படலம் 11

பருப்பொருளின் வெப்பப்பண்புகள்

11.1 அறிமுகம்
11.2 வெப்பநிலையும் வெப்பமும்
11.3 வெப்பநிலையை அளவிடல்
11.4 நல்லியல்புவளிமங்களின் சமன்பாடும் ஒப்பிலாவெப்பநிலையும்
11.5 வெப்பவிரிவாக்கம்
11.6 வெப்பக்கொண்மை
11.7 வெப்பளவீடு
11.8 நிலைமாற்றம்
11.9 வெப்பமாற்றல்
11.10 நியூட்டனின் குளிர்வுவிதி
சுருக்கவுரை
பயிற்சிகள்
மேலும் பயிற்சிகள்

11.1 அறிமுகம்

நம் அனைவருக்கும் வெப்பத்தைப்பற்றியும் வெப்பநிலையைப்பற்றியும் பொதுவான எண்ணங்கள் உள்ளன. வெப்பநிலை என்பது ஒரு பொருள் எவ்வளவு சூடாக இருக்கிறது என்பதை குறிக்கிறது. கொதிநீருள்ள ஒரு குடுவை பனிக்கட்டியுள்ள ஒரு பெட்டியைவிட சூடானது. இயற்பியலில் வெப்பம், வெப்பநிலை போன்ற வற்றை நாம் மிகவும் கவனமாக வரையறுக்க வேண்டும். இந்த அலகில், வெப்பம் என்றால் என்ன, அதை எவ்வாறு அளவிடுவது என்பதை கற்பீர்கள்; மேலும் ஒரு பொருளிலிருந்து மற்றொரு பொருளுக்கு வெப்பம் பாயும் பல்வேறு நிகழ்முறைகளை படிப்பீர்கள். வண்டிச்சக்கரத் தில் பொருத்தும்முன்பு கொல்லர்கள் ஏன் இரும்புவளையத்தை சூடாக்குகிறார்கள் என்பதையும், பல நேரங்களில் கதிரவன் மறைந்தவுடன் கடற்கரையில் காற்று ஏன் திசைதிரும்புகிறது என்பதையும் நீங்கள் அறிவீர்கள். தண்ணீர் கொதிக்கும்போதோ உறையும்போதோ என்ன நிகழ்கிறது என்பதையும் அறிந்துகொள்வீர்கள். மேலும் இந்த நிகழ்முறைகளின்போது கணிசமான வெப்பம் உள்ளோ வெளியோ பாய்ந்தாலும், வெப்பநிலை ஏன் மாறவில்லை என்பதையும் அறிவீர்கள்.

11.2 வெப்பநிலையும் வெப்பமும்

பருப்பொருளின் வெப்பப்பண்புகளின் படிப்பை வெப்பநிலை, வெப்பம் ஆகியவற்றின் வரையறையில் தொடங்குவோம். வெப்பநிலை என்பது ஒரு ஒப்பீட்டு அளவீடு; அது பொருள் சூடாகவோ குளிர்ச்சியாகவோ இருப்பதன் அறிகுறி. சூடான சமையற்கலன் அதிக வெப்பநிலையிலும் பனிக்கட்டி குறைந்த

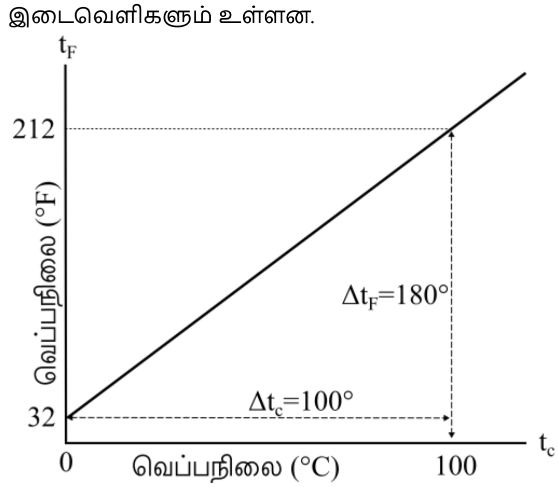
வெப்பநிலையிலும் இருக்கின்றன. ஒரு பொருளைவிட அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள மற்றொரு பொருளை அதிக சூடனாது என்கிறோம். சூடானதும் குளிரானதும் என்பது உயரமானதும் குட்டையானதும் போன்று ஒப்பளவச்சொற்கள் என்பதை நினைவில் கொள்க. நாம் தொடுவதன்மூலம் வெப்ப நிலையை உணரலாம். இருப்பினும், இந்த வெப்பநிலை உணர்வு அதிக நம்புமையற்றது; அதன் வீச்சும் துல்லியமும் அறிவிய நோக்கங்களுக்கு போதாதவை.

வெப்பமான கோடைநாளில் மேசையின்மீது வைத்த குளிர்நீர்க்குவளை இறுதியில் வெப்பமடைகிறது; அதேநேரத்தில் அதே மேசையில் வைத்த சூடான தேநீர்க்கோப்பை குளிர்வடைகிறது என்பதை பட்டறிவால் நாம் காண்கிறோம். குளிர்ந்த நீர், சூடான தேநீர் போன்ற பொருளின் வெப்பநிலை யும் அதன் சூழிடவெப்பநிலையும் வேறுபடும்போது அவை ஒரே வெப்பநிலையை அடையும்வரை பொருளுக்கும் சூழிடத்துக்குமிடையில் வெப்பம் மாற்றலாகிறது. குளிர்நீர்க்குவளையின் வேற்று வத்தில் வெப்பம் சூழிடத்திலிருந்து குவளைக்கும் தேநீர்க்கோப்பையின் வேற்றுவத்தில் வெப்பம் கோப்பையிலிருந்து சூழிடத்துக்கும் மாற்ற லாவதையும் நாம் அறிகிறோம். எனவே, **வெப்பம் என்பது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட அமைப்புகளிடையோ அமைப்புக்கும் சூழிடத்துக்குமிடையோ மாற்றலாகும் ஆற்றலின் ஒரு வடிவம்** எனலாம். வெப்ப ஆற்றலின் அவ அலகை சூல் (J) என்று குறிக்கிறோம்; வெப்பநிலையின் அவ அலகு கெல்வின் (K). பாகை செல்சியசு ($^\circ C$) என்பது பொதுவாக பயன்படும் வெப்பநிலையலகு. ஒரு பொருளை சூடாக்கும்போது பல மாற்றங்கள் நிகழலாம். அதன் வெப்பநிலை உயரலாம், அது விரிவடையலாம்; அது நிலைமாற்ற மடையலாம். வெவ்வேறு பொருள்களின்மீது வெப்பத்தின் விளைவுகளை வரும் பிரிவுகளில் படிப்போம்.

11.3 வெப்பநிலையை அளவிடல்

வெப்பநிலையை அளவிட ஒரு வெப்பநிலை யளவியை பயன்படுத்துகிறோம். பொருண்மங்க ளின் பல இயற்பண்புகள் வெப்பநிலையுடன் போதுமான அளவுக்கு மாறுகின்றன. இந்த மாற்றங்கள் வெப்பநிலையளவிகளை உருவாக்க அடிப்படையாக பயன்படுகின்றன. பொதுவாக பயன்படும் பண்பு வெப்பநிலையால் நீர்மத்தின் பருமன் மாறுபடுவது. சான்றாக, வழக்கமான நீர்மமும் கண்ணாடியுமான வெப்பநிலையளவி களில் பாதரசம், ஆல்ககால் போன்றவை பயன்படுகின்றன. இவற்றின் பருமன் வெப்ப நிலையின் ஒரு பரந்த வீச்சில் வெப்பநிலைக்கு நேர்விழுக்காட்டில் மாறுகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைக்கு ஒரு எண்கணிப்ப மதிப்பை ஒப்படைக்கும் வகையில் வெப்பநிலையளவிகளை ஒரு பொருத்தமான அளவத்தில் அளதிருத்துகிறோம். எந்தவொரு செந்தரமான அளவத்துக்கும் இரண்டு நிலை யான புள்ளிகள் தேவை. எல்லாப்பொருள்களும் வெப்பத்துடன் அளவுமாறுவதால் விரிவடைத லுக்கு ஒரு ஒப்பிலா நோக்கீடு கிடைக்கவில்லை. ஆனால், தேவையான இரண்டு புள்ளிகளை எப்போதும் ஒரே வெப்பநிலையில் நிகழும் இயற்பியத்தோற்றப்பாடுகளுடன் உறவாக்க லாம். பனிப்புள்ளியும் நீராவிப்புள்ளியும் இவ்வாறான வசதியான புள்ளிகள். இவை செந்தர அழுத்தத்தில் தூய நீர் உறையும் வெப்பநிலையும் கொதிக்கும் வெப்பநிலையும். இவற்றை முறையே உறைநிலை, கொதிநிலை என்று அழைக்கிறோம். இரண்டு வழக்கமான வெப்பநிலை அளவுகள் பாரனயிட்டு, செல்சியசு ஆகிய அளவங்கள். பனிப்புள்ளியும் நீராவிப் புள்ளியும் பாரனயிட்டளவத்தில் முறையே $32^\circ F$, $212^\circ F$; செல்சியசளவத்தில் $0^\circ C$, $100^\circ C$. இரண்டு நோக்கீட்டுப்புள்ளிகளுக்கிடையில் பாரனயிட்டு அளவத்தில் 180 சமமான இடைவெளிகளும் செல்சிய சளவத்தில் 100 சமமான இடைவெளிகளும் உள்ளன.



படம் 11.1 பாரனயிட்டளவத்துக்கும் செல்சியசளவத்துக்குமுள்ள தொடர்பு

பாரனயிட்டளவத்துக்கு எதிரான செல்சிய சளவத்தை ஒரு நேர்க்கோட்டு வரைகோடாக வரைந்து (படம் 11.1) அதிலிருந்து இரண்டு அளவங்களிடையில் மதிப்புகளை மாற்ற

$$\frac{t_{பா} - 32}{180} = \frac{t_{செ}}{100} \qquad (11.1)$$

என்ற சமன்பாட்டை பெறுகிறோம்; இங்கு, $t_{பா}$ ஒரு வெப்பநிலையை பாரனயிட்டளவத்திலும் $t_{செ}$ அதே வெப்பநிலையை செல்சியசளவத்திலும் குறிக் கின்றன.

11.4 நல்லியல்புவளிமங்களின் சமன்பாடும் ஒப்பிலாவெப்பநிலையும்

நோக்கீட்டு வெப்பநிலைகளிலிருந்து மாறுபட்ட வெப்பநிலைகளுக்கு நீர்மக்கண்ணாடியாலான வெப்பநிலையளவிகள் வெவ்வேறு மதிப்புகளை காட்டுகின்றன; ஏனென்றால், வெவ்வேறு நீர்மங்களின் விரிவடைவுப்பண்புகள் மாறுபடுகின்றன. ஆனால், வளிமவெப்பநிலையளவிகள் எந்த வளிமத்தை பயன்படுத்தினாலும் ஒரே அளவீட்டை தருகின்றன. குறைவான அடர்வில் எல்லா வளிமங்களும் விரிவாக்க நடத்தையில் ஒன்றுபடுவதை பரிசோதனைகள் காட்டுகின்றன. குறிப்பிட்ட அளவான (நிறையுள்ள) வளிமத்தின் நடத்தையை அழுத்தம், பருமன், வெப்பநிலை (P,V,T) ஆகிய மாறிகள் விவரிக்கின்றன. (இங்கு $T = t + 273.15$; t என்பது °Cஇல் வெப்பநிலை). வெப்பநிலையை மாறிலியாக வைத்திருக்கும்போது, ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வளிமத்தின் அழுத்தமும் பருமனும் PV = மாறிலி என தொடர்புள்ளவை. இதை கண்டுபிடித்த இராபட்டு பாயில் (1627-1691) என்ற ஆங்கில வேதியியலரின் பெயரால் இந்த உறவை பாயிலின் விதி என்று அழைக்கிறோம். அழுத்தத்தை மாறிலியாக வைத்திருக்கும்போது, வளிமத்தின் பருமன் வெப்பநிலையுடன் V/T = மாறிலி என்ற தொடர்புள்ளது. இதை கண்டுபிடித்த சாக்கு சாருலசு (1747-1823) என்ற பிரான்சிய அறிவியலரின் பெயரால் இந்த விதியை சாருலசின் விதி என்று அழைக்கிறோம். குறைந்த அடர்வுள்ள வளிமங்கள் கீழ்ப்படியும் இந்த விதிகளை சேர்த்து ஒரே உறவாக்கலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிலான வளிமத்துக்கு PV = மாறிலி, V/T = மாறிலி என்பதால் PV/T ஒரு மாறிலியாகவேண்டும் என்பதை நோக்குக. இந்த உறவை நல்லியல்புவளிமங்களின் விதி என்று அழைக்கிறோம். இதை மேலும் பொதுவமான வடிவில் எழுதலாம். இதை ஒரு குறிப்பிட்ட வளிமத்தின் கொடுக்கப்பட்ட அளவுக்கு மட்டுமல்லாமல், எந்த அடர்குறை வளிமத்துக்கும் எந்த அளவுக்கும் பொருந்தும் வகையில்

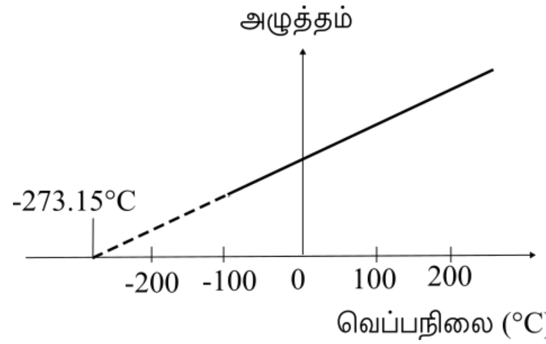
$$\frac{PV}{T} = \mu R$$

அதாவது

$$pV = \mu RT \qquad (11.2)$$

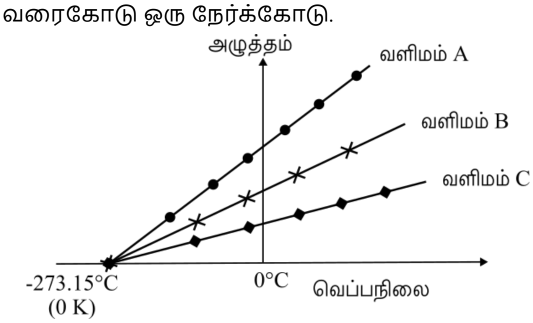
என்று எழுதலாம். இதை நல்லியல்புவளிமச் சமன்பாடு என்று ஒளழைக்கிறோம்; இங்கு, μ வளிம மாதிரிக்கூறிலுள்ள மோல்களின் எண்ணிக்கை; R அனைத்துவ வளிமமாறிலி

$$R = 8.31\, J\, mol^{-1} K^{-1}$$



படம் 11.2 மாறாப்பருமனில் வைத்த குறையடர்வுவளிமத்தின் அழுத்தமும் வெப்பநிலையும்

(11.2)ஆம் சமன்பாட்டில் அழுத்தமும் பருமனும் வெப்பநிலைக்கு நேர்விழுக்காட்டில் இருப்பதை அறிகிறோம்: $PV \propto T$. இந்த உறவு வெப்பநிலையை அளவிட ஒரு மாறாப் பருமனுள்ள வளிமவெப்பநிலையளவியில் வளிமத்தை பயன்படுத்த அனுமதிக்கிறது. வளிமத்தின் பருமன் மாறிலியாயிருக்கும்போது சமன்பாடு $P \propto T$ என்று தருகிறது. இவ்வாறு, ஒரு மாறாப்பருமனுள்ள வளிம வெப்பநிலையளவி வெப்பநிலையை அழுத்தத்தின் அடிப்படையில் தருகிறது. படம் **11.2**இல் காட்டியபடி, அழுத்தத்தை வெப்பநிலைக்கு எதிராக வரைந்த வரைகோடு ஒரு நேர்க்கோடு.



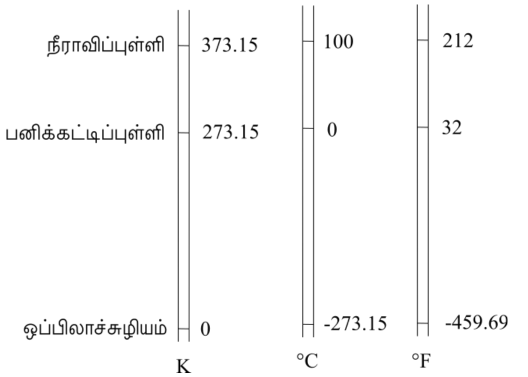
படம் 11.3 வளிமங்களின் வெப்பநிலைக்கு எதிரான அழுத்தத்தின் வரைகோடும் குறையடர்வுக்கு புறநீட்டலும் ஒரே ஒப்பிலாச்சுழிய வெப்பநிலையை காட்டுகின்றன.

இருப்பினும், குறைந்த வெப்பநிலையில் இயல்வளிமங்களில் செய்த அளவீடுகள் நல்லியல்பு வளிமவிதியால் முன்னறிந்த மதிப்புகளிலிருந்து விலகுகின்றன. ஆனால், ஒரு அகலமான வெப்பநிலை வீச்சில் உறவு நேரியமானது; வெப்பநிலை குறையும்போது வளிமம் வளிமமாகவேயிருந்தால் அழுத்தம் சுழியத்தை அடையும் என்று தோன்றுகிறது. எனவே, ஒரு நல்லியல்புவளிமத்துக்கு ஒப்பிலா மீச்சிறும வெப்பநிலையை பெற நேர்க்கோட்டை படம் 11.3இல் கண்டபடி அச்சுக்கு புறநீட்டலாம். இந்த வெப்பநிலை $-273.15°C$ என்று காண்கிறோம். இதை **ஒப்பிலாச்சுழியம்** என்று குறிக்கிறோம். ஒப்பிலாச்சுழியம் வெப்பநிலை

யின் கெல்வினளவத்தின் அடிப்படை. இதை ஒப்பிலாவளவம் என்றும் அழைக்கிறோம்; ஆங்கிலேய அறிவியலரான கெல்வின்பிரபுவின் பெயரால் இதை இவ்வாறு அழைக்கிறோம். இந்த அளவத்தில் $-273.15°C$யை சுழியப்புள்ளியாக எடுக்கிறோம். அதாவது $0\ K$ (படம் 11.4).

கெல்வினளவத்திலும் செல்சியசளவத்திலும் அலகின் அளவு சமம். எனவே, இந்த அளவுகளில் வெப்பநிலை கீழ்கண்ட தொடர்புடையது

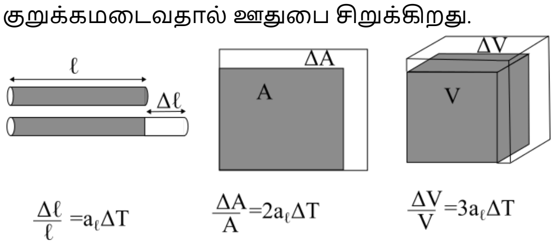
$$T = t_c + 273.15 \qquad (11.3)$$



படம் 11.4 கெல்வின், செல்சியசு, பாரனயிட்டு ஆகிய அளவங்களை ஒப்பிடல்

11.5 வெப்பத்தால் விரிவாக்கம்

சில நேரங்களில் மாழைமூடிகளுள்ள புட்டில்களை திறப்பது கடினமாகும்போது மூடியை சூடான நீரில் சற்றுநேரம் வைத்தபின் திறப்பது எளிதாவதை நீங்கள் கவனித்திருக்கலாம். இது மாழைமூடியை விரிவடையச்செய்து நெகிழச் செய்து திருகுவதை எளிதாக்குகிறது. நீர்மங்களைப்பொறுத்தவரை, ஒரு பாதரசவெப்பநிலையளவியை வெந்நீரில் வைக்கும்போது பாதரசம் மேலேறுவதை நீங்கள் கண்டிருப்பீர்கள். வெந்நீரிலிருந்து எடுத்தவுடன் பாதரசம் கீழிறங்குகிறது. இதைப்போலவே, காற்றின் வேற்றுவத்தில், ஒரு குளிர்ச்சியான அறையில் பகுதியாக காற்றடிக்கப்பட்ட ஒரு ஊதுபையை வெந்நீரில் வைக்கும்போது அது முழுமையாக விரிவடைகிறது. இதன் மறுபக்கமாக, முற்றிலும் காற்றடிக்கப்பட்ட ஒரு ஊதுபையை தண்ணீரில் (குளிர்ந்த நீரில்) வைக்கும்போது ஊதுபையிலுள்ள வளி குறுக்கமடைவதால் ஊதுபை சிறுக்கிறது.



