = 7.5 \text{ m}$$

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

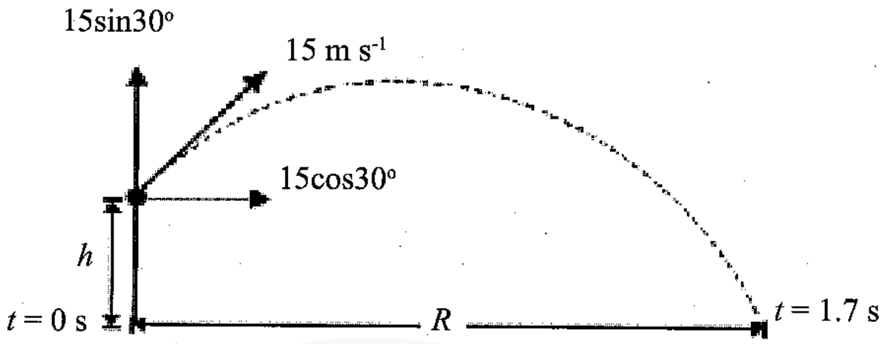
$$s = 10 \times 1 + \frac{1}{2} \times 5 \times 1^2$$

$$s = 12.5 \text{ m}$$

4. நிலமட்டத்திற்கு மேல் h உயரத்திலிருந்து விளையாட்டு வீரர் ஒருவர் கிடையுடன் 30^0 மேல் நோக்கிய திசையில் $15\ m\ s^{-1}$ கதியில் பரிதிவட்டத்தட்டை(Discus) எறிகின்றார். எறியப்பட்ட கணத்திலிருந்து 1.7 s இன் பின் தட்டு நிலத்தை அடித்தது. $\sqrt{3} = 1.7$ எனக் கொண்டு பின்வருவனவற்றைக் கணிக்க.

(a) நிலமட்டத்திலிருந்து தட்டு எறியப்படும்போது இருந்த ஆரம்ப உயரம் h

(b) கிடை வீச்சு



விடை:

(a) $\uparrow s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$-h = 15 \sin 30^\circ \times 1.7 + \frac{1}{2}(-g)(1.7)^2$$

$$h = 1.7\ m$$

(b) $\rightarrow s = ut$

$$R = 15 \cos 30^\circ \times 1.7 = 15\frac{\sqrt{3}}{2} \times 1.7 = \frac{45}{2} = 22.5\ m$$

அத்தியாயம் - 2

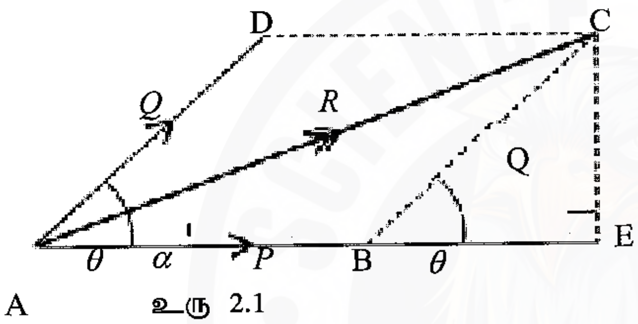
பிரயோகங்கள்

1. பீரங்கி ஒன்றிலிருந்து இலக்கு ஒன்றுக்குச் சுடுதல்
2. பரிவட்டத்தட்டு அல்லது குண்டு ஒன்றை எறிதல்
3. கிரிக்கெட் விளையாட்டில் துடுப்பாட்ட வீரர் பந்தை அடித்தல்

ஒரு தள விசைத்தொகுதியின் விளையுள்

விசை இணைகரத் தத்துவம்

இரண்டு விசைகளை இணைகரம் ஒன்றின் அயல் பக்கங்களினால் பருமனிலும் திசையிலும் குறிக்கமுடியுமாயின் அவற்றின் விளையுளானது ஒத்த மூலை விட்டத்தினால் பருமனிலும் திசையிலும் கொடுக்கப்படும்.



உரு 2.1

P, Q என்ற விசைகள் அவற்றிற்கிடையிலுள்ள சாய்வு 'θ' ஆக இருக்கத்தக்கதாக ஒரு புள்ளியில் தாக்குகின்றன

Q cos θ

பைதாகரசின் தேற்றப்படி

$$AC^2 = AE^2 + CE^2$$

$$R^2 = (P + Q\cos\theta)^2 + (Q\sin\theta)^2$$

$$R^2 = P^2 + 2.P.Q\cos + (Q\cos\theta)^2 + (Q\sin)^2$$

$$= P^2 + 2PQ\cos + Q^2\cos\theta^2 + Q^2\sin\theta^2$$

$$\boxed{R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}}$$

$$\tan\alpha = \frac{Q\sin\theta}{P + Q\cos\theta}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left[\frac{Q\sin\theta}{P + Q\cos\theta}\right]$$

; இக்கோணம் விளையுள் R ஆனது P உடன் அமைக்கும் கோணம் ஆகும்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணங்கள்

5 N, 12 N என்ற இருவிசைகள் ஒரு புள்ளியில் ஒன்றுடன் ஒன்று 60^0 சாய்வாக இருக்கத்தக்கதாக தாக்குகின்றன. விளையுளின் பருமனையும் திசையையும் காண்க.

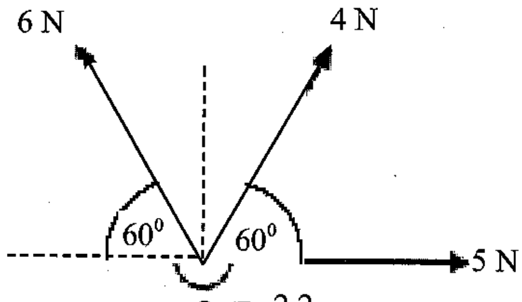
$R^2 = 5^2 + 12^2 + 2 \times 5 \times 12 \cos 60^\circ$

$R = \sqrt{25+144+60}$

$R = \sqrt{229}$ N , $\tan\alpha = \dfrac{12\sin 60^\circ}{5+12\cos 60^\circ}$

$\alpha = \tan^{-1}\left(\dfrac{6\sqrt{3}}{11}\right)$: α , விளையுள் R ஆனது 5 N உடன் அமைக்கும் கோணம் ஆகும்.

$\alpha = 43^0 22^1$



உரு 2.2

முறை I:- விசைப்பிரிப்பு முறை

விசைகளின் தொகுதியை ஏதாவது இரண்டு செங்குத்தான திசைகளில் பிரிக்க காலிக்கூட்டல் முறையினால் தீர்க்க.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

தீர்க்கும் போது

$\rightarrow x = 5 + 4\cos 60^\circ - 6\cos 60^\circ$

$= 5 + 4 \times \frac{1}{2} - 6 \times \frac{1}{2} = 8.66$ N

$= 4$ N

$\uparrow y = 4\sin 60^\circ + 6\sin 60^\circ + 5\cos 90^\circ$

$= 2\sqrt{3} + 3\sqrt{3}$

$= 5\sqrt{3}$ N

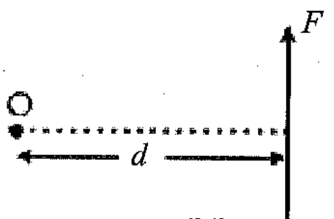
$R = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{4^2 + (5\sqrt{3})^2} = \sqrt{91}$ N $= 9.54$ N

முறை II:- விசைப்பல்கோணி முறை

தரப்பட்ட விசைகளின் தொகுதி ஒன்றை ஒழுங்காக எடுத்த பல்கோணி ஒன்றின் அயல் பக்கங்களினால் பருமனிலும் திசையிலும் குறிக்க முடியுமாயின் பல்கோனியின் இறுதிப் பக்கம் எதிர்போக்கில் விளையுளைப் பருமனிலும் திசையிலும் குறிக்கும்.

விசை ஒன்றின் திருப்பம்

விசைத் திருப்பம் என்பது விசையினால் உருவாக்கப்படும் திரும்பல் விளைவாகும்.



உரு 2.3

'O' பற்றி விசை F இன் திருப்பம் $= F \times d$

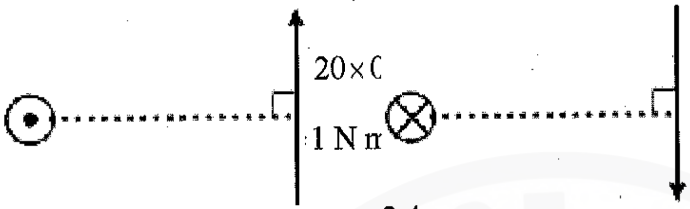
இங்கு d என்பது O விலிருந்து F இற்கு வரைந்த செங்குத்து நீளமாகும். விசை ஒன்றின் திருப்பமானது காவி இயல்புடையது. வலக்கை திருகு விதியினால் அதன் திசை கொடுக்கப்படும்.

வலக்கை திருகு விதி

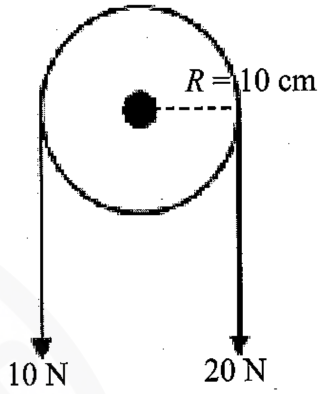
பொருள் ஒன்று திருப்பம் ஒன்றினால் திரும்பும் போது சுழலும் திசையானது வலக்கையில் பிடி விரல்களினால் காட்டப்படின் (Gripped finger) பெருவிரலின் திசை திருப்பத்தின் திசையைக் குறிக்கும்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

கப்பி ஒன்றின் மேலாகச் செல்லும் இழைகளின் முனைகளில் 20 N , 10 N என்ற விசைகள் பிரயோகிக்கப்படுகிறது. கப்பியின் மையம் பற்றி தேறிய திருப்பம் யாது ?



உரு 2.4



இணை ஒன்றின் திருப்பம் அல்லது முறுக்கம் (τ)

இரண்டு சமமான எதிரான ஒரே தாக்கக்கோட்டைக் கொண்டிராத சமாந்தர விசைகள் ஓர் இணையை உருவாக்கும். இரண்டு சமமான எதிரான சமாந்தர விசைகள் 'd' இடைத்தூரத்தில் தாக்குவதாகக் கருதுக.

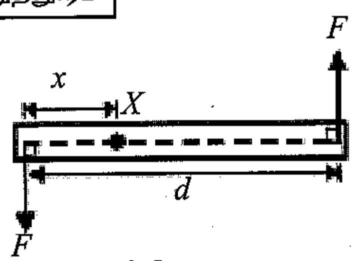
புள்ளி X பற்றிய திருப்பம், (τ_x)

$$\tau_x = F \times x + F(d - x)$$

$$\boxed{\tau_x = F \times d}$$

ஆகவே எந்த ஒரு புள்ளி பற்றியும் இணையின் முறுக்கம் (τ)

$$\boxed{\tau \ = \text{விசை} \times \text{விசைகளுக்கிடையிலுள்ள செங்குத்துத்தூரம்}}$$



உரு 2.5

பொருள் ஒன்றின் புவியீர்ப்புமையம்

பொருள் ஒன்று பல துணிக்கைகளினால் ஆக்கப்பட்டது. இவை புவியின் மையத்தை நோக்கி ஈர்ப்பு விசையினால் கவரப்படும். இது நியூட்டனின் அகில ஈர்ப்பு விதியினால் கொடுக்கப்படும். ஆகவே பொருளானது ஒரு விளையுள் ஈர்ப்பு விசையை அனுபவிக்கும் (நிறை).

பொருள் ஒன்றின் புவியீர்ப்பு மையம் என்பது அதன் விளையுள் ஈர்ப்பு விசை (அல்லது நிறை) தொழிற்படும் புள்ளியாகும்.

அவ்விசையானது அப்பொருளின் நிறை எனப்படும்.

ஒழுங்கான வடிவத்தைக் கொண்ட பொருட்களின் புவியீர்ப்புமையம்

பொருள் புவியீர்ப்பு மையம்(G)

1. சீரான கோல்

G - நடுப்புள்ளி

உரு 2.6

2. சீரான வளையம்

G - வளையத்தின் மையம்

உரு 2.7

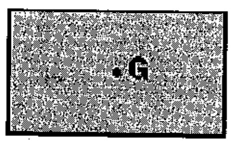
3. சீரான வட்ட அடர்

G - தட்டின் மையம்

உரு 2.8

G - மையம் அல்லது மூலை விட்டங்கள் வெட்டும் புள்ளி

4. சீரான செவ்வக வடிவ அடர்

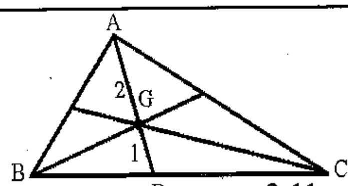
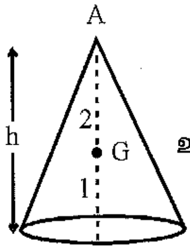
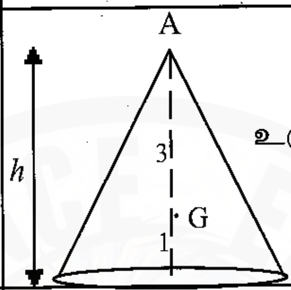


உரு 2.9

G - அச்சின் மையம்

5. சீரான திண்ம பொள் உருளை

உரு 2.10

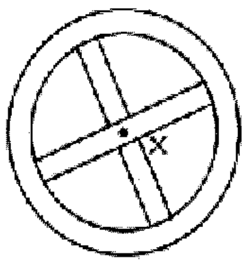
6. சீரான முக்கோண அடர்	 உரு 2.11	G - இடையங்கள் சந்திக்கும் புள்ளி $AG = \frac{2}{3} AD$
7. சீரான பொட்கூம்பு	 உரு 2.12	G - கூம்பின் மையம் (அச்சின் வழியே) $AG = \frac{2}{3} h$
8. சீரான திண்மக் கூம்பு	 உரு 2.13	G - கூம்பின்மையம் (அச்சின் வழியே) $AG = \frac{3}{4} h$
9. சீரான திண்ம / பொட்கோளம்	 உரு 2.14	G - கோளத்தின் மையம்

ஒழுங்கான வடிவமுள்ள கூட்டுப்பொருட்களின் புவியீர்ப்புமையம்

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணங்கள்

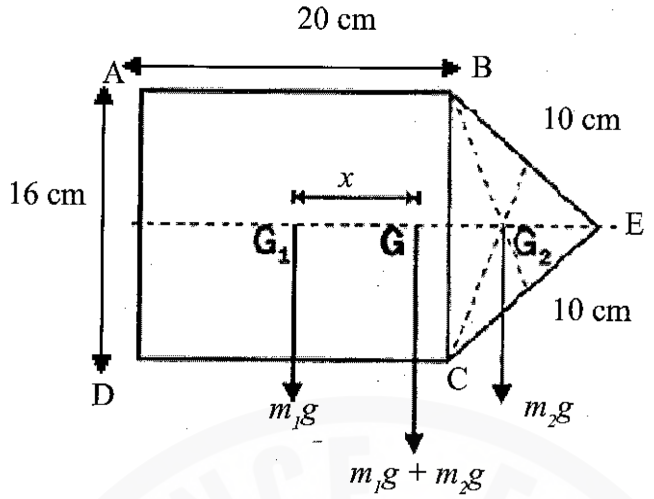
1. சீரான வளையத்தையும், கோல்களையும் கொண்டு உருவாக்கப்பட்ட வண்டில் சில்லு ஒன்றின் புவியீர்ப்பு மையத்தைக் காணல்.

விடை :- புவியீர்ப்பு மையம் X இலிருக்கும்.



உரு 2.15

2. ABCD என்பது சீரான செவ்வக வடிவ அடர். BCE என்பது சீரான முக்கோண வடிவ அடர். இரண்டும் சீரான தடிப்பும் ஒரே உலோகத்தினால் செய்யப்பட்டதும் ஆகும். இவை இரண்டையும் இணைப்பதால் சேர்த்தி அடர் உருவாக்கப்படின் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள அதன் புவியீர்ப்புமையம்.



உரு 2.16

விடை :- G_1 - செவ்வகத்தின் புவியீர்ப்பு மையம் (நிறை m_1g)
G_2 - முக்கோணத்தின் புவியீர்ப்பு மையம் (நிறை m_2g)
G - சேர்த்திப்பொருளின் புவியீர்ப்பு மையம் (நிறை $m_1g + m_2g$)

G பற்றி திருப்பம் எடுக்க.

எல்லா விசைகளின் தேறிய திருப்பம் = விளையுள் விசையின் திருப்பம்

$$m_2g\times(GG_2) - m_1g\,(G_1G) = (m_1g + m_2g)\times 0$$

$$\left(\frac{1}{2}\times 16\times 6\times \rho g\right)\times(12 - x) - (20\times 16)\times \rho g\times(x) = 0$$

$$x = \frac{36}{23}\text{ cm} = \underline{\underline{1.57\text{ cm}}}$$

திணிவு மையம்

பொருள் ஒன்றிலுள்ள புள்ளியொன்றின் மீது விசை ஒன்றைப் பிரயோகிக்கும் போது அப்பொருளுக்கு கோண ஆர்முடுகலைக் கொடுக்காமல் ஏகபரிமான ஆர்முடுகலைக் கொடுக்குமாயின் அப் புள்ளி அப்பொருளின் திணிவு மையம் எனப்படும்.

அத்தியாயம் - 3

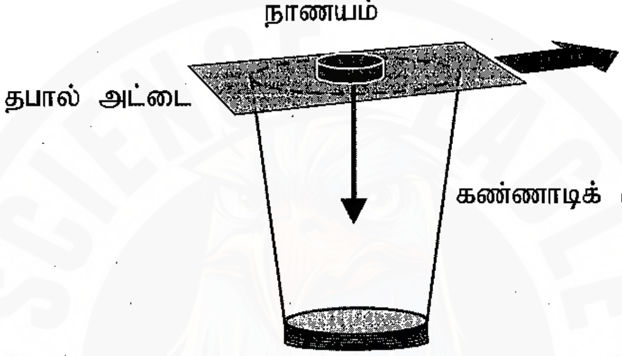
விசையும் இயக்கமும்

விசைக்கும் இயக்கத்திற்குமிடையிலுள்ள சரியான தொடர்பை நாளாந்த வாழ்க்கையில் காண்பது அவ்வளவு சுலபமல்ல. பாரமான பெட்டியை கரடான நிலத்தின் மீது சீரான வேகத்தில் தள்ளும்போது விசை தேவை என்ற தவறான முடிவுக்கு நீங்கள் வருவீர்கள். உண்மையில் இங்கு "மறைந்திருக்கும்" உராய்வு விசை இந்தத் தொடர்பைக் குழப்புகின்றது.

விசைக்கும் இயக்கத்திற்குமுள்ள பொதுவான தொடர்பானது. இயக்கத்தில் மாற்றம் ஏற்பட சமப்படுத்தப்படாத விளையுள் விசை தேவையாகும். வேறுவிதமாகக் கூறின் பொருள் ஒன்றின் வேகத்தை மாற்ற, பொருளின் மீது விளையுள் விசை ஒன்று தொழிற்பட வேண்டும். பொருளொன்றின் மீது விளையுள் விசை தாக்காவிட்டால் அதன் வேகம் கட்டாயம் மாறாதிருக்க வேண்டும். பொருளின் மீது விளையுள் விசை ஒன்று தொழிற்படின், அதன் வேகம் கட்டாயம் மாறல் வேண்டும்.

சடத்துவம்

கீழ்வரும் செயற்பாட்டை செய்து பாருங்கள்



உரு 3.1

தபால் அட்டை ஒன்றின் மேல் நாணயம் ஒன்றை வைக்க. அட்டையை விரைவாக வெளியேயிழுக்க. அட்டையுடன் சேர்ந்து நாணயம் அப்பால் இயங்கமாட்டாது. நாணயம் குவளையினுள் விழும். நாணயம் அட்டையுடன் சேர்ந்து இயங்காமல் தடுத்தது என்ன ? இது நாணயத்தின் திணிவாகும். தபால் அட்டையிலும் பார்க்க, நாணயமானது பெரிய திணிவாக அமைவதால் நாணயமானது அட்டையுடன் சேர்ந்து இயங்குவதை எதிர்த்தது. இயங்கும் நிலையில் மாற்றம் ஏற்படுவதை எதிர்ப்பது சடத்துவம் எனப்படும். திணிவு அதிகரிக்கச் சடத்துவமும் அதிகரிக்கும்.

சடத்துவத்திணிவு

திணிவு என்பது சடத்துவத்தின் அளவாகும். பொருள் ஒன்றின் மீது எல்லாவகையான விசைகளும் தொழில்படுகையில் அதன் இயக்கத்தில் மாற்றம் ஏற்படுவதை எதிர்க்கும் தன்மையைக் குறிப்பதே சடத்துவத் திணிவாகும்.

ஈர்ப்புத்திணிவு

ஈர்ப்புபுலம் ஒன்றில் இருக்கும் பொருள் ஒன்று அனுபவிக்கும் ஈர்ப்புவிசையின் வலிமையைக் கொண்டே ஈர்ப்புத்திணிவு தீர்மானிக்கப்படுகிறது. தரப்பட்ட பொருள் ஒன்றிற்கு இவ்விருதிணிவுகளும் சமம் என்பது உயர்ந்தமட்ட துல்லியமான பரிசோதனைகள் மூலம் காட்டப்படுகிறது.

மாட்டேற்றுச்சட்டம்

பொருள் ஒன்றின் இயக்கமானது நன்கு வரையறுக்கபட்ட ஆள்கூற்றுத் தொகுதி சார்பாக எப்பொழுதும் விபரிக்கப்படும். இவ் ஆள்கூற்றுத் தொகுதியானது 'மாட்டேற்றுச் சட்டம்' முப்பரிமான வெளியிலுள்ள மாட்டேற்றுச்சட்டமானது ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்தான மூன்று கோடுகளைக் கொண்ட ஆள்கூற்றுத் தொகுதியைக் கொண்டுள்ளது. இவை "மாட்டேற்றுச்சட்டத்தின் அச்சுகள்" இவை தனியொருபுள்ளியில் தனி ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கும் இது உற்பத்தி என்று கூறப்படும்.

சடத்துவச்சட்டங்கள்

மாட்டேற்றுச்சட்டம் ஒன்று, மற்றைய மாட்டேற்றுச்சட்டங்கள் சார்பாக ஓய்வு நிலையில் அல்லது மாறா வேகத்துடன் இயங்குமாயின் அச்சட்டமானது"சடத்துமாட்டேற்றுச்சட்டம்" எனப்படும். சடத்துவ சட்டம் என்பது உண்மையில் ஆர்முடுக்கப்படாத மாட்டேற்றுச் சட்டமாகும். நியூட்டனின் இயக்க விதிகள் செல்லுபடியாகும். நியூட்டனின் முதலாம் விதிப்படி ஒரு பொருள் அல்லது பொருட்களில் விசை தொழில்படாதவிடத்து அப்பொருள்கள் ஆர்முடுகப்படமாட்டாது. எனவே சடத்து சட்டங்கள் ஆர்முடுகாததால் சட்டத்திற்கு வெளியிலிருந்து வெளிவிசை ஒன்றும் தாக்காது. ஆகவே இந்த மாட்டேற்றுச்சட்டத்தில், தொகுதியானது ஆர்முடுகாததால் பொருளின் மீது வெளிவிசைகள் தொழிப்படாது. (தாக்காது).

உதாரணங்கள்:-

1. எங்கள் பூமி (ஆனால் பூமியானது முற்றிலும் சடத்துவமானதல்ல. ஆனால் நாம் சடத்துவமானது எனக் கொள்வோம்.)
2. புவி சார்பாக விண்வெளிக்கலம் ஒன்று மாறாத வேகத்துடன் இயக்கம்.
3. ஏவுகணை ஒன்று புவி சார்பாக மாறா வேகத்துடன் இயக்கம்.

சடத்துவமற்ற சட்டம்

சடத்துவச் சட்டம் சார்பாக ஆர்முடுகும் ஓர் சட்டமானது சடத்துவமற்ற சட்டம் எனப்படும். நியூட்டனின் இயக்க விதிகள் இதில் செல்லுபடியாகாது.

நியூட்டனின் முதலாம் இயக்கவிதி

இவ்விதியானது விசைக்கும் இயக்கத்திற்குமுள்ள தொடர்பைச் சரியாக விளக்குகின்றது.

நியூட்டனின் முதலாம் விதி
பொருள் ஒன்றில் விளையுள் விசை தொழிற்படாதவிடத்து, அப்பொருள் தொடர்ந்து ஓய்வில் இருக்கும் அல்லது மாறா வேகத்தில் இயங்கும்.

உந்தம்

திணிவு ஒன்று இயங்கினால் அதன் உந்தம் பின்வருமாறு தரப்படும்.

$$\boxed{\text{உந்தம்} = \text{திணிவு} \times \text{வேகம்}}$$

$$\boxed{p = mv}$$

உந்தத்தின் அலகு $\mathrm{kg\,m\,s^{-1}}$ இது ஒரு காவிக்கணியமாகும். வேகத்தின் திசையிலேயே உந்தத்தின் திசையிருக்கும்.

உதாரணம் :- மாதிரிக்கார் ஒன்றின் திணிவு $2\,\mathrm{kg}$, வேகம் $2\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ ஆயின்

$$\begin{aligned} \text{அதன் உந்தம்} &= \text{திணிவு} \times \text{வேகம்} \\ &= 2\,\mathrm{kg} \times 2\,\mathrm{m\,s^{-1}} \\ &= 4\,\mathrm{kg\,m\,s^{-1}} \end{aligned}$$

நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்கவிதி

விளையுள் விசையானது பொருள் ஒன்றின் நிலையை மாற்றும் என நியூட்டனின் முதலாம் விதி கூறுகிறது. நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி , இந்த விளையுள் விசையைப் பற்றிக் கூறுகின்றது.

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி
பொருள் ஒன்றில் தொழில்படும் விளையுள்விசை, (சமப்படுத்தப்படாத) அதன் உந்தமாற்ற வீதத்திற்கு நேர்விகிதசமமாகும்.

விளையுள் விசையின் திசையும் உந்தமாற்றத்தின் திசையும் ஒரே திசையாகும்.

நிலைத்த திணிவு m ஐ கொண்ட பொருள் ஒன்றின் மீது மாறாவிளையுள் விசை F தொழில்படுவதாகக் கருதுக. பொருளானது வேகம் u விலிருந்து வேகம் v இற்கு நேரம் t யில் ஆர்முடுகுவதாகக் கருதுக.

உந்தமாற்றம் = இறுதி உந்தம் − ஆரம்ப உந்தம்

$$= mv - mu$$

உந்தமாற்ற வீதம் $= \dfrac{mv - mu}{t}$

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியிலிருந்து, விசையுள் விசை F ஆனது உந்தமாற்றவீதத்திற்கு நேர்விகிதசமமாகும்.

$$F \propto \frac{mv - mu}{t}$$

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

ஆனால் பொருளின் ஆர்முடுகல் a ஆயின்

$$a = \frac{\text{வேகமாற்றம்}}{\text{எடுத்த நேரம்}} = \frac{v-u}{t}$$

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியிலிருந்து, விளையுள் விசை F ஆனது உந்தமாற்ற வீதத்திற்கு நேர்விகிதசமமாகும்.

$$\therefore\ F \propto ma$$

$$F = kma$$

விசையின் அலகை வரையறுப்பதன் மூலம் k யின் பெறுமானத்தை 1 எனலாம்.

விசையின் அலகை வரையறுத்தல் நியூட்டன் (N)

1 kg திணிவுள்ள பொருளின் மீது 1 m s^{-2} என்ற ஆர்முடுகலைக் கொடுக்கக்கூடிய விசை 1 N ஆகும்.

$$1 = k \times 1 \times 1$$

$$k = 1$$

$$\therefore\quad F = ma$$

F	-	விளையுள் விசை	$\boxed{(\mathrm{N})}$
m	-	திணிவு	(kg)
a	-	ஆர்முடுகல்	(m s^{-2})

கணத்தாக்கும் கணத்தாக்கு விசையும்

பெரிய விசை ஒன்று குறுகிய நேரத்திற்கு தொழிற்படுவது கணத்தாக்கு எனப்படும்.

உதாரணங்கள் : 1. ஆணி ஒன்றைச் சுத்தியலினால் அடிப்பது
2. துடுப்பு ஒன்றினால் பந்தொன்றை அடிப்பது

$$\boxed{\text{கணத்தாக்கு} = \text{கணத்தாக்குவிசை} \times \text{அவ்விசை தாக்கிய நேரம்}}$$

கணத்தாக்கின் அலகு N s

$$I = F \times t$$

$$= ma \times t$$

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

$$= mv - mu$$

இடதுபக்கத்திலுள்ள கணியம் கணத்தாக்கு எனப்படும். விசையினதும் நேரத்தினதும் பெருக்கம் N s இல் அளக்கப்படும். வலதுபக்கத்திலுள்ள கணியம், இக்கணத்தாக்கினால் கொடுக்கப்பட்ட (உருவாக்கப்பட்ட) உந்தமாற்றமாகும்.

