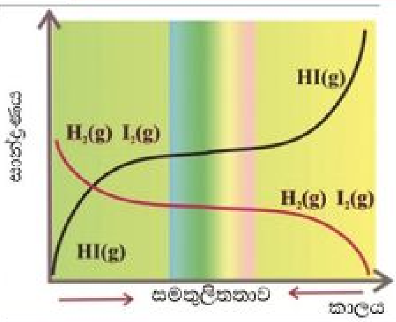
2. රසායනික සමතුලිතතාව



අන්තර්ගතය

2.1 සමතුලිතතා සංකල්පය
2.1.1 භෞතික ක්‍රියාවලිවල සමතුලිතතාව
2.1.2 රසායනික ක්‍රියාවලිවල සමතුලිතතාව
2.1.3 රසායනික සමතුලිතතා නියමය හා සමතුලිතතා නියතය
2.1.4 සමතුලිතතා නියමය හා ප්‍රතික්‍රියාවක් සඳහා පොදු සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනය
2.1.5 ප්‍රතික්‍රියා ප්‍රමාණය
2.1.6 සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනය ලිවීමේ විවිධ ආකාර
2.1.7 වායුමය පද්ධතිවල සමතුලිතතා නියතය
2.1.8 විෂමජාතීය සමතුලිතතා
2.1.9 බහුපියවර ප්‍රතික්‍රියා සඳහා සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශන
2.1.10 ප්‍රතික්‍රියාවක දිශාව පෙරයීම හා සමතුලිතතා නියතය පදනම් වූ ගණනය කිරීම්
2.1.11 සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ ගණනය කිරීම්
2.1.12 සමතුලිතතාව කෙරෙහි බලපාන සාධක

2.2 ජලීය ද්‍රාවණවල අයනික සමතුලිතතා
2.2.1 අම්ල, භස්ම (හා ලවණ)
2.2.2 සංයුග්මක අම්ල භස්ම යුගල
2.2.3 අම්ලවල හා භස්මවල අයනීකරණය
2.2.4 ජලයේ අයනීකරණ නියතය හා එහි අයනික ගුණිතය
2.2.5 pH පරිමාණය
2.2.6 දුබල අම්ල හා අයනීකරණ (විඝටන) නියතය
2.2.7 දුබල භස්ම හා භස්ම අයනීකරණ නියතය
2.2.8 K_a හා K_b අතර සම්බන්ධතාව
2.2.9 ලවණවල ජලවිච්ඡේදනය හා ඒවායේ ද්‍රාවණවල pH අගය
2.2.10 පොදු අයනයක් අඩංගු ජලීය ද්‍රාවණ
2.2.11 පරිමාමිතික අනුමාපන
2.2.12 ද්විභාස්මික හා බහුභාස්මික අම්ල හා ද්විආම්ලික හා බහුආම්ලික භස්ම
2.2.13 අම්ල භස්ම දර්ශක

2.3 ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණ

2.4 ද්‍රාව්‍යතා සමතුලිතතා
2.4.1 අයනික හා සහසංයුජ ද්‍රාවණ
2.4.2 ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතය (ද්‍රාව්‍යතා ගුණිත නියතය)
2.4.3 ද්‍රාව්‍යතාව හා ද්‍රාව්‍යතා ගුණිත ගණනය කිරීම
2.4.4 අවක්ෂේපයක් සෑදීම පෙරයීම
2.4.5 ද්‍රාව්‍යතාව කෙරෙහි බලපාන සාධක
2.4.6 pII ආවරණය
2.4.7 ගුණාත්මක (කැටායන) විශ්ලේෂණයේ දී ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතයේ යෙදීම

2.5 විවිධ කලාපවල සමතුලිතතා
2.5.1 සංවෘත භාජනයක අඩංගු ද්‍රවයක වාෂ්පීභවනය
2.5.2 සමතුලිතතා (සන්තෘප්ත) වාෂ්ප පීඩනය මැනීම
2.5.3 උෂ්ණත්වය සමග සන්තෘප්ත වාෂ්ප පීඩනයේ විචලනය
2.5.4 තාපාංකය
2.5.5 වාෂ්පීකරණ එන්තැල්පිය
2.5.6 සංශුද්ධ ද්‍රව්‍යවල කලාප රූපසටහන්

2.6 ද්වයාංගී ද්‍රව පද්ධතිවල ද්‍රව වාෂ්ප සමතුලිතතා
2.6.1 පරිපූර්ණ මිශ්‍රණවල ලක්ෂණ
2.6.2 අමිශ්‍ර ද්‍රව-ද්‍රව පද්ධති

2.7 විභාග/ ව්‍යාප්ති සංගුණකය

හැඳින්වීම

පෙර ඒකක යටතේ දී ඇති රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී කුමක් සිදු වේ ද, කොතරම් වේගයෙන් ඒවා සිදු වේ ද, කුමන යන්ත්‍රණ මඟින් ඒවා සිදු වන්නේ ද ආදි වූ ප්‍රධාන ප්‍රශ්න විශ්ලේෂණයට බඳුන් කර ඇත්තෙමු. ඒවා කොතරම් ප්‍රමාණයකට සිදු වේ ද යන්න දැන ගැනීම ද ඉතා අවශ්‍ය වූවකි. තුලිත සමීකරණයේ ස්ටොයිකියෝමිතිය හා ප්‍රතික්‍රියාවේ චාලකය පිළිවෙළින් පළමු ප්‍රශ්න දෙකට පිළිතුරු සපයයි. මේ ඒකකයේ දී අපි, **සමතුලිතතා** තත්ත්වයට, එනම් ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණය තව දුරටත් වෙනස් නොවන තත්ත්වයට පත් වීමට පෙර ප්‍රතික්‍රියාවක් කොතරම් දුරකට සම්පූර්ණත්වයේ දිශාවට සිදු වන්නේ ද, යන පැනයට පිළිතුරු සෙවීමට උත්සාහ දරමු. කාලයත් සමඟ, ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණය වෙනස් නොවී නියතව පවත්නා විට මෙකී සමතුලිතතා තත්ත්වය උද්ගත වේ. රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවල දී මෙන් ම භෞතික ක්‍රියාවලිවල දී ද සමතුලිතතාව තහවුරු විය හැකි ය. ප්‍රතික්‍රියා තත්ත්ව හා ප්‍රතික්‍රියකවල ස්වභාවය අනුව ප්‍රතික්‍රියාවක් වේගවත් හෝ මන්දගාමී හෝ විය හැකි ය. යම් උෂ්ණත්වයක දී සංවෘත භාජනයක් තුළ ඇති ප්‍රතික්‍රියක ඵල සාදමින් ප්‍රතික්‍රියා කරන විට, යම් කාලයක් දක්වා ප්‍රතික්‍රියක සාන්ද්‍රණය අඩු වීමත් ඵල සාන්ද්‍රණය වැඩි වීමත් සිදු වේ; එහෙත් එතැන් පටන් ප්‍රතික්‍රියකවල හෝ ඵලවල හෝ සාන්ද්‍රණයේ වෙනසක් සිදු නො වේ. මෙවිට පද්ධතිය ගතික සමතුලිතතාවක පවතින අතර එහි දී ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාවේ හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියාවේ ශීඝ්‍රතා සමාන වේ. මේ ගතික සමතුලිත අදියරේ දී නියත උෂ්ණත්වයක් යටතේ දී පීඩනය, ද්‍රාවණයේ වර්ණය හෝ සාන්ද්‍රණය වැනි මහේක්ෂ ගුණවල වෙනසක් සිදු නොවන බව හඳුනා ගෙන ඇත. එසේ වුව ද පරමාණුක මට්ටමේ දී පරමාණු, අයන හා/ හෝ අණු නොකඩවා ප්‍රතික්‍රියා වෙමින් තිබේ. පද්ධතිය වායුමය නම් සමතුලිතතා තත්ත්වයේ ඇති ද්‍රව්‍යවල ප්‍රමාණ නියෝජනය කිරීම සඳහා ආංශික පීඩන යොදා ගැනේ.

සමතුලිතතාවේ ඇති ප්‍රතික්‍රියාවක ප්‍රමාණය ප්‍රතික්‍රියකවල සාන්ද්‍රණය/ පීඩනය හා උෂ්ණත්වය ආදි පරීක්ෂණාත්මක තත්ත්ව අනුව වෙනස් වේ. මේ ඒකකයේ දී අයනික සමතුලිතතාව යනුවෙන් හැඳින්වෙන, ජලීය ද්‍රාවණවල ඇති අයන ආශ්‍රිත සමතුලිතා ද ඇතුළුව භෞතික හා රසායනික ක්‍රියාවලිවල සමතුලිතාවට අදාළ වැදගත් අංග පිළිබඳ හැදෑරීමක් කෙරේ. අවසානයේ වායු-ද්‍රව පද්ධතිවල සමතුලිතතාව සාකච්ඡා කරනු ලැබේ.

2.1 සමතුලිතතා සංකල්පය

A හා **B** යන ප්‍රතික්‍රියක ප්‍රතික්‍රියා කර **C** හා **D** යන ඵල සාදන්නා වූ රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක් සලකන්න. ප්‍රමාණවත් කාලයක් තිස්සේ ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමට ඉඩදීමෙන් පසු, විශ්ලේෂණවලින්, ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රණයේ **A** හා **B** නොපවතින බවත්, ඇත්තේ **C** හා **D** පමණක් බවත් අනාවරණය වෙතොත් ප්‍රතික්‍රියාව සම්පූර්ණ වී ඇති බව අවබෝධ වේ. ඒ ප්‍රතික්‍රියාව මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$A + B \rightarrow C + D \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

ප්‍රතික්‍රියා භාජනය සංවෘත වුව ද, මේ ප්‍රතික්‍රියාවේ දී යළිත් ප්‍රතික්‍රියක සෑදෙන ආපසු ප්‍රතික්‍රියාව කිසි සේත් සිදු නොවන්නේ ය. සම්පූර්ණත්වය කරා යන්නා වූත්, ආපසු දිශාවට කිසි සේත් සිදු නොවන්නා වූත් මෙවැනි ප්‍රතික්‍රියාවලට **අප්‍රතිවර්ත්‍ය ප්‍රතික්‍රියා** යැයි කියනු ලැබේ.

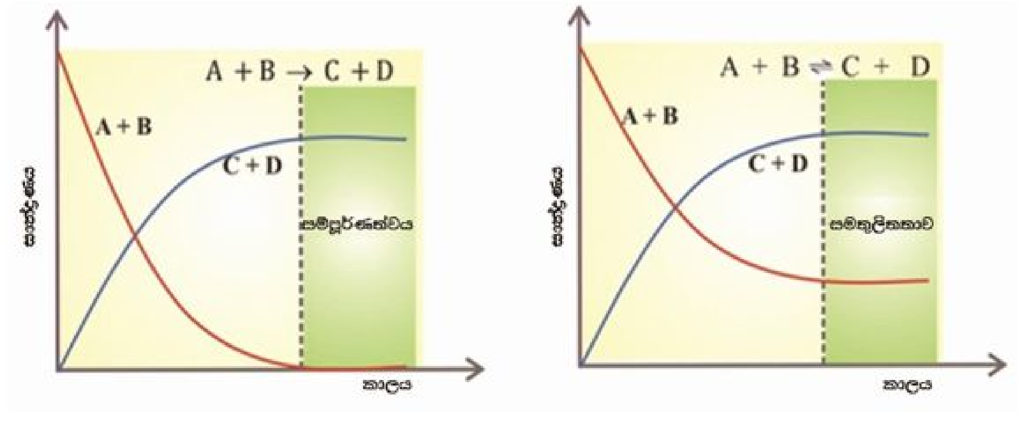
එසේ වුව ද, ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීම සඳහා ප්‍රමාණවත් කාලයක් දීමෙන් පසුව වුව ද **C** හා **D** සමඟ හැම විට ම **A** හා **B** ද පවතින බව අනාවරණය වේ නම්, එවැනි ප්‍රතික්‍රියා සම්පූර්ණත්වය කරා නොයන බව පැහැදිලි වේ. එනම්, පළමුව යම් කාලයක් දක්වා **C** හා **D** නිපදවමින් ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වේ. ප්‍රතික්‍රියා කාලය ඉන් ඔබ්බට ද දික් වන කල්හි **C** හා **D** සෑදුණු පසුව ඒ අණු **A** හා **B** දෙමින් ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට පටන් ගන්නා අතර, එනයින් උෂ්ණත්වය, පීඩනය, උත්ප්‍රේරක ආදි බාහිර සාධකයක බලපෑමක් යෙදෙන තුරු ඕනෑ ම කාලයක් දක්වා ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රණයේ **A**, **B**,

C හා **D** අඩංගු වෙයි. ඉදිරි හා ආපසු යන දෙදිශාවට ම සම්පූර්ණ ලෙස සිදු නොවන ප්‍රතික්‍රියා **සමතුලිත ප්‍රතික්‍රියා (හෙවත් ප්‍රතිවර්ත්‍ය ප්‍රතික්‍රියා)** නමින් හඳුන්වනු ලබන අතර, ඒ පද්ධති **සමතුලිත අවස්ථාවකට** එළඹ ඇතැයි කියනු ලැබේ. සමතුලිත අවස්ථාවේ ඇති ප්‍රතික්‍රියක ඵල මිශ්‍රණයක් සමතුලිත මිශ්‍රණයක් ලෙස හැඳින්වෙයි. එවන් ප්‍රතික්‍රියාවලට අදාළ රසායනික සමීකරණය මෙසේ ලියනු ලැබේ

$$A + B \rightleftharpoons C + D \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ප්‍රතික්‍රියාව ඉදිරි හා ආපසු යන උභය දිශාවලට ම සිදු විය හැකි බව දැක්වීම සඳහා අපි ඊ හිස් දෙකකින් යුක්තව තුලිත සමීකරණය ($\rightleftharpoons$) ලියමු. මින් එක් ඊතලයක් ප්‍රතික්‍රියකවල සිට ඵල වෙත ද අනෙක ඵලවල සිට ප්‍රතික්‍රියකවලට ද යොමු වේ.

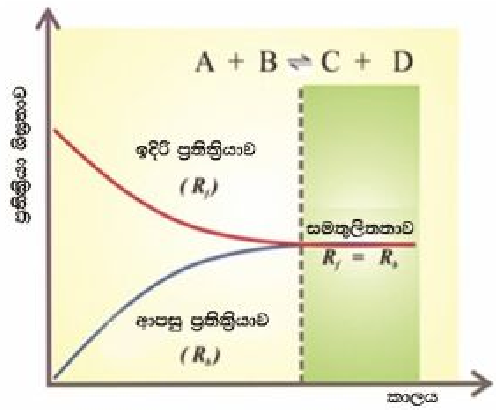
සම්පූර්ණත්වය කරා යන හා සමතුලිත අවස්ථාවකට පැමිණෙන යන මේ ප්‍රතික්‍රියා ආකාර දෙක අපට 2.1 රූපයේ දැක්වෙන පරිදි ප්‍රස්තාරිකව නිරූපණය කළ හැකි ය.



(a) (b)

2.1 රූපය කාලයත් සමඟ **(a)** ප්‍රතිවර්ත්‍ය ප්‍රතික්‍රියාවක **(b)** සමතුලිත ප්‍රතික්‍රියාවක ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ වෙනස් වීම

ප්‍රතිවර්ත්‍ය ප්‍රතික්‍රියාවක ආරම්භයේ දී, පළමුවෙන් ඵල සාදමින් ඉදිරි දිශාවට ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වේ. කාලය සමඟ ඵල සාන්ද්‍රණය වැඩි වත් ම, ප්‍රතික්‍රියක අණු සෑදෙන පරිදි ඵල ප්‍රතික්‍රියා වීමට පටන් ගනී. එබැවින්, ප්‍රතිවර්ත්‍ය ප්‍රතික්‍රියාවක සමාන වේගයකින් ඉදිරි හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියා සිදු වන්නා වූ ද කාලයක් සමඟ ප්‍රතික්‍රියක හා ඵල සාන්ද්‍රණ වෙනස් නොවන්නා වූ ද අවස්ථාවක් ලෙස රසායනික සමතුලිතතාව අර්ථ දැක්විය හැකි ය. ප්‍රතික්‍රියාවක සැබෑ සමතුලිතතාවට දෙපසින් ම එළැඹිය හැකි වීමෙන් රසායනික සමතුලිතතාව ගතික ක්‍රියාවලියක් බව සනාථ වේ. (2) ප්‍රතික්‍රියාවේ මේ ස්වභාවය 2.2 රූපයේ පැහැදිලි කෙරේ. ප්‍රතික්‍රියකවල සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ ඒවායේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණවලින් වෙනස් වන බව මෙහි ලා සැලකිය යුතු ය.



2.2 රූපය දෙන ලද උෂ්ණත්වයකදී ප්‍රතික්‍රියා වේග දෙක සමාන වත් ම, සමතුලිත අවස්ථාව එළඹෙන අතර, තවදුරටත් සාන්ද්‍රණවල වෙනස් වීමක් නැත.

ප්‍රතිවර්ත්‍ය ප්‍රතික්‍රියාවක් සමතුලිතතාවට පත් වූ විට ඒ ඒ ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ කාලයත් සමඟ නියතව පවත්නා බව දක්නට ලැබේ. සැබවින් ම, ප්‍රතික්‍රියක අණු, ඵල අණු සාදමින් හැම විට ම ප්‍රතික්‍රියා වෙයි. එක ම ප්‍රතික්‍රියා තත්ත්ව යටතේ දී, සමගාමී ව ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියා ශීඝ්‍රතාවට සමාන වේගයකින් ප්‍රතික්‍රියක දෙමින් ඵල අණුවලට ද ප්‍රතික්‍රියා වීමට හැක්කේ නම් ක්‍රියාවලිය නොනවතින සංසිද්ධියකි. එහෙයින් ඉදිරි හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියා **නොනැවතී හා සමාන වේගවලින් සමගාමී ව** සිදු වන කල්හි රසායනික සමතුලිතතාව **ගතික** වේ. එබැවින් රසායනික සමතුලිතතාවක් **ගතික සමතුලිතතාවක්** වශයෙන් හැඳින්වේ. මේ අනුව අපට පහත දැක්වෙන කරුණු අවබෝධ කර ගත හැකි ය.

(i) නියත උෂ්ණත්වයක් යටතේ දී සංවෘත බඳුනක් තුළ රසායනික සමතුලිතතාවක් ස්ථාපිත වූ කල්හි, ප්‍රතික්‍රියක හා ඵල වැනි විවිධ ප්‍රභේදවල සාන්ද්‍රණ නොවෙනස්ව පවතින්නේ ය.

(ii) සමතුලිතතාව කරා දෙපසින් ම එළඹිය හැකි ය. ප්‍රතික්‍රියකවලින් සේ ම ඵලවලින් ආරම්භ කරමින් ද ප්‍රතිවර්ත්‍ය ප්‍රතික්‍රියාවක සමතුලිත අවස්ථාවට පැමිණිය හැකි ය.

(iii) විවෘත බඳුනක සමතුලිතතාව කරා එළැඹිය නොහැකි ය. ප්‍රතික්‍රියකවලින් හෝ ඵලවලින් කොටසකට පිටවී යෑමට නොහැකි බැවින් ප්‍රතික්‍රියාවක් සමතුලිතතාවට පැමිණිය හැක්කේ සංවෘත බඳුනක් තුළ පමණි. විවෘත බඳුනකින් වායුමය ප්‍රතික්‍රියකවලට හෝ ඵලවලට බැහැර වී යා හැකි බැවින් ඒ තුළ සමතුලිතතාවක් ඇති වීමේ හැකියාවක් නැත්තේ ය. සමතුලිතාවක් කරා පැමිණීමේ හැකියාවක් ඇත්තේ සියලු ප්‍රතික්‍රියක හා ඵල එකිනෙක සමඟ ස්පර්ශව පවතින විට ය.

ඉහත සාකච්ඡා කරන ලද සංසිද්ධිය පහත දැක්වෙන නිදසුන ඇසුරෙන් පහදා දිය හැකි ය. එක් ප්‍රතික්‍රියකයක් හා එක් ඵලයක් පමණක් අඩංගු සරල පද්ධතියක් වන ඩයිනයිට්‍රජන් ටෙට්‍රොක්සයිඩ් වායුව (N_2O_4), නයිට්‍රජන් ඩයොක්සයිඩ් (NO_2) වායුව බවට විඝටනය වීම සලකන්න. ධූමකවල දුඹුරු පැහැයට හේතු වන්නේ NO_2 වායුවයි. N_2O_4 වායුව අඩංගු මුද්‍රා තබන ලද බඳුනක NO_2 වායුවෙහි රතු-දුඹුරු පැහැය දක්නට ලැබේ. N_2O_4 වායුව අවර්ණ නිසාත් NO_2 වායුව වර්ණවත් නිසාත් ප්‍රතික්‍රියාව දෘශ්‍ය ලෙස නියාමනය කළ හැකි ය.

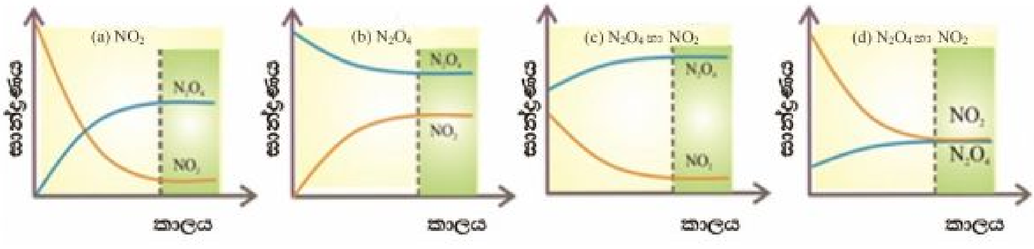
$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

තුන් ආකාරයකින් සමතුලිතතාව කරා ළඟා වන ප්‍රතික්‍රියාවක ප්‍රතිවර්ත්‍ය ස්වභාවය වටහා ගැනීම සඳහා මේ පද්ධතිය භාවිත කළ හැකි ය.

(i) රේඛනය කරන ලද ප්ලාස්කුවකට N_2O_4 වායුව නික්ෂේපනය කළ කල්හි මොහොතින් දුඹුරු පැහැය දර්ශනය වේ. මින් පෙන්නුම් කෙරෙන්නේ NO_2වායු අණු සෑදෙන බවයි. අනතුරුව, සමතුලිතතාව කරා එළඹ නියත වර්ණයක් ලැබෙන තුරු කාලයත් සමග වර්ණ තීව්‍රතාව වැඩි වන්නේ ය. මේ අවස්ථාවේ දී N_2O_4හා NO_2 වායුවල සාන්ද්‍රණ නියතව පවතී.

(ii) සංශුද්ධ NO_2 වායුවෙන් ආරම්භ කරමින් ද අපට සමතුලිත අවස්ථාව උද්ගත කළ හැකි ය. NO_2 අණුවලින් සමහරක් N_2O_4 සෑදීමට සංයෝජනය වන නිසා වර්ණය ක්‍රමයෙන් අඩු වී ගොස් සමතුලිතතාව එළඹුණු කල්හි නියත තීව්‍රතාවකින් යුක්ත වේ.

(iii) මේ සමතුලිතතාව ස්ථාපිත කිරීමේ අනෙක් ක්‍රමය වන්නේ NO_2 හා N_2O_4 වායුවල මිශ්‍රණයකින් ප්‍රතික්‍රියාව ආරම්භ කර වර්ණ වෙනස් වීම නවතින තුරු පද්ධතිය නියාමනය කිරීමයි. මෙහි ලා මතක තබා ගත යුතු වැදගත් කරුණක් වන්නේ සමතුලිතතාවේ දී N_2O_4, NO_2 බවටත් NO_2, N_2O_4 බවටත් පරිවර්තනය වීම දිගට ම සිදු වෙමින් පවතින බවයි. වේග දෙක සමාන බැවින් අපි පැහැයේ වෙනසක් නො දකිමු. එනම්, NO_2 අණු ඉවත් වීම, එම අණු නිපදෙන වේගයෙන් ම සිදු වන අතර N_2O_4 අණු සෑදීම, ඒවා විඝටනය වන වේගයෙන් ම සිදු වේ. මේ අවස්ථා ත්‍රිත්වය 2.3 රූපයෙන් සාරාංශ කෙරේ.



(a) (b) (c) (d)

2.3 රූපය $N_2O_4(g) \rightleftharpoons NO_2(g)$ සමතුලිතතා පද්ධතිය: **(a)** ආරම්භයේ දී පද්ධතියේ NO_2 වායුව අඩංගු වන අතර, N_2O_4 වායුව නැත. කාලයත් සමග NO_2 සාන්ද්‍රණය අඩු වන අතර N_2O_4 සාන්ද්‍රණය වැඩි වේ. **(b)** ආරම්භයේ දී පද්ධතියේ N_2O_4 වායුව අඩංගු වන අතර, NO_2 වායුව නැත. කාලයත් සමග N_2O_4 සාන්ද්‍රණය අඩු වන අතර NO_2 සාන්ද්‍රණය වැඩි වේ. **(c)** ආරම්භයේ දී NO_2 හා N_2O_4 වායුවල මිශ්‍රණයක් පවතී.මේ සියලු අවස්ථාවල දී සමතුලිතතාව ඇති වන නමුත් NO_2 හා N_2O_4 වායුවල සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ එක ම නො වේ. **(d)** **(c)** හි ඇති මිශ්‍රණයේ ඉදිරි හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියාවල ශීඝ්‍රතා සාන්ද්‍රණ අගයන් සලකුණු කර නැති වුවත් සාන්ද්‍රණවල විචලනය ප්‍රතික්‍රියාවේ ස්ටොයිකියෝමිතියට අනුකූල බව සැලකිල්ලට ගන්න.

පදාර්ථය පවත්නා අවස්ථාවේ වෙනසක් ඇති වන කල්හි, භෞතික පරිණාමණයක් සිදුව ඇතැයි සැලකේ. පදාර්ථයේ භෞතික පරිණාමනවලට ද සමතුලිතතා සංකල්ප යෙදිය හැකි අතර, උදාහරණ කිහිපයක් පහත සාකච්ඡා කෙරේ.

2.1.1 භෞතික ක්‍රියාවලිවල සමතුලිතතාව

භෞතික ක්‍රියාවලි සමහරක් පිරික්සීමෙන් අපට සමතුලිතතාවේ ඇති පද්ධතියක ලක්ෂණ වඩාත් හොඳින් තේරුම් ගත හැකි ය. මින් වඩාත් හුරුපුරුදු පද්ධති වන්නේ ඝන ⇌ ද්‍රව, ද්‍රව ⇌ වායු, ඝන ⇌ වායු ආදි කලාප පරිණාමණ ක්‍රියාවලි ය.

ඝන–ද්‍රව සමතුලිතතාව

මෙහි, විශේෂිත උෂ්ණත්වයක දී හා පීඩනයක දී ද්‍රව්‍යයක ඝන හා ද්‍රව අවස්ථා සහ-පැවැත්මක වෙයි. 1 atm පීඩනයේ දී ඝන ද්‍රව්‍යයක ද්‍රවාංකයේ දී ඝන – ද්‍රව සමතුලිතතාවක් පවතී. නිදසුනක් ලෙස 273 K දී (0°C දී) හා වායුගෝලීය පීඩනයේ දී (1 atm, 101325 pa) ජලයේ ඝන – ද්‍රව සමතුලිතතාව ඇති වෙයි.

