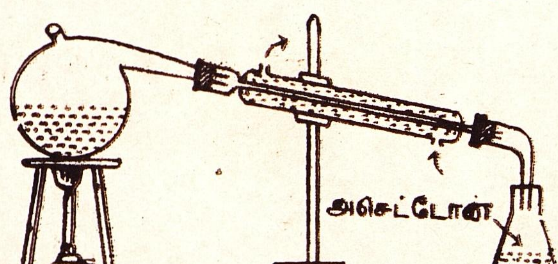
வேதியியல்

மேல் நிலை இரண்டாம் ஆண்டு

தொகுதி I



தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

வேதியியல்

தொகுதி I

மேல் நிலை — இரண்டாம் ஆண்டு

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்
சென்னை

© தமிழ்நாடு அரசு

முதல் பதிப்பு — 1979
திருத்திய பதிப்பு — 1980
மறு பதிப்பு — 1982

பதிப்பாசிரியர் குழுத் தலைவர்
(& மதிப்புரையாளர்):

டாக்டர். சுப. சண்முகநாதன்,
முதல்வர், பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை-600 030.

ஆசிரியர்கள் & மொழிபெயர்ப்பாளர்கள்

பேரா. எம். கிருஷ்ணமூர்த்தி,
முதல்வர் & வேதியியல் பேராசிரியர்,
அரசு கலைக் கல்லூரி, விழுப்புரம்.

பேரா. கே. கண்ணபிரான்,
வேதியியல் பேராசிரியர்,
பி. எஸ். ஜி. கலை & அறிவியல் கல்லூரி, கோயம்புத்தூர்.

டாக்டர். கணேச கோபாலகிருஷ்ணன்,
வேதியியல் பேராசிரியர்,
மாநிலக் கல்லூரி, சென்னை-600 005.

டாக்டர் (செல்வி) ஆர். ரமாமணி,
வேதியியல் உதவிப் பேராசிரியை,
காய்தே மில்லத் அரசு மகளிர் கல்லூரி, சென்னை-600 002.

திரு. எம். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்,
வேதியியல் விரிவுரையாளர்,
அரசு தொழில் நுட்பக் கல்லூரி, கோயம்புத்தூர்.

மதிப்புரையாளர்கள்:

டாக்டர். என். வெங்கடசுப்பிரமணியம்,
முதல்வர், விவேகானந்தர் கல்லூரி, சென்னை-600 004.

டாக்டர். என். எஸ். ஞானப்பிரகாசம்,
வேதியியல் பேராசிரியர், லயோலா கல்லூரி, சென்னை-34.

பேரா. ஏ. ஆர். சூரியநாராயணன்,
முதல்வர், பெரியார் ஈ.வெ.ரா. கல்லூரி,
திருச்சிராப்பள்ளி.

விலை : ரூ. 5-00

இந்திய அரசு சலுகை விலையில் வழங்கிய 60 ஜி.எஸ். எம். தாளில் இந்நூல் அச்சிடப்பட்டுள்ளது.

அச்சிட்டோர்
முத்துகுமரன் பிரஸ், சென்னை-600 001.

பொருளடக்கம்

பகுதி அ — இயற்வேதியியல் பிரிவு

			பக்கம்
1.	வாயு நிலை	...	1
2.	ஆற்றல் இயல்	...	24
3.	வேதிச் சமநிலை	...	70
4.	வேதி வினை வேக இயல்	...	95
5.	புறப்பரப்பு வேதியியல்	...	112
6.	மின் வேதியியல்	...	130
7.	அணுக்கரு வேதியியல்	...	196

பகுதி ஆ — கனிம வேதியியல்

1.	நைட்ரஜன் தொகுதி	...	228
2.	சிலிகனும் அதன் சேர்மங்களும்	...	244
3.	போரனும் அதன் சேர்மங்களும்	...	261

(பகுதி 'ஆ'-வின் தொடர்ச்சி, பகுதி 'இ' ஆகியவை இரண்டாம் தொகுதியாக வெளியிடப்படுகின்றன)

பகுதி அ — இயல்பு வேதியியல் பிரிவு

அத்தியாயம் 1

வாயு நிலை

(GASEOUS STATE)

நல்லியல்பு வாயுக்களும் இயல்பு வாயுக்களும்

வாயு விதிகள், வாயுச் சமன்பாடு ஆகியவற்றிற்கு உட்பட்டு செயல்படும் வாயுக்கள் நல்லியல்பு வாயுக்கள் என்றும், இவற்றிற்கு உட்படாத வாயுக்கள் இயல்பு வாயுக்கள் என்றும் அழைக்கப்படும். இக்கருத்து நாம் ஏற்கனவே அறிந்த தொன்றாகும். நல்லியல்பு வாயுவின் மூலக்கூறுகள் தம்முள் எவ்வித ஈர்ப்பு விசையும் காட்டுவதில்லை. இம்மூலக்கூறுகள் ஆக்கிரமிக்கும் கன அளவு கொள்கலத்தின் கனஅளவோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும் போது புறக்கணிக்கத்தக்கது. ஆனால், இவ்விரு பண்புகளும் இயல்பு வாயுக்களுக்குப் பொருந்தாது. நல்லியல்பு வாயுச்சமன்பாட்டினைக் கொண்டு கணக்கிடப்படும் இயல்பு வாயுக்களின் P, V, T இவற்றின் மதிப்புகள் சோதனை மூலம் அளந்தறியும் மதிப்புகளினின்று வேறுபடுகின்றன.

அதிக வெப்பநிலையிலும், குறைந்த அழுத்தத்திலும் அநேகமாக எல்லா வாயுக்களும் நல்லியல்பு வாயு முறையிலேயே செயல்படுகின்றன எனச் சோதனை முடிவுகள் மூலம் தெரியவருகின்றது. வாயுக்களின் அழுத்தத்தை அதிகரிப்பதாலும், அவற்றின் வெப்பநிலையை குறிப்பிட்ட அளவிற்குக் குறைப்பதாலும், வாயுக்களைத் திரவமாக்க இயலும் என்பதினின்று வாயுக்கள் அதிக அழுத்தத்திலும், குறைந்த வெப்பநிலையிலுமே நல்லியல்பு வாயு முறையினின்று விலகிச் செயல்படுகின்றன என அறியலாம். எளிதில் திரவமாக்கவல்ல கார்பன் டை ஆக்ஸைடு, அம்மோனியா, சல்ஃபர் டை ஆக்ஸைடு போன்ற வாயுக்களுக்கு இஃது பெரிதும் பொருந்துகின்றது. இனி நல்லியல்பு வாயுப்பண்புகளினின்று இயல்பு வாயுக்கள் ஏன் விலகிச் செயல்படுகின்றன என்பதனையும் இவ்வாயுக்கள் எந்த அளவிற்கு நல்லியல்பு வாயுக்களினின்று விலகி இருக்கின்றன என்பதனையும் காண்போம்.

நல்லியல்பு வாயு முறையினின்று இயல்பு வாயுக்கள் விலகி இருப்பதற்கான காரணங்கள்

(i) மூலக் கூறுகளிடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசை: இயல்பு வாயுக்களின் மூலக்கூறுகளிடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசையே இவ்வாயுக்கள் நல்லியல்பு வாயு முறையினின்று விலகுவதற்கான முக்கிய காரணமாகும். இக்கவர்ச்சி விசை பற்றிய கருத்துக்களை ஹாலந்து நாட்டைச் சேர்ந்த வாண்டர்வால்ஸ் என்ற இயற்பியலார் எடுத்துரைத்தமையால் இக்கவர்ச்சி விசை வாண்டர்வால்ஸ் விசை எனப்படும்.

வாண்டர் வால்ஸ் விசையும் வெப்பநிலையும்: மூலக்கூறுகள் இடைப்பட்ட வாண்டர்வால்ஸ் விசைகள் குறைந்த வெப்ப நிலையில் சற்று அதிகமாகவும், வெப்பநிலையை அதிகரிக்கும்போது குறைந்தும் காணப்படுகின்றது. வாயுக்களின் இயக்கப்பண்புக் கொள்கையினின்று மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் வாயுவின் சார்பிலா வெப்பநிலையுடன் நேர்விகிதத் தொடர்பினை பெற்றுள்ளது என அறியலாம். எனவே குறைந்த வெப்பநிலையில் வாயு மூலக்கூறுகள் குறைந்த திசைவேகத்துடனேயே இயங்கிக் கொண்டிருக்கும். எனவே, குறைந்த வெப்பநிலையில் மூலக்கூறுகள் இடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசையை மெதுவாக இயங்கும் வாயு மூலக்கூறுகள் எதிர்க்க இயலாது உள்ளன. ஆனால், வெப்ப நிலையை அதிகரிக்கும்போது மூலக்கூறுகளின் திசைவேகம் அதிகரிப்பதால் விரைவாக இயங்கும் மூலக்கூறுகள் கவர்ச்சி விசையை ஓரளவு எதிர்த்து நின்று ஈடுசெய்கின்றன. எனவே, அதிக வெப்ப நிலையில் இயல்பு வாயுக்கள் நல்லியல்பு வாயுக்களினின்று பெரிதும் வேறுபடுவதில்லை.

அழுத்தத்தின் விளைவு : மாறா வெப்பநிலையில் ஒரு வாயுவின் அழுத்தத்தை அதிகரிப்பதால் வாயு மூலக்கூறுகள் ஒன்றை ஒன்று நெருங்குகின்றன. இதனால் மூலக்கூறுகளின் இடைப்பட்ட தூரம் குறைகின்றது. மூலக்கூறுகளின் நெருக்கத்தால் மூலக்கூறுகளிடையேத் தோன்றும் கவர்ச்சி விசையும் அதிகரிக்கின்றது. குறைந்த அழுத்தத்திலும் சாதாரண வெப்பநிலையிலும் இயல்பு வாயுக்களின் மூலக்கூறுகள் நெருக்கமாக இராது. எனவே, அவற்றின் இடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசையும் புறக்கணிக்கத்தக்கதாக உள்ளது. எனவே மாறாவெப்பநிலையில் அழுத்தத்தை அதிகரிப்பதால் இயல்பு வாயுக்கள், நல்லியல்பு வாயுக்களினின்று அதிகமாக விலகியிருக்கின்றன. ஆனால், குறைந்த அழுத்த

நிலையில் இயல்புவாயுக்கள், நல்லியல்புவாயுக்களைப் போன்றே செயல்படுகின்றன.

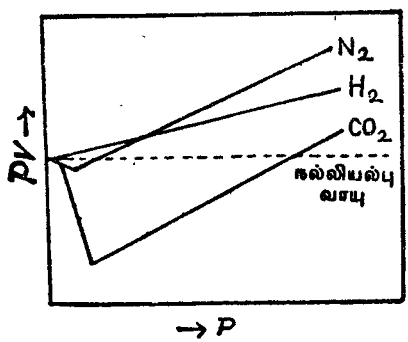
(ii) வாயு மூலக்கூறுகள் ஆக்கிரமிக்கும் பருமனின் விளைவு : அதிக அழுத்த நிலையில் வாயுவின் மொத்த கனஅளவு குறை வாகவே இருக்கும். ஆனால், மூலக்கூறுகள் மெய்யாகவே ஆக்கிர மிக்கும் கனஅளவு வாயுவின் மொத்த கனஅளவில் குறிப்பிடத் தக்க பகுதியாகும். குறைந்த அழுத்த நிலையில் வாயுவின் மொத்த கனஅளவு அதிகமாக இருப்பதால் வாயு மூலக்கூறுகள் தாமாக ஆக்கிரமிக்கும் பருமன் மொத்த கனஅளவில் மிகக் குறைந்தபின்ன மாகும். எனவே, குறைந்த அழுத்தநிலையில் இயல்பு வாயுக் கள், நல்லியல்பு வாயுக்களினின்று பெரிதும் வேறுபடுவதில்லை. அதிக அழுத்த நிலையிலேயே வேறுபடுகின்றன.

(iii) மூலக்கூறுகளின் உருவளவால் தோன்றும் விளைவு (Effect of size of the molecules) : மூலக்கூறுகளின் இடைப் பட்ட கவர்ச்சி விசை அவற்றின் உருவளவைப் பொறுத்துள்ளது. ஏனெனில் இக்கவர்சசி விசை மூலக்கூறுகளின் எலெக்ட்ரான் சூழப்பட்ட பகுதிகளினிடையே தோன்றுகின்றன. மூலக்கூறு களின் உருவளவு பெரிதாக இருப்பின் அவற்றின் எலெக்ட்ரான் சூழப்பட்ட பகுதிகள் விரிந்திருக்கும். எனவே, இத்தகைய மூலக்கூறுகளிடையே தோன்றும் கவர்ச்சிவிசையும் அதிகம். கார்பன் டை ஆக்ஸைடு, சல்ஃபர் டை ஆக்ஸைடு போன்ற வாயுக்கள் நல்லியல்பு வாயுக்களினின்று பெரிதும் வேறுபடுவதை இக்கருத்தின் மூலம் விளக்கலாம். மேலும் ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் போன்ற சிறிய மூலக்கூறுகளின் இடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசை மிகக்குறைவு. எனவே, இவ்வாயுக்கள் நல்லியல்பு வாயுக் களினின்று மிகக்குறைந்த அளவே வேறுபடுகின்றன.

(iv) வாயுக்களின் மூலக்கூறு எடையின் விளைவு : குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் வாயுக்களின் இயக்க ஆற்றல் $\frac{1}{2}mc^2$ என்ப தற்குச் சமம். இங்கு c என்பது மூலக்கூறுகளின் திசைவேகத்தை குறிப்பிடுகின்றது. மாறாவெப்பநிலையில் அநேகமாக எல்லா வாயுக்களின் சராசரி இயக்க ஆற்றலும் ஏறத்தாழ சமமாகவே உள்ளது. மூலக்கூறு எடை அதிகமுள்ள வாயுவின் 'm' ன் மதிப்பு அதிகமாக இருப்பதால் அவ்வாயு மூலக்கூறுகளின் 'c' யின் மதிப்பு குறைவாகும். வாயுவின் மூலக்கூறு எடை, குறைவாக இருப்பின் அம்மூலக்கூறுகள் அதிக வேகத்துடன் இயங்கும். எனவே, இம்மூலக்கூறுகள், கவர்ச்சி விசையை எதிர்த்து ஓரளவிற்கு

ஈடுசெய்கின்றன. இதன் விளைவாக ஒரு வாயுவின் மூலக்கூறு எடை அதிகமாக இருப்பின், அவ்வாயு நல்லியல்பு வாயுவினின்று பெரிதும் விலகி இருக்கின்றது. மூலக்கூறு எடை குறைவாக உள்ள வாயுவோ நல்லியல்பு வாயுவினின்று பெரிதும் விலகுவதில்லை.

இயல்பு வாயுக்கள் நல்லியல்பு வாயுக்களினின்று மாறுபடும் பண்பு சோதனை முடிவுகள் : *பாயில் விதியினின்று இயல்பு வாயுக்கள் எவ்வாறு விலகிச் செல்கின்றன என்பதனை எடுத்துக் காட்ட பல நல்லியல்பு வாயுக்களின் PVன் மதிப்புகளை பல அழுத்தங்களிலும் 273K வெப்பநிலையிலும் அளந்து, PVஐயும் இணைத்து வரைகோடுகள் வரையப்பட்டன. இதனை வரை படம் 1 குறிப்பிடுகின்றது. பாயில் விதிக்கு உட்பட்டு செயல்படும் வாயுக்களில் PV-ன் மதிப்பு அழுத்தத்தை ஒட்டி மாறாதிருப்ப தால் கிடைமட்டமான வரைகோடு கிடைக்கின்றது.*



படம் 1

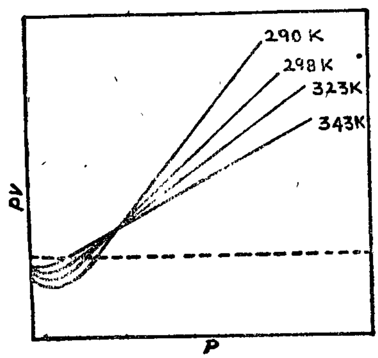
கார்பன் மோனாக்ஸைடு, மீத்தேன் ஆகிய வாயுக்களின் PV என்பதன் மதிப்பு முதலில் குறைந்து பின் அழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது அதிகரிக்கின்றது. ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் ஆகிய வாயுக்களில் PVன் மதிப்பு அழுத்தத்துடன் ஒரே சீராக அதிகரிக்கின்றது.

வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் PV, P இவற்றின் மதிப்பை இணைத்துக் கிடைக்கும் வரைகோடுகள் படம் 2-ல் குறிப்பிடப் பட்டுள்ளன.

வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது வரைகோட்டில் தோன்றும் தாழ்வான பகுதி குறைகின்றது. நைட்ரஜன் வாயுவில் இத் தாழ்வுப்பகுதி 290K வெப்பநிலையில் மிக அதிக அளவிலும், 343K வெப்பநிலையில் மிகக்குறைந்த அளவிலும் உள்ளது.

வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாடு

J. D. வான்டர்வால்ஸ் என்ற இயற்பியலார் மூலக்கூறுகளின் பருமன், மூலக்கூறுகள் இடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசை இவற்றின் விளைவுகளைக் கருத்தில் கொண்டு இயல்பு வாயுக்களுக்கும், பொருந்தும் வகையில் வாயுச்சமன்பாட்டைத் திருத்தி அமைத்து ஒரு புதிய சமன்பாட்டை வகுத்தார். இப்புதிய சமன்பாடு வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாடு எனப்படும்.

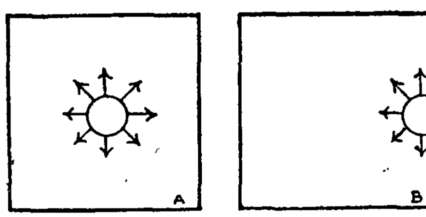


படம் 2

வாயு மூலக்கூறுகளின் பருமனுக்குரிய திருத்தம் : ஓர் இயல்பு வாயுவின் தனிப்பட்ட ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் குறிப்பிட்ட கன அளவைப் பெற்றிருக்கின்றது. இக்கனஅளவு புறக்கணிக்கத் தக்கதன்று. ஒரு கொள்கலத்தின் கன அளவு V மீ.^{3} ஆக இருக்கட்டும். இக் கொள்கலத்தில் ஓர் இயல்பு வாயு இருப்பதாகக் கொள்வோம். இவ்வாயுவின் மூலக்கூறுகளின் பருமன் மிகக் குறைவாக இருப்பின் V மீ.^{3} கன அளவு முழுவதிலும் மூலக்கூறுகள் இயங்க வாய்ப்பு உண்டு. ஆனால், மூலக் கூறுகளின் கன அளவு புறக்கணிக்கத்தக்க இயலாத அளவில் இருப்பின் ஒரு குறிப்பிட்ட மூலக்கூறு ஆக்கிரமிக்கும் கனஅளவு ஏனைய மூலக் கூறுகளின் இயக்கத்திற்குக் கிடைப்பதில்லை. எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட ஒதுக்கப்பட்ட கனஅளவில் மூலக்கூறுகள் நகர இயலாது உள்ளன. இவ் ஒதுக்கப்பட்ட கனஅளவை (Excluded Volume) 'b' எனக்கொண்டால் வாயு மூலக்கூறுகளின் இயக்கத்திற்கு கிடைக்கும் கனஅளவு (V—b) ஆகும். 'b' என்பது வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலியாகும். 'b' என்ற மாறிலியை சக பருமன் (Co-Volume) என்றும் அழைக்கிறோம். b-யின் மதிப்பு ஒரு தனிப்பட்ட மூலக்

கூறின் பருமனைப் போல் 4 மடங்கு ஆகும் என சோதனை வாயிலாக அறிகிறோம். எனவே, திருத்தப்பட்ட கனஅளவான (V — b)ஐ வாயுச்சமன்பாட்டில் Vக்கு பதிலாகப் புகுத்துதல் வேண்டும்.

வாயுவின் அழுத்தத்திற்குரிய திருத்தம் : வாயு மூலக்கூறுகளின் இடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசையின் விளைவாக வாயுவின் அழுத்தத்திற்கான ஒரு திருத்தம் இக்கவர்ச்சி விசை குறைந்த வெப்ப நிலையிலும் அதிக அழுத்தத்திலும் சற்று அதிகமாக இருக்கின்றது எனக் கண்டோம். வாயுக்களின் இயக்கப் பண்புக் கொள்கையின்படி வாயுவின் அழுத்தம் அதன் மூலக்கூறுகள் கொள்கலத்தின் பக்கங்களின் மீது மோது வதால் தோன்றுகிறது. கொள்கலத்தின் உட்பகுதியில் இருக்கும் ஒரு மூலக்கூறைச் சுற்றி எல்லாத் திசைகளிலும் வாயு மூலக் கூறுகள் சமமாகக் சூழ்ந்து கொண்டிருக்கின்றன. இதன் விளைவாக மூலக்கூறுகள் காட்டும் கவர்ச்சி விசை ஈடுசெய்யப்பட்டு, நடுவி லிருக்கும் மூலக்கூறு எவ்வித முடிவான ஈர்ப்பு விசையையும் பெற்



படம் 3A படம் 3B

றிருப்பதில்லை. இவ்விளைவை படம் 3A விளக்குகின்றது. ஆனால் கலத்தின் சுவரை ஒட்டி உள்ள ஒரு மூலக்கூறு ஏனைய மூலக்கூறுகளால் எல்லாத் திசைகளிலும் சமமாகச் சூழப்படுவ தில்லை. இதன் விளைவாகக் கலத்தின் சுவரை ஒட்டி உள்ள ஒரு மூலக்கூறை ஏனைய மூலக்கூறுகள் உட்பக்கமாக இழுக்கின்றன. இதனைப்படம் 3B விளக்குகின்றது. எனவே, சோதனை மூலம் அளக்கப்படும் அழுத்தம் வாயுவின் சரியான அழுத்தத்தை விடக் குறைவு ஆகும்.

திருத்தப்பட்ட அழுத்தம் = அளந்தறியும் அழுத்தம் + அழுத்தத்திற்குரிய திருத்தம்.

கலத்தின் சுவரை ஒட்டி உள்ள ஒரு மூலக்கூறின் மீது காட்டப் படும் ஈர்ப்பு விசை வாயுவின் அடர்த்தியையும், ஓர் அலகு பரும னில் இருக்கும் மொத்த வாயுமூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையையும் பொறுத்திருக்கும். அதாவது இவ்வீர்ப்பு விசை வாயுவின் அடர்த் தியின் வர்க்கத்துடன் நேர்விகிதத் தொடர்பு பெற்றிருக்கும்.

$$\text{வாயுவின் அடர்த்தி} \propto \frac{1}{V}$$

$$\text{எனவே அழுத்தத்திற்கான திருத்தம்} \propto \frac{1}{V^2}$$

$$\text{அழுத்தத்திற்கான திருத்தம்} = \frac{a}{V^2}$$

இங்கு a' என்பது விகித சம மாறிலியாகும். $\frac{a}{V^2}$ ஐ சோதனை மூலம் அளந்தறியப்பட்ட அழுத்தத்துடன் கூட்டுதல் வேண்டும்.

$$\text{சரியான அழுத்தம்} = \left(P + \frac{a}{V^2}\right)$$

பருமன், அழுத்தம் ஆகிய இவ்விரண்டிற்குமுரிய திருத்தங்களை மேற்கொண்டபின் திருத்தியமைக்கப்பட்ட வாயுச்சமன்பாட்டை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT.$$

இச்சமன்பாடு வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாடு எனப்படும். இச் சமன்பாட்டிலுள்ள(a)யும்(b)யும்வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகளாகும். 'a' என்ற மாறிலி அழுத்தத்திற்கான அலகிலும் அதாவது லிட்டர் அட்மோஸ்பியர் மோல் $^{-1}$ (dm^6 atm. mol $^{-1}$) என்ற அலகில், குறிப் பிடப்படும். 'b' என்ற மாறிலி கன அளவிற்கான அலகில்,லிட்டர் மோல்$^{-1}$ (dm^3 mol^{-1}) என்ற அலகைப் பெற்றிருக்கும்.

வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாட்டைச் சோதித்தல்

(i) வாயுவின் அழுத்தம் மிகக் குறைவாக இருக்கும்போது வாயுவின் பருமன் 'V' என்பதன் மதிப்பு அதிகமாக

இருக்கும். இதனால் $\frac{a}{V^2}$ இன் மதிப்பு மிகக் குறைவாக இருக்கும். V யின் மதிப்புடன் ஒப்பிடும்போது (b) யின் மதிப்பு மிகக் குறைவாகும். எனவே குறைந்த அழுத்த நிலையில் இயல்பு வாயுக்கள் நல்லியல்பு வாயுக்களி லின்று பெரிதும் விலகுவதில்லை.

(ii) சாதாரண அழுத்தநிலையில் $\frac{a}{V^2}$ இன் மதிப்பை P யின் மதிப்புடன் கூட்டுதல் வேண்டும். ஆனால் V யுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது(b)யின் மதிப்பு புறக்கணிக்கத் தக்கது. எனவே வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாட்டைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)V = RT$$

$$PV + \frac{a}{V} = RT$$

$$PV = RT - \frac{a}{V}$$

எனவே PV யின் மதிப்பு RT யின் மதிப்பைவிடக் குறைவாகும். இஃது P யின் மதிப்பு அதிகரிக்கும்போது மேலும் குறைகின்றது. இம்முடிவு PVஐயும், P ஐயும் இணைத்து வரையப்பட்ட வரைகோடுகளில் தோன்றும் தாழ்வுப் பகுதியை விளக்குகின்றது.

(iii) அழுத்தம் மிக அதிகமாக இருக்கும்போது Vயின் மதிப்பு குறைவாகும். எனவே 'b' என்ற மாறிலியின் மதிப்பு தேவைப்படுகின்றது. ஆனால், P யுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்து $\frac{a}{V^2}$ ஐ விட்டுவிடலாம்.

$$\therefore\ P(V-b = RT$$

$$PV - Pb = RT$$

$$PV = RT + Pb$$

PV யின் மதிப்பு RT யின் மதிப்பை விட அதிகமாகும். இம்முடிவு PV யின் மதிப்பு மிகக்குறைந்த மதிப்பைப் பெற்றபின் மீண்டும் அழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது உயர்ந்து கொண்டே போவதை விளக்குகின்றது.

(iv) அதிக வெப்பநிலையில் $\frac{a}{V^2}$, (b) இவை இரண்டுமே புறக்கணிக்கத்தக்க மதிப்பை பெற்றவை. எனவே அதிக வெப்பநிலையில் வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாடு வாயுச் சமன்பாட்டை ஒத்துள்ளது.

(v) ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் ஆகிய வாயுக்களின் மூலக்கூறு எடை குறைவு. மிகச்சிறிய அளவுடைய இவ்வாயு மூலக்கூறுகளிடையே தோன்றும் கவர்ச்சி விசையும்குறைவாகும். எனவே இவ்வாயுக்களில் $\frac{a}{V^2}$ இன் மதிப்பு சாதாரண வெப்பநிலையில் குறைவாகும்.

$\therefore PV = RT + Pb.$

இவ்வாயுக்களில் PV யின் மதிப்பு P யின் மதிப்புடன் தொடர்ந்து உயருகிறது. இம்முடிவே சோதனைகள் வாயிலாக நாம் அறிவதாகும்.

வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகளின் முக்கியத்துவம் (Significance (of Van der Waal's Constants)

(i) $\frac{a}{V^2}$ என்பது மூலக்கூறுகள் இடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசையை விளக்குவதாகும். இதனைப் பிணைவு அழுத்தம் (Cohesion pressure) என்கிறோம். இஃது திரவங்களின் பண்புகளைப்பற்றி அறிய பெரிதும் பயன் படுகின்றது.

(ii) வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகள் (a),(b) இவற்றின் மதிப்பி லிருந்து ஒரு வாயுவின் எதிர்மாறு வெப்பநிலையைக் (Inversion Temperature) கணக்கிடலாம். Ti என்பது ஒரு வாயுவின் எதிர்மாறு வெப்பநிலை ஆகும்.

$$Ti = \frac{2a}{Rb}$$

(iii) நிலைமாறு மாறிலிகளின் மதிப்பையும் (The values of critical constants) வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகளின் மதிப்பினின்று கணக்கிடலாம். இக்கணக்கீட்டு முறை பின்னால் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

ஜூல்—தாம்சன் விளைவு (Joule-Thomson Effect)

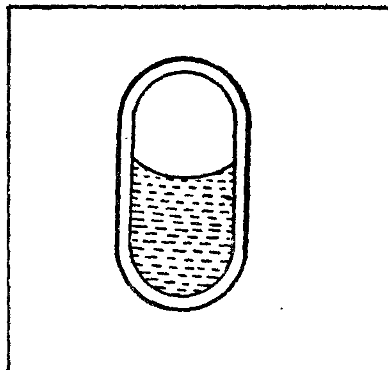
குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் அதிக அழுத்த நிலையிலுள்ள ஒரு வாயுவை ஒரு மிக நுண்ணிய துளை வழியே பாய்ந்தோடச் செய்தால் வாயுவின் அழுத்தம் குறைந்து வாயு குளிர்ச்சியடைகின்றது. அதிக அழுத்த நிலையிலிருந்து குறைவான அழுத்த நிலைக்கு மூலக்கூறுகளை உட்படுத்தும்போது தமக்குள் இருக்கும் ஈர்ப்பு விசையை மீறிக்கொண்டு வாயு மூலக்கூறுகள் ஒன்றை ஒன்றுவிட்டுப் பிரிந்து விரிவடைகின்றன. இவ்வாறு வாயு மூலக்கூறுகள் பிரிவதற்குத் தேவைப்படும் ஆற்றல் மூலக்கூறுகளின் உள் ஆற்றலிலிருந்து செலவிடப்படுவதால் வாயுவின் வெப்பநிலை குறைகின்றது. எனவே, மேற்கூறிய நிபந்தனைகளின் கீழ் ஒரு வாயு விரிவடையும் போது அதன் வெப்பநிலை குறைவதை ஜூல்—தாம்சன் விளைவு என்கிறோம். இவ்விளைவை முதன் முதலில் J. P. ஜூல், சர் வில்லியம் தாம்சன் என்ற இரு அறிவியல் அறிஞர்களும் கண்டுபிடித்தனர்.

எதிர்மாறு வெப்பநிலை (Inversion Temperature)

ஜூல்—தாம்சன்விளைவினால் வாயுக்களின் வெப்பநிலையில் ஏற்படும் தாழ்வு சில நிபந்தனைகளைப் பொறுத்து உள்ளது. ஒரு வாயுவைக் குறிப்பிட்ட ஒரு வெப்ப நிலைக்குக் கீழ் ஜூல் தாம்சன் விளைவிற்கு உட்படுத்தும்போதே அவ்வாயு குளிர்ச்சி அடைகின்றது. இவ்வெப்பநிலை திரும்பு வெப்பநிலை அல்லது எதிர்மாறு வெப்பநிலை (Inversion Temperature) எனப்படும். ஆனால், ஒரு வாயுவைத் திரும்பு வெப்பநிலைக்கு மேற்பட்ட வெப்ப நிலைகளில் ஜூல்—தாம்சன் விளைவிற்கு உட்படுத்தினால் வாயுவின் வெப்பநிலை உயருகிறது. இவ்விளைவு ஹைட்ரஜன், ஹீலியம் ஆகிய வாயுக்களில் நிகழ்கின்றது. ஹைட்ரஜனின் எதிர்மாறு வெப்பநிலை 193K (—80°C). ஹீலியத்தின் எதிர் மாறு வெப்பநிலை 33K (—240°C). எனவே சாதாரண வெப்ப நிலையில் இவ்வாயுக்களை ஜூல்—தாம்சன் விளைவிற்கு உட்படுத்தினால் இவற்றின் வெப்பநிலை உயருகின்றது.

நிலைமாறு நிலை
(CRITICAL STATE)

படத்தில் காட்டியபடி ஓர் உபகரணத்தில் குறிப்பிட்ட அளவு திரவத்தை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இவ்வுபகரணம் (படம் 4) சோதனையின் போது தோன்றும் அழுத்தத்தை தாங்கவல்லதாக இருத்தல் வேண்டும். இவ்வுபகரணத்தில் திரவம், அத்திரவத்தின் வாயு ஆகிய இவ்விரண்டு மட்டுமே உள்ளன.



படம் 4

இக்குழாயை வெப்பப்படுத்தும்போது வாயுவின் அழுத்தம் அதிகரிக்கின்றது. எனவே வாயுவின் அடர்த்தியும் அதிகரிக்கின்றது. ஆனால், இதே நேரத்தில் திரவத்தின் அடர்த்தி குறைகின்றது. வெப்பநிலை உயர உயர வாயுவின் அடர்த்தி சீராக அதிகரிக்கின்றது. ஆனால், திரவத்தின் அடர்த்தி சீராகக் குறைகின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் வாயுவின் அடர்த்தியும் திரவத்தின் அடர்த்தியும் சமமாகின்றது. இவ்வெப்பநிலையில் திரவம், வாயு ஆகிய இவ்விரு நிலைகளுக்கிடையே உள்ள வரம்பு மறைந்துவிடுகின்றது. இவ்வெப்பநிலை நிலைமாறு வெப்பநிலை எனப்படும். இவ்வெப்பநிலைக்கு மேற்பட்ட வெப்பநிலைகளில் அப்பொருள் வாயுநிலையிலேயே இருக்கும். எனவே, ஒரு பொருள் திரவநிலையிலிருந்து வாயுநிலைக்கோ அல்லது வாயுநிலையிலிருந்து திரவ நிலைக்கோ செல்லும்போது தோன்றும் நிலைமாற்றம் தொடர்ச்சியானது. இஃது திடீரென நிகழ்வதில்லை. இதனையே நிலைத் தொடர்ச்சி என்கிறோம்.

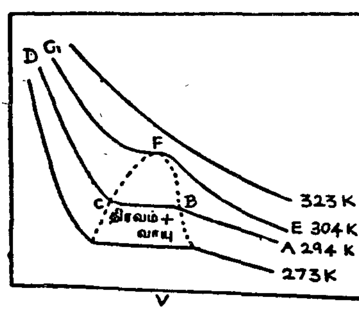
நிலைமாறு வெப்பநிலை: ஒரு வாயுவைத் திரவமாக்க அவ்வாயுவை ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைக்குக் கீழ் குளிரச் செய்ய வேண்டும். இவ்வெப்பநிலை நிலைமாறு வெப்பநிலை எனப்படும். நிலைமாறு வெப்பநிலைக்கு மேற்பட்ட வெப்பநிலைகளில் வாயுவை எவ்வளவு மிகை அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தியும் திரவமாக்க இயலாது.

நிலைமாறு பருமன் : நிலைமாறு வெப்பநிலையில் 1 மோல் பொருள் பெற்றுள்ள பருமன் நிலைமாறு பருமன் எனப்படும்.

நிலைமாறு அழுத்தம் : நிலைமாறு வெப்பநிலையில் வாயுவைத் திரவமாக்கத் தேவைப்படும் அழுத்தம் நிலைமாறு அழுத்தம் எனப்படும்.

ஆண்ட்ருஸ் நிகழ்த்திய சோதனைகள் : கார்பன்டை ஆக்ஸைடின் P-V சம வெப்பநிலைக் கோடுகள் (Andrew's Experiments : P:V Isotherms of Carbondioxide)

T-ஆண்ட்ருஸ் என்னும் அறிவியல் அறிஞர் கார்பன் டை ஆக்ஸைடு வாயுவின் அழுத்தம், பருமன் ஆகியவற்றிற்குரிய தொடர்பைப் பல வெப்பநிலைகளில் ஆராய்ந்து வாயுக்களைத் திரவமாக்க உதவும் சூழ்நிலைகளைக் கண்டறிந்தார். இச் சோதனை முடிவுகள் படம் 5-ல் குறிப்பிட்ட வரைகோடுகளால் உணர்த்தப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு வரைகோடும் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைக்குரியது. எனவே, ஒவ்வொரு வரைகோடும் சமவெப்பநிலைக்கோடு (Isotherm) எனப்படும்.



படம் 5

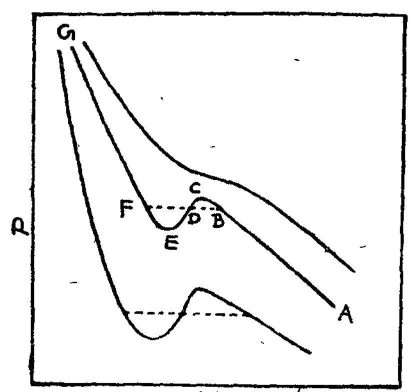
கார்பன் டை ஆக்ஸைடின் சமவெப்பநிலைக் கோடுகள்

323K வெப்பநிலையில் கார்பன் டை ஆக்ஸைடின் சமவெப்ப நிலைக்கோடு, நல்லியல்பு வாயுவின் சமவெப்பநிலைக் கோட்டைப் பெரிதும் ஒத்திருக்கின்றது. B என்ற புள்ளியில் திரவமாதல் தொடங்கி அஃது C என்ற புள்ளியில் முற்றுப்பெறுகின்றது. புள்ளிக்கோட்டால் காட்டப்பட்ட பகுதியில் திரவம் வாயு ஆகிய இரண்டும் உள்ளன. F என்ற புள்ளியில் திரவ வாயு

இவ்விரு நிலைகளுக்குமுரிய வரம்பு மறைந்து விடுகின்றது. F என்ற புள்ளி கார்பன் டை ஆக்சைடு நிலைமாறு நிலையிலிருப்பதை உணர்த்துகின்றது. நிலைமாறு நிலையில் கார்பன்டை ஆக்சைடு பெற்றுள்ள வெப்பநிலை, அழுத்தம், பருமன் ஆகியவை நிலைமாறு வெப்பநிலை, நிலைமாறு அழுத்தம், நிலைமாறு பருமன் இவற்றிற்குச் சமம். வரைபடத்திலின்று கார்பன் டை ஆக்சைடின் நிலைமாறு வெப்பநிலை 304K என அறியலாம். நிலைமாறு வெப்பநிலையிலுள்ள பொருளின் அழுத்தம், பருமன் இவற்றின் மாற்றத்தைக் காட்டும் வரைகோடு நிலைமாறு சம வெப்பநிலைக்கோடு (Critical Isotherm) எனப்படும். வரைபடத்தில் EFG நிலைமாறு சமவெப்ப நிலைக்கோடு ஆகும். இவ்வியற்பாடு நிலைமாறு இயற்பாடு (Critical Phenomenon) எனப்படும்.

வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடப்பட்ட கார்பன் டை ஆக்சைடின் P-V சம வெப்பநிலைக் கோடுகள்

தாம்சன் நிகழ்த்திய சோதனைகள் : ஒரு வாயுவின், வாண்டர் வால்ஸ் மாறிலிகளான a, b இவற்றின் மதிப்புகளை வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் அளந்து அவற்றின் மதிப்பைப் புகுத்திக்



படம் 6

கார்பன் டை ஆக்சைடின் கணக்கிடப்பட்ட P-V சம வெப்பநிலைக் கோடுகள்

கணக்கிடப்பட்ட அழுத்தம், பருமன் இவற்றைக்கொண்டு சமவெப்பநிலைக் கோடுகளை சர் வில்லியம் தாம்சன் என்ற

அறிவியல் அறிஞர் வரைந்தார். கார்பன் டை ஆக்ஸைடு வாயுக்கான இத்தகைய சமவெப்பநிலைக் கோடுகள் படம் 6-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. சோதனை மூலம் கிடைத்த மதிப்புகளைக் கொண்ட வெப்பநிலைக் கோடுகளுக்கும் (படம் 5), கணக்கிடப் பட்ட மதிப்புகளினின்று வரையப்பட்ட சமவெப்பநிலைக்கோடுகளுக்கும் (படம் 6) உள்ள வேற்றுமைகள் பின்வருமாறு. நிலைமாறு வெப்பநிலைக்குக்கீழ் படம் 5-ல் உள்ள கிடைக்கோடுகள் படம் 6ல் இல்லை. உதாரணமாக A B C D E F G என்ற வளைகோட்டைக்கூறலாம். இவ்வளைகோட்டில் ஒரு குறிப்பிட்ட அழுத்தத்தின் மதிப்பை மூன்றுகனஅளவிற்கான மதிப்புகள் எடுத்துரைக்கின்றன. இவை B D F என்பன ஆகும். நிலைமாறு புள்ளி C யில் இம் மூன்று பருமன்களும் ஒரே மதிப்பைப் பெற்று விடுகின்றன. இப்பருமன் Vc க்குச் சமம். இந்நிலையில் வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாட்டிலிருந்து கிடைக்கும் மும்மடிச் சமன்பாடின் (Cubic equation) Vயின் மூன்று தீர்வுகளும் சமமாகும் என அறியலாம். இம்முறையைப் பயன்படுத்தி ஒரு வாயுவின் நிலைமாறு மாறிலிகளின் மதிப்பை வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகளான a, bயின் மதிப்பினின்று கணக்கிடலாம். இக்கணக்கீட்டு முறையை இனி விளக்கமாகக் காண்போம்.

நிலைமாறு மாறிலிகளும் வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகளும்

நிலைமாறு வெப்பநிலை (T_c), நிலைமாறு அழுத்தம் (P_c), நிலைமாறு பருமன் (V_c) ஆகியவற்றிற்கும் வாண்டர் வால்ஸ் மாறிலிகளான a,b ஆகியவற்றிற்குமுள்ள தொடர்பை கீழ்க்கண்ட முறையில் வருவிக்கலாம்.

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V-b) = RT \qquad ...(1)$$

என்பது வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாடு ஆகும். இச்சமன்பாட்டை கீழ்க்கண்டவாறு விரிவுபடுத்தி எழுதலாம்.

$$PV - Pb + \frac{a}{V} - \frac{ab}{V^2} = RT \qquad ...(2)$$

$$PV - Pb + \frac{a}{V} - \frac{ab}{V^2} - RT = 0 \qquad ...(3)$$

சமன்பாடு (3) ஐ $\frac{V^2}{P}$ என்பதால் பெருக்கிக் கிடைக்கும் பெருக்குத் தொகை

$$V^3 - bV^2 + \frac{aV}{P} - \frac{ab}{P} - \frac{RTV^2}{P} = 0 \qquad ...(4)$$

இச்சமன்பாட்டினை V என்பதன் அடுக்குறி வரிசையில் மாற்றி அமைத்தால்

$$V^3 - \left(\frac{RT}{P} + b\right)V^2 + \frac{aV}{P} - \frac{ab}{P} = 0 \qquad ...(5)$$

V யின் இம் மும்மடிச் சமன்பாட்டிற்கு மூன்று தீர்வுகள் உள்ளன. ஆனால் நிலைமாறு புள்ளியில் (Critical Point) 'V' யின் மூன்று மதிப்புகளும் 'V_c' என்ற நிலைமாறு பருமனுக்குச் சமமாகிவிடுகின்றது என முன்பே கண்டோம். எனவே

$$V = V_c$$

$$V - V_c = 0 \qquad ...(6)$$

$$(V - V_c)^3 = 0 \qquad ...(7)$$

இச்சமன்பாட்டை விரிவுபடுத்திக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$V^3 - 3V_c V^2 + 3V_c^2 V - V_c^3 = 0 \qquad ..(8)$$

நிலைமாறுநிலையில் விரிவுபடுத்திய வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாடு

(5)-ல் P-க்கும் T-க்கும் பதிலாக P_c, T_c என எழுதலாம்.

$$V^3 - \left(\frac{RT_c}{P_c} + b\right)V^2 + \frac{aV}{P_c} - \frac{ab}{P_c} = 0 \qquad ...(9)$$

சமன்பாடுகள் (8)-ம், (9)-ம் சமமாக இருப்பதனால் சமன்பாடுகளிலுமுள்ள தொடர்களின் குணகங்களும் இருக்கும்.

$$3V_c = b + \frac{RT_c}{P_c} \qquad \ldots(10)$$

$$3V_c^2 V = \frac{aV}{P_c}$$

$$\text{or } 3V_c^2 = \frac{a}{P_c} \qquad \ldots(11)$$

$$V_c^3 = \frac{ab}{P_c} \qquad \ldots(12)$$

சமன்பாடு (12)ஐ-சமன்பாடு (11) ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{V_c^3}{3V_c^2} = \frac{ab}{P_c} \times \frac{P_c}{a}$$

$$\frac{V_c}{3} = b$$

$$V_c = 3b \qquad \ldots(13)$$

V யின் இம் மதிப்பை சமன்பாடு (11)-ல் பிரதியீடு செய்தால்

$$3 \times 3b \times 3b = \frac{a}{P_c}$$

$$27b^2 = \frac{a}{P_c}$$

$$\therefore P_c = \frac{a}{27b^2} \qquad \ldots(14)$$

V_c, P_c இவற்றின் மதிப்புகளைச் சமன்பாடு (10)-ல் பிரதியீடு செய்தால்

$$3 \times 3b = b + RT_c \times \frac{27b^2}{a}$$

$$9b - b = RT_c \times \frac{27b^2}{a}$$

$$8b = RT_c \times \frac{27b^2}{a}$$

$$RT_c = \frac{8b \times a}{27b^2}$$

$$RT_c = \frac{8a}{27b}$$

$$T_c = \frac{8a}{27Rb} \qquad \ldots(15)$$

எனவே ஒரு வாயுவின் வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகளின் மதிப்பைப் பயன்படுத்தி அவ்வாயுவின் நிலைமாறு மாறிலிகளின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். நிலைமாறு மாறிலிகளின் மதிப்பு தெரிந்திருப்பின் வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகளைக் கணக்கிடலாம்.

மாதிரிக்கணக்கு 1: அம்மோனியாவின் வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகளின் மதிப்பு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வாயுவின், நிலைமாறு வெப்பநிலையையும், நிலைமாறு அழுத்தத்தையும் கணக்கிடு—

$$a = 4.17 \text{ dm}^6 \text{ atm. mole}^{-2} \text{ k}^{-1}$$

$$b = 0.0371 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ k}^{-1}$$

கணக்கிடல் :

$$T_c = \frac{8a}{27Rb}$$

$$a = 4.17 \text{ dm}^6 \text{ atm mol}^{-2} \text{ k}^{-1}$$

$$b = 0.0371 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ k}^{-1}$$

$$R = 0.0821 \text{ dm}^3 \text{ atm mol}^{-1} \text{ k}^{-1}$$

$$\therefore T_c = \frac{8 \times 4.17}{27 \times 0.0821 \times 0.0371}$$

$T_c = 405.6K$

$$P_c = \frac{a}{27b^2}$$

$$P^c = \frac{4.17}{27 \times 0.037 \times 0.0371}$$

$P_c = 112.1$ atm

நிலைமாறு வெப்பநிலை $= 405.6$ K

நிலைமாறு அழுத்தம் $= 112.1$ *அட்மோஸ்பியர்*

வாயுக்களை திரவமாக்கல்

பல தொழிற்துறைகளில் திரவகாற்று, திரவ அம்மோனியா, திரவ கார்ப்பன்-டை-ஆக்ஸைடு போன்றவை பெருமளவில் தேவைப்படுகின்றன. வாயுக்களை திரவமாக்கல் வாணிகரீதியில் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததொன்றாகும். வாயுக்களைத் திரவமாக்க இரு முக்கிய சூழ்நிலைகளை உருவாக்க வேண்டும். அவை

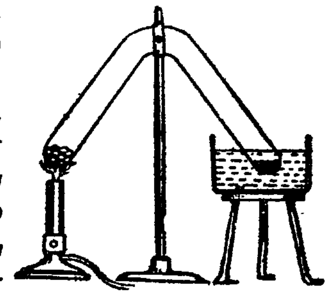
(1) *குறைந்த வெப்பநிலை*

(2) *அதிக அழுத்தம்*

ஒரு வாயுவை திரவமாக மாற்ற, அவ்வாயுவின் வெப்ப நிலை ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைக்குக்கீழ் இருத்தல் வேண்டும். இவ்வெப்பநிலையை நிலைமாறு வெப்பநிலை என்கிறோம். ஒரு வாயுவின் வெப்பநிலை அதன் நிலைமாறு வெப்பநிலையை விட அதிகமாக இருக்கும்போது அவ்வாயுவை அதிக அழுத்தத் திற்கு உட்படுத்துவதால் மட்டும் அதனைத் திரவமாக்க இயலாது. குறிப்பிட்ட ஒரு வாயு மூலக்கூறுகளிடையே அதிக ஈர்ப்பு விசை இருப்பின் அவ்வாயுவின் நிலைமாறு வெப்பநிலையும் சாதாரண மாகச் சற்று அதிகமாக இருக்கும். நிலைமாறு வெப்பநிலைக்கு மேற்பட்ட வெப்பநிலைகளில் வாயுவின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் மிக அதிகமாக இருப்பதால், வாயு மூலக்கூறுகளிடையே உள்ள ஈர்ப்பு விசை மிகக்குறைந்து அவ்வாயுவை திரவமாக்க இயலா

நிலை ஏற்படுகிறது. வாயுக்களைக் கீழேக் கொடுக்கப்பட்ட முறைகளில் திரவமாக மாற்ற இயலும்.

ஃபாரடே முறை (Faraday's Method):— 1823ஆம் ஆண்டில் ஃபாரடே என்ற அறிவியலார் V வடிவ கண்ணாடிக் குழாயைப் பயன்படுத்தி கார்பன் டை ஆக்ஸைடு, சல்ஃபர் டை ஆக்ஸைடு போன்ற வாயுக்களைத் திரவமாக்கினார். படம் 7ல் காட்டியுள்ளபடி வளைந்திருக்கும் கண்ணாடிக் குழாயின் ஒரு முனையில் வாயு தயாரிக்கப்பட்டு, குழாயின் மறுமுனையில் குளிர்ச்சி செய்யப்படுவதால் திரவமாக்கப்படுகிறது. வாயுவை குளிர்விப்பதற்கு உறைகலவை பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இம் முறையினால் ஹைட்ரஜன் ஆக்ஸிஜன், நைட்ரஜன் போன்ற வாயுக்களை திரவமாக்க இயலவில்லை. ஏனெனில் இவ்வாயுக்களின் நிலைமாறு வெப்பநிலை குறைவாக உள்ளது. மேலும் நிலைமாறு நிலையைப் பற்றிய கருத்துக்கள் 1823 ஆம் ஆண்டில் புலனாகாத தொன்றாக இருந்தது.



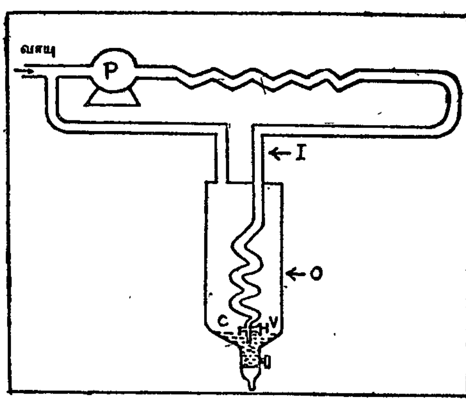
படம் 7
ஃபாரடே முறை

பிக்டெட் முறை : இம் முறையில் ஒரு வாயு நிலைமாறு வெப்பநிலைக்குக் கீழ் குளிர்விக்கப்பட்டு, பின் அதிக அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்படுவதால் திரவமாக்கப்படுகிறது. ஒரு திரவத்தை ஆவியாக்கும்போது ஏற்படும் குளிர்ச்சியை பயன்படுத்தி மற்றொரு வாயு படிப்படியாக திரவநிலைக்கு மாற்றப்படுகிறது. 1877ஆம் ஆண்டில் R.P. பிக்டெட் என்ற வேதியியலார் இம்முறையில் திரவ ஆக்ஸிஜனைத் தயாரித்தார். முதலில் அழுத்தத்தை அதிகரிப்பதன் மூலம் சல்ஃபர் டை ஆக்ஸைடு வாயு திரவமாக்கப்படுகின்றது. திரவ சல்ஃபர் டை ஆக்ஸைடை, குறைந்த அழுத்தநிலையில் ஆவியாக மாற்றுவதால் 208K (—65°C) வெப்பநிலை கிடைக்கிறது. இவ் வெப்ப நிலையில் கார்பன் டை ஆக்ஸைடு வாயு திரவமாக மாறுகின்றது. பின்னர் திரவக் கார்பன்டை ஆக்ஸைடை குறைந்த அழுத்த நிலையில் ஆவியாக மாற்றும்பொழுது 143 K (—130°C) வெப்பநிலை கிடைக்கிறது. ஆக்ஸிஜனின் நிலைமாறு வெப்பநிலை 155 K (—118°C) ஆகும். இம்முறையில் கிடைக்கும் வெப்பநிலை ஆக்ஸிஜனின்

நிலைமாறு வெப்பநிலையைவிட குறைவாக இருப்பதால் இக் குறைந்த வெப்பநிலையில் ஆக்ஸிஜன் வாயுவின் அழுத்தத்தை அதிகரிப்பதன்மூலம் அவ்வாயு திரவமாக மாறுகின்றது.

தற்கால முறைகள் : வாயுக்களைத் திரவமாக்க உதவும் தற்கால முறைகள் (i) ஜூல்-தாம்சன் விளைவு (ii) வெப்பம் மாறாநிலையில் வாயுக்களை விரிவடையச் செய்தல். (iii) வெப்ப மாறா காந்தநீக்க முறை ஆகியவற்றை அடிப்படையாகக் கொண்டவை.

1. லிண்டே முறை (Linde's Method) : இம்முறை ஜூல்-தாம்சன் விளைவை அடிப்படையாகக் கொண்டது. இம்முறையை உபயோகித்து காற்று அல்லது ஏனைய எந்த வாயுவையும் திரவ மாக மாற்ற இயலும். முதலில் சுத்தமான காற்று அல்லது ஏதேனும் ஒரு வாயுவின் அழுத்தம் 200 வளிமண்டல அழுத்தத் திற்கு அதிகரிக்கப்படுகின்றது. இவ்வாயு பொதுமைய அமைப் பினைக் கொண்ட இரு குழாய்களில் I என்ற உட்குழாயின் வழியே படம் 8 ல் குறிப்பிட்டப்படி செலுத்தப்படுகின்றது. இக்குழாய்கள் சுருள் வடிவில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இப்போது குழாயின் குறுகிய இறுதிமுனை 'J' யுடன் இணைக்கப்பட்ட 'V' என்ற வால்வு திறக்கப்பட்டு வாயு 'C' என்ற அகன்ற

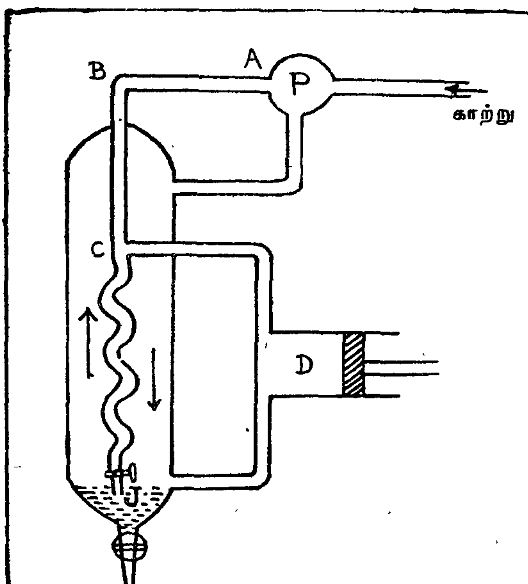


படம் 8
லிண்டே முறை

பரப்பினுள் திடீரென விரிவடையச் செய்யப்படுகின்றது. இத னால் வாயுவின் வெப்பநிலை வெகுவாகக் குறைகின்றது. வாயு

வின் அழுத்தம் சுமார் 50 வளிமண்டல அழுத்தத்திற்கு குறை கின்றது. நன்கு குளிர்ச்சி செய்யப்பட்ட வாயு மறுபடியும் வெளிச்சுற்றுக்குழாய் 'O' வழியாக வெளியேற்றப்படுகின்றது. இவ்வாறு வெளிச் செல்லும் குளிர்ந்த வாயு உட்குழாய் வழியாக செலுத்தப்படும் வாயுவை குளிர்விக்கின்றது. குறைந்த அழுத் தத்துடன் தாழ்ந்த வெப்பநிலையில் வெளியேற்றப்பட்ட வாயு மீண்டும் 200 வளிமண்டல அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டு உட்குழாய் வழியாக மீண்டும் செலுத்தப்படுகின்றது. திரும்பத் திரும்ப வாயுவை அதிக அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தி குளிர்விப் பதால் இறுதியில் வாயு திரவமாகிறது.

2. கிளாட் முறை (Claude's Process) : இம்முறையில் மிகுந்த அழுத்தநிலையிலுள்ள வாயு வெப்பமாறா நிலையில் விரி வடையச் செய்யப்படுகின்றது. இவ்வாறு விரிவடையத் தேவைப் படும் ஆற்றல் மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றலிலிருந்து பெறப் படுவதால் வாயுவின் வெப்பநிலை வெகுவாகக் குறைகிறது.



படம் 9
கிளாட் முறை

இவ்விளைவும் ஜுல்-தாம்சன் விளைவும் கிளாட் முறையில் இணைக்கப்பட்டு வாயுக்கள் திரவமாக்கப்படுகின்றன. 200 வாயு

மண்டல அழுத்த நிலையிலுள்ள காற்று ABC என்ற குழாயி னுள் படம் 9ல் காட்டியபடி செலுத்தப்படுகின்றது. குழாயின் C என்ற பகுதியை அடைந்தவுடன் இக்காற்றின் ஒரு பகுதி உந்து தண்டுடன் இணைக்கப்பட்ட 'D' என்ற பம்பினுள்ளும், மற்றொரு பகுதி 'J' என்ற நுண்ணிய துளையில் முடிவடையும் குழாயினுள்ளும் செல்கிறது. பம்பினுள் செல்லும் வாயு விரி வடைந்து உந்து தண்டை வெளியே தள்ளி வேலை செய் வதனால், நன்கு குளிர்ந்து பின்பு படத்தில் காட்டியவாறு மேல் நோக்கிச் செல்கின்றது. மேல் நோக்கிச் செல்லும் குளிர்ந்த காற்று குழாயினுள் வரும் காற்றை குளிர்விக்கின்றது. இவ்வாறு குளிர்ந்த நிலையில் அதிக அழுத்தத்தில் குழாயினுள் வரும் காற்று 'J' என்ற நுண்துளை வழியாக வெளியேற்றப்பட்டு ஜூல்-தாம்சன் விளைவிற்கு உட்படுத்தப்படுகின்றது. இதனால் இக்காற்று மேலும் குளிர்கின்றது. இவ்வாறு மீண்டும் மீண்டும் பல முறை நிகழ்வதால் இறுதியில் காற்று திரவ நிலையை அடைகின்றது.

வெப்ப மாறா காந்தநீக்க முறை : P. டிபை, W. F. கியாக் ஆகிய இரு அறிவியல் அறிஞர்கள் ஒரு காந்தமுற்ற பொருளின் காந்தத் தன்மையை வெப்பமாறா நிலையில் நீக்கும் போது அப்பொருளின் வெப்ப நிலை மிகவும் குறைகின்றது எனக் கண்டறிந்தனர். இம்முறையைப் பயன்படுத்தி வாயுக்களை திரவமாக்க இயலும். இம்முறையில் 0.01K முதல் 0.02K வரை வெப்பநிலையைப் பெற இயலும்.

பயிற்சி

1. இயல்பு வாயுக்கள் நல்லியல்பு வாயு முறையினின்று விலகிச் செல்வதேன் ? இதற்கான காரணங்களை விளக்கமாக எழுதுக.

2. வாண்டர்வால்ஸ் சமன்பாட்டினை வருவி

3. வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகள் a, b இவற்றின் முக்கியத்து வத்தை விவரி.

4. நிலைமாற்று நிலை (critical state) என்பதனால் நீவிர் அறிவதென்ன ? இதனை கார்பன்-டை-ஆக்ஸைடின் சம வெப்ப நிலைக் கோடுகள் வரைந்து விளக்கு.

5. வாண்டர் வால்ஸ் மாறிலிகளுக்கும், நிலைமாறு மாறிலி களுக்குமுள்ள தொடர்பினை வருவி.

6. எதிர்மாறு வெப்பநிலை என்பது யாது? வாண்டர்வால்ஸ் மாறிலிகளினின்று எதிர்மாறு வெப்பநில்லையைக் கணக்கிட உதவும் சமன்பாட்டினை எழுது.

7. வாயுக்களை திரவமாக்க உதவும் பல்வேறு முறைகளை தகுந்த வரைபடங்களுடன் விளக்கு.

8. மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலையை அளிக்க உதவும் இருமுறை களை விவரி.

9. ஒரு வாயுவின் மொத்த கன அளவு V என அளந்தறியப் பட்டது. இதில் எப்பகுதியினை வாயுமூலக்கூறுகள் ஆக்கிர மிக்கின்றன?

10. ஒரு நல்லியல்பு வாயு வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கொள்கலனுள் செலுத்தப்படுகின்றது. இதனால் வாயுவின் இயக்க ஆற்றலில் மாற்றம் நிகழுமா? விளக்கு.

11. கார்பன் டை ஆக்சைடின் வாண்டர் வால்ஸ் மாறிலிகளின் மதிப்புகள் தரப்பட்டுள்ளன.

$a = 3.6$ லிட்டர் அட்மோஸ்பியர் மோல்$^{-1}$ k^{-1} ($dm^6 atm. mol^{-1}$ k^{-1})

$b = 0.0428$ லிட்டர் மோல்$^{-1}$ ($0.0428\ dm^3$ mol k^{-1}).

இவ்வாயுவின் நிலைமாறு வெப்பநிலையையும், நிலைமாறு அழுத்தத்தையும் கணக்கிடு. (விடை $T_c = 303.6$ K
$P_c = 72.8$ அட்மோஸ்பியர்)

12. ஆக்ஸிஜனின் நிலை மாறு வெப்பநிலையையும், நிலைமாறு அழுத்தத்தையும் கணக்கிடு. இவ்வாயுவின் வாண்டர் வால்ஸ் மாறிலிகளின் மதிப்புகள் தரப்பட்டுள்ளன.

$a = 1.32$ லிட்டர் அட்மோஸ்பியர் மோல்$^{-1}$ k^{-1} ($dm^6 atm. mol^{-1}$ k^{-1})

$b = 0.0312$ லிட்டர் மோல்$^{-1}$ ($dm^3 mol^{-1}$)

(விடை : $T_c = 152.7$ K)
$P_c = 50.21$ அட்மோஸ்பியர்)

அத்தியாயம் 2

ஆற்றல் இயல்

(ENERGETICS)

ஆற்றலைப் பற்றி எடுத்துரைக்கும் அறிவியலின் பகுதி ஆற்றல் இயல் எனப்படும். ஓர் அமைப்பின் வேலை செய்யும் திறன் அவ்வமைப்பின் ஆற்றல் எனப்படும். பூமியிலுள்ள, அனைத்துயிர்களும் உயிர்வாழ ஆற்றல் மிகவும் இன்றியமையாத தாகின்றது. பூமியின் ஆற்றல் தேவையினைப் பூர்த்தி செய்வது சூரியனின்று பெறப்படும் ஆற்றலாகும் (Solar energy) சூரிய சக்தியானது பல முறைகளில் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றது. ஒளிச்சேர்க்கையின் போது தாவர இனங்கள் சூரிய ஆற்றலை வேதி ஆற்றலாக மாற்றி தாவரங்களில் ஸ்டார்ச்சாக சேமித்து வைக்கின்றன. பல்லாண்டு காலத்திற்கு முற்பட்ட தாவரங்கள் சூரிய ஆற்றலாலும் பூமியில் புதையுண்டு இருப்பதாலும் நிலக்கரி யாக மாற்றம் அடைகின்றன. சூரிய ஆற்றலின் முக்கியத்துவம் தற்போது முற்றிலுமாக உணரப்பட்டுள்ளது. சூரிய ஆற்றலை ஏனைய ஆற்றல்களாக மாற்றி பலதரப்பட்டவேலைகள் செய் வதற்கான ஆய்வுகள் தற்போது நிகழ்கின்றன. பலவகைப்பட்ட ஆற்றல்களைப் பற்றி நாம் அறிவோம். அவற்றுள் சில: நிலை ஆற்றல் (Potential Energy) இயக்க ஆற்றல் (Kinetic Energy) ஒளி ஆற்றல் (Light Energy) மின் ஆற்றல் (Electrical Energy) வேதி ஆற்றல் (Chemical Energy), உட்கரு ஆற்றல் (Nuclear Energy) வெப்ப ஆற்றல் (Heat Energy)

ஆற்றல் அழியாமை விதி (Law of Conservation of Energy)

பலவகைப்பட்ட ஆற்றல்களுக்குள்ள தொடர்பினை ஒரு பொது விதிவாயிலாக எடுத்துரைக்கலாம். இவ்விதி ஆற்றல் அழியாமை விதி எனப்படும். இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு கூற லாம். "ஆற்றலை ஒரு வகையினின்று மற்றொன்றாக மாற்ற இயலும். எனினும், ஆற்றலை ஆக்கவோ அல்லது அழிக்கவோ

இயலாது.'' இயக்கத்தின் விளைவாக ஓர் அமைப்பு பெற்றிருக்கும் ஆற்றலே அதன் இயக்க ஆற்றல் எனப்படும்.

$$\text{இயக்க ஆற்றல்} = \frac{1}{2} mc^2$$

எனவே இயக்க ஆற்றல் இரு முக்கிய காரணிகளைப் பொறுத்து அமையும் (i) நிறை (ii) திசை வேகம். இவ்விரண்டு காரணிகளையும் (i) செயல் ஆற்றல் திறக் காரணி (Capacity factor) (ii) செறிவினைக் குறிப்பிடும் காரணி (Intensity factor) என்கிறோம். செயல் ஆற்றல் திறக்காரணி பொருளின் அளவினைப் பொறுத்து அமையும். ஆனால் செறிவிற்கான காரணி பொருளின் அளவினைப் பொறுத்தல்ல. இரு பொருள்கள் தமது செறிவிற்கான காரணிகளில் வேறுபட்டு இருந்தால் ஆற்றல் ஒரு பொருளினின்று மற்றொன்றிற்கு மாற்றப் படுகின்றது. அதிக செறிவு காரணியினைப் பெற்றுள்ள பொருளினின்று ஆற்றல் குறைந்த செறிவு காரணியைப் பெற்றுள்ள பொருளிற்கு செல்கின்றது.

வேதியியலில் ஆற்றல் மாற்றங்கள் மிக முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவையாகும். ஒரு பொருள் வேதிவினையில் ஈடுபடும் பொழுது அதன் வேதி ஆற்றல் ஏனைய ஆற்றல்களாக மாற்றப்பட்டு பல வகை ஆற்றல்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. உதாரணமாக ஒரு நிலக்கரித்துண்டில் ஆற்றல் புதையுண்டு கிடைக்கின்றது. ஆனால் நாம் அந்நிலக்கரித்துண்டை வெப்பப்படுத்தும் வரை அவ்வாற்றல் வெளிவிடப்படுவதில்லை. நிலக்கரியை வெப்பப்படுத்தியவுடன் அது காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் எரிந்து வேதிவினையில் ஈடுபட்டு அதிக அளவு வெப்ப ஆற்றலை வெளிவிடுகின்றது. இவ்வெப்ப ஆற்றலே நமக்கு அன்றாட வாழ்வில் பெரிதும் பயன்படுகின்றது பல வகைப்பட்ட ஆற்றல்களையும் S I அலகு முறைப்படி ஜூல், என்ற பொது அலகிலேயே குறிப்பிடுகின்றோம். கிலோ ஜூல் என்பதனையே அதிகமாக ஆற்றல் அலகாக பயன்படுத்துகின்றோம்.

1 கிலோ ஜூல் = 1000 ஜூல்கள்

வேதிவினைகள் நிகழும் பொழுது அவற்றில் தோன்றும் வெப்ப ஆற்றல் மாற்றங்களைப்பற்றி விரிவாக எடுத்துரைப்பதே ஆற்றலியலின் முக்கிய நோக்கமாகும். பௌதிக வேதியியலின் இப்பிரிவை 'வெப்ப வேதியியல்', (Thermo Chemistry) என்று குறிப்பிடுகின்றோம்

அக ஆற்றல் (Internal Energy)

பொருளின் மூலக்கூறுகளில் குறிப்பிட்ட அளவு ஆற்றல் அடங்கியுள்ளது. இந்த ஆற்றலையே அப்பொருளின் அக ஆற்றல் அல்லது உள்ஆற்றல் என்கின்றோம். ஒரு பொருளின் அக ஆற்றல் அப்பொருளில் நிகழும் பலவகைப்பட்ட செயல் களால் தோன்றுகின்றது. ஓர் பொருளில் நிகழும் பலவகைப் பட்ட செயல்கள் கீழேத் தரப்பட்டுள்ளன.

(1) மூலக்கூறுகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் இடைப்பட்ட செயலால் தோன்றும் ஆற்றல். இதனை எலக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் (Electronic energy) என்கிறோம்.

(2) மூலக்கூறுகளின் உள்ளார்ந்த இயக்கத்தின் விளைவாகத் தோன்றும் பெயர்ச்சி ஆற்றல். இதனை பெயர்ச்சி ஆற்றல் (Translational energy) என்கிறோம்.

(3) மூலக்கூறுகளின் சுழற்சிகளினால் தோன்றும் ஆற்றல், இதனைச் சுழற்சி ஆற்றல் (Rotational energy) என்கிறோம்.

(4) மூலக்கூறுகளின் அதிர்வுகளினால் தோன்றும் ஆற்றல் இதனை அதிர்வு ஆற்றல் (Vibrational energy) என்கிறோம்.

ஒரு பொருளின் அகஆற்றலை E என்று குறிப்பிடுகிறோம். இதன் மதிப்பு அப்பொருளின் அளவினைப் பொறுத்துள்ளது. எனவே அக ஆற்றலை ஓர் புற இயல்பு (Extensive Property) என்கிறோம். புற இயல்பு எனப்படுவது ஓர் அமைப்பிலுள்ள பொருளின் அளவினைப் பொறுத்து அமையும் இயல்பாகும். அடர்த்தி, பாகுநிலை (Viscosity) போன்ற பண்புகள் பொருளின் அளவைப் பொறுத்து அமையாது. இப்பண்புகள் பொருளின் தன்மையைப் பொறுத்துள்ளன. ஒவ்வொரு பொருளும் குறிப் பிட்ட அடர்த்தியைப் பெற்றிருக்கும். இவ்வாறு பொருளின் அளவினைப் பொறுத்திராத பண்புகள் அக இயல்புகள் (Intensive properties) எனப்படும். ஒரு பொருளின் அக ஆற்றலின் சரியான மதிப்பினை நிர்ணயிக்க இயலாது. ஆனால் அக ஆற்றல் மாற்றங்களை எளிதில் கணக்கிடலாம். ஒரு அமைப்பின் அக ஆற்றல் மாற்றம் '$\triangle E$' அமைப்பின் தொடக்கநிலை இறுதி நிலை ஆகிய இவ்விரண்டு நிலைகளைப் பொறுத்தே அமையும் எவ்வழியைப் பின்பற்றி அவ்வினை நிகழ்ந்தது என்பதைப் பொறுத்து அமையாது. ஏனைய ஆற்றல்களைப் போன்றே அக ஆற்றலையும் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்ற இயலும்

வெப்பம் உமிழ், வெப்பம் கொள் வினைகள் (Exothermic and Endothermic Reactions)

வெப்பநிலை T கெல்வின் ஆக இருக்கும்போது மாறா கன அளவில் கீழ்க்கண்ட வினை நிகழ்வதாகக் கொள்வோம்.

$$A + B \longrightarrow C + D$$

E_R என்பது வினைபடு பொருள்களின் அக ஆற்றலையும், E_P என்பது விளை பொருட்களின் அக ஆற்றலையும் குறிப்பிடின்

$$E_P - E_R = \Delta E$$

ΔE என்பது இவ்வினையின் நிகர அக ஆற்றல் மாற்றமாகும். (total change in internal energy of the reaction) ஓர் வினையில் $E_P = E_R$ என்றால் வினைபடு பொருள்களின் மொத்த அக ஆற்றல், விளை பொருள்களின் மொத்த அக ஆற்றலுக்குச் சமம். எனவே வினை நிகழும்போது எவ்வித ஆற்றல் மாற்றமும் தோன்றுவதில்லை. ஓர் வேதிவினையில் $E_R > E_P$ என இருப்பின் $E_P - E_R$ ன் மதிப்பு எதிர்க் குறியீடு உடையதாக இருக்கும். இவ்வினையில் வினைபடு பொருள்களின் மொத்த அக ஆற்றல், விளை பொருள்களின் மொத்த அக ஆற்றலைவிட அதிகமாகும். எனவே இவ்வாறு அதிகப்படியாக உள்ள அக ஆற்றல் இவ்வினை நிகழும்போது வெப்ப ஆற்றலாக வெளியிடப் படுகின்றது. இவ்வினையின் ΔE எதிர்க்குறியீடு உடையதாக இருக்கும். இவ்வகைவினை 'வெப்பம் உமிழ் வினை, (Exothermic reaction) எனப்படும். 'ஓர் வேதிவினை நிகழும்போது வெப்ப ஆற்றல் வெளிவிடப்பட்டால் அவ்வினை வெப்பம் உமிழ் வினை' எனப்படும். ஓர் வேதிவினையில் $E_P > E_R$ என இருப்பின் $E_P - E_R$ ன் மதிப்பு நேர்குறியீடு உடையதாக இருக்கும். இவ் வினையில் விளை பொருள்களின் மொத்த அக ஆற்றல், வினைபடு பொருள்களின் மொத்த அக ஆற்றலைவிட அதிகமாகும். இவ் விரண்டிற்குமுள்ள ஆற்றல் வேறுபாடு வினை செயல்படும் பொழுது வெப்ப ஆற்றலாக உட்கொள்ளப்படுகின்றது இவ் வகை வினையின் ΔE-யின் மதிப்பு நேர்குறியீடு உடையதாக இருக்கும். இவ்வினை ஒரு வெப்பம் கொள்வினை எனப்படும். ஓர் வேதிவினை நிகழும்போது, வெப்ப ஆற்றல் உட் கொள்ளப் பட்டால் அவ்வினை 'வெப்பம் கொள்வினை' (Endothermic reaction) எனப்படும்.

ஓர் வேதிவினையின் என்தால்பி (Enthalpy of Reaction)

வேதிவினைகள் மாறாத கனஅளவு, மாறாத அழுத்தம் ஆகிய இவ்விரண்டு நிலைகளிலும் நிகழும் இயல்புடையவை. ஓர் வேதிவினை நிகழும் போது வெளிவிடப்படும் அல்லது உட்கொள்ளப்படும் வெப்ப ஆற்றலை அவ்வினை வெப்பமாக (heat of reaction) எடுத்து கூறுகிறோம். ஓர் வேதிச் சமன்பாட்டில் குறிப்பிட்டுள்ளபடி வினை முற்றிலுமாக நிகழும் போது வினையில் தோன்றும் விளைபொருள்களின் மொத்த வெப்ப உள்ளடக்கத்திற்கும் வினைபடு பொருள்களின் மொத்த வெப்ப உள்ளடக்கத்திற்கும் உள்ள வேற்றுமையே அவ்வினையின் வெப்பம் (heat of reaction) எனப்படும். H_P என்பது விளை பொருள்களிடம் அடங்கிய வெப்ப ஆற்றல் எனவும், H_R என்பது வினைபடு பொருள்களிடம் அடங்கிய மொத்த வெப்ப ஆற்றல் எனவும் கொண்டால் இவ்வினையின் மொத்த வெப்ப ஆற்றல் மாற்றம் ΔH ஆகும்.

$$\Delta H = H_P - H_R$$

'Δ' என்ற குறியீடு 'வேற்றுமை' (change) யைக் குறிப்பிடுகின்றது. ΔH என்பதை இவ்வினையின் என்தால்பி என்கிறோம். ΔE என்ற அக ஆற்றலைப் போன்றே ΔH என்பது ஓர் புற இயல்பாகும் (Extensive property)

நாம் முதலில் மாறா கன அளவில் T வெப்பநிலையில் நிகழும் ஓர் வினையைப்பற்றி விளக்கமாகக் கண்டோம். இவ் வினையில் ΔE என்ற அக ஆற்றல் மாற்றம் அவ்வினையில் உட்கொள்ளப்படும் அல்லது வெளிவிடப்படும் வெப்ப ஆற்றல் மாற்றத்திற்குச் சமமாகும். எனவே இவ்வினையில் தோன்றும் மொத்த வெப்ப ஆற்றல் மாற்றம் (change in heat content) ΔE க்குச் சமமாகும்.

∴ ஓர் வினை மாறா கனஅளவில் நிகழும்போது

$$\Delta H = \Delta E$$

வெப்ப நிலை T கெல்வின் ஆக இருக்கும்போது ஓர் வினை மாறா அழுத்தத்தில் நிகழுமானால் அவ்வினையின் என்தால்பி (ΔH) அவ்வினையில் தோன்றும் உள்ஆற்றல் மாற்றம் (ΔE) அவ்வினையில் நிகழும் புறவேலை ஆகியவற்றின் மொத்த கூடுதலுக்குச் சமமாகும். ஓர் வினையின் அழுத்தம் P எனவும்

அவ்வினையில் தோன்றும் கனஅளவு மாற்றம் ΔV எனவும் கொண்டால்

$$\text{நிகழும் வேலை} = P\Delta V$$

எனவே $\Delta H = \Delta E + P\Delta V$

ΔH-ன் குறியீடு (Sign of ΔH)

ΔH என்பது விளைபொருள்களின் என்தால்பிக்கும் வினைபடு பொருள்களின் என்தால்பிக்குமுள்ள வேற்றுமையைக் குறிப்பிடுகின்றது.

$$\Delta H = H_P - H_R$$

H_R ஐக் காட்டிலும் H_P அதிகமாக இருப்பின் அவ்வினையின் ΔH ன் மதிப்பு நேர்க்குறியீடு உடையதாக இருக்கும். இவ் வகை வினையில் வெப்பம் சுற்றுப்புறத்திலிருந்து உட்கொள்ளப் படுகின்றது. எனவே ஒரு வெப்பம்கொள் வினையில் ΔH ன் மதிப்பு நேர்க்குறியீடு உடையதாகும். ஓர் வினையில் H_P ஐக் காட்டிலும் H_R அதிகமாக இருப்பின் அவ்வினையில் வெப்ப ஆற்றல் வெளிவிடப்படுகின்றது. இங்கே ΔHன் மதிப்பு எதிர்க் குறியீடு உடையதாக இருக்கும். எனவே ஓர் வெப்பம் உமிழ் வினையின் ΔH ன் மதிப்பு எதிர்க்குறியீடு உடையதாகும்.

$P\Delta V$-ன் குறியீடு

$P\Delta V$ன் மதிப்பு நேர்க்குறியீடு உடையதாக இருப்பின் ஓர் அமைப்பு புறவேலை செய்கின்றது. ஓர் அமைப்பின் $P\Delta V$ன் மதிப்பு எதிர்க்குறியீடு உடையதாக இருப்பின் ஓர் அமைப்பின் மீது புறவேலை செய்யப்படுகின்றது என்கிறோம்.

ΔE, ΔH இவ்விரண்டிற்குமுள்ள தொடர்பினைக் குறிப்பிடும் சமன்பாட்டினை வருவித்தல்

மாறா அழுத்தத்தில் நிகழும் ஒரு வினையில்

$$\Delta H = \Delta E + P\Delta V \quad \text{...(1)}$$

ஒரு வினை திண்ம, நீர்மப் பொருள்களிடையே மட்டும் நிகழு மாயின் அவ்வினையில் நிகழும் கன அளவு மாற்றம் ΔV மிகக் குறைவாகும். எனவே இவ்வினையின் $P\Delta V$ என்பதன் மதிப்பு புறக்கணிக்கத்தக்கதாகும். இவ்வகை வினையில்

$$\Delta H = \Delta E$$

ஓர் வினையில் வாயுப் பொருள்களும் பங்கு கொள்ளுமாயின் ΔV குறிப்பிட்ட மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கும். வாயுக்களிடையே நிகழும் ஓர் வினையில் 'V' என்பது 1 மோல் வாயுவின் கனஅளவு எனவும், Δn என்பது வாயு விளைபொருள்களின் மொத்த மோல்களுக்கும், வாயு வினைபடு பொருள்களின் மொத்த மோல் களுக்குமுள்ள வேற்றுமையாகவும் இருக்கட்டும்.

Δn = {வாயு விளை பொருள் களின் மொத்த மோல்கள்} − {வாயுவினைபடு பொருள்களின் மொத்தமோல்கள்.}

எனவே கனஅளவில் நிகழும் மாற்றம் ΔVஐ கீழ்க்கண்ட வாறு எழுதலாம்.

$$\Delta V = V.\Delta n \quad ...(2)$$

$$P\Delta V = PV.\Delta n \quad ...(3)$$

வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$PV = RT \quad ...(4)$$

சமன்பாடு (3) லிருந்து

$$PV = \frac{P\Delta V}{\Delta n}$$

PV க்கான இம்மதிப்பை சமன்பாடு (4) ல் பிரதியீடு செய்தால்

$$\frac{P\Delta V}{\Delta n} = RT$$

$$P\Delta V = RT.\ \Delta n$$

$P\Delta V$யின் இம்மதிப்பை சமன்பாடு (1)ல் பிரதியீடு செய்தால்

$$\Delta H = \Delta E + RT\ \Delta n \quad ...(5)$$

சமன்பாடு (5)ஐ உபயோகித்து மாறா கனஅளவில் ஒரு வேதிவினையின் வெப்பத்தின் மதிப்பு தெரிந்திருப்பின் அவ்வினை வெப்பத்தினை மாறா அழுத்தத்தில் கணக்கிடலாம். வாயுக்களி டையே வேதிவினை நிகழும்போது ஓர் அமைப்பின் கனஅளவு அதிகரிப்பின் அவ்வமைப்பு மாறா அழுத்தத்தில் புறவேலை செய்கின்றது. வினை நிகழும்போது அவ்வமைப்பின் கன அளவு

குறைந்தால் அமைப்பின் மீது சுற்றுபபுற வேலை நிகழகினறது. பல வேதிவினைகள் மாறா அழுத்த நிலையிலேயே நிகழகின்றன. எனவே மாறா அழுத்த நிலையில் நிகழும் வினையே மாறா கனஅளவில் நிகழும் வினையைவிட அதிகமாக ஆராயபபடு கின்றது.

வெப்ப வேதிச் சமன்பாடுகள் (Thermochemical Equations)

வேதிவினைகளின் வெப்ப மாற்றங்களைக் கணக்கிட உதவும் சமன்பாடுகளை வெப்ப வேதிச்சமன்பாடுகள் என்கிறோம். ஒரு வெப்ப வேதிச் சமன்பாடு கீழ்க்கண்ட விவரங்களைப பெற் றிருத்தல் வேண்டும்.

1. வேதிச் சமன்பாடு.

2. வினையில் வெளிவிடப்படும் அல்லது உறிஞ்சப்படும் வெப்ப அளவு (ஜுல்/மோல் அல்லது கிலோ ஜுல்/மோல் என்ற அலகில்). ΔHன் மதிப்பு அதற்கு ஏற்ற குறியீட்டுடன் கொடுக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

3. வினைபடு பொருள்கள், விளைபொருள்கள் இவை திண்மப் பொருள்களா, நீர்மப் பொருள்களா அல்லது வாயுப் பொருள்களா என்று குறிப்பிடப்படுதல் வேண்டும். உதாரண மாக 'l' என்பது நீர்மத்தையும், 'g' என்பது வாயுப் பொருளையும், 's' என்பது திண்மத்தையும், 'aq' என்பது மிகநீர்த்த நீரியக்கரைசலையும் குறிப்பிடுகின்றது.

4. வினைபடு பொருள், விளை பொருள் இவை பற்றிய ஏனைய தகவல்கள். உதாரணமாக வினைபடு பொருள் சல்ஃபர் என்று இருப்பின் அது எவ்வகை புறவேற்றுமை வடிவம் எனக் குறிப்பிடுதல் வேண்டும். $S_{\propto}$ என்பது சாய்சதுர கந்தகத்தையும், $C_{வைரம்}$ என்பது கார்பனின் புறவேற்றுமை வடிவமான வைரத்தையும் குறிப்பிடுகின்றது.

