அலகு 5

பொருள்களின் நிலைகள்

அடைநோக்குகள்

இந்த அலகை கற்றபின் உங்களால் இயலக்கூடியவை

- **பொருள்களின் வெவ்வேறு நிலைகளை மூலக்கூறிடைவிசைகளாலும் துகள்களின் வெப்பவாற்றலாலும் விளக்கல்**
- **நல்லியல்புவளிமங்களின் நடத்தைகளை தீர்மானிக்கும் விதிகளை விளக்கல்**
- **பல நடைமுறைநிலைமைகளில் வளிமவிதிகளை பயன்படுத்தல்**
- **மெய்வளிமங்களின் நடத்தைகளை விளக்கல்**
- **வளிமங்கள் நீர்மங்களாகத்தேவையான சூழமைவுகளை விவரித்தல்**
- **வளிமநிலையிலும் நீர்மநிலையிலும் தொடர்ச்சி இருப்பதை உணர்தல்**
- **வளிமநிலையையும் ஆவியையும் வேறுபடுத்தல்**
- **நீர்மங்களின் பண்புகளை மூலக்கூறிடையான ஈர்ப்புகளால் விளக்குதல்**

அறிமுகம்

முந்தைய அலகுகளில் பருப்பொருளின் ஒற்றைத்துகள்களின் பண்புகளான அணுவின் அளவு, அயனியாதலகவெப்பம், எதிர்மின்னியின் மின்ம அடர்வு, மூலக்கூறுவடிவம், முனைமை போன்ற வற்றை கற்றோம். நமக்குப்பழக்கமான வேதியிய லமைப்புகளின் காணத்தகு சிறப்பியல்புகளுள் பெரும்பாலானவை பருப்பொருள்களின் பருமளவப் பண்புகளே. அதாவது அதிக எண்ணிக்கையான அணுக்கள், அயனிகள், மூலக்கூறுகள் போன்றவை சேர்ந்த திரட்சிகளின் பண்புகளே. சான்றாக, ஒரு நீர்மம் கொதிக்கிறது, எனினும் அதன் ஒரு மூலக்கூறுக்கு கொதித்தல் என்ற பண்பு இல்லை. ஒரு பொருளை நனைப்பதற்கு நீரின் ஒரு மூலக்கூறு போதாது. மிகப்பல மூலக்கூறுகள் சேர்ந்த நீர் தேவை. எனவே நனைத்தல் என்பது நீரின் பண்பாயினும் நீர்மூலக்கூறுக்கு அந்தப்பண்பு இல்லை.

நீர்மநிலையில் இருக்கும் நீர் உறைந்து பனிக்கட்டி என்ற திண்மப்பொருளாகவும், கொதித்து நீராவியாகவும் மாறுகிறது. பனிக்கட்டி, நீர், நீராவி ஆகியவற்றின் இயற்பண்புகள் வேறுபட்டவை எனினும், மூன்று நிலைகளிலும் நீர்மூலக்கூறின் வேதிக் கூறடக்கம் H_2O என்ற ஒன்றே. நீரின் இந்த மூன்று நிலைகளின் சிறப்பியல்புகள் மூலக்கூறுகளின் ஆற்றலையும் அவை திரளும் விதங்களையும் பொறுத்தவை. இது மற்ற பொருள்களின் திண்ம, நீர்ம, வளிம நிலைகளுக்கும் பொருந்தும். இந்த நிலைகளை நாம் பருப்பொருளின் இயனிலைகள் (இயல்பான நிலைகள்) என்றோ திரணிலைகள் (திரண்ட நிலைகள்) என்றோ எளிமையாக பொருளின் நிலைகள் என்றோ குறிப்பிடுகிறோம்.

ஒரு பொருளின் வேதிப்பண்புகள் அதன் இயனிலைகளைப்பொறுத்து மாறுவதில்லை; ஆனால் வேதிவினைகளின் வேகங்கள் இயனிலையை சார்ந்திருக்கின்றன. பலநேரங் களில் பரிசோதனைத்தரவுகளைப்பற்றிய கணக்கீடுகளில் பருப்பொருளின் இயனிலை தேவைப்படுகிறது. ஆகையால், பருப்பொருளின் நடத்தையை வெவ்வேறு இயனிலைகளில் விவரிக்கும் விதிகளை வேதியியலர் அறிந்திருப்பது அவசியமாகிறது. இந்த அலகில் இந்த மூன்று நிலைகளைப்பற்றி, முக்கியமாக நீர்மநிலையையும் வளிமநிலையையும் பற்றி,

மேலும் அறிவோம், முதலில், மூலக்கூறிடை விசைகளின் இயல்புகளையும் மூலக்கூறிடை வினைகளையும் பற்றியும் துகள்களின் அசைவுகளின் மீது வெப்ப ஆற்றலின் விளைவுகளைப்பற்றியும் அறிவது அவசியம். ஏனெனில், இவற்றிடையான சமனமே பொருளின் நிலையை தீர்மானிக்கின்றது.

5.1 மூலக்கூறிடைவிசைகள்

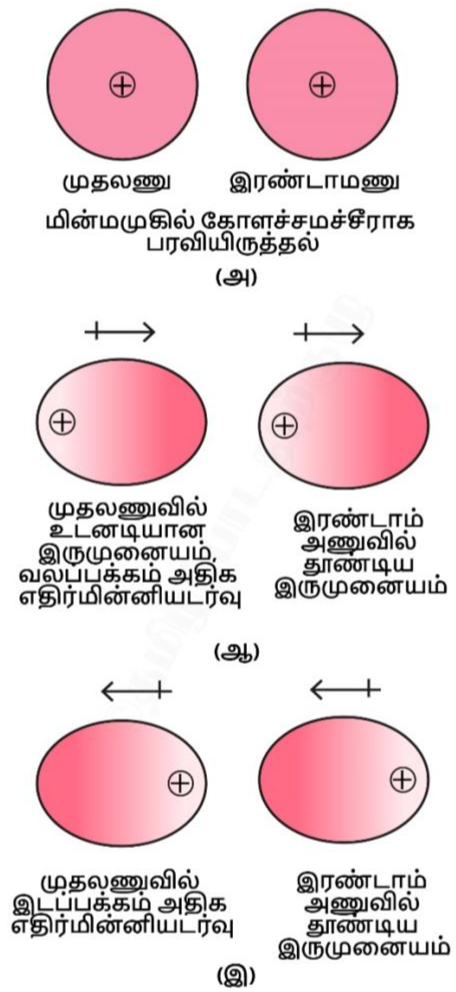
மூலக்கூறிடைவிசைகள் என்பவை இடைவினையாற்றும் அணுக்கள், மூலக்கூறுகள் போன்ற துகள்களிடையான ஈர்ப்புவிசைகளும் விலக்கல்விசைகளும். இந்த சொல் எதிரெதிரான மின்மங்களுள்ள அயனிகளிடையான மின்னிலைம விசைகளையோ மூலக்கூறுகளின் அணுக்களை பிணைக்கும் உடன்பிணைவும விசைகளையோ குறிக்கவில்லை.

ஈர்ப்புவிசைகளை இயோகானசு வாண்டர்வால்சு (1837-1923) என்ற நெதரிலாந்திய அறிவியலரை சிறப்பிக்கும் வகையில் **வாண்டர்வால்சுவிசைகள்** என்று அழைக்கிறோம். இவர் மெய்வளிமங்களின் பண்புகள் நல்லியல்பான நடத்தைகளிலிருந்து விலகுவதை இந்த விசைகளின் மூலம் விளக்கினார். இதைப்பற்றி இந்த அலகில் பின்பு கற்போம். வாண்டர்வால்சுவிசைகள் மாறுபட்ட அளவுள்ளவை. இதில் விரிகைவிசைகள் என்ற இலாண்டனின் விசைகள், இருமுனைகளிடை விசைகள், இருமுனை தூண்டிய இருமுனையின் விசைகள் ஆகியவை அடங்குகின்றன. **ஐதரசப்பிணைப்பு எனப்படும் ஒரு சிறப்புவகையான இருமுனைகளிடைவிசை மிகவும் வலுவானது. ஒரு சில தனிமங்களே ஐதரசப்பிணைப்பில் ஈடுபடவியலும்; ஆகையால், இதை ஒரு தனி வகையாக எண்ணுகிறோம்.** இந்த இடைவினையைப்பற்றி நாம் ஏற்கனவே 4ஆம் அலகில் கற்றிருக்கிறோம்.

இங்கு நினைவில் கொள்ளவேண்டியது என்னவென்றால், அயனிக்கும் இருமுனைக்குமிடையான ஈர்ப்புவிசைகளை அயனியிருமுனை விசைகள் என்கிறோம். அவை வாண்டர்வால்சு விசைகளல்ல. இப்போது நாம் வெவ்வேறு வகையான வாண்டர்வால்சுவிசைகளைப்பற்றி கற்போம்.

5.1.1 விரிகைவிசைகள் என்ற இலாண்டனின் விசைகள்

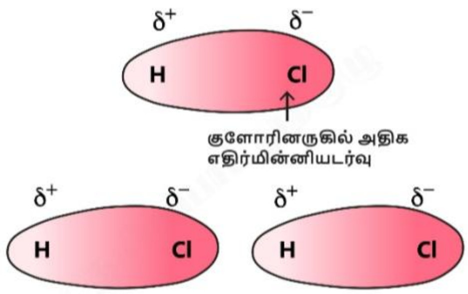
அணுக்களும் முனையமற்ற மூலக்கூறுகளும் சமச்சீரான மின்மமுள்ளவை. அவற்றின் எதிர்மின்னி மின்மமுகில் சமச்சீராகப்பரவியிருப்பதால் அவற்றுக்கு இருமுனைத்திருப்புமை இல்லை. எனினும், இந்த அணுக்களிலும் மூலக்கூறுகளிலும் ஒரு கணநேர இருமுனை உண்டாகலாம். இதை கீழ்க்காணுமாறு புரிந்துகொள்ளலாம். ஒன்றுக்கொன்று அருகிலுள்ள A, B என்ற இரண்டு அணுக்களை கருதுவோம் (படம் 5.1). ஓரணுவில் எதிர்மின்னிகளின் மின்மப்பரவலில் ஒரு கணநேர சமச்சீரின்மை உண்டாகலாம். அது படத்தில் முதலணுவில் நிகழ்வதாக கொள்வோம். அதாவது, முதலணுவில் படம் 5.1(ஆ)வில் காட்டியபடி மின்மமுகில் வலப்பக்கம் அதிகமாகவும் இடப்பக்கம் குறைவாகவும் ஆகி ஒரு கணநேர இருமுனையை உண்டாக்குகிறது. இந்த இருமுனை இருக்கும் சிறுநேரத்தில் இரண்டாமணுவின் மின்மமுகிலும் முதலாமணுவுக்கு ஏற்றாற்போல் திரிபுறுகிறது. இதனால் இரண்டாமணுவிலும் ஒரு கணநேர இருமுனை உண்டாகிறது.



படம் 5.1 அணுக்களிடையான விரிகைவிசைகள் என்ற இலாண்டன்விசைகள்

இரண்டு அணுக்களின் குறுங்கால இருமுனைகளும் ஒன்றையொன்று ஈர்க்கின்றன. இதைப்போல் மூலக்கூறுகளிலும் குறுங்கால இருமுனைகள் தூண்டப்படுகின்றன. இந்த ஈர்ப்புவிசையை பிரிசு இலாண்டன் என்ற

செருமானிய இயற்பியலர் முதலில் முன்வைத்தார். இதனால் இரண்டு குறுங்கால இருமுனைகளி டையான ஈர்ப்புவிசை **இலாண்டன் விசை** எனப்படுகிறது. இந்த விசையின் மற்றொரு பெயர் **விரிகைவிசை**. இந்த விசைகள் எப்போதும் ஈர்ப்புவிசைகளே. இடைவினையாற்றும் துகள்களுக் கிடையான இடைவினையின் ஆற்றல்கள் தொலைவின் ஆறாம் படிக்கு புரட்டுவிழுக்காட்டி லுள்ளன (அதாவது $1/r^6$இன் விழுக்காட்டிலுள்ளன; இங்கு r என்பது இரண்டு துகள்களுக்கிடையான தொலைவு). இந்த விசைகள் சிறு தொலைவுகளில் மட்டுமே $(\sim 500 \text{ pm})$ முக்கியமாகின்றன. இவற்றின் பருமனளவுகள் துகள்களின் முனையுறுமையை சார்ந்தவை.



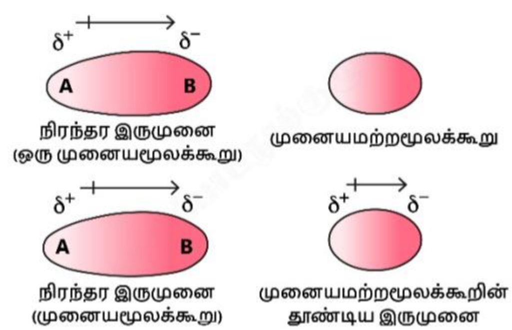
படம் 5.2 (அ) முனைய மூலக்கூறான HClஇல் எதிர்மின்னிமுகிலின் பரவல், (ஆ) இரண்டு HCl மூலக்கூறுகளிடையில் இருமுனைகளிடைவினை

5.1.2 இருமுனைகளிடைவிசைகள்

நிரந்தர இருமுனையுடைய மூலக்கூறுக ளிடையில் செயலாற்றும் விசைகளை இருமுனைகளிடைவிசைகள் என்கிறோம். இருமுனையின் நுனிகளில் பகுதிமின்மங்கள் உள்ளன. இவற்றை தெலுடா (δ) என்ற கிரேக்க எழுத்தால் குறிக்கிறோம். பகுதிமின்மங்கள் எப்போதும் எதிர்மின்னியின் முழுமின்ம அலகைவிட $(1.6 \times 10^{-19} C)$ குறைவானவை. முனைய மூலக்கூறுகள் அண்மைய மூலக்கூறுகளுடன் இடைவினையாற்றுகின்றன. ஐதரசக்குளோரைட்டிலுள்ள இருமுனையத்தை படம் 5.2 (அ) காட்டுகிறது. இரண்டு HClமூலக்கூறு களிடையிலுள்ள இருமுனைகளிடைவினையை படம் 5.2 (ஆ) காட்டுகிறது. இந்த இடைவினை இலாண்டன்விசைகளைவிட வலுவானவையெனி னும், அயனிகளிடைவிசைகளைவிட வலுகுறைந் தது; ஏனெனில் இங்கு பகுதிமின்மங்களே செயலாற்றுகின்றன. இருமுனைகளிடையான தொலைவு அதிகரிக்க ஈர்ப்புவிசை குறைகிறது. மேலே கண்டபடி இங்கும் இடைவினையின் ஆற்றல் இருமுனைமூலக்கூறுகளிடையான தொலைவின் புரட்டுவிழுக்காட்டில் இருக்கிறது. நிலையான முனைய மூலக்கூறுகளிடையில் (படிகங்களிலுள்ளதுபோல்) உள்ள இருமுனைக ளிடைவினையின் ஆற்றல் $1/r^3$இன் விழுக்காட் டிலும், சுழன்றுதிரும்பும் முனையமூலக்கூறுக ளிடையில் $1/r^6$இன் விழுக்காட்டிலும் உள்ளன; இங்கு முனைய மூலக்கூறுகளிடையான தொலைவை r குறிக்கிறது. இருமுனைகளிடை வினையைத்தவிர, முனைய மூலக்கூறுகள் இலாண்டன்விசைகளாலும் இடைவினையாற்ற லாம். ஆக, நிகர விளைவாக முனைய மூலக்கூறுகளின் மொத்த மூலக்கூறிடைவிசை கள் அதிகரிக்கின்றன.

5.1.3 இருமுனை தூண்டிய இருமுனைவிசைகள்

இவ்வகையான ஈர்ப்புவிசைகள் நிரந்தர இருமுனையுள்ள முனைய மூலக்கூறுகளுக்கும் நிரந்தர இருமுனை இல்லாத மூலக்கூறுகளுக்கு மிடையில் செயலாற்றுகின்றன. முனையமூலக் கூறின் நிரந்தரமான இருமுனை மின்மநடுவ மான மூலக்கூறின் மின்மமுகிலில் ஒரு பிறழ்ச்சியை உண்டாக்குவதன்மூலம் அதில் இருமுனையை தூண்டுகிறது (படம் 5.3). இவ்வாறு மற்ற மூலக்கூறில் ஒரு தூண்டிய இருமுனை உண்டாகிறது. இந்த வேற்றுவத்திலும் இடைவினையின் ஆற்றல் $1/r^6$இன் விழுக்காடா கிறது; இங்கு, r இரண்டு மூலக்கூறுகளிடையான தொலைவு. தூண்டிய இருமுனை நிரந்தர இருமுனையிலுள்ள இருமுனைத்திருப்புமை யையும் மின்னடுவமான மூலக்கூறின் முனையுறுமையையும் சார்ந்திருக்கிறது. பெரிய அளவுள்ள மூலக்கூறுகள் எளிதாக முனையுறுகின்றன என்பதை நாம் 4ஆம் அலகில் ஏற்கனவே கற்றோம். முனையுறுமை அதிகரிக்க ஈர்ப்புவிசையும் அதிகரிக்கிறது**.**



படம் 5.3 நிரந்தர இருமுனைக்கும் தூண்டிய இருமுனைக்குமிடையான இருமுனை தூண்டிய இருமுனையிடைவினை

இங்கும் விரிகைவிசைகளும் இருமுனை தூண்டிய இருமுனைவிசைகளும் சேர்ந்த விளைவு இருக்கிறது.