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(s)$$

මෙහි ද්‍රව ජලය හා අයිස් එක ම විට පවතී. කාලයත් සමඟ අයිස්වල හා ජලයේ ස්කන්ධය වෙනස් නොවන බවත් උෂ්ණත්වය නියතව පවත්නා බවත් මෙහි දී අපි නිරීක්ෂණය කරමු. කෙසේ වෙතත් මේ සමතුලිතතාව ස්ථිතික එකක් නො වේ. ඝන – ද්‍රව මායිමේ දී ද්‍රව ජලය අණු අයිස් සමඟ ගැටෙමින් ඊට ආසන්නව පවතින අතර, අයිස් අණු සමහරක් ද්‍රව කලාපයට නිදහස් වේ. අයිස් හා ජලයේ ස්කන්ධයේ වෙනසක් සිදු නොවන අතර, වායුගෝලීය පීඩනයේ දී හා 273 K උෂ්ණත්වයේ දී අයිස් අණු, ජල අණු බවට හැරීමේ හා ජල අණු, අයිස් අණු බවට හැරීමේ ශීඝ්‍රතා සමාන වේ. අයිස් හා ජලය සමතුලිතතාවේ පවතින්නේ සුවිශේෂ උෂ්ණත්වයක දී හා පීඩනයක දී බව පැහැදිලි ය. වායුගෝලීය පීඩනය යටතේ දී ඕනෑ ම සංශුද්ධ ද්‍රව්‍යයක ඝන හා ද්‍රව කලාප සමතුලිතතාවේ පවත්නා උෂ්ණත්වය ඒ ද්‍රව්‍යයේ සාමාන්‍ය ද්‍රවාංකය හෙවත් සාමාන්‍ය හිමාංකය ලෙස හඳුන්වනු ලැබේ. උක්ත නිදසුනෙහි පද්ධතිය ගතික සමතුලිතතාවේ පවත්නා බව අපට පෙනෙන අතර, අයිස්වල ද්‍රවාංකයේ දී හෙවත් ජලයේ හිමාංකයේ දී අයිස් ද්‍රව වීමේ වේගය ජලය මිදීමේ වේගයට සමාන ය. එහෙයින් අයිස්වල හා ජලයේ ප්‍රමාණය නියත ව පවතී. පීඩනයේ වෙනස් වීමත් සමඟ සමතුලිතතාව ආරම්භ වන උෂ්ණත්වය වෙනස් වන බව සැලකිල්ලට ගත යුතු ය.

ද්‍රව-වාෂ්ප සමතුලිතතාව

මෙහි දී විශේෂිත උෂ්ණත්වයක් හා පීඩනයක් යටතේ දී සංවෘත පද්ධතියක, ද්‍රව්‍යයක ඝන හා වාෂ්ප අවස්ථා සහ-පැවැත්මක වෙයි. 1 atm පීඩනයක දී හා ද්‍රව්‍යයක තාපාංකයේ දී ද්‍රව-වාෂ්ප සමතුලිතතාවක් පවතී. නිදසුනක් ලෙස වායුගෝලීය පීඩනයේ දී හා 373 K (100 °C) උෂ්ණත්වයේ දී ජලයේ ද්‍රව-වාෂ්ප සමතුලිතතාව පවතී.

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$$

මෙහි දී එක ම විට ද්‍රවය හා වාෂ්පය පවතී. සරල පරීක්ෂණයකින් මෙය ආදර්ශනය කළ හැකි ය. බැරෝමීටරයක් සම්බන්ධ කරන ලද රේඛිත වියළි පෙට්ටියක් තුළ යම් ජල ප්‍රමාණයක් අඩංගු ඔරලෝසු වීදුරුවක් තබා උෂ්ණත්වය 100 °C ට ගෙන එනු ලැබේ. මෙහි දී පීඩනමානයේ දකුණු බාහුවෙහි රසදිය මට්ටම සෙමෙන් ඉහළ නැඟ අවසානයේ නොවෙනස් ව පවතී. එනම්, පෙට්ටිය තුළ පීඩනය වැඩි වී නියත අගයකට පැමිණේ. තව ද ඔරලෝසු වීදුරුවේ ඇති ජල පරිමාව අඩු වේ. ආරම්භයේ දී පෙට්ටිය තුළ ජල වාෂ්ප නැත; නැත හොත්

ඇත්තේ ඉතා අල්ප ප්‍රමාණයකි. ජලය වාෂ්ප වත් ම පෙට්ටිය තුළ ඇති වායු කලාපයට ජල වාෂ්ප එකතු වීම නිසා ඒ තුළ පීඩනය වැඩි වෙයි. වාෂ්පීභවන ශීඝ්‍රතාව නියත ය. එහෙත් ජල වාෂ්ප, ජලය බවට ඝනීභවනය වීම නිසා පීඩනය වැඩි වීමේ ශීඝ්‍රතාව කාලයත් සමඟ අඩු වේ. අවසානයේ ශුද්ධ වාෂ්පීභවනයක් සිදු නොවන කල්හි සමතුලිත තත්ත්වය තහවුරු වේ. සමතුලිතතා තත්ත්වය එළඹෙන තෙක් වායු කලාපයෙන් ද්‍රව කලාපයට ඇතුළු වන ජල අණු සංඛ්‍යාව වැඩි වන බව ද එහි දී වාෂ්පීභවන වේගය ඝනීභවන වේගයට සමාන වන බව ද මින් ගම්‍ය වේ.

සමතුලිතතාවේ දී, දෙන ලද උෂ්ණත්වයක් යටතේ දී ජල අණුවලින් ඇති කෙරෙන පීඩනය නියත ව පවතින අතර එය ජලයේ සමතුලිතතා වාෂ්ප පීඩනය (හෙවත් හුදෙක් ජලයේ වාෂ්ප පීඩනය) යනුවෙන් හැඳින්වේ. ජලයේ වාෂ්ප පීඩනය උෂ්ණත්වය සමඟ වැඩි වේ.

මෙහි දී, 1 atm පීඩනයක් හා තාපාංකය යනුවෙන් හැඳින්වෙන ලාක්ෂණික උෂ්ණත්වයක් යටතේ දී ද්‍රව්‍යයක වාෂ්ප හා ද්‍රව අවස්ථා සමගාමී ව පවතී. නිදසුනක් ලෙස 1 atm පීඩනයේ දී ජලයේ තාපාංකය 100 °C වේ. මේ තත්ත්ව යටතේ දී වාෂ්ප ය බැහැර වී නොයේ නම්, ද්‍රව ජලය හා ජල වාෂ්ප (හුමාලය) යන දෙක ම එකට පවතී.

ඝන-වාෂ්ප සමතුලිතතාව

සංවෘත බඳුනක් තුළ ඝන අයඩින් ස්වල්පයක් තැබූ විට මඳ වේලාවකට පසු බඳුන දම් පැහැති වාෂ්පයකින් පිරී යන අතර, කාලයත් සමඟ වර්ණයේ තීව්‍රතාව වැඩි වේ. එක්තරා කාලයකට පසු වර්ණයේ තීව්‍රතාව නියතව තිබෙන අතර, මේ අවස්ථාවේ දී සමතුලිතතාව එළඹ ඇත. එනම්, ඝන අයඩින් ඌර්ධ්වපාතනය වෙමින් අයඩින් වාෂ්පය සාදන අතර ඝන අයඩින් දෙමින් අයඩින් වාෂ්පය ඝනීභවනය වේ. මේ සමතුලිතතාව මෙසේ දැක්විය හැකි ය:

$$I_2(s) \rightleftharpoons I_2(g)$$

ඝන-ඝන සමතුලිතතාව

සංක්‍රමණ උෂ්ණත්වය නමැති සුවිශේෂ උෂ්ණත්වයක් හා 1 atm පීඩනයක් යටතේ දී ඝන ස්වභාවය එසේ ම තිබිය දී යම් ස්ඵටිකරූපී ඝනයක් ලෙස පවත්නා ද්‍රව්‍යයක් ඒ හා සමකාලීනව පවත්නා තවත් ස්ඵටිකරූපී ස්වරූපයකට පරිවර්තනය වේ නම් එය ඝන-ඝන සමතුලිතතාව පවතී යැයි කියනු ලැබේ. උදාහරණයක් ලෙස ඝන සල්ෆර් එහි සංක්‍රමණ උෂ්ණත්වයේ දී රොම්බසීය හා ඒකානති ස්වරූප අතර සමතුලිතතාව ප්‍රදර්ශනය කරයි.

$$S(\text{රොම්බසීය}) \rightleftharpoons S(\text{ඒකානති})$$

2.1.2 රසායනික ක්‍රියාවලිවල සමතුලිතතාව

සමජාතීය සමතුලිතතාව

සමජාතීය හා විෂමජාතීය යනුවෙන් දෙයාකාරයක සමතුලිතතා පවතී. සමතුලිතතාවේ පවත්නා රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක සියලු ප්‍රතික්‍රියක හා ඵල එක ම කලාපයේ පවතී නම් එවැන්නක් සමජාතීය සමතුලිතතාවක් යනුවෙන් හැඳින්වේ. නිදසුනක් නම්,

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

මෙහි සියලු ප්‍රතික්‍රියක හා ඵල වායු අවස්ථාවේ පවතී. මෙය වායු කලාප සමතුලිතතාවකට උදාහරණයකි.

සියලු ප්‍රතික්‍රියක හා ඵල ද්‍රව කලාපයේ පවතින්නා වූ රසායනික සමතුලිතතාවකට ද්‍රව කලාප සමතුලිතතාවක් යැයි කියනු ලැබේ. පහත දැක්වෙන්නේ උදාහරණයකි:

$$CH_3COOH(l) + C_2H_5OH(l) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5(l) + H_2O(l)$$

වායු කලාප හා ද්‍රව කලාප සමතුලිතතා යන දෙක ම පොදුවේ සමජාතීය සමතුලිතතා යනුවෙන් හැඳින්වේ.

විෂමජාතීය සමතුලිතතාව

රසායනික සමතුලිතතාවක ප්‍රතික්‍රියක හා ඵල ප්‍රභේද වෙන් වෙන් කලාපවල පවතී නම් එවැන්නක් විෂමජාතීය සමතුලිතතාවක් සේ හඳුන්වනු ලැබේ.

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$$

$$3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$$

මෙවැයේ, ප්‍රතික්‍රියාව සංවෘත බඳුනක් තුළ සිදු කරන ලද්දේ නම් සමතුලිතතා අවස්ථාව ස්ථාපිත වේ.

2.1.3 රසායනික සමතුලිතතා නියමය හා සමතුලිතතා නියතය

සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක අඩංගු ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ අතර සම්බන්ධතාව කවරාකාර ද, ආරම්භක සාන්ද්‍රණවලින් සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ නිර්ණය කරන්නේ කෙසේ ද හා සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක සංයුතිය වෙනස් කිරීම සඳහා භාවිත කළ හැක්කේ කුමන සාධක ද යන කරුණු දැන ගැනීම වැදගත් ය. ගුල්ඩ්බර්ග් හා වාගේ යන නෝර්වීජියානු රසායන විද්‍යාඥයෝ දෙදෙන සමතුලිත (ප්‍රතිවර්ත්‍ය) ප්‍රතික්‍රියා විශාල සංඛ්‍යාවක් අධ්‍යයනය කර 1864 දී ස්කන්ධ ක්‍රියා නියමය නම් වූ සාමාන්‍යකරණයක් ඉදිරිපත් කළහ. ඉන් මෙසේ ප්‍රකාශ වේ: "රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක ශීඝ්‍රතාව ප්‍රතික්‍රියකවල සක්‍රිය ස්කන්ධවලට සමානුපාතික වේ." මෙහි 'සක්‍රිය ස්කන්ධ' යන්නෙන් අදහස් වන්නේ මවුලික සාන්ද්‍රණයයි ($mol\ dm^{-3}$). නියත උෂ්ණත්වයක දී ප්‍රතික්‍රියාවක ශීඝ්‍රතාව නිර්ණය කෙරෙනුයේ ඒකක පරිමාවක ඇතුළත් ප්‍රතික්‍රියක අණු අතර සංඝට්ටන සංඛ්‍යාවෙන් හා එනයින් සාමාන්‍යයෙන් ඒවායේ සක්‍රිය ස්කන්ධ යනුවෙන් හැඳින්වෙන සාන්ද්‍රණ විසිනි.

පහත දී ඇති ප්‍රතික්‍රියාව සලකන්න:

$$A + B \underset{k_r}{\overset{k_f}{\rightleftharpoons}} C + D$$

ස්කන්ධ ක්‍රියා නියමයට අනුව;

ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාවේ ශීඝ්‍රතාව: $R_f = k_f\ [A]\ [B]$

ආපසු ප්‍රතික්‍රියාවේ ශීඝ්‍රතාව: $R_r = k_r\ [C]\ [D]$

[A], [B], [C], [D] යනු පිළිවෙළින් සමතුලිතතාවේ දී A, B, C හා D වල මවුලික සාන්ද්‍රණ වේ.

k_f හා k_r යනු පිළිවෙළින් ඉදිරි හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියාවල වේග නියත වේ.

සමතුලිතතාවේ දී, $R_f = R_r$

එබැවින්, $k_f\ [A]\ [B] = k_r\ [C]\ [D]$

$$\therefore \quad \frac{k_f}{k_r} = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

k_f හා k_r නියත බැවින් ඕනෑම සුවිශේෂිත උෂ්ණත්වයක දී $\frac{k_f}{k_r}$ නියතයක් වේ. $\frac{k_f}{k_r}$ අනුපාතය සමතුලිතතා නියතය යනුවෙන් හැඳින්වෙන අතර, එහි සංකේතය $\boldsymbol{K_c}$ වේ. **c** යටි පෙළින් දැක්වෙන්නේ නියතයේ අගය ප්‍රකාශ කෙරෙනුයේ ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ ඇසුරෙන් බවයි. මේ අනුව ඉහත සමීකරණය මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$K_C = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

එනම්, නියත උෂ්ණත්වයක දී සමතුලිතතාවේ ඇති ප්‍රතිවර්ත්‍ය ප්‍රතික්‍රියාවක ඵලවල හා ප්‍රතික්‍රියකවල සාන්ද්‍රණ අතර එක්තරා අනුපාතයක් $\boldsymbol{K_c}$ (සමතුලිතතා නියතය) නම් වූ නියත අගයක් ගනී.

2.1.4 සමතුලිතතා නියමය හා ප්‍රතික්‍රියාවක් සඳහා පොදු සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනය

මේ සඳහා නිදසුනක් ලෙස 25 °C ඇති $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ පද්ධතිය සලකමු. මෙහි ආරම්භක N_2O_4 හා NO_2 සාන්ද්‍රණ වෙනස් කිරීමේ දී ලැබෙන පරීක්ෂණාත්මක දත්ත විශ්ලේෂණයෙන් සිත්ගන්නාසුලු රටාවක් දක්නට ලැබේ. මෙහි දී පෙනී යන්නේ $[NO_{2(g)}]/[N_2O_{4(g)}]$ අනුපාතය අහඹු අගයක් දැරුව ද, $[NO_{2(g)}]^2/[N_2O_{4(g)}]$ අනුපාතය ආසන්න ලෙස නියත අගයක් ගන්නා බවයි. එනම්,

$$K_c = \frac{[NO_2(g)]^2}{[N_2O_4(g)]}$$

මෙහි $\boldsymbol{K_c}$ නියත උෂ්ණත්වයක දී නියතයක් වේ.

එසේ ම $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ ප්‍රතික්‍රියාවේ දී ද මීට සමාන ආකාර ප්‍රතිඵලයක් දක්නට ලැබේ. මෙහි $[HI_{(g)}]^2/[H_{2(g)}]\ [I_{2(g)}]$ අනුපාතය නියතයක් වේ. දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී බොහෝ සමතුලිතතා පද්ධතිවලින් ලැබෙන මේ ආකාර අනාවරණ පදනම් කර ගනිමින් අපට

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

ආකාරයේ සාධාරණ ප්‍රතික්‍රියාවක් සඳහා සාමාන්‍යකරණය කරන ලද ප්‍රකාශනයක් ව්‍යුත්පන්න කළ හැකි ය. මෙහි a, b, c, d යනු පිළිවෙළින් A, B, C හා D විශේෂවල ස්ටොයිකියොමිතික සංගුණක වේ.

$$K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

$\boldsymbol{K_c}$ යනු සමතුලිතතා නියතය වේ. මේ අනුව සමතුලිතතා නියතයේ පොදු අර්ථ දැක්වීම මෙසේ ප්‍රකාශ කළ හැකි ය.

ඒ වූ කලී ඵලවල සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ තුලිත සමීකරණයේ අනුරූප ස්ටොයිකියොමිතික සංගුණකවල බලයට නැංවූ විට ලැබෙන පදවල ගුණිතය, ප්‍රතික්‍රියකවල සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ අනුරූප ස්ටොයිකියොමිතික සංගුණකවල බලයට නැංවූ විට ලැබෙන පදවල ගුණිතයෙන් බෙදීමේ දී ලැබෙන අගය වේ.

නිදසුක් ලෙස පහත දී ඇති ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනය සලකන්න.

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

$$K_c = \frac{[NH_{3(g)}]^2}{[N_{2(g)}]\ [H_{2(g)}]^3}$$

අප විසින් ප්‍රතික්‍රියාව ආපසු දිශාවට ලියන ලද්දේ නම්, නව සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනය, මුල් ප්‍රකාශනයේ පරස්පරය වන අතර, නව සමතුලිතතා නියතය මුල් සමතුලිතතා නියතයේ පරස්පරය වේ. එනම්,

$$K_c' = \frac{[N_{2(g)}]\ [H_{2(g)}]^3}{[NH_{3(g)}]^2} = \frac{1}{K_c}$$

K_c හා K_c' වල සංඛ්‍යාත්මක අගයයන් එකිනෙකට වෙනස් බැවින් සමතුලිතතා නියතයක අගය ප්‍රකාශ කිරීමේ දී අදාළ තුලිත රසායනික සමීකරණය සුවිශේෂව සඳහන් කිරීම වැදගත් වේ. තව ද ඉහත දක්වා ඇති පරිදි සමතුලිතා නියත ප්‍රකාශනයේ ඇතුළත් ඒ ඒ ප්‍රභේදවල භෞතික අවස්ථා දක්වා ලීම අත්‍යවශ්‍ය ය.

නිදසුන 2.1

500 K දී $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ සමතුලිතතා මිශ්‍රණයේ මිනුම් කරන ලද සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය මෙසේ ය:

$[N_2] = 3.0 \times 10^{-2}$ mol dm^{-3}, $[H_2] = 4.0 \times 10^{-2}$ mol dm^{-3}, $[NH_3] = 2 \times 10^{-3}$ mol dm^{-3}

500 K දී ඉදිරි හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියා සඳහා සමතුලිතතා නියත ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

$$K_c = \frac{[NH_{3(g)}]^2}{[N_{2(g)}][H_{2(g)}]^3}$$

$$K_c = \frac{(2 \times 10^{-3})^2 (\text{mol dm}^{-3})^2}{(3 \times 10^{-2})(4 \times 10^{-2})^3 (\text{mol dm}^{-3})^4} = 2.083 \text{ mol}^{-2} \text{ dm}^6$$

$$K_c' = \frac{[N_{2(g)}][H_{2(g)}]^3}{[NH_{3(g)}]^2} = \frac{(3 \times 10^{-2})(4 \times 10^{-2})^3 (\text{mol dm}^{-3})^4}{(2 \times 10^{-3})^2 (\text{mol dm}^{-3})^2}$$

$$= 0.48 \text{ mol}^2 \text{dm}^{-6}$$

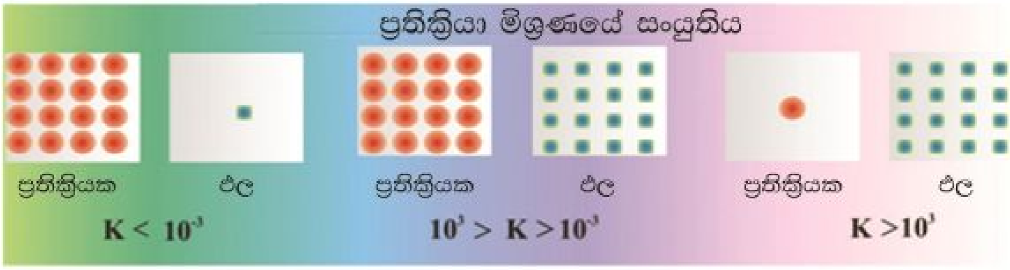
හෝ

$$K_c' = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{2.083 \text{ mol}^{-2} \text{ dm}^6} = 0.48 \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$$

සටහන: ප්‍රතික්‍රියාවේ ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශා සඳහා සමතුලිතතා නියතය අර්ථ දැක්වීමේ දී එහි විශාලත්වය සේ ම ඒකක ද වෙනස් වන අයුරු වටහා ගන්න. ප්‍රතික්‍රියාවක් ආපස්සට ලියනු ලබන කල්හි එහි සමතුලිතතා නියත, මුල් ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතයේ පරස්පරය වේ.

2.1.5 ප්‍රතික්‍රියා ප්‍රමාණය

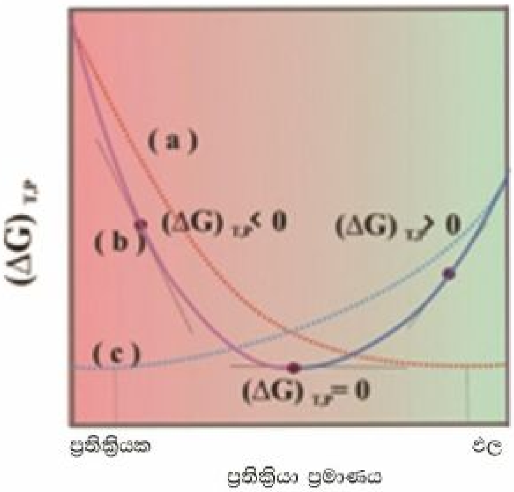
K (K_c හෝ වායු කලාප ප්‍රතික්‍රියාවලට අදාළ K_p) 1ට වඩා බෙහෙවින් වැඩි නම් (එනම්, $K >>> 1$), සමතුලිතතාව දකුණට බර වන අතර ඵල සෑදීමට හිතකර වේ. එනම්, ඵල සාන්ද්‍රණය, ප්‍රතික්‍රියකවල සාන්ද්‍රණයට වඩා ඉහළ වේ. මීට විලෝම ලෙස, සමතුලිතතා නියතය 1ට වඩා බොහෝ සෙයින් අඩු නම් ($K <<< 1$) සමතුලිතතාව වමට නැඹුරු වන අතර, ප්‍රතික්‍රියක සෑදීමට හිතකර වේ. එනම්, ප්‍රතික්‍රියක සාන්ද්‍රණය, ඵල සාන්ද්‍රණයට වඩා වැඩි වෙයි. බොහෝ ප්‍රතික්‍රියාවල සමතුලිතතා නියතය 1000 හා 0.001 අතර වේ. ($10^3 \geq K \geq 10^{-3}$) මෙයින් පෙනී යන්නේ එය ඉතා විශාල හෝ ඉතා කුඩා හෝ නොවන බවයි. සමතුලිතතාවේ දී මේ පද්ධති ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සැලකිය යුතු ප්‍රමාණයක් තබා ගැනීමට නැඹුරු වන අතර, මෙයින් පෙනී යන්නේ ප්‍රතික්‍රියකවලින් ඵල හෝ ඵලවලින් ප්‍රතික්‍රියක හෝ සෑදීමට දැඩි නැඹුරුවක් මෙවායේ නැති බවයි.



2.4 රූපය ***K*** සමතුලිතතා නියමයෙහි විශාලත්වයට අනුකූලව ප්‍රතික්‍රියාවක ප්‍රමාණය හා සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය නිරූපණය

2.4 රූපයෙන්, ප්‍රතික්‍රියක ⇌ ඵල ලෙස ලියනු ලබන පොදු ප්‍රතික්‍රියාවක සමතුලිතතාවේ දී ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාපේක්ෂ සාන්ද්‍රණ හා K හි විශාලත්වය අතර සම්බන්ධතා සාරාංශ කර ඉදිරිපත් කෙරේ. $k_f >> k_r$, වන කල්හි ප්‍රතික්‍රියාවක චාලකය හා ඵලවල හා ප්‍රතික්‍රියකවල සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ අතර සෘජු සම්බන්ධතාවක් පවතින බැවින් K ඉහළ අගයක් ගන්නා අතර සමතුලිතතාවේ දී ඵලවල සාන්ද්‍රණය ප්‍රමුඛ වන්නේ ය. මෙය අවශ්‍යයෙන් ම අනුරූප වන්නේ අප්‍රතිවර්ත්‍ය ප්‍රතික්‍රියාවකට ය. විලෝම ලෙස $k_f << k_r$, වන විට K සංඛ්‍යාත්මකව ඉතා කුඩා වන අතර ප්‍රතික්‍රියාවෙන් ඵල නොසෑදෙන තරම් ය. $k_f \approx k_r$ වන්නා වූ පද්ධතිවල සමතුලිතතාවේ දී ප්‍රතික්‍රියක හා ඵල සැලකිය යුතු සාන්ද්‍රණයකින් පවතී. එනම්,

- $K_c > 10^3$ වේ නම් ප්‍රතික්‍රියකවලට වඩා ඵල ප්‍රමුඛ වේ. K_c ඉතා විශාල නම් ප්‍රතික්‍රියාව බොහෝ දුරට ම සම්පූර්ණත්වය කරා ගමන් කරයි.
- $K_c < 10^3$ වේ නම් ඵලවලට වඩා ප්‍රතික්‍රියක ප්‍රමුඛ වේ. එය ඉතා කුඩා නම් ප්‍රතික්‍රියාව සිදු නොවන තරම් ය.
- $10^3 \geq K_c \geq 10^{-3}$ නම් ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සැලකිය යුතු තරමේ සාන්ද්‍රණයක් පවතී.

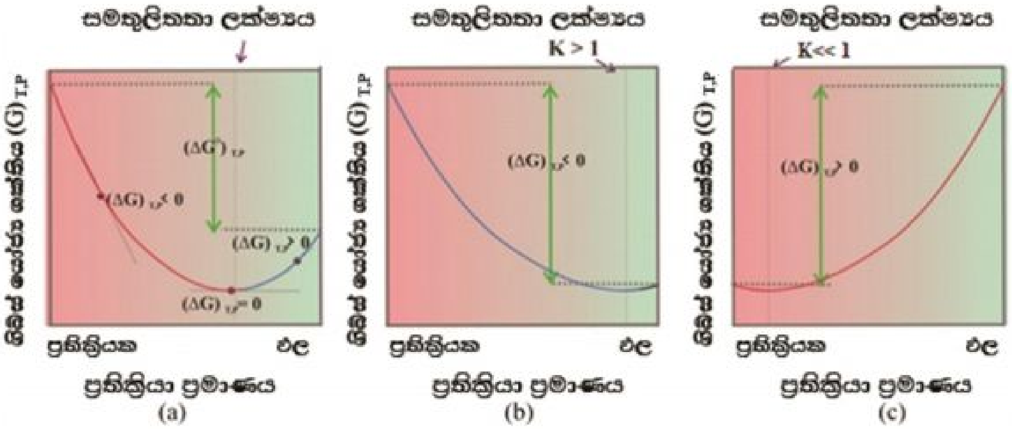


2.5 රූපය දෙන ලද උෂ්ණත්වයක් හා පීඩනයක් යටතේ සමතුලිතතාවේ දී අවම ගිබ්ස් ශ්‍රිතය වෙත යොමු වන ස්වයංසිද්ධ ප්‍රතික්‍රියාවක නිරූපණය. ප්‍රතික්‍රියාවේ ප්‍රගතියත් සමඟ ගිබ්ස් ශ්‍රිතයේ බෑවුම වෙනස් වේ. සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය ශුන්‍ය බෑවුමට අනුරූප ය.