கணத்தாக்கு = உந்தமாற்றம்

சிறியவிசை நீண்ட நேரத்திற்குத் தொழில்பட்டுக் கொடுக்கும் அதே உந்தமாற்றத்தைப் பெரிய விசை குறுகிய நேரத்திற்குத் தொழில்பட்டுக் கொடுக்கும். நீங்கள் தாவிக்குதிக்கும் ஒவ்வொரு முறையும் இறங்கும் போதும் முழங்கால்களை மடிக்க. நீங்கள் உறுதியாகக் (விறைப்பாக) குதித்தால், உங்களது உந்தம் மிகவும் குறுகிய நேரத்தில் பூச்சியத்திற்குவரும். பெரிய உந்தமாற்றம் கூடிய நேரம் தொழில்படுவதால் உடலின் மீது தொழில்படும் விசையைப் பெரிதாகின்றது. உடலில் காயத்தை ஏற்படுத்தும் காலை மடிப்பதால் இந்த மாற்றம் நீண்ட நேரத்திற்கு எடுக்கின்றது. எனவே உடலில் தொழிற்படுகின்ற விசையைக் குறைக்கின்றது. இதே தத்துவமே காரிலுள்ளவர்களைப் பாதுகாப்பதற்கு அதில் வளிப்பைகள் (air bags) உபயோகிக்கப்படுகிறது.

ஏகபரிமாண உந்தக்காப்புத்தத்துவம்

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி விளையுள் விசை, உந்தமாற்ற வீதத்திற்கு விகிதசமமாகும். ஆகவே விளையுள் விசை பூச்சியமாகும்போது உந்தம் மாறமாட்டது என்பதை இது குறிக்கின்றது.

$F = 0$ ஆயின்

$$F \propto \frac{mv - mu}{t}$$

$$mv - mu = 0$$

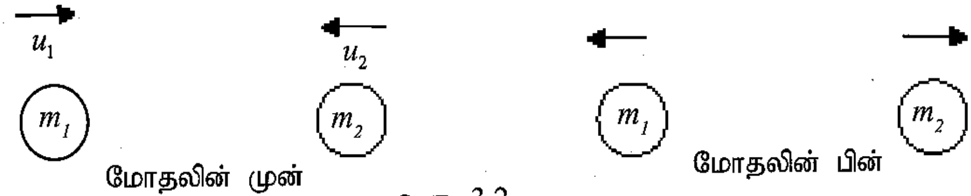
$$mv = mu$$

ஒன்றுடன் ஒன்று இடைத்தாக்கம் (interacting) புரியும் பொருள் தொகுதியைக் கருதுக. இத்தொகுதிப் பொருட்களில் வெளிவிசை தாக்காவிடின், மொத்த உந்தம் மாறாது. எனினும் தொகுதியினுள், பொருட்களுக்கிடையிலான இடைவிசை காரணமாக உந்தம் இடமாற்றமடையும். ஆனால் மொத்த உந்தம் மாறிலியாயிருக்கும்.

ஏகபரிமான உந்தக்காப்புத்தத்துவம்

தொகுதியொன்றில் வெளிவிசை தாக்காதவிடத்து ஒன்றுடனொன்று இடைத்தாக்கம் புரிகின்ற பொருட் தொகுதியொன்றின் மொத்த உந்தம் மாறிலியிருக்கும்.

ஒன்றுடன் ஒன்று மோதலடையும் m_1 m_2 திணிவுகளையுடைய இரண்டு பந்துகளின் மோதலின் வேகங்கள் u_1, u_2 மோதலின் பின் பந்துகளின் வேகங்கள் v_1, v_2 எனின்



உரு 3.2

ஏகபரிமான உந்தக்காப்புத் தத்துவப்படி,
மோதலின் முன் தொகுதியின் மொத்த உந்தம் = பின் தொகுதியின் மொத்த உந்தம்

$$m_1u_1 - m_2u_2 = -m_1v_1 + m_2v_2$$

நியூட்டனின் மூன்றாம் இயக்க விதி

சுவர் ஒன்றை நீங்கள் உதைக்கும் போது, நீங்கள் சுவரினூடு விழுகிரீர்களா?. நீங்கள் இல்லை எனக் கூறுவீர்கள். நீங்கள் சுவரினூடு செல்லாது உங்களைத் தடுத்தது என்ன? சுவரானது சமமான, எதிரான விசையினால் உங்களைப் பின்நோக்கித் தள்ளுகின்றது. சடுதியாகச் சுவர் வழி விடுமாயின், பின்னோக்கித் தள்ளுகை நீக்கப்படுவதால் சுவரினூடு உங்களைப் புக விடும்.

நியூட்டனின் மூன்றாம் இயக்கவிதி
இரண்டு பொருட்கள் இடைவினை புரியும் (மோதும்) போது, அவை ஒன்றின் மீது ஒன்று சமமான எதிரான விசையை ஒன்றின் மீது ஒன்று பிரயோகிக்கும்.

நியூட்டனின் விதிகளின் பிரயோகங்கள்

1. 20 kg திணிவுள்ள பொருளொன்று 3 m s^{-2} உடன் ஆர்முடுகப்படல் வேண்டும். இதற்கு என்ன விசை தேவைப்படும் ?

   நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி

$$\begin{aligned} F &= ma \\ &= 20 \times 3 \\ &= 60\text{N} \end{aligned}$$

2. 80 km s^{-1} உடன் செல்லும் 1500 kg திணிவுள்ள காரை 11 s இல் நிறுத்தல் வேண்டும். இதற்கு என்ன விசை தேவைப்படும் ?

   $v = u + at$ என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து அமர்முடுகலைக் காணலாம்.

$$80\text{ km h}^{-1} = \frac{80 \times 1000}{3600 \times}\text{ m s}^{-1} = 22\text{ m s}^{-1}$$

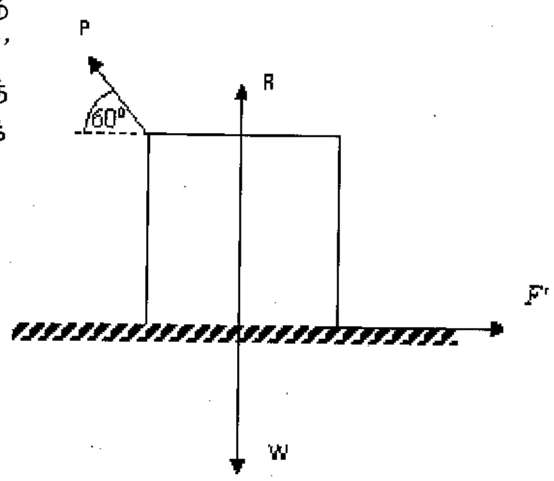
$$a = \frac{v-u}{t} = \frac{0-22}{11} = 2$$

   நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி.

$$\begin{aligned} F &= ma \\ F &= 1500 \times 2 \\ &= 3000\text{ N} \end{aligned}$$

வேகத்திற்கு எதிரான திசையில் 3000C விசையை பிரயோகிப்பதால் காரை நிப்பாட்டலாம்

3. 5 kg திணிவுள்ள பெட்டி ஒன்று கிடையான தளம் வழியே 50 N என்ற P என்னும் விசையினால் கிடைத்தளத்துடன் 60° கோணம் அமைக்க இழுக்கப்படுகிறது. 20 N பருமனுள்ள F' என்ற உராய்வு விசை தளத்திற்குச் சமாந்தரமாகத் தொழில்படுகிறது. பெட்டியின் ஆர்முடுகலைக் காண்க.



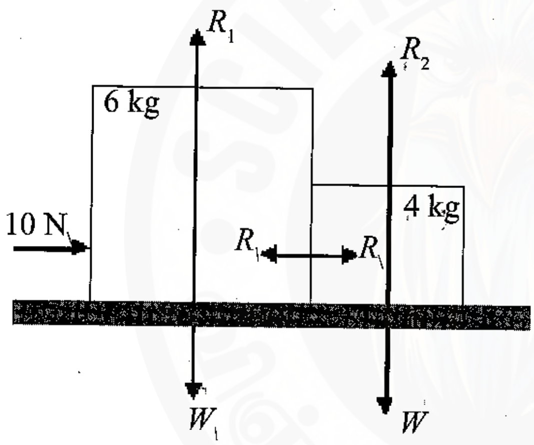
$$\leftarrow F = ma$$

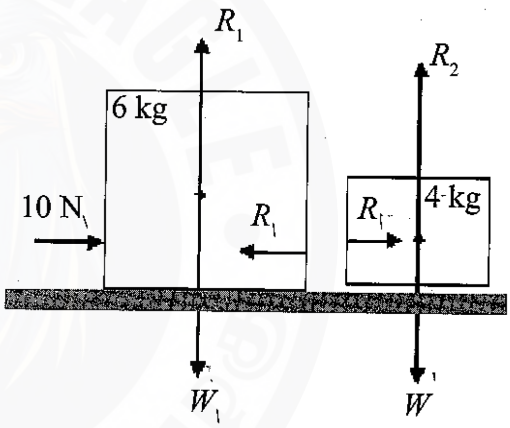
$$P\cos 60^0 - F' = ma$$

$$50\times\frac{1}{2} - 20 = 5\times a$$

$$a = 1\ \text{m s}^{-1}$$

4. அழுத்தமான கிடையான தளத்தின் மீது 6 kg, 4 kg திணிவுள்ள இரண்டு திணிவுகள் ஒன்றுடன் ஒன்று தொடுகையிருக்கத்தக்கதாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. 10 N விசையினால் 6 kg திணிவு தள்ளப்படுகிறது. தொகுதியின் ஆர்முடுகலையும், திணிவுகளுக்கிடையிலுள்ள மறுதாக்க விசையை காண்க.





மேலுள்ள தொகுதியின் சுயாதீன விசை வரிப்படத்தைக் காட்டுகின்றது.

தொகுதிக்கு $\rightarrow F = ma$ இல்

$$10 = 10a$$

$$a = 1\ \text{m s}^{-2}$$

6 kg திணிவுக்கு

$\rightarrow F = ma$ இல்

$$10 - R = 6\times 1$$

$$R = 4\ \text{N}$$

5. அழுத்தமான கப்பி ஒன்றின் மேலாக செல்லும் மீள்தன்மையற்ற இலேசான இழையொன்றின் சுயதீன முனைகளில் 4 kg, 6 kg ஆகிய திணிவுகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. திணிவுகள் ஓய்விலிருந்து விடுவிக்கப்பட்டால் திணிவுகள் விடுவிக்கப்பட்டால் அவற்றின் ஆரம்ப ஆர்முடுகளையும், இழையின் இழுவையையும் காண்க.

T இழையிலுள்ள இழுவையாகவும் a ஆரம்ப ஆர்முடுகல் எனவும் கொள்ளப்படும் போது

6 kg திணிவுக்கு, $F = ma$ ஐ பிரயோகிக்க

$$\downarrow \; 6g - T = 6a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

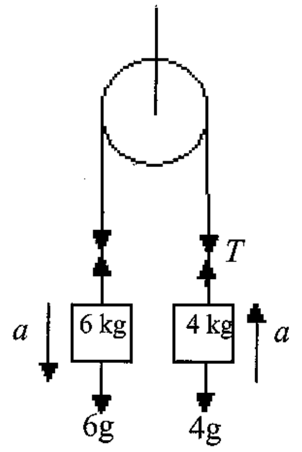
4 kg திணிவுக்கு, $\uparrow \; T - 4g = 4a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$

சமன்பாடு (1) + சமன்பாடு (2)

$$2g = 10\,a$$

$$a = 0.2g$$

$$= 2\text{ m s}^{-2}$$



சமன்பாடு (2) இல் இருந்து

$$T = 4 \times 0.2 \times g + 4 \times g = 4.8g = 48\text{ N}$$

சுய செப்பஞ்செய்யும் விசைகள்

இழுவை

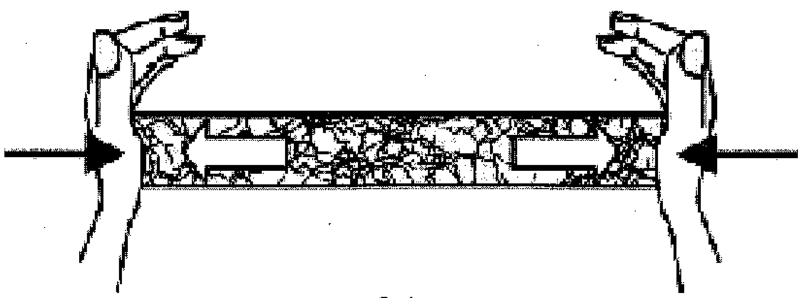
சிறிய கயிற்றுத்துண்டு அதன் நீளம் வழியே ஈர்க்கப்படுவதாகக் கருதுக. கயிறு அறாது அதனைத் தடுக்கும் விசை யாது ? இவ்விசையானது இழுவிசை எனப்படும்.

உரு 3.3

இவ்விசையானது எப்பொழுதும் கயிற்றில் தாக்கினால் கயிறானது சுருங்கல் வேண்டும். ஆனால் இது நடப்பதில்லை. ஆகவே, கயிறு ஈர்க்கப்படும் போது மாத்திரமே இவ்விசையானது தொழிற்படும். கயிற்றை இழுக்கும் போது, இவ்விசையானது தானாகச் செப்பஞ்செய்து கயிறு அறாதவாறு தடுக்கும். இழுக்கும் விசையை அதிகரிக்க, இழுவை விசையும் அதிகரிக்கும். இவ்வாறு தானாகச் செப்பஞ் செய்யும் விசைகள் "சுயசெப்பஞ் செய்யும் விசைகள்" எனப்படும் இழுவை, உதைப்பு அல்லது நெருக்கம், உராய்வு என்பன சுயசெப்பஞ் செய்யும் விசைகளாகும்.

உதைப்பு அல்லது நெருக்கம்

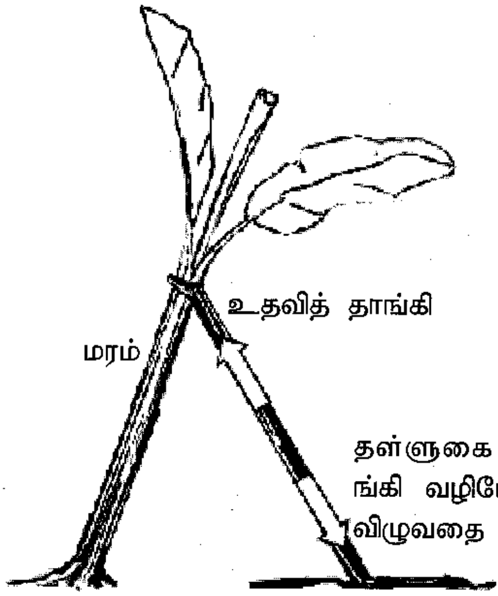
இது இழுவைக்கு எதிராகத் தொழில்படும். நீங்கள் சிறிய மரக்குற்றியை இரு கைகளினாலும் தள்ளினால், குற்றி உடையாமல் நெருக்கம் ஒன்று உருவாகும்.



உரு 3.4

இவ்விசையானது தானாகவே மாறிக் கைகளினால் கொடுக்கப்படும் வெளிவிசையை சமப்படுத்தும். ஆகவே இவ்விசையும் சுயசெப்பஞ் செய்யும் விசையாகும்.

உதாரணம்:



உரு 3.5

உராய்வு விசை

_______பதார்த்தங்கள் ஒன்றின் மீது ஒன்று வழுக்குதலைத் தடுக்கும் விசை, உராய்வு எனப்படும். உராய்வு விசையானது தொடர்பு இயக்கத்தை எதிர்க்கும் அல்லது தடுக்கும். நுணுக்கமாக அவதானித்தால் எல்லா மேற்பரப்புகளும் கரடானவை. தொடுகையில் வைக்கும் போது ஒழுக்கற்ற பிரதேசங்கள் பிணைவடைகின்றன. அத்துடன் உயரமுக்கம் உள்ளவிடத்தில் தற்காலிக பிணைப்பு ஏற்படுகின்றது. மேற்பரப்புகளை ஒன்றன்மேல் ஒன்று உயர்த்துவதற்கு, உருமாற்றம் செய்வதற்குமாக ஒரு குறிப்பட்ட அளவு வேலை செய்தல் வேண்டும். மேற்பரப்பு இயங்கும் போது இதற்கு விசை ஒன்று தேவைப்படும்.

சில சூழ்நிலைகளில் உராய்வு தேவையற்றதாகும் ஏனெனில் சக்தி விரயமாக்கப்படுவதால். எனினும் சில சூழ்நிலைகளில் உராய்வு உபயோகமானதாகும். உதாரணமாக காரின் தடுப்புகளை பிரயோகிக்கும் போது மெதுவாக இயங்கச் செய்வதற்குச் சில்லுகளுக்கும், தரைக்குமிடையிலுள்ள உராய்வு அவசியமாகும்.

நிலையியல் உராய்வு

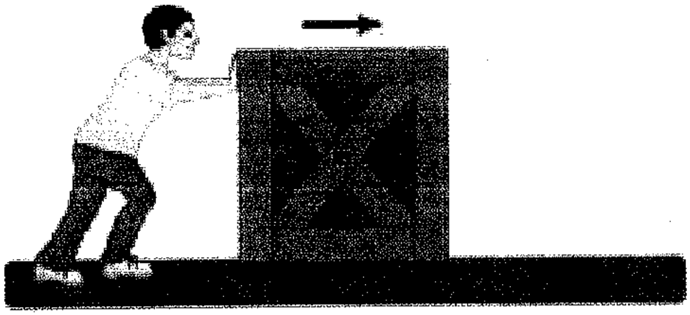
சில வேலைகளில் உராய்வை மீறுவதற்குப் பிரயோகிக்கப்பட்ட விசை போதியளவு பெரியதாக இருக்காது. ஆகவே விசையொன்றைப் பிரயோகித்த போதும் அசைவு ஏற்பட்டிருக்காது. இச்சந்தர்ப்பத்தில் தொழில்படும் உராய்வு, நிலையியல் உராய்வு எனப்படும். ஆகவே விசை ஒன்றைப் பிரயோகித்து மேற்பரப்பொன்றை வேறொன்றின் மீது வழுக்க எத்தனிக்கையில், அம் மேற்பரப்புகள் ஓய்விலிருக்கையிலேயே அவற்றிற்கிடையே நிலையியல் உராய்வு தொழிற்படும்.

தளம் ஒன்றின் வழியே பாரமான பெட்டி ஒன்றை வழுக்கச் செய்வதாக நினைக்க. மெதுவாக இதைத் தள்ளினால் பெட்டி இயங்காது. மேலும் சிறிது கடினமாகத் தள்ளுக. அப்போதும் பெட்டி இயங்காது எனில் இரு சந்தர்ப்பங்களிலும் நிலையியல் உராய்வு விசை பிரயோகித்த விசையை சமப்படுத்துகின்றது. பொருள் இயங்கத் தொடங்கும் வரை இந் நிலையியல் உராய்வுவிசை பிரயோகித்த விசைக்குச் சமனாகுமாறு மாற்றிக்கொள்ளும்.

எல்லை உராய்வு விசை

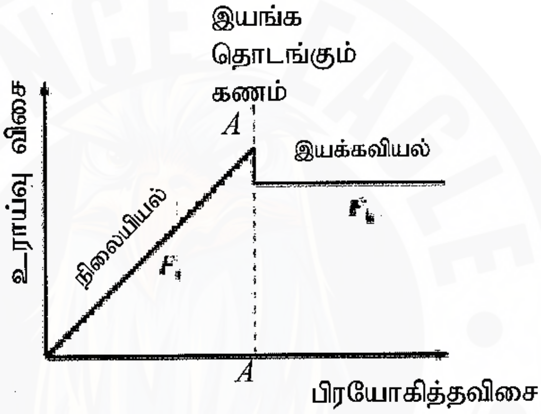
போதுமான விசை பிரயோகிப்பின், உராய்வு விசையை மீறலாம். அதன் பின் இயக்கம் நடைபெறும். மேற்பரப்புகள் ஒன்றின் மீதொன்றுமட்டாக வழுக்கும் நிலையிலிருக்கையில் தொழில்படும் உராய்வுவிசை, எல்லை உராய்வு விசை எனப்படும்.

மனிதன் ஒருவன் பாரமான பெட்டியொன்றை கரடான மேற்பரப்பின் மீது தள்ள முயற்சி செய்யும் நிகழ்வைக் கருதுக.



உரு 3.6

பிரயோகித்த விசைக்கு எதிராக உராய்வு விசையைக் குறித்து வரைபு ஒன்று வரைந்தால் வரைபின் அலைவு உரு 2.3.10 இலிருப்பது போல் பெறப்படும்.



உரு 3.7

புள்ளி A ஆனது பெட்டி மேற்பரப்பின் மீது மட்டாக வழுக்க எத்தனிக்கும் கணத்திற்குரியது. இந்நிலையில் உள்ள உராய்வு விசை எல்லை உராய்வு விசை எனப்படும்.

புள்ளி A ஐக் கடத்தப்பின் பெட்டியானது மேற்பரப்பின் மீது இயங்கும். இந்நிலையில் தாக்கும் உராய்வு மாறிலியாக இருக்கும். இவ் உராய்வு விசை இயக்கவியல் உராய்வு விசை எனப்படும்.

எவ்வாறாயினும் உண்மையான மேற்பரப்புகளுக்கிடையிலான உராய்வு விசை ஒரு இடத்தில் இருந்து அடுத்த இடத்திற்குச் செல்லும்போது மாறுபடும் வழுக்கல் உராய்வை எளிய விதி மூலம் விபரிக்கலாம். இவ்விதியானது இரண்டு மேற்பரப்புகளுக்கிடையுள்ள செங்குத்து விசையையும் (இரண்டும் எவ்வளவு வலிமையாக அமுக்கப்படுகின்றது என்பது) அவற்றில் தொழில்படும் உராய்வு விசையையும் இரண்டு மேற்பரப்புகளும் ஒன்றின் மீது ஒன்றாக மட்டாக வழுக்க தொடங்கும் நிலையில் தொடர்புபடுத்துகின்றது. (எல்லை உராய்வு)

மேற்பரப்புகளுக்கிடையிலுள்ள எல்லை உராய்வு விசை $\propto$ மேற்பரப்புகளுக்கிடையிலுள்ள செவ்வன் தொடுகை விசை

$$F \propto R$$
$$F = \mu R$$

μ என்பது நிலையியல் உராய்வுக் குணகம் ஆகும். இது குறித்த இரண்டு மேற்பரப்புகளுக்கு அண்ணளவான மாறிலி ஆகும்.

இயக்கவியல் உராய்வு

மேற்பரப்பொன்று வேறொரு மேற்பரப்பின் மீது வழுக்கும் போது அவற்றிற்கிடையில் தொழில்படும் உராய்வு இயக்கவியல் உராய்வு எனப்படும். மேற்பரப்புகள் இயங்கத் தொடங்கும்போது மேலுள்ள தொடர்பு $F = \mu R$ வலிதாகும். அத்துடன் இந்நிலையில் இயக்கவியல் உராய்வு எல்லை உராய்வு விசைக்கு சமமாகும்.

பொருள் ஒன்றின் மீது தொழில்படும் இயக்கவியல் உராய்வு விசை (F_d) மேற்பரப்புகளுக் கிடையிலுள்ள செவ்வன் தொடுகை விசைக்கு (R) விகிதசமமாகும்.

இயக்கவியல் உராய்வு விசையை F_d எனின்

$$F_d \propto R$$

$$F_d = \mu_d R$$

μ_d என்பது இயக்கவியல் உராய்வுக் குணகம் எனப்படும். வரைபு 3.7 இன்படி

$$F > F_d \text{ ஆகவே}$$

$$\mu > \mu_d$$

ஆகவே எப்பொழுதும் இயக்கவியல் உராய்வுக் குணகம் எல்லை உராய்வுக் குணகத்திலும் சிறிதாகும்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணங்கள்

(i) மனிதன் ஒருவன் 300 N நிறையுள்ள பொதியிடப்பட்ட பெட்டியொன்றை தளமொன்றின் வழியே தள்ள எத்தனிக்கின்றான். பெட்டிக்கும் தளத்திற்குமிடையிலுள்ள எல்லை உராய்வுக் குணகம் 0.3 ஆயின் பெட்டியை வழுக்கச் செய்ய தேவையான இழிவு விசை யாது ?

பொருள் மட்டாக வழுக்கச் செய்ய தேவையான இழிவு விசையானது எல்லையுராய்வு விசைக்கு சமமாகும்.

$$F = \mu R = 0.3 \times 300 = 90\text{N}$$

ஆகவே வழுக்கச் செய்ய தேவையான இழிவு விசை $= 90$ N

(ii) இறுதியாக மனிதனால் பெட்டியை தளத்தின் வழியே தள்ளக்கூடியதாயிருந்தது. அவன் தள்ள தொடங்குகையில் குறைந்த திறனுடன் பெட்டியானது சுலபமாக இயங்குவதையுணர்ந்தான். மாறா வேகத்தை பேறுவதற்கு இவனுக்கு 87 N மாத்திரம் தேவைப்பட்டது. இயக்கவியல் உராய்வு குணகத்தை காண்க.

மனிதன் மாறாக்கதியை பேணுவதால் தள்ளுகை விசையானது இயக்கவியல் உராய்வு விசைக்கு சமமாகும்.

மனிதனால் பிரயோகிக்கப்பட்ட விசை F எனவும் இயக்கவியல் உராய்வு விசை F_d எனவும்

$$\rightarrow F = ma$$

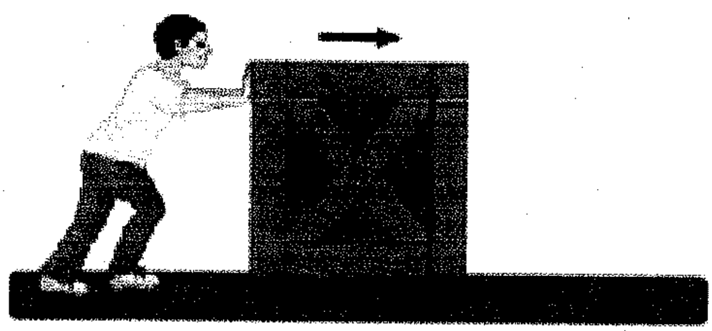
$$F - F_d = 0$$

$$F = F_d$$

$$F_d = \mu_d R$$

$$87 = \mu_d \times 300$$

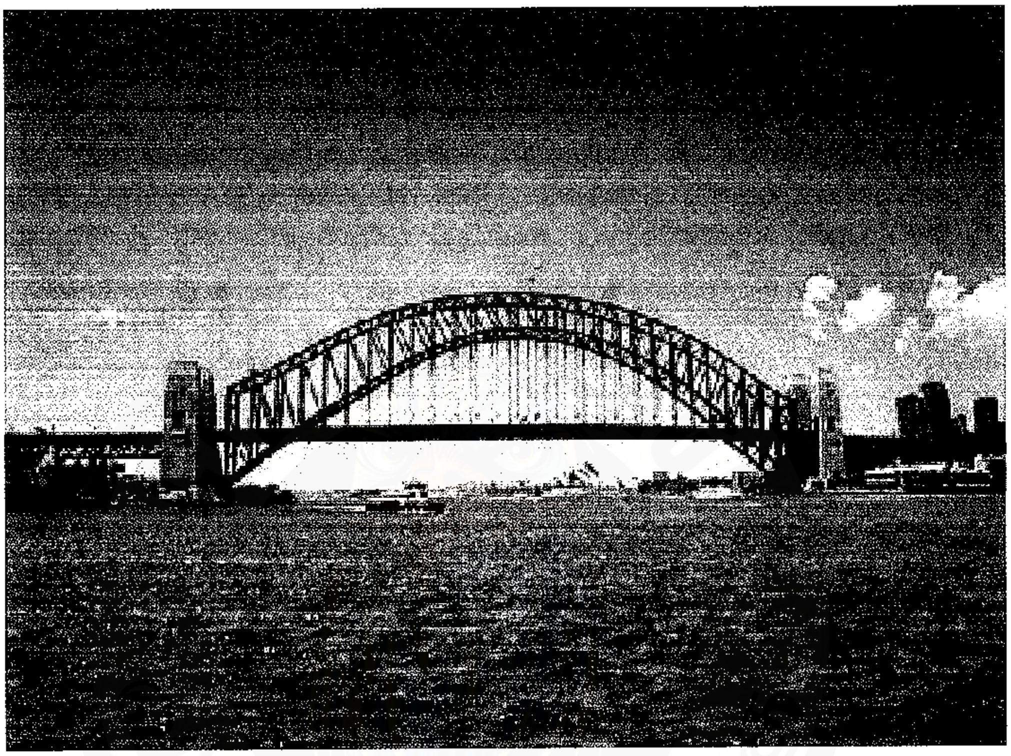
$$\mu_d = \frac{87}{300} = 0.29$$



அத்தியாயம் - 4

விசைகளின் சமநிலை

உரு 4.1 இலுள்ள பாலமானது பெரிய அளவிலான சுமை உள்ளபோதும் உடைந்து விழாது கட்டப்பட்டுள்ளது. பாரமான சுமைகளைப் பாலத்தின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் இடும் பொழுதும் பாலம் சமநிலையில் இருக்கத்தக்கதாக பாலமானது வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆகவே உறுதியான கட்டமைப்புகளை அமைக்கும் போது சமநிலையானது ஒரு முக்கிய பங்கை வகிக்கின்றது.

