அலகு

8

வெப்பமும் வெப்ப இயக்கவியலும் (HEAT AND THERMODYNAMICS)

நானறிந்த வகையில் , பிரபஞ்ச உள்ளடக்கத்தை கொண்டிருக்கும் ஒரே இயற்பியல் கோட்பாடு வெப்ப இயக்கவியல் கோட்பாடே ஆகும். இதை ஒரு போதும், யாராலும் தூக்கி எறிந்து விட முடியாது. – ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீன்

கற்றலின் நோக்கங்கள்:

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- வெப்பம், வேலை மற்றும் வெப்பநிலை இவற்றின் பொருள்
- நல்லியல்பு வாயு விதிகள்
- தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் பற்றிய கருத்து
- திட, திரவ மற்றும் வாயுக்களின் வெப்ப விரிவு பற்றிய கருத்து
- பொருள்களின் பல்வேறு நிலைகள்
- நியூட்டனின் குளிர்வு விதி
- ஸ்டெஃபான் விதி மற்றும் வியன் விதி
- வெப்ப இயக்கச் சமநிலையின் பொருள்
- அக ஆற்றலின் பொருள்
- வெப்ப இயக்கவியலின் சுழிவிதி மற்றும் முதல் விதி
- பல்வேறு வெப்ப இயக்க நிகழ்வுகள்
- பல்வேறு வெப்ப இயக்க நிகழ்வுகளில் செய்யப்பட்ட வேலை
- வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி
- கார்னோ இயந்திரம் மற்றும் குளிர்சாதனப்பெட்டியின் செயல்பாடு

8.1 வெப்பம் மற்றும் வெப்பநிலை:

8.1.1 அறிமுகம்:

வெப்பநிலை மற்றும் வெப்பம் இவ்விரண்டும், அன்றாட வாழ்வில் மிக முக்கியப் பங்காற்றுகின்றன. அனைத்து உயிரினங்களும் சரிவர செயல்படுவதற்கு அவற்றின் உடல் வெப்பநிலையை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவில் பராமரித்தல் அவசியமாகும். உண்மையில் உயிரினங்கள் வாழ்வதற்குத் தேவையான வெப்பநிலையை சூரியனே தருகிறது. இயற்கையைப் புரிந்து கொள்வதற்கு மிகவும் அடிப்படையானது வெப்பநிலை மற்றும் வெப்பத்தைப் பற்றிய புரிதலாகும். வெப்பநிலை, வெப்பம் போன்றவற்றை விளக்கும் இயற்பியலின் ஒரு பிரிவே வெப்ப இயக்கவியல். இந்த அலகில் வழங்கப்பட்டுள்ள கருத்துக்கள் வெப்பம், குளிர்ச்சி மற்றும் வெப்பநிலையை வெப்பத்திலிருந்து வேறுபடுத்திப் பார்ப்பதற்கு துணைபுரியும். வெப்ப இயக்கவியலில் உள்ள வெப்பம் மற்றும் வெப்பநிலை இவ்விரண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று நெருங்கியத் தொடர்புடைய வெவ்வேறு இயற்பியல் அளவுகளாகும்.

8.1.2 வெப்பத்தின் உட்கருத்து

குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளின் மீது, அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளை வைக்கும்போது, அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலையுள்ள பொருளுக்கு தன்னிச்சையாக ஆற்றல் பரிமாற்றம்

ஏற்படும். இவ்வாற்றலுக்கு வெப்ப ஆற்றல் அல்லது வெப்பம் என்றுபெயர். இவ்வாற்றல் பரிமாற்ற நிகழ்வே வெப்பப்படுத்துதல் என்று அழைக்கப்படும். இந்த வெப்பப்பரிமாற்றத்தினால் சில நேரங்களில் பொருளின் வெப்பநிலை உயரும் அல்லது மாற்றம் ஏற்படாமல் அதே வெப்பநிலையிலேயே நீடிக்கும்.

குறிப்பு

வெப்பம் என்பது ஆற்றல் அளவு என்ற தவறான புரிதல் சில நேரங்களில் ஏற்படுவதுண்டு. "இது மிகவும் வெப்பமான தண்ணீர்"; "இது வெப்பம் குறைந்த தண்ணீர்" போன்றவை பொருளற்ற வாக்கியங்களாகும். ஏனெனில், வெப்பம் என்பது ஒரு அளவு அல்ல; அது உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலை உள்ள பொருளுக்கு பாயும் பரிமாற்ற ஆற்றலாகும். வெப்பப்படுத்தும் நிகழ்வு முடிவுற்றப் பின்னர் வெப்பம் என்ற வார்த்தையை நாம் பயன்படுத்தக்கூடாது. வெப்பம் என்பது பரிமாற்றமடையும் ஆற்றலை குறிக்குமேயன்றி பொருளில் சேமித்துவைக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றலைக் குறிக்காது.

எடுத்துக்காட்டு 8.1

a. இந்த ஏரியில் அதிக மழை உள்ளது.

b. குவளையில் உள்ள சூடான தேநீரில் அதிக வெப்பம் உள்ளது.

இவ்விரண்டு கூற்றுகளில் உள்ள தவறு என்ன?

தீர்வு

a. மழைபொழியும் போது, மேகங்களிலிருந்து ஏரி தண்ணீரைப் பெறுகிறது. மழை பொழிவது நின்றவுடன் ஏரி முன்பு இருந்ததை விட அதிகத் தண்ணீரைப் பெற்றிருக்கும். இங்கு மழை என்பது மேகங்களிலிருந்து தண்ணீரைப் பெறும் ஒரு செயலாகும். மழை பொழிவது ஒரு அளவு அல்ல. மாறாக மழை மேகங்கள் தண்ணீராக மாற்றமடைந்து ஏரிக்கு செல்வதைக் குறிக்கும். எனவே ஏரியில் அதிக மழை உள்ளது என்று கூறுவது தவறாகும். மாறாக ஏரியில் அதிகத் தண்ணீர் உள்ளது என்று கூறுவதே பொருத்தமானதாகும்.

b. குவளையில் உள்ள தேநீர் வெப்பப்படுத்துவதால் அடுப்பிலிருந்து வெப்பத்தைப் பெறுகிறது. தேநீரை இறக்கி வைத்தவுடன் அது முன்பிருந்ததைவிட அதிக அக ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும். வெப்பம் என்பது உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து, குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்கு ஆற்றல் செல்வதைக் குறிக்கிறது. வெப்பம் ஓர் அளவு அல்ல. எனவே குவளையில் உள்ள தேநீரில் அதிக வெப்பம் உள்ளது என்று கூறுவதை விட குவளையில் உள்ள தேநீர் அதிக சூடாக உள்ளது என்பதே பொருத்தமானதாகும்.

8.1.3 வேலையின் உட்கருத்து:

உங்களின் இரண்டு உள்ளங்கைகளையும் ஒன்றுடன் ஒன்று தேய்க்கும்போது, அவற்றின் வெப்பநிலை உயர்வதை காணலாம். உங்கள் உள்ளங்கைகளின்மீது ஒரு வேலை செய்யப்படுகிறது. அந்த செய்யப்பட்ட வேலையால்தான் வெப்பநிலை உயர்ந்துள்ளது.தற்போது உங்கள் உள்ளங்கைகளை கன்னத்தின் மீது வைக்கும்போது, கன்னத்தின் வெப்பநிலை உயர்வதைக் காணலாம். ஏனென்றால் உள்ளங்கைகளில்வெப்பநிலை கன்னத்தின் வெப்பநிலையை விட அதிகம். அதனால் வெப்பம் உள்ளங்கையிலிருந்து கன்னத்திற்கு பாய்கிறது. மேலே கூறப்பட்ட எடுத்துக்காட்டிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால் உள்ளங்கைகளின் வெப்பநிலை உயர்ந்தது செய்யப்பட்ட வேலையினால். கன்னத்தின் வெப்பநிலை உயர்ந்தது உள்ளங்கைகளிலிருந்து, கன்னத்திற்கு வெப்பம் பரிமாற்றப்பட்டதால். தான் இவை படம் (8.1) இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அமைப்பு ஒன்றின்மீது வேலை செய்யப்படும்போது சில நேரங்களில், அமைப்பின் வெப்பநிலை உயரும்.

படம் 8.1 வேலை மற்றும் வெப்பத்திற்கிடையேயான வேறுபாடு

அல்லது சில நேரங்களில் அதே நிலையில் நீடிக்கும். வெப்பத்தைப் போன்றே வேலையும் ஒரு அளவு அல்ல. அது ஆற்றலை பரிமாற்றும் ஒரு செயலாகும். எனவே இந்தப்பொருள் அதிக வேலையைப் பெற்றுள்ளது அல்லது குறைந்த வேலையைப் பெற்றுள்ளது போன்ற வாக்கியங்களைப் பயன்படுத்தக்கூடாது.

அமைப்பு, சூழலின் மீது ஒரு வேலையைச் செய்து அச்சூழலுக்கு ஆற்றலை மாற்றம் செய்யும் அல்லது சூழல், அமைப்பின் மீது ஒரு வேலையை செய்து, அந்த அமைப்பிற்கு ஆற்றலை மாற்றம் செய்யும். எனவே ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு வேலை மூலமாக ஆற்றலை மாற்றுவதற்கு அவ்விரண்டு பொருள்களும் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை.

8.1.4 வெப்பநிலையின் உட்கருத்து

வெப்பநிலைஎன்பதுபொருளொன்றின்சூடுத்தன்மை அல்லது குளிர்த்தன்மையைக் குறிப்பதாகும். சூடாக உள்ள பொருளொன்றின் வெப்பநிலை உயர்ந்த மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும். இரண்டு பொருள்கள் வெப்பத் தொடர்பில் உள்ளபோது அவைகளுக்கிடையே பாயும் வெப்பத்தின் திசையை வெப்பநிலை தீர்மானிக்கிறது.

வெப்பநிலையின் SI அலகு கெல்வின் (K).

குறிப்பு: வெப்ப இயக்கவியல் அலகிலும், வாயுக்களின் இயக்கவியற் கொள்கை அலகிலும், நாம் எந்த கணக்கீடு செய்யும்போதும், வெப்பநிலையை கெல்வின் அலகில் மட்டுமே பயன்படுத்த வேண்டும்

நடைமுறையில் செல்சியஸ் (°C) மற்றும் ஃபாரன்ஹீட் (°F) என்ற அளவுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

வெப்பநிலைமானியைக் கொண்டு (Thermometer) பொருளின் வெப்பநிலையை அளந்தறியலாம்.

அட்டவணை 8.1 இல் ஒரு வெப்பநிலை அளவிடும் முறையிலிருந்து மற்றொரு வெப்பநிலை அளவிடும் முறைக்கு மாற்றுவதற்கான கணக்கீட்டு முறைகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

8.2 பருப்பொருளின் வெப்பப்பண்புகள்:

8.2.1 பாயில் விதி, சார்லஸ் விதி மற்றும் நல்லியல்பு வாயு விதி:

பருமன் V கொண்ட கொள்கலனில் குறைந்த அழுத்தத்தில் (அடர்த்தி) உள்ள வாயு ஒன்றினைக் கொண்டு நிகழ்த்தப்பட்ட சோதனையிலிருந்து பின்வரும் முடிவுகள் கிடைக்கின்றன.

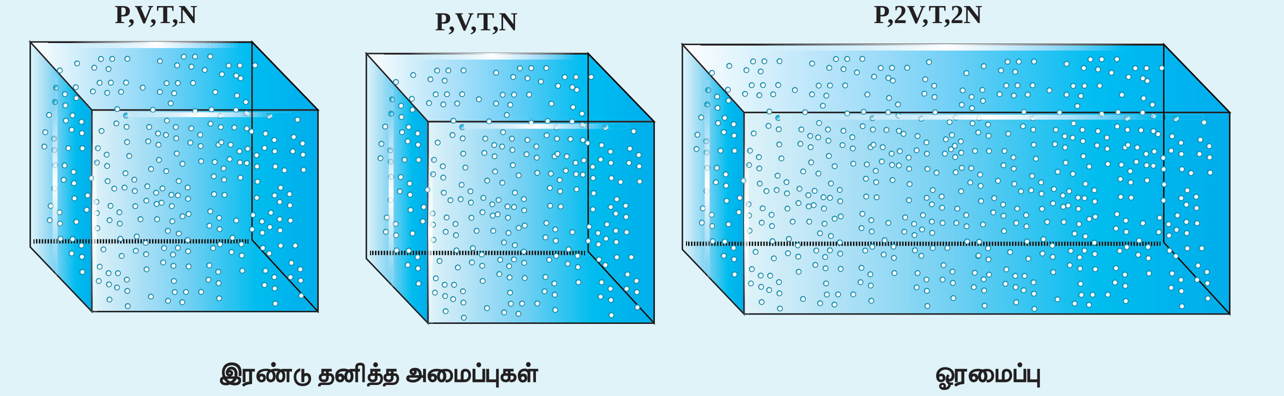
- மாறா வெப்பநிலையிலுள்ள வாயு ஒன்றின் அழுத்தம், அதன் பருமனுக்கு எதிர்விகிதத்திலிருக்கும் $\left(P \propto \frac{1}{V}\right)$. இதனை இராபர்ட் பாயில் (Robert Boyle) என்பவர் (1627-1691) கண்டறிந்தார். எனவே இவ்விதி பாயில்விதி என அழைக்கப்படுகிறது.

அட்டவணை 8.1 வெப்பநிலையை ஒரு அளவிடும் முறையிலிருந்து மற்றொரு அளவிடும் முறைக்கு மாற்றுவதற்கான வழிமுறை

அளவிடும் முறை	கெல்வின் முறைக்கு	கெல்வின் முறையிலிருந்து மற்ற முறைக்கு
செல்சியஸ்	K=°C + 273.15	°C = K – 273.15
பாரன்ஹீட்	K=(°F + 459.67)÷1.8	°F=(K × 1.8)-459.67

அளவிடும் முறை	பாரன்ஹீட் முறைக்கு	பாரன்ஹீட் முறையிலிருந்து மற்ற முறைக்கு
செல்சியஸ்	°F=(1.8 × °C) + 32	°C = (°F – 32)÷1.8

அளவிடும் முறை	செல்சியஸ் முறைக்கு	கெல்வின் முறையிலிருந்து மற்ற முறைக்கு
பாரன்ஹீட்	°C= (°F – 32)÷1.8	°F = (1.8 × °C) + 32



படம் 8.2 நல்லியல்பு வாயு விதி

- மாறா அழுத்தத்திலுள்ள வாயு ஒன்றின் பருமன், அதன் வெப்பநிலைக்கு (கெல்வின்) நேர்த்தகவிலிருக்கும். $V \propto T$ இதனை ஜாக்ஸ் சார்லஸ் (Jacques Charles) (1743-1823) என்பவர் கண்டறிந்தார். எனவே இவ்விதி சார்லஸ்விதி என்று அழைக்கப்படுகிறது.
- இவ்விரண்டு விதிகளையும் ஒன்றிணைக்கும்போது பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கும். $PV = CT$ இங்கு C என்பது நேர்க்குறி கொண்ட மாறிலியாகும். இந்த நேர்க்குறி மாறிலி C கொள்கலனிலுள்ள துகள்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும் என்பதை பின்வரும் விவாதத்தின் மூலம் அறியலாம். ஒத்த பருமன் V, அழுத்தம் P மற்றும் வெப்பநிலை T, கொண்ட ஒரே வகையான வாயுவால் இவ்விரண்டு கொள்கலன்களும் நிரப்பப்பட்டுள்ளன என்க. இரண்டு கொள்கலனிலும் உள்ள வாயு மேலே குறிப்பிட்டுள்ள $PV = CT$ என்ற சமன்பாட்டின்படி செயல்படும். இவ்விரண்டு தனித்தனியான கொள்கலனையும் படம் 8.2 இல் காட்டியுள்ளவாறு ஒரே அமைப்பாகக் கருதினால் அவ்வாயுவின் அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலை ஒரே மதிப்பினைப் பெறும் ஆனால் பருமனும், துகள்களின் எண்ணிக்கையும் இரண்டு மடங்காகும்.

ஆகவே வாயுவின் பருமன் 2V மற்றும் துகள்களின் எண்ணிக்கை 2C. எனவே நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாடு $\frac{P(2V)}{T} = 2C$. இச்சமன்பாடு நமக்கு உணர்த்துவது என்னவென்றால் நேர்க்குறி மாறிலி C கண்டிப்பாக வாயுவிலுள்ள துகள்களின் எண்ணிக்கையை சார்ந்திருக்கும் என்பதாகும்.

மேலும் இதன் பரிமாணம் $\left[\frac{PV}{T}\right] = JK^{-1}$ இந்த நேர்க்குறி மாறிலி C ஐ துகள்களின் எண்ணிக்கை (N) யின் k மடங்கு என எழுதலாம். இங்கு k என்பது பொது மாறிலியான போல்ட்ஸ்மென் மாறிலியாகும். $(1.381\times10^{-23}\ JK^{-1})$

பொதுவாக ஒரு நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$PV = NkT \tag{8.1}$$

சமன்பாடு (8.1) ஐ மோல்களின் அடிப்படையிலும் எழுதலாம்.

வாயு ஒன்று μ மோல்கள் கொண்ட துகள்களைப் பெற்றிருந்தால், அவ்வாயுவிலுள்ள மொத்தத்துகள்களின் எண்ணிக்கையை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$N = \mu N_A \tag{8.2}$$

இங்கு N_A என்பது அவகாட்ரோ எண் $(6.023\times10^{23} mol^{-1})$ ஆகும். சமன்பாடு (8.2) இல் உள்ள N இன் மதிப்பை (8.1) இல் பிரதியிடும்போது $PV = \mu N_A kT$ எனக்கிடைக்கும். இங்கு $N_A k = R$ என்பது பொது வாயுமாறிலி என அழைக்கப்படும். இதன் மதிப்பு $8.314\ J/mol.\ K$.

எனவே μ மோல் கொண்ட நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் வாயுச் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$PV = \mu RT \tag{8.3}$$

இச்சமன்பாட்டிற்கு நல்லியல்பு வாயுவின் நிலைச்சமன்பாடு [equation of state] என்று பெயர். இச்சமன்பாடு சமநிலையிலுள்ள வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றின் அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்பநிலையை ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புபடுத்துகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.2

8 km தொலைவிலிருந்து மிதிவண்டியின் மூலம் பள்ளிக்கு வரும் மாணவியின், மிதிவண்டியின் சக்கரத்தின் காற்றழுத்தம் 27°C இல் 240 kPa. அம்மாணவி பள்ளியை அடைந்தவுடன் சக்கரத்தின் வெப்பநிலை 39°C எனில் சக்கரத்தின் காற்றழுத்தத்தின் மதிப்பினைக் காண்க.

தீர்வு:

சக்கரத்தில் உள்ள காற்றினை நல்லியல்பு வாயுவாகக் கருதினால், வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் சக்கரத்தின் பருமனும் இங்கு மாறிலியாகும். எனவே 27°C வெப்பநிலையிலுள்ள வாயு மூலக்கூறுகள் $P_1V_1 = NkT_1$ இலட்சிய வாயுச் சமன்பாட்டையும், 39°C வெப்பநிலையிலுள்ள வாயு மூலக்கூறுகள் $P_2V_2 = NkT_2$ என்ற இலட்சிய வாயுச் சமன்பாட்டையும் நிறைவு செய்யும்.

இங்கு T_1 மற்றும் T_2 என்பது கெல்வின் வெப்பநிலை ஆகும். நாம் அறிந்தபடி

$$V_1 = V_2 = V$$

$$\frac{P_1V}{P_2V} = \frac{NkT_1}{NkT_2}$$

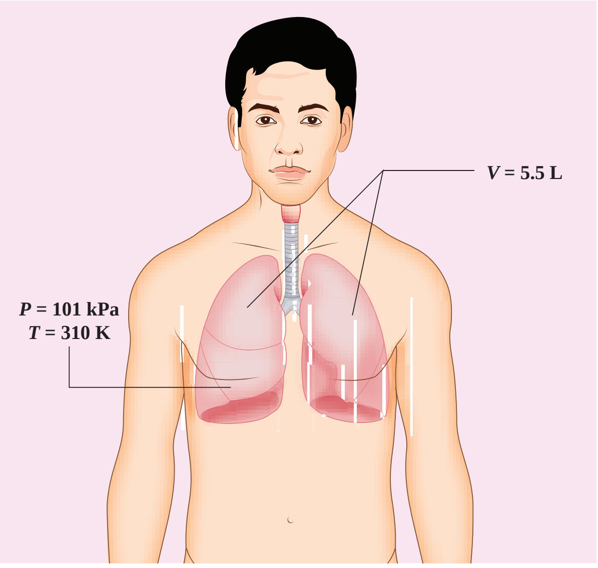
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1}P_1$$

$$P_2 = \frac{312K}{300K} \times 240 \times 10^3\,Pa = 249.6kPa$$

எடுத்துக்காட்டு 8.3

37°C உடல் வெப்பநிலையுடைய மனிதரொருவர் சுவாசிக்கும்போது, அவரின் நுரையீரலில் 5.5 லிட்டர் காற்று 1 வளி மண்டல அழுத்தத்தில் (1 atm =101 kPa) உள்ளே செல்கிறது. மனிதரின் நுரையீரலில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுக. (குறிப்பு: காற்றில் 21% ஆக்ஸிஜன் உள்ளது.)



தீர்வு:

நுரையீரலில் உள்ள காற்றை ஓர் நல்லியல்பு வாயுவாகக் கருதி, நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி வாயு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடலாம்.

$$PV = NkT$$

இங்கு வாயுவின் பருமன் லிட்டரில் கொடுக்கப்பட்டுளளது. ஒரு லிட்டர் என்பது 10 cm பக்க அளவு கொண்ட கனசதுரக் கொள் கலனின் பருமனுக்குச் சமம் எனவே,

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 99 26-03-2022 17:40:41

$1\text{லிட்டர்} = 10cm \times 10cm \times 10cm = 10^{-3}\ m^3$

$$N = \frac{PV}{kT} = \frac{1.01\times10^5\,Pa\times5.5\times10^{-3}\,m^3}{1.38\times10^{-23}\,JK^{-1}\times310K}$$

$N = 1.29\times10^{23}$ மூலக்கூறுகள்

கணக்கிடப்பட்ட N மதிப்பில் 21% மட்டுமே ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளாகும். எனவே மொத்த ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

$$= 1.29 \times 10^{23} \times \frac{21}{100}$$

ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

$= 2.7 \times 10^{22}$ மூலக்கூறுகள்

எடுத்துக்காட்டு 8.4

ஒரு மோல் அளவுள்ள ஏதேனும் ஒரு வாயுவின் பருமனை படித்தர வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில் (STP) காண்க. மேலும் அதே மூலக்கூறுகளின் பருமனை அறைவெப்பநிலை (300 K) மற்றும் ஒரு வளி மண்டல அழுத்தத்தில் (1 atm) கணக்கிடுக.

தீர்வு

படித்தர வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில், வெப்பநிலை (T = 273K அல்லது 0°C) மற்றும் அழுத்தம் (P = 1 atm அல்லது 101.3 kPa)

நல்லியல்பு வாயுச்சமன்பாட்டை இங்கு பயன்படுத்தும்போது $V = \frac{\mu RT}{P}$.

இங்கு $\mu = 1\ mol$ மற்றும் R = 8.314 J/mol.K. இம்மதிப்புகளை சமன்பாட்டில் பிரதியிடும்போது

$$V = \frac{(1mol)(8.314\frac{J}{mol}K)(273K)}{1.013\times10^5\,Nm^{-2}}$$

$= 22.4 \times 10^{-3}\ m^3$

நாம் அறிந்தபடி 1 லிட்டர் (L) = $10^{-3}\ m^3$.

இதிலிருந்து 1 மோல் அளவுள்ள எந்த ஒரு நல்லியல்பு வாயுவின் பருமன் 22.4 லிட்டர் என நாம் அறிந்து கொள்ளலாம்.

அறை வெப்பநிலையில் ஒரு மோல் அளவுள்ள வாயுவின் பருமனைக்கான 22.4 லிட்டரை $\frac{300K}{273K}$ ஆல் பெருக்க வேண்டும். அவ்வாறு கணக்கிடும்போது, வாயுவின் பருமன் 24.6 லிட்டர் எனக்கிடைக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 8.5

உனது வகுப்பறையில் உள்ள காற்றின் நிறையை இயல்பு வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தத்தில் (NTP) கணக்கிடுக. இங்கு இயல்பு வெப்பநிலை என்பது அறை வெப்பநிலையையும், இயல்பு அழுத்தம் என்பது ஒரு வளி மண்டல அழுத்தத்தைக் (1 atm) குறிக்கும்.

தீர்வு

வகுப்பறை ஒன்றின் சராசரி அளவு முறையே 6 m நீளம், 5 m அகலம் மற்றும் 4 m உயரமாகும். எனவே அறையின் பருமன் V = 6 × 5 × 4 = 120 m^3 ஆகும். இப்பருமனில் உள்ள மோல்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிட வேண்டும்.

அறை வெப்பநிலையிலுள்ள (300K) ஒரு மோல் வாயுவின் பருமன் 24.6 லிட்டர். எனவே,

மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

$$\mu = \frac{120m^3}{24.6\times10^{-3}\,m^3} \approx 4878\ mol.$$

காற்றில் 21% ஆக்ஸிஜன், 78% நைட்ரஜன் மற்றும் 1% ஆர்கான், ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் மற்றும் செனான் போன்ற வாயுக்களின் கலவை உள்ளது. காற்றின் மூலக்கூறு நிறை 29 g mol^{-1} எனவே அறையில் உள்ள காற்றின் மொத்த நிறை $m = 4878 \times 29 \times 10^{-3} = 141.4\ kg$ ஆகும்.

8.2.2 வெப்ப ஏற்புத்திறன் மற்றும் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (Heat capacity and specific heat capacity)

27°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீர் மற்றும் எண்ணை இவ்விரண்டையும் சம அளவில் எடுத்துக்கொண்டு

50°C வெப்பநிலையை அடையும் வரை இவ்விரண்டையும் வெப்பப்படுத்தவும். 50°C வெப்பநிலையை அடைவதற்கான நேரத்தைத் தனித்தனியே கண்டறியவும். இவ்விரண்டு நேரங்களும் நிச்சயம் ஒன்றாக இருக்காது. எண்ணையுடன் ஒப்பிடும்போது நீர் அதிக நேரத்தை எடுத்துக்கொள்ளும். இதிலிருந்து 50°C வெப்பநிலையை அடைய எண்ணையைவிட நீருக்கு அதிக வெப்பம் தேவை என்பதை நாம் அறியலாம். இப்போது இரண்டு மடங்கு நீரினை எடுத்துக்கொண்டு அதன் வெப்பநிலை 50°C அடையும்வரை வெப்பப்படுத்தி அதற்கான நேரத்தை கண்டறியும்போது, அது ஏற்கனவே கண்டறியப்பட்ட நேரத்தைப்போன்று இருமடங்காக இருப்பதையும் நாம் அறியலாம்.

கொடுக்கப்பட்ட பொருளின் வெப்பநிலை, T யிலிருந்து T + ΔT ஆக உயர்த்த தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே "வெப்ப ஏற்புத்திறன்" என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\text{வெப்ப ஏற்புத்திறன் } S = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

ஒரு கிலோகிராம் நிறையுடைய பொருளின் வெப்பநிலையை ஒரு கெல்வின் அல்லது 1°C உயர்த்த தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே, தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\Delta Q = m\, s\Delta T$$

$$\text{எனவே, } s = \frac{1}{m}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)$$

இங்கு s என்பது பொருளின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனாகும். இதன் மதிப்பு பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்ததேயன்றி அளவை சார்ந்தல்ல.

ΔQ = வெப்பத்தின் அளவு

ΔT= வெப்பநிலை மாற்றம்

m = பொருளின் நிறை

தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனின் SI அலகு $J\,kg^{-1}\,K^{-1}$ ஆகும்.

வெப்ப ஏற்புத்திறன், தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் இரண்டும்நேர்க்குறி கொண்ட அளவுகள் ஆகும்.

அட்டவணை (8.2) இல் இருந்து நீரின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் பெரும மதிப்பைப் பெற்றுள்ளதை

அட்டவணை 8.2 சில பொதுவான பொருள்களின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (20°C வெப்பநிலை மற்றும் 1 atm அழுத்தத்தில்)

பொருள்	தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் ($Jkg^{-1}K^{-1}$)
காற்று	1005
ஈயம்	130
தாமிரம்	390
இரும்பு (எஃகு)	450
கண்ணாடி	840
அலுமினியம்	900
மனித உடல்	3470
நீர்	4186

குறிப்பு

வெப்ப ஏற்புத்திறன் அல்லது தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்பது பொருள்களில் பொதிந்துள்ள வெப்பத்தின் அளவைக் குறிப்பவை அல்ல. ஏனெனில் வெப்பம் என்பது உயர் வெப்ப நிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலை உள்ள பொருளுக்கு பாயும் ஒரு பரிமாற்ற ஆற்றலாகும். எனவே வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்பதைவிட அக ஆற்றல் ஏற்புத்திறன் என்பதே சரியான பதமாகும் ஆனால் நெடுங்காலமாக இவ்வார்த்தைகள் வழக்கத்தில் உள்ளதால் அவற்றை அப்படியே நாம் பயன்படுத்துகிறோம்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

ஒரே நிறையுடைய இரண்டு வெவ்வேறு பொருள்களை ஒரே வீதத்தில் வெப்பப்படுத்தும்போது, குறைந்த தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனுடைய பொருளின் வெப்பநிலை வேகமாக அதிகரிக்கும். இதேபோன்று அவற்றை குளிர்விக்கும்போதும், குறைந்த தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனுடைய பொருள் வேகமாக குளிர்வடையும்

அறியலாம். இதன் காரணமாகத்தான் மின் உற்பத்தி நிலையங்கள் மற்றும் அணுக்கரு

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 101 26-03-2022 17:40:45

உலைகளிலும் நீரினை குளிரூட்டியாக (Coolant) பயன்படுத்துகிறோம்.

வாயுக்களின் பண்புகளைப்பற்றி படிக்கும்போது, மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (molar specific heat capacity) நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம். ஒரு மோல் அளவுள்ள வாயுவின் பொருளின் வெப்பநிலையை 1K அல்லது 1°C உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்ப ஆற்றலின் அளவே மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படும். இதனைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$C = \frac{1}{\mu}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)$$

இங்கு C என்பது பொருளின் மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனைக் குறிக்கிறது. மேலும் μ என்பது பொருளில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் மோல் எண்ணிக்கையைக் குறிக்கும்.

மோலார் (மூலக்கூறு) தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனின் அலகு $J\ mol^{-1}\ K^{-1}$ ஆகும். இதுவும் ஒரு நேர்க்குறி கொண்ட அளவாகும்.

8.2.3 திட, திரவ மற்றும் வாயுக்களின் வெப்ப விரிவு

வெப்பநிலை மாற்றத்தினால் பொருள்களின் வடிவம், பரப்பு மற்றும் பருமனில் ஏற்படும் மாற்றமே வெப்ப விரிவு எனப்படும்.

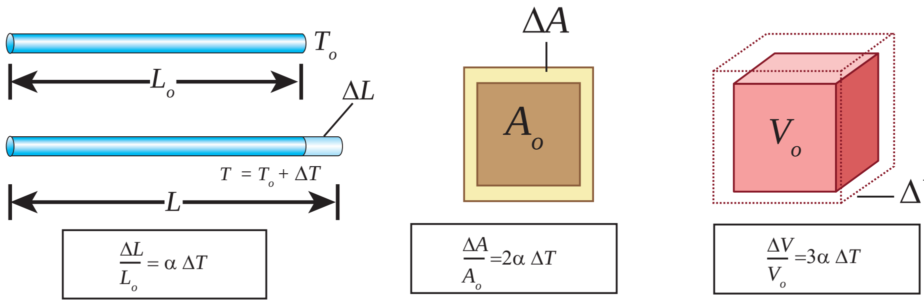
பொருள்களின் மூன்று நிலைகளும் (திட, திரவ மற்றும் வாயு) வெப்பப்படுத்தும்போது விரிவடையும். திடப்பொருளொன்றை வெப்பப்படுத்தும்போது அதன் அணுக்கள் அவற்றின் சமநிலைப் புள்ளியைப் பொருத்து வேகமாக அதிர்வடைகின்றன. மற்ற பொருள்களுடன் ஒப்பிடும்போது திடப்பொருள்களின் அளவில் ஏற்படும் மாற்றம் குறைவானதாகும். இரயில் வண்டிகளின் இருப்புப்பாதைகளில் சில இடங்களில் சிறிய இடைவெளி விடப்பட்டிருக்கும். ஏனெனில் கோடை காலங்களில் இருப்புப்பாதை விரிவடையும். அவ்வாறு வெப்பநிலை மாற்றங்களின்போது எளிதாக விரிவடையவும், சுருங்கவும் ஏற்ற வகையில் பாலங்களிலும், இருப்புப்பாதைகளிலும் விரிவடையும் இணைப்புகள் படம் (8.3) இல் உள்ளவாறு காணப்படும்.

திரவங்களின் மூலக்கூறிடை விசை, திடப்பொருள்களின் மூலக்கூறிடை விசையை விடக் குறைவாக இருக்கும். எனவே அவை திடப்பொருள்களைவிட அதிகமாக விரிவடையும். இந்தப் பண்பின் அடிப்படையில்தான் பாதரச வெப்பநிலைமானி செயல்படுகிறது.

வாயு மூலக்கூறுகளைப் பொருத்தவரை அவற்றின் மூலக்கூறிடைவிசை கிட்டத்தட்ட புறக்கணிக்கும் அளவிலேயே இருக்கும். எனவே அவை திடப்பொருள்களைவிட மிக அதிகமாக விரிவடையும். எடுத்துக்காட்டாக சூடான காற்று அடைக்கப்பட்டுள்ள பலூன்களில் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை வெப்பப்படுத்தும்போது அவை விரிவடைந்து அதிக இடத்தை அடைத்துக்கொள்ளும்.

படம் 8.3 பாலங்களில் காணப்படும் விரிவடையும் இணைப்புகள்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 102 26-03-2022 17:40:46



(a) நீள் விரிவு (b) பரப்பு விரிவு (c) பருமன் விரிவு

படம் 8.4 வெப்ப விரிவாக்கம்

வெப்பநிலை உயர்வால் பொருள்களின் பரிமாணத்தில் ஏற்படும் அதிகரிப்பே வெப்பவிரிவு எனப்படும்.

நீளத்தில் ஏற்படும் விரிவு நீள் விரிவு (linear expansion) என அழைக்கப்படும். இதேபோன்று பரப்பில் ஏற்படும் விரிவு பரப்பு விரிவு (Area expansion) எனவும், பருமனில் ஏற்படும் விரிவு பரும விரிவு (Volume expansion) எனவும் அழைக்கப்படும். படம் 8.4 ல் இவ்விரிவுகள் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நீள் விரிவு

திடப்பொருள்களில், ΔT என்ற சிறு வெப்பநிலை மாற்றத்தால் நீளத்தில் ஏற்படும் சிறு மாற்றம் $\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)$, யானது ΔT க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$$

எனவே, $\alpha_L = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$

இங்கு, α_L = நீள் விரிவுக்குணகம்.

ΔL = நீளத்தில் ஏற்படும் மாற்றம்

L_0 = தொடக்க நீளம்

ΔT = வெப்பநிலையில் ஏற்பட்ட மாற்றம்.

எடுத்துக்காட்டு 8.6

பிரான்ஸ் நாட்டிலுள்ள இரும்பால் செய்யப்பட்ட ஈபிள் கோபுரத்தின் உயரம் கிட்டத்தட்ட 300 m ஆகும். பிரான்ஸ் நாட்டின் குளிர்காலத்தின் வெப்பநிலை 2°C மற்றும் கோடைக்காலத்தின் சராசரி வெப்பநிலை 25°C. இவ்விரண்டு பருவ நிலைகளுக்கிடையே ஈபிள் கோபுரத்தின் உயரத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் கணக்கிடுக. இரும்பின் நீள் விரிவுக் குணகம் $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ per °C

தீர்வு:

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$$

$$\Delta L = \alpha_L L_0 \Delta T$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

- இறுக்கமாக மூடப்பட்டுள்ள கண்ணாடிக்குவளையின் மூடியை எளிதாகத்திறக்க, அதனை சூடான தண்ணீரில் அருகே சிறிது நேரம் வைத்திருக்க வேண்டும், பின்னர் அதனை எளிதாகத் திறக்கலாம். ஏனெனில் கண்ணாடிக் குவளையின் மூடியின் வெப்ப விரிவு கண்ணாடியைவிட அதிகமாக இருப்பதாகும்.
- வேகவைக்கப்பட்ட சூடான முட்டையை குளிர்ந்த தண்ணீரில் போட்டு அதன் ஓட்டினை உரித்தால் அது முட்டையிலிருந்து எளிதாக பிரிந்து வரும். ஏனெனில் முட்டை மற்றும் ஓடு ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு வெப்பவிரிவைப் பெற்றிருப்பதாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 103 26-03-2022 17:40:46

$\Delta L = 10 \times 10^{-6} \times 300 \times 23 = 0.069$ m=69 mm

பரப்பு விரிவு

ΔT என்ற சிறிய வெப்பநிலை மாற்றத்தால் பொருளின் பரப்பில் ஏற்படும் பரப்புத்திரிபு $\left(\frac{\Delta A}{A_0}\right)$, ஆனது ΔT க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இதனைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\frac{\Delta A}{A_0} = \alpha_A \Delta T$$

எனவே, $\alpha_A = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T}$

இங்கு, α_A = பரப்பு விரிவுக் குணகம்.

ΔA = பரப்பில் ஏற்படும் மாற்றம்

A_0 = தொடக்கப் பரப்பு

ΔT = வெப்பநிலையில் ஏற்பட்ட மாற்றம்

பரும விரிவு

ΔT என்ற சிறிய வெப்பநிலை மாற்றத்தினால், பொருளின் பருமனில் ஏற்படும் பருமத்திரிபு $\left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)$, ஆனது ΔT க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \alpha_V \Delta T$$

எனவே, $\alpha_V = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$

இங்கு, α_V = பரும விரிவுக் குணகம்.

ΔV = பருமனில் ஏற்படும் மாற்றம்

V_0 = தொடக்கப்பருமன்

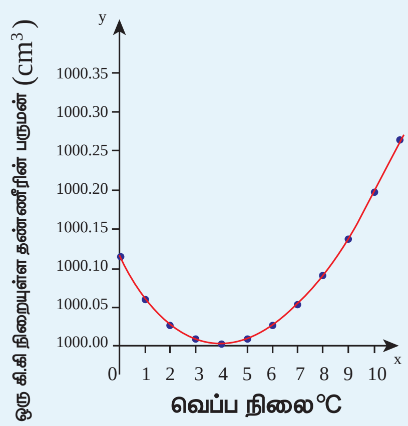
ΔT = வெப்பநிலையில் ஏற்பட்ட மாற்றம்

திடப்பொருள்களின் நீள் விரிவு, பரப்பு மற்றும் பரும விரிவுக் குணகங்களின் அலகு $^\circ C^{-1}$ அல்லது K^{-1}

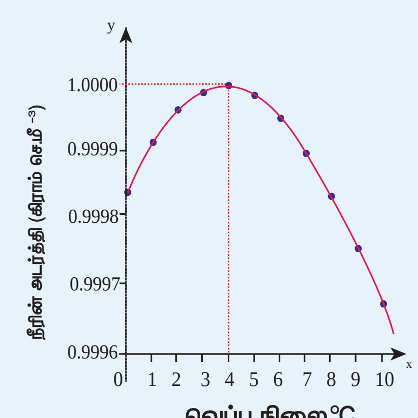
> **குறிப்பு**
>
> கொடுக்கப்பட்ட பொருளுக்கு
>
> $\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T$ (நீள் விரிவு)
>
> $\frac{\Delta A}{A_0} \approx 2\alpha_L \Delta T$ (பரப்பு விரிவு $\approx 2 \times$ நீள் விரிவு)
>
> $\frac{\Delta V}{V_0} \approx 3\alpha_L \Delta T$ (பரும விரிவு $= 3 \times$ நீள் விரிவு)

8.2.4 நீரின் முரண்பட்ட விரிவு (ANOMALOUS EXPANSION OF WATER)

சாதாரண வெப்பநிலைகளில் திரவங்களை வெப்பப்படுத்தும்போது விரிவடையும் மற்றும் குளிர்விக்கும்போது சுருங்கும். ஆனால் நீர் இதற்கு முரணான ஒரு பண்பைப் பெற்றுள்ளது. $0^\circ C$ முதல் $4^\circ C$ வரை வெப்பப்படுத்தும்போது தண்ணீர் சுருங்குகிறது. தண்ணீரை அறை வெப்பநிலையிலிருந்து குளிர்விக்கும்போது $4^\circ C$ வெப்பநிலையை அடையும்வரை அதன் பருமன் குறையும். $4^\circ C$ வெப்பநிலைக்குக் கீழே அதனைக் குளிர்விக்கும்போது அதன் பருமன் அதிகரிக்கும். மேலும் அதன் அடர்த்தி குறையும். அதாவது $4^\circ C$ வெப்பநிலையில் நீர் பெரும அடர்த்தியைப் பெறும். நீரின் இந்தத்தன்மையே நீரின் முரண்பட்ட விரிவு என அழைக்கப்படுகிறது. இது படம் (8.5) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



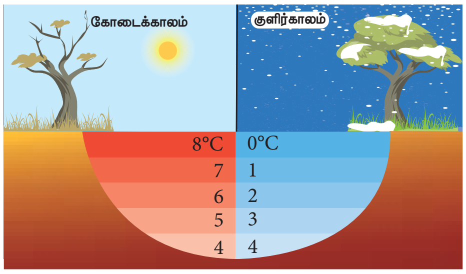
(a)



(b)

படம் 8.5 நீரின் முரண்பட்ட விரிவு

குளிர் நாடுகளில், குளிர்காலத்தின்போது ஏரிகளின் மேற்பரப்பு வெப்பநிலை அதன் அடிப்புற வெப்பநிலையை விட குறைந்து காணப்படும் இது படம் (8.6) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஏனெனில் திட நீரின் (பனிக்கட்டி) அடர்த்தி சாதாரண நீரின் அடர்த்தியைவிடக் குறைவு, $4^{\circ}C$ வெப்பநிலைக்கும் கீழே உறைந்த நீர் (பனிக்கட்டி) சாதாரண நீரின் மேலே மிதந்து ஏரிகளின் மேற்பரப்பிற்கு வரும். இதற்குக்காரணம் நீரின் முரண்பட்ட விரிவாகும். ஏரிகள் மற்றும் குளங்களின் மேற்பரப்பு உறைந்து பனிக்கட்டிகளால் மூடப்பட்டிருப்பினும், அடியில் உள்ள நீர் உறையாமல் இருந்து நீர்வாழ் உயிரினங்களைக் காக்கும்.