සමතුලිතතා අවස්ථාව අවබෝධ කර ගැනීම පිණිස යොදා ගන්නා ලද 2.4 රූපය ආශ්‍රිත සරල විස්තරයට අමතරව, මේ සමතුලිතා සංකල්පය ප්‍රතික්‍රියාවක ස්වයංසිද්ධතාව පැහැදිලි කිරීම සඳහා 05 ඒකකයේ විස්තර කෙරෙන තාප රසායනය පිළිබඳ දැනුම ඇසුරෙන් තව දුරටත් තේරුම් ගත හැකි ය. 2.5 රූපයේ (a) වක්‍රය, සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය ඵල වෙතට සමීප වූ හා ගිබ්ස් ශක්ති වෙනස $(\Delta G)_{T,P} < 0$ වූ ප්‍රතික්‍රියාවක් සම්පූර්ණත්වය කරා යන බව පෙන්වයි. (b) වක්‍රයෙන් දැක්වෙන්නේ ප්‍රතික්‍රියක හා ඵලවල සැලකිය යුතු ප්‍රමාණ අඩංගු වන්නා වූ $(\Delta G)_{T,P} = 0$ වන සමතුලිත අවස්ථාවකි. (c) වක්‍රයෙන් දැක්වෙන්නේ $(\Delta G)_{T,P} > 0$ වූ ස්වයංසිද්ධ නොවන ප්‍රතික්‍රියාවක් වන අතර, මෙහි සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය ප්‍රතික්‍රියක වෙතට බර වේ.

සටහන: මෙහි $(\Delta G)_{T,P}$ යන්නෙන් අදහස් වන්නේ මවුල ප්‍රමාණ වෙනසට $(\Delta G)_{T,P}/\Delta n$). යෝජ්‍ය ශක්ති වෙනසෙහි අගයයි. කෙසේ වුව ද දෙන ලද ප්‍රතික්‍රියාවක $(\Delta G)_{T,P} = \Delta H - T\,\Delta S$ යන්නෙන් සම්පූර්ණ ප්‍රතික්‍රියාවේ සම්මත යෝජ්‍ය ශක්ති වෙනස (ΔG_r^o) දැක්වේ. පොදුවේ දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී $\Delta G_r = \Delta G_r^o + RT\ \ln Q$ යන්නෙන් දෙන ලද ප්‍රතික්‍රියාවක ΔG_r දෙනු ලැබේ. සමතුලිතතාවේ දී $\Delta G_r = 0$ වන බව අපි දනිමු. මෙනයින් ඕනෑ ම ප්‍රතික්‍රියාවකට ඊට ම ලාක්ෂණික ΔG_r^o අගයක් ඇත. වෙනත් වචනවලින් පවසත හොත් දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී ප්‍රතික්‍රියාවක $\Delta G_r^o \neq 0$ හෙවත් $\Delta G_r^o = -RT\ln K$ වේ (මෙය හුදෙක් පැහැදිලි කිරීම සඳහා වන අතර, මේ සමීකරණය පිළිබඳ දැනුම අ.පො.ස. (උසස් පෙළ) විභාගයේ දී පරීක්ෂා නො කෙරේ).

2.5 රූපය යටතේ ඇති විස්තරය, පහත 2.6 රූපයේ වක්‍ර තුනෙන් වැඩි දුරටත් විස්තර කළ හැකි ය. ඉන් ස්වයංසිද්ධ රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක, සම්පූර්ණත්වය කරා යන ප්‍රතික්‍රියාවක හා ඵල කරා කිසි සේත් නොයන ප්‍රතික්‍රියාවක ගිබ්ස් යෝජ්‍ය ශක්ති වෙනස වඩාත් හොඳින් පැහැදිලි කෙරේ.



2.6 රූපය **(a)** ස්වයංසිද්ධ නැඹුරුවකින් යුත් ප්‍රතික්‍රියාවක ගිබ්ස් යෝජ්‍ය ශක්තියේ විචලනය **(b)** සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය ඵලවලට තදාසන්න වූ හා සම්පූර්ණත්වය කරා යන ප්‍රතික්‍රියාවක් (K>1). **(c)** සම්පූර්ණත්වය කරා නොයන හෙවත් ඵල සෑදීමට නැඹුරුවක් නොදක්වන හා සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය ප්‍රතික්‍රියකවලට තදාසන්න වූ ප්‍රතික්‍රියාවක් (K << 1).

2.6 රූපයෙන් අපට පහත දැක්වෙන කරුණු පැහැදිලි වේ.
සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය හෙවත් ප්‍රතික්‍රියාවක් ඵලවලට හෝ ප්‍රතික්‍රියකවලට කොතරම් සමීප වන්නේ ද යන බව අර්ථ දැක්වෙන්නේ ΔG_r^{θ} හි සලකුණින් හා විශාලත්වයෙනි.

$\Delta G_r^{\theta} < 0$: ඵලවලට හිතකර ව සිදු වේ.

$\Delta G_r^{\theta} \approx 0$: ඵලවලට හෝ ප්‍රතික්‍රියකවලට හෝ හිතකර නොවේ. පද්ධතිය සමතුලිතතාවේ පවතී.

$\Delta G_r^{\theta} > 0$: ප්‍රතික්‍රියකවලට හිතකර වේ.

2.1.6 සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනය ලිවීමේ විවිධ ආකාර

රසායනික වශයෙන් එකිනෙකට සමාන වුව ද එකිනෙකට වෙනස් ආකාරවලින් සමීකරණයක් ලිවීම එකිනෙකට වෙනස් වූ සමතුලිතතා ප්‍රකාශන ලැබීමට ද සමතුලිතතා නියතයේ විශාලත්වය වෙනස් වීමට ද හේතු වේ. නිදසුනක් ලෙස K සමතුලිතතා නියතයෙන් යුත් $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ ප්‍රතික්‍රියාව $NO_{2(g)} \rightleftharpoons 1/2N_2O_{4(g)}$, යනුවෙන් ලියූ කල්හි එහි සමතුලිතතා නියතය K'' පහත දී ඇති ප්‍රකාශනයෙන් දැක්විය හැකි ය.

$$K = \frac{[N_2O_4(g)]}{[NO_2(g)]^2}$$

$$K'' = \frac{[N_2O_{4(g)}]^{1/2}}{[NO_{2(g)}]}$$

මෙහි K'' හා K අතර සම්බන්ධතාව $\boldsymbol{K'' = (K)^{1/2}}$ බව අපට පෙනේ. ස්කන්ධ ක්‍රියා නියමයට අනුව සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයේ එක් එක් සාන්ද්‍රණ පදය ඒවායේ ස්ටොයිකියොමිතික සංගුණකයනට සමාන වූ බලයකට නැංවෙන්නේ ය. එබැවින් රසායනික සමීකරණයක් මුළුමනින් දෙගුණ කළ හොත් එහි සමතුලිතතා නියතය මුල් සමතුලිතතා නියතයේ වර්ගය වෙයි. එය තුන් ගුණ කළ හොත් එහි සමතුලිතතා නියතය මුල් සමතුලිතතා නියතයේ ඝනය ආදි වශයෙන් වෙයි.

පොදුවේ, තුලිත රසායනික සමීකරණයක සියලු සංගුණක ***n*** වලින් ගුණ කළ විට නව සමතුලිතතා නියතය වන්නේ මුල් සමතුලිතතා නියතයේ ***n*** වැනි බලයයි.

2.2 නිදසුන

800 K, දී $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ ප්‍රතික්‍රියාවේ K සමතුලිතතා නියතය 0.25 වේ.

800 K දී $\frac{1}{2}N_2(g) + 3/2H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(g)$ ප්‍රතික්‍රියාවේ K'' සමතුලිතතා නියතය කුමක් ද?

පිළිතුර

අපට මෙසේ ලිවිය හැකි යː

$$K = \frac{[\mathrm{NH_{3(g)}}]^2}{[\mathrm{N_{2(g)}}][\mathrm{H_{2(g)}}]^3}$$

$$K'' = \frac{[\mathrm{NH_{3(g)}}]}{[\mathrm{N_{2(g)}}]^{1/2}[\mathrm{H_{2(g)}}]^{3/2}} = K^{1/2} = (0.25)^{\frac{1}{2}} = 0.50$$

2.1.7 වායුමය පද්ධතිවල සමතුලිතතා නියතය

මේ වන තුරු අප විසින් ප්‍රතික්‍රියාවල සමතුලිතතා නියතය ප්‍රකාශ කරන ලද්දේ ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල මවුලික සාන්ද්‍රණ ඇසුරෙනි. අප විසින් ඒ සඳහා යොදන ලද සංකේතය වන්නේ K_c ය. එහෙත් වායු සඳහා සමතුලිතතා නියතය ආංශික පීඩන ඇසුරෙන් ප්‍රකාශ කිරීම සාමාන්‍යයෙන් වඩාත් පහසු ය.

අප දන්නා පරිදි නියත උෂ්ණත්වයක දී වායුවක පීඩනය **(P),** P = (n/V) RT හෙවත් P = CRT යන ආකාරයෙන් වායුවේ සාන්ද්‍රණයට කෙළින් ම සම්බන්ධ වේ. එබැවින් $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ සමතුලිතතාව සඳහා අපට මෙසේ ලිවිය හැකි යː

$$\boldsymbol{K_p} = \frac{(P_{\mathrm{NO_{2(g)}}})^2}{(P_{\mathrm{N_2O_{4(g)}}})}$$

මෙහි $P_{\mathrm{NO_{2(g)}}}$ හා $P_{\mathrm{N_2O_{4(g)}}}$ යනු පිළිවෙළින් $NO_2(g)$ හා $N_2O_4(g)$ යන වායුවල සමතුලිතතා ආංශික පීඩන වේ. K_pහි යටකුරින් සාන්ද්‍රණ, පීඩන ඇසුරෙන් ප්‍රකාශිත බව දැක්වේ. ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල ආංශික පීඩන ඒවායේ **mol dm^{-3}**වලින් ප්‍රකාශිත සාන්ද්‍රණවලට සමාන නොවන බැවින් K_c හැම විට ම K_p ට සමාන නො වේ. නියත උෂ්ණත්වයක දී K_p හා K_c අතර සරල සම්බන්ධතාවක් පහත දැක්වෙන පරිදි ව්‍යුත්පන්න කළ හැකි ය. පළමුව අපි වායු කලාපයේ ඇති පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව සලකා බලමුː

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

අපට මෙසේ ලිවිය හැකි යː

$$K_c = \frac{[HI(g)\ \ ]^2}{[I_2(g)]\ \ [H_2(g)]}$$

$$K_p = \frac{(P_{HI(g)})^2}{(P_{H_2(g)})\,(P_{I_2(g)})}$$

P = CRT යෙදීමෙන්,

$P_{HI(g)} = [HI(g)\ \ ]\,RT$, $P_{H_{2(g)}} = [H_2(g)]\,RT$ හා $P_{I_{2(g)}} = [I_2(g)]\,RT$ ඉහත සමීකරණයට ආදේශ කිරීමෙන්,

$$K_p = \frac{(P_{HI(g)})^2}{(P_{H_2(g)})\,(P_{I_2(g)})} = \frac{[HI(g)]^2(RT)^2}{[I_2(g)](RT)\ \ [H_2(g)](RT)} = \frac{[HI(g)]^2(RT)^{(2-2)}}{[I_2(g)]\ \ [H_2(g)]} = K_c$$

මේ නිදසුනේ $K_p = K_c$ වේ. එනම්, සමතුලිතතා නියත දෙක ම සමාන වේ. එහෙත් මෙය හැම විට ම සිදු වන්නක් නො වේ. නිදසුනක් ලෙස $N_2(g) + 3H_2\ (g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ යන ප්‍රතික්‍රියාව සලකමු. මෙහි,

$$K_c = \frac{[NH_3(g)]^2}{[N_2(g)]\ \ [H_2(g)]^3} \text{ සහ } K_p = \frac{(P_{NH_3(g)})^2}{(P_{N_2(g)})\ \ (P_{H_2(g)})^3}$$

වායුවල පරිපූර්ණ හැසිරීම උපකල්පනය කිරීමෙන්

$$K_p = \frac{[NH_3(g)]^2(RT)^2}{[N_2(g)](RT)[H_2(g)]^3(RT)^3}$$

$$= \frac{[NH_3(g)]^2(RT)^{(2-4)}}{[N_2(g)][H_2(g)]^3}$$

$$= \frac{[NH_3(g)]^2(RT)^{(-2)}}{[N_2(g)][H_2(g)]^3}$$

මේ අනුව අපට මෙසේ ලිවිය හැකි යː

$$K_p = K_c\,(RT)^{-2}$$

පූර්වෝක්ත නිදර්ශන දෙක ඇසුරෙන් අනාවරණය කර ගන්නා ලද කරුණු මත පිහිටා දැන් අපට $aA(g) \rightleftharpoons bB(g)$ යන පොදු වායු කලාප ප්‍රතික්‍රියාව සලකා බැලිය හැකි යː

$$K_c = \frac{[B(g)]^b}{[A(g)]^a} \text{ සහ } K_p = \frac{(P_{B(g)})^b}{(P_{A(g)})^a}$$

මෙහි P_A හා P_B යනු A හා Bවල ආංශික පීඩන වේ. T (K) උෂ්ණත්වයේ 89 K දී V පරිමාවෙන් යුත් සංවෘත, දෘඪ බඳුනක ඇතුළත් වායුවල පරිපූර්ණ හැසිරීම උපකල්පනය කිරීමෙන්

$P_AV = n_ART$ හා $P_BV = n_BRT$.

$\therefore P_A = C_ART$ හා $P_B = C_BRT$ හෙවත් $P_A = [A]RT$ හා $P_B = [B]RT$

මේ අනුව අපට මෙසේ ලිවිය හැකි යː

$P_A = C_ART$ සහ $P_B = C_BRT$ හා C_A හා C_B mol dm^{-3} ලෙස ඉදිරිපත් කල විට,

$P_A = [A]RT$ සහ $P_B = [B]RT$ ඉහත K_p ප්‍රකාශනයට ආදේශයෙන්

$$K_p = \frac{([B]RT)^b}{([A]RT)^a} = \frac{[B]^b}{[A]^a}(RT)^{b-a} = K_c\,(RT)^{b-a}$$

$$= K_C(RT)^{\Delta n} \text{ මෙහි, } \Delta n = b - a$$

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

මෙය සාරාංශ කොට,

$aA\,(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ යන සාධාරණ සමීකරණය සඳහා K_p හා K_c අතර සම්බන්ධතා මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$\boldsymbol{K_p = K_c(RT)^{(c+d)-(a+b)} = K_c(RT)^{\Delta n}}$$

$\Delta n =$ වායුමය ඵලවල මවුල ප්‍රමාණය – වායුමය ප්‍රතික්‍රියක මවුල ප්‍රමාණය

පොදුවේ ගත් විට, $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ වැනි $\Delta n = 0$. වන නිදසුන්වල හැර අන් ප්‍රතික්‍රියාවල $K_p \neq K_c$ වේ.

සටහන: සාමාන්‍යයෙන් අනුගමනය කෙරෙන පිළිවෙත වන්නේ සමතුලිතතා නියතය සඳහා ඒකක ඇතුළත් නොකිරීමයි. තාපගති විද්‍යාවෙහි K ඒකක රහිත රාශියක් සේ අර්ථ දැක්වෙන්නේ හැම සාන්ද්‍රණ (මවුලිකතාව) හා පීඩන (atm/Pa) පදයක් ම සම්මත අගයකට [1 mol dm^{-3} හෝ 1 atm/ 101325 Pa (~100 kPa)] දක්වන අනුපාතයක් සේ සැලකෙන බැවිනි. මේ පිළිවෙත නිසා හැම ඒකකයක් ම ඉවත් වන අතර සාන්ද්‍රණයේ හා පීඩනයේ සංඛ්‍යාත්මක කොටස වෙනස් නො කරයි. මෙහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස K ඒකකවලින් තොර වේ.

එසේ වුව ද හැම සාන්ද්‍රණ (මවුලිකතාව) පදයක් හා පීඩන (atm/Pa) පදයක් සම්මත අගයකට දක්වන අනුපාතයක් නොවන කල්හි සමතුලිතතා නියතයට අදාළ ඒකක එක් කළ යුතු ය.

ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සම්මත තත්ත්ව සුවිශේෂව ප්‍රකාශ කරන ලද කල්හි සමතුලිතතා නියත මාන රහිත රාශි ලෙස ද ප්‍රකාශ කළ හැකි ය. සංශුද්ධ වායුවක සම්මත තත්ත්වය 1 bar වේ. ($P^{\ominus} = 1$ atm, 100 kPa). එබැවින් 400 kPa ක පීඩනයක් 400 kPa/100kPa = 4 ලෙස ප්‍රකාශ කළ හැකි අතර එය මාන විරහිත සංඛ්‍යාවකි. ද්‍රාවණයක ඇති ද්‍රාව්‍යයක සම්මත අවස්ථාව ($C^{\ominus}$) 1.0 mol dm^{-3} වේ. සියලු සාන්ද්‍රණ ඊට සාපේක්ෂව ප්‍රකාශ කළ හැකි ය. සමතුලිතතා නියතයක සංඛ්‍යාත්මක අගය තෝරා ගන්නා ලද සම්මත අවස්ථාව මත රැඳී පවතී. සමතුලිතතා නියත, මාන/ ඒකක නැති රාශි සේ සැලකේ. මේ පොතෙහි සම්මත තත්ත්ව සඳහන් නොකෙරෙන කල්හි සාන්ද්‍රණ හා පීඩන ඒවාට අදාළ ඒකක සහිතව ම දක්වනු ලැබේ.

සාන්ද්‍රණ පද **mol dm^{-3}/ mol m^{-3}** ඒකක ඇසුරෙන් ප්‍රකාශ කර ආදේශ කිරීමෙන් K_c සමතුලිතතා නියතයේ අගය ගණනය කළ හැකි අතර ආංශික පීඩන **Pa, kPa, bar** හෝ **atm** ඒකකවලින් ආදේශ කිරීමෙන් K_p ගණනය කළ හැකි ය. මෙහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස හරයේ හා ලවයේ අදාළ බල එක ම නොවන කල්හි සමතුලිතතා නියතයේ ඒකක සාන්ද්‍රණය හා පීඩනය පදනම් කර ගනී.

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ ප්‍රතික්‍රියාවේ K_c හා K_p ඒකකවලින් තොර ය.

$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ ප්‍රතික්‍රියාවේ K_cහි ඒකක **mol dm^{-3}** හෝ **mol m^{-3}** වන අතර K_pහි ඒකක **Pa** වේ.

2.3 නිදසුන

1000 K දී, මෙතේන් වායුව හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් වායුව සමඟ පහත දැක්වෙන පරිදි ප්‍රතික්‍රියා කර කාබන් ඩයිසල්ෆයිඩ් හා හයිඩ්‍රජන් දෙයි.

$$CH_4(g) + 2H_2S(g) \rightleftharpoons CS_2(g) + 4H_2(g)$$

1000 K ඇති සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක CH_4හි ආංශික පීඩනය 0.20×10^5 Pa ද, H_2Sහි ආංශික පීඩනය 0.25×10^5 Pa ද, CS_2හි ආංශික පීඩනය 0.52×10^5 Pa ද, H_2හි ආංශික පීඩනය 0.10×10^5 Pa ද වේ නම් 1000 K දී K_P හා K_Cවල අගයන් මොනවා ද?

පිළිතුරු

$$K_p = \frac{\left(P_{H_2(g)}\right)^4 \left(P_{CS_2(g)}\right)}{\left(P_{CH_4(g)\square}\right)^{\square} \left(P_{H_2S(g)\square}\right)^2} = \frac{(0.1\ \text{Pa})^4 (0.52\ \text{Pa})}{(0.20\ \text{Pa})^{\square} (0.25\ \text{Pa})^2} \left(1.0 \times 10^5\right)^2$$

$$= 4.2 \times 10^{-3} \times 10^{10}\text{Pa}^2 = 4.2 \times 10^7 \text{Pa}^2$$

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

$$\Delta n = 5 - 3 = 2$$

එබැවින්, $K_p = K_c (RT)^2$ හා $K_c = \frac{K_P}{(RT)^2}$

$$K_c = \frac{K_P}{(RT)^2} = \frac{4.2 \times 10^7 \text{Pa}^2}{\left(8.314\ \text{J K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 1000\ \text{K}\right)^2} = \frac{4.2 \times 10^7 \left(10^{-3}\ \text{J dm}^{-3}\right)^2}{\left(8314\ \text{J mol}^{-1}\right)^2}$$

$$= 6 \times 10^{-7}\ \text{mol}^2\,\text{dm}^{-6}$$

කෙසේ වුව ද සම්මත පීඩනය $P^{\ominus}$, 1 atm හෙවත් 1.0×10^5 Pa, වන කල්හි හා ආංශික පීඩන $P/P^{\ominus}$ ලෙස අර්ථ දැක්වෙන කල්හි,

$$K_p = \frac{\left(\frac{P_{H_2(g)}}{P^{\ominus}}\right)^4 \left(\frac{P_{CS_2(g)}}{P^{\ominus}}\right)}{\left(\frac{P_{CH_4(g)\square}}{P^{\ominus}}\right)^{\square} \left(\frac{P_{H_2S(g)\square}}{P^{\ominus}}\right)^2} = \frac{(0.1)^4 (0.52)}{(0.20)^{\square} (0.25)^2} = 4.2 \times 10^{-3}$$

සමජාතීය සමතුලිතතාවකට තවත් උදාහරණයක් ලෙස ජලයේ දී ඇසිටික් අම්ලයේ අයනීකරණය සලකන්න.

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

සමතුලිතතා නියතය; $K'_c = \frac{[CH_3COO^-(aq)]\quad [H_3O^+(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]\quad [H_2O(l)]}$

මෙහි ද්‍රව ජලය ($H_2O(l)$) ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා මාධ්‍යයක් ලෙස ක්‍රියා කරයි. ජලය 1 dm^{3}ක (ජලය 1 Lක, හෙවත් 1000 cm^{3}ක) ජලය මවුල 1000 g/(18 g mol^{-1})ක් හෙවත් 55.5ක් අඩංගු වේ. එබැවින් ජලයේ 'සාන්ද්‍රණය' හෙවත් $[H_2O(l)]$ 55.5 mol dm^{-3} වේ. මෙය ද්‍රාවණයේ අඩංගු අනෙකුත් විශේෂවල සාන්ද්‍රණයට (සාමාන්‍යයෙන් 1 mol dm^{-3} හෝ ඊට අඩු) සාපේක්ෂව විශාල අගයකි. එබැවින් එය ප්‍රතික්‍රියාව ඇතුළත දී සැලකිය යුතු පමණින් වෙනස් නොවේ යැයි

උපකල්පනය කළ හැකි ය. මේ නිසා අපට $[H_2O(l)]$ නියතයක් සේ ගත හැකි අතර, සමතුලිතතා නියතය K_c මෙසේ ප්‍රකාශ කළ හැකි ය.

$$K_c = \frac{[CH_3COO^-(aq)]\ [H_3O^+(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]}$$

මෙහි, $K_c = K_c^{`}\ [H_2O(l)]$

2.1.8 විෂමජාතීය සමතුලිතතා

එක කලාපයකට වඩා වැඩියෙන් ඇතුළත් පද්ධතිවල සමතුලිතතාවලට විෂමජාතීය සමතුලිතතා යැයි කියනු ලැබේ. සංවෘත බඳුනක් තුළ ද්‍රව ජලය හා ජල වාෂ්ප අතර සමතුලිතතාව විෂමජාතීය සමතුලිතතාවකට උදාහරණයකි.

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$$

මේ නිදසුනෙහි වායු කලාපයක් හා ද්‍රව කලාපයක් වේ. එසේ ම, ඝනයක් හා එහි සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයක් අතර ඇති සමතුලිතතාව ද විෂමජාතීය සමතුලිතතාවකි.

$$Ca(OH)_2(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

බොහෝ විට විෂමජාතීය සමතුලිතතාවලට සංශුද්ධ ඝන හෝ ද්‍රව සම්බන්ධ වේ. සංශුද්ධ ඝනවල හා ද්‍රවවල මවුලික සාන්ද්‍රණ නියත වන බැවින් (එනම්: පවත්නා ප්‍රමාණයෙන් ස්වායත්ත බැවින්) සංශුද්ධ ඝන හා ද්‍රව අන්තර්ගත විෂමජාතීය සමතුලිතතාවල සමතුලිතතා ප්‍රකාශන සරල කළ හැකි ය. විෂමජාතීය රසායනික සමතුලිතතාවකට උදාහරණයක් ලෙස කැල්සියම් කාබනේට්වල තාප වියෝජනය සලකමු.

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$$

ස්ටොයිකියොමිතික සමීකරණයට අනුව අපට මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$K_c' = \frac{[CaO(s)][CO_2(g)]}{[CaCO_3(s)]}$$

සාමාන්‍යයෙන් සංශුද්ධ ඝනවල හා ද්‍රවවල මවුලික සාන්ද්‍රණ උෂ්ණත්වය සමඟ විශාල ලෙස වෙනස් නොවන බැවින් ඒවායේ සාන්ද්‍රණ නියත සේ සලකනු ලැබේ. මෙයින් අපට සංශුද්ධ ඝන හා ද්‍රව ඇතුළත් වන සමතුලිතතා ප්‍රකාශන වඩාත් සරල බවට පත් කිරීමට අවකාශ ලැබේ. සංශුද්ධ ඝනවල හා ද්‍රවවල සම්මත තත්ත්ව වන්නේ 100 kPa/1atm දී ස්ථායිව පවත්නා ආකාරයන් ය. මේවාට 1ක සක්‍රියතාවක් (සඵල ස්කන්ධයක්) පවරනු ලැබේ. එනම්, ඝනයක ඝනත්වය සේ ම එහි සාන්ද්‍රණය ද ඝටනා ගුණයක් වන අතර ද්‍රව්‍යයේ ප්‍රමාණය මත රඳා නොපවතී.

උක්ත නිදසුනෙහි $[CaCO_3(s)]$ හා $[CaO(s)]$ යන දෙක ම නියත බැවින් කැල්සියම් කාබනේට්වල තාප වියෝජනය සඳහා විකාශිත සමතුලිතතා නියතය මෙසේ ය:

$$K_c = [CO_{2(g)}],$$

මෙහි,

$K_c = K_c' \ \frac{[CaCO_3(s)]}{[CaO(s)]}$ යන්න නියතයක් වේ.