படம் 11.5 வெப்பவிரிவாக்கம்

பெரும்பாலான பொருள்கள் சூடாக்கும்போது விரிவடைவதும், குளிரூட்டும்போது சுருங்குவதும் நமது பொதுவான பட்டறிவு. பொருளின் வெப்பநிலையில் ஏற்படும் மாற்றம் அதன் பருமானங்களில் மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது. வெப்பம் அதிகரிப்பதால் பொருளின் பருமானங்கள் அதிகரிப்பதை வெப்பவிரிவாக்கம் என்று அழைக்கிறோம். நீளத்தின் விரிவாக்கத்தை நேரியவிரிவாக்கம் என்றும் பரப்பளவில் ஏற்படும் விரிவாக்கத்தை பரப்புவிரிவாக்கம் என்றும் பருமனில் ஏற்படும் விரிவாக்கத்தை பரும விரிவாக்கம் என்றும் அழைக்கிறோம். (படம் 11.5).

அட்டவணை 11.1 சில பொருண்மங்களின் நேரியவிரிவாக்கக்குணகங்கள்

பொருண்மம்	$\alpha_l (10^{-5}\ K^{-1})$
அலுமினியம்	2.5
பித்தளை	1.8
இரும்பு	1.2
தாமிரம்	1.7
வெள்ளி	1.9
தங்கம்	1.4
பைரசக்கண்ணாடி	0.32
ஈயம்	0.29

பொருள் ஒரு நீண்ட கம்பிவடிவத்தில் இருந்தால், வெப்பநிலையின் ΔT என்ற சிறிய மாற்றத்தால் நீளத்தில் ஏற்படும் $\Delta l/l$ என்ற பின்னமாற்றம் ΔTயின் நேர்விழுக்காட்டிலுள்ளது.

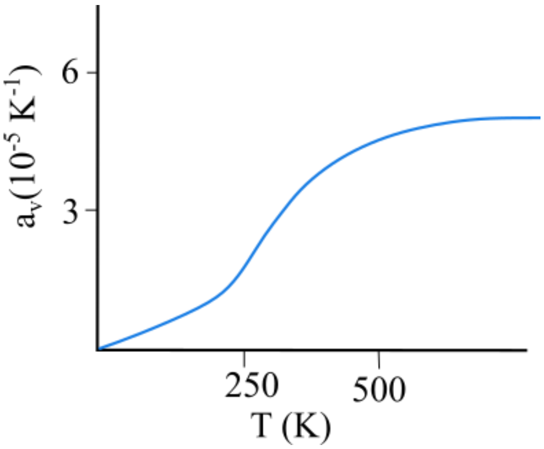
$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha_l \Delta T \qquad (11.4)$$

இங்கு α_l நேரியவிரிவாக்கத்தின் குணகம் (நேரியவிரிவுமை); இது கோலின் பொருண்மத்தின் சிறப்பியல்பு. அட்டவணை 11.1 சில பொருள்களுக்கான நேரியவிரிவாக்கக்குணகங்களுக்கு $0°C$முதல் $100°C$வரையான வெப்பநிலைவீச்சில் சராசரிமதிப்புகளை காட்டுகிறது. கண்ணாடிக்கும் செம்புக்குமான α_lமதிப்புகளை ஒப்பிடுக. அதே வெப்பநிலையுயர்வுக்கு கண்ணாடியை விட செம்பு ஐந்து மடங்கு அதிகமாக விரிவடைவதை காண்கிறோம். பொதுவாக, மாழைகள் அதிகமாக விரிவடைவதால் அவற்றின் α_lமதிப்புகள் ஒப்பீட்டளவில் அதிகம்.

இதைப்போல், ΔT என்ற வெப்பநிலை மாற்றம் ஒரு பொருளின் பருமனில் ஏற்படுத்தும் $\Delta V/V$ என்ற பின்னமாற்றத்தால் பருமவிரிவாக்கக்குணகத்தை (பருமவிரிவுமையை) வரையறுக்கிறோம்

$$\alpha_v = \left(\frac{\Delta V}{V}\right)\frac{1}{\Delta T} \qquad (11.5)$$

இங்கு α_v பொருளின் சிறப்பியல்பு. பொதுவாக இது மாறிலியன்று; வெப்பநிலையைப் பொறுத்து மாறு படுகிறது. (படம் 11.6). உயர்வெப்ப நிலைகளிலே மாறிலியாகிறது.



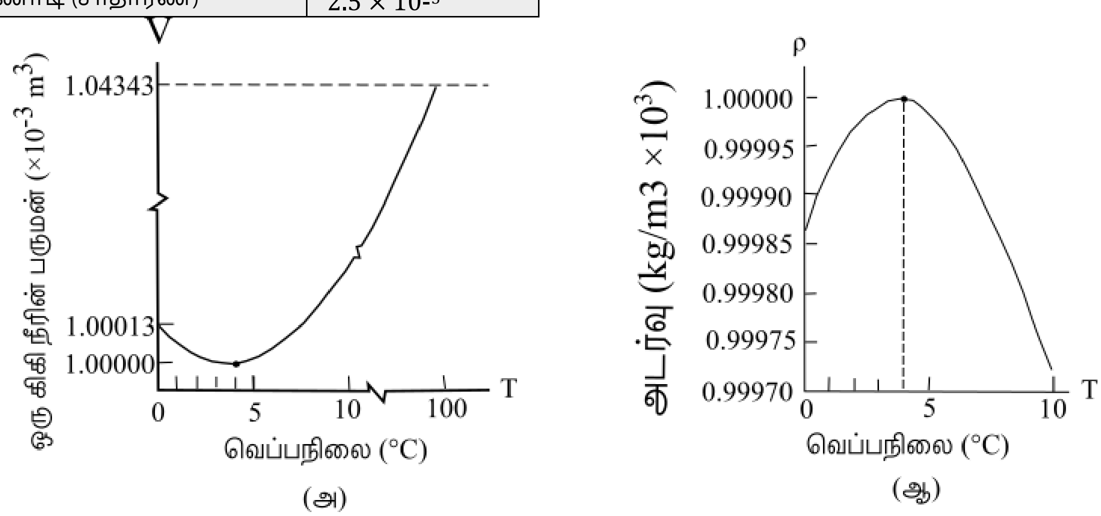
படம் 11.6 செம்பின் பருமவிரிவுமை வெப்பநிலையின் சார்பனாக

அட்டவணை 11.2 சில பொருள்களின் பருமவிரிவாக்கக்குணகங்கள்

பொருண்மம்	$\alpha_v\ (K^{-1})$
அலுமினியம்	7×10^{-5}
பித்தளை	6×10^{-5}
இரும்பு	3.55×10^{-5}
கனமெழுகு	58.8×10^{-5}
கண்ணாடி (சாதாரண)	2.5×10^{-5}
பைரசக்கண்ணாடி	1×10^{-5}
கடினத்தொய்வை	2.4×10^{-4}
இன்வார்	2×10^{-6}
பாதரசம்	18.2×10^{-5}
நீர்	20.7×10^{-5}
ஆல்கஹால் (எத்தனால்)	110×10^{-5}

அட்டவணை 11.2 சில பொருள்களுக்கான பருமவிரிவாக்கக்குணகங்களுக்கு $0°C$ முதல் $100°C$ வரையான வெப்பநிலைவீச்சில் சராசரி மதிப்புகளை காட்டுகிறது. (திண்மமும் நீர்மமு மான) இந்த பொருள்களின் வெப்பவிரிவுமை சிறிதாயிருப்பதை காண்கிறோம். குறிப்பாக பைரசக்கண்ணாடி, இன்வார் (இரும்பாலும் நிக்கலாலுமான ஒரு தனித்துவ சேர்வை) போன்ற பொருள்களுக்கு மிகச்சிறிய $\alpha_வ$ இருக்கின்றன. இந்த அட்டவணையிலிருந்து ஆல்ககாலின் (ஈத்தனாலின்) α_v பாதரசத்தினதைவிட அதிகமா யிருப்பதை காண்பதால், ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைமாற்றத்துக்கு அதிகமாக விரிவடையும் என்று எதிர்பார்க்கலாம்.

நீர் ஒரு ஒழுங்குவிலகிய நடத்தையை காட்டு கிறது; இது $0°C$ முதல் $4°C$ வரை வெப்பமூட்டும் போது குறுங்குகிறது. அறை வெப்பநிலையி லிருந்து நீரை குளிர்விக்கும்போது வெப்பநிலை $4°C$ அடையும் வரை நீரின் பருமன் குறைகிறது; (படம் 11.7(அ)) $4°C$ க்குக்கீழ் பருமன் அதிகரிக்கிறது, எனவே, அடர்த்தி குறைகிறது (படம் 11.7(ஆ)).



படம் 11.7 நீரின் வெப்பவிரிவு

அதாவது நீரின் அடர்வு 4°Cஇல் மீப்பெரும மாகிறது. இந்த பண்புக்கு சுற்றுச்சூழலில் ஒரு முக்கியமான விளைவு உள்ளது: ஏரிகள், குளங்கள் போன்ற நீர்நிலைகளின் மேற்பகுதி முதலில் உறைகிறது. ஒரு ஏரி 4°Cஐ நோக்கி குளிர்ச்சியடையும்போது, பரப்புக்கு அருகிலுள்ள நீர் வளிமண்டலத்துக்கு ஆற்றலை இழந்து அடர்வாகி, மூழ்கிவிடுகிறது; கீழே உள்ள வெப்பமான, அடர்குறைவான நீர் மேல்வருகிறது. ஆனால், மேலுள்ள குளிர்ந்த நீர் 4°Cக்கும்

குறைவான வெப்பநிலையை அடைந்தவுடன், அது குறைந்த அடர்வானதாகி பரப்பில் தங்கிவிடுகிறது, அங்கு அது உறைகிறது. தண்ணீருக்கு இந்த பண்பு இல்லாவிட்டால், ஏரிகளும் குளங்களும் கீழிருந்து உறைந்துவிடும், இது அங்குள்ள பெரும்பாலான விலங்குகளையும் தாவரங்களையும் அழிக்கும்.

வளிமங்கள் இயல்பான வெப்பநிலையில் திண்மங்களையும் நீர்மங்களையும்விட அதிக மாக விரிவடைகின்றன. நீர்மங்களைப்பொறுத்த வரை, பரும விரிவாக்கத்தின் குணகம் ஒப்பளவில் வெப்பநிலையை சாராதது. ஆனால், வளிமங்களுக்கு அது வெப்பநிலையை சார்ந்தது. ஒரு நல்லியல்பான வளிமத்துக்கு, மாறாவழுத் தத்தில் பரும விரிவாக்கத்தின் கெழுவை நல்லி யல்புவளிமச்சமன்பாட்டிலிருந்து காணலாம்:

$$PV = \mu RT$$

மாறாத அழுத்தத்தில்

$$P\Delta V = \mu R\,\Delta T, \qquad \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$$

எனவே,

$$\alpha_v = \frac{1}{T} \qquad (11.6)$$

$0°C$இல், $\alpha_v = 3.7 \times 10^{-3}\,K^{-1}$. இது திண்மங்களின் மதிப்புகளையும் நீர்மங்களின் மதிப்புகளையும்விட பெரியது. (11.6) ஆம் சமன்பாடு α_vஇன் மதிப்பு வெப்பநிலையை சார்ந்திருப்பதை காட்டுகிறது. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது அது குறைகிறது. அறை வெப்பநிலையில் மாறாத அழுத்தத்திலுள்ள வளிமத்துக்கு, α_v சுமார் $3300 \times 10^{-6}\,K^{-1}$. இது ஒரு சராசரிநீர்மத்தில் பருமவிரிவாக்கக் கெழுவைவிட பல பருமனவளவுமறைமைகளால் பெரிது.

பருமவிரிவாக்கத்தின் கெழுவுக்கும் (α_v) நேரிய விரிவாக்கத்தின் கெழுவுக்குமிடையில் (α_l) ஒரு எளிய தொடர்பு உள்ளது.l நீளமுள்ள ஒரு கனச்சதுரத்தை கருதுக. அது எல்லாத்திசைகளி லும் சமமாக விரிவடைகிறது. அதன் வெப்பநிலை DTஆல் அதிகரிக்கும்போது

$$\Delta l = \alpha_l l \Delta T$$

எனவே,

$$\Delta V = (l + \Delta l)^3 - l^3 \cong 3l^2 \Delta l \qquad (11.7)$$

l இன் ஒப்பீட்டில் Δl மிகச்சிறியதாகையால் (11.7) ஆம் சமன்பாட்டில் $(\Delta l)^2$ உம் $(\Delta l)^3$ உம் உள்ள உருபுகளை புறக்கணித்தோம். எனவே,

$$\Delta V = \frac{3V\Delta l}{l} = 3V\alpha_l \Delta T \qquad (11.8)$$

இதிலிருந்து கிடைப்பது

$$\alpha_v = 3\alpha_l \qquad (11.9)$$

கோலின் நுனிகளை நெளியாவகையில் நிலையாக பொருத்துவதன்மூலம் விரிவாக் கத்தை தவிர்க்கவியலுமா? நுனிகளிலுள்ள நெளியாத்தடுப்புகளிலிருந்து வரும் புறவிசைக ளால் கோல் அமுக்கத்திரிபை பெறுகிறது. இதற்கு நிகராக கோலில் உண்டாகும் தகைப்பு வெப்பத்தகைப்பு எனப்படுகிறது. சான்றாக, $5\,m$ நீளமும் $40\,cm^2$ குறுக்குப்பரப்புமுள்ள எஃகுத் தண்டின் வெப்பநிலை $10°C$ அதிகரிக்கும்போது அது விரிவடைவது தடைப்படுகிறது என்க. எஃகின் நேரிய விரிவாக்கத்தின் கெழு $\alpha_{l(\text{எஃகு})} = 1.2 \times 10^{-5}\,K^{-1}$. இதனால், அமுக்கத்திரிபு

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha_{l(\text{எஃகு})}\Delta T = 1.2 \times 10^{-5} \times 10 = 1.2 \times 10^{-4}$$

யாங்கின் குணகம் $Y_{\text{எஃகு}} = 2 \times 10^{11}\,N\,m^{-2}$.

எனவே, வெப்பத்தகைப்பு

$$\frac{\Delta F}{A} = Y_{\text{எஃகு}} \frac{\Delta l}{l} = 2.4 \times 10^7 N\,m^{-2}$$

இது

$$DF = AY_{\text{எஃகு}}\left(\frac{\Delta l}{l}\right) = 2.4 \times 10^7 \times 40 \times 10^{-4} \cong 10^5\,N$$

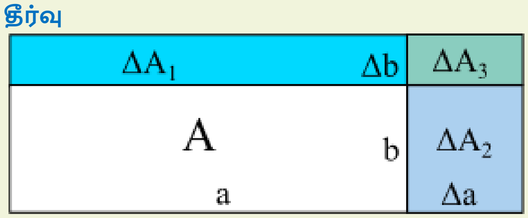
என்ற புறவிசைக்கு நிகரானது.

இத்தகைய இரண்டு எஃகுத்தண்டுகளை ஒன்றுக்கொன்று நுனிகளில் தொட்டுக்கொண் டும் மறுநுனிகள் நெளியாமல் பொருத்தப்பட்டு மிருந்தால் இந்த அளவான விசை தண்டுகளை வளைக்க போதுமானது.

சிக்கல் 11.1

திண்மப்பொருளின் ஒரு செவ்வகத் தகட்டின் பரப்புவிரிவாக்கக்கெழுவான $(DA/A)/DT$ அதன் நேரியவிரிவாக்கக்கெழுவின் இருமடங்கு என்று காட்டுக.

தீர்வு



$\Delta A_1 = a\,\Delta b \qquad \Delta A_2 = b\Delta a \qquad \Delta A_3 = \Delta a \Delta b$

படம் 11.8

a நீளமும் b அகலமுமுள்ள திண்மப் பொருளின் செவ்வகத்தாளை கருதுக. வெப்பநிலை DTஆல் அதிகரிக்கும்போது, a அதிகரிக்கும் அளவு $Da = \alpha_l\, a\, DT$; b அதிகரிக்கும் அளவு $Db = \alpha_l\, b\, DT$. படம் 11.8 இலிருந்து பரப்பளவின் அதிகரிப்பை

$$DA = DA_1 + DA_2 + DA_3 = aDb + bDa + (Da)(Db)$$
$$= a\alpha_l bDT + b\,\alpha_l aDT + \alpha_l^2 ab\,(DT)^2 = \alpha_l abDT\,(2 + \alpha_l DT) = \alpha_l ADT(2 + \alpha_l DT)$$

என்று பெறுகிறோம். அட்டவணை 11.1இல் $\alpha_l \cong 10^{-5}\,K^{-1}$ என்பதால், 2 இன் ஒப்பீட்டில் $\alpha_l DT$ஐ சிறியதாக புறக்கணிக்கலாம். எனவே,

$$\left(\frac{\Delta A}{A}\right)\frac{1}{\Delta T} \cong 2\alpha_l$$

சிக்கல் 11.2

ஒரு கொல்லர் குதிரைவண்டியின் மரச்சக்கரத்தின் விளிம்பில் இரும்பு வளையத்தை பொருத்துகிறார். விளிம்பின் விட்டமும் இரும்பு வளையத்தின் விட்டமும் $27°C$இல் முறையே $5.243\ m$, $5.231\ m$. சக்கரத்தின் விளிம்புக்கு ஏற்றவாறு வளையத்தை எந்த வெப்பநிலைக்கு சூடாக்கவேண்டும்?

தீர்வு

தரவுகள்:

$T_1 = 27°C,\ L_1 = 5.231\ m,\ L_2 = 5.243\ m$

எனவே,

$$L_2 = L_1\,(1 + \alpha_l(T_1 - T_2))$$
$$5.243\ m = 5.231\ m\,\left(1 + 1.20 \times 10^{-5}\ K^{-1}\,(T_2 - 27°C)\right)$$
$$T_2 = 218°C$$

11.6 வெப்பக்கொண்மை

ஒரு பாத்திரத்தில் சிறிது நீரை எடுத்து எரிப்பியில் சூடாக்குக. விரைவில் குமிழ்கள் மேல்நோக்கி வரத்தொடங்குவதை கவனிப்பீர்கள். நீர் கொதிக்கத்தொடங்கி கொந்தளிப்பாக மாறும்வரை நீர்த்துகள்களின் இயக்கம் அதிகரிக்கிறது. வெப்பநிலையை உயர்த்த தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவை தீர்மானிக்கும் காரணிகள் யாவை? இது பொருள்சார்ந்ததா? இந்த கேள்விக்கு விடையளிக்க ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான நீரை சூடாக்கி அதன் வெப்பநிலையை $20\ °C$ அதிகரிக்க எடுத்துக்கொண்ட நேரத்தைக் கணக்கிடுக. மீண்டும் அதே அளவான நீரை எடுத்து அதே வெப்பமூலத்தை பயன்படுத்தி அதன் வெப்பநிலையை $40\ °C$ உயர்த்துக. நிறுத்தக்கடிகாரத்தை பயன்படுத்தி இதற்கு ஆகும் நேரத்தை கவனியுங்கள். இதற்கு இரண்டு மடங்கு நேரம் தேவைப்படுவதை நீங்கள் காண்பீர்கள். எனவே, ஒரே அளவான நீரின் வெப்பநிலையை இரண்டு மடங்கு அதிகரிக்க வெப்பத்தின் அளவை இரட்டிக்கவேண்டும்.