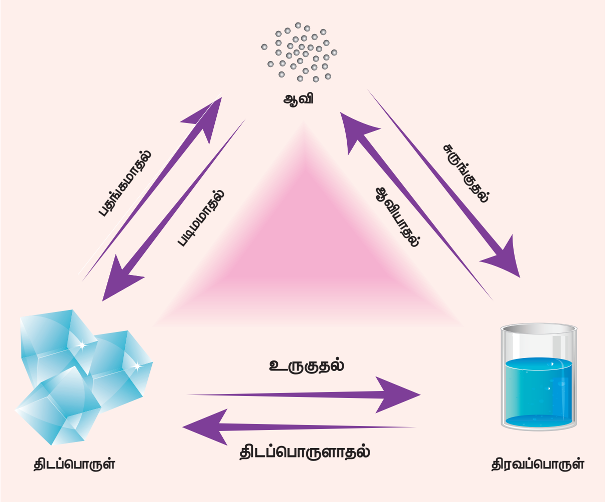
படம் 8.6 ஏரிகளில் நீரின் முரண்பட்ட விரிவு

8.2.5 நிலை மாற்றம்

பொதுவாக அனைத்துப் பொருள்களும் திட, திரவ மற்றும் வாயு என்ற மூன்று நிலைகளில் காணப்படும். வெப்பப்படுத்தும்போது அல்லது குளிர்விக்கும்போது பொருள்கள் ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்கு மாற்றமடையும்.

எடுத்துக்காட்டு:

1. உருகுதல் (திட நிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு)
2. ஆவியாதல் (திரவ நிலையிலிருந்து வாயு நிலைக்கு)
3. பதங்கமாதல் (திட நிலையிலிருந்து நேரடியாக வாயு நிலைக்கு)
4. உறைதல் (திரவ நிலையிலிருந்து திட நிலைக்கு)
5. சுருங்குதல் (வாயு நிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கு)



படம் 8.7 பொருள்களின் நிலை மாற்றம்

உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறன் (LATENT HEAT CAPACITY)

பாத்திரம் ஒன்றிலுள்ள நீரினை வெப்பப்படுத்தும்போது அதன் கொதிநிலையான $100\ ^{\circ}C$ வெப்பநிலையை அடையும்வரை, அதன் வெப்பநிலை உயரும். அதன்பின்பு மொத்த நீரும் ஆவியாகும் வரை அதன் வெப்பநிலை மாறாமல் நிலையாக இருக்கும். இந்த நிகழ்வின் போது வெப்பம் தொடர்ச்சியாக நீருக்கு பாய்கிறது. இருப்பினும் அதன் வெப்பநிலை, கொதிநிலையைவிட அதிகரிக்காமல் அதே நிலையில் நீடிக்கிறது இதுவே உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறனின் இயல்பாகும்.

ஓரலகு நிறையுடைய பொருளின் நிலையை மாற்றுவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் ஆற்றலின் அளவே, பொருளின் உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$Q = m \times L$$

எனவே, $$L = \frac{Q}{m}$$

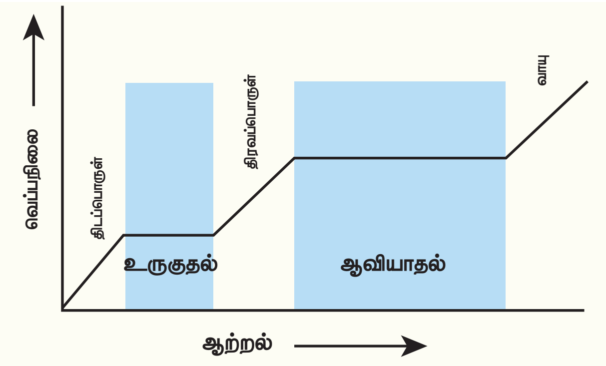
இங்கு, L = பொருளின் உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறன்

Q = வெப்பத்தின் அளவு

m = பொருளின் நிறை

உள்ளுறை வெப்ப ஏற்புத்திறனின் SI அலகு $J\ kg^{-1}$ ஆகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 105 26-03-2022 17:40:49



படம் 8.8 நீரின் வெப்ப ஆற்றலுக்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள தொடர்பு

குறிப்பு

நிலைமாற்றத்தின்போது வெப்பத்தைக் கொடுக்கவோ அல்லது நீக்கவோ நேர்ந்தாலும், அதன் வெப்பநிலை மாறாமல் தொடர்ந்து அதே நிலையில் நீடிக்கும்.

- திட – திரவ நிலை மாற்றத்திற்கான உள்ளுறை வெப்பம், உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of fusion) (L_f) என அழைக்கப்படும்.
- திரவ – வாயு நிலை மாற்றத்திற்கான உள்ளுறை வெப்பம், ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of vaporisation) (L_v) என அழைக்கப்படும்.
- திட – வாயு நிலை மாற்றத்திற்கான உள்ளுறை வெப்பம், பதங்கமாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent heat of sublimation) (L_s) என அழைக்கப்படும்.

முப்புள்ளி (Triple point)

கொடுக்கப்பட்ட பொருளொன்றின் மூன்று நிலைகளும் (திட, திரவ மற்றும் வாயு) வெப்ப இயக்கச் சமநிலையில் உள்ளபோது, அப்பொருளின் வெப்பநிலை மற்றும் அழுத்தமே பொருளின் முப்புள்ளி என அழைக்கப்படுகிறது.

நீரின் முப்புள்ளி 273.1 K மற்றும் பகுதி ஆவி அழுத்தம் (Partial vapour pressure) 611.657 பாஸ்கலாகும்.

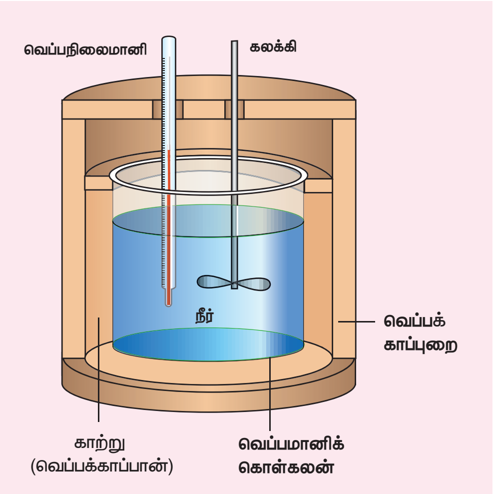
8.2.6. வெப்ப அளவீட்டியல்:

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றினை வெப்பப்படுத்தும்போது, அவ்வமைப்பிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பத்தை அல்லது அவ்வமைப்பினால் உட்கவரப்படும் வெப்பத்தை அளக்கும் ஒரு செயலே வெப்ப அளவீட்டியல் என அழைக்கப்படும். உயர் வெப்ப நிலையிலுள்ள பொருளொன்றை குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளொன்றுடன் சேர்த்துவைக்கும்போது, உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள் இழந்த வெப்பம், குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருள் ஏற்றுக்கொண்ட வெப்பத்திற்கு சமமாகும். சூழலுக்கும் எவ்விதமான வெப்பமும் கடத்தப்படாது. இதனைக் கணித முறையில் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$Q_{\text{ஏற்பு}} = -Q_{\text{இழப்பு}}$$

$$Q_{\text{ஏற்பு}} + Q_{\text{இழப்பு}} = 0$$

ஏற்கப்பட்ட வெப்பம் அல்லது இழந்த வெப்பத்தை வெப்பமானியைக் (calorimeter) கொண்டு அளக்கலாம். பொதுவாக வெப்பமானி என்பது படம் (8.9) இல் காட்டியுள்ளவாறு நீர் நிரப்பப்பட்ட வெப்ப காப்பீடு செய்யப்பட்ட கொள்கலனாகும்.

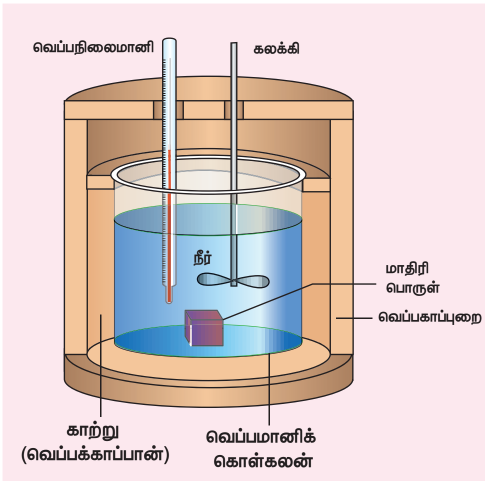


படம் 8.9 வெப்பமானி (Calorimeter)

உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள (T_1) மாதிரி பொருள் ஒன்றினை, அறை வெப்பநிலையில் (T_2) வெப்பமானியில் உள்ள நீரில் மூழ்கவைக்க வேண்டும். சிறிது நேரத்திற்குப்பின்னர் நீர் மற்றும் வெப்பமானி இரண்டும் T_f என்ற இறுதி வெப்பநிலையை அடையும். வெப்பமானி காப்பிடப்பட்டுள்ளதால், உயர் வெப்பநிலை மாதிரி பொருள் இழந்த வெப்பமும், குறைந்த வெப்பநிலை

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 106 26-03-2022 17:40:50

நீர் ஏற்றுக்கொண்ட வெப்பமும் சமமாகும். இது படம் 8.10 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.10 மாதிரிப்பொருளுடன் உள்ள வெப்பமானி

$$Q_{\text{ஏற்பு}} = -Q_{\text{இழப்பு}}$$

குறியீட்டு மரபை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். வெப்ப இழப்பு எதிர்க்குறியிலும், வெப்ப ஏற்பு நேர்க்குறியிலும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.

தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் வரையறையிலிருந்து

$$Q_{\text{ஏற்பு}} = m_2 s_2 (T_f - T_2)$$

$$Q_{\text{இழப்பு}} = m_1 s_1 (T_f - T_1)$$

இங்கு s_2 மற்றும் s_1 என்பவை முறையே நீர் மற்றும் மாதிரிப் பொருளின் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன்களாகும்.

எனவே,

$$m_2 s_2 (T_f - T_2) = -m_1 s_1 (T_f - T_1)$$

$$m_2 s_2 T_f - m_2 s_2 T_2 = -m_1 s_1 T_f + m_1 s_1 T_1$$

$$m_2 s_2 T_f + m_1 s_1 T_f = m_2 s_2 T_2 + m_1 s_1 T_1$$

இறுதி வெப்பநிலை $T_f = \dfrac{m_1 s_1 T_1 + m_2 s_2 T_2}{m_1 s_1 + m_2 s_2}$

எடுத்துக்காட்டு 8.7

50°C வெப்பநிலையிலுள்ள 5 L நீர், 30°C வெப்பநிலையிலுள்ள 4L நீருடன் கலக்கப்படுகிறது. நீரின் இறுதி வெப்பநிலை என்ன? இங்கு நீரின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் 4184 J kg^{-1} K^{-1} என்க.

தீர்வு:

பின்வரும் சமன்பாட்டை நாம் பயன்படுத்தலாம்

$$T_f = \frac{m_1 s_1 T_1 + m_2 s_2 T_2}{m_1 s_1 + m_2 s_2}$$

$m_1 = 5L = 5\text{kg}$ மற்றும் $m_2 = 4L = 4\text{kg}$, $s_1 = s_2$

மேலும் $T_1 = 50°C = 323K$ மற்றும் $T_2 = 30°C = 303$ K.

எனவே

$$T_f = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = \frac{5 \times 323 + 4 \times 303}{5+4} = 314.11 \text{ K.}$$

$$T_f = 314.11 \text{ K} - 273\text{K} \approx 41°C.$$

50°C மற்றும் 30°C வெப்பநிலைகளில் உள்ள சம அளவு நீரினை $(m_1 = m_2)$ ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது, இறுதி வெப்ப நிலை இவ்விரண்டு வெப்பநிலைகளின் சராசரியாகும்.

$$T_f = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{323 + 303}{2} = 313\text{K} = 40°C$$

ஒரே வெப்பநிலையில் (30°C) உள்ள இரண்டு நீர் மாதிரிகளை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது அவற்றின் இறுதி வெப்பநிலையும் 30°C ஆகும். இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவென்றால் இவ்விரண்டு நீர் மாதிரிகளும் வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளன. எனவே இரண்டிற்கும் நடுவே எவ்விதமான வெப்பப்பரிமாற்றமும் நடைபெறவில்லை என்பதாகும்.

குறிப்பு

வாயுக்கள் அல்லது திரவங்களை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது அக்கலவையின் இறுதிச்சமநிலை வெப்பநிலை அப்பொருள்களின் நிறைகள், தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்கள் மற்றும் வெப்பநிலைகளைச் சார்ந்திருக்கும் என்பதை இங்கு நினைவில் கொள்ள வேண்டும். மேலும் சமஅளவுள்ள ஒரே பொருள்களை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கும்போது மட்டுமே இறுதிவெப்ப நிலையானது தனித்தனி வெப்பநிலைகளின் சராசரி மதிப்பிற்கு சமமாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 107 26-03-2022 17:40:51

8.2.7 வெப்ப மாற்றம் (HEAT TRANSFER)

நாம் அறிந்தபடி வெப்பம் என்பது ஒருவகை பரிமாற்ற ஆற்றலாகும். அவ்வாற்றல் வெப்பநிலை வேறுபாட்டின் காரணமாக ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு மாற்றப்படும். வெப்ப மாற்றம் மூன்று வழிகளில் நடைபெறும் அவை வெப்பக்கடத்தல், வெப்பச் சலனம் மற்றும் வெப்பக்கதிர்வீச்சு ஆகும்.

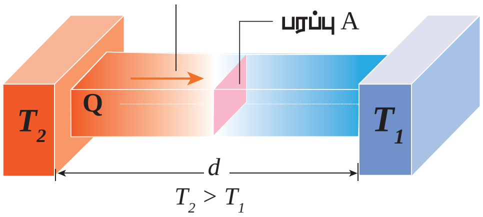
வெப்பக்கடத்தல் (Conduction)

வெப்பநிலை வேறுபாட்டின் காரணமாக பொருள்களுக்கிடையே நேரடியாக வெப்பமாற்றம் ஏற்படும் நிகழ்ச்சிக்கு வெப்பக்கடத்தல் என்றுபெயர். இரண்டு பொருள்களை ஒன்றுடன் ஒன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்குமாறு வைக்கும்போது, உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து, குறைந்த வெப்பநிலை உள்ள பொருளுக்கு வெப்பம் மாற்றப்படுகிறது. வெப்பத்தை எளிதாகத் தன்வழியே கடந்துபோக அனுமதிக்கும் பொருள்களுக்கு வெப்பக்கடத்திகள் என்றுபெயர்.

வெப்பக் கடத்துத்திறன் (THERMAL CONDUCTIVITY)

வெப்பத்தைக் கடத்தும் திறனுக்கு வெப்பக்கடத்துத்திறன் என்று பெயர்

மாறாநிலை நிபந்தனையில் ஓரலகு வெப்பநிலை வேறுபாட்டில், ஓரலகு தடிமன் கொண்ட பொருளின் வழியே ஓரலகு பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக உள்ள திசையில் கடத்தப்படும் வெப்பத்தின் அளவே, பொருளின் வெப்பக்கடத்துத்திறன் என அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 8.11 வெப்பக்கடத்தலினால் ஏற்படும் மாறாநிலை வெப்ப ஓட்டம்

மாறாநிலையில், வெப்பக்கடத்து வீதம் Q, வெப்பநிலை வேறுபாடு ΔT மற்றும் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு A ஆகியவற்றுக்கு நேர்த்தகவிலும், கடத்தியின் நீளத்திற்கு (L) எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும். வெப்பம் கடத்தும் வீதத்தை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\frac{Q}{t} = \frac{KA\Delta T}{L}$$

இங்கு, K என்பது வெப்பக்கடத்தல் எண் ஆகும். (இதனை கெல்வின் வெப்பநிலை K எனத் தவறாகப் புரிந்துகொள்ளக்கூடாது)

வெப்பக்கடத்துத்திறனின் SI அலகு $J\,s^{-1}\,m^{-1}\,K^{-1}$ அல்லது $W\,m^{-1}\,K^{-1}$.

> **குறிப்பு**
>
> **மாறாநிலை: (Steady state)**
>
> எந்த நிலையில், அனைத்து இடங்களிலும் வெப்பநிலை ஒரு மாறா மதிப்பினை அடைகிறதோ மற்றும் எந்த இடத்திலிருந்தும் எவ்விதமான வெப்பமும் பரிமாற்றப்படாமல் உள்ளதோ அந்நிலையே மாறா நிலை என அழைக்கப்படுகிறது.

அட்டவணை 8.3 சில பொதுவான பொருள்களின் வெப்பக்கடத்துத்திறன் ($W\,m^{-1}\,K^{-1}$) இல் 1 atm

பொருள்	வெப்பக்கடத்துத்திறன்	பொருள்	வெப்பக்கடத்துத்திறன்
வைரம்	2300	மனிதனின் திசு	0.2
வெள்ளி	420	மரக்கட்டை	0.17
தாமிரம்	380	ஹீலியம்	0.152
அலுமினியம்	200	மென்மையான இரப்பர்	0.042
எஃகு	40	தண்ணீர்	0.56
பனிக்கட்டி	2	காற்று	0.023
கண்ணாடி	0.84		
செங்கல்	0.84		

வெப்பக்கடத்துத்திறன் பொருளின் தன்மையைச் சார்ந்தது. எடுத்துக்காட்டாக வெள்ளி மற்றும் அலுமினியம் உயர்ந்த வெப்பக்கடத்துத்திறனைப் பெற்றுள்ளதால் அவை சமையல் பாத்திரங்கள் செய்யப் பயன்படுகின்றன.

வெப்பச்சலனம் (CONVECTION)

திரவங்கள் மற்றும் வாயுக்கள் போன்ற பாய்மங்களில் உள்ள மூலக்கூறுகள் உண்மையான நகர்வினால் வெப்ப ஆற்றல் மாற்றப்படும் நிகழ்வு வெப்பச்சலனம் என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த வெப்பச்சலனத்தில் மூலக்கூறுகள் எவ்வித கட்டுபாடின்றி ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு நகர்கின்றன. இந்நிகழ்வு இயற்கையாகவோ அல்லது புறவிசை காரணமாகவோ ஏற்படலாம்.

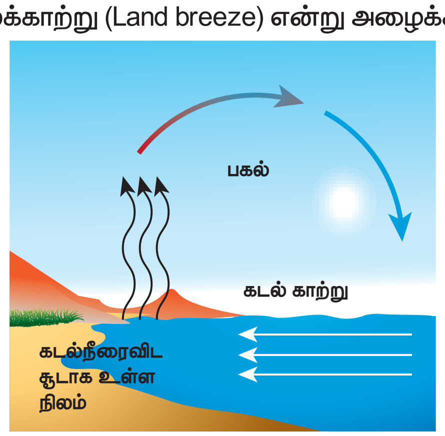
சமையல் பாத்திரத்தில் கொதிக்கும் தண்ணீர் வெப்பச்சலனத்திற்கு ஒரு சிறந்த உதாரணமாகும். பாத்திரத்தின் அடியில் உள்ள தண்ணீர் அதிக வெப்பத்தைப்பெற்று அதன் காரணமாக விரிவடைந்து அடர்த்தி குறையும். இந்த குறைந்த அடர்த்தியின் காரணமாக மூலக்கூறுகள் மேற்பரப்பை நோக்கிச் செல்லும். அதே நேரத்தில் மேற்பரப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகள் குறைந்த வெப்ப ஆற்றலைப்பெறுவதால் அவற்றின் அடர்த்தி அதிகமாக இருக்கும். எனவே அவை பாத்திரத்தின் அடிப்பக்கத்திற்கு வரும். இந்நிகழ்வு தொடர்ந்து நடைபெறும். இவ்வாறு மூலக்கூறுகள் மேலும், கீழும் நகர்வதை வெப்பச்சலன ஓட்டம் (convection current) என்று அழைக்கின்றோம். அறை ஒன்றினை வெதுவெதுப்பாக வைக்க நாம் அறைச்சூடேற்றியைப் பயன்படுத்துகிறோம். சூடேற்றிக்கு அருகே உள்ள காற்று மூலக்கூறுகள் வெப்பமடைந்து விரிவடையும் அதனால் அவற்றின் அடர்த்தி குறைந்து அறையின் மேற்பகுதிக்குச் செல்லும். அதே நேரத்தில் அடர்த்தி அதிகமுள்ள குளிர்ந்த காற்று அடிப்பகுதிக்கு வரும். இவ்வாறு ஏற்படும் காற்று மூலக்கூறுகளின் தொடர் சுழற்சியே, வெப்பச்சலன ஓட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது.

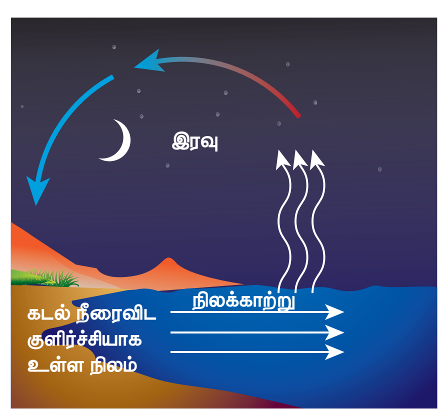
வெப்பக்கதிர்வீச்சு:

சூடாக உள்ள சமைக்கும் அடுப்பு ஒன்றின் அருகே நமது கைகளை நீட்டினால் வெப்பத்தை உணரலாம். இங்கு சூடாக உள்ள அப்பொருளைத் தொடாமலேயே நாம் வெப்பத்தை உணர்கிறோம். ஏனெனில் இங்கு சூடாக உள்ள சமைக்கும் அடுப்பிலிருந்து வெப்பமானது வெப்பக்கதிர்வீச்சு மூலம் நமது

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

பகல் நேரங்களில், சூரியக்கதிர்கள் கடல் நீரைவிட வேகமாக நிலத்தை சூடேற்றும் இதற்குக்காரணம் நிலத்தின் குறைவான தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் ஆகும். இதன் விளைவாக நிலப்பரப்பில் உள்ள காற்று விரிவடைந்து அதன் அடர்த்தி குறைந்து மேலே சென்றுவிடும். அதே நேரத்தில் கடற்பரப்பிலுள்ள குளிர்ந்த காற்று நிலத்தை நோக்கி வீசும் இதனையே கடல்காற்று (sea breeze) என்று அழைக்கின்றோம். இரவு நேரங்களில் கடற்பரப்பை விட, நிலப்பரப்பு வேகமாக குளிர்ச்சி அடையும் (நிலப்பரப்பின் குறைந்த தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்). இதன் விளைவாக கடற்பரப்பிலுள்ள காற்று விரிவடைந்து அதன் அடர்த்தி குறைந்து மேலே சென்றுவிடும். அதே நேரத்தில் நிலப்பரப்பிலுள்ள அடர்த்தி அதிகமான குளிர்ந்தகாற்று கடலை நோக்கி வீசும். இதனையே நிலக்காற்று (Land breeze) என்று அழைக்கின்றோம்.





UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 109 26-03-2022 17:40:52

கைகளுக்கு வருகிறது. சூரியனிலிருந்தும் வெப்ப ஆற்றலை நாம் இதே முறையில்தான் பெறுகிறோம். இக்கதிர்வீச்சு வெற்றிடத்தின் வழியே பயணித்து புவியை அடைகிறது. எந்த விதமான ஊடகத்தின் உதவியும் இன்றி ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு ஆற்றலை மாற்றுவது கதிர்வீச்சின் ஒரு சிறப்புப் பண்பாகும். ஆனால் வெப்பக்கடத்தல் மற்றும் வெப்பச்சலனம் இவ்விரண்டிலும் வெப்ப ஆற்றலை மாற்றம் செய்வதற்கு ஊடகம் அவசியம் என்பதை கவனிக்கவும்.

வெப்பக்கதிர்வீச்சு என்பது

ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு மின்காந்த அலைகளினால் வெப்பம் பரவும் நிகழ்வு ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு:

1. சூரியனிலிருந்து வரும் சூரியக் கதிர்வீச்சு ஆற்றல்.
2. அறை சூடேற்றியிலிருந்து வரும் வெப்பக்கதிர்வீச்சு.

குறிப்பு பொதுவாக வெப்பநிலை பருப் பொருள்களுடன் மட்டுமே (திட, திரவ மற்றும் வாயு) தொடர்புடையது என்ற பொதுக்கருத்து உள்ளது. ஆனால் வெப்பக்கதிர்வீச்சும் ஒரு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பாகும். இதற்கு நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையும், அழுத்தமும் உண்டு. சூரியனிலிருந்து வரும் கட்புலனாகும் கதிர்வீச்சின் வெப்பநிலை 5700 K. இதனை புவி கிட்டத்தட்ட 300K வெப்பநிலையுள்ள அகச்சிவப்பு கதிர்வீச்சால் வெளிக்கு (space) மீண்டும் உமிழ்கிறது.

8.2.8 நியூட்டனின் குளிர்வு விதி:

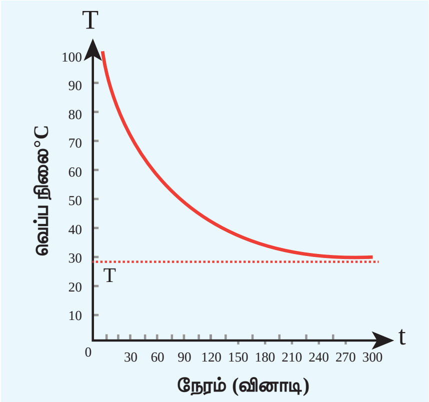
நியூட்டனின் குளிர்வு விதியின்படி பொருளொன்றின் வெப்ப இழப்பு வீதம், அப்பொருளுக்கும் சூழலுக்கும் உள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\frac{dQ}{dt} \propto -(T - T_s) \qquad (8.4)$$

நேரத்தை பொருத்து வெப்பம் தொடர்ந்து குறைந்து கொண்டே செல்வதை எதிர்க்குறி காட்டுகிறது.

இங்கு, T = பொருளின் வெப்பநிலை

T_s = சூழலின் வெப்பநிலை



படம் 8.12 நேரத்தைப்பொருத்து சூடாக உள்ள நீர் குளிர்வதைக்காட்டும் வரைபடம்

படம் 8.12 இல் காட்டப்பட்டுள்ள வரைபடத்திலிருந்து தொடக்கத்தில் குளிர்வு வீதம் அதிகமாகவும் பின்னர் வெப்பநிலை குறையக்குறைய குறைவாகவும் உள்ளதை தெளிவாக உணரலாம்.

m நிறையும், s தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனும் உள்ள பொருளொன்றைக் கருது. அதன்வெப்பநிலை T என்க. சூழலின் வெப்பநிலையை T_s என்க. dt என்ற சிறிய நேர இடைவெளியில் ஏற்பட்ட வெப்பநிலைக்குறைவு dT எனில் வெப்ப இழப்பின் அளவு

$$dQ = msdT \qquad (8.5)$$

சமன்பாடு (8.5) இன் இருபுறமும் dt ஆல் வகுக்க

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{msdT}{dt} \qquad (8.6)$$

நியூட்டனின் குளிர்வு விதியிலிருந்து

$$\frac{dQ}{dt} \propto -(T - T_s)$$

$$\frac{dQ}{dt} = -a(T - T_s) \qquad (8.7)$$

இங்கு a என்பது நேர்க்குறி மாறிலி.

சமன்பாடுகள் (8.6) மற்றும் (8.7) இல் இருந்து

$$-a(T - T_s) = ms\frac{dT}{dt}$$

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 110 26-03-2022 17:40:54

$$\frac{dT}{T-T_s} = -\frac{a}{ms}dt \qquad (8.8)$$

சமன்பாடு (8.8) இன் இருபுறமும் தொகைப்படுத்துக.

$$\int \frac{dT}{T-T_s} = -\int \frac{a}{ms}dt$$

$$\ln (T - T_s) = -\frac{a}{ms}t + b_1$$

இங்கு b_1 ஒரு மாறிலியாகும். இரண்டு பக்கமும் அடுக்குக் குறியீடு எடுத்தால் நமக்கு கிடைப்பது

$$T = T_s + b_2\, e^{-\frac{a}{ms}t} \qquad (8.9)$$

இங்கு $b_2 = e^{b_1}$ = ஒரு மாறிலி

எடுத்துக்காட்டு 8.8

27°C வெப்பநிலை உள்ள அறை ஒன்றில் உள்ள சூடான நீர் 92°C லிருந்து 84°C வெப்பநிலைக்கு குளிர 3 நிமிடங்களை எடுத்துக்கொள்கிறது. அதே நீர் 65°C லிருந்து 60°C வெப்பநிலைக்குக் குறைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைக் கணக்கிடுக.

3 நிமிடங்களில் சூடான நீரின் வெப்பநிலை 8°C குறைந்துள்ளது. 92°C மற்றும் 84°C இன் சராசரி வெப்பநிலை 88°C. இது அறை வெப்பநிலையைவிட 61°C அதிகமாக உள்ளது. சமன்பாடு (8.8) ஐப் பயன்படுத்தினால்

$$\frac{dT}{T-T_s} = -\frac{a}{ms}dt \text{ அல்லது } \frac{dT}{dt} = -\frac{a}{ms}(T-T_s)$$

$$\frac{8^oC}{3\,\text{min}} = -\frac{a}{ms}(61^oC)$$

இதேபோன்று 65°C மற்றும் 60°C இன் சராசரி வெப்பநிலை 62.5°C ஆகும். இது அறை வெப்பநிலையைவிட 35.5°C அதிகமாக உள்ளது.

$$\frac{5^oC}{dt} = -\frac{a}{ms}(35.5^oC)$$

இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளையும் வகுக்கும்போது

$$\frac{\frac{8^oC}{3\,\text{min}}}{\frac{5^oC}{dt}} = \frac{-\frac{a}{ms}(61^oC)}{-\frac{a}{ms}(35.5^oC)}$$

$$\frac{8\times dt}{3\times 5} = \frac{61}{35.5}$$

$$dt = \frac{61\times 15}{35.5\times 8} = \frac{915}{284} = 3.22 \text{ நிமிடம்}$$

8.3 வெப்ப மாற்றத்தின் விதிகள் (LAWS OF HEAT TRANSFER):

8.3.1 வெப்பப்பரிமாற்றத்திற்கான பிரிவொஸ்ட் கொள்கை (Prevost theory of heat exchange)

0 K வெப்பநிலையைத்தவிர அனைத்து வெப்பநிலைகளிலும் எல்லாப் பொருள்களும் வெப்பக்கதிர்வீச்சை உமிழ்கின்றன, இதேபோன்று சூழலில் இருந்து வெப்பக்கதிர்வீச்சை உட்கவர்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக நீங்கள் யாராவது ஒருவரைத் தொடும்போது அவர் உங்கள் விரல்கள் வெப்பமாக அல்லது குளிர்ச்சியாக உள்ளதை உணர்வார்.

உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளொன்று, சூழலிருந்து பெறும் வெப்பத்தைவிட அதிக வெப்பத்தை சூழலுக்கு கதிர்வீச்சின் மூலம் கொடுக்கும். இதேபோன்று குறைந்த வெப்ப நிலையிலுள்ள பொருளொன்று இழக்கும் வெப்பத்தைவிட அதிக வெப்பத்தை சூழலிருந்து பெற்றுக்கொள்ளும்.

பிரிவொஸ்ட் வெப்பச்சமநிலைக் கருத்தை கதிர்வீச்சுக்குப் பயன்படுத்தினார். அதன்படி அனைத்துப் பொருள்களும் வெப்பக்கதிர்வீச்சை வெளிப்படுத்துகின்றன. ஆனால் குளிர்ச்சியாக உள்ள பொருளைவிட, உயர் வெப்பநிலைப் பொருள்கள் அதிக வெப்பக்கதிர்வீச்சை வெளியிடும். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் இரண்டு பொருள்களின் வெப்பப்பரிமாற்று வீதமும் சமமாகும் இந்நிலையில் இவ்விரண்டு பொருள்களும் வெப்பச் சமநிலையில் உள்ளன எனக் கூறலாம்.

சுழிகெல்வின் வெப்பநிலையில் மட்டுமே பொருள்கள் வெப்ப உமிழ்வை நிறுத்துகின்றன. எனவே பிரிவொஸ்டின் கொள்கையின்படி சூழலின் தன்மை எத்தகையதாக இருந்தாலும், அனைத்தும் பொருள்களும் சுழிகெல்வின் வெப்பநிலைக்கு மேல் உள்ள அனைத்து வெப்பநிலைகளிலும் வெப்பக்கதிர்வீச்சை உமிழும்.

8.3.2 ஸ்டெஃபான் போல்ட்ஸ்மென் விதி (Stefan Boltzmann law)

ஸ்டெஃபான் போல்ட்ஸ்மென் விதியின்படி, கருப்பொருளின் ஓரலகு பரப்பினால் ஓரலகு நேரத்தில்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 111 26-03-2022 17:40:57

கதிர்வீசப்படும் வெப்ப ஆற்றலின் மொத்த அளவு, அக்கருப்பொருளின் கெல்வின் வெப்பநிலையின் நான்குமடி மதிப்புக்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும்.

$$E \propto T^4 \text{ or } E = \sigma T^4 \qquad (8.10)$$

இங்கு, σ என்பது ஸ்டெஃபான் மாறிலி. இதன் மதிப்பு 5.67×10^{-8} W m^{-2} k^{-4}

குறிப்பு

முழுமையான கரும்பொருளாக இல்லாத பொருள்களுக்கு

$$E = e\sigma T^4 \qquad (8.11)$$

இங்கு 'e' என்பது பரப்பின் உமிழ்திறன் ஆகும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை மற்றும் அலைநீளத்தில் பொருளின் பரப்பினால் கதிர்வீசப்படும் ஆற்றலுக்கு, அதே வெப்பநிலை மற்றும் அலைநீளத்தில் முழுக்கரும்பொருளினால் கதிர்வீசப்படும் ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவே உமிழ்திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது.

8.3.3 வியனின் இடப்பெயர்ச்சி விதி (WIEN'S DISPLACEMENT LAW):

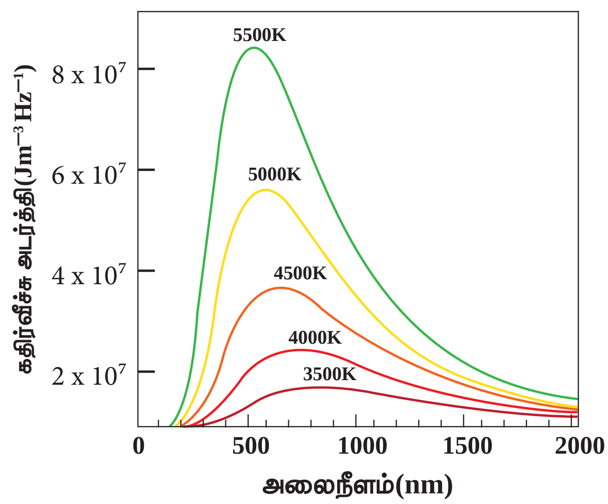
உலகிலுள்ள அனைத்துப் பொருள்களும் கதிர்வீச்சை உமிழ்கின்றன. அக்கதிர்வீச்சுகளின் அலைநீளங்கள் பொருள்களின் கெல்வின் வெப்பநிலையைச் சார்ந்திருக்கும். உமிழப்படும் கதிர்வீச்சுகள் வெவ்வேறு அலைநீளங்களைப் பெற்றிருக்கும். மேலும் அவ்வலைநீளங்களின் செறிவும் (intensity) வெவ்வேறானவை.

வியனின் விதிப்படி, ஒரு கரும்பொருள் கதிர்வீச்சினால் உமிழப்படும் பெருமச்செறிவு கொண்ட அலைநீளம் (λ_m) அக்கரும்பொருளின் கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு (T) எதிர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$\lambda_m \propto \frac{1}{T} \; (or) \; \lambda_m = \frac{b}{T} \qquad (8.12)$$

இங்கு, b என்பது வியன் மாறிலி. இதன்மதிப்பு 2.898×10^{-3} m K

இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவென்றால் பொருளின் கெல்வின் வெப்பநிலை உயரும்போது பெருமச்செறிவு அலைநீளம் (λ_m) மின்காந்த நிறமாலையின் குறைந்த அலைநீளத்தை (பெரும அதிர்வெண்) நோக்கி இடப்பெயர்ச்சி அடையும். இது படம் (8.13) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.13 வரைபட வடிவில் வியன் இடப்பெயர்ச்சி விதி

மேற்கண்ட வரைபடத்திலிருந்து பெருமச் செறிவு அலைநீளம் λ_m கெல்வின் வெப்பநிலைக்கு எதிர்விகிதத்தில் இருப்பதை அறியலாம். இவ்வளைகோட்டிற்கு கரும்பொருள் கதிர்வீச்சு வளைகோடு என்று பெயர்.

வியன் விதியும் நமது பார்வையும்:

நமது கண்களால் மின்காந்த நிறமாலையில் உள்ள கண்ணுறு பகுதியை மட்டும் (400 nm முதல் 700 nm வரை) பார்க்கமுடிவதன் காரணம் என்ன?

