

அலகு - V

கரைசல்கள்

(Solutions)

ஒரு கரைசல் என்பது ஒன்றுடன் ஒன்று வேதி வினை புரியாத இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வேதிப்பொருள்களின் ஒரு படித்தான கலவையாகும்.

கரைசல் என்பது ஒரேயொரு நிலைமையைக் கொண்டதாகும். ஒரு கரைசல் என்பது வாயு, நீர்மம் அல்லது திண்மத்தால் ஆனதாக இருக்கலாம்.

ஈரினக் கரைசல் ஒன்றில் இரு கூறுகள் இருக்கும். ஒரு கரைசலில் மிகுதியாக உள்ள கூறுகள் கரைப்பான் எனவும், குறைவாக உள்ள கூறுகள் கரைபொருள் எனவும் கூறப்படுகிறது. வெவ்வேறு வகைக் கரைசல்களுக்கான எடுத்துக்காட்டுகள் வருமாறு :

நீர்மக் கரைசல்கள்

- i. ஒரு நீர்மம் மற்றொரு நீர்மத்தில் கரைந்துள்ள கரைசல்.
எடுத்துக்காட்டு : ஆல்கஹால் + நீர்.
- ii. ஒரு திண்மம் ஒரு நீர்மத்தில் கரைந்துள்ள கரைசல்.
எடுத்துக்காட்டு : சோடியம் குளோரைடு + நீர்.
- iii. ஒரு வாயு ஒரு நீர்மத்தில் கரைந்துள்ள கரைசல்.
எடுத்துக்காட்டு : கார்பன் டை ஆக்சைடு + நீர்.

நீர்மத்தில் நீர்மக் கரைசல்கள் (Solutions of Liquids in Liquids)

இரு நீர்மங்களின் ஒரு படித்தான அல்லது பல படித்தான கரைசல் ஈரின கரைசல் எனப்படுகிறது. எனவே, ஈரின கரைசல் இரு கூறுகள் கொண்ட அமைப்பாகும்.

இரு நீர்மங்களின் கரைதிறன் வெப்ப நிலையை பொருத்தும் அழுத்தத்தை பொறுத்தும் வேறுபடும் தன்மை கொண்டது, இக்கரைசல்களின் இயைபு மீது ஏற்படும் அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலை ஆகியவற்றின் விளைவுகளை P - C மற்றும் T - C நிலைமை வரைபடம் விளக்குகிறது.

வேதி வினைகளில் ஈடுபடாத இரண்டு நீர்மங்களை கலக்கும் போது அவற்றின் கரைதிறனை பொறுத்து மூன்று வகையான கரைசல்கள் கிடைக்கின்றன.

- i. முற்றிலும் கரையும் கரைசல்கள் (miscible liquids)
- ii. பகுதியளவு கரையும் கரைசல்கள் (partially miscible liquids)
- iii. முற்றிலும் கரையாத கரைசல்கள் (immiscible liquids)

இரு நீர்மங்கள் எல்லா விகிதங்களிலும் கரையும் போது முற்றிலும் கரையும் ஈரின கரைசல் கிடைக்கின்றது.

முற்றிலும் கரையும் கரைசல்களை அவற்றின் தன்மைக்கு ஏற்ற கீழ்க்கண்ட இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

1. சீர்மைக் கரைசல்கள் அல்லது நல்லியல்பு கரைசல்கள் (Ideal solutions)
2. சீர்மையற்ற கரைசல்கள் அல்லது இயல்புக் கரைசல்கள் (Non - ideal solutions)

நல்லியல்பு கரைசல்கள் (அ) சீர்மை கரைசல்கள் (Ideal solutions)

ஒரு நல்லியல்புக் கரைசலில் உள்ள மூலக்கூறுகள் எத்தன்மைத்தாயினும் அவை ஒன்றினை ஒன்று சமநிலையுடன் ஈர்க்கும். A-யில் B கரைந்துள்ள ஒரு நல்லியல்புக் கரைசலை எடுத்துக் கொள்வோமாயின் அதில் A க்கும் A க்கும் B க்கும் B க்கும் மற்றும் A க்கும் B க்குமிடையேயான ஈர்ப்பு விசைகள் சமமாக இருக்கும்.

வரையறை :

அனைத்து அடர்வுகளிலும் எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் ரவுஸ்ட் விதியை பின்பற்றும் கரைசல்கள் சீர்மை அல்லது நல்லியல்பு கரைசல்கள் எனப்படும்.

நல்லியல்பு கரைசல்களின் பண்புகள் :

1. கரைசலின் பண்பு இரு நீர்மங்களின் பண்புகளின் கூட்டுத்தொகையாக அமைகிறது.
2. இரு நீர்மங்களின் மூலக்கூறுகளுக்கிடையே ஈர்ப்பு விசைகள் இல்லை.
3. கரைசலை தயாரிக்கும் போது கனஅளவு மாற்றம் ஏற்படுவதில்லை. அதாவது $\Delta V_{mix} = 0$.
4. கரைசல்களை தயாரிக்கும் போது வெப்ப மாற்றம் ஏற்படுவதில்லை. அதாவது $\Delta H_{mix} = 0$
5. கரைசலை தயாரிக்கும் போது என்கிறோம். அதிகரிக்கிறது. அதாவது $\Delta S_{mix} > 0$
6. நல்லியல்பு கரைசல்களில் ஒரு நீர்மத்தின் வினைதிறன் (activity) அதன் மோல் பின்னத்திற்கு சமமாக இருக்கும்.
7. நல்லியல்பு கரைசல் எல்லா வெப்ப அழுத்த நிலைகளிலும் ரவுஸ்ட் விதியை பின்பற்றுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு :

1. பென்சீன் மற்றும் டொலுயீன்
2. பென்சீன் மற்றும் ஈதர்
3. n - ஹெக்ஸேன் மற்றும் n - ஹெப்டேன்

நல்லியல்பற்ற அல்லது சீர்மையற்ற கரைசல்கள் (Non - ideal solutions)

சீர்மையற்ற கரைசல் ஒன்றில் உள்ள மூலக்கூறுகள் அவற்றின் தன்மையைப் பொருத்து ஒன்றினையொன்று வேறுபட்ட விசைகளுடன் ஈர்க்கும். A-யில் B கரைந்துள்ள சீர்மையற்ற கரைசல் ஒன்றில் A-க்கும் A-க்கும் B-க்கும் B-க்கும் மற்றும் A-க்கும் B-க்கும் இடையேயான ஈர்ப்புவிசை சமமாக இருக்காது.

- இத்தகைய கரைசலின் மொத்த கனஅளவு அதன் கூறுகளின் கனஅளவுகளினுடைய கூட்டுத் தொகைக்கு சமமாக இருக்காது.
- இத்தகைய கரைசல்களின் கூறுகளைக் கலக்கும் போது வெப்பம் வெளிவிடப்படும் அல்லது உறிஞ்சப்படும்.

வரையறை :

அனைத்து அடர்வுகளிலும் எல்லா வெப்பநிலையிலும் ரவுல்ட் விதியை பின்பற்றாத கரைசல்கள் சீர்மையற்ற அல்லது நல்லியல்பற்ற அல்லது இயல்பு கரைசல்கள் எனப்படும்.

- ஆசிட்டோன் - கார்பன் டை சல்பேட்
- எத்தில் ஆல்கஹால் - குளோரோபார்ம்
- சைக்குளோபுரோப்பேன் - குளோரோபார்ம்

நல்லியல்பு அல்லது சீர்மை இயல்பிலிருந்து விலகுவதற்கான காரணம்:

ஒரு கரைசலிலுள்ள மூலக்கூறுகள், தத்தம் தன்மைகளைப் பொருத்து ஒன்றினை மற்றொன்று வேறுபட்ட விசைகளுடன் ஈர்ப்பு சீர்மை ஒழுகலாற்றினின்று விலகுவதற்கான காரணமாகும். A-யில் கரைந்துள்ள சீர்மையற்ற கரைசல் ஒன்றில் A-க்கும் A-க்கும், B-க்கும் B-க்கும் மற்றும் A-க்கும் B-க்குமிடையேயான ஈர்ப்பு விசைகள் சமமாக இராது.

ரவுல்ட் விதி (Raoult's law)

ஒரு கரைசலில் உள்ள நீர்மத்தின் ஆவி அழுத்தத்திற்கும் அந்நீர்மத்தின் மோல் பின்னத்திற்கும் உள்ள தொடர்பை ரவுல்ட் விதி விளக்குகிறது. இவ்விதியின் படி,

வரையறை :

மாறா வெப்பநிலையில், கரைசலில் உள்ள எளிதில் ஆவியாகும் நீர்மத்தின் பகுதி ஆவி அழுத்தம் என்பது தனித்த அந்நீர்மத்தின் ஆவி அழுத்தத்தை அதன் மோல் பின்னத்தால் பெருக்கக் கிடைக்கும் மதிப்பிற்குச் சமமாகும்.