5.1.4 ஐதரசப்பிணைப்பு

இது இருமுனைகளிடையான இடைவினை யின் தனித்துவ வேற்றுவம் என்று முன்பே 5.1ஆம் பகுதியில் சொன்னோம். இதைப்பற்றி

ஏன்கனவே 4ஆம் அலகில் கற்றிருக்கிறோம். இதை $N-H$, $O-H$, $H-F$ போன்ற அதிக முனையமுள்ள பிணைப்புகள் இருக்கும் மூலக்கூறுகளில் காண்கிறோம். ஐதரசப் பிணைப்பு N, O, F ஆகியவற்றுக்கே உரியதாக நாம் எண்ணினாலும், Clபோன்ற இனங்களும் ஐதரசப்பிணைப்பில் பங்கேற்கலாம். ஐதரசப் பிணைப்பாற்றலின் வீச்சு 10 முதல் $100\ kJ\ mol^{-1}$ வரையாக உள்ளது. இது கணிசமான ஆற்றல்; ஆகையால், புரதம், அணுக்கருவமிலம் போன்ற பல சேர்மங்களின் கட்டமைப்புகளையும் பண்புகளையும் தீர்மானிக்கும் வலுவான விசைகளாக ஐதரசப்பிணைப்புகள் விளங்குகின் றன. ஒரு மூலக்கூறின் மின்னெதிர்ம அணுவின் தனியிணையிலுள்ள எதிர்மின்னிகளுக்கும் மற்ற மூலக்கூறின் ஐதரசவணுவுக்கும் இடையி லுள்ள கூலாமிடைவினை ஐதரசப்பிணைப்பின் வலிமையை தீர்மானிக்கிறது. ஐதரசப்பிணைப்பு உண்டாவதை கீழ்க்காணும் படம் காட்டுகிறது.

$$\overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{F}\cdots\overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{F}$$

இதுவரை நாம் ஈர்ப்புவிசையான மூலக் கூறிடைவிசைகளையே கண்டோம். **விலக்கல் விசைகளும் மூலக்கூறுகளிடையில் செயலாற்றுகின்றன**. இரண்டு மூலக்கூறுகள் ஒன்றையொன்று நெருங்கும்போது, அவற்றின் எதிர்மின்னிமுகில்களிடையில் ஒரு விலக்கல் விசையும் அவற்றின் அணுக்கருக்களிடையில் மற்றொரு விலக்கல்விசையும் செயலாற்று கின்றன. இரண்டு மூலக்கூறுகளையும் பிரிக்கும் தொலைவு குறையும்போது விலக்கலின் பருமனளவு விரைவாக அதிகரிக்கிறது. நீர்மங்களையும் திண்மங்களையும் அமுக்குவது கடினமாயிருப்பதற்கு இதுவே காரணம். இந்த நிலைகளில் மூலக்கூறுகள் ஏற்கனவே நெருங்கி இருக்கின்றன; மேலும் அமுக்குவது விலக்கல் விசைகளை அதிகரிக்கும் என்பதால் அவை அதை எதிர்க்கின்றன.

5.2 வெப்ப ஆற்றல்

ஒரு பொருளின் வெப்ப ஆற்றல் என்பது அதன் அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் அசைவதால் உண்டாகிறது. இது பொருளின் வெப்பநிலைக்கு நேர்விழுக்காட்டில் இருக்கிறது. இது பொருளிலுள்ள துகள்களின் சராசரி இயக்கவாற்றலின் அளவீடு. இதுவே துகள்கள் அசைவதற்கு காரணமாகிறது. துகள்களின் இந்த அசைவை ஆற்றலியக்கம் என்கிறோம்

5.3 மூலக்கூறிடைவிசைகளும் வெப்ப இடைவினைகளும்

மூலக்கூறிடைவிசைகள் மூலக்கூறுகளை ஒன்றுசேர்ந்து இருக்கச்செய்கின்றன என்பதை யும் வெப்பவாற்றலால் ஏற்படும் விசைகள் அவற்றை விலகச்செய்கின்றன என்பதையும் நாம் கற்றிருக்கிறோம். மூலக்கூறிடைவிசைக ளுக்கும் வெப்பவாற்றலின் விசைகளுக்கும் உள்ள சமன்மையின் விளைவாக பொருள்களின் மூன்று நிலைகள் உண்டாகின்றன.

மூலக்கூறிடைவிசைகள் வலுவற்றிருக் கும்போது, ஒரு வளிமத்தின் மூலக்கூறுகள் ஒன்றுசேர்ந்து நீர்மமாகவோ திண்மமாகவோ ஆவதை வெப்பவாற்றல் தடுக்கின்றது. ஆனால் வெப்பநிலை குறையும்போது வெப்பவாற்றல் குறைவதால் மூலக்கூறுகள் ஒன்றுசேர்ந்து வளிமம் நீர்மமாகவும் பிறகு திண்மமாகவும் மாறுகின்றது. ஒரு வளிமத்தை அமுக்குவதன் மூலம் அதன் மூலக்கூறுகள் ஒன்றையொன்று அருகில்வரச்செய்து மூலக்கூறிடைவிசைகளை அதிகரிக்கலாம். அப்போதும் வெப்பவாற்றலை மீறுமளவுக்கு இந்த விசைகள் இல்லாததால், வளிமங்களை அமுக்கத்தால் மட்டுமே நீர்மமாக்குவது கடினம். எனவே வளிமத்தை நீர்மமாக்க வெப்பநிலையை குறைக்கவேண் டியது அவசியமாகிறது. வெப்பவாற்றலும் மூலக்கூறிடைவினையாற்றலும் ஒன்றுக் கொன்று மேலோங்கும் போது பொருள்களின் மூன்று நிலைகள் உண்டாவதை கீழ்க்காணும் படம் விவரிக்கிறது.

மூலக்கூறிடைவினைகள் ஓங்குதல்

வெப்பவாற்றல் ஓங்குதல்

இவ்வாறு பொருளின் மூன்று நிலைகள் இருப்பதற்கான காரணங்களை கற்றபின், வளிமநிலையையும் நீர்மநிலையையும்பற்றி மேலும் கற்போம். திண்ம நிலையை XIIஆம் வகுப்பில் கற்போம். நீர்ம நிலையிலும் திண்ம நிலையிலும் பொருள்களின் நடத்தையை விவரிக்கும் விதிகளை இப்போது காண்போம்.

5.4 வளிமநிலை

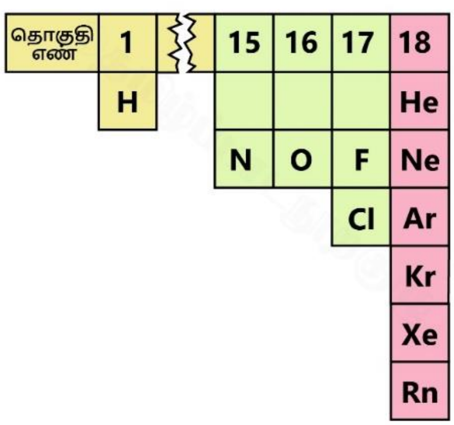
இது பொருளின் எளிமையான நிலை. நாம் வாழ்நாளின் முழுவதிலும் வளிமக்கலவையான ஒரு பெருங்கடலில் மூழ்கியிருக்கிறோம். நாம் வளிக்கோளத்தின் கீழ்ப்படலமான மீட்புக் கோளம் எனப்படுவதில் வாழ்கிறோம். கதிரவனின் வெப்பம் புவியில் பட்டு இந்தப்படலத்துக்கு மீள்வதால் இது இவ்வாறு அழைக்கப்படுகிறது. வளிக்கோளம் புவியைச் சுற்றி அதன் பரப்பில் ஒரு மெல்லிய படலமாக படர்ந்து புவியின் ஈர்ப்புவிசையால் கட்டுண்டிருக்கிறது. இந்த மெல்லிய படலமே வாழ்வுக்கு உயிரூட்டுகின்றது; தீங்குவிளை விக்கும் கதிர்வீச்சுகளிலிருந்து கவசமிட்டு

நம்மை பாதுகாக்கிறது. இதில் ஈராக்குசிசன், இருநைற்றசன், கரிமவீராக்குசைடு, நீராவி இன்னபிற அடங்கியுள்ளன.

இப்போது, இயல்புவெப்பநிலையும் இயல்ப ழுத்தமுமான நிலைமைகளில் வளிமநிலையில் இருக்கும் பொருள்களின் நடத்தைகளில் நம் கவனத்தை திருப்புவோம். தனிமங்களின் சீரொழுங்கட்டவணையை நோக்கும்போது, பதினொரு தனிமங்கள் மட்டுமே இயல்பு நிலைமையில் வளிமங்களாக இருப்பதை காண்கிறோம் (படம் 5.4).

வளிமநிலைக்கு கீழ்க்காணும் பண்புகள் உள்ளன.

- வளிமங்கள் அதிகளவில் அமுக்கத்தக்கவை.
- வளிமங்கள் எல்லாத்திசைகளிலும் சமமாக அழுத்தத்தை செலுத்துகின்றன.
- நீர்மங்களையும் திண்மங்களையும்விட வளிமங்கள் மிகவும் குறைந்த அடர்வுள்ளவை.
- வளிமங்களுக்கு தங்களுக்கேயுரிய பரும னும் வடிவமும் இல்லை. அவை கொள்கலன் களின் பருமனையும் வடிவத்தையும் பெறுகின்றன.
- எவ்வித எந்திர உதவியும் இல்லாமலே, வளிமங்கள் எந்த விகிதத்திலும் முழுமையா கவும் சீராகவும் கலக்கின்றன.



படம் 5.4 வளிமமாயிருக்கும் பதினொரு தனிமங்கள்

வளிமத்தின் மூலக்கூறுகளிடையான இடைவினைவிசைகள் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவில் இருப்பதே வளிமங்களின் எளிமைக்கு காரணம். ஒரு மேலோட்டமான பார்வையில், எல்லா வளிமங்களின் நடத்தைகளையும் ஒரேவிதமான விதிகள் ஆள்கின்றன. பரிசோதனைகளால் கண்டறிந்த இந்த விதிகள் அளக்கக்கூடிய வளிமப்பண்புகளிடையில் உறவுகளை தருகின்றன. இவ்வாறான பண்புகளுள் அழுத்தம், பருமன், வெப்பநிலை, நிறை ஆகியவை முக்கியமானவை; ஏனெனில், இந்த மாறிகளிடையான உறவுகள் வளிமத்தின் நிலையை விவரிக்கின்றன. இந்த மாறிகள் ஒன்றையொன்று சார்ந்திருப்பது வளிமவிதி களை தருகிறது. அடுத்த பகுதியில் இந்த வளிமவிதிகளை காண்போம்.

5.5 வளிமவிதிகள்

இப்போது நாம் கற்கப்போகும் வளிமவிதி கள் வளிமங்களின் இயற்பண்புகளின்மீது பல நூற்றாண்டுகளாக நடத்திய ஆராய்ச்சிகளின் விளைவுகள். வளிமங்களின் பண்புகளைப் பற்றிய நம்பகமான அளவீடுகளை முதன்முத லில் இராபட்டு பாயில் என்ற ஆங்கிலேய அயர்லாந்தின் அறிவியலர் 1662இல் நடத்தினார். அவர் வாய்ப்பாடாக்கிய விதியை பாயிலின் விதி என்று அழைக்கிறோம். அதன்பிறகு, வெப்பக்காற்றடைத்த ஊதுபைகளால் காற்றில் பறக்கும் முயற்சிகளால் உந்தப்பட்டு, சாக்கு சாருலசு, இயோசாப்பு இலூயிசு கேலூசாக்கு ஆகிய இருவரும் மேலும் இரண்டு வளிம விதிகளை கண்டுபிடித்தனர். அவகாடிரோவும் மற்றவர்களும் பங்களித்ததாலும் வளிமநிலை யைப்பற்றிய பல தகவல்கள் கிடைத்தன.

5.5.1 பாயிலின் விதி (அழுத்தத்துக்கும் பருமனுக்குமான உறவு)

மாறாவெப்பநிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான (n மோல்களான) வளிமத்தின் அழுத்தம் அதன் பருமனுக்கு புரட்டுவிழுக்காட் டில் மாறுகிறது என்ற முடிபை இராபட்டு பாயில் தன் பரிசோதனைகளின் அடிப்படையில் வந்தடைந்தார். கணிதப்படி இதை

$$p \propto \frac{1}{V} \qquad (\text{மாறா } T, n) \qquad (5.1)$$

அதாவது

$$p = k_1 \frac{1}{V} \qquad (5.2)$$

என்று எழுதலாம்; இங்கு k_1 விழுக்காட்டுமாறிலி. இந்த மாறிலியின் மதிப்பு வளிமத்தின் அளவையும் வளிமத்தின் வெப்பநிலையையும் p, V ஆகியவற்றை நாம் எழுதும் அலகுகளையும் சார்ந்திருக்கிறது.

(5.2)ஆம் சமன்பாட்டை மாற்றடுக்கி

$$pV = k_1 \qquad (5.3)$$

என்று எழுதலாம். அதாவது, மாறாவெப்பநிலை யில், ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வளிமத்தின் அழுத்தம், பருமன் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகை ஒரு மாறிலி.

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வளிமம் T என்ற மாறாவெப்பநிலையில் V_1 பருமனிலும் p_1 என்ற அழுத்தத்திலும் தொடங்கி விரிவடைந்து V_2 பருமனையும் p_2 அழுத்தத்தையும் வந்தடைந் தால், பாயிலின் விதிப்படி,

தமிழ்வழியறிவுக்குழு

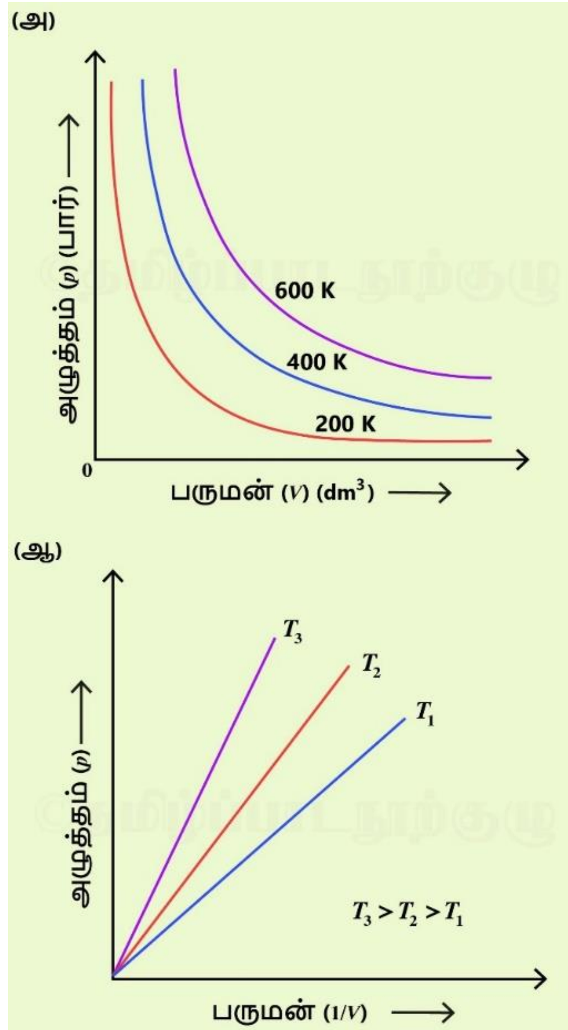
$$p_1V_1 = p_2V_2 = \text{மாறிலி} \qquad (5.4)$$

$$\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} \qquad (5.5)$$

என்றாகிறது.

பாயிலின் விதியை படவரைவால் காட்டும் இரண்டு வழக்கமான வழிகளை படம் 5.5 காட்டுகிறது. மேலுள்ள (அ) படம் (5.3)ஆம் சமன்பாட்டின் வரைபடத்தை வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் காட்டுகிறது. ஒவ்வொரு வளைவரையின் k_1 மதிப்பும் வெவ்வாறானது. ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வளிமத்தின் அழுத்தம் வெப்பநிலையுடன் மாறுகிறது. ஒவ்வொரு வளைவரையும் வெவ்வேறு மாறாவெப்பநிலைக்கு நிகரானது. இவ்வாறான வளைவரையை நாம் **சமவெப்பக்கோடு** என்றழைக்கிறோம். உயர்வெப்பநிலைக்கு நிகரான வளைவரைகள் மேலும் குறைவெப்பநிலைக்கோடுகள் கீழும் இருப்பதை படத்தில் காண்க. வளிமத்தின் அழுத்தம் பாதியாகும்போது பருமன் இரட்டிக்கிறது என்பதை சமன்பாட்டால் அறகிறோம். வெப்பநிலை $300\,K$ உள்ள 0.09 மோல் கரிமவீராக்குசைட்டின் பருமனின்மீது அழுத்தத்தின் விளைவை அட்டவணை 5.1 காட்டுகிறது.

படம் 5.5 (ஆ) $\frac{1}{V}$க்கு எதிரே pயின் வளைவரையை காட்டுகிறது. இது மூலத்தின் வழியாகச்செல்லும் ஒரு நேர்க்கோடு. பாயிலின் பரிசோதனைகளில் இந்த நேர்க்கோட்டு நடத்தை தெரியவந்தது. ஆனால், மேலும் துல்லியமான பரிசோதனைகளால் $p \leftrightarrow \frac{1}{V}$ வரைவரை மீச்சரியான நேர்க்கோடாக இல்லாமல் உயர் அழுத்தங்களில் வளையத்தொடங்குவதை இக்காலத்தில் நாம் அறிவோம். இந்த விலகலைப்பற்றி இதே அலகில் பிறகு விரிவாகக்காண்போம்.



படம் 5.5 (அ) வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் ஒரு வளிமத்தின் அழுத்தமும் பருமனும். (ஆ) வளிம அழுத்தத்தின் வரைபடம், pயெதிரில் $\frac{1}{V}$

அட்டவணை 5.1 வளிமத்தின் பருமனில் அழுத்தத்தின் விளைவு; CO_2 0.09 மோல், 300 K

அழுத்தம்/$10^4 Pa$	பருமன்/$10^{-3} m^3$	$(1/V)/m^{-3}$	$pV/10^2\ Pa\,m^3$
2.0	112.0	8.90	22.40
2.5	89.2	11.2	22.30
3.5	64.2	15.6	22.47
4.0	56.3	17.7	22.50
6.0	37.4	26.7	22.44
8.0	28.1	35.6	22.48
10.0	22.4	44.6	22.40

வளிமங்கள் மிகவும் அமுங்கக்கூடியவை என்பதை பாயிலின் பரிசோதனைகள் அளவியமாக காட்டுகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வளிமத்தை அமுக்கும்போது அதே எண்ணிக்கையான மூலக்கூறுகள் குறைந்த இடத்தை எடுக்கின்றன. அதாவது, உயர்

அழுத்தங்களில் வளிமத்தின் அடர்வு அதிகரிக்கிறது. அழுத்தத்துக்கும் அடர்வுக்குமிடையில் ஒரு உறவை பாயிலின் விதியால் பெறலாம்.

d என்று நாம் குறிக்கும் அடர்வை m என்ற நிறையாலும் V என்ற பருமனாலும் $d = m/V$ என்று வரையறுக்கிறோம். இந்த சமன்பாட்டிலுள்ள Vஐ பாயிலின் விதியில் இட்டால், $d = \left(\frac{m}{k_1}\right) p = k'p$ என்ற உறவை பெறுகிறோம். மாறாவெப்பநிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வளிமத்தின் அழுத்தம் அடர்வுக்கு நேர்விழுக்காட்டில் இருப்பதை இது காட்டுகிறது.