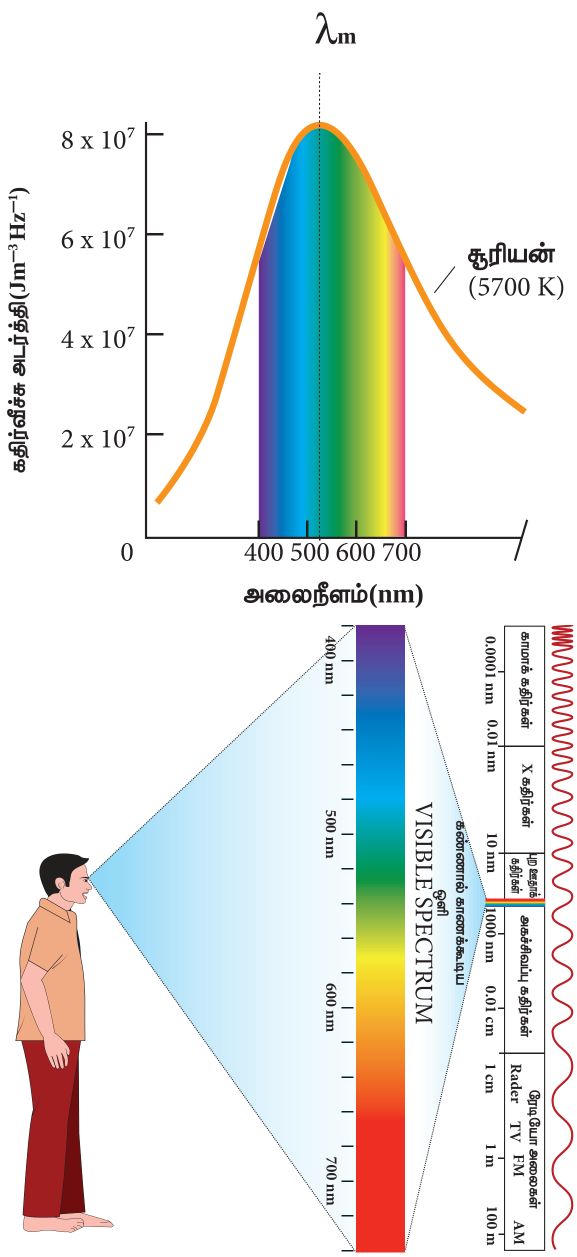
சூரியனை கிட்டத்தட்ட ஒரு கரும்பொருளாகக் கருதலாம். 0 K வெப்பநிலைக்கு மேல் உள்ள எந்த ஒரு பொருளும் கதிர்வீச்சை உமிழும். எனவே சூரியனும் கதிர்வீச்சை உமிழும். மேலும் அதன் பரப்பு வெப்பநிலை கிட்டத்தட்ட 5700 K. இம்மதிப்பை சமன்பாடு (8.12) இல் பிரதியிடும்போது,

$$\lambda_m = \frac{b}{T} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{5700} \approx 508\, nm$$

இதுவே பெருமச்செறிவிற்கான அலைநீளம் ஆகும். சூரியனின் பரப்பு வெப்பநிலை தோராயமாக 5700 K

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 112 26-03-2022 17:40:58

என உள்ளதால் அதற்கான கதிர்வீச்சு நிறமாலை நெடுக்கம் 400 nm முதல் 700 nm வரை காணப்படும். இதுவே மின்காந்த நிறமாலையின் கண்ணுரு பகுதியாகும். இதுபடம் 8.14 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.14 வியன் விதியும் நமது பார்வையும்

மனித இனம் இந்தக் கதிர்வீச்சை உட்கவர்ந்துதான் பரிணாம வளர்ச்சி அடைந்தது. எனவே மனிதக்கண்கள் சூரிய நிறமாலையில் உள்ள கண்ணுரு பகுதியை மட்டுமே உணர முடியும். அகச்சிவப்பு பகுதியையோ அல்லது X கதிர் நிறமாலையையோ உணர முடியாது.

நமக்கு அருகில் உள்ள சிரியஸ் (Sirius) (வெப்பநிலை 9940K) என்ற விண்மீன் அருகில் உள்ள கோளில் மனித இனம் தோன்றி இருந்தால் அவர்களின் கண்கள் மின்காந்த நிறமாலையில் உள்ள புற ஊதாக்கதிர்களை உணர முடியும். இதனை சமன்பாடு (8.12) ஐப் பயன்படுத்தி அறிந்து கொள்ளலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 8.9

A என்ற கரும்பொருள் ஒன்றின் கதிர்வீச்சுத்திறன் E_A. மேலும் இது λ_A என்ற அலைநீளத்திற்கு பெரும ஆற்றல் கதிர்வீசப்படுகிறது. B என்ற மற்றொரு கரும்பொருளின் கதிர்வீச்சுத்திறன் $E_B = N\ E_A$; $\frac{1}{2}\lambda_A$ என்ற அலைநீளத்திற்கு B கரும்பொருளில் இருந்து கதிர் வீசப்படுகிறது எனில் N இன் மதிப்பைக் காண்க?

வியனின் இடப்பெயர்ச்சி விதியிலிருந்து

$\lambda_{max}\ T$ = மாறிலி ; இது A மற்றும் B என்ற இரண்டு கரும்பொருள்களுக்குப் பொருந்தும்.

$$\lambda_A T_A = \lambda_B T_B.$$

இங்கு $\lambda_B = \frac{1}{2}\lambda_A$

$\lambda_A T_A = \lambda_B T_B$. இங்கு $\lambda_B = \frac{1}{2}\lambda_A$

$$\frac{T_B}{T_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{\lambda_A}{\left(\frac{1}{2}\right)\lambda_A} = 2$$

$$T_B = 2T_A$$

ஸ்டெஃபான் – போல்ஸ்ட்மென் விதியிலிருந்து

$$\frac{E_B}{E_A} = \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^4 = (2)^4 = 16 = N$$

கரும்பொருள் B, கரும்பொருள் A வை விட குறைந்த அலைநீளத்தையே உமிழும். எனவே கரும்பொருள் A வை விட அதிக ஆற்றல் கொண்ட கதிர்வீச்சை கரும்பொருள் B உமிழும்.

8.4 வெப்ப இயக்கவியல்:

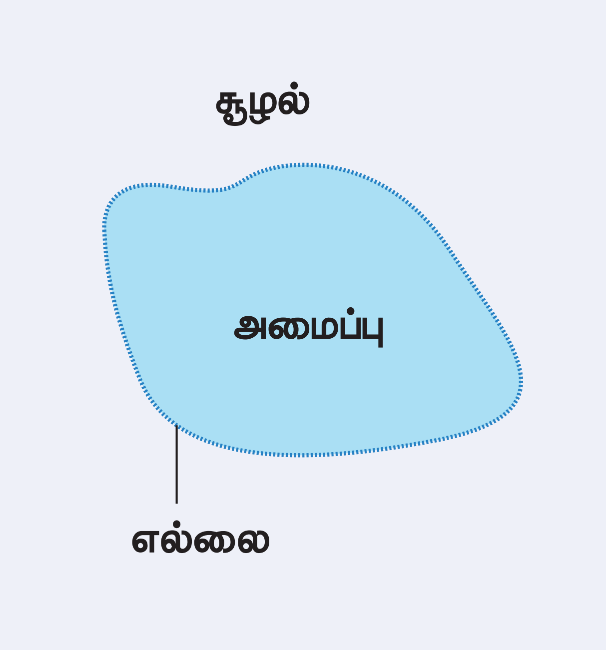
8.4.1. அறிமுகம்:

நாம் முந்தைய பிரிவுகளில் வெப்பம், வெப்பநிலை மற்றும் பொருள்களின் வெப்பப்பண்புகளைப் பற்றி பயின்றோம். வெப்ப இயக்கவியல் என்பது இயற்பியலின் ஒரு பிரிவாகும். இப்பிரிவு வேலையை வெப்பமாகவும் மற்றும் வெப்பத்தை வேலையாகவும் மாற்றுவதில் உள்ள விதிகளை விவரிக்கிறது. வெப்ப இயக்கவியலின் விதிகள் பாயில், சார்லஸ், பெர்னூலி, ஜூல், கிளாசியஸ், கெல்வின், கார்னோ மற்றும் ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் போன்ற அறிவியல் அறிஞர்களின் மூன்று நூற்றாண்டு கால ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் முறைப்படுத்தப்பட்டதாகும்.

அன்றாட வாழ்வில் நம்மைச்சுற்றி நடைபெறும் அனைத்து நிகழ்வுகளும் ஏன் நமது உடலியக்க நிகழ்வுகள் கூட வெப்ப இயக்கவியல் விதிகளுக்கு உட்பட்டு நடைபெறுகின்றது எனக்கூறினால் அது மிகையாகாது. எனவே வெப்ப இயக்கவியல் என்பது இயற்பியலின் ஓர் இன்றியமையாத பிரிவாகும்.

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு (Thermodynamic system) என்பது இப்பிரபஞ்சத்தில் வரையறுக்கப்பட்ட



படம் 8.15 வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு

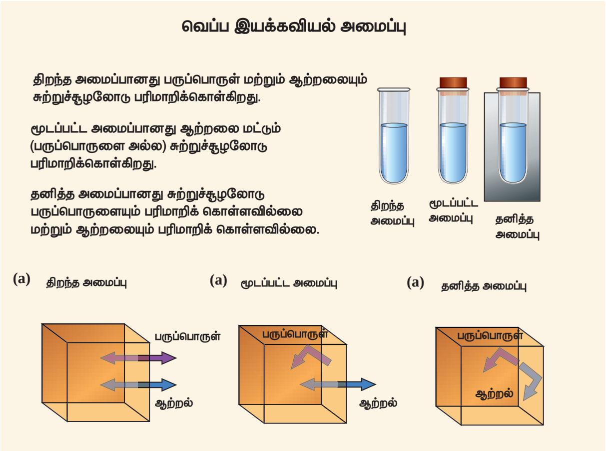
ஒரு பகுதியாகும். மேலும் அழுத்தம் (P), பருமன் (V), மற்றும் வெப்பநிலை (T) போன்ற முக்கிய அளவுருக்களால் வரையறுக்கப்பட்ட பெரும எண்ணிக்கையிலடங்கிய துகள்களின் (அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகள்) தொகுப்பே வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பாகும். மீதமுள்ள இப்பிரபஞ்சத்தின் பகுதியே சூழல் (surrounding) எனப்படும். இவ்விரண்டும் ஓர் எல்லையால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. இது படம் 8.15 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

எடுத்துக்காட்டுகள்:

ஓர் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு என்பது, திட, திரவ, வாயு மற்றும் கதிர்வீச்சு போன்ற எந்த வடிவிலும் இருக்கலாம்.

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு	சூழல்
வாளியில் உள்ள தண்ணீர்	திறந்தவெளி
அறை ஒன்றினுள் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகள்	அறைக்கு வெளியில் உள்ள காற்று
மனித உடல்	திறந்தவெளி
கடலில் உள்ள மீன்	கடல் நீர்

படம் 8.16 இல் காட்டியுள்ளவாறு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பினை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.



படம் 8.16 வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் வெவ்வேறு வகைகள்

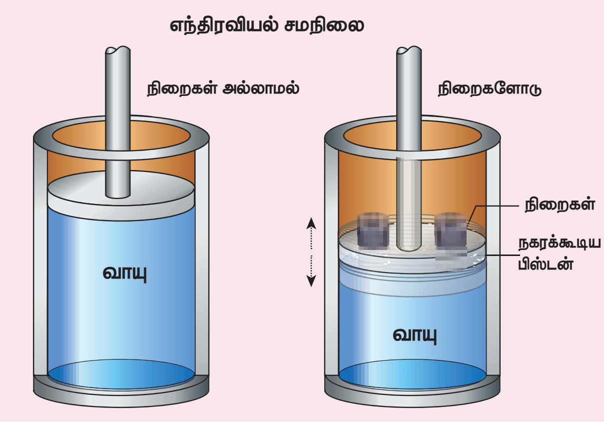
8.4.2. வெப்பச்சமநிலை (Thermal equilibrium)

அறை ஒன்றில் ஒரு கோப்பையில் சூடான தேநீர் வைக்கப்பட்டால், தேநீரிலிருந்து வெப்பம் சூழலுக்குக் கடத்தப்படும். சிறிது நேரத்திற்கு பின்பு சூடான தேநீர் சூழலின் வெப்பநிலைக்கு சமமான வெப்பநிலையை அடையும். இதன் பின்பு தேநீரிலிருந்து சூழலுக்கோ அல்லது சூழலிலிருந்து தேநீருக்கோ நிகர வெப்பப் பரிமாற்றம் ஏற்படாது. தேநீரும் சூழலும் வெப்பச்சமநிலையை அடைந்து விட்டதை இது காட்டுகிறது.

இரு அமைப்புகள் ஒன்றுக்கொன்று வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளது எனில் அவ்விரண்டு அமைப்புகளும் ஒரே வெப்பநிலையில் இருக்கவேண்டும். மேலும் அது நேரத்தைப் பொருத்து மாறாமல் இருக்க வேண்டும்.

எந்திரவியல் சமநிலை (Mechanical equilibrium)

படம் 8.17 இல் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டனுடன் உள்ள வாயு அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ள கொள்கலன் ஒன்றைக் கருதுக. அப்பிஸ்டனின் மீது நிறை ஒன்றை வைக்கும்போது கீழ்நோக்கிய புவியீர்ப்பு விசையின் காரணமாக பிஸ்டன் கீழ்நோக்கி நகர்ந்து சில ஏற்ற இறக்கத்திற்குப்பின்பு நிற்கும். பிஸ்டன் ஒரு புதிய இடத்தை அடையும். வாயுவின் மேல் நோக்கிய விசை, கீழ்நோக்கிய புவியீர்ப்பு விசையை சமன் செய்யும். இந்நிலையில் இவ்வமைப்பை எந்திரவியல் சமநிலையில் உள்ளது எனக்கூறலாம். அமைப்பு ஒன்று எந்திரவியல் சமநிலையில் உள்ளது எனில், எவ்விதமான சமன்செய்யப்படாத விசையும் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் மீது செயல்படக்கூடாது.



படம் 8.17 எந்திரவியல் சமநிலை

வேதிச்சமநிலை (Chemical equilibrium)

ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்பிலுள்ள இரண்டு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்புகளுக்கிடையே எவ்வித தொகுபயன் வேதிவினையும் நடைபெறவில்லை எனில் அவ்விரு அமைப்புகளும் வேதிச்சமநிலையில் உள்ளது எனலாம்.

வெப்ப இயக்கவியல் சமநிலை (Thermodynamic equilibrium)

இரண்டு அமைப்புகள் வெப்ப இயக்கவியல் சமநிலையில் உள்ளன எனில், அவ்விரண்டு அமைப்புகளும் ஒன்றுக்கொன்று வெப்ப, எந்திரவியல் மற்றும் வேதிச் சமநிலையில் இருக்க வேண்டும். வெப்ப இயக்கவியல் சமநிலையில் மீப்பெரு (Macroscopic) மாறிகளான அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்பநிலை ஆகியவை ஒரு நிலையான மதிப்பினைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். மேலும் அவை காலத்தைப் பொருத்து மாறாமல் இருக்க வேண்டும்.

8.4.3. வெப்ப இயக்கவியல் நிலை மாறிகள் (Thermodynamic state variables)

இயந்திரவியலில் திசைவேகம், உந்தம் மற்றும் முடுக்கம் போன்றவை இயங்கும் பொருளொன்றின் நிலையை விளக்கப்பயன்படுகின்றன. (தொகுதி 1 இல் இவற்றைப் பற்றி புரிந்துகொண்டிருப்பீர்கள்) வெப்ப இயக்கவியலில், வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒன்றின் நிலையை விவரிக்கும் மாறிகளின் தொகுப்பிற்கு வெப்ப இயக்கவியல் மாறிகள் என்று பெயர்.

எடுத்துக்காட்டுகள்: அழுத்தம், வெப்பநிலை, பருமன், அக ஆற்றல் போன்றவை.

இந்த மாறிகளின் மதிப்பு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் சமநிலையை முழுவதுமாக விவரிக்கின்றன. வெப்பம் மற்றும் வேலை இவை வெப்ப இயக்கவியல் நிலை மாறிகள் அல்ல மாறாக இவை செயல்மாறிகள் ஆகும். (Process variables). வெப்ப இயக்கவியல் மாறிகள் இரண்டு வகைப்படும் அவை: அளவுச் சார்புள்ள மாறி (Extensive variable) மற்றும் அளவுச் சார்பற்ற மாறி (Intensive variable).

அளவுச் சார்புள்ள மாறி, வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அளவு அல்லது நிறையைச் சார்ந்திருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு: பருமன், மொத்த நிறை, என்ட்ரோபி (entropy), அக ஆற்றல், வெப்ப ஏற்புத்திறன் போன்றவை.

அளவுச் சார்பற்ற மாறி வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அளவு அல்லது நிறையைச் சார்ந்திருக்காது.

எடுத்துக்காட்டு: வெப்பநிலை, அழுத்தம், தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன், அடர்த்தி போன்றவை

நிலைச் சமன்பாடு (Equation of state):

நிலை மாறிகளை ஒரு குறிப்பிட்ட முறையில் தொடர்புபடுத்தும் சமன்பாடு, நிலைச்சமன்பாடு என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்நிலைச்சமன்பாடு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பொன்றின் சமநிலையில் நிலை மாறிகளுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பை முழுவதுமாக விவரிக்கிறது. வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு சமநிலையில் இல்லையெனில், இந்நிலைச் சமன்பாடு அமைப்பின் நிலையை விவரிக்காது. வெப்ப இயக்கச்சமநிலையில் உள்ள நல்லியல்பு வாயு (ideal gas) ஒன்று PV = NkT என்ற நிலைச் சமன்பாட்டினால் குறிப்பிடப்படுகிறது. இங்கு நான்கு பேரளவு மாறிகளும் (P,V,T மற்றும் N) நிலைச்சமன்பாட்டினால் ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளன. இச்சமன்பாட்டிலுள்ள ஏதேனும் ஒரு மாறியை மட்டும் மாற்ற இயலாது. எடுத்துக்காட்டாக வாயு நிரம்பியுள்ள கொள்கலனின் பிஸ்டனை அழுத்தும்போது, வாயுவின் பருமன் குறையும். ஆனால் அதன் அழுத்தம் அதிகரிக்கும் அல்லது வாயுவை வெப்பப்படுத்தும்போது அதன் வெப்பநிலை உயரும். வாயுவின் அழுத்தம் மற்றும் பருமனும் உயரலாம்.

நிலைச்சமன்பாட்டிற்கான மற்றொரு எடுத்துக்காட்டு வான்டர்வால்ஸ் சமன்பாடு ஆகும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலையில் உள்ள இயல்புவாயுக்கள் (Real gases) இச்சமன்பாட்டிற்கு உட்படும்.

அறை ஒன்றிலுள்ள காற்று மூலக்கூறுகள் வான்டர்வால்ஸ் நிலைச்சமன்பாட்டிற்கு முழுவதுமாக கட்டுப்படுகின்றன. இருப்பினும் அறைவெப்பநிலையில் குறைந்த அடர்த்தியுள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை நாம் தோராயமாக நல்லியல்பு வாயுவாகக் (Ideal gas) கருதுகிறோம்.

8.5 வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதி (ZEROTH LAW OF THERMODYNAMICS)

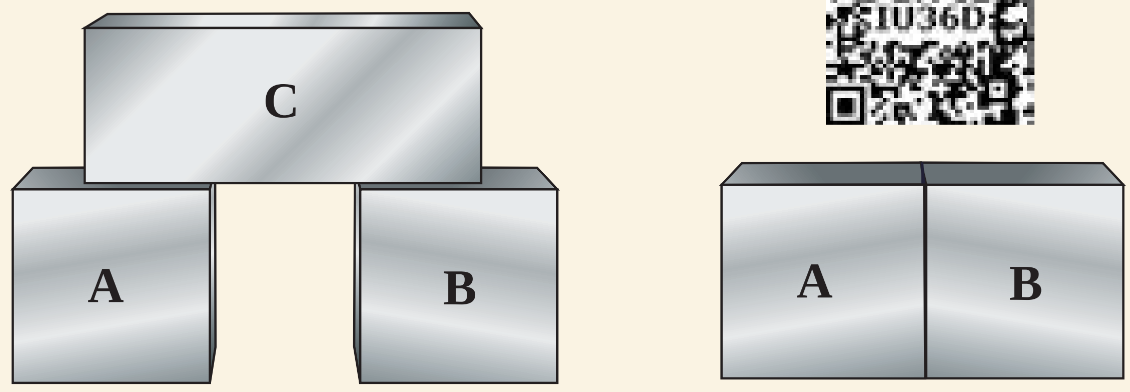
வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதியின்படி, *A மற்றும் B, என்ற இரண்டு அமைப்புகள் C, என்ற மூன்றாவது அமைப்புடன் வெப்பச்சமநிலையில் இருப்பின், A மற்றும் B என்ற இரண்டு அமைப்புகளும் ஒன்றுக்கொன்று வெப்பச்சமநிலையில் இருக்கும்.*

தொடக்கத்தில் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் உள்ள A, B மற்றும் C என்ற மூன்று அமைப்புகளைக்கருதுக. படம்8.18(a)வில்காட்டியுள்ளவாறுAமற்றும்Bஇரண்டு அமைப்புகளும் ஒன்றுடன் ஒன்று எவ்விதமான வெப்பத்தொடர்பையும் பெற்றிருக்கவில்லை. ஆனால், அவை ஒவ்வொன்றும் C என்ற மூன்றாவது அமைப்புடன் தனித்தனியே வெப்பத்தொடர்பில் உள்ளன. சிறிது நேரத்திற்குப்பிறகு A மற்றும் B என்ற இரண்டு அமைப்புகளும் தனித்தனியே C யுடன் வெப்பச்சமநிலையில் இருக்கும்.

இப்போது A மற்றும் B என்ற இரண்டு அமைப்புகளையும் வெப்பத் தொடர்பில் வைக்கும் நிலையினை படம் 8.18(b) இல் உள்ளவாறு காட்டலாம். இப்போது A மற்றும் B அமைப்புகளுக்கிடையே எவ்விதமான நேரடி வெப்பப் பரிமாற்றமும் இல்லை. ஏனெனில் A மற்றும் B இவ்விரண்டு வெப்பச்சமநிலையை அடைந்திருப்பதை இது காட்டுகிறது. இம்மூன்று அமைப்புகளும் ஒருமுறை வெப்பச்சமநிலையை அடைந்தபின்பு அவற்றிற்கிடையே எவ்விதமான வெப்பப் பரிமாற்றமும் இருக்காது ஏனெனில் அம்மூன்றும் ஒரே வெப்பநிலையில் இருக்கும். இதனை கணிதமொழியில் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம். $T_A = T_C$ மற்றும் $T_B = T_C$ எனில், $T_A = T_B$ ஆகும். இங்கு T_A, T_B மற்றும் T_C என்பவை A , B மற்றும் C என்ற மூன்று அமைப்புகளின் வெப்பநிலைகளாகும்.

அமைப்புகள் ஒன்றுடன் ஒன்று வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளனவா இல்லையா என்பதைக்காட்டும் ஒரு பண்பே வெப்பநிலையாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 116 26-03-2022 17:41:00



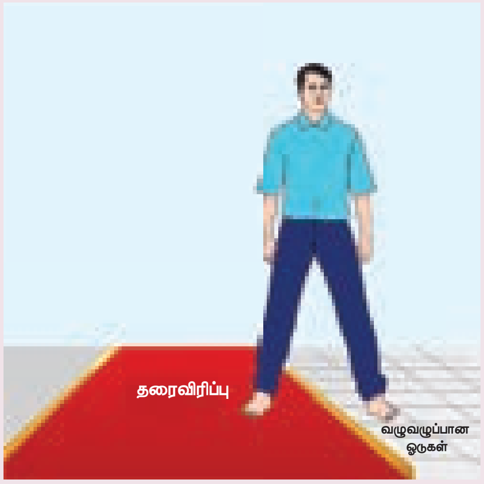
படம் 8.18 (a) A மற்றும் B என்ற இரண்டு அமைப்புகள் தனித்தனியே C என்ற மூன்றாவது அமைப்புடன் வெப்பத் தொடர்பிலுள்ளன. (b) A மற்றும் B அமைப்பு இரண்டும் வெப்பத்தொடர்பில் இருப்பின் அவையிரண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று வெப்பச்சமநிலையில் இருக்கும்.

வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதியானது வெப்பநிலையைக் கண்டறியப்பயன்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக வெப்பநிலைமானி ஒன்றை நாக்கின் அடியில் வைத்துக்கொள்ளும்போது வெப்பநிலைமானி உடலுடன் வெப்பச்சமநிலையை அடையும். இந்நிபந்தனையின்படி வெப்பநிலைமானியின் வெப்பநிலை உடல் வெப்பநிலைக்குச் சமமாக இருக்கும் இதன் அடிப்படையில்தான் நமது உடலின் வெப்பநிலை கண்டறியப்படுகிறது.

செயல்பாடு

பொருளொன்றைத் தொட்டுப்பார்க்கும்போது அப்பொருள் எவ்வளவு சூடாக அல்லது குளிர்ச்சியாக இருப்பதை அறிய வெப்பநிலை துணைபுரிகிறது. நம் உணர்வு உறுப்புகளைப் பயன்படுத்தி பொருளின் வெப்பநிலையைக் கண்டறிய முடியுமா?

நமது வெறும் கால்களில் ஒன்றை தரைவிரிப்பின் மீதும் மற்றொரு காலை வழுவழுப்பான ஓடுகள் பதிக்கப்பட்ட தரையின் (Tiled floor) மீதும் வைக்கும்போது, வழுவழுப்பான தரையில் வைத்துள்ள கால், தரைவிரிப்பின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ள காலை விட அதிகக் குளிர்ச்சியை உணரும். ஆனால் இங்கு தரை மற்றும் தரைவிரிப்பு இரண்டும் ஒரே அறைவெப்பநிலையில் இருப்பதை கவனிக்க வேண்டும். இதற்குக் காரணம் தரைவிரிப்பை விட வழுவழுப்பான தரைக்கும் நம் காலுக்குமிடையே மிக வேகமாக வெப்பப்பரிமாற்றம் ஏற்பட்டதேயாகும். நமது காலின் தோல் பொருளின் உண்மையான வெப்பநிலையை கணிக்கவில்லை மாறாக எவ்வளவு வேகமாக வெப்பப்பரிமாற்றம் ஏற்பட்டது என்பதையே கணிக்கிறது. வெப்பநிலைமானி ஒன்றை தரை மற்றும் தரைவிரிப்பின்மீது வைத்து பார்க்கும்போது இரண்டும் ஒரே வெப்பநிலையில் உள்ளதை அறியலாம்.



8.6 அக ஆற்றல் (U) (INTERNAL ENERGY (U))

வெப்ப இயக்க அமைப்பு ஒன்றின் அக ஆற்றல் என்பது அமைப்பின் நிறைமையத்தைப்பொருத்து அமைப்பிலுள்ள அனைத்து மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றல்களின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

இடப்பெயர்வு இயக்கம், சுழற்சி இயக்கம் மற்றும் அதிர்வியக்கம் ஆகியவற்றை உள்ளடக்கிய மூலக்கூறு இயக்கத்தினால் ஏற்படும் ஆற்றல், அக இயக்க ஆற்றல் (E_K) எனப்படும்.

மூலக்கூறுகளுக்கிடையே ஏற்படும் கவர்ச்சி மற்றும் விலக்கு விசையால் ஏற்படும் ஆற்றல், அக நிலையாற்றல் (E_p) எனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு: பிணைப்பாற்றல் (Bond energy)

எனவே அக ஆற்றலானது பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$U = E_K + E_P$$

- நல்லியல்பு வாயுமூலக்கூறுகளுக்கிடையே எவ்விதமான இடைவினையும் இல்லை என்று கருதுவதால் அவற்றின் அக ஆற்றல் முழுவதும் அக இயக்க ஆற்றல் வடிவிலேயே இருக்கும். இது வெப்பநிலை, துகள்களின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றைச் சார்ந்திருக்கும். ஆனால் இது பருமனைச் சார்ந்ததல்ல. ஆனால் வான்டர் வால்ஸ் வாயுக்கள் போன்ற இயல்பு வாயுக்களுக்கு இது பொருந்தாது.
- அக ஆற்றல் ஒரு நிலைமாறி ஆகும். இது வெப்ப இயக்க அமைப்பின் இறுதிநிலை மற்றும் தொடக்கநிலை இவற்றை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக தண்ணீரின் வெப்பநிலை $30°C$இல் இருந்து $40°C$ ஆக வெப்பப்படுத்துவதன் மூலமாகவோ அல்லது கலக்குவதன் மூலமாகவோ உயர்த்தப்படுகிறது. அதன் இறுதி அக ஆற்றலானது, தண்ணீர் எவ்வாறு $40°C$ வெப்பநிலையை அடைந்தது என்ற வழிமுறையை சார்ந்திருக்காமல் அதன் இறுதி வெப்பநிலையைமட்டுமே சார்ந்திருக்கும்.

குறிப்பு

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அக ஆற்றலானது அமைப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தினால் ஏற்படும் இயக்க ஆற்றலையும், அவற்றின் வேதியியல் அமைப்பினால் ஏற்படும் நிலையாற்றல் இவற்றை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும் என்பதை நன்கு புரிந்து கொள்ள வேண்டும். அமைப்பு முழுவதற்குமான மொத்த இயக்க ஆற்றல் அல்லது அமைப்பின் ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் போன்றவை அமைப்பின் அக ஆற்றலின் ஒரு பகுதி என்று தவறாகக் கருதக்கூடாது.

குறிப்பு

(a) ஒரே வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றலுடைய இரண்டு வாயு நிரப்பப்பட்ட கொள்கலன்களைக் கருதுக. அவற்றில் ஒன்று தரையிலும், மற்றொன்று இயக்கத்திலுள்ள இரயில் வண்டியிலும் வைக்கப்படுகிறது. இரயில் வண்டியில் உள்ள வாயுக்கொள்கலன் இரயிலின் வேகத்தில் இயங்கினாலும் அதன் உள்ளே உள்ள வாயு மூலக்கூறுகளின் அக ஆற்றலில் எவ்வித உயர்வும் ஏற்படவில்லை.

(b) ஒரே வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றலுடைய இரண்டு வாயு நிரப்பப்பட்ட கொள்கலன்களைக் கருதுக. அவற்றில் ஒன்று தரையிலும், மற்றொன்று h உயரத்திலும் வைக்கப்படுகின்றது. h உயரத்திலுள்ள வாயுக் கொள்கலனின் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல் அதிகமெனினும் இந்த அதிகரிப்பு, வாயுவின் அக ஆற்றலில் எவ்வித மாற்றத்தையும் ஏற்படுத்தாது.

எடுத்துக்காட்டு 8.10

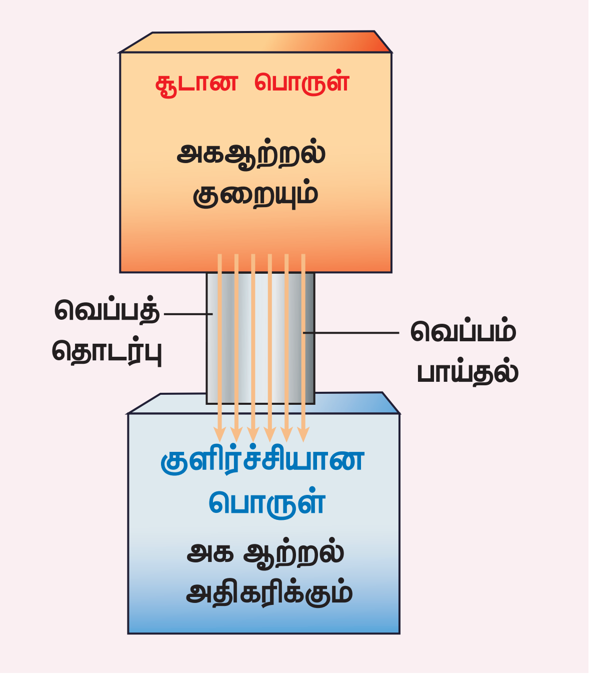
ஒரு வாளி முழுவதும் உள்ள சாதாரண நீருடன், ஒரு குவளை சுடுநீரை கலக்கும்போது வெப்பம் எத்திசையில் பரவும்?

உனது விடைக்கு உரிய விளக்கம் தருக.

வாளியில் உள்ள சாதாரண நீரைக்காட்டிலும், குவளையில் உள்ள சூடான நீரின் வெப்பநிலை அதிகம் இருப்பினும் குவளையில் உள்ள சுடுநீரின் அக ஆற்றலைவிட வாளி நீரின் அக ஆற்றல் அதிகம். ஏனெனில் அக ஆற்றல் ஓர் அளவுச் சார்புள்ள வெப்ப இயக்கவியல் மாறி ஆகும். அது அமைப்பின் அளவு அல்லது நிறையைச் சார்ந்ததாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 118 26-03-2022 17:41:02

வாளி நீரின் அக ஆற்றல் அதிகம் எனினும், குவளையில் உள்ள சுடுநீரில் இருந்து வெப்பம் வாளி நீருக்கு பாயும். இதற்குக்காரணம் வெப்பம் எப்போதும் உயர் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளிலிருந்து தாழ் வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்குப் பாயும். மேலும் இது அமைப்பின் அக ஆற்றலைச் சார்ந்ததல்ல. பொருளுக்கு வெப்பம் மாற்றப்பட்ட உடன் அவ்வெப்பம் பொருளின் அக ஆற்றலாக மாறிவிடும். எனவே பொருள் வெப்பத்தை பெற்றுள்ளது என்பதைவிட "பொருள் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு அக ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது" என்று கூறுவதே சரியான முறையாகும். அமைப்பு ஒன்றின் அக ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்கு ஒரு சிறந்த வழிமுறை வெப்பப்படுத்துவது ஆகும். இது பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



குறிப்பு

இங்கு மிக முக்கியமாக கவனத்தில் கொள்ள வேண்டியது வெப்பம் எப்போதும் அக ஆற்றலை அதிகரிக்க வேண்டும் என்ற அவசியம் இல்லை. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் (Isothermal process), நல்லியல்பு வாயுவின் உள்ளே வெப்பம் பாய்ந்தாலும் அதன் அக ஆற்றலில் எவ்வித உயர்வும் ஏற்படாது என்பதை நாம் பின்னால் கற்க உள்ளோம்.

8.6.1 ஜூலின் வெப்ப இயந்திரவியல் சமானம் (JOULE'S MECHANICAL EQUIVALENT OF HEAT)

பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை அதனை வெப்பப்படுத்துவதன் மூலம் உயர்த்தலாம் அல்லது அப்பொருளின்மீது வேலை செய்வதன் மூலம் உயர்த்தலாம். பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் ஜேம்ஸ் ஜூல் என்ற அறிவியல் அறிஞர் இயந்திர ஆற்றலை அக ஆற்றலாகவும், அக ஆற்றலை இயந்திர ஆற்றலாகவும் மாற்ற முடியும் என்று நிரூபித்தார். அவரின் ஆய்வின் படம் 8.19 இல் காட்டியுள்ளவாறு இரண்டு நிறைகள் கயிறு ஒன்றின் வழியே துடுப்பு சக்கரத்துடன்(Paddle wheel)இணைக்கப்பட்டுள்ளன. புவியீர்ப்பு விசையால் இரண்டு நிறைகளும் h தூரத்திற்கு கீழேவரும்போது 2 mgh அளவு நிலை ஆற்றலை இரண்டு நிறைகளும் இழக்கின்றன. நிறைகள் கீழே வரும்போது நீரினுள் உள்ள துடுப்பு சக்கரம் சுற்றும். எனவே துடுப்பு சக்கரத்திற்கும் நீருக்கும் இடையே ஓர் உராய்வு விசைத்தோன்றும். இது நீரின் வெப்பநிலையை உயர்த்தும். இங்கு ஈர்ப்பு நிலை ஆற்றல் (Gravitational potential energy) நீரின் அக ஆற்றலாக மாற்றமடைவதை இது உணர்த்துகிறது. புவியீர்ப்புவிசையால் செய்யப்பட்ட வேலையினால் நீரின் வெப்பநிலை உயர்ந்துள்ளது. உண்மையில் வெப்பத்தை கொடுப்பதால் ஏற்படும் அதே விளைவை இயந்திரத்தைக் கொண்டு செய்யப்படும் வேலையினால் ஏற்படுத்த முடியும் என்று ஜூல் நிரூபித்துள்ளார். 1 கிராம் நிறையுடைய நீரின் வெப்பநிலையை $1^{\circ}C$ உயர்த்த 4.186 J ஆற்றல் தேவைப்படும் என்று ஜூல் கண்டறிந்தார். பழங்காலங்களில் வெப்பமானது கலோரி (Calorie) என்ற அலகினால் அளக்கப்பட்டது.

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

இதற்கு ஜூலின் வெப்ப இயந்திரவியல் சமானம் என்று பெயர்.

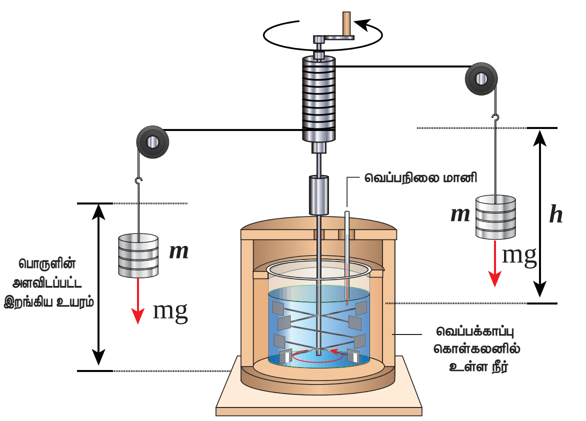
குறிப்பு

ஜேம்ஸ் ஜூலின் காலத்திற்கு முன்பு, வெப்பம் என்பது கலோரிக் (Caloric) என்ற பாய்ந்தோடும் ஓர் திரவம் என்று மக்கள் கருதினார்கள். அத்திரவம் உயர் வெப்பநிலையில்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 119 26-03-2022 17:41:03

உள்ள பொருளிலிருந்து, குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளுக்கு பாயும் எனவும் கருதினார்கள். கலோரிக் திரவக் கருத்தின்படி உயர் வெப்பநிலைப்பொருளில் அதிக கலோரிக் திரவமும், குளிர்ச்சியான பொருளில் குறைந்த கலோரிக் திரவமும் உள்ளன. ஏனெனில் வெப்பம் என்பது ஓர் அளவு என்று அவர்கள் கருதியதேயாகும். ஆனால் தற்காலத்தில் நாம் வெப்பம் என்பது ஓர் அளவு அல்ல அது பரிமாற்றிக் கொள்ளப்படும் ஓர் பரிமாற்ற ஆற்றல் என்று புரிந்து கொண்டிருக்கிறோம். எனவே "வெப்ப இயந்திரவியல் சமானம்" என்பது ஓர் தவறான பிரயோகமாகும். ஏனெனில் இயந்திர ஆற்றல் என்பது ஓர் அளவாகும். எந்த ஒரு பொருளும் அதிகமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ இயந்திர ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கலாம். ஆனால் வெப்பத்திற்கு இது பொருந்தாது. ஏனெனில் வெப்பம் என்பது ஓர் அளவு அல்ல. இருந்தபோதிலும் இந்தப் பிரயோகம் தொன்று தொட்டே நடைமுறையில் இருந்துவருவதால் அது தற்போதும் பின்பற்றப்படுகிறது.]

இதன் சரியானப் பிரயோகம் "ஜூலின் அகஆற்றல் – இயந்திரவியல் ஆற்றல் சமானம்" என்பதேயாகும். அடிப்படையில் ஜூல் இயந்திர ஆற்றலையே அக ஆற்றலாக மாற்றியுள்ளார். ஜூலின் துடுப்பு சக்கர ஆய்வில் நிறைகளின் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல், துடுப்பு சக்கரத்தின் சுழல் இயக்க ஆற்றலாக மாற்றமடைந்து, பின்னர் நீரின் அக ஆற்றலாக மாற்றமடைகிறது.



படம்.8.19 ஜூலின் வெப்ப இயந்திரவியல் சமானத்தை கண்டறியும் ஆய்வு

எடுத்துக்காட்டு 8.11

மாணவர் ஒருவர் காலைச் சிற்றுண்டியாக 200 உணவு கலோரி (food calorie) ஆற்றலுடைய உணவை உண்கிறார். அவர் அவ்வாற்றலை கிணற்றிலிருந்து தண்ணீரை இறைத்து பள்ளியில் உள்ள மரங்களுக்கு ஊற்றுவதன் மூலம் செலவழிக்கலாம் எனக் கருதுகிறார். அவ்வாறு செலவழிக்க வேண்டுமென்றால் எத்தனை மரங்களுக்கு அவர் தண்ணீர் ஊற்ற முடியும்? இங்கு கிணற்றின் ஆழம் 25 m, குடத்தின் கொள்ளளவு 25 L, ஒவ்வொரு மரத்திற்கும் ஒரு குடம் நீர் ஊற்ற வேண்டும் என்க. (நடக்கும்போது செலவழிக்கப்படும் ஆற்றலையும், குடத்தின் நிறையையும் புறக்கணிக்கவும்) $g = 10\ ms^{-2}$ எனக் கருதுக.