A மற்றும் B ஆகிய இரு நீர்மங்கள் முற்றிலும் கரைந்து ஒரு நல்லியல்பு கரைசலை உண்டாவதாகக் கருதுவோம்.

ரவுல் விதியின் படி

$$P_A = P_A^{\circ} X_A$$

$$P_B = P_B^{\circ} X_B$$

இதில்

P_A = கரைசலில் நீர்மம் ஒ-யின் பகுதி ஆவி அழுத்தம்

P_A° = தூய நீர்மம் ஒ-யின் ஆவி அழுத்தம்

P_B = கரைசலில் நீர்மம் ழ-யின் பகுதி ஆவி அழுத்தம்

P_B° = தூய நீர்மம் ழ-யின் ஆவி அழுத்தம்

X_A = கரைசலில் நீர்மம் ஒ-யின் மோல் பின்னம்

X_B = கரைசலில் நீர்மம் ழ-யின் மோல் பின்னம் அதன் மோல்

ரவுல்ட் விதியிலிருந்து விலக்கம் அடைதல்

ஈரின கரைசல்களில் சில கரைசல்கள் மட்டுமே ரவுல்ட் விதியை அனைத்து அடர்வுகளிலும், அனைத்து வெப்ப நிலைகளிலும் பின்பற்றுகின்றன. இவை நல்லியல்பு கரைசல்கள் எனப்படுகின்றன.

பல ஈரினக்கரைசல்கள் அவற்றின் அனைத்து அடர்வுகளிலும் வெப்ப நிலைகளிலும் ரவுல்ட் விதியை பின்பற்றுவதில்லை, அவை. ரவுல்ட் விதியிலிருந்து விலக்கம் அடைகின்றன. இக்கரைசல்கள் இயல்பு கரைசல்கள் எனப்படுகின்றன. இயல்பு கரைசல்களின் விலக்கமடையும் தன்மைக்கேற்ப கீழ்க்கண்ட இரு வகைகளாக பிரிக்கப்படுகின்றன.

- i. ரவுல்ட் விதியிலிருந்து நேர்விலக்கம் அடையும் இயல்புக் கரைசல்கள்
- ii. ரவுல்ட் விதியிலிருந்து எதிர்விலக்கம் அடையும் கரைசல்கள்

ரவுல்ட் விதியிலிருந்து நேர்விலக்கம் அடையும் கரைசல்கள்

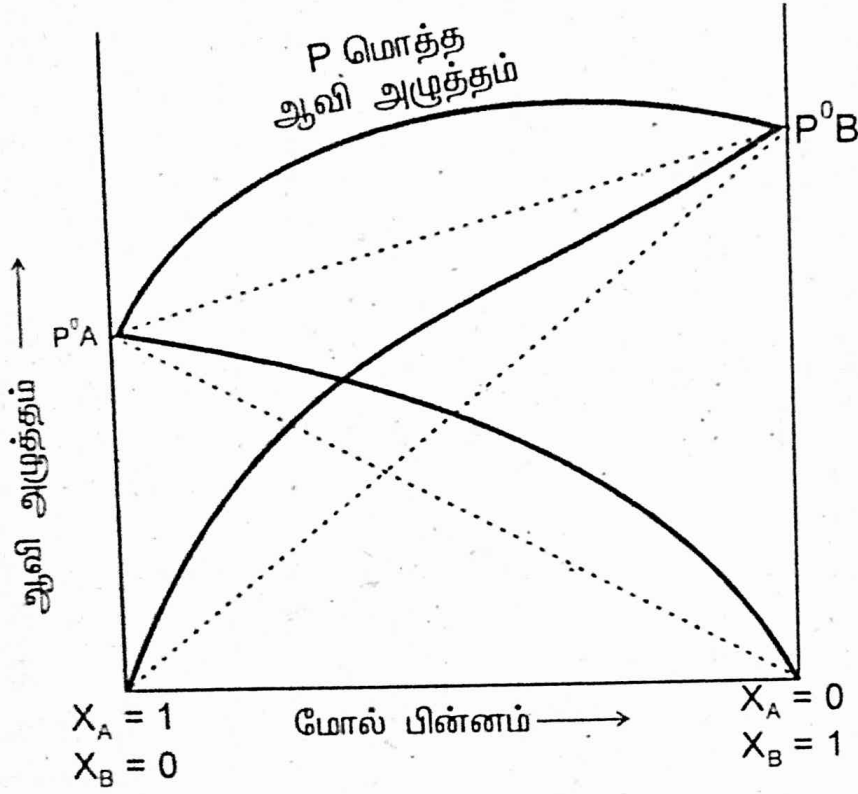
இத்தகைய கரைசல்களில் A-க்கும் B-க்கும் இடையேயான ஈர்ப்பு விசை A-A-க்கும் மற்றும் B-B-க்கும் இடையே உள்ள ஈர்ப்பு விசையை விட மிகக் குறைவாக இருக்கின்றது.

இத்தகைய கரைசல்களின் மொத்த ஆவி அழுத்தத்தை மோல் பின்னத்திற்கு எதிராக வரையப்பட்ட வரைகோடு படத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

இந்த அமைப்பில் ஒவ்வொரு நீர்மத்தின் பகுதி அழுத்தக் கோடும் சீர்மைக் கோட்டை விட உயர்ந்துள்ளது. அதாவது ரவுல்ட் விதி கொண்டு கணக்கிடப்படும் பகுதி அழுத்தங்களை விட ஆய்வுப் பகுதி அழுத்தங்கள் அதிகமாக உள்ளன. எனவே இவ்வமைப்பு ரவுல்ட் விதியிலிருந்து நேர்விலக்கைக் காட்டுகிறது.

ரவுல்ட் விதி எதிர்பார்ப்புகள் புள்ளி கோடுகளால் காட்டப்பட்டுள்ளன. மொத்த ஆவி அழுத்தம் ஒரு பெருமத்தைக் (maximum) கொண்டுள்ளது.

1. அசிட்லோன் - கார்பன் டை சல்பைடு
2. எத்தில் ஆல்கஹால் - நீர்
3. குளோரோபார்ம் - எத்தில் ஆல்கஹால்



நேர் விலக்கத்திற்கான காரணங்கள்

1. இரு திரவங்களின் முனைவுறும் தன்மை வெவ்வேறாக உள்ளன.
2. இரு திரவங்களின் இணைதல் வீதம் வெவ்வேறாக உள்ளன.
3. இரு திரவங்களின் சங்கிலி தொடர் அமைப்பு வேறுபட்டுள்ளது.
4. இரு திரவங்களின் அக அழுத்தம் வேறுபடுகிறது.

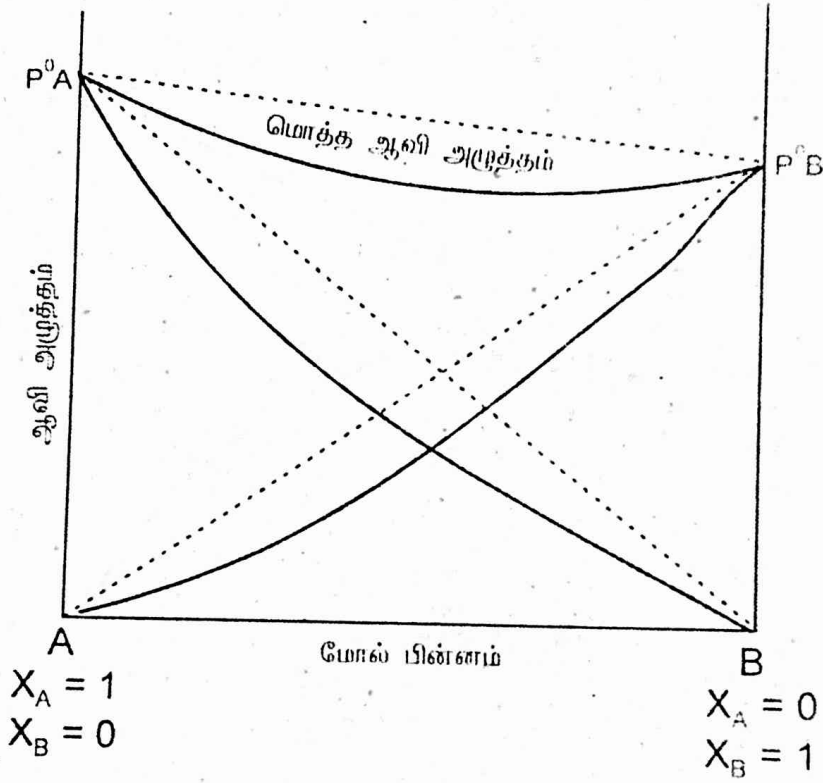
ரவுல்ட் விதியிலிருந்து எதிர்விலக்கம் கரையும் கரைசல்கள் :

இத்தகைய கரைசல்கள் A-க்கும் B-க்கும் இடையேயான ஈர்ப்பு விசை A - A க்கும் மற்றும் B - B க்கும் ஈர்ப்பு விசையை விட மிக அதிகமாக இருக்கின்றது.