சிக்கல் ***5.1***

ஒரு வகையான ஊதுபைகள் அறை வெப்பநிலையில் 0.2 பார் அழுத்தம்வரை தாங்கும்படி வடிவமைக்கப்படுகின்றன. சோதனைக்காக ஒரு ஊதுபையில் 1 பார் அழுத்தத்திலுள்ள 2.27 இலிட்டர் வளியை உட்செலுத்தியபின் அது வெடிக்கிறது எனில், அவ்வகையான ஊதுபைகளை எந்த பருமன்வரை வெடிக்காமல் ஊதலாம்?

தீர்வு

ஊதுபைகள் 0.2 பார் அழுத்தத்தை தாங்குவதால் உள்ளழுத்தம் வெளியழுத்தத்தைவிட 0.2 பார் வரை அதிகமாயிருக்கலாம். அதாவது $p_2 = p_1 + 0.2$ பார். பாயிலின் விதிப்படி,

$p_1V_1 = p_2V_2$

$p_1 = 1$ பார் எனில், $V_1 = 2.27\ L$

$p_2 = 1.2$ பார் எனில்,

$$V_2 = \frac{p_1V_1}{P_2} \Longrightarrow V_2 = \frac{1 \text{ பார்} \times 2.27L}{1.2 \text{ பார்}} = 1.89\ L$$

ஊதுபையின் பருமன் 1.89 இலிட்டருக்கு குறைவாக இருக்கவேண்டும்.

5.5.2 சாருலசின் விதி (வெப்பநிலைக்கும் பருமனுக்குமான உறவு)

வெப்பக்காற்றூதுபைகளின் தொழினுட்பத்தை மேம்படுத்தும் நோக்கத்துடன் சாருலசும் கேலூசாக்கும் ஒருவரையொருவர் சாராமல் தனித்தனியே வளிமங்களிமீது பல பரிசோதனைகளை செய்தனர். மாறாவழுத்தத்தில், வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வளிமத்தின் பருமனளவு அதிகரிக்கிறது என்பதையும் குளிர்விக்கும் போது பருமன் குறைகிறது என்பதையும் அவர்களது பரிசோதனைகள் காட்டின. வெப்பநிலை ஒவ்வொரு பாகை அதிகரிக்கும்போதும் வளிமத்தின் பருமன் ஒரு மாறாக்காரணியால் அதிகரித்ததை அவர்கள் கண்டனர். அந்தக்காரணியின் மதிப்பு $\frac{1}{273.15}$ என்றும் கணக்கிட்டனர். அதாவது, $0℃$ வெப்பநிலையில் V_0 பருமன் இருந்தால் $1℃$ வெப்பநிலையில்

$$V_1 = V_0\left(1 + \frac{1}{273.15}\right)$$

என்ற பருமன் இருந்தது. இவ்வாறே, வெப்பநிலை t ஆகும்போது, பருமன்

$$V_t = V_0\left(1 + \frac{t}{273.15}\right)$$

என்றாகிறது. இதையே

$$V_t = V_0\left(\frac{(273.15 + t)}{273.15}\right) \qquad (5.6)$$

என்றும் எழுதலாம்.

இவ்வாறிருப்பதால், நாம் $T = 273.15 + t$ என்ற ஒரு புதிய வெப்பநிலையளவத்தை வரையறுப்போம். அப்படியெனில், $0℃$ அந்த புதிய அளவத்தில் $T = 273.15$ என்றாகிறது. இந்த புதிய வெப்பநிலையளவத்தை **கெல்வின்வெப்பநிலையளவம்** என்றோ **ஒப்பிலா வெப்பநிலையளவம்** என்றோ அழைக்கிறோம்.

இவ்வாறு, செல்சியசளவத்தின் $0℃$ ஒப்பிலா அளவத்தில் $273.15\ K$ ஆகிறது. ஒப்பிலா அளவத்தில், அதாவது கெல்வினளவத்தில், வெப்பநிலையை எழுதும்போது பாகைக்குறி பயன்படுத்தாததை நோக்குக. கெல்வினளவம் ஆற்றலியக்க அளவம் என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இது அறிவியலில் அதிகம் பயன்படுகிறது.

ஆக, செல்சியசுவெப்பநிலையுடன் 273 (துல்லியமாக வேண்டுமெனில், 273.15) கூட்டுவதன்மூலம் கெல்வினளவத்தில் வெப்பநிலையை பெறுகிறோம்.

(5.6)ஆம் சமன்பாட்டில் $T_1 = 273.15 + t$ என்றும் $T_0 = 273.15$ என்றும் இட்டால்,

$$V_1 = V_0\left(\frac{T_1}{T_0}\right) \Longrightarrow \frac{V_1}{V_0} = \frac{T_1}{T_0} \qquad (5.7)$$

என்று பெறுகிறோம். இதையே, ஒரு பொது சமன்பாடாக

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \qquad (5.8)$$

$$\frac{V}{T} = \text{மாறிலி} = k_2 \qquad (5.9)$$

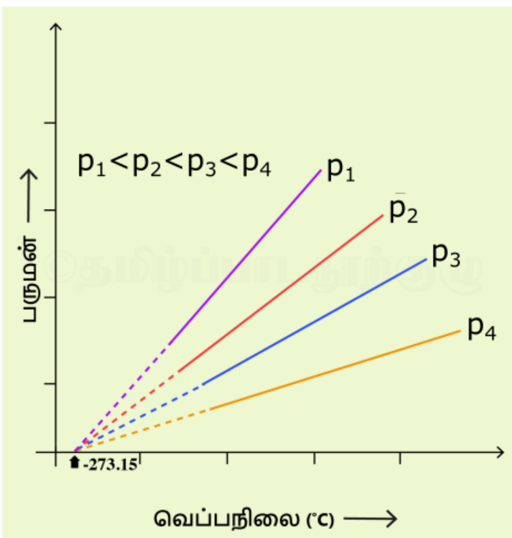
என்று எழுதலாம். இவ்வாறாக,

$$V = k_2T \qquad (5.10)$$

என்பதை வந்தடைகிறோம்.

இந்த k_2 என்ற மாறிலி வளிமத்தின் அழுத்தத்தையும், அதன் அளவையும், பருமனை நாம் எழுதும் அலகையும் சார்ந்திருக்கிறது.

சாருலசின் விதிக்கான கணிதக்கோவையை (5.10)ஆம் சமன்பாடு தருகிறது. இது சொல்வது என்னவென்றால், அழுத்தம் மாறாமலிருக்கும் போது மாறா நிறையுள்ள வளிமத்தின் பருமம் அதன் ஒப்பிலா வெப்பநிலைக்கு நேர்விழுக் காட்டில் இருக்கிறது என்பதே. எல்லா வளிமங் களுக்கும் எந்த அழுத்தத்திலும், பருமனுக்கு எதிரில் (செல்சியசு) வெப்பநிலையின் வரைபடம் ஒரு நேர்க்கோடாவதையும், சுழிப்பருமனுக்கு நீட்டும்போது ஒவ்வொரு கோடும் வெப்பநிலை யச்சை -273.15°Cஇல் வெட்டுவதையும் சாருலசு கண்டார். வெவ்வேறு அழுத்தங்களில் பெற்ற கோடுகளின் சாய்மைகள் வெவ்வேறாயினும் எல்லாக்கோடுகளும் வெப்பநிலையச்சை -273.15°Cஇல் சந்திக்கின்றன (படம் 5.6).



படம் 5.6 வெப்பநிலைக்கெதிரில் (°C) பருமனின் வரைபடம்

சிக்கல் *5.2*

பசிபிக்குப்பெருங்கடலில் 23.4°C வெப்ப நிலையில் பயணிக்கும் கப்பலிலுள்ள ஊதுபையை $2\ L$ வளிமத்தால் நிரப்புகிறோம். அந்தக்கப்பல் இந்தியப்பெருங்கடலை அடையும்போது வெப்பநிலை 26.1°C ஆகிறது. அப்போது ஊதுபையின் பருமன் எவ்வளவு?

தீர்வு

சாருலசின் விதிப்படி,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

கொடுக்கப்பட்டவை:

$V_1 = 2\ L$

$T_1 = 23.4°C = (23.4 + 273.15)K = 296.6\ K$

$T_2 = 26.1°C = (26.1 + 273.15)K = 299.2\ K$

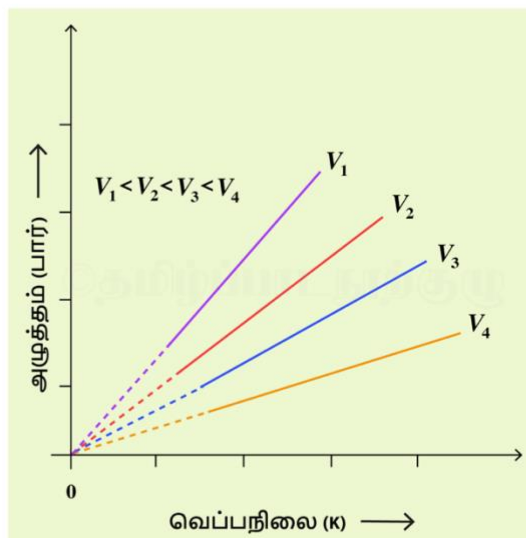
இனி, V_2ஐ கணக்கிடுவது எளிதன்றோ!

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{2\ L \times 299.2\ K}{296.6\ K} = 2\ L \times 1.009 = 2.018\ L$$

வெப்பநிலைக்கு எதிரில் பருமனை வரையும் வரைபடத்திலுள்ள ஒவ்வொரு கோட்டையும் ஒரு **சமவழுத்தக்கோடு** என்கிறோம்.

சாருலசு கண்டவற்றை புரிந்துகொள்ள, (5.6)ஆம் சமன்பாட்டில் tயின் மதிப்பை -273.15°Cஆக இடுவதன்மூலம், -273.15°C வெப்பநிலையில் வளிமத்தின் பருமன் சுழியாகும் என்று காண்கிறோம். அதாவது, வளிமம் இருக்காது என்று பொருளாகிறது. உண்மையில் எல்லா வளிமங்களும் இந்த வெப்பநிலையை அடையும்முன் நீர்மமாகிவிடு கின்றன. வளிமங்கள் சுழியப்பருமனை அடையும் இந்த கருதுகோளான அதாவது கற்பனையான வெப்ப நிலையை **ஒப்பிலாச்சுழி** என்கிறோம்.

மிகக்குறைந்த அழுத்தங்களிலும் அதிக வெப்பநிலைகளிலும் எல்லா வளிமங்களும் சாருலசின் விதிக்கு உட்படுகின்றன.



படம் 5.7 ஒரு வளிமத்தின் வெப்பநிலைக்கு எதிரே அழுத்தத்தின் வரைபடம் (சமப்பருமன்கோடு)

5.5.3 கேலூசாக்கின் விதி (அழுத்தத்துக்கும் வெப்பநிலைக்குமான உறவு)

சரியாக காற்றடித்த வண்டிச்சக்கரத்தின் அழுத்தம் பெரும்பாலும் மாறாமலிருக்கும். ஆனால் கோடையில் வெயில்மிகுந்த நாட்களில் அழுத்தம் அதிகமாவதையும் குளிர்காலத்தில் குறைவதையும் நீங்கள் கவனித்திருக்கலாம். அழுத்தத்துக்கும் வெப்பநிலைக்குமிடையான கணிதவுறவை இயோசாப்பு கேலூசாக்கு

என்பவர் முதலில் கண்டுபிடித்ததால் அதை கேலூசாக்கின் விதி என்கிறோம். மாறாப்பருமனில், ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வளிமத்தின் அழுத்தம் வெப்பநிலையின் நேர்விழுக்காட்டில் இருக்கிறது என்பதே இந்த விதி. கணிதவழியில்

$$p \propto T$$

அதாவது, $\frac{p}{T} =$ மாறிலி $= k_3$. இந்த உறவை பாயிலின் விதியையும் சாருலசின் விதியையும் பயன்படுத்தி நாம் வருவிக்கலாம். (கெல்வின்) வெப்பநிலைக்கு எதிரே அழுத்தத்தின் வரைபடத்தை படம் 5.7 காட்டுகிறது. இந்த வரைபடத்தின் ஒவ்வொரு கோட்டையும் **சமப்பருமன்கோடு** என்கிறோம்.

5.5.4 அவகாடிரோவின் விதி (பருமனுக்கும் பொருளளவுக்குமான உறவு)

அமிடேயோ அவகாடிரோ என்ற இத்தாலிய அறிவியலர் 1811இல் தாற்றனின் அணுக்கோட்பாட்டையும் கேலூசாக்கின் சேர்க்கைப் பருமன்களின் விதியையும் (அலகு 1) ஒன்றுசேர்க்க முயன்றார். இது இப்போது அவகாடிரோவின் விதி என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்த விதிப்படி, **ஒரே வெப்பநிலையும் அழுத்தமுமான நிலைமைகளில் எல்லா வளிமங்களின் சமமான பருமன்களிலும் சம எண்ணிக்கையான மூலக்கூறுகள் உள்ளன**. இதன் பொருள் என்னவென்றால், வெப்பநிலையும் அழுத்தமும் மாறாமலிருக்கும்வரை, பருமன் வளிமத்தின் மூலக்கூறெண்ணிக்கையை, அதாவது வளிமத்தின் அளவை, மட்டுமே சார்ந்திருக்கிறது. கணிதவழியில் இதை

$$V \propto n \Longrightarrow V = k_4 n \qquad (5.11)$$

என்று எழுதுகிறோம்; இங்கு, n வளிமத்தின் மோலெண்ணிக்கையையும், k_4 ஒரு விழுக்காட்டு மாறிலியையும் குறிக்கின்றன.

ஒரு மோல் வளிமத்திலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை 6.022×10^{23} என்று பரிசோதனைகளால் தீர்மானித்திருக்கிறோம். இந்த எண்ணை **அவகாடிரோமாறிலி** என்கிறோம். நாம் அலகு 1இல் மோலின் வரையறையில் இந்த எண்ணை எதிர்கொண்டதை நினைவுகொள்க.

அட்டவணை 5.2 செவெவவில் (273.15 K, 1 பார்) சில வளிமங்களின் மோலிரப்பருமன்கள்

ஆர்கான்	*22.37*
கரிமவீராக்குசைடு	*22.54*
இருநைற்றசன்	*22.59*
ஈராக்குசிசன்	*22.59*
ஈரைதரசன்	*22.72*
நல்லியல்புவளிமம்	*22.71*

வளிமத்தின் பருமன் மோலெண்ணிக்கைக்கு நேரடி விழுக்காடாவதால், ஒரு மோல் அளவுள்ள எந்தவொரு வளிமத்துக்கும் செந்தரவெப்பநிலையிலும் அழுத்தத்திலும் (செவெவ) ஒரே பருமன் இருக்கும். செந்தர வெப்பநிலையும் அழுத்தமும் என்பது $273.15\ K\ (0°C)$ வெப்பநிலையும் 1 பார் (அதாவது முழுச்சரியாக 10^5 பாசுக்கல்) அழுத்தமும். இந்த மதிப்புகள் நீரின் உறைவெப்பநிலைக்கும் கடன்மட்டத்தில் வளிக்கோள அழுத்தத்துக்கும் தோராயமாக சமமானவை. செவெவவில், ஒரு நல்லியல்புவளிமத்தின் அல்லது நல்லியல்பு வளிமக்கலவையின் மோலிரப்பருமன் $22.710981\ L\ mol^{-1}$ என்பதும் பரிசோதனைகளால் கண்டது.

சில வளிமங்களின் மோலிரப்பருமன்களை அட்டவணை 5.2 காட்டுகிறது. வளிம மோலெண்ணிக்கையை பின்வறுமாறு கணக்கிடலாம். மோலிர நிறையிலிருந்து

$$n = \frac{m}{M} \qquad (5.12)$$

என்பதை அறிவோம்; இங்கு, m நாம் கருதும் வளிமத்தின் நிறையையும் M அதன் மூலக்கூறுநிறையையும் குறிக்கின்றன. இவ்வாறு,

$$V = k_4 \frac{m}{M} \qquad (5.13)$$

என்றாகிறது. சமன்பாடு (5.13)ஐ மாற்றடுக்கி

$$M = k_4 \frac{m}{V} = k_4 d \qquad (5.14)$$

என்று எழுதலாம்; இங்கு, d வளிமத்தின் அடர்வு. வளிமத்தின் அடர்வு அதன் மோலிரப்பருமனுக்கு நேர்விழுக்காட்டில் இருக்கிறது என்ற முடிபை (5.14)ஆம் சமன்பாட்டால் பெறுகிறோம்.

பாயிலின் விதி, சாருலசின் விதி, அவகாடிரோவின் விதி ஆகியவற்றுக்கு கச்சிதமாக உட்படும் வளிமத்தை நாம் **நல்லியல்புவளிமம்** என்கிறோம். இவ்வாறான வளிமம் கருதுகோளானது. மூலக்கூறிடைவிசைகள் இல்லாமலிருக்கும்போதே ஒரு வளிமம் நல்லியல்புவளிமமாக செயல்பட இயலும். மூலக்கூறிடைவிசைகள் புறக்கணித்தக்க வகையில் சிறியனவாய் இருக்கும் ஒரு சில நிலைமைகளிலே மெய்வளிமங்கள் இந்த விதிகளுக்கு உட்படுகின்றன. மற்ற நிலைமைகளிலெல்லாம் இவை நல்லியல்புநடத்தையிலிருந்து விலகுகின்றன. இந்த விலகல்களைப் பற்றி நாம் இந்த அலகில் பின்பு காண்போம்.

5.6 நல்லியல்புவளிமச்சமன்பாடு

நாம் இதுவரை கற்ற மூன்று விதிகளையும் ஒன்றுசேர்த்து **நல்லியல்புவளிமச்சமன்பாடு** என்ற ஒற்றைச்சமன்பாடாக எழுதலாம்.

மாறா T, n: $V \propto \frac{1}{p}$ **பாயிலின் விதி**

மாறா p, n: $V \propto T$ **சாருலசின் விதி**

மாறா p, T: $V \propto n$ **அவகாடிரோவின் விதி**

எனவே, மூன்றையும் ஒன்றாகச்சேர்த்து

$$V \propto \frac{nT}{p} \quad (5.15)$$

$$\Rightarrow V = R\frac{nT}{p} \quad (5.16)$$

என்று எழுதுகிறோம்; இங்கு, R விழுக்காட்டு மாறிலி. (5.16)ஆம் சமன்பாட்டை மாற்றடுக்கி

$$pV = nRT \quad (5.17)$$

$$\Rightarrow R = \frac{pV}{nT} \quad (5.18)$$

என்பதை பெறுகிறோம். R என்ற விழுக்காட்டு மாறிலியை **வளிமமாறிலி** என்று அழைக்கிறோம். இது **அனைத்துவ வளிமமாறிலி** என்ற பெயராலும் வழங்குகிறது. (5.17)ஆம் சமன்பாடு **நல்லியல்புவளிமச்சமன்பாடு** எனப்படுகிறது.