இரண்டாவது படியில், இருமடங்கு நீரை எடுத்து அதை சூடாக்கி அதே வெப்பமாக்க முறையை பயன்படுத்தி வெப்பநிலையை $20°C$ உயர்த்தினால், முதல் படியில் தேவைப்படும் நேரத்தை விட இரண்டு மடங்கு ஆவதை காணலாம்.

மூன்றாவது படியில், நீருக்குப்பதிலாக, அதே அளவான கடுகுநெய்யம் போன்ற நெய்யத்தை சூடாக்குக. வெப்பநிலையை மீண்டும் $20\ °C$ உயர்த்துக. இப்போது அதே நிறுத்தக் கடிகாரத்தால் நேரத்தை காண்க. இதற்கு ஆகும் நேரம் குறைவாயிருப்பதை காண்பீர்கள், எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை உயர தண்ணீருக்கு தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவை விட நெய்யத்துக்கு குறைவாக தேவைப்படுகிறது.

மேலுள்ள கண்டறிதல்கள் ஒரு பொருளை சூடேற்ற தேவையான வெப்பத்தின் அளவு அதன் நிறையான m, வெப்பநிலைமாற்றமான ΔT, பொருளின் இயல்பு ஆகியவற்றை சார்ந்தது என்பதை காட்டுகின்றன. ஒரு பொருள் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வெப்பத்தை உட்கவரும் போதோ வெளியிடும்போதோ பொருளில் ஏற்படும் வெப்பநிலைமாற்றத்தை வெப்பக் கொண்மம் என்று அழைக்கிறோம்.

$$S = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad (11.10)$$

இங்கு ΔQ பொருளின் வெப்பநிலையை Tயிலிருந்து $T + \Delta T$ க்கு மாற்ற தேவையான வெப்பத்தின் அளவு.

ஒரே நிறையான வெவ்வேறு பொருள்களுக்கு ஒரே அளவான வெப்பத்தை சேர்த்தால் அதனால் ஏற்படும் வெப்பநிலைமாற்றங்கள் ஒரே அளவானவை அல்ல என்பதை நீங்கள் கவனித்திருக்கிறீர்கள். ஒவ்வொரு பொருளுக்கும் அதன் ஓரலகு நிறையின் வெப்பநிலை ஓரலகால் மாறும்போது உட்கவர்வதோ வெளியிடுவதோ வான வெப்பத்தின் அளவு ஒருத்துவமானது என்று பொருளாகிறது. இந்த அளவை பொருளின் வெப்பக்கொண்மை என்கிறோம்.

m நிறையுள்ள ஒரு பொருள் ΔT அளவான வெப்பநிலைமாற்றத்தை அடையும்போது உட் கவர்வதோ வெளியிடுவதோவான வெப்பத்தின் அளவை ΔQ என்று குறித்தால், அந்த பொருளின் வெப்பக்கொண்மை

$$s = \frac{S}{m} = \frac{1}{m}\frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad (11.11)$$

ஒரு பொருளின் வெப்பக்கொண்மை என்ற பண்பு பொருள் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வெப்பத்தை உள்ளெடுக்கும்போதோ வெளி யிடும்போதோ பொருளின் வெப்பநிலையில் (முகநிலைமாற்றம் இல்லாமல்) ஏற்படும் மாற்றத்தை தீர்மானிக்கிறது. இதை பொருளின் ஓரலகு நிறை ஓரலகு வெப்பமாற்றமடைய

உட்கவர்வதோ வெளியிடு வதோவான வெப்பத்தின் அளவு என்று வரையறுக்கிறோம். இது பொருளின் இயல்பையும் வெப்பநிலையை யும் சார்ந்திருக்கிறது. வெப்பக் கொண்மையின் அவ அலகு $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

பொருளின் அளவை நிறையில் kgஇல் குறிப்பிடாமல் மோல்களில் μ என்று குறிப்பிட்டால் பொருளின் ஒரு மோலுக்கான வெப்பக் கொண்மையை

$$C = \frac{S}{\mu} = \frac{1}{\mu}\frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad (11.12)$$

என்று வரையறுக்கலாம்; இங்கு Cஐ பொருளின் மோலிர வெப்பக்கொண்மை என்கிறோம். Sஐப்போலவே C பொருளின் இயல்பையும் வெப்பநிலையையும் சார்ந்திருக்கிறது. மோலிர வெப்பக்கொண்மையின் அவ அலகு $J\ mol^{-1}\ K^{-1}$.

Cஐ வரையறுக்க மேலும் வரைக்கட்டுகள் தேவைப்படலாம். இந்த வேற்றுவத்தில், வெப்ப மாற்றலை மாறாவமுத்தத்திலோ மாறாப் பருமனிலோ நிகழ்த்தலாம். வெப்பமாற்றலின் போது அழுத்தம் மாறாமலிருந்தால் அப்போது ஓரலகு வெப்பநிலைமாற்றத்துக்கான வெப்பத்தை மாறாவழுத்தத்தில் மோலிர வெப்பக்கொண்மை என்கிறோம். இதை C_p என்று குறிக்கிறோம். இதன் மறுபக்கமாக, வெப்பமாற்றலின்போது வளிமத்தில் பருமனை மாறாமல் வைத்திருந்தால் அந்த வெப்பக்கொண்மத்தை மாறாப்பருமனில் மோலிர வெப்பக்கொண்மை என்றழைத்து C_v என்று குறிக்கிறோம். விவரங்களுக்கு படலம் 12ஐ காண்க. அட்டவணை 11.3 அறைவெப்பநிலை யிலும் வளிமண்டல அழுத்தத்திலும் சில பொருள்களின் வெப்பக்கொண்மைகளை தருகிறது.

அட்டவணை 11.3 அறைவெப்பநிலையிலும் வளிமண்டல அழுத்தத்திலும் சில பொருள்களின் வெப்பக்கொண்மைகள் $(J\ kg^{-1}K^{-1})$

பொருள்	வெப்பக்கொண்மை
அலுமினியம்	900
கரிமம்	506.5
செம்பு	386.4
ஈயம்	127.7
வெள்ளி	236.1
தங்குசிட்டன்	134.4
நீர்	4186
பனி	2060
கண்ணாடி	840
இரும்பு	450
மண்ணெய்	2118
உணவுநெய்யம்	1965
பாதரசம்	140

இந்த அட்டவணையில் நீருக்கு மற்றெல்லாப் பொருள்களையும்விட அதிக வெப்பக் கொண்மை இருப்பது தெரிகிறது. இக்காரணத் தால் நீர் தானுந்துகளின் கதிர்வீசிகளில் வெப்பாற்றியாகவும் வெந்நீர்ப்பைகளில் சூடாக்கியாகவும் பயன்படுகிறது. நீரின் அதிக மான வெப்பக்கொண்மையால் கோடையில் நிலத்தைவிட நீர்நிலைகள் மெதுவாக வெப்பமடைகின்றன; இதனால் கடற்காற்றுக்கு குளிர்விக்கும் விளைவு இருக்கிறது. இப்போது பாலைவனப்பகுதிகளில் நிலம் பகலில் விரைவில் சூடாகி இரவில் விரைவில் குளிர்வதை புரிந்துகொள்ளலாம்.

அட்டவணை 11.4 சில வளிமங்களின் மோலிர வெப்பக்கொண்மைகள்

வளிமம்	$C_p\ (J\ mol^{-1}\ K^{-1})$	$C_v (J\ mol^{-1}\ K^{-1})$
He	20.8	12.5
H_2	28.8	20.4
N_2	29.1	20.8
O_2	29.4	21.1
CO_2	37	28.5

11.7 வெப்பளவீடு

ஒரு அமைப்புக்கும் அதன் சூழிடத்துக்கு மிடையில் வெப்பமாற்றல் இல்லாவிட்டால், அந்த அமைப்பை தனியமைப்பு என்கிறோம். தனியமைப்பின் வெவ்வேறு பகுதிகள் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் இருக்கும்போது அதிக வெப்பநிலையிலுள்ள பகுதியிலிருந்து குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள பகுதிக்கு வெப்பம் மாற்றலாகிறது. அதிக வெப்பநிலை யிலுள்ள பகுதி இழக்கும் வெப்பத்தின் அளவு குறைந்த வெப்பநிலைப்பகுதி பெறும் வெப்பத்துக்கு சமம்.

வெப்பளவீடு என்பது இவ்வாறு மாற்றலாகும் வெப்பத்தை அளவிடுவது. அதிக வெப்பநிலை யிலுள்ள ஒரு பொருள் குறைந்த வெப்பநிலை யிலுள்ள மற்றொரு பொருளை தொடும்போது, வெப்பம் சூழிடத்துக்கு வெளியேற இயலா தெனில், சூடான பொருள் இழக்கும் வெப்பம் குளிர்ந்த பொருள் பெறும் வெப்பத்துக்கு சமம். வெப்பத்தின் அளவீடுகளை செய்ய பயன்படும் ஒரு அமைகருவியை வெப்பளவி என்று அழைக் கிறோம். இது செம்பாலோ அலுமினியத்தாலோ ஆன ஒரு மாழைக்கலன். கலக்கியும் அதே மாழையாலானது. கலன் கண்ணாடி, கம்பளி

போன்ற வெப்பக் காப்புப்பொருள் அடங்கிய ஒரு மரச்சூழுறையுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இது ஒரு வெப்பக்கவசமாக செயலாற்றி உட்கலனிலிருந்து வெப்பத்தின் இழப்பை குறைக்கிறது. வெளிச்சூழுறையில் ஒரு திறப்பு உள்ளது. இதன் மூலம் ஒரு பாதரச வெப்பநிலையளவியை வெப்பளவியில் செருகலாம் (படம் 11.20). கீழ்க்காணும் சிக்கல் இழந்த வெப்பம் பெறும வெப்பத்துக்கு சமம் என்ற கொள்கையை பயன்படுத்தி ஒரு திண்மத்தின் வெப்பக் கொண்மையை தீர்மானிக்கும் ஒரு செய்முறையை தருகிறது.

சிக்கல் 11.3

ஒரு $0.047\ kg$ அலுமினியக்கோளத்தை கொதிக்கும் நீருள்ள பாத்திரத்தில் போதுமான நேரத்திற்கு வைப்பதால் கோளம் $100\,°C$ஐ அடைகிறது. பிறகு இதை உடனடியாக $20\,°C$ வெப்பநிலையில் $0.25\ kg$ நீருள்ள $0.14\ kg$ செம்புவெப்பளவிக்கு மாற்றுகிறோம். நீரின் வெப்பநிலை உயர்ந்து $23°C$இல் ஒரு சீறுருதிநிலையை அடைகிறது. அலுமினியத் தின் வெப்பக்கொண்மையை கணக்கிடுக.

தீர்வு

இந்த சிக்கலை தீர்ப்பதில், சீருறுதிநிலையில் அலுமினியக்கோளம் வழங்கும் வெப்பம் நீரும் வெப்பளவியும் உட்கவரும் வெப்பத்துக்கு சமம் என்ற உண்மையை பயன்படுத்துவோம்.

அலுமினியக்கோளத்தின் நிறை $(m_1) = 0.047\ kg$

அலுமினியக்கோளத்தின் தொடக்க வெப்பநிலை $= 100\,°C$

இறுதி வெப்பநிலை $= 23\,°C$

வெப்பநிலையில் மாற்றம் (ΔT_1)
$= (100\,°C - 23°C) = 77\,°C$

அலுமினியத்தின் வெப்பக்கொண்மை S_{Al} என்க.

அலுமினியக்கோளம் இழக்கும் வெப்பம் $= m_1 S_{Al} \Delta T_1 = 0.047 kg \times S_{Al} \times 77\,°C$

நீரின் நிறை$(m_2) = 0.25\ kg$

வெப்பளவியின் நிறை $(m_3) = 0.14\ kg$

நீருக்கும் வெப்பளவிக்கும் தொடக்க வெப்பநிலை $= 20°C$

கலவையின் இறுதி வெப்பநிலை $= 23°C$

வெப்பநிலையில் மாற்றம் $(\mathrm{D}T_2) = 23\,°C - 20\,°C = 3\,°C$

நீரின் வெப்பக்கொண்மை $(s_w) = 4.18 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

செம்புவெப்பளவியின் வெப்பக்கொண்மை $(S_{cu}) = 0.386 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

நீரும் வெப்பளவியும் பெறும் வெப்பத்தின் அளவு $= m_2\, s_w\, \mathrm{D}T_2 + m_3 s_{cu} \mathrm{D}T_2 = (m_2 s_w + m_3 s_{cu})\,(\mathrm{D}T_2)$

$$= (0.25\ kg \times 4.18 \times 10^3\ J\ kg^{-1} K^{-1} + 0.14\ kg \times 0.386 \times 10^3\ J\ kg^{-1} K^{-1})(23\,°C - 20\,°C)$$

சீருறுதிநிலையில், அலுமினியக்கோளம் இழந்த வெப்பம் = நீர் பெற்ற வெப்பம் + வெப்பளவி பெற்ற வெப்பம்.

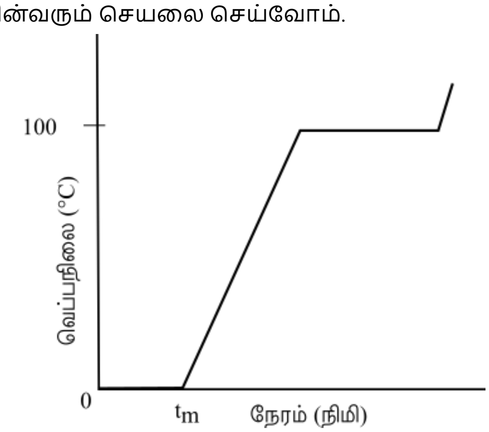
எனவே, $0.047\ kg \times s_{Al} \times 77\,°C = (0.25\ kg \times 4.18 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1} + 0.14\ kg \times 0.386 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1})(3\,°C)$

$$3.619\ s_{Al} = 1.045 + 0.054 = 1.099$$

$$s_{Al} = 0.911\ kJ\ kg^{-1}\ K^{-1}$$

11.8 நிலைமாற்றம்

பொதுவாக பொருள் திண்மம், நீர்மம், வளிமம் ஆகிய மூன்று நிலைகளில் உள்ளது. இந்த நிலைகளில் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு மாறுவதை நிலைமாற்றம் என்கிறோம். திண்மத்திலிருந்து நீர்மத் துக்கு மாறுவதும் நீர்மத்திலிருந்து வளிமத்துக்கு மாறுவதும் (திருப்பியவாறும்) பரவலாகக்காணப் படும் இரண்டு நிலைமாற்றங்கள். பொருளுக்கும் அதன் சூழிடத்துக்குமிடையில் வெப்பமாற்றல் நிகழும்போது இந்த நிலைமாற்றங்கள் ஏற்படலாம். வெப்பமூட்டும்போதோ குளிரூட்டும் போதோ ஏற்படும் நிலைமாற்றத்தை ஆய்ந்தறிய பின்வரும் செயலை செய்வோம்.

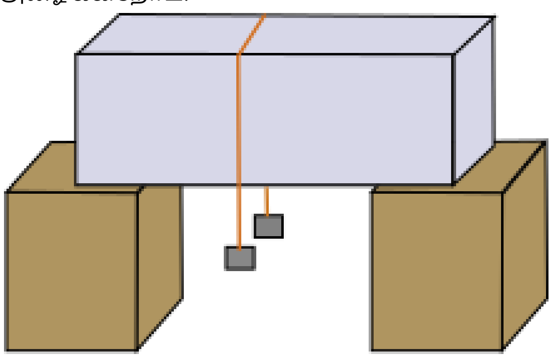


படம் 11.9 வெப்பமூட்டத்தின்போது பனிக்கட்டியில் ஏற்படும் நிலைமாற்றங்களை காட்டும் நேரத்துக்கெதிரான வெப்பநிலையின் வரைகோடு (அளவிகிதமற்றது).

ஒரு மூக்குக்குடுவையில் சில பனிக்கட்டித் துண்டுகளை எடுத்துக்கொள்க. பனிக்கட்டியின் வெப்பநிலையை குறித்துக்கொள்க. மாறாத வெப்ப மூலத்தில் மெதுவாக அதை சூடாக்கத் தொடங்குக. ஒவ்வொரு நிமிடத்துக்குப்பின்னும் வெப்பநிலையை குறிக்க. நீரும் பனிக்கட்டியு மான கலவையை தொடர்ந்து கிளறுக. நேரத்துக்கெதிரான வெப்ப நிலையின் ஒரு வரைபடத்தை வரைக (படம் 11.9). குடுவையில் பனிக்கட்டி இருக்கும்வரை வெப்பநிலையில்

எந்த மாற்றமும் ஏற்படாததை கண்டறிவீர்கள். இந்த நிகழ்முறையின்போது வெப்பம் அமைப்புக்குள் தொடர்ந்து வநதுகொண்டிருப் பினும் அமைப்பின் வெப்பநிலை மாறவில்லை. இந்த வெப்பம் நிலையை திண்மத்திலிருந்து நீர்மத்துக்கு (பனிக்கட்டியிலிருந்து நீருக்கு) மாற்றவே பயனாகிறது.

திண்மத்திலிருந்து நீர்மநிலைக்கு மாறுவதை உருகுதல் என்றும், நீர்மத்திலிருந்து திண்மநிலைக்கு மாறுவதை உறைதல் என்றும் அழைக்கிறோம். முழுவதுமாக உருகும்வரை வெப்பநிலை மாறாமல் இருப்பதை நோக்குக. அதாவது, திண்மநிலையி லிருந்து நீர்மநிலைக்கு மாறும்போது பொருளின் திடநிலையும் நீர்மநிலையுமான இரண்டும் வெப்பச் சமநிலையில் உடனிருக்கின்றன. பொருளின் திண்மநிலையும் நீர்மநிலையும் ஒன்றுட னொன்று வெப்பச்சமநிலையில் இருக்கும் வெப்பநிலையை அதன் உருகுநிலை என்கிறோம். இது பொருளின் சிறப்பியல்பு. இது அழுத்தத்தையும் சார்ந்துள்ளது. செந்தரமான வளிமண்டல அழுத்தத்தில் ஒரு பொருளின் உருகுநிலையை அதன் இயல்புருகுநிலை என்று அழைக்கிறோம்.

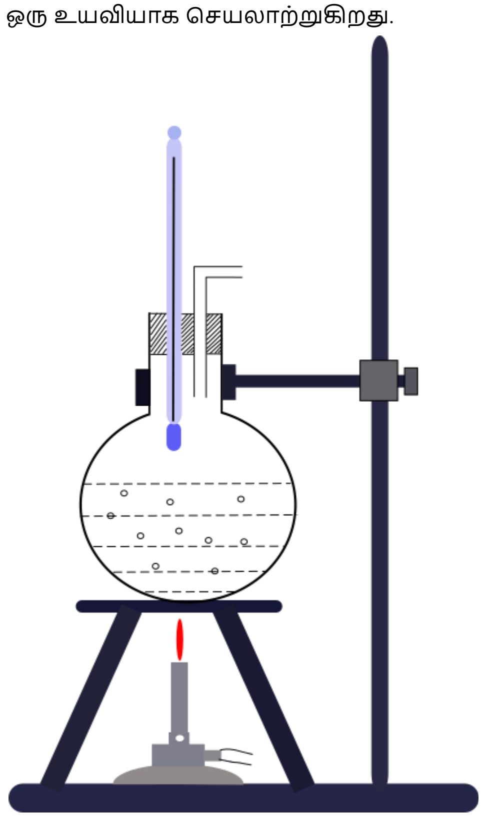


படம் 11.10

பனிக்கட்டி முழுவதுமாக நீராக மாறியபிறகு மேலும் வெப்பமூட்டலை தொடரும்போது, வெப்பநிலை உயரத்தொடங்குவதை காண்கி றோம் (படம் 11.10). கிட்டத்தட்ட $100°C$ ஐ அடையும்வரை உயர்ந்துகொண்டு வந்து மீண்டும் நிலையானதாக இருக்கிறது. இப்போது உள்வரும் வெப்பம் நீரை நீர்ம நிலையிலிருந்து நீராவியாக வளிமநிலைக்கு மாற்ற பயன்படுகிறது.