එසේ ම, $K_p = P_{CO_2(g)}$

ද්‍රාවණ තුළ සිදු කෙරෙන ප්‍රතික්‍රියාවල දී, ප්‍රතික්‍රියාවේ තුලිත සමීකරණයට ද්‍රාවකය ඇතුළත් කෙරෙන අවස්ථාවල දී පවා ද්‍රාවකයේ සාන්ද්‍රණය සමතුලිතතා ප්‍රකාශනයෙන් බැහැර කෙරේ. දර්ශීය වශයෙන් ද්‍රාවකයේ සාන්ද්‍රණය ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණයට වඩා බෙහෙවින් ඉහළ ය (සංශුද්ධ ජලයේ එය 55.5 mol dm^{-3} වන බව හා එතනෝල්වල එය 17 mol dm^{-3} වන බව සිහිපත් කරන්න). මේ හේතුවෙන් රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවක දී ද්‍රාවක අවශෝෂයෙන් ම නියතව පවතින අතර, එනයින් ද්‍රාවකය සංශුද්ධ ද්‍රව්‍යයක් සේ සලකනු ලැබේ. ප්‍රතික්‍රියාවක සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයෙහි ඇතුළත් වන්නේ ප්‍රතික්‍රියාවේ දී සැලකිය යුතු ලෙස සාන්ද්‍රණය වෙනස් වීමට භාජන වන විශේෂ පමණි.

පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියාව සලකමු:

$$Hg(l) + Hg^{2+}(aq) \rightleftharpoons Hg_2^{2+}(aq)$$

$$K_c' = \frac{[Hg_2^{2+}(aq)]}{[Hg^{2+}(aq)][Hg(l)]}$$

එය මෙසේ ලිවිය හැකි ය.

$$K_c = \frac{[Hg_2^{2+}(aq)]}{[Hg^{2+}(aq)]} \text{ මෙහි } K_c = K_c'[Hg(l)] \text{වේ.}$$

මෙහි ප්‍රතික්‍රියක හා ඵල අතුරින් කිසිවක් වායු කලාපයේ නොපවතින බැවින් මෙයට $\boldsymbol{K_p}$ සඳහා ප්‍රකාශනයක් ලිවීම අනුචිත ය.

සංක්ෂිප්තව දක්වන කල්හි, විෂමජාතීය සමතුලිතතා පද්ධතිවල සමතුලිතතාවේ පැවැත්ම සඳහා සංශුද්ධ ඝන හෝ ද්‍රව පැවතිය යුතු ය. එහෙත් ඒවායේ සාන්ද්‍රණ හෝ අංශික පීඩන හෝ සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයට ඇතුළත් නො වේ. පහත දී ඇති ප්‍රතික්‍රියාවේ ඝන ප්‍රතික්‍රියකයක් පවතින නමුත් ඝන ද්‍රව ජලය නිපදවෙන අතර, ඒ එකක් වත් සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයෙහි ඇතුළත් නො වේ.

$$Ag_2O(s) + 2HNO_3(aq) \rightleftharpoons 2AgNO_3(aq) + H_2O(l)$$

$$K_C = \frac{[AgNO_3(aq)]^2}{[HNO_3(aq)]^2}$$

සටහන: සමතුලිතතාව වෙත ළඟා වීම පිණිස සෑහෙන ප්‍රමාණවලින් පවත්නා කල්හි, ප්‍රතික්‍රියාවල දී සංශුද්ධ ඝන, ද්‍රව හා ද්‍රාවකවල සාන්ද්‍රණ සැලකිය යුතු තරමින් වෙනස් නොවන නිසා ඒවා සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනවල අඩංගු නො වේ.

2.1.9 බහුපියවර ප්‍රතික්‍රියා සඳහා සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශන

පෙර අධ්‍යයනය නොකළ, නැත හොත් අපේක්ෂිත ප්‍රතික්‍රියාව පියවර කිහිපයකින් සිදු වන ප්‍රතික්‍රියාවක සමතුලිතතා නියතය දැන ගැනීම ද වැදගත් ය. එබඳු අවස්ථාවල සැලකිල්ලට පාත්‍ර වන ප්‍රතික්‍රියාව බොහෝ විට දන්නා සමතුලිතතා නියතවලින් යුත් වෙනත් ප්‍රතික්‍රියා කිහිපයක එකතුවක් ලෙස ලිවිය හැකි ය. එමගින් අනෙකුත් ප්‍රතික්‍රියාවල දෙන ලද නැත හොත් වගු ගත සමතුලිතතා නියතවල අගයන් ඇසුරෙන් අදාළ ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය ගණනය කළ හැකි ය.

නිදසුනක් ලෙස $A + B \rightleftharpoons E + F$ පද්ධතිය සලකමු. මෙහි පළමු ප්‍රතික්‍රියාවේ ඵල වන C හා D තව දුරටත් ප්‍රතික්‍රියා කර E හා F ඵල සාදයි. සමතුලිතතාවේ දී අපට පහත දැක්වෙන පරිදි ප්‍රතික්‍රියා දෙකක් සඳහා වෙන් වෙන් සමතුලිතතා නියත දෙකක් ලිවිය හැකි ය.

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$
$$C + D \rightleftharpoons E + F$$
$$K_c' = \frac{[C][D]}{[A][B]} \text{ සහ } K_c'' = \frac{[E][F]}{[C][D]}$$

ප්‍රතික්‍රියා දෙකෙහි එකතුවෙන් සමස්ත ප්‍රතික්‍රියාව ලැබෙන බව අපට පෙනේ. එබැවින්,

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$
$$C + D \rightleftharpoons E + F \quad +$$
$$\overline{A + B \rightleftharpoons E + F}$$

සමස්ත ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය,

$$K_c = \frac{[E][F]}{[A][B]}$$

K_c සඳහා වූ ප්‍රකාශනය K_c' හා K_c''හි ගුණිතය වේ.

$$K_c'K_c'' = \frac{[C][D]}{[A][B]} \times \frac{[E][F]}{[C][D]} = \frac{[E][F]}{[A][B]}$$

එබැවින්,

$$K_c = K_c'K_c''$$

සටහන: යම් ප්‍රතික්‍රියාවක් ප්‍රතික්‍රියා දෙකක හෝ වැඩි ගණනක එකතුවක් ලෙස ප්‍රකාශ කළ හැකි නම්, සමස්ත ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය ඒ ඒ ප්‍රතික්‍රියාවල සමතුලිතතා නියතයන්ගේ ගුණිතයෙන් දෙනු ලැබේ.

නිදසුනක් ලෙස, 100 °C දී NO_2 වායුව දෙමින් N_2 හා O_2 වායු අතර සිදු වන ප්‍රතික්‍රියාව සලකමු. මේ ප්‍රතික්‍රියා සාමාන්‍යයෙන් සිදු වන්නේ වෙන් වෙන් පියවර දෙකකිනි. පළමු ප්‍රතික්‍රියාවේ දී (I), N_2 වායුව O_2 වායුව හා ප්‍රතික්‍රියා කර NO වායුව දෙයි. (II) ප්‍රතික්‍රියාවේ දී මෙසේ නිපදුණු NO වායුව O_2 වායුව හා තව දුරටත් ප්‍රතික්‍රියා කර NO_2 වායුව දෙයි. තව ද සාන්ද්‍රණ සම්මත මවුලිකතාවට ($C^{\ominus} = 1.0 \text{ mol dm}^{-3}$) සාපේක්ෂව ප්‍රකාශ කරන ලදැයි සිතමු.

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) : \qquad K_c' = 2.0 \times 10^{-25} \;......(I)$$
$$2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) : \qquad K_c'' = 6.4 \times 10^{9} \;......(II)$$

(I) හා (II) ප්‍රතික්‍රියා එකතු කිරීමෙන් සමස්ත ප්‍රතික්‍රියාව ලැබේ.

$$N_2(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) \; K_c = ?$$

$$K_c' = \frac{[NO(g)]^2}{[N_2(g)][O_2(g)]} = 2.0 \times 10^{-25} \text{ හා } K_c'' = \frac{[NO_2(g)]^2}{[NO(g)]^2[O_2(g)]} = 6.4 \times 10^{9}$$
$$K_c' \times K_c'' = \frac{[NO(g)]^2}{[N_2(g)][O_2(g)]} \times \frac{[NO_2(g)]^2}{[NO(g)]^2[O_2(g)]} = \frac{[NO_2(g)]^2}{[O_2(g)]^2[N_2(g)]} = K_c$$

එබැවින්, $K_c = K_c' \times K_c'' = (2.0 \times 10^{-2})(6.4 \times 10^{9}) = 1.28 \times 10^{-15}$

සටහන: 11 ඒකකය යටතේ විස්තර කරන ලද පරිදි බහුපියවර ප්‍රතික්‍රියාවල සමතුලිතතා නියත අතර සම්බන්ධතාව චාලක රසායන විද්‍යාවේ මූලධර්ම ඇසුරෙන් ද අවබෝධ කළ හැකි ය.

ඉහත නිදසුන් කර ගත් $A + B \rightleftharpoons E + F$ ප්‍රතික්‍රියාව සලකමු.
එකී ප්‍රතික්‍රියාව මූලික පියවර දෙකකින් යුත් යන්ත්‍රණයක් ඔස්සේ සිදු වෙතැයි සිතමු.

$$A + B \underset{k'_r}{\overset{k'_f}{\rightleftharpoons}} C + D$$

$$C + D \underset{k''_r}{\overset{k''_f}{\rightleftharpoons}} E + F$$

එය මෙසේ ලිවිය හැකි ය: $K'_c = \frac{k'_f}{k'_r} = \frac{[C][D]}{[A][B]}$ හා $K''_c = \frac{k''_f}{k''_r} = \frac{[E][F]}{[C][D]}$

$$K'_c K''_c = \frac{k'_f}{k'_r} \times \frac{k''_f}{k''_r} = \frac{[C][D]}{[A][B]} \times \frac{[E][F]}{[C][D]} = \frac{[E][F]}{[A][B]} = K_c$$

මතක තබා ගත යුතු ප්‍රධාන කරුණු පහත සාරාංශ කෙරේ:

- සමතුලිතතා නියතය, නියතයක් වන්නේ දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී ය. නැත හොත් එය උෂ්ණත්වය මත රඳා පවතී.
- ප්‍රතික්‍රියා කරන ප්‍රභේද සනීභූත කලාපයේ පවතින විට ඒවායේ සාන්ද්‍රණ **mol dm^{-3}** ඒකකවලින් ප්‍රකාශ කෙරේ. වායු කලාපයේ දී **mol dm^{-3}** හෝ Pa/ atm ඒකකවලින් සමීකරණයෙන් K_c හා K_p සම්බන්ධ වේ.

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

  - සංශුද්ධ ඝනවල, සංශුද්ධ ද්‍රවවල (විෂමජාතීය සමතුලිතතාවල) හා ද්‍රාවකවල (සමජාතීය සමතුලිතතාවල) සාන්ද්‍රණ සමතුලිතතා ප්‍රකාශනයේ ඇතුළත් නොවේ.
  - සම්මත තත්ත්වය භාවිත කෙරෙන විට සමතුලිතතා නියතය (K_c හෝ K_p) මාන රහිත රාශියකි.
  - සමතුලිතතා නියතය සඳහා අගයක් දක්වන විට, තුලිත සමීකරණය හා උෂ්ණත්වය සුවිශේෂව සඳහන් කළ යුතු ය.
  - යම් ප්‍රතික්‍රියාවක් ප්‍රතික්‍රියා දෙකක හෝ වැඩි ගණනක එකතුවක් ලෙස ප්‍රකාශ කළ හැකි නම්, සමස්ත ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය එක් එක් ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතවල ගුණිතයෙන් දෙනු ලැබේ.
  - Kවල අගය, සමතුලිතතා සමීකරණය කෙසේ තුලිත කෙරේ ද යන්න මත රැඳී පවතී. ස්කන්ධ ක්‍රියා නියමයට අනුව සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයේ එක් එක් සාන්ද්‍රණ පදය එහි ස්ටොයිකියොමිතික සංගුණකයට සමාන වූ බලයට නංවනු ලැබේ. එබැවින් ඔබ රසායනික සමීකරණයක් සමස්ත වශයෙන් දෙගුණ කළෙහි නම් අනුරූප සමතුලිතතා නියතය මුල් සමීකරණයේ සමතුලිතතා නියතයෙහි වර්ගය වේ; එය තෙගුණ කරන ලද්දේ නම් සමතුලිතතා නියතය මුල් අගයෙහි ඝනය වේ ආදී වශයෙනි. පොදුවේ

සැලකූ විට, තුලිත රසායනික සමීකරණයක සියලු සංගුණක **n**වලින් ගුණ කළ විට, නව සමතුලිතතා නියතය, ***n*** බලයට නංවන ලද මුල් සමතුලිතා නියතය වෙයි.

2.1.10 ප්‍රතික්‍රියාවක දිශාව පෙරයීම හා සමතුලිතතා නියතය පදනම් වූ ගණනය කිරීම්

දෙන ලද ප්‍රතික්‍රියාවක සමතුලිතතා නියතය දන්නා සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණවලින් ගණනය කළ හැකි බව අපි දුටුවෙමු. උෂ්ණත්වය නොවෙනස්ව පවතී නම් පමණක්, සමතුලිතතා නියතය හා ආරම්භක සාන්ද්‍රණ දුන් විට ද්‍රව්‍ය ඒකක හෝ වැඩි ගණනක සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ අපට ගණනය කළ හැකි ය. පොදුවේ සමතුලිතතා නියතයේ විශාලත්වය, සමතුලිතතාව කරා එළඹෙනු පිණිස ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රණයක් ගමන් කරන දිශාව පුරෝකථනය කිරීමටත්, සමතුලිතතාව කරා ළඟා වූ පසු ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ ගණනය කිරීමටත් අපට උපකාරී වේ. මේ කොටසේ දී සමතුලිතතා නියතයේ මෙකී ප්‍රයෝජන ගවේෂණය කෙරේ.

ප්‍රතික්‍රියාවක දිශාව පෙරයීම

ඕනෑ ම අවස්ථාවක දී දෙන ලද ප්‍රතික්‍රියාවක් සිදු වන්නා වූ දිශාව පෙරයීමට සමතුලිතතා නියතය අපට උපකාරී වේ. මේ කාර්යය සඳහා අපි සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණ ආදේශ කරමින් ප්‍රතික්‍රියාවේ $\boldsymbol{Q}$ හෙවත් ප්‍රතික්‍රියා ලබ්ධිය නම් වූ රාශියක් ගණනය කරමු. $\boldsymbol{Q}$ සාධකය (මවුලික සාන්ද්‍රණවල දී $\boldsymbol{Q}_C$ හා ආංශික පීඩනවල දී $\boldsymbol{Q}_p$) අර්ථදැක්වෙනුයේ $\boldsymbol{K}_c$ සමතුලිතතා නියතය අර්ථ දක්වනු ලබන ආකාරයට ම ය. වෙනසකට ඇත්තේ $\boldsymbol{Q}_C$ හි සාන්ද්‍රණ අවශ්‍යයෙන් ම සමතුලිතතා අගයක් නොවීම ය.

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

යන සාධාරණ ප්‍රතික්‍රියාවේ,

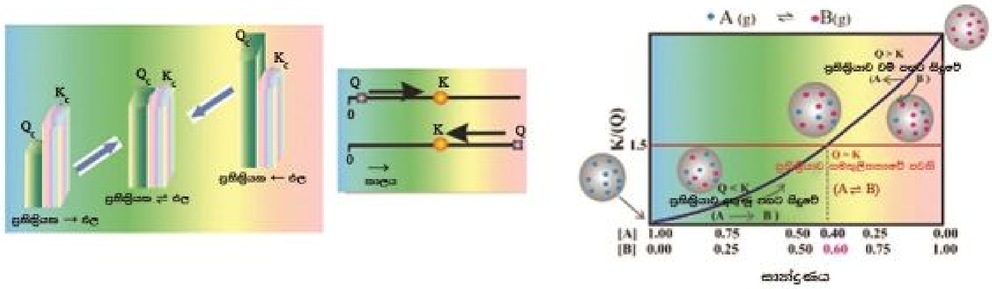
$$Q_c = \frac{[C]_t^c[D]_t^d}{[A]_t^a[B]_t^b}$$

මෙහි $\boldsymbol{t}$ යන යටකුරෙන් අදහස් කෙරෙන්නේ සාන්ද්‍රණ $\boldsymbol{t}$ නම් වූ අභිමත කාලයක දී මනිනු ලබන බවත් එය අවශ්‍යයෙන් ම සමතුලිත අවස්ථාව නොවන බවත් ය. $\boldsymbol{Q}$ යන ප්‍රතික්‍රියා ලබ්ධිය ප්‍රයෝජනවත් වන්නේ Q_c හා K_c අගයන් සංසන්දනය කිරීමෙන් ප්‍රතික්‍රියාවේ දිශාව පෙරයිය හැකි බැවිනි. Q_c, K_cට වඩා අඩු නම් $(Q_c < K_c)$ ප්‍රතික්‍රියක, ඵල බවට පරිවර්තනය කිරීමෙන් සමතුලිතතා කරා වන ගමන වැඩි කෙරේ. (එනම්, ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව වමෙන් දකුණට ගමන් කරයි). Q_c , K_c ට වඩා වැඩි නම් $(Q_c > K_c)$ ඵල, ප්‍රතික්‍රියක බවට පරිවර්තනය වීමෙන් සමතුලිතතාව කරා වන ගමන අඩු කෙරේ (එනම් ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව දකුණෙන් වමට ගමන් කරයි) Q_c , K_c ට සමාන නම් ($Q_c = K_c$, මිශ්‍රණය සමතුලිතතාවේ පවතින අතර ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාවක් සිදු නොවේ. එහෙයින් ප්‍රතික්‍රියාවේ දිශාව සම්බන්ධ ව අපට පහත දැක්වෙන සාමාන්‍යකරණ ගොඩනැගිය හැකි ය.

- $Q_c > K_c$: ඵලවල ආරම්භක සාන්ද්‍රණවලට ප්‍රතික්‍රියකවල සාන්ද්‍රණ දක්වන අනුපාතය පමණට වඩා වැඩි ය. සමතුලිතතාව කරා එළඹීමට නම් ඵල, ප්‍රතික්‍රියක බවට පරිවර්තනය විය යුතු ය. සමතුලිතතාව කරා ළඟා වීම පිණිස පද්ධතිය දකුණෙන් වමට (ඵල වැය කරමින් ද ප්‍රතික්‍රියක සාදමින් ද) ගමන් කරයි.

- $Q_c = K_c$: ආරම්භක සාන්ද්‍රණ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ වේ. පද්ධතිය සමතුලිතතාවෙහි වේ.
- $Q_c < K_c$: ඵලවල ආරම්භක සාන්ද්‍රණවලට ප්‍රතික්‍රියකවල සාන්ද්‍රණ දක්වන අනුපාතය පමණට වඩා අඩු ය. සමතුලිතතාව කරා එළඹීමට නම් ප්‍රතික්‍රියක, ඵල බවට පරිවර්තනය විය යුතු ය. සමතුලිතතාව කරා ළඟා වීම පිණිස පද්ධතිය වමෙන් දකුණට (ඵල සාදමින් හා ප්‍රතික්‍රියක වැය කරමින්) ගමන් කරයි.

මේ කරුණු 2.7 සංකල්ප රූපයෙන් පැහැදිලි කළ හැකි ය.



2.7 රූපය Kහි හා Qහි විශාලත්වය පැහැදිලි කිරීමේ විවිධ ආකෘති **(a)** K වල හා Q වල විශාලත්වය සසඳයි. **(b)** Q වල සාපේක්ෂ විශාලත්වය අනුව ප්‍රතික්‍රියාවක දිශාව නොහොත් සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය වෙනස් වීමට නැඹුරු වන්නේ කෙසේ දැයි දක්වයි. **(c)** වෙන් වෙන් ලක්ෂ්‍යවල දී ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රණයක සංයුතිය සංසන්දනය කරයි. මින් $Q = K = 1.5$ වන විට, ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රණයේ ප්‍රතික්‍රියක අණු හා ඵල අණු උචිත සංඛ්‍යාවලින් යුක්තව සමතුලිතතාවට එළඹ ඇති බව පෙන්නුම් කෙරේ.

2.4 නිදසුන

$2A \rightleftharpoons B + C$ ප්‍රතික්‍රියාවේ K_c හි අගය 2×10^{-3} වේ. දෙන ලද කාලයක දී ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රණයේ සංයුතිය $[A] = [B] = [C] = 3 \times 10^{-4}$ mol dm^{-3} වේ. ප්‍රතික්‍රියාව කවර දිශාවකට සිදු වන්නේ ද?

පිළිතුර

ප්‍රතික්‍රියාවේ Q_c මෙසේ සෙවිය හැකි ය:

$$Q_c = \frac{[B][C]}{[A]^2} = (3 \times 10^{-4})(3 \times 10^{-4}) / (3 \times 10^{-4})^2 = 1$$

$Q_c > K_c$

එබැවින් ප්‍රතික්‍රියාව ආපසු දිශාවට සිදු වේ.

2.5 නිදසුන
ඉහළ උෂ්ණත්වයක දී පහත දැක්වෙන පරිදි මෙතේන් වායුව, ජල වාෂ්ප සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර හයිඩ්‍රජන් මොනොක්සයිඩ් දෙයි.

$$CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$$

900 K දී ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය $K = 2.4 \times 10^{-4}$වේ. CH_4 මවුල 1.2×10^{-2}ක්, H_2O මවුල 8.0×10^{-3}ක්, CO මවුල 1.6×10^{-2}ක් හා H_2 මවුල 6.0×10^{-3}ක් 2.0 dm^3ක සංවෘත, දෘඪ ප්‍රතික්‍රියාකාරකයක තබා, 900 K දක්වා රත් කරන ලදි. මෙවිට ප්‍රතික්‍රියාව සමතුලිතතාවේ පවතී ද? නැත හොත් CO හා H_2 දෙමින් ඉදිරියට ගමන් කරයි ද? නොඑසේ නම් CH_4 හා H_2O දෙමින් ආපසු දිහාවට සිදු වේ ද?

පිළිතුර
පළමුව අපි පවතින ද්‍රව්‍යවල සාන්ද්‍රණ සොයමු.
නිදසුනක් ලෙස මෙතේන් මවුල 1.2×10^{-2}ක් 2.0 dm^3 බඳුනක අඩංගු වේ.
$\therefore [CH_4(g)] = 1.2 \times 10^{-2}$ mol/ 2.0 $dm^3 = 6.0 \times 10^{-3}$ mol dm^{-3}

එසේ ම, $[H_2O(g)] = 4.0 \times 10^{-3}$ mol dm^{-3}, $[CO(g)] = 8.0 \times 10^{-3}$mol dm^{-3}, හා $[H_2(g)] = 3.0 \times 10^{-3}$ mol dm^{-3}.

$$Q_c = \frac{[CO(g)][H_2(g)]^3}{[CH_4(g)][H_2O(g)]}$$

$$= \frac{(8 \times 10^{-3})\,(3 \times 10^{-3})^3}{(6 \times 10^{-3})(4 \times 10^{-3})}$$

$$= 9.0 \times 10^{-6}$$

$$Q_c < K\ (2.4 \times 10^{-4})$$

මේ අනුව ඵලවල සාන්ද්‍රණයට ප්‍රතික්‍රියකවල සාන්ද්‍රණයේ අනුපාතය සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක අනුපාතයට වඩා අඩු ය. එබැවින් ප්‍රතික්‍රියාව ලියා ඇති පරිදි H_2O හා CH_4 වායු ප්‍රතික්‍රියා කරමින් H_2 හා CO සාදමින් ප්‍රතික්‍රියාව දකුණට සිදු වේ.

2.6 නිදසුන

N_2 1.5 mol ක, H_2 2.0 mol ක හා NH_3 8.0 mol ක මිශ්‍රණයක් 500 K ක ඇති 20.0 dm^3 ක සංවෘත, දෘඪ බඳුනක් තුළට ඇතුළු කරනු ලැබේ. මේ උෂ්ණත්වයේ දී $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය 1.7×10^2 වේ. ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රණය සමතුලිතතාවේ පවතී ද? එසේ නොවේ නම් ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාවේ දිශාව කුමක් ද?

පිළිතුර

$[N_2(g)] = \dfrac{1.5\ mol}{20\ dm^3} = 7.5 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$ එසේ ම, $[H_2(g)] = 1.0 \times 10^{-1}\ mol\ dm^{-3}$,

$[NH_3(g)] = 4.0 \times 10^{-1}\ mol\ dm^{-3}$ මේ සාන්ද්‍රණ Q ප්‍රකාශනයේ ආදේශ කිරීමෙන්

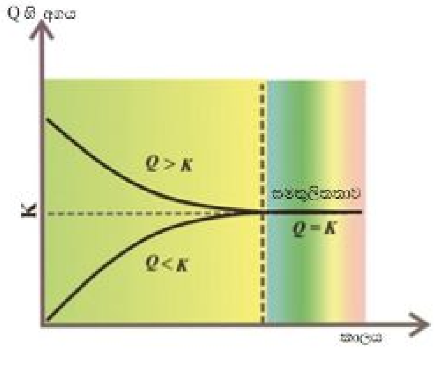
$$Q_c = \frac{[NH_{3(g)}]^2}{[N_{2(g)}][H_{2(g)}]^3} = \frac{(4 \times 10^{-1})^2}{(7.5 \times 10^{-2})(1.0 \times 10^{-1})^3}$$
$$= 2.1 \times 10^4$$

Q_c, K_c, ට සමාන නොවන බැවින් ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රණය සමතුලිතතාවේ නැත.

$$Q_c > K_c$$

$Q_c = K_c$ වන තෙක් NH_3 සාන්ද්‍රණය අඩු කරමින් හා N_2 හා H_2 සාන්ද්‍රණ වැඩි කරමින් ප්‍රතික්‍රියාව දකුණේ සිට වමට සිදු වනු ඇත.

පූර්වෝක්ත නිදර්ශනවලින් ලද දැනුම මත පිහිටා, 2.8 රූපයේ දැක්වෙන පරිදි අපට කාලය සමඟ Q_c විචලනය වන ආකාරය සරලව පහදා දිය හැකි ය.



2.8 රූපය කාලයත් සමඟ Q විචලනය වීම: ආරම්භක Q, K ට වඩා අඩු නම් එය ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාවට හිතකර ලෙස කාලයත් සමඟ වැඩි වේ; එය K ට වඩා වැඩි නම් එය ආපසු ප්‍රතික්‍රියාවට හිතකර ලෙස කාලයත් සමඟ අඩු වේ. $Q = K$ තත්ත්වය එළඹෙන තෙක් මෙය සිදු වනු ඇත.

2.5 හා 2.8 රූපසටහන් අනුසාරයෙන් අපට පහත දැක්වෙන කරුණු ප්‍රකාශ කළ හැකි ය:

සමතුලිතතාවට පෙර $\Delta G < 0$ හා $Q < K$ වේ. ප්‍රතික්‍රියාව ඉදිරි දිශාවට ස්වයංසිද්ධව සිදු වේ.

සමතුලිතතාවේ දී $\Delta G = 0$ හා $Q = K$ වේ.

සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යයට ඔබ්බෙහි දී $\Delta G > 0$ හා $Q > K$ වේ. ආපසු දිශාවට ප්‍රතික්‍රියාව ස්වයංසිද්ධ වේ.

සටහන: පද්ධතියක් සමතුලිතතාවේ තිබේ දැයි නිර්ණය කිරීමට හා එසේ නොවේ නම් ප්‍රතික්‍රියාවේ දිශාව පුරෝකථනය කිරීමට (Q) සාධකය භාවිතා වේ.

2.1.11 සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ ගණනය කිරීම

ආරම්භක සාන්ද්‍රණ දන්නා, එහෙත් සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ කිසිවක් නොදන්නා ගැටලුවක දී පහත දී ඇති පියවර තුන අනුගමනය කළ යුතු වේ:

1 පියවර. ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා තුලිත සමීකරණය ලියන්න.

2 පියවර. තුලිත සමීකරණය යටතේ ප්‍රතික්‍රියාවට සහභාගි වන ද්‍රව්‍යවල පහත දැක්වෙන දෑ සඳහා වගුවක් පිළියෙල කරන්න.

(a) ආරම්භක සාන්ද්‍රණය

(b) සමතුලිතතාවට එළඹීමේ දී සාන්ද්‍රණයේ සිදු වන වෙනස (x)

(c) සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ

වගුව ගොඩනැගීමේ දී, සමතුලිතතාව වෙත එළඹෙන කල්හි ප්‍රතික්‍රියා කරන්නා වූ එක් ද්‍රව්‍යයක සාන්ද්‍රණය mol dm^{-3}) x ලෙස හෝ විඝටන ප්‍රමාණය (α) ලෙස හෝ අර්ථ දක්වන්න. අනතුරුව අනෙකුත් ද්‍රව්‍යවල සාන්ද්‍රණ x ඇසුරෙන් නිර්ණය කරනු පිණිස ප්‍රතික්‍රියාවේ ස්ටොයිකියොමිතිය භාවිත කරන්න.

3 පියවර. සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ, ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා ප්‍රකාශනයට ආදේශ කර x සඳහා විසඳුම ලබා ගන්න. ඔබට වර්ග සමීකරණයෙන් විසඳීමට සිදු වුව හොත් රසායන විද්‍යා දැනුම මූලික වූ ගණිතමය විසඳුම වෙත යන්න. ගණනය කරන ලද x අගය භාවිතා කර සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ ගණනය කරන්න.

2.7 නිදසුන

800 K දී හයිඩ්‍රජන් වායුව හා අයඩින් වාෂ්පය අතර ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය K_c 64.0 වේ.

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$

800 K දී10.0 dm^3ක සංවෘත, දෘඪ ප්‍රතික්‍රියා බඳුනක් තුළ හයිඩ්‍රජන් 1.00 mol, $H_2(g)$ක් අයඩින් 1.00 molක් සමඟ ප්‍රතික්‍රියා වීමට හැරිය විට සමතුලිතතාවේ දී හයිඩ්‍රජන්වල, අයඩින්වල හා හයිඩ්‍රජන් අයඩයිඩ්වල සාන්ද්‍රණ මොනවා ද? මවුලවලින් සමතුලිතතා මිශ්‍රණයේ සංයුතිය කුමක් ද?

පිළිතුර

ආරම්භක සාන්ද්‍රණ, $[H_2(g)] = [I_2(g)] = 1.00 \text{ mol}/10.0 \text{ dm}^3$

$= 0.10 \text{ mol dm}^{-3}$.

පහසුව තකා ප්‍රතික්‍රියා කරන හයිඩ්‍රජන් සාන්ද්‍රණය (mol dm^{-3}) x නම් නොදන්නා පදය ලෙස අර්ථ දක්වන්න. ප්‍රතික්‍රියාවේ තුලිත සමීකරණයට අනුව x mol dm^{-3}, $I_2(g)$ x mol dm^{-3} හා ප්‍රතික්‍රියා කර HI(g) $2x$ mol dm^{-3} දෙයි. මෙය $H_2(g)$ හා $I_2(g)$ හි ආරම්භක සාන්ද්‍රණ 0.10 mol dm^{-3} සිට ($0.10 - x$) mol dm^{-3} සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය දක්වා අඩු කරයි.

මේ කරුණු තුලිත සමීකරණය යටතේ මෙසේ සම්පිණ්ඩනය කළ හැකි ය.

	$H_2(g)$	+	$I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2HI(g)$
ආරම්භක/ $mol\ dm^{-3}$	0.1		0.1		0
වෙනස/ $mol\ dm^{-3}$	$-x$		$-x$		$+2x$
සමතුලිතතාවේ දී/ $mol\ dm^{-3}$	$(0.10 - x)$		$(0.10 - x)$		$2x$

සමතුලිතතා නියතය, $K_c = \frac{[HI(g)]^2}{[H_2(g)][I_2(g)]}$

අගයයන් ආදේශයෙන්; $64.0 = \frac{(2x)^2}{(0.10-x)(0.10-x)} = \frac{(2x)^2}{(0.10-x)^2} = [\frac{2x}{(0.10-x)}]^2$

දෙපස වර්ගමූලය ගැනීමෙන්: $\pm 8.0 = \frac{2x}{(0.10-x)}$

+ 8.0 ගත් විට; $0.80 - 8x = 2x$

$x = 0.08\ mol\ dm^{-3}$

(-8.0 ගත් විට $= \frac{2x}{(0.10-x)}$; $\therefore x = 0.13\ mol\ dm^{-3}$

ආරම්භක සාන්ද්‍රණය $0.10\ mol\ dm^{-3}$ බැවින් මෙය පිළිගත නොහැකි ය).

$\therefore [H_2(g)] = [I_2(g)] = 0.02\ mol\ dm^{-3}$ හා $[HI(g)]$

$= 0.16\ mol\ dm^{-3}$

$\therefore$මවුල අනුව සංයුතිය: $H_2(g) = I_2(g) = 0.02\ mol\ dm^{-3} \times 10.0\ dm^3$

$= 0.2\ mol$

හා $HI(g) = 1.6\ mol$

2.8 නිදසුන

ඉහත දෙන ලද නිදර්ශනයේ සඳහන් ප්‍රතික්‍රියාවෙහි ඒ උෂ්ණත්වයේ දී ම H_2වල, I_2වල හා HIවල ආරම්භක සාන්ද්‍රණ පිළිවෙළින් $0.006\ mol\ dm^{-3}$, $0.004\ mol\ dm^{-3}$, හා $0.02\ mol\ dm^{-3}$ යැයි සිතමු. සමතුලිතතාවේ දී මේ විශේෂවල සාන්ද්‍රණ ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

ආරම්භක සාන්ද්‍රණ, සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණවලට අනුරූප නොවන නිසා සමතුලිතතාවේ දී H_2වල සාන්ද්‍රණයේ ක්ෂය වීම $x\ mol\ dm^{-3}$ යැයි සිතමු. ප්‍රතික්‍රියාවේ ස්ටොයිකියොමිතිය අනුව HI හි සාන්ද්‍රණයේ වැඩි වීම $2x$ බව පෙනේ.

	$H_2(g)$	+	$I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2HI(g)$
ආරම්භක/ $mol\ dm^{-3}$	0.006		0.004		0.02
වෙනස/ $mol\ dm^{-3}$	$-x$		$-x$		$+2x$
සමතුලිතතාවේ දී/ $mol\ dm^{-3}$	$(0.006 - x)$		$(0.004 - x)$		$(0.02 + 2x)$

සමතුලිතතා නියතය, $K_c = \frac{[HI(g)]^2}{[H_2(g)][I_2(g)]} = 64 = \frac{(0.02 \ +2\,x)^2}{(0.006 - x)(0.004 - x)}$

හරස් ගුණිතයෙන් වර්ග සමීකරණයක් ලැබේ;

$$60x^2 \ - 0.72\,x + 11.34 \ \times 10^{-4} = 0$$

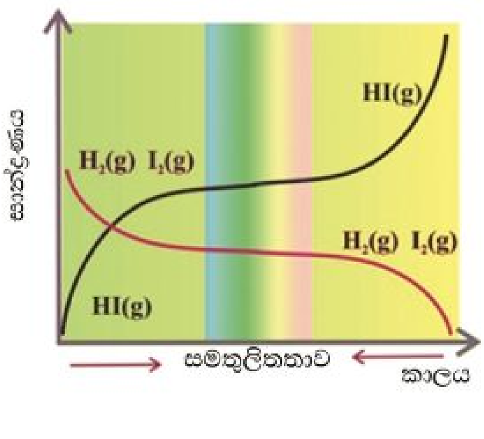
මෙය: $ax^2 + bx + c = 0$ ආකාරයේ සමීකරණයක් වන අතර පහත සමීකරණයෙන් x සඳහා විසඳුම ලැබේ.

$$x = \frac{-b \ \pm \ \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

මෙය වර්ග සමීකරණය සඳහා යෙදීමෙන් අපට x – 0.010 mol dm^{-3} හා 0.002 mol dm^{-3} යන විසඳුම් ලැබේ. සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය, ආරම්භක සාන්ද්‍රණයට වඩා වැඩි විය නොහැකි බැවින් 0.010 mol dm^{-3} යන අගය පිළිගත නොහැකි ය. එබැවින් x හි පිළිගත හැකි අගය 0.002 mol dm^{-3} වේ.

∴ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ මෙසේ වෙයි:

$$[H_2(g)] \ = (0.006 - \ 0.002) \ = 0.004 \text{ mol dm}^{-3}$$
$$[I_2(g)] \ = (0.004 - \ 0.002) \ = \ 0.002 \text{ mol dm}^{-3}$$
$$[HI(g)] \ = (0.02 + \ 0.004) \ = \ 0.024 \text{ mol dm}^{-3}$$



2.9 රූපය $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ ප්‍රතික්‍රියාවේ රසායනික සමතුලිතතාව වෙත දෙපසින් ම එළඹිය හැකි ය. මින් අදහස් වන්නේ H_2 හා I_2 මිශ්‍රණයක් හෝ HIවලින් හෝ ප්‍රතික්‍රියාව වම් හෝ දකුණු වන කවර හෝ පැත්තකින් ආරම්භ කළ හැකි බව ය. ප්‍රතික්‍රියාව H_2 හා I_2වලින් ආරම්භ කරන ලද්දේ නම් අනුක්‍රමයෙන් ඒවා ප්‍රමාණයෙන් අඩු වන අතර, HI එල ප්‍රමාණය වැඩි වේ. අනෙක් අතට HIවලින් ප්‍රතික්‍රියාව ආරම්භ කරන ලද්දේ නම් කාලයත් සමග H_2 හා I_2වල ප්‍රමාණය වැඩි වන අතර HI ප්‍රමාණය අඩු වේ.

2.9 නිදසුන

400 K දී 1.0 dm^3ක සංවෘත, දෘඪ ප්‍රතික්‍රියා බඳුනක් තුළ N_2O_4 වායුව මවුල 0.15ක් තබා $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ සමතුලිතතාවට එළඹීමට ඉඩ හරින ලදි. සමතුලිතතාවේ දී බඳුන තුළ මුළු පීඩනය 9.0×10^5 Pa බව සොයා ගැනිණි. සමතුලිතතාවේ දී එක් එක් සංඝටකයේ ආංශික පීඩනය ගණනය කොට එනයින් K_p හා K_c ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

$N_2O_4(g)$ වායුවේ පරිපූර්ණ හැසිරීම උපකල්පනය කරමින්;

$PV = nRT$

$P_{N_2O_4} = 0.15\ mol \times 8.314\ J\ mol^{-1}K^{-1} \times 400\ K \approx 5.0 \times 10^5\ Pa$

∴ආරම්භක පීඩනය = 4.98×10^5 Pa

පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියාව සලකන්න.

	$N_2O_4(g)$	$\rightleftharpoons$	$2NO_2$
ආරම්භක පීඩනය/ Pa:	5.0×10^5		0
පීඩන වෙනස/ Pa:	x		$2x$
සමතුලිතතාවේ දී පීඩනය/ Pa:	$(5.0 \times 10^5 - x)$		$2x$

සමතුලිතතාවේ දී මුළු පීඩනය; $P_{මුළු} = P_{N_2O_4} + P_{NO_2}$

$$9.0 \times 10^5 Pa = [(5.0 \times 10^5 - x) + 2x] Pa$$

$$x = 4.0 \times 10^5\ Pa$$

$$P_{N_2O_4} = 1.0 \times 10^5 Pa \text{ සහ } P_{NO_2} = 8.0 \times 10^5 Pa$$

$$K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{(P_{N_2O_4})} = \frac{(8.0 \times 10^5\ Pa)^2}{(1.0 \times 10^5\ Pa)} = 6.4 \times 10^6\ Pa$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}; \text{ සහ } \Delta n = 2 - 1 = 1$$

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)} = \frac{6.4 \times 10^6\ Pa \times 10^{-3}}{8.314 \times 400\ J\ mol^{-1}} = 1.9\ mol\ dm^{-3}$$

2.10 නිදසුන

කාබන් මොනොක්සයිඩ් වායුවෙන් අයන්(II) ඔක්සයිඩ් ඔක්සිහරණය වීමෙන් යකඩ ලෝහය හා කාබන් ඩයොක්සයිඩ් ඇති වේ. 1000 K දී මේ ප්‍රතික්‍රියාවේ K_p 0.25 වේ.

$$FeO(s) + CO(g) \rightleftharpoons Fe(s) + CO_2(g)$$

ආරම්භක ආංශික පීඩන, $P_{CO(g)} = 1.0 \times 10^5 Pa$ හා $P_{CO_2(g)} = 0.50 \times 10^5 Pa$ වී නම් 1000 K දී CO හා CO_2 වායුවල සමතුලිතතා ආංශික පීඩන කවරේ ද? ගණනය කරන ලද අගය පිළිබඳ විවරණය කරන්න.

පිළිතුර

අපට ආරම්භක සාන්ද්‍රණවලින් සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ ගණනය කරන ආකාරයට ම ආරම්භක ආංශික පීඩනවලින් සමතුලිතතා ආංශික පීඩන ගණනය කළ හැකි ය. අනතුරුව සාන්ද්‍රණ වෙනුවට ආංශික පීඩන ආදේශ කළ හැකි ය.

	$FeO(s) + CO(g)$	$\rightleftharpoons$	$Fe(s) + CO_2(g)$
ආරම්භක පීඩනය/ Pa	1.0×10^5		0.50×10^5
පීඩන වෙනස / Pa	$-x$		$+x$
සමතුලිතතා පීඩනය/ Pa	$((1.0 \times 10^5)- x)$		$((0.50 \times 10^5)+x)$

$$K_P = \frac{(P_{CO_2(g)})}{(P_{CO(g)})} = 0.25 = \frac{((0.50 \times 10^5) + x)}{((1.0 \times 10^5) - x)}$$

$$(0.25 \times 10^5) - 0.25x = (0.50 \times 10^5) + x$$

$$x = -0.20 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\therefore P_{CO(g)} = 1.20 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{CO_2(g)} = 0.30 \times 10^5 \text{ Pa}$$

x හි ඍණ අගයෙන් හැඟවෙන්නේ සමතුලිතතාව කරා ළඟා වීම සඳහා ඵලවලින් ප්‍රතික්‍රියක සෑදෙන පරිදි ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වන බවයි. ප්‍රතික්‍රියාවේ ආරම්භක Q යන ප්‍රතික්‍රියා ලබ්ධිය සමතුලිතතා නියතයට වඩා වැඩි බැවින් ($Q_p = \frac{0.5}{1.0} = 0.5 > K_p$)මෙය අර්ථවත් ය. එනම් ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව හැම විට ම සිදු වන්නේ ඵලවල සිට ප්‍රතික්‍රියක වෙතට (දකුණේ සිට වමට) ය.

$P_{CO(g)}$ හා $P_{CO_2(g)}$ ව්‍යුත්පන්න අගය භාවිත කර K_P යළි ගණනය කිරීමෙන් මේ බව තහවුරු කළ හැකි ය. $K_p = \frac{0.30 \times 10^5 \text{ Pa}}{1.20 \times 10^5 \text{ Pa}} = 0.25$. එබැවින් ඉහත දී ඇති ප්‍රතික්‍රියාව වමට ගමන් කරයි.

2.11 නිදසුන

උත්ප්‍රේරකයක් හමුවේ හයිඩ්‍රජන් හා එතිලීන් (C_2H_4) අතර සිදු වන රසායනික ප්‍රතික්‍රියාව මඟින් එතේන් (C_2H_6) සෑදීම සඳහා සමීකරණය මෙසේ ය:

$$H_2(g) + C_2H_4(g) \rightleftharpoons C_2H_6(g).$$

25 °C දී මේ ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය, $K_c = 9.6 \times 10^{18}$ වේ. 25 °C දී කුඩු කරන ලද නිකල් උත්ප්‍රේරකය හමුවේ 0.200 mol dm^{-3} H_2 වායුව හා 0.155 mol dm^{-3} C_2H_4 වායුව මිශ්‍රණයක් පවත්වා ගත හොත් මිශ්‍රණයේ අඩංගු එක් එක් ද්‍රව්‍යයේ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය කුමක් ද?

පිළිතුර

K_c හි ඉතා ඉහළ අගයෙන් පෙන්නුම් කරන්නේ ප්‍රතික්‍රියාව සම්පූර්ණත්වය කරා යන බවයි. හයිඩ්‍රජන් වායු ප්‍රමාණය (0.200 mol dm^{-3}), එතිලීන් වායු ප්‍රමාණයට (0.155 mol dm^{-3}) වඩා වැඩි හෙයින් සියලු එතිලීන් ප්‍රමාණය වැය වී එතෙන් 0.155 mol dm^{-3} සෑදෙන බව පැහැදිලි ය. එබැවින් ඉතිරි හයිඩ්‍රජන් ප්‍රමාණය (0.200-0.155) mol dm^{-3} = 0.045 mol dm^{-3} වේ. ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාවේ K_c ඉතා ඉහළ බැවින් ආපසු ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය ඉතා කුඩා විය යුතු ය. මේ පදනම අනුව C_2H_6 හි x ප්‍රමාණයක් වැය වන පරිදි ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වන බව සැලකිය හැකි වන අතර, එනයින් පහත දක්වෙන සමතුලිතතාව ගොඩ නැගේ.

	$H_2(g)$	+ $C_2H_4(g)$	$\rightleftharpoons$ $C_2H_6(g)$
ආරම්භක/ mol dm^{-3}	0.045	0.0	0.155
වෙනස/ mol dm^{-3}	$+x$	$+x$	$-x$
සමතුලිතතාවේ දී/ mol dm^{-3}	$(0.045+x)$	x	$0.155-x$

$$K_c = \frac{[C_2H_6(g)]}{[H_2(g)][C_2H_4(g)]} = 9.6 \times 10^{18} = \frac{(0.155-x)}{(0.045+x)x} \approx \frac{(0.155)}{(0.045)x}$$ (x ඉතා කුඩා බැවින්)

$x = 3.6 \times 10^{-19}$ mol dm^{-3}

$[H_2(g)] = 0.045$ mol dm^{-3}

$[C_2H_4(g)] = 3.6 \times 10^{-19}$ mol dm^{-3}

$[C_2H_6(g)] = 0.155$ mol dm^{-3}

අගයයන් K_c ප්‍රකාශනයේ ආදේශ කිරීමෙන් අපට පිළිතුර පරීක්ෂා කර තහවුරු කළ හැකි ය.

$$K_c = \frac{[C_2H_6(g)]}{[H_2(g)][C_2H_4(g)]} = \frac{0.155}{0.045\ (3.6 \times 10^{-19})} = 9.6 \times 10^{18}$$

එනම්: කරන ලද උපකල්පනය නිවැරදි වේ.

2.1.12 සමතුලිතතාව කෙරෙහි බලපාන සාධක

ඉහත සාකච්ඡා අනුව රසායනික සමතුලිතතාවක් යනු නියත උෂ්ණත්වයක දී සංවෘත, දෘඪ පද්ධතියක උද්ගත වන ඉදිරි හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියාවල තුලනයක් බව අපි දත් දනිමු. පරීක්ෂණාත්මක තත්ත්වවල වෙනස්කම් මේ තුලනයට බාධා කර අවශ්‍ය ඵලය වැඩිපුර හෝ අඩුවෙන් හෝ සෑදෙන පරිදි සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය විස්ථාපනය කරයි. උදාහරණයක් ලෙස සමතුලිත ලක්ෂ්‍යය දකුණට විස්ථාපනය වන්නේ යැයි අප පවසන විට ඉන් අදහස් වන්නේ ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව වමේ සිට දකුණට සිදු වන බව ය. මෙහි විලෝමය ද එබඳු ය. සාන්ද්‍රණය, පීඩනය, පරිමාව හා උෂ්ණත්වය පරීක්ෂණාත්මකව පාලනය කළ හැකි විචල්‍ය වේ. මෙහි දී මේ එක් එක් විචල්‍යයක් සමතුලිතතාවේ ඇති ප්‍රතික්‍රියා පද්ධතියක් කෙරෙහි බලපාන්නේ කෙසේ දැයි අපි පරීක්ෂා කරමු. ඉහත විචල්‍ය සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක සංයුතිය කෙරෙහි ඇති කරන ගුණාත්මක ඵලය, හෙන්රි ලුවී ලේ චැටලියර් නමැති ප්‍රංශ රසායන විද්‍යාඥයා විසින් පළමු වරට විස්තර කරන ලද මූලධර්මය භාවිතයෙන් පුරෝකථනය කළ හැකි ය.

ලේ චැටලියර් මූලධර්මය:
පද්ධතියක සමතුලිතතා තත්ත්වය නිර්ණය කරන ඕනෑ ම සාධකයක වෙනස, එකී වෙනස අඩු කර ලන හෝ එහි ඵලයට එරෙහි වන හෝ පරිදි පද්ධතිය වෙනස් කිරීමට හේතු වේ.

මෙය සියලු භෞතික හා රසායනික පද්ධතිවලට යෙදිය හැක්කේ ය.

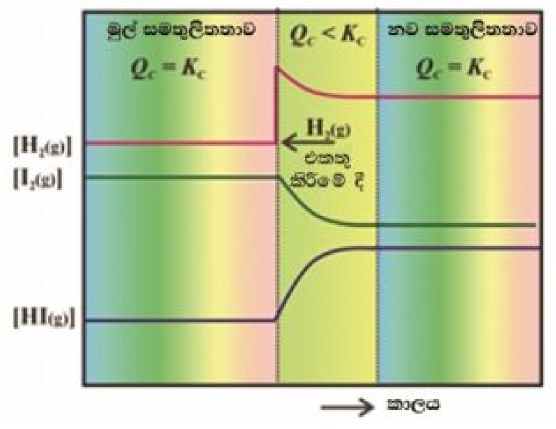
සාන්ද්‍රණ වෙනසෙහි බලපෑම
පොදුවේ යම් ප්‍රතික්‍රියකයක්/ ඵලයක් එකතු කිරීමෙන්/ ඉවත් කිරීමෙන් සමතුලිතතාව කෙරෙහි බලපෑමක් සිදු කළ විට ඇති වන ප්‍රතිඵලය ලේ චැටලියර් මූලධර්මය අනුව මෙසේ පෙරැයිය හැකි ය:

- එකතු කරන ලද ද්‍රව්‍යය වැය කෙරෙන දිශාවට ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමෙන් එකතු කරන ලද ප්‍රතික්‍රියකය/ ඵලය නිසා ඇති වන සාන්ද්‍රණයේ බලපෑම අහෝසි කෙරේ.
- ඉවත් කරන ලද ද්‍රව්‍යය ජනනය කෙරෙන දිශාවට ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමෙන් ඉවත් කරන ලද ප්‍රතික්‍රියකය/ ඵලය නිසා ඇති වන සාන්ද්‍රණයේ බලපෑම අහෝසි කෙරේ.

වෙනත් වචනවලින් කිව හොත්:
"සමතුලිතතාවේ ඇති ප්‍රතික්‍රියාවක ඕනෑ ම ප්‍රතික්‍රියකයක හෝ ඵලයක සාන්ද්‍රණය වෙනස් කළ හොත්, සාන්ද්‍රණ වෙනසෙහි බලපෑම අවම වන පරිදි සමතුලිතතා මිශ්‍රණයේ සංයුතිය වෙනස් වේ."
පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියාව සලකමු:

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$

සමතුලිතතාවේ පවත්නා ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රණයට හයිඩ්‍රජන් වායුව එකතු කළ හොත් ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතාවට බාධා වේ. එය ප්‍රකෘතිමත් කර ගැනීමට හයිඩ්‍රජන් වැය කෙරෙන දිශාවට ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වන්නේ ය. එනම්, හයිඩ්‍රජන් වඩ වඩා අයඩින් සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර හයිඩ්‍රජන් අයඩයිඩ් සාදන අතර සමතුලිතතාව දකුණට (ඉදිරියට) නැඹුරු වෙයි. මෙය, ප්‍රතික්‍රියකයක්/ ඵලයක් එකතු කිරීමේ දී, එය මුල් මිශ්‍රණයේ පැවති එම ප්‍රතික්‍රියකයේ/ ඵලයේ සාන්ද්‍රණය අඩු කෙරෙන පරිදි නව සමතුලිතතාව සකස් වේ යන ලේ චැටලියර් මූලධර්මයට එකඟ වන්නේ ය. මේ පද්ධතිය 2.10 රූපයෙන් පැහැදිලි කෙරේ.



2.10 රූපය $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ ප්‍රතික්‍රියාවට H_2 එකතු කිරීමේ දී ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ වෙනස කෙරෙහි ඇති වන බලපෑම

Q_c සාධකය ආශ්‍රයෙන් මේ හැසිරීම පැහැදිලි කළ හැකි ය.

$$Q_c = \frac{[HI(g)]^2}{[H_2(g)][I_2(g)]}$$

සමතුලිතතාවේ දී හයිඩ්‍රජන් එකතු කිරීමෙන් ප්‍රතිඵලය වන්නේ හරයේ විශාලත්වය වැඩි වීම හා එනයින්, Q_c හි අගය K_c ට වඩා අඩු වීමයි. මේ බලපෑම අහෝසි කිරීමට වඩ වඩා හයිඩ්‍රජන් වායුව වැය කරමින් ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාව ප්‍රමුඛ වෙයි. එනම් කාලයත් සමඟ නව සමතුලිතතාවක් කරා එළඹෙන පරිදි ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාව වඩ වඩා සිදු කරමින් පද්ධතිය යළි සකස් වෙයි. එසේ ම ඵලයක ඉවත් කිරීම ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාවට හිතකර වන බවත් එහි දී ඵලවල සාන්ද්‍රණය ඉහළ යන බවත් අපට තේරුම් ගත හැකි ය.