வளிமமாறிலியான Rஇன் எண்மதிப்பு p, V, T ஆகியவற்றை நாம் அளக்கும் அலகுகளை பொறுத்திருக்கிறது என்பதை (5.18)ஆம் சமன்பாடு காட்டுகிறது. இந்த சமன்பாட்டில் மூன்று மாறிகள் தெரிந்தால் நான்காவதை நாம் கணக்கிடலாம். வெப்பநிலையும் அழுத்தமும் மாறாலிகளாக இருக்கும்போது எந்தவொரு வளிமத்தின் n மோல்களுக்கும் $V = \frac{nRT}{p}$ என்ற பருமனே இருக்கும்; ஏனெனில் n, R, T, p ஆகியவை மாறிலிகள். இது வளிமத்தைப் பொறுத்து மாறுபடவில்லை என்பது ஒரு வியக்கத்தக்க முடிபு. அதாவது எல்லா மெய்வளிமங்களும் சில நிலமைகளில் நல்லியல்புநடத்தையை அணுகுகின்றன. அப்போது அவற்றின் பருமனை மேற்கண்ட சமன்பாடு தருகின்றது. செந்தரவெப்பநிலையழுத்த நிலமையில் $(273.15\ K,\ 1$ பார்$)$ ஒரு மோல் நல்லியல்புவளிமத்தின் பருமன் $22.710981\ L\ mol^{-1}$ என்று முன்பே கண்டோம். இதிலிருந்து Rஇன் மதிப்பை நாம் கணக்கிடலாம். (5.18)ஆம் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$R = \frac{(10^5\ Pa)(22.71 \times 10^{-3}\ m^3)}{(1\ mol)(273.15\ K)}$$

$$= 8.314\ Pa\ m^3\ K^{-1}\ mol^{-1}$$

$$= 8314\ \times 10^{-2}\ bar\ L\ K^{-1}\ mol^{-1}$$

$$= 8.314\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$$

என்று காண்கிறோம்.

ஒரு பொருளின் நிலையைக்குறிப்பிடும் மாறிகளிடையில் ஒரு உறவைத்தரும் சமன்பாட்டை **நிலைச்சமன்பாடு** என்கிறோம். இங்கு, நல்லியல்புவளிமத்தின் நிலையைக் குறிப்பிடும் V, p, T, n ஆகிய நான்கு மாறிகளிடையில் ஒரு உறவை நல்லியல்புவளிமச்சமன்பாடு தருகிறது. எனவே நல்லியல்புவளிமச்சமன்பாடு ஒரு நிலைச்சமன்பாடு.

இனி, பாயிலின் விதியையும் சாருலசின் விதியையும் மீண்டும் கருதுவோம். அவை இரண்டையும் சேர்த்து, $V \propto \frac{T}{p}$ என்று எழுதலாம். அதாவது $\frac{pV}{T} =$ மாறிலி என்றாகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வளிமத்தின் நிலையை p, V, T ஆகிய மாறிகள் குறிப்பிடுகின்றன. அந்த வளிமம் (p_1, V_1, T_1) என்ற ஒரு நிலையிலிருந்து (p_2, V_2, T_2) என்ற மற்றொரு நிலைக்கு மாறும்போது

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \quad (5.19)$$

என்ற உறவு நிலைக்கவேண்டும்.

(5.19)ஆம் சமன்பாடு மிகவும் பயனுள்ள ஒன்று. இந்த ஆறு மாறிகளுள் ஐந்து தெரிந்தால் ஆறாவதை நாம் கணக்கிடலாம். இந்த சமன்பாட்டை **சேர்ந்த வளிமவிதி** என்கிறோம். அதாவது பாயிலின் விதியையும் சாருலசின் விதியையும் சேர்ப்பதால் பெற்றது. இதனுடன் அவகாடிரோவின் விதியையும் சேர்க்கும்போது நல்லியல்புவளிமச்சமன்பாடு கிடைக்கிறது.

சிக்கல் 5.3

வெப்பநிலை $25°C$ஆகவும் அழுத்தம் பாதரசத்தின $760\ mm$ஆகவும் இருக்கும்போது ஒரு வளிமம் $600\ mL$ பருமனில் இருக்கிறது. வெப்பநிலை $10°C$ஆக உள்ள ஒரு உயரமான இடத்தில் அதன் பருமன் $640\ mL$ஆக உள்ளது. அங்குள்ள அழுத்தம் என்ன?

தீர்வு

சேர்ந்த வளிமவிதிப்படி,

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

கொடுக்கப்பட்டவை:

$p_1 = 760\ mm\ Hg$

$V_1 = 600\ mL$

$T_1 = 25°C = (25 + 273)K = 298\ K$

$V_2 = 640\ mL$

$T_2 = 10°C = (10 + 273)K = 283\ K$

இனி, p_2ஐ கணக்கிடுவது எளிதன்றோ!

$$p_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 V_2}$$
$$= \frac{(760\ mm\ Hg) \times (600\ mL) \times (283\ K)}{(640\ mL) \times (298\ K)}$$
$$= 676.6\ mm\ Hg$$

5.6.1 வளிமப்பொருளின் அடர்வும் மோலிரநிறையும்

நல்லியல்புவளிமச்சமன்பாட்டை

$$\frac{n}{V} = \frac{p}{RT} \qquad (5.20)$$

என்று மாற்றடுக்கலாம். இதில் $n = \frac{m}{M}$ என்று மாற்றிட்டு

$$\frac{m}{MV} = \frac{p}{RT} \qquad (5.21)$$

என்றும் இதில் அடர்வு $d = \frac{m}{V}$ என்று மாற்றிட்டு

$$\frac{d}{M} = \frac{p}{RT} \qquad (5.22)$$

என்றும் பெறுகிறோம். மேலும் இதை மாற்றடுக்கி

$$M = \frac{dRT}{p} \qquad (5.23)$$

என்றவாறு, வளிமத்தின் மோலிரநிறையை கணக்கிடும் உறவை பெறுகிறோம்.

5.6.2 தாற்றனின் பகுதியழுத்தவிதி

இந்த விதியை இயோவான் தாற்றன் 1801இல் உண்டாக்கினார். வேதிவினைக்கு உட்படாத வளிமக்கலவை செலுத்தும் மொத்த அழுத்தம் அதிலுள்ள தனித்தனி வளிமங்களின் பகுதியழுத்தங் களின் கூட்டுத்தொகைக்கு சமம் என்கிறது இந்த விதி. கலவையிலுள்ள ஒவ்வொரு வளிமமும் தனித்தனியே அதே பருமனிலும் அதே வெப்பநிலையிலும் இருந்தால் அது எந்த அழுத்தத்தை செலுத்துமோ அதுவே கலவையில் அதன் பகுதியழுத்தம் எனப்படுகிறது. கணிதவழியில் பகுதியழுத்த விதியை

$$p_{\text{மொ}} = p_1 + p_2 + \cdots \quad (\text{மாறா } T, V) \qquad (5.24)$$

என்று எழுதுகிறோம்; இங்கு, $p_{\text{மொ}}$ கலவையின் மொத்த அழுத்தத்தையும் p_1, p_2, இன்னபிற வளிமங் களின் பகுதியழுத்தங்களையும் குறிக்கின்றன.

அட்டவணை 5.3 வெப்பநிலையுடன் நீர்விறைப்பு மாறுபடல்

வெப்./K	அழுத்./bar	வெப்./K	அழுத்./bar
273.15	0.0060	295.15	0.0260
283.15	0.0121	297.15	0.0295
288.15	0.0168	299.15	0.0331
291.15	0.0204	301.15	0.0372
293.15	0.0230	303.15	0.0418

வளிமங்களை பெரும்பாலும் நீரில் குமிழிட்டு சேகரிக்கிறோம். அதனால் அதில் ஈரப்பதம் கலந்திருக்கும். ஈரப்பதம் கலந்த வளிமத்தின் அழுத்தத்திலிருந்து நீரின் பகுதியழுத்தத்தை கழிப்பதன்மூலம் உலர்ந்த வளிமத்தின் அழுத்தத்தை கணக்கிடலாம். தெவிட்டிய நீராவி செலுத்தும் பகுதியழுத்தத்தை **நீர்விறைப்பு** என்கிறோம். வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் நீர்விறைப்பின் மதிப்புகளை அட்டவணை 5.3 காட்டுகிறது.

பகுதியழுத்தமும் மோல்விகிதமும்

ஒரு வளிமக்கலவையில் மூன்று வளிமங்கள் இருப்பதாக கொள்வோம். அதில் முதல் வளிமத்தின் n_1 மோல்களும் இரண்டாவதின் n_2 மோல்களும் மூன்றாவதின் n_3 மோல்களும் அடங்கியிருப்பதாக கொள்வோம். அப்படி யெனில், கலவையில் மொத்தம் $n = n_1 + n_2 + n_3$ மோல்கள் உள்ளன. இந்த கலவை யில் முதல் வளிமம் $\frac{n_1}{n}$ என்ற விகித்ததில் இருக்கிறது. இந்த விகித்ததை அதன் **மோல்விகிதம்** என்றழைத்து x_1 என்று குறிக்கிறோம். அதாவது, $x_1 = \frac{n_1}{n}$ என்று வரையறுக்கிறோம். இவ்வாறே மற்ற இரண்டுக்கும்.

இந்த கலவை T என்ற வெப்பநிலையில் V என்ற பருமனில் அடைபட்டு முறையே p_1, p_2, p_3 என்ற பகுதியழுத்தங்களை செலுத்துவதாக கொள்க. அப்படியெனில்,

$$p_1 = \frac{n_1 RT}{V} \qquad (5.25)$$

$$p_2 = \frac{n_2 RT}{V} \qquad (5.26)$$

$$p_3 = \frac{n_3 RT}{V} \qquad (5.27)$$

என்றாகிறது. இவற்றை மாற்றடுக்கி கூட்டுவ தன்மூலம் மொத்த மோலெண்ணிக்கையை பகுதியழுத்தங் களின் மூலம் காணலாம். ஆக, மொத்த மோல்கள்

$$n = n_1 + n_2 + n_3 = p_1 \frac{V}{RT} + p_2 \frac{V}{RT} + p_3 \frac{V}{RT}$$
$$= (p_1 + p_2 + p_3) \frac{V}{RT} \qquad (5.28)$$

என்றாகிறது. முதல் வளிமத்தின் மோல்விகி தத்தை

$$x_1 = \frac{n_1}{n} = \frac{p_1 V}{RT} \times \frac{RT}{(p_1 + p_2 + p_3) V}$$
$$= \frac{p_1}{(p_1 + p_2 + p_3)} = \frac{p_1}{p_{\text{மொ}}}$$

என்று பெறுகிறோம். ஆக, $p_1 = x_1 p_{மொ}$ என்றாகிறது. இவ்வாறே மற்ற இரண்டுக்கும் $p_2 = x_2 p_{மொ}$, $p_3 = x_3 p_{மொ}$.

பொதுவாக, பல வளிமங்கள் அடங்கிய கலவையில் $x_i = \frac{n_i}{n}$ என்று வரையறுக்கிறோம்; இங்கு, x_i என்பது iஆம் வளிமத்தின் மோல்விகிதத்தையும் n_i அதன் மோலெண்ணிக்கையையும் n மொத்த மோலெண்ணிக்கையையும் குறிக்கின்றன. அப்போது,

$$p_i = x_i \, p_{மொ} \qquad (5.29)$$

என்றாகிறது. ஒரு கலவையின் மொத்த அழுத்தமும் அந்தக்கலவையில் ஒரு வளிமத்தின் மோல்விகிதமும் தெரிந்தால், அதன் பகுதியழுத்தத்தை நாம் உடனே தெரிந்துகொள்ளலாம்.

சிக்கல் 5.4

நியானும் ஈராக்குசிசனும் கலந்த ஒரு கலவையில் $70.6\ g$ ஈராக்குசிசனும $167.5\ g$ நியானும் உள்ளன. உருளையிலுள்ள வளிமக்கலவையின் அழுத்தம் 25 பார் எனில், கலவையில் ஈராக்குசிசனின் பகுதியழுத்தமும் நியானின் பகுதியழுத்தமும் யாவை?

தீர்வு

ஈராக்குசிசனின் மோலெண்ணிக்கை

$$= \frac{70.6\ g}{32\ g\ mol^{-1}} = 2.21\ mol$$

நியானின் மோலெண்ணிக்கை

$$= \frac{167.5\ g}{20\ g\ mol^{-1}} = 8.375\ mol$$

ஈராக்குசிசனின் மோல்விகிதம்

$$= \frac{2.21}{2.21 + 8.375} = \frac{2.21}{10.585} = 0.21$$

நியானின் மோல்விகிதம்

$$= \frac{8.375}{2.21 + 8.375} = 0.79$$

வேறு விதமாக, நியானின் மோல்விகிதம்

$$= 1 - 0.21 = 0.79$$

வளிமத்தின் பகுதியழுத்தம் = அதன் மோல்விகிதம் × மொத்த அழுத்தம்

ஈராக்குசிசனின் பகுதியழுத்தம்

$= 0.21 \times 25$ பார் $= 5.25$ பார்

நியானின் பகுதியழுத்தம்

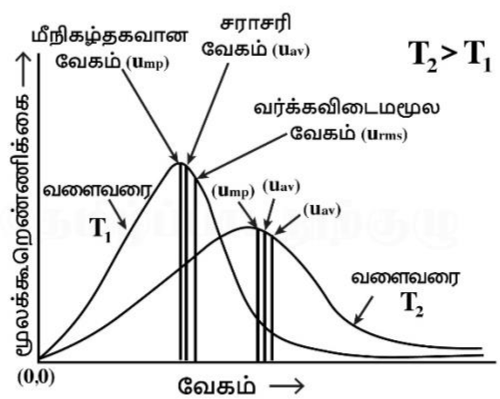
$= 0.79 \times 25$ பார் $= 19.75$ பார்

5.7 இயக்கவாற்றலும் மூலக்கூறுகளின் வேகங்களும்

வளிமங்களின் மூலக்கூறுகள் இடைவிடாது அசைந்துகொண்டேயிருக்கின்றன. அவ்வாறு அசையும்போது அவை ஒன்றுடனொன்றும் கொள்கலனின் சுவர்களிலும் மோதுகின்றன. இதன் விளைவாக அவற்றின் வேகங்களும் ஆற்றலும் மாறுகின்றன. இதனால் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் வளிமத்தின் எல்லா மூலக்கூறுகளின் வேகமும் ஆற்றலும் ஒரேயளவாக இல்லை. மூலக்கூறுகளின் ஒரு சராசரி வேகத்தையே பெறலாம். ஒரு மாதிரிக்கூறில் n மூலக்கூறுகளும் அவற்றின் வேகங்கள் $u_1, u_2, \ldots u_n$ என்றவாறும் இருந்தால், மூலக்கூறுகளின் சராசரி வேகத்தை

$$u_{சரா} = \frac{(u_1 + u_2 + \cdots + u_n)}{n}$$

என்று கணக்கிடலாம்.



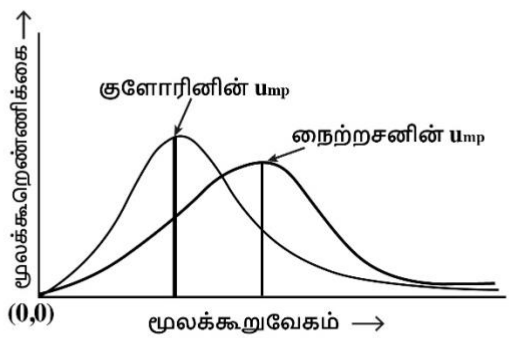
படம் 5.8 மேக்குவல்போட்சுமனின் பரவல்

மூலக்கூறுவேகங்களின் பரவல் வெப்பநிலையையும் வளிமத்தின் மூலக்கூறுநிறையையும் சார்ந்திருப்பதாக மேக்குவல், போட்சுமன் ஆகிய இருவரும் காட்டினர். ஒரு குறிப்பிட்ட வேகமுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை கணக்கிட மேக்குவல் ஒரு வாய்ப்பாட்டை வருவித்தார். இருவேறு வெப்பநிலைகளில் மூலக்கூறுவேகத்துக்கெதிரில் மூலக்கூறெண்ணிக்கையின் திட்டப்படவரை கோட்டை படம் 5.8 காட்டுகிறது. இதில் T_2 என்று குறித்த வெப்பநிலை T_1 என்று குறித்ததைவிட அதிகமானது. வரைகோட்டில் காட்டிய வேகப் பரவலை மேக்குவல்போட்சுமனின் வேகப்பரவல் என்கிறோம்.

மிக அதிகமான வேகங்களும் மிகக்குறைந்த வேகங்களுமுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைகள் மிகவும் குறைவு என்பதை வரைகோடு காட்டுகிறது. வளைவரையின் மீப்பெருமம் மீப்பெரும எண்ணிக்கையான மூலக்கூறுகளுக்குள்ள வேகத்தை காட்டுகிறது. இந்த வேகத்தை **மீநிகழ்தகவுவேகம், $u_{மீநி}$** என்கிறோம். இது மூலக்கூறுகளின் சராசரி வேகத்தின் மிக அருகிலுள்ளது. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது மீநிகழ்தகவுவேகம் அதிகரிக்கிறது. மேலும், உயர்வெப்பநிலைகளில் வேகப்பரவல்வளைவரை அகலமாகிறது.

வளைவரை அகலமாவது உயர்வேகங்களில் விரையும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிப்பதை காட்டுகிறது.

வேகப்பரவல் மூலக்கூறுநிறைகளையும் சார்ந்தி ருக்கிறது. ஒரே வெப்பநிலையில் அதிகநிறையுள்ள மூலக்கூறுகள் நிறைகுறைந்த மூலக்கூறுகளைவிட மெதுவாக நகர்கின்றன. சான்றாக, நைற்றசமூலக் கூறுகள் அவற்றைவிட அதிக நிறையுள்ள குளோரின்மூலக்கூறுகளை விட அதே வெப்பநிலையில் அதிக வேகமுள்ளவை. எனவே எந்த வெப்பநிலையிலும் நைற்றசமூலக்கூறுகளுக்கு குளோரின்மூலக் கூறுகளைவிட மீநிகழ்தகவு வேகம் அதிகம். நைற்றசனுக்கும் குளோரினுக்கும் படம் 5.9 காட்டும் மூலக்கூறுவேகப்பரவல் வளைவரை களை காண்க.



படம் 5.9 நைற்றசன், குளோரின் ஆகியவற்றின் மூலக்கூறுவேகப்பரவல்கள், 300 K வெப்பநிலையில்.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் தனிமூலக் கூறுகளின் வேகங்கள் மாறிக்கொண்டே இருந்தாலும், வேகப்பரவல் மாறவில்லை.