வெப்ப வேதிச் சமன்பாடுகளை உபயோகிக்கும் முறை

வெப்ப வேதிச் சமன்பாட்டிற்கான ஓர் உதாரணம் :

1. $H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$; $\Delta H = -241.8$ KJ.

2. $H_2(g) + I_2(Crys) \rightarrow 2HI(g)$; $\Delta H = +51.9$ KJ.

சமன்பாடு ஒன்றிலிருந்து 1 மோல் நீராவி, ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் ஆகிய வாயுக்களிலிருந்து தோன்றும்போது 241.8KJ வெப்பம் வெளிவிடப்படுகின்றது என அறியலாம். $\triangle$Hன் மதிப்பு வினையில் பங்கு கொள்ளும் பொருள்களின் மோல்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து அமையும். எனவே 2 மோல்கள் நீராவி தோன்றும் வினையின் $\triangle$Hன் மதிப்பு — 241 8 × 2 = — 483.6 KJ, அவ்வாறே 2 மோல்கள் ஹைட்ரஜன் அயோடைடு வாயு 1 மோல் ஹைட்ரஜன், 1 மோல் படிக அயோடின் இவற்றிலிருந்து தோன்றும்போது, 51.9 கிலோ ஜூல் KJ வெப்ப ஆற்றல் உட்கொள்ளப்படுகின்றது. எனவே 1 மோல் ஹைட்ரஜன் அயோடைடின் உருவாதல் வெப்பம் $\triangle H = \frac{51.9}{2} = 25.95$ KJ. வெப்ப வேதிச் சமன்பாடுகளை இயற்கணிதச் சமன்பாடுகளைப் (Algebraic Equations) போன்றே கையாளலாம். இச் சமன்பாடுகளைக் கூட்டவோ, கழிக்கவோ பெருக்கவோ இயலும். ஒரு வினையின் $\triangle$Hன் மதிப்பை அறிய $\triangle$Hன் மதிப்பு தெரிந்த ஏனைய வேதிவினைகளின் வெப்ப வேதிச் சமன்பாடுகளை எழுதி அவற்றினின்று தகுந்த இயற்கணித முறையைப் பின்பற்றி கணக்கிட வேண்டும் வெப்ப வேதிச் சமன்பாடுகளையும் அவற்றின் $\triangle$Hன் மதிப்புகளையும் தக்கவாறு கையாண்டு நமக்கு வேண்டிய வேதிவினையைத் தவிர ஏனைய அளவுகள் அனைத்தையும் ஈடு செய்து நீக்கி விடுதல் வேண்டும்.

(1) மாதிரிக் கணக்கு: சுட்ட சுண்ணாம்பிலிருந்து உலர்ந்த நீர்த்த சுண்ணாம்பு தோன்றும் வினையின் என்தால்பியைக் கணக்கிடு. கால்சியம் ஆக்ஸைடு (s), நீர், கால்சியம் ஹைட்ராக்ஸைடு (s) இவற்றின் உருவாதல் வெப்பங்கள் முறையே—635.5KJ, — 286 KJ, — 986.5 KJ ஆகும்.

இந்த வினைக்கான வெப்பவேதிச் சமன்பாடு

$$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(s)$$

$\triangle$H = வினை பொருள்களின் என்தால்பி — வினைபடுபொருள்களின் என்தால்பி

$$\triangle H = -986.5 - [-635.5 - 286]$$

$$\triangle H = -986.5 + 635.5 + 286 = -65 \text{ KJ}$$

$$\triangle H = -65 \text{ KJ}$$

(2) மாதிரிக் கணக்கு : 298K வெப்பநிலையில் மாறா அழுத்தத்தில் மீத்தேனின் எரிதல் வெப்பத்தைக் கணக்கிடு.

அதே வெப்ப நிலையில் மாறா கன அளவில் மீத்தேனின் எரிதல் வெப்பம் — 885245 ஜூல்/மோல் ஆகும்.

மீத்தேனின் எரிதல் வினைக்கான வெப்ப வேதிச் சமன்பாடு

$CH_4\,(g) + 2\,O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l);$

$\Delta E = -\,885245\ J.$

Δn = வாயுநிலையிலுள்ள விளைபொருள்களின் மொத்த மோல்கள் — வாயுநிலையிலுள்ள வினைபடு பொருள் களின் மொத்த மோல்கள்.

$\Delta n = 1 - 3 = -2$

$\Delta H = \Delta E + RT\,\Delta n$

$R = 8{\cdot}314\ J\ mol^{-1}K^{-1}$

$T = 298\ K$

$\Delta E = -885245\ J$

$\therefore \Delta H = -885245 + 8{\cdot}314 \times 298 \times -2$

$\Delta H = -885245 - 4955$

$\Delta H = -890200\ J\ mol^{-1}$

இதனை கிலோ ஜூலில் குறிப்பிட்டால்

$$\frac{-890200}{1000} = -890{\cdot}2\ KJ.$$

மாறா அழுத்தத்தில் மீத்தேனின் எரிதல் வெப்பம்

$\Delta H\ (\text{Combustion}) = -890{\cdot}2\ KJ\ mol^{-1}$

(3) மாதிரிக் கணக்கு : 300K வெப்ப நிலையில் பென்சினின் எரிதல் வெப்பம் மாறா அழுத்தத்தில் — 3278 KJ mol. இதே வெப்பநிலையில் பென்சினின் எரிதல் வெப்பத்தை மாறா கன அளவில் கணக்கிடு.

இவ் வேதி வினைக்கான வெப்ப வேதிச் சமன்பாடு

$C_6H_6(l) + 7\frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 3H_2O(l)$.

$\Delta n = 6 - 7\frac{1}{2}$

$\Delta n = -1{\cdot}5$

$\Delta H = \Delta E + RT\Delta n$

$R = 8{\cdot}314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$

$T = 300\ K$

$\Delta H = -3278\ KJ$

$\Delta H = -3278 \times 1000 = -3278000\ J.$

$-3278000 = \Delta E + 8{\cdot}314 \times 300 \times -1{\cdot}5$

$-3278000 = \Delta E - 3741.$

$\Delta E = -3278000 + 3741 = -3274259.$

$\Delta E = -3274259\ J\ mol^{-1}$

$\Delta E = -3274{\cdot}259\ KJ\ mol^{-1}$

உருவாதல் வெப்பம் (Enthalpy of Formation)

1 மோல் சேர்மம் அதன் இயல்பான நிலையிலிருக்கும் தனிமங்களிலிருந்து உருவாகும்போது தோன்றும் வெப்ப ஆற்றல் மாற்றமே அச் சேர்மத்தின் உருவாதல் வெப்பம் எனப்படும். இதனை ΔH_F என்று குறிப்பிடுகின்றோம். இதனை உருவாதல் என்தால்பி என்கிறோம்.

(உதாரணம்)

$2C$ (கிராபைட்) $+ 2H_2(g) \rightarrow C_2H_4(g);\ \Delta H = -52\ KJ$

C (கிராபைட்) $+ 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g);\ \Delta H_F = -73\ KJ$

எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் எல்லாத் தனிமங்களின் என்தால்பியும் அவற்றின் இயல்பாகவே தோன்றும் நிலைகளில், பூஜ்ஜியம் என்று எடுத்துக் கொள்கிறோம். ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன், நைட்ரஜன் ஆகிய வாயுக்களின் இயல்பான நிலை 1 வளிமண்டல அழுத்தத்திலுள்ள தூய்மையான வாயுவாகும். இதனையே அவ் வாயுவின் நியமநிலை என்கிறோம். புரோமின்,

யாதரசம் ஆகியவற்றின் நீர்மநிலையே நியமநிலை எனக் கொள்ளப்படுகின்றது. காப்பர், சோடியம், அயோடின் ஆகிய வற்றின் நியமநிலை அவற்றின் திண்ம நிலையாகும். கார்பனின் நியமநிலை கிராபைட் புறவேற்றுமை அமைப்பாகும்.

நியம உருவாதல் வெப்பம் (Standard enthalpy of formation): ஒரு மோல் சேர்மம் 298 K வெப்பநிலையில், நியமநிலையில் இருக்கும் அதன் தனிமங்களினின்று உருவாகும்போது தோன்றும் வெப்ப ஆற்றல் நியம உருவாதல் வெப்பமாகும். இதனை ΔH°_F எனக் குறிப்பிடுகிறோம். ஒரு சேர்மத்தின் உருவாதல் வெப்பம் குறைவாக இருப்பின் பொதுவாக அச் சேர்மம் சற்று நிலையானதாகும்.

எரிதல் வெப்பம் (Enthalpy of combustion): 1 மோல் சேர்மம் காற்று அல்லது ஆக்ஸிஜனில் முழுமையாக எரியும்போது வெளி விடப்படும் வெப்ப ஆற்றலே அச் சேர்மத்தின் எரிதல் வெப்பம் எனப்படும். எரிதல் வினைகள் எப்போதும் வெப்பம் உமிழ் வினைகளாகவே இருக்கின்றன. எனவே, எரிதல் என்தால்பியின் மதிப்பு எதிர்க் குறியீடு உடையதாக இருக்கின்றது.

(உதாரணம்)

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(l);\ \Delta H = -8902.KJ$$

$$C_2H_2(g) + 2\tfrac{1}{2}\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + H_2O(l);\ \Delta H = -1306KJ$$

எரிதல் வெப்பத்தை அளப்பதன் பயன்கள்

1. கரிம சேர்மங்களின் எரிதல் வெப்ப மதிப்புகளை எளிதில் நிர்ணயிக்கலாம். எரிதல் வெப்ப மதிப்புகளிலிருந்து பல கரிம சேர்மங்களின் உருவாதல் வெப்பங்களைக் கணக்கிடலாம்.

2. உணவுப்பொருள், எரி பொருள் ஆகியவற்றின் வெப்ப ஆற்றல் அளவுகள் அவற்றின் எரிதல் வெப்ப மதிப்புகளையே குறிப்பிடுகின்றன. உணவுப் பொருள், எரிபொருள் ஆகிய வற்றின் வெப்ப ஆற்றல் அளவுகள் இந்த அத்தியாயக் கடைசியில் விளக்கமாகத் தரப்பட்டுள்ளன.

3. ஒரு சேர்மத்தின் எரிதல் வெப்பம் அச் சேர்மத்தின் சரியான அமைப்பை நிர்ணயிக்க உதவுகின்றது. உதாரணமாக,

மூன்று ஒற்றைப் பிணைப்புகளையும், மூன்று இரட்டைப் பிணைப்பு களையும் மாறிமாறிக் கொண்டே பென்சினின் அமைப்பை அதன் எரிதல் வெப்பம் உறுதி செய்கின்றது. வடிவ ஐசோமர்கள் (சிஸ், டிரான்ஸ் ஐசோமர்கள்) இரண்டு வேறுபட்ட எரிதல் வெப்ப மதிப்புகளைப் பெற்றுள்ளன. சிஸ் ஐசோமரின் எரிதல் வெப்பம் டிரான்ஸ் ஐசோமரின் எரிதல் வெப்பத்தைவிட அதிகமாகவே இருக்கின்றது. எனவே, சிஸ் ஐசோமர் டிரான்ஸ் ஐசோமரைவிட குறைந்த நிலைப்புத் தன்மை வாய்ந்தது என அறியலாம். ஒரு படிவரிசையிலுள்ள அடுத்தடுத்த சேர்மங்களின் எரிதல் வெப்பம் 657 KJ வேறுபடுகின்றது. எனவே, 657 KJ ஆற்றல் ஒரு — CH_2 தொகுதியின் எரிதல் வெப்பத்திற்குச் சமமாகும்.

(4) **மாதிரிக் கணக்கு :** அசெட்டிலினின் எரிதல் வெப்பம் —1306 KJ. கார்பன் டை ஆக்ஸைடு, நீர் ஆகியவற்றின் உருவாதல் வெப்பத்தின் மதிப்புகள் முறையே —394KJ, —286KJ ஆகும். அசெட்டிலினின் உருவாதல் வெப்பத்தினைக் கணக்கிடு.

இவ் வினைகளுக்கான வெப்ப வேதிச் சமன்பாடுகளைக் கீழ்க் கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$C_2H_2(g) + 2\tfrac{1}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + H_2O(g); \quad \Delta H = -1306KJ.$$

$$C + O_2 \rightarrow CO_2(g); \quad \Delta H = -394KJ.$$

$$H_2(g) + \tfrac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l); \quad \Delta H = -286KJ.$$

$$2C + H_2 \rightarrow C_2H_2(g); \quad \Delta H = x\ KJ.$$

அசெட்டிலினின் எரிதல் என்தால்பி = விளைபொருள்களின் என்தால்பி — வினைபடு பொருள்களின் என்தால்பி.

$$-1306 = [2 \times -394] + (-286) - x - o$$

ஆக்ஸிஜனின் என்தால்பி பூஜ்ஜியம் ஆகும்.

$$-1306 = -788 - 286 - x$$

$$-1306 = -1074 - x$$

$$x = 1306 - 1074 = 232.$$

அசெட்டிலின் உருவாதல் வெப்பம் = + 232 KJ.

(5) மாதிரிக் கணக்கு: *கீழ்க்கண்டவற்றிலிருந்து மீத்தேனின் உருவாதல் வெப்பத்தைக் கணக்கிடுக.*

$$C\,(\text{கிராபைட்}) + O_2 \longrightarrow CO_2; \quad \Delta H = -393{\cdot}8\ KJ$$
$$H_2 + \tfrac{1}{2} O_2 \longrightarrow H_2O(1); \quad \Delta H = -285{\cdot}8\ KJ$$
$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O; \quad \Delta H = -890{\cdot}2\ KJ$$
$$C\,(\text{கிராபைட்}) + 2H_2\,(g) \longrightarrow CH_4; \quad \Delta H = x\ KJ$$

மீத்தேனின் எரிதல் வினையில்

ΔH = *வினை பொருள்களின் என்தால்பி — வினைபடுபொருள்களின் என்தால்பி*

$$-890{\cdot}2 = [-393{\cdot}8 - 2 \times 285{\cdot}5] - [x + o]$$
$$-890{\cdot}2 = -965{\cdot}4 - x$$

மீத்தேனின் உருவாதல் வெப்பம் x *ஆகும்.*

$$x = -965{\cdot}4 + 890{\cdot}2 = -75{\cdot}2\ KJ$$

மீத்தேனின் உருவாதல் வெப்பம் $= -75{\cdot}2$ KJ

(6) மாதிரிக் கணக்கு: *எத்திலினின் எரிதல் வெப்பத்தைக் கணக்கிடுக: எத்திலினின் உருவாதல் வெப்பம்* 50·8 KJ. *கார்பன் டை ஆக்சைடு, நீர் இவற்றின் உருவாதல் வெப்பங்கள் முறையே* — 393·8 KJ, — 285·8 KJ *ஆகும்.*

$$2C + 2H_2 \longrightarrow C_2H_4; \quad \Delta H = +50{\cdot}8\ KJ$$
$$C + O_2 \longrightarrow CO_2; \quad \Delta H = -393{\cdot}8\ KJ$$
$$H_2 + \tfrac{1}{2} O_2 \longrightarrow H_2O(1); \quad \Delta H = -285{\cdot}8\ KJ$$
$$C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2\,(g) + 2H_2O\,(1); \quad \Delta H = x\ KJ$$

இவ் வினையின்

ΔH = *வினை பொருள்களின் என்தால்பி — வினைபடுபொருள்களின் என்தால்பி*

$$\Delta H = [-2 \times 393{\cdot}8 - 2 \times 285{\cdot}8] - 50{\cdot}8 - 0$$
$$\Delta H = -787{\cdot}6 - 571{\cdot}6 - 50{\cdot}8$$
$$\Delta H = -1410\ KJ$$

எத்திலினின் எரிதல் வெப்பம் = — 1410 KJ

$\Delta H = -1410$ KJ

(7) மாதிரிக் கணக்கு: எத்திலினை ஈத்தேனாக ஹைட்ரஜனேற்றம் செய்யும் வினையின் என்தால்பியைக் கணக்கிடுக.

(i) $C_2H_4 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O; \quad \Delta H = -1410$ KJ

(ii) $C_2H_6 + 3\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O; \quad \Delta H = -1560$ KJ

(iii) $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \quad (l); \quad \Delta H = -286$ KJ

சமன்பாடுகள் (i) ஐயும் (iii) ஐயும் கூட்டினால்

$$C_2H_4 + 3O_2 + H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O + H_2O;$$
$$\Delta H = -1410 - 286 \text{ KJ}$$

$$C_2H_4 + 3\frac{1}{2}H_2 + H_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O; \ \Delta H = -1696 \text{ KJ}$$

இச் சமன்பாட்டிலிருந்து சமன்பாடு (ii) ஐக் கழித்தால்

$$C_2H_4 + 3\frac{1}{2}O_2 + H_2 - C_2H_6 - 3\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$
$$- 2CO_2 \dot{-} 3H_2O$$
$$\Delta H = -1696 - (-1560)$$
$$\Delta H = -1696 + 1560 = -136$$

மேற்கூறிய சமன்பாட்டைச் சுருக்கினால்

$$C_2H_4 + H_2 \longrightarrow C_2H_6; \ \Delta H = -136 \text{ KJ}$$

எத்திலினை ஈத்தேனாக ஹைட்ரஜன் ஏற்றம் செய்யும் வினையின் என்தால்பி மாற்றம் = — 136 KJ.

நடுநிலையாக்கல் வெப்பம் (Enthalpy of Neutralisation)

1 கிராம் சமான எடை அமிலம் 1 கிராம் சமான எடை காரத்தை முற்றிலும் நடுநிலையாக்கும்போது வெளிப்படும் வெப்ப ஆற்றலே அவ் வினையின் நடுநிலையாக்கல் வெப்பம் எனப் படும். இதனை நடுநிலையாக்கல் என்தால்பி என்கிறோம். ஒரு வீரிய மிகுந்த அமிலம், வீரியமிகுந்த காரம் இவற்றின் நடுநிலை யாதல் வெப்பம்—57·32 KJ ஆகும். இம் மதிப்பு வீரிய அமிலம், வீரிய காரம் இவற்றின் தன்மைகளைப் பொறுத்தது அன்று.

அர்ரீனியஸ் கொள்கைப்படி மின்பகுளிகள் நீர்த்த கரைசல்களில் முற்றிலும் அயனிகளாகவே உள்ளன. எனவே, ஓர் ஹைட்ரஜன் அயனியும், ஹைட்ராக்ஸில் அயனியும் கூடி நீர்மூலக்கூறை அளிப்பதே இங்கு நிகழும் நிகர வினையாகும். ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம், சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு இவற்றிடையே நிகழும் நடுநிலையாதல் வினையைக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம்.

$$Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^- \rightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$$

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

Na^+, Cl^- ஆகிய அயனிகள் நடுநிலையாதல் வினை நிகழ்வதற்கு முன்னும், பின்னும் அதேநிலையிலேயே உள்ளன. அசெட்டிக் அமிலத்தை சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு நடுநிலையாக்கும் வினையின் என்தால்பி மாற்றம் —56·07KJ ஆகும். அசெட்டிக் அமிலம் வீரியம் குறைந்த அமிலம் ஆனதால் நடுநிலையாக்கல் வினை இருபடிகளில் நிகழ்கின்றது.

$$CH_3COOH\,(aq) \rightarrow H^+\,(aq) + CH_3COO^-(aq); \quad \triangle H = x\ KJ$$

$$H^+ + CH_3COO^- + Na^+ + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + Na^+ + H_2O$$

— 56·07 KJ இவ்விரு வினைகளுக்கான மொத்த என்தால்பி மாற்றத்தைத் தருகின்றது. 'x' என்பது அசெட்டிக் அமிலத்தின் அயனியாதல் வெப்பத்தைக் குறிப்பிடுகின்றது.

அசெட்டிக் அமிலத்தின் அயனியாதல் வெப்பம்	=	(அசெட்டிக் அமிலத்தை ஒரு வீரியம் மிகுந்த காரம் நடுநிலையாக்கும் வினையின் என்தால்பி) — (ஓர் வீரியம் மிகுந்த அமிலமும் வீரியம் மிகுந்த காரமும் நடுநிலையாக்கும் வினையின் என்தால்பி)

அசெட்டிக் அமிலத்தின் அயனியாதல் வெப்பம்

$$= -56{\cdot}07 - (-57{\cdot}32)$$

$$= -56{\cdot}07 + 57{\cdot}32 = 1{\cdot}25KJ.$$

அசெட்டிக் அமிலம் அயனியாகும் வினை 1·25 KJ வெப்பத்தை உட்கொள்ளும் வினையாகும். ' அயனியாதல் வினைக்கான

வெப்பம் இவ் வினையின் என்தால்பியிலிருந்தே உறிஞ்சப் படுகின்றது. எனவே, ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலம், வீரியம் மிக்க காரம் இவற்றின் நடுநிலையாக்கல் வெப்பம் ஒரு வீரியம் மிக்க அமிலம், வீரியம் மிக்க காரம் இவற்றின் நடுநிலையாக்கல் வெப் பத்தைவிட குறைவாக இருக்கின்றது. இம்முறையைப் பயன் படுத்தி ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலத்தின் அயனியாதல் வெப்பத் தைக் கணக்கிடலாம்.

கரைசல் வெப்பம்: 1 மோல் கரைபொருளைக் குறிப்பிட்ட அளவுள்ள, உதாரணமாக n மோல்கள் கரைப்பானில் கரைத்து, குறிப்பிட்ட செறிவுள்ள கரைசலைப் பெறும்போது தோன்றும் என்தால்பி மாற்றமே கரைசல் என்தால்பி அல்லது கரைசல் வெப்பம் எனப்படும்.

(8) மாதிரிக் கணக்கு: 1 மோல் சல்ஃபர் டிரை ஆக்ஸைடு வாயு நீரில் கரைந்து சல்ஃபூரிக் அமிலம் தோன்றும்போது நிகழும் என்தால்பி மாற்றத்தைக் கணக்கிடு. H_2SO_4 (l), SO_3 (g), H_2O (l) இவற்றின் நியம உருவாதல் என்தால்பி முறையே — 812 KJமோல்$^{-1}$ — 395 KJ, — 286 KJ ஆகும்.

$$SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(l); \Delta H = x \text{ KJ}$$

ΔH = விளை பொருள்களின் என்தால்பி — வினைபடு பொருளின் என்தால்பி.

$$\Delta H = -812 - [-395 - 286]$$

$$\Delta H = -812 + 395 + 286$$

$$\Delta H = -131 \text{ KJ}.$$

நீர்த்தல் வெப்பம்: ஒரு மோல் கரைபொருளைக் கொண்ட கரைசலுடன் மிகுந்த நீரைச் சேர்த்துக் கரைசலை ஒரு செறிவிலி ருந்து மற்றொரு செறிவிற்கு மாற்றும்பொழுது தோன்றும் என் தால்பி மாற்றமே அக் கரைசலின் நீர்த்தல் வெப்பம் எனப்படும்.

(9) மாதிரிக் கணக்கு: 1 மோல் வெள்ளி நைட்ரேட்டை 100 மோல்கள் நீரில் கரைக்கும்போது தோன்றும் என்தால்பி — 103·1 KJமோல்.$^{-1}$ இக் கரைசலை ஐந்து மடங்கு நீர்க்கச் செய்யும்போது கரைசலின் என்தால்பி — 102 KJ ஆகும். கரை சலின் நீர்த்தல் வெப்பத்தை அதே வெப்பநிலையில் கணக்கிடு.

கரைசலின் நீர்த்தல் வெப்பம் = ஐந்து மடங்கு நீர்க்கச் செய்த கரைசலின் வெப்பம்—முதலில் எடுத்துக்கொண்ட கரைசலின் வெப்பம்.

கரைசலின் நீர்த்தல் வெப்பம் $= -102-(-103{\cdot}1)$

$= 1{\cdot}1$ KJ

$\Delta H = 1{\cdot}1$ KJ

நீரேறிய உப்பு, நீரற்ற உப்பு இவற்றின் கரைசல்களின் வெப்பத்தைக் கணக்கிடுவதன்மூலம் ஓர் உப்பின் நீரேறும் வினைக்கான என்தால்பியைக் கணக்கிடலாம். இதனை மாதிரிக் கணக்கு 10 விளக்குகின்றது.

(10) மாதிரிக் கணக்கு: நீரற்ற மக்னீசியம் சல்பேட்டின் கரைசல் வெப்பம் — 84·85 KJ மோல்.$^{-1}$ $MgSO_4\,7H_2O$ என்ற படிக மக்னீசியம் சல்பேட்டின் கரைசல் வெப்பம் + 15·9 KJ மோல்.$^{-1}$ நீரற்ற மக்னீசியம் சல்பேட் $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ஆக நீரேறும் வினையின் என்தால்பியைக் கணக்கிடு.

இவ் வினைகளுக்கான வெப்ப வேதிச் சமன்பாடுகளைக் கீழ்க் கண்டவாறு எழுதலாம்.

படிக மக்னீசியம் சல்பேட் நீரில் கரையும் வினை.

$$Mg\,SO_4{\cdot}7\,H_2O\,(s) + aq \rightarrow Mg\,SO_4\,{\cdot}7H_2O\;(aq);\quad \Delta H = +\,15{\cdot}9\,KJ.$$

நீரற்ற மக்னீசியம் சல்பேட் நீரில் கரையும் வினை

$$Mg\,SO_4\,(s) + aq \rightarrow Mg\,SO_4\,{\cdot}7H_2O\,(aq);\quad \Delta H = -84{\cdot}85\,KJ.$$

நீரற்ற மக்னீசியம் சல்பேட் நீரில் கரையும் வினையை இரு சமன்பாடுகளால் குறிப்பிடலாம்.

$$Mg\,SO_4\,(s) + 7H_2O \rightarrow MgSO_4\,{\cdot}7H_2O\,(s);\quad \Delta H = x\,KJ$$

'x' என்பது நீரற்ற மக்னீசியம் சல்பேட் நீரேறும் வினையின் என்தால்பி ஆகும்.

$$Mg\,SO_4 \cdot 7H_2O\,(S) + aq \rightarrow Mg\,SO_4 \cdot 7H_2O\,(aq); \quad \Delta H = +15{\cdot}9\ KJ$$

$$\therefore x + 15{\cdot}9 = -84{\cdot}85$$
$$x = -84{\cdot}85 - 15{\cdot}9$$
$$x = -100{\cdot}75\ KJ.$$

மக்னீசியம் சல்பேட் படிகமாகும் வினையின் என்தால்பி − 100·75 KJ ஆகும்.

நிலைமாறு என்தால்பி (Enthalpy of Transition)

ஒரு வினையில் நிலை மாற்றம் நிகழும்போது தோன்றும் என்தால்பி மாற்றமே அவ் வினையின் நிலைமாறு என்தால்பி எனப்படும்.

உதாரணமாக, கீழ்க்கண்ட நிலைமாற்ற வினைகளைக் கூறலாம்.

(i) α சல்ஃபர் (சாய்சதுர கந்தகம்) β சல்ஃபராக(ஊசி கந்தகமாக) அடையும் மாற்றம்.

(ii) திண்மப்பொருள் நீர்மமாக நிலைமாற்றம் அடைதல், பனிக்கட்டி நீராக உருகுதல்.

(iii) ஒரு நீர்மம் வாயுநிலைக்கு மாறுதல். உதாரணமாக, நீர் ஆவியாதல்.

(iv) திண்மப் பொருள் ஆவியாக மாறும் நிலைமாற்றம். அயோடின் திண்ம நிலையிலிருந்து ஆவியாக மாறும் நிலைமாற்ற வினை. நிலைமாற்றத்தின்போது வெப்பநிலை மாற்றமின்றி நிகழும் வெப்ப மாற்றத்தை உள்ளுறை வெப்பம் என்கிறோம்.

உருகுதல் வெப்பம் (Enthalpy of Fusion)

1 மோல் திண்மப் பொருள் வெப்பநிலையில் எவ்வித மாற்றமும் இன்றி திரவநிலையை அடையும்போது தோன்றும் என்தால்பி மாற்றமே உருகுதல் என்தால்பி அல்லது உருகுதல் வெப்பம் எனப்படும்.

ஆவியாதல் வெப்பம் (Enthalpy of Vaporisation)

1 மோல் நீர்மம் வெப்பநிலையில் எவ்வித மாற்றமும் இன்றி திரவநிலையிலிருந்து ஆவிநிலைக்கு முற்றிலும் மாற்ற

மடையும்போது தோன்றும் என்தால்பி மாற்றமே ஆவியாதல் என்தால்பி எனப்படும்.

பதங்கமாதல் வெப்பம் (Enthalpy of Sublimation)

ஒரு திண்மப் பொருள் நேரடியாக வாயு நிலைக்குச் செல்லும் வினை பதங்கமாதல் எனப்படும். 1 மோல் திண்மப்பொருள் முற்றிலும் ஆவிநிலைக்கு மாற்றமடையும் வினையின் என்தால்பி மாற்றமே பதங்கமாதல் வெப்பம் எனப்படும். ஒரு திண்மப் பொருளின் பதங்கமாதல் என்தால்பி, அதன் உருகுதல் வெப்பம், ஆவியாதல் வெப்பம் இவ்விரண்டின் கூடுதலுக்குச் சமம். இவ் வினைகள் அதே வெப்பநிலையில் நிகழ்வதாகக்கொண்டு இத் தொடர்பு எடுத்துரைக்கப்பட்டது.

(11) **மாதிரிக் கணக்கு :** கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள தரவுகளி லிருந்து (data) கிராபைட் கார்பன், வைரமாக மாற்றடையும் வினையின் என்தால்பியைக் கணக்கிடுக.

(i) C (கிராபைட்) $+ O_2 \rightarrow CO_2$; $\Delta H = -393{\cdot}7$ KJ.

(ii) C (வைரம்) $+ O_2 \rightarrow CO_2$; $\Delta H = -395{\cdot}6$ KJ.

சமன்பாடு (ii) ஐச் சமன்பாடு (i) -லிருந்து கழித்தால்

C (கிராபைட்) $+ O_2 - C$ (வைரம்) $- O_2 \rightarrow CO_2 - CO_2$

$\Delta H = -393{\cdot}7 - (-395{\cdot}6)$

$\Delta H = +1{\cdot}9$ KJ.

C (கிராபைட்) $\rightarrow C$(வைரம்); $\Delta H = +1{\cdot}9$ KJ

(12) **மாதிரிக் கணக்கு:** வெண்மை பாஸ்ஃபரம் சிவப்பு பாஸ் ஃபரமாக மாற்றமடையும் வினையின் என்தால்பியைக் கணக்கிடு.

(i) $2P$ (வெண்மை) $+ 2\frac{1}{2}\, O_2 \rightarrow P_2\, O_5$; $\Delta H = -1531$ KJ.

(ii) $2P$ (சிவப்பு) $+ 2\frac{1}{2}\, O_2 \rightarrow P_2\, O_5$; $\Delta H = -1495$ KJ.

சமன்பாடு (ii) ஐச் சமன்பாடு (i) -லிருந்து கழித்தால்

$[2P$ (வெண்மை) $+ 2\frac{1}{2}\, O_2] - [2P$ (சிவப்பு) $2\frac{1}{2}\, O_2]$

$\longrightarrow P_2\, O_5 - P_2\, O_5$

$$\Delta H = -1531-(-1495)$$
$$= -36.$$

P (வெண்மை) $\rightarrow$ P (சிவப்பு); $\Delta H = -18$ KJ.

(13) மாதிரிக் கணக்கு : கீழே கொடுக்கப்பட்ட தரவுகளினின்று 1 கிராம் நீரின் ஆவியாதல் வெப்பத்தைக் கணக்கிடு.

(i) $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$ (l); $\Delta H = -285{\cdot}8$ KJ.

(ii) $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$ (g); $\Delta H = -245{\cdot}3$ KJ.

சமன்பாடு (i) நீரின் உருவாதல் வெப்பத்தையும், சமன்பாடு (ii) நீராவியின் உருவாதல் வெப்பத்தையும் குறிப்பிடுகின்றது.

$$H_2O\ (l) \rightarrow H_2O\ (g)$$

நீரின் ஆவியாதல் வெப்பம் = நீராவியின் உருவாதல் வெப்பம்—நீரின் உருவாதல் வெப்பம்.

$$\therefore \quad \Delta H = -245{\cdot}3-(-285{\cdot}8)$$
$$\Delta H = -245{\cdot}3+285{\cdot}8$$
$$\Delta H = 40{\cdot}5 \text{ KJ மோல்}^{-1}$$

1 கிராம் நீரின் ஆவியாதல் வெப்பம் $= \dfrac{\Delta H}{\text{நீரின் மூலக்கூறு எடை}}$

$$= \frac{40{\cdot}5}{18} = 2{\cdot}25$$

1 கிராம் நீரின் ஆவியாதல் வெப்பம் = 2·25 KJ.

(14) மாதிரிக் கணக்கு : அயோடின் பதங்கமாதல் என்தால்பியைக் கணக்கிடு.

(i) $H_2(g)+I_2(s) \longrightarrow 2HI(g)$; $\Delta H = +51{\cdot}8$ KJ.

(ii) $H_2(g)+I_2(g) \longrightarrow 2HI(g)$; $\Delta H = -10{\cdot}5$ KJ.

சமன்பாடு (ii)ஐச் சமன்பாடு (i)-லிருந்து கழித்தால்

$$H_2(g) + I_2(s) - H_2(g) - I_2(g) \longrightarrow 2HI(g) - 2HI(g)$$

$$\Delta H = +51{\cdot}8-(-10{\cdot}5) = 62{\cdot}3$$

$$H_2(s) \longrightarrow I_2(g);\ \Delta H = +62{\cdot}3KJ.$$

அயோடின் பதங்கமாதல் என்தால்பி $\Delta H = +62{\cdot}3KJ$

(15) திண்ம லித்தியம் குளோரைடின் உருவாதல் வெப்பம் —406·2 KJ மோல்$^{-1}$. திரவ லித்தியம் குளோரைடின் உருவாதல் வெப்பம் —386·5 KJ மோல்$^{-1}$. 885 K வெப்பநிலையில் லித்தியம் குளோரைடின் உருகுதல் என்தால்பியைக் கணக்கிடு.

$$Li\,Cl\,(s) \longrightarrow Li\,Cl\,(l)$$

ΔH உருகுதல் = விளைபொருள்களின் என்தால்பி — வினைபடுபொருள்களின் என்தால்பி.

ΔH உருகுதல் $= +386{\cdot}5-(-406{\cdot}2)$
$= 19{\cdot}7$ KJ

லித்தியம் குளோரைடின் உருகுதல் வெப்பம் = 19·7 KJ மோல்$^{-1}$

பிணைப்பு ஆற்றல் (Bond Energy)

இரு அணுக்கள் கூடி ஒரு வேதிப் பிணைப்பு தோன்றும்போது நிகழும் என்தால்பி மாற்றமே அப் பிணைப்பு உருவாதலின் என்தால்பி எனப்படும். ஓர் பிணைப்பு உருவாகும்போது வெப்பம் வெளிவிடப்படுகின்றது. எனவே, ஒரு பிணைப்பு தோன்றும் வினை வெப்பம் உமிழ் வினையாகும். ஒரு வேதிப் பிணைப்பு முறிக்கப்பட்டு அதிலடங்கிய அணுக்கள் பிரிக்கப்படும் வினை வெப்பங்கொள் வினையாகும். அதாவது, வேதிப் பிணைப்பு முறிவுபெறும் வினையின் ΔH-ன் மதிப்பு நேர்குறியீடு உடையதாகும். பிணைப்பின் உருவாதல் வெப்பத்தைவிட பிணைப்பு முறிவு ஆற்றலே பெரும்பாலும் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றது. 1 மோல் வாயுச்சேர்மத்திலுள்ள ஒரேவகையான பிணைப்புகளை முறிக்கத் தேவைப்படும் சராசரி வெப்ப ஆற்றலின் அளவை அச் சேர்மத்திலுள்ள அக் குறிப்பிட்ட பிணைப்பின் ஆற்றல் என்கிறோம்.

பிணைப்பு ஆற்றலைக் கணக்கிடும் முறை

மீத்தேனிலுள்ள C—H பிணைப்பின் ஆற்றலைக் கீழே கொடுக்கப்பட்ட வினை வெப்பங்கள் தெரிந்திருப்பின் எளிதில் கணக்கிடலாம்.

(i) மீத்தேனின் உருவாதல் வெப்பம்.

(ii) ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறு ஹைட்ரஜன் அணுக்களாகப் பிரியும் வினை வெப்பம்.

(iii) கார்பன் அணு உருவாதலின் வெப்பம்.

பிணைப்பு ஆற்றலைக் கணக்கிடும் முறை மாதிரிக் கணக்கு 16-ல் எடுத்துக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

(16) மாதிரிக் கணக்கு : மீத்தேனின் பிணைப்பு ஆற்றலைக் கீழே கொடுக்கப்பட்டவற்றிலிருந்து கணக்கிடு.

(i) C (கிராபைட்) $+ 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$; $\Delta H = -73KJ$.

(ii) C (கிராபைட்) $\longrightarrow$ C (தனி அணு); $\Delta H = +715KJ$.

(iii) $\frac{1}{2}H_2(g) \longrightarrow$ H (அணு); $\Delta H = +218KJ$.

சமன்பாடு (iii)ஐ 4ஆல் பெருக்கினால்

(iv) $2H_2(g) \longrightarrow 4H$ (அணு); $\Delta H = +872KJ$.

சமன்பாடுகள் (ii)ஐயும் (iv) ஐயும் கூட்டினால்

(v) C (கிராபைட்) $+ 2H_2(g) \longrightarrow$ C (தனி அணு) + 4H (அணு)

$\Delta H = + 715 + 812 = + 1587$.

சமன்பாடு (i) -லிருந்து சமன்பாடு (v)ஐக் கழித்தால்

C (கிராபைட்) $+ 2H_2(g)$ — C (கிராபைட்)—$2H_2(g) \longrightarrow$

$CH_4(g)$ — C (தனி அணு) — 4H (அணு)

$\Delta H = -73 - (+1587)$

$= -1660KJ$.

$\therefore$ C (தனி அணு) + 4H (அணு) $\longrightarrow CH_4(g)$.

$\Delta H = -1660KJ$.

மீத்தேனில் 4 C—H பிணைப்புகள் உள்ளன.

எனவே ஒரு C—H பிணைப்பு உருவாதலின் சராசரி

என்தால்பி $= \frac{-1660}{4} = -415KJ.$

அதாவது, 415 KJ வெப்ப ஆற்றல் 1 C—H பிணைப்பை முறிக்கச் செலவிடப்படுகின்றது.

மீத்தேனின் பிணைப்பு ஆற்றல் $= +415KJ.$

ஹெஸ்ஸின் வெப்பம் மாறாக் கூட்டல் விதி (Hess's Law of Constant Heat Summation)

கார்பன் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைந்து கார்பன்டைஆக்ஸை டாக மாற்றமடையும் வினையின் என்தால்பி மாற்றம் —393·7 KJமோல்.$^{-1}$ கீழே குறிப்பிடப்பட்ட வெப்ப வேதிச் சமன்பாட்டில் உள்ளபடி இவ் வினை ஒரே படியில் நிகழ்கின்றது.

C (கிராபைட்) $+ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g); \quad \Delta H = -393·7$ KJமோல்

இந்த ஆக்ஸிஜனேற்ற வினையை இரண்டு படிகளில் நிகழ்த்தலாம்.

முதல் நிலை: கார்பன் கார்பன் மோனாக்ஸைடாக எரிக்கப்படுதல்.

இரண்டாம் நிலை: கார்பன் மோனாக்ஸைடு மேற்கொண்டு ஆக்ஸிஜனேற்றம் அடைந்து கார்பன்டைஆக்ஸைடாக மாற்றம் அடைதல்.

(i) C (கிராபைட்) $+ \frac{1}{2} O_2 (g) \rightarrow CO_2 (g);$
$\Delta H = -110·4$ KJ மோல்$^{-1}$

(ii) $CO (g) + \frac{1}{2} O_2 (g) \rightarrow CO_2 (g); \Delta H = -283·3$ KJ மோல்$^{-1}$

கார்பன் எரிந்து கார்பன்டை ஆக்ஸைடாக மாறும் இவ் வினையின் என்தால்பி மாற்றம் வினைகள் (i), (ii) இவற்றின் என்தால்பி மாற்றங்களின் கூடுதலாகும்.

$\Delta H = -110·4 + (-283·3) = -393·7$ KJ.

எனவே கார்பன், கார்பன் டைஆக்ஸைடாக மாற்றப்படும் வினை ஒரே படியில் நிகழ்ந்தாலும் அல்லது இரு நிலைகளில் நிகழ்ந்தாலும் இவ் வினையின் மொத்த என்தால்பி மாற்றம் மாறாதிருக்கின்றது. ஏனெனில், வினையில் ஈடுபடும் அமைப்பின்

தொடக்க நிலையும் இறுதிநிலையும் மாறாதிருக்கிறது. மேலே கூறிய கருத்தே வெப்ப வேதியியலின் ஒரு முக்கிய விதியின் அடிப்படையாகும். வெப்ப வேதியியலின் இவ் வடிப்படை விதியினை வகுத்தவர் ஹெஸ் (G.H. Hess) என்ற அறிவியல் அறிஞர் ஆவார். அன்னார் கூறிய விதி ஹெஸ்ஸின் வெப்ப மாறாக் கூட்டல் விதி எனப்படும். இவ் விதியின் வரையறை கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

'ஒரு வேதி வினை நிகழும்போது வினையில் ஈடுபடும் அமைப்பின் தொடக்க, இறுதிநிலைகள் மாறாதிருப்பின் அவ் வினை ஒரு படியிலோ பல படிகளிலோ நிகழ்ந்தாலும் வினையின் மொத்த என்தால்பி மாற்றம் குறிப்பிட்ட மாறா மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கிறது.

ஹெஸ்ஸின் விதியின் முக்கியத்துவம்

ஒரு வினையின் என்தால்பி மாற்றத்தை நேரடியாக நிர்ணயிக்க இயலாது இருப்பினும், ஹெஸ்ஸின் விதியைப் பயன்படுத்தி அவ் வினையின் என்தால்பி மாற்றத்தைக் கணக்கிடலாம். சில மிக மெதுவாக நிகழும் வேதிவினைகளின் என்தால்பி மாற்றங்களை இவ் விதியின் துணை கொண்டு கணக்கிடலாம். உதாரணமாக ∞-கந்தகம் (சாய்சதுர கந்தகம்) β- கந்தகமாக (ஊசி கந்தகமாக) மாற்றமடையும் வினை. பல கரிமச் சேர்மங்களின் எரிதல் வெப்பங்களின் மதிப்பினின்று அவற்றின் உருவாதல் வெப்பங்களை ஹெஸ்ஸின் விதியின் அடிப்படையில் கணக்கிடலாம்.

எரிதல் வெப்பத்தை நிர்ணயிக்கும் முறை

இச் சோதனையின் அடிப்படைத் தத்துவம் : ஒரு சேர்மத்தின் எரிதல் வெப்பத்தை பெர்த்தலாட் (Berthelot) என்ற அறிவியல் அறிஞர் தயாரித்த பாம் கலோரிமீட்டர் என்ற சாதனத்தைக் கொண்டு நிர்ணயிக்கலாம். இதே உபகரணத்தைப் பயன்படுத்தி எரிபொருள்கள், உணவுப் பொருள்கள் ஆகியவற்றின் வெப்ப ஆற்றல் அளவுகளையும் நிர்ணயிக்கலாம். எடை தெரிந்த சேர்மத்தை இவ் வுபகரணத்தின் 'பாம்' என்று அழைக்கப்படும் உள் அறையினுள் அதிக அளவு ஆக்ஸிஜனுடன் சுமார் 25 வளி மண்டல அழுத்த நிலையில் எரித்தல் வேண்டும். இவ் வினையில் தோன்றும் வெப்பத்தைக் கணக்கிட இவ் வமைப்பினைப் பளபளக்கும் இரட்டைச் சுவரமைப்புடைய கலோரிமீட்டரிலுள்ள அளவு தெரிந்த நீரில் நன்கு அமிழ்த்திவிட வேண்டும்.

கலோரி மீட்டரிலுள்ள கலக்கியால் நீரை நன்கு கலக்கினால் அதிலுள்ள வெப்பநிலைமானி வெப்ப உயர்வை சரியாக காட்டும். இச்சோதனையில் கன அளவு மாறாதிருப்பதால் நாம் கணக்கிடும் எரிதல் வெப்பம் மாறா கன அளவில் நிர்ணயிக்கப்பட்டதாகும்.

கணக்கீடுகள் :

சேர்மத்தின் எடை = W கிராம்.

வெப்பநிலை உயர்வு = $(T_2 - T_1)$ K.

மாறா கன அளவில் எரிதல் வெப்பம் =

கலோரி மீட்டர், அதிலுள்ளவை இவற்றின் வெப்ப ஏற்புத்திறன் (ஜூல் / கெல்வில் அலகில்) × வெப்பநிலை உயர்வு (கெல்வின்) × $\frac{\text{சேர்மத்தின் மூலக்கூறு எடை}}{\text{சேர்மத்தின் எடை}}$

கலோரி மீட்டர், அதிலுள்ளவை இவற்றின் வெப்ப ஏற்புத் திறனை கீழ்க்கண்ட முறையில் கணக்கிடலாம். இச்சோதனைக்கு பென்சோயிக் அமிலமே நியமமாக பயன்படுத்தப்படுகின்றது. பென்சோயிக் அமிலத்தின் எரிதல் வெப்பத்தின் மதிப்பு துல்லிய மாக தெரிந்ததாகும். குறிப்பிட்ட எடையுள்ள பென்சோயிக் அமிலத்தை பாம் கலோரி மீட்டரை பயன்படுத்தி எரித்து அதன் விளைவாகத் தோன்றும் வெப்ப நிலை உயர்வை முன்பு கூறியது போல் அளத்தல் வேண்டும். முன்பு கூறிய சமன்பாட்டையே பயன்படுத்தி எரிதல் வெப்ப மதிப்பு, வெப்ப நிலை உயர்வு, பென்சோயிக் அமிலத்தின் மூலக்கூறு எடை, பென்சோயிக் அமிலத்தின் எடை இவற்றை பிரதியீடு செய்து கலோரி மீட்டர் அதிலடங்கியவை இவற்றின் வெப்ப ஏற்புத்திறனைக் கணக்கிடலாம். அதே அளவுள்ள நீரை கலோரி மீட்டரில் அதற்குப் பிறகு எரிதல் வெப்பத்தை நிர்ணயிக்கும் சோதனையிலும் எடுத்துக் கொள்ளுதல் வேண்டும். மாறா கன அளவில் கணக்கிடும் எரிதல் வெப்பத்தினின்று, மாறா அழுத்தத்தில் எரிதல் வெப்பத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

$$\triangle H = \triangle E + RT \triangle n$$

நடுநிலையாக்கல் வெப்பத்தை நிர்ணயித்தல் — சோதனையின் அடிப்படைக் கருத்து

250 செ.மீ.^{3} திறன் தெரிந்த (0.5 N) ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தை ஒரு கலோரிமீட்டர் அல்லது தீவார் குடுவையில்

எடுத்துக்கொண்டு அமிலத்தின் ஆரம்ப வெப்ப நிலையைக் குறித்துக் கொள்ளுதல் வேண்டும். மற்றொரு கலோரி மீட்டரில் இதே கனஅளவையும், திறனையும் கொண்ட காரக்கரைசலை எடுத்துக்கொண்டு காரத்தின் ஆரம்ப வெப்ப நிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். பின் அமிலக் கரைசலை அதிவிரைவாக காரக்கரைசலுடன் சேர்த்தல் வேண்டும். இக்கலவையை நன்கு கலக்கி பின் பல நேர இடை வெளிகளில் கரைசலின் வெப்ப நிலையைக் குறித்துக் கொண்டே வருதல் வேண்டும். வெப்ப நிலையையும், நேரத்தையும் இணைத்து ஒரு வரைபடம் வரைந்து அதிலிருந்து இறுதி வெப்பநிலையை கணக்கிடல் வேண்டும். இதிலிருந்து வெப்ப நிலை உயர்வை கணக்கிடலாம். சோதனையின் போது நிகழும் வெப்ப இழப்பிற்கு சரியான திருத்தங்களை மேற்கொள்ள வேண்டும்.

கணக்கீடுகள் :

கலோரிமீட்டர், கலக்கி இவற்றின் வெப்பச் சமநீரின் அளவு } = W கிராம்

அமிலத்தின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $= T_1$ K

காரத்தின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $= T_2$ K

இவ்விரண்டும் சேர்ந்த கரைசலின் ஆரம்ப வெப்பநிலை } $= \frac{T_1+T_2}{2}$ K

இதனை T எனக் கொள்வோம்.

இறுதி வெப்பநிலை $= T_3$ K

வெப்பநிலை உயர்வு $= (T_3 - T)$K.

250 செ.மீ³ 0.5 N ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம் 250 செ.மீ³ 0.5N சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு கரைசலை நடுநிலையாக்கும் போது வெளிவிடப்படும் வெப்ப ஆற்றல் அளவு } $(500+W) \times 4.184 \times (T_3 - T)$ ஜூல்கள்

இதனை H ஜூல் எனலாம்

நடுநிலையாக்கல் என்தால்பி $= \frac{H \times 1000 \times 1}{0.5 \times 250}$ ஜூல்/சமான எடை

$= 8H.$

நடுநிலையாக்கல் என்தால்பி $= 8H$ ஜூல்கள்/சமான எடை.

உணவின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு (Calorific Value of Food or Energy Value of Food)

மனித உடலின் உள்ளுறுப்புகள் இயங்கவும், மனிதன் அன்றாடம் வேலை செய்வதற்கும் ஆற்றல் தேவைப்படுகின்றது. மனிதன் உறங்கும் போதுகூட நுரையீரல் இடையறாது சுருங்கி விரியவும், இருதயம் இயங்கவும், உடல் வெப்பநிலையைச் சீராகவைக்கவும் ஆற்றல் தேவைப்படுகின்றது. இத்தகைய உயிராதாரமான வினைகட்குத் தேவைப்படும் ஆற்றலை அடிப்படை உயிர்ப்பொருள் மாறுபாட்டுக்குரிய ஆற்றல் (Energy of basal metabolism) என்கிறோம். இந்த ஆற்றலின் சராசரி மதிப்பு ஒரு மனிதனுக்கு ஒரு நாளிற்கு சுமார் 1600 கிலோ கலோரிகள் அல்லது 6695 கிலோ ஜூல்கள் ஆகும். இனி நாம் மனிதனுக்கு தேவைப்படும் இவ்வாற்றல் எவ்வாறு கிடைக்கின்றது என விளக்கமாகக் காண்போம்.

நமது உடலில் ஆக்ஸிஜனேற்ற வினை நிகழ்கின்றது. இதன் விளைவாக கார்போஹைட்ரேட், கொழுப்புப் பொருள்கள், புரதச் சத்துக்கள் ஆகிய உணவுகளில் சேகரித்து வைக்கப்பட்ட ஆற்றல் நமது உடல் வேலை செய்யப் பயன்படுமாறு வெளிவிடப்படுகின்றது. இதனை ஓர் உதாரணம் வாயிலாக எடுத்துக்காட்டலாம். உடலில் ஆக்ஸிஜனேற்ற வினை நிகழும் போது சுக்ரோஸின் உள் ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக வெளிவிடப்படுகின்றது. இந்த ஆக்ஸிஜனேற்ற வினையைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிப்பிடலாம்.

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 12\,O_2 \rightarrow 12\,CO_2 + 11\,H_2O$$

சுக்ரோஸ் காற்றில் எரியும் போது மேலே கூறிய வினையே நிகழ்ந்து அதே அளவு வெப்ப ஆற்றல் வெளிவிடப்படுகின்றது. ஆனால் இவ்விரு வினைவேகங்களும் பெரிதும் வேறுபடுகின்றன காற்றில் நிகழும் எரிதல் வினையைவிட உடலில் நிகழும் எரிதல் வினை மெதுவாக நிகழ்கின்றது. உடலில் நிகழும் எரிதல்வினை பல படிகளில் கட்டுப்படுத்தப்பட்டு நிகழ்கின்றது. ஒவ்வொரு படியில் நிகழும் ஆக்ஸிஜனேற்ற வினையும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு

ஆற்றலைத் தருகின்றது. இந்த ஆற்றலே நமது உடல் வேலை செய்யப் பயன்படும் வெப்ப ஆற்றலாகும்.

பல உணவுப்பொருள்களிலிருந்து கிடைக்கும் வெப்ப ஆற்றலின் அளவையே 'உணவின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு' அல்லது 'உணவின் கலோரி மதிப்பீடு' என்று குறிப்பிடுகிறோம். இம்மதிப்பு அவ்வுணவுப் பொருளின் எரிதல் வெப்பத்திற்குச் சமமாகும். குறிப்பிட்ட எடையுள்ள உணவுப் பொருளை முற்றிலும் எரிப்பதால் வெளிவிடப்படும் வெப்ப ஆற்றலே அவ்வுணவின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு அல்லது கலோரி மதிப்பீடு எனப்படும். SI குறியீட்டு முறையில் உணவின் வெப்ப ஆற்றல் அளவை கிலோஜூல்/கிலோ கிராம் ($KJ\ Kg^{-1}$) என்ற அலகில் குறிப்பிடுகின்றோம். உணவியல் வல்லுநர்கள் (Nutritionists) உணவின் வெப்ப ஆற்றல் அளவை மரபு வழிமுறை பேரளவு கலோரி (large Calorie) என்ற அலகில் குறிப்பிடுகின்றனர். பேரளவு கலோரி என்பதனை சுருக்கமாக 'Cal' என்று குறிப்பிடுகின்றனர்.

1 Cal அல்லது 1 பேரளவு கலோரி = 1000 கலோரிகள் அல்லது 1 கிலோ கலோரி.

SI அலகு முறைப்படி

1 பேரளவு கலோரி = 1000 × 4.184 = 4184 ஜூல்கள்

1 பேரளவு கலோரி = 4.184 கிலோ ஜூல்கள்.

பல உணவுப் பொருள்களின் வெப்ப ஆற்றல் அளவை ஒப்பிட எடை தெரிந்த உணவுப் பொருளை அதிக அழுத்த நிலையில் ஆக்ஸிஜன் நிரப்பப்பட்ட ஓர் சிறிய அறையினுள் எரித்தல் வேண்டும். இச் சோதனை முடிவினின்று அவ்வுணவின் எரிதல் வெப்பத்தை கிலோ ஜூல்/கிலோகிராம் என்ற அலகில் கணக்கிடலாம். இவ்வாறு கணக்கிடப்பட்ட எரிதல் வெப்ப மதிப்பீட்டிலிருந்து அவ்வூட்டச் சத்துப் பொருளால் உடலுக்குக் கிடைக்ககூடிய சரியான வெப்ப ஆற்றல் அளவை நிர்ணயித்தல் வேண்டும். உணவுப் பொருளால் உடலுக்குக் கிடைக்கும் சரியான ஆற்றல் அளவு அவ்வுணவுப் பொருளின் எரிதல் வெப்பத்தை விடக் குறைவாகவே இருக்கின்றது. ஏனெனில் உடலில் சிறிதளவு ஆற்றல் இழப்பு நேரிடுகின்றது. உடலில் முற்றிலும் உறிஞ்சப்படாமையால் ஓரளவு வெப்ப ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுகின்றது. கார்போஹைட்ரேட்டுகள், கொழுப்புப்பொருள்கள் ஆகியவை போல் புரதச்சத்துப் பொருள்கள் முற்றிலும்

ஆக்ஸிஜன் ஏற்றம் அடையாது. எனவே புரதச்சத்துக்களால் உடலுக்குக் கிடைக்கும் ஆற்றல் அளவு மேலும் குறைகின்றது. உடலில் நிகழும் ஆற்றல் இழப்பின் அளவை, அட்டவணை 1 விளக்குகின்றது.

அட்டவணை — 1

ஊட்டச்சத்துப் பொருள்களின் சராசரி வெப்ப ஆற்றல் அளவு (கிலோ ஜுல் / கிலோ கிராம்)

ஊட்டச்சத்து	எரிதல் வெப்பம் ($KJKg^{-1}$)	உடலுக்குக் கிடைக்கும் வெப்ப ஆற்றல் அளவு ($KJKg^{-1}$)
கார்போஹைட்ரேட்டுகள்	17154	16736
கொழுப்புப் பொருள்	39330	37656
புரதச்சத்து	23849	16736

அட்டவணை 1ல் உள்ள சராசரி வெப்ப ஆற்றல் அளவி னின்று ஓர் உணவுப் பொருளின் வேதி இயைபு தெரிந்திருப்பின் (Chemical Composition) அப்பொருளினின்று உடலுக்குக் கிடைக்கும் சரியான வெப்ப ஆற்றல் அளவை அறியலாம். பாலிலிருந்து உடலுக்குக் கிடைக்கும் வெப்ப ஆற்றல் அளவினை அட்டவணை 2 விளக்குகின்றது. பல்வேறு வகைப்பட்ட உணவுப் பொருள்களினின்று நம் உடலுக்குக் கிடைக்கும் சரியான வெப்ப ஆற்றல் அளவுகளை அட்டவணை 2 ல் காணலாம்.

அட்டவணை — 2

பலவகை உணவுப் பொருளின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு

உணவுப் பொருள்	1 கிலோ கிராம் உண்ணும் பகுதியிலிருந்து கிடைக்கும் வெப்ப ஆற்றல் அளவு (கிலோ ஜூலில்)
ஆப்பிள்	1800
இறைச்சி	13050
ரொட்டி	11090
வெண்ணெய்	33180
பாலாடைக் கட்டி	17700
பேரீச்சம் பழம்	9960
முட்டைகள்	6570
பழச்சத்து	10460
பால்	2695
உருளைக் கிழங்குகள்	3138
சர்க்கரை	15900
தக்காளிகள்	586

எரி பொருள்களின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு அல்லது எரி பொருள்களின் கலோரி மதிப்பீடு (Calorific Value of fuels)

வெப்ப ஆற்றலை உற்பத்தி செய்யப் பயன்படும் பொருளே எரி பொருள் எனப்படும். ஒரு பொருளை எரிக்கும்போது அதன் வேதி ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றம் அடைகின்றது. அணுக்கரு பிளவின்போது (Nuclear fission), அணுக்கரு ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக வெளிவிடப்படுகின்றது. ஓர் எரி பொருள் நன்கு பயன்பட வேண்டுமாயின் அஃது அடியிற் காணும் குறிப்புகளுக்கு ஏற்றவாறு அமைந்திருத்தல் வேண்டும்.

1. எரி பொருள் அதிக வெப்ப ஆற்றலைப் பெற்றிருத்தல் வேண்டும்.

2. எரி பொருள் எரியும்போது பயனில்லா துணை விளை பொருட்களையோ, புகை, சாம்பல் போன்றவற்றையோ தருதல் கூடாது.

3. எரி பொருள் விலை குறைவானதாக இருத்தல் வேண்டும்.

குறிப்பிட்ட எடையுள்ள எரி பொருளை முற்றிலும் எரிப்பதால் வெளிவிடப்படும் வெப்ப ஆற்றலே அவ்வெரி பொருளின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு அல்லது கலோரி மதிப்பீடு எனப்படும். SI குறியீட்டு முறைப்படி எரி பொருளின் வெப்ப ஆற்றல் அளவை கிலோ ஜூல் கிலோ கிராம் ($KJ\ kg^{-1}$) என்ற அலகில் குறிப்பிடுகின்றோம். C. G. S. அலகு முறையில் எரி பொருளின் வெப்ப ஆற்றலைக் கலோரி / கிராம் என்ற அலகிலும் F. P. S. அலகு முறையில் B. T. U. / பவுண்ட் (British Thermal Unit per pound) என்ற அலகிலும் குறிப்பிடுவர். பல எரி பொருள்களிலிருந்து கிடைக்கும் ஆற்றலை ஒப்பிடுவதற்கு அவற்றின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு மிக முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும்.

எரிபொருள்களைப் பொதுவாக மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். (1) திண்ம எரி பொருள்கள் (2) நீர்ம எரி பொருள்கள் (3) எரி வாயுக்கள்.

திண்ம எரி பொருள் : இவ்வகை எரி பொருளுக்கு உதாரணம் மரம், கரி, நிலக்கரி, சுட்ட நிலக்கரி (Coke) ஆகியவை. இவை பொதுவாக தாவரங்களினின்று கிடைக்கின்றன.

நீர்ம எரி பொருள்கள் : நீர்ம எரி பொருள்களுக்கு உதாரணம் பெட்ரோலியம், கேஸொலின் (Gasolene), கெரோஸின், ஆல்க ஹால் ஆகியவை. கெரோஸின் அல்லது பாரபின் எண்ணெய் பெட்ரோலியத்தினின்று கிடைக்கும் முக்கிய விளை பொருளாகும். கெரோஸின் ஒரு நிறமற்ற திரவமாகும். இஃது கேஸொலினை விட அதிக வெப்ப நிலையிலேயே ஆவியாகும். இதன் கொதி நிலை 513 K ஆகும். திண்ம எரி பொருள்களைப் போல் அல்லாமல் நீர்ம எரி பொருள்கள் எரியும்போது சாம்பல் போன்ற வற்றை விட்டுச் செல்லாது. நீர்ம எரி பொருள்களின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு திண்ம எரி பொருள்களின் வெப்ப ஆற்றல் அளவை விட அதிகம். நீர்ம எரி பொருள்களை சேமித்து வைப்பதும் பயன்படுத்துவதும் எளிது.

எரி வாயுக்கள் : எரி வாயுக்களின் சில சிறப்பியல்புகளால் அவற்றையே நாம் பெரும்பாலும் பயன்படுத்துகின்றோம். அவை

(i) எரி வாயுக்கள் சாம்பல் போன்ற பொருள்களை எரியும் போது விட்டுச் செல்லாது.

(ii) இவை புகையின்றி எரியும் தன்மையுடையது.

(iii) இவற்றின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு அதிகம்.

(iv) எரி வாயுக்கள் குழாய்கள் மூலமாக எளிதில் பாயும்.

(v) எரி வாயுக்களை தீப்பற்ற வைப்பது எளிது.

(vi) இவை முற்றிலும் எரியும் இயல்புடையன.

எரி வாயுக்களுள் சாதாரணமாக பயன்படுபவை நிலக்கரி வாயு, நீர் வாயு, உற்பத்தி வாயு, இயற்கை வாயு, மண்ணெண் ணெய் வாயு ஆகியவை.

நிலக்கரி வாயு : இவ்வாயு நிலக்கரியை 1273 K வெப்ப நிலையில் சிதைத்து வடிப்பதால் (destructive distillation) கிடைக் கின்றது. நிலக்கரி வாயுவின் பருமனளவு சதவீத இயைபு (composition by volume)

$$H_2 = 50\%$$

$$CO = 8\%$$

$$CH_4 = 30\%$$

ஏனைய ஹைட்ரோகார்பன்கள் 4%

$N_2, CO_2, O_2 = 8\%$

நிலக்கரி வாயுவின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு 18650 KJm^{-3}.

இவ்வாயுவை வீடுகளிலும், தொழிற்சாலைகளிலும் எரி பொருளாக பயன்படுத்துகின்றனர். இதனை ஒளி தருவதற்கு விளக்குகளில் பயன்படுத்துகின்றோம். பெட்ரோலியம் வாயுவின் வெப்ப ஆற்றல் அளவைக் காட்டிலும் நிலக்கரி வாயுவின் ஆற்றல் அளவு குறைவு.

நீர் வாயு (Water gas) : சுட்ட நிலக்கரியின் மேல் நீராவியை செலுத்தும் போது நீர்வாயு கிடைக்கின்றது. இது கார்பன் மோனாக்ஸைடும், ஹைட்ரஜனும் கலந்த கலவையாகும்.

$$C(s) + H_2O(g) \rightarrow H_2(g) + CO(g)$$
$$\triangle H = 121.3 \text{ KJ.}$$

இவ்வினை ஓர் வெப்பங் கொள் வினையாகும். எனவே சுட்ட நிலக்கரியின் (coke) வெப்பநிலை எளிதில் குறைந்துவிடுகின்றது. நிலக்கரியின் வெப்பநிலையை உயர்த்த சூடான காற்று இடை இடையே உட்செலுத்தப்படுகின்றது. இப்போது நிகழும்வினை பின்வருமாறு

$$C + O_2 \rightarrow CO_2; \ \triangle H = -393.7 \text{ KJ.}$$

நீர்வாயுவின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு 13100 KJm^{-3} ஆகும். நீர்வாயுவின் கலோரி மதிப்பை சற்று அதிகரிக்க அவ்வாயுவுடன் குறைந்த அளவு நிலக்கரி வாயு கலக்கப்படுகின்றது. இவ்விதம் கிடைக்கும் வாயுக்கலவை கார்பன் ஏற்றப்பட்ட நீர்வாயு (carburetted water gas) எனப்படும். இந்த எரிவாயுவை வெப்பப்படுத்துவதற்கும், ஒளி தருவதற்கும் பயன்படுத்துகின்றோம்.

இயற்கை வாயு (Natural gas) : இயற்கை வாயு என்பது எண்ணெய் பொருள்கள் பூமியினின்று வெட்டி எடுக்கப்படும் இடங்களின் அருகாமையினின்று வெளிவரும் மீத்தேன் போன்ற ஹைட்ரோகார்பன்கள் அடங்கிய வாயுக்கலவையாகும். இந்த இயற்கை வாயுவைத் தனியாகவோ அல்லது நீர் வாயுவுடன் கலந்தோ எரிபொருளாக உபயோகிக்கலாம். இதன் கலோரி மதிப்பு 31600 KJm^{-3}.

உற்பத்தி வாயு (Producer gas): கரியையோ, கரி அதிக அளவில் கலந்த எரி பொருளையோ குறிப்பிட்ட அளவு காற்றில் எரிப்பதால் இது கிடைக்கின்றது. இது கார்பன் மோனாக்ஸைடும் நைட்ரஜனும் கலந்த கலவையாகும். உற்பத்தி வாயுவில் 25—30% கார்பன்மோனாக்ஸைடும் 50—55% நைட்ரஜனும் 10—2 % ஹைட்ரஜனும் உள்ளது. இதில் சிறிதளவு ஹைட்ரோ கார்பனும் கார்பன்டை ஆக்ஸைடும் கலந்துள்ளது. இதன் வெப்ப ஆற்றல் அளவு 4500 KJm^{-3} ஆகும். இதன் கலோரி மதிப்பு குறைவாக இருப்பதற்கு இதிலுள்ள அதிக அளவு நைட்ரஜனே காரணமாகும். இது ஒரு விலை மலிவான தொழிற்சாலை எரி பொருளாக பயன்படுகின்றது.

மண்ணெண்ணெய் வாயு: இது மண்ணெண்ணெய் கூறாக்கப் படுவதால் கிடைக்கின்றது. (Cracking of kerosene oil) பொதுவாக இவ்வாயு சோதனைச் சாலையில் வெப்பப்படுத்தப் பயன் படுகின்றது. செம்பழுப்பு வெப்பநிலையில் உள்ள இரும்புத்தகடு ஒன்றின்மேல் மண்ணெண்ணெயை சொட்டு சொட்டாக விழச் செய்தால் அது ஆவியாகி மீத்தேன், ஈத்தேன் போன்ற எளிய வாயுக்களாக சிதைவுறுகின்றது. இந்த வாயு நீர்விசை அழுத்தத்தால் இயங்கும் பெரிய சேமிப்பு கிடங்குகளில் சேமித்து வைக்கப்பட்டு தேவைப்படும்போது காற்றுடன் குறிப் பிட்ட விகிதத்தில் கலந்து எரிக்கப்படுகின்றது.

தற்காலத்தில் சமையல் செய்வதற்கு பெரிதும் பயன்படும் எரிவாயுக்கள் பற்றிய அடிப்படை கருத்துக்களைக் இனிக் காண்போம்.

திரவ பெட்ரோலியம் வாயுக்கள் (Liquefied Petroleum Gases—L.P.G) வாயுமண்டல அழுத்தத்தில் வாயுநிலையிலும் சாதாரண வெப்ப நிலையில் அழுத்தத்தை சற்று அதிகரிப்பதால் திரவமாக்க வல்ல ஹைட்ரோ கார்பன்களின் கலவையே திரவ பெட்ரோலியம் வாயுக்கள் எனப்படும். இத்தகைய ஹைட்ரோகார்பன்களுக்கு உதாரணம் புரோபேன், புரோபிலீன், N-ப்யூட்டேன், ஐசோப் யூட்டேன், ப்யூட்டிலீன் ஆகியவை. வாணிகத்துறையில் L. P. வாயுக்கள் என்பது மேலே கூறிய ஹைட்ரோ கார்பன்களுள் இரண்டோ அல்லது அதற்கு மேற்பட்டவையோ கலந்த கலவையாகும்.

இந்திய எண்ணெய் நிறுவனம் (Indian Oil Corporation) தயாரித்து விற்பனை செய்யும் திரவ பெட்ரோலியம்

வாயுக்களை இன்டேன் என்று அழைக்கிறோம். இனி இன்டேன் (Indane) வாயுவைப்பற்றி சற்று விரிவாகப் படிப்போம்.

இன்டேன் (Indane) : இன்டியன் ஆயில் கார்பரேஷன் தயாரித்து விற்பனைக்கனுப்பும் (i) கமர்ஷியல் ப்யூட்டேன் (ii) ப்யூட்டேன் புரோபேன் கலவை ஆகிய இவ்விரண்டையும் பொதுவாக இன்டேன் என்று அழைக்கிறோம். கமர்ஷியல் ப்யூட்டேனில் 85% ப்யூட்டேனும் 15% புரோபேனும் உள்ளது. ப்யூட்டேன் புரோபேன் கலவை 50% ப்யூட்டேன் 50% புரோபேன் இவற்றால் ஆனது. கமர்ஷியல் புரோபேன் இந்தியாவில் இதுவரை விற்பனை செய்யப்படவில்லை. மேலே கூறியவற்றில் சிறிதளவு ஐசோப்யூட்டேன் போன்ற வாயுக்களும் கலந்திருக்கலாம். வணிகத் துறையில் தயாரிக்கப்படும் எரிவாயுக்களை குறிப்பிட்ட வேதி இயைபிற்கு ஒப்பப் பெறுவது கடினம். இன்டேன் திரவமாக சிலிண்டர்களில் அடைத்து வைக்கப்படுகின்றது. ஆனால் அது வாயு நிலைக்கு மாற்றப்பட்டு வாயுவாக உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றது.

கோயாலி (Koyali), பரௌனி (Barauni), கௌகாட்டி (Gauhati), சென்னை (Madras) போன்ற இடங்களில் நிறுவப்பட்ட எண்ணெய் சுத்தகரிப்புச் சாலைகளில் இன்டேன் பெருமளவில் தயாரிக்கப்படுகின்றது. எண்ணெய் சுத்தகரிப்புச் சாலைகளில் (Oil refineries) வெப்பத்தாலும், வினைவேக மாற்றிகளைக் கொண்டும் எண்ணெய் பொருள்களைச் சிறுகூறாக்கப்படும் (Cracking of oils) முறையினை பயன்படுத்தி இவ்வாயுக்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு தாயரிக்கப்படும் திரவ பெட்ரோலியம் வாயுக்களில் அதிக அளவு புரோபிலீனும், ப்யூட்டிலீனும் உள்ளன. எண்ணெய் சுத்தகரிப்புச் சாலைகளில் காய்ச்சி வடித்தல் வினைகளின் போதும் L. P. வாயுக்கள் விளை பொருளாக கிடைக்கின்றன. இம் முறையில் நிறைவுற்ற ஹைட்ரோ கார்பன்களான புரோபேன், ப்யூட்டேன் ஆகியவையே கிடைக்கின்றன. இவ்வாறு பல முறைகளிலும் தயாரிக்கப்படும் L. P. வாயுக்களினின்று நீர், கந்தகம் ஆகியவை முற்றிலும் நீக்கப் பட்டு பின் வியாபாரத்திற்காக சிலிண்டர்களில் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன. பிரித்தெடுக்கும் போது L. P. வாயுக்கள் மணமற்று இருக்கும். இவற்றுடன் மிகக் குறைந்த அளவு மெர்க்காப்டன்கள் (தயோ ஆல்கஹால்கள்) கலக்கப்பட்டு ஓர் எளிதில் அறியக்கூடிய அருவருக்கத் தக்க மணம் தோற்றுவிக்கப் படுகின்றது. சாதாரணமாக எத்தில், அமைல் ஆகிய மெர்க் காப்டன்பெறுதிகளே சேர்க்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு L. P. வாயுக்களுக்கு தனிப்பட்ட மணம் இருப்பதால் வாயுக்கள்

எங்கேனும் வெளிப்படும் போது அவை இருப்பதை எளிதில் உணர்ந்து அபாயத்தை தவிர்க்கலாம்.

அறையின் வெப்பநிலையிலும், வாயுமண்டல அழுத்தத்திலும் இன்டேன் வாயுநிலையில் உள்ளது. குறைந்த அளவு அழுத்தத்தைப் பயன்படுத்தி இன்டேன் திரவமாக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறு அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தி திரவமாக்கப்படும் போது வாயுவின் கன அளவு 240 மடங்கு குறைகின்றது. சாதாரணமாக 15 கிலோ கிராம் கொள்ளளவு கொண்ட சிலிண்டர்களில் இன்டேன் அடைத்து வைக்கப்பட்டு வியாபாரத்திற்கு அனுப்பப்படுகின்றது. சிலிண்டரின் வால்வையும் அடுப்பின் திறப்பானையும் (Tap) திறக்கும்போது சிலிண்டரின் உள் அழுத்தம் குறைந்து திரவ நிலையிலுள்ள இன்டேன் ஆவியாகின்றது. இந்த ஆவி திறந்துள்ள வால்வு மூலமாகவும், அழுத்தத்தை சீராக்க உதவும் அமைப்பின் மூலமும் (Pressure Regulator) தள்ளப்பட்டு ரப்பர் குழாய் வழியாக அடுப்பை அடைந்து அங்கு காற்றுடன் கலக்கப்பட்டு பின் எரியவைக்கப்படுகின்றது. சிலிண்டரிலிருந்து வாயு வெளிச் செல்லும்போது சிலிண்டரில் அடைபட்டிருக்கும் திரவம் மேலும் மேலும் ஆவியாக்கப்படுகின்றது. இச்செயல் நாம் சிலிண்டரின் வால்வையும், அடுப்பின் திறப்பானையும் மூடும்வரை விடாது நிகழ்கின்றது. ஏனைய எரிபொருள்களைக் காட்டிலும் இன்டேன் பாதுகாப்பானது. ஏனெனில் காற்றுடன் கலக்கப்பட்டால் மட்டுமே இன்டேன் எரியும் தன்மை வாய்ந்தது. எனினும் இன்டேன் வாயுவை பயன்படுத்தும் போது நாம் மிகக் கவனமாகவே இருத்தல் வேண்டும்.

L. P. வாயுக்களின் திரவநிலை அடர்த்தி, அவ்வாயுக்களை திரவநிலையில் சிலிண்டரில் அடைப்பதற்கும், அவற்றை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு எடுத்துச் செல்வதற்கும் முக்கியமானதாகும். அவ்வாறே இதன் வாயுநிலை அடர்த்தி இவ்வாயுக்களைசேமிக்கும் இடங்களிலும், எரிவாயுவாக பயன்படுத்தும் இடங்களிலும் எத்தகைய காற்றோட்ட அமைப்புகள் தேவை என்பதனை அறிந்து கொள்ள முக்கியமானதாகின்றது. புரோபேன், ப்யூட்டேன் ஆகிய இவ்விரு வாயுக்களுமே காற்றைவிட கனமானவை. (அடர்த்தி; புரோபேன் = 1.5, ப்யூட்டேன் = 2, காற்று = 1) எனவே எங்கேனும் கசிவு இருக்குமாகில் இவ்வாயுக்கள் கீழ்மட்டங்களிலேயே சேருகின்றன. இதனால்தான் L.P. வாயு சிலிண்டர்களை தரைமட்டத்திற்கு கீழ் வைத்திருத்தல்

கூடாது. சேமிப்புக் கிடங்குகளிலும், வீடுகளில் உபயோகிக்கும் போதும் எரிவாயு சிலிண்டர்கள் தரைமட்டத்தின் மீதுதான் இருத்தல் வேண்டும். இவ்வாறு அமைக்கும் போது தரையை ஒட்டியவாறு காற்றோட்ட அமைப்பு இருத்தல் வேண்டும்.

வெப்ப ஆற்றல் அல்லது கலோரி மதிப்பு :

நாம் அன்றாடம் பயன்படுத்தும் இன்டேன் வாயுவின் வெப்ப ஆற்றல் மதிப்பு (Calorifie Value) 49400 கிலோ ஜூல் / கிலோ கிராம் ஆகும். இன்டேனை சமையல் வாயுவாகவும், அறையை வெப்பப் படுத்தவும், குளிர்சாதனப் பெட்டிகளில் எரி பொரு ளாகவும் பயன்படுத்துகின்றோம். சோதனைச் சாலைகளிலும், தொழிற் சாலைகளிலும், பட்டறைகளிலும் உலோகங்களை வெட்டவும், வளைக்கவும் இன்டேன் பயன்படுகிறது. இன்டேன் வாயு உலோகங்களை தீட்டுவதற்கும், உலோகங்களை பற்றாக வைத்து ஒட்ட வைப்பதற்கும் பயன்படுகிறது. பல முக்கிய திட, நீர்ம, வாயு நிலை எரிபொருள்களின் வெப்ப ஆற்றல் அளவுகளை அட்டவணை 3-ம் அட்டவணை 4-ம் குறிப்பிடுகின்றன.

அட்டவணை — 3

எரி வாயுக்களின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு

எரி வாயு	வெப்ப ஆற்றல் அளவு (KJ / Kg அலகில்)
புரோபேன்	49,800
மீத்தேன்	55,600
ப்யூட்டேன்	49,400
ஈத்தேன்	52,000
அசெட்டலீன்	50,000
ஹைட்ரஜன்	1,42,000

அட்டவணை — 4

சில திண்ம, நீர்ம எரி பொருள்களின் வெப்ப ஆற்றல் அளவு

எரி பொருள்	வெப்ப ஆற்றல் அளவு (கிலோ / ஜுல் கிலோ கிராம்)
உலைக்கள எண்ணெய் (Furnace Oil)	43030
இலேசான டீசல் எண்ணெய் (Light Diesel Oil)	44800
கெரொசின்	46460
அதிவேக டீசல் எண்ணெய் (High Speed Diesel Oil)	82470
கரி	29090
நிலக்கரி	23240
சுட்ட நிலக்கரி (Coke)	27880
விறகுக் கட்டை	18600

சாண எரி வாயு (Gobar gas) : கால்நடைகளின் சாணத்தை நீருடன் கலந்து வட்ட வடிவமான பள்ளங்களில் காற்று புகாத வாறு இட்டு நொதித்தல் (Fermentation) வினைக்கு உட்படுத்தும் போது கிடைக்கும் எரி வாயுவே சாண எரி வாயு எனப்படும். 'Go' என்ற சொல் சமஸ்கிருத மொழியில் பசு என்று பொருள் படும். சாணத்திலுள்ள ஒரு வகை பாக்டீரியாவே இந்நொதித்தல் வினையைப் புரிகின்றது. சாண எரி வாயு சாதனம் (Gobar gas Plant) என்பது கால் நடைகளின் கழிவுப் பொருள்களை (i) ஓர் எரி வாயுவாகவும் (ii) தரம் வாய்ந்த எருவாகவும் மாற்ற உதவும் சாதனம் ஆகும். சாண எரி வாயு மணமற்றது சுத்தமானது. இவ்வாயு சமையல் செய்வதற்கும் நீரை வெப்பப் படுத்துவதற்கும், ஒளி தருவதற்கும், இடம் பெயராத டீசல் பொறியினை இயக்கவும் (Stationary Diesel Engine) பயன்படு

கின்றது. இவ்வாயு மிக பாதுகாப்பானது. இவ்வாயுவைப் பயன் படுத்தும்போது பொதுவாக எவ்வித அபாயமோ, தீங்கோ நிகழ்வதில்லை. எரிவாயுவை துத்தநாக மெருகேற்றப்பட்ட இரும்பு குழாய்கள் வழியாக எடுத்துச் சென்று அடுப்பினுள் வாயு புகுமாறு அமைக்கலாம்.

இதற்காக தனிப்பட்ட அடுப்புகள் கிடைக்கின்றன. இந்த சாண எரிவாயுவை விளக்கு எரிக்கவும் பயன்படுத்தலாம். இதற் காக புது அமைப்புடைய பெட்ரோமாக்ஸ் விளக்குகள் உள்ளன.

சாண எரிவாயுவில் மீத்தேன் வாயு மிக அதிகமாக உள்ளது. சாண எரிவாயு மீத்தேனும் ஈத்தேனும் கலந்த வாயுவாகும். மேலே கூறியவாறு சாண எரிவாயு தயாரிக்கும் முறை மிக லாபகர மானது ஆகும். ஏனெனில் சாண எரிவாயுவின் வெப்ப ஆற்றல் மதிப்பு, உலர்ந்த சாண எரிபொருளின் வெப்ப ஆற்றல் மதிப்பை விட சுமார் 6 மடங்கு அதிகமாகும். அவ்வாறே இம்முறையில் நமக்கு கிடைக்கும் எருவின் அளவு சாண எருவின் அளவைவிட 43% அதிகமாகும். இம்முறையில் திரவ நிலையிலுள்ள, அதிக அளவு நைட்ரஜனைக் கொண்ட எரு நமக்குக் கிடைக்கின்றது. இதனை மக்கிப்போன கரிம சத்துப் பொருள்களுடன் சேர்த்து காம்போஸ்ட் உரமாக பயன்படுத்தலாம். சாண எரிவாயு சாதனம் நமக்கு நல்ல எரிவாயுவையும், வீரியமுள்ள எருவையும் தருகின்றது. ஆனால் சாணத்தினின்று சாதாரண முறைகளைக் கையாண்டு நாம் எரிபொருளையோ அல்லது எருவையோ மட்டுமே பெற முடியும். காதி-கிராம கைத்தொழில் குழு (Khadi and Village Industries Commission) சாண எரிவாயு அமைப் பினை நிறுவத்தேவையான தொழில் நுட்ப ஆலோசனையையும், பண உதவிக்கான ஆலோசனையையும் வேண்டுவோருக்கு வழங்கு கின்றது.

பயிற்சி

1. (i) உருவாதல் வெப்பம் (ii) எரிதல் வெப்பம் (iii) நடு நிலையாக்கல் வெப்பம், (iv) கரைசல் வெப்பம், (v) ஆவி யாதல் வெப்பம், (vi) உருகுதல் வெப்பம், (vii) பதங்க மாதல் வெப்பம் ஆகியவற்றின் வரையறைகளைக் கூறு.

2. எரிதல் வெப்ப மதிப்பீடு நமக்கு எம்முறைகளில் பயன்படு கின்றது?

3. ஹெஸ்ஸின் வெப்ப மாறாக் கூட்டல் விதியைக் கூறு.

4. ஓர் கரிம சேர்மத்தின் எரிதல் வெப்பத்தை நிர்ணயிக்க உதவும் சோதனையைச் சுருக்கமாகக் கூறு.

5. ஓர் வீரியம் மிகுந்த அமிலம், வீரியம் மிகுந்த காரம் இவற்றின் நடுநிலையாக்கல் வெப்பத்தின் மதிப்பு மாறாதிருக்கின்றது ஏன்?

6. ஓர் வீரியங்குறைந்த அமிலத்தின் அயனியாதல் வெப்பத்தை எவ்வாறு கணக்கிடுவாய்? ஓர் உதாரணத்துடன் விளக்கு.

7. நடுநிலையாக்கல் வெப்பத்தை நிர்ணயிக்க உதவும் சோதனையை விளக்கு.

8. உணவின் 'வெப்ப ஆற்றல் அளவு' என்பதனால் நீவிர் அறிவது என்ன? இவ் வெப்ப ஆற்றல் அளவினை நாம் அறிந்து கொள்வதன் நோக்கத்தை விவரி.

9. ஓர் எரிபொருளின் 'வெப்ப ஆற்றல் அளவு' என்பது யாது? உதாரணங்களுடன் விளக்கு.

10. நியம உருவாதல் வெப்பம் $\triangle H^\circ_F$ என்பது யாது?