இந்த அமைப்பில் ஆவி அழுத்த வரைகோடு ரவுல்ட் விதி கொண்டு போடப்படும் கோட்டை விடக் கீழே உள்ளது. அமைப்பு ரவுல்ட் விதியிலிருந்து எதிர் விலக்கு கொண்டுள்ளது. மொத்த ஆவி அழுத்தம் ஒரு சிறும் (minimum)

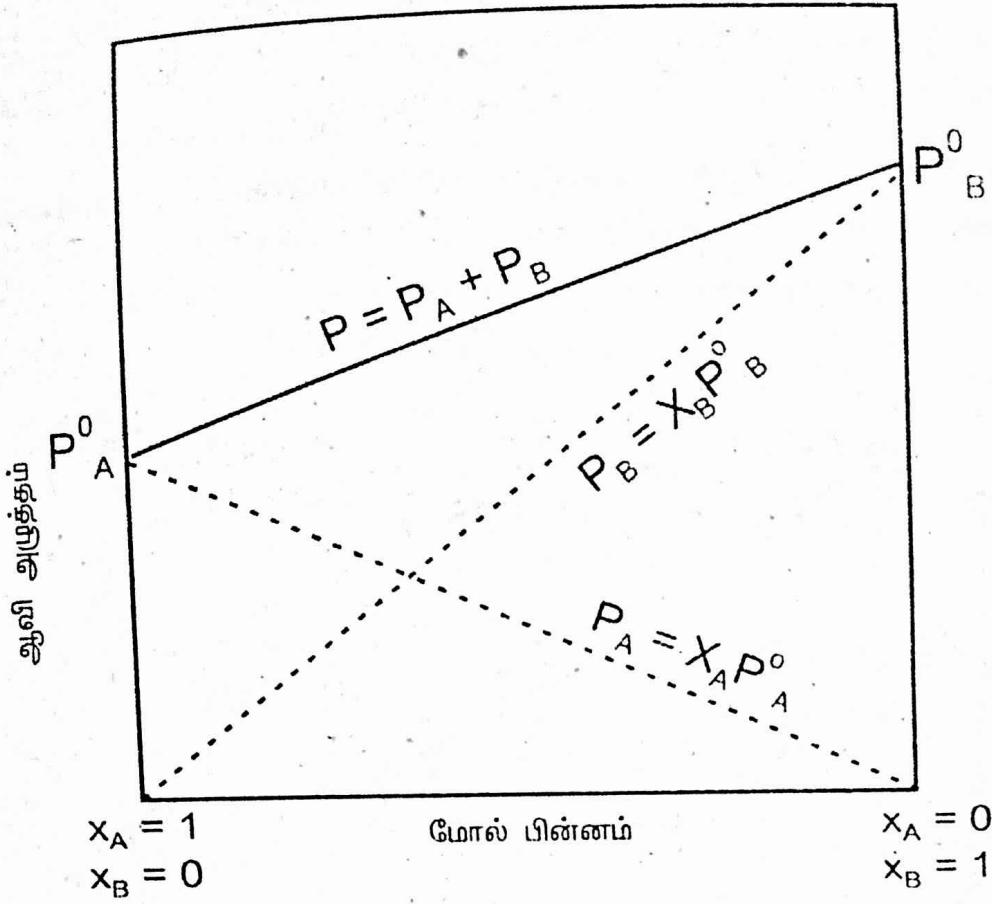
மதிப்புக் கொண்டுள்ளது. இம்மதிப்பு எந்த ஒரு நீர்மத்தின் தனி ஆவி அழுத்தத்தையும் விட குறைவாக உள்ளது.

- எ.கா. i. அசிடோன்-குளோரோபார்ம்
ii. பிரிடின் அசிட்டிக் அமிலம்
iii. ஹைட்ரோக்குளோரிக் அமிலம்-நீர்



எதிர் விலக்கத்திற்கான காரணங்கள்

1. இரு திரவங்களின் கரைசலில் ஹைட்ரஜன் பிணைப்பு உள்ளதால் எதிர்விலக்கம் காணப்படுகிறது.
2. இரு திரவங்களுக்கும் இடையில் வேதிவினை நிகழ்வதால் எளிதில் ஆவியாகாத அயனிகள் உருவாகின்றன. இதனால் அதிக எதிர்விலக்கம் அடைகிறது.



இந்த கரைசலின் அமைப்பு சீர்மையுடன் செயல்படுகின்றது. பென்சீன் மற்றும் டொலுவீன் ஆகியவற்றினுடைய பகுதி அழுத்தங்கள் பென்சீனுடைய மோல் பின்னத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளன. இந்த அமைப்பில் மொத்த ஆவி அழுத்தம் எப்போதும், தூய கூறுகளின் (நீர்மங்களின்) ஆவி அழுத்தங்களின் கூட்டுத் தொகைக்கு சமமாக உள்ளது. எனவே இது சீர்மையான அமைப்பு எனப்படுகிறது.

படத்தில் உள்ள புள்ளி கோடுகள் ஒ மற்றும் ழ யின் பகுதி அழுத்தங்களை குறிக்கின்றன.

$$A \text{ யின் பகுதி அழுத்தம், } P_A = x_A P_A^0$$

$$B \text{ யின் பகுதி அழுத்தம், } P_B = x_B P_B^0$$

$$\text{மொத்த ஆவி அழுத்தம் } P = P_A + P_B$$

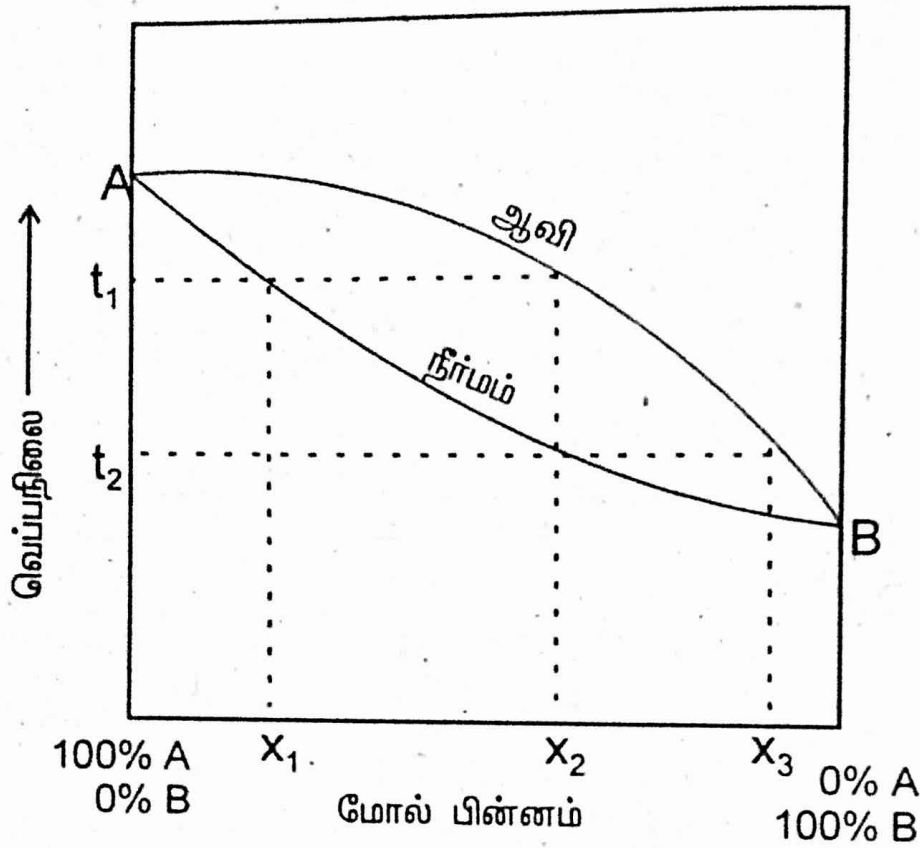
எடுத்துக்காட்டு

1. பென்சீன்-டொலுவீன்
2. வளைய ஹெக்சேன்-கார்பன் டெட்ராக் குளோரைடு

பின்னக்காய்ச்சி வடித்தலின் தத்துவம்

நல்லியல்பு கரைசல்களை படிப்படியாக வடித்தல் மூலம் நீர்மங்கள் தூயநிலையில் தனித்தனியே பிரிக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு பிரித்தெடுக்கும் முறைக்கு பின்னக்காய்ச்சி வடித்தல் எனப்படுகிறது.