தீர்வு:

கிணற்றிலிருந்து 25 L தண்ணீரை இறைப்பதற்கு அவரின் அக ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி புவியீர்ப்பு விசைக்கு எதிராக வேலை செய்ய வேண்டும்

தண்ணீரின் நிறை $= 25\ L = 25\ kg\ \ (1L = 1kg)$

25 kg நிறையுடைய தண்ணீரை இறைக்க செய்ய வேண்டிய வேலை = தண்ணீரால் பெறப்படும் ஈர்ப்புநிலை ஆற்றல்

$$W = mgh = 25 \times 10 \times 25 = 6250\ J$$

காலைச் சிற்றுண்டியால் பெறப்பட்ட ஆற்றல் = 200 உணவு கலோரி =200 kcal.

$$1\ kcal = 10^3 \times 4.186\ J$$

$$= 200 \times 10^3 \times 4.186\ J = 8.37 \times 10^5\ J$$

இவ்வாற்றலைக் கொண்டு மாணவர் 'n' குடங்கள் நீரை கிணற்றிலிருந்து இறைக்கிறார் எனக் கருதுக

மாணவரால் செலவழிக்கப்படும் மொத்த ஆற்றல் $= 8.37 \times 10^5\ J = nmgh$

எனவே

$$n = \frac{8.37 \times 10^5\ J}{6250\ J} \approx 134.$$

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 120 26-03-2022 17:41:04

இங்கு n என்பது தண்ணீர் ஊற்றப்பட வேண்டிய மரங்களின் எண்ணிக்கையை கூட குறிக்கிறது.

காலைச் சிற்றுண்டி மட்டும் உண்டு விட்டு 134 குடம் நீரை இறைக்க முடியுமா? நிச்சயம் முடியாது. உண்மையில் மனித உடல் உணவுஆற்றல் முழுவதையும் வேலையாக மாற்றாது. ஏனெனில் தோராயமாக மனித உடலின் பயனுறுதிறன் 20% ஆகும். அதாவது 200 உணவு கலோரியில் 20% மட்டுமே வேலையாக மாற்றமடையும். எனவே 134 குடங்களில் 20% என்பது 26 குடங்கள் மட்டுமே. எனவே அம்மாணவர் உண்ட சிற்றுண்டிக்கு இணையாக செய்ய முடிந்த வேலையின் அளவு 26 குடங்கள் நீரை இறைப்பதே ஆகும்.

மீதமுள்ள ஆற்றல் இரத்த ஓட்டத்திற்கும் மற்ற உடலின் மற்ற உறுப்புகளின் இயக்கத்திற்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மேலும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு உணவு ஆற்றல் வீணாக இழக்கப்படும் என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

நமது உடலின் பயனுறுதிறன் ஏன் 100% இல்லை? இதற்கான விடையை நீங்கள் பிரிவு 8.9 இல் அறிந்து கொள்வீர்கள்.

8.6.2. வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி

ஆற்றல் மாறாவிதியின் கூற்றே வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி ஆகும். நியூட்டனின் இயக்கவியலில் ஆற்றல் மாறாத்தன்மை பெரிய பொருள்களின் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலை ஆற்றலை உள்ளடக்கியுள்ளது. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி வெப்பத்தையும் உள்ளடக்கியுள்ளது. இவ்விதியின்படி அமைப்பின் அக ஆற்றல் மாறுபாடானது (ΔU), அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்திற்கும் (Q) சூழலின்மீது அவ்வமைப்பு செய்த வேலைக்கும் (W) உள்ள வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும். கணிதமொழியில் இதனைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

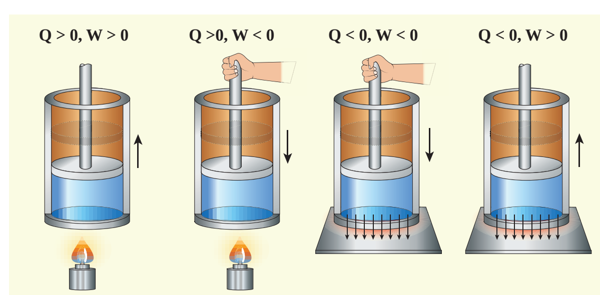
$$\Delta U = Q - W \quad (8.13)$$

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அக ஆற்றலை, வெப்பப்படுத்தியோ அல்லது வேலை செய்தோ மாற்ற இயலும். இதனை கீழே உள்ள அட்டவணையில் காணலாம்.

அமைப்பின் உள்ளே வெப்பம் பாய்தல்	அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்
அமைப்பிலிருந்து வெப்பம் வெளியேறுதல்	அக ஆற்றல் குறையும்
அமைப்பின்மீது வேலை செய்யப்படும் போது	அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்
அமைப்பினால் வேலை செய்யப்படும்போது	அக ஆற்றல் குறையும்

மேலே உள்ள அட்டவணையின் அடிப்படையில், வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதியை பயன்படுத்துவதற்கான குறியீட்டு மரபினை அறிமுகப்படுத்தலாம். இது கீழே உள்ள அட்டவணை மற்றும் படம் 8.20 இல் குறிப்பிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதியைப் பயன்படுத்துவதற்கான குறியீட்டு மரபு	
அமைப்பு வெப்பத்தைப் பெறும்போது	Q நேர்க்குறி
அமைப்பு வெப்பத்தை இழக்கும்போது	Q எதிர்க்குறி
அமைப்பின்மீது வேலை செய்யப்படும்போது	W எதிர்க்குறி
அமைப்பு வேலை செய்யும் போது	W நேர்க்குறி



படம் 8.20 வெப்பம் மற்றும் வேலைக்கான குறியீட்டு மரபு

பொதுவாக வாயுக்களைக் கொண்டே, வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதி விளக்கப்படுகிறது. ஆனால் இவ்விதி எல்லாவற்றிற்கும் பொதுவானது. மேலும் திரவங்கள் மற்றும் திடப்பொருள்களுக்கும் இவ்விதியைப் பயன்படுத்த முடியும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 121 26-03-2022 17:41:05

குறிப்பு சில புத்தகங்களில் $\Delta U = Q + W$ என வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதி குறிப்பிட்டிருக்கும். இங்கு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறியாகவும், அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை நேர்க்குறியாகவும் கருதப்படும். இவை இரண்டுமே சரியான குறியீட்டு மரபுகள்தான். இவற்றில் ஏதேனும் ஒரு குறியீட்டு மரபினை நாம் பின்பற்றலாம்

எடுத்துக்காட்டு 8.12

மனிதரொருவர் 2 kg நிறையுடைய நீரினை துடுப்பு சக்கரத்தைக் கொண்டு கலக்குவதன்மூலம் 30 kJ வேலையைச் செய்கிறார். ஏறத்தாழ 5 k cal வெப்பம் நீரிலிருந்து வெளிப்பட்டு கொள்கலனின் பரப்பு வழியே வெப்பக்கடத்தல் மற்றும் வெப்பக் கதிர்வீச்சின் மூலம் சூழலுக்குக் கடத்தப்படுகிறது எனில் அமைப்பின் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டைக் காண்க.

தீர்வு

அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை(நீரினைக் கலக்குவதன் மூலம் மனிதரால் செய்யப்பட்ட வேலை) W = –30 kJ = –30,000J

அமைப்பிலிருந்து வெப்பம் வெளிப்படுகிறது, Q = –5 kcal = –5 × 4184 J =–20920 J

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைப் பயன்படுத்தும்போது

$$\Delta U = Q\text{-}W$$
$$\Delta U = \text{-}20{,}920\,J\text{-}(\text{-}30{,}000)\,J$$
$$\Delta U = \text{-}20{,}920\,J\text{+}30{,}000\,J = 9080\,J$$

இங்கு, அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைவிட வெப்ப இழப்பு குறைவாக உள்ளது. எனவே அக ஆற்றல் மாறுபாடு நேர்க்குறியாகும். இது அமைப்பின் அக ஆற்றல் அதிகரித்ததைக் காட்டுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.13:

மெல்லோட்டப் பயிற்சியை (Jogging) தினமும் செய்வது உடல்நலத்தை பேணிக்காக்கும் என்பது நாமறிந்ததே. நீங்கள் மெல்லோட்டப் பயிற்சியில் ஈடுபடும்போது 500 kJ வேலை உங்களால் செய்யப்படுகிறது. மேலும் உங்கள் உடலிலிருந்து 230 kJ வெப்பம் வெளியேறுகிறது எனில், உங்கள் உடலில் ஏற்படும் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:

அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை (நமது உடலை அமைப்பு என்று கருதுக)

$$W = +500\text{ kJ}$$

அமைப்பிலிருந்து (நமது உடல்) வெளியேற்றப்பட்ட வெப்பம் $Q = -230\text{ kJ}$

உடலில் ஏற்படும் அக ஆற்றல் மாறுபாடு

$= \Delta U = -230\,kJ - 500\,kJ = -730\,kJ.$

எதிர்க்குறியானது நமது உடலின் அக ஆற்றல் குறைந்தது என்பதைக் காட்டுகிறது.

8.6.3 மீமெது நிகழ்வு (Quasi–static process)

V பருமன் , P அழுத்தம் மற்றும் T வெப்பநிலையில் உள்ள நல்லியல்பு வாயு அமைப்பினைக் கருதுக. நல்லியல்பு வாயு அடைக்கப்பட்ட உருளையின் பிஸ்டன் வெளிநோக்கி நகர்த்தும்போது நல்லியல்பு வாயுவின் பருமனில் மாற்றம் ஏற்படும். இதன் விளைவாக வெப்பநிலையிலும் அழுத்தத்திலும் மாற்றம் ஏற்படும். ஏனெனில், இம்மூன்று மாறிகளும் (P,T மற்றும் V) PV=NkT என்ற நிலைச்சமன்பாட்டினால் தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளன. நிறை ஒன்றினை பிஸ்டனின் மீது வைக்கும்போது, அது பிஸ்டனை திடீரென கீழ்நோக்கி அழுத்தும். இந்நிலையில் பிஸ்டனுக்கு மிக அருகே உள்ள பகுதியின் அழுத்தம், அமைப்பின் மற்ற பகுதிகளில் உள்ள அழுத்தத்தைவிட அதிகமாக இருக்கும். இது

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 122 26-03-2022 17:41:06

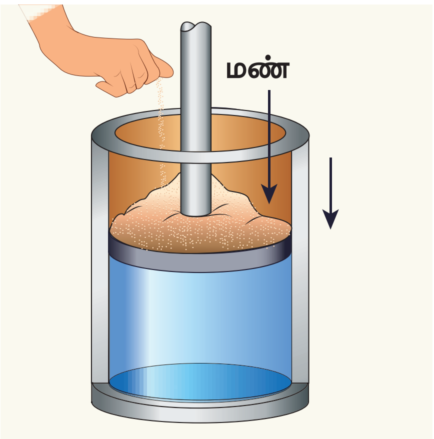
வாயுவின் சமநிலையற்றத்தன்மையைக் (non–equilibrium) காட்டுகிறது. வாயு சமநிலையை மீண்டும் அடையும்வரை அவ்வாயுவின் அழுத்தம், வெப்பநிலை அல்லது அக ஆற்றலைக் கண்டறிய இயலாது. ஆனால் பிஸ்டனை மிக மெதுவாக அழுத்தும்போது ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் அமைப்பு, சூழலுடன் சமநிலையில் இருக்கும். இந்நிலையில் நாம் நிலைச் சமன்பாட்டைக் கொண்டு அமைப்பின் அக ஆற்றல், அழுத்தம் அல்லது வெப்பநிலையைக் கணக்கிட இயலும். இவ்வகையான நிகழ்விற்கு மீமெது நிகழ்வு என்று பெயர்.

மீமெது நிகழ்வு என்பது மிகமிக மெதுவாக நடைபெறும் ஓர் நிகழ்வாகும். இந்நிகழ்வு முடியும்வரை அமைப்பு, சூழலுடன் வெப்பச்சமநிலை, இயந்திரச் சமநிலை மற்றும் வேதிச்சமநிலையில் இருக்கும்படி தன்னுடைய மாறிகளான (P,V,T) ஆகியவற்றின் மதிப்புகளை மிக மெதுவாக மாற்றிக்கொள்ளும். வரையறுக்க இயலாத அளவு மெதுவாக ஏற்படும் இம்மாற்றத்தினால் அமைப்பு எப்போதும் சமநிலைத்தன்மையை ஒட்டியே காணப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 8.14:

மீமெது நிகழ்விற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டுத் தருக.

பருமன் V, அழுத்தம் P மற்றும் வெப்பநிலை T உடைய வாயு ஒன்று கொள்கலனில் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது என்க. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டன் மீது ஒவ்வொரு மண்துகளாகப் போடும்போது பிஸ்டன் உள்நோக்கி மிக மெதுவாக நகரும். இந்நிகழ்வினை கிட்டத்தட்ட மீமெது நிகழ்வாகக் கருதலாம்.



(ஒவ்வொரு மண்துகளாகப் பிஸ்டனின் மீது போடும்போது ஏற்படும் மீமெது நிகழ்வு)

8.6.4 பருமனில் மாற்றம் ஏற்படும்போது செய்யப்பட்ட வேலை:

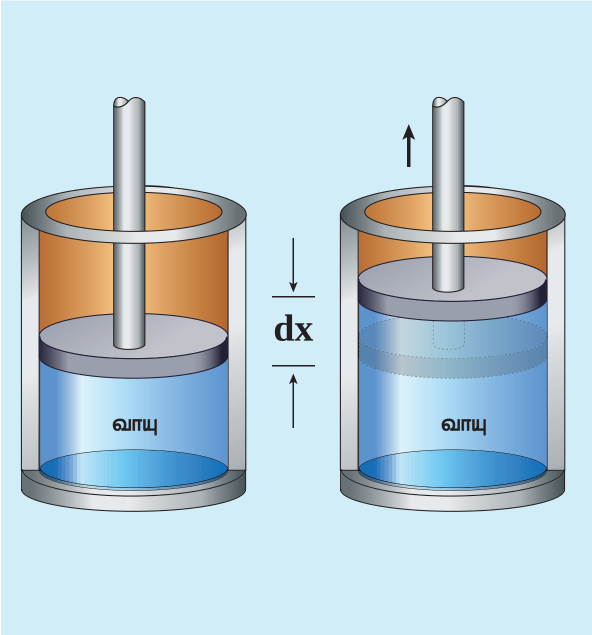
நகரும் பிஸ்டனைக் கொண்ட வாயு நிரப்பப்பட்ட உருளை ஒன்றைக் கருதுக. படம் 8.21 இல் காட்டியுள்ளவாறு மீமெது நிகழ்வில் உள்ளவாறு வாயு விரிவடைந்து பிஸ்டனை dx தொலைவு மெதுவாகத் தள்ளுகிறது.

இங்கு மீமெது நிகழ்வின் அடிப்படையில் வாயு விரிவடைகிறது. எனவே ஒவ்வொரு கணத்திலும் அழுத்தம், வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றல் ஆகியவை ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கும்.

வாயுவால் பிஸ்டன் மீது செய்யப்பட்ட சிறிய வேலை

$$dW = Fdx \qquad (8.14)$$

வாயுவால் பிஸ்டனின் மீது செலுத்தப்பட்ட விசை $F = PA$. இங்கு A என்பது பிஸ்டனின் பரப்பையும், P என்பது வாயு பிஸ்டனின் மீது செலுத்தும் அழுத்தத்தையும் குறிக்கிறது.



படம் 8.21 வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

சமன்பாடு (8.14) ஐ பின்வருமாறு மாற்றியமைக்கலாம்

$$dW = PA\ dx \qquad (8.15)$$

ஆனால், $Adx = dV$ = வாயுவின் விரிவினால் ஏற்பட்ட பருமன் மாறுபாடு

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 123 26-03-2022 17:41:06

எனவே வாயு விரிவடைந்ததால் செய்யப்பட்ட சிறிய வேலை

$$dW = PdV \qquad (8.16)$$

இங்கு dV நேர்க்குறி என்பதை கவனிக்க வேண்டும். ஏனெனில் பருமன் அதிகரிக்கிறது.

பொதுவாக வாயுவின் பருமன் V_i லிருந்து V_f வரை அதிகரிப்பதால் செய்யப்பட்ட வேலையை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

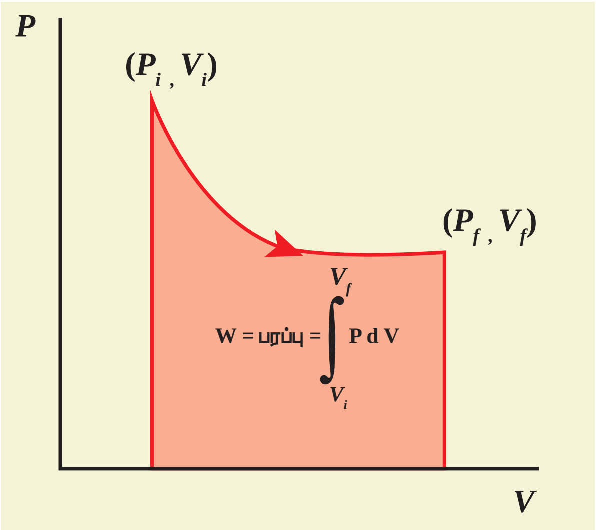
$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV \qquad (8.17)$$

அமைப்பின்மீது வேலை செய்யப்பட்டிருப்பின் $(V_i > V_f)$ W எதிர்க்குறி மதிப்பைப் பெறும்.

சமன்பாடு (8.17) இல் அழுத்தம் P, தொகைக் குறியீட்டிற்கு உள்ளே உள்ளதைக் கவனிக்க வேண்டும். அமைப்பு வேலை செய்யும்போது அழுத்தம் மாறிலியாக இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை என்பதை இது உணர்த்துகிறது. தொகையீட்டு மதிப்பினைக் காண நிலைச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி அழுத்தத்தை பருமன் மற்றும் வெப்பநிலையின் சார்பாகக் குறிப்பிட வேண்டும்.

8.6.5 PV வரைபடம்

அழுத்தம் P மற்றும் பருமன் V இவைகளுக்கு இடையே வரையப்படும் ஓர் வரைபடமே PV வரைபடமாகும். வாயு விரிவடையும்போது அவ்வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலையை PV வரைபடத்தைக் கொண்டு கணக்கிடலாம் அல்லது வாயு அமுக்கப்படும்போது அவ்வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடலாம். அலகு 2 இல் நாம் கற்றபடி வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு சிறும எல்லையிலிருந்து பெரும எல்லைவரை உள்ள சார்பின் தொகையீட்டு மதிப்பைத் தரும். இதேபோன்று PV வரைபடத்தின் கீழே உள்ள பரப்பு வாயு விரிவடையும்போது அல்லது அமுக்கப்படும்போது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும். இது படம் (8.22) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.22 வாயு விரிவடையும்போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

PV வரைபடத்தின் வடிவம் வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வின் தன்மையைச் சார்ந்தது.

எடுத்துக்காட்டு 8.15

நிலையான வளிமண்டல அழுத்தத்தில் உள்ள வாயுவின் பருமன் $1 m^3$ லிருந்து $2 m^3$ ஆக விரிவடைகிறது எனில், பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

a. வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

b. இவ்வேலைக்கான PV வரைபடம்.

தீர்வு:

a. அழுத்தம் $P = 1$ atm $= 101$ kPa, $V_f = 2\ m^3$ மற்றும் $V_i = 1 m^3$

சமன்பாடு (8.17) இல் இருந்து

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV = P\int_{V_i}^{V_f} dV$$

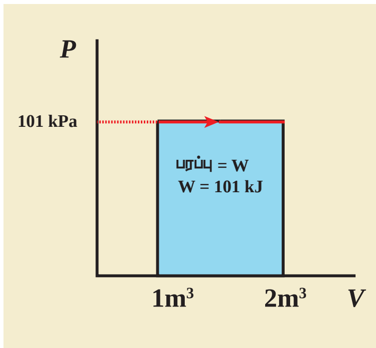
இங்கு P என்பது ஓர் மாறிலியாகும். எனவே இது தொகையீட்டிற்கு வெளியே உள்ளது.

$$W = P(V_f - V_i) = 101 \times 10^3 \times (2-1) = 101\ kJ$$

b. அழுத்தம் மாறிலியாக உள்ளதால் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு PV வரைபடம் ஓர் நேர்க்கோடாக இருக்கும். அந்த

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 124 26-03-2022 17:41:07

நேர்க்கோட்டுக்கு கீழே உள்ள பரப்பு செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.



படத்தில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள அம்புக்குறியீட்டை கவனிக்க வேண்டும். ஒரே வேளை அமைப்பின் மீது வேலை செய்யப்பட்டிருந்தால் பருமன் குறையும். எதிர்த்திசையில் அம்புக்குறி காணப்படும்.

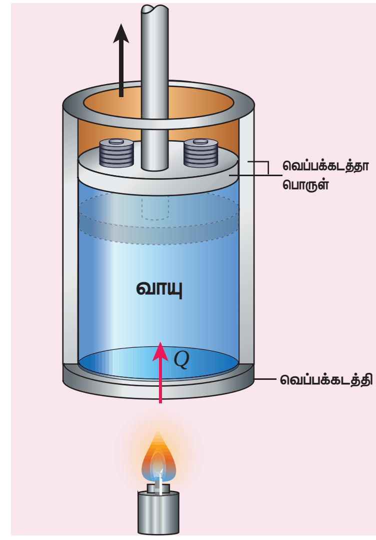
8.7 வாயுவின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

கொடுக்கப்பட்ட அமைப்பின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் அவ்வமைப்பின் கட்டமைப்பு மற்றும் மூலக்கூறுகளின் தன்மையைக் கண்டறிவதில் முக்கியப் பங்காற்றுகின்றது. திடப்பொருள் மற்றும் திரவங்களுக்கு மாறாக வாயுக்கள் இரண்டு தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களைப் பெற்றுள்ளன. அவை, அழுத்தம் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (s_p) மற்றும் பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (s_v).

8.7.1 தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

அழுத்தம் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (s_p)

அழுத்தம் மாறா நிலையில் 1 kg நிறையுடைய பொருளின் வெப்பநிலையை 1 K அல்லது 1°C உயர்த்தத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவு அழுத்தம் மாறாத்தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் என அழைக்கப்படும். அமைப்பினை வெப்பப்படுத்தும்போது வாயுவிற்கு வெப்பம் அளிக்கப்படுகிறது. படம் 8.23 இல் காட்டியுள்ளவாறு மாறா அழுத்தத்தில் வாயு விரிவடைகிறது.

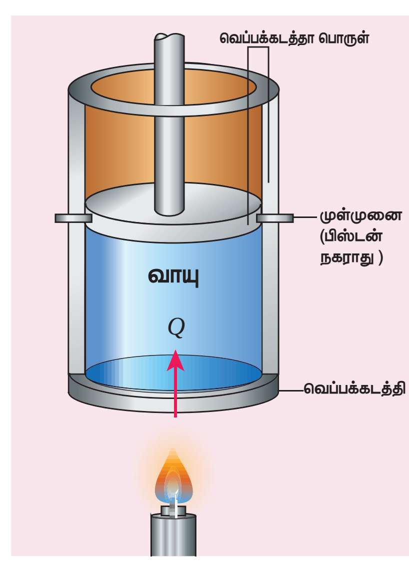


படம் 8.23 அழுத்தம் மாறாத்தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

இந்நிகழ்வில் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் ஒரு பகுதி வேலை செய்ய (விரிவடைய) பயன்படுகிறது. மேலும் மீதம் உள்ள பகுதி வாயுவின் அக ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்குப் பயன்படுகிறது.

பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (s_v)

பருமன் மாறாநிலையில் 1kg நிறையுடைய பொருளின் வெப்பநிலையை 1 K அல்லது 1°C உயர்த்தத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவு, பருமன் மாறா தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்று அழைக்கப்படும். வாயுவின் பருமன் மாறாத நிலையில் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் அமைப்பின் அக ஆற்றல் அதிகரிப்பதற்கு மட்டுமே பயன்படுகிறது. படம் 8.24 இல் காட்டியுள்ளவாறு எவ்வித வேலையும் செய்யப்படாது.



படம் 8.24 பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 125 26-03-2022 17:41:07

மாறா அழுத்தத்தில் வாயுவின் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தை விட, மாறா பருமனில் உள்ள வாயுவின் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பம் குறைவானது. வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் s_p எப்போதும் s_v ஐ விட அதிகமாகும்.

மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்கள்

சில நேரங்களில் மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன்களைக் (C_p, C_v). கணக்கிடுவது, நமக்கு மிகவும் பயனுள்ளதாக அமையும்.

மாறாப்பருமனில் 1 மோல் அளவுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை 1K அல்லது 1°C உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே, பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_v) ஆகும். மாறா அழுத்தத்தில் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவு அழுத்தம் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_p).

மாறாப்பருமனில் μ மோல் அளவுள்ள வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பத்தை Q என்றும், அதனால் ஏற்படும் வெப்பநிலை வேறுபாட்டை ΔT எனவும் கொண்டால்

$$Q = \mu C_v \Delta T. \quad (8.18)$$

என எழுதலாம்.

இம் மாறாபரும நிகழ்விற்கு வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைப் பயன்படுத்தினால் ($W = 0$, ஏனெனில் $dV = 0$),

$$Q = \Delta U - 0 \quad (8.19)$$

எனக் கிடைக்கும்.

(8.18) மற்றும் (8.19) இவற்றை ஒப்பிடும்போது

$$\Delta U = \mu C_v \Delta T \text{ அல்லது } C_v = \frac{1}{\mu}\frac{\Delta U}{\Delta T}$$

ΔT யின் எல்லை சுழியினை அடையும்போது ($\Delta T \to 0$), நாம்

$$C_v = \frac{1}{\mu}\frac{dU}{dT} \quad (8.20)$$

என எழுதலாம்.

இங்கு வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றல் இரண்டுமே நிலை மாறிகள். எனவே, மேற்கண்ட சமன்பாடு அனைத்து நிகழ்வுகளுக்கும் பொருத்தமானதாகும்.

8.7.2. மேயர் தொடர்பு (Meyer's Relation):

μ மோல் அளவுடைய நல்லியல்பு வாயு கொள்கலன் ஒன்றில் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. அவ்வாயுவின் பருமன் V, அழுத்தம் P மற்றும் வெப்பநிலை T என்க. மாறாப்பருமனில் வாயுவின் வெப்பநிலை dT அளவு உயர்த்தப்படுகிறது. இங்கு வாயுவால் எவ்வித வேலையும் செய்யப்படவில்லை. எனவே அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பம் அக ஆற்றலை மட்டுமே அதிகரிக்கும். அக ஆற்றலில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தை dU என்க.

C_v என்பது பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனில் சமன்பாடு (8.20) ஐ பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$dU = \mu C_v dT \quad (8.21)$$

மாறா அழுத்தத்தில் வாயுவை வெப்பப்படுத்தும்போது, அவ்வாயுவின் வெப்பநிலை உயர்வு dT எனவும், அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவு 'Q' எனவும், இந்நிகழ்வினால் பருமனில் ஏற்பட்ட மாற்றம் 'dV' எனவும் கொண்டால்

$$Q = \mu C_p dT \quad (8.22)$$

இந்நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = PdV \quad (8.23)$$

ஆனால், வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதிப்படி

$$Q = dU + W \quad (8.24)$$

சமன்பாடுகள் (8.21), (8.22) மற்றும் (8.23) இம்மூன்றையும் (8.24) இல் பிரதியிடும்போது,

$$\mu C_p dT = \mu C_v dT + PdV \quad (8.25)$$

எனக் கிடைக்கும்.

μ மோல் நல்லியல்பு வாயுவிற்கு நிலைச்சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$PV = \mu RT \Rightarrow PdV + VdP = \mu RdT \quad (8.26)$$

இங்கு அழுத்தம் மாறாது, எனவே $dP = 0$,

$$PdV = \mu RdT$$

$$\therefore C_p dT = C_v dT + RdT$$

$$\therefore C_P = C_v + R \quad (or) \quad C_p - C_v = R \qquad (8.27)$$

இத்தொடர்பிற்கு மேயர் தொடர்பு என்று பெயர்.

மாறா அழுத்தத்தில் நல்லியல்பு வாயுவின் மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன், பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் மற்றும் R ஆகியவற்றின் கூடுதலுக்குச் சமமாகும் என்பதை இத்தொடர்பு நமக்குக் காட்டுகிறது.

மேலும் இத்தொடர்பிலிருந்து, அழுத்தம் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் (C_p), பருமன் மாறா மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனைவிட (C_v) எப்போதும் அதிகம் என்பதை நாம் புரிந்து கொள்ளலாம்.

8.8 வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வுகள் (THERMODYNAMIC PROCESSES):

8.8.1 வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு (Isothermal process):

இந்நிகழ்வில் வெப்பநிலை ஓர் மாறா மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கும். ஆனால் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் அழுத்தமும், பருமனும் மாற்றமடையும்.

நாமறிந்தபடி நல்லியல்பு வாயுச்சமன்பாடு

$$PV = \mu RT$$

இந்நிகழ்வில் T ஓர் மாறிலி. எனவே வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான நிலைச்சமன்பாடு

$$PV = \text{மாறிலி} \qquad (8.28)$$

இந்த சமன்பாடு நமக்கு உணர்த்துவது வாயு ஒரு சமநிலை நிலையிலிருந்து (P_1, V_1) மற்றொரு சமநிலை நிலைக்குச் (P_2, V_2) செல்லும் போது பின்வரும் தொடர்பு பொருந்தும் என்பதே.

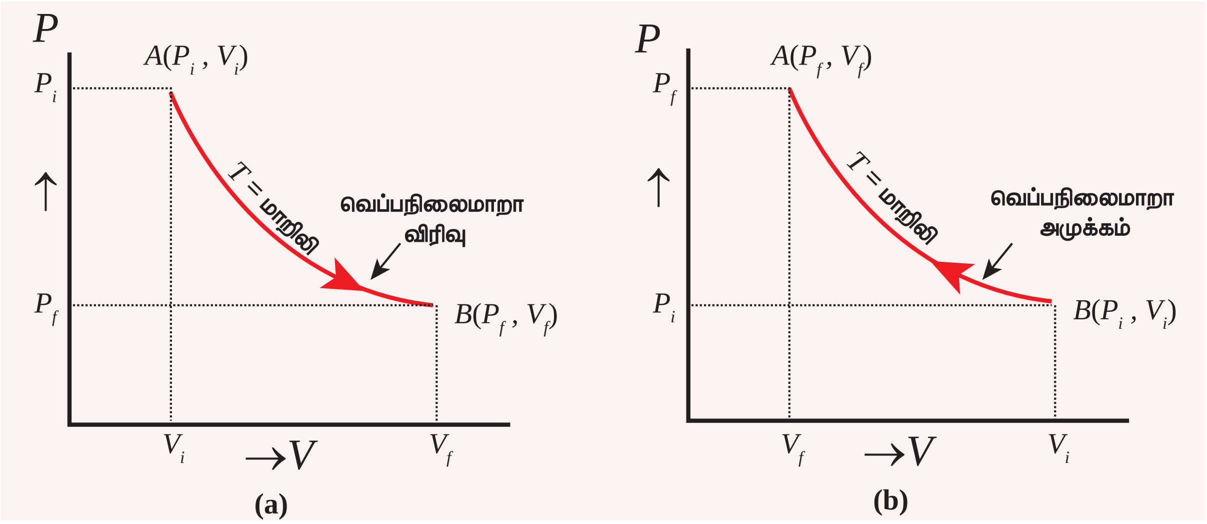
$$P_1V_1 = P_2V_2 \qquad (8.29)$$

இங்கு $PV =$ மாறிலி. எனவே P, ஆனது V யுடன் எதிர் விகிதத்தொடர்பைப் பெற்றுள்ளது. அதாவது ($P \propto \frac{1}{V}$). இதிலிருந்து PV வரைபடம் ஓர் அதிபரவளையம் (hyperbola) என அறியலாம்.

மாறா வெப்பநிலையில் வரையப்படும் அழுத்தம் – பருமன் வரைபடத்தை வெப்பநிலை மாறா வரைபடம் (isotherm) என்றே அழைக்கலாம்.

மீமெது வெப்பநிலை மாறா விரிவு மற்றும் மீமெது வெப்பநிலை மாறா அமுக்கம் இவற்றிற்கான PV வரைபடங்கள் படம் 8.25 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

நாம் அறிந்தபடி நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் அக ஆற்றல் அவ்வாயுவின் வெப்பநிலையை மட்டுமே சார்ந்துள்ளது.



படம் 8.25 (a) வெப்பநிலை மாறா மீமெது விரிவு (b) வெப்பநிலை மாறா மீமெது அமுக்கம்

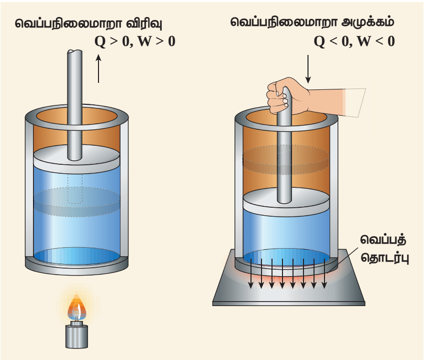
UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 127 26-03-2022 17:41:08

எனவே, ஒரு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் அக ஆற்றலும் ஓர் மாறிலியாகும் ஏனெனில் வெப்பநிலை இங்கு மாறாமல் உள்ளது. எனவே, dU அல்லது $\Delta U = 0$.

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$Q = W \tag{8.30}$$

சமன்பாடு (8.30) இல் இருந்து வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் புறவேலைக்கு மட்டுமே பயன்படுகிறது என்பதை நமக்கு உணர்த்துகிறது. அமைப்பு ஒன்றினுள் வெப்பம் பாயும்போது அவ்வமைப்பின் வெப்பநிலை எப்போதும் உயரும் என்ற தவறான புரிதல் உள்ளது. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் இது உண்மையல்ல. வெப்பநிலை மாறா அமுக்கம் ஏற்படும்போது உருளையின் உள்ளே பிஸ்டன் தள்ளப்படுகிறது இது அக ஆற்றலை அதிகரிக்கும். ஆனால் இந்த அக ஆற்றல் அதிகரிப்பு வெப்பத்தொடர்பினால் அமைப்பிற்கு வெளியே சென்று விடுகிறது. இது படம் 8.26 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.26 வெப்பநிலை மாறா விரிவு மற்றும் வெப்ப நிலை மாறா அமுக்கம்

எடுத்துக்காட்டுகள்:

1. தண்ணீரை வெப்பப்படுத்தும் போது, அதன் கொதிநிலையில் தண்ணீருக்கு எவ்வளவு வெப்பத்தை அளித்தாலும் தண்ணீர் முழுவதுமாக நீராவியாக மாறும்வரை அதன் வெப்பநிலை உயருவதில்லை. இதேபோன்று உறைநிலையில் உள்ள பனிக்கட்டி உருகி தண்ணீராக மாறும் போதும் பனிக்கட்டிக்கு வெப்பத்தைக் கொடுத்தாலும் அதன் வெப்பநிலை உயருவதில்லை.
2. நமது உடலின் அனைத்து வளர்சிதை மாற்றங்களும் ஒரு மாறா வெப்பநிலையிலேயே (37°C) நடைபெறுகின்றன.

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை:

நல்லியல்பு வாயு ஒன்றினைக் கருதுக. மாறா வெப்பநிலையில், மீமெது நிகழ்வில் (P_i, V_i) என்ற தொடக்க நிலையிலிருந்து (P_f, V_f) என்ற இறுதிநிலைக்கு அதனை விரிவடைய அனுமதிக்கவும். இந்நிகழ்வில் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலையை நாம் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

சமன்பாடு (8.17) இல் இருந்து வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை,

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV \tag{8.31}$$

இந்நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக உள்ளதால் ஒவ்வொரு நிலையிலும் வாயுவானது சூழலுடன் சமநிலையில் இருக்கும். இங்கு வாயு நல்லியல்பு வாயுவாகவும் ஒவ்வொரு நிலையிலும் சூழலுடன் சமநிலையில் உள்ளதாலும் நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டை இங்கு நாம் பயன்படுத்தி அழுத்தத்தை பருமன் மற்றும் வெப்பநிலையின் சார்பாக எழுதலாம்.

$$P = \frac{\mu RT}{V} \tag{8.32}$$

சமன்பாடு (8.32) ஐ சமன்பாடு (8.31) இல் பிரதியிடும்போது

$$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{\mu RT}{V}\, dV$$

$$W = \mu RT \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} \tag{8.33}$$

சமன்பாடு (8.33) இல் T தொகையீட்டிற்கு வெளியே வைத்திருக்கக்காரணம் வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு முழுமைக்கும் இது மாறிலியாகும்.

சமன்பாடு (8.33) ஐ தொகைப்படுத்தும்போது

$$W = \mu RT \, ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) \tag{8.34}$$

இங்கு ஏற்பட்ட பருமன் விரிவு ஓர் வெப்பநிலை மாறா விரிவாகும்

மேலும் $\frac{V_f}{V_i} > 1$, என்பதால் $ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) > 0$ ஆகும்.

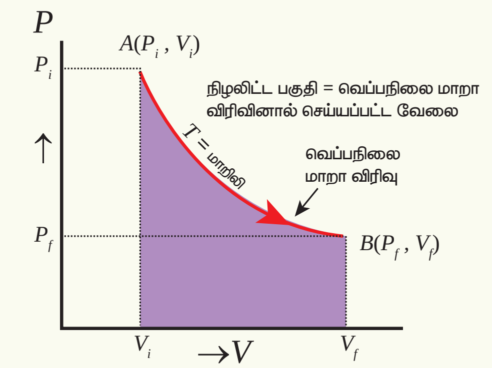
UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 128 26-03-2022 17:41:10

எனவே, வெப்பநிலை மாறா விரிவில் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை நேர்க்குறி ஆகும்.

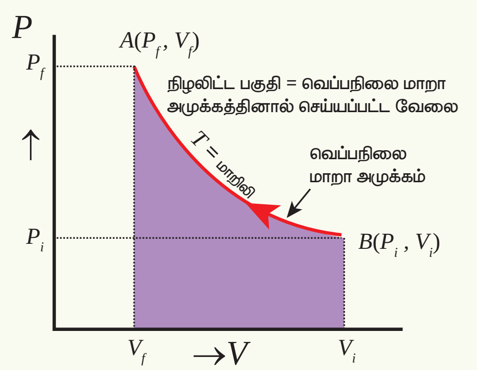
சமன்பாடு (8.34)வெப்பநிலை மாறா அழுக்கத்திற்கும் பொருந்தும். ஆனால் வெப்பநிலை மாறா அழுக்கத்தில் $\frac{V_f}{V_i} < 1$ எனவே $ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) < 0$

எனவே, வெப்பநிலை மாறா அழுக்கத்தில் வாயுவின்மீது செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறி ஆகும்.

PV வரைபடத்தில், வெப்பநிலைமாறா விரிவின்போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை வரைபடத்திற்குக் கீழே உள்ள பரப்பிற்குச் சமம் என்பது படம் 8.27 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



(a)



(b)

படம் 8.27 வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

இதேபோன்று வெப்பநிலை மாறா அழுக்கத்தில் PV வரைபடத்திற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின்மீது செய்யப்பட்ட வேலைக்குச்சமமாகும். இது எதிர்குறியில் குறிப்பிடப்படும். இது படம் 8.27 (b)இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

குறிப்பு

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலையைக் கணக்கிடும்போது, நிகழ்வு ஒரு மீமெது நிகழ்வு என நாம் கருதினோம். இது ஒரு மீமெது நிகழ்வாக இல்லையெனில் நிலைச் சமன்பாடு $P = \frac{\mu RT}{V}$ யை சமன்பாடு (8.31) இல் பிரதியிட இயலாது. ஏனெனில் நல்லியல்பு வாயு விதி சமநிலையற்ற நிகழ்வுகளுக்குப் பொருந்தாது. ஆனால் சமன்பாடு (8.34) மீமெதுவாக நிகழாத வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுகளுக்கும் பொருந்தும். ஏனெனில் அழுத்தம் மற்றும் பருமன் போன்ற நிலைமாறிகள் நல்லியல்பு வாயுவின்தொடக்கமற்றும்இறுதிநிலைகளை மட்டுமே சார்ந்திருக்கும், இறுதிநிலையை அடைந்த வழிமுறையை சார்ந்திருக்காது. சமன்பாடு (8.31) ஐ தொகைப்படுத்துவதற்கு மட்டுமே நாம் மீமெது நிகழ்வாக கருதினோம்.

எடுத்துக்காட்டு 8.16

300 K வெப்பநிலையிலுள்ள 0.5 மோல் வாயு ஒன்று தொடக்கப்பருமன் 2 L இல் இருந்து இறுதிப்பருமன் 6 L க்கு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் விரிவடைகிறது எனில், பின்வருவனவற்றைக் காண்க.

a. வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை?

b. வாயுவிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவு?

c. வாயுவின் இறுதி அழுத்தம்?

(வாயுமாறிலி, R = 8.31 J mol^{-1} K^{-1})

தீர்வு

a. நாம் அறிந்தபடி வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை ஓர் வெப்பநிலை மாறா விரிவாகும்.