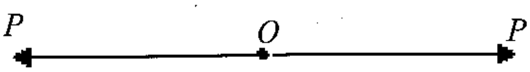


உரு 4.1

சமநிலை நிபந்தனைகள்

விசைத்தொகுதி ஒன்றின் தாக்கத்தின் கீழ் பொருள் ஒன்றின் ஓய்விலிருக்குமாயின் (ஏகபரிமான, சுழற்சி இயக்கம் இல்லாது) அப்பொருளானது சமநிலையிலிருப்பதாகக் கூறப்படும். இவ்வாறு நடைபெறுதற்குத் தெளிவாக இருப்பது யாதெனில் ஒரு தொகுதி விசைகளின் சமநிலைக்குரிய பிரதான நிபந்தனையானது விசைகளின் தாக்கத்தின் கீழ்த்தொகுதியானது ஒரு தனிவிசையாக அல்லது விளையுளாகவும் (இயக்கத்தைத் தவிர்க்க), அத்துடன் இணைவிசைகளாகவும் அல்லது முறுக்கமாக (சுழற்சியைத் தவிர்க்க) ஒடுங்ககூடாது. இப்பிரதான நிபந்தனையைக் கருதும் போது தொகுதியிலுள்ள விசைகளின் எண்ணிக்கைக்கு ஏற்பச் சமநிலைக்குத் தேவையானதும், போதுமானதுமான நிபந்தனைகளைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

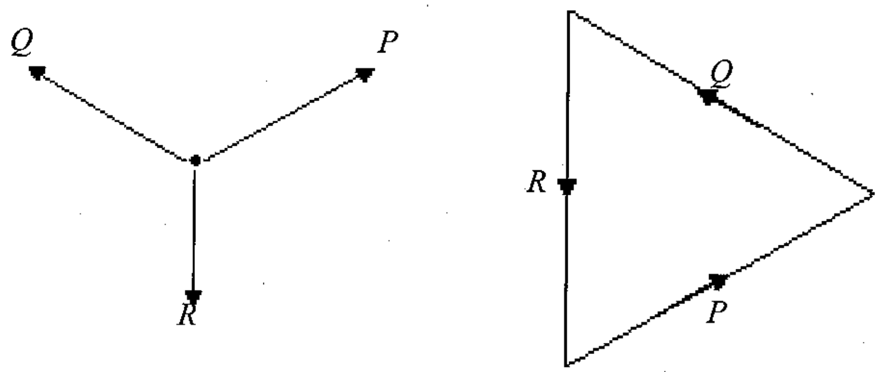
1. இரண்டு விசைகளின் சமநிலை நிபந்தனைகள்



உரு 4.2

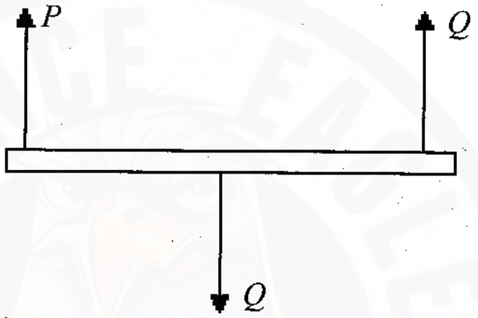
1. இரண்டு விசைகளும் ஒரே நேர் கோட்டிலிருத்தல் வேண்டும்.
2. அவை பருமனில் சமனாக இருத்தல் வேண்டும்.
3. அவை ஒன்றிற்கொன்று எதிர்த்திசையில் தாக்கல் வேண்டும்.

2. மூன்று விசைகளின் சமநிலை நிபந்தனைகள்



உரு 4.3

1. மூன்று விசைகளும் ஒரே தளத்திலிருக்க வேண்டும்.
2. அவற்றின் தாக்கக் கோடுகள் ஒரு புள்ளியில் சந்தித்தல் வேண்டும்.
3. முக்கோணம் ஒன்றின் ஒழுங்காக எடுத்த பக்கங்கள் வழியாக (பருமனிலும், திசையிலும்) வகைகுறிக்கப்பட வேண்டும் (விசைமுக்கோணி) அல்லது வேறு ஏதாவது



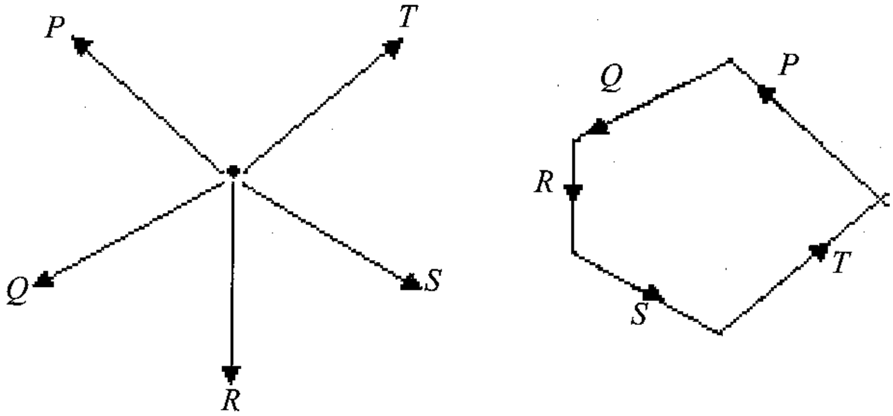
உரு 4.4

1. மூன்று விசைகளும் சமாந்தர ஒரு தளவிசைகள்
2. விசைகளின் திசையில் மூன்று விசைகளின் அட்சர கணித கூட்டுத்தொகை பூச்சியமாகும்.
3. யாதாயினும் ஒரு புள்ளி பற்றி விசைகளின் திருப்புத்திறன்களின் அட்சரகணிதக் கூட்டுத்தொகை பூச்சியமாகும்.

ஏதாவது எண்ணிக்கையுள்ள ஒரு தளவிசைகளின் சமநிலை நிபந்தனைகள்

1. எந்த ஒரு திசையிலும் விசைகளின் பிரித்த கூறுகளின் அட்சரகணிதக் கூட்டுத்தொகை பூச்சியமாகும்.
2. ஆரம்பத் திசைக்குச் (மேற்குறித்ததிசை) செங்குத்தான திசையில் விசைகளின் பிரிந்தகூறுகளின் அட்சரகணிதக் கூட்டுத் தொகை பூச்சியமாகும்.
3. விசைகளின் தளத்திலுள்ள ஏதாவது புள்ளி பற்றி விசைகளின் திருப்புதிறன்களின் அட்சரகணிதக் கூட்டுத் தொகை பூச்சியமாகும்.

குறிப்பு :- மூன்று விசைகளின் சமநிலைக்கு விசை முக்கோணியினால் குறித்தது போல் பெரும் எண்ணிக்கையிலான ஒரு தள விசைகளின் சமநிலையை விசைப் பல்கோணியினால் குறிக்கலாம்.



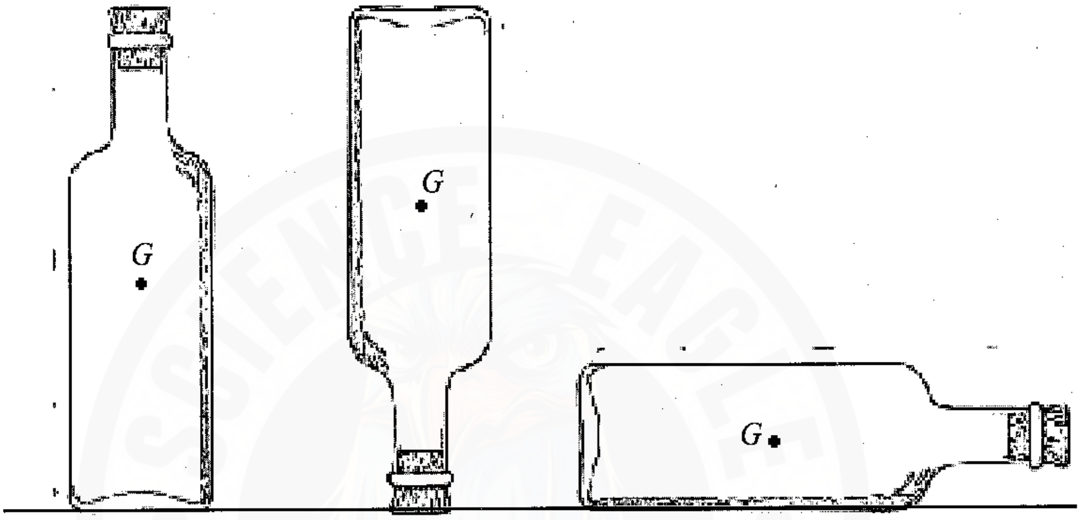
உரு 4.5

சமநிலை நிலைகள்

பொருள் ஒன்றை வெவ்வேறு வழிகளில் சமநிலையில் வைக்கமுடியும். இம்முறைகள் சமநிலையின் நிலைகளாகும். இவற்றுள் ஒன்று பாதுகாப்பானது, மற்றதன் பாதுகாப்பு நடுத்தரமானது (மிதமானது), மற்றது பாதுகாப்பற்றது. மூன்று பிரதான சமநிலை நிலைகள் பின்வருமாறு.

1. உறுதிச் சமநிலை.
2. உறுதியில் சமநிலை
3. நடுநிலைச் சமநிலை

உதாரணம் :- வெறுமையான போத்தல் ஒன்று மூன்று நிலைகளில் கீழுள்ளவாறு வைக்கப்பட்டிருப்பகைக் கருதுக



உரு 4.6

1. உறுதிச் சமநிலை

சமநிலையிலுள்ள பொருள் ஒன்றைச் சிறிது இடம் பெயர்த்து விடுவிக்கப்படுகையில், பொருளானது ஆரம்ப சமநிலைத்தானத்திற்கு மீளுமாயின் பொருளானது உறுதிச் சமநிலையில் உள்ளது எனப்படும்.

2. உறுதியில் சமநிலை

பொருளை மேலுள்ளவாறு சிறிது இடம் பெயர்த்து விடுவிக்கப்படுகையில், பொருளானது அதன் ஆரம்பச் சமநிலைத்தானத்திற்குத் மீளாவிடின் பொருளானது உறுதியில் சமநிலையிலிருக்கும்.

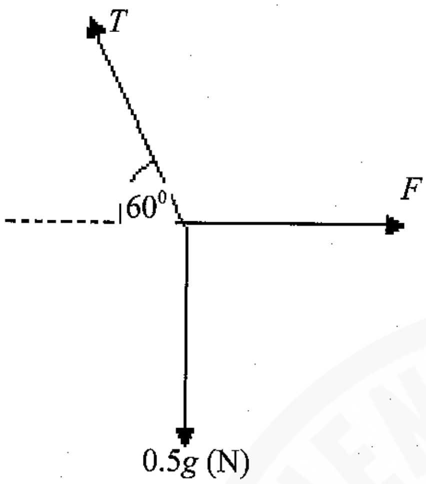
3. நடுநிலைச் சமநிலை

பொருளானது சமநிலைத்தானத்திலிருந்து மேலுள்ளவாறு சிறிது இடம் பெயர்க்கப்பட்டு விடுவிக்கையில் பொருள் மீண்டும் வேறு ஒரு இடத்தில் அதே சமநிலை நிலையிலிருப்பின் பொருளானது நடுநிலைச் சமநிலையிலிருக்கும்.

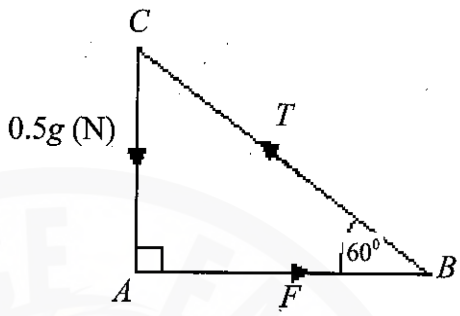
மேலுள்ள மூன்று சமநிலை நிலைகளில் நடுநிலைச் சமநிலையே மிகவும் பாதுகாப்பான நிலை அல்லது பாதுகாப்பான தானம் என்பது தெரிகிறது. அதே வேளையில் உறுதியற்ற சமநிலைத்தானம் என்பது மிகவும் பாதுகாப்பற்றதானமாகும். மேலும் பொருள் ஒன்றின் புவியீர்ப்பு மையத்தின் தானம் தாழ்வாக இருப்பின் அது மிகவும் உறுதியானது அல்லது பாதுகாப்பானது என்பது தெரிகின்றது, எனினும் உடல் ஒன்றின் சமநிலையைத் தீர்மானிக்கும் பிரதான காரணி பொருள் கொண்டிருக்கும் அழுத்தசக்தியே ஆகும். பொருள் வைத்திருக்கும் அழுத்த சக்தி (mgh) குறைவானால் பொருளின் நிலை மிகவும் உறுதியானது. அழுத்தசக்தி அதிகரிக்கப் பொருளானது உறுதியற்ற நிலையையுடையும்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணங்கள்

1. 500 g திணிவுள்ள பொருள் ஒன்று நிலைத்த புள்ளியிலிருந்து இலேசான நீட்சியடையா இழையிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. கிடையான விசை F இனால் ஒரு பக்கத்திற்கு இழையானது கிடையுடன் 60° அமைக்கும் வரை இழுக்கப்படுகிறது.
   (i) F இன் பெறுமானம் காண்க.
   (ii) 15 N இழுவையின் போது இழை அறுமாயின் F இன் உயர் பெறுமானத்தைக் காண்க.



(i) விசைமுக்கோணியைப் பயன்படுத்தும் போது



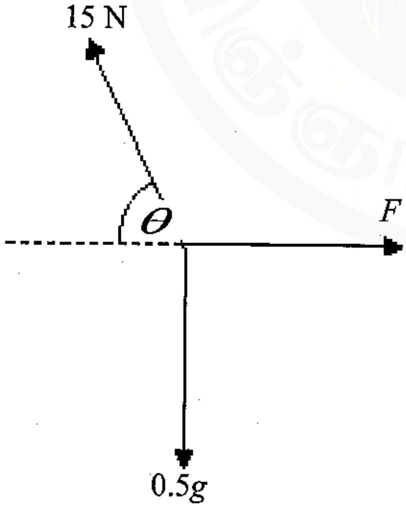
$$\tan 60^\circ = \frac{AC}{AB}$$

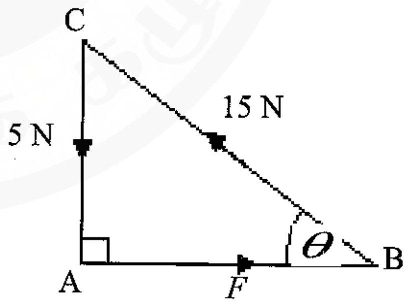
$$\sqrt{3} = \frac{0.5\,g}{F}$$

$$F = \frac{5}{\sqrt{3}} = \frac{5\sqrt{3}}{3}\ \text{N}$$

(ii) விசை முக்கோணத்தின் படி ΔABC யில்

F அதிகரிக்கும்போது இழை கிடையுடன் ஆக்கும் கோணம் குறையும். அத்துடன் இழுவை இழை அறும்வரை அதிகரிக்கும். இழை அறும் நிலையில் இழை கிடையுடன் ஆக்கும் கோணம் θ எனின்





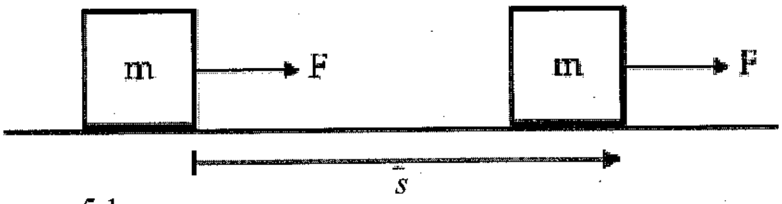
$$5^2 + F^2 = 15^2$$

$$F^2 = 225 - 25$$

$$= 200$$

$$F = \sqrt{200} = 10\sqrt{2}\ \text{N}$$

வேலை, சக்தி, வலு

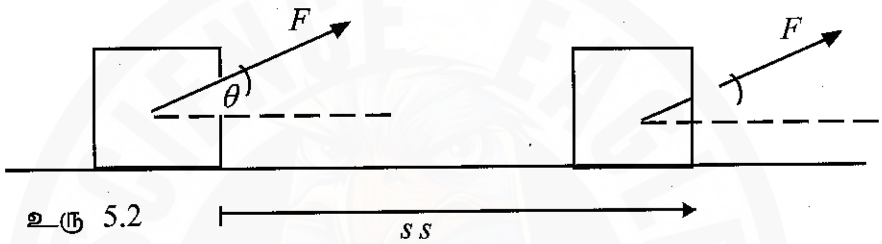


உரு 5.1

சமப்படுத்தப்படாத விசை ஒன்று பொருள் ஒன்றின் மீது தாக்கும் போது பொருள் இடப்பெயர்ச்சி அடையுமாயின் விசையானது அப்பொருளின் மீது வேலை செய்ததாக சொல்லப்படும்.

செய்யப்பட்ட வேலையின் பருமன் விசையின் தாக்கப்புள்ளியின் இடப்பெயர்ச்சியினதும் அத்திசையிலுள்ள விசையினதும் பெருக்கமாகும்.

செய்யப்பட்ட வேலை = விசை × இடப்பெயர்ச்சி



உரு 5.2

விசையானது இடப்பெயர்ச்சிக்குச் சாய்வான நிலையில் செயற்படுமாயின் செய்யப்பட்ட வேலையானது இடப்பெயர்ச்சியின் திசையில் விசையின் கூறினதும் இடப்பெயர்ச்சியினதும் பெருக்கமாகும்.

$$\text{செய்யப்பட்ட வேலை} = F\cos\theta \times s$$

$$W = Fs\cos\theta$$

சக்தி

வேலை செய்யக்கூடிய ஆற்றல் சக்தி என வரையறுக்கப்படும். பொருள் ஒன்று வேலை செய்யும் போது அதனால் அதே அளவான சக்தி விடுவிக்கப்படுகிறது. அப்பொருளின் மீது வேலை செய்யும் போது அதே அளவான சக்தி சேமிக்கப்படும்.

சக்தியை அளக்கும் அலகு யூல் (J). இது வேலையின் அலகாகும்.

சக்தியானது ஒளி, ஒலி, வெப்பம், மின், இரசாயனம், கரு, பொறிமுறைச்சக்தி போன்ற வடிவங்களிலிருக்கும். பொறிமுறைச்சக்தியானது அழுத்தசக்தி, இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி ஆகிய உபபிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படும்.

அழுத்தச்சக்தியும் இயக்கப்பாட்டுச்சக்தியும்

நிலத்திலுள்ள பொருளொன்றை நிலத்திலிருந்து உயர்ந்த மட்டத்திற்கு உயர்த்தப்பட்டால் ஒரு குறித்தளவு வேலை அப்பொருளின் மீது செய்யப்படும். இவ் வேலையானது பொருளில் சக்தியாகச் சேமிக்கப்படும். இச்சக்தி அழுத்தசக்தி எனப்படும்.

ஓய்விலுள்ள பொருளொன்றை இயங்கச் செய்ய அதன் மீது வேலை செய்தல் வேண்டும். இவ் வேலையையும் பொருளில் சக்தியாகச் சேமிக்கப்படும். இது இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி எனப்படும்.

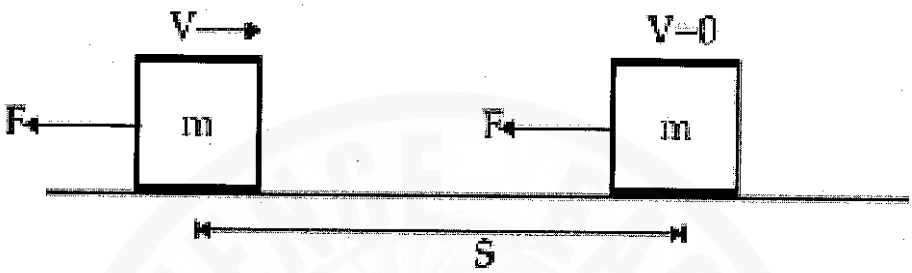
இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி

மேல் குறிப்பிட்டது போல இயக்கப்பண்பு சக்தி என்பது இயங்கும் பொருள் கொண்டுள்ள சக்தி இயங்கும் பொருளானது வேலை செய்யும் ஆற்றலைக் கொண்டு இதனைக் காட்டும் ஆனால் ஓய்விலுள்ள பொருள் அவ்வாறு காட்டாது.

பொருளொன்று நேர்கோட்டு இயக்கத்திலிருப்பின் அது வைத்திருக்கும் இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி என்பது பெயர்ச்சி இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி எனப்படும். சுழலும் பொருளொன்று வைத்திருக்கும் இயக்கப்பாட்டு சக்தியானது சுழற்சி இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி எனப்படும்.

பெயர்ச்சி இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி

v என்ற வேகத்தடன் இயங்கும் பொருளொன்றின் மீது F என்ற எதிர்க்கும் விசை தொழிற்படப் பொருளானது s தூரம் இயங்கிய பின் ஓய்வுக்கு வருவதாகக் கருதுக.



உரு 5.3

$F = ma$ ஐ m, இற்கு பிரயோகிக்க

$$-F = ma$$

$$a = -\frac{F}{m}$$

$v^2 = u^2 + 2as$ ஐ பயன்படுத்தும்போது

$$0 = v^2 + 2\left(-\frac{F}{m}\right)s$$

$$0 = v^2 - 2\frac{F.s}{m}$$

$$2\frac{F.s}{m} = v^2$$

$$F.s = \frac{1}{2}mv^2$$

செய்யப்பட்டவேலை $W = F.s$

$$W = \frac{1}{2}mv^2$$

$\therefore$ உடலின் ஏகபரிமாண இயக்கப்பாட்டுச்சக்தி,

$$\boxed{W = \frac{1}{2}mv^2}$$

அழுத்த சக்தி

அழுத்த சக்தி இரண்டு வடிவங்களிலுள்ளன. ஈர்ப்பு அழுத்தசக்தி, மீளியல் அழுத்த சக்தி என்பனவாகும்

ஈர்ப்பு அழுத்த சக்தி

ஈர்ப்புப்புலம் ஒன்றில் வைக்கப்பட்டிக்கும் பொருள் ஒன்று அதன் நிலையால் அதில் சேமித்து வைத்திருக்கும் பொறிமுறை அழுத்தசக்தியானது ஈர்ப்பு அழுத்த சக்தி எனப்படும்.

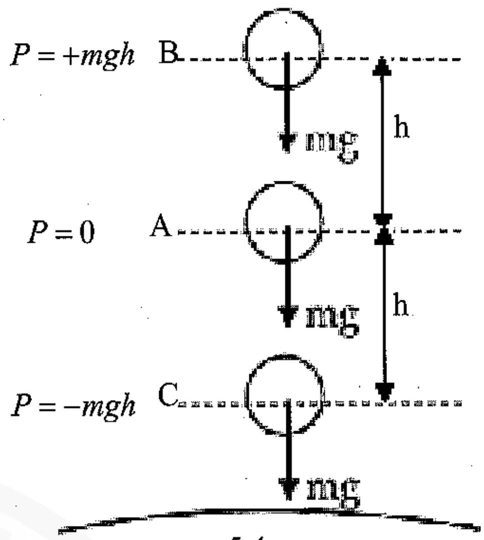
m திணிவுள்ள பொருள் ஒன்று நிலை A யிலிருந்து h உயரத்திலுள்ள நிலை B இற்கு உயர்த்தப்படுவதாகக் கருதுக.

பொருளின் மீது நிலைக்குத்தாகக் கீழ் நோக்கித் தாக்கும் ஈர்ப்புக் கவர்ச்சிவிசை $F = mg$.

இவ் விசைக்கு எதிராக வேலை செய்தல் வேண்டும். வேலை W ஆயின்

$$W = F.s \Rightarrow W = mgh$$

இவ்வேலையானது பொருளில் ஈர்ப்பு அழுத்த சக்தியாகச் சேமிக்கப்படும்.



உரு 5.4

$$\boxed{\therefore \text{ ஈர்ப்பு அழுத்தசக்தி } = mgh}$$

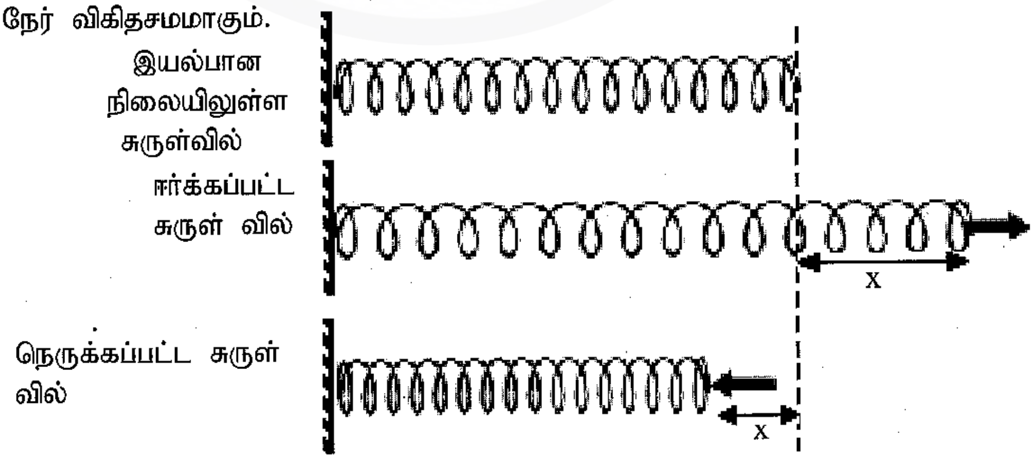
பொருளானது நிலை A யிலிருந்து h உயரத்தினூடு நிலை C இற்குத் தாழ்த்தப்பட்டால், சக்தியானது வெளிவிடப்படும். ஆகவே C யிலுள்ள ஈர்ப்பு அழுத்தசக்தி, நிலை A யிலுள்ளதிலும் குறைவாகும். C யிலுள்ள ஈர்ப்பு அழுத்தசக்தி $= -mgh$

$\therefore$ ஈர்ப்புப் புலமொன்றில் ஏதாவது மட்டத்தில் ஈர்ப்பு அழுத்தசக்தியை பூச்சியமாகக் கருதினால், அம்மட்டத்திற்கு மேலே h உயரத்தில் ஈர்ப்பு அழுத்தசக்தி $+mgh$, அதேவேளையில் குறித்த மட்டத்திற்கு கீழ் h உயரத்தில் $-mgh$. ஆகும்.

மீளியல் அழுத்தசக்தி

ஒரு ஈர்க்கப்பட்ட சுருள்வில் அல்லது றப்பர் இழை அல்லது ஒரு நெருக்கப்பட்ட சுருள் வில்லுக்கு வேலை செய்யக்கூடிய ஆற்றலுண்டு. சுருள்வில் வைத்திருக்கும் சக்தி, மீளியல் அழுத்த சக்தி எனப்படும்.

சுருள்வில் மீது விசை F தாக்கும் போது அடைந்த நீட்சி x ஆயின் இந்நீட்சியானது விசையின் பருமனுக்கு நேர் விகிதசமமாகும்.



உரு 5.5

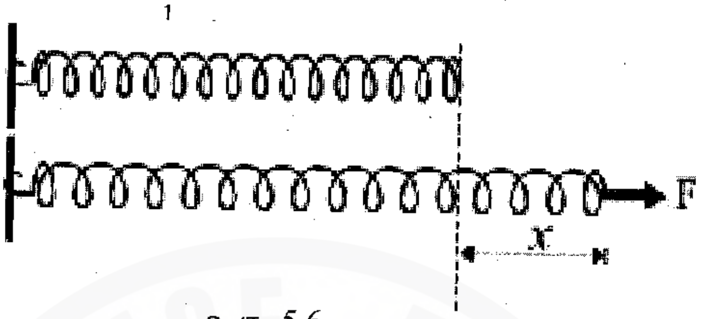
$$F \propto x$$

$$\boxed{F = kx}$$

விகிதசம மாறிலி k என்பது வில்மாறிலி எனப்படும்.