நேர்க்கோட்டில் நகரும் ஒரு துகளின் இயக்கவாற்றலைத்தரும் வாய்ப்பாடு

$$\text{இயக்கவாற்றல்} = \frac{1}{2}mu^2$$

என்பதை நாம் அறிவோம். எனவே, நாம் நகர்ச்சியின் இடைம இயக்கவாற்றலை அறிய விரும்பினால், u^2இன் இடைமம் $\overline{u^2}$ தெரியவேண்டும். இந்த இடைமம்

$$\overline{u^2} = \frac{u_1^2 + u_2^2 + \cdots + u_n^2}{n}$$

என்பது. இந்த வர்க்க இடைம வேகம் வளிமமூலக்கூறுகளின் சராசரி வெப்ப ஆற்றலின் நேரடியான அளவீடு. வேகங்களின் வர்க்கங்களின் இடைமத்தின் வர்க்கமூலம் **வர்க்கவிடைமமூல வேகம்** எனப்படுகிறது. இதை $u_{\text{வவிமூ}} = \sqrt{\overline{u^2}}$ என்று குறிக்கிறோம். இது மீநிகழ்தகவுவேகத்திலிருந்தும் சராசரிவேகத்தி லிருந்தும் வேறுபட்ட அளவுள்ளது. வர்க்க விடைமமூலவேகம், சராசரிவேகம், மீநிகழ்தகவு வேகம் ஆகியவை

$$u_{\text{வவிமூ}} > u_{\text{சரா}} > u_{\text{மீநி}}$$

என்ற உறவிலுள்ளன. அவற்றிடையான விகிதங்கள்

$$u_{\text{மீநி}} : u_{\text{சரா}} : u_{\text{வவிமூ}} :: 1 : 1.128 : 1.224$$

என்றிருப்பதாக பரிசோதனைகள் காட்டுகின் றன.

5.8 வளிமங்களின் இயக்கமூலக்கூறுகோட்பாடு

இதுவரை நாம் கற்ற பாயிலின் விதி, சாருலசின் விதி போன்றவை சோதனைக்கூடங் களில் அறிவியலர் பரிசோதனைகளில் கண்ட உண்மைகளின் பொருட்பொதிவான கூற்றுகள். கவனமாகத்திட்டமிட்ட பரிசோதனைகளை நிகழ்த்துவது அறிவிய முறையின் ஒரு முக்கியக்கூறு. ஒரு அமைப்பு வெவ்வேறு நிலைமைகளில் நடந்துகொள்ளும் விதங்களை இந்த பரிசோதனைகள் காட்டுகின்றன. ஆனால், பரிசோதனைமுடிவுகளை நிலைநாட்டியபின், அமைப்பு ஏன் அவ்வாறு நடந்துகொள்கிறது என்றறியும் ஆர்வம் அறிவியலருக்கு எழுகிறது. சான்றாக, வளிமங்களை அமுக்கும்போது அழுத்தம் அதிகரிக்கும் என்று வளிமவிதிகள் காட்டுகின்றன. ஆனால் வளிமத்தை அமுக்கும்போது அதன் மூலக்கூறுகளுக்கு என்ன நிகழ்கிறது என்று அறிய விரும்புவோம். இதுபோன்ற கேள்விகளுக்கு விடைகாண ஒரு கோட்பாட்டை கட்டுமானிக்கிறோம். கோட்பாடு என்பது நாம் கண்டறிந்தவற்றை மேலும் புரிந்துகொள்ள உதவும் ஒரு ஒப்புரு, அதாவது மனச்சித்திரம். வளிமங்களின் நடத்தைகளை தெளிவாக்க முயலும் கோட்பாட்டை இயக்கமூலக் கூறு கோட்பாடு என்கிறோம்.

வளிமங்களின் இயக்கமூலக்கூறுகோட்பாட் டின் உரைகோள்கள் (எடுகோள்கள்) பின்வருகின் றன. இந்த உரைகோள்கள் கண்ணுக்குத் தெரியாத அணுக்களையும் மூலக்கூறுகளையும் பற்றியவை. எனவே இவை வளிமங்களின் நுண்ணளவ ஒப்புரு என்கிறோம்.

- வளிமங்களில் மிக அதிக எண்ணிக்கை யான முற்றொருமையான துகள்கள் (அணுக்களோ மூலக்கூறுகளோ) அடங்கி யுள்ளன. இவை மிகச்சிறியனவாகவும் ஒன்றுக்கொன்று மிகத்தொலைவிலும் இருப் பதால் மூலக்கூறுகளின் உண்மையான பருமன் அவற்றிடையுள்ள வெற்றிடத்தின் ஒப்பளவில் புறக்கணிக்கத்தக்கது. இவற்றை புள்ளிநிறைகளாக நாம் கருதுகிறோம். இந்த எடுகோள் வளிமங்களின் மிகுந்த அமுங்குமையை விளக்குகிறது.
- இயல்பான வெப்பநிலையிலும் அழுத்தத் திலும் வளிமமூலக்கூறுகளிடையில் ஈர்ப்பு விசை இல்லை. வளிமங்கள் விரிவடைந்து கிடைக்கும் எல்லா பரும இடத்தையும்

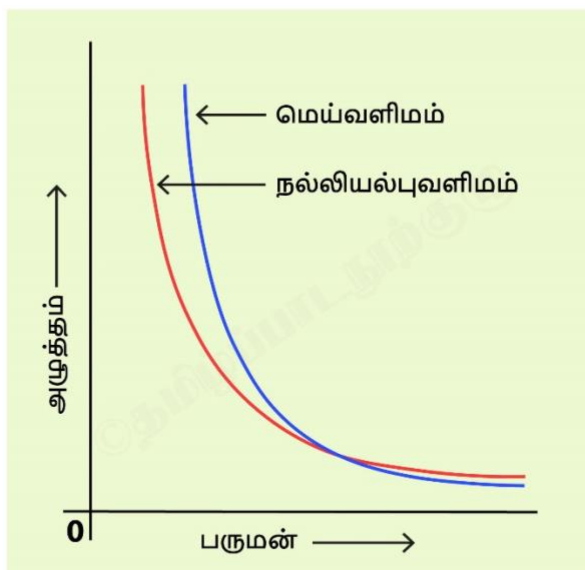
எடுத்துக்கொள்வதிலிருந்து இந்த எடுகோள் எழுகிறது.

- வளிமத்தின் துகள்கள் எப்போதும் இடைவிடாத நேர்ந்தவாறான அசைவில் இருக்கின்றன. துகள்கள் நிலையாயிருந்து குறித்த பருமனையே எடுத்துக்கொண்டால் வளிமத்துக்கும் குறித்த பருமனே இருக்கும். ஆனால் நாம் காண்பது அதுவன்று.
- வளிமத்தின் துகள்கள் எல்லாத்திசைகளிலும் நேர்க்கோடுகளில் நகர்கின்றன. இந்த நேர்ந்தவாறான அசைவுகளின்போது இவை ஒன்றுடனொன்றும் கொள்கலனின் சுவர்களுடனும் மோதுகின்றன. துகள்கள் கொள்கலனின் சுவர்களில் மோதுவதன் விளைவாகவே அழுத்தத்தை செலுத்துகின்றன.
- வளிமமூலக்கூறுகளிடையில் ஏற்படும் மோதல்கள் கச்சிதமான மீண்மையுள்ளவை. இதனால் மோதலுக்கு முன்பிருந்த மூலக்கூற்றாற்றலின் அளவே மோதலுக்குப்பின்பும் இருக்கிறது. மோதும் மூலக்கூறுகளிடையில் ஆற்றல் மாற்றலாகலாம். தனி மூலக்கூறுகளின் ஆற்றல் மாறலாம். ஆனால் அவற்றின் மொத்த ஆற்றல் ஒரு மாறிலி. இயக்க வாற்றலில் இழப்பு இருந்தால், மூலக்கூறுகளின் அசைவு குறைந்து வளிமங்கள் அமரத்தொடங்கும். ஆனால் நாம் காண்பது இதற்கு மாறானது.
- எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்திலும் வளிமத்தின் வெவ்வேறு துகள்களுக்கு வெவ்வேறு வேகங்களும் அதனால் வெவ்வேறு ஆற்றல்களும் இருக்கின்றன. இந்த எடுகோள் காரணமுள்ளது; ஏனெனில், மூலக்கூறுகள் மோதும்போது அவற்றின் வேகங்கள் மாறுவதை நாம் எதிர்பார்ப்போம். எல்லா மூலக்கூறுகளும் ஒரே வேகத்துடன் தொடங்கினாலும், மூலக்கூறுகளின் மோதல்கள் இந்த சீர்மையை அலைக்கழித்துவிடும். இதன் விளைவாக இடைவிடாது மாறிக்கொண்டிருக்கும் வெவ்வேறு வேகங்களை மூலக்கூறுகள் பெறுகின்றன. தனித்தனி வேகங்கள் மாறினாலும், ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் வேகவிரவல் மாறாமலிருப்பதை நாம் காட்டவியலும்.
- ஒரு மூலக்கூறுக்கு மாறத்தகு வேகம் இருந்தால், அதற்கு மாறத்தகு இயக்க வாற்றலும் இருக்கிறது என்று பொருளாகிறது. இவ்வாறிருக்கும்போது நாம் சராசரி இயக்க ஆற்றலைப்பற்றியே பேசவியலும். இயக்கக்கோட்பாட்டில், இயக்கவாற்றலின் சராசரி ஒப்பிலா வெப்பநிலையின் நேர்விழுக்காட்டில் இருக்கிறது என்று எடுகொள்கிறோம். மாறாப்பருமனில் ஒரு வளிமத்தை சூடாக்கும்போது அழுத்தம் அதிகரிப்பது நாம் அன்றாட வாழ்வில் காண்பது (கேலூசாக்கின் விதி). வளிமத்தை சூடாக்கும்போது, துகள்களின் இயக்க வாற்றல் அதிகரிப்பதால், அவை கொள்கலன்களின் சுவர்களில் மோதுவது அதிகமாக நிகழ்வதாலும் அதிக வேகத்துடனும் நிகழ்வதாலும் அதிக அழுத்தத்தை செலுத்துகின்றன.

நாம் முந்தைய பகுதிகளில் கற்ற எல்லா வளிமவிதிகளையும் கோட்பாடுகளால் வருவிக்க வளிம இயக்கக்கோட்பாடு உதவுகிறது. வளிமவியக்கக்கோட்பாட்டின் அடிப்படையிலான கணக்கீடுகளும் முன்னறிதல்களும் பரிசோதனைமுடிவுகளுடன் நன்றாக ஒத்திருப்பது இந்த ஒப்புரு சரியானதென்று சான்றளிக்கிறது.

5.9 மெய்வளிமங்கள் நல்லியல்புவளிமங்களின் நடத்தையிலிருந்து விலகல்

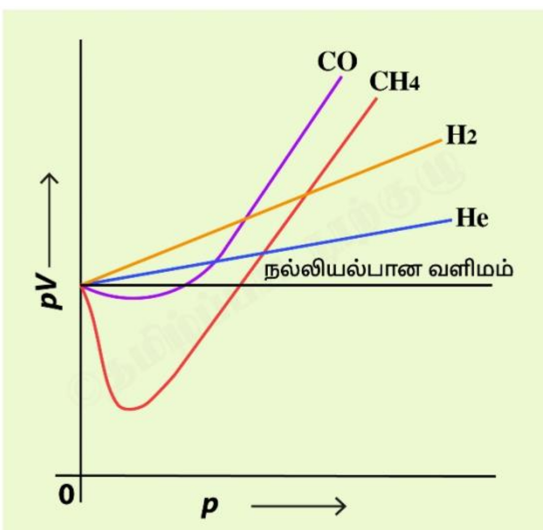
நாம் மேல் கண்ட வளிமங்களின் கோட்பாட்டொப்புரு பெரும்பான்மையான சூழமைவுகளில் பரிசோதனைகளின் கண்டறிதல்களுடன் நன்றாக ஒத்திருக்கின்றது. ஆனால் சில சூழமைவுகளில் மேலும் துல்லியமான பரிசோதனைகள் உண்மையான வளிமங்கள் நல்லியல்புநடத்தையிலிருந்து விலகுவதை காட்டுகின்றன. அழுத்தம், பருமன், வெப்பநிலை ஆகியவற்றிடையான உறவை நல்லியல்பு வளிமவிதியான $pV = nRT$ என்பது எந்த அளவுக்கு மீளுருவாக்குகிறது என்று சோதிக்கும் போது விலகல்களை நாம் காண்கிறோம்.



படம் 5.10 மெய்வளிமத்துக்கும் நல்லியல்புவளிமத்துக்கும் அழுத்தத்துக்கெதிரில் பருமனின் வளைவரை

பாயிலின் விதியை சோதிக்க, ஒரு மெய்வளிமத்தின் pயெதிரில் Vயின் வளைவரையை அதே வெப்பநிலையில் $pV = nRT$ தரும் நல்லியல்பு வளைவரையுடன் ஒப்பிடுவோம். மெய்வளிமம் நல்லியல்பு நடத்தையுள்ளதாயிருந்தால் இரண்டு வளைவரைகளும் ஒன்றன்மேல் ஒன்று பொருந்த வேண்டும். அவ்வாறான வளைவரைகளை படம் 5.10 காட்டுகிறது. மெய்வளிமத்ததின் வளைவரை நல்லியல்புவளைவரையிலிருந்து விலகுவது தெளிவு. உயரழுத்தங்களில் அளவிட்ட மெய்வளிமத்தின் பருமன்கள் நல்லியல்பால் கணக்கிட்ட பருமன்களைவிட அதிகமாக இருக்கின்றன. குறைந்த அழுத்தங்களில் இவை இரண்டும் ஒன்றையொன்று நெருங்குகின்றன. பாயில் குறைந்த அழுத்தங்களிலே தம் பரிசோதனைகளை நிகழ்த்தினார் என்பது நோக்கத்தக்கது.

பாயிலின் விதியை மேலும் துல்லியமாக சோதிக்க, pக்கு எதிரில் Vஐ வரைவதற்குப் பதிலாக, pVஐ வரைவோம். பாயிலின் விதிப்படி, மாறாவெப்ப நிலையில் இந்த வளைவரை மாறிலியாக இருக்க வேண்டும். அதாவது இந்த வளைவரை ஒரு கிடைமட்டக்கோடாக வேண்டும். பரிசோதனைத்தரவுகளிலிருந்து வரைந்த இவ்வாறான வரைகோடுகளை படம் 5.11 காட்டுகிறது.



படம் 5.11 மெய்வளிமத்துக்கும் நல்லியல்புவளிமத்துக்கும் pக்கு எதிரே pVவரைகோடு

மாறாவெப்பநிலையில் மெய்வளிமங்களின் pக்கு எதிரில் வரைந்த pVவரைகோடு நேர்க்கோடாக இல்லாதது தெளிவாகிறது. நல்லியல்புநடத்தையிலிருந்து கணிசமான விலகல் இருக்கிறது. இரண்டுவிதமான வளைவரைகளை காண்கிறோம். ஈரதைரசனுக்கும் ஈலியத்துக்குமான வளைவரைகளில் அழுத்தம் அதிகரிக்க pVஉம் அதிகரிக்கிறது. கரிமவொற்றையாக்குசைடு, மீத்தேன் போன்ற வளிமங்களில் இந்த வளைவரை முதலில் குறைந்து பிறகு மீண்டும் அதிகரிப்பதை காண்கிறோம். அதாவது அழுத்தம் அதிகரிக்க pV முதலில் குறைந்து, வளிமத்தின் சிறப்பியல்பான ஒரு மீச்சிறும மதிப்பை அடைந்து, அதன்பின் அதிகரித்து நல்லியல்புமதிப்பை அடைந்து, பிறகு அதற்குமேலும் உயர்கிறது. இதனால் மெய்வளிமங்கள் எல்லா நிலைமைகளிலும் நல்லியல்புநடத்தையை பின்பற்றவில்லை என்று அறிகிறோம்.

இவ்வாறே சாருலசின் விதியையும் அவகாடிரோவின் விதியையும் சோதிக்கும்போதும் விலகல்கள் தெளிவாகின்றன. இதிலிருந்து இரண்டு கேள்விகள் எழுகின்றன.

i) வளிமங்கள் நல்லியல்புநடத்தையிலிருந்து விலகுவது ஏன்?

ii) எந்தெந்த நிலைமைகளில் வளிமங்கள் நல்லியல்பிலிருந்து விலகுகின்றன?

முதற்கேள்விக்கு விடைகாண இயக்கக் கோட்பாட்டின் உரைகோள்களை மீண்டும் கருதுவோம். இரண்டு எடுகோள்கள் முற்றிலும் சரியில்லாததை காணலாம். அவை

(அ) வளிமமூலக்கூறுகளிடையில் ஈர்ப்பு விசை இல்லை

(ஆ) வளிமமூலக்கூறுகளின் பருமன்கள் அந்த வளிமம் எடுத்துக்கொள்ளும் பருமனின் ஒப்பளவில் புறக்கணிக்கத்தக்கவாறு சிறியவை.

எடுகோள் (அ) சரியெனில், வளிமம் ஒருபோதும் நீர்மமாகாது. ஆனால் வளிமங்களை குளிர்வித்து அமுக்கும்போது அவை நீர்மமாவதை நாம் அறிவோம். நீர்மமானபின் அவற்றை மேலும் அமுக்குவது கடினம் என்பதையும் அறிவோம். இதன் பொருள் என்னவென்றால், மூலக்கூறுகளை ஒரு சிறு பருமனுக்குள் அமுக்குவதை தடுக்குமளவுக்கு விலக்கல்விசைகள் வலுவானவை. எடுகோள் (ஆ) தவறாகப்போவதாலே, உயரழுத்தங்களில் ஒரு மெய்வளிமத்தின் பருமன் நல்லியல்பு பருமனைவிட அதிகமாயிருக்கிறது. அதாவது அழுத்தம் அதிகரிக்க பருமனைக்குறைப்பது கடினமாகி இறுதியில் நீர்மமானபின் இயலாததாகிவிடுகிறது.