11. $\triangle H$, $\triangle E$ ஆகிய இவ்விரு அளவுகளில் எது மிக முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது? காரணம் கூறுக.

12. கோடிட்ட இடங்களைப் பூர்த்தி செய்க:

(i) பாம் கலோரி மீட்டரை உபயோகித்து ஒரு சேர்மத்தின் எரிதல் வெப்பத்தை மாறா——————நிலையில் நிர்ணயிக்கலாம்.

(ii) ஓர் வேதி வினையின் வெப்பம் $\triangle H$-ன் மதிப்பு எதிர்க் குறியீடு உடையதாக இருப்பின் அவ்வினை—————— எனப்படும்.

(iii) ஓர் வேதி வினையின் வெப்பம் ΔH-ன் மதிப்பு நேர்க் குறியீடு உடையதாக இருப்பின் அவ்வினை————— எனப்படும்.

(iv) வெப்பங்கொள் வினைகள் பொதுவாக————— வெப்ப நிலையிலேயே நடைபெறும்.

(v) மாறா அழுத்த நிலையில் ஓர் வேதிவினையின் வெப்பத் திற்கும், மாறா கன அளவில் ஓர் வேதிவினையின் வெப் பத்திற்குமுள்ள தொடர்பைக் குறிப்பிடும் சமன்பாடு ————— ஆகும்.

பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. 298K வெப்ப நிலையில் ஈத்தேனின் உருவாதல் வெப் பத்தை மாறா அழுத்த நிலையில் (at constant pressure) கணக்கிடு. ஈத்தேனின் உருவாதல் வெப்பம் மாறா கன அளவில் (at constant volume) —92945 ஜூல் / மோல்.

ΔH = —97·9 கிலோ ஜூல்)

2. 300K வெப்ப நிலையில் எத்திலினின் எரிதல் வெப்பத்தை மாறா அழுத்தத்தில் கணக்கிடு. எத்திலின் எரிதல் வெப்பம் மாறா கன அளவில் —1406 கிலோ ஜூல் / மோல் ஆகும்.

(ΔH = —1411 கிலோ ஜூல்)

3. மாறா அழுத்தத்தில் அசெட்டிலினின் உருவாதல் வெப் பத்தை கணக்கிடு. மாறா கன அளவில் அசெட்டின் உரு வாதல் வெப்பத்தின் மதிப்பு 232.2 கிலோ ஜூல் / மோல்.

(ΔH = 232·2 கிலோ ஜூல் / மோல்)

4. கீழ்க்கண்ட வற்றிலிருந்து எத்திலீனின் உருவாதல் வெப் பத்தை கணக்கிடு.

$$C_2H_4(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2C_2O(g) + 2H_2O(l);$$

ΔH = —1410 கிலோ ஜூல்.

$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O(l);$ $\Delta H = -286$ கிலோ ஜூல்.
$C + O_2 \longrightarrow CO_2(g);$ $\Delta H = -394$ கிலோ ஜூல்.
($\Delta H = +50$ கிலோ ஜூல் / மோல்)

5. 1 மோல் ஹைட்ரஜன் குளோரைடு வாயுவை அதிக அளவு நீரில் கரைக்கும்போது தோன்றும் வெப்பத்தைக் கணக்கிடு ஹைட்ரஜன் குளோரைடின் $\Delta H°_F$-ன் மதிப்பு —92·5 கிலோ ஜூல் / மோல்.

$\Delta H^{\circ F}$ Cl (aq) $= -167{\cdot}5$ கிலோ ஜூல்.
($\Delta H = -75$ கிலோ ஜூல்)

6. பேரியம் குளோரைடின் கரைசல் வெப்பம் — 8·5 கிலோ ஜூல். பேரியம் குளோரைடு, பேரியம் குளோரைடு டை ஹைட்ரேட் ஆக மாறும் வினைக்கான வெப்பம் — 29·1 கிலோ ஜூல். பேரியம் குளோரைடு டை ஹைட்ரேட்டின் கரைசலின் வெப்பத்தை கணக்கிடுக.
($\Delta H = +20{\cdot}6$ கிலோ ஜூல்)

7. $H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g);$ $\Delta H = -241{\cdot}8$ கிலோ ஜூல்.
$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l);$ $\Delta H = -282{\cdot}5$ கிலோ ஜூல்.
நீரின் ஆவியாதல் வெப்பத்தை கணக்கிடு,
(+ 40·7 கிலோ ஜூல்)

8. சோடியம் சல்பேட், சோடியம் சல்பேட் மோனோ ஹைட்ரேட், ($Na_2SO_4{\cdot}H_2O$), சோடியம் சல்பேட் டெக்காஹைட்ரேட் ($Na_2SO_4{\cdot}10H_2O$) ஆகியவற்றின் கரைசல் வெப்பங்கள் முறையே —1·95KJ, 7·95KJ, 78·45KJ ஆகும். சோடியம் சல்பேட் அதன் (i) மோனோ ஹைட்ரேட்டாகவும், (ii) டெக்காஹைட்ரேட்டாகவும் ஆகும் வினைகளின் வெப்பத்தினை கணக்கிடு.
(—9·9 KJ, —80·4 KJ)

ஹைட்ரஜன் சல்பைடின் உருவாதல் வெப்பத்தைக் கீழ்க் கண்டவற்றிலிருந்து கணக்கிடு.

$H_2S(g)+1\frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(i)+SO_2(l);$ $\Delta H = -565KJ.$
$S+O_2 \longrightarrow SO_2;$ $\Delta H = -297KJ.$
$H_2+\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O(l);$ $\Delta H = -286KJ.$
($\Delta H = -18$ KJ).

10. அசெட்டிலீனிலிருந்து பென்சினைத் தொகுக்கும் வினையின் வெப்பத்தினைக் கணக்கிடு.

$C_6H_6(l)+7\frac{1}{2}H_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g)+3H_2O(l);$ $\Delta H = -3273$ KJ

$C_2H_2(g)+2\frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)+H_2O(l);$ $\Delta H = -1306$ KJ

($\Delta H = -645$ KJ)

11. $C_2H_4(g)+2H_2(g) \longrightarrow C_2H_6(g)$ என்ற வினையின் வெப்பத்தினைக் கணக்கிடு. $C_2H_4(g)$. $C_2H_6(g)$ இவற்றின் $\Delta H°_F$-ன் மதிப்புகள் முறையே +52KJ, —84KJ ஆகும்.

($\Delta H = -136$ KJ).

12. கார்பன்டைசல்பைடின் உருவாதல் வெப்பத்தைக் கணக்கிடு. கார்பன், சல்ஃபர், கார்பன்டை சல்பைடு இவற்றின் எரிதல் வெப்பங்கள் முறையே —394 KJ, —29 7KJ, —1076 KJ ஆகும்.

($\Delta H = +88$ KJ)

13. கீழ்க்கண்டவற்றிலிருந்து பென்சீனின் உருவாதல் வெப்பத்தினைக் கணக்கிடு:

$C_6H_6(l)+7\frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g)+3H_2O(g);$ $\Delta H = -3273$KJ.

$C + O_2 \longrightarrow CO_2(g);$ $\Delta H = -394$ KJ.

$H_2+\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O(l);$ $\Delta H = -286$ KJ.

($\Delta H = +51$ KJ)

14. 2C (கிராபைட்) $+2H_2(g) \longrightarrow C_2H_4(g);$ $\Delta H = +52$KJ.

$\frac{1}{2}H_2(g) \longrightarrow$ H (அணு); $\Delta H = +218$KJ.

C (கிராபைட்) $\longrightarrow$ C (அணு); $\Delta H = +715$KJ.

C—H பிணைப்பின் ஆற்றல் = 415KJ.

மேலே கொடுக்கப்பட்டவற்றிலிருந்து எத்திலின் C=C பிணைப்பின் ஆற்றலைக் கணக்கிடு

(590 KJ)

15 $CH_3OH(l) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H\text{-}CHO(g) + H_2O(l)$ என்ற வினையின் வெப்பத்தினைக் கணக்கிடு.

மெத்தில் ஆல்கஹால், ஃபார்மால்டிஹைடு, நீர் இவற்றின் உருவாதல் வெப்பத்தின் மதிப்புகள் முறையே 239 KJ, —116 KJ, —286 KJ ஆகும்.

(ΔH—163 KJ)

16. ஹைட்ரோ சயனிக் அமிலம், சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு, சோடியம் சயனைடு, நீர் இவற்றின் உருவாதல் வெப்பங்கள் முறையே + 105·5 KJ, —469·5 KJ, —88·7 KJ, —286 KJ ஆகும். ஒரு வீரியமுள்ள அமிலம் ஒரு வீரியமுள்ள காரத்தை நடுநிலையாக்கும் வினையின் வெப்பம் —57·3 KJ / மோல். இவற்றிலிருந்து ஹைட்ரோசயனிக் அமிலத்தின் அயனியாதல் வெப்பத்தினைக் கணக்கிடு.

(ΔH = 46.6 KJ)

17. பென்சினை சைக்ளோஹெக்ஸேனாக ஹைட்ரஜன் ஏற்றம் செய்யும் வினை வெப்பத்தைக் கணக்கிடு. பென்சீன், சைக்ளோஹெக்ஸேன் இவற்றின் எரிதல் வெப்பங்கள் முறையே —3273 KJ, —3923 KJ ஆகும்.

(ΔH = — 208 KJ)

18. $C_2H_4(g) + HCl(g) \longrightarrow C_2H_5Cl(g)$ என்ற வினையின் வெப்பத்தைக் கணக்கிடு. எத்திலீன், ஹைட்ரஜன் குளோரைடு, எத்தில் குளோரைடு இவற்றின் உருவாதல் வெப்பங்கள் முறையே + 52 KJ, —92·5 KJ, —112 KJ ஆகும்.

(ΔH = —71·5 KJ)

19. கால்சியம் கார்பனேட், கால்சியம் ஆக்ஸைடாகவும், கார்பன்டை ஆக்ஸைடாகவும் சிதைவுறும் வினையின் வெப்பத்தை 298 K வெப்பநிலையில் கணக்கிடு. இதே வெப்பநிலையில் கால்சியம் ஆக்ஸைடு, கார்பன்டை ஆக்ஸைடு, கால்சியம் கார்பனேட் ஆகிய சேர்மங்களின் உருவாதல் வெப்பங்கள் முறையே —635·5 KJ, —394 KJ, —1207 KJ ஆகும்.

(ΔH = +177·5 KJ)

20. பொட்டாசியம் குளோரேட், பொட்டாசியம் குளோரைடாகவும், ஆக்ஸிஜனாகவும் சிதைவுறும் வினையின் நியம என்தால்பி மாற்றத்தைக் கணக்கிடு.

பொட்டாசியம் குளோரேட்டின் நியம உருவாதல் வெப்பம் = —391·2 KJ.

பொட்டாசியம் குளோரைடின் நியம உருவாதல் வெப்பம் = —436 KJ.

(ΔH°_F = —44·8 KJ)

21. அம்மோனியா வாயுவின் உருவாதல் வெப்பத்தினை கணக்கிடு. $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$; $\Delta H = -92KJ.$

($\Delta H = -46$ KJ/மோல்)

22. கீழ்க்கண்ட வினையின் நியம என்தால்பி மாற்றத்தைக் கணக்கிடு.

$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

$Cu^{2+}(aq)$-ன் $\Delta H°_F = +64{\cdot}4$ KJ.

$Zn^{2+}(aq)$-ன் $\Delta H°_F = -152{\cdot}3$ KJ.

($\Delta H = -216{\cdot}7$ KJ.)

23. குளுகோஸின் உருவாதல் என்தால்பியை கீழ்க்கண்டவற்றினின்று கணக்கிடு.

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(1)$

$\Delta H = -2815$ KJ.

$C + O_2 \longrightarrow CO_2$; $\Delta H = -394$ KJ.

$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O(l)$; $\Delta H = -286$ KJ.

($\Delta H°_F =$ 1265 KJ / மோல்)

24. β கந்தகம் (ஊசிக்கந்தகம்) $\propto$ கந்தகமாக (சாய்சதுரகந்தகம்) உருமாற்றம் அடையும் வினையின் என்தால்பியை கணக்கிடு.

$S(\propto) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$; $\Delta H = -296{\cdot}8$ KJ.

$S(\beta) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$; $\Delta H = -297{\cdot}1$ KJ.

(300 J / மோல்)

25. அசெட்டிக் அமிலத்தின் உருவாதல் வெப்பத்தைக் கணக்கிடு.

$CH_3{-}CHO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CH_3{-}COOH$; $\Delta H = -320{\cdot}7$ KJ.

$C_2H_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow CH_3{-}CHO(l)$; $\Delta H = -138$ KJ.

$2C + H_2 \longrightarrow C_2H_2(g)$; $\Delta H = +232$ KJ.

$H_2 + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(1)$; $\Delta H = -286$ KJ.

($\Delta H = -512{\cdot}7$ KJ.)

26. மெத்தானாலை ஃபார்மால்டிஹைடாக ஹைட்ரஜன் நீக்கம் செய்யும் வினையின் என்தால்பி மாற்றத்தைக் கணக்கிடு. ஃபார்மால்டிஹைடு (வாயு), மெத்தனால் (திரவம்) இவற்றின் உருவாதல் வெப்பங்கள் முறையே — 116 KJ/மோல், — 239KJ/மோல் ஆகும்.

(△H = + 123 KJ/மோல்)

27. எத்தில் ஆல்கஹாலின் உருவாதல் வெப்பத்தைக் கணக்கிடு. எத்தில் ஆல்கஹாலின் எரிதல் வெப்பம் — 1367 KJ/மோல் கார்பன்டை ஆக்ஸைடு, நீர் இவற்றின் உருவாதல் வெப்பங்கள் முறையே — 394 KJ/மோல், — 286KJ/மோல் ஆகும்.

(△H = 269 KJ/மோல்)

28. $CuSO_4 . 5H_2O$ ன் கரைசல் வெப்பத்தைக் கணக்கிடு. நீரற்ற காப்பர்சல்பேட்டின் கரைசல் வெப்பம் — 782. KJ / மோல், $CuSO_4$ அதன் பென்டா ஹைட்ரேட்டாக ($CuSO_4 . 5H_2O$) மாற்றமடையும் வினையின் என்தால்பி — 66.5KJ / மோல்.

(△H = + 11.7 KJ/மோல்)

அத்தியாயம் 3

வேதிச் சமநிலை

ஒரு மூடிய கலனில் உள்ள ஒரு நீர்மத்தைக் கருதுக. இது விரைவில் இதன் பரப்பு மீது சேகரமாகும் ஆவியுடன் சமநிலை எய்துகின்றது. நீர்மத்தின் மூலக்கூறுகள் தொடர்ந்து நீர்மப் பரப்பிலிருந்து விடுபட்டு ஆவி நிலையை அடைகின்றன. (அதாவது, ஆவியாதல் நடைபெறுகிறது) ஆவி நிலையிலுள்ள மூலக் கூறுகள் தொடர்ந்து நீர்ம நிலைக்கு மீள்கின்றன (அதாவது நீர்மமாதல் நடைபெறுகிறது). நீர்ம, ஆவி நிலைகளுக்கு இடையில் சமநிலை எய்தியதும் இந்த இரண்டு நிகழ்ச்சிகளும் ஒரே வேகத்தில் நிகழ்கின்றன. ஆவியாகும் வீதம், (rate) நீர்மமாகும் வீதத்திற்குச் சமமாகிறது. இங்கு கண்ட சமநிலை, இயற்பியல் சமநிலை (physical equilibrium). இந்தச் சமநிலையில் இயல்பியல் மாற்றம் மட்டுமே நிகழ்கிறது. இதில் ஈடுபடும் பொருள்களின் இயைபு (composition) மாறுவதில்லை.

மாறாக, இரும்புத் தூள்களின் மீது நீராவியைச் செலுத்தும் போது ஏற்படும் கீழ்க்காணும் வினையைக் கருதுக.

$$3Fe + 4H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + 4H_2 \quad ....(1)$$

ஹைட்ரஜன் வாயுவை Fe_3O_4 மீது செலுத்தின் கீழ்க்காணும் வினை நிகழ்ந்து இரும்பும் நீராவியும் உருவாகின்றன.

$$Fe_3O_4 + 4H_2 \longrightarrow 3Fe + 4H_2O \quad ....(2)$$

எனவே இரும்பு, நீராவி ஆகிய இரண்டிற்கும் இடையே நிகழும் வினைமீள்தன்மை (reversible) உடையது. இரண்டு வினைகளிலும் ஒரு திண்மத்தின் மீது ஒரு வாயு செலுத்தப்படுகிறது. இப்போது ஒரு கலனில் இரும்புத் தூளையும் நீராவியையும் இட்டு மூடுவோம். தொடக்கத்தில் Fe_3O_4, H_2 ஆகியன கலனில் இருப்பதில்லை. எனவே தொடக்கத்தில் வினை (1) குறிப்பிடத்தக்க விரைவுடன் நிகழும், வினை (2) நிகழாது. ஆனால்

வினை (1)ன் விளைவாக Fe_3O_4, H_2 ஆகியன உருவாதலால் வினை (2)ல் தொடங்கும். முதலில் இப்படித் தோன்றும் Fe_3O_4, H_2 ஆகியவற்றின் செறிவு மிகக் குறைவாக இருக்கும். எனவே வினை (2) மெதுவாக நிகழும். ஆனால்மேலும் மேலும் Fe_3O_4, H_2 ஆகிய இரண்டும் உருவாவதால், வினை (2)ன் வேகம் சிறிது சிறிதாக அதிகரித்து, இறுதியில் வினைகள் (1), (2) ஆகியவற்றின் வேகங்கள் சமமாகும். இப்போது Fe, H_2O_2 Fe_3O_4 H_2 ஆகியவற்றின் அளவுகள் மாறாதிருக்கும் அமைப்பு வேதிச் சமநிலையில். (chemical equilibrium) இருப்பதாகக் கருதப்படும். இச்சமநிலையில் ஒரு வேதிமாற்றம் நிகழ்கிறது. இதனால் இதில் ஈடுபடும் பொருள்களில் இயைபு மாறுகின்றது. எனவே வேதிச்சமநிலை என்பது, எதிர் எதிர் திசைகளில் ஒரே வேகத்தில், ஒன்றுக்கொன்று எதிராக நிகழும் இரண்டு வேதி வினைகளால் ஆன ஒருவித ஒய்வுநிலை (state of rest) என்று வரையறுக்கலாம். இந்த சமநிலை, கீழ்காணும் சமன்பாட்டில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் இரட்டை அம்புக்குறியால் குறிக்கப் படுகிறது.

$$3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 + 4H_2 \qquad ....(3)$$

பொருண்மை தாக்க விதி (Law of Mass Action)

(அ) செயல்படு பொருண்மை

C.N. குல்ட்பர்க், (Guldburg) P. வாஜ் (Waage) என்ற இருவர் முதன்முதலில் வேதிச் சமநிலையின் விதி(பொருண்மை தாக்கவிதி) யைச் சுருக்கமான வாசகத்தில் வெளியிட்டனர். இதில் அவர்கள், செயல்படு பொருண்மை (Active mass) என்ற பதத்தை (term) பயன்படுத்தினர், இது அடிப்படையில் தற்போது பயன் படுத்தப்படும் செறிவு அல்லது அடர்வு (Concentration) என்ற பதமே ஆகும். அதாவது ஒரு கரைசலிலுள்ள ஒரு பொருளின் செயல்படு பொருண்மை [A என்க] அப்பொருளின் மோலார் செறிவுக்குச் (Molar Concentration) சமமாகும். இது [A] என்று குறிக்கப்படுகிறது. எனவே

$$[A] = \frac{\text{கரைசலிலுள்ள A-ன் மோல்கள் எண்ணிக்கை.}}{\text{கரைசலின் பருமன் (லிட்டரில்)}}$$

ஒரு வாயுக்கலவையைக் கருதுக. இதிலுள்ள ஒரு வாயுவின் செயல்படு பொருண்மை அவ்வாயுவின் பகுதி அழுத்தத்திற்குச்

(Partial Pressure) சமமாகும். ஒரு திண்மத்தைக் கருதின் அதன் செயல்படு பொருண்மை மாறாதது. திண்மத்தின் அளவைப் பொறுத்து அமையாதது.

(ஆ) பொருண்மை தாக்க விதி

குல்ட்பர்க், வாஜ் ஆகிய இருவரும் வருவித்து உரைத்த பொருண்மை தாக்க விதி கீழ்க்காண்பதாகும். "ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் நிகழும், ஒரு வேதிவினையின் வேகம் (rate) அந்த வினையில் ஈடுபடும் வினைபடு பொருள்களின் செயல்படு பொருண்மைகளின் பெருக்கற் பலனிற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது."

கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படும் ஒரு மீள் வினையைக் கருதுவோம் (reversible reaction). பொருண்மை தாக்க விதியைப் பயன்படுத்துவோம்.

$$A + B \rightleftharpoons C + D \qquad \ldots\ldots(4)$$

இதில் A, B, C, D என்ற நான்கு பொருள்களுக்கும் இடையில் சமநிலை நிலவுகிறது. இதில் இரண்டு வினைகள் நிகழ்கின்றன ஆகவே:

(1) ஒரு வினை இடமிருந்து வலமாக நிகழ்கின்றது. இதில் A, B என்ற இரு பொருள்கள் வினை புரிகின்றன, C, D என்ற இரு பொருள்கள் உண்டாகின்றன. இது முன்னோக்கு வினை (forward reaction) எனப்படுகிறது.

$$A + B \longrightarrow C + D \qquad \ldots\ldots(5).$$

(2) மற்றொரு வினை வலமிருந்து இடமாக நிகழ்கிறது. இதில் C, D என்ற இரண்டு பொருள்கள் வினை புரிகின்றன, A, B என்ற இரண்டு பொருள்கள் உண்டாகின்றன. இது பின்னோக்கு வினை (reverse or backward reaction) எனப்படுகிறது.

$$C + D \longrightarrow A + B \qquad \ldots\ldots(6)$$

பொருண்மை தாக்க விதிப்படி, முன்னோக்கு வினையின் வேகம்,

$$r_1 = k_1 [A] [B]. \qquad \ldots\ldots(7).$$

பின்னோக்கு வினையின் வேகம்,

$$r_2 = k_2 [C] [D]. \qquad \ldots(8).$$

இதில் k_1, k_2 என்பன முறையே முன்னோக்கு, பின்னோக்கு வினைகளின் திசைவேக மாறிலிகள். (Velocity Constants) நாம் முன்னர் கண்டவாறு, எதிர் எதிர் திசைகளில் நிகழும் இரண்டு வினைகளின் வேகங்களுக்கு சமமாகும் போது, சமநிலை எய்தப் படுகிறது. அதாவது சமநிலை எய்திய பின், முன்னோக்கு **வினையின் வேகம் = பின்னோக்கு வினையின் வேகம்.**

இதன் விளைவாக, சமநிலையில்

$$r_1 = r_2$$

$$\therefore k_1[A][B] = k_2[C][D]$$

$$\therefore \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

இரண்டு மாறிலிகளின் விகிதம் ஒரு மாறிலி ஆகும். எனவே

$$\frac{k_1}{k_2} = Kc = \frac{[C][D]}{[A][B]} \qquad ...(9)$$

இதில் K_c, என்பது வினையின் சமநிலை மாறிலி (equilibrium Constants) எனப்படுகிறது. இது செறிவுகளைப் பயன்படுத்தி இயம்பப்படுகிறது. மீள்வினையில் (4) ஈடுபடும் A,B,C,D ஆகிய பொருள்கள் வாயுக்களாயின், அவற்றின் வினைபடு பொருண்மைகள் கலவையிலுள்ள வாயுக்களின் பகுதி அழுத்தங்கள் ஆகும். இவை முறையே P_A, P_B, P_C, P_D என்று குறிக்கப்படும். இப்போது சமன்பாடு 9-ஆல் குறிக்கப்படும் சமநிலை மாறிலி கீழ்க் காண்பதாகிறது.

$$\frac{k_1}{k_2} = K_p = \frac{P_C\ P_D}{P_A\ P_B} \qquad ......(10)$$

இதில் K_p என்பது பகுதி அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்தி இயம்பப்படும் சமநிலை மாறிலி ஆகும்.

பல வினைகளில், ஒரு பொருளின் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மூலக்கூறுகள் வினையில் ஈடுபடுத்தப்படலாம் அல்லது வினைவிளை பொருளாகத் தோன்றலாம். எடுத்துக் காட்டாக, கீழ்க்காணும் மீள்வினைகளைக் கருதுக.

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

$$2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$$

$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$$

$$2H_2 + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O$$

இத்தகைய வினைகளைப் பொதுவாக கீழ்க்காணும்படிக் குறிக்கலாம்.

$$mA + nB \rightleftharpoons xC + yD \quad \text{....(11)}$$

பின், முன்னோக்கு வினையின் வீதம்,

$$r_1 = K_1 [A]^m [B]^n$$

$$r_2 = K_2 [C]^x [D]^y$$

$$\therefore \frac{K_1}{K_2} = K_c = \frac{[C]^x [D]^y}{[A]^m [B]^n} \quad \text{....(12)}$$

இதில் m,n,x,y, என்பன முறையே சமநிலையில் உள்ள A, B, C, D, என்ற பொருள்களின் மோல்களின் எண்ணிக்கை ஆகும்.

(இ) K_p,K_c ஆகியவற்றிற்கு இடையேயான தொடர்பு

மீண்டும் கீழ்க்காணும் வினையைக் கருதுக.

$$mA + nB \rightleftharpoons xC + yD$$

இதில் ஈடுபடும் A,B,C,D, ஆகிய பொருள்கள் அனைத்தும் நல்லியல் வாயுக்கள் (ideal gases) என்க. பின் செறிவுகளைப் பயன்படுத்தி இயம்பப்படும் சமநிலை மாறிலி, சமன்பாடு 12-ன் படி,

$$K_c = \frac{[C]^x [D]^y}{[A]^m [B]^n} \quad \text{....(12)}$$

சம நிலையில் இவ்வாயுக்களின் பகுதி அழுத்தங்கள் முறையே $P_A{}^m$, $P_B{}^n$, $P_C{}^x$, $P_D{}^y$ என்க. பின் பகுதி அழுத்தங்களைப் பயன் படுத்தி இயம்பப்படும் சமநிலை மாறிலி.

$$K_p = \frac{P_C{}^x \; P_D{}^y}{P_A{}^m \; P_B{}^n} \quad \ldots. \quad (13)$$

நல்லியல் வாயுக்கள் பின்வரும் நல்லியல்பு வாயுச் சமன்பாட்டிற்குக் கட்டுப் படுவன.

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{n}{V} RT \quad \ldots. \quad (14)$$

இதில் P என்பது அழுத்தம், V என்பது பருமன், n என்பது மோல்களின் எண்ணிக்கை, T என்பது வாயுவின் வெப்ப நிலை. இதில்,

$$\frac{n}{V} = \frac{\text{மோல்களின் எண்ணிக்கை}}{\text{பருமன் (லிட்டரில்)}} = \text{மோலார் செறிவு}$$

எனவே சமன்பாடு (14) பின்வருவதாகிறது.

$$P = \text{மோலார் செறிவு} \times RT \quad \ldots. \quad (15)$$

ஆகையால்

$$P_A{}^m = [A]^m \; [RT]^m$$

$$P_B{}^n = [B]^n \; [RT]^n$$

$$P_C{}^x = [C]^x \; [RT]^x$$

$$P_D{}^y = [D]^y \; [RT]^y$$

இதனால் சமன்பாடு (13) கீழ்க்காண்பதாகிறது.

$$K_p = \frac{[C]^x \; [RT]^x \; [D]^y \; [RT]^y}{[A]^m \; [RT]^m \; [B]^n \; [RT]^n}$$

$$= \frac{[C]^x \; [D]^y \; [RT]^{x+y}}{[A]^m \; [B]^n \; [RT]^{m+n}}$$

$$= K_c \; [RT]^{(x+y) - (m+n)}$$

$$= K_c \; [RT]^{\triangle n} \quad \ldots. \quad (16)$$

இதில் Δn என்பது விளை பொருள்களின் மொத்த மோல்களின் எண்ணிக்கையிலிருந்து வினைபடு பொருள்களின் மொத்த மோல்களின் எண்ணிக்கையை கழித்து வந்த எண்ணாகும்.

அதாவது $\Delta n = (x+y) - (m+n)$

எடுத்துக்காட்டாக, பின் வரும் வினையின் Δn மதிப்பு — 2 ஆகும். அதாவது 2 — (1+3)

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

கணக்குகள்

(1) 71·4 கி. அளவுள்ள PCl_5 ஒரு 10 லிட்டர் குடுவையில் இடப்பட்டு, 250 வெப்ப நிலைக்கு சூடாக்கப்பட்டு பின் வரும் சம நிலை எய்தப்படும்வரை, அதே வெப்ப நிலையில் வைத்துக் காக்கப்பட்டது.

$$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$$

அடுத்து, கலவையைப் பகுத்து ஆய்ந்தபோது அதில் 17·5 கி. குளோரின் இருப்பது கண்டறியப்பட்டது. K_c-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

(அ) சமநிலையில் பொருள்களின் செறிவுகள் :

(i) PCl_5-ன் மூலக்கூறுகள் எடை = 208

10 லிட்டரில் உள்ள PCl_5-ன் எடை = 71·4 கி.

∴ தொடக்கத்தில் PCl_5ன் செறிவு $= \frac{71.4\text{கி}}{10\text{லி}} \times \frac{1 \text{ மோல்}}{208\text{கி}}$

$= 0{\cdot}0343$ மோல்/லிட்டர்

(ii) சமநிலைக் கலவையில் குளோரினின்

எடை = 17·5 கி.

குளோரின் மூலக்கூறு எடை = 70·9

∴ சமநிலையில் $[Cl_2] = \frac{17{\cdot}5\text{கி}}{10 \text{ லி}} \times \frac{1 \text{ மோல்}}{70{\cdot}9 \text{ கி}}$

$= 0.0247$ மோல்/லிட்டர்

(iii) வினையினைக் குறிக்கும் சமன்பாட்டின்படி ஒரு மூலக்கூறு PCl_3, ஒரு மூலக்கூறு Cl_2 ஆகியன ஒரு மூலக்கூறு PCl_5ல் இருந்து உருவாகின்றன. எனவே, சமநிலைக் கலவையில்,

$$[PCl_3] = [Cl_2]$$

அதாவது,

சமநிலையில் $(PCl_3) = 0{\cdot}0247$ மோல் / லிட்டர்

(iv) தொடக்கத்தில் $(PCl_5) = 0{\cdot}0343$ மோல் / லிட்டர்

1 மோல் PCl_5, 1 மோல் Cl_2வைத் தருகிறது, அல்லது,

1 மோல் Cl_2, 1 மோல் PCl_5 லிருந்து வருகிறது.

∴ 0·0247 மோல் Cl_2 0·0247 மோல் PCl_5 லிருந்து உண்டாகிறது.

∴ சமநிலையில் $(PCl_5) = 0{\cdot}0343 - 0{\cdot}0247$

$= 0{\cdot}0096$ மோல் / லிட்டர்

(ஆ) வரையறைப்படி

$$K_c = \frac{[PCl_3]\ [Cl_2]}{[PCl_5]}$$

இதில் மேலே கணக்கிடப்பட்ட மதிப்புகளைப் பிரதியிட்டால் கிடைப்பது

$$K_c = \frac{0{\cdot}0247 \times 0{\cdot}0247}{0\ 0096}$$

$= 6{\cdot}4 \times 10^{-2}$ மோல்/லிட்டர்

$= 6{\cdot}4 \times 10^{-2}$ மோல்/லிட்டர்$^{-1}$

இருப்பினும் K_c ன் அலகினை நீக்கிவிட்டு வெற்று எண்ணாக எழுதுவது வழக்கம். இதன்படி,

$$K_c = 6{\cdot}4 \times 10^{-2}$$

(2) 75% H_2, 25% N_2 ஆகிய இரண்டும் உள்ள கலவை 400°C வெப்ப நிலையில், 10 வளி அழுத்தத்தில் சமநிலை எய்தும்படி செய்யப்பட்டது.

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

சமநிலையில், கலவையில் 3·9% அம்மோனியா இருப்பது கண்டறியப்பட்டது. K_pன் மதிப்பைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

(i) மொத்த அழுத்தம் :

$$\text{மொத்த அழுத்தம்} = pNH_3 + pN_2 + pH_2$$
$$= 10 \text{ வளி அழுத்தம்.}$$

(ii) வாயுக்களின் பகுதி அழுத்தங்கள்:

அம்மோனியாவின் அளவு = 3·9%

∴ pNH_3 = மொத்த அழுத்தத்தில் 3·9

$$= \frac{3 \cdot 9}{100} \times 10 \text{ வளி அழுத்தம்}$$
$$= 0 \cdot 39 \text{ வளி அழுத்தம்}$$

∴ $pN_2 + pH_2 = 10$ வளி அழுத்தம்—0.39 வளி அழுத்தம்
$= 9 \cdot 61$வளி அழுத்தம்.

கலவையில் H_2, N_2, ஆகியன 3:1 விகிதத்தில் உள்ளன. எனவே

$pH_2 = \frac{3}{4} \times 9 \cdot 61 = 7 \cdot 21$ வளி அழுத்தம்

$pN_2 = \frac{1}{4} \times 9 \cdot 61 = 2 \cdot 40$ வளி அழுத்தம்.

(iii) சமநிலை மாறிலி:

வரையறைப்படி சமநிலை மாறிலி

$$K_p = \frac{P^2 \; NH_3}{PN_2 \times P^3H_2}$$

வாயுக்களின் பகுதி அழுத்தங்களைப் பிரதியிட்டால்,

$$K_p = \frac{(0 \cdot 39 \text{ வளி அழுத்தம்})^2}{(2 \cdot 4 \text{ வளி அழுத்தம்}) \; (7 \cdot 21 \text{ வளி அழுத்தம்})^3}$$

$$= \left(\frac{0 \cdot 39^2}{2 \cdot 4 \times 7 \cdot 21^3}\right) \left(\frac{\text{வளி அழுத்தம்}^2}{\text{வளி அழுத்தம்}^4}\right)$$

$$= 1 \cdot 7 \times 10^{-4} \text{ வளி அழுத்தம்}^{-2}$$

சமநிலை மாறிலியின் அலகினை விட்டுவிட்டு மாறிலியை இயம்புவது வழக்கம். எனவே,

$K_p = 1{\cdot}7 \times 10^{-4}$

(3) 250°C வெப்ப நிலையில் கீழ்க்காணும் வினையின் சமநிலை மாறிலி, K_c ன் மதிப்பு $4{\cdot}14 \times 10^{-2}$

$$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g).$$

K_p யின் மதிப்பைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

K_p, K_c ஆகியன கீழ்க்காணும் சமன்பாடில் தொடர்புடையன.

$K_p = K_c\ (RT)^{\triangle n}$

இதில் $K_c = 4{\cdot}14 \times 10^{-2}$

$R =$ வாயு மாறிலி

$= 0{\cdot}0820$ லிட்டர் வளி அழுத்தம்$^{-1}$ டிகிரி$^{-1}$ மோல்$^{-1}$

$T =$ வெப்ப நிலை $= 250°C = 523K$

$\triangle n = 2 - 1 = 1.$

எனவே,

$$K_p = [4{\cdot}14 \times 10^{-2}]\ [0{\cdot}0820 \times 523]^1$$
$$= 1{\cdot}78$$

வேதிச் சமநிலைகளுக்கு பொருண்மைத் தாக்க விதியைப் பயன்படுத்தல்

வேதிச் சம நிலைகளுக்கு பொருண்மை தாக்க விதியைப் பயன் படுத்தலாம். இதனைப் பின்வரும் எடுத்துக்காட்டுகள் விளங்கு கின்றன.

(1) அம்மோனியா தொகுப்பு

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

இந்தச் சமநிலைக்கு பொருண்மை தாக்க விதியைப் பயன் படுத்தின் கிடைப்பது,

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]\ [H_2]^3} \qquad ...(17)$$

தொடக்கத்தில் V பருமனில் 1 மோல் நைட்ரஜனும் 3 மோல்கள் ஹைட்ரஜனும் இருப்பதாகவும், அவற்றில் x மோல்கள் நைட்ரஜன், 3x மோல்கள் ஹைட்ரஜனுடன் இணைந்து 2x மோல்கள் சமநிலையில் உருவானதாகவும் கொள்க. இப்போது, சமநிலையில் உள்ள ஒவ்வொரு பொருளின் மோல்களின் எண்ணிக்கையைக் கீழ்காணுமாறு குறிக்கலாம்.

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

$$(1-x) \quad (3\text{-}3x) \qquad 2x$$

எனவே, சமநிலையில் உள்ள பொருள்களின் செறிவுகள் கீழ்க்காண்பனவாகும்.

$$[N_2] = \frac{1-x}{V}$$

$$(H_2) = \frac{3-3x}{V}$$

$$(NH_3) = \frac{2x}{V}$$

இந்த மதிப்புகளைச் சமன்பாடு 17-ல் பிரதியிட்டால் கிடைப்பது.

$$K_c = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\left(\frac{(1-x}{V}\right)\left(\frac{3-3x}{V}\right)^3}$$

$$= \frac{\left(\frac{4x^2}{V^2}\right)}{\frac{27\,(1-x)\quad(1-x)^3}{V^4}}$$

$$= \frac{4x^2\ V^2}{27\,(1-x)} \qquad \dots (18)$$

இதற்கு பதிலாக, சமநிலை மாறிலி K_p யை கீழ்க்காணும்படிக் கணக்கிடலாம். நாம் மேலே கண்டபடிச் சமநிலையில் உள்ள பொருள் ஒவ்வொன்றின் மோல்கள் எண்ணிக்கையைப் பின்வருமாறு குறிக்கலாம்.

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$
$$(1 - x) \quad (3 - 3x) \qquad 2x$$

எனவே சமநிலையில் உள்ள மொத்த மோல்களின் எண்ணிக்கை.

$$(1 - x) + (3 - 3x) + (2x) = 4 - 2x$$

கலவையின் மொத்த அழுத்தம் P என்க. இதனால் சமநிலையில் உள்ள வெவ்வேறு பொருள்களின் பகுதி அழுத்தங்கள் கீழ்க்காண்பன.

$$p\,N_2 = \frac{(1 - x)}{(4 - 2x)} \times P$$

$$p\,H_2 = \frac{(3 - 3x)}{(4 - 2x)} \times P$$

$$p\,NH_3 = \frac{(2x)}{(4 - 2x)} \times P$$

வரையறைப்படி $K_p = \left[\dfrac{P^2\,NH_3}{PN_2 \, . \, P^3H_2} \right]$

எனவே, இந்தச் சமன்பாட்டில் மேலே கணக்கிடப்பட்ட பகுதி அழுத்தங்களைப் பிரதியிட்டால் கிடைப்பது.

$$\frac{\left(\dfrac{2x}{4-2x}\right)^2 P^2}{\left(\dfrac{1-x}{4-2x}\right) P \left(\dfrac{3-3x}{4-2x}\right)^3 P^3}$$

$$\frac{4x^2\,(4-2x)^2}{(1-x)^4\;27\;P^2} \qquad \ldots(19)$$

வேதிச் சமநிலையின் மீது வெவ்வேறு காரணிகள் ஏற்படும் விளைவுகளை இப்போது, அம்மோனியா தொகுப்பை எடுத்துக் காட்டாகக் கொண்டு ஆய்வோம்.

(அ) அழுத்தத்தால் விளைவு

சமன்பாடு (19) K_p யின் மதிப்பிற்கானச் சமன்பாடு. இதன் பகுதியில் (denominator) அழுத்தம் (P) இடம் பெற்றுள்ளது. எனவே, அழுத்தம் அதிகரிப்பின் K_p யின் மதிப்பு குறையும். ஆனால் K_p மாறா மதிப்புடையது. எனவே, அழுத்த அதிகரிப்பால் K_p யின் மதிப்பு குறைய இயலாது. அழுத்தம் அதிகரிப்பின் 'x'ன் மதிப்பு அதிகரிக்கிறது. அதாவது, அதிக அளவு N_2, H_2 ஆகியன இயைந்து அதிக அளவு NH_3 உருவாகின்றன. எனவே, இதிலிருந்து விளையும் அம்மோனியாவின் அளவு, அழுத்தத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது என்று முடிவு செய்யலாம். இந்த முடிவு ஆய்வினால் உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது.

(ஆ) செறிவால் விளைவு

சமநிலையில் உள்ள கலவையுடன் நைட்ரஜன் அல்லது ஹைட்ரஜன் ஆகிய இரண்டு வினைபடு பொருள்களில் ஏதேனும் ஒன்றைச் சேர்த்து, அதன் செறிவினை அதிகரிப்பின் சமநிலை மாறிலி, K_c, குறைய வேண்டும். (சமன்பாடு 17ஐக்காண்க). ஆனால் K_c ன் மதிப்பு மாறாதது. எனவே NH_3 அதிகரித்து K_c யின் மதிப்பை மாறாது பாதுகாக்கிறது. இப்படி N_2 அல்லது H_2வை அதிக அளவில் சேர்ப்பது, அம்மோனியா உருவாதலை அதிகரிக்கிறது. அதாவது, நைட்ரஜன், ஹைட்ரஜன் ஆகியன அதிக அளவில் இயைகின்றன.

(இ) வெப்ப நிலையால் விளைவு

இந்த வினையில் நைட்ரஜனும் ஹைட்ரஜனும் இயைந்து அம்மோனியா உருவாகும் போது வெப்பம் உமிழப்படுகிறது. அம்மோனியா சிதைந்து நைட்ரஜன், ஹைட்ரஜன் ஆகியன உருவாகும் போது அதற்குச் சமமான அளவுள்ள வெப்பம் உறிஞ்சப்படுகிறது. எனவே அமைப்பு, சமநிலையில் இருக்கும் போது, வெப்ப மாற்றம் எதுவும் ஏற்படுவதில்லை. இருப்பினும் வெப்பநிலை அதிகரிப்பு வினைவேகத்தை அதிகரிப்பினும் அம்மோனியா சிதையும் பின்னோக்கு வினைக்குச் சாதகமாக அமைகிறது. காரணம் இந்த வினை வெப்பத்தை ஏற்பதாகும்.

(ஈ) வினை வேக மாற்றியால் விளைவு

சமநிலையில் உள்ள ஓர் அமைப்பில் இடப்படும் ஒரு வினை வேகமாற்றி (Catalyst) முன்னோக்கு, பின்னோக்கு வினைகளின் வீதத்தை ஒரே அளவிற்கு அதிகரிக்கிறது. எனவே, ஒரு வினை வேக மாற்றி சமநிலையில் உள்ள வினைபடுபொருள்கள், வினை விளைபொருள்கள் ஆகியவற்றின் ஒப்பீடு அளவுகளை (Relative amounts) மாற்றுவதில்லை. இதனால், சமநிலை மாறிலியின் எண் மதிப்பு மாறுவதில்லை. இருப்பினும் ஒரு வினைவேகமாற்றி குறை வெப்ப நிலையிலும் சமநிலை எய்தப் படுவதற்குத் தேவை யான காலத்தை வெகுவாகக் குறைக்கிறது.

(2) ஹைட்ரஜன் அயோடைடு தொகுப்பு

$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

இதற்கு பொருண்மை தாக்கவிதியைப் பயன்படுத்தின் கிடைப்பது,

$$K_c = \left[\frac{[HI_2]}{[H_2]\ [I_2]} \right] \qquad ...(20)$$

தொடக்கத்தில் V லிட்டரில் a மோல்கள் ஹைட்ரஜனும் b மோல்கள் அயோடினும் இருந்ததாகவும், அவற்றில் ஒவ்வொன் றிலும் x மோல்கள் இணைந்து சமநிலையில் 2x மோல்கள் ஹைட்ரஜன் அயோடைடு உருவானதாகவும் கொண்டால், சமநிலையில் உள்ள ஒவ்வொரு பொருளின் மோல்கள் எண்ணிக் கையைக் கீழ்க்காணும்படிக் குறிக்கலாம்.

$$\begin{array}{cccc} H_2 & + \quad I_2 & \rightleftharpoons & 2HI \\ (a-x) & (b-x) & & 2x \end{array}$$

எனவே, சமநிலையில், பொருள்களின் செறிவுகள் கீழ்க் காண்பனவாகும்.

$$[H_2] = \frac{a-x}{V}$$

$$[I_2] = \frac{b-x}{V}$$

$$[HI] = \frac{2x}{V}$$

இவற்றை, சமன்பாடு 20-ல் பிரதியிட்டால் கிடைப்பது,

$$K_c = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\left(\frac{a-x}{V}\right)\left(\frac{b-x}{V}\right)}$$

$$= \frac{4x^2}{(a-x)(b-x)} \qquad ...(21)$$

மாறாக, மோலார் செறிவுகளுக்குப்பதிலாக, பகுதி அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்திச் சமநிலை மாறிலியை இயம்பலாம். சம நிலையில் உள்ள H_2, I_2, HI ஆகியவற்றின் மோல்கள் எண்ணிக்கை முறையே (a–x), (b–x), 2x ஆகும். எனவே, சம நிலையில் உள்ள மொத்த மோல்களின் எண்ணிக்கை,

$$(a-x) + (b-x) + 2x = a + b$$

மொத்த அழுத்தம் P எனின், சம நிலையில் பொருள்களின் பகுதி அழுத்தங்கள் கீழ்க் காண்பன.

$$P_{H_2} = \left(\frac{a-x}{a+b}\right) \times P$$

$$P_{I_2} = \left(\frac{b-x}{a+b}\right) \times P$$

$$P_{HI} = \left(\frac{2x}{a+b}\right) \times P$$

பொருண்மை தாக்க விதியைப் பயன்படுத்தின்,

$$Kp = \frac{P^2_{HI}}{P_{H_2}\, P_{I_2}}$$

$$Kp = \frac{(2xP)^2}{(a-x)P \times (b-x)P}$$

$$Kp = \frac{\left(\frac{2 \times P}{a+b}\right)^2}{\left(\frac{a-x}{a+b}\right) P \times \left(\frac{b-x}{a+b}\right) P}$$

$$Kp = \frac{4x^2}{(a-x)\ (b-x)} \quad \ldots(22)$$

இந்த வேதிச் சம நிலையில் பல்வேறு காரணிகளால் ஏற்படும் விளைவுகளை, (21), (22) சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்தி விளக்கலாம்.

(அ) அழுத்தத்தால் விளைவு

சம நிலை மாறிலிகளுக்கான (K_p, K_c) சமன்பாடு (21, 22) களில் அழுத்தமோ அல்லது பருமனோ இடம்பெறவில்லை. எனவே சமநிலை மாறிலிகள் அழுத்தம், பருமன் ஆகியவற்றைப் பொறுத்து அமைவதில்லை. இதனால் அழுத்தத்தில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு அல்லது குறைவால் சம நிலையின் இடம் சிறிதும் மாறுவதில்லை.

(ஆ) செறிவால் விளைவு

ஹைட்ரஜன் அல்லது அயோடினை சம நிலைக் கலவையுடன் சேர்ப்பின் சமன்பாடு 20-ன் தொகுதியின் மதிப்பு அதிகரிக்கிறது. இதனை ஈடு செய்வது K_C-யின் மதிப்பு மாறாது கலக்கும் வகையில் பகுதியின் மதிப்பு அதிகரிக்கிறது. அதாவது HI மதிப்பு உயர்கிறது; அதிக HI உருவாகிறது.

(இ) வினைவேக மாற்றியால் விளைவு

முன்பு குறிப்பிட்டது போன்று, சம நிலைக் கலவையுடன் சேர்க்கப்படும் வினைவேக மாற்றி முன்னோக்கு வினை,

பின்னோக்கு வினை ஆகிய இரண்டையும் ஒரே அளவிற்கு பாதிப்பதால் சமநிலையை அது சிறிதும் பாதிப்பதில்லை.

கணக்கு

(1) 10 மோல்கள் அளவுள்ள HBr ஒரு 2 லிட்டர் குடுவையில் இடப்பட்டு 1025°C வெப்பநிலைக்கு சூடாக்கப்பட்டது. இதனால் கீழ்க்காணும் சமநிலை எய்தப்பட்டது.

$$2HBr(g) \rightleftharpoons H_2(g) + Br_2(g)$$

இந்த வெப்ப நிலையில் சமநிலை மாறிலியின் மதிப்பு $7{\cdot}32 \times 10^{-6}$ என்றால், சமநிலையில் உள்ள கலவையில் இருக்கும் H_2, Br_2 ஆகியவற்றின் செறிவுகள் யாவை?

தீர்வு

(i) வரையறைப்படி சமநிலைமாறிலி

$$K_c = \frac{[H_2]\,[Br_2]}{[HBr]^2}$$

$$= 7.32 \times 10^{-6}$$

(ii) பொருள்களின் தொடக்கச் செறிவு

$$[HBr] = \frac{10 \text{ மோல்கள்}}{2 \text{ லிட்டர்}}$$

$$= 5 \text{ மோல்கள், லிட்டர்}^{-1}.$$

$$[H_2] = 0$$

$$[Br_2] = 0.$$

(iii) சமநிலையில் பொருள்களின் செறிவு

ஒவ்வொன்றும் x மோல்கள் அளவுள்ள H_2, Br_2 ஆகியன உருவானதாகக் கொள்க. இப்போது, சமநிலையில் பொருள்களின் செறிவுகள் கீழ்க்காண்பன ஆகும்.

$$(HBr) = 5{\cdot}0 - 2x \text{ மோல்கள் லிட்டர}^{-1}$$

$$(H_2) = x \text{ மோல்கள் லிட்டர்}^{-1}$$

$$(Br_2) = x \text{ மோல்கள் லிட்டர்}^{-1}.$$

(iv) சமநிலை மாறிலி

மேற்கண்ட சமநிலைச் செறிவுகளை சமநிலை மாறிலிக்கான சமன்பாட்டில் பிரதியிட்டால் கிடைப்பது.

$$K_c = \frac{x \times x}{(5-2x)^2}$$

$$= 7{\cdot}32 \times 10^{-6}$$

$$\therefore \frac{x}{5-2x} = \left(7{\cdot}32 \times 10^{-6}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2{\cdot}71 \times 10^{-3}$$

$\therefore$ x = 0 0135 மோல்கள் லிட்டர்$^{-1}$

எனவே H_2, Br_2 ஆகியவற்றின் சமநிலைச் செறிவுகள் கீழ்க் காண்பனவாகும்.

(H_2) = 0·0135 மோல் லிட்டர்$^{-1}$

(Br_2) = 0·0135 மோல் லிட்டர்$^{-1}$

லீ சாட்லியர்-பிரான் தத்துவம்

H. L. லீ சாட்லியர் என்ற அறிஞர் சமநிலைகளின் மீது அழுத்தம், வெப்ப நிலை, செறிவு போன்ற வெப்ப இயக்க மாறிலிகளால் (Thermo dynamic Variables) ஏற்படும் விளைவுகளை ஆராய்ந்தார். 1888-ஆண்டு தனது ஆய்வின் முடிவுகளை தொகுத்து ஒரு முடிவினை பெற்றார். அம் முடிவு இன்று லீ சாட்லியர் தத்துவம் அல்லது லீ சாட்லியர்-பிரான் தத்துவம் எனப்படுகிறது. இது கீழ்க்காண்பதாகும்.

"ஓர் அமைப்பு சமநிலையில் இருந்து அதன் மீது ஒரு தகவு (constraint) ஏற்படுத்தப்படின், அத்தகவினை நீக்கும் (annul) வகையில் அந்த அமைப்பு தன்னைச் சரிசெய்து கொள்ளும்."

இந்த தத்துவத்தைப் பொதுவாக வேதிச் சமநிலைகளைக்குப் பயன்படுத்தலாம். இதற்கென தத்துவத்தின் வாசகத்தைப் பின் வருமாறு இயம்பின், அதன் பொருள் தெளிவாகும்.

"ஓர் அமைப்பு சமநிலையில் இருந்து அழுத்தம், வெப்பநிலை அல்லது ஒரு பொருளின் செறிவு போன்ற காரணிகளில் ஏதேனும் ஒன்று மாற்றப்படின், அந்த மாற்றத்தை எதிர்க்கும் அல்லது நீக்கும் வகையில் அந்த அமைப்பு மாறி அமையும்."

எடுத்துக்காட்டாக, கீழ்க்காணும் ஒரு பொதுவான வேதி வினையைக் கருதுவோம். அதில் லீ சாட்லியர் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்துவோம்.

$$A + 2B \rightleftharpoons C + D$$

A	2B	C	D
1	2	1	1
பருமன்	பருமன்	பருமன்	பருமன்

(அ) அழுத்த மாற்றம்

அமைப்பு இப்போது சமநிலையில் உள்ளது. இந்த மீள் வினையில் மூன்று பருமன் அளவுள்ள வினைபடு பொருள்கள் இரண்டு பருமன் அளவுள்ள வினைவிளை பொருள்களையே உருவாக்குகின்றன. எனவே, வினை இடமிருந்து வலமாக நிகழ்கையில் பருமன் குறைகிறது. எனவே, லீசாட்லியர் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி அழுத்த அதிகரிப்பால் இந்த அமைப்பில் ஏற்படும் விளைவு பற்றி அனுமானிக்கலாம் (Predict). அமைப்பின் மீதான அழுத்தம் அதிகரிப்பதாகக் கொள்க. இதனை பருமனில் ஏற்படும் குறைவு ஈடுசெய்யும் திறனுள்ளது. எனவே, இப்போது வினை, பருமன் குறையும் திசையான வலது பக்கம் நோக்கி நிகழ்கிறது. இது சமநிலையை வலபுறமாக இடம் பெயரச் செய்கிறது. மாறாக, அமைப்பின் மீதான அழுத்தம், குறைக்கப்படுவதாகக் கொள்க. இதனை பருமனில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு ஈடுசெய்யும் திறனுடையது. எனவே இப்போது வினை, பருமன் அதிகரிக்கும் திசையான இடதுபக்கம் நோக்கி நிகழ்கிறது. இது சமநிலையை இடதுபக்கமாக இடம் பெயரச்செய்கிறது. இவ்வாறு, அதிக அழுத்தம் C, D ஆகியவை உருவாவதற்கும், குறைந்த அழுத்தம் இதற்கு எதிரான விளைவு ஏற்படவும் சாதகமாக உள்ளன.

(ஆ) வெப்ப நிலை மாற்றம்

முன்னோக்கு வினை, வெப்பம் உமிழ்வினை (Exothermic reaction) என்றும், பின்னோக்கு வினை வெப்பம் கொள்வினை (Endothermic reaction) என்றும் கொள்க.

அதாவது,

$$A + 2B \underset{\text{வெப்பம் கொள்}}{\overset{\text{வெப்பம் உமிழ்}}{\rightleftharpoons}} C + D$$

இந்த அமைப்பு சமநிலையில் உள்ளது இப்போது, வெப்பநிலை உயர்த்தப் படுவதாகக் கொள்க. இப்போது வெப்பத்தை ஏற்கும் வினையை, அதாவது வெப்பம் கொள்வினையை, தூண்டி அமைப்பு வெப்பநிலை அதிகரிப்பை நீக்கும் அல்லது ஈடுசெய்ய முயலும். இது சமநிலையை இடபுறமாக இடம் பெயரச் செய்து A, B ஆகியவற்றின் அளவுகளை அதிகரிக்கிறது. மாறாக் வெப்பநிலை குறைப்பு முன்னர் குறிப்பிட்ட காரணங்களால் முன்னோக்கு வினைக்குச் சாதகமாக அமைகிறது. இவ்வாறு C, D ஆகியவற்றின் அளவுகள் அதிகரிக்கின்றன.

(இ) செறிவு மாற்றங்கள்

சமநிலைக் கலவையில் இருந்து C அல்லது D பகுதியோ அல்லது முழுவதுமோ நீக்கப் படுவதாகக் கொள்க. இது சமநிலையில் உள்ள அமைப்பை பாதிக்கிறது. லீ சாட்லியர் தத்துவம் குறிப்பிட்டப்படி இந்த மாற்றத்தின் விளைவாக அமைப்பு அதிக அளவுள்ள C, D ஆகியவற்றை உருவாக்கி, சமநிலையை வலப்புறமாக நகர்த்தி D யின் செறிவில் ஏற்படும் குறைப்பை எதிர்க்கிறது.

லீ சாட்லியர் தத்துவத்தின் பயன்கள்

மேற்கண்ட கருத்துகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு நாம் இரண்டு முடிவுகளை உருவாக்கலாம். அவை

(i) சமநிலையில் உள்ள ஓர் அமைப்பில் ஏற்படும் அழுத்த அதிகரிப்பு, பருமன் குறையும் வகையில் நிகழும் வினைக்குச் சாதகமாக அமைகிறது. மாறாக ஏற்படும் அழுத்தக்குறைப்பு பருமன் மிகும் வகையில் நிகழும் வினைக்குச் சாதகமாக அமைகிறது.

(ii) சமநிலையில் உள்ள ஓர் அமைப்பின் வெப்ப நிலையில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு, வெப்பம் கொள் வினைக்குச் சாதகமாகவும் வெப்பநிலை தாழ்வு, வெப்பம் உமிழ் வினைக்குச் சாதகமாகவும் அமைகிறது.

லீ சாட்லியர் தத்துவம், ஒரு வினையில் விளையும் ஒரு பொருள் மீப்பெரும் அளவில் கிடைப்பதற்குரிய படிநிலைகளைப் (Conditions) பற்றி இயம்புகிறது. இவ்வாறு படிநிலைகளைப் பற்றி அனுமானித்துக் கூறுவதற்கான தகுதி லீசாட்லியர் தத்துவத்திற்கு உள்ளது என்பதை மேற்கண்ட இரண்டு முடிவுகளைப் பின்வரும் இரண்டு மீள்வினைகளுக்கும் பயன்படுத்தி சித்தரிக்கலாம்.

1. அம்மோனியா தொகுப்பு

$$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+21{\cdot}8 \text{ கிலோ கலோரி.}$$

இந்த மீள்வினையில் ஈடுபடும் அனைத்துப் பொருள்களும் (N_2, H_2, NH_3) வாயுக்கள். இச்சமன்பாட்டின்படி, ஒரு பருமன் நைட்ரஜன், மூன்று பருமன் ஹைட்ரஜனுடன் கூடி, இரண்டு பருமன்கள் அம்மோனியாவை உண்டாக்குகிறது. இதிலிருந்து நான்கு பருமனுள்ள வினைபடு பொருள்கள் இரண்டு பருமனுள்ள விளை பொருள்களை உண்டாக்குகின்றன என்பதும், வினை இடமிருந்து வலமாக நிகழ்கையில் பருமன் குறைகிறது என்பதும் தெரிகிறது. எனவே அதிக அழுத்தம் இடமிருந்து வலமாக நிகழும் வினைக்கு சாதகமாக உள்ளது. அதாவது அதிக அம்மோனியா உருவாக சாதகமாக உள்ளது.

மீள்வினையில் N_2, H_2 ஆகியன இணைந்து அம்மோனியா உருவாகும் வினை, வெப்பம் உமிழ் வினையாகும். மாறாக அம்மோனியா, சிதைந்து நைட்ரஜன், ஹைட்ரஜன் ஆகியன உருவாகும் வினை வெப்பம்கொள் வினையாகும். ஆகையால் வெப்ப நிலையில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு பின்னோக்கு வினைக்கும், வெப்பநிலையில் ஏற்படும் குறைப்பு முன்னோக்கும் வினைக்கும் சாதகமாக அமைகின்றன. எனவே மிக அதிக அளவு அம்மோனியா வினையில் விளைவதற்குத் தேவையான படிநிலைகள் அதிக அழுத்தமும், குறைந்த வெப்பநிலையும் என்று முடிவாகிறது. இருப்பினும் தொழிற்சாலைகளில் அம்மோனியாவை பேரளவில் தயாரிக்கும் போது ஒரு மிதமான வெப்பநிலை (500°C) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதற்குக் காரணம், குறைந்த வெப்பநிலையில் நைட்ரஜன், ஹைட்ரஜன் ஆகிய இரண்டும் மெதுவாக இணைகின்றன. வினைவேக மாற்றியை பயன்படுத்தினால் இவ்வினை வேகமாக நிகழ்கிறது. எனவே, அதிக விளைபொருள்,

குறைந்த நேரம் இரண்டையும் ஒருங்கே பெற வினைவேக மாற்றியுடன் 500°C வெப்பநிலை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

2 சல்பர் டிரை ஆக்சைடு தொகுப்பு

$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 47 \text{ கி. கலோரி.}$$

இந்த வினையிலும் பருமன் குறைகிறது. அதாவது 3 மோல்கள் வினைபடுபொருள்கள் 2 மோல்கள் வினைவிளை பொருள்களை மட்டுமே உருவாக்குகின்றன. எனவே அதிக அழுத்தத்தை ஏற்படுத்தின் அது சமநிலையை வலதுபுறமாக நகர்த்தும். இதனை வேறுவிதமாக குறிப்பின், அதிக அழுத்தம் SO_3 உருவாகச் சாதகமாக இருக்கும்.

இந்த மீள்வினையில் முன்னோக்கு வினை வெப்பம் உமிழ் வினையாகும், பின்னோக்கு வினை வெப்பங்கொள் வினையாகும். எனவே, மிகுந்த வெப்பநிலை வெப்பங்கொள் வினையையும் அதாவது SO_3 சிதைவதையும், குறைந்த வெப்பநிலை இடமிருந்து வலமாக நிகழும் வெப்பம் உமிழ் வினையையும் அதாவது SO_3 உருவாவதையும் அதிகரிக்கின்றன.

சமநிலையில் உள்ள அமைப்பின் மிகுதியான ஆக்ஸிஜனைச் சேர்ப்பின் அது சமநிலையை வலதுபுறமாக இடம்பெயரச் செய்கிறது. அதாவது இது SO_3 உருவாகச் சாதகமாக அமைகிறது. இவ்வாறு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுள்ள சல்பர்-டை-ஆக்ஸைடிலிருந்து இயன்ற அளவு மிக அதிகமான SO_3 உருவாவதற்குச் சாதகமான படிநிலைகள் அதிக அழுத்தம், குறைந்த வெப்பநிலை, மிகுந்த ஆக்ஸிஜன் ஆகியனவாகும். ஆனால் பேரளவில் அம்மோனியா தயாரிக்கும் முறையில் பயன்படுத்தியது போன்று ஏறத்தாழ 500°C வெப்பநிலையும், வினைவேக மாற்றியும் அதே காரணங்களுக்காக, பேரளவில் SO_3 தயாரிக்கும்போதும் பயன்படுகிறது.

வினாக்கள்

பகுதி A

(1) 10 வளி அழுத்தத்திலும் 0°C வெப்பநிலையிலும் உள்ள ஒரு வாயுவின் மோலார் செறிவு என்ன? (விடை = 0·4467)

(2) 10 கி. ஹைட்ரஜன் வாயு ஒரு லிட்டர் குடுவையில் இருக்கும் போது அதன் மோலார் செறிவு என்ன?

(விடை = 5 மோல் லிட்டர்$^{-1}$)

(3) வேதிச் சமநிலை ஏன் இயங்குச் சம நிலை (dynamic equilibrium) என்று குறிக்கப்படுகிறது?

(4) கீழ்க்காணும் சமநிலைகளுக்கான சமநிலை மாறிலி K_C-க்கான சமன்பாடுகளைத் தருக.

$$Cl_2 + 2HBr \rightleftharpoons 2HCl + Br_2$$

$$3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$$

(5) லீ சாட்லியர் தத்துவத்தைக் கூறுக.

(6) செயல்படு பொருண்மை என்றால் என்ன?

(7) சம நிலை மாறிலிகள் K_C, K_p ஆகியவற்றிற்கு இடையேயான தொடர்பினை எழுதுக.

(8) ஒரு வாயுக் கலவையில் A என்னும் வாயு 6·0% உள்ளது. வாயுக்கலவையின் மொத்த அழுத்தம் 5 வளி அழுத்தம் என்றால் வாயு A-ன் பகுதி அழுத்தம் என்ன?

(விடை 0·3 வளி அழுத்தம்)

(9) பொருண்மை தாக்க விதியைக் கூறுக.

(10) சமநிலை மாறிலிகளின் அலகுகள் யாவை?

பகுதி B

(1) மீள் வேதி வினைகள் யாவை? எடுத்துக்காட்டுகள் தருக. வேதிச் சம நிலை எவ்வாறு எய்தப்படுகிறது என்பதைக் காட்டுக.

(2) சம நிலை மாறிலிகள் K_C, K_p ஆகியவற்றிற்கு இடையேயான தொடர்பினை வருவி.

(3) பொருண்மை தாக்க விதியைக் கூறி, கீழ்க்காணும் மீள் வினைக்கான சமநிலை மாறிலியை பகுதி அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்திப் பெறுக.

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$$

(4) கீழ்க்காணும் மீள் வினைக்கான சம நிலை மாறிலியை செறிவுகளைப் பயன்படுத்திப் பெறுக.

$$mA + nB + pC \rightleftharpoons xD + yE$$

(5) சம நிலைகளில் வினைவேக மாற்றிகளால் ஏற்படும் விளைவுகளை விவரிக்க.

(6) வெப்பங்கொள் மீள் வினைகள் எவ்வாறு வெப்ப நிலை வேறுபாடுகளால் பாதிக்கப்படுகின்றன ?

(7) மூன்று வேறுபட்ட வினைகளின் சமநிலை மாறிலிகள் $1{\cdot}3\times10^{-1}$, $2{\cdot}6\times10^{-21}$, $4{\cdot}7\times10^{-6}$ ஆகும். இந்த வினைகள் ஒவ்வொன்றும் பின்வரும் சமன்பாட்டில் குறிக்கப்படலாம் என்று கொண்டால்,

$$A+B \rightleftharpoons C+D$$

எந்த வினையில் சம நிலைக் கலவை பெரிதும் இரண்டு பொருள்களைக் கொண்டதாக இருக்கும் ?

(விடை $= 1{\cdot}3\times10^{-1}$)

(8) கந்தக டை ஆக்ஸைடை கந்தக டிரை ஆக்ஸைடாக ஆக்ஜினேற்றம் செய்ய பிளாட்டினம் வினைவேக மாற்றியாக செயல்படுகிறது.

$$2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$$

தொடக்கத்தில் 600°C வெப்ப நிலையில் SO_2, O_2 இருந்ததாகவும், சமநிலை எய்திய பின் சிறிதளவு பிளாட்டினம் சேர்க்கப்பட்டு, அதே வெப்ப நிலையில் வைத்துக் காக்கப் பட்டதாகவும் கொள்க. பிளாட்டினம் சேர்க்கப்பட்டதால் சமநிலைக் கலவையில் உள்ள பொருள்களின் ஒப்புச் செறிவில் ஏற்படும் மாற்றம் என்ன ? சமநிலை மாறிலியில் ஏற்படும் மாற்றம் என்ன ? ஆக்ஸிஜனேற்ற வீதத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் என்ன ? சிதைவின் (dissociation) வீதத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் என்ன ?

பகுதி C

(1) லீ சாட்லியர் தத்துவம் என்ன ?

$$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+22 \text{ கி. கலோரி}$$

என்ற சமநிலையில் (அ) வெப்பநிலை (ஆ) அழுத்தம் ஆகிய வற்றால் ஏற்படும் விளைவுகளைக் கணிக்க அதனை எவ்வாறு பயன்படுத்தலாம்?

(2) 600°C, வெப்ப நிலையில் கீழ்க்காணும் வினையைக் கருதுக.

$$N_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

தொடக்கத்தில் 4·0 மோல்கள் அம்மோனியா ஒரு லிட்டர் குடுவையில் செலுத்தப்பட்டது. சமநிலையில் 3·0 மோல்கள் ஹைட்ரஜன் குடுவையில் காணப்பட்டது. சமநிலை மாறிலியைக் (K_c) கணக்கிடுக. [விடை K_c = 6·75]

(3) ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில், கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டின்படி HI 25% பிரிகையுற்றது என்றால் (அ) ஒரு லிட்டர் கலனில் 10 மோல்கள் HI-யை இட்டு தொடங்கினால் சமநிலையில் HI, H_2, I_2, ஆகியவற்றின் செறிவுகளைக் கணக்கிடுக. (ஆ) சமநிலை மாறிலியின் மதிப்பினைக் கணக்கிடுக.

[விடை : (அ) + 1·25 மோல்கள்
(ஆ) $2{\cdot}5 \times 10^{-1}$

(4) 457·8 K வெப்பநிலையில் H_2, I_2, HI ஆகியனவுள்ள சமநிலைக் கலவையில் ஒவ்வொன்றின் செறிவுகள் (மோல்கள். லிட்டர் அலகில்) கீழ்க்காண்பன.

H_2 : 0·0037687
I_2 : 0·0015238
HI : 0·016871

சமநிலை மாறிலி K_c யைக் கணக்கிடுக, K_c மதிப்பு இந்த அமைப்பின் K_p க்குச் சமமா? ஏன்?

(5) கீழ்க்காணும் சமநிலை அமைப்புகளில் வெப்பநிலை உயர்வு அழுத்த அதிகரிப்பு ஆகியவற்றால் ஏற்படும் விளைவு யாது? இந்த சமநிலைகளில் நிலவும் அனைத்து வினைபடு, வினை விளை பொருள்களும் ஆவிநிலையில் உள்ளன என்க.

(அ) $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$ $\Delta H = -17{\cdot}3$ கி. கலோரி
(ஆ) $CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH$ $\Delta H = -21{\cdot}7$ கி. கலோரி
(இ) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ $\Delta H = -13{\cdot}9$ கி. கலோரி

(6) (அ) லீ சாட்லியர் தத்துவத்தைக் கூறுக.

(ஆ) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

என்ற வேதிச் சமநிலை மீது கீழ்க்காண்பவற்றால் ஏற்படும் விளைவுகளை விளக்குக.

(i) வெப்பநிலை உயர்வு
(ii) அழுத்த அதிகரிப்பு
(iii) அதிக செறிவுள்ள H_2
(iv) அதிக N_2 செறிவு.
(v) வினைவேக மாற்றி.

அத்தியாயம் 4

வேதிவினை வேக இயல்

(CHEMICAL KINETICS)

முந்திய அத்தியாயத்தில் பொருண்மைதாக்க விதி, சமநிலை மாறிலி ஆகியவை பற்றி முக்கிய கருத்துக்களைக் கண்டோம். வேதி வினை வேக இயல் அடிப்படையிலும் சமநிலை என்பதை எடுத்துரைக்கலாம். எந்நிலையில் முன்வினையின் வேகமும், திரும்பு வினையின் வேகமும் சமமாய் இருக்கின்றதோ அந் நிலையைச் சமநிலை என்கிறோம். வேதிவினைவேக இயலின் அடிப்படைக் கருத்துக்களை அறிவதற்கு முன் அஃது வெப்ப இயக்க இயலிலிருந்து எங்ஙனம் வேறுபடுகின்றது எனக்காண் போம். வெப்ப இயக்க இயல் ஒரு வினையின் தொடக்கநிலை, இறுதி நிலை ஆகிய இவ்விரண்டைப்பற்றிக் கூறுகின்றதே ஒழிய அவ்வினை தொடக்க நிலையிலிருந்து முடிவுநிலையை அடைய எவ்வழி முறைகளைப் பின்பற்றியது என்பதைப் பற்றியோ, எத் துணைவேகத்துடன் இவ்வினை நிகழ்ந்தது என்பதைப் பற்றியோ கூறுவதில்லை. வெப்ப இயக்கவியலைக் கொண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட வினை நிகழுமா, நிகழாதா என்று மட்டுமே அறியலாம். ஆனால் அவ்வினை எத்துணை வேகத்துடன் நிகழும் என அறிய இயலாது. இதனை ஓர் எடுத்துக்காட்டால் விளக்கலாம். ஓர் கல்லை மேலிருந்து கீழ்நோக்கி எறிவதாகக் கொள்வோம். வெப்ப இயக்க இயலில் இருந்து அக்கல் இறுதியாக தரைமட்டத்தை வந்தடையும் என அறியலாம். ஆனால் வினைவேக இயலோ அக்கல் எவ்வேகத்துடன் மேலிருந்து கீழேவிழும் எனக் கூறுகின்றது. வெப்ப இயக்கவியல் அடிப்படையில்

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O\,(l)$$

என்ற வினை நிகழும் வாய்ப்பு உண்டு என அறியலாம். ஆனால், இவ்விருவாயுக்களும் சரியான வினைவேகமாற்றி இருந்தா லொழிய வினைப்படுவதில்லை. சரியான வினைவேகமாற்றி இருப்பின் இவ்விரு வாயுக்களும் மிக விரியமாக வினை புரியத் தொடங்குகின்றன என்பதை வினைவேக இயல் தெளிவுபடுத்து கின்றது.

எனவே வினைவேக இயல், இயல்பு வேதி இயலின் மிக முக்கிய பிரிவாகும். வேதிவினை வேக இயல் வேதிவினைகளைப் பற்றிய கீழ்க்கண்ட கருத்துக்களை எடுத்துரைக்கின்றது.

(i) வேதிவினையின் வேகம் வினைவேகத்தை நிர்ணயிக்கும் முறை

(ii) வெப்பநிலை, செறிவு, வினைவேகமாற்றி போன்ற பலகாரணிகளைச் சார்ந்து வினைவேகம் எவ்வாறு மாறுபாடுகின்றது என்பதுபற்றி

(iii) வேதிவினையின் வேகத்திற்கும் அதன் வழிமுறைக்கும் உள்ள தொடர்பு

வேதிவினை வேக இயலின் முக்கியத்துவம்

(i) பலதரப்பட்ட வினைகளின் வேகங்களை நிர்ணயிக்க உதவுகின்றது.

(ii) வினைகளின் வழிமுறைகளைப்பற்றி விளக்கமாக எடுத்துரைக்கின்றது.

(iii) மேலும் தொழில்துறையில் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த பலவேதிவினைகள் எந் நிபந்தனைகளின் கீழ் அதிக அளவு வினைபொருட்களை அளிக்க வல்லன எனத்தேர்ந்தெடுக்க உதவுகின்றது.

வேதிவினைகளின் வகைகள்

1. ஒருபடித்தான வினைகள்: வினைபடு பொருள்கள், விளைபொருள்கள் ஆகியவை ஒரே நிலைமையில் (வாயுநிலையிலோ அல்லது கரைசலிலோ) இருப்பின் அதனை ஒருபடித்தான வினை என்கிறோம். (உ.ம்.) ஓர் எஸ்டரை நீராற் பகுத்தல்.

2. பலபடித்தான வினைகள் : வினைபடு பொருள்கள் விளைபொருள்கள் ஆகியவை ஒரே நிலைமையில் இல்லாதிருப்பின் அவ்வினை பலபடித்தான வினையாகும். (உ.ம்.) எண்ணெய் வித்துக்கள் கொழுப்பு பொருள்கள் ஆகியவற்றை நன்கு தூளாக்கப்பட்ட நிக்கல் வினைஊக்கி முன்னிலையில் ஹைட்ரஜனேற்றம் செய்தல்.

இவற்றுள் ஒருபடித்தான வினைகளின் வேக இயல் பற்றி இனி காண்போம்.

வினை வேகம்

ஒரு வினையின் வேகம் என்பது ஒரு அலகு நேரத்தில் வினை படு பொருள்களுள் ஒன்றின் செறிவில் தோன்றும் குறைவு ஆகும். வினை வேகத்தை பொதுவாக மோல் லிட்டர்$^{-1}$ வினாடி$^{-1}$ ($mol\ l^{-1}\ s^{-1}$) என்ற அலகில் குறிப்பிடுகிறோம். SI குறியீட்டின் படி வினைவேகத்தை $mol\ dm^{-3}\ s^{-1}$ என்ற அலகில் கூறுகிறோம். வகை நுண்கணித குறியீட்டு முறையைப் பின்பற்றி வினை வேகத்தை ஓர் எளிய சமன்பாட்டால் குறிப்பிடலாம், எடுத்துக் காட்டாக கீழேக் குறிப்பிட்டுள்ள மூன்று வேதிவினைகளையும் காண்போம்.

$$A \longrightarrow B + C \qquad ...(1)$$

$$2A \longrightarrow \text{வினைபொருள்கள்} \qquad ...(2)$$

$$3A \longrightarrow \text{வினைபொருள்கள்} \qquad ...(3)$$

வினை (1)ன் வேகத்தை $-\frac{d[A]}{dt} + \frac{d[B]}{dt} + \frac{d[C]}{dt}$

எனக் குறிப்பிடலாம். இச்சமன்பாட்டிலுள்ள எதிர்க்குறியீடு நேரம் செல்லச் செல்ல 'A' ன் செறிவு குறைந்துகொண்டே போவதைக் குறிப்பிடும். இவ்வாறே நேர்க் குறியீடு நேரம் செல்ல செல்ல வினை பொருள்களின் செறிவு அதிகரிப்பதைக் குறிப்பிடும். இவ்வினையில் [A], [B], [C] ஆகியவை நேரம் 't' ஆக இருக்கும் போது வினைபொருள் A விளைபொருள்கள் B, C, இவற்றின் செறிவுகளாகும்.

பொருண்மை தாக்க விதிப்படி ஒரு வினையின் வேகம் வினை படு பொருள்களின் செறிவுடன் நேர்விகிதத் தொடர்புடையது.

$$\therefore\ -\frac{d[A]}{dt} \propto [A]$$

$$-\frac{d[A]}{dt} = K[A] \qquad ...(4)$$

வேதிவினை (2)ன் வினை வேகத்தை

$$-\frac{d[A]}{dt} \propto [A]^2$$

$$-\frac{d[A]}{dt} = K[A]^2 \qquad ...(5)$$

சமன்பாடு (3)ல் குறிப்பிட்ட வினையின் வேகத்தை

$$-\frac{d[A]}{dt} \propto [A]^3$$

$$-\frac{d[A]}{dt} = K[A]^3 \qquad (6)$$

என்று எழுதலாம்.

வேக விதி அல்லது வேக சமன்பாடு (Rate Law or Rate Equation)

ஒரு வினையின் வேகத்தையும் வினைபடு பொருள்களின் செறிவையும் இணைக்கும் சமன்பாடு வேக விதி அல்லது வேகசமன்பாடு எனப்படும். (உ.ம்.) சமன்பாடு (4), (5), (6) ஆகியவை வேக சமன்பாட்டிலுள்ள K என்ற விகிதசம மாறிலியை வினைவேக மாறிலி என்கிறோம். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் K-ன் மதிப்பு ஒரு மாறிலியாகும். K என்ற மாறிலியின் துணை கொண்டு பல வினைகளின் வேகங்களை எளிதில் ஒப்பிடலாம். மேலே குறிப்பிட்ட வேக சமன்பாட்டில் [A] = 1 ஆக இருப்பின் வினை வேகம் = K ஆகும்.

வேக மாறிலி (Rate Constant)

வினைபடு பொருள்களின் செறிவு ஓர் அலகாய் இருக்கும் போது ஒரு வினையில் ஓர் அலகு நேரத்தில் வினைபடு பொருள் அல்லது விளைபொருளின் செறிவில் நிகழும் மாற்றமே வினை வேக மாறிலியாகும்.

வினைபடி (Order of a Reaction)

பல்வேறு வேக சமன்பாடுகளை 'வினைபடி' என்பதன் அடிப்படையில் வகைப்படுத்தலாம். வினைபடியின் மதிப்பு பெரும்பாலும் ஒரு சிறிய முழு எண்ணாக இருக்கும். ஆயினும் பல வினைகளில் இதன் மதிப்பு பின்னமாகவோ அல்லது பூஜ்ய மாகவோ இருக்கலாம். சமன்பாடு (4) வினைபடி ஒன்று உள்ள வினையைக் குறிப்பிடுகின்றது. ஏனெனில் இவ்வினையின் வேக

சமன்பாட்டில் ஒரு செறிவு உறுப்பே அமைந்துள்ளது. சமன்பாடு (5)-ல் வினைவேகம் இரண்டு செறிவு உறுப்புகளைச் சார்ந்து அமைவதால் இவ்வினையின் வினைபடி இரண்டு ஆகும். சமன்பாடு (6) வினைபடி மூன்றைக் குறிப்பிடும். ஏனெனில் இவ்வினையின் வேகம் மூன்று செறிவு உறுப்புகளால் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றது.

ஒரு வினையின் வேக சமன்பாடு

$$-\frac{d[A]}{dt} = K$$

ஆக இருப்பின் அவ்வினை பூஜ்ய வினைபடி கொண்ட வினையாகும். பூஜ்ய வினைபடியுள்ள வினையின் வேகம் வினைபடு பொருள்களின் செறிவைப் பொறுத்து அமையாது. இவ்வகை வினையின் வேகம் ஒரு மாறிலியாக இருக்கும்.

வினைபடியின் வரையறை : வேக சமன்பாடிலுள்ள செறிவு உறுப்புகளின் அடுக்குக் குறிகளின் மொத்த எண்ணிக்கையே வினைபடி எனப்படும்.

வினைபடியின் வரையறையை மற்றொரு முறையிலும் கூறலாம். 'குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் ஒரு வினை நிகழும் போது தமது செறிவுகளில் மாற்றம் காணும் வினைபடு மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை அவ்வினையின் வினைபடி ஆகும்.'

மூலக்கூறு எண் (Molecularity of a Reaction)

மூவினைய ப்யூடைல் ஆல்கஹால் வெப்பத்தால் சிதைவுறும் வினை பின்வருமாறு :

$$C_4H_9OH \longrightarrow C_4H_8 + H_2O$$

இவ்வினையின் மூலக்கூறு எண் ஒன்று ஆகும். ஒரு வினையின் மூலக்கூறு எண் என்பது வினைக்கான வேதிச்சமன்பாட்டில் குறிப்பிட்டுள்ளபடி அவ்வினை நிகழத் தேவையான மொத்த மூலக்கூறுகள் அல்லது அயனிகளின் எண்ணிக்கையாகும். வினைபடியைப் போன்று அல்லாமல் ஒரு வினையின் மூலக்கூறு எண் ஒரு முழு எண்ணாகவே அமையும். ஒரு வினையின் மூலக்கூறு எண் ஒன்றானால் அவ்வினை ஒரு மூலக்கூறு வினை எனப்படும். இவ்வாறே மூலக்கூறு எண் 2 உள்ள வினை இரு மூலக்கூறு வினை என்றும், மூலக்கூறு எண் 3 உள்ள வினை மும்மூலக்கூறு வினை என்றும் அழைக்கப்படும்.

பல வினைகளில் வினைபடியும் மூலக்கூறு எண்ணும் சமமாக உள்ளது. உதாரணமாக,

$$2HI \longrightarrow H_2 + I_2$$

ஹைட்ரஜன் அயோடைடு வெப்பத்தால் சிதைவுறும் இவ்விரு மூலக்கூறு வினையின் வினைபடியும் இரண்டு ஆகும். பல வினைகளில் வினைபடியும் மூலக்கூறு எண்ணும் வேறுபடுகின்றன. உதாரணமாக ஹைட்ரஜன் பெராக்ஸைடு சிதைவுறும் வினையை எடுத்துக் கொள்வோம்.

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

இவ்வினையின் மூலக்கூறு எண் 2 ஆகும். ஆனால் இதன் வினைபடி ஒன்று ஆகும்.

வினைபடி ஒன்று உள்ள வினைகள்

வேக மாறிலிக்கான சமன்பாட்டை வருவித்தல்

வினைபடி ஒன்று உள்ள கீழ்க்கண்ட வினையை எடுத்துக் கொள்வோம் :

$$A \longrightarrow B + C$$

இவ்வினையின் வேகம்

$$-\frac{d(A)}{dt} \propto [A]$$

$$-\frac{d(A)}{dt} = K[A] \qquad \dots (1)$$

இச்சமன்பாட்டிலுள்ள எதிர்க்குறியீடு நேரம் செல்லச்செல்ல A என்ற வினைபொருளின் செறிவு குறைவதைக் குறிப்பிடும். K என்பது இவ்வினையின் வேக மாறிலியாகும்.