சுருள்வில்லில் சேமிக்கப்பட்ட சக்தி $W = \frac{1}{2}kx^2$ இனால் தரப்படும்.

∴ மீளியல் அழுத்த



உரு 5.6

விசை அதிகரிக்க, நீட்சி அதிகரிக்கும். வில்லானது x தூரத்தினூடு நீட்சியடைந்தால், வில்லில் தொழில்படும் சராசரி மீளியல் விசை.

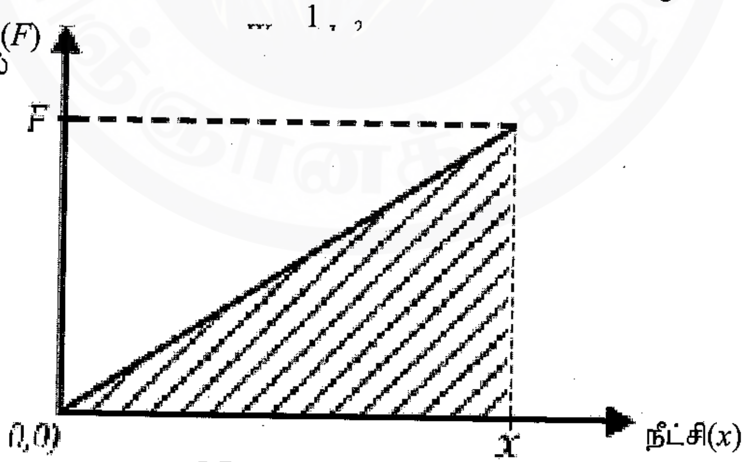
$$F' = \left(\frac{0+F}{2}\right)$$

∴ சராசரி மீளியல் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = F'x = \left(\frac{0+F}{2}\right)x = \frac{F}{2}x$$

⇒ ஆனால் $F = kx$, ஆகவே $W = \frac{1}{2}kx.x$

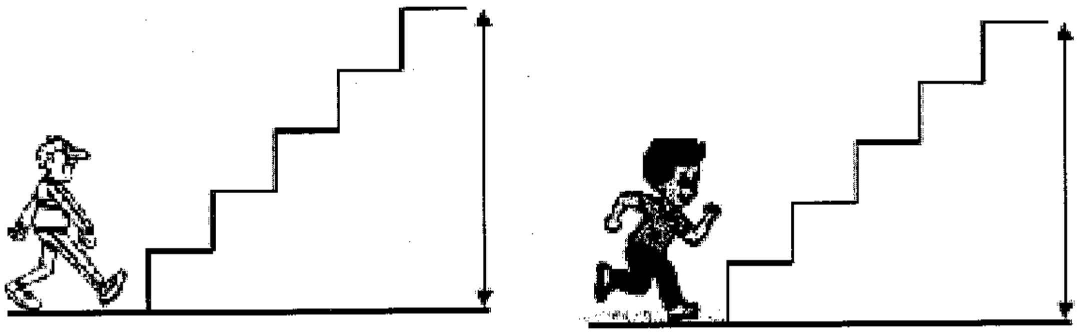
∴ மீளியல்



உரு 5.7

விசை (f) - நீட்சி (x) வரைபின் கீழுள்ள பரப்பானது 1/2 fx, எனவே இப்பரப்பானது விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலைக்கு சமனாகும். அத்துடன் விற்சுருளில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள மீளியல் அழுத்த சக்திக்கும் சமனாகும்.

வலு



உரு 5.8

பையனொருவனுக்கு ஒரு வயதான நபரிலும் பாக்க மிகவும் குறுகிய நேரத்தில் ஒரு தொகுதி படிகளில் ஏறக்கூடிய திறனுண்டு. எனவே பையன் வயதானவரிலும் வலுவானவன் என்பதை காட்டுகிறது.

பொருள் ஒன்று வேலை செய்யும் வீதம் அல்லது அது சக்தியை விடுவிக்கும் வீதம், வலு எனப்படும்.

$$\text{வலு} = \boxed{\frac{\text{வேலை}}{\text{நேரம்}}}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

வலுவின் அலகு 'வாற்று' (W)

$$1\ W = 1\ J\ s^{-1}$$

வலுவுக்கும் வேகத்திற்குமுள்ள தொடர்பு

$$\text{வலு} = \frac{\text{வேலை}}{\text{நேரம்}}$$

$$P = \frac{F.s}{t}$$

$$P = F.\frac{s}{t}$$

$$\boxed{P = Fv}$$

$$\therefore \text{வலு} = \text{விசை} \times \text{வேகம்}$$

திறன்

சாதனம் ஒன்று வைத்திருக்கும் சக்தி முழுவதும் பயன்படு சக்தியாக மாற்றப்படமாட்டாது, ஏனெனில் ஒரு பகுதி வேறு வடிவங்களாக மாற்றப்படும் (உ+ம்:- வெப்பம்) ஆகவே சக்தியின் ஒரு பகுதி விரயமாகின்றது.

$$\text{திறன்} = \frac{\text{பயன்படு பயப்பு வலு}}{\text{பெய்ப்பு வலு}} \times 100 \ \%$$

சக்திக்காப்புத்தத்துவம்

மூடிய தொகுதி ஒன்றின் மொத்தச்சக்தி மாறிலியாயிருக்கும்.எனினும், தொகுதி ஒன்றினுள் ஒரு வகைச்சக்தி, இன்னொருவகைச் சக்தியாக மாறும்.

உ+ம்:- எரிபொருளின் (பெற்றோல்) சக்தி, வெப்பம், ஒலி மற்றும் பொறிமுறைச்சக்தியாக மாற்றப்படும். நீர்-வலு உற்பத்தி நிலையம் உச்சியில் நீரில் சேமிக்கப்பட்ட அழுத்த சக்தியானது, நீர் அடிப்பாகத்திற்கு விழும் பொழுது இழக்கப்பட்டு சுழலியில் (Turbine) இயக்கபாட்டுசக்தியாக மாற்றப்படும். சுழலியினால் இச்சக்தி, மின்சக்தியாக மாற்றப்படும்.

பொறிமுறைச்சக்திக் காப்புத்தத்துவம்

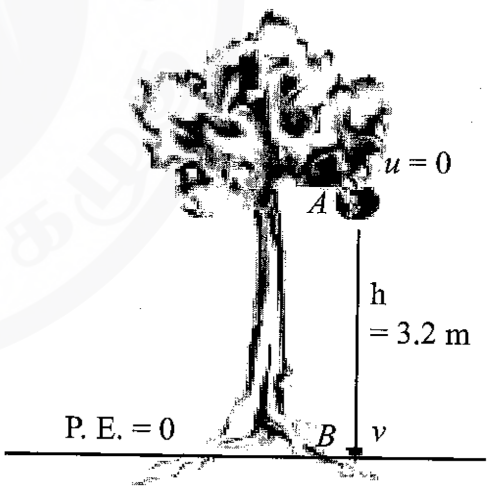
குறித்த ஒரு செயல்முறையில், இயக்கப்பாட்டுச் சக்திக்கும் அழுத்தச் சக்திக்குமிடையில் மட்டும் சக்திக் காப்பு நிகழுமாயின் அச்செயல்முறையில் இயக்கப்பாட்டுச் சக்தியினதும் அழுத்தச்சக்தியினதும் கூட்டுத்தொகை மாறிலியாயிருக்கும்.

$$\text{இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி} + \text{அழுத்தச்சக்தி} = \text{மாறிலி}$$
$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = k$$

(சில நிலைகளில் அழுத்தச்சக்தியானது ஈர்ப்பு, மீளியல் அழுத்தச்சக்தி வடிவங்களிலும் இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி பெயர்ச்சி, சுழற்சி இயக்கப்பாட்டு சக்தி வடிவங்களிலும் இருக்கும்.)

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

நில மட்டத்திலிருந்து 3.2 m உயரத்தில் மரத்திலிந்து தொங்கும் மாங்காய் ஒன்று ஓய்விலிருந்து, நிலத்தில் விழுகின்றது. மாங்காய் நிலத்தை அடிக்கும் போது அதன் வேகம் என்ன? (வளித்தடை கருத்தில் கொள்ளப்படவில்லை)



உரு 5.9

சக்திக் காப்புத்தத்துவத்தை பிரயோகிக்கும்போது

நிலை A இல் நிலை B இல்

இயக்கபாட்டுச் சக்தி + அழுத்தச் சக்தி = இயக்கபாட்டுச்சக்தி + அழுத்தச்சக்தி

$$0 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 + 0$$
$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$
$$10 \times 3.2 = \frac{1}{2}v^2$$
$$10 \times 6.4 = v^2$$
$$v = 8\ \mathrm{m\,s^{-1}}$$

அத்தியாயம் - 6

சுழற்சி இயக்கமும் வட்ட இயக்கமும்

(Rotational motion)

அண்டத்தில் நிகழும் பெரும்பாலான இயக்கங்களை நேர்கோட்டு இயக்கத்தினாலும் சுழற்சி இயக்கத்தினாலும் சேர்த்தே விளக்கலாம். நேர்கோட்டு இயக்கம் நேர்கோட்டுத் தூரமாற்றங்களினால் தீர்மானிக்கப்படுவதுடன் சுழற்சி இயக்கம் கோணமாற்றங்களினால் தீர்மானிக்கப்படுகின்றது.

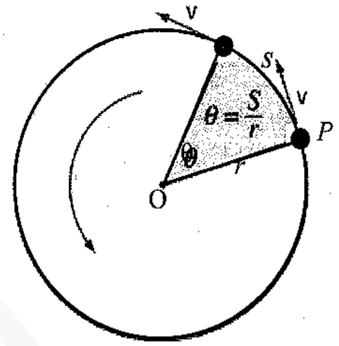
கோண இடப்பெயர்ச்சி (θ) (Angular displacement)

ஒரு குறித்த போக்கில் குறித்த அச்சுபற்றி ஒரு புள்ளி அல்லது ஒரு நேர்கோடு சுழன்ற கேணமானது கோணஇடப்பெயர்ச்சி எனப்படும். கோணஇடப்பெயர்ச்சி எண்ணிக்கணியமாகும். உற்பத்தி O இல் இருந்து சதூரத்தில் உள்ள புள்ளி p யில் உள்ள பொருள் θ கோணம் சுழன்றால் வில்நீளம் s எனில்

$$\boxed{s = r\theta}$$

$$\theta = \frac{s}{r}\ \omega$$

θ இன்அலகு ஆரையன் (radian)
இது 'rad' இனால் குறிக்கப்படும்



உரு 6.1

Miuad; (Radian)

வட்டமொன்றில் ஆரையின் நீளத்திற்குச் சமனான நீளமுடைய வில் அவ்வட்ட மைய்த்தில் எதிரமைக்கும் கோணம் 1 சயன எனப்படும்.
வட்டமொன்றின் சுற்றளவு $2\pi r$ ஆயின்

$$\frac{1}{r} \times 2\pi r = 2\pi$$

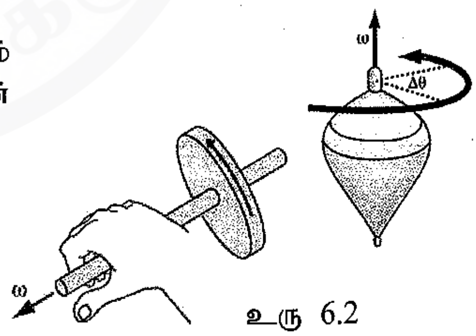
இச்சுற்றளவு மையத்தில் எதிரமைக்கும் கோணம்
அதாவது $360^\circ = 2\pi$ (rad)

கோண வேகம் (ω) (Angular velocity)

கோண இடப்பெயர்ச்சி மாற்ற வீதமானது கோணவேகம் எனப்படும். கோணவேகம் காவிக்கணியமாகும். இதன் திசை வலது கை தக்கைத் திருகுவிதியினால் தரப்படும்.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

ω இன்அலகு rad s^{-1}



உரு 6.2

கோண ஆர்முடுகல் (α) (Angular acceleration)

மஏதாவது ஒரு கணத்தில் இயங்கும் பொருளின் கோணவேக மாற்றவீதம் அக்கணத்தில் அப்பொருளின் கோணஆர்முடுகல் எனப்படும்.

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

α இன்அலகு rad s^{-2}

உடல் ஒன்றின் கோணவேகமானது ω_1 இல் இருந்து ω_2 இற்கு மாற எடுத்தநேரம் t s ஆயின்

கோண ஆர்முடுகல் $$\alpha = \frac{\omega_1 - \omega_2}{t}$$

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

மின்விசிறி ஒன்று செக்கன் ஒன்றுக்கு 10 சுழற்சிகள் என்னும் கதியில் சுழன்றுகொண்டிருக்கின்றது. மின்துண்டிப்பு ஏற்பட்டதன் விளைவாக அது 10 செக்கன்களில் மாறா கோண அமர்முடுகலுடன் ஓய்வுக்கு வருகின்றது. இம் மாறா கோண அமர்முடுகலைக் கணிக்க.

ஆரம்ப கோண வேகம் $\omega_1 = 2\pi \times 10$

இறுதி கோண வேகம் $\omega_0 = 0$

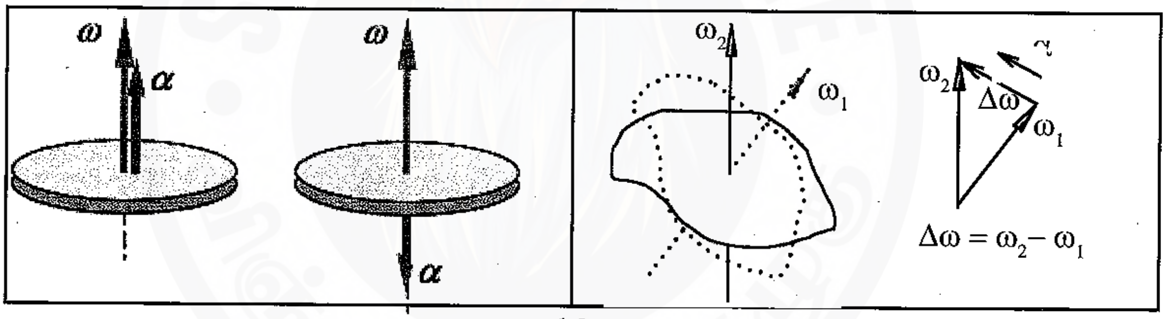
அமர்முடுகல் அடைய எடுத்த நேரம் $t = 10$

கோண அமர்முடுகல் $\alpha = \dfrac{\Delta\omega}{\Delta t} = \dfrac{0 - 2\pi \times 10}{10} = -2\pi \text{ rad s}^{-2}$

கோண அமர்முடுகல் $\alpha = 2\pi \text{ rad s}^{-2}$

Note: கோண ஆர்முடுகல் ஏற்படும் மூன்று முறைகள்
(1) கோண வேகத்தின் திசை மாறாது பருமன் மாறுபடுதல்
(2) கோண வேகத்தின் பருமன் மாறாது திசை மாறுபடுதல்.
(3) கோணவேகத்தில் இவ்விரண்டும் மாறுபடுதல்.

சுழற்சித் தளம் மாறாமல் கோணவேகத்தின் பருமன் மாத்திரம் மாறுபடும் நிலையிலேயே கோணவேகத்தின் திசையிலே கோண ஆர்முடுகல் காணப்படும். சுழற்சித்தளம் மாறுபடும்போது கோணவேகம் மாறுபடும் திசையிலேயே கோண ஆர்முடுகலும் காணப்படும்.



உரு 6.3

<u>சுழற்சிக்காலம்</u>(T) (Period of rotation)

ஒரு முழுச் சுழற்சியை ஆற்ற எடுக்கும் காலம் ஆனது சுழற்சிக்காலம் எனப்படும்.

$$\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega}}$$

<u>சுழற்சிமீடிறன்</u> (f) (Frequency of rotation)

ஒரு செக்கனில் ஆற்றும் சுழற்சிகளின் எண்ணிக்கையானது சுழற்சி மீடிறன் எனப்படும்.

$f = \dfrac{\omega}{2\pi}$ அல்லது $\omega = 2\pi f$

<u>கோணஇயக்கத்திற்கும் நேர்கோட்டு இயக்கத்திற்கும் இடையிலான தொடர்புகள்</u>

<u>தொடர்பு1</u>

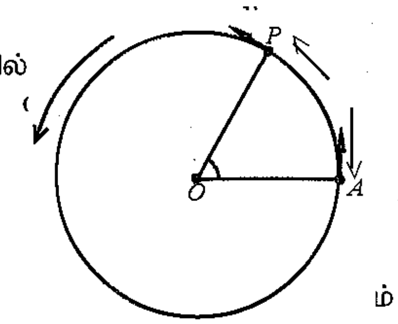
$s = r\theta$ இல் இருந்து

$\Delta s = r\Delta\theta$

A இல் இருந்து P யிற்கு செல்ல எடுத்தநேரம் Δt எனில்

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = r\frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

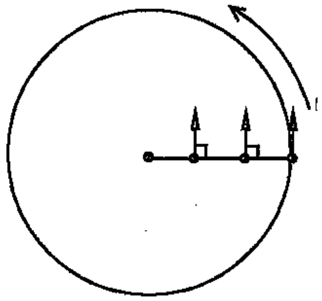
$$v = r\omega$$



உரு 6.4

v ஆனது ஆரைமூலகம் **OA** இற்கு செங்குத்தாகவும் ω ம்
போது v மாறுபடுவதையும் அவதானிக்கலாம்.

$$\boxed{v_A > v_B > v_C}$$


உரு 6.5

<u>தொடர்பு-2</u>

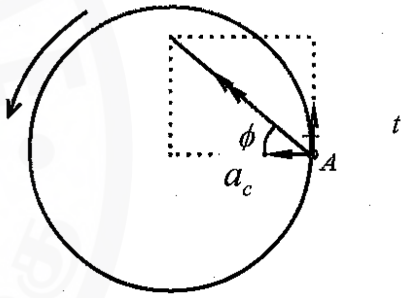
$\Delta v = r\Delta\omega$ இல் இருந்து

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = r\frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

$$a_t = r\alpha$$

இங்கு a ஆனது தொடலிவழியேயான ஆர்முடுகல். துணிக்கை P யானது சீரான கோண வேகத்துடன் இயங்குமாயின் $\Delta\omega = 0$

ஆகவே $\alpha = 0$
$a_t = 0$



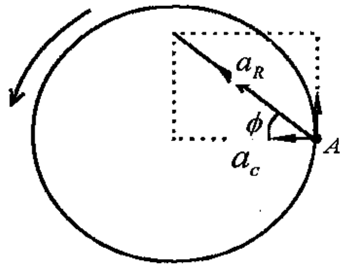
உரு 6.6

எனவே சீரான கோணவேகத்தில் வட்டப்பாதையில் இயங்கும் பொருளுக்குத் தொடலிவழியேயான ஆர்முடுகல் பூச்சியமாகும். ஆனால் மையத்தை நோக்கித் தொடலிக்குச் செங்குத்தாக ஆர்முடுகல் இருக்கும்.
வட்டத்தின் மையத்தை நோக்கிய ஆர்முடுகல் a_c எனின்

இவ்வார்முடுகல் $a_c = \frac{v^2}{r} = r\omega^2 = v\omega$ ஆல் தரப்படும்.

இவ்வார்முடுகல் மையநாட்ட ஆர்முடுகல் எனப்படும். நேரத்திற்கு நேரம் துணிக்கையின் திசை மாறுபடுவதன் காரணமாக துணிக்கைக்கு இவ்வார்முடுகல் இருக்கும்.

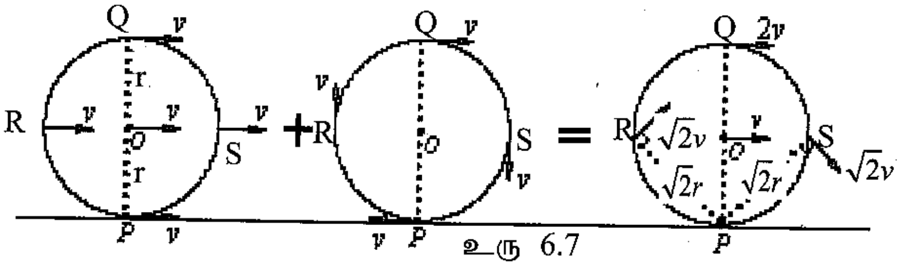
சீரற்ற கோணவேகத்துடன் சுழலும் போது தொடலிவழியேயான ஆர்முடுகலும் இருக்கும். ஆகவே விளையுள் ஆர்முடுகல் மையத்தை நோக்கியிருக்காது.
விளையுள் ஆர்முடுகல்



உரு 6.7

$$a_R = \sqrt{a_t^2 + a_c^2} \qquad \tan\phi = \frac{a_t}{a_c}$$

Note:



உரு 6.7

வழுக்குதல் பெயர்ச்சி இயக்கம் — O பற்றிச் சுழலுதல் சுழற்சி இயக்கம் — உருளுதல் பெயர்ச்சி சுழற்சி இயக்கம்

குறிப்பு: P எப்போதும் கணப்பொழுது ஓய்வில் இருக்கும்.

வழுக்கும் இயக்கத்தில் 6.8 (a) சில்லின் எல்லா புள்ளிகளும் அத்துடன் சில்லின் அச்சும் வலது கை திசையில் ஒரே நேர்கோட்டுக் கதியில் அசையும்.

சுழற்சி இயக்கத்தில் 6.8 (b) சில்லின் எல்லா புள்ளிகளும் சில்லின் மையம் பற்றி ஒரே கோண வேகம் ω உடன் சுழலும் சில்லின் விளிம்பில் உள்ள புள்ளிகள் நேர்கோட்டுக் கதி V யில் அசையும்.

சுழற்சி இயக்கத்தில் 6.8 (உ) மேற்குறிப்பிட்ட a, b யின் சேர்மானமாக இருக்கும்.

<u>சீரான கோண ஆர்முடுகல் இயக்கம்</u> (Motion with uniform angular acceleration)

குறித்த அச்சுப்பற்றிச் சுழலும் ஒரு உடலைக் கருதுக. அதன் ஆரம்பக்கோணவேகம்; ω_o, t நேரத்தின் பின் கோணவேகம் ω, இதன்போது அடைந்த கோண இடப்பெயர்ச்சி θ, கோணஆர்முடுகல் α எனில்

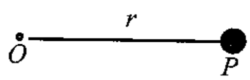
$$\alpha = \frac{\omega - \omega_o}{t} \Rightarrow$$

1. $\boxed{\omega = \omega_o + \alpha t}$
2. $\boxed{\theta = \left(\frac{\omega + \omega_o}{2}\right)t}$
3. $\boxed{\theta = \omega_o t + \frac{1}{2}\alpha t^2}$
4. $\boxed{\omega^2 = \omega_o^2 + 2\alpha\theta}$

<u>சடத்துவத்திருப்பம் (I)</u> (Moment of inertia)

நேர்கோட்டு இயக்கத்தில் இயக்கத்தை மாற்ற மறுக்கும் தன்மையானது திணிவு போல் சுழற்சி இயக்கத்தை மாற்ற மறுக்கும் தன்மை(சுழற்றி சடத்துவம்) சடத்துவத்திருப்பமாகும்.
ஆரை r ஆகவுள்ள வட்டப்பாதையில் m திணிவுடைய துணிக்கை P சுழல்கின்றதாயின் O பற்றிய P யின் சடத்துவத்திருப்பம்

$\boxed{I = mr^2}$ ஆல் தரப்படும்.



I யின்அலகு kg m^2

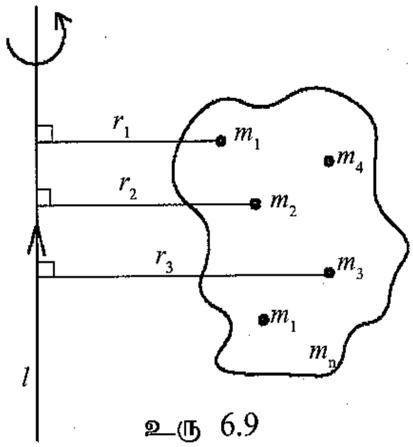
உரு 6.8

துணிக்கைத் தொகுதி ஒன்றின் சடத்துவத்திருப்பம்

$m_1, m_2, m_3, ..., m_n$ என்னும் துணிக்கைத்தொகுதி $r_1, r_2, r_3, ...,$ r_n என்னும் செங்குத்துத்தூரங்களைக் கொண்டுள்ளதாயின் அச்சு l பற்றிய அத்துணிக்கைத்தொகுதியினது சடத்துவத் திருப்பம் I_l ஆனது

$$I_l = m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + m_3r_3^2 + ... + m_nr_n^2$$

$$\left[I_l = \sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2 \right]$$



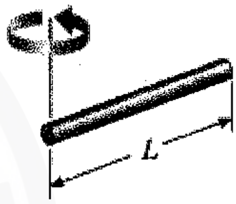
உரு 6.9

Note: சடத்துவத் திருப்பம் எண்ணியமாகும்.
(1) சடத்துவத்திருப்பம் அச்சு l இல் தங்கியுள்ளது.
(2) சடத்துவத்திருப்பம் திணிவுப்பரம்பலில் அல்லது பொருளின் வடிவமைப்பில் தங்கியுள்ளது.

உதாரணங்கள்

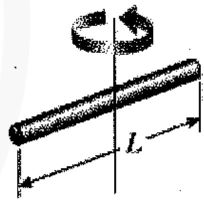
(1) M திணிவும் L நீளமும் உடைய சீரான கோலின் முனையினூடாகக் கோலுக்குச் செங்குத்தாகச் செல்லும் அச்சுப்பற்றிய சடத்துவத்திருப்பம் I_l ஆனது

$$\boxed{I_l = \frac{1}{3}ML^2}$$

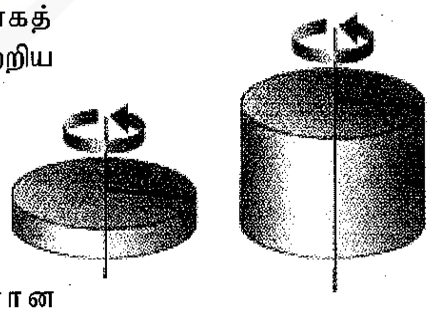


(2) M திணிவும் L நீளமும் உடைய சீரான கோலின் மையத்தினூடாகக் கோலுக்குச் செங்குத்தாகச் செல்லும் அச்சுப்பற்றிய சடத்துவத்திருப்பம் I_l ஆ

$$\boxed{I_l = \frac{1}{12}ML^2}$$



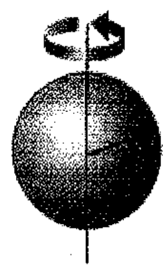
(3) M திணிவும்; R ஆரையும் உடைய சீரான வட்டத்தட்டு அல்லது திண்ம உருளையின் மையத்தினூடாகத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகச் செல்லும் அச்சுப்பற்றிய சடத்துவதிருப்பம் I_l ஆனது



$$\boxed{I_l = \frac{1}{2}MR^2}$$

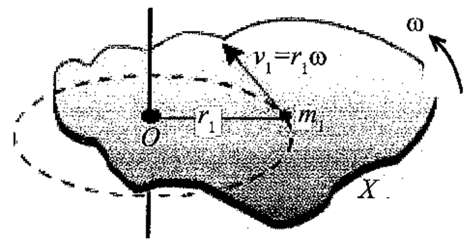
(5) M திணிவும; R ஆரையும் உடைய சீரான திண்மக்கோளத்தின் மையத்தினூடாகச் செல்லும் அச்சுப்பற்றிய சடத்துவதிருப்பம I_l ஆனது

$$\boxed{I_l = \frac{2}{5}MR^2}$$



உரு 6.11

சுழற்சி இயக்கச்சக்தி (Rotational kinetic energy)



உரு 6.12

O வினூடு செல்லும் அச்சுப்பற்றி ω கோணவேகத்துடன் சுழலும் பொருள் X I கருதுக. அதில் உள்ள திணிவுகள் $m_1, m_2, m_3 ..., m_n$ என்னும் புள்ளித்திணிவுகள் O வினூடாக செல்லும் அச்சில் இருந்து $r_1, r_2, r_3 ..., r_n$ என்னும் செங்குத்துத் தூரங்களைக் கொண்டுள்ளதுடன் அவற்றின் கதிகள் முறையே $v_1, v_2, v_3, ..., v_n$ எனின்
எனவே பொருளின் சுழற்சி இயக்கசக்தி

$$E = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 + \frac{1}{2}m_3v_3^2 + ... + \frac{1}{2}m_nv_n^2$$

$$= \frac{1}{2}m_1r_1^2\omega^2 + \frac{1}{2}m_2r_2^2\omega^2 + \frac{1}{2}m_3r_3^2\omega^2 + ... + \frac{1}{2}m_nr_n^2\omega^2$$

$$= \frac{1}{2}\left(m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + m_3r_3^2 + ... + m_nr_n^2\right)\omega^2 = \frac{1}{2}\left[\sum m_ir_i^2\right]\omega^2$$

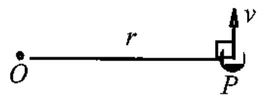
$$\boxed{K.E = \frac{1}{2}I\omega^2} \qquad I = \sum m_ir_i^2$$

இங்கு I என்பது சுழற்சி அச்சுப் பற்றிய சுழலும் பொருளின் சடத்துவத்திருப்பம் எனப்படும். இது சுழற்சி அச்சிலும், திணிவிலும், திணிவுப்பரம்பலிலும் தங்கியுள்ளது.