இங்கு $\mu = 0.5$

$$W = 0.5mol \times \frac{8.31J}{mol.K} \times 300\ K \times ln\left(\frac{6L}{2L}\right)$$

$$W = 1.369\ kJ$$

இங்கு வேலை நேர்க்குறியில் உள்ளதைக் கவனிக்க வேண்டும். ஏனெனில் வாயுவால் வேலை செய்யப்பட்டுள்ளது.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 129 26-03-2022 17:41:11

b. வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதிப்படி, வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் அமைபபிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் வேலை செய்வதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

எனவே, $Q = W = 1.369\ kJ$

இங்கு Q வும் நேர்க்குறியாகும். ஏனெனில் வெப்பம் அமைப்பிற்குள் செல்கிறது.

c. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கு

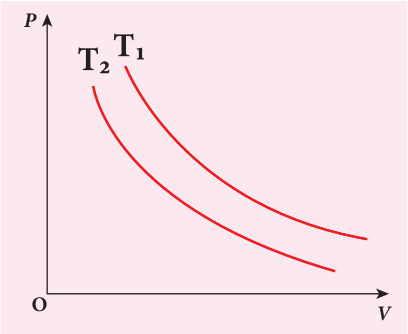
$$P_i V_i = P_f V_f = \mu RT$$

$$P_f = \frac{\mu RT}{V_f} = 0.5\text{mol} \times \frac{8.31 J}{mol.K} \times \frac{300K}{6\times10^{-3} m^3}$$

$=207.75\ k\,Pa$

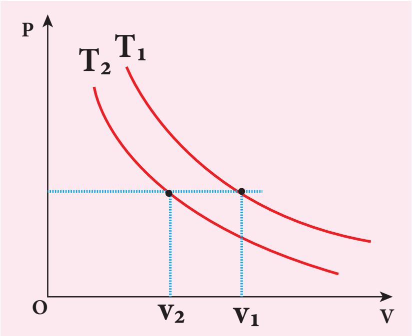
எடுத்துக்காட்டு 8.17:

கீழே காட்டப்பட்டுள்ள PV வரைபடம் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் நடைபெறும் இரண்டு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுகளைக் குறிக்கின்றன. இரண்டு வெப்பநிலைகளில் உயர்ந்த வெப்பநிலை எது என்பதைக் கண்டறிக.



தீர்வு:

உயர் வெப்பநிலை வளைகோட்டைக் காண்பதற்கு படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு x அச்சுக்கு இணையாக கிடைத்தளக் கோட்டினை வரைய வேண்டும். இது மாறா அழுத்ததிற்கான கோடு ஆகும்.



மாறா, அழுத்தக் கோட்டினை வெட்டும் செங்குத்துக் கோடுகளுக்கான பருமன்கள் V_1 மற்றும் V_2 ஆகியவை, ஒரே அழுத்தத்தில் உள்ள பருமன்களைக் குறிக்கின்றன.

மாறா அழுத்தத்தில் அதிக பருமனுள்ள வாயுவில் வெப்பநிலையும் அதிகமாக இருக்கும். படத்திலிருந்து $V_1 > V_2$ எனவே, $T_1 > T_2$ என அறியலாம். பொதுவாக வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுகளில் வெப்பநிலை குறைவாக உள்ள வளைகோடுகள் ஆதிப்புள்ளிக்கு அருகே அமையும்.

8.8.2. வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு (Adiabatic Process)

இந்நிகழ்வில் எவ்விதமான வெப்பமும் அமைப்பிற்கு உள்ளேயோ அல்லது அமைப்பிலிருந்து வெளியேவோ செல்லாது (Q=0). ஆனால் வாயு தன்னுடைய அக ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி விரிவடையும் அல்லது வெளிப்புற வேலையினால் வாயு அமுக்கமடையும். எனவே வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் அமைப்பின் அழுத்தம், பருமன் மற்றும் வெப்பநிலை இவற்றில் மாற்றம் ஏற்படலாம்.

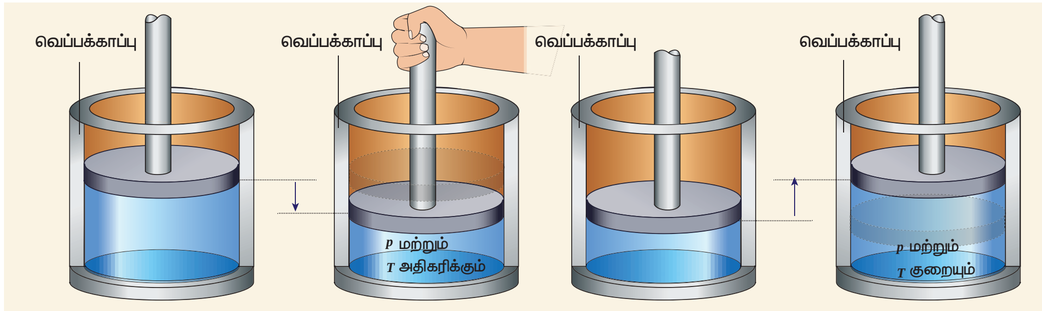
ஒரு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கு வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி $\Delta U = -W$ என எழுதலாம். இதிலிருந்து நாம் அறிந்துகொள்வது என்னவென்றால் வாயு அதன் அக ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி வேலை செய்யும் அல்லது வாயுவின்மீது வேலை செய்யப்பட்டு அதன் அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வினை பின்வரும் முறைகளைப் பயன்படுத்தி நிகழ்த்த இயலும்.

i. அமைப்பு வெப்ப ஆற்றலை சூழலுக்குக் கடத்தாதவாறும் அல்லது சூழலிலிருந்து எவ்விதமான வெப்ப ஆற்றலும் அமைப்பிற்குள் செல்லாதவாறும் அமைப்பினை வெப்பக்காப்பு (Thermally insulating) செய்ய வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டாக, வெப்பக்காப்பு செய்யப்பட்ட உருளையில் உள்ள வாயு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் அமுக்கப்படுகிறது அல்லது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் விரிவடைகிறது. இது படம் 8.28 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 130 26-03-2022 17:41:12



(a) வெப்ப பரிமாற்றமில்லா அழுக்கம் (P மற்றும் T அதிகரிக்கும்) (b) வெப்ப பரிமாற்றமில்லா விரிவு (P மற்றும் T குறையும்)

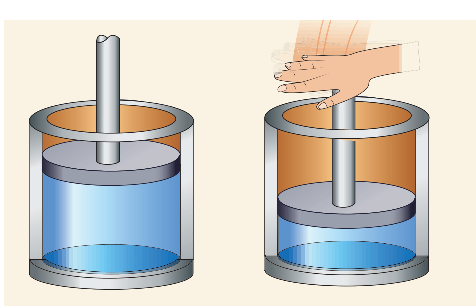
படம் 8.28 வெப்ப பரிமாற்றமில்லா அழுக்கம் மற்றும் விரிவு

ii. எவ்வித வெப்பக்காப்பும் அற்ற நிலையில் சூழலுக்கு வெப்பத்தைக் கடத்த இயலாதவாறு மிகக்குறுகிய நேரத்தில் மிக வேகமாக நிகழ்வு ஏற்பட்டால் அதுவும் ஒரு வெப்பபரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு.

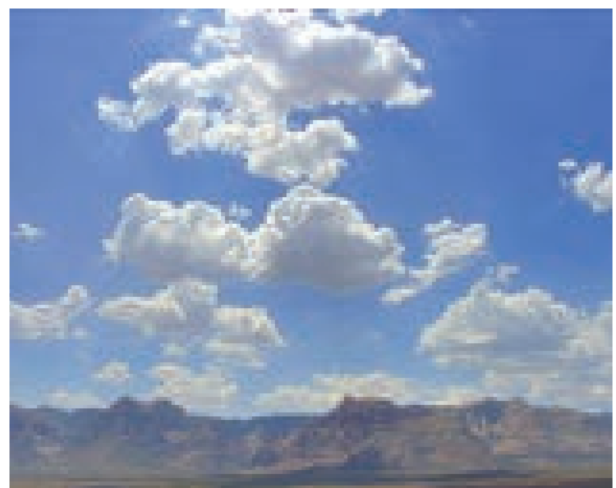
படங்கள் 8.29 (a) மற்றும் (b) இவற்றை விளக்குகின்றன.

எடுத்துக்காட்டுகள்

படம் 8.29 (a) டயர் வெடிக்கும்போது சூழலுக்கு வெப்பத்தைக் கடத்த நேரமின்றி டயருக்கு உள்ளே உள்ள காற்று மிக வேகமாக விரிவடையும்



படம் 8.29 (b) எவ்விதமான வெப்பக்காப்பும் அற்றநிலையிலும் வாயுவை மிக வேகமாக அழுக்கவோ அல்லது விரிவடையவோ செய்யும்போது, வாயுவால் சூழலுக்கு வெப்பத்தைக் கடத்த இயலாது.



படம் 8.29 (c) புவிப்பரப்பிலிருந்து சூடான காற்று மேலே சென்று வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா நிலையில் விரிவடையும். இதன் விளைவாக நீராவி குளிர்ந்து அழுக்கப்பட்டு நீர்த்துளியாக மாற்றமடைந்து பின்னர் மழை மேகமாக மாறுகிறது.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாடு

$$PV^{\gamma} = \text{மாறிலி} \qquad (8.35)$$

இங்கு γ என்பது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அடுக்குக்குறி ஆகும் ($\gamma = C_p/C_v$). இது வாயுவின் இயல்பைப் பொருத்ததாகும்.

சமன்பாடு (8.35) இல் இருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால், வாயு ஒரு சமநிலை நிலையிலிருந்து (P_i, V_i) மற்றொரு சமநிலை நிலைக்கு (P_f, V_f) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் செல்லும்போது அவ்வாயு பின்வரும் நிபந்தனைக்கு உட்படும்.

$$P_iV_i^{\gamma} = P_fV_f^{\gamma} \qquad (8.36)$$

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 131 26-03-2022 17:41:13

வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா விரிவு மற்றும் அமுக்க நிகழ்விற்கான PV வரைபடத்தையும் வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா வளைகோடு (adiabat) என்றே அழைக்கலாம். இது படம் 8.30 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் (8.25) இல் காட்டப்பட்டுள்ள வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் மற்றும் படம் (8.30) இல் காட்டப்பட்டுள்ள வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் கிட்டத்தட்ட ஒரே மாதிரியாக உள்ளன. ஆனால் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான வளைகோடு, வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான வளைகோட்டைவிட சற்றே செங்குத்தாக காணப்படும்.

T மற்றும் V ஐப் பொருத்து சமன்பாடு (8.35) ஐ நாம் சற்றே மாற்றியமைக்கலாம். நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து அழுத்தம் $P=\frac{\mu RT}{V}$.

இதனை சமன்பாடு (8.35) இல் பிரதியிட, நமக்கு கிடைப்பது $\frac{\mu RT}{V}V^{\gamma}=$ மாறிலி (அல்லது)

$\frac{T}{V}V^{\gamma}=\frac{\text{மாறிலி}}{\mu R}$ எனக் கிடைக்கும்

இங்கு μR என்பதும் ஒரு மாறிலி. எனவே இதனைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$TV^{\gamma-1}=\text{மாறிலி} \qquad (8.37)$$

வாயு ஒன்று தொடக்கச் சம நிலையிலிருந்து (T_i, V_i) இறுதி சம நிலைக்கு (T_f, V_f) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் செல்லும்போது அது பின்வரும் சமன்பாட்டை நிறைவு செய்யும்.

$$T_iV_i^{\gamma-1}=T_fV_f^{\gamma-1} \qquad (8.38)$$

என்பதை சமன்பாடு (8.38) நமக்கு உணர்த்துகிறது.

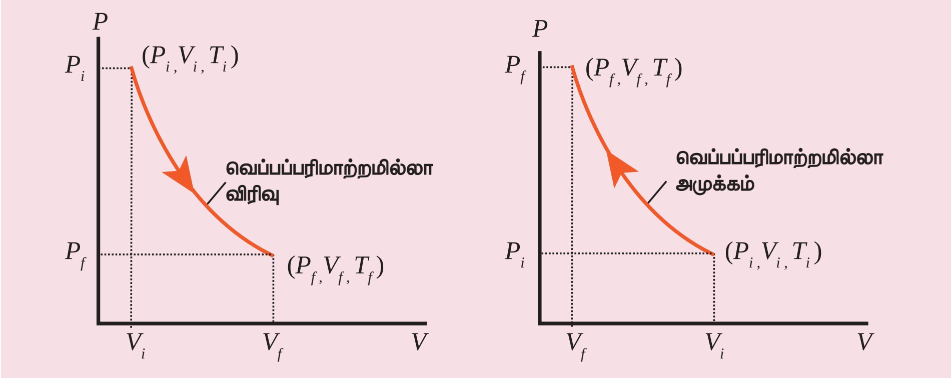
வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாட்டை T மற்றும் P யினைப் பொருத்தும் எழுதலாம்

$$T^{\gamma}P^{1-\gamma}=\text{மாறிலி} \qquad (8.39)$$

(சமன்பாடு (8.39) ற்கான நிரூபணத்தை நீங்களே முயற்சிக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 8.18:

கைகளினால் அழுத்தப்படும் பம்பினைப் பயன்படுத்தி மிதிவண்டிச் சக்கரத்திற்கு காற்றடிப்பதை நாம் அனைவரும் அறிந்திருப்போம். பம்பின் உள்ளே உள்ள V பருமனுடைய காற்றை, வளிமண்டல அழுத்தத்திலுள்ள மற்றும் 27°C அறை வெப்பநிலையில் உள்ள வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு என்று கருதுக. மிதிவண்டி சக்கரத்தில் காற்றைச் செலுத்தும் முனை மூடப்பட்டுள்ளது என்று கருதுக. காற்றானது அதன் தொடக்கப்பருமனிலிருந்து நான்கில் ஒரு பங்கு இறுதிப்பருமனுக்கு அழுத்தப்படுகிறது என்றால் அதன் இறுதி வெப்பநிலை என்ன? (சக்கரத்தின் காற்று செலுத்தும் முனை மூடப்பட்டுள்ளதால் காற்று



படம் 8.30 வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா விரிவு மற்றும் வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா அமுக்கத்திற்கான PV வரைபடங்கள்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 132 26-03-2022 17:41:14

சக்கரத்தினுள் செல்ல முடியாது. எனவே இங்கு காற்றடிக்கும் நிகழ்வினை வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அழுக்கமாகக் கருதலாம். காற்றுக்கு (γ=1.4)

தீர்வு:

காற்றடிக்கும் நிகழ்வு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அழுக்கமாக கருதப்படுகிறது. பருமன் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே வெப்பநிலையைக் கணக்கிட வேண்டும். இங்கு சமன்பாடு (8.38) ஐப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

$$T_i V_i^{\gamma-1} = T_f V_f^{\gamma-1}.$$

$$T_i = 300\ K \quad (273+27°C = 300\ K)$$

$$V_i = V \ \& V_f = \frac{V}{4}$$

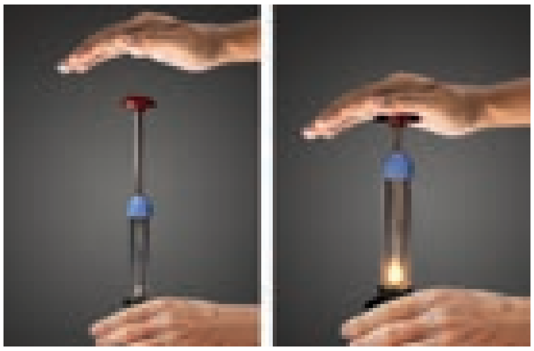
$$T_f = T_i\left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 300\ K \times 4^{1.4-1} = 300K \times 1.741$$

$T2 \approx 522\ K$ அல்லது 249^0C

இந்த இறுதி வெப்பநிலை நீரின் கொதிநிலையை விட அதிகம். எனவே மிதிவண்டியில் சக்கரத்திற்கு கைப்பம்பினைப் பயன்படுத்தி காற்றடிக்கும் போது காற்று நிரப்பும் முனையைத் தொடுவது ஆபத்தானதாகும்.

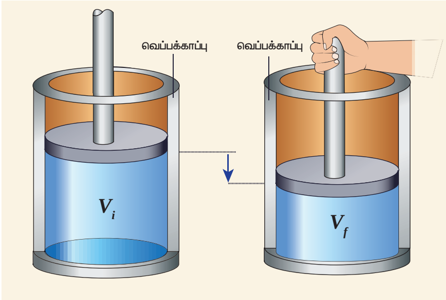
உங்களுக்குத் தெரியுமா?

பிஸ்டனை மிக வேகமாக அழுத்தும்போது உருவாகும் வெப்பத்தினைக் குறுகிய நேரத்தில் சூழலுக்குக் கடத்த இயலாது. எனவே வாயுவின் வெப்பநிலை விரைவாக உயரும். இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இத்தத்துவம் டீசல் இயந்திரங்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. காற்று–பெட்ரோல் கலவையை வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் மிக வேகமாக அழுக்கும்போது அக்கலவையின் வெப்பநிலை தீப்பற்றும் அளவுக்கு மிக வேகமாக உயரும்.



வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

முழுமையாக வெப்பக்காப்புச் செய்யப்பட்ட சுவர், அடிப்பரப்பு கொண்ட உருளையினுள் உள்ள μ மோல் நல்லியல்பு வாயுவைக் கருதுக. A குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு கொண்ட உராய்வற்ற வெப்பக்காப்புப் பெற்ற பிஸ்டன் படம் (8.31)இல் காட்டியுள்ளவாறு உருளையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.31 வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா முறையில் அமைப்பு (P_i, V_i, T_i) என்ற தொடக்க நிலையிலிருந்து (P_f, V_f, T_f) என்ற இறுதிநிலையை அடையும்போது செய்யப்பட்ட வேலை W என்க.

$$W = \int_{V_i}^{V_f} PdV \qquad (8.40)$$

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா இந்நிகழ்வு ஒரு மீமெது நிகழ்வு எனக்கருதுக, ஒவ்வொரு நிலையிலும் நல்லியல்பு வாயு விதி இங்கு பொருந்தும்.

இந்நிபந்தனையின் அடிப்படையில், வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வின் நிலைச் சமன்பாடு PV^{γ} = மாறிலி (அல்லது) $P = \frac{\text{மாறிலி}}{V^{\gamma}}$

இதனை சமன்பாடு (8.40) இல் பிரதியிடும்போது

$$\therefore W_{adia} = \int_{v_i}^{V_f} \frac{\text{மாறிலி}}{V^{\gamma}} dV$$

$$= \text{மாறிலி} \int_{V_i}^{Vf} V^{-\gamma} dV$$

$$= \text{மாறிலி} \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1}\right]_{V_i}^{V_f}$$

$$= \frac{\text{மாறிலி}}{1-\gamma}\left[\frac{1}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

$$= \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{\text{மாறிலி}}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{\text{மாறிலி}}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 133 26-03-2022 17:41:15

$$= \frac{\text{மாறிலி}}{1-\gamma}\left[\frac{1}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

மேலும் $P_f V_f^{\gamma} = P_i V_i^{\gamma} =$ மாறிலி, எனவே

$$\therefore W_{adia} = \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{P_f V_f^{\gamma}}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{P_i V_i^{\gamma}}{V_i^{\gamma-1}}\right]$$

$$W_{adia} = \frac{1}{1-\gamma}[P_f V_f - P_i V_i] \qquad (8.41)$$

நல்லியல்பு வாயு விதியிலிருந்து,

$$P_f V_f = \mu R T_f \text{ மற்றும் } P_i V_i = \mu R T_i$$

இதனைச் சமன்பாடு (8.41) இல் பிரதியிடும்போது

$$\therefore W_{adia} = \frac{\mu R}{\gamma - 1}[T_i - T_f] \qquad (8.42)$$

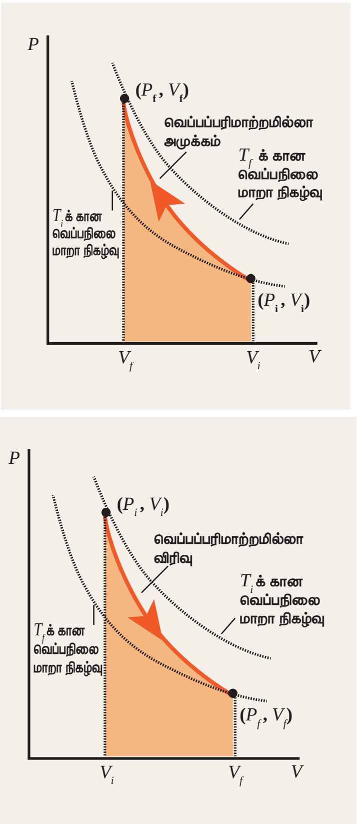
வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவில், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை, W_{adia} ஒரு நேர்க்குறி மதிப்பாகும். இங்கு $T_i > T_f$, எனவே வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவில் வாயு குளிர்ச்சியடையும்.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அழுக்கத்தில், வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்படும் அதாவது W_{adia} ஒரு எதிர்க்குறி மதிப்பாகும். இங்கு $T_i < T_f$, எனவே வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அழுக்கத்தில் வாயுவின் வெப்பநிலை உயரும்.

குறிப்பு

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு ஓர் மீமெது நிகழ்வாகக் கருதி சமன்பாடு (8.41) மற்றும் (8.42) ஆகிய இரண்டு சமன்பாடுகளை நாம் வருவித்தோம். இந்நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக இல்லையென்றாலும் இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளும் பொருத்தமான சமன்பாடுகளேயாகும். ஏனெனில் நிலைமாறிகள் P, V மற்றும் T ஆகியவை தொடக்க மற்றும் இறுதி நிலைகளை மட்டுமே சார்ந்தவை. அவை இறுதிநிலையை அடைந்த வழிமுறையைச் சார்ந்ததல்ல. தொகையிடலுக்காக மட்டுமே நாம் மீமெது நிகழ்வு என்று கருதினோம்.

படம் (8.32) இல் காட்டப்பட்டுள்ள வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் PV வரைபடத்திற்கு கீழே உள்ள பரப்பு, இந்நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.



படம் 8.32 வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான PV வரைபடம்

வெப்பநிலை மாறா வளைகோடு மற்றும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா வளைகோடு இவற்றிற்கிடையேயான வேறுபாட்டை புரிந்து கொள்ளவே T_i மற்றும் T_f வெப்பநிலைகளுக்கான வெப்பநிலை மாறா வளைகோட்டுடன், சேர்த்து வெப்பப்பரிமாற்ற மற்ற வளைகோடும் படம் (8.32) இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான வளைகோடு, வெப்பநிலை மாறா வளைகோட்டை விட செங்குத்தாக இருக்கும். ஏனெனில் எப்போதும் $\gamma > 1$ ஆகும்.

8.8.3 அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு (Isobaric process)

இது மாறாத அழுத்தத்தில் ஏற்படும் ஒரு வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வாகும். இந்நிகழ்வில் அழுத்தம் மாறிலியாக இருந்தாலும், வெப்பநிலை, பருமன் மற்றும் அக ஆற்றல் போன்றவை மாறிலிகள் அல்ல.

நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 134 26-03-2022 17:41:16

$$V = \left(\frac{\mu R}{P}\right) T \qquad (8.43)$$

Here $\frac{\mu R}{P}$ = மாறிலி

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில், கெல்வின் வெப்பநிலை பருமனுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

$$V \propto T \quad \text{(அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு)} \qquad (8.44)$$

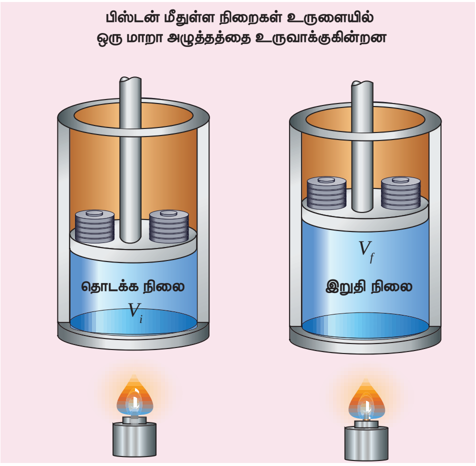
அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் V–T வரைபடம் ஆதிப்புள்ளி வழியேச்செல்லும் ஓர் நேர்க்கோடாக அமையும் என்பதை மேற்கண்ட சமன்பாடு உணர்த்துகிறது.

வாயு ஒன்று (V_i, T_i) என்ற நிலையிலிருந்து (V_f, T_f) என்ற நிலைக்கு மாறா அழுத்தத்தில் செல்லும்போது பின்வரும் சமன்பாட்டை நிறைவு செய்யும்.

$$\frac{T_f}{V_f} = \frac{T_i}{V_i} \qquad (8.45)$$

அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான எடுத்துக்காட்டுகள்

வாயுவை வெப்பப்படுத்தும்போது வாயு வெப்பமடைந்து பின்னர் அது பிஸ்டனைத் தள்ளுகிறது. எனவே வாயுவானது வளிமண்டல அழுத்தம் மற்றும் புவியீர்ப்பு விசை இவற்றின் கூடுதலுக்குச் சமமான ஓர் விசையை பிஸ்டனின்மீது செலுத்துகிறது எனில் இந்நிகழ்வு ஓர் அழுத்தம்மாறா நிகழ்வாகும். இது படம் 8.33 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.33 அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு

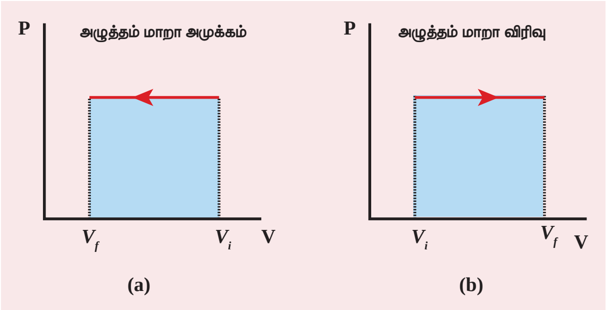
நமது வீட்டு சமையல் அறையில் நடைபெறும் பெரும்பாலான சமையல் நிகழ்வுகள் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வுகள் ஆகும். திறந்த பாத்திரத்தில் உணவினை சமைக்கும்போது உணவிற்கு மேலே உள்ள அழுத்தம் எப்போதும் வளிமண்டல அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும். இது படம் (8.34) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் 8.34 அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு

படம் 8.35 இல் காட்டியுள்ளவாறு அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் பரும அச்சுக்கு இணையாகச் செல்லும் ஓர் கிடைத்தளக் கோடாகும்.

பருமன் குறையும் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினை படம் 8.35 (a) காட்டுகிறது.

பருமன் அதிகரிக்கும் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினை படம் 8.35 (b) காட்டுகிறது.



படம் 8.35 அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான PV வரைபடங்கள்

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \qquad (8.46)$$

$$W = P \int_{V_i}^{V_f} dV \qquad (8.47)$$

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில், அழுத்தம் ஓர் மாறிலியாகும். எனவே P தொகையீட்டிற்கு வெளியே உள்ளது

$$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V \qquad (8.48)$$

இங்கு, ΔV என்பது பருமனில் ஏற்பட்ட மாற்றத்தைக் குறிக்கிறது. ΔV எதிர்க்குறியாக இருந்தால், W எதிர்க்குறியாக இருக்கும். இது வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்படுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. ΔV நேர்க்குறியாக இருந்தால், W நேர்க்குறியாகும். இது வாயுவால் வேலை செய்யப்படுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

சமன்பாடு (8.48) ஐ நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி மாற்றி அமைக்கலாம்.

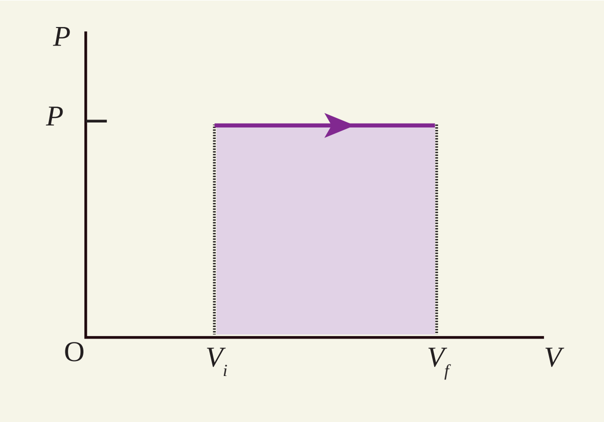
$$PV = \mu RT \text{ அல்லது } V = \frac{\mu RT}{P}$$

இதனைச் சமன்பாடு (8.48) இல் பிரதியிடும்போது

$$W = \mu RT_f \left(1 - \frac{T_i}{T_f}\right) \qquad (8.49)$$

எனக் கிடைக்கும்.

PV வரைபடத்தில், அழுத்தம் மாறா வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு, அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும். படம் 8.36 இல் காட்டப்பட்டுள்ள நிழலிடப்பட்ட பகுதி வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.



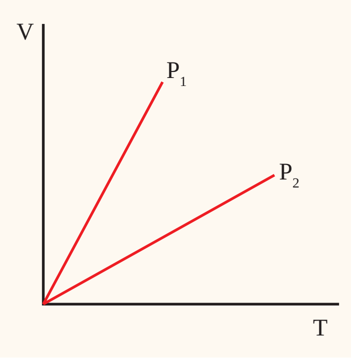
படம் 8.36 அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட வேலை

அழுத்தம் மாறா நிகழ்விற்கான வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதியை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\Delta U = Q - P\Delta V \qquad (8.50)$$

எடுத்துக்காட்டு 8.19

இரண்டு வெவ்வேறு அழுத்தங்களில் நடைபெறும் அழுத்தம் மாறா நிகழ்வுகளுக்கான V–T வரைபடம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது. இவற்றுள் எந்நிகழ்வு உயர் அழுத்தத்தில் நடைபெறும் என்று கண்டறிக



தீர்வு

நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$V = \left(\frac{\mu R}{P}\right) T$$

V–T வரைபடம் ஆதிப்புள்ளி வழியேச் செல்லும் ஓர் நேர்க்கோடாகும்.

$$\text{அதன் சாய்வு} = \frac{\mu R}{P}$$

V–T வரைபடத்தின் சாய்வு, அழுத்தத்திற்கு எதிர்விகிதத் தொடர்புடையது ஆகும். சாய்வு பெருமமாக இருப்பின், அழுத்தம் குறைவானதாகும்.

இங்கு P_1 இன் சாய்வு P_2 வை விட அதிகம். எனவே $P_2 > P_1$.

T யினை x அச்சிலும் V யினை y அச்சிலும் வைத்து இவ்வரைபடத்தை வரைந்திருந்தால், $P_2 > P_1$ ஆக இருக்குமா? சிந்தித்து உனது விடையைக் கூறுக

எடுத்துக்காட்டு 8.20

27°C வெப்பநிலையில் உள்ள 1 மோல் நல்லியல்பு வாயு 1 MPa அழுத்தத்தில் உருளை ஒன்றினுள் அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் பருமன் இருமடங்காகும் வரை அதனை விரிவடைய அனுமதித்து பின்னர் கீழ்க்கண்டவற்றைக் கணக்கிடுக.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 136 26-03-2022 17:41:19

(a) (i) இப்பரும விரிவு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் நடந்தால், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(ii) இப்பரும விரிவு அழுத்தம் மாறா முறையில் நடந்தால், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(iii) இப்பரும விரிவு வெப்பநிலை மாறா முறையில் நடந்தால், வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை என்ன?

(b) மேற்கண்ட மூன்று நிகழ்வுகளிலும், எந்நிகழ்வில் வாயுவால் அதிக வேலை செய்யப்படுகிறது மற்றும் எந்நிகழ்வில் வாயுவால் குறைந்த வேலை செய்யப்படுகிறது என்று காண்க.

(c) இம்மூன்று நிகழ்வுகளுக்கான PV வரைபடத்தை வரையவும்

(d) இம்மூன்று நிகழ்வுகளில் எந்நிகழ்வில் வெப்பம் வாயுவுக்கு அதிக வெப்பம் அளிக்கப்பட்டிருக்கும் மற்றும் எந்நிகழ்வில் வாயுவுக்கு குறைவாக வெப்பம் அளிக்கப்பட்டிருக்கும்?

$\gamma = \frac{5}{3}$ மற்றும் R = 8.3 J mol^{-1}K^{-1}

தீர்வு:

(a) (i) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W_{adia} = \frac{\mu R}{\gamma - 1}[T_i - T_f]$$

இறுதி வெப்பநிலை T_f ஐக் கண்டறிய வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிலைச்சமன்பாடு

$$T_f V_f^{\gamma-1} = T_i V_i^{\gamma-1}$$

ஐப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

$$T_f = T_i\left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 300\times\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 0.63 \times 300\ K = 189.8\ \text{K}$$

$$W = 1 \times 8.3 \times \frac{3}{2}\ (300 - 189.8) = 1.37\ \text{kJ}$$

(ii) அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W = P\Delta V = P(V_f - V_i)$$

மேலும் $V_f = 2V_i$ எனவே, $W = 2PV_i$

V_i ஐ க் கணக்கிட, நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டை தொடக்கநிலைக்கும் பயன்படுத்த வேண்டும்

$$P_i V_i = RT_i$$

$$V_i = \frac{RT_i}{P_i} = 8.3 \times \frac{300}{1} \times 10^{-6} = 24.9\times10^{-4}\text{m}^3$$

அழுத்தம் மாறா நிகழ்வின் போது செய்யப்பட்ட வேலை $W = 2 \times 10^6 \times 24.9 \times 10^{-4} = 4.9\ kJ$

(iii) வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை

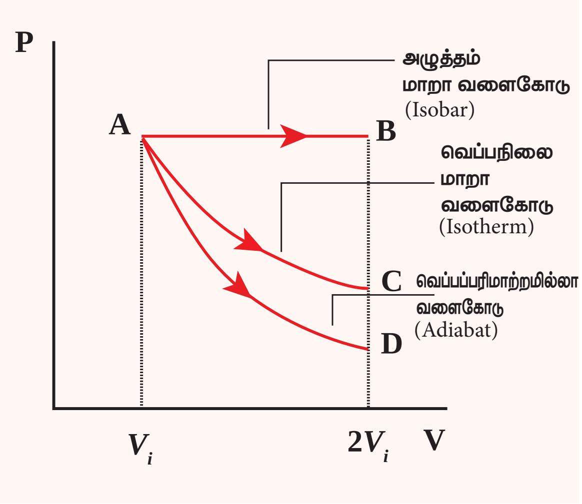
$$W = \mu RT\ ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் தொடக்க அறை வெப்பநிலை ஒரு மாறிலியாகும்.

எனவே $W = 1 \times 8.3 \times 300 \times ln(2) = 1.7\ kJ$

(b) இம்மூன்று நிகழ்வுகளையும் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை, பெருமமதிப்பையும், வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை சிறுமமதிப்பையும் பெற்றுள்ளன.

(c) இம்மூன்று நிகழ்வுகளுக்கான PV வரைபடம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.



AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

AC வளை கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

AD வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை

PV வரைபடத்தில் AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு மற்ற வளைகோடுகளின் பரப்பைவிட அதிகம். எனவே அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை பெருமமதிப்பையும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை சிறும மதிப்பையும் பெற்றுள்ளன.

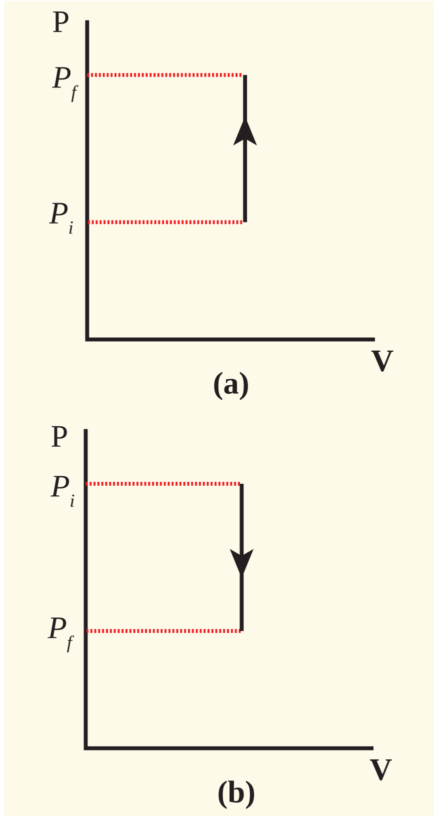
UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 137
26-03-2022 17:41:21

(d) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் அமைப்பிற்கு எவ்விதமான வெப்பமும் செல்லவில்லை அதேபோன்று அமைப்பிலிருந்து எவ்விதமான வெப்பமும் வெளியேறவும் இல்லை. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வுடன் ஒப்பிடும்போது அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை அதிகம் எனவே வெப்பமும் அதிகம்.

8.8.4 பருமன் மாறா நிகழ்வு (Isochoric process)

அமைப்பின் பருமனை மாறா மதிப்பாகக் கொண்டு செய்யப்படும் வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு பருமன் மாறா நிகழ்வு என்று அழைக்கப்படும். இந்நிகழ்வில் அழுத்தம், வெப்பநிலை மற்றும் அக ஆற்றல் ஆகியவை தொடர்ந்து மாற்றமடையும்.

பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான அழுத்தம் – பருமன் வரைபடம், அழுத்த அச்சுக்கு இணையாக வரையப்படும் ஒரு இணைக் கோடாகும். இது படம் 8.37 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.37 பருமன் மாறா நிகழ்வு (a) அழுத்தம் அதிகரிக்கும் நிலையில் (b) அழுத்தம் குறையும் நிலையில்

பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாட்டை பின்வருமாறு எழுதலாம்

$$P = \left(\frac{\mu R}{V}\right) T \qquad (8.51)$$

இங்கு $\left(\frac{\mu R}{V}\right)$ = மாறிலி

இதிலிருந்து அழுத்தம், வெப்பநிலைக்கு (கெல்வின்) நேர்த்தகவில் இருக்கும் என நாம் அறியலாம். பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான P–T வரைபடம் ஆதிப்புள்ளி வழியேச் செல்லும் ஓர் நேர்க்கோடாகும். (P_i, T_i) என்ற தொடக்கப்புள்ளியிலிருந்து வாயு (P_f, T_f) என்ற இறுதிப்புள்ளிக்கு மாறாப்பருமனில் செல்லும்போது அமைப்பு பின்வரும் சமன்பாட்டை நிறைவு செய்கிறது.

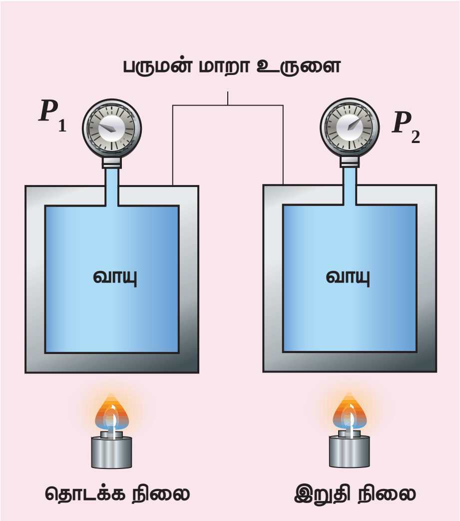
$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \qquad (8.52)$$

பருமன் மாறா நிகழ்வில், $\Delta V = 0$ எனவே $W = 0$, வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதியானது

$$\Delta U = Q \qquad (8.53)$$

என்று எழுதப்படுகிறது.

இதிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவென்றால் அமைப்பிற்குக் கொடுக்கப்படும் வெப்பம் அக ஆற்றலை மட்டுமே அதிகரிக்கும். இதன் விளைவாக வெப்பநிலை உயரும் மேலும் அழுத்தமும் அதிகரிக்கும். இது படம் 8.38 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.38 பருமன் மாறா நிகழ்வு

அமைப்பு ஒன்று மாறா பருமனில் தனது வெப்பத்தை வெப்பம் கடத்தும் சுவரின் மூலமாக சூழலுக்குக்

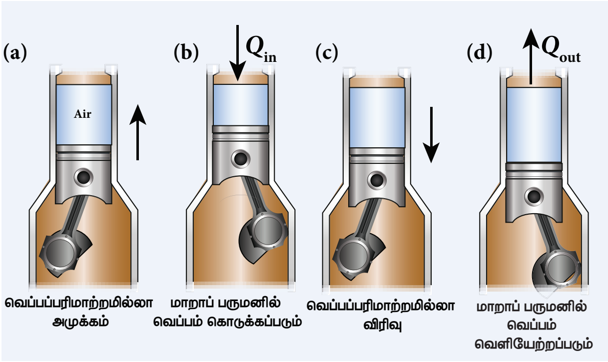
UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 138 26-03-2022 17:41:22

கொடுக்கிறது எனில், அமைப்பின் அக ஆற்றல் குறையும். இதன் பயனாக வெப்பநிலை குறையும். மேலும் அழுத்தமும் குறையும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

1. கீழே உள்ள படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு மூடப்பட்ட பாத்திரத்தில் உணவு சமைக்கப்படும்போது பாத்திரத்தின் மூடி நீராவியானல் சிறிது மேல் நோக்கித்தள்ளப்படும். இதற்குகாரணம் பாத்திரத்தை மூடியைக்கொண்டு மூடிய பின்பு பருமன் ஒரு மாறா மதிப்பினைப்பெறும் வெப்பம் தொடர்ந்து அளிக்கப்படும்போது அழுத்தம் அதிகரிக்கும் இதனால் நீராவி மேல் நோக்கிச் சென்று மூடியை மேல்நோக்கித் தள்ள முயற்சிக்கும்.

2. மோட்டார் சைக்கிள், கார் போன்ற தானியங்கி வாகனங்களில் உள்ள பெட்ரோல் இயந்திரம் நான்கு நிகழ்வுகளை மேற்கொள்ளும். முதலில் படம் (a)ல் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டன் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வின் மூலம் ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனுக்கும் சுருங்கும். இரண்டாவதாக படம் (b) இல் காட்டியுள்ளவாறு (காற்று + எரிபொருள்) கலவையின் பருமனை மாறிலியாக வைத்துக்கொண்டு வெப்பம் கொடுக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக வெப்பநிலையும் அழுத்தமும் அதிகரிக்கும். இது ஒரு பருமன் மாறா நிகழ்வாகும். மூன்றாவது நிகழ்வில் படம் (c) இல் காட்டியுள்ளவாறு வெப்பப் பரிமாற்றமில்லா விரிவு ஏற்படுகிறது. நான்காவது நிகழ்வில் படம் (d) இல் காட்டியுள்ளவாறு பிஸ்டனை இயக்காமல் பருமன் மாறா நிகழ்வு மீண்டும் ஏற்பட்டு வெப்பம் வெளியேற்றப்படுகிறது.



பல்வேறு வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வுகளின் சுருக்கம் அட்டவணை (8.4) இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

எடுத்துக்காட்டு 8.21

500 g நீர், 30°C வெப்பநிலையிலிருந்து 60°C வெப்பநிலைக்கு வெப்பப்படுத்தப்படுகிறது எனில் நீரின் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டைக் கணக்கிடுக. (இங்கு நீரின் விரிவினை புறக்கணிக்கவும் மேலும் நீரின் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் 4184 J kg^{-1} K^{-1})

தீர்வு

நீரின் வெப்பநிலையை 30℃ இல் இருந்து 60℃ க்கு உயர்த்தும்போது ஏற்படும் நீரின் விரிவை புறக்கனிக்கிறோம். எனவே இந்நிகழ்வினை ஓர் பருமன் மாறா நிகழ்வாகக் கருதலாம். பருமன் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்படும் வேலை சுழியாகும். மேலும் அளிக்கப்படும் வெப்பமானது அக ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்கு மட்டுமே பயன்படுத்தப்படும்.

$$\Delta U = Q = ms_v \Delta T$$

நீரின் நிறை = 500 g = 0.5 kg

வெப்பநிலை மாற்றம் = 30 K

வெப்பம் Q = $0.5 \times 4184 \times 30 = 62.76\ kJ$

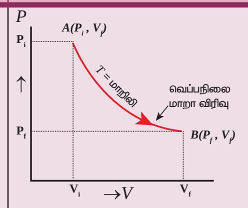
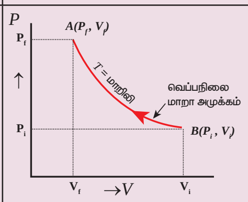
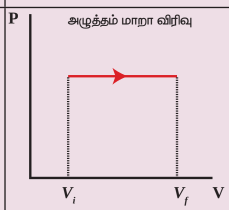
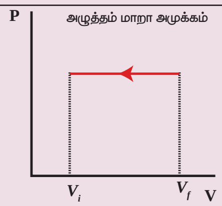
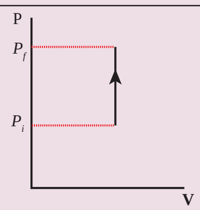
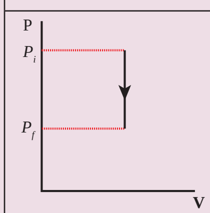
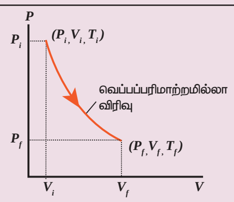
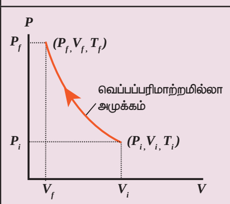
8.8.5 சுழற்சி நிகழ்வு (Cyclic Process)

இவ்வகை வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வில், வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு ஒரு நிலையிலிருந்து தொடர்ச்சியாக மாற்றமடைந்து இறுதியில் தனது தொடக்க நிலையை மீண்டும் அடையும். அமைப்பு தனது தொடக்க நிலையையே மீண்டும் அடைவதால்

அட்டவணை 8.4 பல்வேறு வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வுகளின் சுருக்கம்

வ.எண்	நிகழ்வு		வெப்பம் Q	வெப்பநிலை மற்றும் அகஆற்றல்	அழுத்தம்
1	வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு	விரிவு	$Q > 0$	மாறிலி	குறைகிறது
		அமுக்கம்	$Q < 0$	மாறிலி	அதிகரிக்கிறது
2	அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு	விரிவு	$Q > 0$	அதிகரிக்கிறது	மாறிலி
		அமுக்கம்	$Q < 0$	குறைகிறது	மாறிலி
3	பருமன் மாறா நிகழ்வு		$Q > 0$	அதிகரிக்கிறது	அதிகரிக்கிறது
			$Q < 0$	குறைகிறது	குறைகிறது
4	வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு	விரிவு	$Q = 0$	குறைகிறது	குறைகிறது
		அமுக்கம்	$Q = 0$	அதிகரிக்கிறது	அதிகரிக்கிறது

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 140 26-03-2022 17:41:24

<table>
<tr><th></th><th>பருமன்</th><th>நிலைச் சமன்பாடு</th><th>செய்யப்பட்ட வேலை
(நல்லியல்பு வாயு)</th><th>(PV – வரைபடம்</th></tr>
<tr><td rowspan="8"></td><td>அதிகரிக்கிறது</td><td rowspan="2">PV = மாறிலி</td><td>$W = \mu RT\, ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) > 0$</td><td>
</td></tr>
<tr><td>குறைகிறது</td><td>$W = \mu RT\, ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) < 0$</td><td>
</td></tr>
<tr><td>அதிகரிக்கிறது</td><td rowspan="2">$\frac{V}{T}$ = மாறிலி</td><td>$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V > 0$</td><td>
</td></tr>
<tr><td>குறைகிறது</td><td>$W = P[V_f - V_i] = P\Delta V < 0$</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">மாறிலி</td><td rowspan="2">$\frac{P}{T}$ = மாறிலி</td><td rowspan="2">சுழி</td><td>
</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td>அதிகரிக்கிறது</td><td rowspan="2">PV^{γ} = மாறிலி</td><td>$W = \frac{\mu R}{\gamma - 1}(T_i - T_f) > 0$</td><td>
</td></tr>
<tr><td>குறைகிறது</td><td>$W = \frac{\mu R}{\gamma - 1}(T_i - T_f) < 0$</td><td>
</td></tr>
</table>

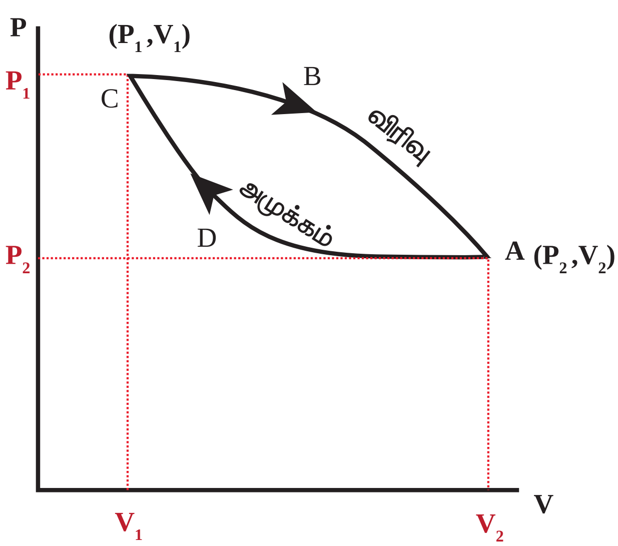
அக ஆற்றலில் ஏற்பட்ட மாறுபாடு சுழியாகும். சுழற்சி நிகழ்வில் அமைப்பிற்குள் வெப்பம் செல்லும், அதே போன்று அமைப்பிலிருந்தும் வெப்பம் வெளியேறும். வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியிலிருந்து, அமைப்பிற்கு மாற்றப்பட்ட தொகுபயன் வெப்பம் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.

$$Q_{net} = Q_{in} - Q_{out} = W \quad \text{(சுழற்சி நிகழ்விற்கு)} \tag{8.54}$$

8.8.6 சுழற்சி நிகழ்விற்கான PV வரைபடம்

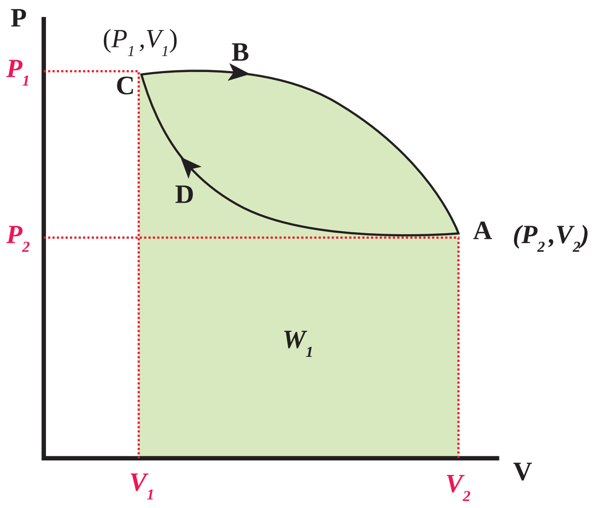
சுழற்சி நிகழ்விற்கான PV வரைபடம் ஒரு மூடப்பட்ட வளைகோடாகும்:

வாயுவானது சுழற்சி நிகழ்வினை மேற்கொள்கிறது எனக்கருதுக. இந்நிகழ்வில் வாயு ஒரு விரிவு மற்றும் ஒரு அமுக்கத்திற்குப் பின்வு தனது தொடக்க நிலையை படம் 8.39 இல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு அடைகிறது.

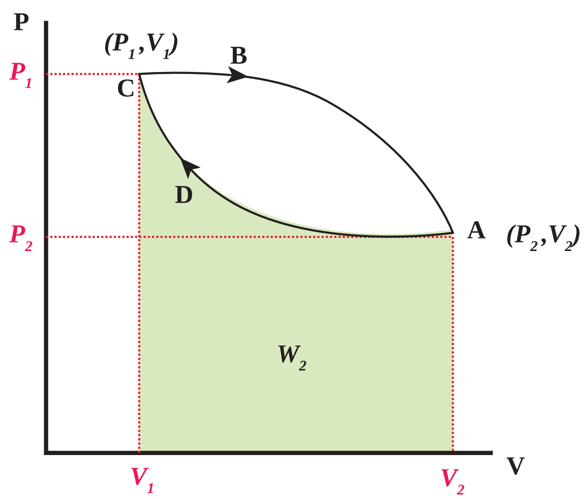


படம் 8.39 சுழற்சி நிகழ்விற்கான PV வரைபடம்

பருமன் V_1 லிருந்து V_2 க்கு வாயு விரிவடையும்போது வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை W_1 என்க. இவ்வேலை படம் 8.40 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ள CBA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பிற்குச் சமமாகும்.



படம் 8.40 (a) CBA வளைகோட்டிற்கான வேலை

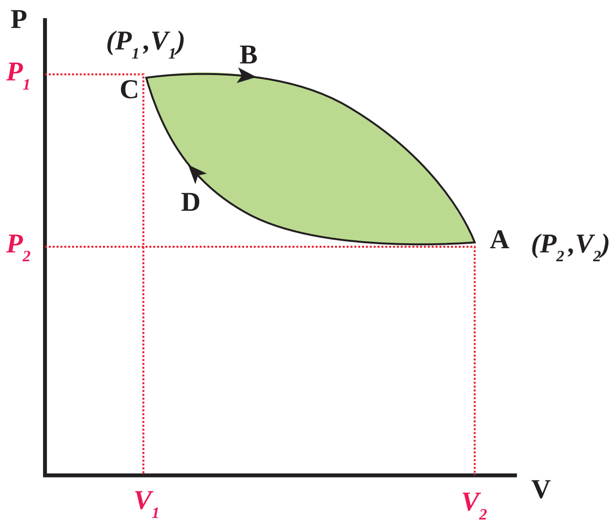


படம் 8.40 (b) ADC வளைகோட்டிற்கான வேலை

பருமன் V_2 விலிருந்து V_1 க்கு வாயு சுருங்கும்போது வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை W_2 என்க. இவ்வேலை படம் 8.40 (b) இல் காட்டியுள்ளவாறு ADC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பிற்குச் சமமாகும்.

இந்த சுழற்சி நிகழ்வின் மூலம் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை = $W_1 - W_2$ இது படம் 8.41 இல் காட்டப்பட்டுள்ள வளையப்பாதையின் நடுவே உள்ள பச்சை நிறமிடப்பட்ட பரப்பிற்குச் சமமாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 142 26-03-2022 17:41:24



படம் 8.41 சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை

எனவே சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை சுழி அல்ல. பொதுவாக தொகுபயன் வேலை நேர்க்குறியில் அல்லது எதிர்க்குறியில் இருக்கும். தொகுபயன் வேலை நேர்க்குறியில் இருப்பின், அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை, அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

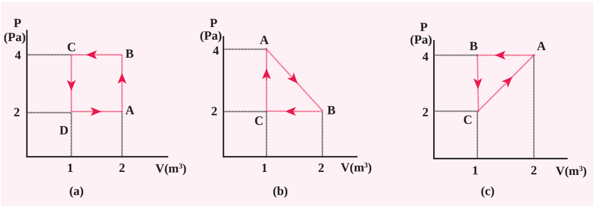
தொகுபயன் வேலை எதிர்க்குறியில் இருந்தால் அமைப்பினால் செய்யப்பட்டால் வேலை, அமைப்பின்மீது செய்யப்பட்ட வேலையைவிடக் குறைவாக இருக்கும்.

குறிப்பு மேலும் சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை நேர்குறியாக இருப்பின் இந்நிகழ்வின் வரைபடம் வலஞ்சுழியாக அமையும். சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை எதிர்க்குறியாக இருப்பின் இந்நிகழ்வின் வரைபடம் இடஞ்சுழியாக அமையும்.

படம் 8.41 இல் உள்ள நிகழ்வு வலஞ்சுழி திசையில் செயல்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8.22

வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் PV வரைபடங்கள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு சுற்று நிகழ்விற்குமான மொத்த வேலையைக் கணக்கிடுக.



தீர்வு

நேர்வு a) மூடப்பட்டப் பாதையின் திசை இடஞ்சுழியாக உள்ளது. இதிலிருந்து, அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை, அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலையைவிட அதிகமாகும். BC வளைகோட்டிற்குக்கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின்மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும் (அழுத்தம் மாறா அழுக்கம்). மேலும் DA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.

BC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகம் B C 1 2 வின் பரப்பு = $1 \times 4 = -4J$

இங்கு எதிர்க்குறி அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் குறிக்கிறது

DA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு $= 1 \times 2 = +2J$

சுற்று நிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை $= -4 + 2 = -2$ J

நேர்வு (b): மூடப்பட்ட பாதையின் திசை வலஞ்சுழியாக உள்ளது. எனவே செய்யப்பட்ட வேலையின் தொகுபயன் மதிப்பு நேர்க்குறியாகும். அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை, அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலையை விடக் குறைவானது என்பதை இதிலிருந்து அறியலாம்.

BC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின்மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும் (அழுத்தம் மாறா அழுக்கம்). மேலும் AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.

AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு

= (BC12) செவ்வகத்தின் பரப்பு + (A B C) முக்கோணத்தின் பரப்பு $= (1\times2) + \frac{1}{2} \times 1\times2 = +3J$

BC வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகத்தின் பரப்பு $= 1\times2 = -2J$

சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை = 1 J இது ஒரு நேர்க்குறி மதிப்பாகும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 143 26-03-2022 17:41:25

நேர்வு (c) மூடப்பட்ட பாதையின் திசை இடஞ்சுழியாக உள்ளது. எனவே தொகுபயன் வேலை எதிர்க்குறியாகும். அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலையைவிட அதிகம் என்று இது காட்டுகிறது. AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலையைக் கொடுக்கும். (அழுத்தம் மாறா அழுக்கம்). மேலும் CA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலையைக் கொடுக்கும்.

AB வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகத்தின் பரப்பு = $4 \times 1 = -4$ J

CA வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு = செவ்வகத்தின் பரப்பு + முக்கோணத்தின் பரப்பு =

$$(1\times2) + \frac{1}{2} \times 1\times2 = +3J$$

சுற்றுநிகழ்வினால் செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை = –1 J. இது ஒரு எதிர்க்குறி மதிப்பாகும்.

8.8.7 வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதியின் வரம்புகள்:

வெப்பம் மற்றும் வேலை இவை ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றாக மாற்றமடையும் தன்மையை வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி சிறப்பாக விளக்கியுள்ளது. ஆனால் அவை மாற்றமடையும் திசையினை விளக்கவில்லை.

எடுத்துக்காட்டாக,

சூடான பொருளுடன், குளிர்ந்த பொருளொன்றை வெப்பத்தொடர்பில் வைக்கும்போது வெப்பம் எப்போதும் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ந்த பொருளுக்குப் பாயும். இதற்கு எதிர்த்திசையில் வெப்பம் பாயாது. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதிப்படி வெப்பம் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ந்த பொருளுக்கோ அல்லது குளிர்ந்த பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கோ பாய முடியும். ஆனால் இயற்கையாகவே வெப்பம் எப்போதும் உயர்வெப்பநிலையிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலைக்குத்தான் பாயும்.

கார்களில் உள்ள பிரேக்குகளை அழுக்கும்போது ஏற்படும் உராய்வினால் கார் நின்று விடுகிறது. உராய்வுக்கு எதிராக செய்யப்படும் வேலை வெப்பமாக மாற்றமடையும். ஆனால் இவ்வெப்பம் காரின் இயக்க ஆற்றலாக மீண்டும் மாற்றமடைவதில்லை. எனவே வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி பெரும்பான்மையான இயற்கை நிகழ்வுகளை விளக்கப்போதுமானதாக இல்லை.

8.8.8 மீள் நிகழ்வு (Reversible process)

வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு ஒன்று, அது நடைபெற்ற பாதைக்கு எதிர்த்திசையில் செயல்பட்டு, அமைப்பும் சூழலும் தன்னுடைய தொடக்க நிலையை அடைய முடியுமானால் அத்தகைய வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வை மீள் நிகழ்வு என்று அழைக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு: மீமெது வெப்பநிலை மாறா விரிவு, சுருள்வில்லில் மிக மெதுவாக நடைபெறும் அழுக்கம் மற்றும் விரிவு

மீள் நிகழ்வு நடைபெறுவதற்கான நிபந்தனைகள்:

1. இச்செயல்முறை மிக மிக மெதுவாக நடைபெற வேண்டும்.
2. செயல்முறை நடைபெற்று முடியும்வரை அமைப்பும், சூழலும் தொடர்ந்து எந்திரவியல், வெப்பவியல் மற்றும் வேதியியல் சமநிலையில் இருக்க வேண்டும்.
3. உராய்வு விசை, பாகியல் விசை, மின்தடை போன்ற ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுத்தும் விசைகள் ஏதும் இருக்கக்கூடாது.

குறிப்பு

அனைத்து மீள் நிகழ்வுகளும் மீமெது நிகழ்வுகள்தான். ஆனால் அனைத்து மீமெது நிகழ்வுகளும் மீள் நிகழ்வுகளாக இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை. எடுத்துக்காட்டாக, பிஸ்டனை மிக மெதுவாக அழுத்தும்போது உருளையின் சுவருக்கும், பிஸ்டனுக்கும் இடையே உராய்வு விசை இருந்தால் சிறிதளவு ஆற்றல் சூழலுக்கு இழக்கப்படும். இவ்வாற்றலை மீண்டும் பெற இயலாது. எனவே இது மீமெது நிகழ்வாக இருந்தாலும் மீள் நிகழ்வு இல்லை.

மீளா நிகழ்வு (Irreversible process)

இயற்கை நிகழ்வுகள் அனைத்தும் மீளா நிகழ்வுகளாகும். இத்தகைய நிகழ்வுகளை PV வரைபடத்தில் குறிப்பிட இயலாது. ஏனெனில் மீளா நிகழ்வின் ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் அழுத்தம், வெப்பநிலை போன்றவற்றிற்கு குறிப்பிட்ட மதிப்பு இருக்காது.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 144 26-03-2022 17:41:25

வெப்ப இயக்கவியல் நிகழ்வு ஒன்றின் ஆற்றல் மாறாத்தன்மைக்கான கூற்றே, வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியாகும். எடுத்துக்காட்டாக, சூடான பொருளொன்றை குளிர்ச்சியான பொருளின் மீது வைக்கும்போது, வெப்ப ஆற்றல் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ச்சியான பொருளுக்கு பாய்கிறது. ஏன் வெப்பம் குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு பாயவில்லை? குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு வெப்ப ஆற்றல் பாய்வதையும் வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி அனுமதிக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக 5 J ஆற்றல் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ச்சியான பொருளுக்கு அல்லது குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு பாய்ந்தாலும் தொகுபயன் அமைப்பின் மொத்த அக ஆற்றல் மாறாது. ஆனால் 5 J வெப்பம் குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து வெப்பமான பொருளுக்கு எப்போதும் பாயாது.

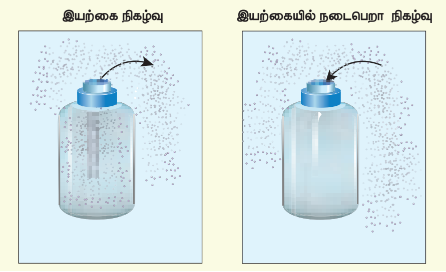
இயற்கையாகவே இது போன்ற நிகழ்வுகள் ஒரு திசையில் மட்டுமே நடைபெறும். எதிர்த்திசையில் நடைபெறுவதில்லை. இந்நிகழ்வுகள் எந்தத்திசையில் நடைபெற்றாலும் அமைப்பின் மொத்த ஆற்றல் மாறாமல் இருக்கும். இருப்பினும் எதிர்த்திசையில் இந்நிகழ்வு நடைபெறாது என்பதை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதி ஒரு இயற்கை நிகழ்வு எதிர்த்திசையில் ஏன் நடைபெறுவதில்லை என்பதற்கான விளக்கத்தைக் கொடுக்கவில்லை. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் அறிவியல் மேதைகள் எதிர்த்திசையில் ஒரு நிகழ்வு நடைபெறாததற்கான விளக்கத்தைக் கொடுக்க முனைந்தார்கள். அதன் பயனாக இயற்கையின் ஒரு புதிய விதியினைக் கண்டறிந்தார்கள். அதுதான் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி. இந்த இரண்டாம் விதியின்படி வெப்பம் எப்போதும் சூடான பொருளிலிருந்து குளிர்ச்சியான பொருளுக்குத் தானாகவே பாயும் இதனை வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின் கிளாசியஸ் கூற்று என்று அழைப்பார்கள்.

எடுத்துக்காட்டு 8.23

மீளா செயல்முறைக்கான சில எடுத்துக்காட்டுகளைக் கூறுக.

இயற்கையாக நடைபெறும் அனைத்து நிகழ்வுகளும் மீளா நிகழ்வுகள் ஆகும். சில ஆர்வமூட்டும் எடுத்துக்காட்டுகளை இங்கு காண்போம்.

(a) வாயு அடைத்து வைக்கப்பட்ட குடுவையை திறந்தவுடன், குடுவையில் இருந்த வாயு மூலக்கூறுகள் மெதுவாக அறை முழுவதும் பரவுகின்றன. அவை மீண்டும் குடுவைக்கு வருவதில்லை.



(b) பேனா மைத்துளி சொட்டு ஒன்றைத் தண்ணீரில் விடும்போது, மைத்துளி தண்ணீரில் மெதுவாக பரவும். அந்த பரவிய மைத்துளி மீண்டும் ஒன்று சேராது.

(c) சற்றே உயரமான இடத்திலிருந்து விழும் பொருள் தரையை அடைந்த உடன், பொருளின் மொத்த இயக்க ஆற்றல் தரையின் மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றலாக மாற்றமடைகிறது. அதில் ஒரு சிறுபகுதி ஒலி ஆற்றலாக இழக்கப்படுகிறது. தரையின் மூலக்கூறுகளுக்கு மாற்றமடைந்த இயக்க ஆற்றலை மீண்டும் ஒன்றிணைத்து பொருள் தானாகவே மேலே செல்ல இயலாது.

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியின்படி மேலே கூறப்பட்ட அனைத்து நிகழ்ச்சிகளும் எதிர்த்திசையில் நடக்கவும் சாத்தியமுண்டு. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி இந்நிகழ்ச்சிகளை எதிர்த்திசையில் நடக்க அனுமதிக்காது. இயற்கையின் முக்கிய விதிகளில் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியும் ஒன்றாகும். இவ்விதி இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறும் திசையை தீர்மானிக்கிறது.

8.9 வெப்ப இயந்திரம் (HEAT ENGINE)

இந்த நவீன தொழில்நுட்ப உலகில், போக்குவரத்தில் தானியங்கி இயந்திரங்களின் பங்கு முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். மோட்டார் சைக்கிள்கள் மற்றும்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 145 26-03-2022 17:41:26

கார்களில் இயந்திரங்கள் உள்ளன. அவை பெட்ரோல் அல்லது டீசலை உள்ளீடாகப் பெற்றுக்கொண்டு சக்கரங்களை சுழற்றும் வேலையைச் செய்கின்றன. பெரும்பான்மையான இயந்திரங்களின் பயனுறுதிறன் 40% மேல் இல்லை. இயந்திரங்களின் பயனுறு திறனுக்கான அடிப்படை கட்டுப்பாடுகளை வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிதான் தீர்மானிக்கிறது. எனவே இரண்டாம் விதியினைப் புரிந்து கொள்ள, வெப்ப இயந்திரங்களைப் புரிந்து கொள்வது அவசியமாகும்.

தேக்கி (Reservoir)

மிக அதிகமான வெப்ப ஏற்புத்திறன் கொண்ட வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பு என்று இதனை வரையறுக்காலாம். தேக்கியிலிருந்து வெப்பத்தை எடுத்தாலும் அல்லது தேக்கிக்கு வெப்பத்தை அளித்தாலும் தேக்கியின் வெப்பநிலை மாறாது.

எடுத்துக்காட்டு:
ஒரு டம்ளர் சூடான நீரை, ஏரி நீரில் ஊற்றினால் ஏரியின் வெப்பநிலை உயராது. இங்கு இந்த ஏரியினை தேக்கியாகக் கருதலாம்.

ஒரு குவளையில் உள்ள சூடான தேநீர் திறந்த வெளியில் உள்ளபோது அது சூழலுடன் வெப்பச் சமநிலையை அடைகிறது. ஆனால் சூழலின் வெப்பநிலையில் குறிப்பிடத்தக்க எந்த மாற்றமும் ஏற்படவில்லை. எனவே சூழலை இங்கு தேக்கியாகக் கருதலாம்.

வெப்ப இயந்திரத்தை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம்.

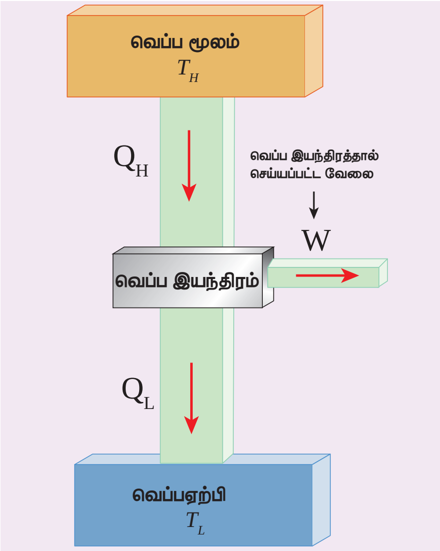
வெப்பத்தை உள்ளீடாகப் பெற்று, சுழற்சி நிகழ்வை மேற்கொள்வதன் மூலம் அவ்வெப்பத்தை வேலையாக மாற்றும் ஒரு கருவியே வெப்ப இயந்திரம் ஆகும். ஒரு வெப்ப இயந்திரத்திற்கு மூன்று பகுதிகள் உள்ளன அவை

(a) வெப்ப மூலம்

(b) செயல்படுபொருள்

(c) வெப்ப ஏற்பி

ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தின் திட்ட வரைபடம் படம் 8.42 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.42 வெப்ப இயந்திரம்

1. வெப்ப மூலம் இது இயந்திரத்திற்கு வெப்பத்தை அளிக்கும். இதனை எப்போது உயர் வெப்பநிலையிலேயே T_H வைத்திருக்கவேண்டும்.
2. செயல்படு பொருள்–இது வாயு அல்லது தண்ணீர் போன்ற ஒரு பொருளாகும். இது அளிக்கப்படும் வெப்பத்தை வேலையாக மாற்றும்.

   வெப்ப இயந்திரத்திற்கான ஓர் எளிய உதாரணம் நீராவி இயந்திரமாகும். பழங்காலத்தில் இரயில் வண்டிகளை இயக்க இந்நீராவி இயந்திரம் பயன்பட்டது. இதில் செயல்படு பொருளாக தண்ணீர் பயன்பட்டது. இது எரியும் நிலக்கரியிலிருந்து வெப்பத்தை பெற்று நீரை நீராவியாக மாற்றும். இந்த நீராவி இரயில் வண்டியின் சக்கரத்தைச் சுழற்றி இரயில் வண்டியை இயக்கும்.

3 வெப்ப ஏற்பி வெப்ப இயந்திரம் வேலை செய்தபின் சிறிதளவு வெப்பத்தை (Q_L) வெப்ப ஏற்பிக்கு கொடுக்கும். இதனை எப்போதும் தாழ் வெப்பநிலையிலேயே (T_L) வைத்திருக்க வேண்டும்.

   எடுத்துக்காட்டாக, தானியங்கி இயந்திரங்களில் வெப்ப ஏற்பியாக செயல்படுவது அறைவெப்பநிலையிலுள்ள சுற்றுப்புறச் சூழலாகும். தானியங்கி இயந்திரம் சைலன்ஸர் (புகைபோக்கி) வழியாக வெப்பத்தை சுற்றுப்புறத்திற்கு வெளியேற்றும். வெப்ப இயந்திரம் சுழற்சி நிகழ்வில் (cylic process) செயல் படுகிறது. சுழற்சி நிகழ்வு முடிவுற்ற

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 146 26-03-2022 17:41:26

பின்னர் வெப்ப இயந்திரம் தொடக்க நிலைக்கு வரும். வெப்பத்தை வெளியேற்றிய பின்பு வெப்ப இயந்திரம் ஒரு சுற்று முடிந்து அதன் தொடக்க நிலைக்கு வருவதால் வெப்ப இயந்திரத்தின் அக ஆற்றல் மாற்றம் சுழியாகும் ($\Delta U = 0$).

ஒரு சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கும் (வெளியீடு) ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட வெப்பத்திற்கும் (உள்ளீடு) உள்ள விகிதம் வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் என வரையறை செய்யப்படுகிறது.

செயல்படு பொருளொன்று வெப்ப மூலத்திலிருந்து Q_H அலகு வெப்பத்தைப்பெற்று W அலகு வேலை செய்தபின், அது வெப்ப ஏற்பிக்கு அளித்த வெப்பம் Q_L அலகு என்க.

இது படம் 8.43, இல் திட்ட வரைபடமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

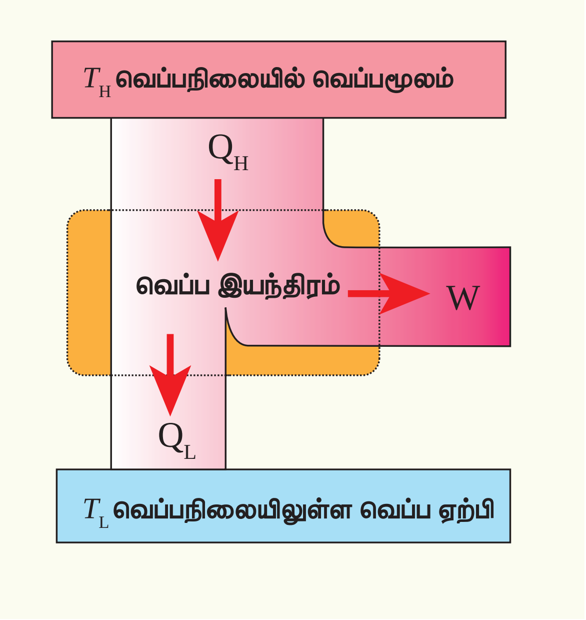


Figure 8.43 வெப்ப இயந்திரம்

உள்ளீடு வெப்பம் = செய்யபட்ட வேலை + வெளியேற்றப்பட்ட வெப்பம்

$$Q_H = W + Q_L$$

$$W = Q_H - Q_L$$

எனவே வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறு திறன்

$$\eta = \frac{\text{வெளியீடு}}{\text{உள்ளீடு}} = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \qquad (8.55)$$

இங்கு Q_H, Q_L மற்றும் W இவை அனைத்தும் நேர்குறியாக உள்ளதை இங்கு கவனிக்கவும். இந்த குறியீட்டு முறையைதான் நாம் இங்கு பின்பற்ற வேண்டும்.

இங்கு $Q_L < Q_H$ என்பதால் பயனுறுதிறன் எப்போதும் 1 ஐவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். இதிலிருந்து ஏற்க்கப்பட்ட வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாற்றமடையவில்லை என்பதை புரிந்து கொள்ளலாம். வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாறுவதற்கு சில அடிப்படைக் கட்டுப்பாடுகளை வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம்விதி அளிக்கிறது.

வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாம் விதியின் வெப்ப இயந்திரக்கூற்று அல்லது கெல்வின் ஃபிளாங்க் கூற்றை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம்.

கெல்வின் ஃபிளாங்க் கூற்று

ஒரு சுழற்சி வெப்ப நிகழ்வில் (Cyclic process) ஏற்கப்பட்ட வெப்பம் முழுவதையும் வேலையாக மாற்றும் எந்த ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தையும் நாம் வடிவமைக்க இயலாது.

இக்கூற்றிலிருந்து 100% பயனுறுதிறன் கொண்ட எந்தஒரு வெப்ப இயந்திரமும் இப்பிரபஞ்சத்தில் சாத்தியம் இல்லை என்பதை நாம் அறிந்துகொள்ளலாம்.

குறிப்பு

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்விதியின்படி, வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில், கொடுக்கப்பட்ட வெப்பம் முழுவதும் வேலையாக மாற்றமடைகிறது. ($Q = W$) எனில் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின் கூற்றுக்கு முரணாக உள்ளதா? இல்லை.

ஏனெனில் வெப்பநிலை மாறா விரிவு என்பது ஒரு சுழற்சி நிகழ்வு இல்லை (Non –Cyclic prosess). இந்நிகழ்வுகளின் மட்டுமே வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாற்றமடைகிறது. ஆனால் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம்விதியின் படி சுழற்சி நிகழ்வில் (Cyclic Process) நடைபெறும் நிகழ்வுகளில் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தில்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 147 26-03-2022 17:41:27

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மட்டுமே வேலையாக மாற்றமடைகிறது". ($\eta < 100\%$) எனவே அனைத்து வெப்ப இயந்திரங்களும் சுழற்சி நிகழ்வில் இயங்குவதால் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தை முழுமையாக வேலையாக மாற்றுவதில்லை.

எடுத்துக்காட்டு 8.24

ஒரு வெப்ப இயந்திரம் அதன் சுழற்சி நிகழ்வின் போது 500 J வெப்பத்தை வெப்பமூலத்திலிருந்து பெற்றுக்கொண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட வேலையை செய்தபின்னர் 300 J வெப்பத்தை சூழலுக்கு (வெப்ப ஏற்பிக்கு) கொடுக்கிறது. இந்நிபந்தனைகளின்படி அந்த வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறு திறனைக் காண்க.

தீர்வு

வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன்

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{300}{500} = 1 - \frac{3}{5}$$

$$\eta = 1 - 0.6 = 0.4$$

வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 40% இதிலிருந்து வெப்ப இயந்திரம் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தில் 40% மட்டுமே வேலையாக மாற்றியுள்ளது என்பதை அறியலாம்.

8.9.1 கார்னோ இலட்சிய வெப்ப இயந்திரம் (Carnot's Ideal heat engine)

ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 100% இல்லை என முந்தய பிரிவில் நாம் பயின்றோம். அவ்வாறு இருக்கும்பட்சத்தில் ஒரு வெப்ப இயந்திரத்தின் அதிகபட்ச பயனுறுதிறன் என்ன? 1824 ஆம் ஆண்டு கார்னோ என்ற பிரெஞ்சு பொறியாளர், வெப்பமூலம் மற்றும் வெப்ப ஏற்பிக்களுக்கிடையே சுற்றுசெயல்முறையில் செயல்படும். மீள் நிகழ்வு வெப்ப இயந்திரம் (reversible heat engine) அதிகபட்ச பயனுறுதிறனைப் பெற்றுள்ளது என நிரூபித்தார். இந்த இயந்திரமே கார்னோ இயந்திரம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

இரண்டு வெப்பநிலைகளுக்கிடையே சுழற்சி நிகழ்வாக, செயல்படும் மீள்நிகழ்வு இயந்திரம் கார்னோ இயந்திரமாகும்.

கார்னோ இயந்திரம் நான்கு முக்கியப்பாகங்களைப் பெற்றுள்ளது. அவை பின்வருமாறு

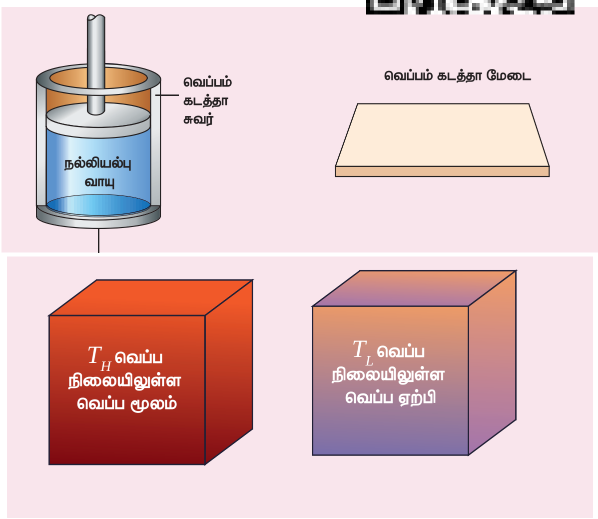
(i) வெப்ப மூலம்: மாறா உயர்வெப்பநிலையில் உள்ள வெப்பமூலமாகும். இதிலிருந்து வெப்பநிலைமாறாமல் எவ்வளவு வெப்பத்தையும் பெறமுடியும்

(ii) வெப்பஏற்பி : மாறாத குறைந்த வெப்பநிலையில் உள்ள ஒரு பொருளாகும். இது எவ்வளவு வெப்பத்தையும் ஏற்றுக்கொள்ளும்.

(iii) வெப்பக்காப்பு மேடை: முழுமையான வெப்பக் காப்பு பொருளினால் இம்மேடை செய்யப்பட்டிருக்கும்,இம்மேடை வழியே வெப்பம் கடத்தப்படாது.

