அலகு
4

வேலை, ஆற்றல் மற்றும் திறன் (WORK, ENERGY AND POWER)

"பருப்பொருளே ஆற்றல், ஆற்றலே ஒளி, நாம் அனைவரும் ஒளி மனிதர்கள்" – ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன்

கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- வேலையின் வரையறை
- மாறா மற்றும் மாறக்கூடிய விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை
- பல்வேறு வகையான ஆற்றல்
- ஆற்றல் மாறா விதி
- செங்குத்து வட்ட இயக்கம்
- திறனின் வரையறை
- பல்வேறு வகையான மோதல்கள்

4.1 அறிமுகம்

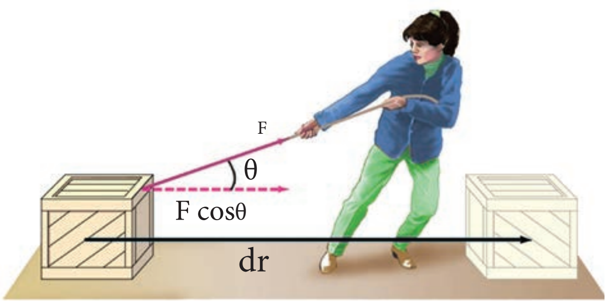
அன்றாட வாழ்வில் வேலை என்ற சொல் பலதரப்பட்ட தருணங்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது உடல் சார்ந்த வேலை மற்றும் மனம் சார்ந்த வேலை ஆகிய இரண்டையும் குறிக்கும். உண்மையில் எந்த ஒரு செயல்பாடும் பொதுவாக வேலை என்றே அழைக்கப்படும். ஆனால் இயற்பியலில் வேலை என்ற சொல் துல்லியமான வரையறையைக் கொண்டுள்ள ஒரு இயல் அளவாகக் கருதப்படுகிறது. ஒரு பொருளின் மீது செயல்படுத்தப்பட்ட விசை அதனை இடம்பெயரச் செய்தால் விசையினால் வேலை செய்யப்படுகிறது. வேலை செய்வதற்கு ஆற்றல் தேவை. அதாவது, வேலை செய்வதற்கான திறன் ஆற்றல் என வரையறுக்கப்படுகிறது. எனவே வேலையும் ஆற்றலும் ஒத்த பரிமாணத்தைப் பெற்றுள்ளன. இயற்பியலில் ஆற்றலானது இயந்திர ஆற்றல், மின் ஆற்றல், வெப்ப ஆற்றல், அணுக்கரு ஆற்றல் போன்ற பல்வேறு வடிவங்களில் உள்ளன. பல இயந்திரங்கள் ஒரு வகையான ஆற்றலை எடுத்துக்கொண்டு வேறு வகையான ஆற்றலை வெளிப்படுத்துகின்றன. இப்பாடப் பகுதியில் முக்கியமாக இயந்திர ஆற்றலின் இரு வகை ஆற்றல்களான இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றல் ஆகியவற்றைக் காண்போம். அடுத்து விவாதிக்கப்பட இருப்பது, வேலை செய்யும் வீதம் அல்லது ஆற்றல் வெளியிடப்படும் வீதம் ஆகும். வேலை செய்யப்படும் வீதம் திறன் எனப்படும். கிரிக்கெட் விளையாட்டில் ஒரு சக்திவாய்ந்த அடி என்பது மட்டையால் பந்தை வேகமாக அடிப்பதைக் குறிக்கிறது. இந்தப் பாடப்பகுதியானது வேலை, ஆற்றல் மற்றும் திறன் ஆகிய மூன்று இயல் அளவுகள் மற்றும் அவற்றின் முக்கியத்துவம் குறித்த ஒரு நல்ல புரிதலை வளர்க்கும் நோக்கத்தைக் கொண்டுள்ளது.

4.1.1 வேலை [WORK]

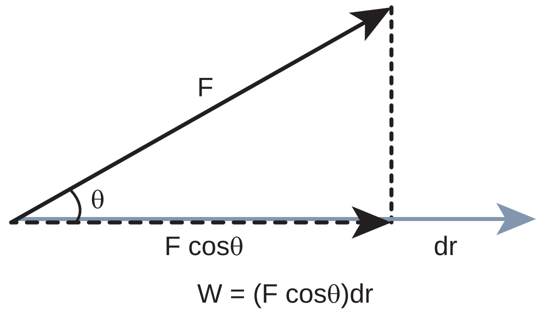
படம் 4.1 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு பொருளின் மீது செயல்படும் $\vec{F}$ என்ற விசை அதனை $d\vec{r}$ என்ற அளவிலான இடப்பெயர்ச்சியை ஏற்படுத்தி நகர்த்துவதாகக் கருதுவோம்.

கணிதவியலின்படி, பொருளின் மீது விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை (W) பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$W = \vec{F} \cdot d\vec{r} \qquad (4.1)$$



படம் 4.1 விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை



படம் 4.2 செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடுதல்

இங்கு $\vec{F}\cdot d\vec{r}$ இன் பெருக்கல்பலன் ஒரு ஸ்கேலர் பெருக்கல் அல்லது புள்ளிப் பெருக்கல் ஆகும். இரு வெக்டர்களின் ஸ்கேலர் பெருக்கல் பலன் ஒரு ஸ்கேலர் மதிப்பாகும். (பகுதி 2.5.1 ஐக் காண்க). எனவே செய்யப்பட்ட வேலை ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். இது எண்மதிப்பை மட்டும் பெற்றுள்ளது மற்றும் திசையற்றது. SI அலகு முறையில் செய்யப்பட்ட வேலையின் அலகு N m அல்லது ஜூல் (J) ஆகும். அதன் பரிமாண வாய்ப்பாடு $[ML^2T^{-2}]$ ஆகும்.

சமன்பாடு (4.1) இல் இருந்து

$$W = F\,dr\cos\theta \qquad (4.2)$$

இதனைப் படம் 4.2 ஐப் பயன்படுத்திப் புரிந்துகொள்ளலாம். ($\vec{a}\cdot\vec{b} = ab\cos\theta$ என்பதால்). இங்கு θ என்பது பொருளின் மீது செயல்படுத்தப்பட்ட விசைக்கும் அந்தப்பொருளின் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் இடையே உள்ள கோணமாகும்.

விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை என்பது விசை $(\vec{F})$ இடப்பெயர்ச்சி $(\vec{dr})$ மற்றும் அவற்றிற்கிடையே உள்ள கோணம் θ ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது.

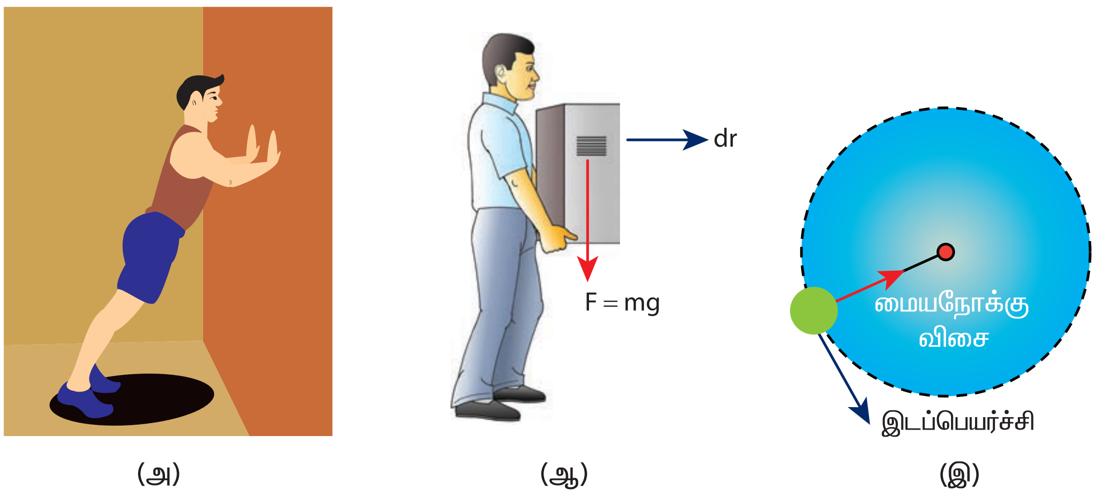
கீழ்க்கண்ட நேர்வுகளில் செய்யப்பட்ட வேலை சுழியாகும்.

(i) விசை சுழியாகும் போது $(F = 0)$

உதாரணமாக, உராய்வற்ற ஒரு கிடைத்தளப் பரப்பில் மாறா திசைவேகத்தில் நகரும் (உராய்வு இல்லாததால்) ஒருபொருள் தொடர்ந்து இயங்கிக் கொண்டே இருக்கும். (இது ஒரு இலட்சிய (ideal) சூழ்நிலை)

(ii) இடப்பெயர்ச்சி சுழியாகும் போது $(dr = 0)$

உதாரணமாக, திடமாக உள்ள ஒரு சுவரின் மீது விசை செலுத்தப்பட்டால் விசையானது எந்த இடப்பெயர்ச்சியையும் ஏற்படுத்தாது. எனவே படம் 4.3 (அ) இல் காட்டியுள்ளவாறு செய்யப்பட்ட வேலை சுழியாகும்.



படம் 4.3 சுழிவேலை செய்யப்படும் மாறுபட்ட நேர்வுகள்

(iii) விசையும் இடப்பெயர்ச்சியும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ளபோது ($\theta = 90^o$).

படம் 4.3 (ஆ) இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு பொருளானது கிடைத்தளத் திசையில் நகரும்போது புவியீர்ப்புவிசை (mg) பொருளின் மீது வேலை ஏதும் செய்யாது, ஏனெனில் அது இடப்பெயர்ச்சிக்கு செங்குத்தாக செயல்படுகிறது.

படம் 4.3 (இ) இல் காட்டியுள்ளவாறு வட்ட இயக்கத்தில் உள்ள பொருளின்மீது செயல்படும் மையநோக்கு விசையானது வேலை ஏதும் செய்யாது. ஏனெனில் அது எப்போதும் இடப்பெயர்ச்சிக்கு செங்குத்தாக உள்ளது.

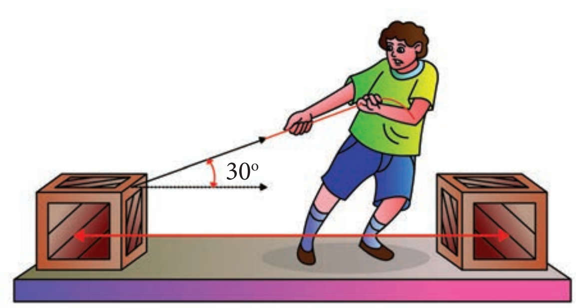
கொடுக்கப்பட்ட விசை (F) மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி (dr) க்கு அட்டவணை 4.1 இல் தொகுத்துள்ளவாறு அவற்றிற்கிடையே உள்ள கோணம் θ ஆனது செய்யப்பட்ட வேலையின் மதிப்பை முடிவு செய்கிறது.

விசையினால் செய்யப்படும் எதிர்க்குறி வேலைக்குப் பல உதாரணங்கள் உள்ளன. கால்பந்து விளையாட்டில், வீரர் (Goal keeper) அவரை நோக்கி வரும் பந்தை ஒரு விசையைச் செலுத்திப் பிடிக்கிறார். அவ்விசையானது பந்தின் இயக்கத்திற்கு எதிர்திசையில் பந்து அவரது கைகளில் ஓய்வுநிலைக்கு வரும் வரை செலுத்தப்படுகிறது. படம் 4.4 இல் காட்டியுள்ளவாறு விசையைச் செலுத்தும் நேரத்தில் அவர் பந்தின்மீது எதிர்வேலை செய்கிறார். இந்தப் பாடப்பகுதியில் மேலும் பல எதிர்வேலைக்கான சூழ்நிலைகள் பற்றி கற்போம்.

படம் 4.4 எதிர்வேலை செய்யப்படுதல்

எடுத்துக்காட்டு 4.1

ஒரு பெட்டி 25 N விசையினால் 15 m இடப்பெயர்ச்சி ஏற்படுமாறு இழுக்கப்படுகிறது. விசைக்கும் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் இடையே உள்ள கோணம் $30°$ எனில் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலையைக் காண்க.



தீர்வு

விசை $F = 25$ N

இடப்பெயர்ச்சி $dr = 15$ m

அட்டவணை 4.1 கோணம் (θ)மற்றும் வேலையின் தன்மை

கோணம் (θ)	$\cos\theta$	வேலை
$\theta = 0^o$	1	நேர்க்குறி, பெருமம்
$0 < \theta < 90^o$ (குறுங்கோணம்)	$0 < \cos\theta < 1$	நேர்க்குறி
$\theta = 90^o$ (செங்கோணம்)	0	சுழி
$90^o < \theta < 180^o$	$-1 < \cos\theta < 0$	எதிர்க்குறி
$\theta = 180^o$	-1	எதிர்க்குறி, பெருமம்

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 171 06-01-2022 01:48:13

F மற்றும் dr இடையே உள்ள கோணம் $\theta = 30^{\circ}$

செய்யப்பட்ட வேலை $W = F\,dr\cos\theta$

$$W = 25\times15\times\cos30^{\circ} = 25\times15\times\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$W = 324.76\text{ J}$$

4.1.2 மாறா விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

ஒரு பொருளின் மீது F என்ற மாறா விசை செயல்படும்போது, விசையினால் dr என்ற சிறு இடப்பெயர்ச்சியை ஏற்படுத்தச் செய்யப்பட்ட சிறு வேலை dW க்கான தொடர்பு

$$dW = (F\cos\theta)\,dr \qquad (4.3)$$

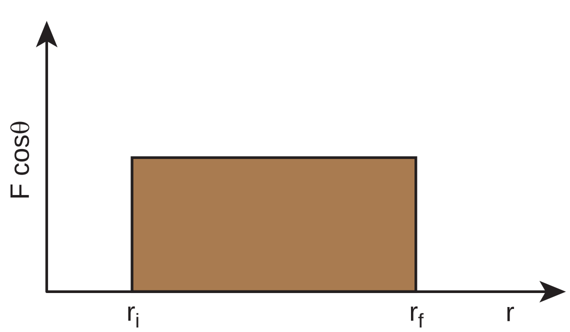
தொடக்க நிலை r_i முதல் இறுதி நிலை r_f வரை இடப்பெயர்ச்சியை ஏற்படுத்த செய்யப்படும் மொத்த வேலை,

$$W = \int_{r_i}^{r_f} dW \qquad (4.4)$$

$$W = \int_{r_i}^{r_f} (F\cos\theta)\,dr = (F\cos\theta)\int_{r_i}^{r_f} dr$$

$$= (F\cos\theta)(r_f - r_i) \qquad (4.5)$$

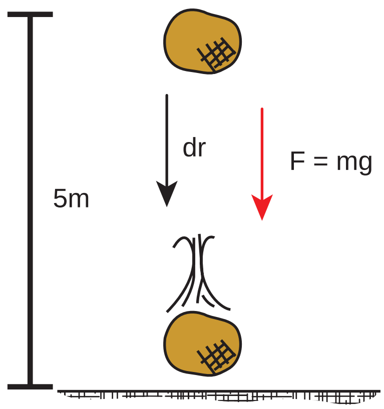
மாறாத விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை படம் 4.5 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வரைபடத்தின் கீழ் உள்ள பரப்பு மாறாத விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலையைக் குறிக்கிறது.



படம் 4.5 மாறாத விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

எடுத்துக்காட்டு 4.2

2 kg நிறையுள்ள ஒரு பொருள் 5 m உயரத்தில் இருந்து தரையில் விழுகிறது. புவியீர்ப்பு விசையினால் பொருளின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை என்ன? (காற்றின் தடையைப் புறக்கணிக்கவும். புவியீர்ப்பு முடுக்கம் $g = 10\text{ m s}^{-2}$ எனக் கொள்க)



தீர்வு

இந்நேர்வில் பொருளின் மீது செயல்படும் விசை கீழ் நோக்கிய புவியீர்ப்பு விசை $m\vec{g}$ ஆகும். இது மாறா விசையாகும்.

புவியீர்ப்பு விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \int_{r_i}^{r_f} \vec{F}\cdot d\vec{r}$$

$$W = (F\cos\theta)\int_{r_i}^{r_f} dr = (mg\cos\theta)\,(r_f - r_i).$$

மேலும் பொருளானது படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு கீழ்நோக்கிய புவியீர்ப்பு விசையின் $(\vec{F} = m\vec{g})$ திசையில் நகருகிறது. எனவே, அவற்றிற்கிடையே உள்ள கோணம் $\theta = 0^{\circ}$, $\cos0^{\circ} = 1$ மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி $(r_f - r_i) = 5\text{ m}$

$$W = mg(r_f - r_i)$$

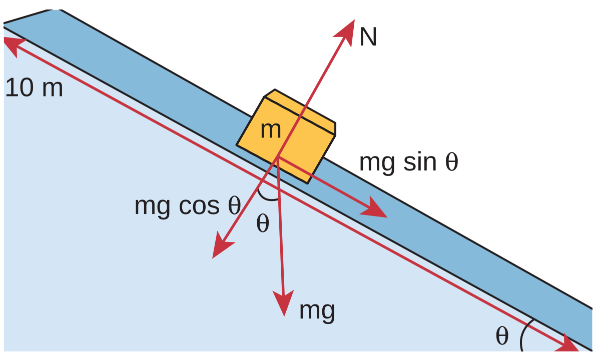
$$W = 2\times10\times5 = 100\text{ J}$$

எனவே பொருளின் மீது செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை நேர்க்குறி மதிப்பைப் பெறுகிறது.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 172 06-01-2022 01:48:16

எடுத்துக்காட்டு 4.3

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு நிறை m = 1 kg கொண்ட ஒரு பொருள் $\theta = 30°$ சாய்வுக்கோணம் கொண்ட 10 m நீளமுள்ள உராய்வற்ற தளத்தில் மேலிருந்து கீழ்நோக்கிச் சறுக்குகிறது. புவியீர்ப்பு விசை மற்றும் செங்குத்து விசையினால் பொருளின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடுக. புவியீர்ப்பு முடுக்கம் (g) = 10 m s^{-2} எனக் கருதுக.



தீர்வு:

சாய்வுத்தளத்தில் பொருள் அடையும் முடுக்கம் $g\sin\theta$ என முந்தைய பாடப்பகுதியில் கணக்கிட்டுள்ளோம்.

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி, சாய்வுத்தளத்தில் பொருளின்மீது செயல்படும் விசை $F = mg\sin\theta$. இந்த விசையானது பொருளின் இயக்கம் முழுவதும் மாறாது என்பதை அறியவும்.

புவியீர்ப்பு விசையின் சாய்வுத்தளத்தின் கிடைத்தளக் கூறினால் ($mg\sin\theta$) செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \vec{F}.d\vec{r} = Fdr\cos\phi$$

இங்கு ϕ என்பது விசை ($mg\sin\theta$) மற்றும் பொருள் செல்லும் திசைக்கு (dr) இடையே உள்ள கோணமாகும். இந்நேர்வில், விசை ($mg\sin\theta$) மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி $d\vec{r}$ ஆகியவை ஒரே திசையில் உள்ளன. எனவே $\phi = 0°$ மற்றும் $\cos\phi = 1$

$$W = F\,dr = (mg\sin\theta)\,(dr)$$

(dr =சாய்தளத்தின் நீளம்)

$$W = 1 \times 10 \times \sin 30° \times 10 = 100 \times \frac{1}{2} = 50\,J$$

$mg\cos\theta$ என்ற கூறு மற்றும் செங்குத்து விசை N ஆகியவை பொருள் செல்லும் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ளதால் அவை எந்த வேலையும் செய்யாது.

எடுத்துக்காட்டு 4.4

மேல்நோக்கி எறியப்பட்ட 2 kg நிறையுள்ள ஒரு பொருள் 5 m உயரத்தை அடைந்து பின்னர் தரையில் வந்து விழுகிறது (காற்றுத்தடையைப் புறக்கணிக்கவும்) எனில் பின்வருவனவற்றை கணக்கிடுக.

(a) பொருள் 5 m உயரத்தை அடையும்போது புவியீர்ப்பு விசையால் செய்யப்பட்ட வேலை

(b) பொருள் மீண்டும் தரையை அடையும்போது புவியீர்ப்பு விசையால் செய்யப்பட்ட வேலை

(c) புவியீர்ப்பு விசையினால் மேல்நோக்கிய மற்றும் கீழ்நோக்கிய இயக்கத்தில் செய்யப்பட்ட மொத்தவேலை மற்றும் முடிவின் இயற்பியல் முக்கியத்துவத்தைக் குறிப்பிடுக

தீர்வு

பொருள் மேல்நோக்கிச் செல்லும்போது இடப்பெயர்ச்சி மேல்நோக்கிய திசையிலும் பொருளின் மீது செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை கீழ்நோக்கிய திசையிலும் செயல்படுகின்றன. எனவே இடப்பெயர்ச்சிக்கும் புவியீர்ப்பு விசைக்கும் இடையே உள்ள கோணம் 180° ஆகும்.