கோண உந்தம்(L) (Angular momentum)

m திணிவுள்ள துணிக்கை v வேகத்துடன் இயங்குகையில் அதன் இயக்கக்கோட்டிற்கு வரையப்பட்ட செங்குத்துத்தூரம் O வில் இருந்து r ஆயின் O பற்றிய துணிக்கையின் கோண உந்தம் $L = (mv)r$

$$\boxed{L = p.r}$$



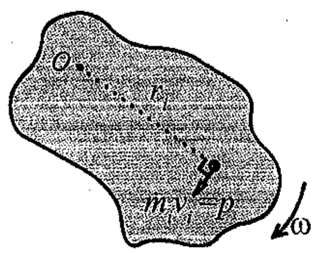
உரு 6.13

Note: கோணஉந்தம் ஒரு காவிக்கணியமாகும். இதன் திசை வலக்கை தக்கைத்திருகுவிதியினால் தரப்படும்.

ஓர் அச்சுப்பற்றிய இயங்கும் அடரின் கோண உந்தம் (L)

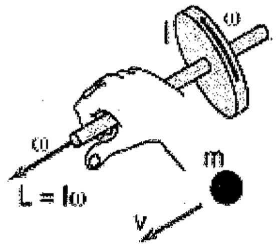
O வினூடு செல்லும் அச்சுப்பற்றி ω கோணவேகத்துடன் இயங்கும் அடரின் O பற்றிய கோணஉந்தம்

$$L = p.r$$
$$= \Sigma(m_iv_i)r_i$$
$$= \Sigma(m_iv_i\omega)r_i$$
$$= \Sigma(m_i r_i^2)\omega$$
$$\boxed{L = I\omega}$$



உரு 6.14

L இன்அலகு $kg\ m^2\ s^{-1}$



உரு 6.15

கோண உந்தம்	=	சடத்துவத் திருப்பம்	X	கோண வேகம்
L	=	I	x	ω
	=		x	
p	=	m	x	v

குறிப்பு : கோண உந்தம் காவிக் கணியமாகும். இதன் திசை வலக்கை தக்கை திருகு விதி மூலம் பெறப்படும்.

முறுக்கம் (τ)

ஏகபரிமாண இயக்கத்தில் ஏகபரிமாண உந்தமாற்ற வீதமானது விசை என வரையறுப்பது போல் கோணஇயக்கத்தில் கோணஉந்தமாற்ற வீதமானது விசைத்திருப்பம் அல்லது முறுக்கம் எனப்படும்.

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}.r \qquad L = p.r$$

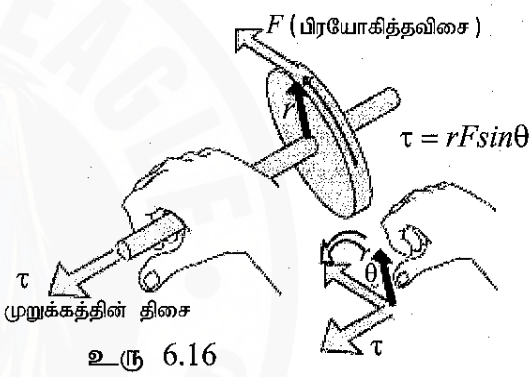
$$\tau = F.r \qquad ......(1)$$

அத்துடன் $L = I\omega$ என்னும் தொடர்பில் இருந்து

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{\Delta I\omega}{\Delta t} > I \text{ நேரத்துடன் மாறுவதில்லை.}$$

$$\tau = I\left(\frac{\Delta \omega}{\Delta t}\right)$$

$$\therefore \tau = I\alpha \qquad .....(2)$$



உரு 6.16

ஆகவே(1), (2) ,y; ,Ue;J

$$F.r = I\alpha$$

சமன்பாடு (2) நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியான $F = ma$ இற்கு ஒத்ததாகும். முறுக்கத்தின் திசையும் கோணஉந்தத்தின் திசையைப் பெற்றுக்கொண்டவாறே பெறலாம்.

கோணஉந்தக்காப்புத்தத்துவம் (Principle of conservation of angular momentum)

தரப்பட்ட அச்சுப்பற்றிப் புறமுறுக்கங்கள் செயற்பாடாதுவிடின் துணிக்கை அல்லது துணிக்கைத் தொகுதியின் அவ்வச்சுப்பற்றிய மொத்தக் கோணஉந்தம் ஓர் மாறிலியாகும்.

அதாவது ஆரம்பகோணஉந்தம் ஸ்ரீ இறுதிக்கோண உந்தம்

$$\boxed{I\omega = I'\omega'}$$

ஏகபரிமாண இயக்கம் சுழற்சி இயக்கம் ஆகியவற்றுக்கிடையிலான தொடர்பு

	ஏகபரிமாண இயக்கம்	சுழற்சி இயக்கம்	தொடர்பு
(1)	இடப்பெயர்ச்சி s	கோணஇடப்பெயர்ச்சி θ	$s = r\theta$
(2)	வேகம் $v = \frac{ds}{dt}$	கோண வேகம் $\omega = \frac{d\theta}{dt}$	$v = r\omega$
(3)	ஆர்முடுகல் $a = \frac{dv}{dt}$	கோணஆர்முடுகல் $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$	$a = r\alpha$
(4)	மாறா ஆர்முடுகலுக்கு (i) $v = u + at$ (ii) $s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$ (iii) $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ (iv) $v^2 = u^2 + 2as$	மாறா கோணஆர்முடுகலுக்கு (i) $\omega = \omega_o + \alpha t$ (ii) $\theta = \left(\frac{\omega + \omega_o}{2}\right)t$ (iii) $\theta = \omega_o t + \frac{1}{2}\alpha t^2$ (iv) $\omega^2 = \omega_o{}^2 + 2\alpha\theta$	
(5)	திணிவு m (ஏகபரிமாண சடத்துவத்தை அளத்தல்)	சடத்துவத் திருப்பம் $I = \sum m_i r_i^2$ (சுழற்சி சடத்துவத்தை அளத்தல்)	
(6)	உந்தம் $p = mv$	கோண உந்தம் $L = I\omega$	$L = p \times r$
(7)	விசை $F = ma$	முறுக்கம் $\tau = I\alpha$	$\tau = F \times r$
(8)	கணதாக்கு $I = F \times t$ $F \times t = mv - mu$	கோணகணத்தாக்கு $= \tau \times t$ $\tau \times t = I\omega - I\omega_o$	
(9)	வேலை $W = F \times s$	வேலை $W = \tau \times \theta$	
(10)	இயக்கசக்தி $= \frac{1}{2}mv^2$	சுழற்சி இயக்கசக்தி $= \frac{1}{2}I\omega^2$	
(11)	வலு $P = F \times v$	வலு $P = \tau \times \omega$	

கோணஉந்தக்காப்புத் தத்துவத்தின் பிரயோகங்கள்

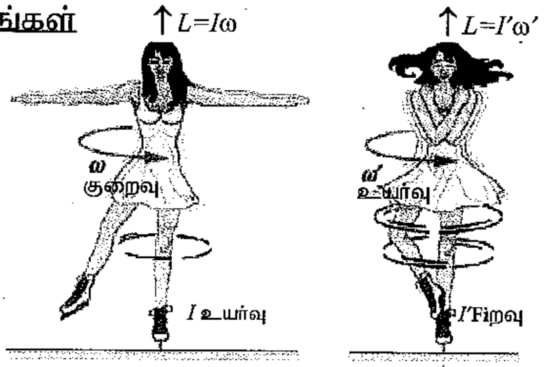
(1) பனிக்கட்டிச்சறுக்கல் விளையாட்டில் ஈடுபடும் வீராங்கனை தனது கைகளை விரித்து மெதுவாகச் சுழன்று சிறிது நேரத்தின் பின் தனது கைகளை படத்தில் காட்டியவாறு உடலுடன் சேர்த்து மடித்துப்பிடிக்கும் போது வேகமாகச் சுழலுவாள்.

கோணஉந்தக்காப்புவிதிப்படி

$$I\omega = I'\omega'$$

ஆனால் $I > I'$

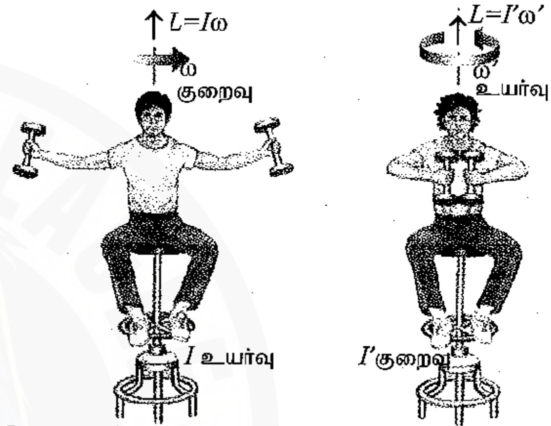
ஆகவே $\omega < \omega'$



மெதுவாகச் சுழல்வாள் விரைவாகச் சுழல்வாள்

உரு 6.17

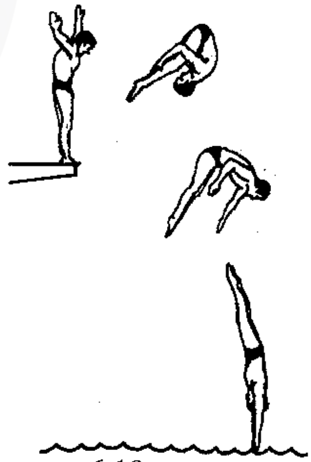
(2) சுழலும் கதிரையில் இருக்கும் மாணவன் இரு கைகளிலும் இரு சுமைகளை வைத்து அவற்றை உடலுக்கு அண்மையாகக் கொண்டுவர வேகமாகச் சுழலுவான். பின்னர் உடலுக்கு அப்பால் விலத்திக் கொண்டு செல்லும்போது மெதுவாகச் சுழல்வான். இது கோண உந்தக் காப்பு விதிக்கு அமைவாக, சடத்துவ திருப்பம் மாறுபடும்போது சுழலும் உடலின் கோணவேகம் மாறுபடும்.



மெதுவாகச் சுழல்வான் விரைவாகச் சுழல்வான்

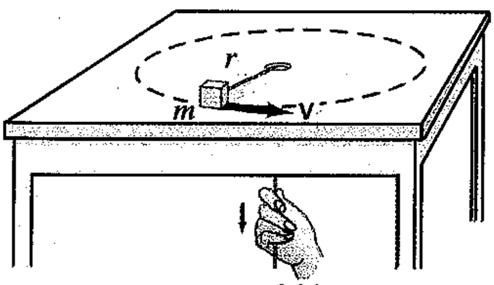
உரு 6.18

(3) நீச்சல் தடாகமொன்றினுள் உயரமொன்றில் இருந்து கொண்டு சுழன்றுகொண்டு பாயும் நீச்சல் வீரன் மேடையை உதைத்து நிலைக்குத்து வேகத்தைப் பெற்று உயரத்தில் தனது உடலை இயன்றஅளவு வளைப்பான். அப்போது சடத்துவத்திருப்பம் குறையக் கோணவேகம் அதிகரிக்கும். இதனால் உயரத்திலுள்ள போது விரைவாகச் சுழலுவான். அவன் தடாகத்தின் நீர்மட்டத்திற்கு அண்மையில் நிலைக்குத்தான திசையில் தடாகத்தினுள் பிரவேசிப்பான்.



உரு 6.19

(4) குழாயிலுள்ள இழையைக் கீழ்நோக்கி இழுக்கும்போது மேசையில் சுழன்றுகொண்டிருக்கும் துணிக்கையின் கோணவேகம் அதிகரிக்கும். ஏனெனில் r குறைய I குறையும். $I\omega$ மாறிலியாகப் பேணக் கோணவேகம் அதிகரிக்கும்.

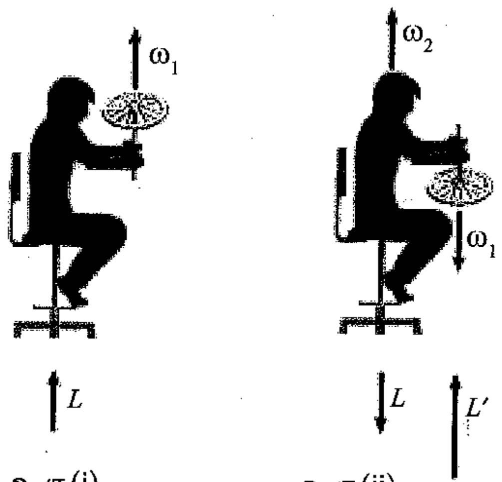


உரு 6.20

(5) சுழலும் சைக்கில் சில்லு

கோணஉந்தம் காவியாகையால் அதன் பருமன் மாறாதிருக்கத் திசைமட்டும் மாறினாலும் தொகுதியொன்றில் பாதிப்பை ஏற்படுத்த அது போதுமானதாகும். இதனைச் சுழலும் சைக்கில் சில்லின் உதவியினால் காட்டலாம்.

சுழலும் கதிரையில் சுழலும் சைக்கில் சில்லு ஒன்றை உரு 6.21 (i) இல் காட்டியவாறு பிடித்திருக்கின்றான். கோண உந்நத்தின் திசை உருவில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அவன் சில்லைத் தலைகீழாகத் திருப்பும்போது உரு 6.21(ii) இல் காட்டியவாறு சில்லுச் சுழலும் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் கதிரை சுழல ஆரம்பிக்கும்.



உரு 6.21

Nfhz ce;jf;fhg;G tpjpg;gb

ஆரம்ப சில்லின் கோண உந்தம்	+	ஆரம்ப மனிதனதும் கதிரையினதும் மொத்த கோண உந்தம்	=	சில்லைத்திருப்பியபின் சில்லின் கோண உந்தம்	+	சில்லைத்திருப்பியபின் மனிதன் + கதிரை கோண உந்தம்
L	+	0	=	$-L$	+	L'

$$L' = 2L$$

இங்கு சில்லின் கோண உந்தம் பருமனில் மாறாதபோதும் திசையில் மாறியுள்ளது. இதனால் மனிதனும் கதிரையும் சில்லின் ஆரம்பகோணஉந்தம் போன்று இருமடங்கு கோண உந்தத்துடன் சுழலுவான்.

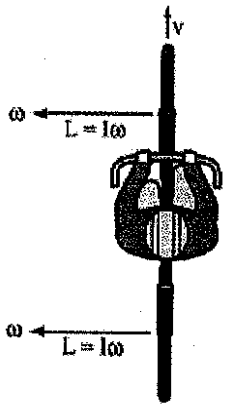
<u>கோண உந்தம் மாற்றமுறுக்கும் தன்மை தொடர்பான பிரயோகங்கள்</u>

$$\tau \times \Delta t = \Delta L$$

அதாவது முறுக்கம் $\times$ நேரம் = கோணஉந்தமாற்றம்

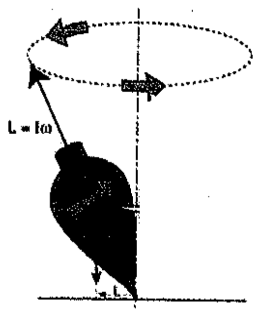
என்னும் சமன்பாட்டை நோக்கும்போது கோணஉந்தத்தை மாற்றுவதற்குப் புறமுறுக்கம் ஒன்று செயற்படவேண்டும் என்பது புலனாகின்றது.

(1) துவிச்சக்கரவண்டியைச் செலுத்தும்போது சமநிலையில் தானாகவே இருக்கும். இயங்காதபோது துவிச்சக்கரவண்டியைச் சமநிலையில் வைத்திருப்பது கடினமாகும்.



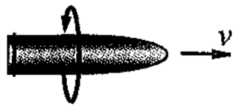
உரு 6.22

(2) பம்பரம் சுழலும் போது மாத்திரமே சமநிலையில் இருக்கும். ஓய்விற்கு வரும்போது விழுந்து விடும்.



உரு 6.23

(3) துப்பாக்கியில் இருந்து செல்லும் சன்னம் சுழன்றுகொண்டு செல்லும் போது சரியான இலக்கைத் தாக்கக்கூடியதாக இருக்கும். சுழற்சி அடையாதுவிடின் அது எறியப் பாதையில் செல்லும்.



உரு 6.24

(4) இளநீர்க்குரும்பை சுழன்றுகொண்டு விழும்போது அது வெடிப்பதில்லை. அதன் கோண உந்தத்தின் திசை நிலைக்குத்தாக கீழ் நோக்கி இருப்பதால் அது நிலத்தை அடிக்கும்போது அது உடையும் சந்தர்ப்பத்தை குறைக்கும்.

உரு 6.25

(5) சார்க்கஸ்காரனினால இறாபான் சுற்றும்போது அது சமநிலையில் இருக்கும். ஆனால் சுழலாமல் இருக்கும்போது சமநிலையில் வைக்க முடியாது.


உரு 6.26

வட்ட இயக்கம் (Circular motion)

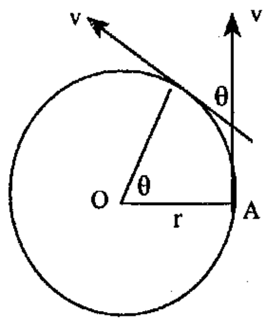
ஒரு நிலைத்த புள்ளி பற்றி அல்லது ஓர் அச்சுப் பற்றி உடல் ஒன்று வட்டப்பாதையில் இயங்கின் அவ்வுடல் ஒரு வட்ட இயக்கத்தை ஆற்றுகின்றது எனப்படும்.

உதாரணங்கள் :-

1. கல் ஒன்று இழை ஒன்றின் நுனியில் கட்டப்பட்டு அதன் மறு முனை பற்றி வேகமாகச் சுழற்றுதல்
2. சூரியனைச் சுற்றிய பூமியின் மண்டலம் அண்ணளவாக ஒரு வட்டப்பாதையாகும்.
3. ஓர் மோட்டார் சைக்கிள் அல்லது சைக்கிள் வட்ட வளைவில் இயங்குவது

இழை ஒன்றின் நுனிக்கு இணைக்கப்பட்ட உடல் ஒன்று வட்டப்பாதையில் மாறாக்கதியுடன் சுழற்றப்படும் நிலையை வட்ட இயக்கத்தைக் கற்பதற்கு கருத்தில்கொள்க.

உடலின் வேகத்தைக் கருதும்போது அதன் பருமன் மாறாது எனெனில் கதி வட்டப்பாதை வழியே மாறிலியாக இருப்பதன் காரணமாகவாகும். ஆனால் வட்டப் பாதை வழியே வேகத்தின் திசை தொடர்ச்சியாக மாற்றடையும்.

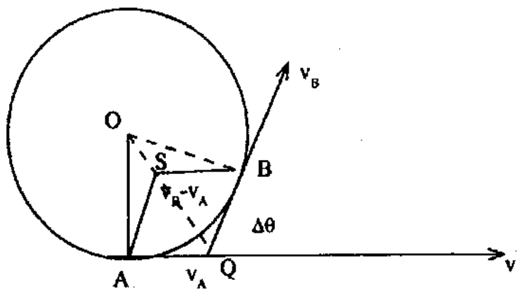


உரு 6.27

பருமன் அல்லது திசை அல்லது இரண்டும் மாறுபடின் வேகத்தில் மாற்றம் ஏற்படும். வேகமாற்றம் ஆர்முடுகலைக் குறிக்கும்.
எனவே எந்த உடலும் வட்ட இயக்கத்தில் மாறாக்கதியுடன் இயங்கினாலும் அது ஆர்முடுகலுக்கு உட்படும் என்னும் முடிவுக்கு வரமுடியும்.

Δt நேர இடைவெளியில் உள்ள இரு புள்ளிகள் A, Bயில் உடலின் கதிகள் முறையே v_A, v_B எனக் கொள்க.

$v_B - v_A = v_B + (-v_A)$ எனும் காவி வட்டத்தின் மையம் O வின் ஊடாக செல்வதை காணமுடியும். ஆகவே



உரு 6.28

ஆர்முடுகல் $a = \dfrac{v_B - v_A}{\Delta t}$

இதன் திசை வட்டப்பாதையின் மையத்தை நோக்கியதாக இருக்கும்.

எனவே உடல் ஒன்று வட்ட இயக்கத்தை ஆற்றுமாயின் அவ்வுடலின் ஆர்முடுகல் வட்டப்பாதையின் மையத்தை நோக்கியதாக இருக்கும். அது மைய நாட்ட ஆர்முடுகல் எனப்படும்.

v கதியில் இயங்கும் உடல் ஒன்றின் வட்டப்பாதையின் ஆரை r ஆகவும் இருப்பின் ஆர்முடுகல் அதன் மைய நாட்ட ஆர்முடுகல; 'a' $= \dfrac{v^2}{r}$ என காட்டலாம் அத்துடன் கோணவேகம் ω ஆயின் $v = r\omega$

$$\therefore a = \frac{(r\omega)^2}{r} = r\omega^2$$

∴ மைய நாட்ட ஆர்முடுகல; $\boxed{a = \dfrac{v^2}{r} = r\omega^2}$

புறவிசையின் தாக்கத்தின் கீழ் ஓர் உடல் இயங்கும்போது மட்டுமே அது ஓர் ஆர்முடுகலுடன் இயங்கும். இதேபோல் ஒரு வட்ட இயக்கத்தைக் கருதும்போது புறவிசையானது மைய நாட்ட ஆர்முடுகலின் திசையில் இருக்கவேண்டும். இவ்விசை மைய நாட்ட விசை எனப்படும். இவ்விசை பின்வருமாறு தரப்படும்.

$$F = ma$$

$$\boxed{F = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2}$$

	வட்ட இயக்கத்தை ஆற்றும் பொருள்	மையநாட்ட விசை
1.	இழை ஒன்றில் கல் இணைக்கப்பட்டுள்ளது	இழையிலுள்ள இழுவை
2.	சூரியனைச் சுற்றி வட்டமண்டலத்தில் இயங்கும்	பூமி சூரியனினால் கொடுக்கும் ஈர்ப்புவிசை
3.	மோட்டார் சைக்கிள் எடுக்கும் வட்டத் திருப்பம்	வீதியில் கொடுக்கும் உராய்வுவிசை மையநாட்ட விசையின் பிரயோகங்கள்

1. கூம்பூசல்

நிலைத்த புள்ளி O இல் கட்டப்பட்ட இழை ஒன்றின் உதவியுடன் வட்ட இயக்கத்தை கிடைத்தளத்தில் ஆற்றும் உடல் ஒன்றைக் கருதுக. இவ்வட்ட இயக்கத்தைப் பேணுவதற்கு தேவையான மையநாட்டவிசை $F = \dfrac{mv^2}{r} = mr\omega^2$ இழையிலுள்ள இழுவையின் கிடைக்கூறு $T\sin\theta$ வழங்குவதுடன் நிலைக்குத்துக்கூறு $T\cos\theta$ உடலின் நிறையைச் சமப்படுத்துகின்றது.

$$T\sin\theta = \frac{mv^2}{r}$$

$$T\cos\theta = mg$$

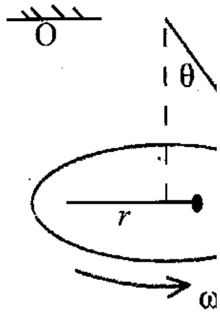
$$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$$

2. மோட்டார் சைக்கள் எடுக்கும் வட்டத் திருப்பம்

r ஆரையுடைய வட்டத்திருப்பத்தல் v கதியுடன் இயங்கும் மோட்டார் சைக்கிள் அல்லது சைக்கிள் ஒன்றின் இயக்கத்தைக் கருதுக.

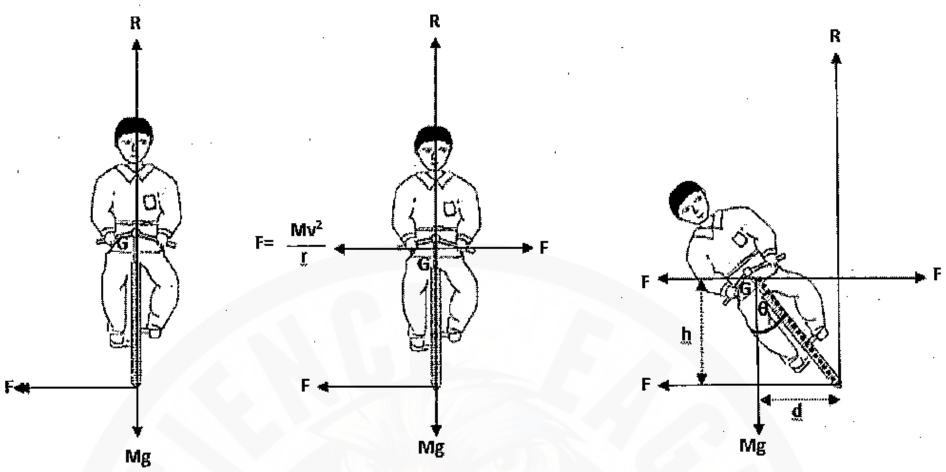
மையநாட்டவிசை $F = \dfrac{mv^2}{r}$ இவ்வியக்கத்திற்குத் தேவையான விசையை றஉராய்வு விசை வழங்குகின்றது.

உயர்வான உராய்வு விசை எல்லை உராய்வுவிசை ஆகும். $F' = \mu R$



உரு 6.29

வழுக்காது



உரு 6.30

வழுக்காது இருப்பதற்கு

இருப்பினும் மைய நாட்ட விசையானது புவியீர்ப்பு மையத்தில் தாக்கவேண்டி இருப்பதால் உரு 6.30 இல் காட்டியவாறு ஓர் இணைத் தொழில்பாட்டுத் தொகுதியைக் கவிழ்ப்பதற்குத் தொடங்கும்.

கவிழ்வதிலிருந்து தடுப்பதற்குத் தொகுதியானது அதாவது மோட்டார் சைக்கிளும் அதன் ஓட்டுனரும் உள்நோக்கிச் சரிந்து நிறை (mg) மறுதாக்கம் (R) இனால் தொகுதியில் ஓர் எதிரிணையை உருவாக்க வேண்டும்.

எனவே கவிழ்வதிலிருந்து பாதுகாக்க

$$mg \times d = \frac{mv^2}{r} \times h$$

$$F \le F'$$

$$\frac{mv^2}{r} \le \mu R$$

$$\mu R = \mu mg \Rightarrow R = mg$$

$$\therefore v^2 \le \mu rg \Rightarrow v \le \sqrt{\mu rg}$$

மேலுள்ள கோவையில் இருந்து திரும்பல் கோணம் இயக்கத்தின் கதியில் தங்கியுள்ளது. கதியை மேலும் அதிகரிக்கத் தரையை நோக்கி மேலும் வளைய வேண்டும்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணங்கள்

1. ஒலி பதிகருவியின் கதி $33\frac{1}{3}$ r.p.m ஆகும். இப் பதிகருவி சுழலும்போது அதிலுள்ள நாணயம் தூக்கி எறியப்படாது இருக்கின்றது. இந்நாணயம் பதிகருவியின் மையத்தில் இருந்து எவ்வளவு உயர் தூரத்தில் இருந்தால் இது சாத்தியமாகும். நாணயத்திற்கும் பதிகருவிக்கும் இடையிலான உராய்வுக்குணகம் $\frac{1}{3}$ ஆகும். ($\pi^2 = 10$ என எடுக்க)

   நாணயத்தின் திணிவு m என்க.