(iv) செயல்படும் பொருள்: முழுமையான வெப்பம் கடத்தாத சுவர்களையும் முழுமையான வெப்பம் கடத்தும் அடிப்பாகத்தையும் கொண்டுள்ள உருளையில் அடைத்துவைக்கப்பட்டுள்ள நல்லியல்பு வாயுவாகும். வெப்பக் கடத்தா மற்றும் உராய்வற்ற பிஸ்டன் ஒன்று உருளையுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

இந்நான்கு பாகங்களும் படம் 8.44இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 8.44 கார்னோ இயந்திரம்

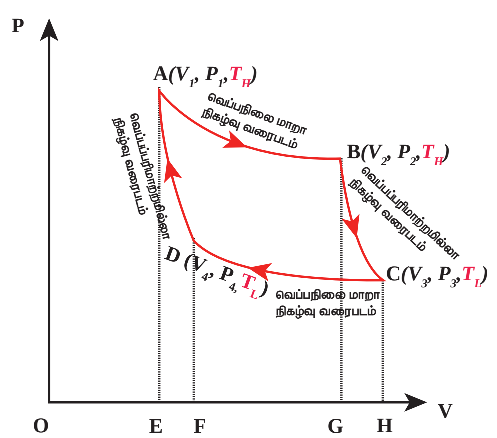
UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 148 26-03-2022 17:41:28

கார்னோ சுற்று:

கார்னோ சுற்றி செயல்படு பொருள் நான்கு தொடர்ச்சியான மீள் நிகழ்வுகளை சுழற்சி முறையில் நிகழ்த்துகிறது.

செயல்படு பொருளின் தொடக்க அழுத்தம் மற்றும் பருமனை P_1, V_1 என்க.

நிகழ்வு $A \rightarrow B$ (P_1, V_1, T_H) **முதல்** (P_2, V_2, T_H) **வரையிலான மீமெது வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு:** உருளை வெப்ப மூலத்தின் மீது வைக்கப்படுகிறது. வெப்பம் வெப்ப மூலத்திலிருந்து உருளையின் அடிப்பரப்பின் வழியே செயல்படு பொருளுக்கு (நல்லியல்பு வாயுக்கு) பாய்கிறது. இது ஒரு வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வாகும். எனவே செயல்படு பொருளில் அக ஆற்றல் எவ்வித மாற்றமும் ஏற்படாது. பெறப்பட்ட வெப்பத்தினால் வாயுவின் பருமன் அதிகரிக்கும். பிஸ்டனை மிக மெதுவாக மேலே வருவதற்கு அனுமதிக்க வேண்டும். (மீமெது நிகழ்வின் அடிப்படையில்) இது படம் 8.47 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வாயுவின் பருமன் V_1 லிருந்து V_2 க்கு அதிகரிக்கும். அதன் அழுத்தம் P_1 லிருந்து P_2 க்கு குறையும் போது வாயுவினால் செய்யப்பட்டவேலை W என்க. இது P–V வரைபடத்தில் AB பாதையாக குறிக்கப்பட்டுள்ளது. படம் (8.45)



படம் 8.45 கார்னோ சுற்றுக்கான PV வரைபடம்

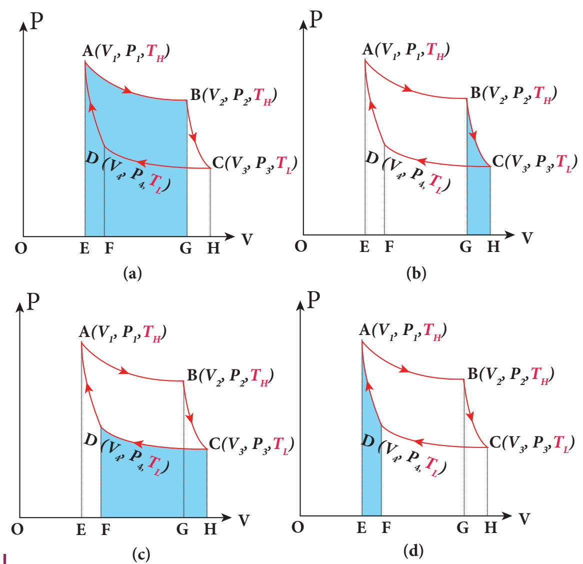
வாயுவினால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$\therefore Q_H = W_{A\rightarrow B} = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

இந்நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக உள்ளதால் நல்லியல்பு வாயு அதன் இறுதி நிலையை அடையும் வரை வெப்பமூலத்துடன் சமநிலையில் இருக்கும். வெப்பநிலை மாறா விரிவினால் செய்யப்பட்ட வேலை சமன்பாடு (8.34)இல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

$$W_{A\rightarrow B} = \mu RT_H ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \text{AB வளை கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு} \quad (8.56)$$

இது படம் 8.46 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது

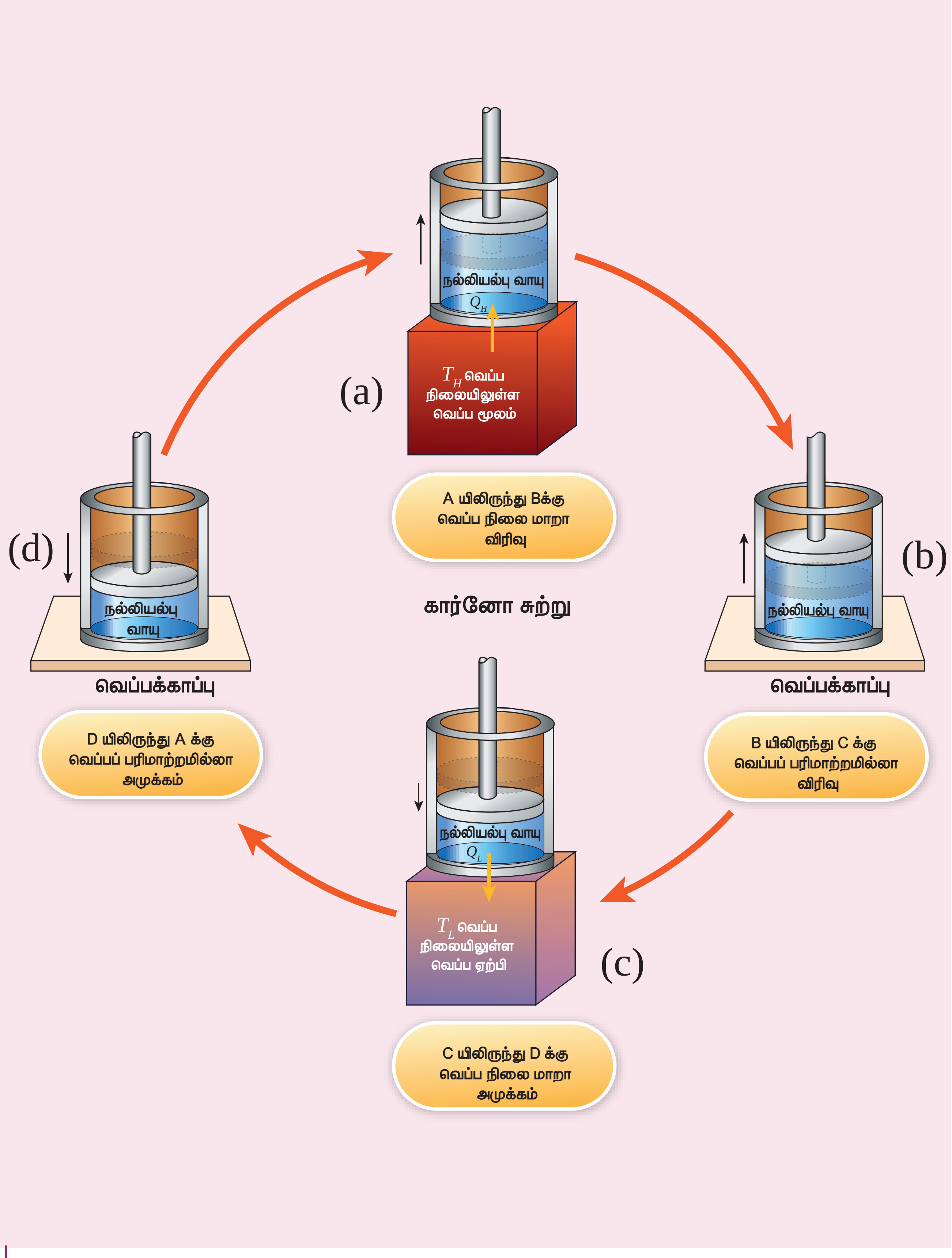


படம் 8.46 கார்னோ சுற்றில் செய்யப்பட்ட வேலை

நிகழ்வு $B \rightarrow C$ (P_2, V_2, T_H) **முதல்** (P_3, V_3, T_L) **வரையிலான மீமெது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவு**

உருளை வெப்பக்கடத்தா மேடை மீது வைக்கப்படுகிறது பிஸ்டனை மேல் நோக்கி நகர அனுமதிக்கவேண்டும்.வாயுவெப்பப்பரிமாற்றமில்லா முறையில் விரிவடைவதால் அதன் பருமன் V_2 லிருந்து V_3 க்கு அதிகரிக்கும் அதன் அழுத்தம் P_2 விலிருந்து P_3 க்குக் குறையும். வெப்பநிலை T_L ஆகும். PV வரைபடத்தில் இந்த வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவு BC வளைகோடாக காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு மீமெது நிகழ்வாக நடைபெற்றதால், நல்லியல்பு வாயு இந்நிகழ்வு முழுவதும் சமநிலையில் இருக்கும். மேலும் இது ஒரு மீள் நிகழ்வு என்பதையும் இது காட்டுகிறது. இது படம் 8.47 (b) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 149 26-03-2022 17:41:29



படம் 8.47 கார்னோ சுற்று

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 150 26-03-2022 17:41:30

சமன்பாடு(8.42)இல்இருந்துவெப்பப்பரிமாற்றமில்லா விரிவினால் வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

$$W_{B\to C} = \int_{V_2}^{V_3} PdV = \frac{\mu R}{\gamma - 1}[T_H - T_L] = BC$$

வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு (8.57)

இது படம் 8.46 (b) யிலும் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நிகழ்வு $C \to D$

(P_3, V_3, T_L) முதல் (P_4, V_4, T_L) வரையிலான மீமெது வெப்பநிலை மாறா அழுக்கம். இது படம் 8.47 (c) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உருளை, வெப்ப ஏற்பியின் மீது வைக்கப்படுகிறது. வாயுவின் அழுத்தம் P_4 மற்றும் அதன் பருமன் V_4 ஐ அடையும் வரை வாயு வெப்பநிலை மாறா அமுக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. இது PV வரைபடத்தில் CD வளைகோட்டினால் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

$$Q_L = W_{C\to D} = \int_{V_3}^{V_4} PdV = \mu RT_L \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right) = -\mu RT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)$$

$= -CD$ வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு (8.58)

இது படம் 8.46 (c) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இங்கு V_3 , ஆனது V_4 ஐ விட அதிகம் எனவேதான் செய்யப்பட வேலை எதிர்க்குறியில் உள்ளது. இதிலிருந்து வாயுவின் மீது வேலை செய்யப்பட்டது என்பதை அறியலாம்.

நிகழ்வு $D \to A$: (P_4, V_4, T_L) முதல் (P_1, V_1, T_H) வரையிலான மீமெது வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கம். இது படம் 8.47 (d) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உருளை வெப்பம் கடத்தா மேடை மீது மீண்டும் வைக்கப்படுகிறது. வாயு தனது தொடக்க நிலைகளான அழுத்தம் P_1 பருமன் V_1 மற்றும் வெப்பநிலை T_H ஐ அடையும்வரை வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. இது PV வரைபடத்தில் DA வளைகோடாக காட்டப்பட்டுள்ளது.

$$\therefore W_{D\to A} = \int_{V_4}^{V_1} PdV = -\frac{\mu R}{\gamma - 1}(T_H - T_L) = -DA$$

வளைகோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு (8.59)

இந்த வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா அமுக்கத்திலும் வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை எதிர்க்குறியாகும். இது படம் 8.46 (d) யில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

செயல்படு பொருளின் மீது ஒரு முழு சுற்றில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை W என்க.

$\therefore$ W= வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை – வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை

$$= W_{A\to B} + W_{B\to C} + W_{C\to D} + W_{D\to A}$$

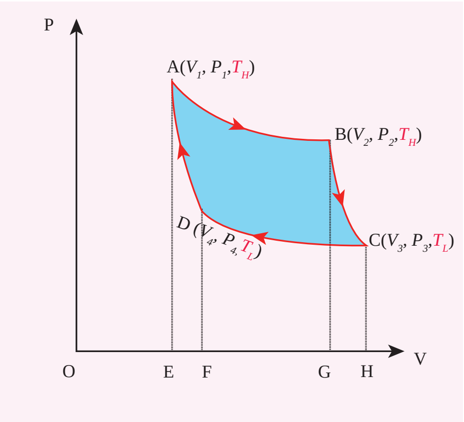
இங்கு $W_{D\to A} = -W_{B\to C}$

$$= W_{A\to B} + W_{C\to D}$$

முழு சுற்றுக்கு கார்னோ இயந்திரத்தால் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை

$$W = |W|_{A\to B} - |W|_{C\to D} \quad (8.60)$$

ஒரு முழு சுற்றுக்கு செயல்படு பொருளால் (நல்லியல்பு வாயு) செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை PV வரைபடத்தில் உள்ள ABCD என்ற மூடப்பட்ட வளைகோட்டினால் சூழப்பட்ட பரப்பிற்குச் சமம் என்பதை சமன்பாடு (8.60) காட்டுகிறது. இது படம் (8.48) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 8.48 கார்னோ சுற்றினால் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை

மிக முக்கியமாக கவனிக்க வேண்டிய ஒன்று, ஒரு முழு சுற்றுக்குப் பின்னர் செயல்படு பொருள் தனது தொடக்க வெப்பநிலை T_H ஐ அடைகிறது. இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவென்றால் ஒரு முழு சுற்றுக்குப்பின்னர் செயல்படு பொருளின் (நல்லியல்பு வாயுவின்) அக ஆற்றல் மாறுபாடு சுழி என்பதாகும்.

8.9.2 கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன்

ஒரு முழு சுற்றுக்கு செயல்படு பொருளினால் (நல்லியல்பு வாயு) செய்யப்பட்ட வேலைக்கும், வெப்ப மூலத்திலிருந்து பெறப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவுக்கும் உள்ள விகிதம் கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\eta = \frac{\text{செய்யப்பட்ட வேலை}}{\text{பெறப்பட்ட வெப்பம்}} = \frac{W}{Q_H} \qquad (8.61)$$

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியிலிருந்து

$$W = Q_H - Q_L$$

$$\therefore \eta = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \qquad (8.62)$$

வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வின் நிபந்தனையை பயன்படுத்தும்போது

$$Q_H = \mu R T_H \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$
$$Q_L = \mu R T_L \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right) \qquad (8.63)$$

எனப் பெறலாம்.

இங்கு Q_L ல் எதிர்க்குறியால் நாம் குறிப்பிடவில்லை. ஏனெனில் வெப்ப ஏற்பிக்கு வெளியேற்றிய வெப்பத்தின் எண்ணளவிற்கு மட்டுமே முக்கியத்துவம் அளிக்கப்படுகிறது.

$$\therefore \frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)}{T_H \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} \qquad (8.64)$$

வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வின் நிபந்தனையை பயன்படுத்தும்போது

$$T_H V_2^{\gamma-1} = T_L V_3^{\gamma-1}$$
$$T_H V_1^{\gamma-1} = T_L V_4^{\gamma-1}$$

இவ்விரண்டு சமன்பாடுகளையும் வகுக்கும்போது

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}$$

எனக் கிடைக்கும். இதிலிருந்து

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4} \qquad (8.65)$$

என அறியலாம்.

சமன்பாடு (8.65) ஐ சமன்பாடு (8.64) இல் பிரதியிடும்போது

$$\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H} \qquad (8.66)$$

எனக்கிடைக்கும்.

$$\therefore \text{பயனுறுதிறன் } \eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} \qquad (8.67)$$

குறிப்பு: T_L மற்றும் T_H இவ்விரண்டும் கெல்வின் அலகில் மட்டுமே குறிக்கப்படுகின்றன.

முக்கிய முடிவுகள்:

1. η எப்பொழுதும் 1 ஐ விடக் குறைவாக இருக்கும். ஏனெனில் T_L ஆனது T_H ஐவிடக் குறைவு. இதிலிருந்து நாம் அறிந்துக்கொள்வது என்னவென்றால் பயனுறுதிறன் எப்போதும் 100% இருக்காது. $T_L = 0K$ (சுழி வெப்பநிலை) வெப்ப நிலையில் உள்ளபோது மட்டுமே பயனுறுதிறன் 1 அல்லது 100% ஆகும். இது நடைமுறையில் சாத்தியமற்றதாகும்.
2. கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன், செயல்படு பொருளைச் சார்ந்ததல்ல. இது வெப்ப மூலம், வெப்ப ஏற்பி இவற்றின் வெப்பநிலைகளைச் சார்ந்ததாகும். இவ்விரண்டின் வெப்பநிலைகளின் வேறுபாடு பெருமமெனில், பயனுறுதிறனும் பெருமமாக இருக்கும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 152 26-03-2022 17:41:33

3. $T_H = T_L$ என்ற நிலையில் $\eta = 0$. எனவே எந்த ஒரு இயந்திரமும் வெப்ப மூலமும், வெப்ப ஏற்பியும் ஒரே வெப்பநிலையில் உள்ளபோது இயங்காது.

4. கார்னோ சுற்றின் அனைத்து நிகழ்வுகளும் மீள் நிகழ்வுகளாகும். எனவே கார்னோ இயந்திரம் ஒரு மீள் வெப்ப இயந்திரமாகும் (reversible heat engine). எனவே அதன் பயனுறுதிறனும் பெருமமாகும். ஆனால் நடைமுறையில் உள்ள டீசல் இயந்திரம், பெட்ரோல் இயந்திரம் மற்றும் நீராவி இயந்திரங்களும் சுற்று நிகழ்வில் இயங்குகின்றன. ஆனால் அவை முழுமையான மீள் வெப்ப இயந்திரங்கள் அல்ல. எனவே அவற்றின் பயனுறுதிறன், கார்னோவின் பயனுறுதிறனைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். இதனைக் கார்னோ தேற்றத்தைக் கொண்டு வரையறை செய்யலாம்.

"மாறா வெப்பநிலையிலுள்ள இரண்டு வெப்பமூலங்களுக்கிடையே, கார்னோ இயந்திரம் மட்டுமே பெரும பயனுறுதிறனைப் பெற்றிருக்கும். மற்ற அனைத்து இயல்பு இயந்திரங்களின் பயனுறுதிறனும், கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறனைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும்".

எடுத்துக்காட்டு 8.25

250°C வெப்பநிலையிலுள்ள நீராவி இயந்திரத்தைப் பயன்படுத்தி தண்ணீர் நீராவியாக மாற்றப்படுகிறது. நீராவியினால் வேலை செய்யப்பட்டு, சூழலுக்கு 300 K வெப்பநிலையில் வெப்பம் வெளியேற்றப்படுகிறது எனில், நீராவி இயந்திரத்தின் பெரும பயனுறு திறனைக் காண்க.

தீர்வு

நீராவி இயந்திரம் கார்னோ இயந்திரம் அல்ல. ஏனெனில் நீராவி இயந்திரத்தில் செய்யப்படும் சுழற்சி நிகழ்வுகள் அனைத்தும் முழுமையான மீள் நிகழ்வுகள் அல்ல. இருப்பினும் இதனை ஒரு கார்னோ இயந்திரம் எனக்கருதி அதன் பெரும பயனுறுதிறனைக் கணக்கிடலாம்.

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300\,K}{523\,K} = 0.43$$

நீராவி இயந்திரத்தின் பெரும பயனுறுதிறன் 43% ஆகும். கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்தில் 43% மட்டுமே பயன்தரும் வேலையாக மாற்றப்படுகிறது என்பதை இது காட்டுகிறது. மீதமுள்ள 57% வெப்பம் வெளியேற்றப்படுகிறது. ஆனால் நடைமுறையில் நீராவி இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 43% விடக் குறைவாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 8.26

A மற்றும் B என்ற இரண்டு கார்னோ இயந்திரங்கள் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் செயல்படுகின்றன.

A கார்னோ இயந்திரத்தின் வெப்ப மூலம் மற்றும் வெப்ப ஏற்பியின் வெப்பநிலைகள் முறையே 150°C மற்றும் 100°C . இதேபோன்று B இயந்திரத்திற்கு 350°C மற்றும் 300°C. இவற்றுள் எந்த இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் குறைவானது?

தீர்வு

A இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் $= 1 - \frac{373}{423}$

$= 0.11$

A இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 11% ஆகும்.

B இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் $1 - \frac{573}{623} = 0.08$

B இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 8% மட்டுமே.

இரண்டு இயந்திரங்களிலும் உள்ள வெப்ப மூலம் மற்றும் வெப்ப ஏற்பியின் வெப்பநிலை வேறுபாடுகள் சமமாக இருந்தாலும் அவற்றின் பயனுறுதிறன்கள் சமமில்லை. ஏனெனில் பயனுறுதிறன் வெப்பநிலைகளின் விகிதத்தைச் சார்ந்தவை, வேறுபாட்டைச் சார்ந்ததல்ல. எந்த இயந்திரம் குறைந்த வெப்பநிலையில் இயங்குகிறதோ அதன் பயனுறுதிறன் பெருமமாக இருக்கும்.

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

காரில் பயன்படுத்தப்படும் டீசல் இயந்திரங்கள் மற்றும் மோட்டார் வாகனங்களில் பயன்படுத்தப்படும் பெட்ரோல் இயந்திரங்கள், ஆகியவை அனைத்தும் நடைமுறை வெப்ப இயந்திரங்கள். டீசல் இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் அதிக பட்சமான 44% ஆகும். பெட்ரோல் இயந்திரத்தின் பெரும பயனுறுதிறன் 30% ஆகும். ஏனெனில் இவை நல்இயல்பு இயந்திரங்கள் (கார்னோ இயந்திரங்கள்)

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 153 26-03-2022 17:41:34

அல்ல. இவற்றின் பயனுறுதிறன் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

தற்காலத்தில் மோட்டார் சைக்கிள் ஒன்று 1 L பெட்ரோலுக்கு 50 km தொலைவு பயணிக்கிறது. அதாவது 1 L பெட்ரோலில் 30% மட்டுமே இயந்திர வேலையாக மாற்றமடைகிறது. மீதமுள்ள 70% பெட்ரோல் பயனற்ற வெப்பமாக சூழலுக்கு வெளியேற்றப்படுகிறது.

8.9.3 என்ட்ரோபி (Entropy) மற்றும் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதி

சமன்பாடு (8.66) லிருந்து $\frac{Q_H}{T_H} = \frac{Q_L}{T_L}$ என்று அறிந்தோம். $\frac{Q}{T}$ என்ற இந்த அளவு என்ட்ரோபி என்று அழைக்கப்படுகிறது. வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் மிக முக்கியப்பண்புகளில் ஒன்று என்ட்ரோபி ஆகும். இது ஒரு நிலை மாறி ஆகும். $\frac{Q_H}{T_H}$ என்பது வெப்ப மூலத்திலிருந்து கார்னோ இயந்திரம் பெற்றுக்கொண்ட என்ட்ரோபி, $\frac{Q_L}{T_L}$ என்பது கார்னோ இயந்திரம் வெப்ப ஏற்பிக்கு வெளியேற்றிய என்ட்ரோபி ஆகும். ஒரு மீள் நிகழ்வு இயந்திரத்திற்கு (கார்னோ இயந்திரம்) இவ்விரண்டு என்ட்ரோபிகளும் சமமாகும். எனவே ஒரு முழு சுற்றுக்கு கார்னோ இயந்திரத்தின் என்ட்ரோபி மாற்றம் சுழியாகும். இது சமன்பாடு (8.66) இல் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. டீசல் மற்றும் பெட்ரோல் இயந்திரங்கள் போன்ற நடைமுறை இயந்திரங்கள் மீள் நிகழ்வு இயந்திரங்கள் அல்ல. அவை $\frac{Q_L}{T_L} > \frac{Q_H}{T_H}$ என்ற சமன்பாட்டை நிறைவு செய்கின்றன. இதன் அடிப்படையில் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியை வேறு வகையில் கூறலாம்.

"*இயற்கையில் நடைபெறும் அனைத்து செயல்முறைகளிலும் (மீளாநிகழ்வுகள்), என்ட்ரோபி எப்போதும் அதிகரிக்கும். மீள் நிகழ்வுகளில் மட்டுமே என்ட்ரோபியின் மதிப்பு மாறாது. இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறும் திசையை என்ட்ரோபிதான் தீர்மானிக்கிறது.*

நாம் மீண்டும் ஏற்கெனவே கேட்ட வினாவிற்கு வருவோம்.

ஏன் வெப்பம் எப்போதும் உயர் வெப்பநிலையிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலைக்குப் பாய்கிறது? ஏன் எதிர்த்திசையில் பாய்வதில்லை? ஏனெனில் வெப்பம் சூடான பொருளிலிருந்து, குளிர்ந்த பொருளுக்கு பாயும்போது என்ட்ரோபி உயரும். வெப்பம் குளிர்ந்தபொருளிலிருந்து சூடான பொருளுக்கு பாயும்போது என்ட்ரோபி குறையும். அவ்வாறு என்ட்ரோபி குறைவது வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிக்கு எதிரானது.

என்ட்ரோபியை ஒரு அமைப்பில் இருக்கும் "ஒழுங்கற்றத் தன்மையின் அளவீடு" என்றும் அழைக்கலாம். அனைத்து இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறும் பொழுதும் ஒழுங்கற்றத்தன்மை எப்போதும் உயர்ந்துகொண்டே செல்லும்.

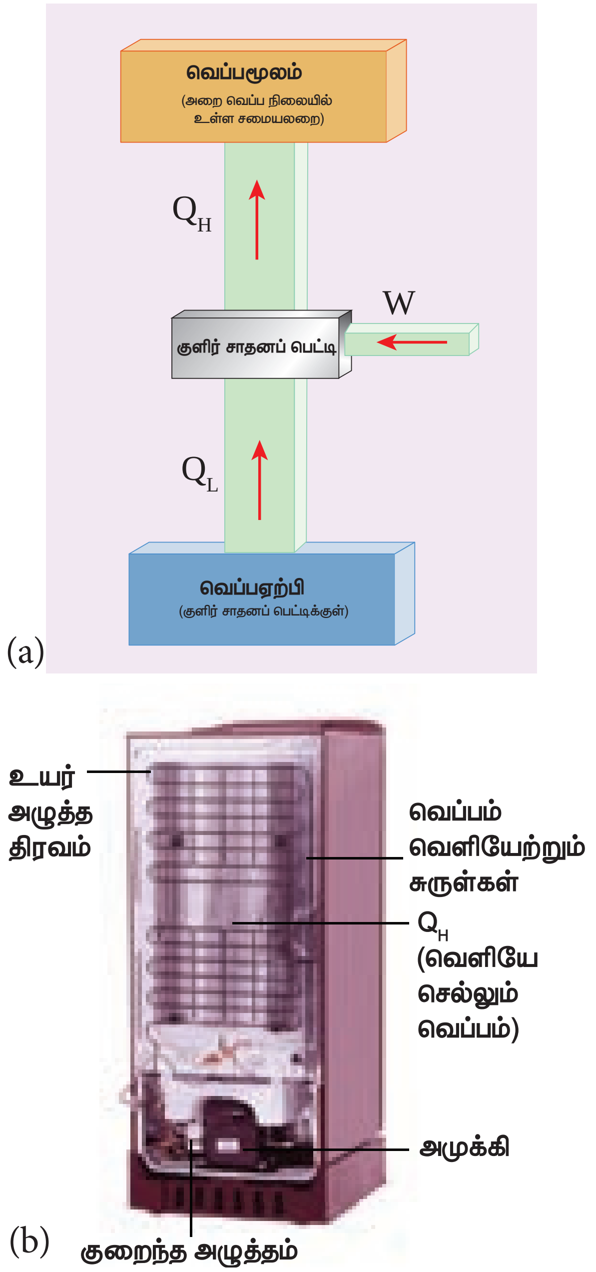
வாயு அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடிக் குடுவை ஒன்றைக் கருதுக. குடுவையின் உள்ளே வாயு இருக்கும்வரை அதன் ஒழுங்கற்றத்தன்மை குறைவு. அவ்வாயு அறை முழுவதும் பரவிய பின்பு அதன் ஒழுங்கற்றத்தன்மை அதிகரிக்கும். வேறுவகையில் கூறுவோமாயின் வாயு கண்ணாடி குடுவையில் இருக்கும் வரை அதன் என்ட்ரோபி குறைவு, அதே வாயு அறை முழுவதும் பரவிய பின்னர் அதன் என்ட்ரோபி அதிகம். வாயு மூலக்கூறுகள் குடுவைக்கு மீண்டும் வந்தால் என்ட்ரோபி குறையும். வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின்படி இந்த நிகழ்வு சாத்தியமல்ல. இதே விளக்கம் தண்ணீரில் பரவும் மைக்கும் பொருந்தும். பேனா மை தண்ணீரில் பரவியவுடன் அதன் என்ட்ரோபி அதிகரிக்கும். பரவிய பேனா மை மூலக்கூறுகள் மீண்டும் ஒன்றிணைந்து மைத்துளியை உருவாக்காது. அனைத்து மீளா நிகழ்வுகளிலும் என்ட்ரோபி உயரும் வண்ணம் இயற்கை நிகழ்வுகள் நடைபெறுகின்றன.

8.10 குளிர்சாதனப்பெட்டி (REFRIGERATOR)

எதிர்திசையில் செயல்படும் ஒரு கார்னோ இயந்திரமே குளிர்சாதனப் பெட்டியாகும். இது படம் 8.49 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 154 26-03-2022 17:41:34

செயல்படும் தத்துவம்



படம் 8.49 (a) குளிர்சாதனப்பெட்டியின் திட்ட வரைபடம் (b) உண்மையான குளிர் சாதனப்பெட்டி

செயல்படுபொருள் T_L என்ற குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள குளிர் பொருளிலிருந்து (வெப்ப ஏற்பி) Q_L அளவு வெப்பத்தை பெற்றுக் கொள்கிறது. அமுக்கியினால் (Compressor)செயல்படு பொருளின்மீது W என்ற குறிப்பிட்ட அளவு வேலை செய்யப்பட்டு, Q_H அளவு வெப்பத்தை வெப்பமூலத்திற்கு செயல்படு பொருள் வெளியேற்றுகிறது. அதாவது T_H வெப்பநிலையிலுள்ள சூழலுக்கு வெளியேற்றுகிறது.

இதை குளிர்சாதனப்பெட்டிக்கு பக்கத்தில் நிற்கும்போது வெதுவெதுப்பான காற்றை உணரலாம்.

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியிலிருந்து

$$Q_L + W = Q_H \qquad (8.68)$$

முடிவாக குளிர்சாதனப்பெட்டி மேலும் குளிர்ச்சி அடைகிறது. சூழல் (சமையலறை) அல்லது (வளிமண்டலம்) வெப்பமடைகிறது.

செயல்திறன் குணகம் (Coefficient of performance) (COP)

குளிர்சாதனப் பெட்டியின் செயல்திறனை அளவிடுவது செயல்திறன் குணகமாகும் (COP). குளிர்பொருளிலிருந்து பெறப்பட்ட வெப்பத்திற்கு (வெப்ப ஏற்பி) அமுக்கியினால் செய்யப்பட்ட புற வேலைக்கும் (W) உள்ள தகவு செயல்திறன் குணகம் என்று வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$COP = \beta = \frac{Q_L}{W} \qquad (8.69)$$

சமன்பாடு (8.68) இல் இருந்து

$$\beta = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

$$\beta = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1} \qquad (8.70)$$

ஆனால் நாம் அறிந்தபடி $\frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$

இச்சமன்பாட்டினை (8.70) இல் பிரதியிடும்போது பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பெறலாம்.

$$\beta = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

குளிர்சாதனப் பெட்டியின் செயல்திறன் குணகத்திலிருந்து பின்வருவனவற்றை நாம் அனுமானிக்கலாம்.

1. COP அதிகமாக இருந்தால் குளிர்சாதனப்பெட்டி சிறப்பாக இயங்கும். ஒரு நல்ல குளிர்சாதனப்பெட்டியின் (COP) கிட்டத்தட்ட 5 முதல் 6 வரை இருக்கும்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 155 26-03-2022 17:41:36

2. குளிர்சாதனப் பெட்டியின் குளிரூட்டும் பகுதியின் (Cooling camber) வெப்பநிலைக்கும், சூழலின் (அறையின்) வெப்பநிலைக்கும் உள்ள வேறுபாடு குறைவாக இருந்தால், குளிர்சாதனப்பெட்டியின் COP அதிகமாக இருக்கும்.

3. குளிர்சாதனப்பெட்டியில் புறவேலை செய்யப்பட்டு, குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து வெப்பம் எடுக்கப்பட்டு வெப்பமான பொருளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. புறவேலை இல்லாமல் வெப்ப ஆற்றல் குளிர்ச்சியான பொருளிலிருந்து வெப்பமான பொருளுக்குப் பாயாது. இது வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிக்கு எதிரானது அல்ல. ஏனெனில் வெப்பம் சுற்றுப்புறத்திலுள்ள காற்றுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. மேலும் மொத்த என்ட்ரோபி (குளிர்சாதனப்பெட்டி + சூழல்) எப்போதும் உயரும்.

எடுத்துக்காட்டு 8.27

குளிர்சாதனப்பெட்டி ஒன்றின் COP யானது 3 ஆகும். 200 J வெப்பத்தை குளிர்சாதனப்பெட்டியிலிருந்து வெளியேற்ற வேண்டுமெனில் எவ்வளவு வேலை செய்யப்பட வேண்டும்?

தீர்வு

$$COP = \beta = \frac{Q_L}{W}$$

$$W = \frac{Q_L}{COP} = \frac{200}{3} = 66.67\,J$$

உங்களுக்குத் தெரியுமா?

கோடைகாலத்தில் நாம் மண்பானைத் தண்ணீரை குடிக்கப்பயன் படுத்துகிறோம். மண்பானையானது அதனுள்ளே ஊற்றப்பட்ட தண்ணீரின் வெப்பநிலையை குறைக்கிறது. மண்பானையை குளிர்சாதனப்பெட்டியாகக் (Refrigerator) கருதலாமா? கருத முடியாது. ஏனென்றால் வெப்ப எந்திரத்திற்கோ அல்லது குளிர்சாதனப்பெட்டிக்கோ சுழற்சி நிகழ்வு (cyclic process) மிக முக்கிய தேவை ஆகும். மண்பானையில் நடக்கும் குளிர்விக்கும் நிகழ்வானது ஒரு சுழற்சி நிகழ்வல்ல. மண்பானை சுவற்றில் உள்ள நுண்ணிய துளைகளிலிருந்து நீர் மூலக்கூறுகள் வெளியேறுவதால் உள்ளிருக்கும் நீரானது குளிர்விக்கப்படுகிறது. நீர் மூலக்கூறுகள் துளை வழியாக சுற்றுப்புறசூழலுக்கு வெளியேறியபின் திரும்பவும் மண்பானைக்குள் வருவதில்லை. மண்பானையில் வெப்பமானது குளிர்ந்த நீரிலிருந்து, வெளிப்புற வளிமண்டலத்துக்கு கடத்தப்பட்டாலும், இது வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதிக்கு முரணாக இல்லை. ஏனெனில் மண்பானைக்குள் இருக்கும் (தண்ணீர் + வெளிப்புற வளிமண்டலம்) சேர்ந்த ஒரு வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பாகக் கருதினால் இதன் என்ட்ரோபி எப்போதும் அதிகரிக்கிறது.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 156 26-03-2022 17:41:37

பசுமை இல்ல விளைவு (Green house effect)

புவியில் மனிதன் உயிர் வாழ்வதற்கு, புவியைச் சூழ்ந்துள்ள வளிமண்டலத்தின் பங்கு அளப்பறியது.வளிமண்டலத்தின் மேற்பகுதியின் வெப்பநிலை $-19°C$ அதன் அடிப்பகுதியின் வெப்பநிலை $+14°C$. வளிமண்டலத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து அடிப்பரப்புக்கு வரும்போது வெப்பநிலை $33°C$ அளவுக்கு உயருகின்றது. இதற்குக் காரணம் வளிமண்டலத்திலுள்ள சில வாயுக்களாகும். இவ்வாயுக்களுக்கு பசுமை இல்ல வாயுக்கள் என்று பெயர், இவ்விளைவிற்கு பசுமை இல்ல விளைவு என்று பெயர்.

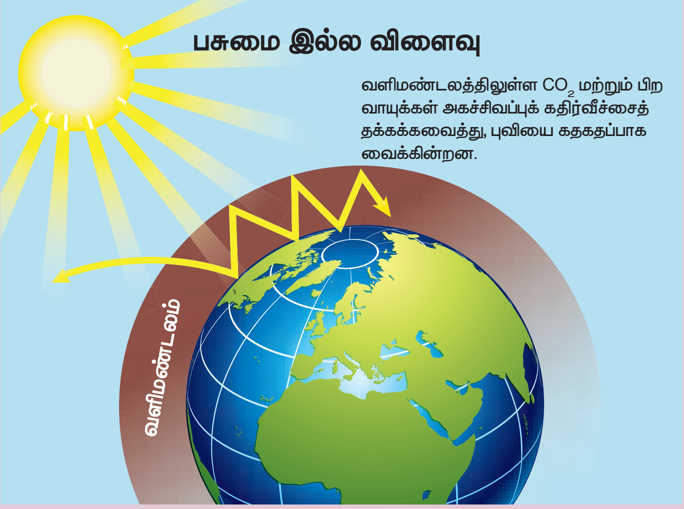
பசுமை இல்ல வாயுக்களில் முதன்மையானவை CO_2, நீர்ம மூலக்கூறு, Ne, He, NO_2, CH_4, Xe, Kr, ஓசோன் மற்றும் NH_3. போன்றவையாகும். CO_2, மற்றும் நீர்ம மூலக்கூறினைத் தவிர்த்து மற்ற மூலக்கூறுகள் சொற்ப அளவிலேயே வளிமண்டலத்தில் உள்ளன. சூரியனில் இருந்து வரும் நிறமாலையில் சூரியக்கதிர்வீச்சு கண்ணுரு பகுதியில் (visible region) இருக்கிறது. இக்கதிர்வீச்சுகளை புவி உட்கவர்ந்து மீண்டும் அகச்சிவப்பு கதிர்களாக வெளியிடுகிறது. CO_2 மற்றும். நீர்ம மூலக்கூறுகள் அகச்சிவப்புக் கதிர்களை நன்கு உட்கவரும். ஏனெனில் அவை நைட்ரஜன் மற்றும் ஆக்ஸிஜனுடன் ஒப்பிடும்போது அதிக அதிர்வுறு சுதந்திர இயக்கக்கூறுகளைப் பெற்றுள்ளன (அலகு 9 இல் படிப்பீர்கள்) அவை அகச்சிவப்புக் கதிர்களை உட்கவர்வதால் தான் வளிமண்டலம் வெது வெதுப்பாக உள்ளது. இந்நிகழ்வு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்து.

1900 இல் இருந்து மனிதனின் செயல்பாடுகளால் வளிமண்டலத்திலுள்ள CO_2 வின் அளவு 20% முதல் 40% வரை அதிகரித்துள்ளது. CO_2 உருவாவதற்கான முதன்மையான மூலம் புதைபடிம எரிபொருள்களை எரிப்பதாகும். உலகம் முழுவதும் தானியங்கி இயந்திரங்களின் பயன்பாடு அதிகரித்திருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். வளிமண்டலத்தில் இந்த CO_2 வின் அளவு அதிகரித்திருப்பதால், புவியின் சராசரி வெப்பம் $1°C$ உயர்ந்துள்ளது. இதற்கு உலகவெப்பமயமாதல்(Global warming) என்று பெயர். ஆர்ட்டிக் மற்றும் அண்டார்டிக் பகுதிகளில் உள்ள பனிப்பாறைகள் உருகுவதற்கு இந்த உலக வெப்பமயமாதலே காரணமாகும். மேலும் CO_2 வின் அளவு கடலிலும் அதிகரித்துள்ளது. இது கடல்வாழ் உயிரினங்களுக்கு மிகவும் ஆபத்தானதாகும்.