අයන්(III) තයෝසයනේට් සමතුලිතතා පද්ධතිය විද්‍යාගාරයේ දී පරීක්ෂාවට ලක් කළ හැකි තවත් සරල පද්ධතියකි. $[Fe(SCN)_3]$ හොඳින් ජලයේ ද්‍රාවණය වී රතු පැහැති ද්‍රාවණයක් දෙයි. මේ රතු පැහැයට හේතුව $[FeSCN]^{2+}$ අයනයයි. විඝටනය නොවුණු $[FeSCN]^{2+}$ අයනය හා Fe^{3+} හා SCN^- අයන අතර සමතුලිතතාව පහත දැක්වේ.

$$\underset{\text{රතු}}{[FeSCN]^{2+}(aq)} \rightleftharpoons \underset{\text{ළා කහ}}{Fe^{3+}(aq)} + \underset{\text{අවර්ණ}}{SCN^-(aq)}$$

ද්‍රාවණයට සෝඩියම් තයෝසයනේට් (NaSCN) ස්වල්පයක් එකතු කරන ලද කල්හි සමතුලිත පද්ධතිය කෙරෙහි යෙදුණු බලපෑම කරණ කොට, $SCN^-(aq)$ අයනයේ සාන්ද්‍රණය වැඩි වේ. මේ බලපෑම බලවත් කිරීමට, $Fe^{3+}(aq)$ අයන සමහරක් $SCN^-(aq)$ අයන සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර සමතුලිතතාව දකුණේ සිට වමට විස්ථාපනය කරන අතර, ද්‍රාවණයේ රතු පැහැයේ තීව්‍රතාව වැඩි වේ. එසේ ම මුල් ද්‍රාවණයට $Fe^{3+}(aq)$ අයන එකතු කරන ලද්දේ නම් එයින් ද සමතුලිතතාව දකුණේ සිට වමට විස්ථාපනය වන අතර, ද්‍රාවණයේ රතු පැහැය වැඩි වේ.

තව ද අපට ඉහත සමතුලිතතාව මෙසේ ද ලිවිය හැකි ය.

$$\underset{\text{ළා කහ}}{Fe^{3+}(aq)} + \underset{\text{අවර්ණ}}{SCN^-(aq)} \rightleftharpoons \underset{\text{රතු}}{[FeSCN]^{2+}(aq)}$$

අප විසින් එකතු කිරීම සඳහා තෝරා ගනු ලබන ප්‍රතික්‍රියකය හා ඵලය අනුව මේ සමතුලිතතාව ඉදිරි දිශාවට හෝ ආපසු දිශාවට විස්තාපනය කළ හැකි ය. Fe^{3+} හා SCN^- අයන ඉවත් කරන ප්‍රතිකාරක එකතු කිරීමෙන් ප්‍රතිවිරුද්ධ දිශාවට සමතුලිතතාව විස්ථාපනය කළ හැකි ය. නිදසුනක් ලෙස ඔක්සලික් අම්ලය ($H_2C_2O_4$), Fe^{3+} අයන සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර $[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$ යන ස්ථායි සංකීර්ණය සාදමින් නිදහස් Fe^{3+} අයන සාන්ද්‍රණය අඩු කරයි. ලේ චැටලියර් මූලධර්මයට අනුව ඉවත් වූ Fe^{3+} අයන නිසා සාන්ද්‍රණ බලපෑම, Fe^{3+} අයන යළි නිපදවමින් $[Fe(SCN)]^{2+}$ අයන විඝටනය වීමෙන් ඉවත් කෙරේ. මෙහි දී $[Fe(SCN)]^{2+}$ අයන සාන්ද්‍රණය අඩු වන බැවින් රතු පැහැයේ තීව්‍රතාව අඩු වේ.

මේ ඵලය පහත දී ඇති ප්‍රතික්‍රියාවලින් පැහැදිලි කළ හැකි ය:

$$3H_2C_2O_4(aq) + Fe^{3+}(aq) \rightarrow [Fe(C_2O_4)_3]^{3-}(aq) + 6H^+(aq)$$

හා

$$[FeNCS]^{2+}(aq) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq)$$

Hg^{2+} අයන SCN^- අයන සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර $[Hg(SCN)_4]^{2-}$ ස්ථායි සංකීර්ණ අයනය සාදන බැවින් ජලීය $HgCl_2$ ද්‍රාවණයක් එකතු කළ විට ද රතු පැහැය අඩු වෙයි. නිදහස් SCN^- අයන ඉවත් කිරීම එම අයන නිපදෙන පරිදි සමතුලිතතාව දකුණේ සිට වමට විස්ථාපනය කරයි. අනෙක් අතට, KSCN එකතු කිරීම ද්‍රාවණයේ වර්ණ තීව්‍රතාව වැඩි කරයි. එය සමතුලිතතාව දකුණට විස්ථාපනය කරන හෙයිනි.

$$HgCl_2(aq) + 4SCN^-(aq) \rightarrow [Hg(SCN)_4]^{2-}(aq) + 2Cl^-(aq)$$

හා

$$[FeNCS]^{2+}(aq) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq)$$

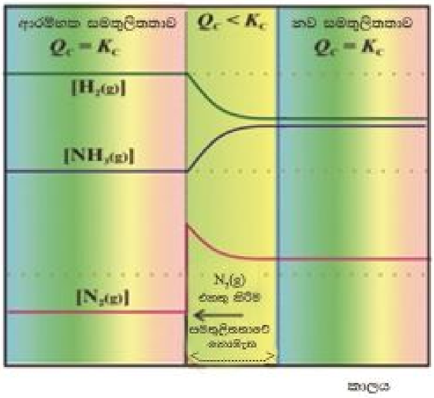
නිදසුන:

ඇමෝනියා සංශ්ලේෂණයට උපයෝගි කර ගන්නා හේබර් ක්‍රමයේ පහත දී ඇති සමතුලිතතාව සලකා බලමු:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \qquad K_c = 0.291 \text{ at } 700 \text{ K}$$

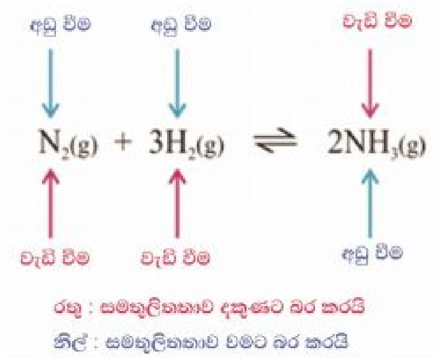
700 K දී N_2 0.50 mol dm^{-3}, H_2 3.00 mol dm^{-3} හා NH_3 1.98 mol dm^{-3} සහිත සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක් අප සතුව ඇතැයි ද $N_2(g)$ සාන්ද්‍රණය 1.50 mol dm^{-3} දක්වා වැඩි කිරීමෙන් සමතුලිතතාවට බාධා කරන ලද්දේ යැයි ද සිතමු. N_2වලින් යම් ප්‍රමාණයක් NH_3 බවට පරිවර්තනය කිරීමෙන් N_2 සාන්ද්‍රණය වැඩි වීම නිසා ඇති වූ සංරෝධය ලිහිල් වන පරිදි ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වන බව ලේ චැටලියර් මූලධර්මයෙන් ප්‍රකාශ වේ. ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාවේ දී වායු අණු සංඛ්‍යාවේ අඩු වීම සංරෝධය ඉවත් කිරීමට හේතු වන බව මෙහි දී පැහැදිලි ය. එනම්, තුලිත සමීකරණයේ ස්ටොයිකියොමිතියට අනුව N_2 සාන්ද්‍රණය අඩු වන විට H_2 සාන්ද්‍රණය ද අඩු විය යුතු අතර NH_3 සාන්ද්‍රණය වැඩි විය යුතු ය.

මේ වෙනස් වීම් 2.11 රූපයෙන් පැහැදිලි කළ හැකි ය.



2.11 රූපය N_2 එකතු කිරීම නිසා $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ප්‍රතික්‍රියාවේ ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ වෙනස කෙරෙහි ඇති කෙරෙන බලපෑම

ලේ චැටලියර් මූලධර්මයේ නීති සමතුලිතතාවට යෙදූ කල $N_2(g)$ හා $H_2(g)$ සාන්ද්‍රණයේ වැඩි කිරීමකින් හෝ $NH_3(g)$ සාන්ද්‍රණයේ අඩු කිරීමකින් ඇමෝනියා ඵලදාව වැඩි කෙරෙන බව දැන් අපට වටහා ගත හැකි ය. පහත දී ඇති සටහන සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය කෙරෙහි ඇති කෙරෙන බලපෑම සම්පිණ්ඩනය කොට දක්වයි.



1 **සටහන** $N_2(g)$ හෝ $H_2(g)$ සාන්ද්‍රණයේ වැඩි වීම හෝ $NH_3(g)$ සාන්ද්‍රණයේ අඩු වීම සමතුලිතතාව වමෙන් දකුණට විස්ථාපනය කරයි. $N_2(g)$ හෝ $H_2(g)$ සාන්ද්‍රණයේ අඩු වීම හෝ $NH_3(g)$ සාන්ද්‍රණයේ වැඩි වීම සමතුලිතතාව දකුණෙන් වමට විස්ථාපනය කරයි.

යොදන ලද සංරෝධයක් සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක සංයුතිය කෙරෙහි ඇති කරන වෙනස්කම් පුරෝකථනය කිරීමට ලේ චැටලියර් මූලධර්මය උපකාරී වුවත් එකී වෙනස් කම් ඇති වන්නේ මන්දැයි ඉන් පැහැදිලි නො කෙරේ. කෙසේ වුව ද ප්‍රතික්‍රියාවේ $\boldsymbol{Q_c}$ සාධකය සැලකිල්ලට ගැනීමෙන් අපට ප්‍රතිඵලය අවබෝධ කර ගත හැකි ය. 700 K දී N_2, H_2 හා NH_3වල සාන්ද්‍රණ පිළිවෙළින් 0.50 mol dm^{-3}, 3.00 mol dm^{-3}, හා 1.98 mol dm^{-3} වන ආරම්භක සමතුලිතතා මිශ්‍රණයේ $\boldsymbol{Q_c}$, $\boldsymbol{K_c}$ (0.291) සමතුලිතතා නියතයට සමාන වේ. ඒ පද්ධතිය සමතුලිතතාවේ පවතින බැවිනි.

$$Q_c = \frac{[NH_3(g)]^2}{[N_2(g)][H_{2(g)}]^3} = \frac{[1.98]^2}{[0.5][3.0]^3} = 0.29 = K_c$$

N_2 සාන්ද්‍රණය 1.50 mol dm^{-3}, දක්වා ඉහළ නංවා සමතුලිතතාව සංරෝධයකට භාජන කළ විට සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයේ හරය වැඩි වන අතර Q_c, K_c ට වඩා පහළ අගයකට අඩු වේ.

$$Q_c = \frac{[NH_3(g)]^2}{[N_2(g)][H_2(g)]^3} = \frac{[1.98]^2}{[1.5][3.0]^3} = 0.0968 < K_c$$

පද්ධතිය නව සමතුලිත අවස්ථාවකට පත් වීමට නම් Q_c වැඩි විය යුතු ය. එනම් සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයේ ලවය වැඩි වී හරය අඩු විය යුතු ය. මින් ගම්‍ය වන්නේ ලේ චැටලියර් මූලධර්මයෙන් පෙරයෙන පරිදි $NH_3(g)$ බවට, N_2 එල හා $H_2(g)$ එල ශුද්ධ පරිවර්තනයක් සිදු වන බව ය. 2.11 රූපයෙන් පෙන්නුම් කෙරෙන පරිදි මෙහි දී $N_2(g)$, $H_2(g)$ හා $NH_3(g)$ එල සාන්ද්‍රණ පිළිවෙළින් 1.31 mol dm^{-3}, 2.43 mol dm^{-3} හා 2.36 mol dm^{-3} වන අතර Q_c යළිත් K_c ට සමාන වෙයි.

$$Q_c = \frac{[2.36]^2}{[1.31][2.43]^3} = 0.29 = K_c$$

නිදසුන්:

සහ⇌ වායු පද්ධතිවලට ලේ චැටලියර් මූලධර්මය යෙදීම:

ධාරා උෂ්මකයක් තුළ යකඩ නිධි, ලෝහමය යකඩ බවට ඔක්සිහරණය වන විට අයන්(III) ඔක්සයිඩ් හා කාබන් මොනොක්සයිඩ් මෙසේ ප්‍රතික්‍රියා වේ:

$$Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightleftharpoons 2Fe(l) + 3CO_2(g)$$

පහත දැක්වෙන ආකාරවලින් සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක් සංරෝධනය කෙරෙන විට ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාවේ දිශාව පුරෝකථනය කිරීමට අපි ප්‍රතික්‍රියාවේ Q_c සාධකය ආශ්‍රයෙන් වෙනසට හේතු පැහැදිලි කරමින් ලේ චැටලියර් මූලධර්මය භාවිත කරමු.

(a) Fe_2O_3 එකතු කිරීම

(b) CO_2 එකතු කිරීම

(c) CO එකතු කිරීම

(a) Fe_2O_3 සංශුද්ධ ඝනයක් බැවින් එහි සාන්ද්‍රණය 1ට සමාන වන අතර Fe_2O_3 එකතු කිරීමේදී එය වෙනස් නොවේ. එබැවින් සාන්ද්‍රණ සංරෝධයක් නොයොදන අතර, මූල් සමතුලිතතාව සුරැකේ.

(b) ඉවත් වන CO_2 නිසා ඇති වන සාන්ද්‍රණ සංරෝධය, CO_2 යළි නිපදවමින් ප්‍රතික්‍රියකවල සිට ඵල වෙත සිදු වන ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියා විස්ථාපනයෙන් ලිහිල් කෙරෙන බව ලේ චැටලියර් මූලධර්මයෙන් පෙරැයේ.

(c) ඉවත් වන CO නිසා උද්ගත වන සාන්ද්‍රණ සංරෝධය, CO යළි නිපදවමින් ඵලවල සිට ප්‍රතික්‍රියක වෙත සිදු වන ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියා විස්ථාපනයෙන් හීන වන බව ලේ චැටලියර් මූලධර්මයෙන් පෙරැයේ. ප්‍රතික්‍රියාවේ Q_c සාධකය මෙසේ ය:

$$Q_c = \frac{[CO_2(g)]^3}{[CO(g)]^3}$$

[CO] අඩු කිරීමෙන් සමතුලිතතාවට බාධා කෙරෙන විට, $Q_c > K_c$ වන පරිදි Q_c වැඩි වේ. පද්ධතිය නව සමතුලිත තත්ත්වයකට පත් කිරීමට Q_c අඩු විය යුතු ය; එනම් $[CO_2]$ අඩු වී [CO] වැඩි විය යුතු ය. එහෙයින්, ලේ චැටලියර් මූලධර්මයෙන් පෙරැයෙන පරිදි ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව ඵලවල සිට ප්‍රතික්‍රියක වෙත ගමන් කරයි.

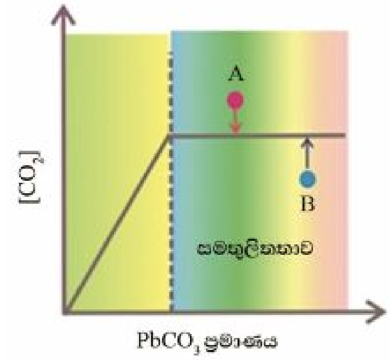
1 නිදසුන:

පහත දැක්වෙන සමීකරණයට අනුව ලෙඩ් කාබනේට්, ලෙඩ් ඔක්සයිඩ් හා කාබන් ඩයොක්සයිඩ් බවට වියෝජනය වෙයි.

$$PbCO_3(s) \rightleftharpoons PbO(s) + CO_2(g)$$

$PbCO_3$ හා PbO ඝන වන බැවින් සමතුලිතතා නියතය හුදෙක් $K = [CO_2(g)]$ වේ. දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී ඝන $PbCO_3$ හා ඝන PbO අඩංගු වන ඕනෑ ම පද්ධතියක සමතුලිතතාවේ දී ඇත්තේ එක ම CO_2 වායු සාන්ද්‍රණයක් වන අතර, එය පවත්නා ඝනවල ප්‍රමාණ හෝ අනුපාත අනුව වෙනස් වන්නේ නැත. මෙය 2.12 රූපයේ දැක්වෙන, එකතු කරන ලද ඝන $PbCO_3$ ප්‍රමාණය හා CO_2 වායු සාන්ද්‍රණය අතර ප්‍රස්තාරයෙන් අවබෝධ කර ගත හැකි ය. ආරම්භයේ දී, $PbCO_3$ Kට සමාන CO_2 සාන්ද්‍රණයක් දීමට ප්‍රමාණවත් නොවන බැවින් එකතු කරන ලද $PbCO_3$ සම්පූර්ණයෙන් CO_2 බවට වියෝජනය වේ. එහෙයින් ප්‍රස්තාරයේ වම් කොටසින් නියෝජනය වන්නේ CO_2 හා PbO පමණක් අඩංගු වන්නා වූ ද එහෙයින් සමතුලිතතාවේ නොපවතින්නා වූ ද පද්ධතියකි. අනෙක් අතට, CO_2 සාන්ද්‍රණය Kට යම්තමින් සමාන වීමට පමණක් ප්‍රමාණවත් $PbCO_3$ ප්‍රමාණයක් එකතු කරන ලද කල්හි, පද්ධතිය සමතුලිතතාවට එළඹෙන අතර ඉන් ඔබ්බට $PbCO_3$ එකතු කිරීමෙන් CO_2 සාන්ද්‍රණය කෙරෙහි බලපෑමක් ඇති නො වේ. එබැවින් ප්‍රස්තාරය තිරස් රේඛාවක් වෙයි. මේ නිසා තිරස් රේඛාවේ නොපිහිටන ඕනෑ ම CO_2 සාන්ද්‍රණයකින් අසමතුලිත අවස්ථාවක් නියෝජනය කෙරෙන අතර, එහි දී

ප්‍රමාණවත් තරම් $PbCO_3$ හා PbO ඇතොත් පද්ධතියේ සංයුතිය සමතුලිතතාව තහවුරු වන පරිදි සකස් වෙයි. උදාහරණයක් වශයෙන් 2.12 රූපයේ A ලෙස නම් කර ඇති ලක්ෂ්‍යයේ දී CO_2 සාන්ද්‍රණය තිරස් රේඛාවට ඉහළින් බැවින් එය CO_2 හි සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණයට ඉහළින් වූ CO_2 සාන්ද්‍රණයකට ($Q > K$) අනුරූප වෙයි. සමතුලිතතාව කරා පැමිණීමට පද්ධතිය CO_2 සාන්ද්‍රණය අඩු කර ගත යුතුය. එය කළ හැක්කේ CO_2 වායුව ඝන PbO හා ප්‍රතික්‍රියා වෙමින් ඝන $PbCO_3$ සෑදීමෙන් පමණකි. එහෙයින් CO_2 සාන්ද්‍රණය Kට සමාන වන තුරු ප්‍රතික්‍රියාව වම් පැත්තට සිදු වනු ඇත. මීට ප්‍රතිවිරුද්ධව, රූපයේ B ලක්ෂ්‍යයේ දී CO_2 සාන්ද්‍රණය තිරස් රේඛාවට පහළින් පිහිටන බැවින් එයින් CO_2 හි සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණයට වඩා අඩු සාන්ද්‍රණයක් ($Q < K$) නිරූපණය වේ. සමතුලිතතාවට එළඹීමට පද්ධතිය CO_2 සාන්ද්‍රණය වැඩි කර ගත යුතු වේ. එය කළ හැක්කේ CO_2 වායුව හා ඝන PbO සාදමින් ඝන $PbCO_3$ වියෝජනය කිරීමෙන් පමණි.



2.12 රූපය ආරම්භයේ දී CO_2 වායුව හා ඝන PbO දෙමින් $PbCO_3$ වියෝජනය වන බැවින් CO_2 වායු සාන්ද්‍රණය, එකතු කරනු ලබන ඝන $PbCO_3$ ප්‍රමාණය සමඟ රේඛීයව වැඩි වෙයි. CO_2 සාන්ද්‍රණය, සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණයේ අගයට පැමිණි කල්හි, උෂ්ණත්වය නියතව පවතින තුරු, $PbCO_3$ වැඩියෙන් එකතු කිරීමෙන් CO_2 සාන්ද්‍රණය කෙරෙහි බලපෑමක් ඇති නො වේ.

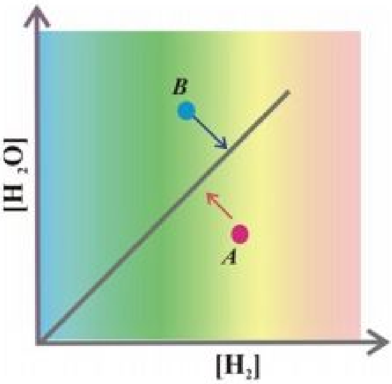
2 නිදසුන:

හයිඩ්‍රජන් විසින් කැඩ්මියම් ඔක්සයිඩ් ඔක්සිහරණය කර, ලෝහමය කැඩ්මියම් හා ජල වාෂ්ප සෑදීමේ ප්‍රතික්‍රියාව ලේ චැටලියර් මූලධර්මය පිළිබඳ අපගේ අවබෝධය තව දුරටත් පුළුල් කරයි.

$$CdO(s) + H_2(g) \rightleftharpoons Cd(s) + H_2O(g)$$

මෙහි සමතුලිතතා නියතය K_c, $[H_2O(g)]/ [H_2(g)]$ වේ. උදාහරණයක් ලෙස: සමතුලිතතාවේ දී $[H_2O(g)]$ දෙගුණ කළ හොත්, පද්ධතිය සමතුලිතතාවේ පවත්වා ගැනීම සඳහා $[H_2(g)]$ ද දෙගුණ කළ යුතු ය. සමතුලිතතාවේ දී $[H_2O(g)]$ හා $[H_2(g)]$ අතර ප්‍රස්තාරය K_c බෑවුමින් යුත් සරල රේඛාවකි. තව ද රේඛාව මත පිහිටන $H_2O(g)$ හා $H_2(g)$ සාන්ද්‍රණ යුගල් සමතුලිතතා අවස්ථාවට අනුරූප ය. එබඳු ප්‍රතික්‍රියාවල දී පද්ධතියේ සංයුතිය සමතුලිතතා රේඛාව කරා යොමු කරන්නේ කවර දිශාවට ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමෙන් ද, ඒ දිශාවට ප්‍රතික්‍රියාව ගමන් කරයි. උදාහරණයක් ලෙස 2.13 රූපයේ A ලක්ෂ්‍යය රේඛාවට පහළින් වේ. $[H_2O(g)]/ [H_2(g)]$ අනුපාතය, සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක ඒ අනුපාතයට වඩා අඩු බව ($Q < K$) මින් දැක්වේ. මෙහි දී H_2 වැය කරමින් හා H_2O නිපදවමින් ප්‍රතික්‍රියාව දකුණු දිශාවට සිදු වන අතර, මෙය සාන්ද්‍රණ අනුපාතය ඉහළ නැංවීමටත් එය වමට හා රේඛාව දෙසට ගමන් කරවීමටත් හේතු වේ. මීට

විලෝම ලෙස, 2.13 රූපයේ B ලක්ෂ්‍යය රේඛාවට ඉහළින් පිහිටන්නකි. $[H_2O(g)]/[H_2(g)]$ අනුපාතය, සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක ඒ අනුපාතයට වඩා වැඩි බව ($Q > K$) මින් ප්‍රකාශ වේ. මෙවිට ප්‍රතික්‍රියාව ලියා ඇති පරිදි H_2O වැය කරමින් H_2 නිපදවමින් වමට ගමන් කරන අතර, එය සාන්ද්‍රණ අනුපාතය පහළට හා දකුණට, එනම් රේඛාව දෙසට යොමු කිරීමට හේතු වේ.



2.13 රූපය කවර හෝ $H_2O(g)$ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණයකට ඇත්තේ එක ම $H_2(g)$ සාන්ද්‍රණයකි. මේ සාන්ද්‍රණ දෙකෙහි විශාලත්ව අනුලෝමව සමානුපාතික බැවින් විශාල $[H_2O(g)]$ කට විශාල $[H_2(g)]$ ක් ද අල්ප $[H_2O(g)]$ කට අල්ප $[H_2(g)]$ ක් ද අනුරූප වේ. මෙහි, රේඛාවේ බෑවුම $\boldsymbol{K_c}$ ට සමාන වේ.

පීඩනයේ හා පරිමාවේ වෙනස් වීම්

පරිමා වෙනස නිසා ඇති වන පීඩන වෙනසක් සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක් කෙරෙහි බලපාන්නේ කෙසේ දැයි විදහා දැක්වීම සඳහා අපි යළිත් ඇමෝනියාවල හේබර් සංශ්ලේෂණය වෙත හැරෙමු. ප්‍රතික්‍රියාවේ තුලිත සමීකරණයෙහි ප්‍රතික්‍රියක පැත්තේ වායු මවුල 4ක් ද ඵල පැත්තේ වායු මවුල 2ක් ද වේ:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \quad K_c = 0.29, \ 700\ K \text{ දී}$$

පරිමාව අඩු කිරීමෙන් පීඩනය වැඩි කළ හොත් සමතුලිතතා මිශ්‍රණයේ සංයුතියට කුමක් වේ ද? (නියත උෂ්ණත්වයේ දී පරිපූර්ණ වායුවක නියත මවුල ප්‍රමාණයක පීඩනය පරිමාවට ප්‍රතිලෝමව සමානුපාතික වේ). ලේ චැටලියර් මූලධර්මයට අනුව වැඩි වූ පීඩනයෙන් ඇති වන සංරෝධය අඩු කෙරෙන දිශාවට ප්‍රතික්‍රියාව ගමන් කරයි. මෙහි අරුත නම් වායු මවුල ප්‍රමාණය අඩු විය යුතු බවයි. ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාවේ දී ප්‍රතික්‍රියක වායු මවුල 4ක් වායුමය ඵල මවුල 2ක් බවට පරිවර්තනය වන බැවින් ප්‍රතික්‍රියාව ඉදිරියට බර වන බව අපි පුරෝකථනය කරමු. පොදුවේ ලේ චැටලියර් මූලධර්මයෙන් මෙසේ පුරෝකථනය කෙරේ:

- පරිමාව අඩු කිරීමෙන් සිදු වන පීඩනය වැඩි කිරීමක් ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව වායු මවුල ප්‍රමාණය අඩු වන අතට සිදු කරයි.
- පරිමාව වැඩි කිරීමෙන් සිදු වන පීඩනය අඩු කිරීමක්, ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව වායු මවුල ප්‍රමාණය වැඩි වන අතට සිදු කරයි.