தீர்வு : நாணயம் வழுக்காதிருப்பதற்கு

மையநாட்டவிசை $\leq$ எல்லை உராய்வுவிசை

$$mr\omega^2 \leq \mu R$$

$$mr\left(\frac{100}{3\times 60}\times 2\pi\right)^2 \leq \frac{1}{3}mg$$

$$r\left(\frac{100^2\times 4\pi^2}{9\times 3600}\right) \leq \frac{1}{3}\times 10$$

$$r \leq 0.27 \text{ m}$$

மையத்தில் இருந்து உயர் தூரம் $= 27$ cm

2. நிலைத்த புள்ளிக்கு இணைக்கப்பட்ட 1 அ நீளமான மீளியலற்ற இலேசான இழையில் 0.5 மப திணிவுடைய உடல் ஒன்று தொங்குகின்றது. இழையானது கிடையுடன் 30^0 கோணம் அமைக்க இழுத்துப்பிடிக்கப்பட்டு ஓய்வில் இருந்து விடப்படுகின்றது. உடல் அதன் பாதையில் அதிதாழ் புள்ளியை அடையும் போது பின்வருவனவற்றைக் கணிக்க.

   (i) அதன் வேகம்
   (ii) மையநாட்டவிசை
   (iii) இழையில் உள்ள இழுவை

தீர்வு :

$$OP = 1\times \sin\ 30^0 = \frac{1}{2}$$

$$\therefore PB = OB - OP = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

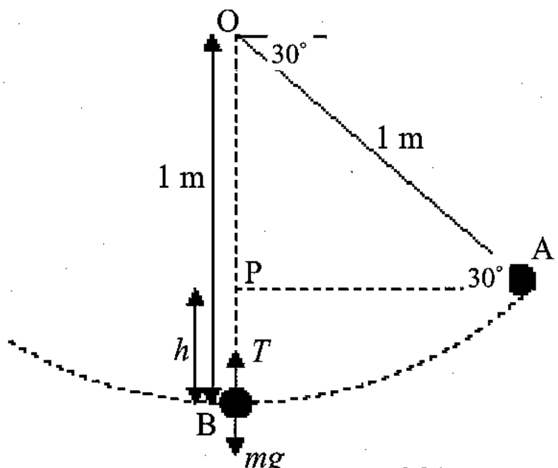
(i) A இல் இருந்து B இற்கு சக்திக்காப்புவிதியைப் பயன்படுத்த

(B இன் மட்டத்தில் அழுத்த சக்தி பூச்சியம் என கொள்க.)

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2\times 10\times \frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{10} = 3.16 \text{ m s}^{-1}$$



உரு 6.31

$$F = \frac{mv^2}{r} = \frac{0.5 \times 10}{1} = 5\ \mathrm{N}$$

(ii) மையநாட்டவிசை

(iii) ஏனெனில் இழை மையநாட்ட விசையை வழங்குவதுடன் உடலின் நிறையையும் தாங்குகின்றது.

$$T = mg + \frac{mv^2}{r}$$

$$T = 5 + 5 = 10\ \mathrm{N}$$

அத்தியாயம் - 7

நீர் நிலையியல்

சடப்பொருட்கள் திண்மம், திரவம், வாயு ஆகிய மூன்று நிலைகளில் காணப்படும் என்பது எமக்குத் தெரியும். திண்மங்களுக்கு வரையறுக்கப்பட்ட வடிவம் இருந்தாலும் திரவங்களுக்கும், வாயுக்களுக்கும் வரையறுக்கப்பட்ட வடிவங்கள் இல்லாததால் அவற்றின் நடத்தை திண்மங்களிலும் பார்க்க வித்தியாசமாகும். ஆதலினால் திரவங்கள், வாயுக்களைப் பற்றிய கற்கைத் தொழிநுட்ப ரீதியாகவும், விஞ்ஞான ரீதியாகவும் மிகவும் முக்கியமாகும்.

பாயிகளைப் பற்றிய கற்கைத் துறையானது பாயிப் பொறியியல் எனப்படும். ஓய்விலுள்ள பாயிகளும், இயக்க நிலையிலுள்ள பாயிகளும் வெவ்வேறான இயல்புகளை காட்டுகின்றன. ஆதலினால் இத்துறையை இரு பிரிவுகளின் கீழ் விளக்கலாம்.

1. நீர் நிலையியல் 2. பாயிஇயக்கவியல்

பாயிகளை ஒன்றிலிருந்து மற்றதை இனம் காண்பதற்கு பல பௌதிகக் கணியங்களின் முக்கியத்துவமுண்டு. இவற்றுள் அடர்த்தியானது முக்கிய பங்கை வகிக்கின்றது.

அடர்த்தி

பொருள் ஒன்றின் திணிவு, அதன் கனவளவிற்கேற்ப மாறுபடும். ஓரலகுக் கனவளவுள்ள பொருளின் திணிவு அதன் அடர்த்தி எனப்படும்.

$$\text{அடர்த்தி} = \frac{\text{திணிவு}}{\text{கனவளவு}}$$

அடர்த்தியைக் குறிப்பதற்கு ρ அல்லது d என்ற குறியீடு பயன்படுத்தப்படுகின்றது. திணிவை m எனவும், கனவளவை V எனவும் குறிப்பதனால் அதன் அடர்த்தியைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

அடர்த்தியை அளக்கும் நியம அலகு $\mathrm{kg\,m^{-3}}$. சில வேளைகளில் $\mathrm{g\,cm^{-3}}$ என்ற அலகும் பரிசோதனை ரீதியாக வழக்கத்தில் உபயோகிக்கப்படுகிறது.

$$1\ \mathrm{g\,cm^{-3}} = 1000\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$$

திரவம் ஒன்றின் அடர்த்தியானது அதன் வெப்பநிலை, அமுக்கத்திற்கேற்ப மாற்றமடையும். பொதுவாக வெப்பநிலை அதிகரிக்க அடர்த்தி குறையும். ஆனால் இவ்வாறு நடைபெறாத சந்தர்ப்பங்களுமுண்டு கீழேயுள்ள அட்டவணையானது வ.ம.அமுக்கத்திலும் $4\,^{\circ}\mathrm{C}$ வெப்பநிலையிலும் பாயிகள் சிலவற்றின் அடர்த்திகள் தரப்பட்டுள்ளன.

திரவம்	அடர்த்தி/$\mathrm{kg\,m^{-3}}$	வாயு	அடர்த்தி/$\mathrm{kg\,m^{-3}}$
இரசம்	13.6×10^3	ஆகன்	1.43
கிளிசரின்	1.23×10^3	வளி	1.25
பால்	1.03×10^3	நைதரசன்	1.25
கடல் நீர்	1.03×10^3	கீலியம்	0.17
நீர்	1.00×10^3	ஐதரசன்	0.09
தேங்காய் எண்ணெய்	0.8×10^3		
அற்ககோல்	0.80×10^3		

சில பாயிகளின் அமுக்கம் அதிகரிக்கும் போது அவற்றின் அடர்த்தியும் அதிகரிக்கின்றது. இத் துறையில் எமது கற்கை நெருக்கரும் (நெருக்கற்தகவற்ற) பாயிகளுக்கு எல்லைபடுத்தப்பட்டுள்ளது.

நெருக்கரும் பாயிகள்

"பாயி ஒன்று அமுக்கத்திற்கு உட்படுத்தும் போது எதுவித கனவளவு மாற்றத்திற்கும் உட்படாவிட்டால் அவ்வாறான பாயி நெருக்கரும் பாயி எனப்படும்."

எம்மால் உபயோகிக்கப்படும் பாயிகளின் மீது அழுக்கத்தைப் பிரயோகிக்கும் போது அவற்றில் மதிப்பிடக்கூடிய அளவுக்குக் கனவளவு மாற்றம் ஏற்படுவதில்லை. அதனால் அவை நெருக்கரும் பாயிகளாகும்.

ஏகவினப் பாயிகள்

பாயி ஒன்றின் எல்லாப் புள்ளிகளிலும் அடர்த்தியானது ஒரே பெறுமானமுடையதாயிருப்பின் அவ்வாறான பாயிகள், ஏகவினப்பாயிகள் எனப்படும்.

ஓய்விலுள்ள வாயு ஒன்றின் அமுக்கம் அதிகரிக்கப்படின் அதன் கனவளவும் பெறுமானம் பெருமளவில் மாற்றமடையும். ஆதலால் வாயுக்கள், அமுக்கக்கூடிய பாயிகள் எனப்படும். திரவங்கள் மாத்திரம் அமுக்கமுடியாத பாயிகள் ஆதலினால் ஓய்விலுள்ள திரவங்களைப் பற்றிய கற்கை, நீர்நிலையியல் எனப்படும்.

தொடர்படர்த்தி (அல்லது சாரடர்த்தி)

நீர் சார்பாக பொருள் ஒன்றின் அடர்த்தி என்பது அப்பொருளின் தொடர்படர்த்தி எனப்படும்.

$$\text{தொடர்படர்த்தி} = \frac{\text{பொருளின் அடர்த்தி}}{\text{நீரின் அடர்த்தி}}$$

பொருளின் அடர்த்தி ρ இனாலும் நீரின் அடர்த்தி ρ_w இனாலும் குறிக்கப்படின்

$$\text{தொடர்படர்த்தி} = \frac{\rho}{\rho_w}$$

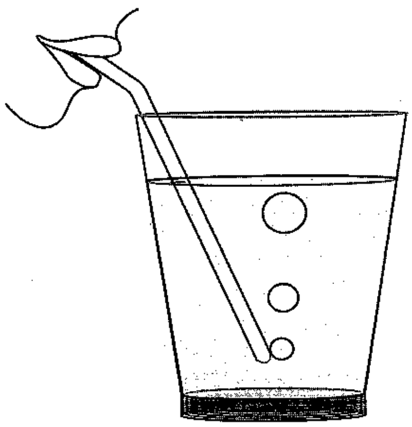
தொடர்படர்த்தியானது விகிதமாதலால் இதற்கு அலகு இல்லை. பதார்த்தம் ஒன்றின் தொடர்படர்த்தி தரப்படின் தொடர்படர்த்தியை 1000 இனால் பெருக்குவதனால் அதன் அடர்த்தியை S.I அலகில் பெறலாம்.

தொடர்படர்த்தியைச் சமகனவளவுள்ள பதார்த்தத்தினதும் நீரினதும் திணிவுகளின் விகிதமாகவும் கொடுக்கலாம்.

$$\text{தொடர்படர்த்தி} = \frac{\text{குறித்த கனவளவுள்ள பொருளின் திணிவு}}{\text{அதே கனவளவுள்ள நீரின் திணிவு}}$$

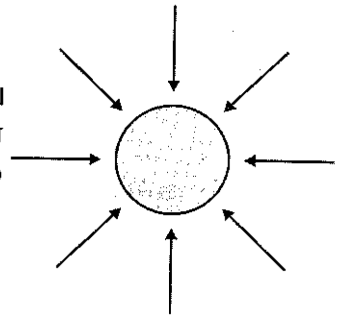
நீர் நிலையியல் அமுக்கம்

நீரைக்கொண்ட ஆழமான பாத்திரம் ஒன்றின் அடிப்பாகத்திலிருந்து விடுவிக்கப்படும் வளிக்குமிழ் ஒன்றை அவதானித்தால் நீரினூடு அது எழும்பொழுது குமிழானது பெரிதாகும். உரு 7.1 இதனைக் காட்டுகிறது. குமிழ் அடியிலிருக்கும் போது அதன் மேலுள்ள நீர் நிரலானது அமுக்கத்தைப் பிரயோகிப்பதால் குமிழ் அடியில் சிறிதாயிருக்கின்றது.



உரு 7.1

உரு 7.2 ஆனது எவ்வாறு குமிழில் விசைகள் தாக்குகின்றது என்பதைக் காட்டுகிறது. குமிழ் மேலெழும் பொழுது அதன் மேலுள்ள நீர் நிரலின் உயரம் குறைவதனால் அதன் மேலுள்ள அமுக்கம் குறைகின்றது. அதனால் குமிழ் பெரிதாகின்றது.



உரு 7.2

மேற்பரப்பு ஒன்றின் மீதுள்ள அமுக்கமானது அம் மேற்பரப்பின் ஒரு சதுர அலகுக்குச் செங்குத்தாகத் தாக்கும் விசையாகும். அதன்படி A பரப்புள்ள மேற்பரப்பின் மீது செங்குத்தாகத் தாக்கும் விசை F ஆயின் அமுக்கம் p யானது பின்வருமாறு தரப்படும்.

$$p = \frac{F}{A}$$

அமுக்கத்தின் S.I அலகு $N\,m^{-2}$. இவ்வலகானது 'பஸ்கால்' (Pa) எனப்படும்.

$$1\ Pa = 1\ N\,m^{-2}$$

அமுக்கத்திற்கு ஒரு வரையறுக்கப்பட்ட திசை இல்லாததால் அமுக்கமானது ஒரு எண்ணிக்கணியமாகும். அமுக்கத்தை அளக்கும் வேறு சில அலகுகளுமுண்டு அவையாவன atm, mm Hg, bar, torr.

ஒரு மில்லிமீற்றர் உயரமுள்ள இரசநிரலினால் பிரயோகிக்கப்படும் அமுக்கம் ஒரு மில்லி மீற்றர் இரசம் (1 mm Hg) எனப்படும். பஸ்காலில் இந்த ஒவ்வொரு அலகினதும் பெறுமானம் கீழே தரப்படுகிறது.

$$1\ atm = 1\times 10^5\ Pa$$
$$1\ bar = 1\times 10^5\ Pa$$
$$1\ torr = 1\ mm\ Hg = 133.3\ Pa$$

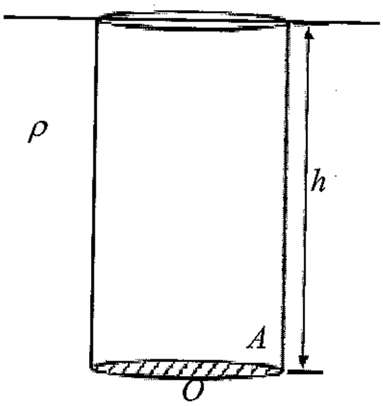
நீர் நிலையியல் அமுக்கத்திற்குரிய தொடர்பு ஒன்றைப் பெறுவதற்கு, ρ அடர்த்தியுள்ள திரவமேற்பரப்பிலிருந்து h ஆழத்தில் உள்ள A பரப்புள்ள கிடையான மேற்பரப்பைக் கருதுக.

கருதப்பட்ட கிடையான மேற்பரப்பிற்கு மேலுள்ள திரவத்தின் கனவளவு Ah.

திரவநிரலின் நிறை $= Ah\rho g$

அமுக்கம் என்பது ஒரு சதுர அலகு பரப்பிற்குச் செங்குத்தாகத் தாக்கும் விசை ஆதலினால்

$$p = \frac{Ah\rho g}{A} = h\rho g$$



உரு 7.3

இதுவே O விலுள்ள நீர்நிலையியல் அமுக்கத்திற்குரிய கோவை. திரவத்தினால் கொடுக்கப்படும் நீர் நிலையியல் அமுக்கத்திற்கு மேலதிகமாகத் திரவ மேற்பரப்பிற்கு மேலுள்ள வளியும் அமுக்கத்தைப் பிரயோகிக்கும். இது வளிமண்டல அமுக்கம் எனப்படும்.

வளிமண்டல அமுக்கம்

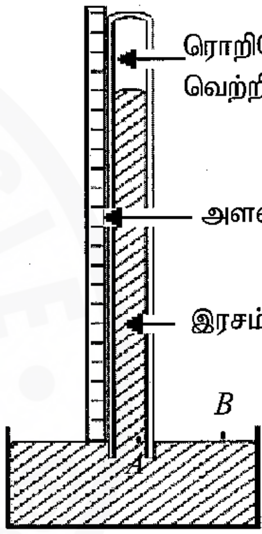
புவியின் மேற்பரப்பின் மேல் மிகவும் உயரம் வரை வளிமண்டலம் பரந்திருக்கின்றது. உயரம் அதிகரிக்க வளிமண்டத்திலுள்ள வளியின் அடர்த்தி படிப்படியாகக் குறைகின்றது. சூழலிலுள்ள பொருள் ஒன்றின் மேலுள்ள வளியின் நிறை காரணமாக அதன்மேல் அமுக்கம் பிரயோகிக்கப்படும். இவ்வமுக்கமானது வளிமண்டல அமுக்கமாகும்.

கடல் மட்டத்திலிருந்து மேலே செல்லும் போது வளிமண்டல அமுக்கம் படிப்படியாகக் குறைகின்றது. கடல் மட்டத்திலிருந்து ஏறக்குறைய 5600 m உயரத்தில் உள்ள வளிமண்டல அமுக்கம், கடல் மட்டத்திலிருக்கும் அமுக்கத்தின் ஏறக்குறைய அரைமடங்காகும்.

வளிமண்டல அமுக்கத்தை அளத்தல்

இத்தாலிய விஞ்ஞானி (Torricelli) ரொறிசெலியினால் வளி மண்டல அமுக்கத்தையளப்பதற்கு அமைக்கப்பட்ட கருவியை உரு 7.4 காட்டுகிறது. இது இரசப்பாரமானி எனப்படும்.

ஏறக்குறைய 1 m நீளமான, ஒரு முனை மூடப்பட்ட குழாய் ஒன்று இரசத்தைக் கொண்ட தாழி ஒன்றினுள் தலைகீழாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. இரசமானது குழாயினுள் ஒரு நிரலாக நிற்கும். ரொறிசெலி, இவ்வுயரமானது வளிமண்டல அமுக்கத்தை அளக்கும் என வெளிப்படுத்தினார். குழாயினுள் இரச நிரலுக்கு மேல் வெற்றிடமிருப்பதால் புள்ளி A யிலுள்ள அமுக்கம் அதன் மேலுள்ள இரசநிரலினால் ஏற்படுத்தப்படுவதாகும்.



உரு 7.4

ஆகவே $p_A = h\rho g$

புள்ளி B ஆனது ஒரே மட்டத்திலிருப்பதால் இவ்வமுக்கம் B யிலுள்ள அமுக்கத்திற்குச் சமமாகும். இது வளிமண்டல அமுக்கத்தினால் ஏற்படுத்தப்படுவதாகும். ஆகவே வளிமண்டல அமுக்கம் $h\rho g$ இனால் தரப்படும். இங்கு ρ என்பது இரசத்தின் அடர்த்தி, h என்பது இரசநிரலின் உயரம், g புவியீர்ப்பு ஆர்முடுகல். ரொறிசெலி, கடல்மட்டத்தில் இரசமானியின் உயரம் 760 mm எனக்கண்டார். இவ்வமுக்கமே 1- வளிமண்டல அமுக்கமாக நியமப்படுத்தப்படுகிறது.

இதன்படி
$$\begin{aligned} p &= h\rho g \\ &= 760 \times 10^{-3} \times 13600 \times 10 \\ &= 1.01325 \times 10^{5}\ \text{Pa} \end{aligned}$$

கணித்தலுக்கு வசதியாக இப்பெறுமானம் 1×10^5 Pa என உபயோகிக்கப்படுகிறது. எனினும் பல சந்தர்ப்பங்களில் 760 mm Hg ஐ வளிமண்டல அமுக்கமாக உபயோகிக்கப்படுகிறது. இரசத்தின் உயர் அடர்த்தி காரணமாக பாரமானி திரவமாக இரசம் உபயோகிக்கப்படுகிறது. நீரை பாரமானித்திரவமாக உபயோகிப்பின் வளிமண்டல அமுக்கத்திற்குத் தேவையான பாரமானிக் குழாயின் உயரம் 10 m வரையிருத்தல் வேண்டும்.

நிரப்பு நிலையங்கள் அல்லது சேவை நிலையங்களில் உள்ள மானிகளில் வாகனங்களின் ரயரினுள்ள வளி அமுக்கத்தை அளக்கும் அலகுகள் இறாத்தல்கள்/சதுரஅங்குலம்(PSI) உம் கிலோகிராம்/சதுர சதமமீற்றர் ($kg\ cm^{-2}$) உம் ஆகும்.

வளிமண்டலத்திற்குத் திறந்துள்ள திரவம் ஒன்றிள் உள்ள புள்ளி ஒன்றின் அமுக்கம்.

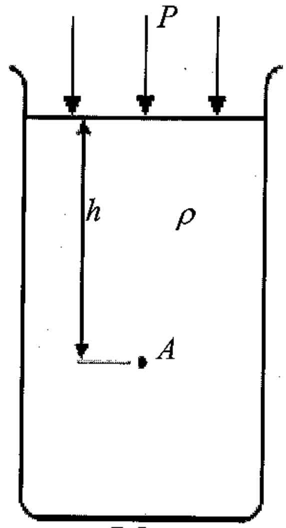
வளிமண்டலத்திற்குத் திறந்துள்ள திரவமேற்பரப்பிலிருந்து h ஆழத்தில் உள்ள புள்ளி A ஐ கருதுக.

A யிலுள்ள அமுக்கம் p ஆயின்

$$p = p_o + h\rho g$$

இங்கு ρ = திரவத்தின் அடர்த்தி

p_o = வளிமண்டல அமுக்கம்



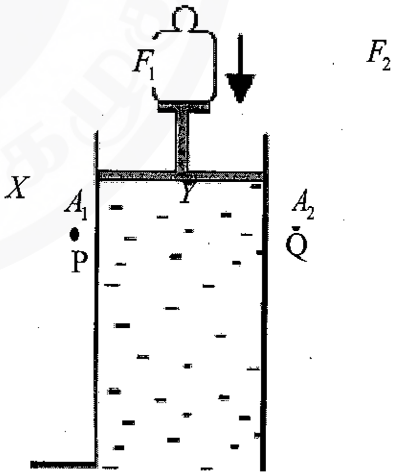
உரு 7.5

அமுக்க ஊடுகடத்தலுக்குக்கான பஸ்காலின் தத்துவம்

மூடிய பாத்திரம் ஒன்றின் உள்ள நெருக்கரும்பாயி ஒன்றின் மீது வெளியமுக்கம் பிரயோகிக்கப்படுகையில் அமுக்கம் பரவுதல் பற்றி ஆராய்ந்த பஸ்கால் என்ற விஞ்ஞானியினது கண்டுபிடிப்புகள் பஸ்காலின் தத்துவமாகக் கீழே தரப்படுகிறது.

"ஓய்விலுள்ள நெருக்கமுடியாத மூடிய பாயி ஒன்றின் ஏதாவது புள்ளியில் அமுக்கம் பிரயோகிக்கப்பட்டால் அவ்வமுக்கமானது மாறுதலடையாமல் பாயியின் எல்லாப் புள்ளிகளுக்கும், பாயியைக் கொண்ட பாத்திரத்தின் சுவர்களுக்கும் ஊடு கடத்தப்படும்"

இத்தத்துவமானது தொழில்நுட்பரீதியில் மிகவும் முக்கியமானது. பல பிரயோகங்களுண்டு. அவற்றுள் ஒன்று "நீரியல் அமுழ்தி". எளிய வகை நீரியல் அமுத்தி ஒன்றை உரு 7.6 காட்டுகின்றது. இவ்வமைப்பானது ஒடுங்கிய குறுக்கு வெட்டைக் கொண்ட நிலைக்குத்தான உருளை வடிவக் குழாய் X ஐயும் அகன்ற குறுக்கு வெட்டைக் கொண்ட நிலைக்குத்தான உருளை வடிவக் குழாய் Y ஐ கொண்டுள்ளது. இவை கிடைக்குழாய் ஒன்றினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. எண்ணெய் போன்ற திரவத்தினால் உபகரணம் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. நகரக்கூடிய இரண்டு முசலங்கள் திரவ மேற்பரப்புகளின் மேல் வைக்கப்பட்டு அவற்றின் மேல் இரண்டு சுமைகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன.



உரு 7.6

குறித்த சுமை ஒன்றைச் சிறிய முசலத்தில் இடுவதன் மூலம்பெரிய முசலத்தின் மூலம் வலுவான (பாரமான) சுமையை உயர்த்தலாம்.

பின்வரும் முறையினால் விசைகளுக்கிடையிலுள்ள தொடர்பைப் பெறலாம்.

சிறிய முசலத்தின் குறுக்கு வெட்டு A_1 எனவும் அதன் மேலுள்ள விசை F_1ம் ஆயின்

புள்ளி P யிலுள்ள அமுக்கம் $P_P = \frac{F_1}{A_1}$

அதேபோல் பெரிய முசலத்தின் குறுக்குவெட்டு A_2 ஆகவும் அதிலிருந்து பெறப்பட்ட விசை F_2 ம் ஆயின் புள்ளி Q விலுள்ள அமுக்கம் $P_Q = \frac{F_2}{A_2}$

அமுக்கத்தின் ஊடுகடத்தும் தத்துவத்தைப் பிரயோகிப்பின்

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

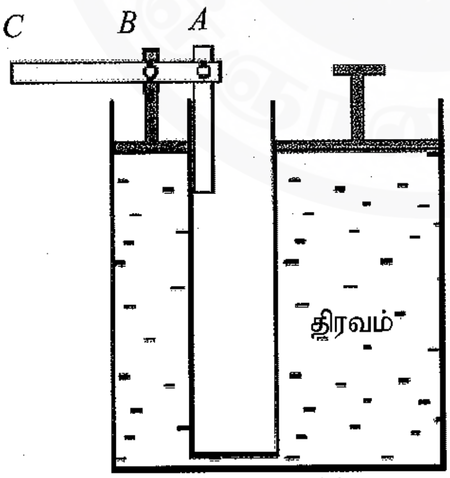
$$F_2 = \frac{A_2 F_1}{A_1}$$

மேலுள்ள சமன்பாட்டிலிருந்து ஆடுதண்டுகளின் குறுக்கு வெட்டுக்களின் விகிதத்தை மாற்றுவதன் மூலம் விசைகளுக்கிடையிலுள்ள விகிதத்தை மாற்றலாமென்பது அறியப்படுகிறது.

பிரயோகங்கள்

- நீரியல் தூக்கி
- நீரியல் தடுப்பு
- சேவை நிலையங்களில் உபயோகிக்கும் உயர்த்தி
- பற்சிகிச்சை நிலையங்களில் நோயாளி உபயோகிக்கும் கதிரை
- பின் இயந்திரங்கள் போன்ற பாரமான வாகனங்கள்

நீரியல் உயர்த்தி **(Hydraulic jack)**

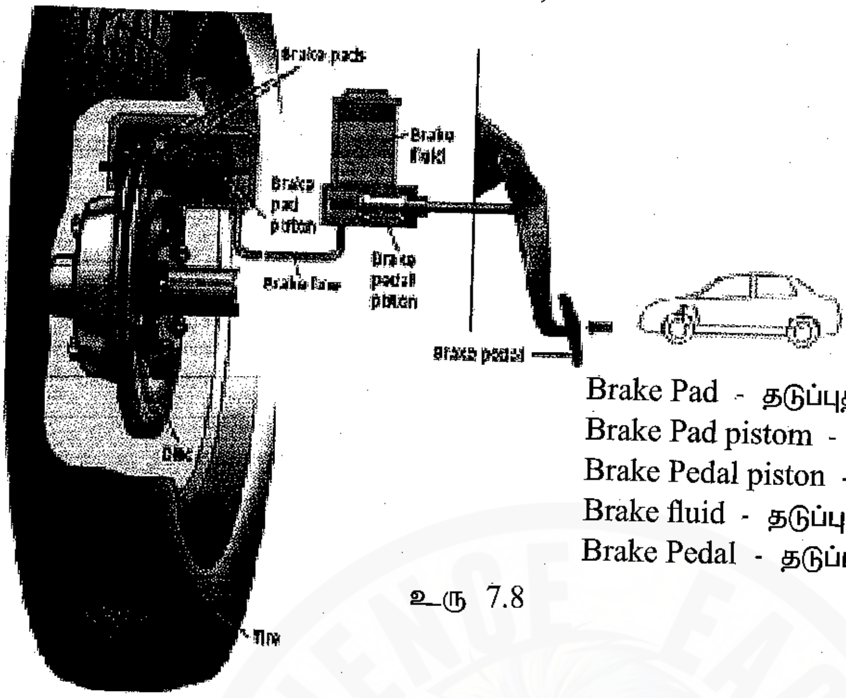


உரு 7.7(a)


உரு 7.7(b)

இயந்திரங்களின் சீராய்வுப் பணிக்காக அவற்றை உயர்த்தும் நோக்கத்திற்காக நீரியல் உயர்த்தி உபயோகிக்கப்படுகிறது. சிறிய முசலத்திற்கு இணைக்கப்பட்ட நெம்புகோலின் மேல் பிரயோகிப்பதன் மூலம் பெரிய முசலத்தின் மேலுள்ள வாகனத்தை உயர்த்தலாம். நெம்பு கோல் சட்டத்தின் நீளங்கள் AB, AC யின் விகிதத்தை அதிகரிப்பதன் மூலம் வாகனத்தை உயர்த்துவதற்குத் தேவையான விசையை மேலும் குறைக்கலாம்.