CO_2 உடன் சேர்த்து மற்றொரு மிக முக்கியமான பசுமை இல்ல வாயு குளோரோ புளோரோ கார்பனாகும் (CFC) இது குளிர்சாதனப்பெட்டிகளில் குளிர்விப்பானாக உலகம் முழுவதும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மனிதன் உருவாக்கும் பசுமை இல்ல வாயுக்கள் 55 சதவீதம் CO_2, 24 சதவீதம் CFC வாயுக்கள், 6 சதவீதம் நைட்ரஜன் ஆக்ஸைடு மற்றும் 15 சதவீதம் மீத்தேன் ஆகும். CFC வாயுக்கள் ஓசோன் படலத்தில் அதிக பாதிப்புகளை ஏற்படுத்துகின்றன.

CO_2, மற்றும் CFC வாயுக்களின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கான முயற்சிகளில் உலகிலுள்ள பல்வேறு நாடுகள் ஈடுபட்டுள்ளன. புதைபடிம எரிபொருள்களுக்கு மாற்றாக புதைபடிமமற்ற எரிபொருள்களை தானியங்கி எந்திரங்களில் பயன்படுத்துவதற்கான ஆராய்ச்சிகள் தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகின்றன. வளர்ச்சியடைந்த நாடுகளான USA மற்றும் ஐரோப்பிய யூனியன் நாடுகள் பெருமளவு CO_2 ஐ வெளியிடுகின்றன.

2020 க்குள் CO_2, உமிழ்வை பெருமளவு குறைப்பதற்காக உலக நாடுகளுக்கிடையே பல்வேறு ஒப்பந்தங்கள் போடப்பட்டுள்ளன. இருப்பினும் உலக வெப்பமயமாதல் ஒரு தீங்கு விளைவிக்கும் நிகழ்வு என பெரும்பாலான நாடுகள் உணரவில்லை.



UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 157 26-03-2022 17:41:37

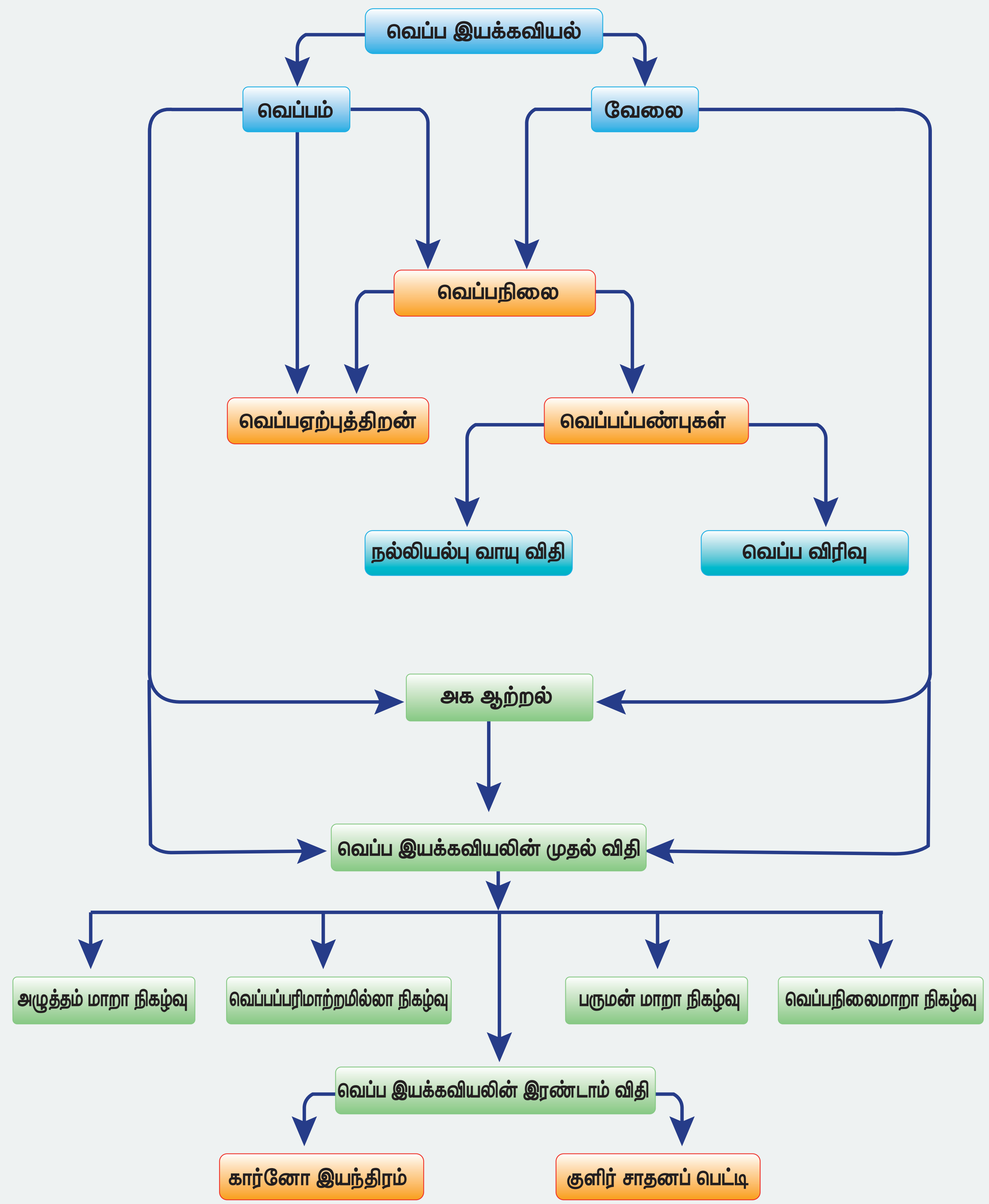
பாடச்சுருக்கம்

- சூடான பொருளிலிருந்து, குளிர்ச்சியான பொருளுக்கு பாயும் ஒருவகை பரிமாற்ற ஆற்றலே வெப்பமாகும். இருப்பினும் வெப்பம் சேமித்து வைக்கப்படும் ஓர் ஆற்றல் அளவல்ல.
- ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு ஆற்றலை மாற்றக்கூடிய செயலே வேலை எனப்படும்.
- பொருளின் வெப்பஅளவை (Hotness) அளவிடுவது வெப்பநிலையாகும். வெப்பநிலையானது வெப்பம் பாயும் திசையைத் தீர்மானிக்கிறது.
- நல்லியல்பு வாயு விதி $PV = NkT$ அல்லது $PV = \mu RT$ ஆகும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலைக்கு மட்டுமே நல்லியல்பு வாயு விதி பொருந்தும். வெப்ப இயக்கச் சமநிலையற்ற நிகழ்வுகளுக்கு இவ்விதி பொருந்தாது.
- பொருளொன்றின் வெப்பநிலையை $1°C$ அல்லது $1K$ உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே வெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படும். இது S குறிப்பிடப்படுகிறது.
- 1 மோல் அளவுள்ள பொருளின் வெப்பநிலையை $1°C$ அல்லது $1K$ உயர்த்துவதற்குத் தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவே மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் ஆகும். இது C எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது.
- வெப்பநிலை மாறுபாட்டினால் பொருளின் வடிவம், பரப்பு மற்றும் பருமன் போன்றவற்றால் ஏற்படும் மாற்றம் வெப்ப விரிவு எனப்படும்
- தண்ணீர் முரண்பட்ட விரிவுப்பண்பைப் பெற்றுள்ளது.
- பொருளின் நிலைமாற்றத்திற்குத் தேவைப்படும் ஆற்றலின் அளவு அப்பொருளின் மறைவெப்ப ஏற்புத்திறன் எனப்படும்.
- வெப்ப இயக்க அமைப்பு ஒன்றினை வெப்பப்படுத்தும் போது, அவ்வமைப்பு ஏற்றுக்கொண்ட அல்லது அவ்வமைப்பிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவை அளவிடும் முறைக்கு, வெப்ப அளவீட்டியல் என்று பெயர் .
- வெப்பமாற்றமானது வெப்பக்கடத்தல், வெப்பச்சலனம் மற்றும் வெப்பக்கதிர்வீச்சு ஆகிய மூன்று முறைகளில் நடைபெறுகிறது.
- ஸ்டெ∴பான் – போல்ட்ஸ்மென் விதி: $E = \sigma T^4$ மற்றும் வியன் விதி $\lambda_{max} T = b$.
- வெப்ப இயக்கச் சமநிலைகள்: வெப்பச்சமநிலை, இயந்திரவியல் சமநிலை மற்றும் வேதிச்சமநிலை.
- வெப்ப இயக்க மாறிகள்: அழுத்தம், வெப்பநிலை, பருமன், அக ஆற்றல் மற்றும் என்ட்ரோபி.
- வெப்ப இயக்கவியலின் சுழிவிதி: இரண்டு வெவ்வேறு பொருள்கள் தனித்தனியே மூன்றாவது பொருளுடன் வெப்பச் சமநிலையில் இருந்தால், அவ்விரண்டு பொருள்களும் தனக்குள்ளேயே வெப்பச்சமநிலையில் உள்ளது எனக் கருதலாம். அவ்விரண்டு அமைப்புகளின் வெப்பநிலை சமமாகும்.
- வெப்ப இயக்க அமைப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல் மற்றும் நிலையாற்றல் இவற்றின் கூடுதலே அக ஆற்றலாகும்.
- ஜூல் இயந்திர ஆற்றலை, வெப்ப இயக்க அமைப்பின் அக ஆற்றலாக மாற்றிக்காட்டினார்.

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 158 26-03-2022 17:41:37

- ஆற்றல் மாறாக் கூற்றின் ஒரு வடிவமே வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியாகும். இவ்விதி வெப்ப இயக்க அமைப்பின் வெப்பத்தை உள்ளடக்கியுள்ளது.
- மீமெது நிகழ்வு என்பது வரையறுக்க இயலாத அளவு மெதுவாக நடைபெறும் ஓர் நிகழ்வாகும். இந்நிகழ்வில் அமைப்பு எப்போதும் சூழலுடன் சமநிலையில் இருக்கும்.
- அமைப்பின் பருமன் மாறும்போது அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை $W = \int P\,dV$
- PV வரைபடத்தில் வளை கோட்டிற்குக் கீழே உள்ள பரப்பு, அமைப்பினால் செய்யப்பட்ட வேலை அல்லது அமைப்பின் மீது செய்யப்பட்ட வேலைக்குச் சமமாகும்.
- பருமன் மாறாத் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் எப்போதும் அழுத்தம் மாறாத் தன் வெப்ப ஏற்புத்திறனை விடக் குறைவாக இருக்கும்.
- வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு: $T =$ மாறிலி
- அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு: $P=$ மாறிலி
- பருமன் மாறா நிகழ்வு : $V =$ மாறிலி
- வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு: $Q = 0$.
- அழுத்தம் மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை பெருமம் மற்றும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலை சிறுமமாகும்.
- சுழற்சி நிகழ்வு ஒன்றின் அக ஆற்றல் மாறுபாடு சுழியாகும்.
- சுழற்சி நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை, PV வரைபடத்தினுள் மூடப்பட்ட வளை கோட்டின் பரப்புக்குச் சமமாகும்.
- மீள் நிகழ்வு ஓர் இலட்சிய செயல்முறையாகும். நடைமுறையில் சாத்தியமில்லை
- இயற்கை நிகழ்வுகள் அனைத்தும் மீளா நிகழ்வுகளாகும்.
- ஒரு வெப்ப இயந்திரம் வெப்ப மூலத்திலிருந்து வெப்பத்தைப்பெற்று வேலை செய்து, குறைந்த அளவு வெப்ப ஆற்றலை வெப்ப ஏற்பிக்குக் கொடுக்கிறது.
- கார்னோ இயந்திரம் ஓர் மீள் நிகழ்வு இயந்திரமாகும் இதன் பயனுறு திறன் மிக அதிகம். வேறு எந்த நடைமுறை இயந்திரங்களுக்கும் கார்னோ இயந்திரத்தைப் போன்ற பயனுறுதிறன் இல்லை.
- குளிர்பதனப்பெட்டி என்பது எதிர்த்திசையில் செயல்படும் ஒரு கார்னோ இயந்திரமாகும் நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படும் குளிர்பதனப்பெட்டியின் செயல்திறன் குணகம் (COP), இலட்சியக் குளிர்பதனபெட்டியின் செயல்திறன் குணகத்தைவிடக் குறைவாகும்.

கருத்து வரைபடம்



UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 160 26-03-2022 17:41:38

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக.

1. வெப்பமான கோடைகாலத்தில் சாதாரண நீரில் குளித்த பின்னர் நமது உடலின்
   - (a) அக ஆற்றல் குறையும்
   - (b) அக ஆற்றல் அதிகரிக்கும்
   - (c) வெப்பம் குறையும்
   - (d) அக ஆற்றல் மற்றும் வெப்பத்தில் மாற்றம் நிகழாது

2. சார்லஸ் விதியின்படி பருமன் மற்றும் வெப்பநிலைக்குமான வரைபடம்
   - (a) ஒரு நீள்வட்டம்
   - (b) ஒரு வட்டம்
   - (c) ஒரு நேர்க்கோடு
   - (d) ஒரு பரவளையம்

3. சைக்கில் டயர் திடீரென்று வெடித்து அதில் உள்ள காற்று விரிவடைகிறது. இதற்கு ________ நிகழ்வு என்று பெயர்.
   - (a) வெப்பநிலை மாறா
   - (b) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா
   - (c) அழுத்தம்மாறா
   - (d) பருமன் மாறா

4. ஒரு நல்லியல்பு வாயு ஒன்று (P_1, V_1, T_1, N) என்ற சமநிலை நிலையிலிருந்து $(2P_1, 3V_1, T_2, N)$ என்ற மற்றொரு சமநிலை நிலைக்குச் சென்றால்
   - (a) $T_1 = T_2$
   - (b) $T_1 = \frac{T_2}{6}$
   - (c) $T_1 = 6T_2$
   - (d) $T_1 = 3T_2$

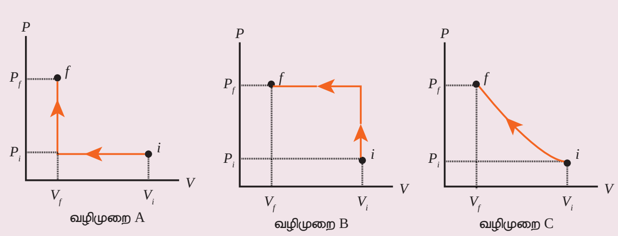
5. சீரான அடர்த்தி உள்ள தண்டு ஒன்றினை வெப்பப்படுத்தும்போது அத்தண்டின் பின்வரும் எப்பண்பு அதிகரிக்கும்.
   - (a) நிறை
   - (b) எடை
   - (c) நிறை மையம்
   - (d) நிலைமத்திருப்புத்திறன்

6. மூடப்பட்ட பாத்திரத்தினுள் உணவு சமைக்கப்படுகிறது. சிறிது நேரத்திற்குப்பின் நீராவி பாத்திரத்தின் மூடியை சற்றே மேலே தள்ளுகிறது. நீராவியை வெப்ப இயக்க அமைப்பு என்று கருதினால் இந்நிகழ்விற்கு பொருத்தமான கூற்று எது?
   - (a) $Q > 0, W > 0,$
   - (b) $Q < 0, W > 0,$
   - (c) $Q > 0, W < 0,$
   - (d) $Q < 0, W < 0,$

7. நாம் அதிகாலை உடற்பயிற்சி செய்யும் நிகழ்வில், நமது உடலை ஒரு வெப்ப இயக்க அமைப்பு என்று கருதினால், கீழ்கண்டவற்றுள் பொருத்தமானக் கூற்று எது?
   - a) $\Delta U > 0, W > 0,$
   - b) $\Delta U < 0, W > 0,$
   - c) $\Delta U < 0, W < 0,$
   - d) $\Delta U = 0, W > 0,$

8. மேசை மீது வைக்கப்பட்ட சூடான தேநீர் சிறிது நேரத்தில் சூழலுடன் வெப்பச் சமநிலையை அடைகிறது. அறையில் உள்ள காற்று மூலக்கூறுகளை வெப்ப இயக்க அமைப்பு என்று கருதினால் கீழ்கண்டவற்றுள் எக்கூற்று பொருத்தமானது?
   - a) $\Delta U > 0, Q = 0$
   - b) $\Delta U > 0, W < 0$
   - c) $\Delta U > 0, Q > 0$
   - d) $\Delta U = 0, Q > 0$

9. நல்லியல்பு வாயு ஒன்று (P_i, V_i) என்ற தொடக்க நிலையிலிருந்து (P_f, V_f) என்ற இறுதிநிலைக்கு பின்வரும் மூன்று வழிமுறைகளில் கொண்டு செல்லப்படுகிறது, எவ்வழிமுறையில் வாயுவின் மீது பெரும வேலை செய்யப்பட்டிருக்கும்?



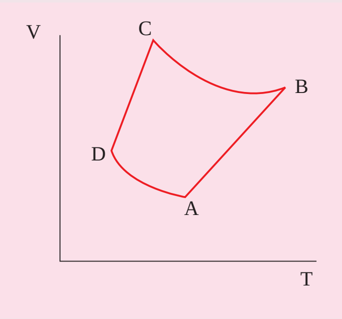
(a) வழிமுறை A

(b) வழிமுறை B

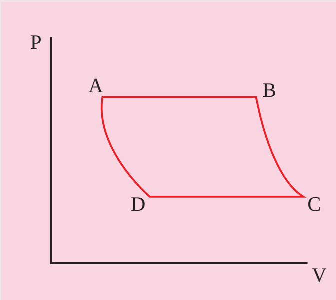
(c) வழிமுறை C

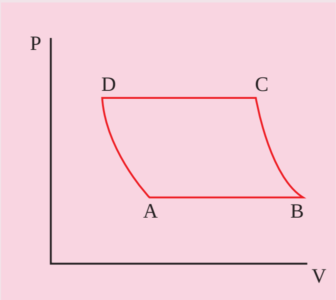
(d) அனைத்து வழிமுறைகளிலும் சமமான வேலை செய்யப்பட்டுள்ளது.

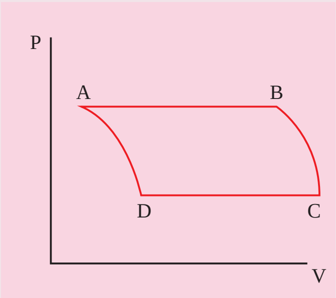
10. $A \to B \to C \to D$ என்ற மீள் சுற்று நிகழ்வில் (Cyclic process) உள்ள நல்லியல்பு வாயுவின் V–T வரைபடம் காட்டப்பட்டுள்ளது. (இங்கு $D \to A$ மற்றும் $B \to C$ இவ்விரண்டும் வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வுகள்)

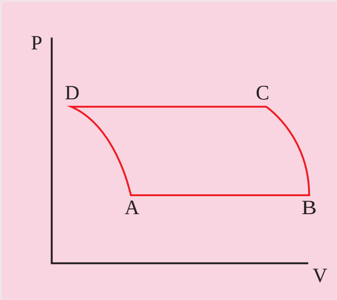


இச்செயல் முறைக்கு பொருத்தமான PVவரைபடம் எது?

a) 

b) 

c) 

d) 

11. வெகுதொலைவிலுள்ள விண்மீனொன்று 350 nm அலைநீளத்தில் பெருமச் செறிவுகொண்ட கதிர்வீச்சை உமிழ்கிறது எனில், அவ்விண்மீனின் வெப்பநிலை

(a) 8280 K b) 5000K

(c) 7260 K (d) 9044 K

12. கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது நிலைமாறிகளைக் கொண்ட தொகுப்பு?

a) Q, T, W b) P, T, U

c) Q, W d) P, T, Q

13. பருமன் மாறா நிகழ்விற்கு பின்வருவனவற்றுள் எது பொருத்தமானது?

a) W = 0 b) Q = 0

c) U = 0 d) T = 0

14. நீரின் உறை நிலைக்கும் அதன் கொதி நிலைக்கும் இடையே இயங்கும் வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுத்திறன்

(NEET 2018)

a) 6.25% b)20%

c) 26.8% d)12.5%

15. ஒரு இலட்சிய குளிர்பதனப் பெட்டியின் உறைவிக்கும் பாகத்தின் (freezer) வெப்பநிலை −12°C. அதன் செயல்திறன் குணகம் COP யானது 5 எனில் குளிர்பதனப் பெட்டியைச் சூழ்ந்துள்ள காற்றின் வெப்பநிலை என்ன?

a) 50°C (b)45.2°C

c) 40.2°C (d)37.5°C

விடைகள்:

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

II. சிறு வினாக்கள்

1. "ஒரு பொருள் மிகவும் வெப்பமாக இருக்கிறது". இது சரியான வாக்கியமா?
2. பாயிலின் விதி மற்றும் சார்லஸ் விதியிலிருந்து நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டைப் பெறுக
3. ஒரு மோல் வரையறு
4. தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்றால் என்ன? அதன் அலகை எழுதுக.
5. மோலார் (மூலக்கூறு) தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் என்றால் என்ன?
6. வெப்ப விரிவு என்றால் என்ன?
7. நீள் பரப்பு மற்றும் பரும வெப்பவிரிவுக்குணகங்களுக்கான சமன்பாடுகளை எழுதுக.
8. உள்ளுறை வெப்பம் வரையறு. அதன் அலகைத் தருக.
9. ஸ்டெஃபான் – போல்ட்ஸ்மென் விதியைக் கூறுக
10. வியன் விதியைக் கூறுக
11. வெப்பக் கடத்துத்திறன் வரையறு. அதன் அலகைத் தருக
12. கரும்பொருள் என்றால் என்ன?
13. வெப்ப இயக்க அமைப்பு என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டுத்தருக
14. வெப்ப இயக்க அமைப்பின் வகைகள் யாவை?
15. வெப்பச் சமநிலை என்றால் என்ன?
16. நிலை மாறிகள் என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டுகள் தருக.
17. அளவுச்சார்பற்ற மாறிகள் மற்றும் அளவுச்சார்புள்ள மாறிகள் என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டு தருக
18. நிலைச் சமன்பாடு என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டுத் தருக
19. வெப்ப இயக்கவியலின் சுழி விதியைக் கூறுக.
20. அமைப்பு ஒன்றின் அக ஆற்றலை வரையறு.
21. அக ஆற்றலும், வெப்ப ஆற்றலும் ஒன்றா? விளக்குக.
22. ஒரு கலோரி வரையறு.
23. ஜுல் இயந்திர ஆற்றலை, வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றினாரா? விளக்குக
24. வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைக் கூறுக.
25. ஒரு பொருளைத் தொடுவதன் மூலம் அப்பொருளின் வெப்பநிலையை அளவிட முடியுமா?
26. Q மற்றும் W இவற்றிற்கான குறியீட்டு மரபைக் கூறுக.
27. மீமெது நிகழ்வு விளக்குக.
28. வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாட்டை வருவி.
29. P V வரைபடம் என்றால் என்ன?
30. அழுத்தம் மாறாத்தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன், பருமன் மாறாத்தன்வெப்ப ஏற்புத்திறனைவிட ஏன் அதிகமாக உள்ளது? விளக்குக
31. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாட்டைத் தருக
32. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாட்டை விளக்குக.
33. மோலார் தன்வெப்ப ஏற்புத்திறன் அடிப்படையில் அக ஆற்றல் மாறுபாட்டை எழுதுக.
34. a) வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு
    b) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு
    c) அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு
    இவற்றுக்கு வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைப் பயன்படுத்தி அதற்கான சமன்பாடுகளைத் தருக.
35. வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்விற்கான நிலைச்சமன்பாட்டைத் தருக.
36. பருமன் மாறா நிகழ்விற்கான நிலைச் சமன்பாட்டைத் தருக.
37. கொள்கலன் ஒன்றின் பிஸ்டனை வேகமாக உள்ளே அழுத்தும்போதே நல்லியல்பு வாயுவிதியைப் பயன்படுத்த முடியுமா? இல்லையென்றால் காரணம் கூறுக.
38. பின்வரும் நிகழ்வுகளுக்கான PV வரைபடங்களை வரைக.
    a) வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வு
    b) வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வு
    c) அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு
    d) பருமன் மாறா நிகழ்வு

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 163 26-03-2022 17:41:39

39. சுழற்சி நிகழ்வு என்றால் என்ன?

40. மீள் நிகழ்வு மற்றும் மீளா நிகழ்வு என்றால் என்ன?

41. வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாம் விதியின் கிளாசியஸ் கூற்றைக் கூறுக.

42. வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாம் விதியின் கெல்வின் – பிளாங்க் வடிவைக்கூறுக.

43. வெப்ப இயந்திரம் வரையறு.

44. கார்னோ இயந்திரத்தின் நிகழ்வுகள் யாவை?

45. சுழற்சி நிகழ்வு ஒன்றில் கொடுக்கப்பட்ட வெப்ப ஆற்றல் முழுவதையும் வெப்ப இயந்திரம் வேலையாக மாற்றுமா? முயலாதென்றால் எந்த நிபந்தனையில் வெப்பம் முழுமையாக வேலையாக மாறும்?

46. என்ட்ரோபியின் அடிப்படையில் வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாம் விதியைக் கூறுக.

47. வெப்பம் ஏன் சூடான பொருளிலிருந்து, குளிர்ச்சியான பொருளுக்கு பாய்கிறது?

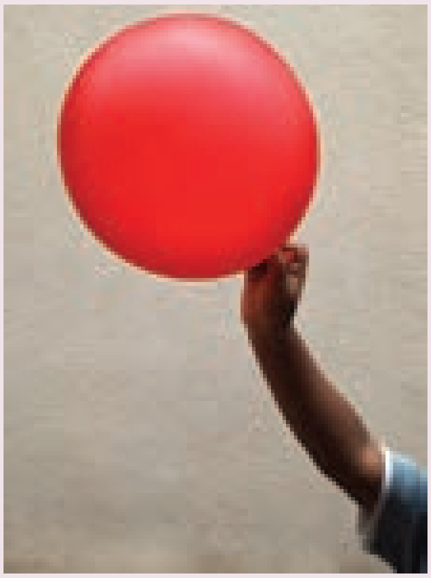
48. செயல்திறன் குணகத்தை வரையறு.

III. நெடுவினாக்கள்

1. வெப்பம் மற்றும் வேலையின் உட்பொருளை தகுந்த எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.
2. நல்லியல்பு வாயு விதியை விவரி
3. வெப்ப விரிவைப்பற்றி விவாதித்து எழுதவும்
4. தண்ணீரின் முரண்பட்ட விரிவைப்பற்றி விவரி. நீர்வாழ் உயிரினங்களுக்கு அதனால் ஏற்படும் நன்மை என்ன?
5. வெப்ப அளவீட்டியலை விளக்கி அதன் அடிப்படையில் ஒன்றுடன் ஒன்று கலந்துள்ள இரண்டு வெப்ப இயக்க அமைப்புகளின் இறுதி வெப்ப நிலைக்கானச் சமன்பாட்டை வருவி.
6. வெப்பம் பரவும் வெவ்வேறு வழிமுறைகளை விரிவாக விளக்குக.
7. நியூட்டன் குளிர்வு விதியை விரிவாக விளக்குக.
8. வியன் விதியை விளக்கி, நமது கண்களால் ஏன் கண்ணுறு ஒளியை மட்டும் பார்க்க முடிகிறது என்பதற்கான விளக்கத்தைத் தருக
9. கீழ்க்கண்டவற்றை விவாதிக்க
   a. வெப்பச்சமநிலை
   b. இயந்திரவியல் சமநிலை
   c. வேதிச்சமநிலை
   d. வெப்ப இயக்கச்சமநிலை
10. வெப்பத்தின் இயந்திரச் சமானத்தை விவாதிக்கும் ஜூலின் ஆய்வை விவரி.
11. வெப்ப இயக்க அமைப்பின் பருமன் மாறும் போது செய்யப்பட்ட வேலைக்கானச் சமன்பாட்டைப் பெறுக.
12. நல்லியல்பு வாயு ஒன்றிற்கான மேயர் தொடர்பைப் பெறுக.
13. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வை விரிவாக விளக்குக.
14. வெப்பநிலை மாறா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
15. வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வைப்பற்றி விரிவாக விவாதிக்கவும்.
16. வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
17. அழுத்தம் மாறா நிகழ்வினை விவரித்து, அந்நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட வேலைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறுக.
18. பருமன் மாறா நிகழ்வினை விவரி.
19. வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியின் வரம்புகள் யாவை?
20. வெப்ப இயந்திரத்தை விளக்கி அதன் பயனுறுதிறனுக்கானக் கோவையைப் பெறுக.
21. கார்னோ வெப்ப இயந்திரத்தைப்பற்றி விரிவாக விளக்குக.
22. கார்னோ வெப்ப இயந்திரத்தின் பயனுறுத்திறனுக்கான கோவையைப் பெறுக.
23. வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியை என்ட்ரோபியின் அடிப்படையில் விரிவாக விளக்குக.
24. குளிர்பதனப்பெட்டி ஒன்றின் செயல்பாட்டை உரிய விளக்கங்களுடன் விரிவாக விவாதிக்கவும்.

IV. பயிற்சி கணக்குகள்

1. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள பலூனில் எத்தனை மோல்கள் காற்று நிரப்பப்பட்டுள்ளது என்பதை அறை வெப்ப நிலையில் கணக்கிடுக.



பலூனின் ஆரம் 10 cm மற்றும் பலூனில் உள்ளே அழுத்தம் 180kPa என்க.

விடை: $\mu \cong 0.3$ mol

2. செவ்வாய்க்கோளின் சராசரி வெப்பநிலை கிட்டத்தட்ட –53°C மற்றும் அதன வளிமண்டல அழுத்தம் 0.9kPa எனில் செவ்வாய்க்கோளின் ஓரலகு பருமனில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை மோல்களில் கணக்கிடுக. புவியில் ஓரலகு பருமனில் உள்ள மோல்களின் எண்ணிக்கையுடன் ஒப்பிடுக.

விடை: $\mu_{\text{செவ்வாய்}} = 0.49\ mol$

$\mu_{\text{புவி}} \cong 40\ mol$

3. வெப்பம் கடத்தா கொள்கலனில் உள்ள இரண்டு அறைகள் வெப்பம் கடத்தா தடுப்பு ஒன்றினால் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு அறையில் உள்ள வாயுவின் வெப்பநிலை T_1, அழுத்தம் P_1 மற்றும் பருமன் V_1. மற்றொரு அறையில் உள்ள வாயுவின் வெப்பநிலை T_2, அழுத்தம் P_2 மற்றும் பருமன் V_2. வாயுவின் மீது எவ்வித வேலையும் செய்யாமல் தடுப்புச் சுவர் மட்டும் நீக்கப்பட்டால் கொள்கலனின் உள்ள வாயுவின் இறுதி சமநிலை வெப்பநிலை என்ன?

விடை: $T = \dfrac{T_1T_2(P_1V_1 + P_2V_2)}{P_1V_1T_2 + P_2V_2T_1}$

4. நீள் விரிவுக்குணகம் α_L கொண்ட L நீளமுடைய சீரான தண்டின் வெப்பநிலையில் ஏற்படும் மாறுபாடு ΔTஎன்க. தண்டின் அச்சுக்கு செங்குத்தாக, அதன் நிறைமையம் வழியே செல்லும் அச்சைப் பொருத்து அத்தண்டின் புதிய நிலைமத்திருப்புத்திறனைக் காண்க.

விடை: $I' = I\,(1 + \alpha_L\,\Delta T)^2$

5. a) பருமன் மாறா நிகழ்வு b) வெப்பநிலைமாறா நிகழ்வு c) அழுத்தம் மாறா நிகழ்வு இவைகளுக்கான TP வரைபடம் (P-x அச்சு, T-y அச்சு) மற்றும் VT வரைபடம் (T-x அச்சு, a அச்சு) அச்சில் வரைக

6. அதிகாலையில் சைக்களில் செல்லும் ஒருவர் 25°C வெப்பநிலையில் சைக்கிளின் காற்றழுத்தத்தை 500 kPa என அளவிடுகிறார். பிற்பகலில் அவர் சைக்கிளின் காற்றழுத்தத்தை அளவிடும்போது அது 520 kPa ஆக உள்ளதெனில் பிற்பகலில் சைக்கிள் டயரின் வெப்பநிலை என்ன? (இங்கு டயரின் வெப்ப விரிவைப் புறக்கணிக்கவும்)

விடை: $T = 36.9°C$

7. மனித உடலின் சாதாரண வெப்பநிலை 98.6°F. அதிக காய்ச்சலின்போது உடலின் வெப்பநிலை 104°F ஆக உயர்ந்தால் உடலிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பக்கதிர்வீச்சின் அலைநீளத்தின் பெருமமதிப்பைக் கணக்கிடுக. (இங்கு மனித உடலை ஒரு கரும்பொருள் எனக் கருதுக)

விடை:(a) $\lambda_{max} \approx$ 9348 nm at 98.6°F

(b) $\lambda_{max} \approx$ 9258 nm at 104°F

8. வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா நிகழ்வில் காற்றின் பருமன் 4% அதிகரித்துள்ளது எனில் அழுத்த மாற்றத்தின் சதவிகிதம் என்ன? (காற்றுக்கு $\gamma = 1.4$)

விடை: 5.6%

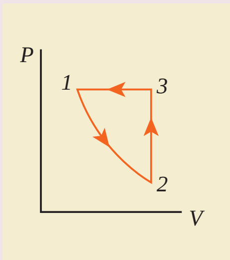
9. பெட்ரோல் இயந்திரமொன்றில் (உள்எரி இயந்திரம்) வளிமண்டல அழுத்தத்தில் 20°C வெப்பநிலையிலுள்ள காற்று பிஸ்டன் ஒன்றின் மூலம் இறுதி பருமன் அதன் தொடக்க பருமனில் 1/8 பங்கு உள்ளவாறு வெப்பப்பரிமாற்றமில்லா

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 165 26-03-2022 17:41:46

முறையில் அமுக்கப்படுகிறது. அமுக்கப்பட்ட காற்றின் வெப்பநிலையைக் கணக்கிடு. (காற்றுக்கு γ = 1.4)

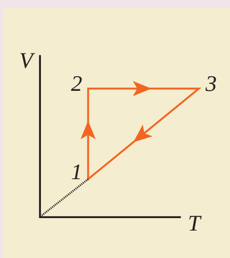
விடை: $T \cong 400°C$

10. வெப்பநிலை மாறா, பருமன் மாறா மற்றும் அழுத்தம் மாறா சுழற்சி நிகழ்வுகளைக் காட்டும் P – V வரைபடம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.



இதே சுழற்சி நிகழ்வினைக்காட்டும் V–T வரைபடம் (T – x அச்சிலும், V – y அச்சிலும்) வரைந்து, ஒவ்வொரு நிகழ்விலும் வெப்பம் பரிமாற்றப்படும் முறையினை ஆய்வு செய்க.

விடை:



நிகழ்வு 1 – 2 = பருமன் அதிகரிக்கிறது. எனவே அமைப்பிற்கு வெப்பம் அளிக்கப்படுகிறது.

நிகழ்வு 2 – 3 = பருமன் மாறாமல், வெப்பநிலை உயர்கிறது. இதிலிருந்து அளிக்கப்பட்ட வெப்பம் அமைப்பின் அக ஆற்றலை உயர்த்த பயன்படுகிறது என அறியலாம்.

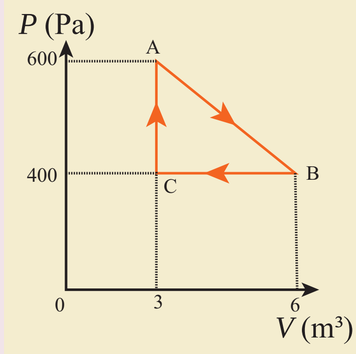
நிகழ்வு 3 – 1 = அழுத்தம் மாறாமல், பருமனும் வெப்பநிலையும் குறைகின்றன. அமைப்பிலிருந்து வெப்பம் வெளியேறுகிறது. இது ஒரு அழுத்தம் மாறா அமுக்கமாகும் மேலும் அமைப்பின்மீது வேலை செய்யப்படுகிறது.

11. நல்லியல்பு வாயு ஒன்றின் சுழற்சி நிகழ்வினைக் காட்டும் பின்வரும் படத்திலிருந்து, கீழ்க்கண்டவற்றைக் காண்க.

a. வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை

b. வாயுவின் மீது செய்யப்பட்ட வேலை

c. இந்நிகழ்வில் செய்யப்பட்ட தொகுபயன் வேலை

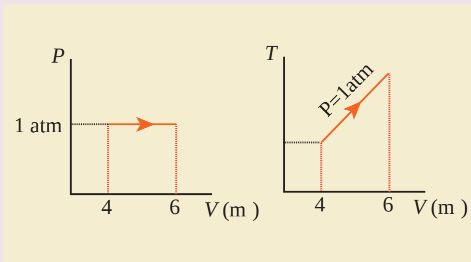


விடை: (a) $W = +1.5kJ$
(b) $W = -1.2kJ$
(c) $W = +300J$.

12. வளிமண்டல அழுத்தத்திலுள்ள நல்லியல்பு வாயுவிற்கு வெப்பம் அளிக்கப்படுகிறது. இதனால் வாயுவின் பருமன் 4 m^3 இல் இருந்து 6 m^3 க்கு அதிகரிக்கிறது எனில் பின்வருவனவற்றைக் கணக்கிடுக. (a) வாயுவால் செய்யப்பட்ட வேலை (b) வாயுவின் அக ஆற்றலில் ஏற்படும் மாற்றம் (c) P – V வரைபடம் மற்றும் V – T வரைபடங்களில் இந்நிகழ்வுகளை வரைந்து காட்டுக.

விடை: (a) $W = +202.6\ kJ$
(b) $dU = 397.4\ kJ$

(c)



13. 100°C மற்றும் 300°C வெப்பநிலை வேறுபாட்டில் செயல்படும் மீள் நிகழ்வில் வெப்ப இயந்திரம் ஒன்றின் பயனுறுதிறனை அதிகரிக்க விரும்பும் ஒருவர் பின்வரும் இரண்டு வழிமுறைகளில் எவ்வழிமுறையை மேற்கொள்வது மிகுந்த பயனளிக்கும்.

a) வெப்ப மூலத்தின் வெப்பநிலையை மாறாமல் வைத்துக்கொண்டு மூலத்தின் வெப்ப ஏற்பியின் நிலையை 100°C யிலிருந்து மற்றும் 50°C க்கு குறைத்தல்

UNIT-8(XI-Physics_Vol-2)_Tamil.indd 166 26-03-2022 17:41:46

b) வெப்ப ஏற்பியின் மூலத்தின் வெப்பநிலையை மாற்றாமல் வைத்துக்கொண்டு, வெப்பமூலத்தின் வெப்பநிலையை 300°C இலிருந்து 350°Cக்கு உயர்த்துதல்.

விடை: தொடக்க பயனுறுதிறன் = 34.9%
செயல்முறை (a) யில் பயனுறுதிறன் =43.6 %
செயல்முறை (b) யில் பயனுறுதிறன் =40.1 %
செயல்முறை (a) மிகவும் அதிக பயனுறுதிறன் உள்ளது.

14. வெப்ப மூலத்தின் வெப்ப நிலை 327°C உள்ள கார்னோ இயந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் 45% இதே கார்னோ இயந்திரத்தில் பயனறுதிறனை 60% ஆக உயர்த்த வேண்டுமென்றால், வெப்ப மூலத்தின் வெப்பநிலை எவ்வளவு இருக்க வேண்டும்?

(குறிப்பு: இங்கு இரண்டு நேர்வுகளிலும் வெப்ப ஏற்பியின் வெப்பநிலை சமம்)

விடை: 552°C

15. இலட்சிய குளிர்பதனப்பெட்டி ஒன்று அதில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள்களின் வெப்பநிலையை 0°C ல் வைத்திருக்கின்றது. குளிர்பதனப்பெட்டி வைக்கப்பட்டுள்ள அறையின் வெப்பநிலை 27°C எனில் அக்குளிர்பதனப்பெட்டியின் செயல்திறன் குணகத்தைக் (COP) காண்க.

விடை: β=10.11

மேற்கோள் நூல்கள் (BOOKS FOR REFERENCE)

1. Serway and Jewett, Physics for scientist and Engineers with modern physics, Brook/Coole publishers, Eighth edition
2. Paul Tipler and Gene Mosca, Physics for scientist and engineers with modern physics, Sixth edition, W.H.Freeman and Company
3. James Walker, Physics, Addison-Wesley publishers, 4th Edition
4. Douglas C Giancoli, Physics for scientist & Engineers with modern physics, Pearson Prentice Hall, 4th edition.
5. H.C.Verma, Concepts of physics volume 1 and Volume 2, Bharati Bhawan Publishers
6. Tarasov and Tarasova, Question and problems in school physics, Mir Publishers