(a) மேல்நோக்கிய இயக்கத்தில் புவியீர்ப்பு விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

இங்கு $dr = 5\ m$ மற்றும் $F = mg$

$$W_{\text{மேல்}} = Fdr\cos\theta = mgdr\cos 180°$$

$$W_{\text{மேல்}} = 2 \times 10 \times 5 \times (-1) = -100\ \text{J}$$

[$\cos 180° = -1$]

(b) பொருள் கீழ்நோக்கி விழும்போது புவியீர்ப்பு விசை மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி இரண்டும் ஒரே திசையில் உள்ளன. இதன் மூலம் புவியீர்ப்பு விசைக்கும் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் இடையே உள்ள கோணம் $\theta = 0°$ என அறியலாம்.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 173
06-01-2022 01:48:17

$$W_{கீழ்} = Fdr \cos 0°$$

$$W_{கீழ்} = 2 \times 10 \times 5 \times (1) = 100J$$

$$[\cos 0° = 1]$$

(c) பொருளின் முழு பயணத்தின்போது (மேல்நோக்கிய மற்றும் கீழ் நோக்கிய இயக்கம்) புவியீர்ப்பு விசையினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W_{மொத்தம்} = W_{மேல்} + W_{கீழ்}$$
$$= -100J + 100J = 0$$

புவியீர்ப்பு விசையானது பொருளிற்கு எவ்வித ஆற்றலையும் மாற்றவில்லை என்பதை இது குறிக்கிறது. பொருள் மேல்நோக்கி எறியப்படும்போது புறக்காரணிகளால் பொருளுக்கு ஆற்றல் அளிக்கப்படுகிறது. பொருள் திரும்ப வந்து தரையில் மோதும்போது பொருள் பெற்ற ஆற்றலானது புவிப்பரப்பிற்கு மாற்றப்படுகிறது (தரையினுள் செல்கிறது)

எடுத்துக்காட்டு 4.5

ஒரு பளு தூக்குபவர் 250 kg நிறையை 5000 N விசையால் 5 m உயரத்திற்கு தூக்குகிறார்.

(a) பளுதூக்குபவரால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(b) புவியீர்ப்பு விசையால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(c) பொருளின் மீது செய்யப்பட்ட நிகர வேலை என்ன?

தீர்வு

(a) பளுதூக்குபவர் நிறையைத் தூக்கும்போது விசையும் இடப்பெயர்ச்சியும் ஒரே திசையில் உள்ளதால் அவற்றிற்கிடையே உள்ள கோணம் $\theta = 0°$. எனவே பளுதூக்குபவரால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W_{ப.தூ} = F_w h \cos\theta = F_w h(\cos 0°)$$
$$= 5000 \times 5 \times (1) = 25000\ J = 25\ kJ$$

(b) பளுதூக்குபவர் நிறையைத் தூக்கும்போது புவியீர்ப்புவிசை கீழ்நோக்கி செயல்படுவதால் விசையும் இடப்பெயர்ச்சியும் எதிரெதிர் திசையில் உள்ளன. எனவே அவற்றிற்கிடையே உள்ள கோணம் $\theta = 180^0$.

$$W_{ஈ} = F_g h\cos\theta = mgh(\cos 180°)$$
$$= 250 \times 10 \times 5 \times (-1)$$
$$= -12500\ J = -12.5\ kJ$$

(c) பொருளின் மீது செய்யப்பட்ட நிகர வேலை (மொத்த வேலை)

$$W_{நிகரம்} = W_{ப.தூ} + W_{ஈ}$$
$$= 25\ kJ - 12.5\ kJ = +12.5\ kJ$$

4.1.3 மாறுபடும் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

மாறுபடும் விசை (F) ஒன்றின் கூறு ஒரு பொருளின் மீது செயல்படும்போது dr என்ற சிறு இடப்பெயர்ச்சியை ஏற்படுத்த விசையினால் செய்யப்பட்ட சிறு வேலை (dW) க்கான தொடர்பு

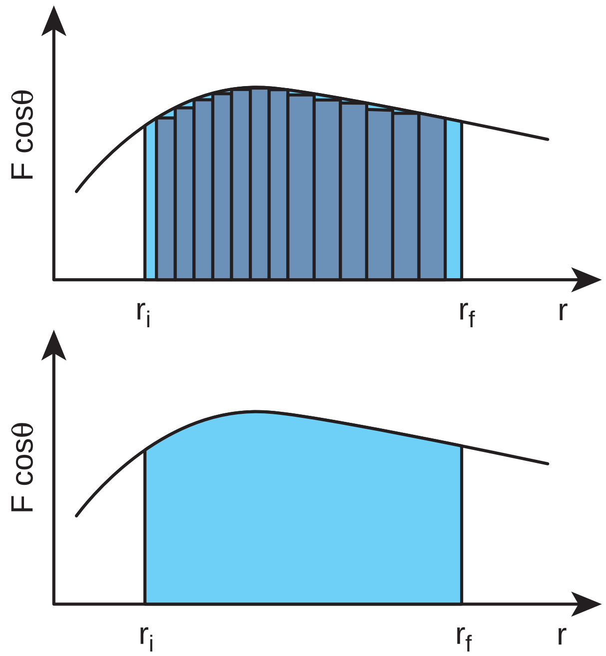
$$dW = (F \cos\theta)dr$$

[F cos θ என்பது F என்ற மாறும் விசையின் கூறு ஆகும்]

இங்கு, F மற்றும் θ ஆகியவை மாறிகள் ஆகும். தொடக்க நிலை r_i முதல் இறுதிநிலை r_f வரை இடப்பெயர்ச்சி ஏற்படுத்த செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W = \int_{r_i}^{r_f} dW = \int_{r_i}^{r_f} F \cos\theta\ dr \qquad (4.6)$$

மாறுபடும் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை படம் 4.6 இல் வரைபடம் மூலம் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. வரைபடத்தின் கீழ் உள்ள பரப்பு மாறும் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலையைக் குறிக்கிறது.



படம் 4.6. மாறுபடும் விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

எடுத்துக்காட்டு 4.6

தொடக்கத்தில் ஓய்வில் உள்ள ஒரு பொருளின் மீது $F = kx^2$ என்ற மாறும் விசை செயல்படுகிறது. பொருளானது $x = 0$ m முதல் $x = 4$ m வரை இடப்பெயர்ச்சி அடைய விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடுக. (மாறிலி $k = 1$ N m^{-2} எனக்கருதுக)

தீர்வு

செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x)\,dx = k\int_0^4 x^2 dx = \frac{64}{3}\text{ N } m$$

4.2 ஆற்றல் (ENERGY)

ஆற்றல் என்பது வேலை செய்யும் திறமையே ஆகும். அதாவது, செய்யப்பட்ட வேலை என்பது ஆற்றலின் செயல்பாடே ஆகும். அதனால் தான் வேலை மற்றும் ஆற்றல் இரண்டும் ஒரே பரிமாணத்தைக் கொண்டுள்ளன ($ML^2 T^{-2}$).

வேலை ⇔ ஆற்றல்

ஆற்றலின் முக்கியமான அம்சம் யாதெனில் ஒரு தனித்த அமைப்பிற்கு அனைத்து வகை ஆற்றல்களின் கூடுதல், அதாவது மொத்த ஆற்றலானது எந்தச் செயல்பாட்டிலும் எவ்வகையான அகமாற்றங்கள் ஏற்பட்டாலும் மாறாமல் இருக்கும். இதன் பொருளானது ஒரு வடிவில் மறையும் ஆற்றல் மற்றொரு வடிவில் வெளிப்படும். இதுவே ஆற்றல் மாறா விதி எனப்படும். இப்பாடப்பகுதியில் நாம் இயந்திர ஆற்றல் பற்றி மட்டும் கற்போம்.

இயந்திர ஆற்றல் இரு வகைப்படும்.

1. இயக்க ஆற்றல்
2. நிலை ஆற்றல்

ஒரு பொருள் தனது இயக்கத்தினால் கொண்டுள்ள ஆற்றல் இயக்க ஆற்றல் எனப்படும். ஒரு பொருள் தனது நிலைப்பாட்டினால் கொண்டுள்ள ஆற்றல் நிலை ஆற்றல் ஆகும்.

ஆற்றலின் SI அலகானது செய்யப்பட்ட வேலையின் அலகே ஆகும். அதாவது N m (அல்லது) ஜூல் (J). ஆற்றலின் பரிமாணம், செய்யப்பட்ட வேலையின் பரிமாணமே ஆகும். அதன் பரிமாணம் $[ML^2T^{-2}]$ ஆகும். ஆற்றலின் வேறு அலகுகள் மற்றும் அவற்றின் SI மதிப்புகள் அட்டவணை 4.2 இல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 4.2. ஆற்றலின் மற்ற அலகுகளுக்குச் சமமான SI மதிப்புகள்

அலகு	இணையான ஜூல் மதிப்புகள்
1 எர்க் (CGS அலகு)	10^{-7} J
1 எலக்ட்ரான் வோல்ட் (eV)	$1.6\text{x}10^{-19}$ J
1 கலோரி (cal)	4.186 J
1 கிலோவாட் மணி (kW h)	$3.6\text{x}10^6$ J

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 175 06-01-2022 01:48:18

4.2.1 இயக்க ஆற்றல் [Kinetic Energy]

இயக்க ஆற்றல் என்பது ஒரு பொருள் அதன் இயக்கத்தால் பெற்றுள்ள ஆற்றலாகும். அனைத்து இயங்கும் பொருட்களும் இயக்க ஆற்றலைக் கொண்டுள்ளன. இயக்கத்தில் உள்ள ஒரு பொருள் வேலை செய்வதற்கான திறமையைப் பெற்றிருக்கும். உதாரணமாக, ஒரு ஆணியின் மீது ஓய்வு நிலையில் வைக்கப்பட்ட ஒரு சுத்தியல் ஆணியை மரத்தினுள் செலுத்தாது. அதேசமயம் படம் 4.7 இல் காட்டியவாறு அந்த சுத்தியலால் ஆணியை அடிக்கும்போது அது ஆணியை மரத்தினுள் செலுத்துகிறது. ஒரு பொருள் இயங்கும்போது, இயக்கத்திற்காக செய்யப்படும் வேலையின் அளவாக இயக்க ஆற்றல் அளவிடப்படுகிறது. இயங்கும் பொருளின் இயக்கத்திற்காக செய்யப்பட்ட வேலையின் அளவானது பொருளின் நிறை மற்றும் திசைவேகத்தின் எண்மதிப்பு ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது. இயக்கத்தில் இல்லாத ஒரு பொருள் இயக்க ஆற்றலைக் கொண்டிருக்காது.

4.2.2 வேலை-இயக்க ஆற்றல் தேற்றம்

வேலையும் ஆற்றலும் சமமானவை. இது இயக்க ஆற்றலுக்கும் பொருந்தும். இதனை நிரூபிக்க m நிறையுள்ள ஒரு பொருள் உராய்வற்ற கிடைத்தளப் பரப்பில் ஓய்வில் இருப்பதாகக் கருதுவோம்

(F) என்ற மாறா விசையினால் அதே திசையில் (s) என்ற இடப்பெயர்ச்சியை ஏற்படுத்த செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = Fs \qquad (4.7)$$

மாறாத விசைக்கான சமன்பாடு,

$$F = ma \qquad (4.8)$$

மூன்றாவது இயக்கச் சமன்பாட்டை (பகுதி 2.10.3 ஐக் காண்க) இவ்வாறு எழுதலாம்.

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

$$a = \frac{v^2 - u^2}{2s}$$

a இன் மதிப்பை சமன்பாடு 4.8 இல் பிரதியிட

$$F = m\left(\frac{v^2 - u^2}{2s}\right) \qquad (4.9)$$

சமன்பாடு 4.9 ஐ 4.7 இல் பிரதியிட,

$$W = m\left(\frac{v^2}{2s}s\right) - m\left(\frac{u^2}{2s}s\right)$$

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 \qquad (4.10)$$

இயக்க ஆற்றலுக்கான கோவை :

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் $\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$ என்பது (v) திசைவேகத்தில் இயங்கும் (m) நிறையுள்ள பொருளின் இயக்க ஆற்றலைக் குறிக்கும்.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (4.11)$$

பொருளின் இயக்க ஆற்றல் எப்பொழுதும் நேர்க்குறி மதிப்புடையதாகும்.

சமன்பாடு (4.10) மற்றும் (4.11) இல் இருந்து

$$\Delta KE = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 \qquad (4.12)$$

எனவே $W = \Delta KE$

படம் 4.7 இயக்க ஆற்றலுக்கான காட்சி விளக்கம்

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 176 06-01-2022 01:48:19

சமன்பாடு 4.12 இல் வலது பக்கத்தில் உள்ள கோவை பொருளின் இயக்க ஆற்றல் மாறுபாடு (ΔKE) ஆகும்.

பொருளின் மீது விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை பொருளின் இயக்க ஆற்றலை மாற்றுகிறது என்பதை இது குறிக்கிறது. இதுவே வேலை – இயக்க ஆற்றல் தேற்றம் எனப்படும்.

வேலை – இயக்க ஆற்றல் தேற்றமானது கீழ்க்காண்பவற்றை உணர்த்துகிறது.

1. பொருளின் மீது விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை நேர்க்குறியாக இருந்தால் அதன் இயக்க ஆற்றல் அதிகரிக்கிறது.
2. பொருளின் மீது விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறியாக இருந்தால் அதன் இயக்க ஆற்றல் குறைகிறது.
3. பொருளின் மீது விசையினால் வேலை ஏதும் செய்யப்பட வில்லை எனில் அதன் இயக்க ஆற்றல் மாறாது. இது, பொருளின் நிறை மாறாதபோது விசையினால் பொருளானது மாறா வேகத்தில் இயங்கியது என்பதைக் குறிக்கிறது.

4.2.3 உந்தம் மற்றும் இயக்க ஆற்றல் இடையே உள்ள தொடர்பு

m நிறையுள்ள ஒரு பொருள் $\vec{v}$ என்ற திசைவேகத்தில் இயங்குவதாகக் கருதுவோம். அதன் நேர்கோட்டு உந்தம் $\vec{p} = m\vec{v}$ மற்றும் அதன் இயக்க ஆற்றல்,

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

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\vec{v}.\vec{v}\right) \qquad (4.13)$$

சமன்பாடு 4.13 இன் தொகுதி மற்றும் பகுதியை நிறை m ஆல் பெருக்க

$$KE = \frac{1}{2}\frac{m^2\left(\vec{v}.\vec{v}\right)}{m}$$

$$= \frac{1}{2}\frac{\left(m\vec{v}\right).\left(m\vec{v}\right)}{m} \qquad [\vec{p} = m\vec{v}]$$

$$= \frac{1}{2}\frac{\vec{p}.\vec{p}}{m}$$

$$= \frac{p^2}{2m}$$

$$KE = \frac{p^2}{2m} \qquad (4.14)$$

இங்கு $|\vec{p}|$ என்பது உந்தத்தின் எண் மதிப்பாகும். நேர்கோட்டு உந்தத்தின் எண் மதிப்பை இவ்வாறு பெறலாம்.

$$|\vec{p}| = p = \sqrt{2m\ (KE)} \qquad (4.15)$$

இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிறை கொடுக்கப்பட்டால் உந்தத்தின் எண் மதிப்பை மட்டுமே கணக்கிட இயலும். ஆனால் உந்தத்தின் திசையைக் கணக்கிட இயலாது என்பதை அறியவும். ஏனென்றால் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிறை ஆகியவை ஸ்கேலர் அளவுகளாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 4.7

2 kg மற்றும் 4 kg நிறை கொண்ட இரு பொருள்கள் 20 kg m s^{-1} என்ற சம உந்தத்துடன் இயங்குகின்றன.

(a) அவை சம இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றிருக்குமா?

(b) அவை சம வேகத்தைப் பெற்றிருக்குமா?

தீர்வு

(a) பொருளின் இயக்க ஆற்றல்

$$KE = \frac{p^2}{2m}$$

2 kg நிறையுள்ள பொருளின் இயக்க ஆற்றல்

$$KE_1 = \frac{(20)^2}{2\times 2} = \frac{400}{4} = 100\,J$$

4 kg நிறையுள்ள பொருளின் இயக்க ஆற்றல்

$$KE_2 = \frac{(20)^2}{2\times 4} = \frac{400}{8} = 50\,J$$

$KE_1 \neq KE_2$ என அறியவும். அதாவது இருபொருட்களும் சம உந்தத்தைப் பெற்றிருந்தாலும் அவற்றின் இயக்க ஆற்றல் சமமல்ல. கனமான பொருள் இலேசான பொருளை விட குறைவான இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. ஏனென்றால் கொடுக்கப்பட்ட உந்தத்திற்கு இயக்க ஆற்றலானது நிறைக்கு எதிர் விகிதத்தில் உள்ளது $(KE \propto \frac{1}{m})$

(b) உந்தம் p = mv என்பதால் இரு பொருட்களும் சம வேகத்தைப் பெற்றிருக்காது.

4.2.4 நிலை ஆற்றல் [Potential Energy]

ஒரு பொருளின் நிலை ஆற்றல் என்பது சுற்றுப்புறத்தைப் பொறுத்து அதன் நிலை மற்றும் அமைப்பைச் சார்ந்தது. ஏனென்றால் பொருளின் மீது செயல்படும் பல்வேறு விசைகளும் அதன் நிலை மற்றும் அமைப்பைச் சார்ந்ததே.

P என்ற புள்ளியில் உள்ள ஒரு பொருளின் நிலை ஆற்றல் என்பது அப்பொருளை ஒரு தொடக்கநிலைப் புள்ளி O (தொடக்க நிலை) முதல் புள்ளி P (இறுதிநிலை) வரை மாறா திசைவேகத்தில் நகர்த்த புறவிசையால் செய்யப்பட்ட வேலையின் அளவு என வரையறுக்கப்படுகிறது. O என்ற தொடக்கப் புள்ளியில் நிலை ஆற்றலை சுழி என எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

கணிதவியலின்படி, நிலை ஆற்றல்

$$U = \int \vec{F}_a . d\vec{r} \qquad (4.16)$$

இங்கு தொகையீட்டின் எல்லை(limit) தொடக்கநிலைப்புள்ளி O முதல் இறுதி நிலைப்புள்ளி P வரை அமையும்.

நிலை ஆற்றல் பல வகைப்படும். ஒவ்வொரு வகையும் ஒரு குறிப்பிட்ட விசையுடன் தொடர்புடையது. உதாரணமாக

(i) புவிஈர்ப்பு விசையினால் பொருள் பெற்றுள்ள ஆற்றலானது ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல் ஆகும்.

(ii) சுருள்வில் விசை மற்றும் இதுபோன்ற ஒத்த விசைகளினால் பெறப்படும் ஆற்றலானது மீட்சியழுத்த ஆற்றல் ஆகும்.

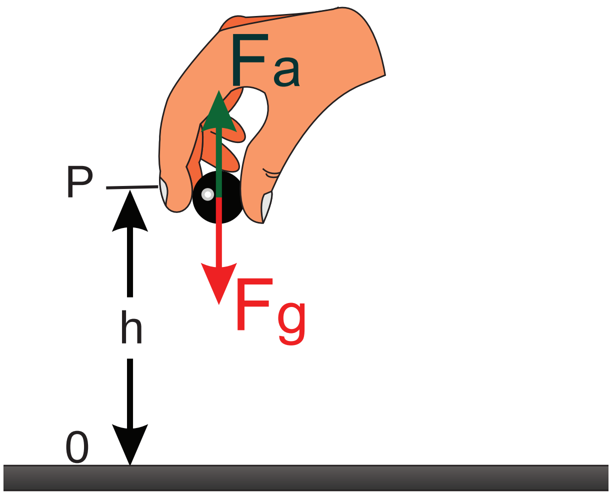
(iii) நிலை மின்னியல் விசையால் பெறப்படும் ஆற்றல் மின்னழுத்த ஆற்றல் ஆகும்.

ஆற்றல் மாற்றா விசைகளைப் பற்றி பாடப்பகுதி 4.2.7 இல் மேலும் விரிவாகக் காணலாம். தற்போது நாம் ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல் மற்றும் மீட்சியழுத்த ஆற்றல் பற்றி விரிவாக விவாதிக்கலாம்.

4.2.5 புவிப்பரப்பிற்கு அருகில் நிலை ஆற்றல்

புவியிலிருந்து h உயரத்தில் ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல் (U) என்பது பொருளை தரையிலிருந்து h உயரத்திற்கு மாறா திசைவேகத்தில் கொண்டு செல்லத் தேவையான வேலையின் அளவுக்குச் சமமாகும்.

படம் 4.8 இல் (m) நிறையுள்ள ஒரு பொருள் தரையிலிருந்து h உயரத்திற்கு புவியீர்ப்பு விசைக்கு எதிராக நகர்த்தப்படுவதாகக் கருதுவோம்.



படம் 4.8 ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல்

பொருளின் மீது செயல்படும் புவிஈர்ப்பு விசை $(\vec{F}_g)$ ஆனது $\vec{F}_g = -mg\,\hat{j}$ (விசையானது y திசையில் உள்ளதால் அலகு வெக்டர் $\hat{j}$ இங்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது). இங்கு எதிர்க்குறியானது விசை செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி செயல்படுவதைக் குறிக்கிறது. பொருளை முடுக்கம் இன்றி (மாறா திசைவேகத்துடன்) நகர்த்த, புவிஈர்ப்பு விசை $(\vec{F}_g)$ க்கு சமமான எண் மதிப்பையும் எதிர்திசையையும் கொண்ட $(\vec{F}_a)$ என்ற புறவிசை ஒன்று பொருளின் மீது செயல்படுத்தபட வேண்டும். அதாவது $(\vec{F}_a = -\vec{F}_g)$. இது $\vec{F}_a = +mg\,\hat{j}$ என்பதைக் குறிக்கிறது. நேர்க்குறியானது செயல்படுத்தப்பட்ட விசை மேல்நோக்கி செங்குத்தாக உள்ளது என்பதைக் குறிக்கிறது. எனவெ பொருள் மேல்நோக்கி

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 178 06-01-2022 01:48:23

உயர்த்தப்படும்போது அதன் திசைவேகம் மாறாமல் இருக்கும், அதனால் அதன் இயக்க ஆற்றலும் மாறாது.