பின்னக் காய்ச்சி வடித்தலின் தத்துவத்தை கீழ்க்கண்ட சீர்மைக்கரைசலின் கொதிநிலை - இயைபு வரைபடம் கொண்டு விளக்கலாம்.

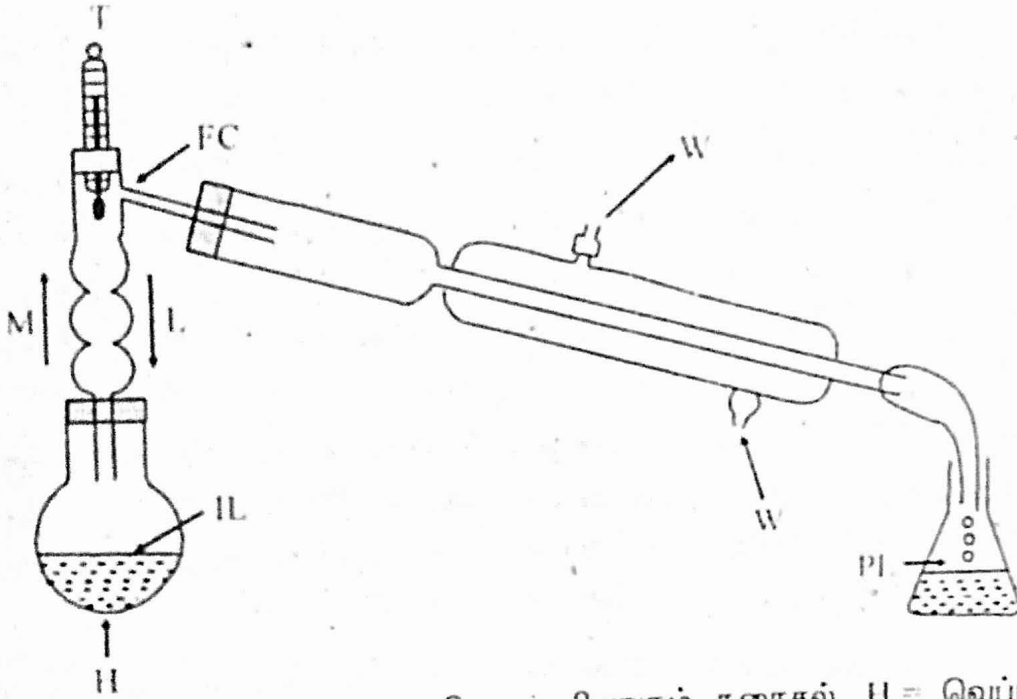


கரைசலின் இயைபு X_1 -ஐக் கொண்டுள்ள கரைசலை வெப்பப்படுத்த t_1 என்ற வெப்ப நிலையில் கரைசல் கொதிக்கிறது. இந்த வெப்பநிலையில் வெளிவரும் ஆவியின் இயைபு X_2 ஆகும். இதில் நீர்மம் எளிதில் ஆவியாகும் நீர்மம் B-யின் செறிவு X_1 விட அதிகமாக இருக்கும்.

இந்த ஆவியை பிரித்து குளிர்வித்து மீண்டும் குடு செய்த போது t_2 வெப்ப நிலையில் கரைசல் கொதிக்கிறது. இப்பொழுது வெளிவரும் ஆவியின் இயைபு X_3 ஆகும். இந்த ஆவியை பிரித்து குளிர்வித்தால் இதில் B -யின் செறிவு முன்பை விட அதிகமாக இருக்கிறது. இச்செயல் முறையை தொடர்ந்து மேற்கொண்டால் தூய B வடித்து பிரிக்கப்படுகிறது. எளிதில் ஆவியாகாத நீர்மம் A மீதமுள்ள நீர்மத்தில் தூய நிலையில் கிடைக்கிறது. எனவே, சீர்மைக் கரைசல்களை மேற்கண்ட பின்னக்காய்ச்சி வடித்தல் முறையில் அவற்றில் உள்ள கூறுகளை சுத்தமான நிலையில் தனித்தனியே பிரித்தெடுக்க முடியும் என்பது விளங்குகிறது.

பின்னக்காய்ச்சி வடிக்கும் முறை : (Fractional distillation)

சீர்மை கரைசலை பின்ன காய்ச்சி வடித்தல் மூலம் அதில் உள்ள கூறுகளை சுத்தமான நிலையில் தனித்தனியே பிரித்தெடுக்கலாம். பின்னக்காய்ச்சி வடித்தலுக்கு கீழ்க்கண்ட பிரிகை அடுக்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. பிரிகை அடுக்கின் மேல் பகுதியில் ஒரு வெப்பநிலைமானி பொறுத்தப்பட்டுள்ளது. கீழ் பகுதியில் பிரிக்கப்பட வேண்டிய கரைசலுடன் வட்டக்குடுவை பொருத்தப்பட்டுள்ளது. மேல் பகுதியில் உள்ள பக்க குழாயின் வழியாக குளிர்விப்பானும், சேகரிக்கும் கலனும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.



I = தூய கரைசல், M = அதிக ஆவியாகும் கரைசல், H = வெப்பம்,
L = குறைவாக ஆவியாகும் கரைசல், FC = பிரிகை அடுக்கு, W = நீர்

குடுவையில் உள்ள கலவையை நன்கு குடு செய்த பொழுது எளிதில் ஆவியாகும் நீர்மம் ஆவியாகி மேல் நோக்கி பிரிகை அடுக்கு வழியாக வருகிறது. இங்கு எளிதில் ஆவியாகாத நீர்மத்தின் ஆவி குளிர்விக்கப்பட்டு திரவமாகி மீண்டும் குடுவைக்கு வருகிறது. அப்போது புதிதாக மேல்நோக்கி வரும் குடான ஆவியை குளிர்வித்து அதில் உள்ள எளிதில் ஆவியாகாத நீர்மத்தை குடுவையை நோக்கி அடித்து வருகிறது. இதனால் எளிதில் ஆவியாகும் குறைந்த கொதிநிலை உடைய நீர்மம் சுத்தமான நிலையில் பக்கக் குழாய் வழியாக வெளி வந்து குளிர்விக்கப்பட்டு சேகரிக்கப்படுகிறது. எளிதில் ஆவியாகாத நீர்மம் வட்டக்குடுவையில் தங்கி விடுகிறது. குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் அவ்வப்போது வெளிவரும் நீர்மங்கள் இவ்வாறு தனித்தனியாக பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது.

சீர்மையற்ற கரைசல்கள் - கொதிநிலை மாறாக் கலவைகள்

சீர்மையற்ற கரைசல்கள் அல்லது இயல்புக் கரைசல்களை பின்னக்காய்ச்சி வடித்தல் மூலம் தனித்தனியாக பிரிக்க இயலாது. சீர்மையற்ற கரைசல்களில் அதிகபட்சமாக ஒரு நீர்மத்தை மட்டும் தூய நிலையிலும் மற்றும் இரு நீர்மங்களும் குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் கரைந்துள்ள கரைசலும் கிடைக்கின்றன. இக்கரைசலை காய்ச்சி வடித்த போது கிடைக்கும் ஆவியின் இயையும் கரைசலின் இயையும் ஒத்ததாக இருக்கின்றது. இத்தகைய கரைசல்கள் அசியோடிரோபிக் கலவைகள் அல்லது கொதிநிலை மாறாக் கலவைகள் எனப்படுகின்றன.

வரையறை :

ஒரு கரைசலின் இயையும், அதன் ஆவியின் இயையும், ஒரே மதிப்பைக் கொண்டிருப்பின் அக்கரைசல் கொதிநிலை மாறாக் கலவை எனப்படுகிறது.

அசியோடிரோபிக் கலவைகளின் காய்ச்சி வடித்தலின் தத்துவத்தை சீர்மையற்ற கரைசல்களின் கொதிநிலை - இயையு வரைபடத்தை கொண்டு விளக்கலாம்.

அசியோடிரோபிக் கரைசல்களின் கொதிநிலை இயையு வரைபடத்தை பார்க்கும் போது இரண்டு வகையான வரைபடங்கள் கிடைக்கின்றன.