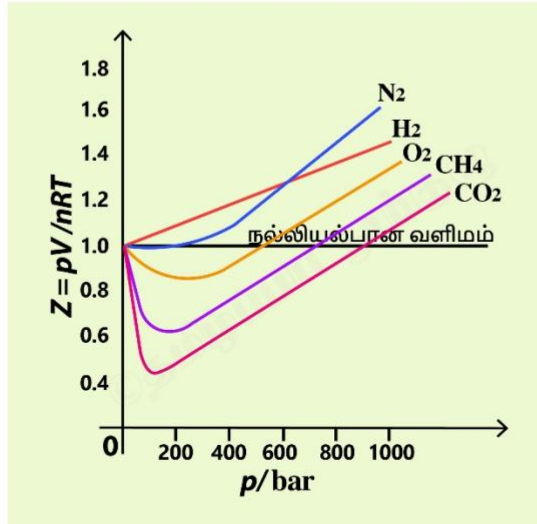
மூலக்கூறுகள் ஒன்றுடனொன்று இடைவினையாவதாலே மெய்வளிமங்கள் நல்லியல்பு வளிமவிதியிலிருந்து விலகுகின்றன. உயரழுத்தங்களில் வளிமமூலக்கூறுகள் ஒன்றுக்கொன்று அருகில் வருகின்றன. அப்போது மூலக்கூறிடைவினைகள் செயலாற்றத்தொடங்குகின்றன. அதிக அழுத்தத்தில், மூலக்கூறுகள் கொள்கலனின் சுவர்களில் முழுவிசையுடன் தாக்கவில்லை; ஏனென்றால் மூலக்கூறீர்ப்புவிசை

களால் மற்ற மூலக்கூறுகள் ஒரு சிறு இழுப்புவிசையை செலுத்துகின்றன. இது கொள் கலச்சுவரில் வளிமம் செலுத்தும் அழுத்தத்தை நல்லியல்பளவிலிருந்து குறைக்கிறது. இந்த இழுப்புவிசை வளிமத்தின் அடர்வின் வர்க்கத்துக்கு நேர்விழுக்காட்டில் இருப்பதாக வாண்டர்வால்சு என்ற அறிவியலர் கண்டார். அதாவது

$$p_{\text{ந}} = p_{\text{மெ}} + a\left(\frac{n}{V}\right)^2 \qquad (5.30)$$

எனறு கண்டார்; இங்கு, $p_{\text{மெ}}$ அளவிட்ட உண்மையான அழுத்தத்தையும் $p_{\text{ந}}$ கணக்கிட்ட நல்லியல்பான அழுத்தத்தையும், a ஒரு விழுக்காட்டுமாறிலியையும் குறிக்கின்றன. வளிமடர்வை மோலிர அடர்வாக n/V என்று குறித்தோம். மூலக்கூறிடை ஈர்ப்புவிசைகளின் ஒரு அளவீடாக a செயலாற்றுகிறது. இது வெப்பநிலையையும் அழுத்தத்தையும் சாராதது.

விலக்கல்விசைகளும் முக்கியமாகின்றன. இவை குறுந்தொலைவ இடைவினைகள். மிக அருகில் வரும்போதே செயலாற்றுகின்றன. இவ்வாறான நிலைமை உயர் அழுத்தத்தில் நிலவுகிறது. இந்த விலக்கல்விசையால் மூலக்கூறுகள் சிறு கடினமான கோளங்கள் போல் நடந்துகொள்கின்றன. அதாவது, மூலக்கூறுகள் ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவைவிட ஒன்றையொன்று நெருங்குவதை விலக்கல்விசை கள் தடுக்கின்றன. இந்தக்கோளங்கள் எடுத்துக்கொள்ளும் பருமன் மூலக்கூறுகள் அலைந்து திரிவதற்கு இல்லாமற்போகிறது. எனவே நல்லியல்புசமன்பாட்டில் இடம்பெறும் பருமன் உண்மைப்பருமனிலிருந்து குறைகிறது. இந்தக்குறைவு அந்த பருமனிலுள்ள மோலெண்ணிக்கைக்கு நேர்விழுக்காட்டிலுள் ளது. அதாவது மூலக்கூறுகளுக்கு கிடைக்கும் பருமன் $V - nb$ ஆகிறது; இங்கு b ஒரு மாறிலி.



படம் 5.12 சில வளிமங்களின் அமுங்குமைக்காரணிகள் அழுத்தத்துடன் மாறுபடுதல்

அழுத்தத்துக்கும் பருமனுக்குமான திருத்தங் களை கவனித்தபின், (5.17)ஆம் சமன்பாட்டை

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \qquad (5.31)$$

என்று எழுதுகிறோம். (5.31)ஆம் சமன்பாடு வாண்டர்வால்சுச்சமன்பாடு எனப்படுகிறது. இதில் n வளிமத்தின் மோலெண்ணிக்கை. a, b என்ற மாறிலிகளை வாண்டர்வால்சுமாறிலிகள் என்கிறோம். அவற்றின் மதிப்புகள் வளிமத்தை சார்ந்தவை.

நல்லியல்புநடத்தையிலிருந்து உண்டாகும் விலகலை pVக்கும் nRTக்குமான விகிதத்தால் நாம் அளவிடலாம். அதாவது

$$Z = \frac{pV}{nRT} \qquad (5.32)$$

என்ற விகித்ததால் அளவிடலாம். இங்கு Zஐ **அமுங்குமைக்காரணி** என்கிறோம். நல்லியல்பு வளிமத்துக்கு $pV = nRT$ என்பதால், எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் அழுத்தங்களிலும் $Z = 1$ என்பது உண்மை. அதனால் அமுங்குமைக் காரணியை அழுத்தத்துக்கு எதிரில் வரைந்தால் நல்லியல்புவளிமத்துக்கு அது ஒரு கிடைமட்டக் கோடாகிறது (படம் 5.12). நல்லியல்பிலிருந்து விலகும் வளிமங்களுக்கு Z ஒன்றிலிருந்து விலகுகிறது. மிகக்குறைந்த அழுத்தத்தில், படத்தில் காட்டிய எல்லா வளிமங்களுக்கும் $Z = 1$ என்றிருப்பதால் அவை நல்லியல்புடன் செயலாற்றுகின்றன. உயரழுத்தங்களில் எல்லா வளிமங்களுக்கும் $Z > 1$ என்றிருக்கிறது. அதாவது இவற்றை அமுக்குவது நல்லியல்பு வளிமத்தை அமுக்குவதைவிட கடினமானது. இடைப்பட்ட அழுத்தங்களில் பெரும்பான்மை

யான வளிமங்களுக்கு $Z < 1$ என்றிருக்கிறது. இதிலிருந்து தெரிவது என்னவென்றால், **ஒரு வளிமம் எடுத்துக்கொள்ளும் பருமன் மிக அதிகமாக இருக்கும்போது அதன் ஒப்பளவில் மூலக்கூறுகளின் பருமன் புறக்கணிக்கத்தக்க தாகி, வளிமங்கள் நல்லியல்புநடத்தையில் உள்ளன**. அதாவது, அழுத்தம் குறையும்போது வளிமம் நல்லியல்புநடத்தையை அணுகுகிறது. ஒரு வளிமம் எந்த அழுத்தம்வரை நல்லியல்புடன் இருக்கும் என்பது அந்த வளிமத்தின் இயல்பை யும் வெப்பநிலையையும் சார்ந்திருக்கிறது.

ஒரு மெய்வளிமம் அழுத்தத்தின் கணிசமான வீச்சளவுக்கு நல்லியல்புநடத்தையை காட்டும் வெப்பநிலையை அந்த வளிமத்தின் **பாயிலின் வெப்பநிலை** என்றோ **பாயிலின் புள்ளி** என்றோ அழைக்கிறோம். ஒரு வளிமத்தின் பாயிலின் வெப்பநிலை அதன் இயல்பை சார்ந்தது. தங்கள் பாயிலின் புள்ளிகளுக்குமேல், வளிமங்கள் நல்லியல்பிலிருந்து நேர்ம விலகல்களை காட்டுகின்றன. அதாவது Zமதிப்புகள் ஒன்றைவிட அதிகமாகின்றன. இந்த வெப்பநிலைகளில் மூலக்கூறுகளிடையான ஈர்ப்புவிசைகள் மிகவும் வலுகுறைந்தவை. பாயிலின் புள்ளிக்குக்கீழ், அழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது வளிமங்களின் Zமதிப்பு முதலில் குறைந்து ஒரு மீக்குறைந்த மதிப்பை அடைந்து, அழுத்தம் மேலும் அதிகரிக்கும்போது Zமதிப்பு தொடர்ச்சியாக அதிகரிக்கிறது. இந்த விவரங்களிலிருந்து, குறைந்த அழுத்தமும் அதிக வெப்பநிலையுமான நிலைமைகளில் வளிமங் கள் நல்லியல்புநடத்தையுள்ளவை என்று அறிகிறோம். இந்த நிலைமைகள் வளிமத்துக்கு வளிமம் வேறுபடுகின்றன.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையிலும் அழுத்தத்திலும் மெய்வளிமத்தின் பருமனை (5.31)ஆம் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$V_{\text{மெ}} = Z\frac{nRT}{p} \qquad (5.33)$$

என்று எழுதலாம். ஆனால் நல்லியல்புவளிமத் தின் பருமன் $V_{\text{ந}} = \frac{nRT}{p}$ என்பதால், (5.33)ஆம் சமன்பாட்டை

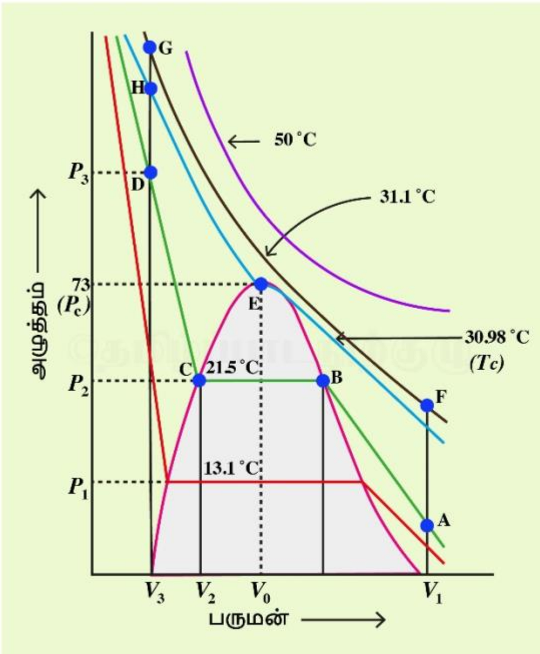
$$Z = \frac{V_{\text{மெ}}}{V_{\text{ந}}} \qquad (5.34)$$

என்றும் எழுதலாம். அதாவது, அமுங்குமைக் காரணி என்பது ஒரு வளிமத்தின் உண்மையான பருமனுக்கும் அது நல்லியல்புவளிமமாயிருந் தால் அதே வெப்பநிலையிலும் அழுத்ததிலும் என்ன பருமன் இருக்குமோ அந்த பருமனுக்கும் உள்ள விகிதம்.

இனிவரும் பகுதிகளில், வளிமநிலைக்கும் நீர்மநிலைக்கும் அதிக வேறுபாடு இல்லை என்பதையும், நீர்மநிலையை வளிமநிலையின் உயரழுத்தத்தொடர்ச்சியாக கருதலாம் என்றும் காணப்போகிறோம். வளிமங்களின் சமவெப்பக் கோடுகளை பயன்படுத்தி வளிமங்கள் நீர்ம மாவதை முன்னறியலாம் என்றும் காண்போம்.

5.10 வளிமங்கள் நீர்மமாதல்

ஒரு பொருளின் வளிமநிலையிலும் நீர்ம நிலையிலும் அழுத்தம், பருமன், வெப்பநிலை ஆகியவற்றிடையான உறவைப்பற்றிய முழுமை யான தரவுகளை முதன்முதலில் தாமசு ஆண்டிரூசு கரிமவீராக்குசைட்டுக்காக பெற்றார். அவர் வெவ்வெறு வெப்பநிலைகளில் கரிமவீராக்குசைட்டின் சமவெப்பக்கோடுகளை வரைந்தார் (படம் 5.13). மெய்வளிமங்கள் கரிமவீராக்குசைடைப்போன்ற நடத்தை யுள்ளவை என்பதை பின்பு கண்டுபிடித்தனர். உயர்வெப்பநிலைகளில் சமவெப்பக்கோடுகள் நல்லியல்புவளிமங்களின் கோடுகளைப் போலவே தோன்றுவதையும் அதிக அழுத்தத் திலும் வளிமம் நீர்மமாகவில்லை என்பதையும் ஆண்டிரூசு கண்டார். வெப்பநிலை குறைய, வளைவரையின் வடிவம் மாறுவதுடன், நல்லி யல்புநடத்தையிலிருந்து கணிசமான விலகலும் ஏற்படுகிறது. வெப்பநிலை $30.98°C$ஆக இருக்கும்போது, 73 வளிக்கோள அழுத்தம்வரை கரிமவீராக்குசைடு வளிமமாய் இருக்கிறது (படம் 5.13இல் புள்ளி E). நீர்மக்கரிமவீ ராக்குசைடு முதன்முதலில் 73 வளிக்கோள அழுத்தத்தில் தோன்றத்தொடங்குகிறது. இதனால், $30.98°C$ கரிமவீராக்குசைட்டின் **உய்யவெப்பநிலை (T_c)** என்கிறோம். இதுவே நீர்மக்கரிமவீராக்குசைட்டை காணக்கூடிய மீயதிக வெப்பநிலை. இந்த வெப்பநிலைக்கு மேல் எல்லா அழுத்தங்களிலும் அது வளிமமா கவே இருக்கிறது. உய்யவெப்பநிலையில் 73 வளிக்கோள அழுத்தத்தில் மட்டும் நீர்மமாகிறது. இந்த அழுத்தம் **உய்யவழுத்தம் (p_c)** என்றும், அதற்கு நிகரான பருமன் **உய்யப்பருமன் (V_c)** என்றும் சொல்கிறோம். உய்யவெப்பநிலை, உய்யவழுத்தம், உய்யப்பருமன் ஆகியவை உய்யமாறிலிகள்.



படம் 5.13 வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் கரிமவீராக்குசைடின் சமவெப்பக்கோடுகள்

உய்யவெப்பநிலையான $30.98°C$க்குக்கீழ் வளிமத்தை அமுக்கும்போது அதன் நடத்தை வேறுபடுகிறது. சான்றாக, $21.5°C$வெப்பநிலையில் A என்ற நிலையில் தொடங்கி வளிமத்தை அழுத்துவதாக கொள்வோம் (படம் 5.13). அமுக்குவதால் பருமன் குறைந்து அழுத்தம் அதிகரித்து, நிலை AB என்ற கோட்டில் நகர்கிறது. இந்த வெப்பநிலையில் B என்ற புள்ளிவரை கரிமவீராக்குசைடு வளிமமாக இருந்து, Bயில் நீர்மம் தோன்றத்தொடங்குகிறது. BC என்ற கோட்டில் வளிமமும் நீர்மமும் உடனிருக்கின்றன. அப்போது அமுக்கும்போது, பருமன் குறைகிறது ஆனால் அழுத்தம் அதிகரிக்கவில்லை. வளிமத்தின் அளவு குறைந்து நீர்மத்தின் அளவு அதிகரித்து வருகிறது. இறுதியில் C என்ற நிலையில் எல்லா வளிமமும் நீர்மமாகிவிடுகிறது. அதன்பிறகு மேலும் அமுக்கும்போது கொள்கலத்தில் வளிமம் இல்லாமல் நீர்மம் மட்டுமே இருக்கிறது. நீர்மத்தின் அமுங்குமை வளிமத்தின் அமுங்குமையைவிட குறைவானதால், நீர்மத்தின் பருமனை குறைக்க அதிகமான அழுத்தத்தை செலுத்தவேண்டியதிருக்கிறது. இதனால் CD என்ற பகுதி கூர்மையாக மேலெழுகிறது. பருமன் V_2இலிருந்து சிறிதளவு குறைந்து V_3ஆகும்போது அழுத்தம் p_2இலிருந்து p_3க்கு விரைவில் அதிகரிக்கிறது.

உய்யவெப்பநிலையான $30.98°C$க்குக் கீழுள்ள எந்த வெப்பநிலைக்கும் நிகரான சமவெப்பக்கோடு இதே நடத்தையை காட்டுகிறது. வெப்பநிலை அதிகரிக்க கிடைமட்டப்பகுதியான BCயின் அகலம் குறைந்து உய்யவெப்பநிலையில் ஒரு புள்ளியாக குறுகிவிடுகிறது.

படத்தில் A போன்ற ஒரு புள்ளி வளிமநிலையையும் D போன்ற ஒரு புள்ளி நீர்மநிலையையும் குறிக்கின்றன. வெண்மையாக காட்டப்பட்ட கும்மட்டத்தினுள் உள்ள ஒரு புள்ளி நீர்மமும் வளிமமும் ஆகிய இரண்டு முகநிலைகள் சமநிலையில் சேர்ந்திருக்கும் நிலையை குறிக்கிறது. இவ்வாறு இரண்டு முகநிலைகள் அடங்கிய கலவையில் ஒரு முகநிலையின் அளவு குறைந்து மற்றதன் அளவு அதிகரிக்குமாறு நிகழும் மாற்றத்தை **முகநிலைமாற்றம்** என்கிறோம். மேலே கண்டபடி, A என்ற புள்ளியில் தொடங்கி மாறா வெப்பநிலையில் வளிமத்தை அமுக்குவதன் மூலம் ஒரு முகநிலைமாற்றத்தை ஏற்படுத்தி D என்ற நீர்மநிலையை வந்தடைகிறோம்.

மாறாவெப்பநிலையில் அமுக்கும்போது (சமவெப்ப அமுக்கல்) எல்லா வளிமங்களும் கரிமவீராக்குசைட்டின் நடத்தையைப்போலவே நடந்துகொள்கின்றன. மேலும் வளிமங்களை நீர்மமாக்க அவற்றின் உய்யவெப்பநிலைக்குக் கீழ் குளிர்விக்கவேண்டும் என்பதையும் மேற்கண்ட உரையிலிருந்து அறிகிறோம். ஒரு வளிமத்தின் எந்த மீயதிக வெப்பநிலையில் அதை நீர்மமாக்க இயலுமோ, அதையே உய்யவெப்பநிலை என்கிறோம்.

சில வளிமங்களை நீர்மமாக்குவது இயலாததுபோல் தோன்றியதால் முற்கால அறிவியலர் அவற்றை நிரந்தரவளிமங்கள் என்று அழைத்தனர். ஆனால் உண்மையில் அவற்றின் உய்யவெப்பநிலை மிகக்குறைவானவை என்று இப்போது அறிகிறோம். அதனால் அவற்றை நீர்மமாக்க அமுக்கம் மட்டும் போதாமல் அவற்றை வெகுவாக குளிர்வித்து அமுக்க வேண்டியது கட்டாயமாகிறது. அமுக்கம் மூலக்கூறுகளை அருகில் கொண்டுவருகிறது. குளிர்வித்தல் அவற்றின் வேகங்களை குறைக்கிறது. இதனால் மூலக்கூறிடைவினைகள் அருகருகே குறைந்த விரைவுடன் நகரும் மூலக்கூறுகளை ஈர்த்து ஒன்றுசேர்ப்பதால் வளிமம் நீர்மமாகிறது.