வினையின் தொடக்க நிலையில் 'A' செறிவை 'a' என்றும் நேரம் 't' நொடியாக இருக்கும்போது வினைபடு பொருளின் செறிவில் ஏற்படும் குறைவை 'x' என்றும் கொண்டால்,

நேரம் 't' ஆக இருக்கும்போது உள்ள வினைபடுபொருள் 'A'ன் செறிவு } $= (a-x)$

$$\therefore (A) = (a-x)$$

இம்மதிப்பை சமன்பாடு (1)ல் பிரதியீடு செய்தால்

$$-\frac{d\,(a-x)}{dt} = K\,(a-x) \qquad \ldots \quad (2)$$

$$-\frac{d\,(a-x)}{(a-x)} = Kdt \qquad \ldots \quad (3)$$

'K'ன் மதிப்பைக் கணக்கிட இச்சமன்பாட்டின் தொகையீட்டைக் காணல்வேண்டும்.

$$-\int \frac{d\,(a-x)}{(a-x)} = \int Kdt$$

$-\int \frac{d\,(a-x)}{(a-x)}$ என்பதுதான் தொகையீடு— $\ln(a-x)$ ஆகும்.

$\int Kdt$ என்பதன் தொகையீடு $Kt + C$ ஆகும். இங்கு C என்பது தொகையீட்டு மாறிலி ஆகும்.

$$\therefore -\ln(a-x) = Kt + C \qquad \ldots (4)$$

இங்கு ln என்பது e ஐ அடிப்படையாகக் கொண்ட மடக்கை ஆகும். ஒரு வினையைத் தொடங்குகையில் $t = o$ ஆகும். அப்போது விளைபொருளின் செறிவு $x = o$ ஆகும். அவ்வினை 't' நொடி நிகழ்ந்தபிறகு தோன்றும் விளைபொருளின் செறிவு 'x' ஆகும். எனவே $t = o$ ஆக இருக்கும்போது $x = o$ ஆகும். இம்மதிப்புகளை சமன்பாடு (4)ல் பிரதியீடு செய்தால்

$$-\ln(a-o) = K \times o + C$$

$$-\ln a = C \qquad \ldots \quad (5)$$

C என்ற தொகையீடு மாறிலிக்கான இம்மதிப்பை சமன்பாடு (4)ல் புகுத்தினால்

$$-\ln(a-x) \quad Kt - \ln a \qquad \ldots \quad (6)$$

$$\ln a - \ln(a-x) = Kt$$

$$\ln \frac{a}{(a-x)} = Kt \qquad \ldots (7)$$

$$K = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{(a-x)} \qquad ...(8)$$

இதனை 10 ஐ அடிப்படையாகக் கொண்ட மடக்கைக்கு மாற்றினால்

$$K = \frac{2{\cdot}303}{t} \log \frac{a}{(a-x)} \qquad ...(9)$$

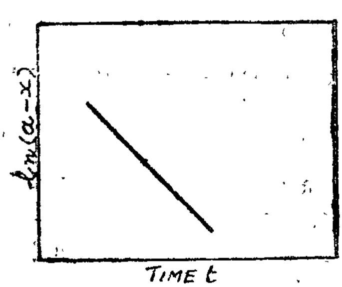
இச்சமன்பாடு வினைபடி (1) உள்ள வினையின் வேகசமன்பாடு ஆகும். K என்பது வினைபடி 1 உள்ள வினையின் வேகமாறிலி ஆகும்.

$$k \text{ ஐக் குறிப்பிடும் அலகு} = \frac{\text{மோல்} \times \text{லிட்டர்}^{-1} \times \text{நொடி}^{-1}}{\text{மோல்} \times \text{லிட்டர்}^{-1}} = \text{நொடி}^{-1}$$

எனவே 'K'ன் மதிப்பு செறிவைக் குறிப்பிடும் அலகைப்பொறுத்து அமையாது. K ன் மதிப்பு நேரத்துடன் எதிர்விகிதத் தொடர்புடையது. நேரத்தை நொடி என்ற அலகில் குறிப்பிட்டால் K யின் அலகு S^{-1} ஆகும்.

K-யின் மதிப்பை வரைகோடு வரைந்து கணக்கிடல்

வினைபடி ஒன்றுள்ள வினையின் ln(a—x)ன் மதிப்புகளை Y அச்சிலும் 't'ன் மதிப்புகளை X அச்சிலும் கொண்டு ஒரு வரைகோடு வரைந்தால், அஃது நேர்கோடாக அமையும் (படம் 10) இவ்வரைகோட்டின் சரிவு $-\frac{2{\cdot}303}{K}$ என்பதற்குச் சமம். இதிலிலிருந்து K-யின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.



படம் 10

வினைபடி ஒன்று உள்ள வினையில் ln (a—x) ஐயும் 't' ஐயும் இணைக்கும் வரைகோடு

வினைபடி ஒன்று உள்ள வினையின் அரைச்சிதைவு காலத்தைக் கணக்கிடல்

ஒரு வேதிவினையின் அரைச்சிதைவு காலம் என்பது வினை தொடங்கும்போது எடுத்துக் கொண்ட வினைபடு பொருளின் செறிவு சரிபாதியாக குறைவதற்குத் தேவைப்படும் கால அளவு ஆகும். ஒரு வினை பாதியளவு அதாவது 50% முற்றுப் பெறத் தேவைப்படும் நேரமே அவ்வினையின் அரைச்சிதைவு காலமாகும் அரைச்சிதைவுக்காலத்தை (Half-life Period) $t_{\frac{1}{2}}$ என்பர். $t=t_{\frac{1}{2}}$ ஆக இருக்கும்போது $x=a/2$ ஆகும். இவ்விரு மதிப்புகளையும் சமன்பாடு (9)ல் புகுத்தினால்

$$K = \frac{2{\cdot}303}{t_{\frac{1}{2}}} \log \frac{a}{(a-a/2)}$$

$$K = \frac{2{\cdot}303}{t_{\frac{1}{2}}} \log \frac{a}{a/2}$$

$$K = \frac{2{\cdot}303}{t_{\frac{1}{2}}} \log 2 \qquad \ldots(10)$$

இச்சமன்பாடிலிருந்து வினைபடி ஒன்று உள்ள வினையின் அரைச்சிதைவுகாலம், வினையின் தொடக்க நிலையிலுள்ள பொருளின் செறிவைப் பொறுத்தல்ல என அறியலாம் இவ்வகை வினையில் $t_{\frac{1}{2}}$ ஒரு மாறிலியாகும்.

அரைவாழ்காலம் அல்லது அரைச் சிதைவு காலம் (Half-life Period)

வினைபடி ஒன்றுள்ள வினைகட்கு சிறந்த உதாரணம் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் சிதைவுறும் வினையாகும். 'ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தின் அரைவாழ்காலம் என்பது ஆரம்பநிலையிலுள்ள அத்தனிமத்தின் பாதிபங்கு முற்றிலும் சிதைவுறத் தேவைப்படும் கால அளவு ஆகும்.' இஃது எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட தனிமத்தின் அளவைப்பொறுத்து மாறாது. கதிரியக்கத் தனிமத்தின் அரைவாழ்காலத்தை கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{2{\cdot}303}{t} \log 2 \qquad \ldots(11)$$

வினைபடி ஒன்றுள்ள வினைகள் (First Order Reactions)

வாயு நிலையில் நடைபெறும் சிலவினைகளும், கரைசல்களில் நிகழும் பல வினைகளும் வினைபடி ஒன்றுள்ள வினைகளுக்கு உதாரணங்கள் ஆகும். வாயுநிலையில் நடைபெறும் வினைகளுக்கு எடுத்துக்காட்டாக (i) வெப்பத்தால் ஹைட்ரஜன் பெராக்ஸைடு சிதைவுறும் வினை (ii) நைட்ரஜன் பென்டாக்ஸைடு சிதைவுறும் வினை —இவற்றைக் குறிப்பிடலாம்.

கரைசல்களில் நிகழும் வினைபடி ஒன்றுள்ள வினைகளுக்கு சிறந்த எடுத்துக்காட்டு—

(i) அமில முன்னிலையில் எஸ்டரை நீராற் பகுக்கும் வினை

(ii) கரும்புச் சர்க்கரையை நீராற் பகுத்தல் வினை ஆகும்.

இவ்விரு வினைகளைப் பற்றியும் இனி சற்று விரிவாகக் காண்போம்.

1. ஓர் எஸ்டரை அமில முன்னிலையில் நீரால் பகுத்தல் (போலி ஒரு மூலக்கூறு வினை)

ஓர் எஸ்டரை உதாரணமாக மெத்தில் அசெட்டேட்டை நீராற் பகுக்கும்போது அசெட்டிக் அமிலமும், மெத்தில் ஆல்கஹாலும் கிடைக்கின்றது.

$$CH_3\text{-}COO\text{-}CH_3 + H_2O \xrightarrow{HCl} CH_3\ COOH + CH_3OH$$

இவ்வினையின் வேகம் மிகக்குறைவாகும். எனவே இவ்வினையின் வேகத்தை அதிகரிக்க ஒரு கனிம அமிலம் (உ.ம்.) ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம் வினைவேக மாற்றியாக பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இவ்வினைக்கான சமன்பாட்டில் ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம் இடம்பெறுவதில்லை. மேலும் இவ்வினையில் தண்ணீரின் அளவு மிக அதிகமாக இருப்பதால் இதன் செறிவும் மாறாதிருக்கின்றது. எனவே இவ்வினையின் வேகம் எஸ்டரின் செறிவை மட்டுமே பொறுத்து அமையும். ஆகவே இதன் வினைப்படி, ஒன்று ஆகும். இவ்வாறுள்ள வினைகளை போலி ஒரு மூலக்கூறு வினைகள் என்கிறோம்.

வினைவேக மாறிலியை நிர்ணயித்தல் (Pseudo Unimolecular reaction)

மேலேகூறிய வினையின் வேகமாறிலியை நிர்ணயிக்க சிறிதளவு மெத்தில் அசெட்டேட், ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம்

அதிக அளவு நீர் இவற்றைக் கொண்ட கரைசலின் குறிப்பிட்ட கன அளவை பல நேர இடைவெளிகளுக்குப் பின் வெளியெடுத்து திட்ட சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு கரைசலுடன் தரம்பார்த்தல் வேண்டும். வினையின் தொடக்க நிலையில் $V_o cm^3$ சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு தேவைப்படுவதாக தரம்பார்த்தல் மூலம் அறிந்தால், V_o என்பது வினையின் தொடக்க நிலையில் நாம் எடுத்துக் கொண்ட ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தின் அளவைக் குறிப்பதாகும். நேரம் 't' நொடியாக இருக்கும்போது, முதலில் எடுத்துக் கொண்ட அதே அளவு கரைசலை நடுநிலையாக்கத் தேவைப்படும் சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடின் கன அளவு Vt ஆக இருக்கட்டும். Vt என்பது வினையைத் தொடங்கும்போது நாம் எடுத்துக் கொண்ட ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தின் கன அளவு நேரம் 't' நொடியாக இருக்கும்போது நீராற்பகுப்பில் விளைந்த அசெட்டிக் அமிலத்தின் கன அளவு ஆகிய இவற்றின் கூடுதலுக்குச் சமம். ஆறுமணி நேர இடைவெளிக்குப்பின் அதாவது வினைமுற்றுப் பெற்ற பிறகு நிகழ்த்தும் தரம்பார்த்தலில் சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடின் கன அளவு V∞ ஆக இருக்கட்டும். வினையை முற்றுப் பெறச் செய்ய இவ்வினைக்கான கரைசலை நன்கு வெப்பப்படுத்தலாம். V∞ என்பது வினை ஆரம்பத்தில் உள்ள ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம், எஸ்டர் முழுமையாக நீராற்பகுப்பு அடைவதால் கிடைக்கும் அசெட்டின் அமிலம் ஆகிய இவ்விரண்டின் கூடுதலுக்குச் சமம். இந்த அளவீடுகளிலிருந்து வேகமாறிலியை கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

கணக்கிடும் முறை

நாம் எடுத்துக் கொண்ட எஸ்டரின் செறிவு 'a' என்பது நீராற் பகுப்புவினை முற்றுப் பெறுவதால் கிடைக்கும் அசெட்டிக் அமிலத்தின் செறிவிற்கு சமம்.

$$\therefore a = (V_\infty - V_o)$$

நேரம் 't' ஆக இருக்கும்போது விளைந்த அசெட்டிக் அமிலத்தின் செறிவு 'x' ஆகும்.

$$x = (V_t - V_o)$$

எனவே, நேரம் 't' ஆக இருக்கும்போது வினைபடாது மீதமுள்ள எஸ்டரின் செறிவு (a—x) ஆகும்.

$$(a-x) = (V_\infty - V_o) - (V_t - V_o)$$

$$(a-x) = (V_\infty - V_t)$$

வினைபடி ஒன்றுள்ள வினையின் வேக சமன்பாட்டில் இம் மதிப்புகளை புகுத்தினால்

$$K = \frac{2.303}{t} \log \frac{(V_\infty - V_o)}{(V_\infty - V_t)}$$

இச்சமன்பாட்டில் 't' யின் பல மதிப்புகளையும் அதற்கான V_t யின் மதிப்புகளையும் புகுத்தி K-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். K ஒரு மாறிலியாக அமையும். 'K' யின் சராசரி மதிப்பே இவ் வினைக்கான வேக மாறிலியாகும்.

மாதிரிக் கணக்கு 1: ஒரு சோதனையில் 0·5 M ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தை வினை ஊக்கியாக பயன்படுத்தி, மெத்தில் அசெட்டேட் நீராற் பகுக்கப்பட்டது. இச்சோதனையில் 5 Cm^3 கரைசலை பல நேர இடைவெளிகளில் 0.2 M சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு கரைசலுடன் தரம்பார்க்கப்பட்டது. இச் சோதனை முடிவுகள் கீழேத்தரப்பட்டுள்ளன. இவ்வினையின் வேக மாறிலியைக் கணக்கிடு.

நேரம் (நொடி)	0	600	1200	1800	∞
காரக்கரைசலின் கன அளவு (Cm^3)	11·5	12	12·5	13	25·5

$$K = \frac{2{\cdot}303}{t} \log \frac{V_\infty - V_o}{V_\infty - V}$$

t யின் மதிப்பு 600 நொடியாக இருக்கும்போது $V_t = 12\ cm^3$

(i)

$$\therefore K = \frac{2{\cdot}303}{600} \log \frac{25{\cdot}5 - 11{\cdot}5}{25{\cdot}5 - 12}$$

$$K = 6{\cdot}064 \times 10^{-5}\ S^{-1}$$

(ii) t = 1200 நொடி, $V_t = 12{\cdot}5$

$$\therefore K = \frac{2{\cdot}303}{1200} \log \frac{25{\cdot}5 - 11{\cdot}5}{25{\cdot}5 - 12{\cdot}5}$$

$$K = 6{\cdot}180 \times 10^{-5}\ S^{-1}$$

(iii) t = 1800 நொடி, $V_t = 13$

$$K = \frac{2{\cdot}303}{1800} \log \frac{25{\cdot}5 - 11{\cdot}5}{25{\cdot}5 - 13}$$

$$K = 6{\cdot}295 \times 10^{-5}\ S^{-1}$$

K-யின் சராசரி மதிப்பு $= 6{\cdot}180 \times 10^{-5}\ S^{-1}$

2. கரும்புச் சர்க்கரையை நீராற் பகுத்தல்

போலி ஒரு மூலக்கூறு வினைக்கு மற்றொரு உதாரணம் கரும்புச் சர்க்கரையை (சுக்ரோஸை) நீராற் பகுக்கும் வினை ஆகும். சுக்ரோஸ் நீராற் பகுப்பால் குளுக்கோஸாகவும், ஃபிரக்டோஸாகவும் மாற்றமடையும் வினையைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிப்பிடலாம் :

$$\underset{\text{சுக்ரோஸ்}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{HCl} \underset{\text{குளுக்கோஸ்}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ஃபிரக்டோஸ்}}{C_6H_{12}O_6}$$

இவ்வினையின் கனிம அமிலங்கள் வினைவேக மாற்றிகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்வினையில் அதிக அளவு நீரை எடுத்துக்கொள்வதால் நீரின் செறிவு மாறுவதில்லை. எனவே இவ்வினை வேகம் சுக்ரோஸின் செறிவைப் பொறுத்தே உள்ளது. எனவே இதன் வினைபடி ஒன்று ஆகும். இவ்வினையின் வேகத்தை ஒளி சுழற்சி முறையைக் (Optical Rotation Method) கொண்டு அளக்கலாம். இம்முறை ஒளி சுழற்றும் தன்மையுள்ள சேர்மங்களைக் கொண்ட வினைகளுக்கே பொருந்தும். சுக்ரோஸ் தள விளைவற்ற ஒளியின் (Plane Polarised Light) தளத்தை வலப்புறம் திருப்பும். இந்நீராற் பகுப்பு வினையில் சம அளவில் குளுக்கோஸ், ஃபிரக்டோஸ் ஆகிய இவ்விரண்டு சேர்மங்களும் கிடைக்கிறது. குளுக்கோஸ் வலஞ்சுழி சேர்மமாகும் (Dextro-rotatory compound) இதன் சுழற்கோணம் + 52·5°. ஃபிரக்டோஸ் தளவிளைவற்ற ஒளியின் தளத்தை இடப்புறம் திருப்புகின்றது. இதன் சுழற் கோணம் —92° ஆகும். இவ்வினையில் விளை பொருட்களான குளுக்கோஸ், ஃபிரக்டோஸ் இவை உள்ள கரைசல் தளவிளைவற்ற ஒளியை இடப்புறமாகத் திருப்பும். இந்நீராற் பகுப்பு வினையில் வினைபடு பொருள் வலஞ்சுழற்சியும் விளை பொருள் இடஞ்சுழற்சியும் பெற்றிருப்பதால் இந்நீராற் பகுப்பு வினை எதிர் மாறாக்கல் வினை (Inversion) எனப்படும்.

இவ்வினையின் வேகத்தை நிர்ணயிக்க ஒளி சுழற்சிமானி எனப்படும் போலாரி மீட்டர் என்ற உபகரணத்தைப் பயன்படுத்தி தள விளைவற்ற ஒளியின் சுழல் கோணத்தை பல நேர இடைவெளிகளில் அளத்தல் வேண்டும். வினை முன்னேறும்போது சுக்ரோஸின் அளவு குறைகின்றது., ஆனால் குளுக்கோஸ், ஃபிரக்டோஸ் இவற்றின் அளவு அதிகரிக்கிறது. எனவே, வலஞ்சுழற் கோணம் குறைந்துக் கொண்டே சென்று பின் இடஞ்சுழற்

கோணம் அதிகமாகின்றது. வலஞ்சுழற் கோணம் + என்ற குறியீடாலும், இடஞ்சுழற்கோணம் — என்ற குறியீடாலும் குறிக்கப்படுகின்றது. சுழற்கோணத்தின் அளவு வினையின் தொடக்க நிலையில் r_0 என்றும், நேரம் 't' நொடியாக இருக்கும் போது r_t ஆகவும் வினை முடிவில் r_∞ ஆகவும் இருக்கட்டும் இவற்றிலிருந்து வேக மாறிலியைக் கணக்கிடலாம்.

கணக்கிடும் முறை

வினையின் தொடக்க நிலையில் எடுத்துக்கொண்ட சுக்ரோஸின் செறிவு அதாவது 'a' $= (r_0 - r_\infty)$

நேரம் 't' நொடியாக இருக்கும்போது தோன்றும் வினை பொருளின் செறிவு அதாவது 'x' $= (r_0 - r_t)$

$$\therefore \ (a - x) = (r_0 - r_\infty) - (r_0 - r_t)$$

$$(a - x) = (r_t - r_\infty)$$

மேலே கூறிய a, (a — x) இவற்றின் மதிப்பீடுகளை வேக சமன்பாடில் புகுத்தினால்,

$$K = \frac{2{\cdot}303}{t} \log \frac{(r_0 - r_\infty)}{(r_t - r_\infty)}$$

மாதிரிக் கணக்கு 2: பல நேர இடைவெளிகளில் அளக்கப் பட்ட சுக்ரோஸ் கரைசலின் சுழற்கோணங்களின் மதிப்புகள் அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளன. சுக்ரோஸ் நீராற் பகுக்கப் படுவது வினைபடி ஒன்று உள்ள வினை என்பதை நிரூபி. இவ் வினையின் வேக மாறிலியையும், அரைச் சிதைவு காலத்தையும் கணக்கிடு.

நேரம் (நொடியில்)	0	600	1200	2400	∞
சுழற்கோணம் (டிகிரி)	25·3	23	20·8	16·8	—10·7

$$(r_0 - r_\infty) = 25{\cdot}3 - (-10{\cdot}7)$$

$$(r - r_\infty) = 36^\circ$$

நேரம் (நொடி)	r_t (டிகிரி)	$(r_t - r\infty)$	$K = \frac{2.303}{t} \log \frac{(r_0 - r\infty)}{(r_t - r\infty)}$
600	23	$23-(-10.7) = 33.7$	$K = \frac{2.303}{600} \log \frac{36}{33.7} = 1.102 \times 10^{-4}\ S^{-1}$
1200	20·8	$20.8-(-10.7) = 31.5$	$K = \frac{2.303}{1200} \log \frac{36}{31.5} = 1.113 \times 10^{-4}\ S^{-1}$
2400	16·8	$16.8-(\ 10.7) = 27.5$	$K = \frac{2.303}{2400} \log \frac{36}{27.5} = 1.123 \times 10^{-4}\ S^{-1}$

K-யின் மதிப்புகள் அதிகம் வேறுபடாமல் இருப்பதால், இஃது வினைபடி ஒன்று உள்ள வினையாகும்.

K-யின் சராசரி மதிப்பு $= 1.113 \times 10^{-4}\ S^{-1}$

வினைபடி ஒன்றாக இருக்கும்போது

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{2.303}{K} \log 2.$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{2.303 \times 0.310}{1.113 \times 10^{-4}} = 6230 \text{ நொடி.}$$

$$\therefore \quad t_{\frac{1}{2}} = 6230\ S$$

வினாக்கள்

1. கீழ்க்கண்டவற்றைத் தக்க காரணத்துடன் வேறுபடுத்திக் காண்க :
   (i) வினைபடி, மூலக்கூறுஎண்
   (ii) ஒரு மூலக்கூறுவினை, போலி ஒரு மூலக்கூறுவினை.
   (iii) ஒரு படித்தான வினை, பலபடித்தான வினை.
2 வினைபடி ஒன்றுள்ள வினையின் வேகமாறிலி, அரைச் சிதைவுக்காலம் இவற்றிற்கான சமன்பாடுகளை வருவி.
3. ஒரு வேதிவினையை பாதிக்கும் காரணிகள் யாவை? தக்க உதாரணங்களுடன் விளக்குக.

4. 0·5 M ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தை வினையூக்கியாகக் கொண்டு கரும்புச்சர்க்கரையை நீராற் பகுக்கும் வினை 303 K வெப்பநிலையில் நிகழ்த்தப்பட்டது. இவ்வினை நிகழும் போது இடைஇடையே சுழல்மானியில் அளக்கப் பட்ட சுழற்கோணங்கள் அட்டவணைப் படுத்தப் பட்டுள்ளன. 303 K வெப்பநிலையில் இவ்வினையின் வேக மாறிலியைக்கணக்கிடு.

நேரம் (நொடி)	0	600	1200	2400	∞
சுழற்கோணம் (டிகிரி)	25·4	21·0	17·1	10·7	—10·5

(விடை: K (சராசரி மதிப்பு) = ($2{\cdot}189 \times 10^{-4}\ S^{-1}$)

5. 1 செ. மீ.^{3} மெத்தில் அசெட்டேட்டை 20 செ. மீ.^{3} 0.5 N சல்ஃப்பூரிக் அமிலத்துடன் அதிகஅளவு நீருடனும் கலந்து 2 செ. மீ.^{3} அளவுள்ள இக்கரைசலை எடுத்து பல நேர இடை வெளிகளில் திறனறி சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு கரைச லுடன் தரம்பார்த்தலில் கிடைத்த சோதனை முடிவுகள் பின்வருமாறு. நீராற் பகுப்புவினை முற்றுப் பெறச் செய்து இறுதிதரம்பார்த்தல் நிகழ்த்தப்பட்டது.

நேரம் (நொடி)	O	600	12·00	2400	∞
காரத்தின் கனஅளவு (செ. மீ.^{3})	19·3	19·9	20·5	21·7	41·9

இவ்வினையின் வினைபடியையும் வேக மாறிலியையும் கணக்கிடு.

[விடை: வினைபடி 1
$K = 4.570 \times 10^{-5} S^{-1}$]

6. $A + B \longrightarrow C + D$

என்ற வினையில் 'B' ன் செறிவு மிக அதிகமாக இருப்பின் அவ்வினையின் வினை படியாது எனக் குறிப்பிடு.

7. $^{214}_{82}Pb$ என்ற தனிமம் β கதிரை வெளிவிடுவதால் $^{214}_{83}Bi$ என்ற தனிமத்தை அளிக்கிறது. இவ்வினையின்

அரைவாழ்வுகாலம் 1600 நொடிகள் என்றால் இவ்வினையின் வேகமாறிலியைக் கணக்கிடு.

(விடை: $4.33 \times 10^{-4} S^{-1}$)

8. ரேடியம் சிதைவுறும் வினையைக் குறிக்கும் சமன்பாடு பின்வருமாறு:

$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

வினையின் தொடக்க நிலையிலுள்ள ரேடியத்தின் அளவை இரு மடங்கு ஆக்குவதால் இவ்வினையின் வேகமாறிலி எவ்வாறு மாறுபடுகிறது?

9. கீழ்க்கண்ட வேதிவினைகட்கு ஓர் உதாரணம் தந்து விளக்கு:

(i) உடனே நிகழ்ந்து கணப்போதில் முடிவடையும் வினைகள் (Instantaneous Reactions)

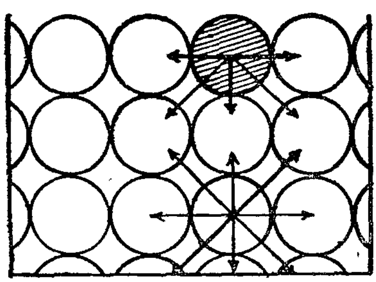
(ii) அளக்கத்தக்க மிதமான வேகத்துடன் நிகழும் வினைகள்.

(iii) சாதாரண வெப்பநிலையில் நடைபெறாது மிகஅதிக வெப்பநிலையில் நிகழும் வினைகள்.

அத்தியாயம் 5

புறப்பரப்பு வேதியியல்

திண்மம்-நீர்மம், திண்மம்-வாயு, நீர்மம்-நீர்மம், நீர்மம்-வாயு போன்ற இரண்டு நிலைமைகளால் (Phases) ஆன அமைப்புகளில் இரண்டு நிலைமைகளுக்கும் அல்லது பொருள்களுக்கும் இடையே நிலவும் பரப்பு இடைப்பரப்பு எனப்படுகிறது. இந்த இடைப்பரப்புகளில் இடம்பெற்றுள்ள மூலக்கூறுகள் ஒவ்வொன்றும், நிலைமைகளின் உள்ளுள்ள மூலக் கூறுகளிலிருந்து ஒரு வகையில் வேறுபட்டுள்ளன. உள்ளுள்ள ஒவ்வொரு மூலக்கூறும், அனைத்து திசைகளிலும், அமைந்த அதிக எண்ணிக்கையுள்ள மூலக்கூறுகளால் சூழப்பட்டுள்ளன. ஆனால், இடைப்பரப்பிலுள்ள ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் இவ்வாறு சூழப்பட்டிருப்பதில்லை. மாறாக ஒரு பக்கத்தில் மூலக்கூறுகளே இருப்பதில்லை. இதனை படம் 11 சித்தரிக்கிறது. இதனால் இடைப்பரப்பில் உள்ள மூலக்கூறுகள் மீது செயல்படும் எதிர்-எதிர் விசைகள் ஒன்றையொன்று முற்றிலும் நீக்குவதில்லை. எனவே, இம்மூலக்கூறுகள் மீது உள்நோக்கிய ஒரு நிகர விசை செயல்படுகிறது. இதன் விளைவாகப் பரப்பு ஆற்றல் தோன்றுகிறது. இடைப்பரப்புக்களில் இவ்வாறு தோன்றும் விசை, பிற மூலக்கூறுகளுடன் பிணைப்பினை ஏற்படுத்தும் திறனை உடையது.



படம் 11

பரப்பு ஆற்றல் தோன்றுதல்

கரைசல், தொங்கல், கூழ்மப் பிரிகை

சாதாரண உப்பினை நீரில் கரைப்பின், உப்பின் மூலக்கூறுகள் தனித்தனியாகப் பிரிந்து நீர் முழுவதும் விரவி, ஒரு தெளிவான (clear) கலவையை உருவாக்குகிறது. இத்தகைய கலவை கரைசல் (solution) எனப்படுகிறது.

நன்கு அரைக்கப்பட்ட களிமண்ணை நீருடன் கலக்கின் கிடைப்பது தொங்கல் (suspension) எனப்படும். இதில் களிமண் துகள்கள் பெரிய அளவின் காரணமாக மெதுவாக கீழே படியத் தொடங்குகின்றன. களிமன் துகள்களின் பருமன் பெரிதாகப் பெரிதாக இந்த படிதல் விரைவாகிறது. இத்துகள்களின்

பருமனை மூலக்கூறுகளின் பருமனளவிற்குக் குறைத்தலும், களி மண் துகள்களை நீரில் கரையச் செய்தலும் இயலாது. தொங்கலில் உள்ள களிமண் துகள்களை சாதாரண முறைகளில் வடிகட்டிப் பிரிக்கலாம்.

நீரில் சோப்பினைக் (soap) கரைக்கும் போது கிடைப்பது கரைசலுமில்லை, தொங்கலுமில்லை, மாறாக கூழ்மம் (colloid) ஆகும். இத்தகைய கூழ்மத்தில் (அதாவது கலவையில்) உள்ள துகள்கள் தொங்கலில் உள்ள துகள்களை விட சிறியவை; ஆனால் கரைசலில் உள்ள துகள்களைவிட பெரியவை. இத்தகைய கலவை கள் கூழ்மப் பிரிகைகள் (colloidal dispersions) எனப்படுகின்றன.

கூழ்மம் என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட வகையான பொருளில்லை. ஆனால் அது ஒரு குறிப்பிட்ட பிரிகை நிலையிலுள்ள பொருள் ஆகும். உண்மையில் பெரும்பாலான பொருள்களை கூழ்ம நிலைக்குக் கொணரலாம். கூழ்மக் கலவைகளில் தெளிவான அவை இரண்டு நிலைமைகள் (phases) உள்ளன.

(1) பிரிகையுற்ற அல்லது சிதறிய பொருள். இது பிரிகை நிலைமை (dispersed phase) எனப்படுகிறது.

(2) பிரிகை நிலைமை விரவியுள்ள தொடர் ஊடகம் (continuous medium) பிரிகை ஊடகம் (dispersion medium) எனப்படுகிறது.

கூழ்மத் துகள்களின் பருமன்

ஒரு கூழ்மக் கலவையில் உள்ள பிரிகையுற்ற துகள்களின் குறுக்களவு பொதுவாக $1\,\mu$ (1μ (மைக்ரான்) $= 10^{-6}$m)க்கும் $1\,m\mu$ ($1m\mu = 10^{-9}$m)க்கும் இடைப்பட்ட அளவினதாக இருக்கும். துகள்களின் குறுக்களவு 100 mm விட பெரியதாக இருப்பின் கலவை தொங்கலாக இருக்கும். மாறாக துகள்களின் குறுக்களவு 1mm யைவிட சிறிதாக இருப்பின் கலவை கரைசலாக இருக்கும்.

கூழ்ம நிலையின் உரிப்பண்புகள் (characteristic properties) பிரிகையுற்ற நிலைமையின் அதிக புறப்பரப்பு அளவினால் (surface area) ஏற்படுவதாகும். எடுத்துக்காட்டாக ஒவ்வொரு விளிம்பும் 0·01 m நீளமுள்ள ஒரு கனசதுரத்தைக் கருதுவோம். இதன் புறபரப்பின் அளவு 0·0006 m^2 ஆகும், இந்த கனசதுரத்தை ஒவ்வொரு விளிம்பும் 1mm நீளமுள்ள சிறுசிறு கனசதுரங்களால் பிரிப்பின் கிடைக்கும் சிறு கன சதுரங்களின் மொத்த பரப்பு 60000 m^2 ஆகும். கூழ்மங்களின் மின்பண்புகள் மீது இந்த புறப் பரப்பு விசை குறிப்பிடத்தக்க விளைவுகளை ஏற்படுத்துகின்றது. கூழ்மத் துகள்களின் புறப்பரப்பில் ஒரு மின் நிலையியல் மின் சுமை (electrostatic charge) இடம் பெறுகிறது. இந்த மின்சுமை

கூழ்மத்திற்கு நிலைப்புத் தன்மையை வழங்குகின்றது. இப்படி புறப் பரப்பிலுள்ள மின் சுமையை ஏதேனும் முறைகளால் நீக்கின், கூழ்ம அமைப்பு நிலைத்தன்மையை இழக்கிறது. இது கூழ்ம அமைப்பிலுள்ள பிரிகை நிலை பொருளையும், பிரிகை ஊடகத்தையும் தனித்தனியாக்குகிறது. அதாவது கூழ்மத்தை திரியச் (coagulate) செய்கிறது.

கூழ்மங்களின் வகைகள்

ஒரு கூழ்ம அமைப்பிலுள்ள பிரிகை நிலைமை வாயு, நீர்மம் அல்லது திண்மமாக இருக்கலாம். இதுபோல், பிரிகை ஊடகமும் வாயு, நீர்மம் அல்லது திண்மமாக இருக்கலாம். இதனால் ஒன்பது வகையான கூழ்ம அமைப்புகள் கிடைக்கும். இவற்றில் ஒன்று, வாயுநிலை வாயு பிரிகையுற்றுள்ள அமைப்பு, முற்றிலும் ஒரு படித்தான கலவையாக உள்ளது. எனவே இது கூழ்மம் இல்லை. இது நீங்கலாக மொத்தம் எட்டு வகைக் கூழ்மங்கள் உள்ளன. இந்த எட்டு வகைக் கூழ்மங்களும் எடுத்துக்காட்டுகளுடன் அட்டவணை-1 ல் தொகுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை—1

கூழ்மங்களின் வகைகள்

பிரிகை நிலைமை	பிரிகை ஊடகம்	பெயர்	எடுத்துக் காட்டுகள்
வாயு	நீர்மம்	நுரைப்பு (Foam)	வழிக்கப்பட்ட கிரீம் நுரை
வாயு	திண்மம்	திண்ம நுரைப்பு (Solid foam)	மிதக்கும்சோப்பு நுரைகள்
நீர்மம்	வாயு	காற்றுகரைசல் (Aerosol)	பனி மூட்டம், பனிப்புகை
நீர்மம்	நீர்மம்	பால்மம் (Emulsion)	பால், எண்ணெய், நீர் கலவை
நீர்மம்	திண்மம்	களி (Gel)	பவளம்
திண்மம்	வாயு	காற்றுக் கரைசல்	புகைகள் மேகங்கள்
திண்மம்	நீர்மம்	கரைசல் (Sol)	காபி, வண்ணங்கள்
திண்மம்	திண்மம்	திண்மக் கரைசல் (Solid sol)	வண்ணக் கண்ணாடிகள்

கூழ்மங்கள் தயாரிப்பு

கூழ்மங்கள், முன்னர் விவரிக்கப்பட்டபடி தொங்கல், கரைசல் ஆகியவற்றில் உள்ள துகள்களுக்கு இடைப்பட்ட பருமனுள்ள நிலையைக் குறிப்பனவாகும். எனவே தொங்கலில் உள்ள பெரும் துகள்களை சிறிதாக்கியோ அல்லது கரைசலில் உள்ள துகள்களை பெரிதாக்கியோ கூழ்மத்தை தயாரிக்கலாம். ஆகையால் கூழ்மம் தயாரிக்க பொதுவாக இரண்டு முறைகள் உள்ளன. அவை:

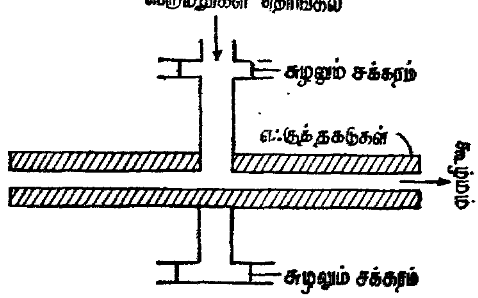
(1) **பிரிகை முறைகள்** (Dispersion methods) : இம்முறைகளில் பெரும் துகள்கள் கூழ்மத் துகள்களின் அளவிற்கு சிறியனவாக பிரிக்கப்படுகின்றன.

(2) **தொகுப்பு முறைகள்** (Condensation methods): இம்முறைகளில் சிறிய மூலக்கூறுகளைத் தொகுத்து, கூழ்மத்துகள்களின் அளவுள்ள பெரிய துகள்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன.

பிரிகை முறைகள்

1. எந்திரச் சிதைவு

பெரும் துகள்களை கூழ்மத்துகள்களாகப் பிரித்துச் சிறிதாக்கப் பயன்படும் சாதனம் கூழ்ம **எந்திரம்** (colloidal mill) எனப்படும். இது ஒன்றின் மீது ஒன்றாக நெருக்கத்தில் அமைந்து எதிர் எதிர் திசைகளில் விரைந்து சுழலும் இரண்டு எஃகு தட்டுகளால் (discs) ஆனது (படம் 12) ஒரு தொங்கல் (suspension) இதனுள் செலுத்தப்பட்டு இரண்டு இரும்புத் தட்டுகளுக்கு

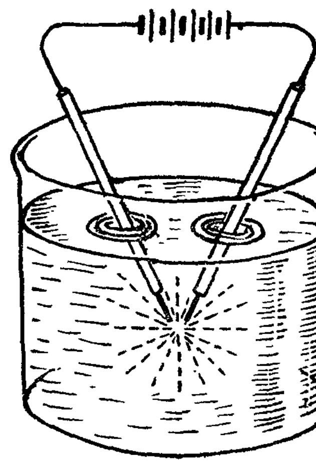


படம் 12
கூழ்ம எந்திரம்

இடையில் நன்கு அரைக்கப்படுகிறது; அப்பொழுது கூழ்மம் கரைசலாக வெளித்தள்ளப்படுகிறது.

2. மின் பிரிகை (Electro dispersion)

இம்முறையில், குளிர்விக்கப்பட்ட பிரிகை உலோக மின் அண்டுகளுக்கு இடையில் ஒரு மின்வில் (electric arc) உண்டாக்கப் படுகிறது (படம் 13). இந்த மின்வில், பிரெடிக் மின்வில் (Bredig's arc) எனப்படும். இந்த மின்வில் உருவாக்கும்



படம் 13
பிரெடிக் மின்வில்

வெப்பத்தினால் உலோகம் ஆவியாகிறது. பின் நீரில் குளிர்ந்து கூழ்மக் கரைசலாக மாறுகிறது. நீரில் தங்கம், வெள்ளி, பிளாட்டினம் போன்றவற்றின் கூழ்மக் கரைசல்கள் பெரிதும் இம்முறையிலேயே தயாரிக்கப்படுகின்றன.

(3) பிரிகை ஊடகத்தால் கூழ்மமாக்கல் (Peptisation by Dispersion Medium)

பிரிகை ஊடகத்தைச் சேர்ந்து ஒரு பொருள் அல்லது வீழ்படிவை (Precipitate) கூழ்மத் துகள்களின் அளவினதாக்கி ஊடகத்தில் விரவச் செய்து கூழ்மம் தயாரிக்கப்படுகிறது. இதில் பிரிகை ஊடகம் கூழ்மமாக்கும் காரணி (Peptising agent) எனப் படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக ஜிலாட்டினுடன் (Gelatin) நீர் சேர்ப்பின், அது கூழ்மக் கரைசல் ஆகிறது.

(4) அயனிகளால் கூழ்மமாக்கல்

அயனிகள் கூழ்மமாக்கியயாக செயல்படும் திறன் உடையன. எனவே மிகச் சிறிய செறிவுள்ள அயனிக் கரைசலைத் தொங்கலுடன் அல்லது ஒரு பொருளின் வீழ்படிவுடன் சேர்ப்பின் கூழ்மக் கரைசல் உண்டாகிறது. இம் முறையில் தொங்கல் அல்லது வீழ்படிவின் உள்ள துகள்கள் அயனிகளை பரப்பில் கவர்கின்றன; ஒத்த மின் சுமைகளை ஏற்ற துகள்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று முரணுகின்றன (repel); இதனால் ஊடகத்தில் விரவுகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக, புதிதாக வீழ்படிவாக்கப்பட்ட வெள்ளி (I) குளோரைடுடன், குளோரைடு அயனிகளைச் சேர்ப்பின் அது கூழ்மமாகிறது.

தொகுப்பு முறைகள்

(1) இரட்டைச் சிதைவு

மிகுந்த நீர்ப்புள்ள $AgNO_3$ கரைசலை மிகுந்த நீர்ப்புள்ள NaCl கரைசலுடன் சேர்ப்பின் வெள்ளி குளோரைடின் கூழ்மம் உண்டாகிறது.

$$AgNO_3 + NaCl \longrightarrow \underset{\text{(கூழ்மம்)}}{AgCl} + NaNO_3$$

மிகுந்த நீர்ப்புள்ள் இரும்பு (III) குளோரைடு கரைசலை, பொட்டாசியம் பெர்ரோசயனைட் கரைசலில் கலப்பின், பிரஷ்யன் நீலத்தின் (Prussian blue) கூழ்மம் உண்டாகிறது.

$$3\,K_4\,Fe(CN)_6 + 4\,FeCl_3 \longrightarrow \underset{\text{கூழ்மக்கரைசல்}}{Fe_4[Fe(CN)_6]_3} + 12KCl$$

(2) ஆக்ஸிஜனேற்றம் அல்லது குறைப்பு

பார்மால்டிஹைடு (Formaldehyde) தங்க III குளோரைடை, $(AuCl_3)$ தங்கமாக குறைப்பிக்கிறது (reduced); இதனால் தங்கத்தின் கூழ்மக் கரைசல் உண்டாகிறது.

$$2AuCl_3 + 3HCHO + 3H_2O \longrightarrow \underset{\text{கூழ்மம்}}{2Au} + 3HCOOH + 6HCl$$

கந்தக டை-ஆக்ஸைடால் ஹைட்ரஜன் சல்பைடை ஆக்ஸிஜனேற்றம் செய்யும் போது, கந்தகத்தின் கூழ்மக் கரைசல் உண்டாகிறது.

$$2\,H_2S + SO_2 \longrightarrow 2\,H_2O + 3\,S$$

(3) நீராற் பகுப்பு (Hydrolysis)

செறிவு மிக்க இரும்பு (III) குளோரைடு கரைசலை கொதிக்கும் நீருடன் துளித் துளியாகச் சேர்ப்பின் இரும்பு (III) ஹைட்ராக்ஸைடு கூழ்மம் உண்டாகிறது.

$$FeCl_3 + 3\ H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3\ HCl$$

(4) கரைப்பான் மாற்றம்

ஈதைல் ஆல்கஹாலில் (ethyl alcohol) கந்தகம் கரைந்து உண்டான கரைசலுடன் அதிக அளவு நீரினைச் சேர்ப்பின் கந்தகத்தின் கூழ்மக் கரைசல் உண்டாகிறது.

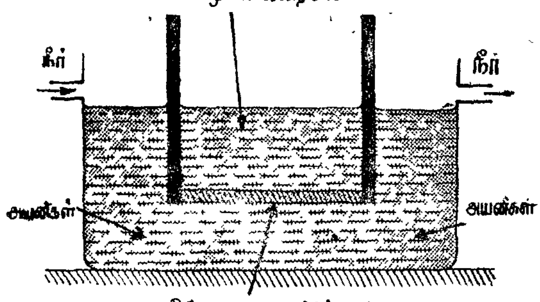
கூழ்மக் கரைசல்களைத் தூய்மையாக்கல்

இரட்டைச் சிதைவு, ஆக்ஸிஜனேற்றம் போன்ற வேதி முறைகளில் கூழ்மக் கரைசல் தயாரிக்கப்படுவதால் அதில் அதிக அளவில் மின்பகுளிகள் (electrolytes) இருக்கக்கூடும். இது கூழ்மத்தை நீண்ட நேரத்திற்கு வைத்திருப்பின் திரியச் (Coagulation) செய்யலாம். எனவே இந்த மின் பகுளிகளை நீக்க வேண்டும். கூழ்மக் கரைசல் நிலைத்தன்மை உடையதாக இருக்க அதில் சிறிதளவு மின்பகுளி இருக்க வேண்டும். ஆகையால் மின்பகுளிகளை முற்றிலும் நீக்கக் கூடாது. மின்பகுளிகளை கூழ்மப் பிரிப்பு (dialysis) அல்லது நுண்வடிகட்டல் (ultrafiltration) முறையில் கூழ்மக் கரைசலில் இருந்து நீக்கலாம்.

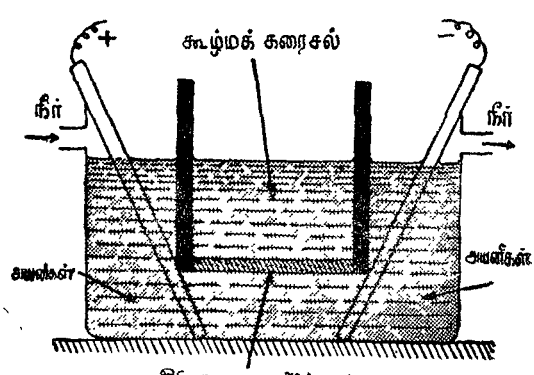
(i) கூழ்மப் பிரிப்பு

கூழ்மத்துகள்கள் அயனிகளை விட மிகவும் பெரியன, எனவே இவற்றால் ஒரு பார்ச்மெண்ட் தாள் அல்லது விலங்கு சவ்வு அல்லது கொல்லாடின் படலம் வழியாக ஊடுருவிச் செல்ல இயலாது. ஆனால் அயனிகளும் மற்ற துகள்களும் ஊடுருவிச் செல்லும். இந்த உண்மையை அடிப்படையாகக் கொண்டே பிரிப்பு முறை செயல்படுகிறது. இந்த முறையில், கூழ்மக் கரைசல் பார்ச்மெண்ட் தாள் அல்லது விலங்குச் சவ்வினால் ஆன ஒரு பையில் இடப்பட்டு, அந்த பை வாலைவடித்த நீர் (distilled water) உள்ள தொட்டியில் மூழ்க வைக்கப்படுகிறது. கூழ்மக் கரைசலில் உள்ள மின் பகுளிகள் கூழ்மத்துகள்களை பையிலேயே விட்டுவிட்டு நீரினுள் ஊடுருவிச் செல்கின்றன. இப்படி ஊடுருவல், பையில் உள்ளும் வெளியும் மின் பகுளின் செறிவு

சமமாக ஆகும் வரை நிகழ்கிறது. தொட்டியில் உள்ள வாளை வடிநீர் அடிக்கடி மாற்றப்படுகிறது. இதனால் கூழ்மக் கரைசலில் உள்ள மின்பகுளிகள் பெரிதும் நீக்கப்படுகின்றன. இம்முறையில் பயன்படுத்தப்படும் சாதனம் (படம் 15) கூழ்மப் பிரிப்பான் (dialyser) எனப்படுகிறது. இந்த பிரிப்பு முறை கூழ்மப்பிரிப்பு (dialysis) எனப்படுகிறது.



படம் 14
கூழ்மப் பிரிப்பு



படம் 15
மின்னாற் கூழ்மப் பிரிப்பு

இயல்பாகவே கூழ்மப்பிரிப்பு மெதுவாக நிகழ்கிறது. தொட்டியில் விடப்படும் வாலை வடிநீருக்கு பதிலாக சூடான வாலை வடிநீரைப் பயன்படுத்தின் இம்முறையை விரைவு படுத்தலாம். இப்போது இம்முறை வெப்ப கூழ்மப் பிரிப்பு (hot dialysis) எனப்படுகிறது. தொட்டியில் இரண்டு மின் தண்டுகளை வைத்து அவற்றிற்கு இடையே ஒரு மின்னழுத்தத்தை ஏற்படுத்தியும் இம்முறையை விரைவு படுத்தலாம். இப்படி விரைவுப்படக் காரணம் மின் சுமையுள்ள மின் தண்டுகள் எதிரான சுமையுள்ள அயனிகளைக் கவர்தல் ஆகும். இந்த முறை மின்னாற் கூழ்மப் பிரிப்பு (electro-dialysis) எனப்படுகிறது.

(2) நுண் வடிகட்டல்

சாதாரண வடித்தாள்கள் குறுக்களவு 10^{-6} மீட்டருக்கு அதிகமுள்ள துகள்களை மட்டுமே ஊடுருவாமல் தடுக்கும் திறன் உடையன. எனவே வடிதாள் வழியாக வடிகட்டும்போது கூழ்மத் துகள்கள் எளிதில் ஊடுருவி நீர்மத்துள் செல்கின்றன. ஆகையால் சாதாரண முறையில் வடிகட்டலால் பயனில்லை. எனினும் சில பொருத்தமான முறைகளால், கொலோடியான் (collodion) போன்ற ஏதேனும் ஒரு பொருளின் துகள்களை வடித்தாளில் உள்ள துளைகளில் திணித்து, துளைகளைச் சிறிதாக்கலாம்,

இப்படி கொலோடியான் திணிக்கப்பட்ட வடித்தாள் வழியாக ஒரு கூழ்மக் கரைசலை வடிகட்டினால் பிரிகை ஊடகமும் மின் பகுளியும் ஊடுருவி வடிநீர்மமாகக் கிடைக்கும். ஆனால் கூழ்மத் துகள்கள் வடித்தாளிலேயே தங்கும். அழுத்தம் அல்லது உறிஞ்சலைப் (suction) பயன்படுத்தி இப்படி பிரிதலை விரைவு படுத்தலாம். வடித்தாளில் தங்கிய கூழ்மத் துகள்களை தூய பிரிகை ஊடகத்தில் இட்டு கூழ்மக் கரைசல் பெறப்படுகிறது. இம்முறை நுண் வடிகட்டல் எனப்படுகிறது.

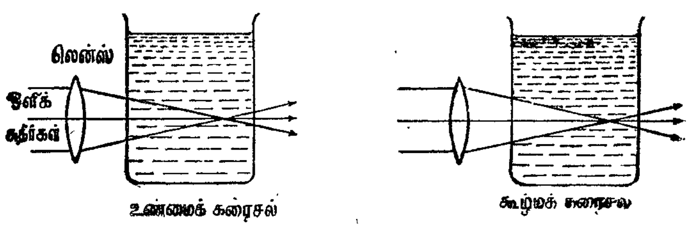
கூழ்மங்களின் பண்புகள்

கூழ்மங்களுக்கு சில குறிப்பிடத்தக்க பண்புகள் உள்ளன. இவற்றால் நாம் கூழ்மக் கரைசல்களை உண்மை கரைசல்களில் இருந்து வேறுபடுத்தி அறியலாம். மூன்று பண்புகள் குறிப்பிடத் தக்கன. அவை :

(1) ஒளியியற் பண்புகள் (Optical Properties)
(2) இயக்கப் பண்புகள் (Kinetic Properties)
(3) மின் பண்புகள் (Electrical Properties)

(1) ஒளியியற் பண்புகள்

ஒரு கரைசலின் ஊடாக ஓர் ஒளிக்கற்றையை செலுத்தின் அக்கற்றை கரைசலினுள் செல்லும் தடம் (Path) சிறிதும் புலனாவதில்லை (படம் 16அ) மாறாக ஓர் ஒளிக்கற்றை ஒரு கூழ்மக் கரைசல் வழியாக ஊடுருவும்போது அதன் தடம் தெளிவாகப் புலனாகிறது (படம் 16 ஆ) இதற்குக் காரணம் கூழ்மத் துகள்கள்

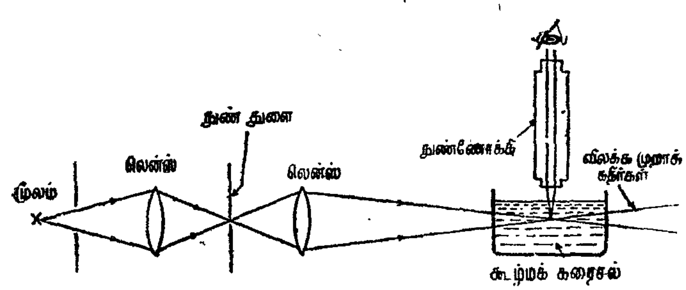


படம் 16 (அ) படம் 16 (ஆ)

படம் 16
டிண்டால் விளைவு

தம்மீது படும் ஒளியைச் சிதறச் செய்தல் ஆகும். கூழ்மக் கரைசல்களில் காணப்படும் இந்நிகழ்ச்சி அதனைக் கண்டறிந்த டிண்டால் என்பவரின் பெயரால் டிண்டால் விளைவு (Tyndall effect) என்றழைக்கப்படுகிறது.

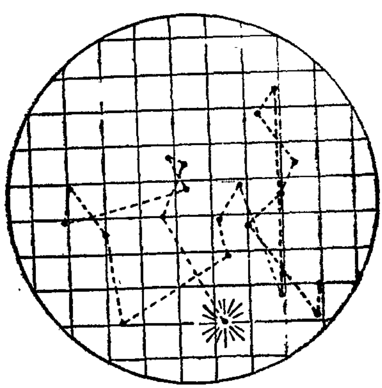
ஓர் ஆற்றல் மிக்க நுண்ணோக்கியின் (microscope) துணையுடன் கூழ்மக் கரைசல் வழியாகப் பாயும் ஒளிக்கற்றையை செங்குத்துத் திசையிலிருந்து நோக்கினால் தனிப்பட்ட கூழ்மத் துகள்களால் ஒளி சிதறுவதைக் காணலாம் (படம் 17). அவை சிதறும் ஒளி துணுக்களாகத் தெரியும். நுண்ணோக்கியில் காணப்படும் ஒளிப் பிரதிபலிப்பின் அளவு கூழ்மத்துகள்களின் பருமனுடன் தொடர்பு உடையனவல்ல. இருப்பினும், சிதறும் ஒளியின் சிறு துணுக்குகள் கூழ்மத் துகள்களின் பருமன், பண்புகள் போன்றவை பற்றிய சுவையான முடிவுகளைத் தருகின்றன. இம்முறையில் அமைக்கப்பட்ட நுண்ணோக்கியானது மீ நுண்ணோக்கி (ultramicroscope) எனப்படுகிறது.



படம் 17
மீ நுண்ணோக்கி

(2) இயக்கப் பண்புகள்

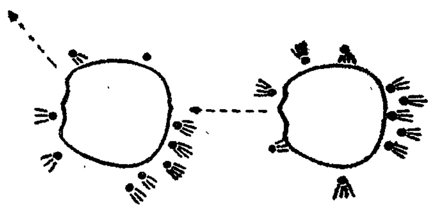
ஒரு கூழ்மக் கரைசலில் உள்ள கூழ்மத் துகள்களை மீ நுண்ணோக்கி வழியாக காணின் அவை தொடர்ந்து, முறையற்று இயங்கிக் கொண்டிருப்பது தெரிகிறது. இந்த இயக்கம் பிரௌனியன் இயக்கம் (Brownian movement) என்று இதனைக் கண்டறிந்த



படம் 18
பிரௌனியின் இயக்கம்

பயிரியியல் அறிஞர் பிரௌன் (Brown) என்பவர் பெயரால் அழைக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு இயக்கத்தில் இருக்கும் ஒரு கூழ்மத்துகள் இருந்த இடங்கள், 30 வினாடி இடைவெளிகளில் படம் 18-ல் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

பிரிகையுற்றுள்ள துகள்கள் பிரிகை ஊடகத்தில் மூலக்கூறு களால் தாக்கப்படுவதால் பிரௌனியன் இயக்கம் ஏற்படுகிறது. இந்த இயக்கம் முறையற்று இருக்கக் காரணம் எந்த ஒரு குறிப் பிட்ட நேரத்திலும் ஒரு கூழ்மத்துகளின் மற்ற பக்கங்களைவிட ஒரு பக்கத்தில் மிக அதிக எண்ணிக்கையில் தாக்குவதாகும்



படம் 19

ஒரு கூழ்மத் துகள் மீது சமமற்ற தாக்குதல்கள்

(படம் 19) வெப்பநிலை உயர்வு பிரௌனியன் இயக்கத்தின் வீதத்தை அதிகரிக்கும். இது, பிரௌனியன் இயக்கம், பொருள்கள் பற்றிய இயக்கக் கொள்கைக்குச் சான்றாக உள்ளது. மேலும் மூலக் கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல், வெப்பநிலையின் சார்பலன் (function) என்பதையும் இதுகாட்டுகிறது.

(3) மின் பண்புகள்

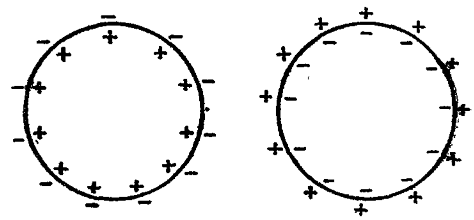
(i) கூழ்மத் துகள்களின் மின்னேற்றம்

கூழ்மக் கரைசல் மொத்தத்தில் மின்னேற்றம் இல்லாதது. ஆனால் கூழ்மக் கரைசலில் உள்ள கூழ்மத் துகள்கள் மின்னேற்றம் உடைய துகள்கள் ஆகும். பிரிகை ஊடகத்திலிருந்து அயனிகளை (நேர் அல்லது எதிர் மின்னேற்ற அயனிகளை) கூழ்மத் துகள்கள் பரப்பில் கவர்வதால் அத்துகள்கள் மின்னேற்றம் அடைகின்றன. இதன் விளைவாக, பிரிகை ஊடகத்தில் கூழ்மத் துகள்களின் மின் னேற்றத்திற்கு எதிரான மின்னேற்றமுள்ள அயனிகள் மிகையாக உள்ளன.

(ii) கூழ்மக் கரைசல்களின் நிலைத்தன்மை

ஒரு குறிப்பிட்ட கூழ்மக் கரைசலில் இருக்கும் அனைத்து கூழ்மத் துகள்களும் ஒத்த மின்னேற்றம் உடையன. எனவே அவை ஒன்றுடன்ஒன்று முரணுகின்றன. இதனால் வீழ்படிவாக

பிரியாமல் நிலவுகின்றன. மேலும் கூழ்மத் துகள்களின் பரப்பு மீது பரப்புக் கவரப்பட்ட அயனிகள், எதிரான மின்னேற்றமுள்ள அயனிகளைக் கவர்கின்றன. இதனால் ஒரு வித மின் இரட்டைப் பாளம் (electrical double layer) உருவாகிறது. இது ஹெல்ம்



படம் 20

ஹெல்ம் ஹோல்ட்ஸ் இரட்டைப்பாளம்

ஹோல்ட்ஸ் இரட்டைப்பாளம் (Helmholts double layer) எனப்படுகிறது. நேர், எதிர் மின்னேற்றமுள்ள கூழ்மத் துகள்களைச் சூழ்ந்து தோன்றும் மின் இரட்டைப் பாளங்களை படம் 20 சித்தரிக்கிறது.

(iii) கூழ்மத் துகள்களை வீழ்படிவாக்கல்

ஏதேனும் ஒரு முறையால், கூழ்மத் துகள்களின் மீதான மின்னேற்றத்தை நீக்கினால், கூழ்மத்துகள்களுக்கு இடையே நிலவும் முரணல் விசைகள் (repulsive force) மறையும். வழக்கமான, மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே நிலவும் கவர்ச்சி விசைகள் (forces of attraction) தோன்றும். இதனால் கூழ்மத் துகள்கள் நெருக்கத்தில் வரும், பல ஒன்று கூடி, பெரும் துகள்களாக மாறும். இவ்வாறு துகள்களின் பருமன் மிகுந்து, ஒரு நிலையில் வீழ்படிவாகப் பிரியும். இவ்வாறு மின்னேற்றங்களை நீக்கி நடுநிலையாக்கலால் கூழ்மம் திரிகிறது. கீழ்க்காணும் வழிகளில் ஒரு கூழ்மத்தைத் திரியச் செய்யலாம்.

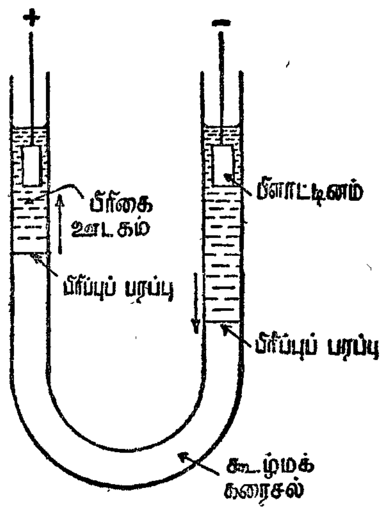
(அ) கூழ்மத் துகள்களின் மின்னேற்றத்திற்கு எதிரான மின்னேற்றமுடைய மின்வாய் தண்டினை பயன்படுத்தி திரியச் செய்யலாம்.

(ஆ) கூழ்மத் துகள்களின் மின்னேற்றத்திற்கு எதிரான மின்னேற்றமுள்ள கூழ்மத்தைச் சேர்த்து திரியச் செய்யலாம்.

(இ) மிகையளவு மின்பகுளி ஒன்றை கூழ்மத்துடன் சேர்த்து அதனைத் திரியச் செய்யலாம்.

(iv) மின் முனைக் கவர்ச்சி (Electrophoresis)

கூழ்மத்துகள்கள் மின்னேற்றம் உடையன. எனவே அவற்றை ஒரு மின்புலத்தில் வைத்தால் அத்துகள்கள் தங்களுக்கு எதிரான மின்னேற்றமுள்ள மின்வாய்களை நோக்கி நகரும். மின்புலத்தால் இவ்வாறு கூழ்மத்துகள்கள் ஒரு மின்முனையை நோக்கி நகர்தல் மின்முனைக் கவர்ச்சி எனப்படுகிறது. இதனைப் படம் 21 காட்டப்பட்டுள்ள சாதனத்தைப் பயன்படுத்தி விளக்கலாம்.



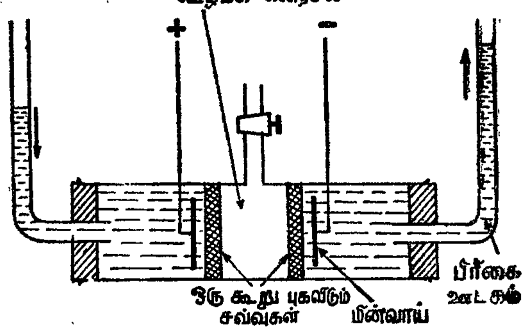
படம் 21

மின் முனைக்கவர்ச்சி

"U" வடிவக் குழாயில் கூழ்மக் கரைசல் இடப்பட்டு அதன் மீது இரு புயங்களிலும் பிரிகை ஊடகம் இடப்படுகிறது. மின்வாய்த் தண்டுகளுக்கு இடையே மின்னழுத்தம் ஏற்படுத்தப் படுகிறது. இப்போது கூழ்மக் கரைசல் பிரிகை ஊடகம் ஆகிய இரண்டுக்கும் இடையேயான பிரிப்புப் பரப்புகள் (boundaries) ஒரு திசையை நோக்கி நகர்கின்றன. இவ்வாறு நகரும் திசை கூழ்மத் துகள்களின் மின்சுமையைப் பொறுத்து அமைகிறது.

(v) மின்னாற் –சவ்வூடு பரவல்

கூழ்மத் துகள்கள், முன்னர் குறிப்பிட்டபடி பிரிகை ஊடகத்திலிருந்து அயனிகளை பரப்பில் கவர்வதால் பிரிகை ஊடகம் எதிரான மின்சுமையுள்ள அயனிகளை மிகையாகப் பெறுகிறது. இதனால் கூழ்மக் கரைசலில் உள்ள துகள்கள் நகரமுடியாதபடி தடுத்து கூழ்மகத்தின் மீது ஒரு மின்னழுத்தத்தை ஏற்படுத்தின், பிரிகை ஊடகம் நகரும். இப்படி தடுக்கப்படாமல் இருந்திருந்தால் கூழ்மத் துகள்கள் எத்திசையில் நகருமே அதற்கு எதிரான திசையில் பிரிகை ஊடகம் நகரும். இவ்வாறு ஏற்படும் நகர்ச்சி மின்வழி ஊடுபரவுதல் (electro-osmosis) எனப்படுகிறது. இதனைப் படம் 22-ல் காட்டப்பட்டுள்ள சாதனத்தைப் பயன்படுத்தி விளக்கலாம்.



படம் 22

மின்வழி ஊடுபரவுதல்

கூழ்மக் கரைசல், இச்சாதனத்தின் மைய அறையில் இடப்படுகிறது. இவ்வறை இரண்டு மின்வாய் தண்டுகளிலிருந்து இரண்டு சவ்வுகளால் (membranes) பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. மின்வாய்த் தண்டுகளுக்கு இடையில் மின்னழுத்த வேறுபாடு ஏற்படுத்தப்படுகிறது. இப்போது பிரிகை ஊடகம் நகர்கிறது. இப்படி எத்திசையில் இருந்து எத்திசைக்கு நகர்கிறது என்பதை வெளி அறைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள குழாய்களில் நீர் மட்டங்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் காட்டுகின்றன.

சூழ்ம வேதியியலின் பயன்கள்

நமது வாழ்வில் சூழ்மங்களின் முக்கியத்துவங்களும், சூழ்மங்களின் பயன்களும் ஏராளம். பின்வரும் சில எடுத்துக்காட்டுகள் இதனைக் காட்டுகின்றன :

(1) உயிர் செல்களில் (cells) உள்ள புரோட்டோபிளாசம் (protoplasm) சூழ்மங்கள் ஆகும். உடலில் உள்ள பல நீர்மங்கள் (body fluids) நாளங்களில் இருந்து சுரக்கும் நீர்கள், இரத்தம், உணவு ஆகியன சூழ்மப் பொருள்கள் ஆகும். எனவே, சத்து, செரித்தல், சுரத்தல் போன்ற வாழ்க்கையின் இன்றியமையாத முறைகளில் சூழ்மங்கள் பயன்படுகின்றன.

(2) நமது உடல் சூழ்ம நிலையில் உள்ள மருந்துகளை எளிதில் உறிஞ்சுகின்றன. எனவே சூழ்ம நிலையில் உள்ள மருந்துகள் மற்ற மருந்துகளைவிடச் சிறந்தவை.

(3) நமது அன்றாட வாழ்வில் நாம் .மை, வண்ணங்கள், ரப்பர், சிமென்ட், பிளாஸ்டிக், போன்ற பல பொருள்களைப் பயன்படுத்துகின்றோம். இவை அனைத்தும் சூழ்மங்கள் ஆகும்.

(4) ரொட்டி, வெண்ணெய், தயிர், பால், போன்ற பல்வேறு உணவுப் பொருள்கள் சூழ்ம நிலையிலுள்ள பொருள்கள் ஆகும்.

(5) அழுக்குகளை நீக்கும் சோப்பின் செயல் சூழ்ம நிலையில் ஏற்படுவதாகும்.

(6) மேகங்களிலிருந்து மழை உருவாதல் ஒரு சூழ்மச் செயலாகும். மேகம் என்பது மிகச் சிறிய நீர்மத் துளிகள் காற்று என்னும் பிரிகை ஊடகத்தில் சிதறி உண்டான சூழ்மம் ஆகும். குளிர்ந்த பகுதிகளில் மேகம் செல்லும்போது இத்துளிகள் பல ஒன்றுகூடி பெரும் துளிகளாகி மழையாகப் பெய்கின்றன. சில போது எதிரான மின்னேற்றமுடைய சூழ்மத் துகள்களால் (நீர்த்துளிகள்) ஆன மேகங்கள் கலந்து ஒன்றையொன்று திரியச் செய்து மழையாகப் பெய்கின்றன.

(7) தோல்கள், பதனிட்டத் தோல்கள் (hides) ஆகியனவும் சூழ்மங்கள் ஆகும். இவற்றில் புரோட்டீன்கள் சூழ்மநிலையில் உள்ளன. தோல்களைக் கடினப்படுத்த வேண்டி அவற்றிலுள்ள சூழ்மத் துகள்களை வீழ்படிவாக்கும் செயலே தோல் பதனிடல் (tanning of leather) எனப்படுகிறது.

(8) துணிகளுக்குச் சாயமிடும் முறையில் நிறமூன்றிகள் (mordants) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை கூழ்மங்கள் ஆகும்.

(9) தொழிற்சாலைகளில் இருந்து வெளியேறும் புகைகள் காற்றை மாசுப்படுத்துகின்றன. இப்படி மாசுறுதல் மக்களின் சுகத்திற்கு கேடு விளைவிக்கின்றது. புகை, கரித்துகள்கள், காற்றில் விரவி இருப்பதால் உண்டான கூழ்மம் ஆகும். எனவே இவை வெளியேறும் புகைப் போக்கிகளில் அதிக மின்னேற்றமுள்ள மின் வாய்த்தண்டுகளை பயன்படுத்தி கரித்துகள்கள் வீழ்படிவாகி தனித்துப் பிரியும். எனவே புகையால் ஏற்படும் தீங்கு தவிர்க்கப்படுகிறது.

(10) நீரில் இருக்கும் களிமண் துகள் கூழ்மநிலையில் உள்ளன. நீரைத் தூய்மைப்படுத்தும் முறையில் இத்துகள்களை நீக்க அலுமினியம் அயனிகள் (Al^{3+}) சேர்க்கப்படுகின்றன. இவை களி மண் துகள்களை திரியச் செய்கின்றன. இவற்றை பின் வடிகட்டி நீக்கி குடிநீர் தயாரிக்கப்படுகிறது.

வினாக்கள்

பகுதி A

1. ஒரு தொங்கலிலிருந்து ஒரு கூழ்மப் பிரிகை எவ்வகையில் வேறுபடுகிறது ?
2. பிரிகை ஊடகத்தை வரையறுக்கவும்.
3. ஒரு கூழ்மத் துகளின் சுமார் பருமன் எவ்வளவு?
4. பின்வரும் ஒவ்வொன்றும் எவ்வகையைச் (நீர்மத்தின் திண்மம் என்பது போன்று) சேர்ந்தது என்று கூறுக.

    (அ) சிகரெட் புகை.

    (ஆ) குழைக்கப்பட்ட பச்சை முட்டையின் வெள்ளைக்கரு.

    (இ) கறுப்பு மை.

    (ஈ) காப்பி நுரை.

5. வடிகட்டல், நுண் வடிகட்டல் ஆகியவற்றிற்கு இடையேயான வேறுபாடு என்ன?
6. மின்முனைக் கவர்ச்சிக்கும் மின்வழி ஊடுபரவுதலுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு என்ன?

பகுதி B

1. கூழ்ம அமைப்புகளின் நிலைத்தன்மைக்குக் காரணம் யாது? விளக்குக.
2. கரைப்பானை மட்டுமே மாற்றி கந்தகத்தின் கூழ்மக் கரைசலைப் பெறுவது எப்படி?
3. பிரௌனியன் இயக்கம் என்றால் என்ன?
4. கூழ்மத் துகள்கள் ஏன் தொடர்ந்து முறையின்றி இயங்குகின்றன?
5. திரிதல் என்றால் என்ன? இது எவ்வாறு நிகழ்கிறது?
6. மேகங்களிலிருந்து மழைநீர் துளிகள் எவ்வாறு உருவாகின்றன?
7. கூழ்ம அமைப்புகளின் வகைகள் யாவை?
8. கூழ்மக் கரைசல்களை ஏன் தூய்மை செய்ய வேண்டும்?

பகுதி C

1. கூழ்மக் கரைசல்களை தயாரிக்கப் பயன்படும் பல்வேறு தொகுப்பு முறைகள் யாவை?
2. கூழ்மக் கரைசல்களை தயாரிக்கப் பயன்படும் பல்வேறு பிரிகை முறைகளை விவரிக்க?
3. கீழ்க்காணும் முறைகளில் கூழ்மக் கரைசல்களை தூய்மைப் படுத்தும் முறைகளை விவரிக்க?

   (அ) கூழ்மப் பிரிப்பு (ஆ) மின்னாற் கூழ்மப் பிரிப்பு (இ) நுண் வடிகட்டல்:
4. டிண்டால் விளைவை விவரிக்க.
5. எதிர் மின்சுமையுள்ள கூழ்மத் துகளின் பரப்பின் மீது உருவாகும் மின் இரட்டைப் பாளத்தை படத்துடன் விளக்குக.
6. ஒரு கூழ்மக் கரைசலை எவ்வாறு திரியச் செய்யலாம்? பல்வேறு முறைகளை விவரிக்க.
7. மின்முனைக் கவர்ச்சி என்றால் என்ன? மின்முனைக் கவர்ச்சிக்கான சூழ்நிலைகள் நிலவும் போது கூழ்மத் துகள்களைமட்டும் நகரமுடியாமல் தடுத்தால் என்ன நிகழும்?
8. கூழ்ம வேதியியலின் பயன்களுக்கு சில எடுத்துக்காட்டுகள் தருக.

அத்தியாயம் 6

மின் வேதியியல்

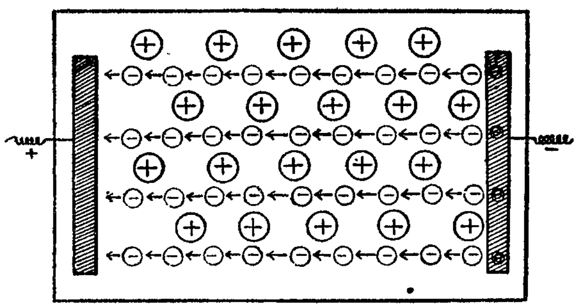
அறிவியல் துறையிலும், தொழில் நுட்பத் துறையிலும் தற்போது நாம் அடைந்துள்ள முன்னேற்றங்கள் அனைத்தும் மின் வேதியியலின் கருத்துக்களை அடிப்படையாகக் கொண்டவை ஆகும். எனவே மின் வேதியியல் இயற்பு வேதியியலின் முக்கிய மான பிரிவாகக் கருதப்படுகிறது. மின் வேதியியல் மின் ஆற்ற லுக்கும், வேதி ஆற்றலுக்குமுள்ள தொடர்பினைப் பற்றியும், அன்றாட வாழ்வில் இதன் முக்கியத்துவத்தைப் பற்றியும் எடுத் துரைக்கின்றது. மின் வேதியியலின் இரு முக்கிய அடிப்படைக் கருத்துக்கள் யாதெனில் (i) ஓர் வேதி வினை நிகழ மின் ஆற்றல் எவ்வாறு உதவுகின்றது என்பதும் (ii) ஓர் வேதி வினை நிகழ் வதால் மின் ஆற்றல் எவ்வாறு பெறப்படுகின்றது என்பதும் ஆகும்.

மின் கடத்திகள் : மின் ஆற்றலைக் கடத்த வல்ல பொருள்களை மின் கடத்திகள் என்கிறோம். உதாரணமாக, உலோகங்கள், சோடியம் குளோரைடு போன்ற உப்புக் கரைசல்கள் ஆகியவை, மின் ஆற்றலைக் கடத்துகின்றன.

மின்கடத்தாப் பொருள்கள் : ரப்பர், கண்ணாடி போன்ற பொருள்கள் மின் ஆற்றலைக் கடத்த இயலாதவை ஆகும். இவை போன்ற மின் கடத்தாப் பொருள்களை அரிதிற் கடத்திகள் என்கிறோம். பல அலோகங்கள் அரிதிற் கடத்திகள் ஆகும்.

மின்கடத்திகளின் வகைகள் : மின் ஆற்றலைக் கடத்தும் பொருள்களை (i) அவை மின் ஆற்றலைக் கடத்தும் முறை (ii) மின்னோட்டத்தால் அப்பொருள்களில் நிகழும் விளைவுகள் ஆகியவற்றை கருத்திற் கொண்டு மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்க லாம். இந்த மூவகை மின் கடத்திகள் பின் வருமாறு:(1) உலோகக் கடத்திகள் (2) மின்பகு கடத்திகள் அல்லது மின் பகுளிகள் (Electrolytic Conductors) (3) கலப்பு மின் கடத்திகள் (Mixed Conductors)

உலோகக் கடத்திகள் (Metallic Conductors): பொதுவாக உலோகங்கள் மிகச் சிறந்த மின் கடத்திகளாகும். உலோகக் கடத்திகள் மின்னாற்றலைக் கடத்தும்போது எவ்வித வேதி மாற்றமும் நிகழ்வதில்லை. உலோகக் கடத்திகள் மின் கடத்துவதால் உலோகக் கடத்திகளின் தோற்றத்திலோ, அமைப்பிலோ எவ்வித மாற்றமும் நிமழ்வதில்லை. உலோகக் கடத்தியிலுள்ள எலக்ட்ரான்கள் சமநிலையிலிருந்து அதிர்வதால் இங்கு மின்னாற்றல் கடத்தப்படுகின்றது. இவ்வகை மின் கடத்தலும் வெப்ப நிலையும் நேர் விகிதத்தில் அமைந்துள்ளன. இவ்வகை மின் கடத்தியிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் ஓட்டத்தையே மின்னோட்டம் பாய்கின்றது என்கிறோம். உலோகக் கடத்திகளை எலக்ட்ரான் கடத்திகள் என்றும் அழைக்கப்படும். எலக்ட்ரான் கடத்திகள் அல்லது உலோகக் கடத்திகள் மின் ஆற்றலைக் கடத்துவதை படம் 23 விளக்குகின்றது.



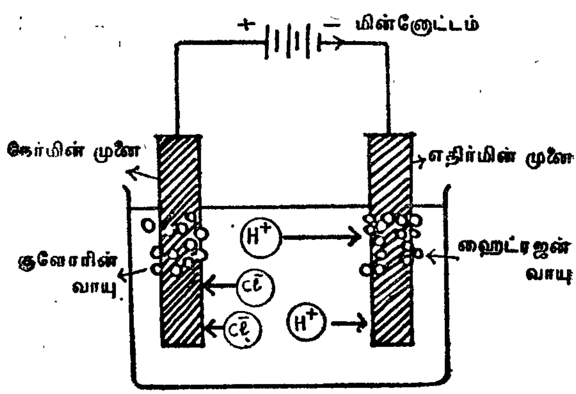
படம் 23
உலோகக் கடத்திகள்

மின்பகுளிகள் : அயனிக் கடத்திகள் அல்லது மின் பகுளிகள் மின்னாற்றலைக் கடத்தும்போது வேதி மாற்றமோ அல்லது வேதிச்சிதைவோ நிகழ்கின்றது. இவ்வகை மின் கடத்திகளுக்கு உதாரணம் சோடியம் குளோரைடு, பொட்டாசியம் சல்பேட்டு, நைட்ரிக் அமிலம் போன்றவை. இவற்றின் நீர்க் கரைசல்களும், உருக்கிய நிலையிலுள்ள திரவமும் மின்சாரத்தைக் கடத்துகின்றன. இவ்வகை கடத்திகள் அயனிகளைத் தரவல்லன அந்த அயனிகள் மின் முனைகளை நோக்கி நகர்வதால் மின் கடத்தல் நிகழ்கிறது. மின் பகுளிக்கரைசல்களில் நிகழும் மாற்றங்களையும், வேதி வினைகளைப்பற்றியும் மின் வேதியியல் எடுத்துரைக்கின்றது.

ஈரினமான மின்கடத்திகள் (Mixed Conductors): ஈரினமான மின்கடத்திகள் உலோகக் கடத்திகள், மின் பகுளிகள் ஆகிய இவ்விரண்டின் தன்மைகளையும் பெற்றுள்ளன. இவை ஓரளவிற்கு உலோகக் கடத்திகள் போன்றும் ஓரளவிற்கு மின் பகுளிகள் போன்றும் மின்னாற்றலைக் கடத்துகின்றன. இவற்றிற்கு உதாரணம் திரவ அம்மோனியாவில் கரைக்கப்பட்ட கார உலோகக் கரைசல்கள் ஆகும்.

மின்முனைகள் : மின்பகுளிக் கரைசல்கள் வழியாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த உதவும் சாதனத்தை மின்முனை என்கிறோம். மின்பகுளிக் கரைசலுள் நேர்மின்னோட்டம் (Positive current) புகும் மின்முனை நேர் மின்முனை (Anode) எனப்படும். கரைசலினின்று எம்மின்முனையில் நேர் மின்னோட்டம் வெளியேறுகின்றதோ அம்மின்முனை எதிர்மின்முனை (Cathode) எனப்படும்.

மின்னாற்பகுத்தல் : ஒரு மின் பகுளி வழியாக மின்னோட்டத்தை செலுத்தும்போது அப்பொருள் சிதைவுறும் வினையை



படம் 24
மின்னாற் பகுப்பு

மின்னாற் பகுப்பு என்கிறோம். மின்னாற் பகுப்பு வினையை படம் 24 விளக்குகின்றது.

குறை மின்கடத்திகள் அல்லது தாழ் வெப்பநிலையிலும் தூய நிலையிலும் மின்கடத்தாத் திண்மப்பொருள்கள் (Semi Conductors)

இவ்வகை மின்கடத்திகளுக்கு உதாரணம் பொதுவாக சகபிணைப்புப் படிகங்களாகும். இவ்வகை மின் கடத்திகளின் சாதாரண வெப்பநிலையில் எலக்ட்ரான்கள் பிணைப்பினின்று விடுபடத் தேவையான வெப்ப ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கின்றன. இவ்வாறு வெளிப்படும் எலக்ட்ரான்கள் வெப்ப ஆற்றலைப் பெற்றிருப்பதால் ஒழுங்கற்ற முறையில் இயங்கிக்கொண்டிருக்கின்றன. இவ்வாறு இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் எலக்ட்ரான்கள் ஒரு மின் ஆற்றல் புலத்தை சந்திக்க நேரிடின், மின்புலத்திற்கு எதிராகத் தோன்றும் உந்தாற்றலின் விளைவாக இவை மின்கடத்திகளாகச் செயல்படுகின்றன. இவ்வகை மின்கடத்தலை N-வகை மின்கடத்துத்திறன் (N-type conductivity) என்கிறோம். பிணைப்பினின்று எலக்ட்ரான்கள் விடுபட்டவுடன் அவை அமைந்திருந்த இடம் நிரம்பப்படாமல் இடைவெளிகளாகவே உள்ளது. எனவே, நேரமின்சுமை உடைய அயனிகள் படிகங்களில் தன்னியல்பாக இயங்குவதால் மற்றோர் வகை மின் கடத்தல் தோன்றுகின்றது. இதனை P-வகை மின்கடத்துத்திறன் (P-type conductivity) என்கிறோம். எனவே இவ்வகை கடத்திகளின் மொத்த மின்னோட்டம் N,P ஆகிய இருவகை மின்னோட்டங்களின் கூடுதல் ஆகும்.

குறை மின்கடத்திகள் தனிமங்களாகவோ அல்லது சேர்மங்களாகவோ இருக்கலாம். இவ்வகை மின் கடத்திகளுக்கு உதாரணம் ஜெர்மேனியம், சிலிக்கன், செலினியம், லெட்டெலூரைடு ஆகியவை. சாதாரண உலோகத் கடத்திகளைப் போல் அல்லாமல் குறை மின்கடத்திகளின் மின்தடை வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது குறைகின்றது. ஏனெனில் வெப்பநிலை அதிகரிப்பதால் அதிக எலக்ட்ரான்கள் வெப்ப ஆற்றலைப் பெற்று படிகங்களிலுள்ள பிணைப்புகளினின்று விடுபட்டு இடைவெளிகளை ஏற்படுத்துகின்றன. எனவே, குறை மின்கடத்திகள் தாழ் வெப்பநிலையில் மின்கடத்தாத்தன்மையுடையன. மேலும், இவ்வகை மின்கடத்திகளில் மாசுக்கள் கலந்திருப்பின் மின்தடை குறைகின்றது. எனவே இவை தூயநிலையில் மின்கடத்தாத் தன்மையுடையன. குறைமின்கடத்திகள் இருவகைப்படும்.

(1) உள்ளார்ந்த குறை மின்கடத்திகள் (Intrinsic Semiconductors): இவ்வகை மின் கடத்திகளின் மின்தன்மை

களைப் பொதுவாக நல்லியல்பு படிகங்கள் (Ideal crystals) பெற்றுள்ளன. இவ்வகை மின்கடத்திகளின் P,N—மின்கடத்து திறன் பற்றி எற்கனவே கூறப்பட்டுள்ளது.