1. ரவுல்ட் விதியிலிருந்து நேர்விலக்கம் கொண்ட கரைசல்கள் ஒரு பெரும கொதிநிலை மாறாக் கலவையைக் கொண்டுள்ளது.
2. ரவுல்ட் விதியிலிருந்து எதிர்விலக்கம் கொண்ட கரைசல்கள் ஒரு சிறும கொதிநிலை மாறாக் கலவையைக் கொண்டுள்ளன.

இத்தகைய கலவைகள் அசியோடிரோபிக் கலவைகள் எனப்படுகின்றன. அசியோடிரோபிக் கலவையில் உள்ள நீர்மங்களை பின்னக் காய்ச்சி வடித்தல் மூலம் தனித்தனியே பிரிக்க இயலாது. இவற்றை பிரிக்க தகுந்த சில குறிப்பிட்ட முறைகள் கையாளப்படுகின்றன.

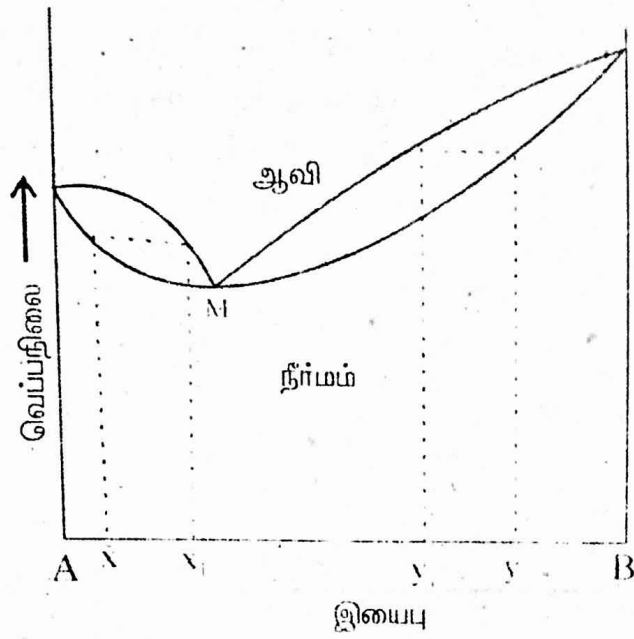
ஓர் குறைந்த கொதிநிலை கொண்ட கரைசல்கள் சீர்மையற்ற இத்தகைய கரைசல்களின் கொதிநிலை - இயையு வரைபடத்தை பார்க்கும் பொழுது M என்ற புள்ளி மிகக்குறைந்த கொதிநிலையைக் கொண்டுள்ளது. இந்தப் புள்ளியில் ஆவியின் இயையும் கரைசலின் இயையும் ஒன்றாகவே உள்ளன.

இக் கலவையில் உள்ள நீர்மங்களை காய்ச்சி வடித்தல் மூலம் தனித்தனியே பிரிக்க இயலாது. இதனை பிரிக்க தகுந்த சிறப்பு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன.

ஓர் சிறும (minimum) கொதிநிலை கொண்ட கரைசல்கள் :

இத்தகைய சீர்மையற்ற கரைசல் அமைப்பில் அதன் நீர்ம-ஆவி சமநிலை வரைபடத்தில் ஒரு பெருமத்தைக் அல்லது உச்ச அளவைக் காண்கிறோம். கொதிநிலை- இயையு வரைகோடு ஒரு சிறுமப் புள்ளி அல்லது குறைந்த அளவு M - ஐக் கொண்டுள்ளது. இந்தச் சிறுமப் புள்ளி M-ல் ஆவி மற்றும் கரைசல் ஆகியவற்றின் இயையுகள் சமமாக உள்ளன.

X என்ற இயைபில் காய்ச்சி வடித்தல் துவங்குவதாகக் கொள்வோம். கிடைக்கப்பெறும் முதல் பின்னம் X_1 என்ற இயைபைக் கொண்டிருக்கும். மீண்டும் மீண்டும் காய்ச்சி வடிக்கும் போது வடிநீர்மத்தின் இயைபு M - ஐ நோக்கி நகர்கிறது. தொடர்ந்த பின்னக்காய்ச்சி வடித்தலினால் முடிவாக M என்ற இயைபைக் கொண்டுள்ள சிறுமக் கொதிநிலைக்கலவை வடிநீர்மமாகக் கிடைக்கிறது.



தூய A எச்சமாகக் கொதிகலனில் தங்குகிறது. இவ்வகையில் தூய B-ஐப் பெறுவது இயலாது. M என்ற இயைபு கொண்ட மாறாத கொதி நிலையைக் கொண்டுள்ள கலவை, கொதிநிலை மாறாக் கலவை (azeotropic mixture) எனப்படும். இவ்வமைப்பில் கொதிநிலை மாறாக்கலவையினுடைய கொதிநிலை A மற்றும் B ஆகியவற்றின் வேறெந்த இயைபை உடைய கலவைகளின் கொதிநிலையை விடக் குறைவாக உள்ளது. எச்சமாக உள்ள நீர்மம் A-W மிகுதியாகக் கொண்டுள்ளது.

மாறாக, Y என்ற இயைபையுடைய கலவை காய்ச்சி வடிக்கப்படுமாயின், முடிவாக M என்ற சிறுமக் கொதிநிலை கொண்ட கொதிநிலைமாறாக் கலவை கிடைக்கிறது. இவ்வகையிலிருந்து தூய A-யைப் பெறுவது இயலாது.

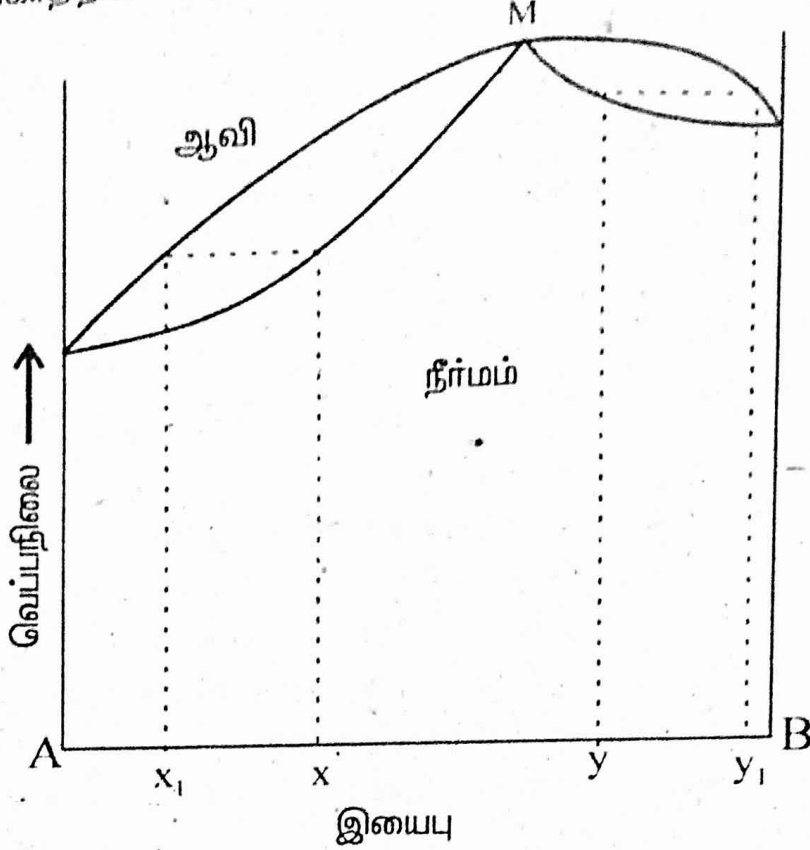
எடுத்துக்காட்டு 1. நீர் - எத்தனால், 2. நீர் - பிரிடின்

ஒரு வளிமண்டல அழுத்தத்தில் தூய நீர் 100°C -யிலும் மற்றும் தூய எத்தனால் 78.3°C - யிலும் கொதிக்கிறது. ஆனால் கொதிநிலை மாறாக் கலவை 78.13°C -ல் கொதிக்கிறது. கொதிநிலை மாறாக் கலவையின் இயைபு 95.6% ஈத்தைல் ஆல்கஹாலாக உள்ளது. 95.6% ஈத்தைல் ஆல்கஹாலைவிடக் குறைவாக ஆல்கஹால் கொண்டுள்ள கரைசல் காய்ச்சி வடிக்கப்படுமாயின், நீர் வெளியேறுகிறது. முடிவாகக் கிடைக்கப்பெறும் கலவையில் 95.6% ஈத்தைல் ஆல்கஹால் உள்ள மாறா இயைபுடைய கலவை கிடைக்கிறது.