ஒரு வளிமத்தை நீர்மமாகவோ நீர்மத்தை வளிமமாகவோ மாற்றுவற்கு இரண்டும் கலந்த நிலைகளின் வழியே செல்லாமல், எப்போதும் ஒரு முகநிலை மட்டும் இருக்கும்படி மாற்றலாம். சான்றாக, படம் 5.13இல் A என்ற புள்ளியிலிருந்து வெப்பநிலையை அதிகரிப்பதன்மூலம் F என்ற புள்ளிக்கு செங்குத்தாக நகரலாம். பிறகு மாறாவெப்பநிலையில் வளிமத்தை அமுக்குவதன்மூலம் $31.1°C$க்கு நிகரான கருப்புநிற சமவெப்பக்கோட்டில் அழுத்தத்தை அதிகரித்து

G என்ற புள்ளியை அடையலாம். இனி, அதே அழுத்ததில் குளிர்விப்பதன்மூலம் செங்குத்தாக கீழே நகர்ந்து D என்ற புள்ளியை அடையலாம். இவ்வாறு Aஇல் தொடங்கி அதே வெப்பநிலையிலுள்ள Dஐ வந்தடைகிறோம். ஆனால் இப்போது முகநிலைமாற்றம் நிகழவில்லை. இப்போது நாம் மேற்கொண்ட பாதையில் வளிமத்துக்கும் நீர்மத்துக்கும் தெளிவான வேறுபாடு இல்லை.

இவ்வாறு, வளிமநிலைக்கும் நீர்மநிலைக்கு மிடையில் ஒரு தொடர்ச்சி இருக்கிறது. இந்த தொடர்ச்சியை ஏற்பதற்காக, வளிமத்தையோ நீர்மத்தையோ குறிக்க பாய்மம் என்ற ஒரு பொதுச்சொல்லை பயன்படுத்துகிறோம். இதனால் நீர்மத்தை ஒரு அடர்வான வளிமமாக கருதலாம். வெப்பநிலை உய்யவெப்பநிலைக்குக் கீழ் இருந்து, அழுத்தமும் பருமனும் கும்மட்டப்பரப்பினுள் இருக்கும்போதுமட்டுமே நாம் வளிமத்துக்கும் நீர்மத்துக்கும் வேறுபாடு காண்கிறோம். ஏனெனில் அப்போதே இரண்டும் உடனிருந்து இரண்டையும் பிரிக்கும் ஒரு பரப்பு நம் கண்களுக்கு தோன்றுகிறது. இந்த பரப்பு இல்லாதபோது வளிமத்தையும் நீர்மத்தையும் வேறுபடுத்திக்காண எந்த அடிப்படையான வழியும் இல்லை. உய்யவெப்ப நிலைக்குமேல் வளிமம் தொடர்ச்சியாக நாம் உணரவியலாத வகையில் நீர்மமாகிறது. இரண்டையும் பிரிக்கும் கோடோ பரப்போ இல்லை.

அட்டவணை 5.4 சில பொருள்களின் உய்ய மாறிலிகள்

பொருள்	$\frac{T_c}{K}$	$\frac{P_c}{bar}$	$\frac{V_c}{dm^3mol(-1)}$
H_2	33.2	12.97	0.0650
He	5.3	2.29	0.0577
N_2	126.0	33.9	0.0900
O_2	154.3	50.4	0.0744
CO_2	304.10	73.9	0.0956
H_2O	647.1	220.6	0.0450
NH_3	405.5	113.0	0.0723

உய்யவெப்பநிலைக்குக்கீழ் ஒரு வளிமத்தை அமுக்குவதன்மூலம் அதை நீர்மமாக்கலாம். இவ்வாறான வளிமத்தை அந்தப்பொருளின் **ஆவி** என்கிறோம். சான்றாக, கரிமவீராக்குசைட் டின் வளிமத்தை அதன் உய்யவெப்பநிலைக்குக் கீழ் கரிமவீராக்குசைட்டாவி என்றும் சொல்கி றோம். சில பழக்கமான பொருள்களின் உய்ய மாறிலிகளை அட்டவணை 5.4 காட்டுகிறது.

சிக்கல் *5.5*

வளிமங்களின் சிறப்பியல்புகளான உய்யவெப்பநிலைகள் அவற்றின் வளிமத் துகள்களிடைவிசைகளை சார்ந்தவை. அம் மோனியா, கரிமவீராக்குசைடு ஆகியவற்றின் உய்யவெப்பநிலைகள் முறையே $405.5\,K$, இவற்றை $500\,K$ இலிருந்து அவற்றின் உய்ய வெப்பநிலைகளுக்கு $304.10\,K$ குளிர்விக்கும் போது எது முதலில் நீர்மமாகும்?

தீர்வு

அம்மோனியா முதலில் நீர்மமாகும், ஏனெனில், அதன் உய்ய வெப்பநிலையை முதலில் அடைவோம். கரிமவீராக்குசைட்டை நீர்மமாக்க மேலும் குளிர்விப்பு தேவைப்படும்.

5.11 நீர்மநிலை

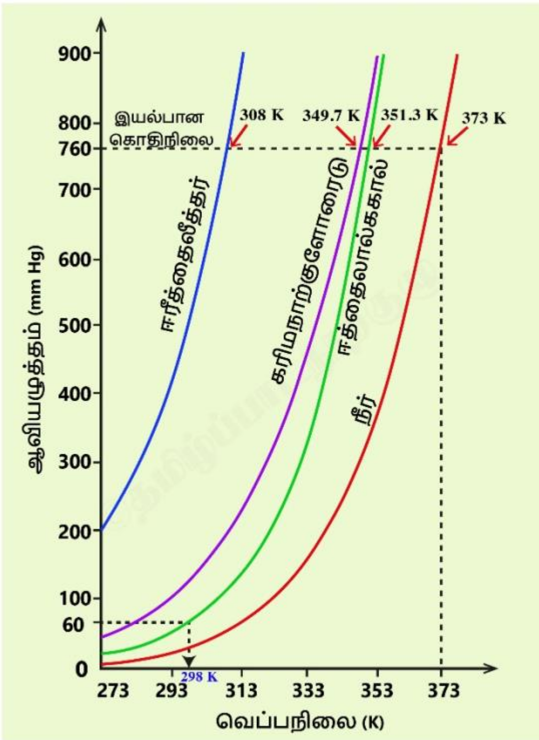
வளிமநிலையைவிட நீர்மநிலையில் மூலக் கூறிடைவிசைகள் வலுவானவை. நீர்மத்தில் மூலக்கூறுகள் நெருக்கமாயிருப்பதால் அவற்றுக்கிடையில் வெற்றிடம் மிகக்குறைவு. இதனால் இயல்பான நிலைமைகளில் நீர்மங்கள் வளிமங்களைவிட அடர்வானவை.

நீர்மமூலக்கூறுகள் மூலக்கூறிடையீர்ப்பு விசைகளால் ஒன்றுசேர்கின்றன. நீர்மத்தில் மூலக்கூறுகள் ஒன்றைவிட்டொன்று விலகி ஓடாமல் நெருக்கமாக அமைவதால் நீர்மங்களுக்கு திட்டவட்டமான பருமன்கள் இருக்கின்றன. எனினும், நீர்மமூலக்கூறுகள் ஒன்றுடனொன்று நழுவி கடந்துசெல்லலாம் என்பதால் நீர்மங்கள் பாய்கின்றன. அவற்றை கொள்கலன்களில் ஊற்றலாம். அவ்வாறு ஊற்றும் போது அவை கொள்கலன்களின் வடிவத்தை பெறுகின்றன. கீழ்வரும் பகுதிகளில் நீர்மங்களின் ஆவியழுத்தம், பரப்புவிறைப்பு, பாகுமை போன்ற இயற்பண்புகளை காண்போம்.

5.11.1 ஆவியழுத்தம்

வெற்றிடமாக்கிய கொள்கலனை ஒரு நீர்மத்தால் குறைவாக நிரப்புவதை கருதுவோம். சான்றாக, மூன்று இலிட்டர் கொள்ளளவுள்ள கொள்கலனிலுள்ள காற்றை நீக்கிவிட்டு இரண்டு இலிட்டர் நீர்மத்தை ஊற்றி காற்றுப்புகாமல் இறுக்கமாக மூடிவிடுவோம். இவ்வாறான நிலைமையில் நீர்மத்தின் ஒரு பகுதி ஆவியாகி கொள்கலனின் எஞ்சிய பகுதியை ஆவியால் நிரப்புகிறது. முதலில் ஆவி கொள்கலனின் சுவர்களில் செலுத்தும் அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது, விரைவில் இந்த அழுத்தம் மாறாத சமநிலையை அடைகிறது. நீர்மமுகநிலைக்கும் வளிமமுக நிலைக்குமிடையில் ஒரு சமநிலை நிலவுகிறது. இந்த அழுத்தத்தை நீர்மத்தின் **சமநிலையாவி யழுத்தம்** என்றோ **தெவிட்டிய ஆவியழுத்தம்** என்றோ அழைக்கிறோம். ஆவியாதல் வெப்ப நிலையை சார்ந்திருப்பதால், ஆவியழுத்தத்தை சொல்லும்போது வெப்பநிலையையும் சொல்ல வேண்டும். அதாவது, இன்ன வெப்பநிலையில்

இன்ன நீர்மத்தின் ஆவியமுத்தம் இவ்வளவு என்று சொல்லவேண்டும். வெப்பநிலை அதிகரிக்க ஆவியமுத்தமும் அதிகரிக்கிறது.



படம் 5.14 சில பழக்கமான நீர்மங்களின் வெப்பநிலைக்கெதிரில் ஆவியமுத்தவளைவரைகள்

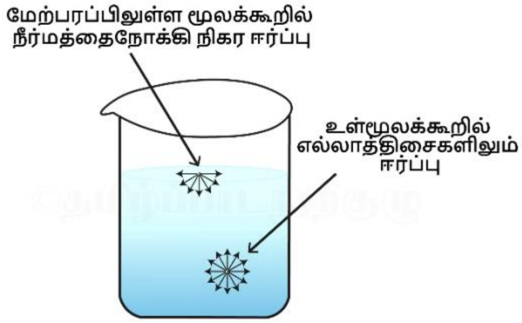
ஒரு திறந்த கொள்கலனில் ஒரு நீர்மத்தை சூடாக்கும்போது, நீர்மம் அதன் பரப்பிலிருந்து ஆவியாகிறது. நீர்மத்தின் ஆவியமுத்தம் வெளியமுத்தத்துக்கு சமமாகும் வெப்பநிலையில் நீர்மத்தின் எல்லாப்பகுதிகளிலிருந்தும் ஆவியாதல் நிகழ்ந்து, ஆவி சூழிடத்தில் தடங்கலின்றி பரவுகிறது. நீர்மமுழுவதிலிருந்தும் தடங்கலில்லாத ஆவியாதலை கொதித்தல் என்கிறோம். நீர்மத்தின் ஆவியமுத்தம் வெளியமுத்தத்துக்கு சமமாகும் வெப்பநிலையை அந்த அமுத்தத்தில் நீர்மத்தின் கொதிநிலை என்கிறோம். சில பழக்கமான நீர்மங்களின் ஆவியமுத்த வளைவரைகளையும் கொதிநிலைகளையும் படம் 5.14 காட்டுகிறது. ஒரு வளிக்கோள அமுத்தத்திலுள்ள கொதிநிலையை **இயல்புக்கொதிநிலை** என்றும் ஒரு பார் அமுத்தத்திலுள்ள கொதிநிலையை **செந்தரக் கொதிநிலை** என்றும் அழைக்கிறோம். ஒரு பார் என்ற அமுத்தம் ஒரு வளிக்கோள அமுத்தத்தைவிட சற்றே குறைந்ததாகையால், செந்தரக்கொதிநிலை இயல்புக்கொதிநிலையைவிட சற்றே குறைந்தது. நீரின் இயல்புக்கொதிநிலை $100℃ (373\,K)$ஆகவும், செந்தரக்கொதிநிலை $99.6℃\ (372.6\,K)$ ஆகவும் உள்ளன.

அதிக குத்துயரமான இடங்களில் வளிக்கோள அமுத்தம் குறைவானது. எனவே நீர்மங்கள் கடலமட்டத்தில் கொதிப்பதைவிட அதிகக்குத்துயரவிடங்களில் குறைந்த வெப்பநிலைகளில் கொதிக்கின்றன. இதனால் மலையுயரங்களில் அமுத்தச்சமைப்பி அதிகப் பயனளிக்கிறது. மருத்துவமனைகளில் அறுவியற்கருவிகளை கிருமிநீக்க அமுத்தக் கணப்புகளை பயன்படுத்துகின்றார்கள். அமுத்தக்கணப்பின் காற்றுத்திறப்பின்மீது ஒரு எடையை வைப்பதன்மூலம் அமுத்தத்தை வளிக்கோள அமுத்தத்துக்கு மேல் அதிகரித்து நீரின் கொதிநிலையை அதிகரிக்கிறார்கள்.

மூடிய கொள்கலனில் நீர்மத்தை சூடாக்கும்போது கொதித்தல் நிகழ்வதில்லை. அப்போது ஆவியமுத்தம் தொடர்ச்சியாக அதிகரிக்கிறது. நீர்மத்தின் அடர்வு வளிமத்தின் அடர்வைவிட அதிகமானதால், பொதுவாக நீர்மமுகநிலைக்கும் வளிமமுகநிலைக்குமிடையில் ஒரு தெளிவான பிரிவு தெரிகிறது. வெப்பநிலை அதிகரிக்க, நீர்மத்தின் அளவு குறைந்து வளிமத்தின் அளவு அதிகரிக்கிறது. வெப்பநிலை நீர்மத்தின் கொதிநிலையை அடைந்ததும் நீர்மம் முழுவதும் வளிமமாக மாறவிடுகிறது. ஆனால், நீர்மமுகநிலைக்கும் வளிமமுகநிலைக்குமுள்ள தெளிவான பிரிவு உய்யப்புள்ளியின் அண்மையத்தில் தெரிவதில்லை. அதாவது, உய்யப் பருமனளவுள்ள கொள்கலத்தில் நீர்மத்தை இட்டு சூடாக்கினால், உய்யவெப்பநிலையை அணுகும்போது நீர்மத்தையும் வளிமத்தையும் வேறுபடுத்தி காண்பது கடினமாகிறது.

5.11.2 பரப்புவிறைப்பு

நீர்மங்கள் தம் கொள்கலன்களின் வடிவத்தை பெறுவது நாம் நன்கறிந்தது. ஆனால் சிறிதளவான பாதரசத்தை ஒரு கண்ணாடித் தட்டில் ஊற்றினால் அது நீரைப்போல் பரப்பு முழுவதுமாக பரவாமல் உருண்டை மணிகளாக திரண்டுகொள்கிறது. இதன் காரணமென்ன? நீரினுள் கிடக்கும் களிமண் மணல்போன்று பரவலாக கிடக்கிறது. ஆனால் நீருக்கு வெளியே கையிலெடுத்தால் பசைபோல் ஒட்டுகிறது. இதன் காரணமென்ன? ஒரு நுண்குழலால் நீரின் மேன் மட்டத்தை தொட்டால் நீர் குழலினுள் ஏறுகிறது. இதன் காரணமென்ன? இந்த தோற்றப்பாடுகளெல்லாம் நீர்மங்களின் **பரப்புவிறைப்பு** என்ற பண்பால் உண்டாகின்றன. ஒரு நீர்மத்தின் உட்பாகத்திலிருக்கும் மூலக்கூறு எல்லாத்திசைகளிலிருந்தும் சமமான மூலக்கூறிடைவிசைகளை உணர்கிறது. அதனால் அந்த மூலக்கூறின்மீது செயலாற்றும் நிகர விசை சுழியமாகிறது. ஆனால் நீர்மத்தின் பரப்பிலுள்ள ஒரு மூலக்கூறு உணரும் உள்மூலக்கூறுகளின் விசைகளை ஈடுசெய்ய மறுபக்கத்தில் மூலக்கூறுகள் இல்லை (படம் 5.15).



படம் 5.15 நீர்மத்தின் உட்பாகமூலக்கூறிலும் பரப்புமூலக்கூறிலும் ஆற்றும் விசைகள்

நீர்மத்தின் மூலக்கூறுகள் சமநிலையில் அமைவதற்காக, இந்த சமமின்மை குறைவாக இருக்கவேண்டும். இதனால் நீர்மங்கள் தங்கள் பரப்பளவுகளை குறைக்கும் போக்கு காணப் படுகிறது. அதாவது, நீர்மங்கள் பரப்புகளிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை குறைத்துக் கொள்கின்றன. நீர்மத்தின் பரப்பளவை அதிகரிக்க ஒரு மூலக்கூறினை உள்ளிருந்து பரப்புக்கு கொண்டுவரவேண்டுமெனில், அந்த மூலக்கூறின்மீது நீர்மத்தின் உள்ளிருந்து செயலாற்றும் விசையை நாம் ஈடுகட்ட வேண்டும். அதற்காக நாம் ஆற்றலை செலுத்த வேண்டியதிருக்கும். நீர்மத்தின் பரப்பளவை ஒரு அலகு அதிகரிக்க ஆகும் ஆற்றலை பரப்பாற்றல் என்கிறோம். அதன் அலகு $J\,m^{-2}$. நீர்மத்தின் பரப்பில் வரைந்த ஒரு கோட்டுக்கு செங்குத்தாக ஓரலகு நீளத்துக்குசெயலாற்றும் விசையை பரப்புவிறைப்பு என்று வரையறுக்கிறோம். இதை γ (காம்மா) என்ற கிரேக்க எழுத்தால் குறிக்கி றோம். அதன் அலகு $kg\,s^{-2}$ அல்லது அவவலகில் $N\,m^{-1}$ ஆகிறது. நீர்மத்தின் பரப்பளவு மீக்குறை வாயிருக்கும் நிலையே அதன் மீக்குறைந்த ஆற்றலுள்ள நிலை. கோளவடிவம் இந்த தேவையை நிறைவு செய்கிறது. இதனாலே பாதரசம் கோளவடிவத்தில் திரள்கிறது. இதனாலே கூர்மையான கண்ணாடிவிளிம்பு களை மழுக்க அவற்றை சூடாக்கி சற்றே உருகச்செய்கிறார்கள். நீர்மமான கண்ணாடி விளிம்புகள் உருண்டுகொள்கின்றன. இதை கண்ணாடியை தீமெருகூட்டல் என்கிறோம்.