පීඩන (පරිමා) වෙනස්කම්වලට අනුරූපව ලේ චැටලියර් මූලධර්මය ක්‍රියාත්මක වන්නේ මන් දැයි තේරුම් ගනු පිණිස, 700 K පවතින N_2 වායුව 0.50 mol dm^{-3}, H_2 වායුව 3.00 mol dm^{-3}

හා NH_3 වායුව 1.98 mol dm^{-3} වූ සමතුලිතතා මිශ්‍රණය සලකමු. මෙය සමතුලිතතාවේ පවත්නා මිශ්‍රණයක් බැවින් මෙහි Q_c, K_cට (0.291) සමාන වේ.

$$Q_c = \frac{[NH_3(g)]^2}{[N_2(g)][H_2(g)]^3} = \frac{[1.98]^2}{[0.5][3.0]^3} = 0.29 = K_c$$

අප පරිමාව 2 සාධකයකින් අඩු කර සමතුලිතතාව සංරෝධයකට යටත් කළ හොත් අපි මුළු පීඩනය පමණක් නොව, එක් එක් ප්‍රතික්‍රියකයේ හා ඵලයේ ආංශික පීඩනය හා එනයින් ඒවායේ මවුලික සාන්ද්‍රණය ද (මවුලිකතාව = $n/V = P/RT$) දෙගුණ කරමු. තුලිත සමීකරණයේ වායුමය ප්‍රතික්‍රියක මවුල ප්‍රමාණය, වායුමය ඵල මවුල ප්‍රමාණයට වඩා වැඩි බැවින් සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයේ හරයේ වැඩි වීම, ලවයේ වැඩි වීමට වඩා වැඩි ය. එබැවින් Q_cහි නව අගය සමතුලිතතා නියතයට වඩා අඩු ය.

$$Q_c = \frac{[NH_3(g)]^2}{[N_2(g)][H_2(g)]} = \frac{[3.96]^2}{[1.0][6.0]^3} = 0.073 < K_c$$

පද්ධතිය නව සමතුලිත අවස්ථාවක් වෙත ගමන් කිරීමට නම් Q_c වැඩි විය යුතු ය. එනම් ලේ චැටලියර් මූලධර්මයෙන් පෙරයෙන පරිදි ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව ප්‍රතික්‍රියකවල සිට ඵල වෙතට ගමන් කළ යුතු ය. භාවිතයේ දී දර්ශීය වශයෙන් 130 – 300 atm තරමේ ඉහළ පීඩනයක් යටතේ ප්‍රතික්‍රියාව සිදු කිරීමෙන් හේබර් ක්‍රමයේ ඇමෝනියා ඵලදාව වැඩි කෙරේ.

නිෂ්ක්‍රිය වායුවක් එකතු කිරීමෙන් ඇති වන බලපෑම

සංවෘත, දෘඪ බඳුනක් තුළ ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමට සැලසීමෙන් පරිමාව නියත ව පවත්වා ගන්නා ලද්දේ නම් හා ප්‍රතික්‍රියාවට සහභාගි නොවන ආගන් වැනි නිෂ්ක්‍රිය වායුවක් මිශ්‍රණයට එකතු කරන ලද්දේ නම් සමතුලිතතාව නොවෙනස්ව පවතී. ඒ නියත පරිමාවක දී නිෂ්ක්‍රිය වායුවක් එකතු කිරීම නිසා ආංශික පීඩන හෝ ප්‍රතික්‍රියාවට සහභාගි වන ද්‍රව්‍යවල මවුලික සාන්ද්‍රණ වෙනස් වන ප්‍රතික්‍රියක් හෝ ඵලයක් නම් පමණක් ප්‍රතික්‍රියාවේ Q සාධකය වෙනස් වේ.

උෂ්ණත්ව වෙනසෙහි බලපෑම

සාන්ද්‍රණය, පීඩනය හෝ පරිමාව වෙනස් කිරීමෙන් සමතුලිතතාවට බාධා පමුණුවන ලද ඕනෑ ම විටෙක සමතුලිතතා මිශ්‍රණයේ සංයුතිය වෙනස් වෙයි. මක් නිසා ද යත්: මෙහි දී සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යයේ සිදු වන වෙනස නිසා Q_c සාධකය තව දුරටත් K_cට සමාන නොවන බැවිනි. එහෙත් මෙහි දී සමතුලිතතා නියතය වෙනස් නො වේ. කෙසේ වුව ද උෂ්ණත්ව වෙනසක් සිදු වූ විට K_c සමතුලිතතා නියතයේ අගය වෙනස් නො වේ. පොදුවේ, උෂ්ණත්වය අනුව සමතුලිතතා නියතයේ සිදු වන වෙනස ප්‍රතික්‍රියාවේ ΔH හි සලකුණ මත රැඳී පවතී.

- උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට තාපදායක ප්‍රතික්‍රියාවක (ΔH ඍණ වූ) සමතුලිතතා නියතය අඩු වේ.
  එම ප්‍රතික්‍රියාවක් මෙසේ ලිවිය හැකි ය:
  ප්‍රතික්‍රියක $\rightleftharpoons$ ඵල + තාපය ($\Delta H < 0$)
- උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට තාපාවශෝෂක ප්‍රතික්‍රියාවක (ΔH ධන වූ) සමතුලිතතා නියතය වැඩි වේ.
  එබඳු ප්‍රතික්‍රියාවක් මෙසේ ලියා දැක්විය හැකි ය :
  ප්‍රතික්‍රියක + තාපය $\rightleftharpoons$ ඵල ($\Delta H > 0$)

ඉහත සංසිද්ධිය අනුව තාපය, තාපදායක ප්‍රතික්‍රියාවක ඵලයක් ලෙස ද තාපාවශෝෂක ප්‍රතික්‍රියාවක ප්‍රතික්‍රියකයක් ලෙස ද සැලකිය හැකි ය. පද්ධතියක උෂ්ණත්වය වැඩි වීම තාපය එකතු කිරීමට අනුරූප ය. පද්ධතියක උෂ්ණත්වය වැඩි කළ විට (තාපය එකතු කළ විට) තාපදායක ප්‍රතික්‍රියාවක් දකුණට විස්ථාපනය වන බව ලේ චැටලියර් මූලධර්මයෙන් පුරෝකථන කෙරේ. විලෝම ලෙස, පද්ධතියක උෂ්ණත්වය වැඩි කළ විට තාපාවශෝෂක ප්‍රතික්‍රියාවක් දකුණට (ඵල දෙසට) බර වෙයි. ප්‍රතික්‍රියාවක් තාපගතිකව උදාසීන නම් ($\Delta H_{rxn} = 0$), උෂ්ණත්ව වෙනස සමතුලිතතා සංයුතිය කෙරෙහි බලපෑමක් නො කරයි.

නිදසුන:

$\Delta H = +58\ \mathrm{kJ\ mol^{-1}}$ වූ N_2O_4 වායුව NO_2 වායුව බවට විඝටනය වීම කෙරෙහි උෂ්ණත්වයේ බලපෑම් අපට පරීක්ෂා කළ හැකි ය. අදාළ ප්‍රතික්‍රියාව මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$58\ \mathrm{kJ} + N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

$$K_c = \frac{[NO_2(g)]^2}{[N_2O_4(g)]}$$

උෂ්ණත්වය වැඩි කිරීම (පද්ධතියට තාපය එකතු කිරීම) ප්‍රතික්‍රියාව දකුණතට එළවන සංරෝධයකි. එබැවින් උෂ්ණත්වයේ වැඩි වීම සමතුලිතතාවේ දී NO_2 වල N_2O_4 අනුපාතය වැඩි කරන අතර, එය $\boldsymbol{K}$ සමතුලිතතා නියතය වැඩි කරයි.

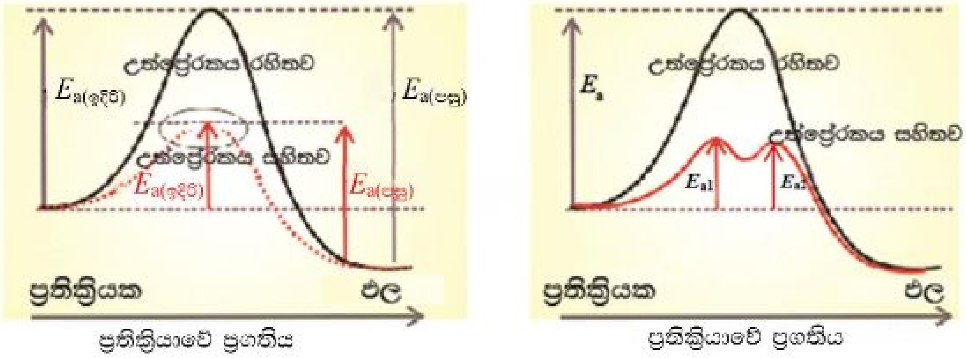
සමතුලිතතාවේ ඇති පද්ධතියක් කෙරෙහි උෂ්ණත්වය වැඩි වීමේ බලපෑම මෙසේ සාරාංශ කළ හැකි ය. උෂ්ණත්වය ඉහළ නැංවීම තාපාවශෝෂක ප්‍රතික්‍රියාවක සමතුලිතතා නියතයේ විශාලත්වය වැඩි කරයි; තාපදායක ප්‍රතික්‍රියාවක සමතුලිතතා නියතය අඩු කරයි. තාපීය වශයෙන් උදාසීන ප්‍රතික්‍රියාවක සමතුලිතතා නියතය කෙරෙහි බලපෑමක් නො කරයි.

මේ කරුණු සංක්ෂිප්ත කොට දක්වූ කල්හි, සමතුලිතතා මිශ්‍රණයක සංයුතිය වෙනස් කිරීම තෙවැදෑරුම් සංරෝධයකට කළ හැකි ය. ඒවා නම් ප්‍රතික්‍රියක හෝ ඵල හෝ එකතු කිරීම නොහොත් ඉවත් කිරීම, මුළු පීඩනය හෝ පරිමාව හෝ වෙනස් කිරීම හා පද්ධතියේ උෂ්ණත්වය වෙනස් කිරීමයි. ප්‍රතික්‍රියා ඵලවලින් එකක් අඛණ්ඩව ඉවත් කිරීමෙන් අහිතකර සමතුලිතතා නියතයකින් යුත් ප්‍රතික්‍රියාවක් සම්පූර්ණත්වය කරා එළඹිය හැකි ය. එකිනෙකට වෙනස් වායුමය ප්‍රතික්‍රියක හා ඵල අණු සංඛ්‍යාවලින් යුත් ප්‍රතික්‍රියාවක් පීඩනයේ හෝ පරිමාවේ හෝ වෙනස්වීම්වලට සංවේදී වේ; ඉහළ පීඩන අඩු වායු අණු සංඛ්‍යාවක් ඇති පැත්තට හිතකර වේ. තාපය ඉවත් කිරීම තාපදායක ප්‍රතික්‍රියාවක ඵල සෑදීමට හිතකර වන අතර තාපාවශෝෂක ප්‍රතික්‍රියාවක ප්‍රතික්‍රියක සෑදීමට හිතකර වේ.

සමතුලිතතාව කෙරෙහි උත්ප්‍රේරකවල බලපෑම

ප්‍රතික්‍රියාවකට උත්ප්‍රේරකයක් එකතු කිරීම, ප්‍රතික්‍රියක, ඵල බවට පරිවර්තනය කරන්නා වූ නව, විකල්ප, අඩු-ශක්ති මාර්ගයක් සැපයීමෙන් එහි වේගය වැඩි කරයි. ඉදිරි හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියා දෙක ම එක ම සංක්‍රාමි අවස්ථාව හරහා ගමන් කරන බැවින්, උත්ප්‍රේරකයක් ඉදිරි හා ආපසු යන ප්‍රතික්‍රියා දෙකෙහි ම සක්‍රියන ශක්තිය එක ම ප්‍රමාණයකින් අඩු කරයි. ප්‍රතික්‍රියාවක් උත්ප්‍රේරකයකින් තොරව සමතුලිතතාවේ පවතී නම් (එනම් ඉදිරි හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියාවල ශීඝ්‍රතා සමාන වේ) උත්ප්‍රේරකයක් එක් කිරීමෙන් පසුව ද එය සමතුලිතතාවෙහි ම තිබේ. ඒ වේගය වැඩි වුව ද ඉදිරි හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියා සමාන වේගවලින් සිදු වන බැවිනි. ප්‍රතික්‍රියා මිශ්‍රනයක් සමතුලිතතාවේ නොපවතී නම්, උත්ප්‍රේරකයක් සමතුලිතතාව කරා එළඹෙන වේගය වැඩි

කරන නමුත් සමතුලිතතා මිශ්‍රණයේ සංයුතිය වෙනස් නො කරයි. උත්ප්‍රේරකයක් සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ කෙරෙහි බලපෑමක් ඇති නොකරන බැවින් එය තුලිත රසායනික සමීකරණයෙහි හෝ සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයේ ඇතුළත් නො වේ (උත්ප්‍රේරකයක් ප්‍රතික්‍රියාවක දී වැය නොකෙරෙන බැවින් එය සමස්ත වේග සමීකරණය ප්‍රකාශ කිරීමේ දී සැලකිල්ලට නො ගැනේ. එබැවින් එය ප්‍රතික්‍රියාවේ ශීඝ්‍රතාව කෙරෙහි මිස එහි සමතුලිතතාව කෙරෙහි බලපෑමක් නො කරයි). උත්ප්‍රේරකයක් සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය වෙනස් නොකරන නමුත් එය සැලකිය යුතු ලෙස ප්‍රතික්‍රියාවක් සිදු වීමේ ප්‍රශස්ත තත්ත්ව කෙරෙහි බලපාන්නේ ය.



(a) (b)

2.14 රූපය උත්ප්‍රේරකයක් සහිතව හා රහිතව ප්‍රතික්‍රියා පැතිකඩ සංසන්දනය **(a)** වලින් පෙන්නුම් කෙරෙන පරිදි ප්‍රතික්‍රියාවකට උත්ප්‍රේරකයක් එකතු කිරීම එහි ශීඝ්‍රතාව නව, විකල්ප අඩු-ශක්ති මාර්ගයක් සැපයීම මඟින් වැඩි කරයි. තව ද **(b)** වලින් දැක්වෙන පරිදි ප්‍රතික්‍රියාව බහු-පියවර නව මාර්ගයක් සොයා ගනිමින් අතරමැදියන් ඔස්සේ ද සිදු විය හැකි ය.

නිදසුනක් ලෙස: හේබර් ක්‍රමයෙන් ඇමෝනියා සංශ්ලේෂණය කිරීමේ දී $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ප්‍රතික්‍රියාව තාපදායක බැවින් උෂ්ණත්වය වැඩි වීමත් සමඟ එහි සමතුලිතතා නියතය අඩු වන්නේ ය. මේ නිසා ප්‍රශස්ත ඇමෝනියා අස්වැන්නක් ලැබෙන්නේ අඩු උෂ්ණත්වවල දී ය. එහෙත් ඒ උෂ්ණත්වවල දී ප්‍රායෝගික වශයෙන් ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වී සමතුලිතතාව කරා එළඹෙන්නේ ඉතා සෙමෙනි. එනම් අඩු උෂ්ණත්වවලදී ඵලදාව හොඳ නමුත් ප්‍රතික්‍රියා වේගය අඩු ය; ඉහළ උෂ්ණත්වවල දී වේගය සතුටුදායක නමුත් ඵලදාව අඩු ය. මේ උභතෝකෝටිකයට පිළිතුර වන්නේ උත්ප්‍රේරකයක් යෙදීමයි. ලෝහ ඔක්සයිඩ මිශ්‍රිත යකඩ උත්ප්‍රේරකයක් යෙදීමෙන් සෑහෙන තරමේ හිතකර සමතුලිතතා ඇමෝනියා සාන්ද්‍රණයක් දෙමින් භාවිත උෂ්ණත්වයේ දී සතුටුදායක වේගයකින් ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වීමට ඉඩ සලසයි. ප්‍රතික්‍රියාව ඉහළ නැංවිය හැකි ය. ඇමෝනියාවල කාර්මික සංශ්ලේෂණය සඳහා දර්ශීය ප්‍රතික්‍රියා තත්ත්ව වන්නේ 400–500 °C උෂ්ණත්වය හා 130–300 atm පීඩනයයි.

සමතුලිතතා පද්ධතියක් කෙරෙහි යොදන ලද සංරෝධවලට ප්‍රතිචාර වශයෙන් පද්ධතියක සමතුලිතතාවේ සිදු වන විතැන් වීම පහත දී ඇති වගුවෙන් සාරාංශ කොට දක්වා ඇත.

2.1 **වගුව** යොදන ලද සංරෝධවලට සමතුලිතතා පද්ධතියක් දක්වන ප්‍රතිචාර

සංරෝධය	**පද්ධතියේ ප්‍රතිචාරය**	**සමතුලිතතා නියතය කෙරෙන් බලපෑම**
නියත උෂ්ණත්වයේ දී සාන්ද්‍රණය වැඩි කිරීම	එකතු කරන ලද ප්‍රතික්‍රියකය හෝ ඵලය අඩු වන පරිදි පද්ධතිය විතැන් වෙයි	වෙනස් නො වේ. අනුපාතය නියතව පවත්නා පරිදි සියලු ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ වෙනස් වෙයි
නියත උෂ්ණත්වයේ දී සාන්ද්‍රණය අඩු කිරීම	ඉවත් කරන ලද ප්‍රතික්‍රියකය හෝ ඵලය වැඩි වන පරිදි පද්ධතිය විතැන් වෙයි	වෙනස් නො වේ. අනුපාතය නියතව පවත්නා පරිදි සියලු ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ වෙනස් වෙයි
නියත උෂ්ණත්වයේ දී පරිමාව වැඩි කිරීම (පීඩනය අඩු කිරීම)	වායුමය ප්‍රභේද වැඩි පැත්තට පද්ධතිය විතැන් වෙයි (දෙපස වායුමය ප්‍රභේදවල අණු සංඛ්‍යා එක ම වන විට ප්‍රතික්‍රියාවේ තාපදායක/ තාපාවශෝෂක ස්වභාවය සැලකිල්ලට ගන්න)	වෙනස් නො වේ. අනුපාතය නියතව පවත්නා පරිදි සියලු ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ වෙනස් වෙයි
නියත උෂ්ණත්වයේ දී පරිමාව අඩු කිරීම (පීඩනය වැඩි කිරීම)	වායුමය ප්‍රභේද අඩු පැත්තට පද්ධතිය විතැන් වෙයි (දෙපස වායුමය ප්‍රභේදවල අණු සංඛ්‍යා එක ම වන විට ප්‍රතික්‍රියාවේ තාපදායක/ තාපාවශෝෂක ස්වභාවය සැලකිල්ලට ගන්න)	වෙනස් නො වේ. අනුපාතය නියතව පවත්නා පරිදි සියලු ප්‍රතික්‍රියකවල හා ඵලවල සාන්ද්‍රණ වෙනස් වෙයි
උෂ්ණත්වය වැඩි කිරීම	එකතු කරන ලද තාපය වැය කෙරෙන තාපාවශෝෂක ප්‍රතික්‍රියාවට හිතකර වෙයි.	සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය විතැන් වන බැවින් සමතුලිතතා නියතය වෙනස් වෙයි
උෂ්ණත්වය අඩු කිරීම	තාපය නිදහස් කරමින් තාපදායක ප්‍රතික්‍රියාවට හිතකර අයුරින් සකස් වෙයි	සමතුලිතතා ලක්ෂ්‍යය විතැන් වන බැවින් සමතුලිතතා නියතය වෙනස් වෙයි
උත්ප්‍රේරකයක් එක් කිරීම	උත්ප්‍රේරකය ඉදිරි හා ආපසු ප්‍රතික්‍රියාවල වේග එක ම ප්‍රමාණයෙන් වැඩි කරන බැවින් පද්ධතියේ වෙනසක් සිදු නොවේ. සිදු වන එක ම දෙය පද්ධතිය වඩාත් වේගයෙන් සමතුලිතතාවට එළඹීම ය	වෙනස් නො වේ
නිෂ්ක්‍රිය වායුවක් එකතු කිරීම	එය ප්‍රතික්‍රියාවට සහභාගි නොවන බැවින් පද්ධතියේ වෙනසක් සිදු නො වේ	වෙනස් නො වේ

2.2 ජලීය ද්‍රාවණවල අයනික සමතුලිතතා

ද්‍රාවණයක් යනු ද්‍රව්‍ය දෙකක හෝ වැඩි ගණනක සමජාතීය මිශ්‍රණයක් ලෙස අර්ථ දැක්විය හැකි ය. ද්‍රාව්‍යය යනු ද්‍රාවණය කරන ලද ද්‍රව්‍යය හෙවත් අඩුවෙන් ඇති ද්‍රව්‍යයයි. ද්‍රාවකය යනු ප්‍රමාණය අනුව වැඩිපුර ඇති ද්‍රව්‍යයයි. ද්‍රාවණයක් වායුමය (වාතය වැනි), ඝන (මිශ්‍ර ලෝහයක් වැනි) හෝ ද්‍රවමය (මුහුදු ජලය වැනි) හෝ විය හැකි ය. මේ කොටසේ දී අප විසින් සලකා බලනු ලබන්නේ ද්‍රාව්‍යය ආරම්භයේ දී ඝනයක් හෝ ද්‍රවයක් වූ ද ද්‍රාවකය ජලය වූ ද ජලීය ද්‍රාවණ පමණි. ද්‍රාවණය සෑදීමෙන් පසු ජලීය කලාපයේ සමතුලිතතාවේ පවතින ද්‍රව්‍යවල අයනික ස්වරූප අපේ සැලකිල්ලට භාජන කෙරේ.

නිදසුනක් ලෙස, සමතුලිතතාවේ දිශාව කෙරෙහි සාන්ද්‍රණ වෙනසෙහි බලපෑම යටතේ අපි අයන සහභාගි වන පහත දැක්වෙන සමතුලිතතා මීට පෙර සලකා බැලුවෙමු.

$$Fe^{3+}(aq) + SCN^{-}(aq) \rightleftharpoons [Fe(SCN)]^{2+}(aq)$$

අයන පමණක් සහභාගි වන සමතුලිතතා ගණනාවක් වේ. සීනිවල ජලීය ද්‍රාවණයක් විද්‍යුතය සන්නයනය නොකරන බව ප්‍රකට කරුණකි. එසේ වුව ද සාමාන්‍ය ලුණු (සෝඩියම් ක්ලෝරයිඩ්) ජලයට එකු කළ විට එය විද්‍යුතය සන්නයනය කරයි. තව ද සාමාන්‍ය ලුණුවල සාන්ද්‍රණය වැඩි වන විට ද්‍රාවණයේ විද්‍යුත් සන්නයනතාව වැඩි වෙයි. විද්‍යුතය සන්නයනය කිරීමට ඇති හැකියාව පදනම් කර ගනිමින් මයිකල් ෆැරඩේ ද්‍රව්‍ය කාණ්ඩ දෙකකට වර්ගීකරණය කළේ ය. මින් එක් ද්‍රව්‍ය කාණ්ඩයක් ජලීය ද්‍රාවණයේ දී විද්‍යුතය සන්නයනය කරන අතර ඒවා විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය යනුවෙන් හැඳින්වෙයි. අනෙක් ද්‍රව්‍ය කාණ්ඩය ජලීය ද්‍රාවණයේ විද්‍යුතය සන්නයනය නොකරන අතර, ඒවා විද්‍යුත් අවිච්ඡේද්‍ය නම් ෆැරඩේ, විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය ප්‍රබල හා දුබල යනුවෙන් තවදුරටත් වර්ග කළේ ය. ප්‍රබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය ජලයේ ද්‍රාවණය වීමේ දී සම්පූර්ණයෙන් ම පාහේ අයනීකරණය වේ. දුබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය අයනවලට විඝටනය වන්නේ භාගික වශයෙන් පමණි. උදාහරණයක් ලෙස: සෝඩියම් ක්ලෝරයිඩ්වල ජලීය ද්‍රාවණයක් සම්පූර්ණයෙන් සමන්විත වන්නේ සෝඩියම් අයනවලින් හා ක්ලෝරයිඩ් අයනවලිනි. එනම්,

$$NaCl(s) \rightarrow Na^{+}(aq) + Cl^{-}(aq)$$

අම්ල හා භස්ම ද විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය වේ. හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය (HCl) හා නයට්‍රික් අම්ලය (HNO_3) වැනි සමහර අම්ල ප්‍රබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය වේ. මේ අම්ල ජලයේ දී සම්පූර්ණයෙන් අයනීකරණය වේ. නිදසුනක් ලෙස හයිඩ්‍රජන් ක්ලෝරයිඩ් වායුව ජලයේ දිය වීමේ දී සජල H^{+} හා Cl^{-} අයන සාදයි:

$$HCl(aq) \rightarrow H^{+}(aq) + Cl^{-}(aq)$$

නොඑසේ නම් ඒ අන්තර්ක්‍රියාව මෙසේ ද ලිවිය හැකි ය:

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^{+}(aq) + Cl^{-}(aq)$$

එසේ වෙනත් ඇසිටික් අම්ල ද්‍රාවණයක ප්‍රධාන වශයෙන් අඩංගු වන්නේ අයනීකරණය නොවූ ඇසිටික් අම්ල අණු හා ඇසටේට් අයන හා ප්‍රෝටෝන යම් ප්‍රමාණයකි. එනම්,

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^{-}(aq) + H^{+}(aq)$$

ඉහත අන්තර්ක්‍රියාව මෙසේ ද ලිවිය හැකි ය:

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^{-}(aq) + H_3O^{+}(aq)$$

හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය විඝටනයේ දී සම්පූර්ණ හෙවත් බොහෝ දුරට 100%ක ම අයනීකරණය දැක්වීම සඳහා තනි ඊතලයක් ($\rightarrow$) භාවිත කරන බව අපට දැකිය හැකි ය. හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ල ද්‍රාවණයක නිදහස් HCl අණු නොපවතින බව ද අපට පෙනේ. ඒ ඒවා සම්පූර්ණයෙන් ම $H_3O^{+}(aq)$ හා $Cl^{-}(aq)$ අයන බවට විඝටනය වන හෙයිනි. ඇසිටික් අම්ලයේ දී ද්විත්ව ඊතලයක් ($\rightleftharpoons$) යොදා ගනුයේ ජලයේ දී සිදු වන භාවිත නොහොත් 5%කට වඩා අඩු

අයනීකරණයක් දැක්වීමට වන අතර, මේ ප්‍රතික්‍රියාව ප්‍රතිවර්ත්‍ය ය. ආරම්භයේ දී CH_3COOH අණු සංඛ්‍යාවක් CH_3COO^- හා H^+ අයන බවට බිඳෙයි. කාලය ගත වත් ම CH_3COO^- හා H^+ අයනවලින් සමහර ප්‍රතිසංයෝජනය වෙමින් CH_3COOH අණු සාදයි. අවසානයේ දී අම්ල අණු අයනීකරණය වන වේගයෙන් ම අයනවල ප්‍රතිසංයෝජනය ද සිදු වන අවස්ථාවක් එළඹෙන අතර, මෙය රසායනික සමතුලිතතාවක් වේ. පද්ධතියේ ඇති එක් එක් විශේෂයේ භෞතික අවස්ථාව පෙන්නුම් කිරීම මෙහි ලා ඉතා වැදගත් වන අතර විශේෂ ජලීය කලාපයේ පවතින බව පෙන්වීම සඳහා **(aq)** සංකේතය භාවිත වේ. තව ද ජලයේ (ද්‍රාවකයේ) ප්‍රමාණය බෙහෙවින් අධිකතරව පවතින හෙයින් ඉතා ප්‍රතික්‍රියාශීලී වූ හුදෙකලා ප්‍රෝටෝනයකට (H^+) ජලීය ද්‍රාවණයක නිදහසේ පැවතිය නොහැකි ය. එබැවින් එය ද්‍රාවක ජල අණුවක ඔක්සිජන් පරමාණුවට බැඳී ත්‍රි-ආනති පිරමීඩාකාර සජල ප්‍රෝටෝනයක් (H_3O^+) සාදයි. මෙයට හයිඩ්‍රෝනියම් අයනය යැයි කියනු ලැබේ. භාවිත වන $H^+(aq)$ හා $H_3O^+(aq)$ යන දෙකේ ම අදහස් කෙරෙනුයේ එකක් ම බව, එනම් සජල ප්‍රෝටෝනයක් බව සැලකිය යුතු ය.