'h' உயரத்தில் ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல் (U) என்பது பொருளை தரையிலிருந்து (h) உயரத்திற்கு கொண்டு செல்லத் தேவையான வேலையின் அளவாகும்.

$$U = \int \vec{F}_a . d\vec{r} = \int_0^h \left|\vec{F}_a\right| \left|d\vec{r}\right| \cos\theta \qquad (4.17)$$

இடப்பெயர்ச்சியும் செயல்படுத்தப்பட்ட விசையும் அதே மேல்நோக்கிய திசையில் உள்ளதால் அவற்றிற்கிடையே உள்ள கோணம், $\theta = 0°$. எனவே $\cos 0^0 = 1$ மற்றும் $\left|\vec{F}_a\right| = mg$, $\left|d\vec{r}\right| = dr$

$$U = mg\int_0^h dr \qquad (4.18)$$

$$U = mg\left[r\right]_0^h = mgh \qquad (4.19)$$

பொருளில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள நிலையாற்றலானது புறவிசையினால் செய்யப்பட்ட நேர்க்குறி மதிப்புள்ள வேலையின் மூலம் வரையறுக்கப்படுகிறது என்பதை அறியவும். இயல்பாக இது குறிப்பது யாதெனில் புறவிசையைச் செயல்படுத்தும் அமைப்பு பொருளுக்கு ஆற்றலை மாற்றுகிறது மற்றும் அது நிலையாற்றலாகச் சேமிக்கப்படுகிறது. பொருளானது h உயரத்திலிருந்து விழுந்தால் சேமிக்கப்பட்டுள்ள நிலையாற்றல் இயக்க ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது.

குறிப்பு

- **ஒரு பொருளின் மீது புறவிசை செயல்படும்போது அப்பொருள் எவ்வாறு சுழி முடுக்கத்துடன் (மாறா திசைவேகத்தில்) இயங்கும்?**

செயல்படுத்தப்படும் புறவிசைக்கு சரியாக எதிர்திசையில் மற்றொரு விசை செயல்பட்டால் இது சாத்தியமே. அவை இரண்டும் சமமான எண்மதிப்பைக் கொண்டு, ஒன்றுக்கொன்று எதிர் திசையில் செயல்படுவதால், பொருளின் மீது செயல்படும் நிகரவிசை சுழியாகும். எனவே பொருளானது சுழி முடுக்கத்துடன் இயங்கும்.

- **நாம் நிலையாற்றலை வரையறை செய்யும்போது பொருளானது ஏன் மாறா திசைவேகத்தில் நகர்த்தப்பட வேண்டும்?**

பொருளானது மாறா திசைவேகத்தில் நகரவில்லை என்றால் அது தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகளில் மாறுபட்ட திசைவேகங்களைக் கொண்டிருக்கும். வேலை – இயக்க ஆற்றல் தேற்றப்படி புறவிசையானது கூடுதலாக இயக்க ஆற்றலைச் செலுத்தும். ஆனால் நாம் நிலையாற்றலை புவியீர்ப்பு விசை, சுருள்வில் விசை மற்றும் கூலும் விசை போன்ற விசைகளுக்கு வரையறுத்துள்ளோம். எனவே பொருளை தொடக்க நிலை முதல் இறுதிநிலை வரை நகர்த்தும்போது புற அமைப்பு (புற விசை) எந்த இயக்க ஆற்றலையும் செலுத்தக்கூடாது.

எடுத்துக்காட்டு 4.8

2 kg நிறையுள்ள பொருள் தரையிலிருந்து 5 m உயரத்திற்குக் கொண்டு செல்லப்படுகிறது ($g = 10\ m\ s^{-2}$) எனில்

a) பொருளினுள் சேமிக்கப்பட்டுள்ள நிலையாற்றல் யாது?

b) இந்த நிலையாற்றல் எங்கிருந்து கிடைத்தது?

c) பொருளை அந்த உயரத்திற்கு எடுத்துச் செல்ல எவ்வளவு புறவிசை செயல்படவேண்டும்?

d) பொருளானது 'h' உயரத்திற்கு எடுத்துச் செல்லப்படும் போது அதன் மீது செயல்படும் நிகர விசை யாது?

தீர்வு:

a) நிலையாற்றல் $U = m\,g\,h = 2 \times 10 \times 5 = 100\ J$

இங்கு நேர்க்குறியானது பொருளினுள் ஆற்றல் சேமிக்கப்பட்டுள்ளதைக் குறிக்கிறது.

b) இந்த நிலையாற்றலானது, புற விசையை செயல்படுத்தும் வெளிப்புற அமைப்பிலிருந்து பொருளுக்கு மாற்றப்பட்டுள்ளது .

c) பொருளை 5 m உயரத்திற்கு எடுத்துச் செல்ல செயல்படுத்தப்பட்ட புற விசை $(\vec{F}_a)$ ஆனது

$\vec{F}_a = -\vec{F}_g$

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 179 06-01-2022 01:48:25

$$\vec{F}_a = -\left(-mg\,\hat{j}\right) = mg\,\hat{j}$$

$\hat{j}$ ஆனது செங்குத்தாக மேல்நோக்கிய திசையில் செயல்படும் ஓரலகு வெக்டர் ஆகும்.

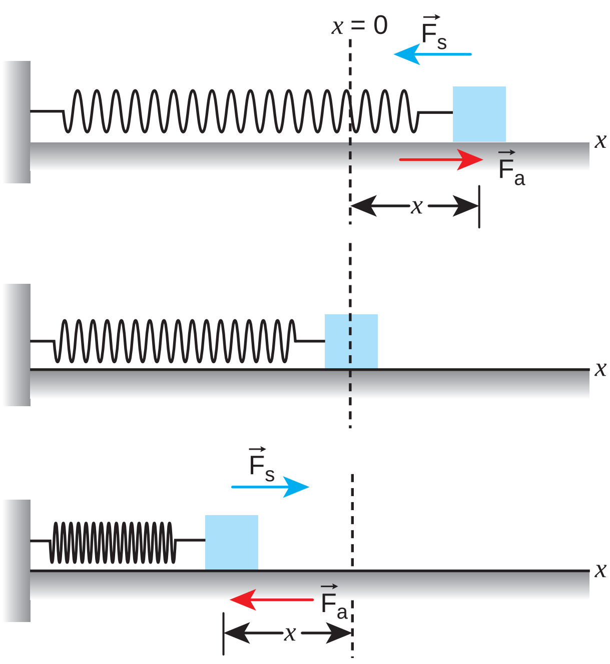
d) நிலையாற்றலின் வரையறையில் இருந்து, பொருளானது மாறாத் திசைவேகத்தில் நகர்த்தப்பட வேண்டும். எனவே, பொருளின் மீது செயல்படும் நிகர விசை சுழி ஆகும்.

$$\vec{F}_g + \vec{F}_a = 0$$

4.2.6 மீட்சி நிலை ஆற்றல் [Elastic Potential Energy]

ஒரு சுருள்வில் நீட்சியடையச் செய்யப்பட்டால் அதனுள் ஒரு மீள்விசை உருவாகிறது. சுருள்வில்லை நீட்சிக்கக்கூடிய அல்லது அமுக்கக்கூடிய விசையினால் சுருள்வில் பெற்றுள்ள நிலை ஆற்றல் மீட்சி நிலை ஆற்றல் எனப்படும். மீள் விசைக்கு எதிராகச் செயல்படுத்தப்பட்ட விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை சுருள்வில்லில் மீட்சி நிலை ஆற்றலாகச் சேமிக்கப்படுகிறது.

ஒரு சுருள்வில் – நிறை அமைப்பைக் கருதுக. படம் 4.9 இல் காட்டியவாறு உராய்வற்ற கிடைத்தள



படம் 4.9 சுருள்வில்லின் நிலை ஆற்றல் (மீட்சி நிலை ஆற்றல்)

மேசையில் m என்ற நிறை வைக்கப்பட்டுள்ளதாக கருதுவோம்.

இங்கு $x = 0$ என்பது சமநிலைப் புள்ளி ஆகும். சுருள்வில்லின் ஒரு முனை ஒரு திடமான சுவரிலும் மறுமுனை நிறையுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

சுருள்வில்லானது சமநிலையில் இருக்கும் வரை அதன் நிலை ஆற்றல் சுழியாகும். தற்போது ஒரு புறவிசை $(\vec{F}_a)$ சுருள்வில் நிறை மீது செயல்படுத்தப்பட்டு விசையின் திசையில் (x) தொலைவு நீட்சியடைகிறது

சுருள்வில் விசை $(\vec{F}_s)$ என்றழைக்கப்படும் ஒரு மீள்விசை சுருள்வில்லில் உருவாகி நிறையை அதன் தொடக்க நிலைக்குக் கொண்டுவர முயலுகிறது. செயல்படுத்தப்பட்ட விசை மற்றும் சுருள்வில் விசை ஆகியவை எண்மதிப்பில் சமமாகவும் எதிரெதிர் திசையிலும் உள்ளன. அதாவது $(\vec{F}_a = -\vec{F}_s)$. ஹுக் விதியின் படி, சுருள்வில்லில் உருவாகும் மீள்விசை ,

$$\vec{F}_s = -k\,\vec{x} \qquad (4.20)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள எதிர்க்குறியானது சுருள்வில்விசை எப்போதும் இடப்பெயர்ச்சி $(\vec{x})$ க்கு எதிர்த்திசையில் உள்ளது என்பதைக் குறிக்கிறது மற்றும் k என்பது விசை மாறிலி ஆகும். எனவே செயல்படுத்தப்பட்ட விசை $\vec{F}_a = +k\,\vec{x}$. நேர்க்குறியானது செயல்படுத்தப்பட்ட விசை இடப்பெயர்ச்சியின் திசையில் உள்ளது என்பதைக் குறிக்கிறது. சுருள்வில் விசை இடப்பெயர்ச்சி $\vec{x}$ ஐ சார்ந்திருப்பதால் இது மாறும் விசைக்கு ஒரு எடுத்துக்காட்டாகும். சுருள்வில் dx என்ற சிறு தொலைவுக்கு நீட்சியடைவதாகக் கருதுவோம். சுருள்வில்லின் மீது செயல்படுத்தப்பட்ட விசையினால் $\vec{x}$ இடப்பெயர்ச்சி அடைவதற்கு செய்யப்பட்ட வேலை மீட்சி நிலை ஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது.

$$U = \int \vec{F}_a . d\vec{r} = \int_0^x \left|\vec{F}_a\right| \left|d\vec{r}\right| \cos\theta$$
$$= \int_0^x F_a\, dx \cos\theta \qquad (4.21)$$

செயல்படுத்தப்பட்ட விசை $\vec{F}_a$ மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி $d\vec{r}$ (அதாவது இங்கு dx) ஆகியவை ஒரே திசையில் உள்ளன. தொடக்க நிலையைச் சமநிலை அல்லது நடுநிலையாக எடுத்துக்கொண்டால் $x = 0$ என்பது தொகையீட்டின் கீழ் எல்லையாக உள்ளது.

$$U = \int_0^x kx\,dx \qquad (4.22)$$

$$U = k\left[\frac{x^2}{2}\right]_0^x \qquad (4.23)$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 \qquad (4.24)$$

தொடக்கநிலை சுழியில்லை எனில் நிறையானது நிலை x_i முதல் x_f வரை நகர்த்தப்பட்டால் மீட்சி நிலை ஆற்றல்

$$U = \frac{1}{2}k\left(x_f^2 - x_i^2\right) \qquad (4.25)$$

சமன்பாடு (4.24) மற்றும் (4.25) மூலம் அறிவது யாதெனில் நீட்டப்பட்ட சுருள்வில்லின் நிலை ஆற்றலானது விசை மாறிலி k மற்றும் நீட்சி அல்லது அமுக்கம் x ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது.

குறிப்பு

சுருள்வில்லினுள் சேமிக்கப்பட்டுள்ள நிலை ஆற்றலானது சுருள்வில்லுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள நிறையைச் சார்ந்ததல்ல.

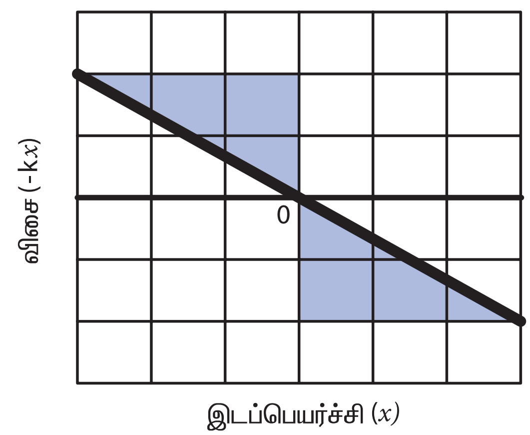
சுருள் வில்லின் விசை – இடப்பெயர்ச்சி வரைபடம்

விசையும் இடப்பெயர்ச்சியும் F = – kx என்ற நேர்விகிதத் தொடர்பில் உள்ளதாலும் மற்றும் அவை எதிரெதிர் திசையில் இருப்பதாலும் F மற்றும் x இடையே உள்ள வரைபடமானது படம் 4.10 ல் காட்டியுள்ளவாறு இரண்டு மற்றும் நான்காவது கால்பகுதியில் மட்டுமே அமைந்த நேர் கோடாக உள்ளது. ஒரு F – x வரைபடம் வரைவதன் மூலம் மீட்சி நிலை ஆற்றலை எளிதாகக் கணக்கிடலாம்.

நிழலிடப்பட்ட பரப்பு (முக்கோணம்) சுருள்வில் விசையால் செய்யப்பட்ட வேலை ஆகும்.

$$\text{பரப்பு} = \frac{1}{2}\ (\text{அடிப்பக்கம்})\ (\text{உயரம்}) = \frac{1}{2} \times (x) \times (kx)$$

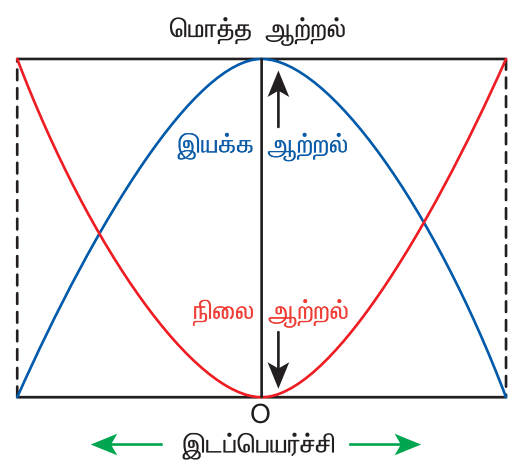
$$= \frac{1}{2}kx^2$$



படம் 4.10 சுருள் வில்லின் விசை – இடப்பெயர்ச்சி வரைபடம்

சுருள்வில்லின் நிலை ஆற்றல் – இடப்பெயர்ச்சி வரைபடம்

ஒரு அமுக்கப்பட்ட அல்லது நீட்டப்பட்ட சுருள்வில் தன்னுள் சேமிக்கப்பட்ட நிலை ஆற்றலை அதனுடன் இணைக்கப்பட்ட நிறையின் இயக்க ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. நிலை ஆற்றல் – இடப்பெயர்ச்சி வரைபடமானது படம் 4.11 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 4.11 சுருள்வில் – நிறை அமைப்பின் நிலை ஆற்றல் – இடப்பெயர்ச்சி வரைபடம்.

உராய்வற்ற சூழலில், ஆற்றலானது அமைப்பின் மொத்த ஆற்றல் மாறாதவாறு இயக்க ஆற்றலில் இருந்து நிலை ஆற்றலாகவும் மற்றும் நிலை ஆற்றலில் இருந்து இயக்க ஆற்றலாகவும் மீண்டும் மீண்டும் மாற்றமடைகிறது. சமநிலையில்,

$$\Delta KE = \Delta U \qquad (4.26)$$

எடுத்துக்காட்டு 4.9

இரு சுருள்வில்கள் A மற்றும் B யின் சுருள்மாறிலிகள் $k_A > k_B$ என்றவாறு உள்ளன. அவை சம விசைகளால் நீட்சியடையச் செய்யப்பட்டால் எந்த சுருள்வில்லின் மீது அதிக வேலை செய்யப்பட வேண்டும்?

தீர்வு

$$F = k_A x_A = k_B x_B$$

$$x_A = \frac{F}{k_A};\ x_B = \frac{F}{k_B}$$

சுருள்வில்கள் மீது செய்யப்பட்ட வேலை சுருள்வில்களில் நிலை ஆற்றலாக சேமிக்கப்படுகிறது.

$$U_A = \frac{1}{2} k_A x_A^2 \ ; \quad U_B = \frac{1}{2} k_B x_B^2$$

$$\frac{U_A}{U_B} = \frac{k_A x_A^2}{k_B x_B^2} = \frac{k_A\left(\frac{F}{k_A}\right)^2}{k_B\left(\frac{F}{k_B}\right)^2} = \frac{\frac{1}{k_A}}{\frac{1}{k_B}}$$

$$\frac{U_A}{U_B} = \frac{k_B}{k_A}$$

$k_A > k_B$ குறிப்பது $U_B > U_A$ ஆகும். எனவே A – வை விட B – இன் மீது அதிக வேலை செய்யப்பட வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 4.10

m நிறையுள்ள ஒரு பொருள் சுருள்வில்லுடன் இணைக்கப்பட்டு, செயல்படுத்தப்படும் விசையினால் அது நடுநிலையில் இருந்து 25 cm அளவிற்கு நீட்சியடைகிறது.

(a) சுருள்வில் – நிறை அமைப்பில் சேமிக்கப்பட்ட நிலை ஆற்றலைக் கணக்கிடுக.

(b) இந்த நீட்சியில் சுருள்வில் விசையால் செய்யப்பட்ட வேலை யாது?

(c) சுருள்வில்லானது அதே 25 cm அளவிற்கு அமுக்கப்பட்டால் சேமிக்கப்படும் நிலை ஆற்றல் மற்றும் அமுக்கத்தின்போது சுருள்வில் விசையால் செய்யப்பட்ட வேலை ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக. (சுருள்வில் மாறிலி $k = 0.1\ N\ m^{-1}$)

தீர்வு

சுருள்வில் மாறிலி $k = 0.1\ N\ m^{-1}$

இடப்பெயர்ச்சி $x = 25\ cm = 0.25\ m$

(a) சுருள்வில்லில் சேமிக்கப்பட்ட நிலை ஆற்றல்

$$U = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times (0.25)^2 = 0.0031 J$$

(b) சுருள்வில் விசை $\vec{F}$ ஆல் செய்யப்பட்ட வேலை W_s மதிப்பு

$$W_s = \int_0^x \vec{F}_s \cdot d\vec{r} = \int_0^x \left(-k x \hat{i}\right) \cdot (dx \hat{i})$$

சுருள்வில்விசை $\vec{F}_s$ எதிர்க்குறி x அச்சின் திசையில் செயல்படுகிறது. அதேசமயம் நீட்சியானது நேர்க்குறி x அச்சின் திசையில் செயல்படுகிறது.

$$W_s = \int_0^x (-kx)\, dx = -\frac{1}{2} kx^2$$

$$W_s = -\frac{1}{2} \times 0.1 \times (0.25)^2 = -0.0031 J$$

வெளிப்புற அமைப்பால் செய்யப்பட்ட வேலையின் மூலம் நிலை ஆற்றலை வரையறுக்கலாம். நிலை ஆற்றலில் உள்ள நேர்க்குறி, ஆற்றலானது

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 182 06-01-2022 01:48:30

அமைப்பிலிருந்து பொருளுக்கு மாற்றப்படுவதைக் குறிக்கிறது. ஆனால் இந்நேர்வில் மீள் விசையால் செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறி மதிப்புடையது. ஏனென்றால் மீள்விசையானது இடப்பெயர்ச்சியின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் செயல்படுகிறது.

(c) அமுக்கத்தின் போதும் பொருளில் அதே அளவு நிலை ஆற்றல் சேமிக்கப்படுகிறது.