(2) உள்ளார்ந்ததல்லாத குறை மின்கடத்திகள் (Extrinsic Semi conductors): இவ்வகை மின் கடத்திகளின் மின் கடத்தும் பண்புகள் படிகங்களில் மாசுக்களோ அல்லது குறைபாடுகளோ இருப்பதால் தோன்றுகிறது.

குறை மின்கடத்திகளின் P-N சந்தி மிக முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். மாற்று மின்னோட்டத்தை நேர் மின்னோட்டமாக மாற்ற பெரிதும் இதனை பயன்படுத்துகின்றோம். இது டிரான்ஸிஸ்டர் வேலை செய்வதிலும் பெரிதும் உதவுகின்றது.

மின்னோட்ட அளவுகளும் அவற்றின் அலகுகளும் (Electrical Quantities and their Units)

நேரடியாக பாயும் மின்னோட்டத்தை எலக்ட்ரான்களின் ஓட்டம் எனலாம். எலக்ட்ரான்கள் அதிவேகத்துடன் பாய்ந்தால் அதிக மின்னோட்டம் பாய்கிறது என்கிறோம். ஒரு மின் கம்பி வழியாக எலக்ட்ரான்கள் பாய்வதை ஒரு குழாய் வழியாக நீர் பாய்வதற்கு ஒப்பிடலாம். ஒரு குழாய் வழியாக பாயும் நீரின் அளவு (i) எவ்வேகத்துடன் நீர் பாய்கிறது என்பதையும் (ii) எவ்வளவு நேரத்திற்கு நீர் பாய்கிறது என்பதையும் பொறுத்து அமையும்.

மின்னோட்டத்திறனை I என்ற குறியீட்டால் குறிப்பிடுகிறோம். மின்னோட்டத்திறனை அளக்கும் அலகு ஆம்பியர் (ampere) எனப்படும். ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் என்பது, ஒரு மின் கடத்தி மூலமாகச் செல்லும் மின் ஆற்றலின் அளவைக் குறிப்பிடுகின்றது, ஒரு மின் பகுளி வழியாகச் செல்லும் மின்சாரத்தின் அளவை (quantity) கூலோம் என்ற அலகில் குறிப்பிடுகின்றோம். கூலோம் என்ற இப்பெயர் பிரான்சு நாட்டைச் சேர்ந்த சார்லஸ் கூலோம் என்ற அறிவியலர் பெயரினின்று இடப்பட்டது ஆகும். ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஒரு வினாடி நேரம் பாயும்போது தோன்றும் மின்சாரத்தின் அளவு ஒரு கூலோம் எனப்படும். மின்னோட்டம் பாயும்போது ஒரு மின் கடத்தியில் தோன்றும் தடையை மின் தடை என்கிறோம். மின் தடையை 'R' என்ற குறியீட்டால் குறிப்பர். மின்தடையின் அலகு 'ஓம்' எனப்படும். மின் அழுத்த வேறுபாட்டினை 'V' எனக்

குறிப்பர். இதன் அலகு வோல்ட் எனப்படும். ஒரு மின்கடத்தியின் மின்தடை ஒரு ஓம் ஆகவும் அதன் மின்னோட்ட திறன் ஒரு ஆம்பியராகவும் உள்ளபோது அதன் மின்னழுத்தம் வேறுபாடு ஒரு வோல்ட் ஆகும்.

ஓம் விதி : மின்னோட்டத்திறன், மின் தடை மின்னழுத்த வேறுபாடு இவற்றிற்குரிய தொடர்பினை ஓம் விதி எடுத்துரைக்கின்றது. ஓம் விதியை கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம். ஒரு மின் கடத்தி மூலம் பாயும் மின்னோட்டத்தின் திறன் மின்தடையுடன் எதிர் விகிதத்திலும், மின் அழுத்த வேறுபாட்டுடன் நேர்விகிதத்திலும் மாற்றம் அடைகின்றது.

$$\text{மின்னோட்டத்திறன் (ஆம்பியரில்)} = \frac{\text{மின் அழுத்த வேறுபாடு (வோல்ட்டில்)}}{\text{மின் தடை (ஓமில்)}}$$

$$I = \frac{V}{R}$$

மின் ஆற்றல்: மின் ஆற்றலை ஜூல் என்ற அலகிலோ அல்லது ஜூலின் மடங்கு, கீழ்மடங்கு இவற்றிலோ அளக்கின்றோம். ஒரு ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஒரு வோல்ட் மின் அழுத்த வேறுபாடுள்ள மின் கடத்தியின் மூலம் ஒரு நொடி நேரம் பாயும் போது தோன்றும் மின் ஆற்றல் ஒரு ஜூல் எனப்படும்.

மின்பகுளியின் கடத்து திறன்

ஒரு மின்கடத்தியின் மின்தடை அதன் நீளத்துடன் நேர் விகிதத் தொடர்பும், குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புடன் எதிர்விகிதத் தொடர்பும் பெற்றுள்ளது.

$$R \propto \frac{l}{a}$$

$$R = \rho \frac{l}{a} \qquad \ldots(1)$$

இச்சமன்பாட்டிலுள்ள ρ என்ற மாறிலி நியமமின்தடை (Specific resistance) எனப்படும். இது மின்கடத்தியின் தன்மையைப் பொறுத்துள்ளது.

$l = 1$ மீட்டர்

$a = 1$ சதுரமீட்டர்

என்று இருப்பின்

$$R = P$$

மின்கடத்தியின் நீளம் 1 மீட்டராகவும், அதன் பரப்பு 1 சதுர மீட்டராகவும் உள்ளபோது அதன் மின்தடையே நியம மின்தடை எனப்படும்

மின்வேதியியல் கணக்கீடுகளில் மின்தடை (Resistance) என்பதைவிட மின்கடத்துத்திறன் (Conductance) என்பதே பெரிதும் உதவுகின்றது. மின்கடத்துத்திறன் மின்னாற்றல் எவ்வளவு எளிதில் பாய்கிறது என்பதைக் குறிக்கின்றது. மின் கடத்துத்திறன் L எனக் குறிப்பிட்டால்

$$L = \frac{l}{R}$$

எனவே சமன்பாடு (1)ஐ கீழ்க்கண்டவாறு தலைகீழ் வடிவில் எழுதலாம்.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{P} \quad \frac{a}{l}.$$

நியம மின்தடையின் தலைகீழ் எண்ணை நியம கடத்துத்திறன் (Specific conductance) என்கிறோம். நியம கடத்துத்திறனை κ என்று குறிப்பிடுகிறோம்.

$$\therefore \quad \frac{l}{R} = K . \frac{a}{l}$$

எனவே 1 கன மீட்டர் மின்கடத்தியின் கடத்துத்திறனே நியம கடத்துத்திறன் எனப்படும். இச்சமன்பாட்டிலிருந்து kன் மதிப்பைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$k = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{a}$$

$\frac{l}{a}$ என்பது மின்கலமாறிலி (Cell constant) எனப்படும். கல மாறிலி மின்முனைகளின் பரப்பு, அவைகளிடைப்பட்ட தூரம் இவற்றைப் பொறுத்துள்ளது.

$$\therefore \text{நியம கடத்துத்திறன்} = \frac{\text{மின்கலமாறிலி}}{\text{மின்தடை}}$$

$$\text{மின்கலமாறிலி} = \frac{\text{நீளம் (மீட்டரில்)}}{\text{பரப்பு (சதுரமீட்டரில்)}}.$$

எனவே மின்கலமாறிலியை m^{-1} என்று குறிப்பிடுகிறோம். கடத்துத்திறனின் அலகு மோ (mho) அல்லது ohm^{-1} ஆகும். (ஓமின் தலைகீழ் என்ன ஓம்$^{-1}$ எனப்படும்). நியம கடத்துத்திறன் ஓம்$^{-1}$ மீட்டர்$^{-1}$ என குறிக்கப்படுகின்றது.

$$k = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{a}$$

$$k = \frac{1}{\text{ஓம்}} \times \frac{\text{மீட்டர்}}{\text{சதுரமீட்டர்}} = \text{ஓம்}^{-1}\ \text{மீட்டர்}^{-1}\ \text{ஆகும்.}$$

சமான எடை கடத்துத் திறன் : இரு மின்முனைகளினிடையே உள்ள கரைசலில் ஒரு கிராம் சமான எடையுள்ள மின்பகுளி கரைந்திருப்பின், அக்கரைசலின் கடத்துத்திறன் சமான எடை கடத்துத்திறன் எனப்படும். ஒரு கரைசலின் செறிவு C சமான எடை/லிட்டர் ஆக இருக்கும்போது அக்கரைசலின் சமான எடை கடத்துத்திறன் λc எனப்படும். சமான எடை கடத்துத் திறனின் அலகு ஓம்$^{-1}$ மீட்டர்^{2} சமான எடை$^{-1}$ ($ohm^{-1}\ m^{2}\ equivalent^{-1}$).

ஒரு கரைசலின் நியம கடத்துத்திறன் K எனவும், அக்கரைசலின் செறிவு C சமான எடை/லிட்டர் எனவும் இருப்பின் அக்கரைசலின் சமான எடை கடத்துத்திறன் λcஐக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\lambda c = \frac{k}{1000\ C}$$

ஒரு மின் பகுளிக் கரைசலின் சமான எடை கடத்துதிறன் கரைசலை நீர்ப்பதால் அதிகரித்துக்கொண்டே சென்று பின் முடிவிலா நீர்த்த நிலையில் (infinite dilution) ஒரு மாறாத மதிப்பை அடைகின்றது. இதனையே முடிவிலா நீர்த்த நிலையில் சமான எடை கடத்துத்திறன் (Equivalent conductance of infinite dilution) என்கிறோம். இதனை $\lambda\infty$ என்று குறிப்பிடுகின்றோம்.

மோலார் கடத்து திறன் : ஒரு மோல் மின் பகுளியைக் கரைத்தால் கிடைக்கும் மொத்த அயனிகளின் கடத்துத்திறனை மோலார் கடத்துத்திறன் என்கிறோம். இதனை μ எனக் குறிப்பிடுகிறோம். மோலார் கடத்துத் திறனின் அலகு ஓம்$^{-1}$ மீட்டர்^{2} மோல்$^{-1}$ (ohm^{-1} m^{2} mol^{-1}).

அயனியாதல் வீதம் : ஒரு மின் பகுளிக் கரைசலின் அயனியாதல் வீதம் என்பதனை $\propto$ எனக் குறிப்பிட்டால்

$$\alpha = \frac{\lambda c}{\lambda\infty}$$

λc என்பது கரைசலின் செறிவு C ஆக இருக்கும் போது கரைசலின் சமான எடைக் கடத்துத்திறனாகும்$\lambda\infty$ என்பது முடிவிலா நீர்த்த நிலையில் கரைசலின் சமான எடை கடத்துத்திறனாகும். கரைசலை விளாவும்போது அயனியாதல் அதிகரிக்கின்றது. முடிவிலா நீர்த்தநிலையில் அயனியாதல் பெரும்பாலும் முற்றுப் பெறுகின்றது. இக்கருத்தினை அடிப்படையாகக் கொண்டே ஒரு கரைசலின் அயனியாதல் வீதத்தைக் கணக்கிடுகிறோம். இம்முறையில் $\propto$ வின் மதிப்பைக் கணக்கிடுவது குறையளவு அயனிப் பகுளிகளுக்கே பெரிதும் பொருந்தும். மிகையளவு அயனிப்பகுளிகளின் அயனியாதல் வீதம் சாதாரண செறிவுகளிலேயே 1 எனத் தெரிகின்றது.

மாதிரிக் கணக்கு 1 : ஒரு மின் கடத்துக் கலனில் 0·01 பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலை எடுத்துக்கொண்டு அக் கரைசலின் மின்தடை 700 ஓம் என நிர்ணயிக்கப்பட்டது. 0·01N பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலின் நியம கடத்துத் திறன் 0·14087 ஓம்$^{-1}$ மீட்டர்$^{-1}$ மின்கலத்தின் கலமாறிலியையும், இக்கரைசலின் சமான எடை கடத்துத்திறனையும் கணக்கிடு.

$$\frac{l}{a} = kR$$

மின்கல மாறிலி = மின்தடை × நியம கடத்துத்திறன்.

மின்கல மாறிலி $= 700 \times 0{\cdot}14087 = 98{\cdot}6$ மீட்டர்$^{-1}$

கல மாறிலி $= 98{\cdot}6\ m^{-1}$

கரைசலின் செறிவு C சமானஎடை / லிட்டர் என இருப்பின் அக்கரைசலின் சமான எடை கடத்துத்திறன் λc

$$\lambda c = \frac{k}{1000\ C}$$

$$\lambda c = \frac{0{\cdot}14087}{1000 \times 0{\cdot}01} = 0{\cdot}014087$$

$$\lambda c = 0{\cdot}014087$$

$$\lambda c = 1{\cdot}4087 \times 10^{-2} ohm^{-1}\ m^2\ equi^{-1}$$

சமான எடை கடத்துத்திறன் $= 1{\cdot}4087 \times 10^2\ ohm^{-1}\ m^2 equi^{-r}$

மின்கலமாறிலி $= 98{\cdot}6 m^{-1}$

ஃபாரடேயின் மின்னாற்பகுப்பு விதிகள்

ஒரு மின்பகுளி வழியாகச் செலுத்தப்படும் மின்னோட்டத்தின் அளவிற்கும், இருமின்முனைகளிலும் வெளிப்படும் பொருளின் எடைக்குமுள்ள தொடர்பினை இங்கிலாந்தைச் சேர்ந்த மைக்கேல் ஃபாரடே என்ற அறிவியல் அறிஞர் கண்டுபிடித்தார். அன்னார் சோதனை முடிவுகள் 1834-ம் ஆண்டு இரு மின்னாற் பகுப்பு விதிகளாக வெளியிடப்பட்டன. இந்த மின்னாற் பகுப்பு விதிகள் எலக்ட்ரான் கண்டுபிடிப்பதற்கு ஏறத்தாழ 63 ஆண்டுகள் முன்பே அறிவிக்கப்பட்டதொன்றாகும்.

(1) ஃபாரடேயின் மின்பகுப்பு விதி—முதல் விதி : ஒரு மின் பகுளியின் வழியாக செலுத்தப்படும் மின்சாரத்தின் அளவும், மின்னாற் பகுப்பு வினையில் வெளிப்படும் பொருளின் எடையும் நேர்விகிதத் தொடர்பினை பெற்றுள்ளது.

I ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை ஒரு மின்பகுளினூடே 't' நொடிகள் செலுத்தினால் W கி எடையுள்ள பொருள் வெளிப் படுவதாகக் கொள்வோம். ஃபாரடே வகுத்த முதலாம் மின் பகுப்பு விதிப்படி

$$W \propto I \times t$$
$$W = ZIt$$

'Z' என்ற விகித சமமாறிலி மின்வேதிச்சமான எடை (Electro Chemical Equivalent) எனப்படும். 1 ஆம்பியர் மின் னோட்டத்தை ஒரு மின் பகுளி வழியாக ஒரு நொடி நேரத்திற்கு செலுத்தும்போது படியும் பொருளின் எடையே அப்பொருளின் மின் வேதிச்சமான எடை எனப்படும். அதாவது ஒரு கூலோம் அளவுள்ள மின்சாரம் வெளிப்படுத்தும் பொருளின் எடையே அப் பொருளின் மின் வேதிச் சமான எடையாகும்.

(2) ஃபாரடேயின் மின் பகுப்பு விதி—இரண்டாம் விதி : ஒரே அளவுள்ள மின்சாரத்தை பல கரைசல்கள் வழியாகச் செலுத்தும்போது ஒவ்வொரு கரைசலினின்றும் வெளிப்படும் பொருளின் எடையும், அப்பொருளின் சமான எடையும் நேர் விகிதத் தொடர்பினை பெற்றிருக்கும்.

ஒரு கூலோம் அளவுள்ள மின்சாரம் நீர்த்த சல்ஃப்யூரிக் அமிலம், தாமிர சல்பேட் கரைசல், வெள்ளி நைட்ரேட் கரைசல் ஆகிய மூன்று கரைசல்கள் வழியாகவும் தனித்தனியே செலுத்தப் பட்டது. இம்மின்னாற் பகுப்பு வினையில் $1{\cdot}036\times10^{-5}$ கி ஹைட்ரஜன் வாயு வெளிவிடப்பட்டது. $3{\cdot}292\times10^{-4}$ கிராம் தாமிரமும், $1{\cdot}118\times10^{-3}$ கிராம் வெள்ளியும் படிந்தது. ஃபார டேயின் இரண்டாம் மின்னாற் பகுப்பு விதிப்படி ஒவ்வொரு கரை சலிலிருந்து படியும் பொருளின் எடையும் அப்பொருளின் சமான எடையுடன் நேர் விகிதத்திலிருக்கும். எனவே,

1 கூலோம் மின்சாரம் $1{\cdot}036\times10^{-3}$ கி ஹைட்ரஜனை வெளிப்படுத்துகின்றது.

1 கி ஹைட்ரஜனை (1 கிராம் சமான எடை) வெளிப்படுத்த தேவைப்படும் மின்சாரத்தின் அளவு $\Bigg\} = \dfrac{1}{1{\cdot}036\times10^{-5}}$

$= 96515$ கூலோம்

1 கூலோம் மின்சாரம் $3{\cdot}292 \times 10^{-4}$ கி தாமிரத்தை படிய வைக்கின்றது.

31·78 கி (1 கிராம் சமான எடை) தாமிரத்தை படியவைக்க தேவையான மின்சாரத்தின் அளவு $= \dfrac{31{\cdot}78}{3{\cdot}292 \times 10^{-4}}$

$= 96567$ கூலோம்.

1 கூலோம் மின்சாரம் $1{\cdot}118 \times 10^{-3}$ கி வெள்ளியை படியச் செய்கின்றது.

107·88 (கிராம் சமான எடை) வெள்ளியை படிய வைக்கத் தேவையான மின்சாரத்தின் அளவு $= \dfrac{107{\cdot}88}{1{\cdot}118 \times 10^{-3}}$

$= 96494$ கூலோம்

மேற்கூறிய சோதனை முடிவுகளே ஃபாரடே இரண்டாம் விதியின் முக்கியமான அனுமானமாகும். 96500 கூலோம் மின் சார்த்தை ஒரு மின் பகுளி வழியாக செலுத்தும்போது கிராம் சமான எடையுள்ள தனிமம் வெளிவிடப்படுகின்றது. 96500 கூலோம் என்ற மின்சார அளவு ஒரு ஃபாரடே என அழைக்கப் படுகின்றது. இதனை 'F' என்ற குறியீட்டால் உணர்த்துகிறோம்.

1 ஃபாரடே = 96,500 கூலோம்கள்

தாமிர சல்பேட் கரைசலை மின்னாற் பகுக்கும்போது Cu^{++} அயனி ஒடுக்கமடைந்து தாமிர உலோகமாக எதிர் மின் முனையில் படிகின்றது. இந்த வினையைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாடால் குறிப்பிடலாம்.

$$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$$

எலெக்ட்ரான் கொள்கைப்படி ஒரு தனிமத்தின் அணு எடை யின் எப்பின்னம் ஓர் எலெக்ட்ரானை இழக்கின்றதோ அல்லது ஓர் எலக்ட்ரானை ஏற்கின்றதோ அப்பின்னமே தனிமத்தின் சமான எடை எனப்படும். மேலே கூறிய வினையில்

தாமிரத்தின் சமான எடை $= \dfrac{\text{அதன் அணு எடை}}{2}$

1 சமான எடை அளவுள்ள தாமிரத்தை 1 அவகாட்ரோ எண் எலக்ட்ரான் படியச் செய்கின்றது.

இம்மின்னாற் பகுப்பு வினையில் நேர்மின் முனையில் ஆக்ஸிஜ னேற்றம் நிகழ்ந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன இவ்வெலக்ட்ரான்கள் எதிர்மின் முனையை அடைந்து அங்குள்ள உலோக அயனியை உலோகமாக ஒடுக்கமுறச் செய்து படிய வைக்கின்றது. 1 அவகாட்ரோஎண் எலெக்ட்ரானின் மின் சுமையை கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

1 அவகாட்ரோஎண் எலெக்ட்ரானின் மின்சுமை = 1 எலெக்ட்ரா மின்சுமை } × அவகாட்ரோ எண்.

ஒரு எலக்ட்ரானின் மின்சுமை = $1{\cdot}6021 \times 10^{-19}$ கூலோம்

அவகாட்ரோஎண் = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

1 அவகாட்ரோஎண் எலக்ட்ரானின் மின்சுமை = $1{\cdot}6021 \times 10^{-19} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$= 9{\cdot}647 \times 10^{4}$

$= 9{\cdot}65 \times 10^{4}$

= 96500 கூலோம்

அவகாட்ரோஎண் எலெக்ட்ரான்கள் 1 சமான எடை அள வுள்ள தாமிரத்தை படியச் செய்கின்றன.

எனவே 1 சமான எடை அளவுள்ள தாமிரத்தை படியச் செய்ய தேவையான மின்சாரத்தின் அளவு 96500 கூலோம். இந்த மின்சார அளவே 1 ஃபாரடே எனப்படும்.

மாதிரிக் கணக்கு 2 : 24125 கூலோம் மின்சாரத்தை தாமிர சல்பேட் கரைசல் வழியாகச் செலுத்தும்போது படியும் தாமிரத் தின் எடையை கணக்கிடு.

தாமிர (II) சல்பேட்டில் தாமிரத்தின் சமான எடை

$$= \frac{63{\cdot}54}{2} = 31{\cdot}77$$

96500 கூலோம்கள் மின்சாரம் 31·77 கி தாமிரத்தைப் படியச் செய்கின்றது.

24·125 கூலோம் படியச் செய்யும் தாமிரத்தின் எடை

$$= \frac{31 \cdot 77 \times 24,125}{96,500} = 7 \cdot 9425$$

இச்சோதனையில் படியும் தாமிரத்தின் எடை = 7·9425 கி

மாதிரிக் கணக்கு 3 : 10 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை 1 மணி நேரம் ஒரு மின்பகுளியின் ஊடே செலுத்தும்போது பாயும் மின்சாரத்தின் அளவை கூலோமில் கணக்கிடு.
மின்சாரத்தின் அளவு (கூலோமில்)

= மின்னோட்டத்திறன் (ஆம்பியரில்) × நேரம் (நொடிகளில்)

மின்சாரத்தின் அளவு = 10×60×60

= 36,000 கூலோம்.

இச்சோதனையில் பாயும் மின்சாரத்தின் அளவு = 36,000 கூலோம்.

மாதிரிக் கணக்கு 4: 0·5 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை நீர்த்த சல்ஃபூரிக் அமிலக்கரைசல் வழியாக 1 மணி நேரம் செலுத்துவதால் வெளிவிடப்படும் ஹைட்ரஜன் வாயுவின் கன அளவை திட்ட வெப்ப அழுத்த நிலையில் கணக்கிடு.

ஹைட்ரஜனின் கிராம் சமான எடை = 1·008 கிராம்.

1·008 கிராம் ஹைட்ரஜன் திட்ட வெப்ப அழுத்தநிலையில் ஆக்ரமிக்கும் கன அளவு } = 11·2 லிட்டர்

சல்ஃபூரிக் அமிலக் கரைசல் வழியாகப் பாயும் மின்சாரத்தின் அளவு } = 0·5×60×60

= 1800 கூலோம்

96,500 கூலோம் மின்சாரம் சல்பூஃரிக் அமிலத்திலிருந்து வெளிவிடும் ஹைட்ரஜனின் கன அளவு (திட்ட வெப்ப அழுத்தநிலையில் } = 11·2 லிட்டர்

$$\left.\begin{array}{r}\text{1800 கூலோம் மின்சாரம் சல்ஃப்யூரிக்}\\ \text{அமிலத்திலிருந்து வெளிவிடும்}\\ \text{ஹைட்ரஜனின் கன அளவு (திட்ட}\\ \text{வெப்ப அழுத்த நிலையில்)}\end{array}\right\} = \frac{11{\cdot}2}{96{,}500} \times 1800$$

$$= 0{\cdot}2089 \text{ லிட்டர்}$$

$$= 0{\cdot}2089 \times 1000 \text{ செ.மீ.}$$

$$= 208{\cdot}9 \text{ செ.மீ.}^3$$

$$\left.\begin{array}{r}\text{திட்ட வெப்ப அழுத்த நிலையில்}\\ \text{வெளிவிடப்பட்ட ஹைட்ரஜனின்}\\ \text{கன அளவு}\end{array}\right\} = 208{\cdot}9 \text{ க.செ.மீ.}$$

ஆர்ரீனியசின் மின்னாற்பிரிகை கொள்கை (Arrhenius Theory of Electrolytic Dissociation)

மின்னாற் பிரிகை நிகழ்வதை விளக்கும் பல கொள்கைகள் தோன்றின. அவற்றுள் 1887-ம் ஆண்டு ஸ்வீடன் நாட்டைச் சேர்ந்த ஆர்ரீனியஸ் என்ற வேதியியல் அறிஞர் வெளியிட்ட மின்னாற் பிரிகை கொள்கையே மிக முக்கியமானதாகும், இக் கொள்கையின் கோட்பாடுகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

1. ஓர் மின்பகுளியை நீரில் கரைக்கும்போது அது இரு வகை மின்னேற்றம் பெற்ற துகள்களை அளிக்கிறது. இத்துகள்கள் அயனிகள் என்றழைக்கப்படும். இவ்விரு அயனிகளும் எதிர் அயனி, நேர் அயனி எனப்படும். திடநிலையிலேயே மின்பகுளி களின் மூலக் கூறுகளில் அயனிகள் உள்ளன எனவும் இவ்வயனிகள் மின்நிலைக் கவர்ச்சி விசையால் (electrostatic forces of attraction) கட்டுண்டுள்ளன எனவும் தற்காலக் கருத்தின்படி நாம் அறிகிறோம். எனவே மின்பகுளியை உருக்கினாலோ அல்லது நீரில் கரைத்தாலோ அயனிகள் இடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசை விலகி அயனிகள் தன்னிச்சையாகத் திரிகின்றன.

$$AB \longrightarrow A^+ + B^-$$

$$A^+B^- \longrightarrow A^+ + B^-$$

எதிர் அயனிகளின் மொத்த எதிர்மின்னேற்றம் நேர் அயனிகளின் மொத்த நேர்மின்னேற்றத்திற்குச் சமமாகும். எனவே கரைசல் நடுநிலையிலுள்ளது.

2. மின்பகுளிக் கரைசலிலுள்ள அயனிகள் ஓரளவிற்கு, மீண்டும் கூடி மின்பகுளி மூலக்கூறுகளை அளிக்கின்றன. எனவே கரைசலில் உள்ள அயனிகளும், பிரிகையடையாத மூலக்கூறுகளும் சமநிலையில் இருக்கின்றன.

$$AB \rightleftharpoons A^{+} + B^{-}$$

நிறைதாக்க விதிப்படி இப்பிரிகைச் சமநிலையைக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம்.

$$K = \frac{[A^{+}]\ [B^{-}]}{[AB]}$$

K என்பது பிரிகைமாறிலி எனப்படும்.

3. மின்பகுளிக் கரைசலின் வழியாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்துவதால் நேர் மின்னேற்றத்தை உடைய அயனிகள் எதிர் மின் முனையை நோக்கியும், எதிர் மின்னேற்றத்தை உடைய அயனிகள் நேர்மின்முனையை நோக்கியும் நகர்கின்றன. அயனிகள் தத்தம் மின்முனையை நோக்கி இவ்வாறு நகர்வது கரைசலில் மின்னோட்டத்தை விளக்குகின்றது.

4. கொதிநிலை உயர்வு, உறைநிலை தாழ்வு, ஆவி அழுத்தக் குறைவு ஆகிய தொகைசார் பண்புகளில் (Colligative properties) அயனிகள், மின்னேற்றம் அற்ற கரைபொருள் மூலக்கூறுகளை ஒத்திருக்கின்றன. இரு அயனிகளைத் தரக்கூடிய மின்பகுளி மூலக்கூறு அயனியாகாத மூலக்கூறைப்போல் இருமடங்கு குறிப்பிட்ட தொகைசார் பண்பிற்கான மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும்.

5. கரைசலில் ஹைட்ரஜன் அயனி மிகையாக இருப்பின் அமிலமாகவும், ஹைட்ராக்சில் அயனி மிகையாக இருப்பின் காரமெனவும் கருதப்படுகிறது.

மின்பகுளி அயனியாதலைப் பாதிக்கும் காரணிகள்

1. **கரைபொருளின் தன்மை** : மிகையளவு அயனிப்பகுளிகள் (Strong electrolytes) அடர்வு அதிகமுள்ள கரைசல்களிலும் அயனிகளாகியுள்ளன. ஆனால் குறையளவு அயனிப்பகுளிகள் (Weak electrolytes) கரைசலின் அடர்வு அதிகமாக இருக்கும்போது மிகக் குறைந்த அளவே அயனிகளாகியுள்ளன.

2. கரைப்பானின் தன்மை : கரைபொருளின் அயனிகள் இடைப்பட்ட விசையை ஓரளவு குறைத்து அயனிகள் தனித் தனியே பிரிவதற்கு ஓர் கரைப்பான் துணைபுரியின், அக்கரைப் பானின் அயனியாதல் சற்று அதிகமாக இருக்கும்.

3. கரைசலின் அடர்வு : அயனியாதல் வீதம் கரைசலின் அடர்வைப் பொறுத்து அமையும். பொதுவாக கரைசலை விளாவு வதன் மூலம் மின்பகுளியின் அயனியாதல் வீதம் அதிகரிக்கின்றது.

4. வெப்ப நிலை : வெப்ப நிலையை அதிகரிக்கும்போது மூலக்கூறுகளின் திசைவேகம் அதிகரிப்பதால் அயனிகளினிடைப் பட்ட கவர்ச்சி விசை நீங்கி, மின் பகுளியின் அயனியாதல் வீதம் சற்று அதிகரிக்கின்றது.

அர்ரீனியஸ் கொள்கைக்கான சான்றுகள்

அர்ரீனியஸ் கொள்கைக்கு பல சோதனைச் சான்றுகள் உள்ளன. அவற்றுள் சில கீழேக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

1. ஒரு கிராம் சமான எடையுள்ள வீரியம் மிக்க அமிலமும், ஒரு கிராம் சமான எடையுள்ள வீரியம் மிக்க காரமும் முற்றிலும் வினைபடும்பொழுது தோன்றும் நடுநிலையாதல் வெப்பம் ஒரு மாறிலியாகும். இதன் மதிப்பு $\Delta H = -57{\cdot}32$ KJ. அர்ரீனியஸ் கொள்கைப்படி வீரியம் மிக்க அமிலத்திலுள்ள ஹைட்ரஜன் அயனி யும், வீரியம் மிக்க காரத்திலுள்ள ஹைட்ராக்ஸில் அயனியும் கூடி நீர் மூலக்கூற்றை அளிப்பதே இங்கு நிகழும் நிகர வினையாகும். இந்நிகர வினையின் வினை வெப்பம் ஒரு மாறிலியாகும். எனவே இந்நடுநிலையாதல் வெப்பம் வீரிய மிகு அமிலம், காரம் ஆகிய வற்றின் தன்மையைப் பொறுத்து அமையாது.

$$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$$

2. அநேக உப்புக்கள் நீரில் கரையும்போது நிறமுள்ள கரை சல்களைத் தருகின்றன. உப்பு அல்லது கரைசலின் நிறம் அதன் அயனிகளைப் பொறுத்தது. காப்பர் சல்பேட் நீல நிறமாக தோன்றுவது அதில் Cu^{++} அயனிகள் இருப்பதால் ஆகும். இளஞ் சிவப்பு நிறமான கோபால்ட் அயனிகள் Co இருப்பதால், கோபால்ட் குளோரைடு இளஞ்சிவப்பு நிறமாக இருக்கின்றது. நிக்கல் உப்புக்கரைசல் பச்சை நிறமாக இருப்பதற்கு Ni^{2+} அயனி களே காரணம் ஆகும். பொதுவாக, உலோக குரோமேட்டுகள்

மஞ்சள் நிறத்தைப்பெற்றிருப்பது, அவற்றிலுள்ள குரோமேட் அயனி மஞ்சள் நிறத்தைப் பெற்றிருப்பதால் ஆகும்.

3. உறை நிலைத்தாழ்வு, கொதி நிலை உயர்வு, ஆவியழுத்தக் குறைவு, சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் போன்ற தொகைசார் பண்புகளின் மதிப்புகள் மின்பகுளிக் கரைசலுக்கு கணக்கிடப்பட்ட மதிப்புகளைவிட அதிகமாக இருப்பதை அர்ரீனியஸ் கொள்கை விளக்குகின்றது. 0·1M பொட்டாசியம் குளோரைடின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம், 0·1M சுக்ரோஸ் கரைசல் அல்லது 0·1M யூரியா கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைப்போல் இரு மடங்கு ஆகும். ஏனெனில் பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலில் இரு அயனிகள் இருக்கின்றது.

4. ஆஸ்வால்ட் நீர்த்தல் விதி, கரை திறன் பெருக்கம், பொது அயனி விளைவு ஆகிய கருத்துக்கள் அர்ரீனியஸ் கொள்கையின் கோட்பாடுகளை விளக்கும் முறையில் அமைந்துள்ளன.

5. அர்ரீனியஸ் கொள்கையின் அடிப்படையில் மின்பகுளிகளை குறையளவு அயனிப்பகுளி (weak electrolytes) மிகையளவு அயனிப்பகுளி (strong electrolytes) என இரு வகைகளாக பிரிக்கின்றோம்.

6. அர்ரீனியஸ் கொள்கை அயனிகளிடையே நிகழும் பல வேதி வினைகளைப் பற்றி நன்கு அறிந்துகொள்ள உதவுகின்றது. பொதுவாக கரைசல்களில் நிகழும் வினைகள் அதிலுள்ள அயனிகளின் வினைகளேயாகும். கீழே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள வேதி வினைகள் பொதுவாக முற்றிலும் நிகழ்கின்றன.

(i) ஒரு விளை பொருள் வீழ்படிவாக இருப்பின் அவ்வினை உதாரணமாக,

$$AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3$$

(ii) விளை பொருள்களுள் ஒன்று வாயுப் பொருளாக இருக்கும் வினை உதாரணமாக,

$$NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 + HCl \uparrow$$

(iii) விளை பொருள்களுள் ஏதேனும் ஒன்று மிகக்குறைந்த அளவே அயனியாகும் திறம் வாய்ந்ததாயிருப்பின் அவ்வினை உதாரணமாக,

$$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$$

அர்ரீனியஸ் கொள்கையின் குறைபாடுகள்

அர்ரீனியஸ் கொள்கையை ஒட்டி அமைந்த ஆஸ்வால்ட் நீர்த்தல்விதி குறையளவு அயனிப் பகுதிகளுக்கே பொருந்துகின்றது. மிகை அளவு அயனிப்பகுளிகளுக்குப் பொருந்துவதில்லை. மிகை அளவு அயனிப் பகுளிகள் சாதாரண செறிவுகளிலேயே அயனிகளாய் உள்ளன. எனவே கரைசலை விளாவுவதால் அயனியாதல் வீதம் பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் மிகையளவு அயனிப்பகுளிகளின் ஆஸ்வால்ட் மாறிலி Kன் மதிப்பு கரைசலின் செறிவைப் பொறுத்து பெரிதும் மாறுகின்றது. ஆனால் மாறுபட்ட மின்னேற்றம் பெற்ற அயனிகளிடையே உள்ள கவர்ச்சியால் அயனிகளின் சலனம் பாதிக்கப்படுகின்றது என்ற கருத்தை அர்ரீனியஸ் கொள்கை முற்றிலும் புறக்கணித்துவிட்டது. எனவே அர்ரீனியஸ் கொள்கையின் குறைபாடுகளை நீக்கி பல புதிய கொள்கைகள் வெளியிடப்பட்டன. இவற்றுள் 1923-ம் ஆண்டு டிபை, ஹூக்கல் ஆகிய அறிவியல் அறிஞர்கள் வெளியிட்ட கொள்கை மிக முக்கியமானதாகும். இக்கொள்கை, எந்த நீர்த்தலிலும் முற்றிலும் அயனியாயுள்ள மிகையளவு அயனிப்பகுளியின் அயனிகளிடைப்பட்ட கவர்ச்சி விசையினை மையமாகக் கொண்டு எழுந்ததாகும்.

மிகையளவு அயனிப்பகுளி (Strong Electrolytes), குறையளவு அயனிப்பகுளி (Weak Electrolytes) இவற்றின் அடிப்படைக் கருத்து

அர்ரீனியஸ் கொள்கையின் அடிப்படையில் மின்பகுளிகளை இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை (i) மிகையளவு அயனிப் பகுளி (ii) குறையளவு அயனிப்பகுளி என்பன.

மிகையளவு அயனிப்பகுளி : சோடியம் ஹைட்ராக்டைடு, ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலம், பொட்டாசியம் குளோரைடு ஆகிய மின்பகுளிகள் அதிக செறிவுள்ள கரைசல்களிலேயே பெரும்பாலும் முற்றிலும் அயனிகளாகியுள்ளன. மிகையளவு அயனிப் பகுளியின் நீர்கரைசல் நன்கு மின் கடத்தும் தன்மைவாய்ந்ததாகும். அதிக செறிவுள்ள கரைசல்களிலேயே இவ்வகை மின் பகுளிகள் அதிக மின்கடத்துத்திறன் பெற்றவை. இவ்வகை மின்பகுளிகளின் கரைசலை நீர்க்கச் செய்வதால், கரைசலின் சமான எடை கடத்துதிறன் வெகுவாக பாதிக்கப்படுவதில்லை. கனிம அமிலங்கள், கார உலோக ஹைட்ராக்ஸைடுகள், இவற்றின்

உப்புக்கள் ஆகியவை மிகையளவு அயனிப் பகுளிகளுக்கு உதாரணங்கள் ஆகும்.

குறையளவு அயனிப்பகுளி : அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடு அசெட்டிக் அமிலம் போன்ற மின்பகுளிகள் சாதாரணச் செறிவுள்ள கரைசல்களில் குறைந்த அளவு அயனிகளையே பெற்றிருக்கின்றன. இவற்றின் அயனியாதல் வீதம் பொதுவாகக் குறைவு ஆகும். இவற்றின் நீர்க்கரைசல்களின் மின்கடத்துத் திறன் குறைவு ஆகும். கரைசலின் செறிவு அதிகமாக இருக்கும் போது இவற்றின் சமான எடை கடத்துத்திறன் குறைவாகவே உள்ளது. குறையளவு அயனி ப்பகுளியின் அயனியாதல் வீதமும், சமான எடை கடத்துத்திறனும் கரைசலை நீர்த்தலால் அதிகரிக்கின்றது.

அமிலங்கள், காரங்கள் ஆகியவற்றின் அயனியாதல் வினை

நீர்க்கரைசலில் மின்பகுளிகள் பிரிகையடைந்து அயனிகளாக உள்ளன. நீர் முன்னிலையில் பொதுவாக அயனிகள் நீரேறிய நிலையில் (solvated) உள்ளன. அயனிகளினிடைப்பட்ட மின்நிலை கவர்ச்சி விசையால் அயனிகள் மீண்டும் ஓரளவிற்கு கூடிபிரிகை யடையாத மூலக்கூறுகளை அளிக்கின்றன. எனவே சேர்மத்தின் அயனியுறா மூலக்கூறுகளுக்கும், அயனிகளுக்கும் இடையே ஒரு சம நிலை நிலவுகின்றது.

மேலே கூறிய சமநிலை எல்லா செறிவுகளிலும் முழுவதும் அயனிகளாக வல்ல வீரியமிக்க அமிலம் (உ. ம். ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம், சல்ஃபூரிக் அமிலம் வீரியமிக்க காரங்கள் (உ. ம். சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு, பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்ஸைடு) இவற்றின் நீர்த்த கரைசல்களுக்குப் பொருந்தாது.

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

ஏனெனில் இவ்வினை அநேகமாக முழுமையாக நிகழ்கின்றது. நேர்வினையே பெரும்பாலும் நிகழ்கின்றது. எதிர்வினை நிகழும் சாத்தியம் மிகக் குறைவு. வீரியம் குறைந்த அமிலம் (உ. ம். அசெட்டிக் அமிலம்), வீரியம் குறைந்த காரம் (உ. ம். அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடு) இவற்றின் நீர்க்கரைசல்களில் அயனியாகாத மூலக்கூறுகள், அயனிகள் இவற்றின் இடையே சமநிலை நிகழ்கின்றது. ஏனெனில் இந்த குறைஅயனி மின்பகுளிகளின் அயனியாகும் திறன் குறைவு ஆகும்.

பிரிகை மாறிலி: ஒரு மின் பகுளியின் அயனியாதல் வினையின் சமநிலை மாறிலியை பிரிகை மாறிலி என்கிறோம். உதாரணம் மாக, அசெட்டிக் அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலியை கீழ்க்கண்ட வாறு கணக்கிடலாம்.

$$CH_3\,COOH \rightleftharpoons CH_3\,COO^- + H^+$$

மேற்கூறிய அயனிச் சமநிலைக்கு நிறைதாக்க விதியை பயன் படுத்தினால்

$$K_a = \frac{[H^+]\ [CH_3\,COO^-]}{[CH_3\,COOH]}$$

இச்சமநிலை மாறிலி அமிலத்தின் பிரிகைமாறிலி எனப்படும். 'α' என்பது அமிலத்தின் பிரிகை வீதம் எனக்கொள்வோம். ஒரு மோல் அசெட்டிக் அமிலத்தின் எப்பின்னம் பிரிகையடைந்து அயனிகளாக உள்ளதோ அப்பின்னமே அசெட்டிக் அமிலத்தின் பிரிகை வீதமாகும். அமிலக்கரைசலின் செறிவை C மோல்கள்/லிட்டர் எனக்கொள்வோம்.

$$[H^+] = \alpha C$$
$$[CH_3\,COO^-] = \alpha C$$
$$[CH_3\,COOH] = C\,(1-\alpha)$$
$$\therefore\ K_a = \frac{\alpha C \times \alpha C}{C\,(1-\alpha)} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha}$$

ஒரு வீரியங் குறைந்த அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலியை இச்சமன்பாட்டினைக் கொண்டு கணக்கிடலாம். ஆஸ்வால்ட் என்ற அறிஞரே முதன் முதலில் அமிலம், காரம் இவற்றின் அயனியாதல் சமநிலைக்கு நிறைதாக்க விதியைப் பயன்படுத்தி னார். K_a ன் மதிப்பை உணர்த்தும் இச்சமன்பாடு ஆஸ்வால்ட் நீர்த்தல் விதிக்கான சமன்பாடு ஆகும். அமிலத்தின் அயனியாதல் வீதம் மிகக் குறைவாக இருப்பின் ஆஸ்வால்ட் நீர்த்தல் விதிச் சமன்பாட்டை

$$K_a = \alpha^2 C$$

எனக் குறிப்பிடலாம். காரங்களின் பிரிகை வினைக்கான சமன்பாட்டையும் இவ்வாறே குறிப்பிடலாம்.

காரங்களின் அயனியாதல் வினை

காரங்களின் பிரிகை மாறிலி : அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடின் பிரிகையாதல் வினையைக் கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பிடலாம்.

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

மேற்கூறிய பிரிகை சமநிலையை நிறைதாக்க விதியைப் பயன்படுத்தி கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$K_b = \frac{[NH_4^+]\ [OH^-]}{[NH_4OH]}$$

K_b என்பது காரத்தின் பிரிகை மாறிலியாகும். காரத்தின் அயனியாதல் வீதத்தை $\propto$ எனவும், காரக் கரைசலின் செறிவை C மோல்ஸ் லிட்டர் எனவும் குறிப்பிட்டால் K_b யின் மதிப்பை மேலே கூறியது போலவே

$$K_b = \frac{\propto^2 C}{1-\propto}$$

எனலாம்.

pk குறிமான முறை (pk Notation): அமிலங்கள், காரங்கள் இவற்றின் பிரிகை மாறிலிகளை எளிதில் ஒப்பிட உதவும் வகையில் pk குறிமான முறை பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

$$K_b = -\log_{10} K_a$$

உதாரணமாக அசெட்டிக் அமிலத்தின் பிரிகைமாறிலி $1{\cdot}8 \times 10^{-5}$ ஆகும். எனவே அசெட்டிக் அமிலத்தின் pk_a என்பதன் மதிப்பு

$$Pk_a = -\log \frac{1}{1{\cdot}8\times10^{-5}}$$

$$Pk_a = \log 1-\log 1{\cdot}8\times10^{-5}$$

$$Pk_a = 4{\cdot}7447$$

இவ்வாறே

$$Pk_b = \log \frac{1}{k_b}$$

$$Pk_b = -\log 1-\log k_b$$

உதாரணமாக அயனியின் பிரிகைமாறிலி $3{\cdot}5\times10^{-10}$

$$k_b = 3{\cdot}5\times10^{-10}$$

$$Pk_b = -\log 3{\cdot}5+10^{-10}$$

$$Pk_a = \log 1-\log 3{\cdot}5\times10^{-10}$$

$$Pk_b = 9{\cdot}4559$$

pk_a, pk_b· இவற்றின் மதிப்புகள் அமிலங்கள், காரங்கள் இவற்றின் வலு அளவை ஒப்பிட உதவுகின்றன.

பல்காரத்துவ அமிலங்களின் பிரிகை வினை

ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட காரத்துவம் பெற்ற அமிலங்கள் பிரிகை அடைவதை இனி காணலாம். உதாரணமாக பாஸ்பாரிக் அமிலத்தின் காரத்துவம் மூன்று ஆகும். பாஸ்பாரிக் அமிலக் கரைசலை நீர்க்கும்போது அவ்வமிலம் மூன்று நிலைகளில் பிரிகை அடைகின்றது.

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^- \quad (1)$$

$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{--} \quad (2)$$

$$HPO_4^{--} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{---} \quad (3)$$

சமன்பாடு (1) முதல் நிலை பிரிகையையும், சமன்பாடு (2) இரண்டாம் நிலை பிரிகையையும், சமன்பாடு (3) மூன்றும் நிலை பிரிகையையும் எடுத்துரைக்கின்றது. இம்மூன்று பிரிகை சமநிலைகளுக்கான பிரிகை மாறிலிகளின் மதிப்புக்கள் பின்வருமாறு:

$$Ka_1 = 7{\cdot}52 \times 10^{-3}$$

$$Ka_2 = 6.23 \times 10^{-3}$$

$$Ka_3 = 5 \times 10^{-13}$$

பிரிக்க மாறிலிகளின் மதிப்புகளினின்று

$$Ka_1 > Ka_2 > Ka_3$$

என அறியலாம். முதலில் H_3PO_4 மூலக்கூறு எளிதில் பிரிகை அடைந்து ஹைட்ரஜன் அயனியை ஈனுகின்றது. இரண்டாம் நிலை பிரிகைச் சம நிலையில் ஹைட்ரஜன் அயனி எதிர் மின்னேற்றம் பெற்ற $H_2PO_4^-$ அயனியினின்று வெளி வருதல் வேண்டும். எனவே இரண்டாம் நிலை பிரிகை மாறிலி முதல் நிலை பிரிகை மாறிலியைவிட குறைவாக உள்ளது. மூன்றாம் நிலை பிரிகையில் நேர் மின்னேற்றம் பெற்ற H^+ ஈரெதிர் மின்னேற்றமுள்ள (dinegative) HPO_4^{--} அயனியினின்று பிரிகை அடைந்து ஈயப்படுதல் வேண்டும். எனவே மூன்றாம் நிலை பிரிகை மாறிலி இரண்டாம் நிலை பிரிகை மாறிலியைவிடக் குறைவான மதிப்பைப் பெற்றுள்ளது.

அமிலங்களின் வீரியத்தை ஒப்பிடுதல்

வீரியம் மிகு, வீரியங்குறைந்த அமிலங்களை இனி எவ்வாறு ஒப்பிடலாம் எனக்காண்போம். ஒரு அமிலத்தின் வீரியம் என்பது அஃது புரோட்டினை எத்துணை எளிதில் வழங்குகின்றது என்ப தனைப் பொறுத்தது. வீரியம் மிகு அமிலங்கள் நீர்க் கரைசல் களில் முழு அளவில் அயனிகளாகி உள்ளன. ஆனால் வீரியங் குறைந்த அமிலங்கள் மிகக் குறைந்த அளவே நீர்க் கரைசல்களில் அயனிகளாகி உள்ளன. இவற்றின் அயனியாதல் வீதம் கரைசலை நீர்ப்பதால் அதிகரிக்கின்றது. வீரியம் மிகு, வீரியங் குறைந்த அமிலங்களில் அவற்றின் உறை நிலைத் தாழ்வு மாறிலிகளின்மதிப் பினின்றும் அறியலாம். உதாரணமாக ஒரு மோல் ஹைட்ரஜன் குளோரைடை ஒரு கிலோ கிராம் நீரில்கரைப்பதால் தோன்றும் உறைநிலைத் தாழ்வு $2\times1{\cdot}86$ K ஆகும். ஆனால் ஒரு மோல் அசெட்டிக் அமிலத்தை 1 கிலோ கிராம் நீரில் கரைப்பதால்கரை சலின் உறைநிலைத்தாழ்வு சுமார் $1\times1{\cdot}86$ K ஆகும். ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலக் கரைசல் முற்றிலும் அயனியுறுவதால் இரு அயனிகள் உள்ளன. எனவே தொகை சார்பண்பின் மதிப்பு இரு மடங்காகின்றது. ஆனால் அசெட்டிக் அமிலம் மிகக் குறைந்த அளவே பிரிகையடைவதால் கரைசலின் உறை நிலை தாழ்வு மாறிலியின் மதிப்பில் பெரும் மாற்றமில்லை.

காரங்களின் வீரியத்தை ஒப்பிடுதல்

ஒரு காரத்தின் வீரியம் அஃது எவ்வளவிற்கு அயனியாகின்றது என்பதைப் பொறுத்தது. காரத்தின் பிரிகை வினையில் பொது வாக நேர் மின்னேற்றம் பெற்ற உலோக அயனியும், எதிர் மின் னேற்றம் பெற்ற ஹைட்ராக்ஸில் அயனியும் விளைபொருள் களாகும். நேர் மின் அயனியின் உருவளவு (size) பெரியதாகவும் அதன் மின் சுமை (charge) குறைவாகவும் இருப்பின், அவ்வயனி யைப் பெற்றுள்ள காரம் மிக எளிதில் ஹைட்ராக்ஸில் அயனியை ஈந்து வீரிய காரமாக செயல்படும். ஏனெனில், குறைந்த மின் சுமையை உடைய பெரியஅயனி ஹைட்ராக்ஸில் அயனியிடம்மிகக் குறைந்த ஈர்ப்பு விசையே பெற்றிருக்கும். ஆனால் அதிக மின் சுமையை உடைய சிறிய அயனிகள் ஹைட்ராக்ஸில் அயனியிடம் அதிகஈர்ப்பு விசையைக் காட்டும். எனவே கார உலோக ஹைட்ராக் ஸைடுகள் வீரிய காரங்களாகும். இவற்றின் வீரியம் கார உலோக அயனியின் உருவளவுடன் அதிகரிக்கின்றது உதாரணமாக KOH, NaOH-ஐக் காட்டிலும் வீரியம் மிக்க காரமாகும். ஏனெனில்

K^+ அயனி Na^+ அயனியைவிட பெரியதாகும். ஒரு தொகுதி அல்லது வரிசையில் அணு எண் உயர்விற்கு ஏற்ப காரத்தின் வீரியம் வேறுபடுகின்றது. NaOH, $Mg(OH)_2$ ஐக் காட்டிலும் வீரியமுள்ள காரமாகும். ஆனால் Mg $(OH)_2$, Al $(OH)_3$ ஐவிட வீரியமிக்கதாகும் ஏனெனில் Na^+, Mg^{++}, Al^{+++} என்ற வரிசையில் அயனிகளின் நேர்மின்னேற்றம் அதிகரித்துக் கொண்டும், அவற்றின் உருவளவு குறைந்து கொண்டும் இருக்கின்றது.

பொது அயனி விளைவு (Common Ion Effect): அசெட்டிக் அமிலத்தின் நீரிய கரைசலுடன் ஒரு வீரியம் மிகு அமிலத்தை (உதாரணமாக ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தை) சேர்த்தால் கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு அதிகரிக்கின்றது. எனவே லீசாட்லியர் விதிப்படி, ஓரளவு ஹைட்ரஜன் அயனிகள் அசெட்டேட் அயனியுடன் கூடி பிரிகையடையாத அசெட்டிக் அமிலமாக மாறுகின்றது இதன் விளைவாக அசெட்டிக் அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலியின் மதிப்பு மாறாதிருக்கின்றது. எனவே ஒரு பொது அயனியைத் (ஹைட்ரஜன் அயனியையோ அல்லது அசெட்டேட் அயனியையோ) தரவல்ல ஒரு மிகை அயனி மின்பகுளியை அசெட்டிக் அமிலக் கரைசலுடன் சேர்ப்பதால் அசெட்டிக் அமிலத்தின் அயனியாதல் வீதம் குறைகின்றது. எனவே வீரியம் குறைந்த ஒரு அமிலம் அல்லது காரக்கரைசலுடன் பொது அயனியைத் தரவல்ல ஒரு மிகை அயனி மின்பகுளியைச் சேர்ப்பதால் அமிலம் அல்லது காரக்கரைசலின் அயனியாதல் வீதம் குறைக்கப்படும் விளைவை பொது அயனி விளைவு என்கிறோம்.

மாதிரிக் கணக்கு 5: 0 01M அசெட்டிக் அமிலக்கரைசலின் அயனியாதல் சதவீதம் 298 K வெப்பநிலையில் 4·1% ஆகும். அசெட்டிக் அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலியின் மதிப்பைக் கணக்கிடு.

அயனியாதல் சதவீதம் = 4·1%

$$\text{அயனியாதல் வீதம்} = \frac{4{\cdot}1}{100} = 0{\cdot}041$$

$$\alpha = 0.041$$

$$K_a = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha}$$

$$K_a = \frac{0{\cdot}041 \times 0{\cdot}041 \times 0{\cdot}01}{(1 - 0{\cdot}041)}$$

$$K_a = \frac{0{\cdot}041 \times 0{\cdot}041 \times 0{\cdot}01}{0{\cdot}959}$$

$$= 1{\cdot}753 \times 10^{-5}$$

அசெட்டிக் அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலி $= 1{\cdot}753 \times 10^{-5}$

மாதிரிக் கணக்கு 6 : 298 K வெப்ப நிலையில் 0·1 N அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடின் அயனியாதல் சதவீதம் 1·3% ஆகும். இக்கரைசலின் ஹைட்ராக்ஸில் அயனி, அம்மோனியம் அயனி இவற்றின் செறிவுகளைக் கணக்கிடு

அயனியாதல் விதம் $= \frac{1{\cdot}3}{100} = 0{\cdot}013$

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$[OH^-] = [NH_4^+] = \alpha \times C$$

$$\alpha = 0{\cdot}013$$

$$C = 0{\cdot}1$$

$[OH^-] = 0{\cdot}013 \times 0{\cdot}1 = 0{\cdot}0013$ மோல் / லிட்டர்

$[NH+] = 0{\cdot}013 \times 0{\cdot}1 = 0{\cdot}0013$ மோல் / லிட்டர்

கரைதிறன் பெருக்கம்

AB என்ற மிகக்குறைந்த அளவே கரையும் உப்பின் நிறைவுற்றகரைசலில் நிகழும் சம நிலையைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிப்பிடலாம்.

$$\underset{(\text{திண்மம்})}{AB} \rightleftharpoons \underset{(\text{கரைசல்})}{AB} \rightleftharpoons A^+ + B^-$$

உதாரணமாக வெள்ளி குளோரைடின் நிறைவுற்ற கரைசலில்

$$\underset{(\text{திண்மம்})}{AgCl} \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$

என்ற சமநிலை நிலவுகின்றது. இச்சமநிலைக்கு நிறைதாக்க விதி

பொருந்தும். எனவே நிறைதாக்க விதியின்படி ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் சமநிலை மாறிலியின் மதிப்பை

$$K_s = [Ag^+] \ [Cl^-]$$

என எழுதலாம். நிறைவுற்ற உப்புக் கரைசலில் கரையாத உப்பு மூலக்கூறுகளின் செறிவு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில், மாறாது இருக்கும். எனவே K_s க்கான சமன்பாட்டில் அஃது இடம் பெற வில்லை. K என்ற மாறிலி கரைதிறன் பெருக்கம் எனப்படும். 'மிகக் குறைந்த அளவே கரையும் ஓர் உப்பின் நிறைவுற்ற கரைசலில் உள்ள அயனிகளின் செறிவின் பெருக்கமே கரைதிறன் பெருக்கம் எனப்படும். குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் கரைதிறன் பெருக்கம் ஒரு மாறிலியாகும்.

கரைதிறன் பெருக்கத்தின் பயன்கள்

கரைதிறன் பெருக்கம் என்பதன் அடிப்படைக் கருத்து பல துறைகளிலும் பயனளிக்க வல்லதாகும். கரைதிறன் பெருக்கத்தின் அடிப்படைத் தத்துவத்தை கீழ்க்கண்டவாறு சுருக்கமாக எடுத்துக் கூறலாம் :

(i) ஒரு உப்பின் நிறைவுற்ற கரைசலில் அயனிப் பெருக்கம் கரைதிறன் பெருக்கத்திற்குச் சமமாகும்.

(ii) கரைசலின் அயனிப் பெருக்கம் கரைதிறன் பெருக்கத்தை விடக் குறைவாக இருப்பின் கரைசல் நிறைவுறாது இருக்கும். எனவே கரைசலில் அதிக அளவு உப்பு கரையத் தொடங்குகின்றது

(iii) கரைசலின் அயனிப் பெருக்கம் கரைதிறன் பெருக்கத்தைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பின் கரைசலிலிருந்து உப்பு வீழ்படிவாகின்றது.

கரைதிறன் பெருக்கத்தின் அடிப்படையில் நீரில் மிகக் குறைந்த அளவே கரையவல்ல பல உப்புக்களின் கரைதிறனை எளிதில் கணக்கிடலாம். இவ்வகை உப்புக்களின் கரைதிறனை வேதி முறைகளை உபயோகித்து துல்லியமாக கண்டறிதல் மிகவும் கடினம். கரைதிறன் பெருக்கத் தத்துவத்தின் ஏனைய பயன்கள் பின்வருமாறு :

1 சோடியம் குளோரைடின் சுத்திகரிப்பு முறையில் பயன் படுகிறது

2. சோப்பை நீர்க் கரைசலிலிருந்து வீழ்ப் படிவாக்க உதவுகிறது.
3. பண்பறி பகுப்பாய்வில் பயன்படுகிறது
4. அளவறி பகுப்பாய்வில் பயன்படுகிறது

(1) சோடியம் குளோரைடு உப்பின் சுத்திகரிப்பு முறை

சாதாரண உப்பில் கால்சியம், மக்னீசியம் போன்ற உப்புக்கள் சிறிதளவு கலந்துள்ளன எனவே, இவற்றை நீக்கி சுத்தமான சோடியம் குளோரைடு உப்பைத் தயாரிக்க சோடியம் குளோரைடின் நிறைவுற்ற கரைசல் முதலில் தயாரிக்கப்படுகின்றது. பின்னர் இக்கரைசல் வடிகட்டப்பட்டு வடிநீரின் வழியாக சுத்தமான உலர்ந்த ஹைட்ரஜன் குளோரைடு வாயுவைச் செலுத்துதல் வேண்டும் இதனால் கரைசலில் குளோரைடு அயனியின் செறிவு அதிகமாகின்றது. எனவே சுத்தமான சோடியம் குளோரைடு மட்டும் வீழ்படிவாகின்றது. கரைசலில் உள்ள நேர் அல்லது எதிர் அயனியின் செறிவை இவற்றில் ஒன்றைப் பொதுவாகக் கொண்ட மின்பகுளியைச் சேர்ப்பதன் மூலம் அதிகரித்தால் கரைசலில் உள்ள உப்பின் கரைதிறன் குறைகின்றது. இவ்விளைவு பொது அயனி விளைவு எனப்படும்.

(2) சோப்பு தயாரித்தல்

சோப்பு தயாரித்தலில் கரைதிறன் பெருக்கத் தத்துவம் பெரிதும் பயன்படுகின்றது. சோப்பு என்பது சோடியம் பால்மிடேட் (Sodium Palmitate), சோடியம் ஸ்டீரேட் (Sodium Stearate) போன்ற கொழுப்பு அமிலங்களின் சோடியம் உப்பாகும். தாவர எண்ணெய்களுடன் சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு கரைசலைச் சேர்ப்பதன் மூலம் சோப்பு கிடைக்கின்றது. கரைசலில் உள்ள சோப்பை வீழ்படிவாக்க இக்கரைசலுடன் நிறைவுற்ற சோடியம் குளோரைடு உப்புக் கரைசல் சேர்க்கப்படுகின்றது. எனவே பொது அயனி விளைவால் சோப்பு வீழ்படிவாகின்றது.

(3) அளவறி பகுப்பாய்வில் கரைதிறன் பெருக்கத்தின் பயன்

பேரியத்தை பேரியம் சல்பேட்டாக வீழ்படிவாக்கி நிர்ணயிக்கும் எடையறி பகுப்பு முறையில் பேரியம் குளோரைடு கரைசலுடன் அதிகப்படியான பொட்டாசியம் சல்பேட் கரைசல் சேர்க்கப்படுகின்றது. இம்முறையில் பேரியம், சல்பேட் ஆகிய

இவ்விரு அயனிகளின் பெருக்கம் $BaSO_4$-ன் கரைதிறன் பெருக்கத்தை விட அதிகமாக இருப்பதால் கரைசலில் உள்ள பேரியம் அயனிகள் முழுவதும் பகுப்பு முறைகளில் கரைசலில் உள்ள அயனிகள் முற்றிலும் வீழ்படிவாக்க நாம் சேர்க்கும் கரைசல் அதிகப்படியாகவே இருத்தல் வேண்டும்.

(4) பண்பறி பகுப்பாய்வில் கரைதிறன் பெருக்கத்தின் பயன்

பண்பறி பகுப்பாய்வு முறையில் உலோகங்களை இரண்டாம் தொகுதி உலோகங்கள் என்றும், நான்காம் தொகுதி உலோகங்கள் என்றும் கரைதிறன் பெருக்கத் தத்துவத்தின் அடிப்படையிலேயே பிரித்துள்ளோம். இரண்டாம் தொகுதி உலோகங்கள் காரீயம், மர்க்குரி (II), தாமிரம் (II) காட்மியம் ஆகியவை. இரண்டாம் தொகுதி உலோகங்கள் நீர்த்த ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலம் முன்னிலையில் H_2S வாயுவால் உலோக சல்பைடுகளாக வீழ்படிவாக்கப்படுகின்றன. நீர்த்த ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலம் முன்னிலையில் நிகழும் வினைகள் பின்வருமாறு

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

$$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^=$$

ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம் ஹைட்ரஜன் அயனிகளைத் தருகின்றது. ஹைட்ரஜன் சல்பைடு மிகக் குறைந்த அளவு பிரிகை அடைந்து ஹைட்ரஜன் அயனியையும், சல்பைடு அயனியையும் ஓரளவு அளிக்கின்றது. எனவே அமில முன்னிலையில் ஹைட்ரஜன், சல்பேடு ஆகிய இவ்விரு அயனிகளின் பெருக்கம் ஹைட்ரஜன் சல்பைடின் கரைதிறன் பெருக்கத்தைவிட அதிகமாகின்றது எனவே பொது அயனி விளைவால் ஹைட்ரஜன் சல்பைடின் அயனியாதல் வீதம் குறைகின்றது. எனவே அமிலக் கரைசலில் சல்பைடு அயனியின் செறிவு மிகக்குறைவாக இருக்கும். இரண்டாவது தொகுதி உலோக சல்பைடுகளின் கரைதிறன், பெருக்கங்களின் மதிப்பு நான்காவது தொகுதி உலோக சல்பைடுகளின் கரைதிறன் பெருக்கங்களின் மதிப்பைவிட குறைவாக உள்ளது. (அட்டவணை 1). அமில முன்னிலையில் சல்பைடு அயனிச் செறிவு மிகக் குறைவாக இருப்பதால் இரண்டாம் தொகுதி உலோக சல்பைடுகள் மட்டுமே வீழ்படிவாகின்றன. நான்காம் தொகுதி உலோகங்களான துத்தநாகம், நிக்கல், கோபால்ட் போன்றவை அமிலக் கரைசலில் உலோக சல்பைடுகளாக வீழ்படிவு ஆவதில்லை.

அட்டவணை — 1

இரண்டாம் தொகுதி உலோக சல்பைடுகள்	K_s	நான்காம் தொகுதி உலோக சல்பைடுகள்	K_s
மெர்குரி (II) சல்பைடு	4.1×10^{-53}	கோபால்ட் சல்பைடு	3×10^{-26}
காப்பர் (II) சல்பைடு	8.5×10^{-45}	நிக்கல் சல்பைடு	1.4×10^{-24}
காட்மியம் சல்பைடு	3.6×10^{-29}	துத்தநாக சல்பைடு	2.5×10^{-23}
காரிய சல்பைடு	3.4×10^{-28}	மாங்கனீசு (II) சல்பைடு	1.4×10^{-16}

நான்காம் தொகுதி உலோக சல்பைடுகளை வீழ்படிவாக்க அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடும், ஹைட்ரஜன் சல்பைடும் தொகுதி வினைப்பான்களாக பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{--}$$

அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடு பிரிகை அடைந்து ஈனும் ஹைட்ராக்ஸில் அயனி (OH^-) ஹைட்ரஜன் அயனியுடன் கூடி நீராக மாறிவிடுகின்றது. இதனால் ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு மிகவும் குறைந்து விடுகின்றது. இக்குறைவை ஈடுபடுத்த ஹைட்ரஜன் சல்பைடு மூலக்கூறுகள் பிரிகை அடைந்து ஹைட்ரஜன் அயனியையும், சல்பைடு அயனியையும் தருகின்றன. எனவே கரைசலின் சல்பைடு அயனிச் செறிவு அதிகரிக்கின்றது. எனவே அதிக கரைதிறன் பெருக்க மதிப்பை உடைய நான்காம் தொகுதி உலோக சல்பைடுகள் வீழ்படிவாக்கப்படுகின்றன (அட்டவணை 1).

மூன்றாம் தொகுதி உலோக ஹைட்ராக்ஸைடுகள் வீழ்படிவாதல்

மூன்றாம் தொகுதியில் அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடு, அம்மோனியம் குளோரைடு ஆகியவற்றைச் சேர்த்தவுடன் இரும்பு, குரோமியம், அலுமினியம், மாங்கனீசு ஆகிய உலோக ஹைட்ராக்ஸைடுகளே வீழ்படிவாகின்றன. துத்தநாகம், நிக்கல் மக்னீசயம், கால்சியம், பேரியம் ஆகிய உலோகங்களின் ஹைட்ராக்ஸைடுகள் வீழ்படிவாவதில்லை. இதனை கரைதிறன்

பெருக்கம் என்ற கருத்தினை அடிப்படையாகக் கொண்டு விளக்க லாம். அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடு ஒரு வீரியம் குறைந்த காரம் ஆகும். எனவே அதன் அயனியாதல் திறன் மிகக்குறைவு அம்மோனியம் குளோரைடு உப்பைச் சேர்ப்பதால் பொது அயனி விளைவால் அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடின் பிரிகை மேலும் குறைகின்றது. எனவே கரைசலின் ஹைட்ராக்ஸில் அயனிச் செறிவு மிகக் குன்றவாகவே இருக்கின்றது மூன்றாம் தொகுதி உலோக ஹைட்ராக்ஸைடுகளின் கரைதிறன் பெருக்கங்களின் மதிப்பு குறைவு. எனவே இக்குறைந்த ஹைட்ராக்ஸில் அயனிச் செறிவு மூன்றாம் தொகுதி உலோகங்களை ஹைட்ராக்ஸைடு களாக வீழ்படிவாக்க போதுமானது ஆகும் மக்னீசியம், கால்சியம், துத்தநாகம், பேரியம் ஆகிய உலோக ஹைட்ராக்ஸைடுகள் அதிக கரைதிறன் மதிப்பு உடையவை. எனவே இவ் உலோக ஹைட்ராக்ஸைடுகள் மூன்றாம் தொகுதியில் வீழ்படிவு ஆவ தில்லை.

நீரின் அயனிப் பெருக்கம் (Ionic Product of Water)

தூய நீரின் அயனியாதல் திறன் மிகக் குறைவு. நீர் பிரிகை யடைதலைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாடு குறிப்பிடுகின்றது.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

இப்பிரிகைச் சமநிலைக்கு நிறைதாக்க விதியை பயன் படுத்தினால்

$$K_w = \frac{[H^+]\ [OH^-]}{[H_2O]}$$

இங்கு K_w என்பது நீர் பிரிகையாதல் வினையின் சமநிலை மாறிலி யாகும். நீர் மிகக் குறைந்த அளவை பிரிகையடைவதால் பிரிகையடையா நீரின் செறிவு ஓர் மாறிலியாக அமையும். ஆகை யால் K_wக்கான சமன்பாடிலுள்ள $[H_2O]$ என்ற உறுப்பை நீக்கி

$$K_w = [H^+]\ [OH^-]$$

என்று குறிப்பிடலாம். தூய நீரின் ஹைட்ரஜன் அயனி, ஹைட் ராக்ஸில் அயனி இவற்றின் செறிவுகளின் பெருக்குத் தொகையின் மதிப்பு மாறாதுள்ளது. இம்மாறிலி நீரின் அயனிப் பெருக்கம் எனப்படும். 298 K வெப்பநிலையில் நீரின் அயனிப் பெருக்கம் 1×10^{-14} ஆகும். ஹைட்ரஜன், ஹைட்ராக்ஸில் அயனி

இவற்றின் செறிவுகளை மோல்ஸ்/லிட்டர் (மோல்ஸ் dm^{-3}) என்ற அலகில் குறிப்பிடுகின்றோம்.

அமில, கார, நடுநிலைக் கரைசல்கள்: ஒரு நீரியக்கரைசல் (aqueous solution) அமிலக்கரைசலாக இருப்பினும், காரக்கரைசலாக பினும் அல்லது நடுநிலைக்கரைசலாக இருப்பினும் ஹைட்ரஜன் அயனி ஹைட்ராக்ஸில் அயனி இவ்விரண்டையுமே உடையதாக உள்ளது. மேலும் இவ்விரு அயனிகளின் செறிவுகளின் பெருக்கம் 1×10^{-14} ஆகும். ஒரு நீர் மூலக்கூறு பிரிகையடையும்போது ஒரு ஹைட்ரஜன் அயனியையும் ஒரு ஹைட்ராக்ஸில் அயனியையும் தருகின்றது. எனவே தூயநீரில் இவ்விரு அயனிகளின் செறிவுகளும் சமமாக இருக்கின்றது.

$$[H^+]\,[OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

எனவே $$[H^+] = [OH^-] = \sqrt{1 \times 10^{-14}} = 1 \times 10^{-7}$$

நடுநிலைக் கரைசல்: ஒரு கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவும் அதன் ஹைட்ராக்ஸில் அயனிச் செறிவும் சமமாக இருப்பின் அக்கரைசல் நடுநிலைக்கரைசலாகும். எனவே, நடுநிலைக்கரைசலில்

$$[H^+] = [OH^-]$$
$$[H^+] = 1 \times 10^{-7}$$
$$[OH^-] = 1 \times 10^{-7}$$

அமிலக் கரைசல்: ஒரு கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு அதன் ஹைட்ராக்ஸில் அயனிச் செறிவைவிட அதிகமாக இருப்பின் அஃது அமிலக்கரைசலாகும். எனவே, அமிலக் கரைசலில்

$$[H^+] > [OH^-]$$
$$[H^+] > 1 \times 10^{-7}$$
$$[OH^-] < 1 \times 10^{-7}$$

காரக் கரைசல்: ஒரு கரைசலின் ஹைட்ராக்ஸில் அயனிச் செறிவு அதன் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவைவிட அதிகமாக இருப்பின் அஃது காரக் கரைசலாகும். எனவே காரக் கரைசலில்

$$[OH^-] > [H^+]$$
$$[OH^-] > 1 \times 10^{-7}$$
$$[H^+] < 1 \times 10^{-7}$$

pH என்பதன் விளக்கம்

ஒரு கரைசலின் அமிலத் தன்மை அல்லது அதன் காரத் தன்மையை அக்கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவைக் கொண்டு எளிதில் நிர்ணயிக்கலாம். 1909-ம் ஆண்டில் S.P.L. சாரன்சன் என்ற டென்மார்க்நாட்டு உயிர் வேதியியலர் ஒரு கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவை எளிய முறையில் தெரிவிக்க ஒரு புதிய அளவீட்டு முறையை எடுத்துரைத்தார். இவ்வளவீடு pH எனப்படும்.

ஒரு கரைசலின் pH எனப்படுவது, அதன் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவின் 10-ஐ அடிப்படையாகக் கொண்ட மடக்கையின் எதிர்மறை எண்ணாகும். கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு மோல்ஸ் / லிட்டர் என்ற அலகில் குறிப்பிடப்படுகின்றது.

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

$$pH = \log 1 - \log [H^+]$$

உதாரணமாக, ஒரு நடு நிலைக் கரைசலின் pH-ஐக் கணக்கிடலாம். ஒரு நடு நிலைக் கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு

$$[H^+] = 10^{-7}$$

$$pH = \log \frac{1}{10^{-7}}$$

$$pH = \log 1 - \log 10^{-7}$$

$$pH = 7$$

எனவே ஒரு நடு நிலைக் கரைசலின் pH 7 ஆகும். ஒரு கரைசலின் pH 7-ஐவிடக் குறைவாக இருப்பின் அது அமிலக் கரைசலைக் குறிப்பிடும். pH-ன் மதிப்பு குறையக் குறைய ஒரு கரைசலின் அமிலத் தன்மை அதிகரிக்கின்றது. N ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தின் pH பூஜ்யம் ஆகும். காரக் கரைசலின் pH 7-ஐவிட அதிகமாக இருக்கும். N சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு கரைசலின் pH 14 ஆகும். ஒரு கரைசலின் ஹைட்ராக்ஸில் அயனிச் செறிவு தெரிந்திருப்பின், அதன் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவைப் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

$$[H^+]\ [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

உதாரணமாக ஒரு கரைசலின் ஹைட்ராக்ஸில் அயனிச் செறிவு

$$[OH^-] = 1 \times 10^{-4}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-4}} = 10^{-10}$$

$$\therefore \; pH = -\log 10^{-10}$$

$$pH = \log \frac{1}{10^{-10}}$$

$$pH = \log 1 - \log 10^{-10} = 10$$

pH அட்டவணை : ஒரு கரைசலின் அமிலத்தன்மை அல்லது அதன் காரத்தன்மையை அக்கரைசலின் pH மூலம் எடுத்துக்கூற சாரன்ஸன் pH அட்டவணையை வகுத்தார். இதனை அட்டவணை 2-ல் காணலாம்.

அட்டவணை—2

$[H^+]$ மோல்ஸ்/லிட்டர்	$[OH^-]$ மோல்ஸ்/லிட்டர்	pH	கரைசலின் தன்மை
1	10^{-14}	0	அதிக அமிலத்தன்மை
10^{-1}	10^{-13}	1	
10^{-3}	10^{-11}	3	
10^{-5}	10^{-9}	5	குறைந்த அமிலத் தன்மை
10^{-7}	10^{-7}	7	நடுநிலைக்கரைசல்
10^{-9}	10^{-5}	9	குறைந்த காரத்தன்மை
10^{-11}	10^{-3}	11	
10^{-13}	10^{-1}	13	
10^{-14}	1	14	அதிக காரத்தன்மை

மாதிரிக் கணக்கு 10 : 0·02 M *ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தின்* pH*ஐக் கணக்கிடு.*

0·02M ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தினின்று கிடைக்கும் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு

$$[H^+] = 0{\cdot}02 \text{ மோல்ஸ்/லிட்டர்}$$

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

$$pH = \log \frac{1}{0{\cdot}02}$$

$$pH = \log 1 - \log 0{\cdot}02$$

$$pH = 1{\cdot}6990$$

மாதிரிக் கணக்கு 11 : ஒரு கரைசலின் pHன் மதிப்பு 5·2. *அக்கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவை மோல்ஸ்/லிட்டரில் கணக்கிடு.*

$$pH = 5{\cdot}2$$

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

$$pH = \log 1 - \log [H^+]$$

$$\therefore \log [H^+] = \log 1 - pH$$

$$\log [H^+] = \log 1 - 5{\cdot}2$$

$$\log [H^+] = \bar{6}{\cdot}8000$$

$$[H^+] = 6{\cdot}310 \times 10^{-6} \text{ மோல்ஸ்/லிட்டர்}$$

தாங்கல் கரைசல்கள் (Buffer Solutions): *தூய நீரின்* pH *ன் மதிப்பு 7 என முன்பே கண்டோம். நீரில் கரைக்கப்பட்ட* சோடியம் குளோரைடு உப்புக் கரைசல் நடுநிலைக்கரைசலாகும். இக்கரைசலின் pH 7 ஆகும். இக்கரைசலுடன் மிகச் சிறிதளவு ஒரு வீரியம்மிக்க அமிலத்தை (ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தை) சேர்த்தால் கரைசலின் pH ன் மதிப்பு 7 லிருந்து 4 ஆகக் குறைகின்றது. அவ்வாறே சிறிதளவு சோடியம்

ஹைட்ராக்ஸைடை அதாவது ஒரு வீரியம் மிக்க காரத்தை சோடியம் குளோரைடு கரைசலுடன் சேர்த்தால் அக்கரைசலின் pH 7-லிருந்து 10 ஆக அதிகரிக்கின்றது. ஆனால் சிறிதளவு ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலம் அல்லது சோடியம் ஹைட்ராக் ஸைடை அம்மோனியம் அசெட்டேட் கரைசலுடன் சேர்த்தால் அக்கரைசலின் pH-ன் மதிப்பு வெகுவாகப் பாதிக்கப்படுவதில்லை. இத்தகைய கரைசலைத் தாங்கல் கரைசல் என்கிறோம்.

'ஒரு கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு அல்லது pH-ன் மதிப்பு சிறிதளவு அமிலத்தையோ அல்லது காரத்தையோ அக்கரைசலுடன் சேர்க்கும்போது பெரிதும் மாறாதிருப்பின் அக்கரைசல் தாங்கல் கரைசல் எனப்படும்.'

ஒரு கரைசலுடன் அமிலத்தையோ அல்லது காரத்தையோச் சேர்க்கும்போது அதனைத் தாங்கிக் கொண்டு கரைசலின் pH மாறாதிருப்பது தாங்கல் வினை (buffer action) எனப்படும். இத்தாங்கல் வினை எந்த அளவிற்கு நிகழ்கின்றது என்பதை அக்கரைசலின் தாங்கல் வினைத் திறனின்று (buffer capacity) அறியலாம்.

ஒரு கரைசலில் ஒரு வீரியம் குறை அமிலமும் அதன் உப்பும் அல்லது வீரியம் குறை காரமும் அதன் உப்பும் இருப்பின் அக்கரைசல் தாங்கல் கரைசலாக செயல்படும்.

தாங்கல் கரைசலுக்கு உதாரணம்

(i) அசெட்டிக் அமிலம், சோடியம் அசெட்டேட் இவற்றை சமமோல் அளவில் கலந்து கிடைக்கும் கரைசல். இதனை அமிலத் தாங்கல் கரைசல் எனப்படும்.

(ii) அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடு, அம்மோனியம் குளோரைடு இவற்றை சமமோல் அளவில் கலந்து கிடைக்கும் கரைசல். இதனை காரத்தாங்கல் கரைசல் என்பர்.

தாங்கல் வினை நிகழ்வதெப்படி?

ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலம் அதன் கார உலோக உப்பு இவற்றைக் கொண்ட தாங்கல் கரைசலில் தாங்கல் வினை நிகழ் வதைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம். சோடியம் அசெட்டேட், அசெட்டிக் அமிலம் இவற்றைக் கொண்ட தாங்கல் கரைசலில் அசெட்டேட் அயனிச் செறிவு சற்று அதிகமாகவே இருக்கும்.

ஏனெனில், சோடியம் அசெட்டேட் முற்றிலுமாக பிரிகை அடைந்து அசெட்டேட் அயனியைத் தருகின்றது. ஆனால் அசெட்டிக் அமிலம் ஓரளவே பிரிகை அடைகின்றது. இத்தாங்கல் கரைசலுடன் சிறிதளவு வீரியம் மிகு அமிலத்தைச் சேர்த்தால் அமிலத்தினின்று பெறப்படும் ஹைட்ரஜன் அயனி வெகுவாக அசெட்டேட் அயனியுடன் சேர்ந்து மிகக் குறைந்த அளவே அயனியாகவல்ல அசெட்டிக் அமிலத்தை அளிக்கிறது.

$$H^{+} + CH_3COO^{-} \rightarrow CH_3COOH$$

எனவே, கரைசலின் pH மாறாதிருக்கின்றது.

இத்தாங்கல் கரைசலுடன் சிறிதளவு சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடை அதாவது ஒரு வீரியம் மிகு காரத்தைச் சேர்த்தால் காரத்தினின்று பெறப்படும் ஹைட்ராக்ஸில் அயனிகள் அசெட்டிக் அமிலத்துடன் சேர்ந்து அசெட்டேட் அயனியையும், நீரையும் தருகின்றது.

$$OH^{-} + CH_3COOH \rightarrow CH_3COO^{-} + H_2O$$

எனவே, இத்தாங்கல் கரைசலின் pH-ன் மதிப்பு மாறாதிருக்கின்றது.

வீரியம் குறை காரத்தையும் அதன் வீரியம் மிகு அமில உப்பையும் கொண்ட தாங்கல் கரைசல்

உதாரணமாக, அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடு அம்மோனியம் குளோரைடு இவற்றைக் கொண்ட தாங்கல் கரைசல் pH மாற்றத்தை எவ்வாறு தடுக்கின்றது எனக் காணலாம். அம்மோனியம் குளோரைடு அனேகமாக முற்றிலும் அயனியாவதால் கரைசலின் அம்மோனியம் அயனியின் செறிவு அதிகரிக்கின்றது. இக்கரைசலுடன் ஓர் வீரியம் மிகு அமிலத்தைச் சேர்க்கும்போது அமிலத்தினின்று கிடைக்கும் ஹைட்ரஜன் அயனி அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடுடன் வினை புரிந்து அம்மோனியம் அயனியையும் நீரையும் அளிக்கின்றது.

$$H^{+} + NH_4OH \longrightarrow NH_4^{+} + H_2O$$

எனவே அமிலத்தைச் சேர்ப்பதால் கரைசலின் pH மாறுவதில்லை.

இத்தாங்கல் கரைசலுடன் ஒரு வீரியம் மிகு காரத்தைச் சேர்த்தால் காரத்தினின்று கிடைக்கும் ஹைட்ராக்ஸில் அயனி

அம்மோனியம் அயனியுடன் கூடி மிகக் குறைந்த அளவு பிரிகையடையவல்ல அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடை அளிக் கின்றது.

$$OH^- + NH_4^+ \longrightarrow NH_4OH$$

இதன்விளைவாக கரைசலின் pH பெரிதும் மாறாதிருக்கின்றது.

தாங்கள் கரைசலின் pH ஐக் கணக்கிடல்

HA என்ற வீரியம் குறை அமிலத்தையும் NaA என்ற அதன் உப்பையும் கொண்ட ஒரு தாங்கல் கரைசலின் pHஐக் கணக்கிடும் முறையைக் காண்போம். HA என்ற அமிலம் பிரிகை அடைவதைக் கீழ்க்கண்ட சமநிலை குறிப்பிடுகின்றது.