நீர்மத்திலிருந்து ஆவிக்கு, அதாவது வளிம நிலைக்கு, மாறுவதை ஆவியாதல் என்கிறோம். நீர்மத்தின் முழு அளவும் நீராவியாக மாறும் வரை வெப்பநிலை மாறாமல் இருப்பதை நோக்குக. அதாவது, நீர்மத்திலிருந்து நீராவிக்கு நிலைமாறும் போது பொருளின் நீர்மநிலையும் ஆவிநிலையும் வெப்பச்சமநிலையில் உடனிருக் கின்றன. பொருளின் நீர்மநிலையும் வளிமநிலை யும் ஒன்றுடனொன்று வெப்பச்சமநிலையில் இருக்கும் வெப்பநிலையை கொதிநிலை என்கிறோம்.

பனிக்கட்டி உருகுவதை புரிந்துகொள்ள பின்வரும் செயலை மேற்கொள்வோம். பனிக்கட்டி யின் ஒரு தடிப்பாளத்தை எடுத்து படம் 11.10இல் காட்டியபடி இரண்டு மரக்கட்டைகள் தாங்கும்படி வைப்போம். ஒரு மாழைக்கம்பியை எடுத்து, அதன் நுனிகளில் ஒவ்வொன்றும் 5 kg எடையுள்ள இரண்டு நிறைகளை தொங்கவிட்டு தடிப்பாளத்தின்மீது கம்பியை வைக்க. கம்பி பனிக்கட்டியின்வழி செல்வதை கண்டறிவீர்கள். கம்பியினடியில் அழுத்தத்தால் பனிக்கட்டி குறைந்த வெப்பநிலையில் உருகுகிறது. கம்பி கடந்து சென்றதும் கம்பியின் மேலுள்ள நீர் மீண்டும் உறைகிறது. இதனால், கம்பி பனிக்கட்டித் தடிப்பாளத்தின்வழி செல்கிறது; ஆனால் தடிப்பாளம் பிளவுபடவில்லை. இந்த மீளுறைதல் நிகழ்முறையை மீட்களியாதல் என்கிறோம். பனிச்சறுக்குப் பலகையின்கீழ் பனி உருகுவதால் பனியில் பனிச்சறுக்கு சாத்திய மாகிறது. அழுத்தம் அதிகரிப்பதால் உண்டாகும் நீர் ஒரு உயவியாக செயலாற்றுகிறது.



படம் 11.11 **கொதித்தல்**

நீர் கொதிக்கும் நிகழ்முறையை புரிந்துகொள்ள பின்வரும் செயலை மேற்கொள் வோம். ஒரு உருண்டையடிக்குடுவையில் பாதிக்குமேல் நீரை நிரப்பி ஒரு எரிப்பியின்மீது வைத்து சூடாக்குவோம். குடுவையை ஒரு

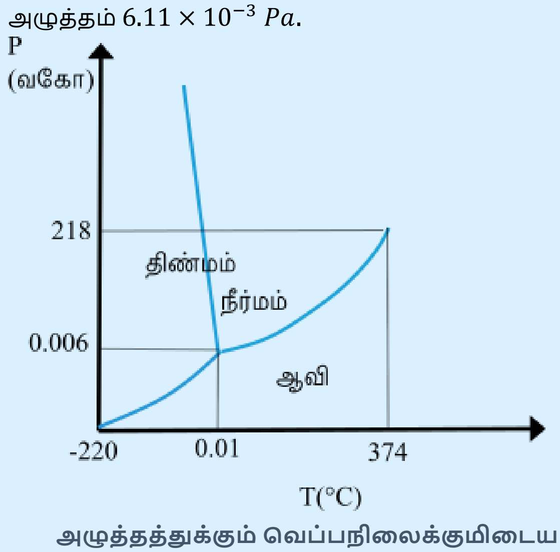
வெப்பநிலையளவியும் ஆவிப் போக்கியும் பொருத்திய தக்கையால் மூடுவோம். (படம் 11.11). குடுவையில் நீரை சூடாக்கும்போது, முதலில் நீரில் கரைந்த வளி சிறிய குமிழ்களாக வெளிவருவதை கவனியுங்கள். பின்னர், நீராவியின் குமிழ்கள் கீழே உருவாகின்றன. ஆனால் அவை மேலுள்ள குளிர்ந்த நீருக்கு உயரும்போது நீராக ஒருங்கி மறைகின்றன. இறுதியில், நீரின் முழு அளவும் $100\ ^\circ C$ வெப்பநிலையை அடையும்போது, நீராவியின் குமிழ்கள் பரப்பை அடைகின்றன. அப்போது கொதித்தல் தொடங்கிவிட்டது என்கிறோம். குடுவையிலுள்ள நீராவி கண்ணுக்கு தெரியாமலிருக்கலாம், ஆனால் அது குடுவையி லிருந்து வெளிவரும்போது, சிறிய நீர்த்துளிகளாக ஒருங்கி, பனிமூட்டமான தோற்றத்தை அளிக்கிறது.

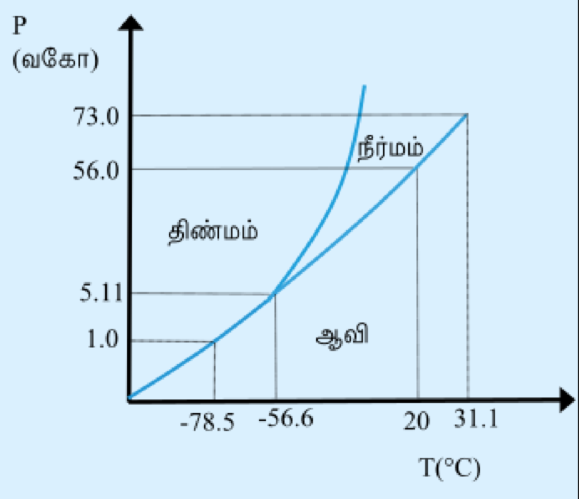
இப்போது ஆவிப்போக்கியை சில வினாடிக ளுக்கு மூடினால் குடுவையிலுள்ள அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது; கொதித்தல் நின்றுவிடுவதையும் காண்கிறோம். வெப்பநிலை அதிகரித்து கொதித்தல் மீண்டும் தொடர அதிகப்படியான வெப்பம் தேவையாகிறது. இந்த அதிகப்படியான வெப்பத்தின் அளவு அழுத்தத்தை சார்ந்தது. அதாவது, அழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது கொதிநிலை உயர்கிறது.

இப்போது எரிப்பியை எடுத்துவிடுவோம். நீரை சுமார் $80°C$க்கு குளிரவிடுவோம். வெப்பநிலையளவியையும் ஆவிப்போக்கியை யும் எடுத்துவிட்டு குடுவையை ஒரு வளிபுகாத்தக்கையால் மூடுவோம். குடுவையை தலைகீழாக வைப்போம். குடுவையின் மீது பனிக்குளிரான நீரை ஊற்றுவோம். குடுவைக் குள்ளிருக்கும் நீராவி ஒருக்கமடைந்து அழுத்தம் குறைகிறது; நீர் மீண்டும் கொதிக்கத்தொடங்கு கிறது; இப்போது குறைந்த வெப்பநிலையில் கொதிக்கிறது. இவ்வாறு அழுத்தம் குறையும் போது கொதிநிலை குறைவதை அறிகிறோம்.

மும்மப்புள்ளி

ஒரு பொருளின் நிலைமாற்றம் (முகநிலைமாற்றம்) நிகழும்போது வெப்பநிலை மாறாமலிருக்கிறது. வெப்பநிலைக்கும் அழுத்தத்துக்குமிடையான (T க்கும் P க்குமிடையான) வரைபடத்தை முகநிலைவரைபடம் என்றோ PTவரைபடம் என்றோ அழைக்கிறோம். பின்வரும் படம் நீருக்கும் CO_2க்குமான முகநிலைவரைபடங்களை காட்டுகிறது. இத்தகைய ஒரு வரைபடம் PVதளத்தை திண்மவட்டாரமாகவும் நீர்மவட்டாரமாகவும் வளிமவட்டாரமாகவும் பிரிக்கிறது. இந்த பகுதிகளை பதங்கமாதலின் வளைவரை (பவ), உறைதலின் வளைவரை (உவ), ஆவியாதலின் வளைவரை (ஆவ) போன்ற வளைவரைகள் பிரிக்கின்றன. பதங்கமாதல்வளைவரையிலுள்ள புள்ளிகள் திண்மமும் ஆவியும் உடனிருக்கும் நிலைகளை குறிக்கின்றன. உறைதல்வளைவரையிலுள்ள புள்ளிகள் திண்மமும் நீர்மமும் உடனிருக்கும் நிலைகளையும், ஆவியாதல்வளைவரை நீர்மமும் வளிமமும் (ஆவியும்) உடனிருக்கும் நிலைகளையும் குறிக்கின்றன. உறைதல்வளைவரை, ஆவியாதல்வளைவரை, பதங்கமாதல்வளைவரை ஆகியவை சந்திக்கும் புள்ளியை பொருளின் மும்மப்புள்ளி என்று அழைக்கிறோம். இந்த புள்ளி குறிக்கும் அழுத்தத்திலும் வெப்பநிலையிலும் பொருளின் மூன்று முகநிலைகளும் உடனிருக்கின்றன. சான்றாக நீரின் மும்மப்புள்ளியில் வெப்பநிலை $273.16\ K$, அழுத்தம் $6.11 \times 10^{-3}\ Pa$.





அழுத்தத்துக்கும் வெப்பநிலைக்குமிடையான முகநிலைவரைபடம். (இடம்) நீர், (வலம்) CO_2 (அளவிகிதமற்றது)

இது மலைப்பகுதிகளில் சமையல் கடினமாவதை விளக்குகிறது. அதிகுத்துயரங்க ளில் வளிக்கோள அழுத்தம் குறைவதால் நீரின் கொதிநிலை கடலமட்டத்தின் ஒப்பளவில் தாழ்வானது. இதன் மறுபக்கமாக, அழுத்தச் சமைப்பியினுள் அழுத்தம் அதிகமாவதால் கொதிநிலை உயர்கிறது. எனவே சமையல் விரைவடைகிறது. இயல்பான வளிக்கோள அழுத்தத்தில் ஒரு பொருளின் கொதிநிலையை அதன் இயல்புகொதிநிலை என்கிறோம்.

எல்லாப்பொருள்களும் திண்மம், நீர்மம், வளிமம் ஆகிய மூன்று முகநிலைகளின்வழி செல்வதில்லை. சில பொருள்கள் இயல்பாகவே திண்மத்திலிருந்து வளிமத்துக்கும் திருப்பிய வாறும் நேரடியாக மாறுகின்றன. நீர்மத்தின்வழி செல்லாமல் திண்மத்திலிருந்து வளிமத்துக்கு நேரடியாக செல்லும் இந்த நிலைமாற்றத்தை **பதங்கமாதல்** என்றும் பொருள் பதங்கமாகிறது என்றும் சொல்கிறோம். உலர்பனியும் (திண்ம CO_2) அயோடினும் பதங்கமாகின்றன. பதங்க மாதலின்போது பொருளின் திண்மநிலையும் வளிமநிலையும் வெப்பச்சமநிலையில் உடனிருக்கின்றன.

11.8.1 துலங்காவெப்பம்

11.8ஆம் பகுதியில், ஒரு பொருள் நிலைமாற்ற மடையும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வெப்பம் பொருளுக்கும் சூழிடத்துக்குமிடையில் மாற்றலா வதை அறிந்தோம். ஒரு பொருளின் நிலைமாற்ற நிகழ்முறையின்போது பொருளின் ஓரலகுநிறைக்கு மாற்றலாகும் வெப்பத்தின் அளவை அந்த நிகழ்முறையில் அந்த பொருளின் **துலங்காவெப்பம்** என்று அழைக்கிறோம். சான்றாக, $-10\ °C$இலுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான பனிக்கட்டியை வெப்பமூட்டினால், பனிக்கட்டியின் வெப்பநிலை உருகுநிலையான $0°C$ஐ அடையும்வரை அதிகரிக்கிறது. இந்த வெப்பநிலையில் மேலும் வெப்பத்தை சேர்ப்பது வெப்பநிலையை உயர்த்தாமல் பனிக்கட்டியை உருகச்செய்கிறது. அதாவது அதன் நிலையை மாற்றுகிறது. எல்லாப்பனிக்கட்டியும் உருகிய பின் மேலும் வெப்பத்தை சேர்ப்பது நீரின் வெப்பநிலையை உயர்த்துகிறது. கொதிநிலை யில் நீர்மம் வளிமமாக மாறும்போதும் இதைப்போன்ற ஒரு நிலைமை நிலவுகிறது. கொதிக்கும் நீரை வெப்பமூட்டுவது அதன் வெப்பநிலையை உயரச்செய்யாமல் ஆவியாகச் செய்கிறது.

அட்டவணை 11.5 பல்வேறு பொருள்களின் நிலைமாற்ற வெப்பநிலைகளும் துலங்காவெப்பங்களும், 1 வகோ அழுத்தத்தில்.

பொருள்	உருகுநிலை ($°C$)	$L_{உ}$ ($10^5 J\ kg^{-1}$)	கொதிநிலை ($°C$)	$L_{ஆ}$ ($10^5 J\ kg^{-1}$)
ஈத்தனால்	-114	1.0	78	8.5
தங்கம்	1063	0.645	2660	15.8
ஈயம்	328	0.25	1744	8.67
பாதரசம்	-39	0.12	357	2.7
நைற்றசன்	-210	0.26	-196	2
ஆக்குசிசன்	-219	0.14	-183	2.1
நீர்	0	3.33	100	22.6

நிலைமாற்றத்தின்போது தேவைப்படும் வெப்பம் துலங்காவெப்பத்தையும் நிலைமாற் றத்துக்கு உட்படும் பொருளின் நிறையையும் சார்ந்தது. இவ்வாறு, m நிறையுள்ள ஒரு பொருள் ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு மாற தேவைப்படும் வெப்பத்தின் அளவு

$$Q = m\,L$$

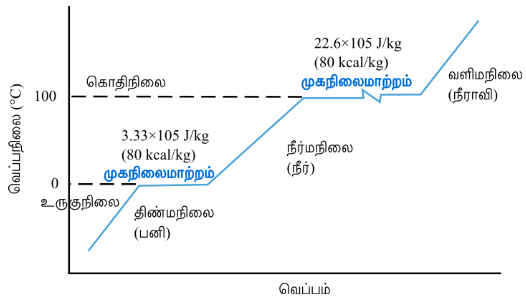
அதாவது

$$L = \frac{Q}{m} \qquad (11.13)$$

இங்கு துலங்காவெப்பம் எனப்படும் L அநத பொருளின் சிறப்பியல்பு. இதன் அவ அலகு $J\ kg^{-1}$. இதன் மதிப்பும் அழுத்தத்தை சார்ந்தது. இதன் மதிப்புகளை பொதுவாக செந்தர வளிமண்டல அழுத்தத்தில் குறிப்பிடுகிறோம். திண்மத்திலிருந்து நீர்மத்துக்கான ஒரு நிலைமாற்றத்தின் துலங்காவெப்பத்தை **உருகல்வெப்பம்** ($L_{உ}$) என்றும், நீர்மத்திலிருந்து வளிமத்துக்கான நிலைமாற்றத்தின் துலங்கா வெப்பத்தை **ஆவியாதல்வெப்பம்** $\left(L_{ஆ}\right)$ என்றும் அழைக்கிறோம். வெப்பநிலைக்கெதிராக நிரின் இந்த துலங்காவெப்பங்களை படம் **11.12** காட்டுகிறது. சில பொருள்களின் உறைநிலை களையும் கொதிநிலைகளையும் துலங்கா வெப்பங்களையும் அட்டவணை 11.5 காட்டுகிறது.

நிலைமாற்றத்தின்போது வெப்பம் சேரும்போதோ அகலும்போதோ வெப்பநிலை மாறாமலிருப்பதை நோக்குக. படம் **11.12**இல் வெவ்வேறு முகநிலைக்கோடுகளுக்கு

வெவ்வேறு சாய்மைகள் இருப்பதை நோக்குக. அதாவது வெவ்வேறு முகநிலைகளின் வெப்பக் கொண்மைகள் சமமல்ல. நீருக்கு உருகல் வெப்பம் $3.33 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$; ஆவியாக்கவெப்பம் $22.6 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$. அதாவது, $1\ kg$ பனிக்கட்டியை $0°C$ இல் உருக்க $3.33 \times 10^5\ J$ வெப்பம் தேவை; $1\ kg$ நீரை $100°C$ இல் ஆவியாக்க $22.6 \times 10^5\ J$ வெப்பம் தேவை. எனவே, $100°C$ இலுள்ள நீராவியில் $100°C$ இலுள்ள நீரைவிட கிலோகிராமுக்கு $22.6 \times 10^5\ J$ அதிக வெப்பம் இருக்கிறது. இதனாலே நீராவியால் ஏற்படும் தீக்காயங்கள் பொதுவாக கொதிக்கும் நீரால் ஏற்படும் தீக்காயங்களை விட தீவிரமானவை.



படம் 11.12 வெப்பநிலைக்கெதிராக நீரின் வெப்பம், 1 வகோ அழுத்தத்தில் (அளவிகிதமற்றது).

சிக்கல் 11.4

ஒரு கொள்கலனில் $50°C$ இலுள்ள $0.30\ kg$ நீருடன் $0°C$இலுள்ள $0.15\ kg$ பனிக்கட்டியை கலக்கிறோம். இதனால் விளையும் வெப்பநிலை $6.7°C$. பனிக்கட்டியின் உருகல்வெப்பநிலையை கணக்கிடுக. ($s_{நீர்} = 4186\ J\ kg^{-1}$).

தீர்வு

நீர் இழக்கும் வெப்பம் $= m_{நீர்} s_{நீர்} (T_f - T_i)_{நீர்}$

$= (0.30\ kg)\ (4186\ J\ kg^{-1}\ K^{-1})\ (50.0\ °C - 6.7\ °C) = 54376.14\ J$

பனிக்கட்டியை உருக்க தேவையன வெப்பம்

$= m_{பனி} L_{உ} = (0.15\ kg) L_{உ}$

உருகிய பனிகட்டிநீரின் வெப்பநிலையை இறுதி வெப்பநிலைக்கு உயர்த்த தேவையான வெப்ப

$= (0.15\ kg)\ (4186\ J\ kg^{-1}\ K^{-1})\ (6.7\ °C - 0\ °C) = 4206.93\ J$

இழந்த வெப்பம் = பெற்ற வெப்பம்

$54376.14\ J = (0.15\ kg) L_{உ} + 4206.93\ J$

$L_{உ} = 3.34 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$

சிக்கல் 11.5

$-12°C$ இலுள்ள $3\ kg$ பனிக்கட்டியை வெப்பளவியில் வைத்து வளிக்கோள அழுத்தத்தில் $100°C$யில் நீராவியாக மாற்ற தேவையான வெப்பத்தை கணக்கிடுக. பனிக்கட்டியின் வெப்பக்கொண்மை $2100\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$; நீரின் வெப்பக்கொண்மை $4186\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$; பனிக்கட்டி யின் உருகல்வெப்பம் $3.35 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$; நீரின் ஆவியாதல்வெப்பம் $2.256 \times 10^6\ J\ kg^{-1}$.