நீரியல் தடுப்புகள் (Hydraulic Brakes)



Brake Pad - தடுப்புத்திண்டுகள்
Brake Pad pistom - தடுப்புத்திண்டு முசலம்
Brake Pedal piston - தடுப்புமிதி முசலம்
Brake fluid - தடுப்புப்பாய்மம்
Brake Pedal - தடுப்பு மிதி

உரு 7.8

வாகனங்களின் நீரியல் தடுப்புத்தொகுதியொன்றை உரு 7.8 காட்டுகிறது. இதில் தடுப்புத்திண்டுகளுடன்தயார் செய்யப்பட்டுப் பொருத்தப்பட்டுள்ள நெம்பு கோலின் மூலம் தலைமைப்பம்பியில் விசை பிரயோகிக்கபடுகிறது. பிரதான பம்பழயினுள் உள்ள திரவத்தின் மீது அமுக்கம் பிரயோகிக்கப்படுகையில் அது பெரிய பகுதியைக் கொண்ட முசலங்களுக்கு ஊடுகடத்தப்படுகிறது. இம்முசலங்கள் பெரிய விசையைப் பிரயோகித்து வாகனத்தை நிறுத்துகின்றது.

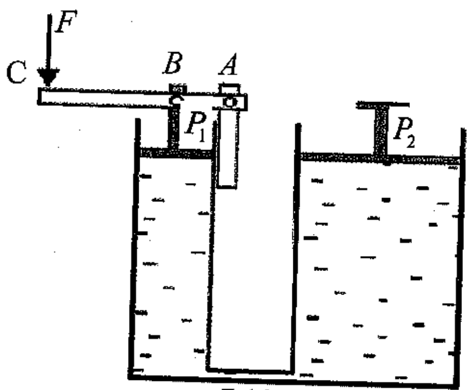
பாரவண்டிகளின் கூறுகளின் செயற்பாடு (backhoe)

உரு 2.7.9 ஆனது பின்இயந்திரம் (backhoe) ஒன்றைக்காட்டுகிறது வெவ்வேறு குறுக்கு வெட்டைக் கொண்டு பலவகையான கூறுகளைத் தொழில்படச்செய்வதற்குத் தேவையான விசையைப் பிரயோகிப்பதற்கு முசலங்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. தலைமை முசலத்திற்கு விசையைப் பிரயோகிப்பதன் மூலம் பெற்ற அமுக்கம் மற்றைய முசலங்களுக்கு ஊடுகடத்தப்பட்டுத் தேவையான விசை உருவாக்கப்படுகிறது.

உரு 7.9

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

அருகிலுள்ள உரு 7.10 நீரியல் உயர்த்தி ஒன்றின் எளிய அமைப்பைக் காட்டுகிறது. P_1, P_2 என்ற குறுக்கு வெட்டுகளின் ஆரைகள் முறையே 4 cm, 20 cm ஆகும். மோட்டார்கார் ஒன்றின் வில்லுகளை மாற்றுவதற்கு அதனை உயர்த்துவதற்குப் பெரிய முசலம் மூலம் 6400 N பிரயோகிக்க வேண்டியுள்ளது. நெம்பு கோல், சட்டம் A யில் சுழலையிடப்பட்டுள்ளது.



உரு 7.10

(i) சிறிய முசலத்தின் மீது பிரயோகிக்க வேண்டிய விசை யாது ?

(ii) நெம்பு கோலில் $AB = 8$ cm, $BC = 32$ cm பகுதி (i) இல் கணிக்கப்பட்ட விசையை பெற C யில் பிரயோகிக்க வேண்டிய விசை யாது ?

(iii)மேலுள்ள சாதனத்தின் அமைப்பில் என்ன மாற்றத்தை ஏற்படுத்தினால் F இன் பெறுமானத்தை குறைக்கலாம்.

தீர்வு

(i)
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$
$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$$
$$= \frac{6400 \times \pi (4 \times 10^{-2})^2}{\pi \times (20 \times 15^{-2})^2}$$
$$= 256\ \text{N}$$

(ii)

$$BA \times 256 = F \times AC$$
$$4 \times 10^{-2} \times 256 = 20 \times 10^{-2} \times F$$
$$F = 51.2\ \text{N}$$

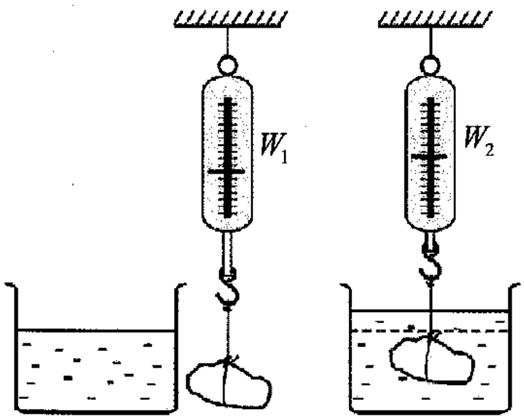
(iii) BC யின் நீளத்தை மேலும் அதிகரிப்பதன் மூலம் F இன் பெறுமானத்தைக் குறைக்கலாம்.

மேலுதைப்பு (Upthrust)

பிளாத்திக்குப் பந்து ஒன்று நீரினுள் போடப்பட்டால் அது மிதக்கும். நீரினுள் பந்தைக் கையினால் அழுத்தினால், கையானது மேல் நோக்கிய விசை ஒன்றை உணரும். பந்தைக் கை விடுவிக்கும் போது பந்தானது மேற்பரப்பிற்கு எழும். பந்தின் மீது மேல் நோக்கிய விசை ஒன்றை உணரும். பந்தின் மீது மேல் நோக்கிய விசை ஒன்று தொழிற்படுவதால் இது நடைபெறுகின்றது. இவ்விசையானது 'மேலுதைப்பு' அல்லது 'மீயுந்தல்' விசை எனப்படும்.

உரு 7.12 இல் உள்ள தொழிற்பாட்டை மேலுதைப்பைக் காணப் பயன்படுத்தலாம். நியூட்டனின் விற்தராசு ஒன்றிலிருந்து சிறிய கல்லு ஒன்றைத் தொங்கவிடுகையில் அதன் வாசிப்பு W_1 ஆகவும் அதே கல்லை நீரில் அமிழ்த்தும் போது அதன் வாசிப்பு W_2 ஆகவும் இருப்பின், நிறை நட்டம் $= W_1 - W_2$ மேலுதைப்பினால் நிறைநட்டம் ஏற்படுத்தப்பட்டதால்

மேலுதைப்பு $U = W_1 - W_2$



உரு 7.12

பொருள் ஒன்றைத் திரவம் ஒன்றினுள் அமிழ்த்தும் போது பொருளானது ஒரு கனவளவு திரவத்தை இடம்பெயர்க்கும் கிரேக்க வானியலாளர் ஆக்கிமிடிஸ் (287-212 BC)

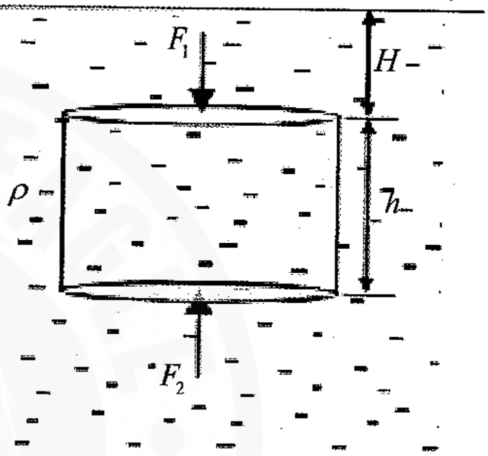
என்பவர் மேலுதைப்புக்கும் இடம் பெயர்க்கப்பட்ட பாயியின் கனவளவுக்கும் இடையிலுள்ள தொடர்பைக் காண்பதில் வெற்றி கண்டார். அவரினால் கொடுக்கப்பட்ட தொடர்பு ஆக்கிமிடிஸின் தத்துவம் எனப்படும்.

ஆக்கிமிடிஸின் தத்துவம்

ஓய்விலுள்ள பாயி ஒன்றினுள் பொருள் ஒன்றை முற்றாக அல்லது பகுதியாக அமிழ்த்தும் போது பொருளினால் இடம்பெயர்க்கப்பட்ட பாயியின் நிறைக்குச் சமமான மேலுதைப்பு ஒன்றைப் பொருள் உணரும்.

ρ அடர்த்தியுள்ள திரவம் ஒன்றினுள் V கனவளவுள்ள பொருள் அமிழ்த்தப்படின் ஆக்கிமிடிசின் தத்துவப்படி மேலுதைப்பு $\boxed{U = V\rho g}$

ஆக்கிமிடிசின் தத்துவத்தை வாய்ப்புப் பார்ப்பதற்கு ρ அடர்த்தியுள்ள திரவம் ஒன்றினுள் h உயரமுள்ள உருளை வடிவப் பொருள் ஒன்றை அதன் அச்சு நிலைக்குத்தாக இருக்கத்தக்கதாக அமிழ்த்துக.



உரு 7.13

உருளையின் குறுக்குமுகப்பரப்பு A ஆகவும் அதன் மேற்பரப்பிலிருந்து திரவ மேற்பரப்பின் உயரம் H உம் ஆயின் உருளையின் மேல் பரப்பில் திரவத்திலான அமுக்கம் $H\rho g$ ஆகும்.

ஆகவே $F_1 = AH\rho g$

உருளையின் கீழ் மேற்பரப்பிலுள்ள அமுக்கம் $(H+h)\rho g$ ஆதலினால் $F_2 = A(H+h)\rho g$

$\therefore$ மேலுதைப்பு $= F_2 - F_1$

$= A(H+h)\rho g - AH\rho g$

$U = Ah\rho g$

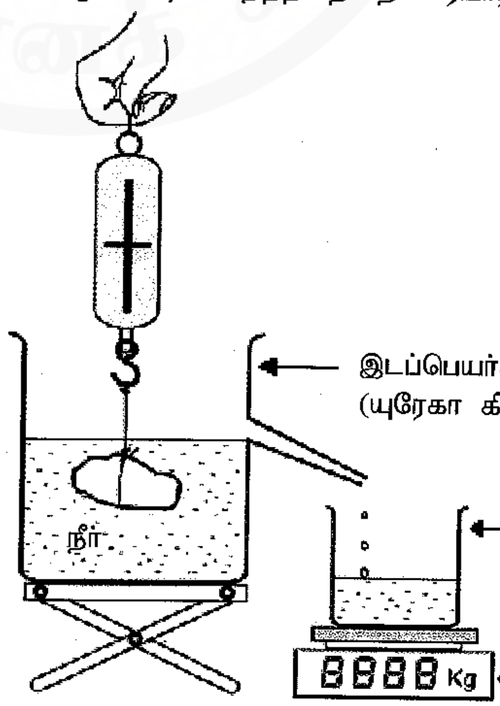
$U = V\rho g$

இங்கு V என்பது உருளையின் கனவளவு. இக்கனவளவு இடம்பெயர்க்கப்பட்ட கனவளவிற்குச் சமனாகையால் ஆக்கிமிடிசின் தத்துவம் சரியானதாகும்.

உரு 7.14 இல் காட்டப்பட்டுள்ள அமைப்பை ஆக்கிமிடிசின் தத்தவத்தைச் சரிபார்க்கப் பயன்படுத்தலாம்.

இலத்திரனியல் தராசு ஒன்றின் மேல் முகவையை வைத்துத் தராசைச் செப்பஞ் செய்வதன் முலம் பூச்சிய வாசிப்பைப் பெறுக. இடம்பெயர்க்கும் பாத்திரத்தை நீரினால் நிரப்பி அதன் வெளிக்குழாயை முகவையினுள் திருப்புக. சிறிய கல் ஒன்றை விற்றராசு ஒன்றிலிருந்து தொங்கவிட்டு அதன் அளவீட்டை (W_1) குறித்தபின் நீரினுள் முற்றாக அமிழ்த்திய பின் மீண்டும் அளவீட்டை (W_2) க் குறிக்க.

இவ்விரு அளவீடுகளுக்குமிடையிலுள்ள வித்தியாசம் $(W_1 - W_2)$ ஆனது இலத்திரனியல் தராசின் அளவீட்டிற்குச் சமமாயின் ஆக்கிமிடிசின் தத்துவம் வாய்ப்புப் பார்க்கப்படுகிறது.



உரு 7.14

ஆக்கிமிடிசின் தத்துவத்தை உபயோகித்துப் பொருள் ஒன்றின் சராசரி அடர்த்தியைக் காணல்

ஆக்கிமிடிசின் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்திப் பின்வரும் முறையினால் பொருள் ஒன்றின் சராசரி அடர்த்தியைக் காணலாம்.

படத்தில் காட்டியவாறு உரு 7.15 பொருள் சமநிலையிருக்கையில் தராசின் அளவீடு (W_1) குறிக்கப்படும். பொருளானது பின் முற்றாக நீரினுள் அமிழ்ந்த நிலையில் தராசின் வாசிப்பு (W_2) மீண்டும் குறிக்கப்படும்.

பொருளில் தாக்கும் மேலுதைப்பு $U = W_1 - W_2$

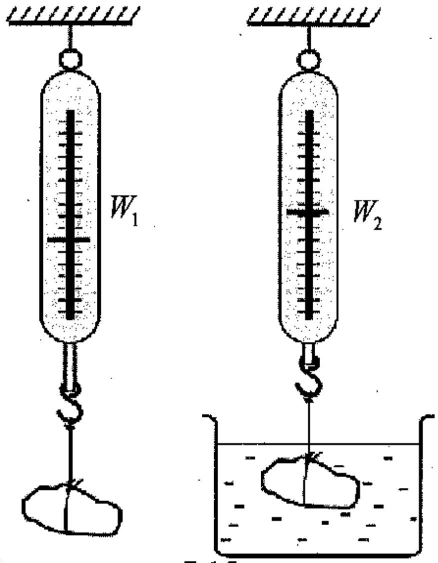
$$\text{தொடர்படர்த்தி} = \frac{\text{பொருளின் நிறை}}{\text{அதே கனவளவு நீரின் நிறை}}$$

ஆக்கிமிடிசின் தத்துவப்படி மேலுதைப்பானது பொருளின் கனவளவுக்குச் சமமான நீரின் நிறைக்குச் சமனாகும்.

$$\text{தொடர்படர்த்தி} = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$

ஆகவே

$$\text{சராசரி அடர்த்தி} = \left(\frac{W_1}{W_1 - W_2}\right)\rho_w$$



உரு 7.15

இங்கு ρ_w ஆனது நீரின் அடர்த்திக்குச் சமனாகும்.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

உலோகக் குற்றி ஒன்று விற்தராசில் தொங்கவிடப்பட்டு வளியில் நிறுத்தபோது வாசிப்ப 12 N உம் குற்றியானது நீரில் முற்றாக அமிழ்ந்த நிலையில தராசின் சமநிலை வாசிப்பு 8 N உம் ஆகும் ஆயின் உலோகக் குற்றியின் சராசரி அடர்த்தியைக் காண்க.

தீர்வு:

$$\text{தொடர்படர்த்தி} = \frac{\text{பொருளின் நிறை}}{\text{அதே கனவளவு நீரின் நிறை}}$$

$$\text{தொடர்படர்த்தி} = \frac{\text{பொருளின் நிறை}}{\text{மேலுதைப்பு}}$$

$$= \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$

$$= \frac{12}{12-8} = 3$$

$$\therefore \text{சராசரி அடர்த்தி} = 3 \times 1000\,\text{kg m}^{-3}$$

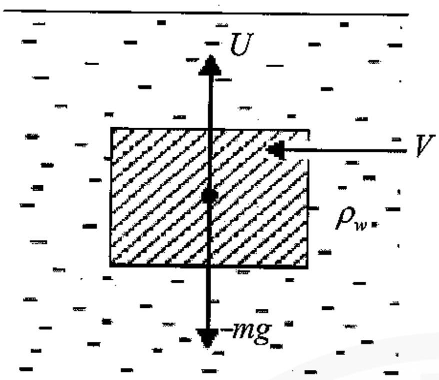
$$= 3000\,\text{kg m}^{-3}$$

மிதத்தல் (Floatation)

பொருள் ஒன்று திரவம் ஒன்றில் மிதக்குமாயின் அதில் தாக்கும் விசைகள் சமநிலையிருத்தல் வேண்டும். $mg = U$

இத் தொடர்பானது மிதத்தல் தத்துவம் எனப்படும்.

பொருள் ஒன்றின் இரண்டு மிதத்தல் நிலைகள் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.

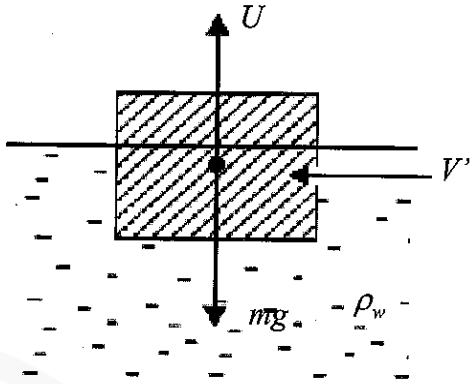


உரு 7.16

பொருள் ஒன்று முற்றாக அமிழ்ந்திருக்கும் நிலையினை உரு 7.16 காட்டுகிறது.
பொருளின் சமநிலைக்கு

$$mg = U$$
$$Vdg = V\rho_w g$$
$$d = \rho_w$$

பொருளின் சராசரி அடர்த்தி நீரின் அடர்த்திக்குச் சமன்



உரு 7.17

பொருள் ஒன்று பகுதியாக அமிழ்ந்து மிதக்கும் நிலையினை உரு 7.17 காட்டுகிறது.

$$mg = U$$
$$Vd\cancel{g} = V'\rho_w \cancel{g}$$

ஆகவே $V > V'$

$$\therefore d < \rho_w$$

பொருளின் சராசரி அடர்த்தி நீரின் அடர்த்தியிலும் சிறிது.

பொருள் அமிழும் பருமனை (அளவை) அதிகரிக்க அதன் சராசரி அடர்த்தியைக் குறைத்தல் வேண்டும். இந்த நோக்கத்திற்காகப் பொருளைக் குழி ஒன்றுடன் சேர்ந்து அமைப்பதன் மூலம் அதன் கனவளவை அதிகரிக்கலாம். நீரில் அசையும் கப்பல்கள் இத்தத்துவத்தைப் பயன்படுத்திச் செய்யப்படுகின்றன.

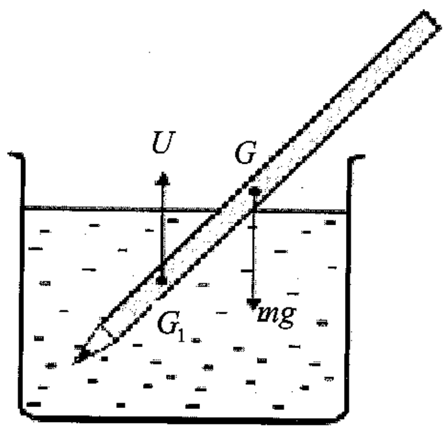
மீயுந்தல் மையம்

மிதக்கும் பொருள் ஒன்றின் மேலுதைப்புத் தாக்கும் புள்ளி மீயுந்தல் மையம் எனப்படும். இப்புள்ளியானது அமிழ்ந்த பகுதியின் கேத்திரகணித மையத்தில் அல்லது இடம்பெயர்ந்த திரவக்கனவளவின் புவியீர்ப்பு மையத்தில் அமைந்திருக்கும்.

பென்சில் ஒன்று நீரில் புகுத்தப்பட்டுள்ள நிலையினைக் கருதுக. பொருளின் நிறையானது அதன் புவியீர்ப்பு மையத்தில்(G) தாக்கும். அதன் மேலுதைப்பு அதன் மீயுந்தல் மையத்தில் தொழில்படும். mg யும் U வும் பருமனில் சமமான இருப்பினும் அதில் தாக்கம் முறுக்கம் காரணமாக அவை ஒரே நேர்கோட்டில் இருப்பதில்லை. அதனால் பென்சிலானது கிடையாக நிலையை அடையும்.

பொருள் மிதப்பதற்குரிய நிபந்தனையாக

1. $mg = u$
2. பொருளின் புவியீர்ப்புமையமும் மியூந்தல் மையமும் ஒரே நிலைக்குத்துக் கோட்டில் அமைதல் வேண்டும்

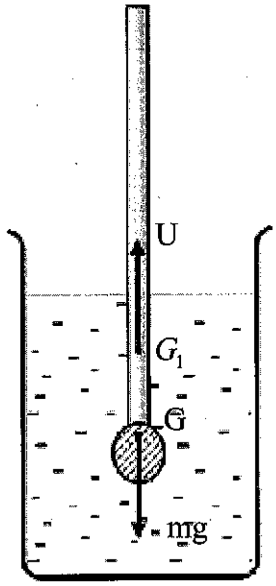


உரு 7.18

பென்சிலின் முனையில் களிமண் உருண்டையை ஒட்டினால் பென்சிலானது நிலைக்குத்தான நிலையில் மிதக்க ஆரம்பிக்கும். இங்கு களிமண் பந்தின் காரணமாக பென்சிலின் புவியீர்ப்பு மையம் மீயுந்தல் மையத்திற்குக் கீழ் பெயரும். பென்சிலானது சரிவான நிலையில் வைக்கப்பட்டாலும் திருப்பம் காரணமாக நிலைக்குத்தான நிலைக்கு வரும்.

இவ்வமைப்பைத் திரவங்களின் அடர்த்திகளை ஒப்பிட உபயோகிக்கலாம். திரவத்தின் அடர்த்திக்கு ஏற்ப அமிழும் ஆழம் மாறுபடும்.

சிறிய அடர்த்தியுள்ள திரவங்களில் கூடிய ஆழத்திற்கும் உயர் அடர்த்தியுள்ள திரவங்களில் குறைந்த ஆழத்திற்கும் பென்சில் அமிழும்.



உரு 7.19

Pரமானி

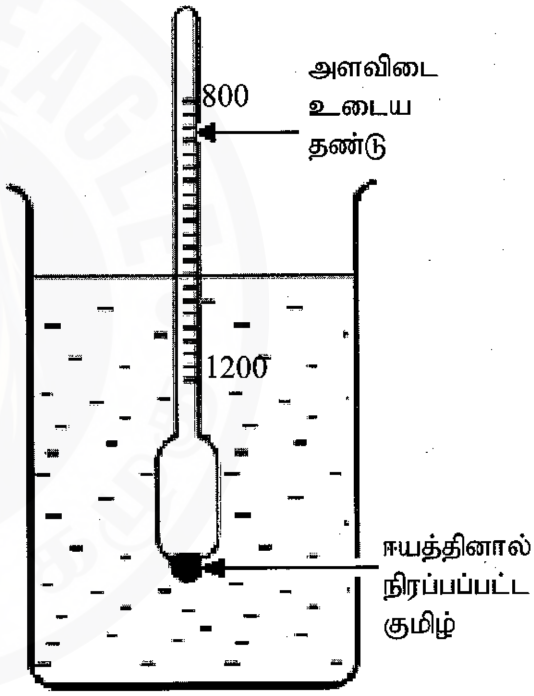
இரண்டு திரவங்களின் அடர்த்திகளை ஒப்பிடுவதற்கு அறிமுகபடுத்தக் கூடிய எளிய ஆய்கருவி நீரமானியாகும்.

உரு 2.7.20 ஆனது திரவம் ஒன்றில் மிதக்கும் நீரமானி ஒன்றின் நிலையைக் காட்டுகிறது. கீழுள்ள குமிழை ஈயத்தினால் சுமையேற்றப்படுவதன் மூலம் புவியீர்ப்பு மையத்தைக் கீழ் நோக்கிப் பதிப்பதன் மூலம் நீரமானி உறுதிச்சமநிலையில் நிலைக்குத்தாக மிதக்கச் செய்யப்படுகிறது. திரவம் ஒன்றில் மிதக்கும் போது உயர் மேலுதைப்பைப் பெறுவதற்கு குமிழானது பெரிய கனவளவையுடையதாக அமைக்கப்படுகிறது.

மெல்லிய நீண்ட தண்டானது உபகரணத்தின் உணர்திறனை அதிகரிக்கின்றது. நீரமானியிலுள்ள அடுத்தடுத்த குறிகளுக்கிடையிலுள்ள தூரம் ஒன்றுக் கொன்று சமமல்ல. (அல்லது அளவிடை ஏகபரிமானதல்ல) இது கீழுள்ள கோவையின் மூலம் காட்டப்படுகிறது. நீரமானி சமநிலையில் உள்ளபோது

$$m\cancel{g} = (V + Ah)\rho\cancel{g}$$

$$\frac{m}{\rho} = V + Ah$$

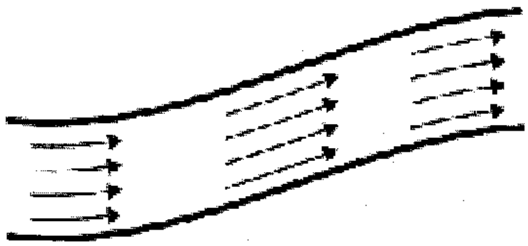


உரு 7.20

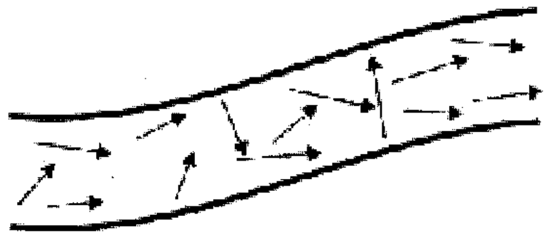
ஆகவே h இற்கும் ρ இற்கும் இடையிலுள்ள தொடர்பு ஏகபரிமானதல்ல என்பது தெரிகின்றது. இக் கோவையில் V என்பது குமிழினதும் சுமையேற்றப்பட்ட குமிழினதும் கனவளவு. A என்பது தண்டின் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு h என்பது அமிழ்ந்த தண்டின் நீளமாகும்.

அலகு - 8

பாயி இயக்கவியல் என்பது பாயிகளின் பாய்ச்சலைப் பற்றிக் கற்பதன் மூலம் பாயியின் பாய்ச்சல் பற்றிய சிறப்பியல்புகளை இனம்காணலாம். இதற்குக் குழாய் ஒன்றிலிருந்து வரும் நீரின் பாய்ச்சலைக் கருதலாம். குழாய் வாயிலை மெதுவாகத் திறப்பின் பாய்ச்சல் மெதுவாயிருக்கும். இங்கு நீர்த்துணிக்கைகளுக்கிடையில் கொந்தளிப்புத் தன்மை இல்லாதிருப்பதைத் தெளிவாகக் காணலாம். இவ்வாறான பாய்ச்சல் அருவிக் கோட்டுப் பாய்ச்சல் எனப்படும்.



உரு 8.1
அருவிக்கோட்டுப்பாய்ச்சல்



உரு 8.2
கொந்தளிப்புப்பாய்ச்சல்

குழாய் வாயிலை முற்றாக திறந்து நீரை விரைவாகப் பாயச்செய்யின் பாய்ச்சல் ஒழுங்கில்லாததாக மாறும். நீர்த்துளிகள் உரு குறித்த திசையில் பயணிக்கமாட்டாது. அவ்வாறான பாய்ச்சலை இனங்காண முடியும். இது கொந்தளிப்புப்பாய்ச்சல் எனப்படும்.

இதன் முக்கியத்துவத்தைக் கருதி இவ்வத்தியாயமானது பாயிகளின் அருவிக்கோட்டுப் பாய்ச்சலைக் கையாளுகின்றது. இதனைப் பின்வருமாறு அறிமுகப்படுத்தலாம்.

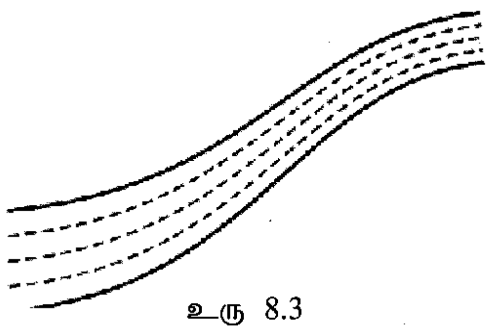
உறுதிப் பாய்ச்சல்

பாயி ஒன்றின் பாய்ச்சலின் போது ஏதாவது புள்ளியினூடாகச் செல்லும் பாய்த்துணிக்கைகளின் வேகம் நேரத்துடன் மாற்றமடையாவிடின் அப் பாய்ச்சலானது உறுதியானது அல்லது தொடர்ச்சியானது எனப்படும். அருவிக்கோட்டுப்பாய்ச்சல் ஒன்றின் பாயியானது படைகளாக பாயின் இப்பாய்ச்சலானது அடர்ப் பாய்ச்சல் எனப்படும். இப்படைகளுக்கிடையே உராய்வு விசை தொழிற்படின் அவை பிசுக்குமை விசை எனப்படும். இவ்வலகினது கற்கையில் பிசுக்கு விசை காரணமான விளைவுகள் புறக்கணிக்கப்படுகின்றன.