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

திறைதாக்க விதியைப் பயன்படுத்தினால்

$$K_a = \frac{[H^+]\ [A^-]}{[HA]}$$

K_a என்பது இவ்வமிலத்தின் பிரிகை மாறிலியாகும்.

$$\therefore [H+] = K_a \frac{[HA]}{[A^-]}$$

HA என்ற வீரியம் குறைந்த அமிலம் மிகக் குறைந்த அளவில் பிரிகையடைவதால் மேற்கூறிய சமன்பாட்டில் [HA] என்பதை பிரிகையடையா அமிலத்தின் செறிவு என எடுத்துக்கொள்ளலாம். அதே போல் $[A^-]$ என்பது NaA என்ற உப்பினின்று கிடைக்கும் A^- அயனி, HA என்ற அமிலம் பிரிகை அடைவதால் கிடைக்கும் A^- அயனி இவற்றின் செறிவுகளின் கூடுதலுக்குச் சமம். ஆனால் HA என்ற அமிலத்தின் பிரிகையடை திறன் மிகக்குறை வாதலால் அதனை விடுத்து $[A^-]$ என்பதை உப்பினின்று கிடைக்கும் A^- அயனியின் செறிவு மட்டுமே என எடுத்துக் கொள்ளலாம்

$$\therefore [H^+] = K_a \left[\frac{\text{அமிலம்}}{\text{உப்பு}}\right]$$

இச்சமன்பாட்டிற்கு மடக்கை எடுத்தால்

$$\text{Log}\,[H+] = \text{Log}\,K_a + \text{Log}\left[\frac{\text{அமிலம்}}{\text{உப்பு}}\right]$$

இச்சமன்பாடு முழுவதையும் —1 ஆல் பெருக்கினால்

$$-\text{Log}\,[H+] = -\text{Log}\,K_a - \text{Log}\left[\frac{\text{அமிலம்}}{\text{உப்பு}}\right]$$

$$-\text{Log}\,[H+] = -\text{Log}\,K_a + \text{Log}\left[\frac{\text{உப்பு}}{\text{அமிலம்}}\right]$$

ஆனால்

$$-\text{Log}\,[H+] = pH$$

$$-\text{Log}\,K_a = pK_a$$

$$\therefore pH = pK_a + \text{Log}\left[\frac{\text{உப்பு}}{\text{அமிலம்}}\right] \quad ...(1)$$

இவ்வாறே ஒரு வீரியம் குறைகாரத்தையும் அதன் உப்பையும் கொண்ட தாங்கல் கரைசலின்

$$pOH = pK_b + \text{Log}\left[\frac{\text{உப்பு}}{\text{காரம்}}\right] \quad ...(2)$$

இச்சமன்பாட்டில்

$$pOH = -\text{Log}\,[OH^-]$$

$$pK_b = -\text{Log}\,K_b$$

சமன்பாடு (1)ம் (2)ம் ஹென்டர்சன் சமன்பாடுகள் (Henderson Equation) எனப்படும். இச்சமன்பாடு தாக்கல் கரைசலின் pHஐக் கணக்கிட பெரிதும் உதவுகின்றது. மேலும் குறிப்பிட்ட pH மதிப்பைக் கொண்ட தாங்கல் கரைசலையும் இச்சமன்பாட்டின் துணை கொண்டு தயாரிக்கலாம்.

மாதிரிக் கணக்கு 12 : ஒரு லிட்டர் தாங்கல் கரைசலில் 0·45 மோல் அசெட்டிக் அமிலமும், 0·65 மோல் சோடியம் அசெட்டேட்டும் கரைந்துள்ளது. அசெட்டிக் அமிலத்தின் $K_a = 1{\cdot}8 \times 10^{-5}$ என்றால் இத்தாங்கல் கரைசலின் pHஐக் கணக்கிடு.

$$pH = pK_a + Log\left[\frac{\text{உப்பு}}{\text{அமிலம்}}\right]$$

$$pK_a = -Log\ K_a$$

$$pK_a = -Log\ 1{\cdot}8 \times 10^{-5}$$

$$pK_a = Log\ 1 - Log\ 1{\cdot}8 \times 10^{-5}$$

$$pK_a = 4{\cdot}7447$$

$$pH = 4{\cdot}7447 + Log\ \frac{0\ 65}{0{\cdot}45}$$

$$pH = 4{\cdot}7447 + 0{\cdot}1547$$

$$pH = 4{\cdot}9044$$

மாதிரிக் கணக்கு 13: 0·1 மோல் அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடும் 0·125 மோல் அம்மோனியம் குளோரைடும் ஒரு லிட்டர் தாங்கல் கரைசலின் உள்ளது. கரைசலின் pHஐக் கணக்கிடு. அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடின் K_b ன் மதிப்பு $1{\cdot}75 \times 10^{-5}$

$$pOH = pK_b + Log\left[\frac{\text{உப்பு}}{\text{காரம்}}\right]$$

$$pK_b = -Log\ K_b$$

$$pK_b = -Log\ 1{\cdot}75 \times 10^{-5}$$

$$pK_b = 4{\cdot}7570$$

$$pOH = 4{\cdot}757 + Log\ \frac{0{\cdot}125}{0{\cdot}1}$$

$$pOH = 4{\cdot}757+0{\cdot}0969$$

$$pOH = 4{\cdot}8539$$

$$[H+]\ [OH^-] = 1\times10^{-14}$$

$$\therefore\ pH + pOH = 14$$

$$pH + 4{\cdot}8539 = 14$$

$$pH = 14-4{\cdot}8539$$

$$pH = 9{\cdot}1461$$

தாங்கல் கரைசல்களின் பயன்கள்

தாங்கல் கரைசல்களைக் கொண்டு pH ன் மதிப்பை மாறாது வைத்திருத்தல் பலதுறைகளிலும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும். மனித உடலிலுள்ள ஒரு முக்கிய தாங்கல் கரைசல் இரத்தமாகும். இரத்தத்தின் pHன் சுமார் மதிப்பு 7 ஆகும். இந்த pHன் மதிப்பு 0·2 அளவு மாறினாலும் அதனால் மிகக் கடுமையான விளைவுகள் தோன்றும். இரத்தத்தின் தாங்கல்வினை அதிலுள்ள வீரியம்குறை அமிலமான. கார்போனிக் அமிலமும் இவ்வமிலத்தின் உப்பான சோடியம் பைகார்பனேட் உப்பும் இருப்பதால் ஆகும். இரைப் பைக் கூழின் pH மதிப்பு 1·6 ஆக இருக்கவேண்டும்.

பல தொழிற் துறைகளின் வெற்றி அவற்றில் தாங்கல் கரைசல்களைப் பயன்படுத்தி pH ஐ எவ்வாறு மாறாது வைத்திருக்கிறோம் என்பதைப் பொறுத்தே உள்ளது. வேதியியல் ஆய்வு முறைகளில் வெவ்வேறு தொகுதியைச் சேர்ந்த உலோகங்களை பிரித்தெடுப்பதற்கும், உலோக உப்புக் கரைசலினின்று உலோகத்தை முற்றிலும் வீழ்படிவாக்கவும் pH பயன்படுகின்றது. pH பயன்படும் ஏனைய துறைகள் பின்வருமாறு:

(i) தொழிற்சாலை முறையில் சர்க்கரையைத் தயாரித்தல், அதனை சுத்திகரித்தல்

(ii) சாயமேற்றும் துறையிலும், சாயங்கள், வண்ணப் பொருள்கள் இவை தயாரித்தலிலும்

(iii) மின்முலாம் பூசுவதிலும், மின் அச்சிடுவதிலும்

(iv) நீரைச் சுத்திகரிக்கும் துறையில்

(v) தோல் பதனிடுந் தொழிலுக்கு

(vi) பெருமளவில் காகிதம் தயாரித்தலில்

(vii) பல நொதித்தல் வினைகளில்

(viii) பல வேதிச் சேர்மங்களை அதிக அளவில் தயாரிக்கும் துறையில்

(ix) பாலிலிருந்து கிடைக்கும் பல பொருள்களைத் தயாரித்தலில்

(x) பழவகைகளைப் பதப்படுத்தி பாதுகாத்தலில்

நீராற் பகுப்பு (Hydrolysis)

அமிலங்களின் நீர்க் கரைசல்கள் பிரிகை அடைந்து ஹைட்ரஜன் அயனியையும் அதே போல் காரக் கரைசல்கள் பிரிகை அடைந்து ஹைட்ராக்ஸில் அயனியையும் தருகின்றன என்று நாம் ஏற்கெனவே படித்தோம். இவ்வாறு மட்டுமின்றி அயனிகள் நீருடன் வினைபுரிந்தும் ஹைட்ரஜன் அயனி, ஹைட்ராக்ஸில் அயனி இவற்றை தோற்றுவிக்கின்றன.

ஓர் உப்பின் நேர்மின் அயனியோ (Cation) அல்லது எதிர் மின் அயனியோ (Anion) நீர் மூலக்கூறுகளுடன் வினை புரிந்து ஹைட்ரஜன் அயனி அல்லது ஹைட்ராக்ஸில் அயனியைத் தரும் வினை உப்பின் நீராற் பகுப்பு (Salt hydrolysis) எனப்படும். எனவே நீரால் பகுப்புச் சமநிலைக்கான வினை அயனியாதல் சமநிலையின் எதிர்வினையைக் குறிப்பிடும். இத்தகைய நீரால் பகுப்பு வினைகளைப் பற்றி இனி விளக்கமாகப் படிப்போம்.

உப்புக்களின் நீரால் பகுப்பு வினைகளைப் பற்றி விளக்கமாக அறிந்துகொள்ள எல்லா உப்புகளையும் பொதுவாக நான்கு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்:

(1) வீரியம் மிக்க அமிலங்களும், வீரியம் மிக்க காரங்களும் சேர்ந்து தோன்றும் உப்புக்கள். (உ-ம்.) சோடியம் குளோரைடு, பொட்டாசியம் சல்ஃபேட்.

(2) வீரியம் குறைந்த அமிலங்களும், வீரியம் மிக்க காரங்களும் சேர்ந்து தோன்றும் உப்புக்கள் (உ-ம்) சோடியம் அசெட்டேட், பொட்டாசியம் சயனைடு.

(3) வீரியம் மிக்க அமிலங்களும் வீரியம் குறைந்த காரங்களும் சேர்ந்த உப்புக்கள் (உ-ம்.) அம்மோனியம் குளோரைடு மக்னீசியம் சல்ஃபேட்.

(4) வீரியம் குறைந்த அமிலங்களும், வீரியம் குறைந்த காரங்களும் சேர்ந்து தோன்றும் உப்புக்கள் (உ-ம்.) அம்மோனியம் கார்பனேட், அம்மோனியம் அசெட்டேட்.

(1) வீரியம் குறைந்த அமிலம், வீரியம் மிக்க காரம் இவற்றினின்று தோன்றும் உப்பின் நீராற் பகுப்பு

வீரியம் குறைந்த அமிலம் (HA), வீரியம் மிக்க காரம் (Na OH) இவற்றினின்று தோன்றும் Na A என்ற உப்பை நீரில் கரைத்தால் அவ்வுப்பின் A^- என்ற எதிர்மின் அயனி நீரிலுள்ள ஹைட்ரஜன் அயனியுடன் வினைபுரிந்து பெரும்பாலும் அயனிகளாகப் பிரிகை அடையா HA என்ற வீரியம் குறைந்த அமிலத்தை அளிக்கின்றது.

$$A^- + H_2O \rightleftharpoons OH^- + HA$$

நீராற் பகுப்படையா உப்பு — காரம் — அமிலம்

இவ்வினைக்கான சமநிலை மாறிலியைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்:

$$K_h = \frac{[OH^-]\ [HA]}{[A^-]\ [H_2O]}$$

K_h என்பது இவ்வுப்பின் நீராற்பகுப்பு மாறிலியாகும். நீரால் பகுப்பின் விளைவாக இவ்வினையில் ஹைட்ராக்ஸில் அயனி தோன்றுவதால் இவ்வகை உப்புக் கரைசல்கள் காரத்தன்மை பெற்றிருக்கும். சோடியம் சயனைடு, பொட்டாசியம் அசெட்டேட் சோடியம் போரேட், சோடியம் பாஸ்பேட் போன்ற உப்புக்களின் நீர்க்கரைசல்கள் காரத்தன்மை பெற்றிருப்பதற்கு இவ்வகை நீராற் பகுப்பு வினையே காரணமாகும். இந்த நீராற் பகுப்பு வினை எந்த அளவிற்கு நிகழ்கின்றது என்பதைக் கீழ்க் கண்டவாறு கணக்கிடலாம். HA என்ற வீரியம் குறைந்த அமிலம் பிரிகை அடைவதை $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$ எனக்குறிப்பிடலாம் இவ்வீரியம் குறைந்த அமிலத்தின் பிரிகைமாறிலி

$$K_a = \frac{[H^+]\ [A^-]}{[HA]} \quad \ldots(1)$$

நீர்மூலக்கூறு பிரிகை அடையும் வினையை

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

என குறிப்பிடலாம்.

நீரின் அயனிப்பெருக்கம் K_w என்பதன் மதிப்பு

$$K_w = [H^+]\ [OH^-] \quad \ldots(2)$$

சமன்பாடு (2)ஐ சமன்பாடு (1) ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{K_w}{K_a} = \frac{[H^+]\ [OH^-]\ [HA]}{[H^+]\ [A^-]}$$

$$\frac{K_w}{K_a} = \frac{[OH^-]\ [HA]}{[A^-]}$$

$$K_h = \frac{[OH^-]\ [HA]}{[A^-]}$$

நீரின் செறிவு மாறாதிருப்பதால் K_h ன் இச்சமன்பாட்டில் நீரின் செறிவை விட்டுவிடலாம்.

$$\therefore K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

நீராற் பகுப்பு வீதம் : ஒரு மோல் உப்பை நீரில் கரைக்கும் போது உப்பின் எப்பின்னம் நீரால் பகுப்பு அடைகின்றதோ அப்பின்னமே உப்பின் நீரால் பகுப்பு வீதமாகும். மேலே கூறப்பட்ட உப்புக்கரைசலின் செறிவு C மோல்/லிட்டர் எனவும், இவ்வுப்பின் நீராற் பகுப்பு வீதம் h ஆகவும் இருப்பின்

$$[OH^-] = C \times h$$

$$[HA] = C \times h$$

$$[A^-] = C\ (1-h)$$

இங்கு (A^-) என்பது நீராற் பகுப்படையா உப்புக்கரைசலின் செறிவாகும்.

$$\therefore K_h = \frac{Ch \times Ch}{C(1-h)} = \frac{h^2C}{(1-h)}$$

$$K_h \simeq h^2C$$

$$h^2 = \frac{K_h}{C}$$

$$h = \sqrt{\frac{K_h}{C}}$$

ஆனால் $K_h = \dfrac{K_w}{K_a}$

$$h = \sqrt{\frac{K_w}{K_a C}}$$

எனவே, ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலம் வீரியம் மிக்க காரம் இவற்றின் உப்பின் நீரால் பகுப்பு வீதம் உப்புக் கரைசலின் செறிவின் வர்க்க மூலத்துடன் எதிர் விகிதத் தொடர்புடையது.

HA என்பது வீரியம் குறைந்த அமிலம் ஆனதால் இவ்வமிலம் பிரிகையடைந்து புரோட்டானை இழக்கும் திறம் குறைவாகும். எனவே A^- என்ற எதிர்மின் அயனி நீர் மூலக்கூறிலிருந்து H^+ அயனியை எடுத்துக்கொண்டு HA ஆக மாறும் திறம் அதிகம். அதாவது A^- என்ற அயனி எளிதில் நீரால் பகுப்பு அடைகின்றது. எனவே NaA என்ற இவ்வகை உப்பின் நீரால் பகுப்பு மாறிலி அமிலத்தின் (HA) அயனியாதல் மாறிலியுடன் எதிர் விகிதத் தொடர்பைப் பெற்றுள்ளது. உதாரணமாக, அசெட்டிக் அமிலம், ஹைட்ரோசயனிக் அமிலம் இவ்விரு அமிலங்களில் ஹைட்ரோசயனிக் அமிலமே வீரியம் மிகக் குறைந்த அமிலமாகும். எனவே சயனைடு அயனி அசெட்டேட் அயனியைவிட அதிக அளவு நீராற் பகுப்பு அடைகின்றது. பொதுவாக ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலம், வீரியம் மிக்க காரம் இவற்றினின்று தோன்றும் உப்பு நீரில் கரைக்கப்படும் போது காரக்கரைசலையே அளிக்கின்றது.

(2) வீரியம் குறைந்த காரம், வீரியம் மிக்க அமிலம் இவற்றினின்று தோன்றும் உப்பின் நீராற் பகுப்பு

(உ.ம்.) அம்மோனியம் குளோரைடு நீராற்பகுப்பு அடைதல் இவ்வுப்பு BOH (உ.ம். NH_4OH) என்ற வீரியம் குறைந்த காரத்தின் உப்பாக இருக்கட்டும். BOH (உ.ம். NH_4 OH) என்ற காரம் வீரியம் குறைந்த காரமாக இருப்பதால் அதன் இணை அமிலம் B^+ (உ.ம். NH_4^+) எளிதில் நீரால் பகுப்பு அடையும்.

$$B^+ + H_2O \rightleftharpoons BOH + H^+$$

$$(NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + H^+)$$

இந்நீராற் பகுப்பு வினையில் ஹைட்ரஜன் அயனி வினை பொரு ளாகத் தோன்றுவதால் இவ்வகை உப்புக் கரைசல் அமிலத்தன்மை பெற்றிருக்கின்றது. இந்நீராற் பகுப்பு வினையின் சம நிலை மாறிலியைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம் :

$$BOH \rightleftharpoons B^+ + OH^-$$

$$K_b = \frac{[B^+]\ [OH^-]}{[BOH]} \quad \dots (1)$$

நீரின் அயனிப் பெருக்கம்

$$K_w = [H^+]\ [OH^-] \quad \dots (2)$$

சமன்பாடு (2)-ஐ சமன்பாடு (1)-ஆல் வகுத்தால்

$$\frac{K_w}{K_b} = \frac{[H^+]\ [OH^-]\ [BOH]}{[B^+]\ [OH^-]}$$

$$\frac{K_w}{K_b} = \frac{[H^+]\ [BOH]}{[B^+]}$$

ஆனால் $K_h = \frac{[H^+]\ [BOH]}{[B^+]}$

நீரின் செறிவு மாறாதிருப்பதால் அஃது K_hன் இச்சமன் பாட்டில் இடம் பெறவில்லை.

$$\therefore \quad K_h = \frac{K_w}{K_6}$$

இவ்வுப்புக் கரைசலின் நீராற் பகுப்பு வீதம் h ஆகவும் கரைசலின் செறிவு C மோல்ஸ் / லிட்டர் ஆகவும் இருக்கட்டும்.

$$[BOH] = C \times h$$

$$[H^+] = C \times h$$

$$[B^+] = C \ (1-h)$$

$$\therefore K = \frac{Ch \times Ch}{C(1-h)} = \frac{h^2C}{(1-h)}$$

$$K_h = h^2C$$

$$h = \sqrt{\frac{K_h}{C}}$$

$$h = \sqrt{\frac{K_w}{K_b C}}$$

எனவே ஒரு வீரியம் குறைந்த காரம், வீரியம் மிக்க அமிலம் இவற்றின் உப்பின் நீரால் பகுப்பு வீதம் உப்புக் கரைசலின் செறிவின் வர்க்க மூலத்துடன் எதிர் விகிதத் தொடர்புடையது. பொதுவாக ஒரு வீரியம் குறைந்த காரம், வீரியம் மிக்க அமிலம் இவற்றினின்று தோன்றும் உப்பு நீரில் கரைக்கப்படும்போது அமிலக் கரைசலையே அளிக்கின்றது.

(3) வீரியம் குறைந்த அமிலம், வீரியம் குறைந்த காரம் இவற்றினின்று தோன்றும் உப்பின் நீராற் பகுப்பு

(உ. ம்.) அம்மோனியம் அசெட்டேட், அம்மோனியம் கார்பனேட். இவ்வகை உப்பில் அமிலம், காரம் ஆகிய இரண்டும் வீரியம் குறைந்தவையாக இருப்பதால் இவற்றிற்குரிய இணை காரம், இணை அமிலம் ஆகியவை வீரியம் மிக்கனவாய் இருக்கும். உதாரணமாக HA வீரியம் குறைந்த அமிலம். இதன் இணை காரம் A^- வீரியம் மிக்கது. BOH வீரியம் குறைந்த காரம். எனவே இதன்

இணை அமிலம் B+ வீரியம் மிக்கது. எனவே இவ்வகை உப்புக்கள் மிக அதிக அளவில் நீரால் பகுக்கப்படுகின்றன. இவ்வகை உப்பின் (BA) நீரால் பகுப்புச் சமநிலையைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்:

$$B^+ + A^- + H_2O \rightleftharpoons BOH + HA$$

$$(NH_4^+ + CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + CH_3COOH)$$

$$K_h = \frac{[BOH]\ [HA]}{[B^+]\ [A^-]\ [H_2O]}$$

HA என்ற வீரியம் குறைந்த அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலி

$$K_a = \frac{[H^+]\ [A^-]}{[HA]} \qquad ...(1)$$

BOH என்ற வீரியம் குறைந்த காரத்தின் பிரிகைமாறிலி

$$K_b = \frac{[B^+]\ [OH^-]}{[BOH]} \qquad ...(2)$$

நீரின் அயனிப் பெருக்கம்

$$K_w = [H^+]\ [OH^-] \qquad ...(3)$$

சமன்பாடு (3)ஐ சமன்பாடு (1), (2) இவை இரண்டாலும் வகுத்தால்

$$\frac{K_w}{K_a K_b} = \frac{[H^+]\ [OH^-]\ [HA]\ [BOH]}{[H^+]\ [A^-]\ [B^+]\ [OH^-]}$$

$$\frac{K_w}{K_a K_b} = \frac{[HA]\ [BOH]}{[A^-]\ [B^+]}$$

ஆனால் $K_h = \dfrac{[HA]\ [BOH]}{[B^+]\ [A^-]}$

நீரின் செறிவு மாறாதிருப்பதால் K_h க்கான சமன்பாட்டில் அஃது இடம் பெறவில்லை.

$$\therefore K_h = \frac{K_w}{K_a K_b}$$

எனவே ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலம் வீரியம் குறைந்த காரம் இவற்றின் உப்பின் நீரால் பகுப்பு மாறிலி அமிலம் காரம் ஆகிய இவ்விரண்டின் பிரிகை மாறிலிகளுடன் எதிர்விகிதத் தொடர்பைப் பெற்றுள்ளது. இவ்உப்புக்கரைசலின் செறிவு C மோல்ஸ்/லிட்டர் ஆகவும், அதன் நீரால் பகுப்பு வீதம் h ஆகவும் இருக்கட்டும். K_a, K_b இவற்றின் மதிப்புகள் மிகக் குறைவாக இருப்பின், இவற்றினின்று தோன்றும் உப்பு மிக அதிக அளவில் நீராற் பகுப்பு அடைகிறது.

$$[HA] = C \times h$$

$$[BOH] = C \times h$$

$$[B^+] = C(1-h)$$

$$[A^-] = C(1-h)$$

$$\therefore K_h = \frac{Ch \times Ch}{C(1-h) \times C(1-h)}$$

$$K_h = \frac{h^2}{(1-h)^2}$$

$$K_h \simeq h^2$$

$$h = \sqrt{K_h}$$

$$h = \sqrt{\frac{K_w}{K_a K_b}}$$

எனவே ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலம், வீரியம் குறைந்த காரம் இவற்றின் உப்பின் நீரால் பகுப்பு வீதம் உப்புக் கரைசலின் செறிவைப் பொறுத்து அமையாது.

இவ்வகை உப்புக்கரைசல் அமிலத்தன்மை பெற்றுள்ளதா அல்லது காரத்தன்மை பெற்றுள்ளதா என்பது எதிர்மின் அயனி,

நேர் மின் அயனி இவ்விரண்டும் எந்த அளவில் நீரால் பகுப்பு அடைகின்றன என்பதைப் பொறுத்து உள்ளது. நேர் மின் அயனி, எதிர் மின் அயனி ஆகிய இரண்டும் சம அளவில் நீரால் பகுப்பு அடைந்தால் கரைசல், நடு நிலைக் கரைசலாக இருக்கும். நேர் மின் அயனி (cation) எதிர் மின் அயனியைவிட (anion) அதிக அளவில் நீரால் பகுப்பு அடைந்தால் உப்புக் கரைசல், சிறிதளவு அமிலத்தன்மை பெற்றிருக்கும். எதிர் மின் அயனி, நேர் மின் அயனியைவிட அதிக அளவில் நீரால் பகுப்பு அடைந்தால் கரைசல் காரத்தன்மை பெற்றிருக்கும். உதாரணமாக, அம்மோனியம் கார்பனேட்டின் நீர் கரைசல் ஓரளவு காரத்தன்மை பெற்றிருக்கின்றது. ஏனெனில், கார்பனேட் அயனி அம்மோனியம் அயனியைவிட அதிக அளவு நீராற் பகுப்பு அடைகின்றது. ஆனால், அம்மோனியம் அசெட்டேட் கரைசலோ அமிலத் தன்மை பெற்றிருக்கின்றது. ஏனெனில் அம்மோனியம் அயனி அசெட்டேட் அயனியைவிட சிறிதளவு அதிகமாக நீரால் பகுப்பு அடைகின்றது.

வீரியம் மிக்க அமிலம், வீரியம் மிக்க காரம் இவற்றின் உப்பு (உ-ம்.) சோடியம் குளோரைடு

ஒரு வீரியம் மிக்க அமிலம் வீரியம் மிக்க காரம் இவற்றின் உப்பு நீரில் கரைக்கப்பட்டால் கரைசலின் தன்மை எவ்வாறு இருக்கின்றது என ஆராய்வோம். ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம் வீரியம் மிக்க அமிலமாகும். எனவே அதன் இணைகாரமான குளோரைடு அயனி மிகவும் வீரியம் குறைந்தது. எனவே, குளோரைடு அயனி நீரால் பகுப்பு அடையாது. சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு வீரியம் மிக்க காரமாகும். எனவே சோடியம் அயனி நீரால் பகுப்பு அடையாது. எனவே, ஒரு வீரிய மிக்க அமிலம் வீரியம் மிக்க காரம் இவற்றின் உப்பை நீரில் கரைத்தால் (உ.ம். சோடியம் குளோரைடு) தோன்றும் அயனிகள் (சோடியம் அயனி, குளோரைடு அயனி) நீரால் பகுப்பு அடையாது. எனவே, இவ்வகை உப்புக்கரைசல் நடு நிலைக் கரைசலாகவே இருக்கும்.

மாதிரிக் கணக்கு 14 : 0·01 M அனிலின் ஹைட்ரோ குளோரைடு உப்புக் கரைசலின் நீராற் பகுப்பு மாறிலியையும், நீராற் பகுப்பு வீதத்தையும் கணக்கிடு. அனிலினின் K_b-யின் மதிப்பு $4{\cdot}8\times10^{-10}$.

அனிலின் ஹைட்ரோகுளோரைடு ஒரு வீரியம் குறைந்த காரம், வீரியம் மிக்க அமிலம் இவற்றின் உப்பாகும்.

$$\therefore K_h = \frac{K_w}{K^b}$$

$$K_w = 1 \times 10^{-14}$$

$$K_b = 4{\cdot}8 \times 10^{-10}$$

$$K_h = \frac{1 \times 10^{-14}}{4{\cdot}8 \times 10^{-10}} = 2{\cdot}084 \times 10^{-5}$$

$$h = \sqrt{\frac{K^h}{C}}$$

$$C = 0{\cdot}01$$

$$\therefore h = \sqrt{\frac{2{\cdot}084 \times 10^{-5}}{0{\cdot}01}} = 4{\cdot}565 \times 10^{-2}$$

நீரால் பகுப்பு மாறிலி $= 2{\cdot}084 \times 10^{-5}$

நீரால் பகுப்பு வீதம் $= 4{\cdot}565 \times 10^{-2}$

மாதிரிக் கணக்கு 15 : 0·1 M பொட்டாசியம் சயனைடு கரைசலின் நீரால் பகுப்பு மாறிலியையும், நீரால் பகுப்பு வீதத்தையும் கணக்கிடு. ஹைட்ரோசயனிக் அமிலத்தின் K_a-யின் மதிப்பு $7{\cdot}2 \times 10^{-10}$

பொட்டாசியம் சயனைடு ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலம், வீரியம் மிக்க காரம் இவற்றின் உப்பாகும்.

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

$$K_w = 1 \times 10^{-14}$$

$$K_a = 7{\cdot}2 \times 10^{-10}$$

$$K_h = \frac{1 \times 10^{-14}}{7{\cdot}2 \times 10^{-10}} = 1{\cdot}389 \times 10^{-5}$$

$$h = \sqrt{\frac{K_h}{C}}$$

$$C = 0{\cdot}1\ M$$

$$\therefore\ h = \sqrt{\frac{1{\cdot}389 \times 10^{-5}}{0{\cdot}1}}$$

$$h = 1{\cdot}179 \times 10^{-2}$$

நீரால் பகுப்பு மாறிலி $= 1{\cdot}389 \times 10^{-5}$

நீரால் பகுப்பு வீதம் $= 1{\cdot}179 \times 10^{-2}$

மாதிரிக் கணக்கு 16 : 0·01M *அனிலின் அசெட்டேட் கரைசலின் நீரால் பகுப்பு மாறிலியையும், நீரால் பகுப்பு வீதத்தையும் கணக்கிடு.*

அசெட்டிக் அமிலத்தின் $K_a = 1{\cdot}8 \times 10^{-5}$

அனிலினின் $K_b = 4{\cdot}8 \times 10^{-10}$

அனிலின் அசெட்டேட் ஒரு வீரியம் குறைந்த காரம், ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலம் இவற்றின் உப்பாகும். எனவே இவ்வுப்பின் நீரால் பகுப்பு மாறிலி உப்புக் கரைசலின் செறிவைப் பொறுத்து அமையாது.

$$K_h = \frac{K_w}{K_a \times K_b}$$

$$K_h = \frac{1 \times 10^{-14}}{1{\cdot}8 \times 10^{-5} \times 4{\cdot}8 \times 10^{-10}}$$

$$\therefore\ K_h = 1{\cdot}157$$

$$\sqrt{K_h} = \frac{h}{(1-h)}$$

$$\frac{h}{(1-h)} = \sqrt{1{\cdot}157} = 1{\cdot}076$$

$$\frac{h}{(1-h)} = 1{\cdot}076$$

$$h = 1{\cdot}076 - 1{\cdot}076\,h$$

$$h + 1{\cdot}076\,h = 1{\cdot}076$$

$$2{\cdot}076\,h = 1{\cdot}076$$

$$= 0{\cdot}5181$$

நீரால் பகுப்பு மாறிலி $= 1{\cdot}157$

நீரால் பகுப்பு வீதம் $= 0{\cdot}5181$

குறிப்பான்கள் அல்லது நிலைகாட்டிகள் (INDICATORS)

பலதிறப்பட்ட வினைகளின் முடிவுநிலைகளை அறிய பயன் படும் பொருள்களை நிலைகாட்டிகள் அல்லது குறிப்பான்கள் என்று அழைக்கின்றோம். மேலும் அவை எத்தரப்பட்ட வினைகள் என்பதைப் பொறுத்து நிலைகாட்டிகளைக் கீழ்க் கண்டவாறு வகைப்படுத்துகின்றோம்.

1. அமில—கார நிலைகாட்டிகள் அல்லது நடுநிலை யாக்கல் நிலைகாட்டிகள்

அமிலமும் காரமும் ஒன்றை ஒன்று ஈடு செய்து புரியும் நடுநிலையாக்கல் வினைகளின் இறுதிநிலைகளை அறியப்பயன் படுத்தும் பொருள்களை நடுநிலையாக்கல் நிலை காட்டிகள் என்கிறோம்.

2. ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க நிலைகாட்டிகள்

ஓர் ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க வினை முற்றுப் பெற்றுவிட்டதா என்பதை அறிய உதவும் நிலைகாட்டிகள் ஆக்ஸிஜனேற்ற ஒடுக்க நிலை காட்டிகள் எனப்படும்.

3. வீழ்படிவாக்கல் நிலைகாட்டிகள்

ஒரு வீழ்படிவாக்கல் வினையின் முடிவு நிலையை அறிய உதவும் நிலைகாட்டிகள் வீழ்படிவாக்கல் நிலைகாட்டி என்கிறோம்.

அமிலகார நிலைகாட்டிகள்

அமிலகார நிலைகாட்டிகளை நாம் எக்கரைசலில் சேர்க்கின்றோமோ அக்கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவிற்கு தக்கவாறு நிலைகாட்டி குறிப்பிட்ட நிறத்தைப் பெற்றிருக்கின்றன. மேலும் நடுநிலையாதல் வினை முடியும் தறுவாயில் கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு மாறுவதால் நிலைகாட்டியின் நிறமும் மாற்றம் அடைகின்றது. இவ்வாறு தோன்றும் நிறமாற்றத்தைக் கொண்டே நாம் அமிலகார வினைகளின் முடிவு நிலைகளைச் சோதித்து அறிகிறோம். பொதுவாக நாம் பினாஃப்தலினையும் மெத்தில் ஆரஞ்சையும், அமில கார நிலைகாட்டிகளாகப் பயன்படுத்துகின்றோம். நிலைகாட்டிகளின் நிறம் மாறுந்திறனை விளக்க இரு முக்கிய கொள்கைகள் வெளியிடப் பட்டுள்ளன.

ஆஸ்வால்டின் கொள்கை

நிலைகாட்டிகள் பற்றிய இக்கொள்கையை ஆஸ்வால்டு என்ற வேதியியலார் 1891-ம் ஆண்டில் வெளியிட்டார். இக் கொள்கைப்படி நிலைகாட்டிகள் ஒரு வீரியம் குறைந்த அமில மாகவோ அல்லது வீரியம் குறைந்த காரமாகவோ வினைப் படுகின்றன எனவே நிலைகாட்டியின் அயனியாதல் வீதத்தைப் பொறுத்து நிறமாற்றம் நிகழ்கின்றது. ஆஸ்வால்டின் கொள்கைப் படி நிலைகாட்டிகளின் அயனிப்பகுதியும் அயனியுறுப்பகுதியும் வெவ்வேறு நிறங்களைப் பெற்றுள்ளன. நிலைகாட்டி அயனியுறும் வீதம் கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவைப் பொறுத் திருப்பதால் இச்செறிவிற் கேற்றவாறு நிறமாற்றம் நிகழ்கின்றது. எடுத்துக்காட்டாக பினாஃப்தலின் என்பதை எடுத்துக் கொள் வோம். இஃது வீரியங்குறைந்த அமிலமாகும். இதனை HPh எனக் குறிப்பிட்டால் அஃது கீழ்க்கண்டவாறு பிரிகை அடைகின்றது.

$$HPh \rightleftharpoons H^{+} \times Ph^{-}$$

அயனியுறுப்பகுதி	அயனிப்பகுதி
(நிறமற்றது)	(சிவப்புநிறம்)

பினாஃப்தலின் மூலக்கூறுகள் நிறமற்றும், அயனிப்பகுதி சிவப்பு நிறத்தையும் பெற்றுள்ளது. மேலே குறிப்பிட்ட சமநிலைக் கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவைப் பொறுத்து நிலை காட்டியின் நிறமாற்றம் நிகழ்கின்றது. அமிலக் கரைசலில் அமிலம் ஈனும் ஹைட்ரஜன் அயனி பினாஃப்தலின் பிரிகை

அடைவதைத் தடுக்கின்றது. இவ்விளைவு பொது அயனி விளைவால் ஏற்படுகிறது. எனவே அமிலக் கரைசலில் மூலக்கூறு நிலையிலுள்ள பினாஃப்தலின் நிறமற்று விளங்குகின்றது. காரக் கரைசலில் பிரிகைவினை நிகழ்ந்து கிடைக்கும் ஹைட்ராக்ஸில் அயனிகள் பினாஃப்தலின் ஹைட்ரஜன் அயனிகளை ஏற்பதால் நிலைகாட்டி பெருமளவு பிரிகையடைந்து Ph^- என்ற அயனியை அளிக்கின்றது. Ph^- என்ற அயனி சிவப்பு நிறத்தைப் பெற்றுள்ளது.

மெத்தில் ஆரஞ்சு ஒரு வீரியங்குறைந்த காரமாகும். இதனை MeOH எனக் குறிப்பிடலாம். MeOH கீழ்க்கண்டவாறு பிரிகையடைகின்றது.

$$\underset{\substack{\text{மஞ்சள்} \\ \text{(மூலக்கூறு)}}}{MeOH} \rightleftharpoons \underset{\substack{\text{சிவப்பு} \\ \text{(அயனி)}}}{Me^+ + OH^-}$$

காரக்கரைசலில் பொது அயனி விளைவாக மெத்தில் ஆரஞ்சு பிரிகையுறுதல் தடுக்கப்படுகின்றது. எனவே நிலைக்காட்டி மூலக்கூறு நிலையிலிருப்பதால் கரைசல் மஞ்சள் நிறமாக காட்சியளிக்கின்றது. ஆனால் அமில முன்னிலையில் அமிலம் ஈனும் ஹைட்ரஜன் அயனி நிலைகாட்டி பிரிகையடைந்து தரும் ஹைட்ராக்ஸில் அயனியை ஏற்கின்றது. எனவே அமிலக் கரைசலில் நிலைகாட்டி M_e^+ அயனியாக இருப்பதால் கரைசல் சிவப்பு நிறமாய் காட்சியளிக்கின்றது.

மேலும், இக்கொள்கையை ஒட்டி பினாஃப்தலினை ஒரு வீரிய மிகு அமிலத்தையும், ஒரு வீரியங்குறைந்த காரத்தையும் தரம்பார்க்கும் வினைக்கு பயன்படுத்த இயலாது என எடுத்துக் கூறலாம். தரம்பார்த்தலின் முடிவுநிலையில் வீரியங்குறைந்த, காரம் ஈனும் ஹைட்ராக்ஸில் அயனி பினாஃப்தலின் பிரிகையுறப் போதுமானதன்று. எனவே இத்தரம்பார்த்தலுக்கு பினாஃப்தலினை நிலைகாட்டியாகப் பயன்படுத்தினால் இளஞ்சிவப்புநிறம் சரியாக முடிவுநிலையில் தோன்றாது. அதிகப்படியான வீரியங் குறைந்த காரத்தைச் சேர்த்தவுடன்தான் நிலைகாட்டி பிரிகையடைந்து இளஞ்சிவப்பு நிறத்தை அளிக்கின்றது.

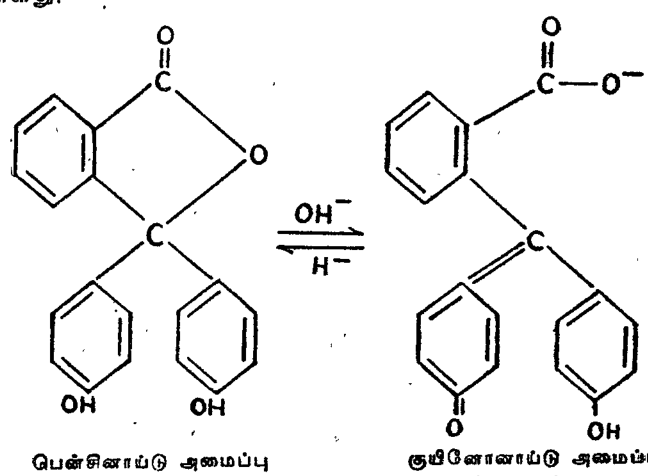
இவ்வாறே மெத்தில் ஆரஞ்சை ஒரு வீரியங்குறைந்த அமிலத்தையும் வீரியம் மிகுகாரத்தையும் தரம்பார்க்கும் வினையில் பயன்படுத்த இயலாது. வீரியங்குறைந்த அமிலம் ஈனும் ஹைட்ரஜன் அயனி நிலைகாட்டி பிரிகையடையப் போதுமானதன்று. எனவே . நிலைகாட்டியின் நிறமாற்றம் (இளஞ்சிவப்பு நிறம்

தோன்றுதல்) அதிகப்படி அமிலத்தைச் சேர்த்த உடனேயே நிகழ் கின்றது. சரியாக தரம் பார்த்தலின் முடிவு நிலையில் நிகழ்வ தில்லை.

குயினோனாய்டு கொள்கை (Quinonoid Theory)

இக்கொள்கைப்படி அமில கார தரம்பார்த்தலில் பயன்படும் நிலை காட்டிகள் அநேகமாக அரோமாட்டிக் சேர்மங்களாகும். நிலை காட்டிகள் இரண்டு வெவ்வேறு நிறத்தைப் பெற்று இருக்கும் இயங்குச் சம நிலை வடிவங்களாகும் (Tautomeric forms) இவ்விரு அமைப்புகளும் சாதாரணமாக பென்சினாய்டு, குயினோ னாய்டு அமைப்புகளாகும். ஏதேனும் ஓர் அமைப்பு வீரியங் குறைந்த அமிலமாகவோ அல்லது காரமாகவோ உள்ளது. கரை சலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு மாறும்போது நிலை காட்டியின் ஓர் இயங்குச் சம நிலை அமைப்பு மற்றொன்றாக மாறுகின்றது. சாதாரணமாக, குயினோனாய்டு அமைப்பு அடர் நிறத்தையும் பென்சினாய்டு அமைப்பு வெளிரிய நிறத்தையும் பெற்றுள்ளது.

உதாரணமாக, பினாஃப்தலின் அமில நிலையில் பென்சி னாய்டு அமைப்பிலும் கார நிலையில் குயினோனாய்டு அமைப் பிலும் உள்ளது. பென்சினாய்டு அமைப்பு நிறமற்று விளங்கு கின்றது. குயினோனாய்டு அமைப்பு சிவப்பு நிறத்தைப் பெற் றுள்ளது.



பென்சினாய்டு அமைப்பு (நிறமற்றது) — குயினோனாய்டு அமைப்பு (சிவப்பு நிறம்)

படம் 25

ஒவ்வொரு நிலை காட்டியும் ஒரு குறிப்பிட்ட pH எல்லைக்குள் நிற மாற்றம் புரிகின்றது. இதனை நிலை காட்டியின் பணியாற்று எல்லை (Working Range) என்கிறோம்.

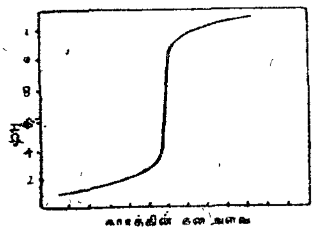
அமில கார நிலை காட்டிகளைத் தரம்பார்த்தலுக்குத் தேர்வு செய்யும் முறை

ஒரு அமிலக் கரைசலுடன் சிறிது சிறிதாக ஒரு காரக் கரைசலைச் சேர்க்கும்போது அமிலம் பிரிகை அடைந்து ஈனும் ஹைட்ரஜன் அயனிகளை காரக் கரைசலினின்று பெறப்படும் ஹைட்ராக்ஸில் அயனி படிப்படியாக ஈடு செய்கின்றது. எனவே கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு குறைகின்றது. அதாவது, கரைசலின் pH மதிப்பு, ஒவ்வொரு முறையும் சேர்க்கும் காரத்தின் அளவிற்கு ஏற்ப அதிகரித்துக் கொண்டே செல்கின்றது. கரைசலின் pH-ன் மதிப்புகளை அவற்றிற்குரிய காரத்தின் கன அளவிற்கு எதிராக வரைகோடு மூலம் குறிப்பிட்டால் தரம் பார்த்தலின் முடிவு நிலையில் pH-ன் மதிப்பு திடீரென உயருகின்றது. இவ் அமில கார தரம் பார்த்தலின் வரை கோட்டிலிருந்து இவ்வினைக்கான சரியான நிலை காட்டியைத் தேர்ந்தெடுக்கலாம். ஒரு அமில கார வினைக்கு நாம் தேர்ந்தெடுக்கும் நிலை காட்டி நடு நிலையாதல் வினையின் தன்மையையும், நிலை காட்டியின் பணியாற்று எல்லையையும் பொறுத்து அமைகின்றது.

ஒரு வீரிய மிகு அமிலத்தையும் வீரிய மிகு காரத்தையும் தரம் பார்த்தல்

(உ-ம்.) ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தையும் சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடையும் தரம்பார்த்தல்.

ஒரு வீரிய மிகு அமிலத்தையும் ஒரு வீரிய மிகு காரத்துடன் தரம்பார்க்கும்போது தரம் பார்த்தல் முடிவின் pH-ன் மதிப்பு 4 லிருந்து 10 ஆக உயருகிறது படம் (26). எனவே, இத்தகைய தரம்பார்த்தலுக்கு pH 3·5 — 10·5 என்ற எல்லைக்குள் நிற மாற்றம் அடையக்கூடிய ஒரு நிலை காட்டியே பொருந்தும். எனவே மெத்தில் ஆரஞ்சு அல்லது லிட்மஸ் அல்லது பினாப்தலினை பயன்படுத்தலாம்.



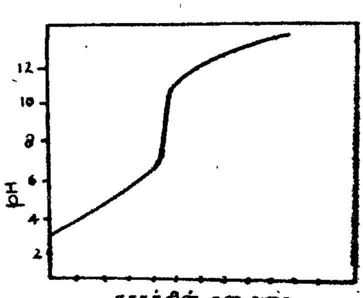
படம் 26

அட்டவணை—3

நிலைகாட்டி	pHஎல்லை	நிலைகாட்டி பெற்றுள்ள நிறம்	
		அமிலக் கரைசல்	காரக் கரைசல்
மெத்தில் ஆரஞ்சு	3·1—4·4	சிவப்பு	மஞ்சள்
மெத்தில் ரெட்	4·4—6·2	சிவப்பு	மஞ்சள்
லிட்மஸ்	5·0—8·0	நீலம்	சிவப்பு
ஃபினால் ரெட்	6·8—8·4	மஞ்சள்	சிவப்பு
கிரிஸால் ரெட்	7·2—8·7	மஞ்சள்	சிவப்பு
பினாஃப்தலின்	8·3—10·0	நிறமற்றது	சிவப்பு
அலிசரின் எல்லோ	10·1—12	மஞ்சள்	வெளிறிய ஊதா

வீரியங் குறைந்த அமிலத்தையும் வீரியமிகு காரத்தையும் தரம்பார்த்தல்

ஒரு வீரியங்குறைந்த அமிலத்தை வீரியம் மிகு காரத்துடன் தரம்பார்க்கும்போது தரம்பார்த்தலின் முடிவு

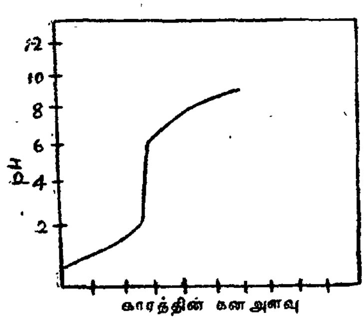


படம் 27

நிலையில் pHன் மதிப்பு சுமாராக 6·5·லிருந்து 10-க்கு மாற்ற மடைகின்றது (படம் 27). தரம்பார்த்தல் முடிவில் விளை பொருளாக கிடைக்கும் உப்பின் நீராற் பகுப்பு வினையால் கரைசல் சிறிதளவு காரத்தன்மை பெற்றிருக்கின்றது. இத்தகைய தரம் பார்த்தலுக்கு pH 6·5—10 என்ற எல்லைக்குள் நிற மாற்றம் அடையக்கூடிய ஒரு நிலைகாட்டியே தேவை. எனவே பினாஃப்தலின் இத்தரம் பார்த்தலுக்கு பொருத்தமான நிலை காட்டியாகும். பினாஃப்தலின் பணியாற்று எல்லை (8·3-10) ஆகும். மெத்தில் ஆரஞ்சு பணியாற்றும் எல்லை pH 5-க்கு குறைவாக இருப்பதால் அஃது பொருத்தமற்றது.

வீரியம்மிகு அமிலத்தையும் வீரியங்குறைந்த காரத்தையும் தரம் பார்த்தல்

ஒரு வீரியம் மிகு அமிலத்தை ஒரு வீரியங்குறைந்த காரத்துடன் தரம் பார்க்கும் போது தரம்பார்த்தலின் முடிவுநிலையில் pH 3·5-லிருந்து 7 ஆக உயருகின்றது (படம் 28) தரம் பார்த்தலின் முடிவுநிலையில் விளை பொருளாகக் கிடைக்கும் உப்பின் நீராற் பகுப்பு வினையால் கரைசல் அமிலத்தன்மை பெற்றிருக்கின்றது.



படம் 28

எனவே இத்தகைய தரம்பார்த்தலுக்கு pH 3 லிருந்து 7-க்கு நிறமாற்றம் அடையக்கூடிய எந்த நிலைகாட்டியையும் பயன்படுத்தலாம். மெத்தில் ஆரஞ்சு அல்லது மெத்தில் ரெட் ஐ சாதாரணமாக பயன்படுத்துகின்றோம்.

வீரியங்குறைந்த அமிலத்தையும் வீரியங்குறைந்த காரத்தையும் தரம்பார்த்தல்

ஒரு வீரியங்குறைந்த அமிலத்தை வீரியங்குறைந்த காரத்துடன் தரம்பார்க்கும்போது தரம் பார்த்தல் இறுதியில் pH மாற்றம் அதிகமில்லை. ஏனெனில் இவ்வினையில் தோன்றும் உப்பு பெருமளவில் நீரால் பகுப்பு அடைகின்றது. எனவே சாதாரணமாக பயன்படுத்தும் நிலைகாட்டிகள் இத்தரம் பார்த்தலுக்கு பயன்படாது. இம்முறையில் தரம் பார்த்தலின் முடிவு நிலையைக் கணக்கிடல் சாத்தியமானதன்று.

அமில கார நிலைகாட்டிகளின் இயல்புகள்

ஒரு பொருள் நிலைகாட்டியாக செயல்பட வேண்டுமாயின் அஃது சில இயல்புகளைப் பெற்றிருத்தல் வேண்டும். அவ்வியல்புகள் பின்வருமாறு:

1 ஒவ்வொரு நிலைகாட்டியும் ஒரு குறிப்பிட்ட பணியாற்று எல்லையை (Working Range) பெற்றுள்ளது. அதாவது ஒரு குறிப்பிட்ட pH எல்லைக்குள் நிறமாற்றம் அடைகின்றது.

2 நிலைகாட்டியின் நிறமாற்றம் தெளிவாக இருத்தல் வேண்டும். நிலைகாட்டி பெற்றிருக்கும் இருநிறங்களும் நன்கு வேறுபடுத்தி அறியக்கூடியதாய் இருத்தல் வேண்டும்.

3. நிலைகாட்டி அமிலகார தரம் பார்த்தலின் முடிவு நிலைக்குத் தொடர்புள்ள pH மதிப்பில் நிறமாற்றம் அடைய வேண்டும்.

4. நிலைகாட்டியின் நிறமாற்றம் குறிப்பிட்ட pH மதிப்பில் நன்கு தோன்றுதல் வேண்டும்.

5. வெப்பநிலையைப் பொறுத்து நிலைகாட்டியின் நிறமாற்றம் பாதிக்கப்படுதல் கூடாது.

நிலைகாட்டிகள் அல்லது குறிப்பான்களை உபயோகித்து கரைசலின் pHஐ நிர்ணயித்தல்

ஒரு கரைசலின் pHஐ நிர்ணயிக்க பல முறைகள் உள்ளன. அவற்றுள் எளிய முறை ஒரு நிலைகாட்டி கரைசலை உபயோகித்து அல்லது pH தாளை உபயோகித்து தோன்றும் நிறமாற்றத்திலிருந்து pHஐ நிர்ணயிக்கும் முறையாகும். கரைசலின்

pHஐ துல்லியமாக நிர்ணயிக்க pH மீட்டர் போன்ற கருவிகள் உள்ளன. மாறுபடும் pH மதிப்புகளைக் கொண்ட பலகரைசல் களின் pHஐ நிர்ணயிக்க ஒரு பொது குறிப்பானை அல்லது பொது நிலைகாட்டியை (Universal Indicator) பல நிலைகாட்டிக் கரைசல்களைக் கலந்து தோற்றுவிக்கலாம். இவ்வாறு பெறப்படும் பொதுநிலைக்காட்டி அல்லது கலப்புக் குறிப்பான் பரந்த pH எல்லைக்குள் pH 3—11 நிறமாற்றம் அடைய வல்லது. உதாரணமாக, கோல்தாப் (Kolthoff) என்பவர் தயாரித்த கலப்புக்குறிப்பான் மெத்தில் ரெட், α நாப்தால்ப்தலின், தைமால்ப்தலின், பினால்ப்தலின், புரோமோதைமால்ப்ளு ஆகிய நிலைகாட்டிகளின் 0·1% கரைசலை சம கன அளவில் கலப்ப தால் கிடைக்கின்றது. இப்போது நிலைகாட்டி அல்லது கலப்புக் குறிப்பான் எந்தெந்த pH மதிப்புகளில் எந்தெந்த நிறத்தை அளிக்கின்றது என்பதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு அட்டவணை எடுத்துரைக்கின்றது :

அட்டவணை—4

pH	4	5	6	7	8	9	10	11
நிறம்	சிவப்பு	ஆரஞ்சு சிவப்பு	மஞ்சள்	பச்சை கலந்த மஞ்சள்	பச்சை	நீலப் பச்சை	நீல ஊதா	சிவப்பு ஊதா

pH மதிப்புக்கள் தெரிந்த பல்வேறு தாங்கல் கரைசல்களைத் (pH 3 முதல்—11 வரை) தயாரித்துக் கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட தாங்கல்கரைசல்களில் ஒரு குறிப் பிட்ட அளவு ஒவ்வொரு கரைசலிலும் எடுத்துக்கொள்ள வேண் டும். ஒரு துளி கலப்புக் குறிப்பானை ஒவ்வொரு கரைசலிலும் சேர்த்தல் வேண்டும். ஒவ்வொரு கரைசலிலும் ஏற்படுகின்ற நிறத்தை கூர்ந்து கவனித்தல் வேண்டும் இதேபோல் ஒருதுளி கலப்புக் குறிப்பானை pH நிர்ணயிக்கப்பட வேண்டிய கரைசலி லும் சேர்த்தல் வேண்டும். இக்கரைசலில் ஏற்படுகின்ற நிறத்தை திட்டக் கரைசலில் தோன்றிய பல்வேறு நிறத்தோடு ஒப்பிட்டுப் பார்த்து எந்தத் திட்டக் கரைசலின் நிறத்தோடு சோதனைக் கரைசல் ஒத்து வருகின்றது என்பதைக் காணவேண் டும். அவ்வாறு கண்டால், குறிப்பிட்ட திட்டக்கரைசல் பெற்ற PH-ன் மதிப்பினை சோதனைக் கரைசலும் பெற்றிருக்கின்றது என அறியலாம்.

பயிற்சி

கணக்குகள்

1. தாமிர சல்பேட் கரைசல் வழியாக குறிப்பிட்ட அளவு மின் சாரத்தைச் செலுத்தும்போது 15·9 கிராம் தாமிரம் படிந்தது. இதே அளவு மின்சாரம் வெளிப்படுத்தும் வெள்ளியின் எடையைக் கணக்கிடு.

(54 கிராம்)

2. 1 பாரடே மின்சாரத்தை நீர்த்த சல்ஃப்யூரிக் அமிலம் வழியாக செலுத்தும்போது வெளிப்படும் ஹைட்ரஜன் வாயுவின் கன அளவை திட்ட வெப்ப அழுத்த நிலையில் கணக்கிடு. இவ் வினையில் வெளிவிடப்பட்ட ஹைட்ரஜன் அணுக்களின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடு.

($11{\cdot}2\ dm^3$, $6{\cdot}023\times10^{23}$ அணுக்கள்)

3. 2 ஆம்பியர் மின்சாரத்தை 4 மணி நேரம் நீர்த்த ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தின் வழியாக செலுத்தும்போது, பாயும் மின்சாரத்தின் அளவை கூலோம்களில் கணக்கிடு.

(28,800 கூலோம்)

4. ஒரு ஆம்பியர் மின்சாரத்தை 2 மணி 40 நிமிடங்கள் வெள்ளி நைட்ரைட் கரைசலின் வழியாகச் செலுத்தும்போது வெளிப் படும் வெள்ளியின் எடையைக் கணக்கிடு.

(10·8 கிராம்)

5. 0·01N வெள்ளி நைட்ரேட் கரைசலின் மின் தடை 700 ஓம்கள் ஆகும். இக்கரைசலின் சமான எடை கடத்து திறனைக் கணக்கிடு. கல மாறிலியின் மதிப்பு $98m^{-1}$ எனக் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. கரைசலின் நியம கடத்து திறனையும் கணக்கிடு.

(நியம கடத்துத்திறன் $0{\cdot}14\ Ohm^{-1}\ m^{-1}$
சமான எடை கடத்துத் திறன்
$0{\cdot}014\ Ohm^{-1}\ m^2\ equi^{-1}$)

6. 0·1M அசெட்டிக் அமிலத்தின் pH ஐக் கணக்கிடு. அசெட்டிக் அமிலத்தின் K_a ன் மதிப்பு $1{\cdot}8\times10^{-5}$.

(2·8723)

7. அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடின் 0·01N கரைசலின் பிரிகை வீதம் 0·042 என்றால் அதன் பிரிகை மாறிலி (K_b) யின் மதிப்பைக் கணக்கிடு.

($1{\cdot}841 \times 10^{-5}$)

8. ஃபார்மிக் அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலியின் மதிப்பு 1.8×10^{-4} ஆகும். இவ்வமிலத்தின் 0·01M கரைசலின் பிரிகை சத வீதத்தைக் கணக்கிடு.

(13·42%)

9. 1M ஹைட்ரோசயனிக் அமிலத்தின் அயனியாதல் சத வீதத்தைக் கணக்கிடு. இவ்வமிலத்தின் $K_a = 4{\cdot}8 \times 10^{-10}$.

(0·00219%)

10. இரு கரைசல்களின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவுகள் முறையே (i) 1×10^{-4} மோல்ஸ்/லிட்டர் (ii) $5{\cdot}4 \times 10^{-9}$ மோல்ஸ்/லிட்டர். இவ்விரு கரைசல்களின் pHன் மதிப்பு களைக் கணக்கிடு.

(4, 8·27)

11. கீழே கொடுக்கப்பட்ட pH மதிப்புகளினின்று அக்கரைசல் களின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவுகளின் மதிப்பைக் கணக்கிடு.

(i) 5·5 (ii) 8·6 (iii) 3·2 (iv) 2

[(i) $3{\cdot}162 \times 10^{-6}$
(ii) $2{\cdot}512 \times 10^{-9}$
(iii) $6{\cdot}310 \times 10^{-4}$
(iv) 0·01]

12. (i) தூய நீர் (ii) 1N சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு (iii) 0·01N நைட்ரிக் அமிலம் — இவை ஒவ்வொன்றின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு, ஹைட்ராக்ஸில் அயனிச் செறிவு pH ஆகிய மூன்றையும் கணக்கிடு.

(i) $[H^+] = 1 \times 10^{-7}$
pH = 7
$[OH^-] = 1 \times 10^{-7}$

(ii) $[H^+] = 1 \times 10^{-14}$
pH = 14
$[OH^-] = 1$

(iii) $[H+] = 1 \times 10^{-2}$

$[pH] = 2$

$[OH^-] = 1 \times 10^{-12}$

13. 0·1M அம்மோனியம் குளோரைடு கரைசலின் நீராற் பகுப்பு வீதத்தைக் கணக்கிடு. அம்மோனியம் ஹைட்ராக் ஸைடு கரைசலின் K_b யின் மதிப்பு $1·8 \times 10^{-5}$

(7·5 × 10^{-5}

14. 0·1M சோடியம் அசெட்டேட் கரைசலின் நீரால் பகுப்பு மாறிலியையும், நீரால் பகுப்பு சதவீதத்தையும் கணக்கிடு. அசெட்டிக் அமிலத்தின் K_aன் மதிப்பு $1·8 \times 10^{-5}$

$K_h = 5·555 \times 10^{-10}$

நீராற் பகுப்பு சதவீதம் = $7·453 \times 10^{-3}$

15. 0.1M அம்மோனியம் அசெட்டேட் கரைசலின் நீராற் பகுப்பு சதவீதத்தைக் கணக்கிடு.

அசெட்டிக் அமிலத்தின் $K_a = 1·8 \times 10^{-5}$

அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடின் $K_b = 1·8 \times 10^{-5}$

(0·5555%)

16. நிறைவுற்ற வெள்ளி குளோரைடு கரைசலில் வெள்ளி அயனி யின் செறிவைக்கணக்கிடு. இக்கரைசலின் கரை திறன் பெருக்கம் $1·8 \times 10^{-10}$ ஆகும்.

($1·342 \times 10^{-5}$ மோல்ஸ்/லிட்டர்)

17. 1 லிட்டர் கரைசலில் 7·5 கிராம் அசெட்டிக் அமிலமும் 10·25 கிராம் சோடியம் அசடெட்டேட்டும் கரைக்கப் பெற்ற தாங்கல் கரைசலின் pHஐக் கணக்கிடு. அசெட்டிக் அமிலத் தின் K_aன் மதிப்பு $1·8 \times 10^{-5}$

(4·744)

18. 1 லிட்டர் தாங்கல் கரைசலில் 0·1 மோல் அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடும் 0·15 மோல் அம்மோனியம் குளோரைடும் உள்ளது. இத்தாங்கல் கரைசலின் pHஐக் கணக்கிடு. அம் மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடின் K_bயின் மதிப்பு $1·8 \times 10^{-5}$

(9·08)

வினாக்கள்

1. உலோகக் கம்பி எவ்வாறு மின்சாரத்தைக் கடத்துகின்றது என்பதை விவரி.
2. நீரில் முற்றிலும் கரைந்து மிகை அளவு அயனிப்பகுளியை (Strong Electrolyte) தரவல்ல மூன்று அயனிச் சேர்மங்களின் பெயர்களை எழுது.
3. ஒரு வீரியங் குறைந்த அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலியை கணக்கிட உதவும் சமன்பாட்டை வருவி.
4. ஃபாரடேயின் மின்னாற் பகுப்பு விதிகளைக் கூறு. இவ்விதி களின் முக்கியத்துவத்தை விளக்கு.
5. நீரின் அயனிக் பெருக்கம் என்பதனால் நீவிர் அறிவதென்ன?
6. நிலைகாட்டிகளைப் பயன்படுத்தி ஒரு கரைசலின் pHஐ எவ்வாறு நிர்ணயிக்கலாம்?
7. பண்பறி பகுப்பு முறை, அளவறி பகுப்பு முறை ஆகிய இவற்றில் கரைதிறன் பெருக்கத்தின் பயன்களைப் பற்றி விளக்குக.
8. தாழ் வெப்பநிலையிலும் தூய நிலையிலும் குறைமின்கடத்தி திண்மப் பொருள்களை (Semi - Conductors) பற்றி விளக்கி எழுது.
9. உலோகக் கடத்திகளும், மின்பகு கடத்திகளும் எவ்வாறு வேறுபடுகின்றன?
10. நியம கடத்துதிறன், சமான எடை கடத்து திறன் இவற்றை வரையறு.
11. அர்ரீனியஸ்ஸின் மின்பகு பிரிகை கொள்கையின் முக்கிய கோட்பாடுகள் யாவை? இக்கொள்கைக்கான சோதனைச் சான்றுகளை விளக்கு.
12. குறையளவு அயனிப் பகுளி, மிகையளவு அயனிப்பகுளி இவற்றை உதாரணங்களுடன் விளக்குக.
13. வீரியம் மிக்க அமிலம், வீரியம் மிக்க காரம், வீரியங் குறைந்த அமிலம், வீரியங் குறைந்த காரம் இவை ஒவ்வொன்றிற்கும் இரு உதாரணங்கள் தருக.
14. மெத்தில் ஆரஞ்சு நிலைகாட்டியின் முன்னிலையில் அசெட்டிக் அமிலக்கரைசல் இளஞ்சிவப்பு நிறத்தைப் பெற்றுள்ளது. ஆனால் சிறிது சோடியம் அசெட்டேட் உப்பைச் சேர்த்த

வுடன் இக்கரைசல் மஞ்சள் நிறமாக மாறுகின்றது. இந் நிறமாற்றத்திற்கான காரணத்தை விளக்கு.

15. ஒரு கரைசலின் pH என்பதனால் நீவிர் அறிவதென்ன?

16. ஒரு கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவின் அடிப் படையில் அதனை அமிலக்கரைசல், காரக்கரைசல், நடு நிலைக்கரைசல் என எவ்வாறு வரையறுக்கலாம்?

17. கீழ்க்கண்ட கரைசல்கள் அமிலக்கரைசலா, காரக்கரைசலா அல்லது நடுநிலைக்கரைசலா என்பதைக் கூறு:

சமநார்மாலிட்டியை உடைய (i) வீரியம் மிக்க அமிலத் தையும், வீரியம் மிக்க காரத்தையும் (ii) வீரியம் மிக்க அமிலத்தையும் வீரியம் குறைந்த காரத்தையும் (iii) வீரியம் குறைந்த அமிலத்தையும் வீரியம் மிக்க காரத்தையும் சமகன அளவுகளில் கலக்கப்பட்ட கரைசல்கள்.

18. கீழ்க்கண்ட கரைசல்களுள் எக்கரைசல் அதிக கார்பனேட் அயனிச் செறிவைப் பெற்றிருக்கும்:

(i) 0·1M சோடியம் பைகார்பனேட் கரைசல்

(ii) 0 1M கார்போனிக் அமிலக்கரைசல்.

19. கீழ்க்கண்ட கரைசல்களுள் எக்கரைசல் அதிக பாஸ்பேட் அயனிச் செறிவைப் பெற்றிருக்கும்:

(i) 0·05 M பாஸ்பாரிக் அமிலக்கரைசல்.

(ii) 0·05 M டைசோடியம் ஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட் கரைசல் உமது அனுமானத்திற்கான காரணங்களை விவரி.

20 (i) ஒரு வீரியங்குறைந்த காரம், வீரியம் மிக்க அமிலம்

(ii) ஒரு வீரியங்குறைந்த அமிலம் வீரியம், மிக்க காரம்

(iii) ஒரு வீரியங்குறைந்த அமிலம், வீரியங்குறைந்த காரம்– இவற்றின் உப்புக்களின் நீராற் பகுப்பு மாறிலி, நீராற் பகுப்பு வீதம் இவற்றைக் கணக்கிட உதவும் சமன்பாடு களை வருவி.

21. தாங்கல் கரைசல்கள் என்பன யாவை? அன்றாட வாழ்வில் தாங்கல் கரைசல்களின் பயன்களை விவரி.

22. கொடுக்கப்பட்ட அமிலகார தரம்பார்த்தலுக்குப் பயன்படும் சரியான நிலை காட்டியை எக்கருத்துக்களின் அடிப்படையில் தேர்ந்தெடுக்க இயலும்?

அத்தியாயம் 7

அணுக்கரு வேதியியல்

ஓர் அணுவின் பொருண்மை (Mass) முற்றிலும் அணுக் கருவில் இருக்கும் புரோட்டோன்கள் (Protons), நியூட்ரான்கள் (Neutrons) ஆகியவற்றின் கூட்டுப் பொருண்மை என்பதையும், புரோட்டோன்கள், நியூட்ரான்கள் ஆகியவற்றின் பொருண்மை களுடன் ஒப்பிடின் எலக்ட்ரான்களின் பொருண்மை தள்ளத்தக்கது (Negligible) என்பதையும் நாம் அறிவோம். புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்கள் ஒவ்வொன்றும் ஒற்றை அலகுப்பொருண்மை (Unit) உடையன. எனவே நிராகரிக்கத்தக்க மிகமிகச் சிறிய எலக்ட்ரான்களின் பொருண்மையைத் நீக்கின், அணுக்களின் எடைகள் முழு எண்களாக இருக்கவேண்டும். ஆனால் பல தனி மங்களின் அணு எடைகள் பின்னமாக (Fractional) உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, குளோரினின் அணு எடை 35·46, தாமிரத்தின் (Copper) அணு எடை 63·55 இத்தகைய பின்ன அணு எடைகள் உள்ள தனிமங்கள் ஒவ்வொன்றும் உண்மையில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட தனிமங்களின் கலவைகள் ஆகும். எடுத்துக் காட்டாக, குளோரின் இரண்டு வகை குளோரின்களால் ஆனது அவை ;

(1) பொருண்மை 35 உடைய குளோரின்.

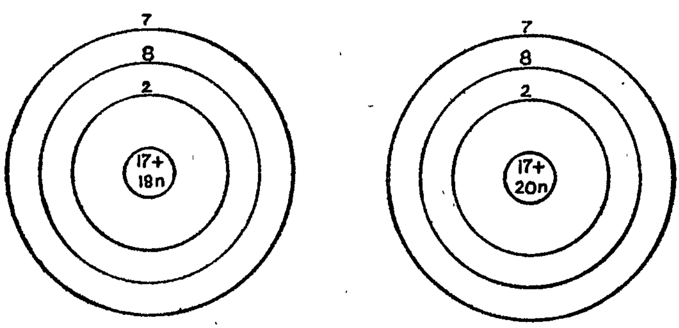
(2) பொருண்மை 37 உடைய குளோரின்.

சாதாரண குளோரின் பொருண்மை 37 உடைய குளோரின் இவை முறையே 77%, 23% உள்ளன. எனவேதான் குளோரின் அணு எடை 35·46 உள்ளது. இதனைப் பின்வரும் கணக்கீடு காட்டுகிறது.

$$\frac{(35\times77) + (37\times23)}{100} = 35\cdot36$$

இரண்டு வகை குளோரின் அணுக்களிலும் உள்ள வெளி வட்டத்தில் (outer orbit) ஏழு எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன. எனவே

இருவகை குளோரின் அணுக்களும் ஒத்த வேதிப்பண்புகள் உடையன. இந்த இருவகை அணுக்களின் அணு எண்கள் சமம். அதாவது இவைகளின் உட்கருக்களில் இருக்கும் புரோட்டோன் களின் எண்ணிக்கை சமம். இதனால் அணு எடையில் காணப் படும் வேறுபாடு இவற்றின் அணுக்கருக்களில் இருக்கும் நியூட் ரான்களின் எண்ணிக்கையில் இருக்கும் வேறுபாட்டின் விளைவாக ஏற்படுவதாகும். பொருண்மை எண் 35 உடைய குளோரின் அணுவில் 18 நியூட்ரான்கள் உள்ளன. பொருண்மை எண் 37 உடைய குளோரின் அணுவில் 20 நியூட்ரான்கள் உள்ளன (படம் 29).



$^{35}_{17}Cl$ $^{37}_{17}Cl$

படம் 29

இருவகை குளோரின் அணுக்கள்

ஒத்த அணு எண்ணும் வேறுபட்ட பொருண்மை எண்க ளும் (Mass numbers) உடைய தனிமங்கள் ஐசோடோப் புகள் (Isotopes) எனப்படும். எனவே, சாதாரண குளோ ரின், $^{35}_{17}Cl$, $^{37}_{17}Cl$ என்ற இரண்டு ஐசோடோப்புகளின் கலவை ஆகும். இதுபோல் தாமிரம், $^{63}_{29}Cu$, $^{65}_{29}Cu$ என்ற இரண்டு ஐசோடோப்புகளின் கலவை ஆகும். பெரும்பாலான தனிமங் களின் ஐசோடோப்புகள் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. தனிமங்களின் ஐசோடோப்புகள் இரண்டு முதல் பத்து வரை உள்ளன.

ஐசோடோப்புகளைத் தனித்துப் பிரித்தல்

ஒரு தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகள் பொருண்மையில் வேறுபடுகின்றன. ஆனால் வேதிப் பண்புகளில் வேறுபடுவதில்லை. எனவே, ஐசோடோப்புகளை பெரிதும் பௌதிக முறைகளைப் பயன்படுத்திப் பிரிக்கலாம். இப்படிப் பிரிக்க பல முறைகள் உள்ளன.

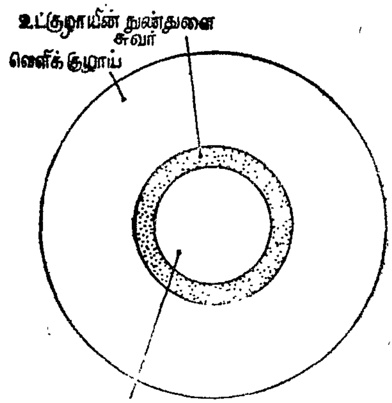
1. வாயு விரவல் முறை

விரவல் (Diffusion) பற்றிய கிரஹாம் விதியின்படி இரண்டு வேறுபட்ட வாயுக்கள், ஒரே படிநிலைகளில் (Conditions), விரவும் வீதங்களின் (Rates) ஒப்பிட்டு அளவுகள் அவற்றின் அடர்த்திகளின் வர்க்க மூலங்களுக்கு எதிர் விகிதத்தில் (Inverse proportion) உள்ளன. இவ்வாறு, அடர்த்திக் குறைவான வாயுக்கள் அடர்த்தி மிகுந்த வாயுக்களை விட அதிக விரைவாக விரவுகின்றன. இந்த உண்மை பொருண்மையால் வேறுபட்டு அதனால் அடர்த்தியில் வேறுபட்டும் ஒரு தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகளைத் தனித்துப் பிரிக்கப் பயன்படுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டாக, புரோட்டியம் (H), டியூட்டீரியம் (D), டிரிட்டியம் (T) என்ற ஹைட்ரஜனின் ஐசோடோப்புகள் பொருண்மையில் பெரிதும் வேறுபட்டுள்ளன. இவற்றின் பொருண்மை எண்கள் முறையே 1, 2, 3 ஆகும். எனவே அடர்த்தியிலும் வேறுபடுகின்றன. ஆகையால் இவை விரவும் வீதங்களின் வேறுபாட்டைப் பயன்படுத்தி இவற்றைத் தனித்துப் பிரித்தல் இயலும். எடுத்துக்காட்டாக, புரோட்டியம், டியூட்டீரியம் கலந்துள்ள கலவையை பிரிக்கும் முறையினைக் காண்போம்.

விரவல் முறையில் வாயுக் கலவை நன்கு அழுத்தப்பட்டு ஒற்றை மைய இரட்டைக் குழாய் (Pair of Concentric Pipes) அமைப்பின் (படம் 30) உட்குழாய் வழியாக செலுத்தப்படுகிறது. இந்த உட்குழாயின் சுவர்களில் நுண்துளைகள் மலிந்தள்ளன எனவே கலவையில் உள்ள இரண்டு வாயுக்களும் இதன் வழியாக வெளிக் குழாயிலுள்ள, வெவ்வேறு வேகங்களில் விரவுகின்றன. ஆகையால் சிறிது நேரத்திற்குப் பின் வெளிக்குழாயில் இருக்கும் கலவையில் அடர்த்தி குறைவான வாயுவின் அளவு அதிகமாகும். உட்குழாயில் இருக்கும் கலவையில் அடர்த்தி மிகுந்த வாயுவின் அளவு அதிகமாகவும் இருக்கின்றன. இவ்வாயு ஒருவகை வாயு மிகுதியாகவுள்ள வாயுக்கலவைகள் மீண்டும்

மீண்டும் இத்தகைய ஒரு மையக் குழாய் அமைப்புகளின் வழியாக செலுத்தப்படுகின்றன. இதனால் இரண்டு ஐசோடோப்புகளும் படிப்படியாக தனித்துப் பிரிக்கப்படுகின்றன.



படம் 30

விரவல் குழாய்கள்

ஒரு தனிமத்தின் இரண்டு ஐசோடோப்புகள் அடர்த்தியில் மிகமிகச் சிறிதளவே வேறுபட்டிருப்பின் அவற்றைப் பிரிக்க மேற்கண்டதை விட அதிக தடவைகள் மீண்டும் மீண்டும் செய்ய வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக யுரேனியத்தின் இரண்டு ஐசோடோப்புகளை, ${}^{235}_{92}U$, ${}^{238}_{92}U$ கருதுக. இவை அடர்த்தியில் மிகச் சிறிதளவை வேறுபடுகின்றன. இவற்றின் அடர்த்திகளின் விகிதம் 349: 392. எனவே இவை விரவும் வீதங்களின் விகிதம் 1·0042: 1 மிகக் குறைவாக உள்ளது. எனவே மிகப் பல தடவைகள் கலவையை அமுக்கி ஒரு மைய இரட்டைக் குழாய்களில் விவரச் செய்யும் முறையை, மீண்டும் மீண்டும் செய்து ஐசோடோப்புகளைப் பிரிக்க வேண்டும். இவ்வாறு பிரித்தல் கடினமாகவும், சிக்கனமின்றியும் உள்ளது.

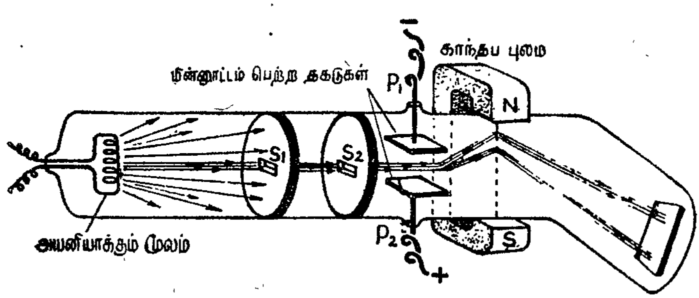
2. மின்னாற் பகுப்பு முறை

ஒரு தனிமத்தின் ஐசோடோப்புகளை, அவற்றின் சேர்மங்களின் கரைசல்களை பொருத்தமான முறையில் மின்னாற்

பகுத்து (electrolysing), தனித்துப் பிரிக்கலாம். எடுத்துக் காட்டாக, அமிலம் அல்லது கரைகாரம் (Alkali) கலந்த நீரினை மின்னாற் பகுத்து ஹைட்ரஜனின் ஐசோடோப்புகளை தனித்துப் பெறலாம். மின்னாற் பகுக்கும் போது ஹைட்ரஜனின் அடர்த்தி குறைவான ஐசோடோப், புரோட்டியம், மிக விரைவாக வெளியாகிறது; வடிக்கும் கலனில் டியூட்டீரியம் மிகுந்த நீர் தங்குகிறது. இப்படி எஞ்சும் நீரை, மீண்டும் மீண்டும் மின்னாற் பகுப்பின் ஐசோடோப்புகள் முழுமையாக தனித்துப் பிரிகின்றன.

3. பொருண்மை நிறமாலை வரைவி முறை

படம் 31-ல் காணும் பொருண்மை நிறமாலை வரைவியை (Mass spectrograph) பயன்படுத்தி ஒருதனிமத்தின் ஐசோடோப்புகளைத் தனித்தனியாகப் பிரிக்கலாம். இந்த முறையில் ஐசோடோப் கலவையில் உள்ள மூலக்கூறுகள் எதிர் மின்வாய்க் கதிர்களால் (Cathode rays) தாக்கப்படுகின்றன. நேர் மின்னேற்றமுள்ள துகள்களாக (அயனிகளாக) மாற்றப்படுகின்றன. இவ்வாறு அயனியாக்கப்பட்ட துகள்கள் துளை தொகுப்புகள் (S_1, S_2) வழியாக செலுத்தப்பட்டு, குறுகிய கற்றையாக தொகுக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு பெறப்பட்ட குறுகிய கற்றை அடுத்து



படம் 31
பொருண்மை நிறமாலை வரைவி

இரண்டு மின்தகடுகளுக்கு (P_1, P_2) இடையில் உண்டாக்கப்பட்ட மின்புலத்தின் ஊடாக செலுத்தப்படுகிறது. மின்புலத்தில் கற்றையில் உள்ள அயனிகள் மேல் நோக்கி விலக்கம் அடைகின்றன. இவ்வாறு ஏற்படும் விலக்கத்தின் அளவு துகள்களின் பொருண்மை, மின்சுமை ஆகியவற்றைப் பொறுத்தது. கனமான

துகள்களை விட இலேசான துகள்கள் மிக எளிதாக விலக்கம் அடைகின்றன. இவ்வாறு விலக்கமுற்ற வெவ்வேறு கதிர்களாகப் பிரிந்த கற்றை அடுத்து ஒரு காந்தப் புலத்தின் வழியாகச் செலுத்தப்படுகிறது. இதனால் கற்றை மேலும் விலக்கமுறுகிறது, அதாவது துகள்கள் மேலும் விலக்கம் அடைகின்றன. இதிலும் இலேசான துகள்கள் கனமான துகள்களைவிட அதிகமாக விலக்கம் அடைகின்றன. இறுதியில் இவ்வாறு விலக்கமுற்று, தனித்துப் பிரிந்த துகள்களின் தொகுப்புகள் ஒரு புகைப்படத் தகட்டின் மீது விழச் செய்யப்பட்டு பதிவு செய்யப்படும் அல்லது தனித்தனியே சேகரிக்கப்படும்.

கதிரியக்கம்

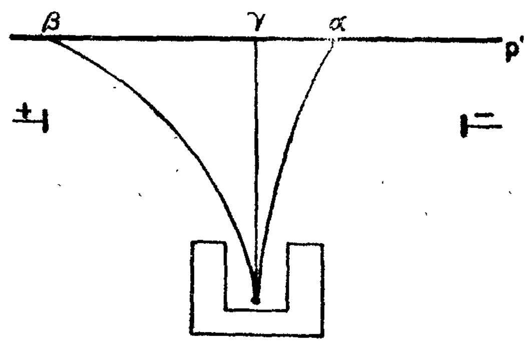
1895ஆம் ஆண்டு ஹென்றி பெக்குரல் (Henry Bequerel) என்பவர் யுரேனியம் சேர்மங்கள் கதிராற்றலை (Radiations) உமிழ்கின்றன என்றும், அவை புகைபடத் தகடுகளை பாதிக்கின்றன என்றும் கண்டார். ஒரு தனிமம் தானாகவே கதிராற்றலை உமிழும் நிகழ்ச்சி கதிரியக்கம் (Radioactivity) ஆகும். இவ்வாறு உமிழும் தனிமங்கள் கதிரியக்க தனிமங்கள் எனப்படுகின்றன.

குயூரிஅம்மையாரும் அவரது கணவர் பியரி குயூரியும் பிட்ச் பிளண்ட் (Pitch blende) என்னும் தூய்மையற்ற யூரேனியத் தாது (Ore) தூய யுரேனியத்தை விட அதிக கதிரியக்கம் உடையதாக இருப்பதைக் கண்டனர். இதற்குக் காரணம் யுரேனியத்தை விட அதிக கதிரியக்கமுள்ள சில மாசுகள் அத்தாதுவில் இருக்க வேண்டும் என்று கருதினர். தொடர்ந்து, கடினமாக உழைத்து நிகழ்த்திய ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக ஓரளவு பிட்ச்பிளண்ட் தாதுவிலிருந்து ரேடியம் (Radium), பொலோனியம் (Polonium) என்னும் கதிரியக்கமுள்ள இரண்டு புதிய தனிமங்களைத் தனித்துப் பிரித்தனர்.

யுரேனியத் தாதுகளைப் பயன்படுத்தி ஆராய்ச்சிகள் செய்தபோது குயூரி தம்பதிகள், யுரேனியத் தாதுக்கள் அனைத்தும் கதிரியக்கம் உடையனவாக இருப்பதையும், அவற்றின் கதிரியக்க அளவு அவற்றிலுள்ள யுரேனியத்தின் அளவைப் பொறுத்தது என்பதையும் கண்டனர். இதன் முடிவாக, கதிரியக்கம் என்பது அணுவிற்கு உரிய பண்பு என்று முடிவு செய்தனர்.

கதிரியக்கக் கதிர்களின் வகைகள்

ஒரு காரீயக் கட்டியில் (lead block) உள்ள ஒரு பள்ளத்தில் சிறிதளவு ஒரு கதிரியக்கப் பொருளை வைத்து (படம் 32) அதனால் உமிழப்படும் கதிர்களை ஒரு மின்புலத்தின் வழியாக செலுத்தினால் அவை மூன்று வகைகளாகப் பிரிகின்றன. அவற்றில் ஒன்று மின்வாய்த் தகடுகளால் (Electrodes) பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் மற்ற இரண்டும் மின்வாய்த் தகடுகளால் விலக்கமுறுகின்றன இவ்வாறு பிரிந்த கதிர்களை ஒரு புகைப் படத் தகட்டில் (P) விழச் செய்து, தகட்டைத் துலக்கிக் கண்டால் மூன்று கரும்புள்ளிகள் காணப்படுகின்றன. இவை மூன்றுவகைக் கதிர்களினால் ஏற்பட்டன. இந்த மூன்று வகை கதிர்கள் ஆல்பா கதிர்கள் (Alpha rays), பீட்டா கதிர்கள் (Beta rays), காமா கதிர்கள் (Gamma rays) எனப்படுகின்றன. முறையே α, β, γ என்று குறிக்கப்படுகின்றன.