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = 0.0031\,J.$$

அமுக்கப்படும் போது சுருள்வில் மீள் விசையால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W_s = \int_o^x \vec{F}_s.\vec{dr} = \int_o^x (kx\hat{i}).(-dx\hat{i})$$

அமுக்கப்படும் நேர்வில் சுருள்வில் மீள்விசை நேர்க்குறி x அச்சை நோக்கி செயல்படுகிறது. மற்றும் இடப்பெயர்ச்சியானது எதிர்க்குறி x அச்சின் திசையில் உள்ளது.

$$W_s = \int_0^x (-kx)\,dx = -\frac{1}{2}kx^2 = -0.0031\,J$$

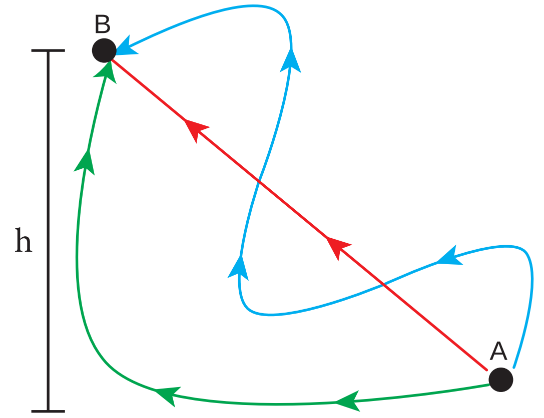
4.2.7 ஆற்றல் மாற்றா மற்றும் ஆற்றல் மாற்றும் விசைகள் (Conservative force and Non Conservative force)

ஆற்றல் மாற்றா விசை (Conservative Force)

ஒரு பொருளை நகர்த்தும் போது விசையினால் அல்லது விசைக்கெதிராக செய்யப்பட்ட வேலை பொருளின் தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகளை மட்டும் சார்ந்தும், பொருளின் தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகளுக்கிடையே சென்ற பாதையின் இயல்பைச் சாராமலும் இருப்பின்; அவ்விசை, ஆற்றல் மாற்றா விசை எனப்படும்.

புவியில் A என்ற புள்ளியில் உள்ள ஒரு பொருளைக் கருதுவோம். படம் 4.12இல் காட்டியுள்ளவாறு இதனை h உயரத்தில் உள்ள B என்ற மற்றொரு புள்ளிக்கு மூன்று பாதைகளில் எடுத்துச் செல்லலாம்.

பாதை எவ்வாறு இருப்பினும் தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகள் மாறாமல் இருக்கும் வரை புவியீர்ப்பு விசைக்கெதிராக செய்யப்பட்ட வேலை மாறாது. இதுவே புவியீர்ப்பு விசையானது ஆற்றல் மாற்றா விசையாக இருப்பதற்கு காரணமாகும். ஆற்றல் மாற்றா விசை நிலை ஆற்றலின் எதிர்க்குறி சாய்வுக்கு சமமாகும்.



படம் 4.12 ஆற்றல் மாற்றா விசை

ஒரு பரிமாண நேர்வில்

$$F_x = -\frac{dU}{dx} \qquad (4.27)$$

மீட்சி சுருள்வில் விசை, நிலைமின்னியல் விசை, காந்த விசை, புவியீர்ப்பு விசை போன்றவை ஆற்றல் மாற்றா விசைகளுக்கு உதாரணங்கள் ஆகும்.

ஆற்றல் மாற்றும் விசை (Non – Conservative Force)

ஒரு பொருளை விசையினால் அல்லது விசைக்கெதிராக நகர்த்தச் செய்யப்பட்ட வேலை தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகளுக்கிடையே உள்ள பாதையைச் சார்ந்திருப்பின் அவ்விசை ஆற்றல் மாற்றும் விசை எனப்படும். இதன் பொருள் வேவ்வேறு பாதைகளில் செய்யப்பட்ட வேலையின் மதிப்பு மாறுபடும் என்பதாகும்.

1. உராய்வு விசைகள் ஆற்றல் மாற்றும் விசைகள் ஆகும். ஏனென்றால் உராய்வுக்கு எதிராக செய்யப்பட்ட வேலை பொருள் நகர்ந்த பாதையின் தொலைவைச் சார்ந்தது.
2. காற்றுத்தடையால் ஏற்படும் விசை, பாகியல் விசை ஆகியவையும் ஆற்றல் மாற்றும் விசைகள் ஆகும். இவ்விசையால் அல்லது

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 183 06-01-2022 01:48:31

அட்டவணை 4.3 ஆற்றல் மாற்றா மற்றும் ஆற்றல் மாற்றும் விசைகளை ஒப்பிடுதல்

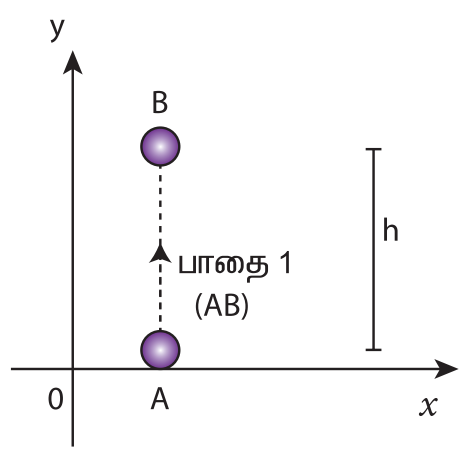
வ.எண்	ஆற்றல் மாற்றா விசைகள்	ஆற்றல் மாற்றும் விசைகள்
1.	செய்யப்பட்ட வேலை பாதையைச் சார்ந்ததல்ல	செய்யப்பட்ட வேலை பாதையைச் சார்ந்தது
2.	ஒரு சுற்றில் செய்யப்பட்ட வேலை சுழியாகும்	ஒரு சுற்றில் செய்யப்பட்ட வேலை சுழியல்ல
3.	மொத்த ஆற்றல் மாறாது	ஆற்றலானது வெப்ப ஆற்றல், ஒளி ஆற்றலாக வெளிப்படுகிறது.
4.	செய்யப்பட்ட வேலை முழுவதும் மீட்கப்படக் கூடியது	செய்யப்பட்ட வேலை முழுவதும் மீட்கப்படக் கூடியது அல்ல.
5.	விசையானது நிலை ஆற்றலின் எதிர்க்குறி சாய்வுக்கு சமமாகும்.	அது போன்ற தொடர்பு இல்லை

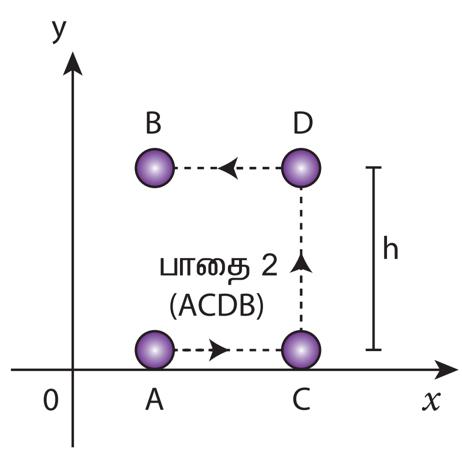
விசைக்கெதிராக செய்யப்பட்ட வேலை இயக்கத்தின் திசைவேகத்தைச் சார்ந்தது.

ஆற்றல் மாற்றா மற்றும் ஆற்றல் மாற்றும் விசைகளின் பண்புகள் அட்டவணை 4.3இல் தொகுக்கப்பட்டுள்ளன.

எடுத்துக்காட்டு 4.11

கீழ்கண்ட நேர்வுகளில் புவியீர்ப்பு விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடுக.





தீர்வு

விசை $\vec{F} = mg\left(-\hat{j}\right) = -mg\,\hat{j}$

இடப்பெயர்ச்சி வெக்டர் $d\vec{r} = dx\,\hat{i} + dy\,\hat{j}$

(இடப்பெயர்ச்சி இரு பரிமாணத்தில் உள்ளதால் அலகு வெக்டர்கள் $\hat{i}$ மற்றும் $\hat{j}$ பயன்படுத்தப்படுகிறது)

(a) இயக்கமானது செங்குத்தாக மட்டும் உள்ளதால், இடப்பெயர்ச்சியின் கிடைத்தளக்கூறு dx சுழியாகும். எனவே பாதை 1 இன் வழியே விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை (h தொலைவிற்கு)

$$W_{\text{பாதை 1}} = \int_A^B \vec{F}.d\vec{r} = \int_A^B \left(-mg\hat{j}\right).\left(dy\,\hat{j}\right)$$

$$= -mg\int_0^h dy = -mgh$$

பாதை 2இல் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W_{\text{பாதை 2}} = \int_A^B \vec{F}.d\vec{r} = \int_A^C \vec{F}.d\vec{r} + \int_C^D \vec{F}.d\vec{r} + \int_D^B \vec{F}.d\vec{r}$$

ஆனால்

$$\int_A^C \vec{F}.d\vec{r} = \int_A^C \left(-mg\hat{j}\right).\left(dx\,\hat{i}\right) = 0$$

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 184 06-01-2022 01:48:32

$$\int_C^D \vec{F}.d\vec{r} = \int_C^D \left(-mg\hat{j}\right).\left(dy\,\hat{j}\right)$$

$$= -mg\int_0^h dy = -mgh$$

$$\int_D^B \vec{F}.d\vec{r} = \int_D^B \left(-mg\hat{j}\right).\left(-dx\,\hat{i}\right) = 0$$

எனவே பாதை 2 இன் வழியே விசையினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W_{\text{பாதை 2}} = \int_A^B \vec{F}.d\vec{r} = -mgh$$

ஆற்றல் மாற்றா விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை பாதையைச் சார்ந்ததல்ல என்பதை அறியவும்.

எடுத்துக்காட்டு 4.12

2 kg நிறையுள்ள ஒரு பொருள் இயக்க உராய்வுக் குணகம் 0.9 கொண்டுள்ள ஒரு பரப்பில் 20 N புறவிசையினால் 10 m தொலைவிற்கு நகர்த்தப்படுவதாகக் கருதுக. புறவிசை மற்றும் இயக்க உராய்வினால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன? முடிவைப் பற்றிய கருத்தைக் கூறுக ($g = 10\ m\ s^{-2}$ எனக் கொள்க)

தீர்வு

$m = 2$ kg, $d = 10$ m, $F_{ext} = 20$ N, $\mu_k = 0.9$

ஒரு பொருள் கிடைமட்டப் பரப்பில் இயங்கும்போது அது இரு விசைகளைப் பெறுகிறது.

(a) புற விசை $F_{ext} = 20\ N$

(b) இயக்க உராய்வு விசை

$f_k = \mu_k mg = 0.9 \times (2) \times 10 = 18$ N

புறவிசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$W_{ext} = Fd = 20 \times 10 = 200$ J

இயக்க உராய்வு விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$W_k = f_k d = (-18) \times 10 = -180$ J

இங்கு எதிர்க்குறியானது இயக்க உராய்வு விசை, இடப்பெயர்ச்சியின் திசைக்கு எதிராக உள்ளதைக் குறிக்கிறது.

பொருளின் மீது செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$W_{total} = W_{ext} + W_k = 200 - 180 = 20$ J

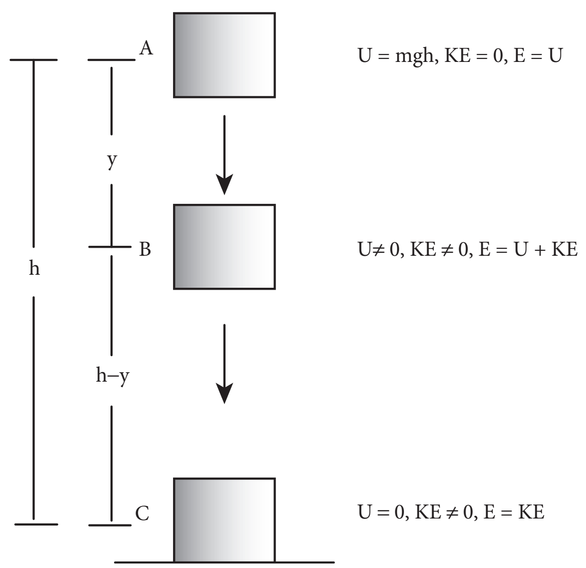
உராய்வு விசை ஒரு ஆற்றல் மாற்றும் விசை என்பதால் புறவிசையால் கொடுக்கப்பட்ட 200 J இல் 180 J இழக்கப்பட்டது மற்றும் இதனை மீட்டெடுக்க இயலாது.

4.2.8 ஆற்றல் மாறா விதி (Law of Conservation of energy)

ஒரு பொருளை நாம் மேல்நோக்கி எறிந்தால் அதன் இயக்க ஆற்றல் குறைந்து கொண்டே செல்கிறது மற்றும் அதன் நிலை ஆற்றல் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்கிறது (காற்றுத் தடையை புறக்கணிக்கும்போது). பொருளானது பெரும உயரத்தை அடையும்போது ஆற்றல் முழுவதும் நிலை ஆற்றலாகும். அதுபோன்று பொருளானது பெரும உயரத்தில் இருந்து விழுந்தால் அதன் இயக்க ஆற்றல் அதிகரிக்கும் மற்றும் நிலை ஆற்றல் குறையும். தரையைத் தொடும்போது அதன் ஆற்றல் முழுவதும் இயக்க ஆற்றலாகும். படம் 4.13 இல் காட்டியுள்ளவாறு இடைப்பட்ட புள்ளிகளில் ஆற்றலானது இயக்க ஆற்றலாகவும் நிலை ஆற்றலாகவும் இருக்கும். பொருளானது தரையை அடையும் போது இயக்க ஆற்றல் முழுவதுமாக ஒலி, வெப்பம், ஒளி மற்றும் பொருளின் உருக்குலைவு போன்ற வேறுவகை ஆற்றலாக வெளிப்படும்.

இந்த உதாரணத்தில் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் நிலையாற்றல் மற்றும் இயக்க ஆற்றல் மாறும். எனினும், இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றலின் கூடுதல் அதாவது மொத்த இயந்திர ஆற்றல் எப்போதும் மாறாது. இது மொத்த ஆற்றல் மாறாது என்பதைக் குறிக்கிறது. இதுவே ஆற்றல் மாறா விதியாகும்.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 185 06-01-2022 01:48:33



படம் 4.13 ஆற்றல் மாறா நிலை

ஆற்றல் மாறா விதியின்படி ஆற்றலை ஆக்கவோ அழிக்கவோ இயலாது. ஆற்றலானது ஒரு வகையிலிருந்து மற்றொரு வகையாக மாறக்கூடியது. ஆனால் ஒரு தனித்த அமைப்பின் மொத்த ஆற்றல் மாறிலியாக இருக்கும்.

படம் 4.13 விளக்குவது யாதெனில், h உயரத்தில் ஓய்வில் உள்ள ஒரு பொருளின் மொத்த ஆற்றல் முழுவதும் நிலை ஆற்றல் (U = mgh) மட்டுமே. மேலும் h உயரத்தில் அதன் இயக்க ஆற்றல் (KE) சுழியாகும். பொருள் கீழே விழும்போது 'y' தொலைவில் அதன் நிலையாற்றல் மற்றும் இயக்க ஆற்றல் சுழியாகாது. அதேசமயம் h உயரத்தில் இருந்த அதே அளவில் மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் இருக்கும். பொருள் தரையைத் தொட நெருங்கும் போது நிலை ஆற்றல் சுழியாகும் மற்றும் மொத்த ஆற்றல் இயக்க ஆற்றலாக மட்டுமே இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 4.13

1 kg நிறையுள்ள ஒரு பொருள் h = 10 m உயரத்திலிருந்து விழுகிறது.

(a) h = 10 m உயரத்தில் பொருளின் மொத்த ஆற்றல்

(b) h = 4 m உயரத்தில் பொருளின் நிலை ஆற்றல்

(c) h = 4 m உயரத்தில் பொருளின் இயக்க ஆற்றல்

(d) பொருள் தரையில் மோதும் வேகம் ஆகியவற்றைக் கணக்கிடுக.

($g = 10\ m\ s^{-2}$ எனக் கொள்க)

தீர்வு

(a) புவியீர்ப்பு விசை ஆற்றல் மாற்றா விசையாகும். எனவே இயக்கம் முழுவதும் மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் இருக்கும்.

h = 10 m உயரத்தில் மொத்த ஆற்றல் (E) முழுவதும் நிலை ஆற்றலாக இருக்கும்.

$$E = U = mgh = 1 \times 10 \times 10 = 100\ J$$

(b) h = 4 m உயரத்தில் நிலை ஆற்றல்

$$U = mgh = 1 \times 10 \times 4 = 40\ J$$

(c) இயக்கம் முழுவதும் மொத்த ஆற்றல் மாறிலி என்பதால் h = 4 m உயரத்தில் இயக்க ஆற்றலானது

$$KE = E - U = 100 - 40 = 60\ J$$

மாறாக 4 m உயரத்தில் பொருளின் திசைவேகத்தில் இருந்தும் இயக்க ஆற்றலைக் காணலாம். 6 m வீழ்ந்த பிறகு உள்ள திசைவேகத்தை இயக்கச் சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம்.

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 6} = \sqrt{120}\ m\ s^{-1};$$

$$v^2 = 120$$

இயக்க ஆற்றல் $KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 120 = 60\,J$

(d) பொருள் தரையில் மோதும் நிலையில் மொத்த ஆற்றல் முழுவதும் இயக்க ஆற்றலாகும். மேலும் நிலை ஆற்றல் U = 0

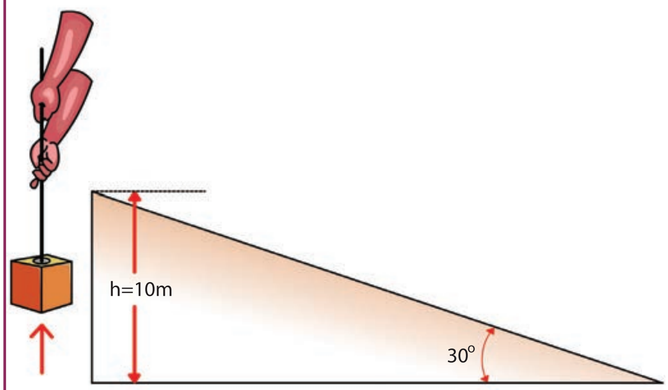
$$E = KE = \frac{1}{2}mv^2 = 100\ J$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{m}KE} = \sqrt{\frac{2}{1} \times 100} = \sqrt{200} \approx 14.12\ m\ s^{-1}$$

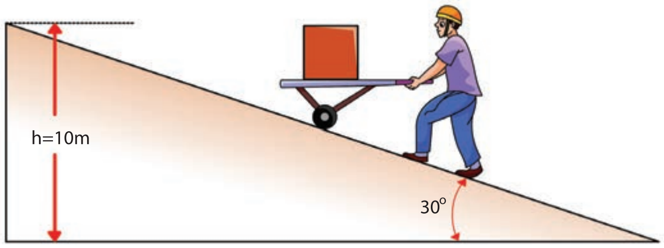
UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 186 06-01-2022 01:48:34

எடுத்துக்காட்டு 4.14

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு 100 kg நிறையுள்ள ஒரு பொருள் தரையிலிருந்து 10 m உயரத்திற்கு இரு மாறுபட்ட வழிகளில் தூக்கப்படுகிறது. இரு நேர்வுகளிலும் புவியீர்ப்பால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன? சாய்தளத்தின் வழியாக பொருளை எடுத்துச் செல்வது எளிதாக உள்ளது ஏன்?



பாதை (1) நேராக,மேல்திசையில்



பாதை (2) சாய்தளத்தின் வழியாக

தீர்வு

m = 100 kg, h = 10 m

பாதை (1) இன் வழியே:

பொருளை 10 m உயரத்திற்குத் தூக்கத் தேவையான சிறும விசை F_1 ஆனது புவியீர்ப்பு விசைக்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும்.

$F_1 = mg = 100 \times 10 = 1000$ N

பாதை (1)இன் வழியே நகர்ந்த தொலைவு h = 10 m

பாதை (1)இன் வழியே பொருளின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = Fh = 1000 \times 10 = 10{,}000\text{J}$$

பாதை (2) இன் வழியே:

சாய்தளத்தின் வழியே பொருளைக் கொண்டு செல்ல பொருளின் மீது நாம் செலுத்தும் சிறும விசை F_2 ஆனது mg–க்கு சமமாக இல்லை, மாறாக $mg\sin\theta$ –க்கு சமமாகும். இங்கு $\theta = 30°$

$$mg\sin\theta = 100 \times 10 \times \sin 30°$$
$$= 100 \times 10 \times 0.5 = 500\text{ N}$$

எனவே $(mg\sin\theta < mg)$

சாய்தளப் பாதையின் நீளமானது

$$l = \frac{h}{\sin 30°} = \frac{10}{0.5} = 20\,m$$

பாதை (2) இன் வழியே பொருளின் மீது செய்யப்பட்ட

வேலை $W = F_2 l = 500 \times 20 = 10{,}000$ J

புவியீர்ப்பு விசையானது ஆற்றல் மாற்றா விசை என்பதால் புவியீர்ப்பால் பொருளின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை அதனை கொண்டு சென்ற பாதையைச் சார்ந்ததல்ல.

இரு பாதைகளிலும் புவியீர்ப்பு விசையால் செய்யப்பட்ட வேலை 10,000 J ஆகும்.

பாதை (1) இன் வழியே: குறைவான தொலைவு நகர்த்த புவியீர்ப்புக்கு எதிராக அதிகமான விசை செலுத்த வேண்டியுள்ளது.

பாதை (2) இன் வழியே: அதிகமான தொலைவு நகர்த்த புவியீர்ப்புக்கு எதிராக குறைவான விசை செலுத்த வேண்டியுள்ளது.

சாய்தளத்தின் வழியே செலுத்தப்பட வேண்டிய விசை குறைவாக உள்ளதால் சாய்தளத்தின் வழியாக பொருளை எடுத்துச் செல்வது எளிதாக உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 4.15

m நிறையுள்ள ஒரு பொருள் தரையிலிருந்து v_o என்ற தொடக்க வேகத்துடன் எறியப்படுகிறது. h உயரத்தில் அதன் வேகத்தைக் காண்க.