சில நீர்மங்கள் நுண்குழல்களில் ஏறுவதற் கும் வேறு சில இறங்குவதற்கும் பரப்புவிறைப்பே காரணம். ஒரு நீர்மம் ஒரு பொருளை நனைக் கிறது எனில், நீர்மம் அந்தப்பொருளின்மீது ஒரு மெல்லிய படலமாக பரந்து படிகிறது என்று பொருள். நனைந்த மண் சேர்ந்து திரண்டிருக் கும்போது அதிலுள்ள நீர்மென்படலத் தின் பரப்பளவு குறைகிறது. ஒரு நீர்மத்தின் பரப்புக்கு நீட்சிப்பண்பை தருவது பரப்பு விறைப்பே. ஒரு சமதள பரப்பிலுள்ள துளிகள் புவியீர்ப்பின் விசையால் சற்றே தட்டையா கின்றன. ஆனால் ஈர்ப்பற்ற சூழல்களில் அவை கச்சிதமான கோளங்களாகின்றன.

ஒரு நீர்மத்தின் பரப்புவிறைப்பின் பரும னளவு அதன் மூலக்கூறிடையான ஈர்ப்புவிசை களை சார்ந்திருக்கிறது. ஈர்ப்புவிசைகள் அதிகமாயிருக்கும்போது பரப்பின் விறைப்பு விசையும் அதிகம். வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது மூலக்கூறுகளின் இயக்கவாற்றல் அதிகரிப்பதால் ஈர்ப்புவிசைகளின் விளை வுறுமை குறைகிறது. எனவே வெப்பநிலை அதிகரிக்க பரப்புவிறைப்பு குறைகிறது.

5.11.3 பாகுமை

இதுவும் நீர்மங்களின் சிறப்பியல்பான பண்புகளுள் ஒன்று. பாகுமை என்பது பாய்வின் தடையத்துக்கான ஒரு அளவீடு. நீர்மம் பாயும்போது அதன் அடுத்தடுத்த படலங்கள் ஒன்றையொன்று நழுவிச்செல்வதில் ஏற்படும் உராய்வினால் இது எழுகிறது. மூலக்கூறுகளிடை யான வலுவான விசைகள் இந்த படலங்களை ஒன்றிழுத்து அவை ஒன்றையொன்ற கடந்து செல்ல ஒரு தடையத்தை உண்டாக்குகின்றன.

நிலையான பரப்பின்மீது ஒரு நீர்மம் பாயும்போது பரப்பை அடுத்து அதை தொட்டுக்கொண்டுள்ள நீர்மப்படலம் நிலையாக இருக்கிறது. அதற்கு மேலுள்ள படலங்களின் திசைவேகங்கள் படலங்கள் இருக்கும் உயரங்களுக்குத்தகுந்தவாறு அதிகரிக்கின்றன. ஒரு படலத்திலிருந்து அடுத்த படலத்தின் திசைவேகம் படிப்படியாக மாறும் இதுபோன்ற பாய்வை **தாளடுக்கப்பாய்வு** என்கிறோம். பாயும் நீர்மத்தில் ஏதோவொரு படலத்தை கருதினால் (படம் 5.16), அதற்கு மேலுள்ள படலம் அதிக வேகத்துடனும் கீழுள்ள படலம் குறைந்த வேகத்துடனும் பாய்கின்றன. இதனால் மேலுள்ளது நாம் கருதும் படலத்தை முடுக்க முயல்கிறது; கீழுள்ளது அதை வேகங்குறைக்க முயல்கிறது.

நாம் கருதும் படலத்திலிருந்து dz தொலைவிலுள்ள ஒரு படலத்தின் திசைவேகம் du என்ற அளவால் மாறினால், திசைவேகச் சாய்வு $\frac{du}{dz}$ ஆகிறது. படலங்களின் பாய்வை தகவைக்க ஒரு விசை தேவைப்படுகிறது. இந்த விசை தொடும் படலங்களின் பரப்பளவுக்கும் திசைவேகச்சாய்வுக்கும் நேரடிவிழுக்காட்டில் இருக்கிறது. அதாவது,

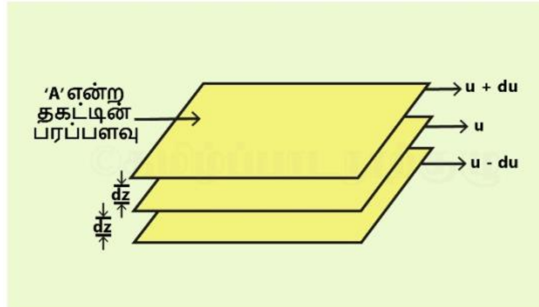
$$F \propto A\frac{du}{dz} \Rightarrow F = \eta A\frac{du}{dz}$$

என்றாகிறது. இங்கு, A தொடுகைப்பரப்பளவை யும் η விழுக்காட்டுமாறிலியையும் குறிக்கின் றன. இந்த விழுக்காட்டுமாறிலியாகிய ηவை **பாகுமைக்கெழு** என்கிறோம். அதாவது, ஓரலகுத் திசைவேகச்சாய்வில் ஓரலகுத்தொடுகைப்பரப் பில் ஏற்படும் விசையை பாகுமைக்கெழு

என்கிறோம். எனவே η பாகுமையின் ஒரு அளவீடு. பாகுமைக்கெழுவின் அவவலகு நியூட்டன் நொடி / மீட்டர்வர்க்கம், $(N\,s\,m^{-2})$ = பாசுக்கல் நொடி $(Pa\,s = kg\ m^{-1}\,s^{-1})$. செரடியலகமைப்பில் பாகுமைக்கெழுவின் அலகு சானிலூயி பாய்சேல்யா என்ற அறிவியலரின் பெயரால் பாயிசு என்று அழைக்கப்படுகிறது.

$$1 \text{ பாயிசு} = 1\,g\,cm^{-1}s^{-1} = 10^{-1}\,kg\,m^{-1}s^{-1}$$

பாகுமை அதிகரிக்க நீர்மம் பாயும் வேகம் குறைகிறது. ஐதரசப்பிணைப்பும் வாண்டர் வால்சுவிசைகளும் உயர்பாகுமையை விளை விக்குமளவுக்கு வலிமையானவை. கண்ணாடி ஒரு மீயளவப்பாகுமையான நீர்மம். அதன் பல பண்புகளும் திண்மங்களின் பண்புகளை ஒத்திருக்கும்வகையில் அதிகப்பாகுமையானது.



படம் 5.16 தாளடுக்கப்பாய்வில் திசைவேகம் படிப்படியாக மாறுதல்

வெப்பநிலை அதிகரிக்க நீர்மங்களின் பாகுமை குறைகிறது. அதிக வெப்பநிலையில் அதிக இயக்கவாற்றல் கிடைப்பதால், மூலக்கூறுகளிடை விசைகளை புறங்கண்டு நீர்மம் படலங்களிடையில் எளிதாக நழுவிச் செல்கிறது.

சுருக்கவுரை

பொருள்களின் துகள்களுக்கிடையில் மூலக்கூறிடைவிசைகள் செயலாற்றுகின்றன. இரண்டு எதிரெதிரான மின்னூட்டமுள்ள அயனிகளிடையிலுள்ள விசைகளிலிருந்து இது வேறுபட்டது. மேலும், உடன்பிணைவும மூலக்கூறுகளில் அணுக்களை பிணைக்கும் உடன்பிணைப்புகளின் விசைகளிலிருந்தும் வேறுபட்டவை. வெப்பவாற்றலுக்கும் மூலக்கூறிடைவினைகளுக்கும் ஏற்படும் போட்டியால் பொருண்மநிலைகள் உண்டாகின்றன. வளிமங்களின் நடத்தை, திண்மங்களுக்கும் நீர்மங்களுக்குமான சிறப்பியல்புகள், நிலைமாற்றங்கள் போன்ற பருமப்பண்புகள் பொருளில் அடங்கிய துகள்களின் ஆற்றலையும் அவற்றிடையான இடைவினைகளின் வகைகளையும் சார்ந்திருக்கின்றன. ஒரு பொருளின் வேதிப்பண்புகள் அதன் நிலையைப்பொறுத்து மாறுவதில்லை. ஆனால் வேதிவினையம் பொருளின் நிலையை சார்ந்திருக்கிறது.

வளிம மூலக்கூறுகளிடையான இடைவினையின் விசைகள் பெரும்பாலும் அவற்றின் வேதியியல்புகளை சாராமலும் புறக்கணிக்கத்தக்கவையாகவும் உள்ளன. அழுத்தம், பருமன், வெப்பநிலை, நிறை போன்ற காணுறு பண்புகள் ஒன்றொயொன்று சார்ந்திருப்பது பரிசோதனைகளால் நிறுவிய வெவ்வேறு வளிமவிதிகளை தருகின்றன. மாறா வெப்பநிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வளிமத்தின் அழுத்தம் அதன் பருமனுக்கு எதிர்விழுக்காட்டில் இருப்பதாக **பாயிலின் விதி** உரைக்கிறது. மாறாவழுத்த நிலைமைகளில் பருமனுக்கும் ஒப்பிலா வெப்பநிலைக்குமுள்ள உறவை **சாருலசின் விதி** தருகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவான வளிமத்தின் பருமன் ஒப்பிலா வெப்பநிலைக்கு நேர்விழுக்காட்டில் இருப்பதாக $(V \propto T)$ அது உரைக்கிறது. வளிமத்தின் நிலையை p_1, V_1, T_1 என்று குறித்தால், அது p_2, V_2, T_2 என்ற மற்றொரு நிலைக்கு மாறும்போது இந்த இரண்டு விதிகளின் சேர்க்கை இந்த நிலைகளுக்கிடையில் $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$ என்ற உறவை தருகிறது. இந்த உறவிலுள்ள ஐந்து மாறிகள் தெரிந்தால் ஆறாவதை நாம் கணக்கிடலாம். ஒரே வெப்பநிலையும் அழுத்தமுமான நிலைமையில் வெவ்வேறு வளிமங்களின் பருமன் சமமெனில், அவற்றிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் சமம் என்று **அவகாடிரோவின் விதி** உரைக்கிறது. வினையாகாத வளிமங்களின் கலவை செலுத்தும் மொத்த அழுத்தம் அதில் அடங்கிய வளிமங்களின் பகுதியழுத்தங்களின் கூட்டுத்தொகைக்கு சமம் என்று **தாற்றனின் பகுதியழுத்தவிதி** உரைக்கிறது. அதாவது, $p = p_1 + p_2 + \cdots$. வளிமத்தின் அழுத்தம், பருமன், வெப்பநிலை, மோலெண்ணிக்கை ஆகியவை அதன் நிலையை விவரிக்கின்றன. அவற்றிடையில் ஒரு உறவை $pV = nRT$ என்ற வளிமநிலைச்சமன்பாடு தருகிறது; இங்கு, R வளிமமாறிலி. வளிமமாறிலியின் மதிப்பு அழுத்தம், பருமன், வெப்பநிலை ஆகியவற்றுக்கு நாம் தேர்ந்திருக்கும் அலகுகளை சார்ந்தது.

உயரழுத்தங்களிலும் குறைந்த வெப்பநிலைகளிலும் வளிமமூலக்கூறுகள் ஒன்றுக்கொன்று அருகில் நெருங்குவதால் மூலக்கூறிடைவிசைகள் வலுவாக செயலாற்றுகின்றன. பொருத்தமான அழுத்தமும் வெப்பநிலையுமான நிலைமைகளில் வளிமங்கள் நீர்மங்களாகலாம். வளிமங்கள் சிறு பருமன்களுக்கும் வலுவான மூலக்கூறீர்ப்புகளுக்கும் தொடர்ச்சியாக மாறி வந்தடைந்த நிலையே நீர்மம் எனலாம்.

பரப்புவிறைப்பு, பாகுமை போன்ற நீர்மப்பண்புகள் வலுவான மூலக்கூறிடையீர்ப்புவிசைகளால் எழுபவை.

பயிற்சிகள்

5.1. முப்பது செல்சியசு (30℃) வெப்பநிலையில், ஒரு பார் அழுத்தத்தில் 500 dm பருமனுள்ள வளியை 200 dmக்கு மாற்றத்தேவையான அமுக்கம் எவ்வளவு?

5.2. 120 ml கொள்ளளவுள்ள ஒரு கொள்கலனில் ஒரு வளிமம் 35℃ வெப்பநிலையில் 1.2 பார் அழுத்தத்திலுள்ளது. இந்த வளிமத்தை 180 ml கொள்ளளவுள்ள மற்றொரு கொள்கலனுக்கு மாற்றுகிறோம். அதே வெப்பநிலையில் இப்போது வளிமத்தின் அழுத்தம் என்ன?

5.3. நிலைச்சமன்பாடான $pv = nRT$ என்பதை பயன்படுத்தி, ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஒரு வளிமத்தின் அடர்வு அதன் அழுத்தத்தின் நேர்விழுக்காடானது என்று காட்டுக.

5.4. சுழியச்செல்சியசுவெப்பநிலையில், 2 பார் அழுத்தத்திலுள்ள ஒரு ஆக்குசைட்டுவளிமத்தின் அடர்வு 5 பார் அழுத்தத்திலுள்ள இருநைற்றசனின் அடர்வுக்கு சமமாக இருக்கிறது. ஆக்குசைட்டின் மூலக்கூறுநிறை என்ன?

5.5. ஒரு கிராம் அளவான A என்ற நல்லியல்புவளிமத்தின் அழுத்தம் 27℃இல் 2 பார் என்று காண்கிறோம். அதனுடன் அதே குடுவையில் 2 கிராம் அளவான B என்ற நல்லியல்புவளிமத்தை புகுத்தும்போது அதே வெப்பநிலையில் அழுத்தம் 3 பார் ஆகிறது. வளிமங்களின் மூலக்கூறுநிறைகளிடையிலுள்ள உறவை காண்க.

5.6. குழாய்வி என்ற ஒரு குழாயடைப்புத்திறப்பியில் சிறிதளவு அலுமினியம் அடங்கியிருக்கிறது. அலுமினியம் எரிகாரச்சோடாவுடன் வினையாகி ஈரைதரசனை உண்டாக்கவல்லது. குழாய்வியிலுள்ள 0.15 கி அலுமினியம் 20℃இலும் 1 பாரிலும் வினையாகும்போது வெளியாகும் ஈரைதரசனின் பருமன் என்ன?

5.7. 27℃ வெப்பநிலையில் ஒரு 9 dm^3 குடுவையிலுள்ள 3.2 கி மீத்தேனும் 4.4 கி கரிமவீராக்குசைடும் அடங்கிய கலவை செலுத்தும் அழுத்தம் எவ்வளவு?

5.8. 27℃ வெப்பநிலையில், 0.8 பார் உள்ள 0.5 $L\ H_2$ஐயும் 0.7 பார் உள்ள 2.0 $L\ O_2$ஐயும் ஒரு 1 L கொள்கலனில் அடைத்தால் இந்த வளிமக்கலவையின் அழுத்தம் என்னவாயிருக்கும்?

5.9. ஒரு வளிமத்தின் அடர்வு 27℃இலும் 2 வளிக்கோள அழுத்தத்திலும் 5.46 g/dm^3 என்று காண்கிறோம். செவெவவில் அதன் அடர்வு என்ன?

5.10. 546℃ வெப்பநிலையிலும் 0.1 பார் அழுத்தத்திலும் 34.05 mL பாசுபரசாவி 0.0625 g எடைநிற்கிறது. பாசுபரசின் மோலிர நிறை என்ன?

5.11. ஒரு மாணவர் 27℃இல் வேதிவினைக்கலவையை இட மறந்து, வெறும் கோளவடிக்குடுவையை சுடரில் வைத்துவிட்டார். கொஞ்சநேரங்கழித்து தவற்றை உணர்ந்து ஒரு கதிரளவியின் உதவியால் குடுவையின் வெப்பநிலை 477℃ஆக இருப்பதை காண்கிறார். குடுவையிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்டிருக்கும் வளியின் பின்னம் என்ன?

5.12. 5 dm^3இல் 3.32 பாரிலுள்ள ஒரு 4.0 மோல் வளிமத்தின் வெப்பநிலை என்ன? ($R = 0.083\ bar\ dm^3\ K^{-1}\ mol^{-1}$)

5.13. 1.4 g இருநைற்றசவளிமத்திலுள்ள எதிர்மின்னிகளின் மொத்த எண்ணிக்கையை கணக்கிடுக.

5.14. ஒரு நொடிக்கு 10^{10} கோதுமைமணிகளை வழங்கினால் அவகாடிரோ எண்ணிக்கையான கோதுமைமணிகளை வழங்க ஆகும் நேரத்தை கணக்கிடுக.

5.15. $27°C$இல் $1\ dm^3$ கலனில் அடைபட்ட $8\ g$ ஈராக்குசிசனும் $4\ g$ ஈரைதரசனுமான கலவையின் மொத்த அழுத்தத்தை கணக்கிடுக.

5.16. பயன்சுமை என்பது விலக்கப்பட்ட வளியின் நிறைக்கும் ஊதுபையின் நிறைக்குமுள்ள வேறுபாடு என்று வரையறுக்கப்படுகிறது. $10\ m$ ஆரமும் $100\ kg$ எடையுமுள்ள ஒரு ஊதுபை $27°C$இல் 1.66 பார் ஈலியத்தால் நிரப்பப்படும்போது கிடைக்கும் பயன்சுமையை கணக்கிடுக. (வளியின் அடர்வு = $1.2\ kg\ m^{-3}, R\ =\ 0.083\ bar\ dm^3\ K^{-1}\ mol^{-1}$).

5.17. $31.1°C$இல் 1 பார் அழுத்தத்தில் 8.8 கி CO_2 எடுக்கும் பருமனை கணக்கிடுக. $R\ =\ 0.083\ bar\ L\ K^{-1}\ mol^{-1}$.

5.18. ஒரு வளிமத்தின் 2.9 கி $95°C$இல் ஈரதைரசனின் 0.184 கி $17°C$இலும் அதே அழுத்தத்திலும் எடுக்கும் பருமனை எடுக்கிறது. அந்த வளிமத்தின் மோலிரநிறை என்ன?

5.19. 1 பார் அழுத்தத்திலுள்ள ஒரு ஈரைதரசனும் ஈராக்குசிசனுமான கலவையில் நிறையில் 20% ஈரைதரசன் உள்ளது. ஈரைதரசனின் பகுதியழுத்தத்தை கணக்கிடுக.

5.20. $\frac{pV^2T^2}{n}$ என்பதன் அவ அலகு என்ன?

5.21. சாருலசின் விதிப்படி சாத்தியமான மீக்குறைந்த வெப்பநிலை $-273°C$ என்பதை விளக்குக.

5.22. கரிமவீராக்குசைடு, மீத்தேன் ஆகியவற்றின் உய்யவெப்பநிலைகள் முறையே $31.1°C, -81.9°C$. இவற்றுள் எதற்கு வலிமையான மூலக்கூறிடைவிசைகள் உள்ளன? எப்படி?

5.23. வாண்டர்வால்சளவுருக்களின் பொருள் யாது?