படம் 32

மூன்று வகை கதிரியக்கக் கதிர்கள்

ஆல்பா கதிர்கள் நேர் மின்னேற்றமுள்ள துகள்களால் ஆனவை. எனவே இவை எதிர் மின்வாய்த் தகடு நோக்கி விலக்கம் அடைகின்றன. இவற்றின் பொருண்மை ஹைட்ரஜன் அணுவின் பொருண்மையை விட நான்கு மடங்காகும். இவை ஹீலியம் அணுக்களின் அணுக்கருக்கள் என்று கண்டறியப் பட்டுள்ளன. இவை ஒவ்வொன்றும் இரண்டு புரோட்டோன்கள், இரண்டு நியூட்ரான்கள் ஆகியவற்றால் ஆனவை. எனவே இவை

∝ அல்லது $^{4}_{2}He$ என்ற குறியீட்டால் குறிக்கப்படுகின்றன. கதிரியக்கப் பொருள்களிலிருந்து இவை ஒரு மிதமான திசை வேகங்களுடன் வெளியேறுகின்றன. இவற்றின் ஊடுருவும் திறன் (Penetrating power) குறைவு. இவை காற்றின் ஊடாகப் பாயும்போது காற்றிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எலக்ட்ரான்கள் சிலவற்றை நீக்கி அவற்றை அயனிகளாக மாற்றுகின்றன.

பீட்டா கதிர்கள் எதிர் மின்னேற்றமுள்ள துகள்களால் ஆனவை. இவை எலக்ட்ரான்களை முற்றிலும் ஒத்தன. எனவே இவை நேர்மின்வாய்த் தகடு நோக்கி விலக்கம் அடைகின்றன, இத்துகள்களின் பொருண்மை எண் (Mass number) பூஜ்யம் (Zero) மின்னேற்றம் ஓர் அலகு எதிர் மின்னேற்றம் ஆகும். எனவே இவை β அல்லது $^{0}_{-1}e$ என்ற குறியீட்டால் குறிக்கப்படுகின்றன. இக்கதிர்கள் ஆல்பா கதிர்களைவிட அதிக ஊடுருவும் திறன் உடையன.

காமா கதிர்கள் மின்சுமை இல்லாதது எனவே, இவை மின்புலத்தில் விலக்கம் அடைவதில்லை. இவை குறுகிய அலை நீளமுள்ள X-கதிர்களை முற்றிலும் ஒத்தன. எனவே தடிப்பு மிக்க உலோகத் தகடுகளையும் ஊடுருவிப் பாயும் திறன் உடையன. இவை γ என்ற குறியீட்டால் குறிக்கப்படுகின்றன.

கதிரியக்கச் சிதைவு

கதிராற்றலை உமிழ்தலின் விளைவாக ஒரு தனிமம் மற்றொரு தனிமமாக மாறலாம். எடுத்துக்காட்டாக $^{211}_{84}Po$ என்ற கதிரியக்கமுள்ள தனிமமாக ∝ துகள்களை உமிழ்கிறது. $^{207}_{82}Pb$ என்ற தனிமமாக மாறுகின்றது. இத்தகைய மாற்றம் கதிரியக்கச் சிதைவு (Radioactive decay) எனப்படுகிறது. இவ்வாறு கதிரியக்கச் சிதைவு ஒரு தனிமம் மற்றொரு தனிமமாகமாறும் தன்னியலார்ந்த மாற்றம் (Spontaneous transformation) ஆதலின், இழக்கப்படும் துகளின் தன்மைக்கும் உருவாகும் புதிய தனிமத்திற்கும் இடையில் ஏதேனும் தொடர்பு இருக்க வேண்டும். இத்தொடர்பு பத்தி-இடப்பெயர்ச்சி விதி (Groupdisplacement law) எனப்படுகிறது.

பத்தி-இடப்பெயர்ச்சி விதி

ஒரு தனிமத்தின் அணுவின் அணுக்களில் இருந்து ஒரு ∝ துகள் அல்லது β-துகள் உமிழப்படுவதால் கதிரியக்கச் செயல்கள் நிகழ்கின்றன. இவ்வாறு ∝ β துகள்கள் உமிழப்படுவதால், தனிமத்தின் அணு எடை, அணு எண் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் விளைவுகளை பத்தி இடப்பெயர்ச்சி விதி இயம்புகிறது. இந்த விதியின்படி,

(1) ஒரு தனிமம் ஒரு ∝ துகளை உமிழின், தோன்றும் புதிய தனிமம் தாய் தனிமத்தைவிட (அ) நான்கு அலகுகள் அணு எடை குறைந்தும் (ஆ) இரண்டு அலகுகள் அணு எண் குறைந்தும் இருக்கும்.

(2) ஒரு தனிமம் ஒரு β துகளை உமிழின், அதனால் உருவாகும் புதிய தனிமம் தாய் தனிமத்திலிருந்து ஓர் அலகு அணு எண் அதிகம் உடையதாக இருக்கும். ஆனால் அணு எடை மாறாது.

(3) ஒரு தனிமம் γ கதிர்களை உமிழின், அணு எடை. அணு எண் ஆகியவற்றில் எந்த மாறுதலும் ஏற்படாது.

இந்த உண்மைகளை கீழ்க்காணும் எடுத்துக்காட்டுகள் சித்தரிக்கின்றன.

(1) ${}^{238}_{92}U$ என்ற யுரேனியத்தின் ஐசோடோப் ∝ துகள்களை உமிழ்கிறது. தோரியம் -234 என்ற தனிமம் உருவாகிறது.

$$ {}^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He $$

(2) தோரியம் 234 ஒரு β-துகளை உமிழ்கிறது, புரோட் ஆக்டினியம்-234 என்ற தனிமத்தைக் கொடுக்கிறது.

$$ {}^{234}_{90}Th \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e $$

(3) புரோட் ஆக்டினியம்-234 ஒரு β-துகளை உமிழ்ந்து யுரேனியம்-234 என்ற தனிமமாக மாறுகிறது.

$$ {}^{234}_{91}Pa \longrightarrow {}^{234}_{92}U + {}^{0}_{-1}e $$

(4) யுரேனியம்-234 ஒரு α துகளை உமிழ்ந்து தோரியம்-230 என்ற தனிமத்தைத் தருகிறது.

$$^{234}_{92}U \longrightarrow {}^{230}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

(5) தோரியம்-230 ஒரு α துகளை உமிழ்கிறது. ரேடியம்-226 என்ற தனிமத்தைத் தருகிறது.

$$^{230}_{90}Th \longrightarrow {}^{226}_{88}Ra + {}^{4}_{2}He$$

கதிரியக்கத் தொடர்கள்

ஒரு கதிரியக்க தனிமத்தில் இருந்து, அடுத்தடுத்து α துகள்களும் β-துகள்களும் உமிழப்பட்டதால் உருவான தனிமங்களின் தொகுப்பு கதிரியக்கத் தொடர் (Radioactive series) எனப்படுகிறது. ஒவ்வொரு உமிழ்விலும் வேறுபட்ட ஒரு புதிய தனிமத்தின் அணுவை உருவாக்குகிறது. ஆகையால் ஒரு தொடர், ஒரு ஒரு தாய்த் தனிமம் (Parent element) கதிரியக்கச் சிதைவின் உள்ளாவதைத் தொடக்கமாகக் கொண்டு தொடர்கிறது. இது ஒவ்வொரு வகை அணுவாக மாறி, இறுதியில் கதிரியக்கம் இல்லாத தனிமம் ஒன்று உருவாகும்வரை நிகழ்கிறது. யுரேனியம்-238, இயற்கையில் நிகழும் ஒரு கதிரியக்கத் தொடருக்குத் தாய்த் தனிமம் ஆகும். இந்தத் தொடரில் 18 தனிமங்கள் உள்ளன. நாம் முன் பகுதியில் கண்ட எடுத்துக்காட்டுகளில் குறிப்பிடப்பட்ட, $^{238}_{92}U$ கதிரியக்கச் சிதைவுறுவதால் உருவான $^{234}_{90}Th$, $^{234}_{91}Pa$, $^{234}_{92}U$, $^{230}_{90}Th$, $^{262}_{86}Ra$ ஆகிய தனிமங்கள் யுரேனியம்-238 தொடரின் ஒரு பகுதியின் உறுப்புகளாகும். இந்தத் தொடர், இவ்வாறு இன்னும் 11 புதிய தனிமங்கள் தோன்றியபின் இறுதியில் $^{206}_{82}Pb$ என்ற நிலையான, கதிரியக்கமற்ற தனிமம் உருவாவதுடன் முடிகிறது.

() தோரியம்-232 மற்றொரு கதிரியக்கத் தொடருக்குத் தாய்த் தனிமம் ஆகும். இந்தத் தொடரில் மொத்தம் 13 தனிமங்கள் உள்ளன. யுரேனியம்-235 பிறிதொரு கதிரியக்கத் தொடருக்குத் தாய்த் தனிமம் ஆகும். இந்த தொடரில் 15 தனிமங்கள் உள்ளன. இவையன்றி, நான்காவது தொடர் ஒன்றும் உள்ளது. இதன் தாய்த் தனிமம் புளுட்டோனியம்-241. இத்தொடரில் 15 தனிமங்கள் உள்ளன. இத்தொடரின் தாய்த் தனிமம், புளுட்டோனியம்-241 குறிப்பிடும் அளவிற்கு இயற்கையில் கிடைப்பதில்லை. ஆகையால் இத்தொடர் இயற்கையில் நிகழும் ஒன்றாகக் கருதப் படுவதில்லை.

கதிரியக்கச் சிதைவின் வேகம்

கதிரியக்கச் சிதைவின் வேகம் என்பது ஓர் அலகு நேரத்தில் சிதையும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை ஆகும். ஏதேனும் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரம் t-யில் சிதைவுறாமல் இருக்கும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை N என்றால் அந்த தனிமத்தின் கதிரியக்கச் சிதைவின் வீதம் N-க்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். அதாவது,

$$\text{வீதம்} = -\frac{dN}{dt} \propto N$$

அல்லது

$$-\frac{dN}{dt} = KN \qquad ..(1)$$

இதில் K என்பது வீத மாறிலி (Rate constant.) இது ஒவ்வொரு கதிரியக்கத் தனிமத்திற்கும் உரித்தான மதிப்பு உடையது. இந்த சமன்பாடினை மாற்றி அமைப்பின் கிடைப்பது,

$$\frac{dN}{N} = -Kdt \qquad ..(2)$$

இதனை நேரம் t = o ஆக இருக்கும்போதுள்ள $N = N_o$ நேரம் t ஆக இருக்கும்போதுள்ள N = N என்ற மதிப்புகளை எல்லைகளாகக் கொண்டு தொகுப்பின் கிடைப்பது,

$$\ln N = -Kt + C \qquad ..(3)$$

இதில் C என்பது தொகுப்பு மாறிலி. நேரம் t = o ஆக இருக்கையில் $N = N_o$ ஆகையால்,

$$\ln N_o = -K(o) + C$$
$$= C$$

இந்த மதிப்பை சமன்பாடு 3-ல் பிரதியிட்டால் கிடைப்பது,

$$\ln N = -Kt + \ln N_o$$

$$\therefore \ln N_o - \ln N = Kt$$

$$\therefore \ln \frac{N_o}{N} = Kt$$

$$\therefore K = \frac{1}{t} \ln \frac{N_o}{N}$$

$$= \frac{2 \cdot 303}{t} \log \frac{N_o}{N} \qquad \ldots(4)$$

எனவே, K-ன் அலகு (Unit) செகண்ட்$^{-1}$ ஆகும்.

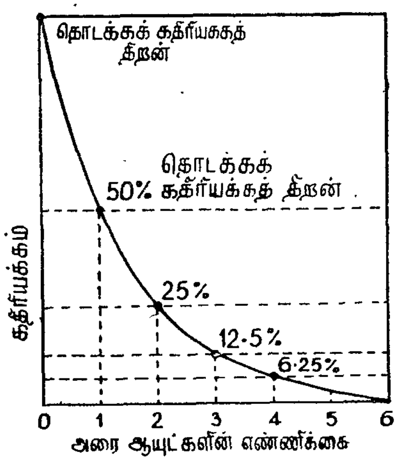
அரை-ஆயுள் காலம்

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுள்ள கதிரியக்கத் தனிமம் சிதைந்து சரியாகப் பாதி அளவாவதற்கான காலம் அந்தத் தனிமத்தின் அரை-ஆயுள் காலம் (half-life period) எனப்படுகிறது. எடுத்துக் காட்டாக ரேடியத்தின் அரை-ஆயுள் காலம் 1622 ஆண்டுகள். ஆகையால் முதல் 1622 ஆண்டுகளில் பாதியளவு ரேடியம் சிதையும், அடுத்த 1622 ஆண்டுகளில் எஞ்சியதில் பாதியளவு ரேடியம் சிதையும். இவ்வாறு அடுத்தடுத்த 1622 ஆண்டுகள் காலத்தில் எஞ்சியவற்றில் பாதிப்பாதி சிதையும்.

தனிமங்களின் அரை-ஆயுள் காலம் வேறுபட்டது. $^{214}_{84}Po$ என்ற தனிமத்தின் அரை-ஆயுள் காலம் $1 \cdot 6 \times 10^{-4}$ செகண்ட் $^{238}_{92}U$-ன் அரை-ஆயுள் காலம் $4 \cdot 5 \times 10^{9}$ ஆண்டுகள். மற்ற கதிரியக்கத் தனிமங்களின் அரை-ஆயுள் காலங்கள் இந்த இரண்டிற்கும் இடைபட்டவை. அரை-ஆயுள் காலத்திற்கான ஒரு சமன்பாட்டினை சமன்பாடு 4-ல் இருந்து கீழ்க்காணுமாறு வருவிக்கலாம்:

சமன்பாடு 4-ல் இருந்து

$$t = \frac{2 \cdot 303}{K} \log \frac{N_o}{N} \qquad \ldots(5)$$



படம் 33

அரை-ஆயுட்களின் எண்ணிக்கை

அரை–ஆயுள் காலம் என்பது ஒரு தனிமத்தின் கதிரியக்கம் தொடக்க அளவில் பாதியளவினதாக சிதையத் தேவையான நேரம் ஆகும். ஆகையால் $N = \frac{N_o}{2}$, $t = t\frac{1}{2}$ எனவே சமன்பாடு 5-லிருந்து,

$$t\tfrac{1}{2} = \frac{2\cdot303}{K} \log \frac{N_o}{\frac{1}{2}N_o}$$

$$t\tfrac{1}{2} = \frac{2\cdot303}{K} \log 2$$

$$t\tfrac{1}{2} = \frac{2\cdot303 \times 0\cdot3010}{K}$$

$$t\tfrac{1}{2} = \frac{0\cdot693}{K} \quad ..(6)$$

கொள்கைப்படி ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் அல்லது பொருளின் கதிரியக்கச் செயல்திறன் (Activity) முற்றிலும் அழிவதில்லை. இதனைப் படம் 33 காட்டுகிறது. எனினும், ஏறத்தாழ பத்து அரை-ஆயுள் காலத்திற்குப் பின் கதிரியக்கத்தின் அளவு அளக்க முடியாத அளவிற்கு குறைவாக இருக்கும்.

கணக்கு 1

ஒரு கதிரியக்கப் பொருளின் கதிரியக்கச் செயல்திறன் 1·66 நாட்களில் 10% அளவினதாகக் குறைவுற்றது. அப்பொருளின் அரை-ஆயுள் காலத்தைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு

கதிரியக்கச் சிதைவிற்கான வேகச் சமன்பாடு.

$$K = \frac{2{\cdot}303}{t} \log \frac{N_0}{N}$$

இதில் N_0 என்பது தொடக்கத்தில் உள்ள கதிரியக்க அணுக்களின் எண்ணிக்கை அல்லது தொடக்கச் செறிவு, N என்பது நேரம் t-ல் உள்ள கதிரியக்க அணுக்களின் எண்ணிக்கை அல்லது கதிரியக்க அணுக்களின் செறிவு. எனவே $N_0 = 100$ என்றால் $N = 10$ ஆகையால்,

$$K = \frac{2{\cdot}303}{1{\cdot}66} \log \frac{100}{10}$$

$$= \frac{2{\cdot}303}{1{\cdot}66} \log 10$$

$$= 0{\cdot}139 \text{ நாள்}^{-1}$$

அரை-ஆயுள் காலம்,

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0{\cdot}693}{K}$$

$$= \frac{0{\cdot}693}{0{\cdot}139} \text{ நாள்}^{-1}$$

$$= 5 \text{ நாள்.}$$

கணக்கு 2

ஒரு கதிரியக்கத் தனிமத்தின் அரை-ஆயுள் காலம் $1{\cdot}00 \times 10^{-6}$ செகண்ட். அந்த தனிமத்தின் 90% சிதைவுற ஆகும் காலம் எவ்வளவு ?

தீர்வு

$$K = \frac{0{\cdot}693}{t_{\frac{1}{2}}}$$

கணக்கின்படி,

$$t_{\frac{1}{2}} = 1{\cdot}0 \times 10^{-6} \text{ செகண்ட்}$$

$$\therefore K = \frac{0{\cdot}693}{1{\cdot}0 \times 10^{-6} \text{ செகண்ட்}}$$

$$= 0{\cdot}693 \times 10^{6}$$

$$= 6{\cdot}93 \times 10^{5} \text{ செகண்ட்}^{-1}$$

இந்த K மதிப்பைப் பயன்படுத்தி 90% தனிமம் சிதைவதற்கான காலத்தைக் கணக்கிடலாம்.

$$t = \frac{2{\cdot}303}{K} \log \frac{N_0}{N}$$

$$= \frac{2{\cdot}303}{6{\cdot}93 \times 10^{5}} \log \frac{100}{10}$$

$$= \frac{2{\cdot}303}{6{\cdot}93 \times 10^{5}} \log 10$$

$$= 3{\cdot}324 \times 10^{-6} \text{ செகண்ட்.}$$

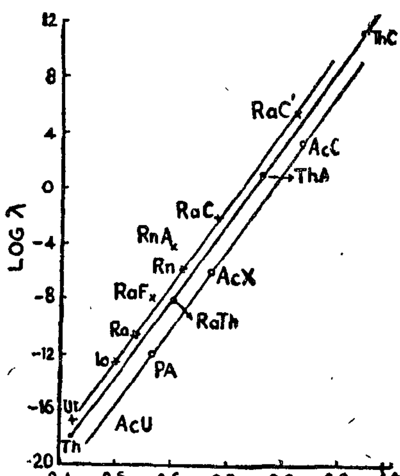
கெய்கர்–நட்டால் விதி

ஒரு அமைப்பின் ஊடாக ∝-துகள்களைத் செலுத்தினால், அது தொடர்ந்து முடிவின்றி செல்வதில்லை. மாறாக அது தான் செல்லும் தடத்தில் உள்ள அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகளை அயனியாக்கி விட்டு மெதுவாக நிலைக்கு வருகிறது. ஒரு துகளின் அயனியாக்கும் ஆற்றல் என்பது அத்துகளின் தடத்தில் ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளத்தில் எத்தனை அயனிகளை அது உருவாக்குகிறது என்பதாகும். ∝-துகள்களின் அயனியாக்கும் ஆற்றல், β துகள்கள், γ-கதிர்கள் ஆகியவற்றின் அயனியாக்கும் திறனைவிட முறையே 10, 10000 மடங்கு அதிகம். ஒரு துகளின் ஊடுருவும் திறன் அதன் அயனியாக்கும் ஆற்றலுடன் எதிர் விகிதத்தில் உள்ளது ஆகையால் ∝-துகள்களின் ஊடுருவும் திறன், β - துகள்கள், γ-கதிர்கள் ஆகியவற்றின் ஊடுருவும் திறன்களைப்போல் $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{10000}$ பங்கு ஆகும்.

ஒரு ∝-துகள் தனது நேர் கோட்டுத் தடத்தில் வாயு அணுக்களை அல்லது மூலக்கூறுகளை அயனியாக்கித் தன் ஆற்றலை இழக்கிறது; இதனால் ஆற்றல் சிறிது சிறிதாகக் குறைந்து அயனியாக்கும் திறனின்றிப் போகிறது. அடுத்து இது இரண்டு எலக்ட்ரான்களை ஏற்று ஹீலியம் அணுவாக மாறுகிறது. இவ்வாறு முடிவு வரை ஒரு ஆல்பா துகள் பயணம் செய்யும் தடத்தின் தூரம் ∝-துகளின் வீச்சு (Range) எனப்படும். இது R என்று குறிக்கப்படும்.

கெய்கர், நட்டால் என்பவர்கள் மெதுவாக கதிரியக்கச் சிதைவுறும் பொருள்கள் குறைவான வீச்சுள்ள ஆல்பா துகள்களை உமிழ்கின்றன என்றும், விரைந்து சிதையும் பொருள்கள் அதிக ஆற்றலுள்ள துகள்களை உமிழ்கின்றன என்றும் கண்டனர். இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு அவர்கள் கீழ்க்காணும், வீச்சிற்கும் (R) மாற்ற மாறிலி (λ) க்கும் இடையேயான ஒரு தொடர்பினைக் கண்டனர்.

$$\log \lambda = A + B \log R$$



படம் 34

இதில் A, B ஆகியன மாறிலிகள். ஆகையால் $\log \lambda$, $\log R$ ஆகியவற்றை எதிர் எதிராகக் கொண்டு வரைபடத்தில் குறிப்பின் எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட கதிரியக்கத் தொடருக்கும் ஒரு நேர்கோடு கிடைக்கின்றன மேற்கண்ட தொடர்பு கெய்கர்-நட்டால் விதி

எனப்படுகிறது. மூன்று கதிரியக்கத் தொடருக்கும் தொடர் புள்ள மாறிலி B-ன் மதிப்புகள் ஏறத்தாழ சமம். ஆகையால் மூன்றின் வரைகோடுகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக உள்ளன (படம் 34).

செயற்கைக் கதிரியக்கம்

1934-ம் ஆண்டு கியூரி-ஜோலியட், ஜோலியட் (Jolliot) ஆகிய இருவரும் அலுமினியம், போரன் போன்ற இலேசான தனிமங் களை ∝-துகள்களால் தாக்கி ஆராய்ந்தனர். அப்போது ∝-துகள்களால் தாக்குவதை நிறுத்திய பின்பும் அந்த தனிமங்கள் தொடர்ந்து கதிராற்றலை உமிழ்வதைக் கண்டனர். இதிலிருந்து இலேசான தனிமங்களின் அணுக்கருக்களை தாக்குவதால், கதிராற்றலை உமிழ்ந்து தொடர்ந்து சிதையும் தனிமங்களின் ஐசோடோப்புகள் உருவாகின்றன என்று முடிவு செய்தனர். எடுத்துக்காட்டாக, அலுமினியத்தைக் தாக்கும்போது பாஸ் பரஸின் ஐசோடோப் ஒன்று உருவாகிறது,

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

பாஸ்பரஸின் இந்த ஐசோடோப் கதிரியக்கம் உள்ளது. இது கீழ்க் காணுமாறு தானாகவே சிதைகிறது, ஆகையால், செயற்கை முறையில் உண்டாக்கப்படும் இந்த ஐசோடோப் செயற்கைக் கதிரியக்கப் பொருள் (artificially radioactive) எனப்படுகிறது. இந்த ஐசோடோப்பின் அரை-ஆயுள் 2.5 நிமிடங்கள்.

$$^{30}_{15}P \longrightarrow ^{30}_{14}Si + ^{0}_{1}e \qquad \text{(பாசிட்ரான்)}$$

இது போன்றே, போரனைத் தாக்கும்போது, நைட்ரஜனின் ஒரு ஐசோடோப் உருவாகிறது. இது நிலைத்தன்மை இல்லாதது, கதிரியக்கமுள்ளது. இது கதிராற்றலை உமிழ்ந்து சிதைகிறது. இதன் அரை-ஆயுள் காலம் 10.1. நிமிடங்கள்.

$$^{10}_{5}B + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{13}_{7}N + ^{1}_{0}n$$

$$^{13}_{7}N \longrightarrow ^{13}_{6}C + ^{0}_{1}e \qquad \text{(பாசிட்ரான்)}$$

இவ்வாறு செயற்கை முறையில் தனிம மாற்றம் நிகழ்ந்து கதிரியக்க ஐசோடோப் உருவாகி சிதையும் நிகழ்ச்சிக்கு வேறு சில எடுத்துக்காட்டுகள் கீழ்க்காண்பனவாகும்:

$$(1)\quad {}^{23}_{11}\mathrm{Na} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{26}_{13}\mathrm{Al} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

$${}^{26}_{13}\mathrm{Al} \longrightarrow {}^{26}_{12}\mathrm{Mg} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}$$ (பாசிட்ரான்)

$$(2)\quad {}^{19}_{9}\mathrm{F} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{22}_{11}\mathrm{Na} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

$${}^{22}_{11}\mathrm{Na} \longrightarrow {}^{22}_{10}\mathrm{Na} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}$$ (பாசிட்ரான்)

கடந்த நாற்பது ஆண்டுகளாக நடைபெற்ற ஆராய்ச்சிகளின் முடிவாக இதுவரை தெரிந்துள்ள ஒவ்வொரு தனிமத்திற்கும் ஐசோப்டோப் செயற்கை முறையில் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறு 1934–ஆம் ஆண்டு தொடங்கி ஏறத்தாழ 300 செயற்கை கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் தயாசிக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த ஐசோடோப்புகள், பொதுவாக, குறைவான அரை-ஆயுள் காலங்கள் உடையன. எனவே, இவை சில குறிப்பிட்ட நோய்களைத் தீர்க்க பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

அணுக்கரு ஆற்றல்

வேதி வினைகளில் தனிமங்களின் அணுக்கள் இடமாற்றம் அடைகின்றன. இணைதிற வட்டத்தில் (valence shell) உள்ள எலக்ட்ரான்கள் இடம் பெயர்கின்றன அல்லது பங்கிடப்படுகின்றன. ஆனால் மற்றபடி அணுக்களில் எவ்வித மாற்றமும் நிகழ்வதில்லை. எனவே வேதியாற்றல் அணுக்களின் வெளிவட்ட எலக்ட்ரான் அமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்களுடன் தொடர்புடையது.

அணுக்கரு வினைகளில், அதாவது ஐசோடோப்புகள் உருவாகும், சிதையும் வினைகளில் அணுக்களின் அணுக்கருக்கள் மாற்றம் அடைகின்றன. வேறுவிதமாகக் குறிப்பிடின், அணுக்கரு வினைகளில் அணுக்களின் அடிப்படைப்பண்பு மாறுகிறது. இதன் விளைவாக வினையில் விளையும் அணுக்களும் வினையில் ஈடு

பட்ட அணுக்கரும் ஒன்றாக இருப்பதில்லை. இத்தகைய அணுக் கரு மாற்றங்களுடன் தொடர்புடைய ஆற்றல் அணுக்கரு ஆற்றல் (Nuclear energy) எனப்படுகிறது. அதிக ஆற்றலை வெளியிடும் ஒரு அணுக்கரு வினைக்கு எடுத்துக்காட்டு,

$$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \longrightarrow 2\,^{4}_{2}He$$

இதில், 17 MeV ஆற்றல் வெளியாகிறது. இது உண்மையில் பேரளவு ஆற்றல் ஆகும். சாதாரண வேதி வினைகளில் உண்டாகும் ஆற்றலைவிட இது பல மில்லியன் மடங்கு அதிகம். இத்தகைய அளப்பரிய ஆற்றல் வெளியாவதற்குக் காரணம், இப்போது கண்டறிந்துள்ளபடி, இந்த வினைகளில் மிகச் சிறிதளவு பொருண்மை அழிதலாகும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு லித்தியம் அணுவை ஒரு புரோட்டானால் தாக்கும்போது, இரண்டு ஆல்பா துகள்கள் அதாவது இரண்டு ஹீலியம் அணுக்கருக்கள் உண்டாகின்றன.

$$_{3}Li + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{4}_{2}He$$

இந்த வினையில் ஈடுபடும் துகள்களின் எடைகள் கீழ்க்காண்பன

வினைபடு பொருள்கள் (amu)		வினைவிளை பொருள்கள் (amu)	
$^{7}_{3}Li$	7·0160	$^{4}_{2}He$	4·0026
$^{1}_{1}H$	1·0078	$^{4}_{2}He$	4·0026
	8·0238		8·0052

இந்த ஒரு அணுக்கரு வினையில் மட்டும் 8·0238 − 8·0052= 0·0186 amu அல்லது $3{\cdot}08\times10^{-26}$ கி பொருண்மை இழப்பு ஏற்படுகிறது. இந்தப் பொருண்மை அழிவே இந்த வினையில் வெளியாகும் பேரளவு ஆற்றலுக்குக் காரணம் ஆகும்

1905-ம் ஆண்டு ஐன்ஸ்டீன் பொருண்மை, ஆற்றல்சமான (Equivalence) விதியை வெளியிட்டார். இதன்படி, பொருள் அழியின் ஆற்றல் பின்வரும் சமன்பாட்டிற்கு ஒப்ப வெளியாகும்.

$$E = mc^2$$

இதில்,

E = ஆற்றல் (எர்க்கில்)
m = பொருண்மை (கிராமில்)
c = ஒளியின் திசைவேகம்
$= 3{\cdot}0 \times 10^{-10}$ செ.மீ. செகண்ட்$^{-1}$

இத்தகைய கணக்கீட்டின் முடிவுப்படி 1 amu பொருண்மைக்குச் சமான ஆற்றல் 931·43 MeV. எனவே மேற்கண்ட வினையில் வெளியிடப்பட்ட ஆற்றலின் அளவு,

(0.0186 amu) (931·43) MeV amu^{-1}) =17·35 MeV.

ஒரு மோல் லித்தியத்தை ($6{\cdot}023 \times 10^{23}$ அணுக்கள் அல்லது 7·016 05 கி) கருதின், அது மேற்கண்ட வினையில் ஈடுபடுகையில் அழிக்கப்படும் பொருண்மை 0·0186 கி ஆதலின் வெளியாகும் ஆற்றல் பின்வருவதாகும்.

E = mc^2
= 0·0186 கி (3×10^{10} செமீ. செகண்ட்$^{-1}$)
= $1{\cdot}674 \times 10^{19}$ எர்க்.
1 கலோரி = $4{\cdot}184 \times 10^7$ எர்க்

எனவே,

$$E = 1{\cdot}674 \times 10^{19} \text{ எர்க்} \times \frac{1 \text{ கலோரி}}{4{\cdot}184 \times 10^7 \text{ எர்க்}}$$

= 4×10^{11} கலோரி
= 400,000,000,000 கலோரி.

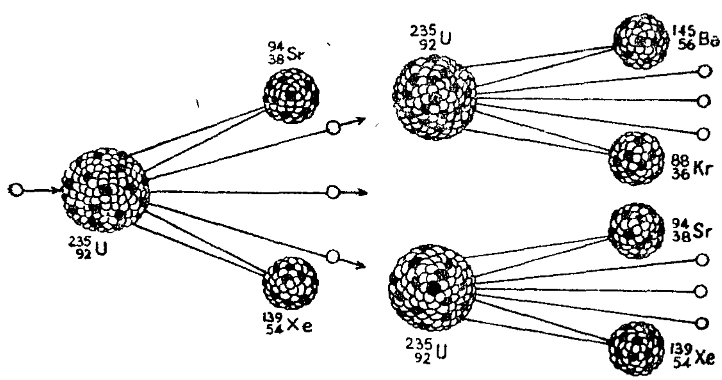
இவ்வாறு 7 கி. லித்தியம் 1, கி H_2 வினைபடும் போது உருவாகும் இந்த 400 பில்லியன் கலோரி உண்மையில் பேரளவு ஆற்றல் ஆகும். இது ஏறத்தாழ 44 டன் பெட்ரோல், 155 டன் ஆக்சிஜன் வினைபடும்போது, அதாவது 44 டன் பெட்ரோல் எரியும்போது வெளியாகும் ஆற்றலுக்கு ஏறத்தாழ சமம். இவ்வாறு மிகமிகச் சிறிய அளவு பொருளை அழித்து பேரளவு ஆற்றலை பெற முடியும் என்பதால் ஆற்றலை உருவாக்க இம்முறை பெரிதும் விரும்பத்தக்க முறையாகும். அணுக்கரு பிளப்பு (Nuclear fission) அணுக்கரு பிணைப்பு (Nuclear fusion), ஆகிய முறைகளில் இப்படி ஆற்றலைப் பெறுதல் சாலும்.

அணுக்கரு பிளப்பு

சில குறிப்பிட்ட கனமான அணுக்களை தக்க ஆற்றல் உடைய நியூட்ரான்களால் தாக்கினால் அவற்றின் அணுக்கருக்கள் அதோடு இரண்டு சிறிய அணுக்கருக்களாக உடைகின்றன. இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட விரைந்து பாயும் நியூட்ரான்களும் பேரளவு ஆற்றலும் வெளியாகின்றன. இந்த செயல் முறை (அணுக்கரு பிளப்பு) எனப்படுகிறது. யுரேனியம்-235ஐ நியூட்ரான்களால் தாக்கி ஸ்டாரான்சியமும், செனானும் (Xenon) உருவாகும் வினை, அல்லது பேரியமும் கிரைப்டானும் உருவாகும் வினை ஆகியவற்றை அணுக்கரு பிளப்பதற்கு எடுத்துக் காட்டுகளாகக் காட்டலாம் (படம் 35).

$${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{132}_{54}Xe + 3\,{}^{1}_{0}n + \text{ஆற்றல்}$$

$${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{145}_{56}Ba + {}^{88}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + \text{ஆற்றல்}$$



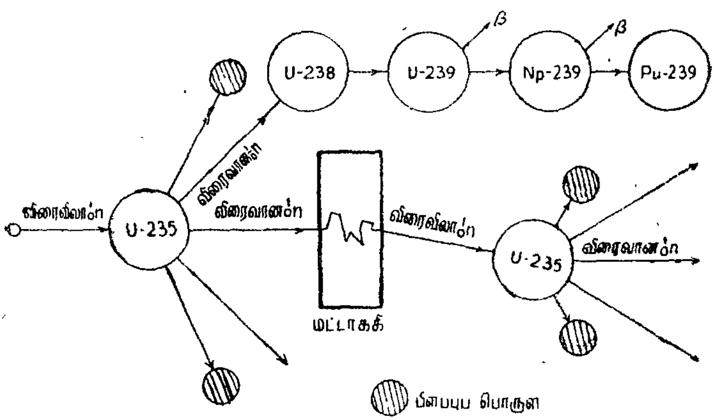
படம் 35

அணுக்கரு பிளப்பு

ஒரு அணுக்கரு பிளப்பு வினையில் உருவாகும் விளைபொருள்களின் பொருண்மை, வினையில் ஈடுபட்ட வினைபடு பொருள்களின் பொருண்மைக்கு முற்றிலும் சமமாக இருப்பதில்லை. மாறாக குறைவாக உள்ளது. இவ்வாறு ஏற்படும் பொருண்மைக் குறைவு அணுக்கரு பிளப்புகளில் வெளியாகும் பேரளவு ஆற்றல்களுக்குக் காரணமாகும் இவ்வாறு அழிககப்பட்ட பொருண்மை

ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த வினைகளில் வெளியாகும் நியூட்ரான்களை வினையைத் தொடர்ந்து நிகழச் செய்வதற்காகப் பயன்படுத்தலாம். இவ்வாறு பயன்படுத்தின் வினை தொடர்ந்து நிகழும். இது தொடர் வினைக்கு (Chain reaction) எடுத்துக்காட்டு ஆகும்.

யுரேனியம்-235-ன் ஒவ்வொரு அணுவையும் பிளக்கும் போது வெளியாகும் நியூட்ரான்கள் அனைத்தையும் மேலும் பல பிளப்புகளைச் செய்ய பயன்படுத்தினால் மிகமிக விரைவான, கட்டுமீறிய (violent) வினை நிகழும். இதனால் வினை, தொடங்கியவுடன் ஒரு துண்டு யுரேனியம் வெடிக்கும். இதுவே அணுகுண்டின் அடிப்படை ஆகும். யுரேனியம்-235 பிளப்புறும் வினையைக் கட்டுப்படுத்தலாம், எவ்விதமான அழிக்கும் வெடிப்புகள் நிகழாவண்ணம் தொடர் வினையை நிகழச் செய்யலாம். இவ்வாறு கட்டுப்படுத்த, மட்டாக்கிகள் (Moderators) என்று அழைக்கப்படும் நியூட்ரான்களை உறிஞ்சி ஏற்கும் பொருள்களைப் பயன்படுத்தலாம். இத்தகைய மட்டாக்கிகளின் முன்னிலையில், அணுகுண்டில் நொடியின் ஒரு பகுதி நேரத்தில் ஏற்படும் வெடிப்பினால் வெளியாகும் ஆற்றல் பல நாட்களில் அல்லது வாரங்களில் வெளியாகும்படி செய்யப்படுகிறது. இதுவே அணு உலைகளில் அல்லது அணுக்கரு உலைகளில் பயன்படுத்தப்படும் செயல்முறை ஆகும். இவ்வாறு பயன்படும் சிறந்த மட்டாக்கிகள் கிராபைட்டும் கனநீரும் (Heavy water) ஆகும்.



படம் 36

அணு உலைகளில் அணுக்கருப் பிளப்பு

சாதாரண யுரேனியம் மூன்று ஐசோடோப்புகளால் ஆனது அவை யுரேனியம்-238, யுரேனியம்-235 யுரேனியம்-234 ஆகும். இவை சாதாரண யுரேனியத்தில் முறையே 99·276%, 0.719%, 0·005%. உள்ளன. இவற்றில் யுரேனியம்-238 விரைவான நியூட்ரான்களை உறிஞ்சும் திறன் உடையது. யுரேனியம்-235 மட்டும் மெதுவாகப் பாயும் நியூட்ரான்களால் பிளப்புறும் (fissionable) இயல்புடையது. அணுக்கரு பிளப்பு நிகழ் கையில் உருவாகும் விரைந்த நியூட்ரான்களில் பெரும்பாலான வற்றை யுரேனியம்-238 உறிஞ்சுகிறது. இதனால் யுரேனியம் -239 உண்டாகிறது. இது கதிரியக்கச் சிதைவால் நெப்ட்டூனியம் (Neptunium), புளுட்டோனியம் (Plutonium) போன்றவையாக மாறுகிறது.

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{239}_{92}U \xrightarrow{-\beta} {}^{239}_{93}Np \xrightarrow{-\beta} {}^{239}_{94}Pu $$

விரைவான நியூட்ரான்களில் சிலவற்றின் வேகத்தை மட்டாக்கி குறைக்கிறது. இவை பிளப்புறக்கூடிய யுரேனியம்-235 என்ற ஐசோடோப்புடன் மோதி, தானாகவே தொடர்ந்து நிகழும் தொடர் வினையை உண்டாக்குகின்றன (படம் 36).

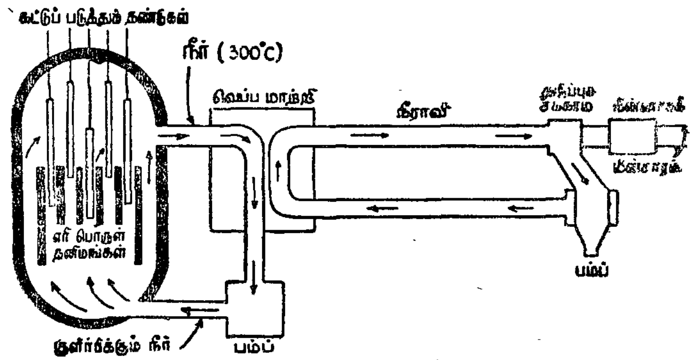
யுரேனியம்-238 லிருந்து இவ்வாறு உண்டாகும் புளுட்டோ னியமும் பிளவுறக்கூடிய பொருள் ஆகும். எனவே, இதனை அணு குண்டுகளிலும் அணு உலைகளிலும் பயன்படுத்தலாம். இதனை யுரேனியம்-238 என்ற ஐசோடோப்பிலிருந்து அதிக அளவில் தயாரிக்கலாம். இவ்வாறு இப்போது ${}^{235}_{92}U$, ${}^{239}_{94}Pu$ என்ற இரண்டு பொருள்கள் அணு ஆற்றலை உருவாக்க அணுக்கரு எரிபொருள்களாகக் கிடைக்கின்றன.

அணுக்கரு ஆற்றல் நிலையங்கள்

அணு ஆற்றலைப் பெற்று மின்சாரம் தயாரிக்க பல்வேறு வகையான அணுக்கரு உலைகள் (Nuclear reactors) பயன் படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை, எரிப்பிகள் (Burners), மாற்றிகள் (Converters), ஆக்கிகள் (Breeders). எரிப்பிகளில் யுரேனியம்-235 எரிபொருளாகப் பயன் படுத்தப்படுகிறது. மாற்றிகளில் வளமாக்கப்பட்ட யுரேனியம், அதாவது யுரேனியம்-235 சேர்க்கப்பட்ட சாதாரண யுரேனியம்,

எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவற்றில் நிகழும் அணுக்கரு பிளப்புகளில் புளுட்டோனியம் துணை விளைபொருளாகக் கிடைக்கிறது. எனவே இவற்றில் யுரேனியம்-235, புளுட்டோனியம் ஆகிய இரண்டும் எரிபொருளாகச் செயல்படுகின்றன. ஆக்கிகள் என்பன ஒரு தனிவகை மாற்றிகள் ஆகும். இவற்றில் பிளப்புற்ற ஐசோடோப்பின் அளவை விட அதிக ஐசோடோப் உருவாக்கப்படுகிறது. எனவே இவை ஆக்கிகள் எனப்படுகின்றன.

படம் 37 அணுக்கரு ஆற்றல் நிலையத்தின் இன்றியமையாத பகுதிகளைக் காட்டுகிறது. அணுக்கரு . ஆற்றல் நிலையம்



படம் 37

அணுக்கரு ஆற்றல் நிலையம்

அணுக்கரு உலை (Nuclear reactor), வெப்பமாற்றி (Heat exchanger), மின்சாரமாக்கி (Electrical generator) ஆகியவற்றால் ஆனது. அணுக்கரு உலையில் நிகழும் அணுக்கருப் பிளப்பு வெப்ப ஆற்றலை வெளியிடுகிறது. இந்த வெப்பத்தை, உலையின் வழியாக சுழன்று செலுத்தப்படும் நீர், உருகிய சோடியம் அல்லது கார்பன் டைஆக்சைடு போன்ற நீர்மம் அல்லது வாயுவால் ஏற்று எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது இவ்வாறு வெப்பமுற்ற நீர்மம் அல்லது வாயு அடுத்து வெப்ப மாற்றியினுள் பாய்கிறது. இங்கு இந்த வெப்ப நீரினை கொதிக்க வைத்து நீராவியாகச் செய்யப் பயன்படுகிறது. இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட நீராவி அடுத்துத் துடுப்புச் சக்கரங்களைச் (Turbines) சுழற்றுகிறது. இதனால் அத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்னாக்கிகள் (Generators) சுழன்று மின்சாரத்தை உருவாக்குகின்றன.

இந்தியாவில் அணுக்கரு ஆற்றல் திட்டங்கள்

இந்தியா அணு ஆராய்ச்சிகளிலும் அணுக்கரு ஆற்றலைப் பெற்றுப் பயன்படுத்துவதிலும் அண்மைக் காலத்தில் அளபிடற்கரிய முன்னேற்றம் அடைந்துள்ளது. 1948-ஆம் ஆண்டு நிறுவப்பட்ட அணுசக்திக் கழகமும், 1954-ஆம் ஆண்டு தொடங்கப்பட்ட அணுசக்தி துறையும், அணுசக்தி துறையில் இந்தியா எய்தியுள்ள முன்னேற்றங்களுக்குக் காரணம் ஆகும்.

பம்பாய்க்கு அருகிலுள்ள டிராம்பேயில் அமைந்திருக்கும் பாபா அணு ஆராய்ச்சி நிலையம் அணுசக்தியை பயன்படுத்துவது பற்றிய ஆராய்ச்சிகளில் ஈடுபட்டுள்ளது. இங்கு ஆய்விற்காக நிறுவப்பட்ட நான்கு அணுக்கரு உலைகள் உள்ளன. இந்த நிலையம் இதுவரை ஏறத்தாழ 350-க்கு மேற்பட்ட கதிரியக்கப் பொருள்களைத் தயாரித்துள்ளது. கதிராற்றல்களைப் பயன்படுத்தி மருந்துப் பொருள்களை தூய்மை செய்யும் பணிக்கு இது நமது நாட்டிலுள்ள மருந்துத் தொழிற்சாலைகளுக்கும் துணை செய்கிறது.

அணுக்கரு ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி மின்சாரம் தயாரிக்கும் செயலிலும் இந்தியா வியக்கத்தக்க முன்னேற்றம் எய்தியுள்ளது. 1963-ஆம் ஆண்டு மகாராஷ்டிரத்தில் உள்ள தாராபூரில் தொடங்கப்பட்ட அணுசக்தி நிலையம் 420 mw. மின்சாரத்தை ஆக்கும் திறனுடையது. இதையடுத்து உருவாக்கப்படும் இரண்டு அணுசக்தி நிலையங்கள் மின்சாரத்தை ஆக்கத் தொடங்கும் நிலையில் உள்ளன. அவை ராணா பிரதாப் சாகரில் உள்ள ராஜஸ்தான் அணுசக்தி நிலையமும், கல்பாக்கத்திலுள்ள சென்னை அணுசக்தி நிலையமும் ஆகும். இவற்றின் திட்டத்திறன் முறையே 430, 470 mw. இந்தியாவில் நான்காவது அணுசக்தி நிலையம் உத்திரப் பிரதேசத்திலுள்ள நரோராவில் அமைகிறது.

தாராபூரிலுள்ள நிலையம் வளமாக்கப்பட்ட யுரேனியத்தை எரிபொருளாகப் பயன்படுத்துகிறது. ஆனால் ராஜஸ்தான், சென்னை நிலையங்கள் தோரியம், புளூட்டோனியம் ஆகியன எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்பட இருக்கின்றன இந்த நிலையங்களில் மட்டாக்கியாக கனநீர் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதனை பக்ரா நங்கலில் உள்ள கனநீர் நிலையம் தயாரித்து வழங்குகிறது. இப்போது, வடோடாரா, கோடா, தால்கர், தூத்துக்குடி ஆகிய இடங்களில் கனநீர் நிலையங்கள் நிறுவப்படுகின்றன

பூமிக்குக் கீழ் அணுகுண்டுகளை வெடித்து ஆராய்ச்சி செய்யும் துறையிலும் இந்தியா முன்னேற்றம் கண்டுள்ளது. 1974 ஆம் ஆண்டு மே மாதம் ராஜஸ்தானிலுள்ள போக்ரானில் (Pokhran) இந்தியா தனது முதல் அணுக்கரு வெடிச் சோதனையை வெற்றிகரமாக நிகழ்த்தியது.

கேரளத்து கடற்கரை மணலில் குறிப்பிடத்தக்க அளவு தோரியம் உள்ளது. இந்திய அருமண் கழகம் இதனைத் தனித்துப் பிரிக்கிறது. இது இந்திய அணுசக்தி நிலையங்களுக்குப் போதிய எரி பொருளாகும். ஹைதராபாத்தில் உள்ள அணுக்கரு எரி பொருள் நிலையம் (Nuclear Fuel Complex) அணுக்கரு உலைகளுக்குத் தேவையான எரிபொருள்களைத் தயாரிக்கிறது.

அணுக்கருப் பிணைப்பு

மிகுந்த வெப்ப நிலைகளில் மிகவும் இலேசான தனிம அணுக்களின் அணுக்கருக்கள் ஒன்றுகூடி இயைந்து கனமான, மிகுந்த நிலைத்தன்மை உடைய அணுக்கருக்களை உருவாக்கலாம். இது அணுக்கரு பிணைப்பு (Nuclear Fusion) எனப்படும் இதிலும் அணுக்கரு பிளப்பில் ஏற்பட்டதுபோல் பொருண்மை அழிதலும், அதனால் ஆற்றல் வெளியாதலும் நிகழ்கின்றன.

இதில் ஆற்றல் உருவாவதற்கு காரணம் ஹைட்ரஜன் அணுக்கருக்கள் ஒன்று சேர்ந்து, இயைந்து ஹீலியம் அணுக்களாக மாறுவதாகும். இவ்வாறு ஹைட்ரஜன் ஹீலியமாக மாறும் செயலில் ஏற்படும் வினைகளின் தொடர்ச்சி ஐயமறத் தெரியவில்லை எனினும் பின்வரும் வினைகள் பரிதியில் நிகழ்வதாகக் கருதப்படுகிறது :

$$ {}_{1}^{1}H + {}_{1}^{1}H \longrightarrow {}_{1}^{2}D + {}_{+1}^{0}e $$

$$ {}_{1}^{2}D + {}_{1}^{1}H \longrightarrow {}_{2}^{3}He $$

$$ {}_{2}^{3}He + {}_{2}^{3}He \longrightarrow {}_{2}^{4}He + 2\,{}_{1}^{1}H $$

கீழ்க்காணும் வினைகளும் இவை போன்ற பிற வினைகளும் துணை வினைகளாக நிகழலாம் என்றும் கருதப்படுகிறது.

$$ {}^{3}_{2}He + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{7}_{4}Be $$

$$ {}^{7}_{4}Be + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{7}_{3}Li $$

$$ {}^{7}_{3}Li + {}^{1}_{1}H \longrightarrow 2\,{}^{4}_{2}He $$

நான்கு ஹைட்ரஜன் அணுக்களை நேரடியாக பிணைத்தல் இன்னும் இயலவில்லை. இருப்பினும் ஹைட்ரஜன் குண்டு என்னும் அணுக்கரு பிணைப்பு குண்டு உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. ஹைட்ரஜன் குண்டில் டியூடீரியம், டிரீட்டியம் என்ற ஹைட்ரஜனின் ஐசோடோப்புகளுக்கு இடையே கீழ்க்காணும் வினை நிகழும்படி தொடங்கப்படுகிறது :

$$ {}^{2}_{1}D + {}^{3}_{1}T \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n $$

இந்த வினையில் ஆற்றல் பேரளவில் தோன்றுகிறது.

அணுக்கரு பிளப்புகளை கட்டுப்படுத்தி அவற்றிலிருந்து, வெளிவரும் ஆற்றலை சீராகப் பெறும் முறைகளை மனிதன் இன்று கற்றுள்ளான், இதுபோல் எதிர்காலத்தில் மனிதன் அணுகரு பிணைப்புகளைக் கட்டுப்படுத்தி, அவற்றிலிருந்து வெளியாகும் அளவிடற்கரிய ஆற்றல்களை சீராகப் பெற்று பயன் படுத்தலாம்.

கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளின் பயன்

எந்த ஒரு தனிமத்தைக் கருதினும் அதன் ஐசோடோப்புகள் ஒன்றையொன்று வேதிப் பண்புகளில் முற்றிலும் ஒத்தன எனவே ஒரு தனிமத்தின் சாதாரண ஐசோடோப்புடன் அதன் கதிரியக்க ஐசோடோப் ஒன்றில் சிறிதளவைக் கலப்பின் செயல்படும் திறன், விதம், வினைகளில் ஈடுபடும் முறை ஆகியவற்றில் வேறுபாடு ஏற்படுவதில்லை. கதிரியக்கமற்ற சாதாரண ஐசோடோப் எவ்வினைகளில் ஈடுபடுகிறதோ அவ்வினைகளிலெல்லாம் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளும் ஈடுபடுகின்றன. கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் கதிராற்றலை உமிழ்வதால் எலக்ட்ராஸ்கோப், எலக்ட்ரோமீட்டர், கெய்கர்-முல்லர் எண்ணி (Geiger - Muller counter)

போன்ற கருவிகளின் துணையுடன் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் இருக்கும் இடம், அவற்றின் அளவு ஆகியவற்றை தீர்மானிக்க லாம். இதனால் கதிரியக்க ஐசோடோப் எந்த எந்த மாற்றங் களில், வினைகளில் ஈடுபடுகிறது என்பதையும் அந்த வினைகளின் வழிமுறைகளையும் அறியலாம் எனவே, கதிரியக்க ஐசோடோப் புகள் மருத்துவம், அறிவியல், பொறியியல், வேளாண்மை, உயிரியல் ஆராய்ச்சிகளில் சுவடறிவானாக (Tracer) பயன்படுத்தப் படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, கீழ்க்காணும் சில பயன்களைக் குறிப்பிடலாம்.

1. மருத்துவப் பயன்கள் : மூளையில் தோன்றும் கட்டிகள் (Tumours), உடலின் சில பகுதிகளில் ஏற்படும் பாதிப்புகள் ஆகிய வற்றைக் கண்டறிய கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் சுவடறிவா னாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக வளரும் கட்டிகள் அயோடினை உறிஞ்சும் திறன் உடையன. எனவே உடலினுள் கதிரியக்க அயோடின் சேர்மங்களை ஊசிமூலம் செலுத்தினால், அந்த அயோடின் மண்டையிலுள்ள மூளையில் தோன்றியுள்ள கட்டி உள்ள பகுதியினுள் சென்றடைகிறது. அயோ டின் உள்ள இடத்தைக் கண்டறிந்து மூளையில் கட்டியுள்ள பகுதியைக் கண்டறியலாம். சிறுநீரகம், கல்லீரல் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் நோய்களை அறியவும் கதிரியக்க அயோடின் பயன் படுத்தப்படுகிறது.

கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் சில நோய்களைத் தீர்க்கும் பொருள்களாகவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட் டாக தைராய்டு சுரப்பியில் தோன்றும் புற்றுப்படலத்தின் வளர்ச் சியை அழிக்க மிகமிகச் சிறிதளவு கதிரியக்க அயோடின் உடலி னுள் செலுத்தப்படுகிறது. இதுபோல் கோபால்ட்-60 என்ற கதிரியக்க ஐசோடோப் லுக்கீமியா உட்பட பல புற்றுநோய் களைத் தீர்க்க பயன்படுகிறது.

2. உயிரியல் பயன்கள்: தாவரங்களில் நிகழும் வளர்சிதை மாற்றங்களை (Metabolism) ஆராய பாஸ்பரஸின் ஐசோடோப், $^{32}_{15}P$ பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதனை பாஸ்பேட் உரத்துடன் கலந்து தாவரத்திற்கு வைத்து, வளரும் தாவரம் பாஸ்பேட் உரங்களை மண்ணிலிருந்து எந்த வீதத்தில் உறிஞ்சுகிறது என் பதையும், இவ்வாறு உறிஞ்சப்பட்ட பாஸ்பேட் எவ்வாறு தாவரத் தின் தண்டுகள், இலைகளில் சென்றடைகிறது என்பதையும் அறியலாம்.

3. **வேதிப் பயன்கள் :** மிகச் சிறிதளவே கரையும் பொருள்களின் கரைதிறனைத் தீர்மானிக்கவும் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஒரு வேதி வினையின் வழிமுறையைக் கண்டறியவும் கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, கன ஆக்சிஜனால் வளமாக்கப்பட்ட (Enriched) நீரினை, எஸ்டரை (Ester) நீராற் பகுக்கும் (Hydrolysis) வினையில் பயன்படுத்தி அவ்வினையின் வழிமுறையை (Mechanism) அறியலாம்.

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OR^{1} + HO^{*}H \longrightarrow R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-\overset{*}{O}H + R^{1}OH$$

4. **தொல்பொருள், நிலப்பொறியியல் துறைப்பயன்கள் :** $^{14}_{6}C$ என்ற ஐசோடோப் கதிரியக்கம் உள்ளது. வளி மண்டலத்தில் உள்ள கார்பன்டை ஆக்சைடின் இது சிறிதளவானாலும் ஒரு குறிப்பிட்ட சதவீதத்தில் உள்ளது. இதன் அரை-ஆயுள் காலம் ஏறத்தாழ 5000 ஆண்டுகள். இது இயற்கையில் நிகழும் கார்பன் சுழற்சியில் ஈடுபடுகிறது. இது அனைத்து உயிர் பொருள்களிலும் நிலையான விகித அளவில் உள்ளது. ஒரு தாவரம் அல்லது விலங்கு இறந்ததும் கார்பன் சுழற்சி (Carbon cycle) தடைபடுகிறது; கதிரியக்க கார்பன் ஐசோடோப்பின் கதிரியக்கம் குறைகிறது. எனவே ஒரு கரிமப் பொருளின் கதிரியக்கத்தின் அளவை அளந்து, அதிலிருந்து அப்பொருளின் வயதைத் தீர்மானிக்கலாம். தொல்பொருள் ஆராய்ச்சியாளர்களும் (Archaeologists), நிலப்பொறியியல் ஆராய்ச்சியாளர்களும் (Geologists) பாறைகள், பூமி ஆகியவற்றின் வயதினைத் தீர்மானிக்க நீண்ட அரை-ஆயுள் காலம் உள்ள கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

5. **இதர பயன்கள் :** ஆட்டு உரோமங்கள் அறுவைச்சிகிச்சைகளில் பயன்படும் தையல் இழைகள், உணவுப் பொருள்கள், கருவிகள் முதலியவற்றை தூய்மை செய்ய கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன இந்த ஐசோடோப்புகளில் இருந்து வெளியாகும் கதிராற்றல்கள் பல பாக்டீரியாக்களை அழிக்கின்றன. இந்த ஐசோடோப்புகளிலிருந்து வெளியாகும் கதிராற்றல்கள் குறை கடத்திகளைத் (Semi conductors) தயாரிக்கவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

வினாக்கள்

பகுதி A

1. கதிரியக்கப் பொருள்களால் வெளியிடப்படும் கதிராற்றல்களின் வகைகள் யாவை ?
2. $^{14}_{6}C$, $^{12}_{6}C$. வேதி வினைகளில் ஈடுபடும் திறனில் வேறுபடுகின்றனவா ? இல்லையா ? விளக்குக.
3. மூன்று வகை கதிராற்றல்களில் (α, β, γ) எது அதிக ஊடுருவும் திறன் உடையது ?
4. குளோரின் ஏன் பின்ன அணு எடை உடையதாக உள்ளது?
5. கதிரியக்கப் பொருளால் உமிழப்படும் ஆல்பா கதிராற்றல் ஏன் நேர் மின்வாய்த் தண்டால் விலக்கமுறுகிறது ?
6. γ-கதிர்கள் யாவை ? அவை X-க்திர்களுடன் எவ்வித தொடர்புடையன ?
7. β துகளை உமிழும் ஒரு தனிமத்தின் அணு எண்ணை ஒரு β துகள் உமிழ்வு எவ்வாறு பாதிக்கிறது ?
8. அரை-ஆயுள் காலம் என்றால் என்ன ?
9. கீழ்க்காணும் சமன்பாடினைச் சமன் செய்க :

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{17}_{8}O + \dots$$

10. அணுக்கரு வினைகள் நிகழும்போது எவ்வாறு அணுக்கரு ஆற்றல் வெளியாகிறது ?

பகுதி B

1. வரையறுக்க :
   (அ) ஆல்பா துகள்கள்.
   (ஆ) பீட்டா துகள்கள்
   (இ) காமா கதிர்கள்.
2. கதிரியக்கத் தொடர்கள் யாவை?
3. புளுட்டோனியம்–241 ஐ தாய்த் தனிமமாகக் கொண்ட கதிரியக்கத் தொடர் எவ்வாறு பிற தொடர்களிலிருந்து வேறுபடுகிறது?

4. பின்வருவனவற்றை நிறைவு செய்க :

(அ) ${}^{16}_{8}O + {}^{2}_{1}D \longrightarrow {}^{1}_{1}H + \ldots\ldots$

(ஆ) ${}^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + \ldots\ldots$

(இ) ${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{1}_{0}N + \ldots\ldots$

(ஈ) ${}^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{13}_{7}N + \ldots\ldots$

5. கதிரியக்க தனிமம் ஒன்றின் அரை-ஆயுளைக் கணக்கிடத் தேவையான சூத்திரத்தை வருவிக்க.

6. கதிரியக்கம் என்பது ஓர் அணுக்கரு பண்பு என்பதற்கான சான்று யாது?

7. வளமாக்கப்பட்ட யுரேனியம் என்றால் என்ன? அது அணுக்கரு உலைகளில் அணுக்கரு எரிபொருளாகப் பயன்படுத்த எவ்வாறு தகுந்தது?

8. அணுக்கரு உலைகளின் வகைகள் யாவை? இவை ஒவ்வொன்றிலும் பயன்படுத்தப்படும் எரிபொருள்கள் யாவை ?

9. ஒரு கரிமப் பொருளின் வயது எவ்வாறு நிர்மானிக்கப்படுகிறது ?

பகுதி C

1. பத்தி இடப்பெயர்ச்சி விதி யாது? தகுந்த எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

2. செயற்கை கதிரியக்கம் பற்றி சுருக்கமாக விளக்குக.

3. அணுக்கரு பிளப்பு, அணுக்கரு பிணைப்பு வேறுபாடுகளைத் தருக. அணு குண்டு, ஹைட்ரஜன் குண்டு ஆகியன பற்றி குறிப்பு வரைக.

4. அணு சக்தி என்றால் என்ன? அது எங்கிருந்து கிடைக்கிறது சாதாரண வேதி ஆற்றலுடன் ஒப்பிடின் அதன் அளவு யாது? ஐன்ஸ்டீனின் பொருண்மைற்றல் சமன்பாட்டினை விளக்குக.

5 (அ) ஒரு குறிப்பிட்ட கதிரியக்க தனிமம் 24 மணி நேரத்தில் 10% ஆகக் குறைந்தது. அத்தனிமத்தின் அரை-ஆயுள் காலம் எவ்வளவு ?

(ஆ) ஒரு கதிரியக்க ஐசோடோப் ^{32}P-ன் கதிரியக்கம் எண்ணப்பட்டபோது 4000 d.p.s இருந்தது. 42 நாட்கள் கழித்து எண்ணியபோது 500 d.p.s இருந்தது. ^{32}P-ன் அரை ஆயுள் காலம் என்ன?

6. ஒரு குறிப்பிட்ட கதிரியக்கத் தனிமத்தின் அரை-ஆயுள் $1{\cdot}00 \times 10^{-6}$ செகண்ட். அத்தனிமத்தின் 90% சிதைவுற ஆகுங்காலம் எவ்வளவு?

7. ஒரு கிராம் $^{235}_{92}U$ முற்றிலும் அழிக்கப்பட்டால் எவ்வளவு ஆற்றல் (எர்க்கில்) உண்டாகும் ?

8. பின்வரும் அணுக்கரு பிளப்பில் தோன்றும் ஆற்றலைக் கணக்கிடு.

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{139}_{54}Xe + 3\,{}^{1}_{0}n$$

$^{235}_{92}U$, $^{94}_{38}Sr$, $^{139}_{54}Xe$ ஆகியவற்றின் அணுப் பொருண்மைகள் முறையே 235·0439 amu, 93·9154 amu. 138·9179 amu நியூட்ரானின் பொருண்மை 1·0087 amu.

9. பின்வரும் பிணைப்பில் வெளியாகும் ஆற்றலின் அளவினைக் கணக்கிடுக:

$$^{1}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He$$

$^{1}_{1}H$, $^{2}_{1}H$, $^{3}_{2}He$ ஆகியவற்றின் அணுப் பொருண்மைகள் 1·0078 amu, 2·0141 amu, 3·1060 amu

10. கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் எவ்வாறு பரவலாக சுவடறிவானாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன?

பகுதி ஆ

கனிம வேதியியல்

அத்தியாயம் 1

நைட்ரஜன் தொகுதி

பாஸ்பரஸின் சேர்மங்கள்

பாஸ்பரஸின் சேர்மங்கள் பொதுவாக 3, 5 இணைதிறன்கள் கொண்டவை. ஒருவகையான சேர்மங்களில் இணைதிறன் மூன்றும், மற்றவகைச் சேர்மங்களில் இணைதிறன் ஐந்தும் ஆக உள்ளது.

பாஸ்ஃபீன் PH_3

தயாரிப்பு முறை: (1) இதனை, பாஸ்பரஸ் அமிலத்தை நன்கு வெப்பப்படுத்துவதன் மூலம் தயாரிக்கலாம்.

$$4H_3PO_3 \longrightarrow 3H_3PO_4 + PH_3 \uparrow$$

(2) கால்ஸியம் அல்லது மெக்னீசியம் பாஸ்பைடுடன் நீர் வினைபுரியும் போதும், இவ்வாயு உண்டாகிறது.

$$Ca_3P_2 + 6H_2O \longrightarrow 3\,Ca(OH)_2 + 2PH_3 \uparrow$$

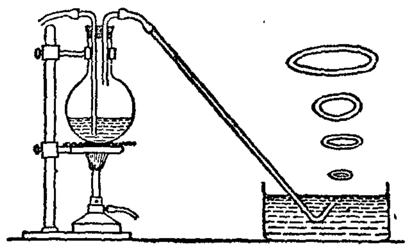
சில மாதகள் கால்சியம் பாஸ்பைடுடன் கலந்து இருப்பதால் இவ்வாயு வெளியே வந்தவுடன் காற்றுடன் கலந்து தீப்பற்றி எரிகிறது.

(3) ஆய்வகத்தில், வெண் பாஸ்பரஸை அடர் சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடுடன் வெப்பப்படுத்துவதன் மூலம் இவ்வாயு தயாரிக்கப்படுகிறது.

$$4P + 3\,NaOH + 3\,H_2O \longrightarrow 3\,NaH_2PO_2 + PH_3$$

(சோடியம் ஹைப்போபாஸ்பைட்)

வெண் பாஸ்பரஸை துண்டுகளாக ஒரு குடுவையில் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். 40% சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு கரைசலை அதனுடன் சேர்க்க வேண்டும். குடுவையானது வாயு வெளியேற வெளிக் குழாயுடனும், கரைசலை ஊற்ற உட்குழாயுடனும்



படம் 98

பாஸ்ஃபீன் வாயு தயாரித்தல்

இணைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். குடுவையிலுள்ள காற்றானது கார்பன் டைஆக்ஸைடு (CO_2) செலுத்துவதன் மூலம் விலக்கப் படுகிறது. இந்நிலையில் குடுவையை சூடு செய்தால் தூய்மை யற்ற பாஸ்ஃபீன் வெளிவருகிறது.

நீரை விட்டு வெளிவரும்போது, காற்றுடன் கலந்து எரிந்து, வளையம் போன்ற வெண்புகையை உண்டாக்குகிறது. பாஸ்ஃபீன் காற்றுடன் வினைப்பட்டுப் பாஸ்பரஸ் (v) ஆக்ஸைடைத் தருவதே, காற்றில் கிளம்பும் வளையம் போன்ற இந்த வெண் புகைக்குக் காரணமாகும். ஆனால், தூய்மையான பாஸ்ஃபீன் எளிதில் தீப் பற்றக் கூடியதல்ல.

பாஸ்ஃபோனியம் அயோடைடு என்றசேர்மத்தைச் சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடுடன் வெப்பப்படுத்தும்போது, தூய்மையான பாஸ்ஃபீன் வெளிப்படுகிறது.

$$PH_4I + Na\,OH \longrightarrow PH_3 \uparrow + NaI + H_2O$$

இயற்பண்புகள் : இது நிறமற்ற, காற்றில் எரியக்கூடிய, அழுகிய மீன் மணமுடைய வாயு. காற்றைவிட கனமானது. இது மிகவும் நச்சுத் தன்மையுடையது. நீரில் மிகச்சிறிய அளவு கரையும். கரைசல் நடுநிலையாகவும் உள்ளது. லிட்மஸின் நிறத்தை மாற்றுவதில்லை. —85°C வெப்ப நிலையில் நீர்ம நிலையை அடைகிறது. —133·5°C நிலையில் திட நிலையை அடைகிறது.

வேதிப் பண்புகள் : (1) மிகவும் தூய நிலையில், எளிதில் தீப் பற்றக் கூடியதல்ல. ஆனால், வெப்பப்படுத்தும்போது, ஆக்ஸிஜனுடன் சேர்ந்து எரிந்து, பாஸ்பரஸ் பென்டாக்சைடைத் தருகிறது.

$$2PH_3 + 4O_2 \longrightarrow P_2O_5 + 3H_2O$$

(2) இதை 440°C-க்குச் சூடு செய்தால், சிதைந்து சிவப்புப் பாஸ்பரஸையும் ஹைட்ரஜனையும் தருகிறது.

$$4PH_3 \longrightarrow P_4 + 6H_2 \uparrow$$

(3) இது சிறிதளவு காரத்தன்மையுடையது. அம்மோனியாவைப்போன்று அமிலங்களுடன் வினை புரிந்து, பாஸ்ஃபோனியம் சேர்மங்களைத் தருகிறது.

$$PH_3 + HBr \longrightarrow PH_4Br;$$
$$PH_3 + HI \longrightarrow PH_4I$$

ஆனால், இதன் காரத்துவம் அம்மோனியாவின் காரத்துவத்தைவிட மிகக் குறைந்து காணப்படுகிறது.

(4) பாஸ்ஃபீன் ஒரு ஆக்ஸிஜன் ஒடுக்கி. எடுத்துக்காட்டு : வெள்ளி நைட்ரேட்டை வெள்ளியாக ஒடுக்குகிறது.

$$PH_3 + 6AgNO_3 + 3H_2O \longrightarrow 6Ag + 6HNO_3 + H_3PO_3$$

(5) குளோரின் வாயுவுடன் வினைபுரிந்து, பாஸ்பரஸ் பென்டா குளோரைடையும், ஹைட்ரஜன் குளோரைடையும் கொடுக்கிறது.

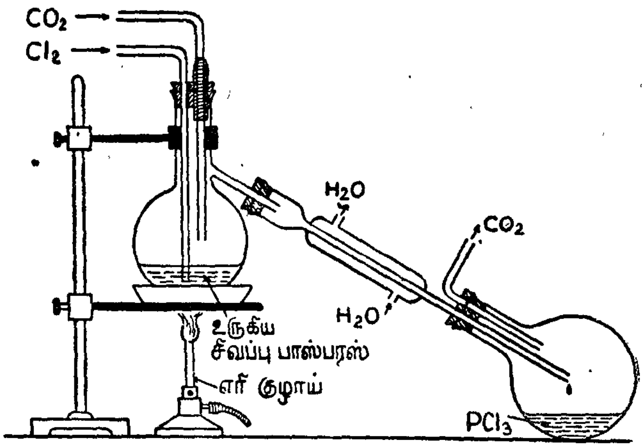
$$PH_3 + 4Cl_2 \longrightarrow PCl_5 + 3HCl$$

பயன்கள் : இவ்வாயு புகைத் திரை (Smoke Screen) பயன்படுகிறது. கால்சியம் கார்பைடு, கால்சியம் பாஸ்பைடு ஆகிய சேர்மங்களடங்கிய பெட்டியானது துளையிடப்பட்டு கடலில் எறியப்படுகின்றது. பாஸ்ஃபீன் வெளியிடப்பட்டு காற்றில் எரிந்து உடன் வருகின்ற அசெட்டிலீன் வாயுவினையும் எரியச் செய்யும் எரிகின்ற வாயுக்கள் முன்னறிவிப்பாகப் பயன்படும் (Holme's Signals).

பாஸ்பரஸ் (III) குளோரைடு PCl_3

தயாரிப்பு : (1) சிவப்புப் பாஸ்பரஸை ஒரு வாலையில் எடுத்துக் கொண்டு, அதன்மீது உலர்ந்த குளோரினைச் செலுத்திச்

சூடு செய்தால் PCl_3 ஆவியாக வெளிவருகிறது. ஆவி குளிர்வித்து, நீர்ம நிலையில் பெறப்படுகிறது.



படம் 89

பாஸ்பரஸ் (III) குளோரைடு தயாரித்தல்

இவ்வினையை கார்பன் டைஆக்ஸைடின் சூழலில் நிகழ்த்த வேண்டும். உடன் உண்டாகின்ற பாஸ்பரஸ் பென்டா குளோரைடிலிருந்தும், மீதமுள்ள குளோரினின்றும் பிரிக்க, இதைப் பாஸ்பரத்துடன் கலந்து காய்ச்சி வடிக்க வேண்டும்.

$$2P + 3Cl_2 \longrightarrow 2PCl_3$$

இயற்பண்புகள்: இது ஒரு நிறமற்ற, கார நெடியுடைய எண்ணெய் போன்ற நீர்மம், கொதி நிலை —76°. —115°C வெப்ப நிலையில் இது திண்ம நிலையை அடைகிறது. ஈரக் காற்றில் புகையும் தன்மையுடைது.

வேதிப் பண்புகள்: (1) இது நீரினால் பகுக்கப்பட்டு பாஸ்பரஸ் அமிலத்தையும் தருகிறது.

$$PCl_3 + 3\,H_2O \longrightarrow H_3PO_3 + 3\,HCl$$

(2) பாஸ்பரஸ் (III) குளோரைடு குளோரினுடன் வினை புரிந்து பாஸ்பரஸ் (V) குளோரைடைத் தருகிறது.

$$PCl_3 + Cl_2 \longrightarrow PCl_5$$

(3) கந்தக டிரை ஆக்ஸைடு வாயுவுடன் மிக விரைவாக வினை புரிந்து, பாஸ்பரஸ் ஆக்ஸிகுளோரைடையும் கந்தக டை ஆக்ஸைடையும் தருகிறது.

$$PCl_3 + SO_3 \longrightarrow PO\,Cl_3 + SO_2 \uparrow$$

(4) அடர் கந்தக அமிலத்துடன் வினைபட்டு, குளோரோ சல்ஃபானிக் அமிலத்தைத் (Chlorosulphonic acid) தருகிறது.

$$H_2\,SO_4 + PCl_3 \longrightarrow Cl{-}SO_2{-}OH + POCl + HCl$$

எலக்ட்ரான் அமைப்பு : பாஸ்பரஸ் (III) குளோரைடிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் அமைப்பை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

```
      Cl
      · ×
Cl × P
      · ×
      Cl
```

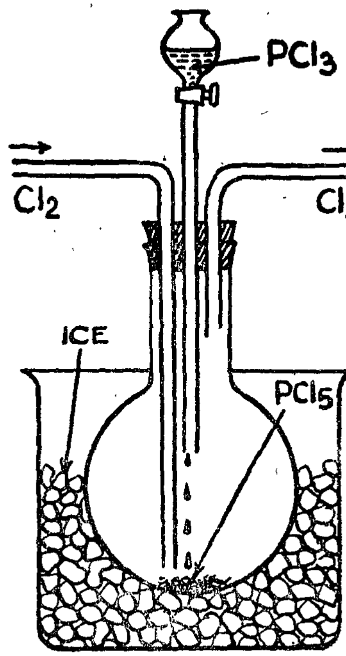
பாஸ்பரஸ் (V) குளோரைடு PCl_5

தயாரிப்பு : உலர்ந்த குளோரினை அதிக அளவில் குளிர்ந்த PCl_3 வுடன் வினைப் புரியச்செய்து, இதனை ஆய்வகத்தில் தயாரிக்கலாம்.

$$PCl_3 + Cl_2 \longrightarrow PCl_5$$

உறை கலவை அல்லது பனிக்கட்டியினால் நன்கு குளிர வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு குடுவையை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இக்குடுவையினுள் பாஸ்பரஸ் டிரைகுளோரைடை ஒரு விரி புனலின் மூலமாக மெதுவாக விடவேண்டும். உலர்ந்த குளோரின் வாயுவை அதிக அளவில் குடுவையில் செலுத்தி வெண்ணிறப் பாஸ்பரஸ் (v) குளோரைடைப்பெறலாம். மீதமுள்ள குளோரின் வாயுவை கார்பன் டைஆக்ஸைடு வாயுவைக்

கொண்டு வெளியேற்றி, குடுவையின் வாயினை அடைப்பானால் நன்கு மூடவேண்டும்.



படம் 40

பாஸ்பரஸ் (V) குளோரைடு தயாரித்தல்

இயற்பண்புகள் : இது ஒரு வெளிறிய மஞ்சள் நிறத் திண்மமாகும். 100°C வெப்பநிலையில் இது பதங்கமாகும்.

வேதிப் பண்புகள் : (1) 300°C வெப்பநிலைக்கு மேல், இதன் ஆவி சிதைந்து பாஸ்பரஸ் (III) குளோரைடையும் குளோரினையும் தருகிறது.

$$PCl_5 \xrightarrow{\Delta} PCl_3 + Cl_2$$

(2) உலோகங்களை அவற்றின் குளோரைடுகளாக குளோரினேற்றம் அடையச் செய்கிறது.

$$PCl_5 + Zn \longrightarrow ZnCl_2 + PCl_3$$

(3) OH-தொகுதிகளையுடைய கரிமச் சேர்மங்களுடன் வினையாற்றி, OH-தொகுதியை இடப்பெயற்சி செய்து, அதற்குப் பதிலாக குளோரினை இணைக்கிறது. எடுத்துக் காட்டாக,

$$C_2H_5OH + PCl_5 \longrightarrow C_2H_5Cl + POCl_3 + HCl$$

(4) ஈரக்காற்றில் புகைந்து முதலில் பாஸ்பரஸ் ஆக்ஸி குளோரைடையும், பிறகு பாஸ்பாரிக் அமிலத்தையும் தருகிறது.

$$PCl_5 + H_2O \longrightarrow POCl_3 + 2HCl;$$
$$POCl_3 + 3H_2O \longrightarrow H_3PO_4 + 3HCl$$

பாஸ்பரஸ் அமிலம் H_3PO_3

தயாரிப்பு : *பாஸ்பரஸ் (III) குளோரைடை நீராற் பகுத்து, அல்லது பாஸ்பரஸ் (III) ஆக்ஸைடை நீரில் கரைத்து இவ்வமிலம் தயாரிக்கப்படுகிறது.*

$$PCl_3 + 3H_2O \longrightarrow H_3PO_3 + 3HCl$$

$$P_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2H_3PO_3$$

நீரின் அடியில் வைக்கப்பட்டுள்ள உருகிய பாஸ்பரஸ் மீது குளோரின் வாயுவைச் செலுத்த வேண்டும். முதலில் பாஸ்பரஸ் (III) குளோரைடு தோன்றி, பின்பு பாஸ்பரஸ் அமிலம் உண்டாகிறது. பின்னர், கரைசலை 180°C வெப்பநிலை அடையும் பொருட்டு நன்கு ஆவியாக்கப்பட வேண்டும். பின், குளிர் செய்தால் பாஸ்பரஸ் அமில படிவங்கள் தோன்றும்.

இயற்பண்புகள் : *இது படிக வடிவமுள்ள பொருள். நீர்க்கும் தன்மையுடையது. இதன் உருகுநிலை 73°C*

வேதிப் பண்புகள் : (1) இவ்வமிலம் இரு உப்பு மூலத்திறன் (dibasic) உடையது. பாஸ்ஃபைட் வகைச் சேர்மங்களைத்தரும்.

$$H_3PO_3 + NaOH \longrightarrow NaH_2PO_3 + H_2O$$

$$H_3PO_3 + 2NaOH \longrightarrow Na_2HPO_3 + H_2O$$

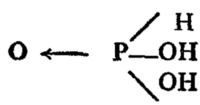
(2) சூடு செய்யப்படும் போது, இச்சேர்மத்தினுள் சுய ஆக்சிஜனேற்றம் ஒடுக்கமும் உடன் நிகழ்ந்து பாஸ்பாரிக் அமிலத்தையும், பாஸ்ஃபீனையும் தருகிறது.

$$4H_3PO_3 \longrightarrow 3H_3PO_4 + PH_3$$

(3) பாஸ்பரஸ் அமிலமும் அதன் உப்புகளாகிய பாஸ்பைட்டு களும் (phosphite) சிறந்த ஆக்ஸிஜன் குறைப்பான்களாகும். இவைகள் எளிதில் பாஸ்பாரிக் அமிலமாகவும் பாஸ்பேட்டுகளாக வும் ஆக்சிஜன் ஏற்றம் அடைகின்றன. வெள்ளி நைட்ரேட்டுக் கரைசல் வெள்ளியாக ஒடுக்கப்படுகிறது.

$$2AgNO_3 + H_3PO_3 + H_2O \rightarrow 2Ag\downarrow + 2HNO_3 + H_3PO_4$$

அமைப்பு : பாஸ்பரஸ் அமிலம் இரு காரத்துவமுடைய அமிலம். ஆகையினால் ஒரு பாஸ்பரஸ் அமில மூலக்கூறினுள் இரண்டு (OH) தொகுதிகள் இருத்தல் வேண்டும்.



ஆர்த்தோ பாஸ்ஃபாரிக் அமிலம் H_3PO_4

தயாரிப்பு : (1) பாஸ்பரஸ் (V) ஆக்ஸைடை நீரில் கொதிக்க வைத்து இவ்வமிலத்தைத் தயாரிக்கலாம்.

$$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$$

(2) சோதனைச் சாலையில் சிவப்புப் பாஸ்பரத்தையும் 50% நைட்ரிக் அமிலத்தையும் 1:30 என்ற விகிதத்தில் குடுவையில் கலந்து, அயோடின் வினையூக்கி முன்னிலையில் சூடு செய்தால், பாஸ்பரஸ் ஆக்ஸிஜனேற்றமடைந்து பாகுபோன்ற (syrupy) பாஸ்பாரிக் அமிலம் கிடைக்கிறது. பழுப்பு நைட்ரஜன் டை ஆக்சைடு வாயுவும் வெளிப்படும்.

$$P + 5HNO_3 \rightarrow H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$$

வினைமுடிந்தவுடன், நீர்ம நிலையிலுள்ள பாஸ்ஃபாரிக் அமிலத்தை அடர்ப்பித்து பின் குளிரச் செய்தால் நிறமற்ற பாஸ்ஃபாரிக் அமிலப் படிகங்கள் கிடைக்கும்.

(3) பெருமளவில் தயாரிக்கும் முறை : எலும்புச் சாம்பல் அல்லது இயற்கையில் கிடைக்கும் பாஸ்ஃபேட் தாதுவுடன் கால்சியம் பாஸ்ஃபேட் தேவையான அடர் கந்தக அமிலத்துடன் கலந்து, பல மணி நேரம் நன்கு வெப்பப்படுத்த வேண்டும். பிறகு வடிகட்டி கால்சியம் சல்ஃபேட்டை நீக்கி, அமிலம் கலந்த வடி நீரை ஆவியாக்கி அடர்ப்பித்தல் வேண்டும்.

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 2H_3PO_4 + 3CaSO_4$$

இயற் பண்புகள் : இது நிறமற்ற நீர்ம நிலையிலுள்ள அமிலமாகும். குளிரச் செய்யும் போது படிகங்கள் கிடைக்கின்றன. படிகத்தின் உருகுநிலை 42°C.

வேதிப் பண்புகள் : (1)இதைச் சூடு செய்தால் பின்வரும் வினைகள் நிகழ்கின்றன.

$$2\,H_3PO_4 \xrightarrow{220^\circ} H_4P_2O_7 + H_2O$$

(பைரோ பாஸ்ஃபாரிக் அமிலம்)

$$H_4P_2O_7 \xrightarrow{316^\circ} 2\,HPO_3 + H_2O$$

(மெட்டா பாஸ்ஃபாரிக் அமிலம்)

(2) இது மூன்று காரத்துவமுடைய அமிலமாக (tribasicacid) இருத்தலால் மூன்று வகையான சோடியம் உப்புக்களைத் தருகிறது. அவை

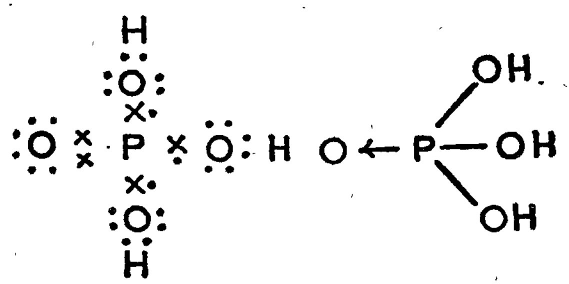
$$NaH_2PO_4,\quad Na_2HPO_4,\quad Na_3PO_4$$

(3) நடுநிலைக் கரைசலில் வெள்ளி நைட்ரேட்டுடன் மஞ்சள் திற வீழ்படிவான வெள்ளி பாஸ்ஃபேட்டைத் (Ag_3PO_4) தருகிறது. இவ்வீழ்படிவு. நைட்ரிக் அமிலத்தில் கரையக்கூடியத் தன்மையுடையது.