தீர்வு

பனிக்கட்டியின் நிறை $= m = 3\ kg$

பனிக்கட்டியின் வெப்பக்கொண்மை $= s_{பனி} = 2100\ J\ kg^{-1} K^{-1}$

நீரின் வெப்பக்கொண்மை $= s_{நீர்}$

$= 4186\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

பனிக்கட்டியின் உருகல் வெப்பம் $= L_{உ} = 3.35 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$

நீராவியின் துலங்காவெப்பம் $= L_{ஆ} = 2.256 \times 10^6\ J\ kg^{-1}$

இப்போது

$Q_1 = -12°C$ இலுள்ள பனியை $0°C$ இலுள்ள பனியாக மாற்ற தேவையான வெப்பம்

$= m\ s_{பனி} \Delta T_1 = (3\ kg)\ (2100\ J\ kg^{-1}\ K^{-1})\ [0 - (-12)]°C = 75600\ J$

$Q_2 = 0°C$ இலுள்ள பனியை $0°C$இலுள்ள நீராக உருக்க தேவையான வெப்பம்

$= m\ L_{உ} = (3\ kg)\ (3.35 \times 10^5\ J\ kg^{-1}) = 1005000\ J$

$Q_3 = 0°C$ இலுள்ள நீரை $100°C$ இலுள்ள நீராக மாற்ற தேவையான வெப்பம்

$= m\ s_{நீர்}\ DT_2$

$= (3\ kg)\ (4186\ J\ kg^{-1}\ K^{-1})\ (100°C)$

$= 1255800\ J$

$Q_4 = 100°C$ இலுள்ள நீரை $100°C$ இலுள்ள நீராவியாக மாற்ற தேவையான வெப்பம்

$= m\ L_{ஆ} = (3\ kg)\ (2.256 \times 10^6\ J\ kg^{-1}) = 6768000\ J$

எனவே, $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 75600\ J + 1005000\ J + 1255800\ J + 6768000\ J = 9.1 \times 10^6\ J$

11.9 வெப்பமாற்றல்

வெப்பம் என்பது வெப்பநிலையின் வேறுபாட்டால் ஒரு அமைப்பிலிருந்து மற்றொன்றுக்கோ அமைப்பின் ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்றொரு பகுதிக்கோ ஆற்றல் மாற்றலாவது என்று கண்டோம். ஆற்றலின் இந்த மாற்றல் என்னென்ன வழிகளில் நடைபெறுகின்றன? ஆற்றலின் மாற்றலுக்கு மூன்று தனிப்பட்ட வழிகள் உள்ளன. அவை கடத்தல், வெப்பநகர்வு, கதிர்வீச்சு ஆகியவை (படம் 11.13).

11.9.1 கடத்தல்

கடத்தல் என்பது வெப்பநிலைவேறுபாட்டின் காரணமாக பொருளின் இரண்டு அண்டையப்பகுதி களிடையில் வெப்பத்தை

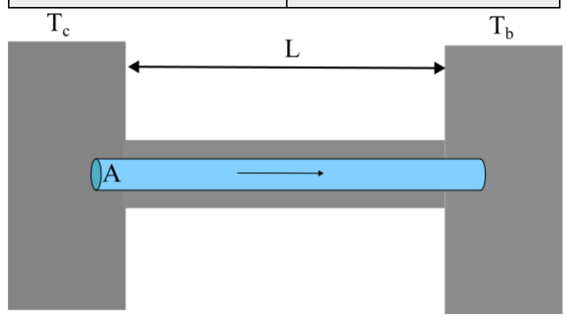
மாற்றும் இயங்குமுறை. ஒரு மாழைத்தண்டின் ஒரு நுனியை தீப்பிழம்பில் போட்டிருந்தால் தண்டின் மறுநுனி விரைவில் உங்கள் கைகளால் பிடிக்கவியலாத அளவுக்கு சூடாகிவிடும். இங்கு, வெப்பமாற்றல் கம்பியின் சூடான நுனியிலிருந்து அதன் வெவ்வேறு பகுதிகளின்வழியாக மறுநுனிக்கு கடத்துவதால் நடைபெறுகிறது. வளிமங்கள் நல்ல வெப்பக்கடத்திகள் அல்ல. நீர்மங்கள் கடத்துமையில் திண்மங்களுக் கும் வளிமங்களுக்கும் இடைப்பட்டவை.

படம் 11.13 கடத்தல், வெப்பநகர்வு, கதிர்வீச்சு ஆகியவற்றால் சூடாக்கல்

வெப்பக்கடத்தலை அளவியமாக விவரிக்க, ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைவேறுபாட்டுக்கு நேரத்துடன் பொருண்மத்திலுள்ள வெப்பம் பாயும் வீதத்தை கருதலாம். L நீளமும் சீரான A குறுக்குப்பரப்புமுள்ள ஒரு மாழைத்தண்டை கருதுக. இதன் இருமுனைகளை வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் வைத்திருப்போம். இருநுனிகளையும் T_c , T_d என்ற வெப்பநிலைகளிலுள்ள பெரிய வெப்பத்தேக்கிக ளுடன் தொடுகையில் வைப்பதன்மூலம் இந்த நிலைமையை அடையலாம் (படம் 11.14). பாரையின் பக்கவாட்டிலிருந்து சூழிடத்துக்கு வெப்பம் இடைமாறாத வகையில் பாரையை முற்றிலும் வெப்பக் காப்பிட்ட ஒரு நல்லியல்பான நிலைமையை எடுகொள்வோம்.

அட்டவணை 11.6 சில பொருள்களின் வெப்பக்கடத்துமைகள்

பொருள்	வெப்பக்கடத்துமை ($J\ s^1\ m^{-1}\ K^{-1}$)
மாழைகள்	
வெள்ளி	406
செம்பு	385
அலுமினியம்	205
பித்தளை	109
எஃகு	50.2
ஈயம்	34.7
பாதரசம்	8.3
அன்மாழைகள்	
கடத்தற்காப்பிட்ட செங்கல்	0.15
கற்காரை	0.8
கொழுப்புத்தக்கை	0.2
நார்த்திரள்	0.04
கண்ணாடி	0.8
பனி	1.6
கண்ணாடிக்கம்பளி	0.04
மரம்	0.12
நீர்	0.8
வளிமங்கள்	
வளி	0.024
ஆர்கான்	0.016
ஐதரசன்	0.14



படம் 11.14 இருநுனிகளையும் T_c, T_d என்ற இருவேறு வெப்பநிலைகளில் வைத்த ஒரு பாரையில் கடத்தலால் சீருறுதிநிலையான வெப்பப்பாய்வு ($T_c > T_d$)

சிறிது நேரத்தில் ஒரு சீருறுதிநிலையை அடைகிறோம். பாரையின் வெப்பநிலை T_cயிலிருந்து T_dக்கு சீராக குறைகிறது ($T_c > T_d$). Cஇலுள்ள வெப்பத்தேக்கி ஒரு நிலையான வீதத்தில் வெப்பத்தை வழங்குகிறது. இது பாரையின்வழியாக மாற்றலாகி அதே வீதத்தில் Dஇலுள்ள நீர்த்தேக்கத் துக்கு செல்கிறது. இந்த சீருறுதிநிலையில் வெப்பம் பாயும் வீதமான H (வெப்பவோட்டம்) வெப்பநிலையின் வேறுபாட்டுக்கும் குறுக்குப்பரப்பான Aவுக்கும் நேர்விழுக் காட்டிலும் நீளமான Lக்கு புரட்டுவிழுக் காட்டிலும் இருப்பதை பரிசோதனைகளால் அறிகிறோம். அதாவது,

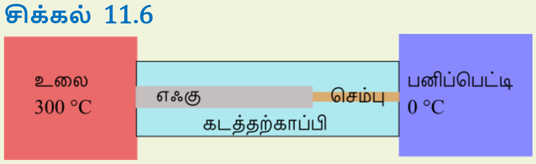
$$H = K\ A\ \frac{T_C - T_D}{L} \qquad (11.14)$$

K என்ற விழுக்காட்டுமாறிலியை பொருளின் வெப்பக்கடத்துமை என்கிறோம். ஒரு பொருளுக்கு Kஇன் மதிப்பு எவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ, அவ்வளவு வேகமாக அது வெப்பத்தை கடத்துகிறது. Kஇன் அவ அலகு

$J\, s^{-1}\, m^{-1}\, K^{-1}$; அதாவது $W\, s^{-1}\, m^{-1}\, K^{-1}$. பல்வேறு பொருள்களின் வெப்பக்கடத்துமைகளை அட்டவணை 11.6 பட்டியலிடுகிறது. இந்த மதிப்புகள் வெப்பநிலையுடன் சிறிது மாறுபடுகின்றன; ஆனால் வழக்கமான வெப்பநிலை வீச்சில் மாறிலிகளாக கருதலாம்.

மாழைகள்போன்ற நல்ல வெப்பக்கடத்திகளின் வெப்பக்கடத்துமைகள் மரக்கட்டை, கண்ணாடி, கம்பளி போன்ற நல்ல வெப்பக்கடத்தற்காப்பிகளின் வெப்பக்கடத்துமைகளின் ஒப்பளவில் அதிகமாயிருப்பதை நோக்குக. சில சமையற்பாத்திரங்களின் அடியில் செம்புப்பூச்சு இருப்பதை நீங்கள் கவனித்திருக்கலாம். செம்பு நல்ல வெப்பக்கடத்தி என்பதால் அது பாத்திரத்தின் அடியில் சீராக வெப்பத்தை பரவச்செய்கிறது. இதன் மறுபக்கமாக, நெகிழிநுரைகள் நல்ல கடத்தற்காப்பிகள்; ஏனெனில், இவற்றில் வளிப்பைகள் உள்ளன. வளிமங்கள் நல்ல கடத்திகளல்ல என்பதை நினைவுகொள்க. வளியின் வெப்பக்கடத்துமையை அட்டவணை 11.5இல் காண்க. வெப்பத்தை தக்கவைப்பதும் கடத்துவதும் பல பயன்பாடுகளில் முக்கியமானவை. கற்காரையாலான கூரைகளுள்ள வீடுகள் கோடைநாட்களில் மிகவும் சூடாகின்றன; ஏனெனில், கற்காரையின் வெப்பக்கடத்துமை (மாழையைவிட மிகவும் சிறிதாயிருப்பினும்) தேவையான அளவுக்கு சிறிதன்று. எனவே, கூரையில் ஒரு மட்படலத்தையோ நுரையையோ வைப்பது வழக்கம். இதனால் வெப்பமாற்றல் குறைந்து அறை குளிர்ச்சியாயிருக்கிறது. சில சூழமைவுகளில் வெப்பமாற்றல் உய்யமானது. சான்றாக, அணுவுலைகளின் உள்வத்தில் அணுக்கருப்பிளவு உண்டாக்கும் மிகப்பேரளவான வெப்பத்தை தேவையான விரைவில் வெளியேற்றி உள்வம் மிகைச்சூடாவதை தடுக்க ஒரு விரிவான வெப்பமாற்றலமைப்பை நிறுவவேண்டும்.

சிக்கல் 11.6



படம் 11.15

படம் 11.15 காட்டும் அமைப்பின் சீருறுதிநிலையில் எஃகுச்செம்புச்சந்தியிலுள்ள வெப்பநிலை என்ன? எஃகுக்கோலின் நீளம் $50\ cm$; செம்புக்கோலின் நீளம் $10.0\ cm$; உலையின் வெப்பநிலை $300°C$; மறுநுனியின் வெப்பநிலை $0°C$. எஃகுக்கோலின் குறுக்குப் பரப்பு செம்புக்கோலினதைப்போல் இரு மடங்கு. (எஃகின் வெப்பக்கடத்துமை $50.2\ J\, s^{-1}\, m^{-1}\, K^{-1}$;

செம்பினது $385\ J\, s^{-1}\, m^{-1}\, K^{-1}$).

தீர்வு

கோல்களை சூழ்ந்துள்ள கடத்தற்காப்பி பக்கவாட்டில் வெப்ப இழப்பை குறைக்கிறது. எனவே, கோல்களின் நீளவாட்டில் மட்டுமே வெப்பம் பாய்கிறது. கோலின் ஒரு குறுக்கு வெட்டை கருதுக. சீருறுதிநிலையில், இந்த பகுதிக்குள் பாயும் வெப்பம் அதிலிருந்து வெளியேறும் வெப்பத்துக்கு சமமாகவேண்டும்; இல்லையெனில் இந்த தனிமத்தில் நிகர வெப்பப்பெருமமோ இழப்போ ஏற்பட்டு, கோலின் வெப்பநிலை சீராக இருக்காது. இவ்வாறு சீருறுதிநிலையில் குறுக்குவெட்டின் வழி வெப்பப்பாய்வின் வீதம் எஃகுச்செம்பமைப்பின் நீளவாட்டில் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் சமம். சீருறுதிநிலையில் எஃகுச்செம்புச் சந்தியின் வெப்பநிலை T என்க.

அப்படியெனில்,

$$\frac{K_1 A_1 (300 - T)}{L_1} = \frac{K_2 A_2 (T - 0)}{L_2}$$

இங்கு, 1உம் 2உம் முறையே எஃகுக்கோலையும் செம்புக்கோலையும் குறிக்கின்றன.

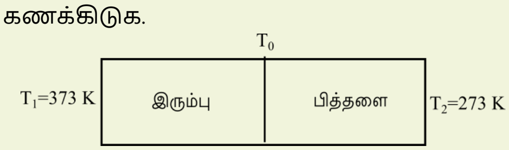
$A_1 = 2A_2,\ L_1 = 15.0\ cm,\ L_2 = 10.0\ cm,\ K_1 = 50.2\ J\, s^{-1}\, m^{-1}\, K^{-1},\ K_2 = 385\ J\, s^{-1} m^{-1} K^{-1}$ எனில்

$$\frac{50.2 \times 2(300 - T)}{15} = \frac{385T}{10}$$

இது $T = 44.4°C$ என்ற விடையை தருகிறது.

சிக்கல் 11.7

ஒரு இரும்புப்பாரையையும் ($L_1 = 0.1\ m,\ A_1 = 0.02\ m^2,\ K_1 = 79\ W\, m^{-1}\, K^{-1}$) ஒரு பித்தளைப்பாரையையும் ($L_2 = 0.1\ m,\ A_2 = 0.02\ m^2,\ K_2 = 109\ W\, m^{-1}\, K^{-1}$) படம் 11.16இல் காட்டியபடி நுனிக்குநுனியாக உருக்கிணைக்கிறோம். இரும்புப்பாரையின் மறுநுனியையும் பித்தளைப்பாரையின் மறுநுனியையும் முறையே $373\ K$இலும் $273\ K$இலும் தகவைக்கிறோம். (அ) இரண்டு பாரைகளின் சந்தியில் வெப்பநிலை, (ஆ) கூட்டுப்பாரையின் சமான வெப்பக்கடத்துமை, (இ) கூட்டுப்பாரைவழியான வெப்பப்பாய்வு ஆகியவற்றுக்கான கோவைகளை பெற்று கணக்கிடுக.



படம் 11.16

தீர்வு

தரவுகள்: $L_1 = L_2 = L = 0.1\ m,\ A_1 = A_2 = A = 0.02\ m^2,\ K_1 = 79\ W\, m^{-1}\, K^{-1},\ K_2 = 109\ W\, m^{-1}\, K^{-1},\ T_1 = 373\ K,\ T_2 = 273\ K.$

சீருறுதிநிலையில், இரும்பின்வழியான வெப்பவோட்டம் (H_1) பித்தளையின்வழியான வெப்பவோட்டத்துக்கு (H_2) சமம். எனவே,

$$H = H_1 = H_2$$

$$= \frac{K_1 A_1 (T_1 - T_0)}{L_1} = \frac{K_2 A_2 \ (T_0 - T_2)}{L_2}$$

$A_1 = A_2 = A,\ L_1 = L_2 = L$ என்றபோது, இந்த சமன்பாடு

$$K_1(T_1 - T_0) = K_2(T_0 - T_2)$$

என்று குறைகிறது. இங்குள்ள சந்திவெப்ப நிலையான T_0ஐ

$$T_0 = \frac{(K_1 T_1 + K_2 T_2)}{(K_1 + K_2)}$$

என்று பெறுகிறோம். இதை பயன்படுத்தி எந்தப்பாரையிலுமுள்ள வெப்பவோட்டமான Hஐ

$$H = \frac{K_1 A (T_1 - T_0)}{L} = \left(\frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2}\right) \frac{A(T_1 - T_2)}{L}$$

என்று பெறுகிறோம். இந்த சமன்பாட்டிலிருந்து $L_1 + L_2 = 2L$ நீளமான கூட்டுப்பாரையில் வெப்ப வோட்டமான H'ஐயும் சமான வெப்பக்கடத்துமை யான K'ஐயும்

$$H' = \frac{K' \ A \ (T_1 - T_2)}{2L} = H, \qquad K' = \frac{2K_1 K_2}{K_1 + K_2}$$

என்று காண்கிறோம்.

(அ)

$$T_0 = \frac{(K_1 T_1 + K_2 T_2)}{(K_1 + K_2)} =$$

$$\frac{(79 \ W \ m^{-1} \ K^{-1})(373K) + (109W \ m^{-1} \ K^{-1})(2}{79 \ W \ m^{-1} K^{-1} + \ 109W \ m^{-1} K^{-1}}$$

$= 315K$

(ஆ)

$$K` = \frac{2K_1 K_2}{K_1 + K_2}$$

$$= \frac{2 \times (79 \ W \ m^{-1} K^{-1}) \times (109W \ m^{-1} K^{-1})}{79W \ m^{-1} K^{-1} + 109 \ W \ m^{-1} K^{-1}}$$

$= 91.6W \ m^{-1} K^{-1}$

(இ)

$$H' = H = \frac{K` \ A \ (T_1 - T_2)}{2L}$$

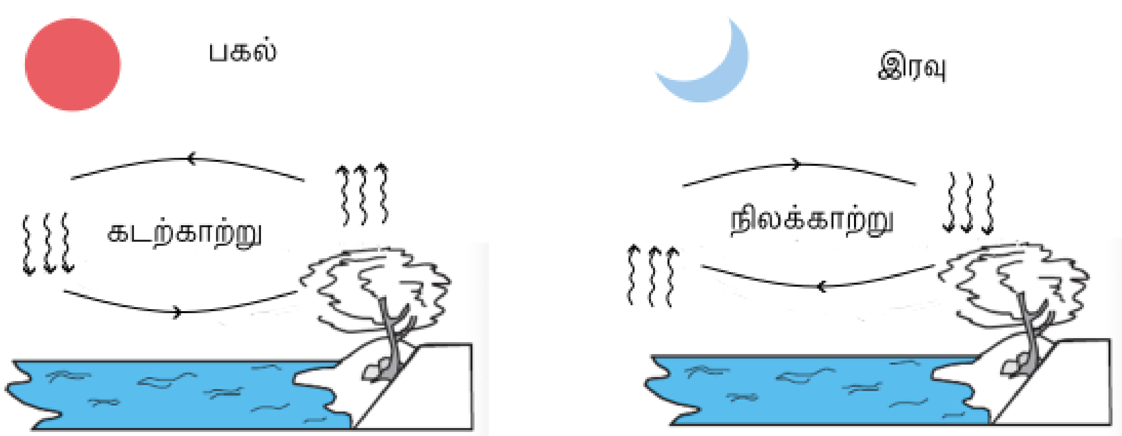
$$= \frac{(91.6 \ W \ m^{-1} K^{-1}) \times (0.02 \ m^2) \times (373K - 27}{2 \times (0.1m)}$$

$= 916.1 \ W$

11.9.2 வெப்பநகர்வு

பருப்பொருள் நகர்வதால் உண்டாகும் வெப்பமாற்றலை வெப்பநகர்வு என்கிறோம். இது பாய்மங்களில் மட்டுமே சாத்தியம். வெப்பநகர்வு இயல்பானதாகவோ வலிந்ததாகவோ இருக்கலாம். இயல்புவெப்பநகர்வில் புவியீர்ப்பு முக்கியப்பங்கை வகிக்கிறது. ஒரு பாய்மத்தை கீழிருந்து சூடாக்கும்போது சூடான பகுதி விரிவடைந்து அடர்குறைகிறது. மிதப்புமையால் அது மேலெழுந்து மேலுள்ள குளிர்ந்த பகுதியை கீழ்வரச்செய்கிறது. இது மீண்டும் சூடடைந்து மேலெழுந்து மேலுள்ள ஒப்பளவில் குளிர்ச்சி யான பகுதியை கீழ்வரச்செய்கிறது. இந்த நிகழ்முறை தொடர்கிறது. வெப்பமாற்றலின் இந்த நிலமம் கடத்தலிலிருந்து வேறுபட்டது என்பது தெளிவு. வெப்பநகர்வில் பாய்மத்தின் கணிசமான பகுதிகள் பருமளவில் நகர்கின்றன.