ஓர் பெரும (maximum) கொதிநிலை கொண்ட கரைசல்கள்

இத்தகைய அமைப்பின் நீர்ம-ஆவி சமநிலைப் வரைபடத்தில் ஒரு சிறுமத்தைக் காண்கிறோம். இவ்வமைப்பில் கொதிநிலை-இயைபு வரைகோடுகளில் ஒரு பெருமம் இருப்பதைக் காணலாம்.

M என்ற பெரும்புள்ளியில் ஆவி நிலைமையும் நீர் நிலைமையும் ஒரே இயைபைக் கொண்டுள்ளன. எனவே M என்ற இயைபுக்கு ஈடான இயைபுடைய கரைசல் கொதிநிலைமாறாக் கலவையைக் கொடுக்கிறது.



இவ்வகையில் கொதிநிலை மாறாக் கலவை யினுடைய கொதிநிலை A மற்றும் B ஆகிய கூறுகளின் இயைபுடைய கரைசல்களின் கொதிநிலையை விட அதிகமாக இருக்கும்.

- (எ.கா)
1. அசிட்டோன் மற்றும் குளோரோபார்ம்
 2. நீர் மற்றும் ஹைட்ரஜன் குளோரைடு
 3. நீர் மற்றும் நைட்ரிக் அமிலம்

ஒரு வளிமண்டல அழுத்தத்தில் தூய நீர் 100°C -யிலும் தூய ஹைட்ரஜன் குளோரைடு -85°C யிலும் கொதிக்கின்றன. ஆனால் கொதிநிலை மாறாக் கலவை 108.5°C -ல் கொதிக்கிறது. கொதிநிலை மாறாக் கலவையின் இயைபு 20.24% ஹைட்ரஜன் குளோரைடு. 20.24% -க்கு மேல் புணத இயைபைக் கொண்டுள்ள கரைசல் காய்ச்சி வடிக்கப்படுமாயின் தூய புணத வெளியேறுகிறது. மேலும் முடிவாகக் கிடைக்கப் பெறும் எச்சக்கலவை 20.24% HCl என்ற மாறாத இயைபைப் பெற்றிருக்கிறது.

கொதிநிலை மாறாக் கலவைகளின் முக்கியத்துவம்

1. கொதிநிலை மாறாக் கலவைகள், அவற்றை பின்னக்காய்ச்சி வடித்தல் மூலம் பிரிக்க இயலாது எனச் சுட்டுகின்றன.
2. அவற்றிலுள்ள கூறுகளில் ஒன்றைத் தூய நிலையில் பெற தனிப்பட்ட முறைகளைக் கையாள வேண்டும் என்பதையும் அவை காட்டுகின்றன.

குரோமட்டோகிராபி அல்லது நிறப்படிவு பிரிகை (Chromatography)

குரோமட்டோகிராபி என்பது நகரும் நிலைமை மற்றும் நகரா நிலைமை ஆகிய இரண்டின் மீது பொருள்கள் கொண்டிருக்கும் கவர்ச்சி வேறுபாட்டின் அடிப்படையில் ஒரு கலவையிலுள்ள கூறுகளைப் பிரிக்கக் கூடிய முறையாகும். இந்தக் கவர்ச்சி வேறுபாடு, பரப்புக் கவர்ச்சி அல்லது பங்கீடு ஆகியவற்றை அடிப்படையாகக் கொண்டது.

பத்தி குரோமட்டோகிராபி (Column Chromatography)

தத்துவம் :

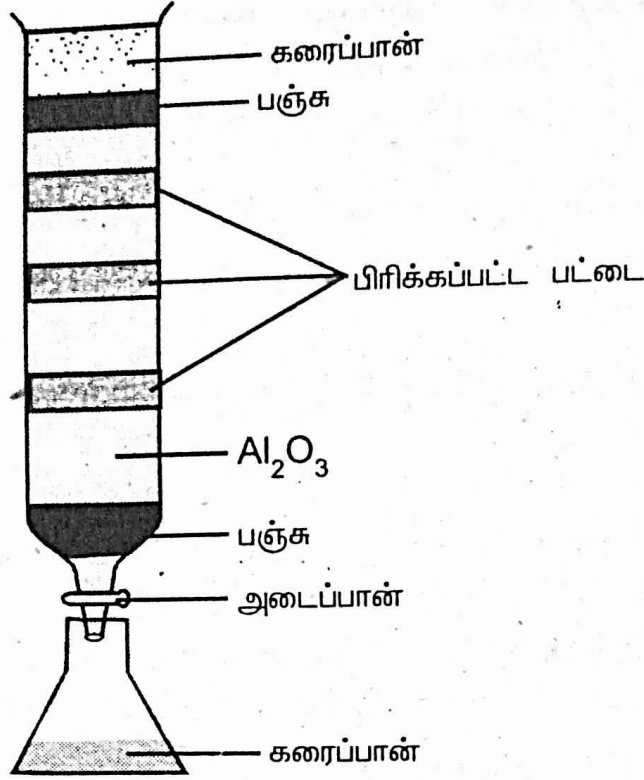
பத்திக் குரோமட்டோகிராபியில் பரப்புக் கவர்ச்சி, பங்கீடு அல்லது அபனிப் பரிமாற்ற நிகழ்கின்றது. பரப்புக்கவர்ச்சி பத்திக் குரோமட்டோ கிராபியில் பத்தியில் திணிக்கப்பட்டுள்ள பரப்புக்கவரும் பொருளால், பிரிக்கப்படும் பொருள்கள் முன்னுரிமை அடிப்படையில் பரப்புக் கவர்ச்சிக்கு உட்படுத்தப்படுகின்றன.

பங்கீடு பத்திக் குரோமட்டோகிராபியில் கலவையில் உள்ள பொருள்கள் கரைப்பானால் வெவ்வேறு விகிதங்களில் பங்கீடடைகின்றன. எனவே பிரிகை அடைகின்றன.

செய்முறை :

பைரக்ஸ் கண்ணாடியாலான நீண்ட குழாய் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இக்குழாயின் ஒரு முனை கூர்மையானதாக ஒரு அடைப்பானால் மூடப்பட்டு உள்ளது. இந்த அடைப்பானின் மீது சிறிது பஞ்சு அழுத்தி வைக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே தூள் நிலையில் உள்ள பரப்புக்கவரும் பொருள் இதில் தங்கும். இதன் வழியே நீர்மம் மட்டும் ஊடுருவி இறங்கும். ஈர நிலையில் திணித்தலுக்கு, பத்தி செங்குத்தாக வைக்கப்படுகிறது. பரப்புக்கவரும் பொருளைத் தக்க ஒரு ஊடகத்தில் சேர்த்துச் சேறு போன்றாக்கி அதனைப் பத்தியின் திறந்த முனையில் சீராக ஊற்றி நிரப்பப்படுகிறது. உலர்ந்த நிலையில் நிரப்பும் பொழுது உலர்நிலையில் உள்ள அலுமினா (Al_2O_3) மக்னீசியா (MgO) அல்லது சிலிக்கா களி பரப்புக்கவரும் பொருள் பத்தியின் திறந்த முனையில் புகுத்தப்பட்டு பத்தியில் இடைவெளியின்றி திணிக்கப்பட்டு இறுதியில் சிறிது பஞ்சு வைக்கப்படுகிறது.

பிரிக்கப்பட வேண்டிய கலவையின் கரைசல் ஒரு தகுந்த கரைப்பானில் தயாரிக்கப்படுகிறது. ஒரு பிப்பெட்டியின் உதவியால் பத்தியில் இது படிப்படியாகச் சேர்க்கப்படுகிறது. பத்தியில் திணிக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் மேற்பகுதியில் ஒரு சிறிதளவு கரைசல் தங்கியிருக்குமாறு, கீழ்பகுதியில் உள்ள அடைப்பான் திறக்கப்பட்டு கரைப்பான் சீராக வெளியேற்றப்படுகிறது. கரைசல் முழுவதும் பத்தியில் சேர்க்கப்பட்ட பின் கரைத்து வெளிக்கொணரும் கரைப்பான் சேர்க்கப்பட்டு சீராகப் பத்தியின் வழியே இறங்குமாறு செய்யப்படுகிறது. கரைப்பானாக CCl_4 ஈத்தர், அச்சிட்டோன், நீர் போன்றவை பயன்படுகின்றன.