(4) ஆர்த்தோ பாஸ்ஃபேட்டுகள், அதிக அளவு நைட்ரிக் அமிலத்தின் முன்னிலையில் அம்மோனியம் மாலிப்டேட்டுடன் (ammonium molybdate) வினைபுரிந்து, நல்ல மஞ்சள் நிறமுடைய வீழ்படிவான அம்மோனியம் பாஸ்போமாலிப்டேட்டைத் தருகிறது. இது பாஸ்ஃபேட்டினை அல்லது பாஸ்ஃபாரிக் அமிலத்தையோ கண்டறிவதற்கான முக்கியமான ஆய்வாகும்.

(5) நைட்ரிக் அமிலத்திற்கு ஆக்சிஜனேற்றப் பண்பு உண்டு ஆனால் பாஸ்ஃபாரிக் அமிலத்திற்கு அப்பண்பு இல்லை.

எலக்ட்ரான் அமைப்பு



H_3PO_4-ன் எலக்ட்ரான் அமைப்பு

பயன்கள் : HBr, HI போன்ற சேர்மங்களைத் தயாரிப்ப தற்குப் பாஸ்ஃபாரிக் அமிலமானது உபயோகப்படுகிறது. NH_4^+, Na, K போன்றவற்றின் பாஸ்ஃபேட் உப்புக்களைத் தயாரிப்ப தற்கும் இது பயன்படுகிறது. மருந்துகளின் தயாரிப்பிலும் இது உதவுகிறது.

கால்சியம் சூப்பர் பாஸ்ஃபேட்டு (Calcium Super Phosphate)

நிலத்தை வளப்படுத்த பாஸ்பேட்டு உரம் மிக இன்றியமை யாததாகும். பூமியை வளப்படுத்த நீரில் கரையா பாஸ்ஃ பேட்டுகளை (rock phosphate) உபயோகிக்க முடியாது. எனவே, நீரில் கரையக் கூடிய கால்சியம் டைஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட்டாக $Ca(H_2PO_4)_2$ மாற்றப்படுகிறது. இதற்கு, சூப்பர் பாஸ்ஃபேட் என்று பெயர். நன்கு பொடியாக்கப்பட்ட பாஸ்ஃபேட் பாறையை சல்ஃப்யூரிக் அமிலத்துடன் சேர்த்து காய்ச்சும்போது இது கிடைக் கிறது.

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4$$

சூப்பர் பாஸ்ஃபேட்

மேற்கண்ட தயாரிப்பில், அழுத்தமான சூழ்நிலையில் செயற்படும் கருவியைப் பயன்படுத்துவதுடன், வினையானது மூடிய கலன் களில் நடத்தப் பெறுகிறது. இதன் உட்புறம் காரீய உலோகத் தால் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. மூடப்பட்ட நிலையில் வினையின் வேகம் அதிகரிக்க, நீரினது வெளியேற்றம் தடுக்கப்பட்டு, அமிலத் தின் அடர்வினை நிலையாக நிற்கச் செய்கிறது. விளைவுப் பொருட்கள் சிறுமணிகளாகவும், நீரில் கரையக் கூடியனவாகவும்

இருக்கும். இது தகுந்த, எளிதில் உட்கிரகிக்கப்படும் உரமாகத் தாவரங்களுக்குப் பயன்படுகிறது.

N, P, As, Sb, Bi முதலிய தனிமங்களையும் அவற்றின் சேர்மங்களையும் ஒப்பிடுதல்

தனிம வரிசை அட்டவணையில் V B தொகுதியில் நைட்ரஜன், பாஸ்ஃபரஸ், ஆர்ஸனிக், ஆண்டிமனி, பிஸ்மத் ஆகிய தனிமங்கள் உள்ளன. அவை அப்பிரிவில் ஏன் வைக்கப்பட்டுள்ளன என்பதற்கான காரணங்களை ஆராய்வோம்.

(1) எலக்ட்ரான்களின் அமைப்பு : இவற்றின் அணு வெளிச் சுற்றில் 5 எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன :

N: 2, 5   P: 2, 8, 5   As: 2, 8, 18, 5

Sb: 2, 8, 18, 18, 5   Bi: 2, 8, 18, 32, 18, 5

(2) நைட்ரஜனைத் தவிர மற்றவை தனிம நிலையில் கிடைப்பதில்லை.

(3) இவை புறவேற்றுமை வடிவங்களையுடைய தனிமங்களாக உள்ளன.

(4) இவை M_2O_3, M_2O_5 வகையான ஆக்ஸைடுகளைத் தருகின்றன.

(5) இவை ஹைட்ரஜனுடன் சேர்ந்து [MH_3 வகையான ஹைட்ரைடுகளைத் தருகின்றன.

(6) குளோரினுடன் சேர்ந்து MCl_3 வகையான குளோரைடுகளைத் தருகின்றன.

(7) இவையனைத்திற்கும் இணைதிறன் மூன்றாகவோ அல்லது ஐந்தாகவோ உள்ளன.

பண்புகள் : (1) இவைகளின் அடர்த்தியும், கொதிநிலையும் அணு எண் உயர உயர அதிகரிக்கும். (2) உருகு நிலையானது நைட்ரஜனிலிருந்து ஆர்ஸனிக் வரை அதிகரித்து பிறகு பிஸ்மத் வரை சரிகின்றது. (3) அணு பருமனானது அணு எடை அதிகரிக்க அதிகரிக்கும். (4) உலோகத்தன்மையானது அணு எடை அதிகரிக்க அதிகரிக்கும். நைட்ரஜனும், பாஸ்பரஸ்ஸும் அலோகத்தன்மை கொண்டவை. ஆர்ஸனிக் ஒரு உலோகப் போலி. ஆன்டிமணியும், பிஸ்மத்தும் உலோகங்கள். (5) நேர் மின் தன்மைப் பண்பானது, அணு எடை அதிகரிக்க அதிகரிக்கும்.

(6) அவற்றின் டிரை குளோரைடுகள், நீருடன் புரிகின்ற வினையாற்றலானது அணு எடை அதிகரிக்கக் குறையும்.

$$NCl_3 + 3H_2O \longrightarrow NH_3 + 3HClO$$

$$PCl_3 + 3H_2O \longrightarrow H_3PO_3 + 3HCl$$

$$AsCl_3 + 3H_2O \longrightarrow H_3AsO_3 + 3HCl$$

$$SbCl_3 + H_2O \longrightarrow SbOCl + 2HCl$$

$$BiCl_3 + H_2O \longrightarrow BiOCl + 2HCl$$

(7) ஹைட்ரைடுகளின் நிலைத்தன்மையானது அணு எடை அதிகரிக்க குறையும்.

NH_3	PH_3	AsH_3	SbH_3	BiH_3
1300°C	400°C	280°C	150°C	நிலைத்தன்மை குறைவு.

மேலும், ஹைட்ரைடுகளின் நச்சுத்தன்மையானது, அணு எடை அதிகரிக்க மிகும்.

(8) N, P, As, Sb இவற்றின் ஆக்ஸி அமிலங்கள் வீரியத் தன்மையில் வேறுபாடு காட்டுகின்றன.

HNO_3	H_3PO_4	H_3AsO_4	H_3SbO_4
வீரியம் மிகுதி	வீரியம் அதிகம்	வீரியம் குறைவு	வீரியம் மிகவும் குறைவு

Bi-ன் அமிலம் ஏற்படுவதில்லை.

மேற்கண்ட எடுத்துக்காட்டுகளைப் பார்க்கும் போது V B தனிமங்களிடையே, உலோகத்தன்மையிலும் இயற் வேதிப்பண்புகளிலும் ஒழுங்கான போக்கு இருப்பதையுணரலாம். எனவே, நைட்ரஜன் முதல் பிஸ்மத் வரையுள்ள தனிமங்கள், தனிம வரிசை அட்டவணையில் ஓரே பிரிவின்கீழ் வைக்கப்பட்டுள்ளன.

நைட்ரஜன் தொகுதித் தனிமங்களை ஒப்பிடுதல்

எண்	ஒப்பிடும் பண்பு	நைட்ரஜன்	பாஸ்பரஸ்	ஆர்சனிக்	ஆன்டிமனி	பிஸ்மத்
1.	கிடைக்கும் முறை	தனிமமாக எளிதில் கிடைக்கிறது	தனிமமாக எளிதில் கிடைப்பதில்லை	குறைந்த அளவு கிடைக்கிறது	குறைந்த அளவு கிடைக்கிறது	குறைந்த அளவு கிடைக்கிறது
2.	அணு எடை	14	31	74·9	121·3	209
3.	அணு எண் (எலக்ட்ரான் அமைப்பு)	7 (2, 5)	15 (2, 8, 5)	33 (2, 8, 18, 5)	51 (2, 8, 18, 18, 5)	83 (2, 8, 18, 32, 18, 5)
4.	நிலை	வாயு	திண்மம்	திண்மம்	திண்மம்	திண்மம்
5.	இணைதிறன்	3, 5	3, 5	3, 5	3, 5	3, 5
6.	உலோகம் அல்லது அலோகத் தன்மை	அலோகம்	அலோகம்	உலோகப்போலி	உலோகப்போலி	உலோகம்
7.	ஆக்சைடுகள் (a) இயைபு (b) இயல்பு	N_2O_3, N_2O_5 வலிவு மிகுந்த அமில ஆக்சைடுகள்	P_2O_3, P_2O_5 அமில ஆக்சைடுகள்	As_2O_3, As_2O_5 ஈரியல்புள்ள ஆக்சைடு	Sb_2O_3, Sb_2O_5 மிகுந்த காரம் குறைந்த அமிலத் தன்மை	Bi_2O_3, Bi_2O_5 கார ஆக்சைடு
8.	ஹைட்ரைடுகள் (a) இயைபு (b) நிலைத்தன்மை	NH_3 மிக அதிகம்	PH_3 அதிகம்	AsH_3 குறைவு	SbH_3 மிகக்குறைவு	BiH_3 மிக மிகக் குறைவு
	(c) நிறம், காரத் தன்மை	நிறமற்றது காரத்தன்மை	நிறமற்றது மிகக்குறைந்த காரத்தன்மை	நிறமற்றது நடுநிலை கொண்டவை	நிறமற்றது காரத்தன்மை இல்லை	நிறமற்றது
9.	குளோரைடுகள் (a) தயாரிப்பு முறை (h) நிலைத்தன்மை	NCl_3 $Cl+NH_3$ மிகக் குறைவு	PCl_3 $P+Cl_3$ அதிகம்	$AsCl_3$ $As+Cl_2$ அதிகம்	$SbCl_3$ $Sb+Cl_2$ மிக அதிகம்	$BiCl_3$ $Bi+Cl_2$ மிக அதிகம்

வினாக்கள்

பகுதி A

I. கோடிட்ட இடங்களை நிரப்புக :

1. சூப்பர் பாஸ்ஃபேட்டு என்பது ———— உம் ———— உம் கொண்ட கலவையாகும்.
2. பாஸ்ஃபீன், ஹைட்ரஜன் அயோடைடுடன் வினை புரிந்து ————ஐக் கொடுக்கிறது.
3. பாஸ்பரஸ் அமிலம், தாமிர சல்ஃபேட்டைக் ———— ஆக ஒடுக்கி, ———— ஆக ஆக்ஸிஜன் ஏற்றமடைகின்றது.
4. ————ஐ நீராற் பகுத்தலால், பாஸ்பரஸ் அமிலம் கிடைக்கிறது.
5. பாஸ்பரஸ் (V) குளோரைடை நீராற் பகுக்கலாம் ஹைடிரோகுளோரிக் அமிலமும் ———— உம் கிடைக்கிறது.
6. பாஸ்பரஸ் அமிலத்தை சூடேற்றும்போது ———— கிடைக்கிறது.

II. பொருத்துக :

	'அ'	'ஆ'
1.	ஆர்த்தோ பாஸ்ஃபாரிக் அமிலம்	PCl_3
2.	பாஸ்பரஸ் அமிலம்	PCl_5
3.	பாஸ்பரஸ் (V) குளோரைடு	H_3PO_4
4.	பாஸ்பரஸ் (III) குளோரைடு	H_3PO_3

III. சரியா அல்லது தவறா என்பதைக் கூறுக.

1. சூப்பர் பாஸ்ஃபேட்டின் இயைபினை $Ca(H_2PO_4)_2$ $H_2O + Ca\ SO_4\,2H_2O$ என்று கூறலாம்.
2. பாஸ்ஃபீன் வாயு நிறமற்றது.
3. சூடேற்றப்படும்போது ஆர்த்தோ பாஸ்பாரிக் அமிலம் சிதைவுற்று ஹைட்ரஜனைத் தருகிறது
4. சிறிது நீரில் கரைந்து பாஸ்பரஸ் (V) ஆக்ஸைடு, ஆர்த்தோ பாஸ்ஃபாரிக் அமிலத்தைத் தருகிறது.
5. ஆர்த்தோ பாஸ்ஃபாரிக் அமிலத்திற்கு ஆக்ஸிஜன் ஒடுக்கப் பண்புகள் உண்டு.

IV. பலவாய்ப்பு வினாக்கள்

1. சூப்பர் பாஸ்ஃபேட்டின் இயைபானது—
   (அ) $Ca(H_2PO_4)_2 + Na_3PO_4$
   (ஆ) $Ca_3(PO_4)_2 + CaSO_4.2H_2O$
   (இ) $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O + CaSO_4.2H_2O$

2. பாஸ்பரஸ் (V) குளோரைடை நீராற் பகுக்க கிடைப்பது :
   (அ) பாஸ்பரஸ் அமிலம் (ஆ) பாஸ்ஃபாரிக் அமிலம்
   (இ) பைரோ பாஸ்ஃபாரிக் அமிலம் ($H_4P_2O_7$).

3. பின்வருவனவற்றுள். காரத்தன்மை மிகுந்த ஹைட்ரைடு எது ?
   (அ) அம்மோனியா (ஆ) பாஸ்ஃபீன் (இ) ஆர்சின்

4. பின்வருவனவற்றுள் அமிலத்தன்மை மிக்க ஆக்ஸைடு எது?
   (அ) P_2O_3 (ஆ) Bi_2O_3 (இ) As_2O_3 (ஈ) Sb_2O_3

5. பின்வருவனவற்றுள் ஈரியல்புள்ள ஆக்ஸைடு எது ?
   (அ) N_2O_5 (ஆ) As_2O_5 (இ) P_2O_5 (ஈ) Bi_2O_3

V. பதில்களை ஒரு வாக்கிய அமைப்பில் எழுதுக:

1. பாஸ்பரஸ் அமிலத்தை வெப்பப்படுத்தும் போது என்ன ஏற்படுகிறது ?
2. பாஸ்ஃபேட்டினைக் கொண்டிருக்கும் முக்கியமான ஓர் உரத்தின் பெயரைக் கூறுக.
3. வெள்ளி நைட்ரேட் கரைசலில் பாஸ்ஃபீன் வாயுவைச் செலுத்தும்போது ஏற்படும் விளைவு என்ன ?
4. பாஸ்பரஸ் (V) குளோரைடு பின்வருவனவற்றுடன் கலக்கும் போது என்ன நேரிடுகிறது ?
   (அ) குளிர்ந்த நீர் (ஆ) மிகையளவு நீருடன் கலந்து சூடாக்கும்போது.
5. பாஸ்பரஸ் (III) குளோரைடுடன் நீரின் வினை என்ன ?
6. பாஸ்ஃபேட்டினைக் கண்டறிவதற்கான இரண்டு சோதனைகளைக் கூறு.

பகுதி B

1. பாஸ்பரஸ் (III) குளோரைடு எவ்வாறு தயாரிக்கப்படுகிறது?

2. பாஸ்பரத்தின் ஆக்ஸி அமிலங்களின் பெயர்களைக் கூறுக. அவற்றின் எலக்ட்ரான் அமைப்பு, வாய்பாடுகளையும் எழுதுக.

3. "அம்மோனியாவை விட பாஸ்ஃபீன் ஒரு மென்காரம்". விளக்கம் தருக.

4. பின்வருவனவற்றுடன் பாஸ்ஃபீன் வினைகளைக் குறிப்பிடுக: (அ) சில்வர் நைட்ரேட்டு (ஆ) குளோரின்

5. சூப்பர் பாஸ்ஃபேட்டினைப் பற்றி ஒரு சிறுகுறிப்பு வரைக.

6. பாஸ்பரஸ் நீரிலி எவ்வாறு (அ) குளிர்ந்த நீருடனும் (ஆ) சுடு நீருடனும் வினைபுரியும்?

7. ஆர்த்தோ பாஸ்ஃபாரிக் அமிலத்தைக் கண்டறிவதற்கான இரு சோதனைகளைக் கூறுக.

8. H_3PO_4- எவ்வாறு தயாரிக்கப்படுகிறது? அது எவ்வாறு P_2O_5-ஆக மாற்றப்படுகிறது?

பகுதி C

1. நைட்ரஜன், பாஸ்பரஸ், ஆர்சனிக், ஆண்டிமனி, பிஸ்மத் முதலிய தனிமங்களின் ஹைட்ரைடுகள், ஆக்ஸைடுகள், ஹேலைடுகள் ஆகிய சேர்மங்களின் பண்புகளை ஒப்பிடுக.

2. H_3PO_3, H_3PO_4 முதலிய அமிலங்களின் தயாரிப்பினை விளக்குக.

3. வெண் பாஸ்பரஸிலிருந்து (அ) பாஸ்ஃபீன் (ஆ) PCl_5 முதலியவற்றை எங்ஙனம் தயாரிக்கலாம்?

4. பாஸ்பரஸின் ஆக்ஸி அமிலங்கள் யாவை? அவற்றை எவ்வாறு கண்டறியலாம்? அவைகளின் எலக்ட்ரான் அமைப்புகளைத் தருக.

அத்தியாயம் 2

சிலிகனும் அதன் சேர்மங்களும்

சிலிகன்

குறியீடு : Si   இணைதிறன் : 4

அணு எண் : 14   அணு எடை 28·06

எலக்ட்ரான் அமைப்பு : 2, 8, 4

தோற்றம்

சிலிகன் இயற்கையில் தனிநிலையில் எங்கும் காணப்படுவதில்லை. இது ஆகஸிஜனையடுத்து அதிக அளவில் பூமியின் மேற்பரப்பில் கிடைக்கும் ஒரு தனிமமாகும். நிலவுலக மேற் பரப்பின் நான்கின் ஒருபகுதி சிலிகன் சேர்மங்களாகவே உள்ளது. மணல், க்வார்ட்ஸ், ஃபிளிண்ட், அகேட் ஆகிய ஆக்ஸைடுகளாகவும், பல்வேறு Ca, Mg, Al, சிலிகேட்டுகளாகவும் காணப்படுகிறது.

சிலிகன் இரு புறவேற்றுமை வடிவங்களில் காணப்படுகின்றது. ஒன்று படிக உருவமற்ற சிலிகன், மற்றொன்று படிக உருவுள்ள சிலிகன்.

(அ) படிக உருவற்ற சிலிகன்

தயாரிப்பு : 1. இதுவே இயற்கையில் கிடைக்கிறது. நன்கு தூள் செய்யப்பட்ட தூய மணலுடன் மெக்னீசியம் தூளைச் சேர்த்துச் சூடேற்றினால் சிலிகன் உண்டாகிறது.

$$SiO_2 + 2Mg \longrightarrow Si + 2MgO$$

2. சோடியம் அல்லது பொட்டாசியம் உலோகத்தை சிலிகன் டெட்ராகுளோரைடு ஆவியுடன் சூடேற்றும்போது இது உண்டாகிறது.

$$SiCl_4 + 4K \longrightarrow Si + 4KCl$$

பண்புகள் : படிக உருவற்ற சிலிகன் பழுப்பு நிறத்தூள். அடர்த்தி எண் 2·35, உருகுநிலை 1420°C மின்சாரத்தைக் கடத்தாது.

1. காற்றிலோ அல்லது ஆக்ஸிஜனிலோ சூடேற்றும்போது சிலிகன்டை ஆக்ஸைடு கிடைக்கிறது.

$$Si + O_2 \longrightarrow SiO_2$$

2. நீரில் கரையாது. ஆனால் அதிக வெப்ப நிலையில் நீராவியை சிதைவடையச் செய்கிறது.

$$Si + 2H_2O \longrightarrow SiO_2 + 2H_2 \uparrow$$

3. ஹைட்ரஜன் ஃப்ளுரைடு அமிலத்தைத் தவிர மற்ற அமிலங்களில் கரைவதில்லை.

$$Si + 6HF \longrightarrow H_2SiF_6 + 2H_2 \uparrow$$

(ஹைடிரோ ஃப்ளுவோ சிலிசிக் அமிலம்)

4. சோடியம் ஹைடிராக்ஸைடுடன் உருக்கும்போது சோடியம் சிலிகேட் உண்டாகிறது.

$$Si + 2NaOH + H_2O \longrightarrow Na_2SiO_3 + 2H_2 \uparrow$$

5. குளோரினில் எரிந்து சிலிகன் டெட்ரா குளோரைடைத் தருகிறது. சாதாரண வெப்பநிலையில் ஃப்ளுரினுடன் சேர்ந்து சிலிகன் டெட்ரா ஃப்ளுரைடைத் தருகிறது.

$$Si + 2Cl_2 \longrightarrow SiCl_4 \quad , \quad Si + 2F_2 \longrightarrow SiF_4$$

(ஆ) படிக உருவமுள்ள சிலிகன்

பொட்டாசியம் ஃப்ளுவோ சிலிகேட்டை துத்தநாகம் அல்லது அலுமினியத்தைக் கொண்டு சூடேற்றும் போது, படிக உருவுள்ள சிலிகன் மஞ்சள் நிறத்தில் கிடைக்கிறது.

$$3K_2SiF_6 + 4Al \longrightarrow 3Si + 6KF + 4AlF_3$$

உபரியாக உள்ள அலுமினியத்தை ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தில் கரைத்து நீக்க, படிக உருவமுள்ள சிலிகன் கிடைக்கிறது.

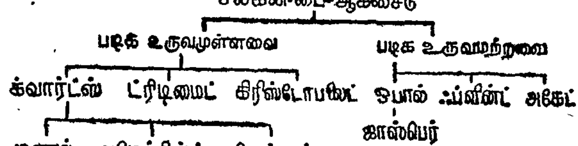
பண்புகள்: உலோகப் பளபளப்பு உண்டு. கண்ணாடியைக் கீறும் அளவுக்கு வலிமையுண்டு. அடர்த்தி எண் 2·5 வேதிப் பண்புகளில் படிக உருவற்ற சிலிகனை ஒத்திருந்த போதும், இதன் வினையாற்றல் சற்றுகுறைவு. எனவே, அதிகமாகச் சூடாக்கப்பட்ட போதிலும் ஆக்ஸிஜனுடன் எரிவதில்லை. நீருடன் வினை

புரிவதில்லை. படிக உருவற்ற சிலிகனைப் போன்றே ஃப்ளூரின்-குளோரின், காரங்கள் ஆகியனவற்றுடன் வினைபுரிகிறது. படிக உருவற்ற சிலிகனைப் போலல்லாது இது மின்சாரத்தைக் கடத்தும். எனவே, இதை உலோக சிலிகன் என்றும் சிலசமயம் அழைப்பர்.

பயன்கள் : சிலிகன் வெண்கலம், ஃபெர்ரோசிலிகன், சிலிகன்-எஃகு போன்ற உலோகக் கலவைகள் தயாரிக்கவும், எஃகு தாமிரம், வெண்கலம் ஆகியவற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனை நீக்குவதற்கும் பயனாகிறது. ஃபெர்ரோ சிலிகனுக்கு அமிலத்தால் அரிக்கப்பட இயலாத தன்மையுண்டு. எனவே, இதனை நைட்ரிக் அமிலத்தைத் திரும்பக் காய்ச்சி வடித்தலுக்காகத் தேவைப்படும் கலன்களை தயாரிக்கப் பயன்படுத்துகின்றனர். டிரான்ஸிஸ்டர்கள், மின்முனைகள், ஒளி மின்கலம் ஆகியனவற்றில் பயனாகிறது.

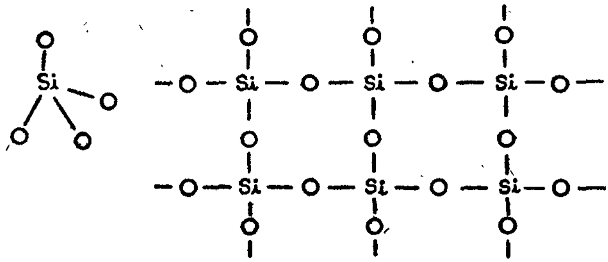
சிலிகன் டைஆக்சைடு SiO_2

சிலிகன்டை ஆக்சைடு அல்லது சிலிகாவானது படிக உருவமாகவும், படிக உருவமற்றதாகவும், இயற்கையில் ஏராளமாகக் கிடைக்கிறது.



சிலிகாவின் உருவங்கள்

மேற்கண்ட எல்லா வகைச் சிலிகாவிலும் ஒவ்வொரு சிலிகன் அணுவும் நான்கு ஆக்ஸிஜன் அணுக்களால் நான்முகி வடிவங்களில் சூழப்பட்டிருக்கின்றன. ஒவ்வொரு ஆக்ஸிஜன் அணுவும், மற்றொரு நான்முகி வடிவத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனைப் பின்வருமாறு குறிக்கலாம்.



சிலிகாவின் தூய்மையான வடிவம் க்வார்ட்ஸ் ஆகும். புற ஊதாக் கதிர்களை (ultra - violet rays) இதன் வழியே பாய்ச்சலாம். இதனை ஒளிக் கருவிகளில் பயன்படுத்துகின்றனர். இயற்கையில் கிடைக்கும் க்வார்ட்ஸ்ஸை, α-குவார்ட்ஸ் என அழைப்பர். இதனை 573°C வெப்ப நிலையில் β-குவார்ட்ஸ்ஸாக மாற்றலாம்.

படிக உருவமற்ற சிலிகா : படிக உருவமற்ற சிலிகாவினை, சிலிகன் டெட்ரா குளோரைடை நீராற் பகுத்துப்பெறலாம்.

$$SiCl_4 + 4\,H_2O \longrightarrow Si(OH)_4 + 4\,HCl$$

(ஆர்த்தோ சிலிசிக் அமிலம்)

$$(Si\,OH)_4 \xrightarrow{\Delta} SiO_2 + 2\,H_2O$$

வழவழப்பான கூழ்போன்ற வீழ்படிவு முதலில் ஏற்பட்டு, 1000°C-ல் நீரினை இழந்து தூய சிலிகா கிடைக்கிறது.

பண்புகள் ; 1. சிலிகா ஆக்ஸி-ஹைடிரஜன் சுவாலையில் 1600°C வெப்ப நிலைக்குமேல் உருகி, நிறமற்ற குவார்ட்ஸ் கண்ணாடியைக் கொடுக்கிறது. இதன் வெப்ப பெருக்க எண் குறைவு. செஞ்சூடேற்றப்பட்ட குவார்ட்ஸ்ஸை நீரில் அமிழ்த்தினால் சிறுதுண்டுகளாக உடையாது. எனவே, குவார்ட்ஸ் கண்ணாடியை வேதிக் கலன்கள், ஒளிக் கருவிகள் செய்யப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

2. சிலிகாவின் எல்லா வகைகளும், நீரில் கரைவதில்லை. அமிலத்தால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஹைட்ரோஃப்ளோரிக் அமிலத்துடன் மட்டும் வினை புரிந்து, எளிதில் கரைந்து சிலிகன் டெட்ரா ஃப்ளுரைடைத் தருகிறது.

$$SiO_2 + 4\,HF \longrightarrow SiF_4 + 2\,H_2O$$

3. அமிலத்தன்மை கொண்டதால், சூடாக்கப்பட்ட எரி காரங்களுடன் வினை புரிந்து சிலிகேட்டுகளைத் தருகின்றன.

$$SiO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$$

4. கார்பனுடன் மின்னுலையில் சூடேற்றப்படும்போது, சிலிகன் கார்பைடைத் தருகிறது. சிலிகன் கார்பைடைக் கார்பரொண்டம் (Carborundum) என்பர்.

$$SiO_2 + 3C \longrightarrow SiC + 2CO \uparrow$$

5. மெக்னீசியத்துடன் சூடாக்கப்பட்டால், சிலிகன் பிரிகிறது.

$$SiO_2 + 2Mg \longrightarrow S + 2MgO$$

6. அடர்வு மிகு சோடியம் சிலிகேட்டை ஓர் அமிலத்துடன் சேர்க்கையில், வழவழப்பான கூழ்போன்ற நீரேற்றமடைந்த 'சிலிகா ஜெல்' கிடைக்கிறது. இதனைப் பிரித்தெடுத்து உலர்த்த நீரைக் கவரும் நீரற்ற சிலிகா கிடைக்கிறது.

பயன்கள் : தூய நிறமற்ற குவார்ட்ஸ் ஒளிக் கருவிகளில் பயன்படும் லென்சுகள், முப்பட்டகங்கள் ஆகியன தயாரிக்க பயனாகிறது. மணலானது கல்வம், கண்ணாடி, மணற்காகிதம் ஆகியன தயாரிக்கப்படுகிறது. ஃப்ளின்ட்டானது அமிலத்தால் அரிக்கவியலாத பொருள்களைத் தயாரிக்கவும், கருங்கல் கட்டிடப் பொருளாகவும், சிலிகா செங்கல் வெப்பந் தாங்கவல்ல பொருளாகவும் பயனாகிறது. உலைகளின் உட்புறங்கள் அமைக்கச் சிலிகா செங்கற்கள் பயன்படுகின்றன.

சிலிசிக் அமிலம்

1. ஆர்த்தோ சிலிசிக் அமிலம் : H_4SiO_4 அல்லது $Si(OH)_4$ (நான்கு உப்பு மூலத்திறன்)

2. மெட்டா சிலிசிக் அமிலம் : H_2SiO_3 அல்லது $SiO(OH)_2$ (இரு உப்பு மூலத்திறன்).

ஆர்த்தோ சிலிசிக் அமிலம் : சிலிகன் டெட்ரா ஃப்ளுரைடை நீராற் பகுக்க, வழவழப்பான சிலிசிக் அமிலம் கூழ்போன்ற வீழ்படிவாக கிடைக்கிறது,

$$3SiF_4 + 4H_2O \longrightarrow 2H_2SiF_6 + H_4SiO_4 \downarrow$$

வீழ்படிவை நீரில் நன்கு கழுவ வேண்டும். பின், ஈதரில் ஒருமுறை கழுவி வடிதாளில் உலர்த்த, படிக உருவமற்ற பொடியாகக் கிடைக்கிறது.

மெட்டா சிலிசிக் அமிலம் : 30% சோடியம் சிலிகேட் கரைசலை ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்துடன் சேர்க்கும்போது வழவழப்பான வீழ்படிவாக மெட்டா சிலிசிக் அமிலம் கிடைக்கிறது. 90% ஆல்கஹாலைப் பயன்படுத்தி இதிலுள்ள நீரினை வெளியேற்றிப் பிறகு உலர்த்தப்படுகிறது. அப்பொழுது வெண்மையான படிக உருவமற்ற மெட்டா சிலிசிக் அமிலம் கிடைக்கிறது.

$$Na_2SiO_3 + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2SiO_3$$
(மெட்டா சிலிசிக் அமிலம்)

கார்போரண்டம் (சிலிகன் கார்பைடு) SiC

1. 54% மணல், 34% கல்கரி, 10% மரத்தூள், 2% சாதாரண உப்பு கொண்ட கலவையை மின் உலையில் உருக்கும்போது கார்போரண்டம் கிடைக்கிறது. மின் உலையில் கார்பன் தண்டுகளின் மூலம் மின்சாரம் செலுத்தப்பட்ட 36 மணி நேரம் வினை நடைபெற வேண்டும்.

$$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO\uparrow ;$$
$$Si + C \rightarrow SiC$$

பண்புகள் : தூய சிலிகன் கார்பைடு நிறமற்றது. ஆனால் வர்த்தக சிலிகன் கார்பைடு மஞ்சள் நிறமாகவோ அல்லது பச்சை நிறமாகவோ உள்ளது. வைரத்தையடுத்து வலிமைமிக்க பொருளாகும். இதன் அடர்த்தி எண் 3·2 இதன் நிலைத்தன்மை மிகுதி. உயர்ந்த வெப்பநிலையில் ஆக்ஸிஜனாலும், அமிலங்களாலும், ஆக்ஸிஜனேற்றங்களாலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடுடன் காற்றில் உருக்கப்படும்போது கார்பனேட்டாகவும், சிலிகேட்டாகவும் மெதுவாக மாறுதல் அடைகிறது.

$$SiC + 4NaOH + 2O_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + Na_2SiO_3 + 2H_2O$$

பயன்கள் : கண்ணாடியை அறுக்கவும், பொடி செய்யவும் உதவும் சாதனமாகப் பயன்படுகிறது. உலோகங்களை உருவாக்குவதற்குப் பயன்படும் கலங்களைத் தயாரிக்கவும், அரைக்கும் சக்கரங்களைத் தயாரிப்பதற்கும் பயனாகிறது.

சிலிகோன்கள்

சிலிகோன்களை சிலிகோ-கரிமப் பொருட்களாகக் கருதலாம். ஆல்கைல் அல்லது அரைல்குளோரோ சிலேன் சேர்மங்களை நீராற் பகுத்தலால் இவை கிடைக்கின்றன.

(அ) ஆல்கைல் அல்லது அரைல் குளோரோ சிலேன்கள் சிலிகன் டெட்ராகுளோரைடுடன் கிரிக்னார்டு வினைப்பொருளைச் சேர்க்கக் கிடைக்கின்றன.

$$SiCl_4 + R.MgCl \longrightarrow R.SiCl_3 + MgCl_2$$
$$R.MgCl + R.SiCl_3 \longrightarrow R_2SiCl_2 + MgCl_2$$
$$R.MgCl + R_2SiCl_2 \longrightarrow R_3SiCl + MgCl_2$$

(ஆ) இந்த அரைல் அல்லது ஆல்கைல் குளோரோ சிலேன்களை நீராற்பகுக்க சிலிகால்கள் உண்டாகின்றன.

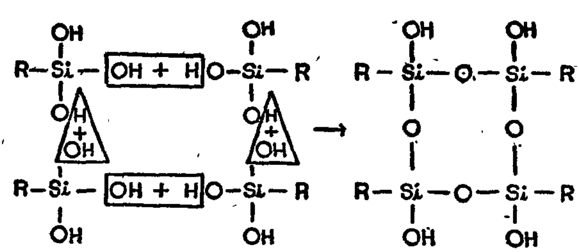
$$R_2SiCl_2 + 2H_2O \longrightarrow R_2Si(OH)_2 + 2HCl$$
$$R_3SiCl + H_2O \longrightarrow R_3Si(OH) + HCl$$

(இ) வெப்பப்படுத்தும் போது, அமிலங்களின் முன்னிலையில் சிலிகால்கள் குறுக்கு வினைக்குட்படுகின்றன.

$$R_3Si\boxed{OH + H}O - SiR_3 \longrightarrow R_3-Si-O-Si-R_3$$

ஆல்கைல் டிரை குளோரோ சிலேன்களை நீராற் பகுக்க, பல படிச் சேர்மங்கள் உண்டாகின்றன.

$$R.SiCl_3 + 3H_2O \longrightarrow R.Si(OH)_3 + 3HCl$$



இவை, கரிமச் சிலிகன் பலபடிச் சேர்மங்களாகும். இவை, கரிமப் பகுதியைக் கொண்டிருப்பதால், நீருடன் ஒட்டுவதில்லை. வெப்பத்தினாலும், மின்னாற்றலாலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆக்ஸிஜனேற்ற வினைக்கு உட்படுவதில்லை. –Si–O–Si–O–Si என்ற தொடர்புடைய அமைப்பு இருப்பதால் நிலைத்து நீடிக்கும் தன்மையும் வினைக்குட்படாத் தன்மையையும் பெற்றிருக்கிறது.

சிலிகோனின் பயன்கள் : காகிதம் அல்லது துணியை சிலிகோன் ஆவியில் காட்டுவதால் நீர் ஒட்டுவதில்லை. எனவே, நீர் ஒட்டாது இருக்கத் தயாரிக்கப்படும் கோட்டுகள், கோணிகள் செய்யப்பயன்படுத்தலாம். மின்சார மோட்டார்களில், அதிக வெப்பநிலையிலும் கரியாகாது அரிதிற் கடத்தியாகப் பயன்படுகிறது சிலிகோன்களை கிரீஸ் போன்றிருக்கும் வாஸ்லைனாக மாற்றி, உயவுப் பொருளாகப் பயன்படுத்தலாம். இவ்வுயவுப் பொருள் விமானங்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

சிலிகோன் ரப்பரானது ஆலைகளில் பலவிதமாகப் பயன்படுகிறது. சிலிகோன் பெயிண்டுகள், எனாமல்கள் உயர்ந்த வெப்பநிலையைத் தாங்க வல்லது. சூரிய ஒளியினாலும், அரிக்கின்ற வேதிப் பொருட்களாலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. எனவே இவை பலவிதங்களில் பயனாகின்றன. சிலிகோன் எண்ணெய்கள் நிலைத்தன்மை அதிகமாகவும், எளிதில் ஆவியாகாமலும் இருப்பதால் எண்ணெய்த் தொட்டிகளிலும்,வெற்றிடத்தை ஏற்படுத்தும் பம்புகளிலும் இதனைப் பயன்படுத்துகின்றனர். அலங்காரப் பொருட்களிலும், பூச்சாகவும், நுரை வராத பொருட்களைத் தயாரிக்கவும் இதனைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

சிலிகன் டெட்ரா குளோரைடு

தயாரித்தல் : சிலிகனை உலர்ந்த குளோரினில் வெப்பப் படுத்துகையில் சிலிகன் டெட்ரா குளோரைடு உண்டாகிறது.

$$Si + 2Cl_2 \longrightarrow Si\ Cl_4$$

பண்புகள் : நிறமற்ற, ஈரக்காற்றில் புகையும் தன்மையது. கொதிநிலை 58°C. CCl_4 போலவே, $SiCl_4$ ஒரு சக இணைப்பு சேர்மமாகும். நீராற் பகுத்தல் வினை கொண்டு CCl_4ஐச் சிலிகன் டெட்ரா குளோரைடைப் பிரித்தறியலாம்.

$$Si\ Cl_4 + 4\ H_2\ O \longrightarrow H_4\ Si\ O_4 + 4\ H\ Cl$$

CCl_4 நீராற்பகுப்பு வினை புரிவதில்லை.

பயன்கள் : ஆர்த்தோ சிலிசிக் அமிலத் தயாரிப்பில் பயன்படுகிறது. கரிம சிலிகன் சேர்மங்களைத் தயாரிப்பதிலும், அம்மோனியாவைப் போல் போர்முனையில் புகை மண்டலங்களைத் தோற்றுவிக்கவும் பயனாகிறது.

சிலிகேட் தொழில்கள்

(அ) **கண்ணாடி :** *கண்ணாடி என்பது என்ன? கண்ணாடியானது படிக உருவ மற்ற, ஒளி ஊடுருவக் கூடிய, நன்கு கலக்கப் பட்ட, பொட்டாசியம் அல்லது சோடிய உலோகத்தைப் பெருமளவு கொண்டுள்ள உலோகச் சிலிகேட்டு ஆகும்.*

கண்ணாடியின் இயைபு : *கண்ணாடியின் இயைபினைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.* x R_2O. y MO. 6 Si O_2 இங்கு R=Na,K, M=Ca, Pb, முதலியன. x, y என்பன R_2O, MO, மூலக்கூறுகள் எவ்வளவு என்பதைக் குறிக்கும். *சாதாரணக் கண்ணாடியின் இயைவினைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.*

சோடாச் சுண்ணாம்புக் கண்ணாடி: Na_2O. CaO. $6SiO_2$.

பொட்டாஷ் சுண்ணாம்புக் கண்ணாடி: K_2 O. CaO. $6SiO_2$.

பொட்டாஷ் லெட் கண்ணாடி. K_2 O. PbO. $6SiO_2$.

கண்ணாடியில் இன்னும் பல வகைகளுள்ளன. அவைகளைச் சிலிகேட்டுகள், போரேட்டுகளின் கலவையாகக் கருதலாம்.

கண்ணாடியைப் பெருமளவில் தயாரித்தல் : *கண்ணாடியைத் தயாரிப்பதற்கு வேண்டிய முக்கிய பொருட்கள் பின்வருமாறு:*

(1) *சிலிகா (க்வார்ட்ஸ், ஃப்ளின்ட் வடிவத்தில்)* (2) *பொட்டாசியம் கார்பனேட்* (3) *சோடியம் கார்பனேட்* (4) *லெட் ஆக்ஸைடு* PbO, *சிவப்பு லெட்,* Pb_3O_4, *வெள்ளை லெட்* (5) *சுண்ணாம்புக்கல்* $CaCO_3$, *மற்றவை பொருட்கள் டோலமைட், சோடியம் சல்ஃபேட்,சோடியம் நைட்ரேட், போரன் டிரை ஆக்ஸைடு முதலியவை ஆகும்.*

ஒரு குறிப்பிட்ட கண்ணாடி வகைக்குத் தேவையான பொருள்களைத் தகுந்த விகிதத்தில் கலந்து (குல்லெட் எனப் படும்) சிறிதே உடைந்த கண்ணாடித் துண்டுகளையும் இட்டுக் கலவையைத் தீச்சட்டியில் 1400°C*க்குச் சுட வேண்டும். சோடியம் நைட்ரேட்டு அல்லது ஆர்சினியஸ் ஆக்ஸைடைச் சேர்ப்பதால் கண்ணாடி சுத்தமாவும், நிறமற்றதாகவும், பளபளப்பு உடைய தாகவுமிருக்கும். இடப்பட்ட பொருளானது நன்கு உருகிச் சுத்த மாக இருக்கையில் குடேற்றுவதை நிறுத்த வேண்டும். தேவை யான வேலை செய்ய முடியும் அளவு, பிளாஸ்டிக் தன்மை பெறும் வரையில் வெப்ப நிலையைக் குறைத்து வர வேண்டும்.*

பொருட்களின் தன்மைக்கேற்ப, ஊதியோ அல்லது தக்க வடிவங்களிலிட்டோ கண்ணாடிக்கு உருவங் கொடுக்கின்றனர். கண்ணாடிப் பொருள்களின் வெப்ப நிலையை மிகவும் சிறிது சிறிதாகக் குறைத்து பொருள்கள் சிறு துண்டுகள் ஆகா வண்ணம் பார்த்துக் கொள்ளவேண்டும்.

கண்ணாடியின் சாதாரண வகைகள்

1 **சோடா கண்ணாடி அல்லது மென் கண்ணாடி :** இது கால்சியம், சோடியம் சிலிகேட்டுகளின் கலவையாகும். இதனை எளிதில் உருக்கலாம். ஜன்னல் கண்ணாடிப் பலகைகள், பல்புகள் செய்யப்பயன்படுகின்றது.

2 **பொட்டாஷ் கண்ணாடி அல்லது கடினக் கண்ணாடி :** இது பொட்டாசியம், கால்சியம் சிலிகேட்டுகளின் கலவையாகும். அதிக வெப்பநிலையைத் தாங்கி நிற்கும். வேதிப்பொருள்களால் பாதிக்கப்படுவதில்லை எனவே வேதிக்கருவிகளைச் செய்யப் பயனாகிறது.

3 **ஃப்ளின்ட் கண்ணாடி :** இது பொட்டாசியம், லெட்சிலிகேட்டுகளின் கலவையாகும். பளபளப்பாகவும், ஒளி ஊடுருவும் பண்பும் இதற்கு அதிகம். ஒளி விலகல் எண் அதிகம். ஒளியியற் கருவிகள் செய்யப் பயனாகிறது.

4 **ஜீனாக் கண்ணாடி :** இதில் சிறிது கார உலோகமும், பெரும் பங்கு அலுமினாகவும் பெற்றிருக்கும் கலவையாகும். மேலும் பேரியம், துத்தநாக ஆக்சைடுகளுடன் சிலிகாவிற்குப் பதிலாகப் போரான் டிரை ஆக்சைடும் கலக்கப்பட்டுள்ளன., உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் மென்மையடைகிறது. காரங்கள், அமிலங்களினால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. எனவே, சோதனைச் சாலையில் கலன்களைத் தயாரிக்கப் பயன்படுகிறது.

5 **பைரக்ஸ் கண்ணாடி :** இது ஒரு போரோசிலிகேட் கண்ணாடியாகும். SiO_2—80·6%, B_2O_3—11·9%, Na_2O 3·8%, மேலும் சிறிதளவு K_2O, CaO, MgO-வும் கலந்துள்ளன. இதன் வெப்ப பெருக்க எண் குறைவு. ஆதலால், ஆய்வுக்கூடப் பொருள்களைத் தயாரிப்பதிலும், சமையல் பாத்திரங்கள் செய்வதற்கும் பயனாகின்றன.

6 **சாதாரணக் கண்ணாடி :** இது சோடியம், கால்சியம், இரும்பு சிலிகேட்டுகளின் கலவையாகும். பச்சை நிறமாகவோ, பழுப்பாகவோ, மஞ்சளாகவோ இருக்கும்.

7. நிறமுடைய கண்ணாடி: தகுந்த ஆக்சைடுகளையோ அல்லது நன்கு பொடி செய்யப்பட்ட உலோகத்தையோ, உருகிய கண்ணாடியுடன் சேர்த்து உருவாக்கும்போது நிறம் உண்டாகிறது. கோபால்ட் அல்லது கோபால்ட் ஆக்சைடு நீல நிறத்தையும், Cr_3O_2, Fe_2O_3 பச்சை நிறத்தையும் தருகின்றன. MnO_2—ஊதா நிறத்தை கொடுக்கின்றது, நிறமேற்றப்பட்ட கண்ணாடிகள். ஜன்னல் கதவுகள், ஆடம்பரப் பொருட்கள், செயற்கை கற்கள் செய்யவும் உதவுகின்றன.

8. எனாமல்: கண்ணாடியை ஒளி கடத்தா வண்ணம் செய்வதற்கு வெள்ளீய ஆக்சைடு, பேரியம் சல்ஃபேட்டு முதலிய பொருட்களைச் சேர்க்கின்றனர். ஒளி கடத்தாத் தன்மைகளுக்கு 'எனாமல்' என்று பெயர். இவ்வாறு 'வெண்ணிற எனாமல்' கிடைக்கிறது.

9. குவார்ட்ஸ் கண்ணாடி: சிலிகாவானது மின்உலையில் உருக்கப்பட்டுக் குழல்கள், பேசின்கள், கலன்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. இதன் வெப்பப் பெருக்க எண் குறைவு, இதனை மிகவும் வெண்சூடேற்றி, நீரினுள் அமிழ்த்தினாலும் உடையாது. 1000C° வெப்பநிலை வரை தாங்கும். வேதி வினைப்பொருள்களினாலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

இந்தியாவில் கண்ணாடி தயாரித்தல் பெருமளவில் வங்காளத்திலும், பஞ்சாப் மாநிலத்திலும், தமிழ்நாட்டிலும் நடைபெறுகிறது. ஏறக்குறைய 97 தொழிற்சாலைகள் இந்தியாவில் உள்ளன.

(ஆ) பீங்கான்: (Ceramics)

மண்பாண்டங்கள் செய்யும் விதம் பீங்கான் பற்றிய அறிவுக்கு வித்திட்டது. மண்பாண்டங்கள் செய்யும் விதம் தொன்று தொட்டு நமக்குத் தெரிந்த ஒரு கலை. ஆங்கிலத்தில் 'சிராமிக்ஸ்' என்ற சொல் கிரேக்க மொழியிலுள்ள 'கெரமாஸ்' (Keramos) என்றதன் அடிப்படையில் எழுந்தது. 'கெரமாஸ்' என்றால் 'மண்பாண்டங்கள் என்று பொருள். களிமண்ணால் செய்யப்படுகின்ற அனைத்திற்கும் 'மண்பாண்டங்கள்' என அழைக்கிறோம்.

களிமண்ணின் பின்வரும் பண்புகளால்தான் பீங்கான் சாமான்கள் செய்யப் பயன்படுத்துகின்றனர். 1. ஈரமாயிருக்கும்போது, பிளாஸ்டிக் தன்மை மிகுதியால், அச்சுகளில் வார்க்கலாம், 2. அச்சுகளில் வார்க்கப்பட்ட பொருளானது அதிக,

வெப்பநிலைக்கு வெப்பப்படுத்தும்போது முன்னிருந்த அமைப்பி னில் மாறுதலில்லாமல் நன்கு கடினமாகின்றது. சூடான நிலை யில் உறுதியாகும் பிளாஸ்டிக் ஆகிறது. உலர்ந்ததும் தன் வடி வைப் பெறுகிறது.

முக்கியமான பீங்கான் சாமான்கள்

(அ) நுண்துளை இல்லாதன : சைனா பீங்கான், மண் பாண்டங்கள், கற்பாண்டங்கள்.

(ஆ) நுண்துளை கொண்டன : பளபளப்பில்லாத மட் பாண்டங்கள், ஓடுகளும் செங்கற்களும், வெப்பந்தாங்கவல்ல பொருள்களும் நுண்துளை கொண்டனவாகும்.

சைனா போர்சிலியன் : மண்பாண்டங்களில் விலை உயர்ந் தது. இப் பொருள்களில் 50% கயோலினும், 25% ஃபெல்ஸ் பாரும், 25%க்வார்ட்ஸும் தக்க விகிதத்தில் கலக்கப்பட்டுள்ளன. இவை பின் நீருடன் சேர்க்கப்பட்டு, பிளாஸ்டிக் பொருளாகி விரும்பிய அச்சுகளில் குயவனின் சக்கரத்திலோ அல்லது பிளாஸ் டர் ஆப் பாரிஸ் அச்சுக்களிலோ வார்க்கப்படுகின்றன. பிறகு எவ்வித வெடிப்பும் இல்லாதவாறு இவைகள் மெதுவாக உலர்த் தப்படுகின்றன. பிறகு அடுப்புக்கு முதன் முறையாக சுடுவதற்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. முதலில் சுடுவதன் காரணமாக மண்ணிற்கு உறுதியும், பளபளப்பும் ஏற்படுவதற்கு உரிய வசதி யும் கிடைக்கிறது.

பொருளானது தூளாக்கப்பட்ட ஃபெல்ஸ்பார், சிலிகா போராகஸ் கலவையினால் பூசப்பெற்று 'செக்கர்கள்' எனப்படு கின்ற களிமண் பெட்டிகளில் வைக்கப்பட்டு அதிக வெப்பநிலை யில் நீண்டநேரம் வெப்பப்படுத்தப்படுகிறது. மெல்லிய பூச்சுப் பொருள் உருகிப் பொருளின் மேற்பரப்பில் மெருகு உண்டாகி றது. இவ்வாறு பொருள்கள் மெருகிடப்படுகின்றன. எனவே போர்ஸலீன் பொருளைப் பாதிக் கண்ணாடியாகவும், பாதிக் கற்பாத்திரமெனவும் கருதலாம். கண்ணாடியைப் போன்று ஒளியை ஊடுருவிச் செலுத்தாவிடினும், சிறிதளவு ஒளியைக் கடத்துகிறது நிறமுடைய பொருள்களைத் தயாரிப்பதற்கு உலோக ஆக்ஸைடுகளைக் காரத்துடன் சேர்த்து உருக்கவேண்டும்.

1. கருவிகள் : வேதியியற் கருவிகளையும், மின் அரிதிற் கடத்திகளையும், வீட்டுச் சாமான்கள், ஆபரணங்கள் செய்ய வும் உதவுகின்றன.

2. கற்பாண்டங்கள் (Stone Wares) : களிமண்ணிலிருந்து பெறப்படும் ஒருவகை மட்பாண்டம் எஃகினால் கோடு கிழிக்க முடியாது. வேதிவினைப் பொருள்களால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஒளிபுகாத் தன்மை கொண்டது. இத்தன்மை கொண்டு இது பீங்கானிலிருந்து வேறுபடுகிறது. சற்றேசாம்பல் நிறத்திலிருக்கும்.

3. வெண்பாண்டங்கள் (White Wares) : பீங்கான் போன்று வெண்ணிறமாகவும், சற்று மென்மையானதும், சிறு துண்டுகளாக உடையக் கூடியதாயுமிருக்கும். இதனை மெருகிடவேண்டும்; மெருகிடுவதற்குக் களிமண், க்வார்ட்ஸ், கார் உலோகங்கள், சிவப்பு லெட் ஆகியன தேவைப்படுகின்றன. 1200—1300°C-ல் சுடப்பட்டு மெருகிட்டவுடன் சிறிது சற்றும் வலுவின்றி இன்னும் சுடப்பட வேண்டும். வெண்ணிறப் பீங்கான் தொட்டிகள், குளிக்கும் தொட்டிகள் இதனால் செய்யப்படுகின்றன.

4. சாதாரண மட்பாண்டங்கள் : பூச்சாடிகள், சமையல் சாமான்கள், முதலியவற்றிற்கு நுண்துளைகள் உண்டு. காரீய ஆக்ஸைடு கொண்டு மெருகிடப்படுகிறது. நிறமானது உலோக ஆக்சைடைக் கொண்டும், மஞ்சள் நிறம் இரும்பு ஆக்சைடைக் கொண்டும் தரப்படுகின்றன.

5. ஓடுகளும், செங்கற்களும் : இவைகள் 'லோம்' எனப்படும் செங்கல் மண் சுடப்படக் கிடைக்கிறது. இவைகளில் இரும்பு ஆக்ஸைடு இருப்பதால் சிவப்பாக உள்ளது. குறைந்த வெப்ப நிலையில் இவைகள் சூடேற்றப்படுவதால் நுண்துளைகள் மிகுதி.

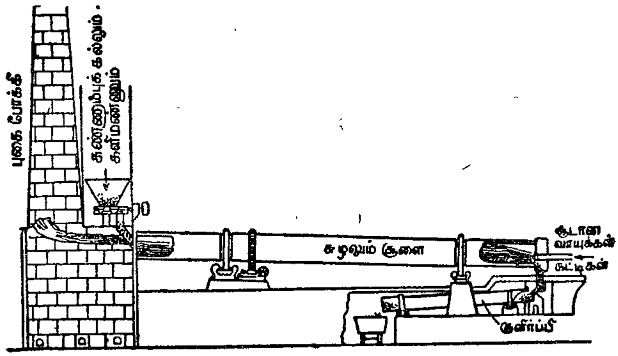
6. வெப்பந் தாங்கவல்ல பொருள்கள் : வெப்பந் தாங்கவல்ல பொருள்கள் தீக் க மண்ணால் செய்யப்படுகின்றன. தீக்களி மண்ணானது 42·45% Al_2O_3-யும், 50·54% SiO_2-ம் கொண்டிருப்பதால் தீக்கலன்களிலும், ஊது உலைகளிலும், உலைகளின் உட்பகுதியை அமைப்பதற்கும் பயன்படுத்துகின்றனர்.

இந்தியாவில் 170 பீங்கான் சாமான்கள் தயாரிக்கும் ஆலைகள் உள்ளன.

(இ) சிமெண்ட்

சிமெண்ட் என்பது நன்கு பொடியாக்கப்பட்ட அலுமினியம், கால்சியம் முதலிய உலோக சிலிகேட்டுகளின் கலவையாகும். பின்வரும் பொருள்கள் சிமிண்ட் தயாரிக்கப் பயனாகின்றன. சுண்ணாம்புக்கல் ($Ca\ CO_3$) களிமண் ($Si\ O_2$, $Al_2\ O_3$) இரண்டும்

3:1 என்ற விகிதத்தில் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டு, நன்கு பொடி செய்யப்பட்டு, நீண்ட, சாய்ந்திருக்கும் உட்புறத்தே தீச்செங்கற்களால் அமைக்கப்பட்ட வட்டவடிவமான சுழலும் சூளையில் இடப்படுகின்றது. (சூளையின் நீளம் 100-200' 6-10' விட்டம்).



படம் 41

சிமெண்ட் தயாரித்தல்

சுழலும் சூளை மெதுவாகச் சுழன்று கொண்டிருக்கும்போது, கீழ் முகப்பின் வழியாகச் சூடான காற்று செலுத்தப்படுகிறது. இதில் கார்பன் துகள்களும் மிகுதியாக இருத்தல் வேண்டும். சூடான காற்று 1400°C வரை வெப்பநிலையைக் கொடுத்துக் கலவையை உருக்குகிறது. சிமெண்ட் கட்டிகள் சுழன்றுக் கொண்டிருக்கும் மற்றொரு கலனில் விழுகின்றன. இக்கட்டிகள் நன்கு உடைக்கப்பட்டு 3% ஜிப்சத்துடன் கலக்கப்படுகிறது. பிறகு காற்றுப் புகாத பைகளில் அடைக்கப்படுகிறது. இது 'போர்ட்லெண்ட்' சிமெண்ட் ஆகும். சுண்ணாம்புக் கல் சிதைவுற்று கால்சியம் ஆக்ஸைடு வெளியிடப்பட, இக்கால்சியம் ஆக்ஸைடு $Si\ O_2\ Al_2\ O_3$ (களிமண்) உடன் வினைபுரிந்து கால்சியம் சிலிகேட், அலுமினியம் சிலிகேட் இரண்டையும் கொடுக்கிறது.

சிமெண்டின் கெட்டிப்படும் தன்மை

சிமெண்ட் நீருடன் கலக்கப்படும்போது, நீரை உறிஞ்சிக் கடினமடைகிறது. இது சிமெண்டின் கெட்டிப்படுந்தன்மையாகும். கெட்டிப் படுதலானது நீரேற்றல் வினைமூலமாக, கால்சியம், அலுமினியம் சிலிகேட்டுகள் சிதைவுறுகின்றன.

பயன்கள் : கட்டிடம் கட்டுவதற்குப் போர்ட்லெண்ட் சிமிண்ட் மிக உதவியாயிருக்கிறது. கான்கிரீட் கலவை தயாரிக்கப்

பயன்படுகிறது. கான்கிரீட் கலவையானது சிமெண்ட், கருங்கல், நீர் முதலியவற்றின் சேர்க்கையாகும். எஃகுக் கம்பிகளைக் கான்கிரீட் கலவையில் இருத்திச் செய்வதன் மூலம், வலுவூட்டப் பட்ட கான்கிரீட்டைத் தயாரிக்கலாம் இதன் இழு விசை அதிகம். எனவே, பாலங்கள், கூரைகள் அமைக்க இது உதவுகிறது.

வினாக்கள்

பகுதி A

I. கோடிட்ட இடங்களை நிரப்புக :

1. சிலிகாவினைக் கல்கரியுடன் சேர்த்து மின்உலையில் சூடேற்றும்போது ———— கிடைக்கிறது.
2. சிலிகாவைச் சுண்ணாம்புடன் சேர்த்துக் சூடேற்றும்போது ———— கிடைக்கிறது.
3. $SiO_2 + HF \longrightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$
4. டிரான்ஸிஸ்டர்களில் சிலிகன் ———— ஆகப் பயன்படு கிறது.
5. நீர்த்த காரங்களில் சிலிகன் கரைந்து ———— வாயு வெளியாகிறது.

II. பதில்களை ஒரு தொடரில் எழுதுக :

1. இயற்கையில் கிடைக்கும் சிலிகாவின் வடிவங்களை எழுதுக.
2. சிலிகாவை எரி சோடாவுடன் வினைபுரியச் செய்தால் என்ன ஏற்படுகிறது?
3. $SiCl_4$-ஐ நீராற் பகுக்க ஏற்படுகின்ற விளைபொருள்கள் யாவை?
4. சிலிகோன்களின் இரு பயன்களைக் குறிப்பிடுக.
5. கார்போரண்டத்தின் ஒரு பயனைக் குறிப்பிடுக.

III. பொருத்துக :

'அ'	'ஆ'
(1) சிலிகன் கார்பைடு	(a) Si C
(2) சிலிகோன்கள்	(b) கரிமக் கரைப்பான்களில் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

'அ'	'ஆ'
(1) கார்போரண்டம்	(a) புடக்குகைகள்
(2) சிலிகா	(b) வெப்பம் தாங்கவல்லது
(3) சிலிகன்	(c) குறைகடத்தி

வினைப்பொருள்கள்	விளைபொருள்கள்
1. $Si\,Cl_4 + H_2O$	$Na_2\,Si\,O_3 + H_2O$
2. $Si + H_2O$	$H_4\,Si\,O_4 + H\,Cl$
3. $Na\,OH + Si\,O_2$	$Si\,O_2 + H_2$

IV. சரியா அல்லது தவறா என்பதைக் குறிப்பிடுக :

1. மண்ணில் கிடைக்கும் தனிமங்களில் அதிக அளவில் பெறப் படும் இரண்டாவது இடத்தை வகிக்கும் தனிமம் சிலிகன் ஆகும்.
2. படிகக்கல் சிலிகாவின் பொதுவான வடிவங்களில் ஒன்றாகும்.
3. கார்பனையும், போரானையும் மின்உலையில் உருக்குவதன் மூலம் கார்போரண்டம் கிடைக்கிறது.

V. பலவாய்ப்பு வினாக்கள் :

1. சிலிகா ஒரு (அ) ஈரியல்பு ஆக்சைடு (ஆ) அமில ஆக்சைடு (இ) நடுநிலை ஆக்சைடு (ஈ) கார ஆக்சைடு.
2. நன்கு சூடேற்றப்பட்ட காரத்துடன் வினைபுரிந்து சிலிகன் கொடுப்பது (அ) ஆக்சிஜன் (ஆ) நீராவி (இ) ஹைட்ரஜன் (ஈ) மேற்கூறிய எதுவும் இல்லை.
3. பின்வருவனவற்றை நீராற் பகுத்தலால் சிலிகோன்கள் உண் டாகின்றன:

   (அ) $Si\,O_2$ (ஆ) Si (இ) சிலிகன் கார்பைடு (ஈ) மேற்கண்ட எவற்றுடனுமில்லை.
4. சிலிகோன்கள் என்பன—

   (அ) நீண்ட சங்கிலித் தொடர் போன்ற பல படிசேர்மங்கள்.

   (ஆ) சிலிகனின் ஆக்சைடுகள் (இ) சிலிகனின் ஹைட்ரைடுகள்.

   (ஈ)சிலிகனின் ஆக்சிஅமில உப்புகள்.
5. SiC-ன் உருகுநிலை (அ) குறைவு (ஆ) மிகக்குறைவு. (இ) நடுத் தரமானது (ஈ) அதிகம்.

6. சிலிகா——(அ) HF (ஆ) HCI (இ) H1-இல் கரைகிறது.
7. ஆர்த்தோ சிலிசிக் அமிலத்தின் மூலக்கூறு வாய்ப்பாடு—
(அ) H_2 Si O_3 (ஆ) H_4 Si O_4 (இ) H_2 Si F_6

பகுதி B

1. பின்வரும் சமன்பாடுகளைப் பூர்த்தி செய்க.
   (i) $SiO_2 + 2\,Mg \longrightarrow 2\,MgO\ +$ ——
   (ii) $2\,Na\,SiO_3 + Hcl \longrightarrow 2\,Nacl +$ ——
2. படிக வடிவில் சிலிகன் எவ்வாறு தயாரிக்கப்படுகிறது?
3. சிலிகோன்கள் என்றால் என்ன? ஏதேனும் ஒரு தயாரிப்பு முறைப் பற்றி எழுதுக.
4. சிலேன் எவ்வாறு (அ)Ag NO_3 கரைசல் (ஆ) Cu SO_4 கரைசல் உடன் வினைபுரிகிறது?
5. (அ) சிலிசிக் அமிலம் (ஆ) சிலிகான் டெட்ராகுளோரைடு முதலியவை எங்ஙனம் தயாரிக்கப்படுகின்றன?
6. கண்ணாடி எனப்படுவது யாது? இதன் பலவகைகள் யாவை?
7. சிமெண்டின் கெட்டிப்படும் தன்மையைப் பற்றி குறிப்பு வரைக.
8. கார்போரண்டம் பற்றிக் குறிப்பு வரைக.

பகுதி C

1. சிலிகாவினைக் கொண்டு பின்வரும் பொருள்களை எவ் விதம் தயாரிக்கலாம்?
   (அ) Si Cl_4 (ஆ) H_2 Si F_6 (இ) Si
2. போர்ட்லெண்ட் சிமெண்ட் எவ்விதம் பெருமளவில் தயாரிக் கப்படுகிறது?
3. கண்ணாடி எங்ஙனம் பெருமளவில் தயாரிக்கப்படுகிறது? இதன் வெவ்வேறு வகைகளையும், பயன்களையும் குறிப் பிடுக.
4. சிலிகோன்களின் தயாரிப்பினை விவரி, அவற்றின் அமைப் பினைப்பற்றியும், அவற்றின் பயன்களைப் பற்றியும் குறிப்பு எழுதுக.
5. பின்வருவனவற்றுடன் சிலிகா எவ்விதம் வினை புரிகிறது?
   (அ) HF (ஆ) Ca O (இ) Na OH (ஈ) C

அத்தியாயம் 3

போரனும் அதன் சேர்மங்களும்

குறியீடு: B அணு எடை: 10·82 இணைதிறன்: 3
அணு எண்: 5 எலக்ட்ரான் அமைப்பு: 2, 3

போரன் இயற்கையில் தனிமமாகக் கிடைப்பதில்லை. மற்ற தனிமங்களுடன் ஒன்று சேர்ந்து போரிக் அமிலமாக (H_3BO_3) எரிமலைக் குழம்பிலும், போராகஸ் சேர்மமாகவும் $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) கோல்மனைட்டாகவும் $Ca_2B_6O_{11}\ 5.H_2O$) இவைகலி போர்னியாவிலும் (U.S.A.) சிலியிலும் (தென் அமெரிக்கா) கிடைக்கின்றன.

சிலிகனைப் போன்று, போரனும் இரண்டு புறவேற்றுமை உருவங்களாக கொண்டிருக்கிறது.

படிக உருவமற்ற போரன்: போரன் (III) ஆக்சைடை சோடியம், பொட்டாசியம் அல்லது மெக்னீசிய உலோகங்களைக் கொண்டு உருக்கும்போது போரன் கிடைக்கிறது.

$$B_2O_3 + 6K \rightarrow 2B + 3K_2O \ ;$$
$$B_2O_3 + 3Mg \rightarrow 2B + 3MgO$$

விளைந்த கலவையிலுள்ள உலோக ஆக்சைடை நீர்த்த HCl அமிலத்தில் சூடேற்றி கரைத்து நீக்கினால், கரும்பழுப்பு நிறத் தூளாகப் படிக உருவமற்ற போரன் கிடைக்கிறது

படிக உருவமுள்ள போரன்: (1) போரன் (III) குளோரைடு அல்லது புரோமைடை ஹைட்ரஜனைக் கொண்டு ஒடுக்குகையில் (1200°C) படிக உருவமுள்ள போரன் கிடைக்கிறது.

$$2BCl_3 + 3H_2 \longrightarrow 2B + 6HCl$$

போரனின் இயற்பண்புகள்: படிக உருவமற்ற போரன் பழுப்பு நிறமாக இருக்கும். படிக உருவமுள்ள போரன் சாம்பல் நிறமுடையது. இவற்றின் அடர்த்தி முறையே 1·73, 2·34 ஆகும். போரனின் உருகுநிலை 2300°C, கொதிநிலை 2500°C. வைரத்தைப் போன்று கடினமானது. அது ஒரு அரிதில் கடத்தியாகும். இது ஒரு

மந்தமான திண்மம் ஆகும். படிக உருவமற்ற போரன் படிக உருவமுள்ள போரனைவிட ஆற்றல் மிகுந்து காணப்படுகிறது.

போரனின் வேதிப் பண்புகள்: (1) படிக உருவமற்ற போரனை 700°Cக்கு வெப்பப்படுத்தும் போது, காற்றில் எரிந்து போரன் (III) ஆக்சைடு, போரன் நைட்ரைடு அடங்கிய கலவையைத் தருகிறது.

$$4B + 3O_2 \longrightarrow 2B_2O_3$$
$$2B + N_2 \longrightarrow 2BN$$

(2) உயர்ந்த வெப்பநிலையில் மெக்னீசியம், குளோரின், கார்பன், போன்ற தனிமங்களுடன் போரன் வினைபுரிகிறது.

செஞ் சூட்டில்: $2B + 3Cl_2 \rightarrow 2BCl_3$,

$$2B + 3Mg \rightarrow Mg_3B_2$$

மின் உலையில்: $4B + C \rightarrow B_4C$ (போரன் கார்பைடு)

(3) அடர் நைட்ரிக் அமிலம் போரனை போரிக் அமிலமாக மாற்றுகிறது.

$$B + 3HNO_3 \longrightarrow H_3BO_3 + 3NO_2$$

(4) சிலிகனைப் போன்று, போரனானது அடர் காரக் கரைசல்களிலிருந்து ஹைட்ரஜனை வெளியேற்றுகிறது.

$$2B + 6KOH \longrightarrow 2K_3BO_3 + 3H_2\uparrow$$

வேதியியல் வினைகளில் போரன் சிலிகனை ஒத்துள்ளது.

பயன்கள்: படிக உருவமுள்ள போரன் அதிக கடினத்தன்மையுடையது; எனவே, அது தேய்க்கும் பொருளாகப் பயன்படுத்தப் படுகிறது. தாமிரத்திலிருந்து ஆக்சிஜனை நீக்க போரன் உதவுகிறது.

போரான் (III) ஆக்சைடு B_2O_3

இதை போரிக் அமில நீரிலி என்று அழைக்கின்றனர். போரானை ஆக்சிஜனில் எரித்தோ, போரிக் அமிலத்தைச் செஞ் சூட்டு நிலைக்குச் சூடேற்றியோ இதைப் பெறலாம்.

$$4B + 3O_2 \rightarrow 2B_2O_3;$$
$$2H_3BO_3 \rightarrow B_2O_3 + 3H_2O$$

இது கண்ணாடி போன்ற தோற்றமுடைய ஒரு திண்மம். நீர் உறிஞ்சும் தன்மையுடையது. நீரில் கரைந்து போரிக் அமிலமாகிறது.

$$B_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2H_3BO_3$$

இது உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் உலோக உப்புகளுடன் வினை புரிந்து நிறமுடைய குண்டுமணிகளைத் தருகிறது. தாமிர சல்பேட்டை போரன் (III) ஆக்சைடுடன் வெப்பப்படுத்தும் பொழுது குப்ரிக் மெட்டா போரேட்டு கிடைக்கிறது.

$$CuSO_4 + B_2O_3 \xrightarrow{\Delta} Cu(BO_2)_2 + SO_3$$

இவ்வினை போரக்ஸ் மணி ஆய்வுக்கு ஆதாரமாய் விளங்குகிறது உலோக போரேட்டுகளின் நிறத்தைக் கொண்டு, உலோகத்தைக் கண்டறியலாம்.

போரன் தயாரிக்கவும், வெப்பம் தாங்கி நிற்கக்கூடிய கண்ணாடி தயாரிக்கவும் B_2O_3 பயன்படுகிறது.

போரிக் அமிலம்

திடநிலையில் இவ்வமிலமானது மூன்று வகைகளில் கிடைக்கிறது.

(1) ஆர்த்தோ-போரிக் அமிலம், H_3BO_3 (2) மெட்டா-போரிக் அமிலம், HBO_2 (3) பைரோ-போரிக் அமிலம், $H_2B_4O_7$. நீர்த்த கரைசல்களில் மெட்டா-பைரோ-போரிக் அமிலங்கள், ஆர்த்தோ-போரிக் அமிலமாக மாற்றப்படுகின்றன.

ஆர்த்தோ போரிக் அமிலம் H_3BO_3

போராக்ஸ் பூரித கரைசலை அதிக அளவு அடர்H_2SO_4 அமிலத்துடன் சேர்த்துக் காய்ச்சி கலவையைக் குளிரச் செய்தால், போரிக் அமிலத்தின் படிகங்கள் கிடைக்கின்றன.

$$Na_2B_4O_7 + H_2SO_4 + 5H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + 4H_3BO_3$$

பண்புகள் : இது மென்மையான படிகத் திடப்பொருள். தொடுவதற்கு வழவழப்பாய் இருக்கும். குளிர்ந்த நீரில் சிறித ளவு கரையும்; சுடுநீரில் அதிகம் கரையும். நீராவியில் எளிதில் ஆவியாகி சுடருடன் பச்சை நிறத்தைத் தரும். போரிக் அமிலத்தின் ஆல்கஹால் கரைசலானது, பச்சைநிற விளிம்புச் சுடரைத் தருகிறது. (எத்தில்போரேட் எரிவதால்) பண்பறி பகுப்பில், போரிக் அமிலத்தையும் அதன் உப்புகளையும் கண்டறிவதற்கு மேற்கண்ட சோதனைப் பெரிதும் உதவுகிறது.

இதைச் சூடேற்றினால், வெப்ப நிலைக் கேற்ப படிபடியாகச் சிதைகிறது.

100°C: $H_3BO_3 \rightarrow H_2O + HBO_2$ (மெட்டா-போரிக் அமிலம்)
140°C: $4\,HBO_2 \rightarrow H_2O + H_2B_4O_7$ (பைரோ-போரிக் அமிலம்)
அதிக வெப்பநிலை : $H_2B_4O_7 \rightarrow H_2O + 2\,B_2O_3$ (போரன் (III) ஆக்ஸைடு)

போரிக் அமிலம் ஒரு வீரியம் குறைந்த அமிலம். நீர்த்த போரிக் அமிலம் நீல லிட்மஸ்தாளை கொஞ்சம் சிவப்பாக மாற்றுகிறது. டர்மரிக் தாளை பழுப்பாக மாற்றுகிறது. காரத்துடன் இதனை துல்லியமாக தரம்பார்க்க இயலாது.

பயன்கள் : மருத்துவத் துறையிலும், அறுவைச் சிகிச்சைகளிலும் போரிக் அமிலம் நச்சுக் கொல்லியாகப் பயன்படுகிறது. மிக நீர்த்த கரைசல் கண்களைக் கழுவப் பயன்படுகிறது. பால் போன்ற உணவுப் பண்டங்கள் கெடாமல் பாதுகாக்க இது உதவுகிறது. கண்ணாடி, பீங்கான், சோப்பு ஆகியவைகளைத் தயாரிக்க இது பயன்படுகிறது.

போரக்ஸ் $Na_2\,B_4\,O_7\ \ 10\,H_2\,O$

இயற்கையில் டின்கல் (Tincal) என்ற வகையாக இது காணப்படுகிறது. இந்தியா, திபேத், கலிஃபோர்னியா முதலிய இடங்களில் வறண்ட ஏரிகளில் காணப்படுகிறது. இயற்கையில் கிடைக்கும் டின்கலை நன்கு தூள் செய்து நீருடன் சேர்த்து ஆவியாக்கி குளிரச் செய்தால் போராக்ஸ் படிகங்கள் கிடைக்கின்றன.

பண்புகள்; இது ஒரு வெண்ணிறப் படிகம் ஆகும். நீரில் கரையும். (1) போராக்ஸ் கரைசல் சிறிதளவு காரத்தன்மை கொண்டது. நீராற் பகுத்தல் வினைக்கு உள்ளாகிறது.

$$Na_2\,B_4\,O_7 + 7\,H_2\,O \rightleftharpoons 2Na\,OH + 4H_3\,BO_3$$

(2) சூடேற்றினால் படிக நீரை இழக்கிறது, பருமன் அதிகரிக்கிறது. தொடர்ந்து சூடேற்றினால், உருகிக் கண்ணாடிப் போன்ற தோற்றமுடைய திண்மமாக மாறுகிறது. இதில் சோடியம் மெட்டா போரேட்டும் போரான் (III) ஆக்சைடும் உள்ளன.

$$Na_2\,B_4O_7.\,10\,H_2\,O \xrightarrow{\Delta} Na_2\,B_4\,O_7 + 10\,H_2\,O;$$

$$Na_2\,B_4\,O_7 \xrightarrow{\Delta} \underbrace{2\,Na\,BO_2 + B_2\,O_3}$$

இதனுடன் உலோக ஆக்சைடுகளைச் சேர்த்து உருக்கினால் பல வித நிறங்களுடைய போராக்ஸ் மணிகள் (Borax Beads) உண்டா

கின்றன. இவற்றின் நிறத்திலிருந்து உலோக உறுப்புகளை நாம் கண்டறிய முடிகிறது.

$$CuO + B_2O_3 \longrightarrow Cu(BO_2)_2$$ நீலம்

உலோகச் சேர்மங்கள்	ஆக்சிஜனேற்றச் சுடரில் நிறம்	ஒடுக்கும் சுடரின் நிறம்
தாமிரச் சேர்மங்கள்	நீலம்	சிவப்பு
இரும்பு சேர்மங்கள்	மஞ்சள்	பச்சை
மாங்கனீஸ் சேர்மங்கள்	பிங்க்	நிறம் இல்லை
கோபால்ட் சேர்மங்கள்	நீலம்	நீலம்
குரோமியம் சேர்மங்கள்	பச்சை	பச்சை
நிக்கல் சேர்மங்கள்	சிவப்பும் பழுப்பும்	பச்சை

பயன்கள்: பண்பறி பகுப்பில் உலோக உறுப்புகளைக் கண்டறிய இதைப் பயன்படுத்துகிறோம். கண்ணாடி, பீங்கான், சோப்பு ஆகியவை தயாரிக்க இது பயன்படுத்தப்படுகிறது. துணி, காகிதம் ஆகியவற்றிற்குப் பளபளப்பை உண்டாக்கவும் இதை உபயோகிக்கின்றனர். உணவு சம்பந்தப்பட்ட பொருள்கள் கெடாவண்ணம் பாதுகாக்க உதவுகிறது. மெழுகுத் திரிகள் உறுதியுடன் ஒட்டிக் கொள்ள உதவுகிறது. உலோகங்களை உருக்கிப் பிணைக்கும் போது, பிணைப்புகளில் ஆக்சைடுகள் ஏதேனும் இருப்பின், அவற்றை நீக்க இளக்கியாகப் (flux) பயன்படுகிறது.

போரன் (III) ஃபுளோரைடு

போரன் (III) ஆக்சைடுடன் கால்சியம் ஃபுளோரைடும், அடர் கந்தக அமிலமும் சேர்த்துச் சூடேற்றி இதைப் பெறலாம்.

$$B_2O_3 + 3CaF_2 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 2BF_3 + 3CaSO_4 + 3H_2O$$

பண்புகள்: இது நிறமற்ற வாயு, கார நெடியுள்ளது. ஈரக் காற்றில் புகைக்கிறது.

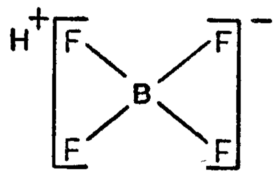
நீராற் பகுக்கப்பட்டு போரிக் அமிலத்தையும், ஹைட்ரோ ஃபுளூவோபோரிக் அமிலத்தையும் தருகிறது.

$$4BF_3 + 3H_2O \longrightarrow H_3BO_3 + 3HBF_4$$ (Hydrofluoboric acid)

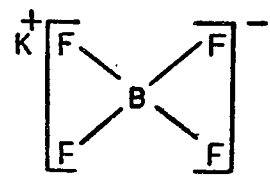
போரன் (III) ஃபுளோரைடு அதிக அளவுள்ள ஹைட்ரஜன் ஃபுளூரைடுடன் வினைபுரிந்து, ஹைட்ரோ ஃப்ளூவோபோரிக் அமிலத்தைத் தருகிறது.

$$BF_3 + HF \longrightarrow HBF_4$$

ஹைட்ரோ ஃப்ளுவோ போரிக் அமிலமானது, (HBF_4) போரோ ஃப்ளுரைடு சேர்மங்களைத் தருகிறது. இவற்றில் போரானுக்கு நான்கு இணைத்திறன்கள் உண்டு.



ஹைட்ரோஃப்ளுவோ போரிக் அமிலம்



பொட்டாசியம் போரோஃபுளோரைடு

BCl_3-ஐப் போன்று BF_3யும் இரண்டு எலெக்ட்ரான்களை வாங்கிக் கொள்ளும் இயல்புடையது. $H_3N{:}\longrightarrow BF_3$

வினாக்கள்

பகுதி A

I. கோடிட்ட இடங்களை நிரப்புக:

1. BF_3 நீரில் கரைந்து அக்கரைசலில்———— உம்———— உம் இருக்கின்றன.
2. 100°Cக்கு ஆர்த்தோ போரிக் அமிலத்தைச் சூடேற்ற———— ———— கிடைக்கிறது.
3. செஞ்சூடேற்ற ஆர்த்தோ போரிக் அமிலம் ———— கொடுக்கிறது.
4. போரேட்டை ஆல்கஹால், அடர் கந்தக அமிலத்துடன் சூடேற்ற ———— ஆவி வெளிவந்து ———— எரிகிறது.
5. போராக்ஸின் மூலக்கூறு வாய்ப்பாடு ————

II. பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பூர்த்தி செய்க:

1. $BCl_3 + H_2O \longrightarrow HCl +$
2. $BF_3 + H_2O \longrightarrow H_3BO_3 +$

III. பதில்களை ஒரு தொடரில் தருக:

1. போரானின் முக்கியமான இரு கனிமங்களைக் குறிப்பிடுக
2. B_2O_3 எங்ஙனம் H_3BO_3-ஆக மாற்றப்படுகிறது?
3. போராக்ஸின் மூன்று பயன்களைக் குறிப்பிடுக.
4. எவ்வாறு மெட்டாபோரிக் அமிலமானது போரிக் நீரிலியாக மாற்றப்படுகிறது?

IV. பொருத்துக:

'அ'	'ஆ'
போராக்ஸ்	$NaBO_2$
கோல்மினைட்	$Na_2B_4O_7 . 10H_2O$
சோடியம் மெட்டாபோரேட்டு	$Ca_2B_6O_{11} . 5H_2O$

V. சரியா அல்லது தவறா என்பதை குறிப்பிடுக :

1. போரான் ஒரு உலோகம்.
2. போரான் புறவேற்றுமை உருவங்களில் காணப்படுகிறது.
3. போரான் வெப்பத்தையும், மின்சாரத்தையும் எளிதில் கடத்தும்.
4. போரிக் அமிலம் நச்சுக் கொல்லியாகப் பயனாகிறது.

VI. பலவாய்ப்பு வினாக்கள்:

1. B_2O_3 - என்பது ஒரு (அ) அமில ஆக்ஸைடு (ஆ) நடுநிலை ஆக்ஸைடு (இ) கார ஆக்சைடு (ஈ) ஈரியல்பு ஆக்ஸைடு ஆகும்.
2. பின்வரும் எவ்வினை மூலமாகத் தூய்மையான போரான் கிடைக்கிறது?

   (அ) B_2O_3-ஐ சோடியம் அல்லது பொட்டாசியத்துடன் சூடேற்றும்போது—

   (ஆ) B_2O_3-ஐ ஹைட்ரஜனுடன் சேர்க்கும் போது—

3. BF_5-ஐ நீராற் பகுக்கும் போது கிடைக்கும் பொருள்களுள் ஒன்று.
(அ) மெட்டாபோரிக் அமிலம் (ஆ) ஆர்தோபோரிக் அமிலம்
(இ) பைரோ-போரிக் அமிலம் (ஈ) B_2O_3

பகுதி B

1. ஆர்த்தோ-போரிக் அமிலம் எவ்வாறு தயாரிக்கப்படுகிறது?
2. போரேட்டுகளைக் கண்டறிய உதவும் ஒரு சோதனையை விவரி?
3. போராக்ஸ் எவ்வாறு பெறப்படுகிறது?
4. போராக்ஸ் மணிச் சோதனையின் தத்துவத்தை விளக்குக.
5. போராக்ஸிலிருந்து BF_3 எவ்விதம் தயாரிக்கப்படுகிறது?
6. பின் வரும் சேர்மங்களின் ஒவ்வொன்றுக்கும் இரு பயன்களைத் தருக:
(அ) போராக்ஸ் (ஆ) போர்மிக் அமிலம்.
7. பின் வரும் மாற்றங்கள் எவ்விதம் நிகழ்த்தப் பெறுகின்றன?
(அ) B_2O_3-யிலிருந்து BF_3 (ஆ) BF_3-யிலிருந்து H_3BO_3

பகுதி C

1. இயற்கையில் போரன் எவ்வாறு கிடைக்கிறது? அதன் தாது ஒன்றிலிருந்து அது எவ்வாறு பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது?

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்