வலிந்த வெப்பநகர்வில் ஒரு எக்கியாலோ வேறு இயல்வழியாலோ பொருண்மத்தை நகர்த்துகிறோம். வலிந்த வெப்பநகர்வமைப்பு களின் பொதுவான சான்றுகள் வீட்டில் வலிந்தோட்டக்காற்றால் சூடாக்கலும் குளிர்வித் தலும், மனிதச்சுற்றோட்டமைப்பு, தானுந்துகளில் பொறியை குளிரூட்டும் அமைப்பு ஆகியவை. மனித உடலில் இதயம் உடலின் பல்வேறு பாகங்களுக்கு குருதியை சுற்றோட்டும் எக்கி யாக செயலாற்றுகிறது. வலிந்த வெப்பநகர்வால் வெப்பத்தை மாற்றலாக்கி உடலை ஒரு சீரான வெப்பநிலையில் தகவைக்கிறது.



படம் 11.17 வெப்பநகர்வின் சுழற்சி

பல பழக்கமான நிகழ்வுகளுக்கு இயல்புவெப்ப நகர்வு காரணமாகிறது. பகலில், பெரிய நீர்நிலை களைவிட நிலம் வேகமாக வெப்பமடைகிறது. இது நீருக்கு அதிக வெப்பக்கொண்மை இப்பதாலும், உட்கவர்ந்த வெப்பத்தை நீரோட்டங்கள் அதிக அளவான நீரில் பரத்துவதாலும் நிகழ்கிறது. சூடான நிலத்தை தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் வளி கடத்தலால் சூடாகி விரிவடைந்து சுற்றிலுமுள்ள குளிர்ந்த வளியைவிட அடர்குறைகிறது. இதன் விளைவாக, சூடான காற்று உயர்ந்து (வளியோட்டங்கள்) சூழ்ந்துள்ள வளியின் நகர்வு (காற்று) அந்த இடத்தை நிரப்புவதால் ஒரு பெரிய நீர்நிலையினருகில் குளிர்காற்று வீசுகிறது. குளிர்ந்த காற்று இறங்குவதால் வெப்பநகர்வின் சுழற்சி செயலாற்றுகிறது. இது வெப்பத்தை நிலத்திலிருந்து அகற்றுகிறது. இரவில் நிலம் வெப்பத்தை விரைவாக இழக்கிறது, மேலும் நீரின் பரப்பு நிலத்தை விட வெப்பமானது. இதன் விளைவாக, சுழற்சி திருப்பமடைகிறது (படம் 11.17).

இயல்புவெப்பநகர்வின் மற்றொரு சான்று புவியின் பரப்பில் வடகிழக்கிலிருந்து நடுக்கோட்டைநோக்கி வீசும் வணிகக்காற்று எனப்படும் ஒரு சீருறுதியான காற்று. இதன் ஒரு விளக்கம் பின்வருமாறு: புவியின் நடுக்கோடும் முனைப்பகுதிகளும் சமமற்ற கதிரவ வெப்பத்தை பெறுகின்றன. புவியின் நடுக்கோட்டினருகில் பரப்பிலுள்ள வளி சூடாகவும் முனைகளின் மேல்வளிமண்டலத்தி லுள்ள வளி குளிர்ச்சியாகவும் இருக்கின்றன. வேறு எந்த காரணியும் இல்லாதபோது, ஒரு வெப்பநகர்வோட்டம் உண்டாகிறது. புவியின் நடுக்கோட்டின் பரப்பிலுள்ள வளி உயர்ந்து முனைகளைநோக்கி நகர்கிறது; முனைகளின் மேலுள்ள வளி கீழிறங்கி புவியின் நடுக்கோட்டை நோக்கி ஓடுகிறது. ஆனால், புவியின் சுழற்சி, இந்த வெப்பநகர்வோட்டத்தை மாற்றியமைக்கிறது. இதன் காரணமாக, புவியின் நடுக்கோட்டுக்கு அருகிலுள்ள வளி கிழக்குநோக்கி மணிக்கு $1600\ km$ வேகத்தில் காற்றாக வீசுகிறது; முனைகளினருகில் அதன் வேகம் சுழியம். இதன் விளைவாக, வளி முனைகளில் இறங்காமல் $30°\ N$ குத்துக் கோணத்தில் இறங்கி புவியின் நடுக்கோட்டுக்கு திரும்புகிறது. இதை **வணிகக்காற்று** என்று அழைக்கிறோம்.

11.9.3 கதிர்வீச்சு

கடத்தலுக்கும் வெப்பநகர்வுக்கும் மாற்ற லூடகமாக ஒரு பொருண்மம் தேவைப்படுகிறது. வெப்பமாற்றலின் இந்த வழிகள் வெற்றிடத் திலோ தொலைவிலோ உள்ள பொருள்களுக் கிடையில் செயலாற்ற இயலாது. ஆனால் புவி அதிக தொலைவிலுள்ள கதிரவனிடமிருந்து வெப்பத்தை பெறுகிறது. வளி ஒரு அரிதிற்கடத்தி; வெப்பநகர் வுக்கும் சிறிது நேரம் ஆகும். எனினும், தீயின் அருகில் சென்றதும் அதன் வெப்பத்தை நாம் விரைவாக உணர்கிறோம். வெப்பமாற்ற லின் மூன்றாவது இயங்குமுறைக்கு ஊடகம் தேவையில்லை; இதை கதிர்வீச்சு என்கிறோம். மின்காந்த அலைகளால் கடத்தப்படும் ஆற்றலை கதிராற்றல் என்கிறோம். ஒரு மின்காந்த அலையில், மின்புலமும் காந்தப்புலமும் வெளியிலும் நேரத்திலும் அலைவுறுகின்றன. மற்ற அலைகளைப்போலவே, மின்காந்த அலைகளுக்கும் வெவ்வேறு அலைநீளங்கள் இருக்கலாம். இவை வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகத்தில் $(3 \times 10^8\ m\ s^{-1})$ பயணிக்கின்றன. இதைப்பற்றி நீங்கள் பின்னர் விரிவாக அறிந்துகொள்வீர்கள்; ஆனால் கதிர்வீச்சின் மூலம் வெப்பமாற்றலுக்கு எந்த ஊடகமும் தேவையில்லை என்பதும் அது ஏன் விரைவானது என்பதையும் இப்போது அறிகிறீர்கள். இவ்வாறே கதிரவனிலிருந்து புவிக்கு வெப்பம் வெற்றுவெளியின் வழியாக மாற்றலாகிறது. திண்மம், நீர்மம், வளிமம் என்ற எல்லாப்பொருள் களும் கதிர்வீச்சாற்றலை வெளியிடுகின்றன. ஒரு பொருள் அதன் வெப்பநிலையின் காரணமாக உமிழும் மின்காந்தக்கதிர்வீச்சை வெப்பக்கதிர்வீச்சு என்கிறோம். செஞ்சூடான இரும்பும் சிற்றிழைவிளக்கும் வெப்பக்கதிர் வீச்சுக்கு சான்றுகள்.

இந்த வெப்பக்கதிர்வீச்சு பொருள்களின்மீது விழும்போது அதன் ஒரு பகுதியை பொருள்கள் எதிரொளித்து மறு பகுதியை உட்கவர்கின்றன. ஒரு பொருள் கதிர்வீச்சால் உட்கவரும் வெப்பத்தின் அளவு அதன் நிறத்தைச்சார்ந்தது.

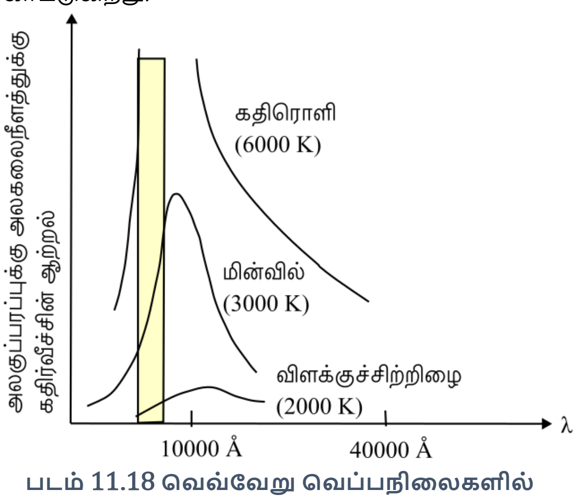
கருப்பான பொருள்கள் வெளிர்நிறமான பொருள்களைவிட நன்றாக கதிரியக்க வாற்றலை உட்கவர்வதையும் உமிழ்வதையும் காண்கிறோம். இந்த உண்மைக்கு நம் அன்றாட வாழ்வில் பல பயன்பாடுகள் உள்ளன. கோடையில் நாம் வெள்ளையோ வெளிர்நிறமோ வான ஆடைகளை அணிகிறோம், அதனால் அவை கதிரவனிலிருந்து குறைந்த வெப்பத்தையே உட்கவர்கின்றன. ஆனால், குளிர்காலத்தில், கருப்போ அடர்நிறமோவான ஆடைகளை பயன்படுத்துகிறோம். இது கதிரவனிலிருந்து வெப்பத்தை உட்கவர்ந்து நம் உடலை சூடாக வைத்திருக்கிறது. உணவை சமைப்பதற்கான பாத்திரங்களின் அடிப் பகுதியை கருமையாக்குவது நெருப்பிலிருந்து அதிக வெப்பத்தை உட்கவர்ந்து சமையலுக்குள் ளாகும் உணவுப்பொருள்களுக்கு மாற்றுகிறது.

தூவரின் குடுவை எனப்படும் வெப்பக் குடுவை புட்டியின் உள்ளடக்கங்களுக்கும் வெளிப்பகுதிகளுக்குமிடையான வெப்ப மாற்றத்தை குறைப்பதற்கான ஒரு அமைகருவி.

இது இரட்டைச்சுவருள்ள ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தாலானது. உட்சுவரின் வெளிப்பக்க மும் வெளிச்சுவரின் உட்பக்கமும் வெள்ளிபூசப் பட்டவை. இதனால் உட்சுவரில் படும் கதிர்வீச்சு புட்டிலுக்குள்ளும் வெளிச்சுவரில் படுவது வெளிநோக்கியும் எதிரொளிக்கப்படுகின்றன. சுவர்களுக்கிடையான வெளி வெற்றிடமாக்கப் பட்டு கடத்தலையும் வெப்பநகர்வையும் குறைக்கிறது. குடுவையை மூட தக்கை போன்ற ஒரு வெப்பக்காப்பி பயன்படுகிறது. எனவே, இந்த அமைகருவி பால் போன்ற சூடான உள்ளடக்கங்கள் ஆறிப்போவதை தடுக்க பயன்படுகிறது; மறுவழியாக பனிக்கட்டி போன்ற குளிர்பொருள்களை வைக்கவும் உதவுகிறது.

11.9.4 கரும்பொருட்கதிர்வீச்சு

வெப்பக்கதிர்வீச்சின் அலைநீளங்களை இது வரை நாம் குறிப்பிடவில்லை. அதன் முக்கியமான பண்புக்கூறு என்னவென்றால், அதில் ஒன்றோ சிலவோவான அலைநீளங்கள் இல்லாமல், குறுகிய அலைநீளத்திலிருந்து நீண்ட அலைநீளங்கள்வரை தொடர்ச்சியான ஒரு நிறமாலை அடங்குகிறது. கதிர்வீச்சில் அடங்கி யுள்ள ஆற்றல் வெவ்வேறு அலைநீளங்களுக்கு தகுந்தவாறு மாறுபடுகிறது. ஒரு கரும்பொருள் ஓரலகு பரப்பில் உமிழும் ஓரலகு அலைநீளத்துக் கான கதிர்வீச்சாற்றலின் பரிசோதனைவளை வரைகளை அலைநீளங்களுக்கு எதிராக வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் படம் **11.18** காட்டுகிறது.



படம் 11.18 வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் ஒரு கரும்பொருள் உமிழும் அலைநீளத்துக்கு எதிராக ஆற்றல்

மீப்பெரும ஆற்றலுள்ள அலைநீளமான λ_m வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது குறைவதை நோக்குக. வெப்பநிலையுடன் λ_m க்கும் Tக்குமான

$$\lambda_m T = \text{மாறிலி} \qquad (11.15)$$

என்ற உறவை **வியனின் இடப்பெயர்ச்சிவிதி** என்கிறோம்.

வியன்மாறிலியான λ_mஇன் மதிப்பு $2.9 \times 10^{-3}\, m\, K$. இந்த விதி ஒரு இரும்புத்துண்டை ஒரு சுடரில் வெப்பமூட்டும்போது அது முதலில் மந்தமான சிவப்பாகவும், பிறகு சிவந்த மஞ்சளாகவும், இறுதியில் வெண்சூடாகவும் மாறுவதை விளக்கு கிறது. வியனின்விதி நிலா, கதிரவன், மற்ற உடுக்கள் போன்ற வான்பொருள்களின் பரப்புவெப்பத்தை மதிப்பி டுவதிலும் பயன்படுகிறது. நிலாவிலிருந்து வரும் ஒளியில் மீப்பெரும உரப்பு $14\, \mu m$ என்ற அலைநீளத்திலுள்ளது. வியனின் விதிப்படி, நிலாவின் பரப்புவெப்பநிலையை $200\, K$ என்று மதிப்பிடுகி றோம். கதிரவக்கதிர்வீச்சில் மீப்பெருமம் $\lambda_m = 4753$ Å. இது $T = 6060\, K$க்கு நிகராகிறது. இது கதிரவனின் பரப்புவெப்ப நிலையேயன்றி உள்வத்தின் வெப்பநிலையன்று என்பதை நினைவுகொள்க.

படம் 11.18இலுள்ள கரும்பொருட்கதிர் வீச்சுக்கான வளைவரைகளில் குறிப்பிடத்தக்கது என்னவென்றால் அவை அனைத்துவமானவை. அதாவது. இவை கரும்பொருளின் இயல்பு, அளவு, வடிவம் ஆகிவற்றுள் எதையும் சார்ந்திராமல் வெப்ப நிலையை மட்டுமே சார்ந்துள்ளன. இருபதாம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் கரும்பொருட்கதிர் வீச்சை கோட்பாட்டளவில் விளக்கும் முயற்சிகள் இயற்பியலில் துணுக்கப்புரட்சியை தூண்டின. இதை நீங்கள் பின்னர் வரும் பாடங்களில் கற்றுக்கொள் வீர்கள்.

ஒரு ஊடகம் இல்லாமல் (அதாவது வெற்றிடத்தில்) கதிர்வீச்சால் ஆற்றல் அதிக தொலைவுக்கு மாற்றலாகலாம். ஒரு பொருள் T என்ற ஒப்பிலா வெப்பநிலையில் கதிர்வீசும் மொத்த மின்காந்த ஆற்றல் அதன் அளவுக்கும் கதிர்வீசும் இயன்மைக்கும் (உமிழ்மைக்கும்) அதிமுக்கியமாக அதன் வெப்பநிலைக்கும் நேர் விமுக்காடானது. ஒரு கச்சிதமான கதிர்வீசி (கச்சிதமாக கதிர்வீசும் பொருள்) ஓரலகு நேரத்தில் உமிழும் ஆற்றல்

$$H = A\sigma T^4 \qquad (11.16)$$

இங்கு A பரப்பளவு, T பொருளின் ஒப்பிலா வெப்பநிலை. சுதீபன் பரிசோதனையால் பெற்று பின்பு போட்சுமன் கோட்பாட்டால் நிறுவிய இந்த உறவை **சுதீபன்போட்சுமனின் விதி** என்றும் σ என்ற மாறிலியை சுதீபன்போட்சுமனின் மாறிலி என்றும் அழைக்கிறோம். அவ அலகுகளில் அதன் மதிப்பு $5.67 \times 10^{-8}\, W\, m^{-2}\, K^{-4}$. பெரும்பாலான பொருள்கள் (11.16) ஆம் சமன்பாடு தரும் வீதத்தில் ஒரு சிறு பகுதியையே உமிழ்கின்றன. விளக்குக்கரிபோன்ற ஒரு பொருள் இந்த எல்லைக்கு அருகில் வருகிறது. எனவே ஒரு பருமானமற்ற e என்ற பின்னத்தை

$$H = Ae\sigma T^4 \quad (11.17)$$

என்ற சமன்பாட்டால் வரையறுத்து, அதை *உமிழ்மை* என்று அழைக்கிறோம். இங்கு, $\sigma = 1$ ஒரு கச்சிதமான கதிர்வீசியை குறிக்கிறது. ஒரு தங்குசிட்டன் விளக்குக்கு e சுமார் 0.4. எனவே, $0.3\ cm^2$ பரப்பளவுள்ள ஒரு தங்குசிட்டன்விளக்கு $3000\ K$ வெப்பநிலையில் $H = 0.3 \times 10^{-4} \times 0.4 \times 5.67 \times 10^{-8} \times (3000)^4\ W \cong 60\ W$ என்ற வீதத்தில் ஒளிவீசுகிறது.

T என்ற வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு பொருள் $T_{சூ}$ எனற வெப்பநிலையிலுள்ள சூழமைவில் இருக்கும்போது ஆற்றலை உமிழ்வது மட்டுமல்லாமல் ஆற்றலை பெறவும்செய்கிறது. ஒரு கச்சிதக்கதிர்வீசி கதிர்வீச்சாற்றலை இழப்பதன் நிகர வீதம்

$$H = \sigma\, A \left(T^4 - T_{சூ}^4\right)$$

பொருளின் உமிழ்மை e எனில், சமன்பாட்டை இவ்வாறு மாற்றியமைக்கிறோம்.

$$H = e\, \sigma\, A \left(T^4 - T_{சூ}^4\right) \quad (11.18)$$

சான்றாக, நம் உடல் கதிர்வீசும் வெப்பத்தை மதிப்பிடுவோம். ஒருவரது உடலின் பரப்பளவு சுமார் $1.9\ m^2$ என்றும் அறை வெப்பநிலை $22°C$ என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். உடலின் உள்வெப்பநிலை சுமார் $37°C$ என்பது நாம் அறிந்ததே.. தோலின் வெப்பநிலை $28°C$ என்போம். இங்கு தொடர்பான மின்காந்தக்கதிர் வீச்சின் பகுதிக்கு தோலின் உமிழ்மை சுமார் 0.97. எனவே வெப்பவிழப்பின் வீதம்

$$H = 5.67 \times 10^{-8} \times 1.9 \times 0.97 \times \{(301)^4 - (295)^4\} = 66.4\ W$$

இது ஓய்விலிருக்கும் உடல் உற்பத்திசெய்யும் ஆற்றலில் $(120\ W)$ பாதிக்கும் மேலானது. இந்த வெப்பமிழப்பை பயனுறுவகையில் தடுக்க (புவியின் வடமுனைக்கருகில் வாழ்வோர் பயன்படுத்தும்) வடமுனையாடைகளை தோலி னருகில் ஒரு பளபளப்பான மாழைப்படலம் இருக்கும்படி வடிவமைக்கின்றனர். இந்தப்படலம் உடலின் கதிர்வீச்சை உடலைநோக்கி எதிரொளிக்கிறது.

11.9.5 பசுங்குடில்விளைவு

புவியின் பரப்பு கதிரவனிடமிருந்து வரும் ஆற்றலை உட்கவர்வதால் அது வெப்பக்கதிர்வீச்சின் ஒரு மூலமாகிறது. இந்த கதிர்வீச்சின் அலைநீளம் நீளலைப்பகுதியில் (அகச்சிவப்பில்) உள்ளது. ஆனால் இந்த கதிர்வீச்சின் பெரும்பகுதியை கரிமவீராக்கு சைடு (CO_2), மீத்தேன் (CH_4), நைற்றசவாக்கு சைடு (N_2O), ஐதரசக்குளோப்புரோரக் கரிமம் $(CF_xCl_yH_z,\ x + y + z = 4)$, மீட்புக் கோளத்திலுள்ள ஓசோன் (O_3) ஆகிய பசுங்குடில்வளிமங்கள் உட்கவர்கின்றன. இது வளிமண்டலத்தை வெப்பமாக்கி புவிக்கு மேலும் ஆற்றலை அளிப்பதன் விளைவாக புவிப்பரப்பு மேலும் வெப்பமடைகிறது. இது பரப்பிலிருந்து வரும் கதிர்வீச்சின் உரப்பை அதிகரிக்கிறது. மேலே விவரிக்கப்பட்ட நிகழ்முறையின் சுழற்சி மீண்டும் மீண்டும் நிகழ்ந்து உட்கவர கதிர்வீச்சு இருக்கும்வரை தொடர்கிறது. நிகர விளைவு புவியின் பரப்பையும் வளிக்கோளத்தையும் வெப்பமடையச் செய்வது. இதை **பசுங்குடில்விளைவு** என்று அழைக்கிறோம். பசுங்குடில்விளைவு இல்லாவிட்டால், புவியின் வெப்பநிலை $-18°C$ ஆக இருந்திருக்கும்.