தீர்வு

புவியீர்ப்பு விசை ஆற்றல் மாற்றா விசை என்பதால் இயக்கம் முழுவதும் மொத்த ஆற்றல் மாறாது.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 187 06-01-2022 01:48:35

ஆற்றல்	தொடக்கத்தில்	இறுதியில்
இயக்க ஆற்றல்	$\frac{1}{2}mv_0^2$	$\frac{1}{2}mv^2$
நிலை ஆற்றல்	0	mgh
மொத்த ஆற்றல்	$\frac{1}{2}mv_0^2+0=\frac{1}{2}mv_0^2$	$\frac{1}{2}mv^2+mgh$

h உயரத்தில் நிலை ஆற்றல், இயக்க ஆற்றல் மற்றும் மொத்த ஆற்றல் ஆகியவற்றின் இறுதி மதிப்புகள் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன.

ஆற்றல் மாறா விதியின் படி தொடக்க மற்றும் இறுதி மொத்த ஆற்றல்கள் சமமாகும்.

$$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv^2+mgh$$

$$v_0^2=v^2+2gh$$

$$v=\sqrt{v_0^2-2gh}$$

பாடப்பகுதி (2.11.2) இல் இயக்கவியல் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி நுண்கணித முறைப்படி இது போன்ற முடிவு பெறப்பட்டதை கவனிக்கவும். எனினும் ஆற்றல் மாறா விதியின் முறைப்படி கணக்கிடுவது நுண்கணித முறையைவிட மிகவும் எளிதாக உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 4.16

ஒரு சுருள்வில்லுடன் இணைக்கப்பட்ட 2 kg நிறையுள்ள ஒரு பொருள் அதன் சமநிலையிலிருந்து x = 10 m என்ற தொலைவுக்கு நகர்த்தப்படுகிறது. சுருள்வில் மாறிலி k = 1 N m^{-1} மற்றும் பரப்பு உராய்வற்றதாகக் கருதுக.

(a) பொருளானது சமநிலையைக் கடக்கும்போது அதன் வேகம் என்ன?

(b) பொருளானது சமநிலையைக் கடக்கும் போதும், $x = \pm 10\ m$ என்ற விளிம்பு நிலையை கடக்கும்போதும் பொருளின் மீது செயல்படும் விசை யாது?

தீர்வு

(a) சுருள்வில் விசை ஒரு ஆற்றல் மாற்றா விசை ஆகையால் மொத்த ஆற்றல் மாறிலி ஆகும். x=10 m எனும்போது மொத்த ஆற்றல் முழுவதும் நிலை ஆற்றலாக மட்டுமே இருக்கும்.

$$E = U = \frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}\times(1)\times(10)^2=50\ J$$

பொருள் சமநிலையைக் கடக்கும்போது $(x=0)$, நிலை ஆற்றலானது

$$U = \frac{1}{2}\times1\times(0)=0\ J$$

இந்நிலையில் முழு ஆற்றலும் இயக்க ஆற்றலாக மட்டுமே உள்ளது.

$$E=KE=\frac{1}{2}mv^2=50\,J$$

வேகம்

$$v=\sqrt{\frac{2KE}{m}}=\sqrt{\frac{2\times50}{2}}=\sqrt{50}\,ms^{-1}\approx7.07\,ms^{-1}$$

(b) சுருள்வில்லின் மீள்விசை F = – kx என்பதால் பொருளானது நடுநிலையைக் கடக்கும் போது அது எவ்விசையையும் உணராது. நடுநிலையில் பொருளானது மிக வேகமாக நகருகிறது என்பதை அறியவும். பொருளானது x = + 10 m (நீட்சி) என்ற நிலையில் உள்ளபோது விசை F = – kx

F = – (1) (10) = – 10 N இங்கு எதிர்க்குறியானது விசை நடுநிலையை நோக்கி, அதாவது எதிர் x– அச்சை நோக்கி உள்ளதைக் குறிக்கிறது. மேலும் பொருளானது

x = – 10 m (அழுக்கம்) என்ற நிலையில் உள்ளபோது அது உணரும் விசை

F= – (1) (–10) = + 10 N. இங்கு நேர்க்குறியானது விசை நேர் x – அச்சை நோக்கி உள்ளதைக் குறிக்கிறது.

$x = \pm 10$ m என்ற நிலையில் பொருளானது இந்த இரு விளிம்பு புள்ளிகளிலும் பெரும விசையை உணர்ந்தாலும் கணநேர ஓய்வு நிலைக்கு வருகிறது.

4.2.9 செங்குத்து வட்ட இயக்கம் [Motion in a vertical circle]

m நிறையுள்ள ஒரு பொருள் நிறையற்ற, நீட்சித் தன்மையற்ற நூலின் ஒரு முனையில் இணைக்கப்படுகிறது. மேலும், நூலின் மறுமுனையானது நிலையாக இருக்குமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அந்தப்பொருள் செங்குத்துத் தளத்தில் அமைந்த வட்ட இயக்கத்தை மேற்கொள்வதாகக் கருதுவோம். நூலின் நீளமானது வட்டப்பாதையின் ஆரமாக ($\vec{r}$) உள்ளது. (படம் 4.14)

படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு பொருளின் இயக்கத்தைப் பற்றி அறிய தனித்த பொருளின் விசைப்படம் (Free body diagram) ஒன்றைக் கருதுவோம். இங்கு நிலைவெக்டர் ($\vec{r}$) ஆனது செங்குத்தான கீழ்நோக்கிய திசையுடன் θ கோணத்தை ஏற்படுத்தி படத்தில் உள்ளவாறு உடனடி திசைவேகத்தைக் கொண்டுள்ளது.

பொருளின் மீது இரு விசைகள் செயல்படுகின்றன.

1. கீழ் நோக்கி செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை
2. நூலின் வழியே செயல்படும் இழுவிசை

பொருளின் மீது நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்த,
தொடுகோட்டுத் திசையில்,

$$mg\sin\theta = m a_t$$

$$mg\sin\theta = -m\left(\frac{dv}{dt}\right) \quad (4.28)$$

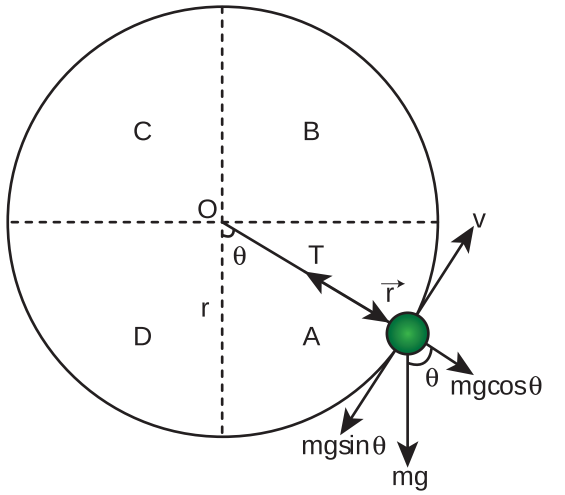
இங்கு $a_t = -\frac{dv}{dt}$ என்பது தொடுகோட்டுத் திசையில் எதிர் முடுக்கம் ஆகும்.

ஆரத்திசையில்,

$$T - mg\cos\theta = m a_r$$

$$T - mg\cos\theta = \frac{mv^2}{r} \quad (4.29)$$

இங்கு $a_r = \frac{v^2}{r}$ என்பது மையநோக்கு முடுக்கம் ஆகும்.



படம் 4.14 செங்குத்து வட்ட இயக்கம்

இயக்கத்தை நன்கு புரிந்து கொள்ளும்வகையில் வட்டத்தை A, B, C, D என்ற நான்கு பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். மேற்கண்ட இரு சமன்பாடுகளில் இருந்து கீழ்க்கண்டவாறு நான்கு முக்கிய கருத்துகளைப் புரிந்து கொள்ளலாம்.

(i) பொருளானது அனைத்து θ மதிப்புகளுக்கும் ($\theta = 0^{\circ}$ தவிர) தொடுகோட்டுத் திசையில் முடுக்கத்தை ($g\sin\theta$) கொண்டிருக்கிறது. இந்த செங்குத்து வட்ட இயக்கம் ஒரு சீரான வட்ட இயக்கம் அல்ல என்பது தெளிவாகிறது.

(ii) சமன்பாடுகள் (4.28) மற்றும் (4.29) இல் இருந்து அறிந்து கொள்வது என்னவெனில் இயக்கத்தின் போது திசைவேகத்தின் எண் மதிப்பு மாறுவதால், நூலின் இழுவிசையும் மாறுகின்றது.

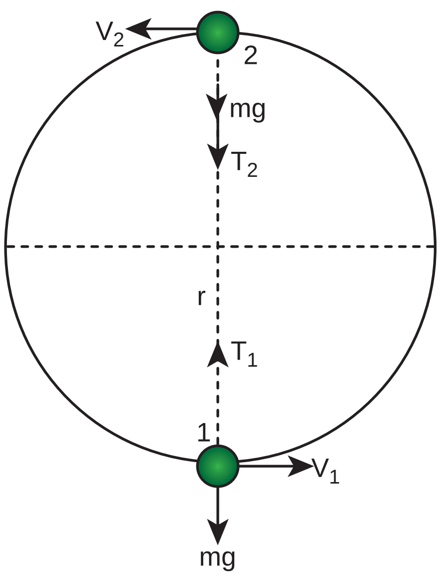
(iii) சமன்பாடு (4.29), $T = mg\cos\theta + \frac{mv^2}{r}$ சுட்டிக்காட்டுவது வட்டத்தின் A மற்றும் D பகுதிகளில் ($-\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{\pi}{2}$ மற்றும் $\cos\theta$ நேர்க்குறி) $mg\cos\theta$ எப்போதும் சுழியைவிட அதிகமாகும். எனவே திசைவேகம் சுழியானாலும் இழுவிசை சுழியாகாது.

(iv) சமன்பாடு (4.29), $\frac{mv^2}{r} = T - mg\cos\theta$ மேலும் சுட்டிக்காட்டுவது வட்டத்தின் B மற்றும் C பகுதிகளில் ($\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{3\pi}{2}$ மற்றும் $\cos\theta$ எதிர்க்குறி), சமன்பாட்டின் இரண்டாவது பகுதி ($-mg\cos\theta$) எப்போதும் சுழியை விட அதிகமாகும். எனவே இழுவிசை சுழியானாலும் திசைவேகம் சுழியாகாது.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 189 06-01-2022 01:48:39

செங்குத்து வட்ட இயக்கம் தொடர்பான கணக்குகளை தீர்வுகாணும்போது மேற்கண்ட கருத்துகளை மனதில் கொள்ள வேண்டும்.

படம் 4.15 இல் காட்டியுள்ளவாறு அடிப்பக்கப் புள்ளி 1 மற்றும் மேற்பக்கப் புள்ளி 2 ஆகிய இரு நிலைகளை மட்டும் கருத்தில் கொண்டு மேலும் பகுப்பாய்வு செய்வோம். பொருளின் திசைவேகமானது அடிப்பக்கப்புள்ளி 1 இல் $\vec{v}_1$ எனவும், மேற்பக்கப் புள்ளி 2 இல் $\vec{v}_2$ எனவும் வேறு எந்த புள்ளியிலும் $\vec{v}$ எனவும் கொள்க. திசைவேகத்தின் திசை அனைத்துப் புள்ளிகளிலும் வட்டப்பாதையின் தொடுகோட்டுத் திசையில் உள்ளது. அடிப்பக்கப் புள்ளியிலிருந்து நூலின் இழுவிசையானது $\vec{T}_1$ எனவும், மேற்பக்கப் புள்ளியிலிருந்து இழுவிசை $\vec{T}_2$ எனவும் வேறு எந்த புள்ளியிலும் இழுவிசை $\vec{T}$ எனவும் கொள்க. ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் இழுவிசை மையப்புள்ளியை நோக்கி செயல்படுகிறது. ஆற்றல் மாறா விதியைப் பயன்படுத்தி இந்த இரு புள்ளிகளிலும் இழுவிசைகள் மற்றும் திசைவேகங்களைக் கணக்கிடலாம்.



படம் 4.15 அடிப்பக்க மற்றும் மேற்பக்கப் புள்ளிகளுக்கான செங்குத்து வட்ட இயக்கம்

அடிப்பக்கப் புள்ளி (1) :

பொருளானது அடிப்பக்கப் புள்ளி 1 இல் உள்ளபோது புவியீர்ப்பு விசை $m\vec{g}$ பொருளின் மீது செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி செயல்படுகிறது மற்றும் இழுவிசை $\vec{T}_1$ செங்குத்தாக மேல்நோக்கி அதாவது மையப்புள்ளியை நோக்கிச் செயல்படுகிறது. சமன்பாடு (4.29) இல் இருந்து நாம் பெறுவது

$$T_1 - mg = \frac{mv_1^2}{r} \qquad (4.30)$$

$$T_1 = \frac{mv_1^2}{r} + mg \qquad (4.31)$$

மேற்பக்கப் புள்ளி (2) :

மேற்பக்கப் புள்ளி 2 இல் பொருளின் மீதான புவியீர்ப்பு விசை $m\vec{g}$ மற்றும் இழுவிசை $\vec{T}_2$ ஆகிய இரண்டும் கீழ்நோக்கி அதாவது மையப்புள்ளியை நோக்கி செயல்படுகிறது.

$$T_2 + mg = \frac{mv_2^2}{r} \qquad (4.32)$$

$$T_2 = \frac{mv_2^2}{r} - mg \qquad (4.33)$$

சமன்பாடுகள் (4.31) மற்றும் (4.33) இல் இருந்து $T_1 > T_2$ என அறியலாம். இழுவிசையின் வேறுபாடு $T_1 - T_2$ஆனது சமன்பாடு (4.33)ஐ சமன்பாடு (4.31) இல் இருந்து கழிப்பதன் மூலம் பெறப்படுகிறது.

$$T_1 - T_2 = \frac{mv_1^2}{r} + mg - \left(\frac{mv_2^2}{r} - mg\right)$$

$$= \frac{mv_1^2}{r} + mg - \frac{mv_2^2}{r} + mg$$

$$T_1 - T_2 = \frac{m}{r}\left[v_1^2 - v_2^2\right] + 2mg \qquad (4.34)$$

புள்ளி 1 மற்றும் 2 இல் ஆற்றல் மாறா விதியைப் பயன்படுத்தி $\left[v_1^2 - v_2^2\right]$ மதிப்பை எளிதாகக் கணக்கிடலாம்.

குறிப்பு

இழுவிசையும் பொருள் செல்லும் திசையும் எப்போதும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ளதால் இழுவிசையானது பொருளின்மீது எவ்வித வேலையும் செய்யாது.

புவியீர்ப்பு விசையானது பொருளின் மீது வேலை செய்கிறது. மேலும் அது ஆற்றல் மாற்றா விசை என்பதால் இயக்கம் முழுவதும் பொருளின் மொத்த ஆற்றல் மாறாது.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 190 06-01-2022 01:48:42

புள்ளி 1 இல் உள்ள மொத்த ஆற்றல் (E_1) புள்ளி 2 இல் உள்ள மொத்த ஆற்றல் (E_2) க்கு சமமாகும்.

$$E_1 = E_2 \quad (4.35)$$

புள்ளி 1 இல் நிலை ஆற்றல் $U_1 = 0$ (புள்ளி 1 ஐ குறிப்புப் புள்ளியாக எடுத்துக்கொள்வதன் மூலம்)

புள்ளி 1 இல் இயக்க ஆற்றல் $KE_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$

புள்ளி 1 இல் மொத்த ஆற்றல்

$$E_1 = U_1 + KE_1 = 0 + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_1^2$$

இதுபோன்றே புள்ளி 2 இல் நிலை ஆற்றல் $U_2 = mg\,(2r)$

(புள்ளி 1 இல் இருந்து h மதிப்பு 2r ஆகும்)

புள்ளி 2 இல் இயக்க ஆற்றல் $KE_2 = \frac{1}{2}mv_2^2$

புள்ளி 2 இல் மொத்த ஆற்றல்

$$E_2 = U_2 + KE_2 = 2\ mg\,r + \frac{1}{2}mv_2^2$$

சமன்பாடு (4.35) இல் உள்ளவாறு ஆற்றல் மாறா விதிப்படி

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = 2mgr + \frac{1}{2}mv_2^2$$

மாற்றியமைக்க

$$\frac{1}{2}m\left(v_1^2 - v_2^2\right) = 2mgr$$

$$v_1^2 - v_2^2 = 4gr \quad (4.36)$$

சமன்பாடு (4.34) இல் சமன்பாடு (4.36) ஐ பிரதியிட

$$T_1 - T_2 = \frac{m}{r}\left[4gr\right] + 2mg$$

எனவே இழுவிசையில் மாறுபாடானது

$$T_1 - T_2 = 6\ mg \quad (4.37)$$

மேற்பக்கப் புள்ளி (2) இல் சிறும வேகம்:

பொருளானது புள்ளி 2 இல் ஒரு சிறும வேகத்தைக் கொண்டிருக்க வேண்டும், இல்லையெனில் புள்ளி 2 ஐ அடையும் முன்பாக நூலானது தளர்வுற்று அதனால் பொருள் வட்டப்பாதையை நிறைவு செய்யாது. இந்த சிறும வேகத்தைக் கணக்கிட சமன்பாடு (4.33) இல் இழுவிசை $T_2 = 0$ எனக் கொள்வோம்.

$$0 = \frac{mv_2^2}{r} - mg$$

$$\frac{mv_2^2}{r} = mg$$

$$v_2^{\ 2} = rg$$

$$v_2 = \sqrt{gr} \quad (4.38)$$

பொருளானது வட்டப்பாதையில் தொடர்ந்து இயங்க புள்ளி 2 இல் $v_2 \geq \sqrt{gr}$ என்ற வேகத்தைக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

அடிப்புள்ளி (1) இல் சிறும வேகம்:

புள்ளி 2 இல் இந்த சிறும வேகத்தைப் $\left(v_2 = \sqrt{gr}\right)$ பெற பொருளானது புள்ளி 1 லும் ஒரு சிறும வேகத்தைக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

சமன்பாடு (4.36) ஐப் பயன்படுத்தி புள்ளி 1 இல் சிறும வேகத்தை நாம் காணலாம்.

$$v_1^{\ 2} - v_2^{\ 2} = 4gr$$

சமன்பாடு (4.38) ஐ (4.36) இல் பிரதியிட

$$v_1^{\ 2} - gr = 4gr$$

$$v_1^{\ 2} = 5gr$$

$$v_1 = \sqrt{5gr} \quad (4.39)$$

பொருளானது வட்டப்பாதையில் தொடர்ந்து இயங்க புள்ளி 1 இல் $(v_1 \geq \sqrt{5gr})$ என்ற வேகத்தைக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

சமன்பாடுகள் (4.38) மற்றும் (4.39) இல் இருந்து அறிவது என்னவெனில் பொருள் வட்டப்பாதையை விட்டு விலகாமல் நிறைவு செய்ய அடிப்புள்ளி 1 இல் சிறும வேகமானது மேற்பக்கப் புள்ளி 2 இல் உள்ள சிறும வேகத்தை விட $\sqrt{5}$ மடங்கு இருக்க வேண்டும்.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 191 06-01-2022 01:48:46

எடுத்துக்காட்டு 4.17

கயிற்றுடன் கட்டப்பட்ட ஒரு வாளியில் உள்ள நீர் 0.5 m ஆரமுள்ள செங்குத்து வட்டத்தை சுற்றி சுழற்றப்படுகிறது. இயக்கத்தின்போது நீரானது வாளியில் இருந்து சிந்தாமல் இருக்க அடிப்புள்ளியில் இருக்கவேண்டிய சிறும திசைவேகத்தைக் கணக்கிடுக. ($g = 10$ m s^{-2})

தீர்வு

வட்டத்தின் ஆரம் r = 0.5 m

மேற்பக்கப் புள்ளியில் தேவையான வேகம் $v_2 = \sqrt{gr} = \sqrt{10 \times 0.5} = \sqrt{5}$ m s^{-1}

அடிப்பக்கப் புள்ளியில் வேகம்

$v_1 = \sqrt{5gr} = \sqrt{5} \times \sqrt{gr} = \sqrt{5} \times \sqrt{5}$ = 5 m s^{-1}

4.3 திறன் (POWER)

4.3.1 திறனின் வரையறை

திறன் என்பது எவ்வளவு வேகமாக அல்லது மெதுவாக ஒரு வேலை செய்யப்படுகிறது என்பதன் அளவாகும். வேலை செய்யப்படும் வீதம் அல்லது ஆற்றல் வெளிப்படும் வீதம், திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\text{திறன் } (\mathrm{P}) = \frac{\text{செய்யப்பட்ட வேலை } (\mathrm{W})}{\text{எடுத்துக்கொண்ட நேரம் } (\mathrm{t})}$$

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

சராசரித் திறன்

செய்யப்பட்ட மொத்த வேலைக்கும் எடுத்துக்கொண்ட மொத்த நேரத்திற்கும் இடையே உள்ள விகிதம் சராசரித்திறன் ($P_{\text{சராசரி}}$) என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$(P_{\text{சராசரி}}) = \frac{\text{செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை}}{\text{எடுத்துக்கொண்ட மொத்த நேரம்}}$$

உடனடித் திறன்

ஒரு கண நேரத்தில் (நேர இடைவெளி சுழியை நெருங்கும்போது) வெளிப்படும் திறன் உடனடித் திறன் ($P_{\text{உடனடி}}$) என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$(P_{\text{உடனடி}}) = \frac{dw}{dt}$$

4.3.2 திறனின் அலகு

திறன் ஒரு ஸ்கேலர் அளவாகும். அதன் பரிமாணம் $\left[ML^2T^{-3}\right]$. திறனின் SI அலகு வாட் (W) என்று நீராவி இயந்திரத்தைக் கண்டுபிடித்த ஜேம்ஸ் வாட் பெயரால் அழைக்கப்படுகிறது.