அருவிக்கோடு

அருவிக்கோட்டு பாய்ச்சலில் பாயித்துணிக்கை ஒன்றின் பாதையானது அருவிக்கோடு எனப்படும். அருவிக் கோடு ஒன்றில் ஏதாவது ஒரு புள்ளியில் வரையும் தொடலியின் திசை அப்புள்ளியினூடாகச் செல்லும் துணிக்கைகளின் இயக்கத்தின் திசையைக் குறிக்கும். அருவிக்கோடுகள் ஒன்றையொன்று வெட்டமாட்டாது.

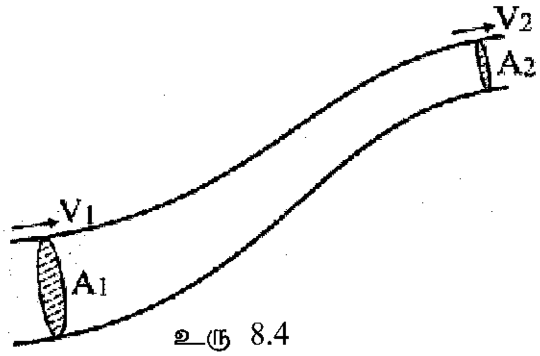
பாய்ச்சல் குழாய்



உரு 8.3

ஒரு தொகுதி அருவிக் கோடுகல் செல்லும் பிரதேசம் பாய்ச்சல் குழாய் எனப்படும்.

தொடர்ச்சிச் சமன்பாடு



உரு 8.4

அருவிக் கோடுகள் ஒன்றையொன்று நெருங்கப் பாய்ச்சல் குழாய் மெல்லியதாவதைக் கருதுக.

A_1 குறுக்குமுகப் பரப்பைக் கொண்ட வாயில் பாய்ச்சல் கதி V_1 என்க.
ஓரலகு நேரத்தில் A_1 இனூடு பிரவேசிக்கும் பாயியின் கனவளவு $= A_1V_1$

பாய்ச்சல் தொடர்ச்சியானதால் குறுக்குமுகப்பரப்பு A_2 ஐ ஓரலகு நேரத்தில் கடக்கும் கனவளவு சமமாகும்.
ஆகவே, ஓரலகு நேரத்தில் வெளியேறும் பாயியின் கனவளவு $= A_2 V_2$

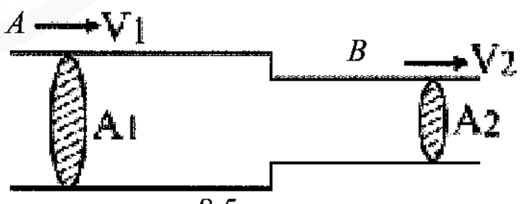
$$\therefore \quad A_1V_1 = A_2 V_2$$

பாய்ச்சல் குழாயின் குறுக்குமுகப் பரப்பு வேறுபடப் பாய்ச்சல் வேகம் மாறுபடுகின்றது என்பதை இச்சமன்பாடு விளக்குகின்றது. இச்சமன்பாடானது தொடர்ச்சிப் பாய்ச்சல் சமன்பாடு எனப்படும். இச் சமன்பாட்டைத் தொழில் நுட்ப முறையில் பல சந்தர்ப்பங்களில் பயன்படுத்தலாம்.

உதாரணமாக குழாய் ஒன்றின் வாய்க்கு இணைக்கப்பட்ட இறப்பர் குழாய் ஒன்றினூடாக நீரைச் சிவிறும் போது குழாயின் வாயை நெருக்கிக் குறுக்கு முகப் பரப்பைக் குறைப்பதன் மூலம் வெளியேறும் நீரின் வேகத்தை அதிகரிக்கலாம்.

குளியல் அறையிலுள்ள பொழிவுக்குளியல் சாதனம், பூச்சி கொல்லி தெளிப்பான் என்பன பாய்ச்சல் கதியை அதிகரிக்க உதவும் வேறு சாதனங்களாகும். வீடு ஒன்றின் நீர்த்தாங்கியொன்றின் உச்சியிலிருந்து வரும் குழாய்களின் விட்டங்களைக் குறைப்பதன் மூலம் நீரின் பாய்ச்சல் கதியை அதிகரிக்கலாம்.

வெவ்வேறு குறுக்குவெட்டைக் கொண்ட இரண்டு குழாய்களை ஒரு சந்தியில் பொருத்தி உண்டாக்கப்பட்ட நீர்க்குழாய் தொகுதியை மேலுள்ள உரு 2.8.5 காட்டுகிறது. குழாய் A யின் விட்டம் 60 mm B யின் விட்டம் 20 mm. நீரானது A ஐ 0.2 m s^{-1} என்ற வேகத்துடன் அடைகின்றது. நீரானது குழாயினூடு உறுதியாகப் பாய்ந்து B யிலிருந்து வெளியேறுகின்றது. B யிலிருந்து வெளியேறும் நீரின் கதி யாது?



உரு 8.5

தொடர்ச்சியான சமன்பாட்டின்படி

$$A_1V_1 = A_2V_2$$

$$\pi\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 V_1 = \pi\left(\frac{d_2}{2}\right)^2 V_2$$

$$d_1^{\,2}V_1 = d_2^{\,2}V_2$$

$$V_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 V_1 = \left(\frac{60}{20}\right)^2 \times 0.2$$

$$V_2 = \underline{\underline{1.8 \text{ m s}^{-1}}}$$

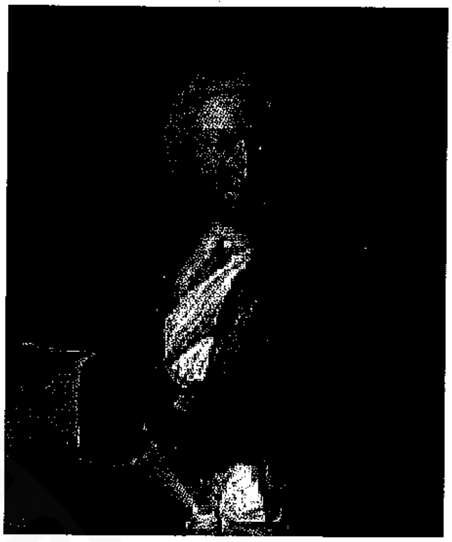
நெருக்கரும் பாயி

பாயி ஒன்றை அமுக்கத்திற்கு உட்படுத்தப்படுகையில் அதன் அடர்த்தியில் மாற்றம் ஏற்படாவிட்டால் அப்பாயி, நெருக்கரும் பாயி எனப்படும்.

ஓய்விலுள்ள வாயுவானது அமுக்கக்கூடிய பாயியாகக் கருதப்படினும், வாயுப்பாய்ச்சலை நெருக்கரும் பாயி ஆக கருதலாம். எனவே பாயி இயக்கவியலில் திரவங்களினதும், வாயுக்களினதும் இயக்கங்களை விளக்கலாம்.

பேணூயீயின் கோட்பாடு

மிகப்பிரபல்யமான சுவிற்சர்லாந்து விஞ்ஞானி ஜோன் பேணூயீ, பாயிகள் சம்பந்தமான கோட்பாடு ஒன்றை முன்வைத்தார். அது பேணூயீயின் கோட்பாடு என அறியப்படுகிறது.

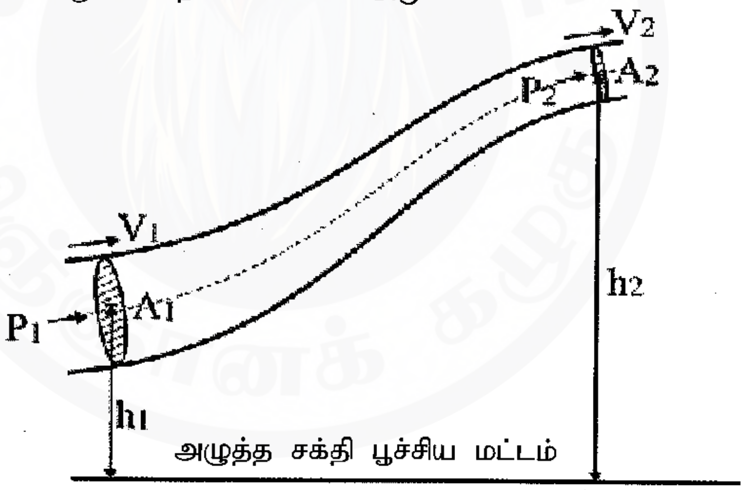

உரு 8.6- ஜோன் பேணூயீ

அருவிக் கோட்டுப் பாய்ச்சல் ஒன்றில் ஓரலகு கனவளவுள்ள பாயி ஒன்றின் மீது அமுக்கத்தினால் செய்யப்பட்ட உபயோகமான வேலையானது, அதன் அழுத்த சக்தியினதும் இயக்கப்பாட்டுச்சக்கியினதும் அதிகரிப்புக்குச் சமன் என அவர் காட்டினார்.

பேணூயீயின் சமன்பாட்டைப் பின்வருமாறு பெறலாம்.

வேலை = விசை × இடப்பெயர்ச்சி
= அமுக்கம் × குறுக்குமுகப்பரப்பு × இடப்பெயர்ச்சி
= அமுக்கம் × கனவளவு

∴ ஓரலகு கனவளவின் மீது செய்த வேலை = அமுக்கம்



உரு 8.7

மேலுள்ள படத்தில் உரு 8.7 நீர்க்குழாய் ஒன்றினூடாக செல்லும் அருவிக்கோடு ஒன்றைக் கருதுக. குறுக்கு வெட்டுப்பரப்புகள் A_1, A_2 உள்ள இடத்தில் உள்ள அமுக்கங்கள் முறையே p_1, p_2 என்க.

குறுக்குமுகம் A_1 யினூடு உட்புகும்

ஓரலகு கனவளவுள்ள பாயியின் மீது அமுக்கத்தினால் செய்யப்பட்ட வேலை $= p_1$

குறுக்கு முகம் A_2 வினூடு வெளியேறும்

ஓரலகு கனவளவுள்ள பாயியின் மீது அமுக்கத்தினால் செய்யப்பட்டவேலை $= p_2$

ஆகவே அமுக்கத்தின் காரணமாகச் செய்யப்பட்ட பயன் உள்ள வேலை $= p_1 - p_2$

அழுத்தசக்தி $= mgh$

பாயியின் ஓரலகு கனவளவின் திணிவான பாயின் அடர்த்தி ρ ஆயின்

ஓரலகு கனவளவில் ஏற்பட்ட அழுத்த சக்தி அதிகரிப்பு $= \rho g h_2 - \rho g h_1$,

இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி $\frac{1}{2}mv^2$ என்பதனால்

ஓரலகு கனவளவுக்குரிய இயக்கப்பாட்டுச்சக்தி $\frac{1}{2}\rho v^2$

ஆகவே ஓரலகு கனவளவுக்குரிய இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி அதிகரிப்பு $= \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2$

பேணுாயியின் கோட்பாட்டின்படி,

அமுக்கத்தினால்

செய்யப்பட்ட வேலை = அழுத்த சக்தி அதிகரிப்பு + இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி அதிகரிப்பு.

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$\therefore p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_2 - \rho g h_1$$

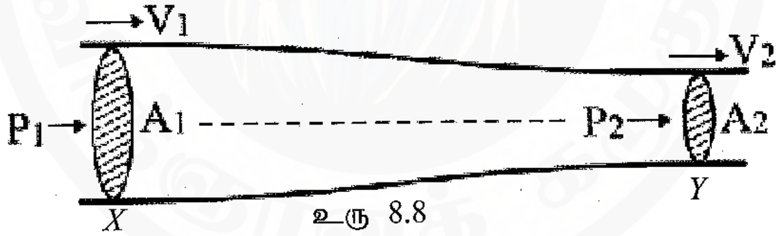
$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = K$$ K ஒரு மாறிலி

மேலுள்ள சமன்பாட்டிற்கேற்ப, பேணுாயியின் கோட்பாட்டைப் பின்வருமாறு கூறலாம்.

> நெருக்கரும், பிசுக்குமையற்ற பாயி ஒன்று அருவிக் கோட்டுப்பாய்ச்சலில் உள்ளபோது அருவிக்கோடு ஒன்றின் வழியே எந்த ஒரு புள்ளியிலும், அமுக்கத்தினதும், ஓரலகு கனவளவுள்ள அழுத்தசக்தியினதும், ஓரலகு கனவளவுக்குரிய அழுத்தசக்தியினதும் இயக்கப்பாட்டுச் சக்தியினதும் கூட்டுத்தொகை ஒரு மாறிலியாகும்.

அருவிக் கோடு ஒன்றின் வழியே ஒரே அழுத்த மட்டத்தில் வெவ்வேறு குறுக்குவெட்டுகளை கொண்ட இரண்டு இடங்களை கருதுக.



உரு 8.8

ஒரே அருவிக் கோட்டின் வழியே X, Y என்ற புள்ளிகளில் பேணுாயியின் கோட்பாட்டைப் பிரயோகிக்க.

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2$$

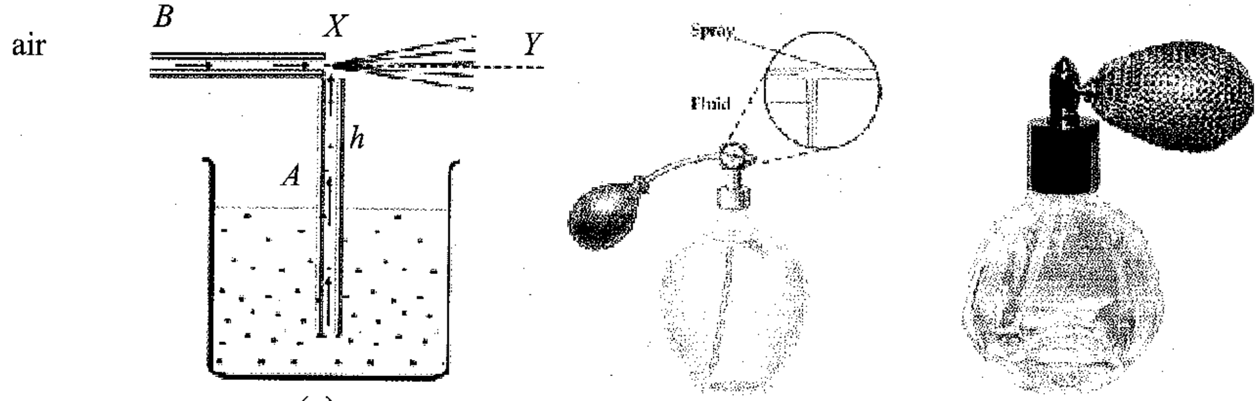
$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right)$$

அழுத்த சக்திகள் சமன் என்பதனால்

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = p_0 + 0 \Rightarrow p_0 - p = \frac{1}{2}\rho v^2$$

தொடர்ச்சிச்சமன்பாட்டிலிருந்து, குறுக்கு முகம் ஒடுங்குகையில் பாய்ச்சல் வேகம் அதிகரிக்கும் என்பது தெரிகின்றது. மேலுள்ள சமன்பாட்டின் படி, கதி அதிகரிக்கும் போது அமுக்கம் குறையும். இம்முடிவுகளை தொழினுட்ப ரீதியாகப் பயன்படுத்தும் பல சந்தர்ப்பங்கள் உள்ளன. சிவிறுபம்பி, ஆகாயவிமான இறக்கை வடிவமைப்பு, இயங்கும் பந்து ஒன்றின் திசையை கறங்குவதன் (spinning) மூலம் மாற்றுதல் போன்றவை சில உதாரணங்களாகும்.

சிவிறி குழாய்



(a) (b) (c)

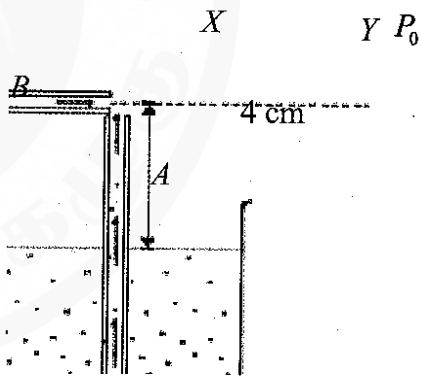
உரு 8.9

உரு 8.9(*a*) இல் காட்டப்பட்டவாறு பாத்திரம் ஒன்றினுள் உள்ள நீரில் குழாய் *A* ஆனது நிலைக்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. வேறொரு குழாய் *B* யின் மூலம் *A* யின் மேலாக வளி ஊதப்படுகிறது. *A* யில் நீரானது உயர்ந்து வளியுடன் கலந்து சிவிறப்படும். இதுவே சிவிறுபம்பியின் தொழிற்பாடாகும். வெவ்வேறு தேவைகளுக்கு உபயோகிக்கப்படும் சிவிறுபம்பிகளை உரு 8.9(*b*) யும் உரு 8.9(*c*)யும் காட்டுகிறது.

உரு 8.9(*a*) இலுள்ள ஒழுங்கமைப்பில் குழாய் *A* யின் மேல் *X* இற்கு குறுக்கே உயர் வேகத்துடன் ஊதும் போது *X* இல் அமுக்கமானது வளிமண்டல அமுக்கத்திற்குக் கீழ் குறையும். *X, Y* என்பது ஒரே அருவிக் கோட்டிலிருப்பதால் பேணுயியின் கோட்பாட்டைப் பிரயோகித்து நீர்நிரலின் உயர்ச்சிக்கும் வளியின் ஊதல் வேகத்திற்கும் இடையில் ஒரு தொடர்பைப் பெறலாம். இரசாயன சிவிறுபம்பிகள், தீந்தை சிவிறு பம்பிகள், சேவை நிலையங்களில் தொழிற்பாடு போன்ற தேவைகளுக்கும் சிவிறு பம்பிகள், பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

செய்துகாட்டப்பட்ட உதாரணம்

உரு 8.10 இல் காட்டப்பட்டுள்ள பாத்திரமானது 1000 kg m^{-3} அடர்த்தியுடைய திரவத்தைக் கொண்டுள்ளது. என்ன வேகத்துடன் குழாய் *B* யினூடாக வளியை ஊதினால் *A* யில் 4 cm, உயரத்திற்கு நீர் உயர்ந்து சிவிறப்படும். (வளியின் அடர்த்தி 1 kg m^{-3})



உரு 8.10

தீர்வு:

அருவிக்கோடு ஒன்றின் வழியே ஒரே கிடைத்தளத்தில் உள்ள புள்ளிகள் *X, Y* ஐ கருதுக.

X இலுள்ள அமுக்கம் p எனவும், *Y* யிலுள்ள அமுக்கம் p_o எனவும் கொள்க. *X* இல் வளியின் வேகத்தை V என்க. *Y* யிலுள்ள வேகம் பூச்சியம் எனக் கருதுக.

ρ , இங்கு p_0, p வளியின் அடர்த்தி ஆகும்.

$p_0 - p = hdg$ என்பவற்றுக்கிடையிலான அமுக்கவேறுபாடு காரணமாக திரவம் எழுகை அடையின்

இங்கு திரவத்தின் அடர்த்தி d.

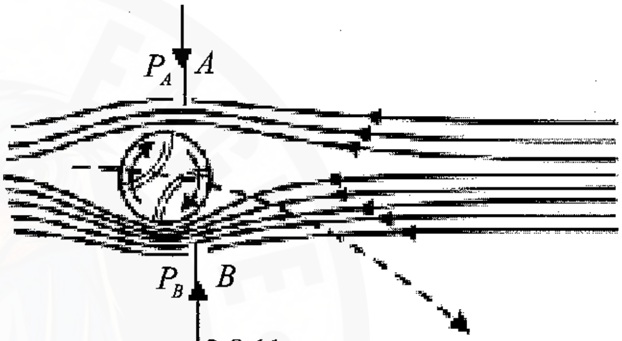
$$\therefore hdg = \frac{1}{2}\rho v^2$$

$$v^2 = \frac{2hdg}{\rho} = \frac{2 \times 4 \times 10^{-2} \times 10^3 \times 10}{1}$$

$$v^2 = 800 = \underline{\underline{20\sqrt{2}\ \mathrm{m\ s^{-1}}}}$$

இயங்கும் பந்து ஒன்றைக் கறங்கச்செய்வதன் மூலம் அதன் திசையை மாற்றல்

துடுப்பாட்ட விளையாட்டில் பந்தை எறியும் போது பந்தை கறங்கச் செய்வதன் மூலம் அதன் திசை மாற்றப்படுகின்றமையை விளக்குவதற்கு உரு 2.8.11 ஐப் பயன் படுத்தலாம். மணிக்கூட்டுத்திசையில் கறங்கிய வண்ணம் வலம் நோக்கி v யுடன் எறியப்படும் பந்து ஒன்றைக் கருதுக.



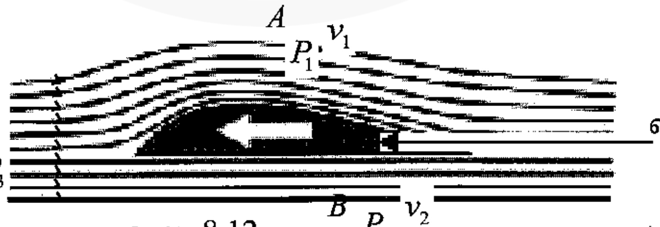
உரு 2.8.11

பந்து சார்பாக வளியானது இடப்பக்கமாக வேகம் v யுடன் கடக்கும். சுழலும் பந்தின் தொடலி வேகமானது A யில் வளியின் வேகத்தைக் குறைக்கும், B யில் கூட்டும்.

$$v_A < v_B$$

பேணூயியின் கோட்பாட்டின், $p_A > p_B$ இதன் காரணமாக, பந்து முன்னோக்கிச் செல்லும் போது அமுக்கம் குறைந்த பிரதேசத்தை நோக்கி விலகல் அடைந்து வளைவான பாதையில் செல்லும்.

ஆகாய விமான ஒன்றின் இறக்கையைத் திட்டமான வடிவத்தில் அமைத்தல்.



உரு 8.12

ஆகாய விமானத்தினின் இறக்கையை வடிவமைக்கும் போது வளியின் அருவிக் கோடுகள் மேற்பகுதியில் நெருக்கமாகவும் கீழ்ப்பகுதியில் ஐதாகவும் செல்லத்தக்கதாக அமைத்தல் வேண்டும்.

ஆகவே இறக்கையின் மேல் A யில் வளிப்பாய்ச்சலின் கதி, B யிலுள்ளதிலும் பெரிதானதால் Aயில் உள்ள அமுக்கம் B யிலுள்ள அமுக்கத்திலும் குறைவாகும்.

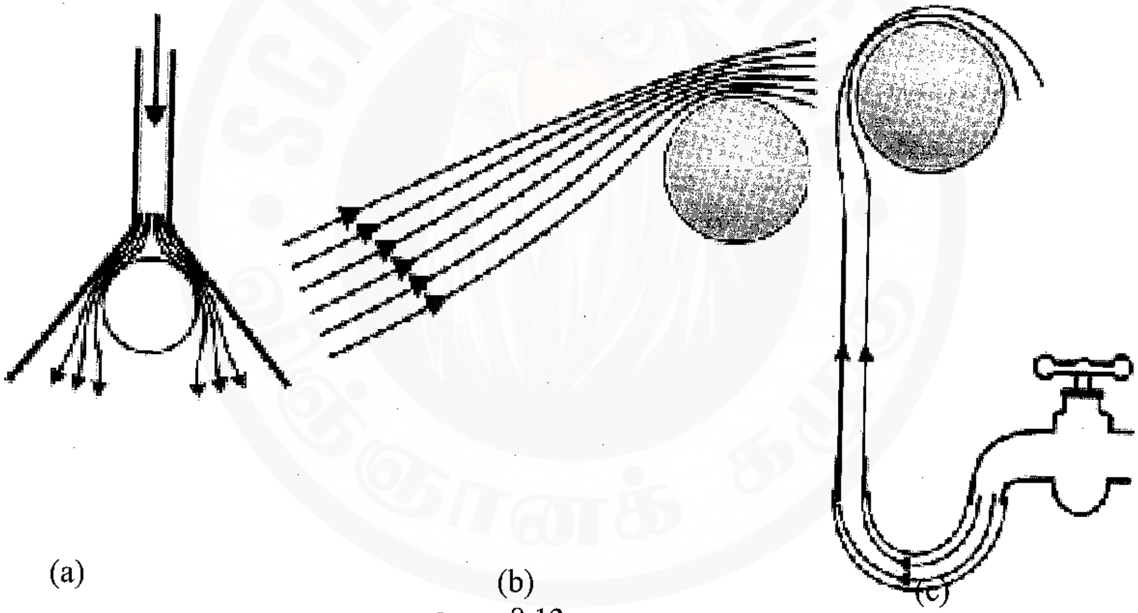
ஆகவே மேலதிக அமுக்கம் $p_2 - p_1$, இறக்கையில் உயர்த்து விசை ஒன்றைக் கொடுக்கும். இறக்கையின் பரப்பு A ஆயின் உயர்த்து விசை $= A(p_2 - p_1)$

இப்பெறுமானமானது விமானத்தின் நிறையிலும் கூடினால் விமானம் உயரும்

ஒரே அருவிக் கோட்டிலுள்ள A, C என்ற புள்ளிகளில் பேணூயீயின் கோட்பாட்டைப் பிரயோகித்து மேலுள்ள சமன்பாட்டைப் பெறலாம்.

பேணூயீயின் தத்துவத்திற்கேற்ப வேறும் பல தோற்றப்பாடுகள் ஏற்படும். சில உதாரணங்கள்.

1. கடுமையான காற்று வீசும் போது சில மூடிய வீடுகளின் கூரைகள் தூக்கி வீசப்படும்.
2. கடுகதிப் புகைவண்டி ஒன்று நிலையம் ஒன்றினூடு செல்லும் போது அதற்குப் பக்கமாக நடை மேடையில் நிற்கும் மனிதர் சமநிலைப்படுத்தப்படாத விசை ஒன்றின் காரணமாக வண்டியை நோக்கி இழுக்கப்படுவார்.
3. நீரில் படகொன்று விரைவாகச் செல்லும்போது படகின் இரண்டு பக்கமும் உள்ள மீன்கள் படகை நோக்கிச் சமநிலைப்படுத்தாத விசை தாக்குவதன் காரணமாக அவை படகை நோக்கி இழுக்கப்படும்.
4. அரைப்பகுதி மூடிய கதவினூடு காற்று வீசினால் கதவு முற்றாக மூடப்படும்.
5. அமுக்கப்பட்ட வளியில் அருவியில் பலூனைச் சமனிலையில் வைத்திருத்தல், பிங் - பொங் (Ping - pong) பந்தை நீரருவியல் சமனிலைப்படுத்தி வைத்திருத்தல் போன்றன கண்காட்சியில் காட்சிப்படுத்தப்படும் உருப்படிகள் ஆகும்.
   இவற்றை பேணூயீன் கோட்பாட்டால் விளக்கலாம்.



உரு 8.13

நீர்க்குழாய் வாயிலுக்கு இணைக்கப்பட்ட குழாயின் அடியில் புனல் ஒன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளதை உரு 8.13(a) காட்டுகின்றது பிங் - பொங் பந்து ஒன்றைத் தலை கீழாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள புனலின் நீர் வெளியேறும் வாயருகில் வைக்கும் போது பந்தானது அவ்விடத்தில் சுழன்றவாறு தங்கும்.

உரு 8.13(b) ஆனது அமுக்கப்பட்ட வளியின் ஓட்டத்தினருகில் வைக்கப்பட்ட பலூன் ஒன்றைக் காட்டுகின்றது. பலூனின் மேற்பகுதியினூடு செல்லும் வளியோட்டம் மெல்லியதாவதால் அதில் தாக்கு மேல் நோக்கியவிசை பந்தின் நிறையைத் தாங்குகின்றது.

உரு 8.13(c) ஆனது மெல்லிய குழாய் ஒன்றில் உருவாக்கப்பட்ட நிலைக்குத்தான நீர் அருவியையும், பிங் - பொங் பந்து ஒன்று சுழன்றவாறு மேலே நிற்பதையும் காட்டுகிறது. கறையான் புற்றில் வளிச்சுற்றோட்டம் ஏற்படுவதையையும் இதே வழியில் விளக்கமுடியும்.

Reference

Breithaupt, J. (2003) *Understanding Physics For Advanced Level - Fourth Edition.* Nelson Throne, Cheltenham, UK.

Edmonds Jr., D. S. (1993). *Cioffari's Experiments in College Physics - Nineth Edition.* D. C. Heath and Company, Massachusetts, USA.

Muncaster, R. (1993). *A-level Physics - Fourth Edition.* Stanley Thornes (Publishers) Ltd, Cheltenham, UK.

Nelkon, M. & Ogborn, J. M. (1987). *Advanced Level Practical Physics - Fourth Edition.* Heinemann Educational Books, London, UK.

Tyler, F. (1961). *A Laboratory Manual of Physics - Second Edition.* Edward Arnold Publishers Limited, London, UK