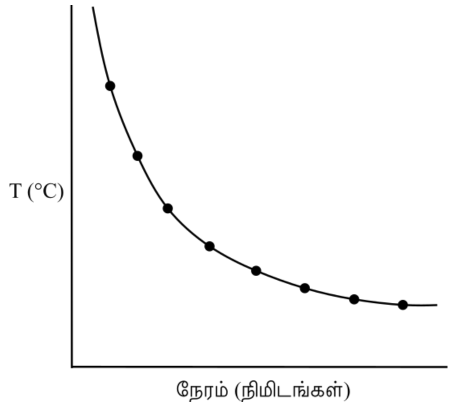
மனித நடவடிக்கைகளால் பசுங்குடில் வளிமங்களின் செறிவு அதிகரித்து, நிலம் வெப்பமடைகிறது. ஒரு மதிப்பீட்டின்படி, புவியின் சராசரி வெப்பநிலை இந்த நூற்றாண்டின் தொடக்கத்திலிருந்து 0.3 முதல் $0.6°C$ வரை அதிகரித்துள்ளது. அடுத்த நூற்றாண்டின் நடுப்பகுதியில் முழுப்புவி வெப்பம் இன்று இருப்பதைவிட 1 முதல் $3°C$ அதிகமாக இருக்கலாம். இந்த புவிவெம்பல் மனித வாழ்க்கைக்கும் தாவரங்களுக்கும் விலங்குகளுக்கும் சிக்கல்களை ஏற்படுத்தலாம். புவிவெம்பலால், பனிக்கட்டிகள் வேகமாக உருகுகின்றன; கடலமட்டம் உயர்ந்து வருகிறது; வானிலை மாறுகிறது; பல கடலோர நகரங்கள் நீரில் மூழ்கும் இக்கில் உள்ளன. இந்த மேப்பெருக்கப்பசுங்குடில்விளைவு பாலைவனங் கள் விரிவாவதற்கும் காரணமாகலாம். உலகமுழுவதும், புவிவெம்பலின் விளைவுகளை குறைக்கும் முயற்சிகளை நாடுகள் மேற்கொண்டுவருகின்றன.

11.10 நியூட்டனின் குளிர்வுவிதி

சூடான நீரையோ பாலையோ மேசைமீது வைக்கும்போது அது படிப்படியாக குளிரத் தொடங்குவதை (ஆறத்தொடங்குவதை) அறிவோம். இறுதியில் அது சூழமைவின் வெப்பநிலையை அடைகிறது. ஒரு பொருள் தன் சூழமைவுடன் வெப்பத்தை இடைமாற் றுவது எந்த வேகத்தில் நடைபெறலாம் என்பதை அறிய கீழ்க்காணும் செயலை மேற்கொள்வோம்.

சிறிதளவு $(300\ ml$ என்க) நீரை ஒரு வெப்பளவி யில் எடுத்து ஒரு இருதுளையுள்ள மூடியால் மூடுக. ஒரு துளையில் ஒரு கலக்கியையும் மறுதுளையில் ஒரு வெப்பநிலை யளவியையும் செருகுக. வெப்ப நிலையளவியின் குமிழ் நீருள் மூழ்கியிருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்க. வெப்பநிலையளவி காட்டும் வெப்பநிலையை T_1 என்று குறித்துக்கொள்க. இது சூழமைவின் வெப்பநிலை. இப்போது வெப்பளவியிலுள்ள நீரை அறைவெப்பநிலையி லிருந்து (சூழமைவின் வெப்பநிலையிலிருந்து) சுமார் $40°C$ அதிகமாகும்வரை சூடாக்குக.

இப்போது வெப்ப மூலத்தை நீக்குவதன்மூலம் சூடாக்குவதை நிறுத்துக. ஒரு நிறுத்தக் கடிகாரத்தை பயன்படுத்தி ஒரு குறிப்பிட்ட நேர இடைவெளியில் (ஒவ்வொரு நிமிடமும் என்க) நீரை மெதுவாக சற்று கலக்கிவிட்டு வெப்பநிலையை குறித்துவருக. வெப்பநிலை அறைவெப்பநிலையிலிருந்து $5°C$ மேலிருக்கும் வரை தொடர்க. ஒவ்வொரு நேர இடைவெளிக்கு மான வெப்பநிலைமாறுபாட்டை (ΔT) yஅச்சிலும் நேரத்தை xஅச்சிலும் வரைகோடிடுக (படம் 11.19).



படம் 11.19 நீர் குளிர்வதை நேரத்துடன் காட்டும் வரைவளை

வரைபடத்திலிருந்து, வெந்நீர் குளிர்வது அதன் வெப்பநிலைக்கும் சூழிடத்தின் வெப்ப நிலைக்குமான வேறுபாட்டை எவ்வாறு சார்ந் திருக்கிறது என்பதை நீங்கள் உய்த்துணரலாம். தொடக்கத்தில் குளிர்வுவேகம் அதிகமாயிருப் பதையும் பொருளின் வெப்பநிலை குறையும் போது குளிரும்வேகமும் குறைவதையும் நீங்கள் நோக்கலாம்.

மேற்கண்ட செயலில் ஒரு சூடான பொருள் கதிர்வீச்சின் வடிவில் வெப்பத்தை சூழமைவுக்கு இழக்கிறது. இழப்பின் வீதம் பொருளுக்கும் சூழமைவுக்குமிடையான வெப்பநிலைவேறு பாட்டை சார்ந்திருக்கிறது. ஒரு பொருள் வெப்பத்தை இழக்கும் வீதத்துக்கும் அதன் வெப்பநிலைக்குமுள்ள உறவை அமைமுறை யாக முதலில் ஆய்ந்தறிந்தவர் நியூட்டன்.

நியூட்டனின் குளிர்வுவிதியின்படி வெப்பத்தின் இழப்புவீதமான $-dQ/dt$ பொருளுக்கும் சூழமைவுக் குமிடையான $\Delta T = (T_2 - T_1)$ என்ற வெப்பநிலை வேறுபாட்டுக்கு நேர்விழுக்காடானது. மேலும் கதிர்வீச்சால் வெப்பமிழப்பது பொருளின் பரப்பின் இயல்பையும் பரப்பளவையும் சார்ந்தது. எனவே

$$-\frac{dQ}{dt} = k(T_2 - T_1) \qquad (11.19)$$

இங்கு k என்ற நேர்ம மாறிலி பொருளின் பரப்பின் இயல்பையும் பரப்பளவையும் சார்ந்தது. m நிறையும் s வெப்பக்கொண்மையு முள்ள ஒரு பொருள் T_2 வெப்பநிலையில் இருப்பதாக கொள்க. சூழிடத்தின் வெப்பநிலை T_1 என்க. dt என்ற ஒரு சிறு நேரத்தில் வெப்பநிலை dT_2 என்ற சிறு அளவால் குறைந்தால், இழந்த வெப்பத்தை

$$dQ = m\, s\, dT_2$$

என்று எழுதலாம். எனவே வெப்பயிழப்பின் வீதம்

$$\frac{dQ}{dt} = ms\frac{dT_2}{dt} \qquad (11.20)$$

என்றாகிறது. (11.19), (11.20) ஆகிய சமன்பாடுகளி லிருந்து

$$-ms\frac{dT_2}{dt} = k\,(T_2 - T_1)$$

$$\frac{dT_2}{(T_2 - T_1)} = -\frac{k}{ms}dt = -K\,dt \qquad (11.21)$$

என்று பெறுகிறோம். இங்கு $K = k/m\,s$

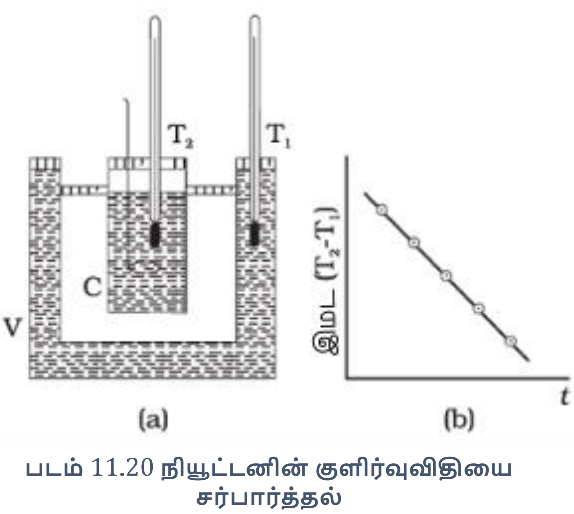
இதை தொகையிடும்போது

$$\text{மட}_e(T_2 - T_1) = -K\,t + c \qquad (11.22)$$

$$T_2 = T_1 + C'e^{-Kt}, \qquad C' = e^c \qquad (11.23)$$

என்றாகிறது. (11.23)ஆம் சமன்பாட்டால் ஒரு பொருள் வெப்பநிலையின் ஒரு குறிப்பிட்ட வீச்சில் குளிர்வடைய ஆகும் நேரத்தை கணக்கிடலாம்.

வெப்பநிலையின் சிறுவேறுபாடுகளுக்கு, கடத்தல், வெப்பநகர்வு, கதிர்வீச்சு ஆகியவற்றின் கூட்டால் நிகழும் குளிர்வின் வீதம் வெப்பநிலை யின் வேறுபாட்டுக்கு நேர்விழுக்காடானது. ஒரு கதிர்வீசியிலிருந்து ஒரு அறைக்கு வெப்பம் மாற்றலாவது, அறையின் சுவர்வழியாக வெப்ப இழப்பு, மேசையில் ஒரு தேநீர்க்கோப்பை குளிர்தல் ஆகிய நிகழ்வுகளில் இது ஏற்புடைய தோராயம்.



படம் 11.20 நியூட்டனின் குளிர்வுவிதியை சர்பார்த்தல்

நியூட்டனின் குளிர்வுவிதியை படம் 11.20(அ)வில் காட்டிய பரிசோதனையமைப்பால்

சரிபார்க்கலாம். இரட்டைச்சுவருள்ள ஒரு கொள்கலனில் (V) இரண்டு சுவர்களுக்கு மிடையில் நீர் இருக்கிறது. வெந்நீருள்ள ஒரு செம்புவெப்பளவியை (C) இந்த கலனினுள் வைக்கிறோம். வெப்பளவியிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையையும் (T_2) சுவர்களுக்கிடை யிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலையையும் (T_1) அறிய இரண்டு வெப்பநிலையளவிகளை தக்கைகள் வழி செருகுகிறோம். வெப்பளவியிலுள்ள வெந்நீரின் வெப்பநிலையை சமநேர இடைவெளிகளில் குறிக்கிறோம். நேரத்துடன் (t) வெப்பவேறுபாட்டின் மடக்கையை மட$_e(T_2 - T_1)$ வரைகோடாக வரைகிறோம். இந்த கோடு படம் 11.20(ஆ)வில் காட்டியபடி நேர்க்கோடாக வும் .எதிர்மச்சாய்வாகவும் இருப்பதை காண்கிறோம். இது (11.20) ஆம் சமன்பாட்டுக்கு உறுதியளிக்கிறது.

சிக்கல் 11.8

அறையின் வெப்பநிலை $20°C$ ஆக இருக்கும்போது, சூடான உணவடங்கிய ஒரு சமையற்கலன் $94°C$இலிருந்து $86°C$க்கு ஆற 2 நிமிடம் ஆகிறது.. $71°C$இலிருந்து $69°C$க்கு ஆற எவ்வளவு நேரம் ஆகும்?

தீர்வு

$94°C$, $86°C$ ஆகியவற்றின் சராசரிவெப்ப நிலை $90°C$, இது அறைவெப்பநிலையை விட $70°C$ அதிகம். இந்த நிலைமையில், $8°C$ குளிர 2 நிமிடம் ஆகிறது. (11.21)ஆம் சமன்பாட்டை பயன்படுத்தி

$$\frac{\text{வெப்பநிலையில் மாற்றம்}}{\text{நேரம்}} = K\,\Delta T$$

$$\frac{8°C}{2\text{ நிமிடம்}} = K\,(70°K)$$

$69°C$, $71°C$ ஆகியவற்றின் சராசரி $70°C$, இது அறைவெப்பநிலையைவிட $50°C$ அதிகம்.. இந்த நிலைமைக்கும் முன்பு பார்த்த நிலைமைக்கும் K ஒரே மதிப்புள்ளது.

$$\frac{2°C}{\text{நேரம்}} = K\,(50°K)$$

இரண்டு சமன்பாடுகளையும் வகுக்கும்போது

$$\frac{8°C\ /2\text{ நிமிடம்}}{2°C/\text{நேரம்}} = \frac{K(70\,°C)}{K(50\,°C)}$$

எனவே, நேரம் $=$ 0.7 நிமிடம் $=$ 42 நொடி.

சுருக்கவுரை

1. வெப்பம் என்பது ஒரு பொருளுக்கும் அதன் சூழிடத்துக்குமிடையான வெப்பநிலைவேறுபாட்டால் பாயும் ஒரு ஆற்றல்வடிவம். ஒரு பொருளின் வெப்பத்தகவை அதன் வெப்பநிலையால் அளவியமாக குறிப்பிடுகிறோம்.
2. வெப்பநிலையை அளவிடும் அமைகருவி (வெப்பநிலையளவி) வெப்பநிலையுடன் மாறும் சில அளவிடக்கூடிய பண்புகளை (வெப்பளவப்பண்புகளை) பயன்படுத்துகிறது. வெவ்வேறு வெப்பநிலையளவிகள் வெவ்வேறு வெப்பநிலையளவங்களை விளைவிக்கின்றன. ஒரு வெப்பநிலையளவத்தை உருவாக்க இரண்டு நிலையான புள்ளிகளை தேர்ந்தெடுத்து அவற்றுக்கு குறிப்பற்ற வெப்பநிலைமதிப்புகளை ஒதுக்குகிறோம். இந்த இரண்டு எண்களும் அளவத்தின் மூலத்தையும் அலகின் அளவையும் தீர்மானிக்கின்றன.
3. செல்சியசுவெப்பநிலையும் $(T_{\text{செ}})$ பாரனயிட்டுவெப்பநிலையும் $(T_{\text{பா}})$

$$T_{\text{பா}} = \left(\frac{8}{5}\right) T_{\text{செ}} + 32$$

என்ற உறவுள்ளவை.

4. அழுத்தம் (P), பருமன் (V), ஒப்பிலா வெப்பநிலை (T) ஆகியவற்றை இணைக்கும் நல்லியல்புவளிமச்சமன்பாடு

$$pV = \mu RT$$

இங்கு, μ மோல்களின் எண்ணிக்கை; R அனைத்துவ வளிமமாறிலி.

5. ஒப்பிலா வெப்பநிலையளவத்தில் சுழியம் இயற்கையிலுள்ள ஒவ்வொரு பொருளின் மூலக்கூறுகளும் சாத்தியமான மீக்குறைந்த செயன்மத்திலிருக்கும் நிலைக்கு நிகரானது. கெல்வினின் ஒப்பிலா வெப்பநிலையளவத்தின் (T) அலகளவு செல்சியசளவத்தின் $(T_{\text{செ}})$ அலகளவுக்கு சமம்; ஆனால் நோக்கீட்டுமூலத்தில் வேறுபடுகிறது.

$$T_{\text{செ}} = T - 273.15$$

6. நேரியவிரிவாக்கத்தின் குணகத்தையும் (α_l) பருமன்விரிவாக்கத்தின் குணகத்தையும் (α_v) கீழ்கண்ட உறவுகளால் வரையறுக்கிறோம்.

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha_{\text{நே}}\Delta T$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \alpha_{\text{ப}}\Delta T$$

இங்கு Δl, ΔV ஆகியவை DT என்ற வெப்பநிலைமாற்றத்தால் நீளத்திலும் பருமனிலும் ஏற்படும் மாற்றங்களை குறிக்கின்றன. அவற்றுக்கிடையான தொடர்பு

$$\alpha_v = 3\alpha_l$$

7. ஒரு பொருளின் வெப்பக்கொண்மையை

$$s = \frac{1}{m}\frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

என்று வரையறுக்கிறோம். இங்கு m பொருளின் நிறை; ΔQ பொருளின் வெப்பநிலையை ΔTயால் மாற்ற தேவையான வெப்பம்.. ஒரு பொருளின் மோலார் வெப்பகொண்மையை

$$C = \frac{1}{\mu}\frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

என்று வரையறுக்கிறோம். இங்கு, μ பொருளின் மோல்களின் எண்ணிக்கை.

8. உருகல்வெப்பம் ($L_{உ}$) என்பது மாறாத வெப்பநிலையிலும் அழுத்தத்திலும் ஒரு பொருளின் ஓரலகு நிறையை திண்மநிலையிலிருந்து நீர்மமாக மாற்ற தேவைப்படும் வெப்பம். ஆவியாதல்வெப்பம் ($L_{ஆ}$) மாறாத வெப்பநிலையிலும் அழுத்தத்திலும் ஒரு பொருளின் ஓரலகு நிறையை நீர்மநிலையிலிருந்து ஆவியாக மாற்ற தேவைப்படும் வெப்பம்.
9. வெப்பத்தை மாற்றலாக்கும் மூன்று வழிகள் கடத்தல், வெப்பநகர்வு, கதிர்வீச்சு ஆகியவை.
10. வெப்பக்கடத்தலில், பொருளின் எந்த ஓட்டமும் இல்லாமல், மூலக்கூறுகளின் மோதல்களால் பொருளின் அண்டைப்பகுதிகளுக்கிடையில் வெப்பம் மாற்றலாகிறது. T_C , T_D ஆகிய வெப்பநிலைகளில் வைத்திருககும் L நீளமும் சீரான A குறுக்குவெட்டுப்பரப்புமுள்ள ஒரு பாரைக்கு வெப்பவோட்ட வீதம்

$$H = K\,A\,\frac{T_C - T_D}{L}$$

இங்கு K பாரைப்பொருண்மத்தின் வெப்பக்கடத்துமை.

11. நியூட்டனின் குளிரூட்டும் விதி, பொருளின் குளிர்வுவீதம் பொருளின் வெப்பநிலை சூழமைவின் வெப்பநிலையை விட அதிகமாயிருக்கும் அளவின் விழுக்காடானது என்று கூறுகிறது. அதாவது

$$-\frac{dQ}{dt} = k\,(T_2 - T_1)$$

இங்கு T_1 சூழ்ந்துள்ள ஊடகத்தின் வெப்பநிலை; T_2 பொருளின் வெப்பநிலை.