ஒரு வினாடியில் ஒரு ஜூல் வேலை செய்யப்பட்டால் திறன் ஒரு வாட் என வரையறுக்கப்படுகிறது. $\left(1W = 1Js^{-1}\right)$. கிலோவாட் (kW), மெகாவாட் (MW) மற்றும் ஜிகாவாட் (GW) ஆகியவை திறனின் உயர் அலகுகள் ஆகும்.

1 kW = 1000 W = 10^3 வாட்

1 MW = 10^6 வாட்

1 GW = 10^9 வாட்

மோட்டார்கள், இயந்திரங்கள் மற்றும் சில தானியங்கி வாகனங்களுக்கு குதிரைத்திறன் (horse – power) (hp) என்றழைக்கப்படும் திறனின் பழைய அலகானது வணிகரீதியாக இன்னும் பயன்பாட்டில் உள்ளது. குதிரைத்திறனை (hp) வாட் (W) என்ற அலகில் மாற்ற

1 hp = 746 W

அனைத்து மின் சாதனங்களின் மீதும் ஒரு குறிப்பிட்ட திறனின் அளவு அச்சிடப்பட்டு வழங்கப்படுகின்றது. ஒரு 100 வாட் விளக்கு (bulb) ஒரு வினாடியில் 100 ஜூல் மின் ஆற்றலை நுகர்கிறது. ஜூல் என்ற அலகால் அளக்கப்படும் ஆற்றலின் திறனை வாட் என்ற அலகிலும் நேரத்தை வினாடி என்ற அலகிலும்

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 192 06-01-2022 01:48:47

குறிப்பிடுவதால் $1\ J = 1\ Ws$ என எழுதலாம். மின் உபகரணங்கள் பல மணி நேரத்திற்கு பயன்பாட்டில் உள்ளபோது அவை அதிக அளவிலான ஆற்றலை நுகருகின்றன. மின் ஆற்றலை வாட் வினாடி (Ws) என்ற சிறிய அலகில் அளவிடும்போது பெரிய எண் மதிப்புகளைக் கையாள வேண்டும். எனவே மின் ஆற்றலானது கிலோவாட் மணி (kilowatt hour – kWh) என்ற அலகால் அளவிடப்படுகிறது.

1 மின் அலகு (1 யூனிட்) $= 1\ kWh = 1 \times (10^3\ W) \times (3600\ s)$

1 மின் அலகு $= 3600 \times 10^3\ W\ s$

1 மின் அலகு $= 3.6 \times 10^6\ J$

$1\ kWh = 3.6 \times 10^6\ J$

மின் ஆற்றல் நுகர்வுக்கு kWh என்ற அலகில் மின்கட்டண பட்டியல்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. 1 அலகு மின் ஆற்றல் என்பது 1 kWh ஆகும்.

(**குறிப்பு:** kWh என்பது ஆற்றலின் அலகு; திறனின் அலகு அல்ல)

எடுத்துக்காட்டு 4.18

ஒரு 75 W மின்விசிறி தினமும் 8 மணி நேரம் ஒரு மாதத்திற்கு (30 நாட்கள்) பயன்படுத்தப்பட்டால் நுகரப்பட்ட ஆற்றலை மின் அலகில் கணக்கிடுக.

தீர்வு

திறன் P = 75 W

பயன்பாட்டு நேரம் t = 8 மணி x 30 நாட்கள் = 240 மணி. நுகரப்பட்ட மின் ஆற்றலானது திறன் மற்றும் பயன்பாட்டு நேரம் ஆகியவற்றின் பெருக்கல் பலன் ஆகும்.

மின் ஆற்றல் = திறன் x பயன்பாட்டு நேரம் = P x t

= 75 வாட் x 240 மணி

= 18000 வாட் மணி

= 18 கிலோ வாட் மணி = 18 kW h

1 மின் அலகு = 1 kW h

மின் ஆற்றல் = 18 அலகு

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

மின்னிழை விளக்குகள் 1000 மணி நேரம் ஒளிவீசும். CFL விளக்குகள் 6000 மணி நேரம் ஒளிவீசும். ஆனால் LED விளக்குகள் 50000 மணிநேரம் ஒளி வீசும் (ஏறத்தாழ 25 ஆண்டுகள், நாளொன்றுக்கு 5.5 மணி நேரம்)

4.3.3 திறன் மற்றும் திசைவேகம் ஆகியவற்றுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பு

$\vec{F}$ என்ற விசையினால் $d\vec{r}$ என்ற இடப்பெயர்ச்சிக்கு செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} \qquad (4.40)$$

சமன்பாடு (4.40) இன் இடது பக்கத்தில் உள்ளதை இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$W = \int dW = \int \frac{dW}{dt} dt \qquad (4.41)$$

(dt – ஆல் பெருக்கவும் வகுக்கவும் செய்ய)

திசைவேகம் $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$; என்பதால் $d\vec{r} = \vec{v}\, dt$

சமன்பாடு (4.40) இன் வலது பக்கத்தில் உள்ளதை இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$\int \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int \left(\vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} \right) dt = \int \left(\vec{F} \cdot \vec{v} \right) dt \quad \left[\because \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \right] \qquad (4.42)$$

சமன்பாடு (4.41) மற்றும் (4.42) ஐ சமன்பாடு (4.40) இல் பிரதியிட

$$\int \frac{dW}{dt} dt = \int \left(\vec{F} \cdot \vec{v} \right) dt$$

$$\int \left(\frac{dW}{dt} - \vec{F} \cdot \vec{v} \right) dt = 0$$

இந்த தொடர்பானது dt இன் எந்த ஒரு தன்னிச்சையான மதிப்பிற்கும் சரியாக உள்ளது. அடைப்புக்குறிக்குள் உள்ள மதிப்பு சுழியாக இருக்க வேண்டும் என்பதை இது குறிக்கிறது. அதாவது

$$\frac{dW}{dt} - \vec{F} \cdot \vec{v} = 0 \quad \text{அல்லது}$$

$$\frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = P \qquad (4.43)$$

எடுத்துக்காட்டு 4.19

1250 kg நிறையுள்ள ஒரு வாகனம் ஒரு சமமான நேர் சாலையில் $0.2\,m\,s^{-2}$ முடுக்கத்துடன் 500 N என்ற எதிர்க்கும் புறவிசைக்கெதிராக இயக்கப்படுகிறது. வாகனத்தின் திசைவேகம் $30\,m\,s^{-1}$ எனில் வாகனத்தின் இயந்திரம் வெளிப்படுத்தும் திறனைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

வாகனத்தின் இயந்திரம், எதிர்க்கும் விசைக்கெதிராக வேலை செய்து வாகனத்தை ஒரு முடுக்கத்துடன் இயக்க வேண்டும். எனவே வாகனத்தின் இயந்திரம் வெளிப்படுத்தும் திறன்

P = (எதிர்க்கும் விசை + (நிறை × முடுக்கம்)) (திசைவேகம்)

$$P = \vec{F}_{tot} \cdot \vec{v} = (F_{resistive} + F)v$$

$$P = \vec{F}_{tot} \cdot \vec{v} = (F_{resistive} + ma)v$$

= (500 + (1250 x 0.2)) (30) = 22.5 kW

4.4 மோதல்கள் (COLLISIONS)

மோதல் என்பது நம்மைச் சுற்றி அவ்வப்போது நடைபெறக்கூடிய ஒரு பொதுவான நிகழ்வு ஆகும். உதாரணமாக கேரம், பில்லியர்ட்ஸ், கோலிக்குண்டு போன்ற விளையாட்டுகளில் இரு பொருட்களுக்கிடையேயான மோதல்களானது தொடுதலுடன் அல்லது தொடுதலின்றி ஏற்படலாம்.

அனைத்து மோதல் செயல்முறைகளிலும் நேர்க்கோட்டு உந்தம் மாறாது. இரு பொருட்கள் மோதலுற்றால் அவற்றிற்கிடையே செயல்படும் சமமான கணத்தாக்கு விசைகள் Δt என்ற மோதலுறும் நேரத்தில் அவற்றின் உந்தங்களில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது. அதாவது முதல் பொருள் $\vec{F}_{21}$ என்ற விசையை இரண்டாவது பொருளின் மீது செலுத்துகிறது. அதேபோல் நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி, இரண்டாவது பொருளானது முதல் பொருளின் மீது $\vec{F}_{12}$ என்ற விசையை செலுத்துகிறது. இவை முதல் மற்றும் இரண்டாவது பொருட்களின் உந்தத்தில் முறையே $\Delta\vec{P}_1$ மற்றும் $\Delta\vec{P}_2$ என்ற மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது. தற்போது இதன் தொடர்புகளை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\Delta\vec{p}_1 = \vec{F}_{12}\Delta t \qquad (4.44)$$

$$\Delta\vec{p}_2 = \vec{F}_{21}\Delta t \qquad (4.45)$$

சமன்பாடு (4.44) மற்றும் (4.45) இரண்டையும் கூட்ட

$$\Delta\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}_2 = \vec{F}_{12}\Delta t + \vec{F}_{21}\Delta t = \left(\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21}\right)\Delta t$$

நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

$$\Delta\vec{P}_1 + \Delta\vec{P}_2 = 0$$

$$\Delta(\vec{P}_1 + \vec{P}_2) = 0$$

இருபுறமும் Δt – ஆல் வகுக்க, மற்றும் எல்லை $\Delta t \to 0$ எனக் கொள்ள நாம் பெறுவது

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\left(\vec{p}_1 + \vec{p}_2\right)}{\Delta t} = \frac{d\left(\vec{p}_1 + \vec{p}_2\right)}{dt} = 0$$

மேற்கண்ட சமன்பாடு மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் ஒரு மாறா அளவு என்பதைக் குறிக்கிறது.

குறிப்பு: உந்தம் ஒரு வெக்டர் அளவாகும். எனவே மோதலின்போது தனித்தனி பொருட்களின் உந்தத்தைக் காண வெக்டர் கூடுதல் பின்பற்றப்பட வேண்டும்.

4.4.1 மோதல்களின் வகைகள்

எந்த ஒரு மோதல் செயல்முறையிலும் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தமும், மொத்த ஆற்றலும் எப்போதும் மாறாது. அதேசமயம் மொத்த இயக்க ஆற்றலானது எப்போதும் மாறாமல் இருக்கத்

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 194 06-01-2022 01:48:52

தேவையில்லை. தொடக்க இயக்க ஆற்றலின் ஒரு பகுதி வேறு வகையான ஆற்றலாக மாற்றமடைகிறது. ஏனென்றால் மோதல்கள் மற்றும் மோதல்களால் ஏற்படும் உருக்குலைவு ஆகியவற்றின் தாக்கம் பொதுவாக வெப்பம், ஒலி, ஒளி போன்றவற்றை உருவாக்குகிறது. இந்த விளைவுகளை கணக்கில் கொண்டு மோதல்களை நாம் கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்தலாம்.

(a) மீட்சி மோதல்

(b) மீட்சியற்ற மோதல்

(a) மீட்சி மோதல் (Elastic Collision)

ஒரு மோதலில் பொருட்களின் தொடக்க மொத்த இயக்க ஆற்றலானது (மோதலுக்கு முன்) பொருட்களின் இறுதி மொத்த இயக்க ஆற்றலுக்கு (மோதலுக்குப் பின்) சமமாக இருந்தால் அது மீட்சிமோதல் எனப்படும். அதாவது

மோதலுக்கு முன் மொத்த இயக்க ஆற்றல் = மோதலுக்குப் பின் மொத்த இயக்க ஆற்றல்

(b) மீட்சியற்ற மோதல் (Inelastic Collision)

ஒரு மோதலில் பொருட்களின் தொடக்க மொத்த இயக்க ஆற்றலானது (மோதலுக்கு முன்) பொருட்களின் இறுதி மொத்த இயக்க ஆற்றலுக்கு (மோதலுக்குப் பின்) சமமாக இல்லையெனில் அது மீட்சியற்ற மோதல் எனப்படும். அதாவது

மோதலுக்கு முன் மொத்த இயக்க ஆற்றல் ≠ மோதலுக்குப் பின் மொத்த இயக்க ஆற்றல்

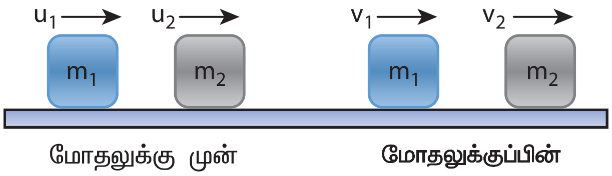
$$\begin{bmatrix}\text{மோதலுக்கு முன்}\\ \text{மொத்த இயக்க ஆற்றல்}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{மோதலுக்குப் பின்}\\ \text{மொத்த இயக்க ஆற்றல்}\end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix}\text{மோதலின்போது}\\ \text{ஆற்றல் இழப்பு}\end{bmatrix} = \Delta Q$$

இயக்க ஆற்றல் மாறும் எனினும் மொத்த ஆற்றல் மாறாது. ஏனென்றால் மொத்த ஆற்றலானது இயக்க ஆற்றலின் சமன்பாடு மற்றும் மோதலின்போது ஏற்பட்ட அனைத்து இழப்புகளையும் உள்ளடக்கிய சமன்பாடு (ΔQ) ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளது. மோதலின்போது இயக்க ஆற்றலில் ஏற்படும் இழப்பு ஒலி, வெப்பம் போன்ற வேறு வகையான ஆற்றலாக மாற்றமடைகிறது என்பதை அறியவும். மேலும் மோதலுறும் இரு பொருள்களும் மோதலுக்குப் பின் ஒன்றுடன் ஒன்று ஒட்டிக்கொண்டால் அவ்வகை மோதல்கள் முழு மீட்சியற்றமோதல் அல்லது மீட்சியற்ற மோதல் எனப்படும். அவ்வகையான மோதலை அடிக்கடி காணலாம். உதாரணமாக, ஈரமான ஒரு களிமண் உருண்டை (அல்லது பபிள்கம்) ஒரு இயங்கும் வாகனத்தின் மீது எறியப்பட்டால், அது இயங்கும் வாகனத்துடன் ஒட்டிக்கொள்கிறது மற்றும் அவை சம திசைவேகத்துடன் இயங்குகின்றன.

4.4.2 ஒரு பரிமாண மீட்சி மோதல்கள்

m_1 மற்றும் m_2 நிறையுள்ள இரு மீட்சிப் பொருள்கள் படம் 4.16 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு உராய்வற்ற கிடைத்தளப் பரப்பில் நேர்க்கோட்டில் (நேர் x- அச்சின் திசையில்) இயங்குவதாகக் கருதுக.



படம் 4.16 ஒரு பரிமாண மீட்சி மோதல்

அட்டவணை 4.4 மீட்சி மற்றும் மீட்சியற்ற மோதல்களை ஒப்பிடுதல்		
வ. எண்	மீட்சி மோதல்	மீட்சியற்ற மோதல்
1.	மொத்த உந்தம் மாறாது	மொத்த உந்தம் மாறாது
2.	மொத்த இயக்க ஆற்றல் மாறாது	மொத்த இயக்க ஆற்றல் மாறும்
3.	தொடர்புடைய விசைகள் ஆற்றல் மாற்றா விசைகள்	தொடர்புடைய விசைகள் ஆற்றல் மாற்றும் விசைகள்
4.	இயந்திர ஆற்றல் சிதைவடையாது	இயந்திர ஆற்றலானது வெப்பம், ஒளி, ஒலி போன்றவையாக வெளிப்படுகிறது.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 195 06-01-2022 01:48:53

நிறை	தொடக்க திசைவேகம்	இறுதி திசைவேகம்
நிறை m_1	u_1	v_1
நிறை m_2	u_2	v_2

மோதல் நிகழ நிறை m_1 நிறை m_2 ஐ விட வேகமாக இயங்குவதாகக் கருதுக. அதாவது $u_1 > u_2$. மீட்சி மோதலுக்கு இரு பொருள்களின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் மற்றும் இயக்க ஆற்றல்கள் மோதலுக்கு முன்பும் மோதலுக்குப் பின்பும் மாறாமல் ஒரே அளவாக இருக்க வேண்டும்.

	நிறை m_1 இன் உந்தம்	நிறை m_2 இன் உந்தம்	மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம்
மோதலுக்கு முன்	$p_{i1} = \mathrm{m_1 u_1}$	$p_{i2} = \mathrm{m_2 u_2}$	$p_i = p_{i1} + p_{i2}$ $p_i = \mathrm{m_1 u_1 + m_2 u_2}$
மோதலுக்குப் பின்	$p_{f1} = \mathrm{m_1 v_1}$	$p_{f2} = \mathrm{m_2 v_2}$	$p_f = p_{f1} + p_{f2}$ $p_f = \mathrm{m_1 v_1 + m_2 v_2}$

நேர்க்கோட்டு உந்த மாறா விதியில் இருந்து

மோதலுக்கு முன் மொத்த உந்தம் (p_i) = மோதலுக்குப் பின் மொத்த உந்தம் (p_f)

$$\mathrm{m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2} \quad (4.46)$$

அல்லது $$\mathrm{m_1 (u_1 - v_1) = m_2 (v_2 - u_2)} \quad (4.47)$$

மேலும்

	நிறை m_1 இன் இயக்க ஆற்றல்	நிறை m_2 இன் இயக்க ஆற்றல்	மொத்த இயக்க ஆற்றல்
மோதலுக்கு முன்	$KE_{i1} = \frac{1}{2}\mathrm{m_1 u_1^2}$	$KE_{i2} = \frac{1}{2}\mathrm{m_2 u_2^2}$	$KE_i = KE_{i1} + KE_{i2}$ $KE_i = \frac{1}{2}\mathrm{m_1 u_1^2} + \frac{1}{2}\mathrm{m_2 u_2^2}$
மோதலுக்குப் பின்	$KE_{f1} = \frac{1}{2}\mathrm{m_1 v_1^2}$	$KE_{f2} = \frac{1}{2}\mathrm{m_2 v_2^2}$	$KE_f = KE_{f1} + KE_{f2}$ $KE_f = \frac{1}{2}\mathrm{m_1 v_1^2} + \frac{1}{2}\mathrm{m_2 v_2^2}$

மீட்சி மோதலுக்கு

மோதலுக்கு முன் மொத்த இயக்க ஆற்றல் KE_i = மோதலுக்குப் பின் மொத்த இயக்க ஆற்றல் KE_f

$$\frac{1}{2}\mathrm{m_1 u_1^2} + \frac{1}{2}\mathrm{m_2 u_2^2} = \frac{1}{2}\mathrm{m_1 v_1^2} + \frac{1}{2}\mathrm{m_2 v_2^2} \quad (4.48)$$

சுருக்கிய பிறகு மாற்றியமைக்க $\mathrm{m_1(u_1^2 - v_1^2) = m_2(v_2^2 - u_2^2)}$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை $a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$ என்ற வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்தி மீண்டும் எழுத

$$\mathrm{m_1 (u_1 + v_1)(u_1 - v_1) = m_2 (v_2 + u_2)(v_2 - u_2)} \quad (4.49)$$

சமன்பாடு (4.49) ஐ (4.47) – ஆல் வகுக்க கிடைப்பது

$$\frac{m_1(u_1+v_1)(u_1-v_1)}{m_1(u_1-v_1)}=\frac{m_2(v_2+u_2)(v_2-u_2)}{m_2(v_2-u_2)}$$

$$u_1+v_1=v_2+u_2$$

மாற்றியமைக்க

$$u_1-u_2=v_2-v_1 \quad (4.50)$$

சமன்பாடு (4.50) – ஐ இவ்வாறு எழுதலாம்.

$$u_1-u_2=-(v_1-v_2)$$

இதன் பொருளானது எந்த ஒரு நேரடி மீட்சி மோதலிலும், மோதலுக்குப்பின் இரு மீட்சிப் பொருள்களின் ஒப்புமை வேகம் மோதலுக்கு முன் இருந்த அதே எண் மதிப்பைக் கொண்டும் ஆனால் எதிர்த்திசையிலும் இருக்கும் என்பதாகும். மேலும் இந்த முடிவு நிறையைச் சார்ந்ததல்ல என்பதை அறியவும்.