முதலில் பத்தியினுடைய உச்சிப்பகுதியில் கலவையின் கூறுகள் பரப்புக் கவர்ச்சிக்கு உள்ளாகின்றன. இப்பத்தியின் ஊடே கரைத்து வெளிக்கொணரும் கரைப்பான் கசிந்து வரும்போது, பல்வேறு பொருட்களும் பிரிக்கப்படுகின்றன. இம்முறை விரிவாக்கம் (development) எனப்படும். கூறுகள் நிறமுள்ளவையாக இருந்தால் பத்தியில் வெவ்வேறு நிறமுள்ள பகுதிகள் தோன்றுகின்றன. விரிவாக்கம் தொடரும்போது பிரித்தல் மேலும் மேலும் தெளிவாகிறது.

பிரித்தல் முடியும்வரை அதாவது தெளிவான பட்டைகள் தோன்றும் வரை கரைத்து வெளிக்கொணர்தல் நிகழ்த்தப்படுகிறது. பின்பு பத்தி நன்கு உலர்த்தி (படம்) வெவ்வேறு பகுதிகள் பரப்புக்கவரும் பொருளுடன் வெளியே எடுக்கப்படுகின்றன. ஒரு கத்தியைக் கொண்டு ஒவ்வொரு பகுதியும் வெட்டி எடுக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு பகுதியும் தக்க கரைப்பானில் கரைக்கப்பட்டு, பிரிக்கப்பட்டு பின் வழக்கமான முறைகளில் ஆய்வு செய்யப்படுகிறது.

பயன்கள் :

பத்திக்குரோமட்டோகிராபியின் மிக முக்கிய, பயன் கலவைகளிலிருந்து தூய தனிச் சேர்மங்களைக் பெறுதலேயாகும்.

எடுத்துக்காட்டுகள் :

i) Pb^{2+} , Ag^+ , Zn^{2+} அயனிகளின் கலவையை அலுமினா மீது பிரிக்கலாம். இங்கு கரைப்பானாக நீர் பயன்படுகிறது. கரைத்து வெளிக்கொணரும் கரைப்பானாக நீர் மற்றும் ஹைட்ரஜன் சல்பைடன் கலவை பயன்படுகிறது.

தாள் குரோமட்டோகிராபி (Paper Chromatography)

தத்துவம் :

இது ஒருவகை பங்கீடு குரோமட்டோகிராபியாகும். இங்கு நகரும் நிலைமை ஒரு கரிமக் கரைப்பான். தாளின் பரப்பின் மீது உறிஞ்சப்பட்டுள்ள நீர்மப் பொருள் நகரா நிலைமை ஆகும்.

ஒரு சொட்டு சேர்மங்களின் கரைசல் ஒரு வடிதாளின் மீது வைக்கப்பட்டு அதனுடன் ஒரு கரைப்பான் சேர்க்கப்படுமானால் கரைப்பான் நகரக்கூடிய திசையில் முன்னோக்கிய ஈர்ப்பு விசை, சேர்மப் பொருளைக் கொண்டு செல்கிறது. அதிகக் கரைதிறன் கொண்டுள்ள பொருள் வடிதாள் வழியே அதிவேகமாக நகர்கிறது. குறைந்த கரைதிறன் கொண்ட பொருள் மெதுவாக நகர்கிறது. இதனால் பிரிதல் நடைபெறுகிறது.

R_f மதிப்பு என்பது பொருளின் கூறு நகர்ந்துள்ள தூரத்திற்கும் கரைப்பான் நகர்ந்துள்ள தூரத்திற்கும் உள்ள விகிதமாகும். இந்த இரு தூரங்களும் சொட்டு சேர்க்கப்பட்ட ஆரம்ப இடத்திலிருந்து அளக்கப்படுகின்றன.

$$R_f = \frac{\text{பொருள் நகர்ந்த தூரம்}}{\text{கரைப்பான் நகர்ந்த தூரம்}}$$

கரைப்பொருள் நகரும் தூரத்தைவிட கரைப்பான் நகரும் தூரம் எப்போதும் அதிகம். எனவே R_f மதிப்பு எப்போதும் 1-ஐவிடக் குறைவாக இருக்கும். ஒவ்வொரு பொருளும் வெவ்வேறு R_f மதிப்புகள் பயன்படுத்தப்படும் கரைப்பானைப் பொருத்தது. ஆகவே ஒரு பொருளினுடைய R_f மதிப்பைக் குறிப்பிடும் போது பயன்படுத்தப்பட்ட கரைப்பானும் குறிப்பிடப்பட வேண்டும்.

R_f மதிப்பின் முக்கியத்துவம் :

ஒவ்வொரு சேர்மமும் அதற்கே உரித்தான R_f மதிப்பினைப் பெற்றுள்ளது. எனவே கலவையிலுள்ள குறிப்பிடப்பட்டதொரு கூறினுடைய R_f மதிப்பை அளந்தறிந்து அச்சேர்மத்தை நாம் இனம் காணலாம்.

அனேகமாக சோதனைகளில் வடிதாளின் கடைக்கோடியையும் தாண்டி கரைப்பான் சென்றுவிடுகிறது. எனவே R_x என்ற வேறு ஒரு மதிப்பு பயன்படுத்தப்படுகிறது. R_x என்பது பொருள் நகர்ந்த தூரத்திற்கும் வேதிமுறையில் அப்பொருளை ஒத்த ஒரு திட்டப் பொருள் (X) நகர்ந்த தூரத்திற்கும் உள்ள விகிதமாகும்

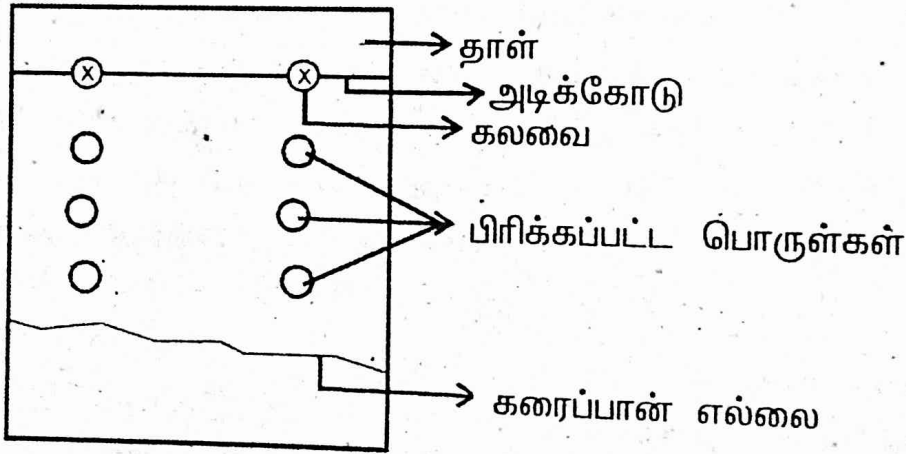
$$R_x = \frac{\text{பொருள் நகர்ந்த தூரம்}}{\text{திட்டப்பொருள் (X) நகர்ந்த தூரம்}}$$

செய்முறை :

ஒரு செவ்வக வாட்மன் வடிதாள் பயன்படுத்தப்படுகிறது. அதன் ஒரு பக்கத்தில் பென்சிலால் அடிக் கோடு போடப்பட்டு கலவைப் பொருட்களின் ஒரு சொட்டு நுண்துளை பிப்பெட் ஒன்று பெருக்கல் குறியிடப்பட்ட இரண்டு இடங்களில் இடப்பட்டு உலர்த்தப்படுகிறது. நகரும் நிலைமை கொண்ட கரைப்பான் இருக்கும் பாத்திரத்தில் கரைபொருளின் துளி உள்ள வடிதாளின் அடிப்பகுதி கரைப்பானை தொடும் வகையில் வைக்கப்பட்டு மூடப்படுகிறது.

கரைப்பான் வடிதாளால் உறிஞ்சப்பட்டு மேல் நோக்கி நகர்கிறது. அப்பொழுது கலவையிலுள்ள வெவ்வேறு பொருட்களையும் தன்னுடன் எடுத்துச் செல்கிறது. அடிக் கோட்டிலிருந்து வெவ்வேறு பொருட்கள் எடுத்துச் செல்லும் தூரம் அவைகளின் R_f மதிப்பை பொருத்து அமைகிறது.

பின்னர் பாத்திரத்திலிருந்து காகிதத்தை எடுத்து உலர்த்தி அதன் மீது இனம் காட்டியை தெளிக்கும் போது ஒவ்வொரு பொருளும் வெவ்வேறு நிறம் பெற்று தனித்தனியே இருப்பதை படத்தில் விளக்குகிறது. ஒவ்வொரு பொருளுள்ள காகித பகுதியையும் தனித்தனியே வெட்டி எடுத்து தக்க கரைப்பான்களில் கரைத்து பொருட்களின் தன்மை மற்றும் அவைகளின் அளவு கண்டறியப்படுகிறது.