அளவு	அடையாளம்	பருமானங்கள்	அலகு	குறிப்புரை
பொருளளவு	μ	$[mol]$	mol	
செல்சியசுவெப்பநிலை	$t_{செ}$	$[K]$	$°C$	
கெல்வினின் ஒப்பிலா வெப்பநிலை	T	$[K]$	K	$T = t_{செ} + 273.15$
நேரியவிரிவுக்கெழு	$\alpha_{நே}$	$[K^{-1}]$	K^{-1}	
பருமன்விரிவுக்கெழ்	$\alpha_{ப}$	$[K^{-1}]$	K^{-1}	$\alpha_{ப} = 3\,\alpha_{நே}$
அமைப்புக்கு வழங்கப்படும் வெப்பம்	ΔQ	$[ML^2T^{-2}]$	J	Q நிலைமாறி அன்று
வெப்பக்கொண்மை	s	$[L^2T^{-2}K^{-1}]$	$J\,kg^{-1}\,K^{-1}$	
வெப்பக்கடத்துமை	K	$[MLT^{-3}\,K^{-1}]$	$J\,s^{-1}\,K^{-1}$	$H = -KA\frac{dT}{dx}$

உங்கள் சிந்தனைக்கு

1. கெல்வின்வெப்பநிலைக்கும் (T) செல்சியசுவெப்பநிலைக்குமான

$$T = t_{செ} + 273.15$$

என்ற உறவும். நீரின் மும்மப்புள்ளிக்கு $T = 273.16\,K$ என்ற வெப்பநிலையும் நாமே தேர்ந்துகொண்டவை; எனவே இவை முழுச்சரியானவை. இவ்வாறு தேர்ந்தபின், 1 வகோ அழுத்தத்தில் நீரின் உருகுநிலையும் கொதிநிலையும் $0°C$க்கும் $100°C$க்கும் மிக அருகில் இருப்பினும் மிகச்சரியாக அவற்றுக்கு சமமாக இல்லை. முன்பு இந்த இரண்டு புள்ளிகளும் முழுச்சரியாக $0°C$ஆகவும் $100°C$ஆகவும் இருக்கும்படி செல்சியசளவத்தை வரையறுத்திருந்தனர். இப்போது அதை சற்றே மாற்றி ஒருத்துவமான புள்ளியான நீரின் மும்மப்புள்ளியின் அடிப்படையில் வரையறுக்கின்றனர்.

2. ஆவியும் நீர்மமும் சமநிலையிலிருக்கும் ஒரு அமைப்பின் எல்லலாவிடங்களிலும் ஒரே அழுத்தமும் வெப்பநிலையும் உள்ளன. சமநிலையிலுள்ள இரண்டு முகநிலைகளும் மோலிரப்பருமனில் (அடர்வில்) வேறுபடுகின்றன. இது எத்தனை முகநிலைகளுள்ள அமைப்புக்கும் உண்மை.

3. வெப்பமாற்றல் எப்போதும் வெவ்வேறு அமைப்புகளிடையோ ஒரு அமைப்பின் வெவ்வேறு பகுதிகளிடையோவுள்ள வெப்பநிலைவேறுபாட்டால் நிகழ்கிறது. வெப்பநிலைவேறுபாட்டால் ஏற்படாத ஆற்றன்மாற்றல் வெப்பமன்று.

4. வெப்பநகர்வில் பாய்மத்தின் வெவ்வேறு பாகங்களிடையான வெப்பநிலைவேறுபாட்டால் பாய்மத்தினுள் பொருண்மப்பாய்வு நிகழ்கிறது. ஓடும் நீர்க்குழாயின் அடியில் வைத்த ஒரு சூடான பாரை வெப்பத்தை இழப்பது பாரையின் பரப்புக்கும் நீருக்குமிடையான கடத்தலால் ஏற்படுகிறது; நீருக்குள் நிகழும் வெப்பநகர்வால் ஏற்படவில்லை.

பயிற்சிகள்

11.1 நியானுக்கும் கரிமவீராக்குசைட்டுக்கும் மும்மப்புள்ளிகள் முறையே $24.57\ K$, $216.55\ K$. இந்த வெப்பநிலைகளை செல்சியசிலும் பாரனைட்டிலும் உரைக்க.

11.2 A, B ஆகிய இரண்டு ஒப்பிலா அளவங்களை நீரின் மும்மப்புள்ளிகள் முறையே $200\ A$, $350\ B$ என்றிருக்கும்படி வரையறுக்கிறோம். T_A, T_Bக்கிடையான தொடர்பு என்ன?

11.3 ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையளவியின் மின்றடையம் (ஓமில்) வெப்பநிலையுடன்

$$R = R_0\big(1 + \alpha(T - T_0)\big)$$

என்ற விதிப்படி மாறுகிறது. நீரின் மும்மப்புள்ளியில் தடையம் $101.6\ \Omega$; ஈயத்தின் இயல்பான உருகுநிலையான $600.5\ K$இல் $165.5\ \Omega$. தடையம் $123.4\ \Omega$ஆயிருக்கும்போது வெப்பநிலை என்ன?

11.4 கீழ்க்காண்பவற்றுக்கு விடையளிக்க.

a. இக்கால வெப்பளவியலில் நீரின் மும்மப்புள்ளியை செந்தரப்புள்ளியாக எடுப்பது ஏன்? செல்சியசளவத்தில் முன்பு செய்ததுபோல் நீரின் உறைநிலையையும் கொதிநிலையையும் செந்தரப்புள்ளிகளாக எடுப்பதில் என்ன தவறு?

b. முன்பிருந்த செல்சியசளவத்தில் மேற்சொன்னபடி இரண்டு நிலையான புள்ளிகளுக்கு $0°C$, $100°C$ ஆகிய செந்தர மதிப்புகள் நிகராயின. ஒப்பிலா அளவத்தில் ஒரு நிலையான புள்ளி நீரின் மும்மப்புள்ளி. இது கெல்வினின் அளவத்தில் $273.16\ K$ என்ற மதிப்பை பெறுகிறது. இந்த (கெல்வினில்) அளவத்தின் மற்ற நிலையான புள்ளி எது?

c. ஒப்பிலா அளவத்தின் (கெல்வினளவம்) வெப்பநிலையான T செல்சியசளவத்தின் வெப்பநிலையான $T_{செ}$யுடன்

$$t_{செ} = T - 273.15$$

என்ற தொடர்புடையது. இங்கு 273.16 இல்லாமல் ஏன் 273.15 இருக்கிறது?

d. அலகின் இடைவெளியளவு பாரனயிட்டளவத்தின் இடைவெளியளவுக்கு சமமான ஒரு ஒப்பிலா அளவத்தில் நீரின் மும்மப்புள்ளியின் வெப்பநிலை என்ன?

11.5 A, B ஆகிய இரண்டு நல்லியல்புவளிம வெப்பநிலையளவிகளில் முறையே ஆக்குசிசனும் ஐதரசனும் பயன்படுகின்றன. கீழ்க்காணும் கண்டறிதல்களை பெறுகிறோம்:

வெப்பநிலை	அழுத்தம் (A)	அழுத்தம் (B)
நீரின் மும்மப்புள்ளி	$1.250 \times 10^5\ Pa$	$0.200 \times 10^5\ Pa$
கந்தகத்தின் இயல்பான உருகுநிலை	$1.797 \times 10^5\ Pa$	$0.287 \times 10^5\ Pa$

a. கந்தகத்தின் இயல்பான உருகுநிலையில் ஒப்பிலா வெப்பநிலைகளாக இரண்டு வெப்பநிலையளவிகளும் காட்டுபவை யாவை?

b. A, B ஆகிய வெப்பநிலையளவிகள் தரும் விடைகளிடையுள்ள சிறு வேறுபாட்டின் காரணம் என்னவென்று நினைக்கிறீர்கள்? (வெப்பநிலையளவிகளில் பழுதில்லை). இந்த பரிசோதனையில் இரண்டு அளவீடுகளுக்கிடையான ஒப்பிசைவின்மையை குறைக்க என்ன செய்முறையை மேற்கொள்ளலாம்?

11.6 $1\ m$ நீளமான ஒரு எஃகுநாடாவை $27.0°C$ வெப்பநிலைக்கு அளதிருத்திகிறோம். $45°C$ வெப்பநிலையுள்ள ஒரு நாளில் ஒரு எஃகுப்பாரையின் நீளத்தை இந்த நாடாவால் அளந்து $63\ cm$ இருப்பதாக காண்கிறோம். அன்று பாரையின் உண்மையான நீளம் என்ன? வெப்பநிலை $27°C$ யாக இருக்கும் நாளில் பாரையின் நீளம் என்ன? எஃகின் நேரிய விரிவுக்கெழு $1.20 \times 10^{-5}\ K^{-1}$.

11.7 ஒரு பெரிய எஃகுச்சக்கரத்தை அதே பொருண்மத்தாலான ஒரு தண்டில் பொருத்தவேண்டும். $27°C$ இல் தண்டின் வெளிவிட்டம் $8.70\ cm$; சக்கரத்திலுள்ள மையத்துளையின் விட்டம் $8.69\ cm$. தண்டை உலர்பனியால் குளிர்விக்கிறோம். தண்டின் எந்த வெப்பநிலையில் சக்கரம் அதில் பொருந்தும்? எஃகின் நேரிய விரிவுக்கெழு தேவையான வெப்பநிலைவீச்சில் $1.20 \times 10^{-5}\ K^{-1}$ என்ற மாறாமதிப்புள்ளதாக கொள்க.

11.8 ஒரு செம்புத்தகட்டில் துளையிடுகிறோம். துளையின் விட்டம் $27.0°C$ இல் $4.24\ cm$. தகட்டை $227°C$ க்கு சூடாக்கும்போது துளையின் விட்டம் என்ன? செம்பின் நேரிய விரிவுக்கெழு $1.70 \times 10^{-5}\ K^{-1}$.

11.9 $8\ m$ நீளமான ஒரு பித்தளைக்கம்பியை $27°C$யில் இரண்டு ஆதாரங்களிடையில் விறைப்பும் தொய்வுமில்லாமல் வைக்கிறோம். கம்பியின் விட்டம் $2.0\ mm$ எனில், கம்பியை $-39°C$க்கு குளிர்விக்கும்போது அதில் உண்டாகும் விறைப்பு என்ன? பித்தளையின் நேரிய விரிவுக்கெழு $2.0 \times 10^{-5}\ K^{-1}$; அதன் யாங்கின் குணகம் $0.91 \times 10^{11}\ Pa$.

11.10 $50\ cm$ நீளமும் $3.0\ mm$ விட்டமுமுள்ள பித்தளைக்கோலை அதே நீளமும் விட்டமுமுள்ள எஃகுக்கோலுடன் இணைக்கிறோம். இந்த நீளங்கள் $40.0°C$ இல் எனில், $250°C$ இல் கூட்டுக்கோலின் நீளம் என்ன? சந்தியில் ஒரு வெப்பத்தகைப்பு ஏற்படுகிறதா? நேரிய விரிவுக்கெழுக்கள் பித்தளைக்கு $2.0 \times 10^{-5}\ K^{-1}$, எஃகுக்கு $1.2 \times 10^{-5}\ K^{-1}$.

11.11 கிளிசரினின் பருமவிரிவுக்கெழு $49 \times 10^{-5}\ K^{-1}$. வெப்பநிலை $30°C$ஆல் உயரும்போது கிளிசரினின் அடர்வு மாறும் பின்னம் என்ன?

11.12 ஒரு $10\ kW$ துளையிடும் எந்திரத்தால் $8.0\ kg$ நிறையுள்ள ஒரு அலுமினியக்கட்டியில் துளையிடுகிறோம். திறனின் 50% எந்திரத்தை சூடாக்குவதிலும் சூழிடத்துக்கு இழப்பதிலும் செலவாகிறது என்ற எடுகோளுடன், 2.5 நிமிடங்களில் கட்டியில் வெப்பநிலையின் உயர்வு என்ன? அலுமினியத்தின் வெப்பக்கொண்மை $0.91\ J\ g^{-1}\ K^{-1}$.

11.13 $2.5\ kg$ நிறையுள்ள ஒரு செம்புக்கட்டியை ஒரு உலையில் $500°C$க்கு சூடாக்கி ஒரு பெரிய பனிக்கட்டியின்மீது வைக்கிறோம். உருகக்கூடிய பனிக்கட்டியின் மீப்பெரும அளவு என்ன? (செம்பின் வெப்பக்கொண்மை $0.39\ J\ g^{-1}\ K^{-1}$; நீரின் உருகல்வெப்பம் $335\ J\ g^{-1}$.

11.14 ஒரு மாழையின் வெப்பக்கொணமைக்கான பரிசோதனையில், $150°C$இலுள்ள $0.20\ kg$ மாழையை $27°C$இலுள்ள $150\ cm^3$ நீரடங்கிய ஒரு செம்பாலான ($0.025\ kg$ நீர்ச்சமானியுள்ள) வெப்பளவியில் வைக்கிறோம். இறுதி வெப்பநிலை $40°C$. மாழையின் வெப்பக்கொண்மையை கணக்கிடுக. சூழிடத்துக்கு வெப்பம் இழப்பதை புறக்கணிக்க இயலாது எனில், கணக்கிட்ட மதிப்பு மாழையின் உண்மையான வெப்பக்கொண்கையின் மதிப்பைவிட குறைவானதா அதிகமானதா?

11.15 அறைவெப்பநிலையில் சில பழக்கமான வளிமங்களின் மோலிர வெப்பக்கொண்மை களைப்பற்றிய கண்டறிதல்களை கீழே தருகிறோம்.

வளிமம்	**மோலிர வெப்பக்கொண்மை (C_v) $(cal\ mol^{-1}\ K^{-1})$**
ஐதரசன்	4.87
நைற்றசன்	4.97
ஆக்குசிசன்	5.02
நைற்றிகவாக்குசைடு	4.99
கரிமவொற்றையாக்குசைடு	5.01
குளோரின்	6.1

இநத வளிமங்களின் மோலிர வெப்பக்கொண்மைகளின் அளவிட்ட மதிப்புகள் ஓரணுவளிமங்களுக்கான மதிப்புகளைவிட மிகவும் வேறுபட்டவை. பொதுவாக, ஓரணுவளிமங்களின் மோலிர வெப்பக்கொண்மை 2.92 $cal/mol\ K$. இந்த வேறுபாட்டை விளக்குக. குளோரினுக்கு மற்றவற்றைவிட பெரிய மதிப்பு இருப்பதிலிருந்து என்ன உய்த்துணரலாம்?

11.16 $101°F$ வெப்பநிலையுள்ள ஒரு பிள்ளைக்கு காய்ச்சலெதிர்ப்பியை கொடுக்கிறோம். இது பிள்ளையின் உடலிலிருந்து வியர்வை ஆவியாகும் வீதத்தை அதிகரிக்கிறது. 20 நிமிடங்களில் காய்ச்சல் $98°F$க்கு இறங்குகிறது எனில், ஆவியாகும் சராசரி வேகத்தை மருந்து எந்தளவுக்கு அதிகரித்தது? வெப்பமிழப்பு ஆவியாவதால் மட்டுமே நிகழ்வதாக எடுகொள்க. பிள்ளையின் நிறை 30 kg. மனிதவுடலின் வெப்பக்கொண்மை கிட்டத்தட்ட நீரின் வெப்பக்கொண்மையே என்றும் கொள்க. இந்த வெப்பநிலையில் நீரின் ஆவியாக்கவெப்பம் 580 $cal\ g^{-1}$.

11.17 பன்மப்பினித்தீனாலான பனிப்பெட்டியில் வைப்பது சிற்றளவான சமைத்த உணவுகளை, குறிப்பாக கோடைக்காலத்தில், சேமித்துவைப்பதற்கான விலைகுறைந்ததும் பயன்றிறனானதுமான ஒரு முறை. 30 cm பக்கமுள்ள ஒரு கனச்சதுரப்பனிப்பெட்டியின் தடிமன் 5 cm. பெட்டியில் 4.0 kg பனிக்கட்டியை வைத்தால் 6 மணிநேரத்துக்குப்பின் எஞ்சியிருக்கும் பனிக்கட்டியின் அளவை மதிப்பிடுக. புறவெப்பநிலை $45°C$; பன்மப்பினித்தீனின் வெப்பக்கடத்துமைக்கெழு 0.01 $J\ s^{-1}\ m^{-1}\ K^{-1}$. (நீரின் உருகல்வெப்பம் $335 \times 10^3\ J\ kg^{-1}$).

11.18 ஒரு பித்தளைக்கொதிகலனின் அடிப்பரப்பு 0.15 m^2; தடிமன் 1.0 cm. அதை ஒரு வளிம அடுப்பில் வைக்கும்போது நீரை நிமிடத்துக்கு 6.0 kg வீதத்தில் கொதிக்கவைக்கிறது. கொதிகலனுடன் தொடுகையிலிருக்கும் சுடரின் பகுதியின் வெப்பநிலையை மதிப்பிடுக. பித்தளையின் வெப்பக்கடத்துமை 109 $J\ s^{-1}\ m^{-1}\ K^{-1}$; நீரின் ஆவியாக்கவெப்பம் $2256 \times 10^3\ J\ kg^{-1}$.

11.19 ஏனென்று விளக்குக:

a. அதிக எதிரொளிப்புமையுள்ள பொருள் நல்ல உமிழியன்று.

b. குளிர்நாளில் ஒரு மரத்தட்டைவிட ஒரு பித்தளைக்குவளையை குளிராக உணர்கிறோம்.

c. நல்லியல்பான கரும்பொருட்கதிர்வீச்சுக்கு அளதிருத்திய ஒரு ஒளியத்தீயளவி (உயர் வெப்பநிலைகளை அளப்பதற்கானது) திறந்த வெளியிலுள்ள ஒரு செஞ்சூடான இரும்புத்துண்டுக்கு குறைந்த மதிப்பை தருகிறது; அதே துண்டு உலையிலிருக்கும்போது சரியான மதிப்பை தருகிறது.

d. வளிக்கோளம் இல்லாவிட்டால் புவி வாழத்தகுதியல்லாத அளவுக்கு குளிர்ந்திருக்கும்.

e. ஒரு கட்டடத்துக்கு வெப்பமூட்டுவதில் வெந்நீரோட்டத்தின் அடிப்படையிலான சூடாக்கமைப்புகளைவிட நீராவியோட்டத்தின் அடிப்படையிலான அமைப்புகள் அதிக பயன்றிறனானவை.

11.20 ஒரு பொருள் $80°C$இலிருந்து $50°C$க்கு 5 நிமிடங்களில் குளிர்கிறது. அது $60°C$இலிருந்து $30°C$க்கு குறைய ஆகும் நேரத்தை கணக்கிடுக. சூழிடத்தின் வெப்பநிலை $20°C$.

மேலும் பயிற்சிகள்

11.21 கீழ்க்காணும் கேள்விகளுக்கு கரிமவீராக்குசைட்டின் PT முகநிலைப்படவரைவின் அடிப்படையில் விடையளிக்க,.

a. எந்த வெப்பநிலையிலும் அழுத்தத்திலும் CO_2இன் திண்மம், நீர்மம், வளிமம் ஆகியவை சமநிலையில் உடனிருக்கலாம்?

b. அழுத்தம் குறையும்போது CO_2இன் உருகலிலும் கொதித்தலிலும் என்ன விளைவு உண்டாகிறது?

c. CO_2இன் உய்ய வெப்பநிலையும் அழுத்தமும் யாவை? அவற்றின் முக்கியத்துவம் என்ன?

d. CO_2 (அ) $-70°C$, 1 வகோ, (ஆ) $-60°C$, 10 வகோ, (இ) $15°C$, 56 வகோ ஆகிய நிலைமைகளில் திண்மமா, நீர்மமா, வளிமமா?

11.22 கீழ்க்காணும் கேள்விகளுக்கு CO_2இன் PT முகநிலைப்படவரைவின் அடிப்படையில் விடையளிக்க,.

a. $1\ atm$ அழுத்தத்திலும் $-60°C$ வெப்பநிலையிலுமுள்ள CO_2ஐ மாறாவெப்பநிலையில் அமுக்குகிறோம். இது நீர்மமுகநிலையின் வழியாக செல்கிறதா?

b. $4\ atm$ அழுத்தத்திலுள்ள CO_2ஐ அறைவெப்பநிலையிலிருந்து மாறாத அழுத்தத்தில் குளிர்விக்கும்போது என்ன நிகழ்கிறது?

c. $10\ atm$ அழுத்தத்திலும் $-65°C$இலுமுள்ள திண்ம CO_2இன் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவை மாறா அழுத்தத்தில் அறைவெப்பநிலைக்கு சூடாக்கும்போது ஏற்படும் மாற்றங்களை பண்பியமாக விவரிக்க.

d. CO_2ஐ $70°C$க்கு சூடாக்கி மாறாவெப்பநிலையில் அமுக்குகிறோம். அதன் பண்புகளில் என்ன மாற்றங்களை எதிர்பார்க்கலாம்?