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து v_1 மற்றும் v_2 மதிப்புகளைக் காண

$$v_1=v_2+u_2-u_1 \quad (4.51)$$

அல்லது

$$v_2=u_1+v_1-u_2 \quad (4.52)$$

இறுதி திசைவேகங்கள் v_1 மற்றும் v_2 கண்டறிதல்:

சமன்பாடு (4.52) ஐ சமன்பாடு (4.47) இல் பிரதியிடுவதன் மூலம் m_1 இன் திசைவேகமானது

$$m_1(u_1-v_1)=m_2(u_1+v_1-u_2-u_2)$$

$$m_1(u_1-v_1)=m_2(u_1+v_1-2u_2)$$

$$m_1u_1-m_1v_1=m_2u_1+m_2v_1-2m_2u_2$$

$$m_1u_1-m_2u_1+2m_2u_2=m_1v_1+m_2v_1$$

$$(m_1-m_2)u_1+2m_2u_2=(m_1+m_2)v_1$$

அல்லது $$v_1=\left(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\right)u_1+\left(\frac{2m_2}{m_1+m_2}\right)u_2 \quad (4.53)$$

இது போன்றே சமன்பாடு (4.51) ஐ சமன்பாடு (4.47) இல் பிரதியிட அல்லது சமன்பாடு (4.53) ஐ சமன்பாடு (4.52) இல் பிரதியிட m_2 இன் இறுதி திசைவேகமானது

$$v_2=\left(\frac{2m_1}{m_1+m_2}\right)u_1+\left(\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}\right)u_2 \quad (4.54)$$

நேர்வு 1: பொருள்கள் ஒரே நிறையைக் கொண்டிருந்தால் அதாவது $m_1=m_2$

சமன்பாடு (4.53) $\Rightarrow$ $$v_1=(0)\,u_1+\left(\frac{2m_2}{2m_2}\right)u_2$$

$$v_1=u_2 \quad (4.55)$$

சமன்பாடு (4.54) $\Rightarrow$ $$v_2=\left(\frac{2m_1}{2m_1}\right)u_1+(0)u_2$$

$$v_2=u_1 \quad (4.56)$$

சமன்பாடுகள் (4.55) மற்றும் (4.56) தெரிவிப்பது என்னவெனில் ஒரு பரிமாண மீட்சி மோதலில் சம நிறையுள்ள இரு பொருள்கள் மோதிக்கொண்டால் மோதலுக்குப் பின் அவற்றின் திசைவேகங்கள் பரிமாறிக் கொள்ளப்படுகின்றன.

நேர்வு 2: பொருள்கள் ஒரே நிறையைக் கொண்டிருந்தால், அதாவது $m_1=m_2$ மற்றும் இரண்டாவது பொருள் (வழக்கமாக இலக்கு என அழைக்கப்படுவது) ஓய்வு நிலையில் உள்ளபோது ($u_2=0$).

$m_1=m_2$ மற்றும் ($u_2=0$) என்ற மதிப்புகளை சமன்பாடுகள் (4.53) மற்றும் (4.54) இல் பிரதியிட

சமன்பாடு (4.53) $\Rightarrow v_1=0$ (4.57)

சமன்பாடு (4.54) $\Rightarrow v_2=u_1$ (4.58)

சமன்பாடு (4.57) மற்றும் (4.58) தெரிவிப்பது என்னவெனில் முதல் பொருள் மோதலுக்குப் பின் ஓய்வு நிலைக்கு வரும்போது இரண்டாவது பொருள் முதல் பொருளின் தொடக்க திசைவேகத்தில் இயங்குகிறது.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 197 06-01-2022 01:49:02

நேர்வு 3: முதல் பொருளானது இரண்டாவது பொருளின் நிறையைவிட குறைவாக இருந்தால், $\left(m_1 \ll m_2, \frac{m_1}{m_2} \ll 1\right)$ பிறகு விகிதம் $\frac{m_1}{m_2} \approx 0$ மற்றும் இலக்கு ஓய்வு நிலையில் உள்ளபோது ($u_2 = 0$) சமன்பாடு (4.53) இன் தொகுதி மற்றும் பகுதியை m_2 ஆல் வகுக்க

$$v_1 = \left(\frac{\frac{m_1}{m_2} - 1}{\frac{m_1}{m_2} + 1}\right) u_1 + \left(\frac{2}{\frac{m_1}{m_2} + 1}\right)(0)$$

$$v_1 = \left(\frac{0-1}{0+1}\right) u_1$$

$$v_1 = -u_1 \qquad (4.59)$$

இது போன்றே,

சமன்பாடு (4.54) இன் தொகுதி மற்றும் பகுதியை m_2– ஆல் வகுக்க

$$v_2 = \left(\frac{2\frac{m_1}{m_2}}{\frac{m_1}{m_2} + 1}\right) u_1 + \left(\frac{1 - \frac{m_1}{m_2}}{\frac{m_1}{m_2} + 1}\right)(0)$$

$$v_2 = (0) u_1 + \left(\frac{1 - \frac{m_1}{m_2}}{\frac{m_1}{m_2} + 1}\right)(0)$$

$$v_2 = 0 \qquad (4.60)$$

நிறை குறைவாக உள்ள முதல் பொருளானது அதே தொடக்க திசைவேகத்துடன் எதிர்த்திசையில் திரும்புகிறது (மீண்டெழுகிறது) என்பதைச் சமன்பாடு (4.59) இல் உள்ள எதிர்க்குறி குறிக்கிறது. அதிக நிறையுள்ள இரண்டாவது பொருளானது மோதலுக்குப் பிறகும் ஓய்வு நிலையிலேயே தொடர்ந்து இருக்கிறது என்பதைச் சமன்பாடு (4.60) குறிக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக, பந்து ஒன்று நிலையான சுவரின் மீது எறியப்பட்டால் பந்தானது எறியப்பட்ட அதே திசைவேகத்திலேயே எதிர்த்திசையில் சுவரில் இருந்து திரும்பி வரும்.

நேர்வு 4: இரண்டாவது பொருளானது முதல் பொருளைவிட நிறை குறைவாக உள்ளபோது, $\left(m_2 \ll m_1, \frac{m_2}{m_1} \ll 1\right)$, பிறகு விகிதம் $\frac{m_2}{m_1} \approx 0$ மற்றும் இலக்கு ஓய்வு நிலையில் உள்ளபோது ($u_2 = 0$) சமன்பாடு (4.53) இன் தொகுதி மற்றும் பகுதியை m_1–ஆல் வகுக்க

$$v_1 = \left(\frac{1 - \frac{m_2}{m_1}}{1 + \frac{m_2}{m_1}}\right) u_1 + \left(\frac{2\frac{m_2}{m_1}}{1 + \frac{m_2}{m_1}}\right)(0)$$

$$v_1 = \left(\frac{1-0}{1+0}\right) u_1 + \left(\frac{0}{1+0}\right)(0)$$

$$v_1 = u_1 \qquad (4.61)$$

இதுபோன்றே,

சமன்பாடு (4.58) இன் தொகுதி மற்றும் பகுதியை m_1–ஆல் வகுக்க

$$v_2 = \left(\frac{2}{1 + \frac{m_2}{m_1}}\right) u_1 + \left(\frac{\frac{m_2}{m_1} - 1}{1 + \frac{m_2}{m_1}}\right)(0)$$

$$v_2 = \left(\frac{2}{1+0}\right) u_1$$

$$v_2 = 2u_1 \qquad (4.62)$$

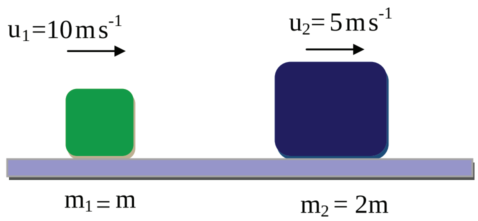
கனமாக உள்ள முதல் பொருளானது மோதலுக்குப் பிறகு அதே திசைவேகத்துடன் தொடர்ந்து இயங்குகிறதுஎன்பதைச்சமன்பாடு(4.61)குறிக்கிறது. நிறை குறைவாக உள்ள இரண்டாவது பொருள் முதல் பொருளின் தொடக்க திசைவேகத்தைப் போல இரு மடங்கு திசைவேகத்துடன் இயங்குகிறது என்பதைச் சமன்பாடு (4.62) குறிக்கிறது. நிறை குறைவாக உள்ள பொருள் மோதலுறும் புள்ளியிலிருந்து வேகமாகச் செல்கிறது.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 198 06-01-2022 01:49:05

எடுத்துக்காட்டு 4.20

10 m s^{-1} வேகத்தில் இயங்கும் ஒரு நிறை குறைவான பொருள் அதன் நிறையைப் போன்று இரு மடங்கு மற்றும் அதன் வேகத்தில் பாதியளவு கொண்ட அதே திசையில் இயங்கும் மற்றொரு பொருளின் மீது மோதுகிறது. மோதலானது ஒரு பரிமாண மீட்சி மோதல் எனக் கருதுக. மோதலுக்குப் பிறகு இரு பொருள்களின் வேகம் என்ன?

தீர்வு:



முதல் பொருளின் நிறை m என்க, மற்றும் அதன் தொடக்க திசைவேகம் u_1 = 10 m s^{-1}. எனவே இரண்டாவது பொருளின் நிறை 2 m மற்றும் அதன் தொடக்க திசைவேகம்

$$u_2 = \frac{1}{2}u_1 = \frac{1}{2}\left(10\ \mathrm{m\,s^{-1}}\right)$$

சமன்பாடுகள் (4.53) மற்றும் (4.54) இல் இருந்து இரு பொருள்களின் இறுதி திசைவேகங்களைக் கணக்கிடலாம்.

$$v_1 = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)u_1 + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right)u_2$$

$$v_1 = \left(\frac{m - 2m}{m + 2m}\right)10 + \left(\frac{2 \times 2m}{m + 2m}\right)5$$

$$v_1 = -\left(\frac{1}{3}\right)10 + \left(\frac{4}{3}\right)5 = \frac{-10 + 20}{3} = \frac{10}{3}$$

$$v_1 = 3.33\ \mathrm{m\,s^{-1}}$$

$$v_2 = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)u_1 + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)u_2$$

$$v_2 = \left(\frac{2m}{m + 2m}\right)10 + \left(\frac{2m - m}{m + 2m}\right)5$$

$$v_2 = \left(\frac{2}{3}\right)10 + \left(\frac{1}{3}\right)5 = \frac{20 + 5}{3} = \frac{25}{3}$$

$$v_2 = 8.33\ \mathrm{m\,s^{-1}}$$

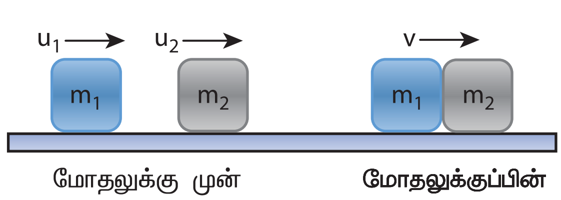
v_1 மற்றும் v_2 ஆகிய இரு வேகங்களும் நேர்க்குறியாக உள்ளதால் அவை இரண்டும் முறையே 3.33 m s^{-1} மற்றும் 8.33 m s^{-1} என்ற திசைவேகங்களுடன் மோதலுக்கு முன் இயங்கிய திசையிலேயே இயங்குகின்றன.

4.4.3 முழு மீட்சியற்ற மோதல் (Perfect Inelastic Collision)

முழு மீட்சியற்ற மோதலில் பொருள்கள் மோதலுக்குப்பிறகு ஒரு பொதுவான திசைவேகத்தில் இயங்கும் வகையில் ஒன்றுடன் ஒன்று நிரந்தரமாக ஒட்டிக்கொள்கின்றன. m_1 மற்றும் m_2 நிறை கொண்ட இரு பொருள்கள் மோதலுக்கு முன் முறையே u_1 மற்றும் u_2 என்ற தொடக்க திசைவேகங்களுடன் இயங்குவதாகக் கொள்க. படம் (4.17) இல் காட்டியுள்ளவாறு முழு மீட்சியற்ற மோதலுக்குப் பிறகு பொருட்கள் v என்ற பொதுவான திசைவேகத்துடன் ஒன்றாக இயங்குகின்றன.

மோதலின் போது நேர்க்கோட்டு உந்தம் மாற்றப்படாமல் உள்ளதால்

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = (m_1 + m_2)\, v$$



படம் 4.17. ஒரு பரிமாண முழு மீட்சியற்ற மோதல்

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 199 06-01-2022 01:49:07

பொருள்	திசைவேகம்		நேர்க்கோட்டு உந்தம்	
	தொடக்கம்	இறுதி	தொடக்கம்	இறுதி
நிறை m_1	u_1	v	m_1u_1	m_1v
நிறை m_2	u_2	v	m_2u_2	m_2v
மொத்தம்			$m_1u_1 + m_2u_2$	$(m_1+m_2)v$

பொதுவான திசைவேகத்தை கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

$$v = \frac{m_1u_1 + m_2u_2}{(m_1 + m_2)} \quad (4.63)$$

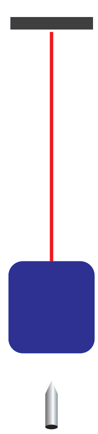
எடுத்துக்காட்டு 4.21

50 g நிறையுள்ள ஒரு துப்பாக்கி குண்டு 450 g நிறையுள்ள ஒரு தொங்கவிடப்பட்ட பொருளின் அடிப்பகுதியிலிருந்து சுடப்படுகிறது. துப்பாக்கி குண்டு பொருளினுள் பொதிந்து பொருளானது 1.8 m உயரத்திற்கு மேல்நோக்கிச் செல்கிறது. துப்பாக்கி குண்டின் வேகத்தைக் கணக்கிடுக.

$g = 10\ m\ s^{-2}$ எனக் கொள்க.

தீர்வு

$m_1 = 50\ g = 0.05\ kg; \quad m_2 = 450\ g = 0.45\ kg$



துப்பாக்கி குண்டின் வேகம் u_1 ஆகும். இரண்டாவது பொருள் ஓய்வு நிலையில் உள்ளது $(u_2 = 0)$. துப்பாக்கி குண்டு பொருளினுள் பொதிந்த பிறகு துப்பாக்கி குண்டு மற்றும் பொருள் ஆகியவற்றின் பொதுவான திசைவேகம் v என்க.

$$v = \frac{m_1u_1 + m_2u_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$v = \frac{0.05u_1 + (0.45 \times 0)}{(0.05 + 0.45)} = \frac{0.05}{0.50}u_1$$

பொதுவான திசைவேகமானது துப்பாக்கி குண்டு மற்றும் பொருள் ஆகிய ஒருங்கிணைந்த அமைப்பின் மேல்நோக்கிய செங்குத்து இயக்கத்திற்கான தொடக்க திசைவேகம் ஆகும். இரண்டாவது இயக்கச் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$v = \sqrt{2 \times 10 \times 1.8} = \sqrt{36}$$

$$v = 6\,m\,s^{-1}$$

இதனை மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் பிரதியிட்டு u_1 மதிப்பைப்பெற

$$6 = \frac{0.05}{0.50}u_1 \quad \text{அல்லது} \quad u_1 = \frac{0.50}{0.05} \times 6 = 10 \times 6$$

$$u_1 = 60\,m\ s^{-1}$$

4.4.4 முழு மீட்சியற்ற மோதலில் ஏற்படும் இயக்க ஆற்றல் இழப்பு

முழு மீட்சியற்ற மோதலின்போது இயக்க ஆற்றலின் இழப்பானது ஒலி, வெப்பம், ஒளி போன்ற வேறு வகையான ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. மோதலுக்கு முன் மொத்த இயக்க ஆற்றல் KE_i மற்றும் மோதலுக்குப்பின் மொத்த இயக்க ஆற்றல் KE_f எனக் கொள்க.

மோதலுக்கு முன் மொத்த இயக்க ஆற்றல்

$$KE_i = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 \quad (4.64)$$

மோதலுக்குப் பின் மொத்த இயக்க ஆற்றல்

$$KE_f = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 \quad (4.65)$$

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 200 06-01-2022 01:49:09

எனவே இயக்க ஆற்றலில் ஏற்படும் இழப்பு

$\Delta Q = KE_i - KE_f$

$$\Delta Q = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 - \frac{1}{2}(m_1+m_2)v^2 \quad (4.66)$$

சமன்பாடு (4.63) ஐ சமன்பாடு (4.66) இல் பிரதியிட்டு $(a+b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab$ என்ற இயற்கணித சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, சுருக்க நாம் பெறுவது

இயக்க ஆற்றலில் ஏற்படும் இழப்பு

$$\Delta Q = \frac{1}{2}\left(\frac{m_1m_2}{m_1+m_2}\right)(u_1-u_2)^2 \quad (4.67)$$

4.4.5 மீட்சியளிப்பு குணகம் (e) (Coefficient of restitution)

ஒரு இரப்பர் பந்து மற்றும் ஒரு பிளாஸ்டிக் பந்து இரண்டையும் ஒரே தளத்தில் விழச்செய்வதாகக் கொள்வோம். இரப்பர் பந்தானது பிளாஸ்டிக் பந்தைவிட அதிக உயரத்திற்கு மேலெழும்பும். ஏனென்றால் ஒரு மீட்சிப் பண்புள்ள இரப்பர் பந்திற்கு இயக்க ஆற்றலின் இழப்பு பிளாஸ்டிக் பந்திற்கான இழப்பைவிட மிக குறைவாகும். பொதுவாக மோதலுக்குப் பிறகு இரு பொருள்களின் இயக்க ஆற்றல் மதிப்பினை மீட்சியளிப்பு குணகம் (Coefficient of Restitution – COR) எனப்படும் ஒரு பரிமாணமற்ற எண் மூலமாக அளந்தறியலாம்.

மோதலுக்குப் பின் உள்ள விலகும் திசைவேகத்திற்கும் (சார்புத் திசைவேகம்) மோதலுக்கு முன் உள்ள நெருங்கும் திசைவேகத்திற்கும் (சார்புத் திசைவேகம்) இடையே உள்ள விகிதம் மீட்சியளிப்பு குணகம் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

அதாவது

$$e = \frac{\text{விலகும் திசைவேகம் (மோதலுக்குப் பின்)}}{\text{நெருங்கும் திசைவேகம் (மோதலுக்கு முன்)}} = \frac{(v_2 - v_1)}{(u_1 - u_2)} \quad (4.68)$$

மீட்சி மோதலில் விலகும் திசைவேகமானது நெருங்கும் திசைவேகத்திற்கு சமம் என கிடைக்கப் பெற்றோம்.

அதாவது

$$(u_1 - u_2) = (v_2 - v_1) \rightarrow e = \frac{(v_2 - v_1)}{(u_1 - u_2)} = 1$$

மீட்சி மோதலுக்கு மீட்சியளிப்பு குணகம் e = 1 என்பதை இது குறிக்கிறது. இயல்பாக, மோதலுக்குப் பிறகு இயக்க ஆற்றலில் இழப்பு ஏதுமில்லை என்பதே இதன் பொருளாகும். எனவே பொருளானது அதே இயக்க ஆற்றலுடன் மேலெழும்புகிறது. இது வழக்கமாக முழு மீட்சி என அழைக்கப்படுகிறது.

எவ்வித உண்மையான மோதல் நிகழ்வுகளிலும் மோதலினால் இயக்க ஆற்றலில் ஏதாவது இழப்பு ஏற்படும். இதன் பொருள் e இன் மதிப்பு எப்பொழுதும் 1 – ஐ விடக் குறைவாக இருக்கும். முழுமையான பிளாஸ்டிக் பந்தாக இருந்தால் அது மீண்டும் மேலெழும்பாது. ஆகையால் மோதலுக்குப் பிறகு அவற்றின் விலகும் திசைவேகம் சுழியாகும். எனவே மீட்சியளிப்பு குணகத்தின் மதிப்பு $e = 0$.

பொதுவாக, ஒரு பொருளின் மீட்சியளிப்பு குணகம் $0 < e < 1$ என இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 4.22

ஒரு மீட்சியற்ற மோதலில் ஒரு பொருள் நிலையாக உள்ளபோது சமநிறைகள் கொண்ட பொருள்களின் திசைவேகங்களின் விகிதம் $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1-e}{1+e}$ எனக் காட்டுக.