விரிவாக்கம் செய்யப்பட்ட தாள்

பயன்கள் :

- மற்ற பொது அயனிகளிலிருந்து Sb^{3+} பிரிக்கப்பட்டது. HCl கரைப்பானாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. குரோமட்டோகிராம் H_2S ஆல் விரிவாக்கப்பட்டது.
- 4% KCNS கரைசலைக் கொண்டுள்ள பிரிடின் கொண்டு Ca, Sr மற்றும் Ba ஆகியவை அவற்றின் குளோரைடுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.
- எதிர்மின் அயனிகளும் கண்டறியப்பட்டுப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. ஹேலைடுகளினுடைய R_f மதிப்புகள் கீழ்க்கண்ட ஏறு வரிசையில் உள்ளது எனக் காணப்பட்டுள்ளது. : $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$
- I, II, IV. ஆகிய தொகுதிகளின் உலோக அயனிகள் கண்டறியப்பட்டுப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

மெல்லிய அடுக்குக் குரோமட்டோகிராபி (Thin Layer Chromatography)

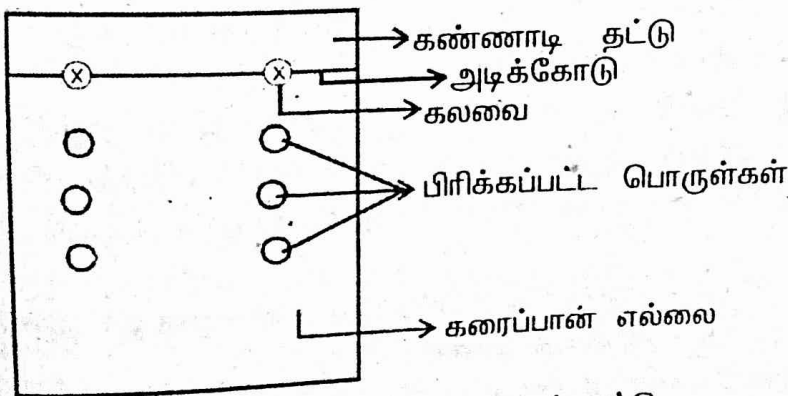
தத்துவம் :

மெல்லிய அடுக்குக் குரோமட்டோகிராபியில் சிலிக்காக்களி, அலுமினா போன்ற சில பரப்புக்கவர் பொருட்கள் கண்ணாடிப் பலகையின் மீது ஒரு மெல்லிய அடுக்காகப் பூசப்படுகின்றன. இப்போது இவை பரப்புக் கவர்ச்சித் தட்டுகள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. இந்த முறை பத்தி மற்றும் தாள் பரப்புக் கவர்ச்சிப் பகுப்பை ஒத்துள்ளது. ஆனால் இந்த உத்தியில் பல்வேறு ஊகங்களைப் பயன்படுத்தலாம். எனவே சேர்மங்களை பங்கீடு, பரப்புக் கவர்ச்சி மற்றும் அபனிப் பரிமாற்றம் ஆகிய முறைகளில் பிரிக்கலாம்.

பத்தி குரோமட்டோகிராபியில் உள்ளது போன்று இங்கும் பரப்புக் கவரும் பொருளின் மீதுள்ள, முனைவுள்ள புள்ளிகள், நிலைமின் ஈர்ப்பின் காரணமாக, நகரும் பொருளை ஈர்க்கின்றன. இம்முறையில் சேர்மங்கள் நன்கு பிரிக்கப்படுகின்றன.

செய்முறை :

செவ்வகக் கண்ணாடித்தட்டு எடுத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. தகட்டின் மீது ஒரு மெல்லிய அடுக்காக சிலிக்காக் களி பூசப்பட்டு உலர்த்தப்படுகிறது. சிறிதளவு சோதனைப் பொருள் பென்சீன், ஈத்தல், எத்தனால் போன்ற எளிதில் ஆவியாகக்கூடிய கரைப்பான்களுள் ஏதாவது ஒன்றில் சிறிதளவில் கரைக்கப்படுகிறது. தகட்டின் ஒரு விளிம்பிலிருந்து சுமார் 2.5 செ.மீ தூரத்தில் அடிக்கோடு ஒன்று போடப்படுகிறது. இந்த அடிக்கோட்டில் ஒன்றுக்கொன்று 1 செ.மீ இடைவெளியில் சோதனைக் கரைகல்கள் சிறிய புள்ளிகளாக வைக்கப்படுகின்றன. கரைப்பான் ஆவியாகக்கப்படுகிறது. இந்த சோதனைப் பொருட்களுக்கு பக்கத்தில் திட்டப்பொருட்களின் கரைசல்களும் வைக்கப்படுகின்றன. மேலேறும் முறையில் குரோமட்டோகிராம் விரிவாக்கப்படுகிறது. பின்பு கண்ணாடி தட்டை வெளியே எடுத்து உலர்த்தி பின்பு அதன் மீது இனங்காட்டியைத் தெளிக்கும் பொழுது ஒவ்வொரு பொருளும் வெவ்வேறு நிறம் பெறுகிறது. ஒவ்வொரு பகுதியையும் தனித்தனியாக காரண்டி எடுத்து பொருட்களின் தன்மை மற்றும் அளவு ஆகியவற்றை கணக்கிடலாம்.



விரிவாக்கம் செய்யப்பட்ட கண்ணாடித் தட்டு

பயன்கள் :

1. பண்பறி மற்றும் எடையறி ஆய்வுகளுக்கு இது பெரிதும் பயன்படுகிறது.
2. மிகச் சிறிதளவே கிடைக்கக்கூடிய பொருளின் ஆய்வுக்கு இம்முறை மிகவும் சிறந்ததாகும்.
3. பல்வேறு கனிமப் பொருட்கள் பிரித்தெடுக்கப்பட்டு, இனம் காணப்பட்டு, அளவறி முறையில் நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளன.
4. தொகுப்பு முறையில் தோன்றக்கூடிய இணை விளைப்பொருள்களைக் கண்டறிய, மாசுகள் உள்ளதைக் கண்டறிய பயன்படுகிறது.
5. தூய சேர்மங்களைப் பிரித்தெடுக்க மற்றும் கனிம நேர்மின் அயனிகள், எதிர்மின் அயனிகள் ஆகியவற்றை பிரித்து ஆய்வு செய்ய பயன்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக Ni, Mn, Co மற்றும் Zn ஆகியவை இம்முறையில் பிரிக்கப்படுகிறது.

தாள் குரோமட்டோகிராபிக்கும் மெல்லிய அடுக்குக் குரோமட்டோ கிராபிக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள்

தாள் குரோமட்டோ கிராபி

மெல்லிய அடுக்குக் குரோமட்டோ கிராபி

1. பிரிப்பு பங்கீட்டின் அடிப்படையிலானது.

பங்கீடு, பரப்புக்கவர்ச்சி மற்றும் அயனிப் பரிமாற்றம் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் பிரிப்பு நிகழ்கிறது.

2. இயங்கா நிலைமை, தாளின் பரப்பின் மீதுள்ள நீராகும்

இயங்கா நிலைமை, சிலிக்காக்களி, அலுமினா போன்ற பரப்புக்கவரும் சில பொருள்களாகும். இவை கண்ணாடித் தட்டுகளில் மேல் மெல்லிய அடுக்குகளாகப் பூசப்பட்டிருக்கும்.

தாள் குரோமட்டோகிராபியை விட மெல்லிய அடுக்கு குரோமட்டோகிராபியின் சிறப்பியல்புகள் :

1. மெல்லிய அடுக்கு குரோமட்டோகிராபியில் வடிதாளில் உள்ள மாசுக்களால் ஏற்படும் தீய விளைவுகள் இல்லை.
2. காகிதத்தை பாழ்படுத்தும் கரணிகள் கண்ணாடி தகட்டை பாழ்படுத்த முடியாது.
3. மெல்லிய அடுக்கு குரோமட்டோகிராபியில் கிடைக்கும் நிறப்படி அதிக வெப்பத்தை தாங்கக் கூடியதாக உள்ளது. இது தாள் குரோமட்டோகிராபியில் இயலாது.
4. மெல்லிய அடுக்கு குரோமட்டோகிராபியில் உள்ள ஈர்க்கும் துகள்கள் மிகவும் நுண்ணியதாகவும் சீராகவும் அமைந்துள்ளன.
5. தாள் குரோமட்டோகிராபி முறையை விட மெல்லிய அடுக்கு குரோமட்டோகிராபி முறையில் கிடைக்கப்பெற்ற அளவுகள் மிக துல்லியமாக உள்ளன.