தீர்வு

$$e = \frac{\text{விலகும் திசைவேகம் (மோதலுக்குப் பின்)}}{\text{நெருங்கும் திசைவேகம் (மோதலுக்கு முன்)}}$$

$$= \frac{(v_2 - v_1)}{(u_1 - u_2)} = \frac{(v_2 - v_1)}{(u_1 - 0)} = \frac{(v_2 - v_1)}{u_1}$$

$$\Rightarrow v_2 - v_1 = e u_1 \quad (1)$$

நேர்க்கோட்டு உந்தம் மாறா விதியிலிருந்து

$$m u_1 = m v_1 + m v_2 \Rightarrow u_1 = v_1 + v_2 \quad (2)$$

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 201 06-01-2022 01:49:11

சமன்பாடு (2) இல் உள்ள u_1 இன் மதிப்பை சமன்பாடு (1) இல் பிரதியிட

$$v_2 - v_1 = e(v_1 + v_2)$$

இதனைச் சுருக்க

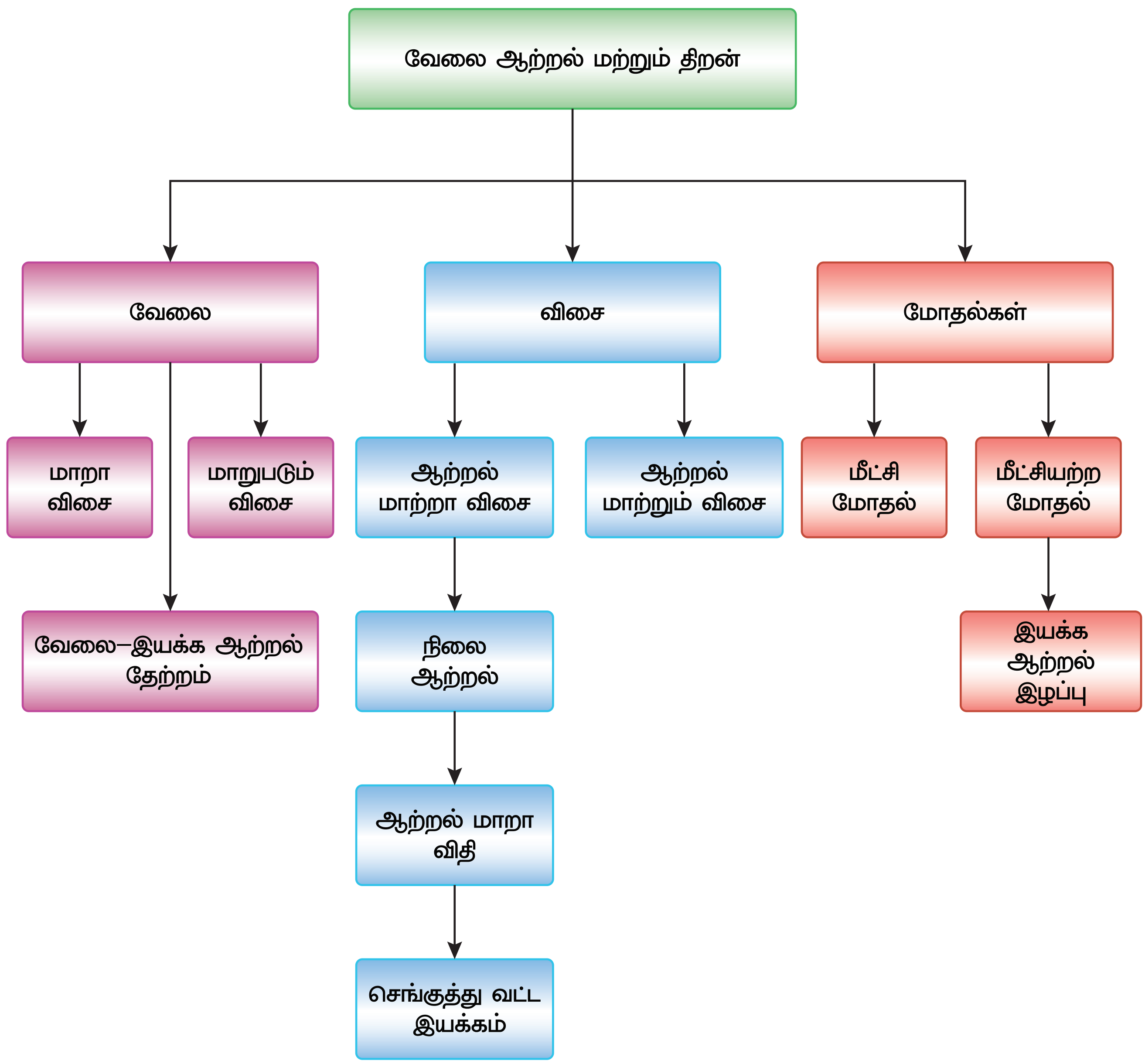
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{1-e}{1+e}$$

பாடச்சுருக்கம்

- $\vec{F}$ என்ற ஒரு விசை ஒரு பொருளின் மீது செயல்பட்டு அதனை $d\vec{r}$ தொலைவு இடம்பெயரச் செய்தால், விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை $W = \vec{F}.d\vec{r} = Fdr\cos\theta$
- மாறக்கூடிய விசையால் செய்யப்பட்ட வேலை $\int_i^f \vec{F}.d\vec{r}$ என வரையறுக்கப்படுகிறது.
- வேலை – இயக்க ஆற்றல் தேற்றம்: பொருளின் மீது விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை அதன் இயக்க ஆற்றலின் மாறுபாட்டிற்குச் சமமாகும்.
- இயக்க ஆற்றலை உந்த மதிப்பின் மூலமாகவும் வரையறை செய்யலாம். அதன்படி $K.E = \frac{p^2}{2m}$
- P என்ற புள்ளியில் நிலை ஆற்றலானது பொருளை ஒரு குறிப்புப் புள்ளி O முதல் புள்ளி P வரை மாறா திசைவேகத்துடன் நகர்த்தத் தேவையான வேலையின் அளவு என வரையறுக்கப்படுகிறது. இதனை $U = \int_O^P \vec{F}_{ext}.d\vec{r}$ என எழுதலாம். குறிப்புப் புள்ளியில் நிலை ஆற்றல் சுழி எனக் கருதப்படுகிறது.
- h உயரத்தில் ஈர்ப்பு அழுத்த ஆற்றல் $U = mgh$. நீட்சி அல்லது அமுக்கம் x எனில் சுருள்வில் நிலை ஆற்றல் $U = \frac{1}{2}kx^2$. இங்கு k என்பது சுருள்வில் மாறிலி ஆகும்.
- ஆற்றல் மாற்றா விசையால் ஒரு மூடிய பாதையில் செய்யப்பட்ட வேலை சுழியாகும் மேலும், ஆற்றல் மாற்றும் விசைக்கு இது சுழியல்ல.
- புவியீர்ப்பு விசை, சுருள்வில் விசை மற்றும் கூலூம் விசை ஆகியவை ஆற்றல் மாற்றா விசைகள். ஆனால் உராய்வு விசை ஆற்றல் மாற்றும் விசை ஆகும்.
- ஆற்றல் மாற்றா விசையின் புலத்தில் பொருளின் மொத்த ஆற்றல் மாற்றப்படாது.
- செங்குத்து வட்ட இயக்கத்தில் வட்டத்தை நிறைவு செய்ய வட்டப்பாதையின் கீழ்புள்ளியில் கொடுக்கத் தேவையான சிறும வேகம் $\sqrt{5gr}$ ஆகும். இங்கு r என்பது வட்டத்தின் ஆரம்.
- திறன் என்பது செய்யப்பட்ட வேலையின் வீதம் அல்லது ஆற்றல் வெளிப்படும் வீதம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இதன் மதிப்பு $P = \frac{W}{t} = \vec{F}.\vec{v}$
- மீட்சி மற்றும் மீட்சியற்ற மோதல்கள் இரண்டிலும் அமைப்பின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் எப்போதும் மாறாது.
- மீட்சி மோதல்களில் அமைப்பின் இயக்க ஆற்றல் மாறாது.
- மீட்சியளிப்பு குணகம் $= \frac{\text{விலகும் திசைவேகம் (மோதலுக்குப் பின்)}}{\text{நெருங்கும் திசைவேகம் (மோதலுக்கு முன்)}}$

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 202 06-01-2022 01:49:13

கருத்து வரைபடம்



UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 203 06-01-2022 01:49:13

மதிப்பீடு

I. சரியான விடையை தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. $(2\hat{i}+\hat{j})$ N என்ற சீரான விசை 1 kg நிறையுள்ள ஒரு பொருளின்மீது செயல்படுகிறது. பொருளானது $(3\hat{j}+\hat{k})$ என்ற நிலை முதல் $(5\hat{i}+3\hat{j})$ என்ற நிலை வரை இடம்பெயருகிறது. பொருளின் மீது விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை

(AIPMT மாதிரி 2013)

(a) 9 J (b) 6 J
(c) 10 J (d) 12 J

2. 80 m உயரமுள்ள ஒரு கட்டிடத்தின் மேலிருந்து 1 kg மற்றும் 2 kg நிறையுள்ள பந்துகள் போடப்படுகிறது. புவியை நோக்கி ஒவ்வொன்றும் 40 m விழுந்த பிறகு அவற்றின் இயக்க ஆற்றல்களின் விகிதம்

(AIPMT மாதிரி 2013)

(a) $\sqrt{2}:1$ (b) $1:\sqrt{2}$
(c) 2 : 1 (d) 1 : 2

3. 1 kg நிறையுள்ள ஒரு பொருள் 20 m s^{-1} திசைவேகத்துடன் மேல்நோக்கி எறியப்படுகிறது. அது 18 m உயரத்தை அடைந்தவுடன் கணநேர ஓய்வு நிலைக்கு வருகிறது. உராய்வு விசையால் இழக்கப்பட்ட ஆற்றல் எவ்வளவு?

($g = 10\,ms^{-2}$ எனக்கொள்க) (AIPMT 2009)

(a) 20 J (b) 30 J
(c) 40 J (d) 10 J

4. ஒரு இயந்திரம் நீரை தொடர்ச்சியாக ஒரு குழாயின் வழியே இறைக்கிறது. நீரானது v என்ற திசைவேகத்துடன் குழாயை விட்டுச் செல்கிறது மற்றும் இறைக்கப்படும் நீரின் ஓரலகு நீளத்தின் நிறை m என்க. நீருக்கு இயக்க ஆற்றல் அளிக்கப்பட்ட வீதம் யாது?

(AIPMT 2009)

(a) $\frac{1}{2}mv^3$ (b) mv^3
(c) $\frac{3}{2}mv^2$ (d) $\frac{5}{2}mv^2$

5. 4 m நிறையுளள ஒரு பொருள் – தளத்தில் ஓய்வு நிலையில் உள்ளது. அது திடீரென மூன்று துண்டுகளாக வெடித்துச் சிதறுகிறது. m நிறையுள்ள இரு துண்டுகள் v என்ற சம வேகத்தில் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இயங்குகிறது. வெடிப்பினால் உருவாக்கப்பட்ட மொத்த இயக்க ஆற்றல்

(AIPMT 2014)

(a) m v^2 (b) $\frac{3}{2}mv^2$
(c) 2 m v^2 (d) 4 m v^2

6. ஒரு அமைப்பின் நிலை ஆற்றல் உயருகிறது. எனில்
(a) ஆற்றல் மாற்றா விசைக்கெதிராக அமைப்பினால் வேலை செய்யப்படுகிறது
(b) ஆற்றல் மாற்றும் விசைக்கெதிராக அமைப்பினால் வேலை செய்யப்படுகிறது
(c) ஆற்றல் மாற்றா விசையினால் அமைப்பின் மீது வேலை செய்யப்படுகிறது
(d) ஆற்றல் மாற்றும் விசையினால் அமைப்பின் மீது வேலை செய்யப்படுகிறது

7. R ஆரமுள்ள ஒரு செங்குத்து வட்டத்தை நிறைவு செய்ய m நிறையுள்ள பொருள் கீழ்முனையில் எந்த சிறும திசைவேகத்துடன் வட்டப்பாதையில் நுழைய வேண்டும்?

(a) $\sqrt{2gR}$
(b) $\sqrt{3gR}$
(c) $\sqrt{5gR}$
(d) $\sqrt{gR}$

8. ஒரு மூடிய பாதைக்கு ஆற்றல் மாற்றா விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை ?
(a) எப்போதும் எதிர் குறியுடையது
(b) சுழி
(c) எப்போதும் நேர்க்குறியுடையது
(d) வரையறுக்கப்படாதது

9. ஒரு பொருளின் நேர்க்கோட்டு உந்தம் 0.1% உயர்ந்தால் அதன் இயக்க ஆற்றல் உயரும் அளவு

(a) 0.1%
(b) 0.2%
(c) 0.4%
(d) 0.01%

10S54

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 204 06-01-2022 01:49:17

10. ஒரு பொருளின் நிலை ஆற்றல் $\alpha - \dfrac{\beta}{2}x^2$ எனில், பொருளினால் உணரப்பட்ட விசை

(a) $F = \dfrac{\beta}{2}x^2$

(b) $F = \beta x$

(c) $F = -\beta x$

(d) $F = -\dfrac{\beta}{2}x^2$

11. காற்றால் இயங்கும் ஒரு மின்னியற்றி காற்று ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. மின்னியற்றியானது அதன் இறக்கைகளில் படும் காற்று ஆற்றலில் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை மட்டும் மின் ஆற்றலாக மாற்றுவதாகக் கருதுக. v என்பது காற்றின் வேகம் எனில், வெளியீடு மின்திறன் எதற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்?

(a) v (b) v^2

(c) v^3 (d) v^4

12. சம நிறையுள்ள இரு பொருள்கள் m_1 மற்றும் m_2 ஒரே நேர்க்கோட்டில் முறையே 5 m s^{-1} மற்றும் –9 m s^{-1} என்ற திசைவேகங்களில் இயங்குகின்றன. மோதலானது மீட்சி மோதல் எனில் மோதலுக்குப்பின் m_1 மற்றும் m_2 பொருள்களின் திசைவேகங்கள், முறையே

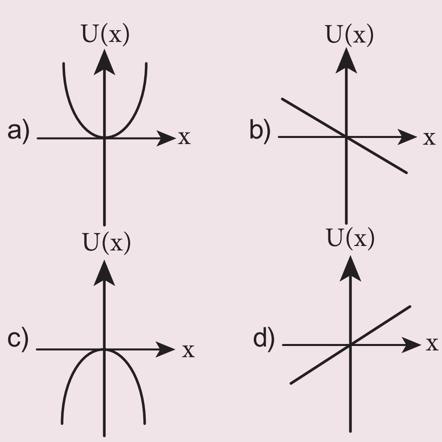
(a) –4 m s^{-1} மற்றும் 10 m s^{-1}

(b) 10 m s^{-1} மற்றும் 0 m s^{-1}

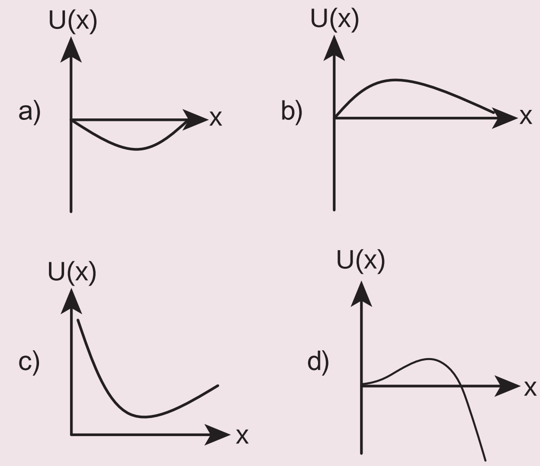
(c) –9 m s^{-1} மற்றும் 5 m s^{-1}

(d) 5 m s^{-1} மற்றும் 1 m s^{-1}

13. ஒரு பொருள் தொடக்கப் புள்ளியில் வைக்கப்பட்டு $F = kx$ என்ற விசை அதன் மீது செயல்படுகிறது (k என்பது நேர்க்குறி மதிப்புள்ள மாறிலி) U(0) = 0 எனில் U(x) மற்றும் x இடையே உள்ள வரைபடமானது (இங்கு U என்பது நிலை ஆற்றலின் சார்பு)



14. x- அச்சின் வழியே இயங்குமாறு கட்டுப்படுத்தப்பட்ட ஒரு பொருள் அதே திசையில் ஒரு விசைக்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. அவ்விசையானது தொடக்கப்புள்ளியில் இருந்து பொருளின் தொலைவு x ஐப் பொறுத்து $F(x) = -kx + ax^3$ என மாறுகிறது. இங்கு k மற்றும் a என்பவை நேர்க்குறி மதிப்புள்ள மாறிலிகள். $x \geq 0$ என்பதற்கு பொருளின் நிலை ஆற்றலுக்கான சார்பு வடிவம்



15. k என்ற விசை மாறிலி கொண்ட ஒரு சுருள்வில் ஒரு துண்டு மற்றொன்றை விட இரு மடங்கு நீளம் உள்ளவாறு இரு துண்டுகளாக வெட்டப்படுகிறது. நீளமான துண்டு பெற்றுள்ள விசை மாறிலியானது

(a) $\dfrac{2}{3}k$

(b) $\dfrac{3}{2}k$

(c) 3k

(d) 6k

விடைகள்

1) c	2) d	3) a	4) a	5) b
6) a	7) c	8) b	9) b	10) b
11) c	12) c	13) c	14) d	15) b

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 205 06-01-2022 01:49:20

II. குறு வினாக்கள்

1. இயற்பியலில் வேலையின் வரையறை–யானது பொதுக்கருத்திலிருந்து எவ்வாறு மாறுபடுகிறது என்பதை விளக்குக.
2. பல்வேறு வகையான நிலை ஆற்றலைக் கூறுக. அதன் சமன்பாடுகளை விளக்குக.
3. ஆற்றல் மாற்றா விசை மற்றும் ஆற்றல் மாற்றும் விசைகளுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடுகளைக்கூறுக.ஒவ்வொன்றிற்கும் இரு உதாரணங்கள் தருக.
4. மீட்சி மற்றும் மீட்சியற்ற மோதலின் சிறப்பியல்புகளை விளக்குக.
5. பின்வருவனவற்றை வரையறு
   (a) மீட்சியளிப்பு குணகம்
   (b) திறன்
   (c) ஆற்றல் மாறா விதி
   (d) மீட்சியற்ற மோதலில் இயக்க ஆற்றல் இழப்பு

III. நெடு வினாக்கள்

1. மாறா விசை மற்றும் மாறும் விசையால் செய்யப்பட்ட வேலைகளுக்கிடையே உள்ள வேறுபாடுகளை வரைபடங்களுடன் விளக்குக.
2. வேலை ஆற்றல் தத்துவத்தைக் கூறி விளக்குக. அதற்கு ஏதேனும் மூன்று உதாரணகளைக் கூறுக.
3. திறன் மற்றும் திசைவேகத்திற்கான கோவையைத் தருவி. அதற்குச் சில உதாரணங்கள் தருக.
4. ஒரு பரிமாண மீட்சி மோதலில் பொருட்களின் திசைவேகத்திற்கான சமன்பாட்டைத் தருவித்து, அதன் பல்வேறு நேர்வுகளை விவரி.
5. மீட்சியற்ற மோதல் என்றால் என்ன? அது மீட்சிமோதலில் இருந்து எவ்வாறு மாறுபட்டது? அன்றாட வாழ்வில் மீட்சியற்ற மோதலுக்கு சில உதாரணங்களைக் கூறுக.

IV. பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. 2 kg பளுவை 10 m உயரத்திற்கு தூக்கும் 30 N விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடுக. ($g=10\ m\ s^{-2}$)

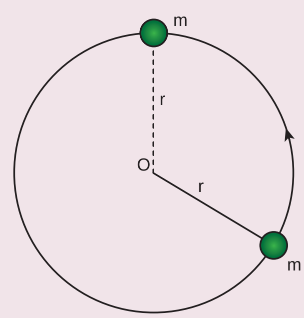
   விடை: 300 J

2. ஒரு உராய்வற்ற கிடைத்தளத்தில் $5\ m\ s^{-1}$ திசைவேகத்தைக் கொண்ட பந்து ஒன்று செங்குத்துடன் 60° கோணத்தில் மோதுகிறது. மீட்சியளிப்பு குணகம் 0.5 எனில் மோதலுக்குப் பிறகு பந்தின் திசைவேகம் மற்றும் திசையைக் காண்க.

   விடை: $v = 4.51\ m\ s^{-1}$

3. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு m நிறையுள்ள ஒரு குண்டு r நீளமுள்ள புறக்கணிக்கத் தக்க நிறை கொண்ட கம்பியில் இணைக்கப்பட்டு மறுமுனை O என்ற நிலையான மையத்தில் தடையின்றி சுழலுமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. வட்டத்தின் மேற்புள்ளியை அடைய பொருளுக்கு அளிக்க வேண்டிய வேகம் என்ன? (குறிப்பு: ஆற்றல் மாறா விதியைப் பயன்படுத்துக) இந்த வேகம் பாடப்பகுதி 4.2.9 இல் பெறப்பட்ட வேகத்தைவிட குறைவானதா அல்லது அதிகமானதா?

   விடை: $v = \sqrt{4gr}\ m\ s^{-1}$



4. A மற்றும் B என்ற இரு நிறை தெரியாத வெவ்வேறு பொருள்கள் மோதிக் கொள்கின்றன. தொடக்கத்தில் பொருள் A ஓய்வு நிலையிலும், B ஆனது v வேகத்தையும் கொண்டுள்ளது. மோதலுக்குப் பின் பொருள் B ஆனது $\frac{v}{2}$ என்ற வேகத்தைப் பெற்று அதன் ஆரம்ப இயக்க திசைக்கு செங்குத்தாகச் செல்கிறது. மோதலுக்குப்பின் பொருள் A செல்லும் திசையைக் காண்க.

   விடை: $\theta = 26^\circ\ 33'$

5. 20 g நிறை கொண்ட ஒரு துப்பாக்கி குண்டு 5 kg நிறையுள்ள ஊசல் குண்டில் மோதுகிறது. ஊசலின் நிறையின் மையம் 10 cm செங்குத்துத் தொலைவு உயருகிறது. துப்பாக்கிகுண்டுஊசலில்பொதிந்துவிட்டால் அதன் தொடக்க வேகத்தைக் கணக்கிடுக.

   விடை: $v = 351.4\ m\ s^{-1}$

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 206 06-01-2022 01:49:20

மேற்கோள் நூல்கள்

1. Charles Kittel, Walter Knight, Malvin Ruderman, Carl Helmholtz and Moyer, *Mechanics,* 2nd edition, Mc Graw Hill Pvt Ltd,

2. A.P.French, *Newtonian Mechanics,* Viva-Norton Student edition

3. Somnath Datta, *Mechanics,* Pearson Publication

4. H.C.Verma, *Concepts of physics* volume 1 and Volume 2, Bharati Bhawan Publishers

5. Serway and Jewett, *Physics for scientist and Engineers with modern physics*, Brook/Coole publishers, Eighth edition

6. Paul Tipler and Gene Mosca, *Physics for scientist and engineers with modern physics*, Sixth edition, W.H. freeman and Company.

UNIT-4(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 207 06-01-2022 01:49:20