ඉහත දක්වා ඇති සරල පැහැදිලි කිරීම්වලට අනුව දුබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍යවල අයන හා අයනීකරණය නොවූ අණු අතර සමතුලිතතාවක් ස්ථාපිත වන බව අවබෝධ කටයුතු ය. අයනවල සහභාගිත්වයෙන් ජලීය ද්‍රාවණවල ඇති වන මෙබඳු සමතුලිතතාවක් අයනික සමතුලිතතාවක් ලෙස හැඳින්වේ. අම්ල, හස්ම හා ලවණ විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය යටතට ගැනෙන අතර, ඒවාට ප්‍රබල හෝ දුබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය ලෙස ක්‍රියා කළ හැකි ය.

2.2.1 අම්ල, හස්ම හා ලවණ

අම්ල, හස්ම හා ලවණ ස්වභාවයෙහි පුළුල්ව පැතිරී ඇත. ආමාශයික යුෂවල අඩංගු හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය ආමාශයේ ආස්තරණයෙන් සැලකිය යුතු ප්‍රමාණයකින්, එනම් දිනකට ලීටර 1.2 - 1.5ක් පමණ ස්‍රාව වන අතර එය ජීරණ ක්‍රියාවලියට අවශ්‍ය ය. ඇසිටික් අම්ලය විනාකිරිවල අඩංගු ප්‍රධාන සංරචකයයි. දෙහි යුෂවල හා දොඩම් යුෂවල සිට්‍රික් අම්ලය හා ඇස්කෝබික් අම්ලය අඩංගු ය. අම්ලවලින් බහුතරයක් ඇඹුල් රසයෙන් යුක්ත ය. අම්ල සඳහා වූ ඉංග්‍රීසි නාමය වන 'acid' යන්න ව්‍යුත්පන්න වී ඇත්තේ 'ඇඹුල්' යන අරුතැති 'acidusi' යන ලතින් වචනයෙනි. අම්ල, නිල් ලිට්මස් පත්‍ර රතු පැහැ කරන අතර, ලෝහ සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර ඩයිහයිඩ්‍රජන් (H_2) වායුව පිට කරයි. මේ අතර හස්ම රතු ලිට්මස් නිල් පැහැ ගන්වයි. ඒවා තිත්ත රසයකින් යුක්ත අතර ලිහිසි වයනයකින් යුක්ත ය. රෙදි සේදීම සඳහා භාවිත කරන දෙවුම් සෝඩා හස්ම සඳහා සුලබ නිදසුනකි. නිසි අනුපාතයෙන් මිශ්‍ර කළ විට අම්ල හා හස්ම එකිනෙක සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර ලවණ සාදයි. සෝඩියම් ක්ලෝරයිඩ්, බේරියම් සල්ෆේට් හා සෝඩියම් නයිට්‍රේට් ලවණ සඳහා උදාහරණ කිහිපයකි. හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලයේ හා ඇසිටික් අම්ලයේ අයනීකරණ සංසන්දනයේ දී දෙක ම ධ්‍රැවීය සහසංයුජ අණු වුවත් පළමුවැන්න අයන බවට සම්පූර්ණයෙන් අයනීකරණය වන බවත් දෙවැන්න භාගික වශයෙන් පමණක් (< 5%) අයනීකරණය වන බවත් අපි දැන ගනිමු. අයනීකරණය වන ප්‍රමාණය බන්ධනයේ ප්‍රබලතාව හා නිපදෙන අයනවල සද්‍රාවණ ප්‍රමාණය මත රඳා පවතී.

අම්ල හා හස්ම පිළිබඳ ආහීනියස් සංකල්පය

ආහිනියස් වාදයට අනුව ජලයේ දී විඝටනය වී හයිඩ්‍රජන් අයන $H^+(aq)$ දෙන ද්‍රව්‍ය අම්ල වන අතර හයිඩ්‍රොක්සිල් අයන $OH^-(aq)$ දෙන ද්‍රව්‍ය හස්ම ය. HX නමැති අම්ලයක ජලයේ දී සිදු වන අයනීකරණය පහත දැක්වෙන සමීකරණවලින් නිරූපණය කළ හැකි ය.

$$HX(aq) \rightarrow H^+(aq) + X^-(aq)$$

හෝ

$$HX\,(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + X^-(aq)$$

එසේ ම MOH ආකාර භස්ම අණුවක් පහත දී ඇති සමීකරණයට අනුව ජලීය ද්‍රාවණයේ දී අයනීකරණය වේ.

$MOH(aq) \rightarrow M^+(aq) + OH^-(aq)$

හයිඩ්‍රොක්සිල් අයනය ද ජලීය ද්‍රාවණයේ පවතින්නේ සජලනය වූ ස්වරූපයෙනි (උදා: H_3O_2 (aq)) අම්ල හා භස්ම පිළිබඳ ආහීනියස් සංකල්පයේ දුර්වලතා වන්නේ ජලීය ද්‍රාවණ විෂයයෙහි පමණක් භාවිත කළ හැකි වීමත්, හයිඩ්‍රොක්සිල් කාණ්ඩවලින් තොර ඇමෝනියා වැනි ද්‍රව්‍යවල භාස්මිකතාව සඳහා හේතු දැක්වීමට අපොහොසත් වීමත් ය.

අම්ල හා භස්ම පිළිබඳ බ්‍රොන්ස්ටඩ්-ලෝරි අර්ථ දැක්වීම

අම්ල හා භස්ම සඳහා වඩාත් සාමාන්‍යකරණය වූ අර්ථ දැක්වීමක් ඩෙන්මාක් ජාතික රසායන විද්‍යාඥයකු වූ ජොහැන්නස් බ්‍රොන්ස්ටඩ් හා ඉංග්‍රීසි ජාතික රසායන විද්‍යාඥයකු වූ තෝමස් එම්. ලෝරි විසින් ඉදිරිපත් කෙරිණි. බ්‍රොන්ස්ටඩ්-ලෝරි වාදයට අනුව අම්ලයක් යනු හයිඩ්‍රජන් අයනයක් (H^+) ප්‍රදානය කළ හැකි ද්‍රව්‍යයකි. භස්මයක් යනු හයිඩ්‍රජන් අයනයක් ප්‍රතිග්‍රහණය කළ හැකි ද්‍රව්‍යයකි. කෙටියෙන් කිව හොත් අම්ල ප්‍රෝටෝන දායක වන අතර, භස්ම ප්‍රෝටෝන ප්‍රතිග්‍රාහක වේ. උදා:

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

මෙහි දී HCl(aq) අණුව ජලයට ප්‍රෝටෝනයක් ප්‍රදානය කර $Cl^-(aq)$ හා $H_3O^+(aq)$ අයන සාදයි. H^+ අයනයක් ප්‍රදානය කළ හැකි බැවින් HCl බ්‍රොන්ස්ටඩ් අම්ලයක් ලෙස වර්ගීකරණය කෙරේ (මේ අතර HCl(l) අණුවක් ඒ ප්‍රෝටෝනය ප්‍රතිග්‍රහණය කර භස්මයක් ලෙස ක්‍රියා කරන බව අපි දකිමු. මේ පිළිබඳ තව දුරටත් කරුණු සංයුග්මක අම්ල-භස්ම යුගල පිළිබඳ හැදෑරෙන ඉදිරි කොටසක් යටතේ දී පැහැදිලි කෙරේ).

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

ඉහත $NH_3(aq)$ අණුව ජලයෙන් ප්‍රෝටෝනයක් ග්‍රහණය කර ගනිමින් $NH_4^+(aq)$ හා $OH^-(aq)$ අයන සාදයි. H^+ අයනයක් ප්‍රතිග්‍රහණය කරන නිසා $NH_3(aq)$ බ්‍රොන්ස්ටඩ් භස්මයක් ලෙස වර්ගීකරණය කෙරේ.

ලුවිස් අම්ල හා භස්ම

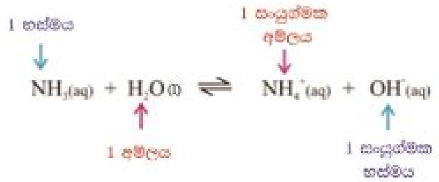
1923 දී G. N. ලුවිස්, අම්ලයක් ඉලෙක්ට්‍රෝන යුගලක් ප්‍රතිග්‍රහණය කරන ප්‍රභේදයක් ලෙස ද භස්මයක් ඉලෙක්ට්‍රෝන යුගලක් ප්‍රදානය කරන ප්‍රභේදයක් ලෙස ද අර්ථ දැක්වී ය. භස්ම සලකන කල්හි, බ්‍රොන්ස්ටඩ් හා ලෝරි හා ලුවිස් සංකල්ප යටතේ ඒ සම්බන්ධ වැඩි වෙනසක් නැත්තේ ඒ දෙකෙහි දී ම භස්මය එකසර යුගලක් සපයන හෙයිනි. එහෙත් ලුවිස් සංකල්පයට අනුව බොහෝ අම්ල ප්‍රෝටෝනවලින් තොර ය. මේ සඳහා දර්ශීය නිදසුනක් වන්නේ BF_3 නම් ඉලෙක්ට්‍රෝන ඌන ප්‍රභේදය හා NH_3 අතර ප්‍රතික්‍රියාවයි. BF_3 හි ප්‍රෝටෝනයක් නැත. එහෙත් එය අම්ලයක් ලෙස ක්‍රියා කර එකසර ඉලෙක්ට්‍රෝන යුගලක් ප්‍රතිග්‍රහණය කරමින් NH_3 සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරයි.

$$BF_3 + :NH_3 \rightarrow BF_3:NH_3$$

$AlCl_3$, Co^{3+}, Mg^{2+} ආදි ඉලෙක්ට්‍රෝන ඌන ප්‍රභේදවලට අම්ල ලෙස ක්‍රියා කළ හැකි අතර ඉලෙක්ට්‍රෝන යුගලක් ප්‍රදානය කළ හැකි H_2O, NH_3, OH^- ආදි ප්‍රභේදවලට ලුවිස් භස්ම ලෙස ක්‍රියා කළ හැකි ය.

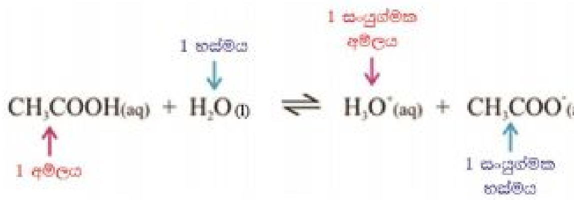
2.2.2 සංයුග්මක අම්ල-හස්ම යුගල

අම්ල හා හස්ම පිළිබඳ බ්‍රොන්ස්ටඩ් නිර්වචනය, අම්ලයක් හා එහි සංයුග්මක හස්මය හෝ හස්මයක් හා එහි සංයුග්මක අම්ලය හෝ ලෙස අර්ථදැක්විය හැකි සංයුග්මක අම්ල-හස්ම යුගල යන සංකල්පය තෙක් ව්‍යාප්ත කළ හැකි ය. බ්‍රොන්ස්ටඩ් අම්ලයක සංයුග්මක හස්මය යනු අම්ලයෙන් ප්‍රෝටෝනයක් ඉවත් වීමෙන් පසු ඉතිරි වන ප්‍රභේදයයි. විලෝම වශයෙන් බ්‍රොන්ස්ටඩ් හස්මයකට ප්‍රෝටෝනයක් එක් කිරීමෙහි ප්‍රතිඵලය වන්නේ බ්‍රොන්ස්ටඩ් අම්ලයකි. ඇමෝනියා, ජලයෙහි භාගික ලෙස ද්‍රවණය වීම සලකන්න.



හයිඩ්‍රොක්සිල් අයනවල පැවැත්ම නිසා සෑදෙන්නේ භාස්මික ද්‍රාවණයකි. මේ ප්‍රතික්‍රියාවේ දී ජල අණුව ප්‍රෝටෝන දායකයක් ලෙස ද ඇමෝනියා අණුව ප්‍රෝටෝන ප්‍රතිග්‍රාහකයක් ලෙස ද ක්‍රියා කරයි. එබැවින් ඒවාට පිළිවෙළින් ලෞරි බ්‍රොන්ස්ටඩ් අම්ලයක් හා හස්මයක් යැයි කියනු ලැබේ. ආපසු ප්‍රතික්‍රියාවේ H^+ අයනයක් $NH_4^+(aq)$වලින් $OH^-(aq)$ වෙතට මාරු කෙරේ. මෙහි දී $NH_4^+(aq)$ බ්‍රොන්ස්ටඩ් අම්ලයක් ලෙස ද OH^- බ්‍රොන්ස්ටඩ් හස්මයක් ලෙස ද ක්‍රියා කරයි. එක් ප්‍රෝටෝනයකින් පමණක් එකිනෙකින් වෙනස් වන්නා වූ අම්ල-හස්ම යුගලක් සංයුග්මක අම්ල-හස්ම යුගලක් යනුවෙන් හැඳින්වේ. මේ අනුව $OH^-(aq)$ යනු H_2O අම්ලයේ සංයුග්මක හස්මයයි. $NH_4^+(aq)$ යනු $NH_3(aq)$ හස්මයේ සංයුග්මක අම්ලයයි. බ්‍රොන්ස්ටඩ් අම්ලය ප්‍රබල එකක් නම් එහි සංයුග්මක හස්මය දුබල හස්මයක් වේ. අනෙක් අතට බ්‍රොන්ස්ටඩ් අම්ලය දුබල එකක් නම් එහි සංයුග්මක අම්ලය ප්‍රබල වේ. සංයුග්මක අම්ලයකට එක් අතිරේක ප්‍රෝටෝනයක් ඇති බවත් සංයුග්මක හස්මයකට ප්‍රෝටෝනයක් අඩුවෙන් ඇති බවත් දැකිය හැක්කේ ය.

ඇසිටික් අම්ලය (CH_3COOH) ජලයේ දී අයනීකරණය වීමේ උදාහරණය සලකා බලමු. CH_3COOH හස්මය ලෙස ක්‍රියා කරන H_2O අණුවකට ප්‍රෝටෝනයක් ප්‍රදානය කරමින් අම්ලයක් ලෙස හැසිරෙයි.



ඉහත සමීකරණයෙහි, ප්‍රෝටෝනයක් ප්‍රතිග්‍රහණය කරන බැවින් ජලය හස්මයක් ලෙස ක්‍රියා කරන බව දැකිය හැකි ය. ජලය $CH_3COOH(aq)$ වෙතින් ප්‍රෝටෝනයක් ලබා ගන්නා විට $H_3O^+(aq)$ ප්‍රභේද නිපදවේ. එබැවින් $CH_3COO^-(aq)$, $CH_3COOH(aq)$ අම්ලයේ සංයුග්මක හස්මය වන අතර $CH_3COOH(aq)$, $CH_3COO^-(aq)$ හස්මයේ සංයුග්මක අම්ලය වේ. එසේ ම H_2O, $H_3O^+(aq)$ අම්ලයේ සංයුග්මක හස්මය වන අතර, $H_3O^+(aq)$, H_2O හස්මයේ සංයුග්මක අම්ලය වේ.

අම්ලයක් හා භස්මයක් ලෙස ක්‍රියා කිරීමේ ජලයේ ද්විත්ව භූමිකාව සිත් ගන්නා කරුණකි. ඇසිටික් අම්ලය සමඟ ප්‍රතික්‍රියාවේ දී ජලය භස්මයක් ලෙස ක්‍රියා කරන අතර ඇමෝනියා සමඟ ප්‍රතික්‍රියාවේ දී එය ප්‍රෝටෝනයක් ප්‍රදානය කරමින් අම්ලයක් ලෙස හැසිරෙයි.

2.12 නිදසුන

(i) පහත දැක්වෙන බ්‍රොන්ස්ටඩ් අම්ලවල සංයුග්මක භස්ම මොනවා ද?
HF, H_2SO_4 සහ HCO_3^-

පිළිතුර
එක් එක් සංයුග්මක භස්මයේ එක් ප්‍රෝටෝනයක් අඩුවෙන් තිබිය යුතු ය.
එබැවින් අනුරූප සංයුග්මක භස්ම පිළිවෙළින් F^-, HSO_4^- සහ CO_3^{2-} වේ.

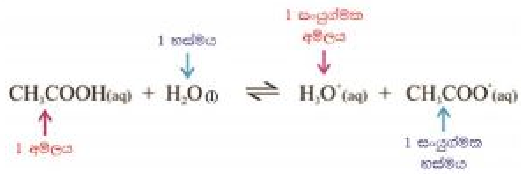
(ii) පහත දැක්වෙන බ්‍රොන්ස්ටඩ් භස්මවල සංයුග්මක අම්ලය ලියන්න.
NH_2^-, NH_3 සහ $HCOO^-$.

පිළිතුර
එක් එක් සංයුග්මක අම්ලයේ එක ප්‍රෝටෝනයක් වැඩියෙන් තිබිය යුතු ය.
එබැවින් අනුරූප සංයුග්මක අම්ල පිළිවෙළින් NH_3, NH_4^+ සහ $HCOOH$ වේ.

2.2.3 අම්ලවල හා භස්මවල අයනීකරණය

අම්ලවල හා භස්මවල අයනීකරණය විෂයයෙහි ආගීනියස් සංකල්පය ප්‍රයෝජනවත් වන්නේ රසායනික හා ජෛවීය පද්ධතිවල බොහෝ අයනීකරණ ජලීය මාධ්‍යයේ සිදු වන හෙයිනි. පර්ක්ලෝරික් අම්ලය ($HClO_4$), හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය (HCl), හයිඩ්‍රොබ්‍රෝමික් අම්ලය (HBr), හයිඩ්‍රයොඩික් අම්ලය (HI), නයිට්‍රික් අම්ලය (HNO_3) හා සල්ෆියුරික් අම්ලය (H_2SO_4) වැනි ප්‍රබල අම්ල ප්‍රබල යැයි නම් කර ඇත්තේ ඒවා සංඝටිත අයනවලට සම්පූර්ණයෙන් ම වාගේ අයනීකරණය වෙමින් ප්‍රෝටෝන (H^+) දායක ලෙස ක්‍රියා කරන නිසා ය. එලෙස ම ලිතියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් ($LiOH$), සෝඩියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් ($NaOH$), පොටෑසියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් (KOH), සීසියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් ($CsOH$) හා බේරියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් $Ba(OH)_2$ වැනි ප්‍රබල භස්ම ජලීය මාධ්‍යයේ බොහෝ දුරට සම්පූර්ණයෙන් ම අයනීකරණය වී හයිඩ්‍රොක්සිල් අයන (OH^-) දෙයි. ඒවාට මාධ්‍යයේ දී පූර්ණ ලෙස විඝටනය වෙමින් H_3O^+ හා OH^- අයන නිපදවීමට හැකියාව ඇති බැවින් ආගීනියස් වාදයට අනුව ඒවා ප්‍රබල අම්ල හා ප්‍රබල භස්ම වේ.

විකල්ප වශයෙන් අම්ල හා භස්ම පිළිබඳ බ්‍රොන්ස්ටඩ් හා ලෝරි සංකල්පනය මඟින් ද අම්ලවල හා භස්මවල ප්‍රබලතාව නිශ්චය කළ හැකි ය. ඒ අනුව ප්‍රබල අම්ලයක් යනු හොඳ ප්‍රෝටෝන දායකයකි. ප්‍රබල භස්මයක් යනු හොඳ ප්‍රෝටෝන ප්‍රතිග්‍රාහකයකි. පහත දැක්වෙන CH_3COOH (HA) දුබල අම්ලයේ අම්ල-භස්ම විඝටන සමතුලිතතාව සලකන්න.



අප ඉහත දුටු පරිදි ඉදිරි හා ආපසු දිශාවලට ප්‍රෝටෝනයක් හුවමාරු වන, අම්ලයක (හෝ භස්මයක) විඝටන සමතුලිතතාව ගතික එකකි. සමතුලිතතාව ගතික එකක් නම්, දැන් පැන නගින ප්‍රශ්නය වන්නේ කාලයත් සමඟ එය කවර දිශාවට බර වේ ද යන්නයි. ඒ පිටුපස ඇති එළවුම් බලවේගය කුමක් ද? මේ ප්‍රශ්නවලට පිළිතුරු සැපයීමට නම් අප විඝටන සමතුලිතතාවට සම්බන්ධ අම්ල දෙකෙහි (නොහොත් භස්ම දෙකෙහි) ප්‍රබලතා සැසඳීමේ ප්‍රස්තුතයට පිවිසිය යුතු ය. ඉහත සඳහන් අම්ල-විඝටන සමතුලිතතාවෙහි අම්ල දෙක වන HA හා H_3O^+ වෙත අවධානය යොමු කරමු. මින් වඩාත් ප්‍රබල ප්‍රෝටෝන දායකයා වන්නේ කුමක් දැයි අප සොයා ගත යුතු ය. අනෙකට වඩා ප්‍රෝටෝනයක් ප්‍රදානය කිරීමේ නැඹුරුව ඇත්තේ කුමකට ද එය වඩා ප්‍රබල අම්ලය වන අතර, සමතුලිතතාව වඩා දුබල අම්ලය දෙසට විස්ථාපනය වේ. $H_3O^+(aq)$ ට වඩා HA(aq) ප්‍රබල අම්ලයකැයි සිතමු. එවිට ප්‍රෝටෝනය ප්‍රදානය කරන්නේ $H_3O^+(aq)$ නොව HA(aq) වන අතර, ද්‍රාවණයේ ප්‍රධාන වශයෙන් ම අඩංගු වන්නේ $A^-(aq)$ හා $H_3O^+(aq)$ අයන ය. ප්‍රබලතාවෙන් වැඩි අම්ලය, ප්‍රබලතාවෙන් වැඩි භස්මයට ප්‍රෝටෝනයක් ප්‍රදානය කරන බැවින් සමතුලිතතාව වඩා දුබල අම්ලය හා වඩා දුබල භස්මය ඇති දිශාවට බර ව ගමන් කරයි.

මෙයින් පෙනී යන්නේ ප්‍රබල අම්ලයක් ජලයේ දී සම්පූර්ණයෙන් විඝටනය වන විට, ප්‍රතිඵල වශයෙන් ඇති වන භස්මය ඉතා දුබල බවයි; එනම් ප්‍රබල අම්ලවල සංයුග්මක භස්මය ඉතා දුබල බවයි. පර්ක්ලෝරික් අම්ලය ($HClO_4$), හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය (HCl), හයිඩ්‍රොබ්‍රෝමික් අම්ලය (HBr), හයිඩ්‍රයොඩික් අම්ලය (HI), නයිට්‍රික් අම්ලය (HNO_3) හා සල්ෆියුරික් අම්ලය (H_2SO_4) දෙන ClO_4^-, Cl^-, Br^-, I^-, NO_3^- හා HSO_4^- යන සංයුග්මක භස්ම අයන ජලයට (H_2O) වඩා බෙහෙවින් දුබල භස්ම වේ. එලෙස ම ඉතා ප්‍රබල භස්මයකින් ලැබෙන්නේ ඉතා දුබල සංයුග්මක අම්ලයකි. අනෙක් අතට HA වැනි දුබල අම්ලයක් ජලීය මාධ්‍යයේ දී භාගිකව පමණක් අයනීකරණය වන අතර, ද්‍රාවණයේ ප්‍රධාන වශයෙන් ම අන්තර්ගත වන්නේ විඝටනය නොවුණු HA අණු ය. නයිට්‍රස් අම්ලය (HNO_2), හයිඩ්‍රොෆ්ලුවොරික් අම්ලය (HF) හා ඇසිටික් අම්ලය (CH_3COOH) දර්ශීය දුබල අම්ල වේ. දුබල අම්ලවලින් ඇති වන්නේ ඉතා ප්‍රබල සංයුග්මක භස්ම බව සැලකිය යුත්තකි. නිදසුනක් ලෙස NH_2^-, O^{2-} හා H^- ඉතා හොඳ ප්‍රෝටෝන ප්‍රතිග්‍රාහක වන අතර H_2O වලට වඩා ප්‍රබල භස්ම වේ.

සංයුග්මක අම්ල-භස්ම යුගල පිළිබඳ මේ කරුණු අපට මෙසේ කැටි කර දැක්විය හැකි ය.

- අම්ලයක් ප්‍රබල නම් එහි සංයුග්මක භස්මයට මැනිය හැකි ප්‍රබලතාවක් නැත්තේ ය. මේ අනුව, HCl අම්ලයේ සංයුග්මක භස්මය වන Cl^- අයනය ඉතා දුබල භස්මයක් වේ.
- ජලීය මාධ්‍යයේ පැවතිය හැකි ප්‍රබලතම අම්ලය වන්නේ H_3O^+ ය. H_3O^+ ට වඩා ප්‍රබල අම්ල ජලය හා ප්‍රතික්‍රියා කොට ඒවායේ සංයුග්මක භස්ම හා H_3O^+ නිපදවයි. එහෙයින් H_3O^+ වඩා ප්‍රබල අම්ලයක් වන HCl ජලය සමඟ සම්පූර්ණයෙන් ප්‍රතික්‍රියා කර H_3O^+ හා Cl^- නිපදවයි.

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

  H_3O^+ ට වඩා දුබල අම්ල වඩා අඩු ප්‍රමාණයකින් ජලය හා ප්‍රතික්‍රියා කර ඒවායේ සංයුග්මක භස්ම හා H_3O^+ නිපදවයි. නිදසුනක් ලෙස පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව ප්‍රධාන කොට ම වමට බර වූ එකකි.

$$HF(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + F^-(aq)$$

- ජලීය ද්‍රාවණයක පැවතිය හැකි ප්‍රබලතම භස්මය OH^- අයනය වේ. OH^- ට වඩා ප්‍රබල වූ භස්ම ජලය හා ප්‍රතික්‍රියා වී ඒවායේ සංයුග්මක අම්ල හා OH^- සාදයි. නිදසුනක් ලෙස ඔක්සයිඩ් අයනය (O^{2-}), OH^- ට වඩා ප්‍රබල භස්මයකි. එහෙයින් එය පහත දැක්වෙන පරිදි ජලය සමඟ සම්පූර්ණයෙන් ප්‍රතික්‍රියා කරයි.

$$O^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightarrow 2OH^-(aq)$$

මේ හේතුව නිසා ඔක්සයිඩ් අයනය ජලීය ද්‍රාවණයේ නො පවතී.

2.2.4 ජලයේ අයනීකරණ නියතය හා එහි අයනික ගුණිතය

ජලය ඇතුළු සමහර ද්‍රව්‍ය අම්ල ලෙස මෙන් ම භස්ම ලෙස ද ක්‍රියා කිරීමේ හැකියාවෙන් අනන්‍ය වේ. ජලය සම්බන්ධයෙන් මෙය සිදු වන අයුරු අපි ඉහත කොටසේ දී දුටුවෙමු. HA අම්ලයක් ඇති විට දී එය ප්‍රෝටෝනයක් ප්‍රතිග්‍රහණය කරමින් භස්මයක් ලෙස හැසිරෙන අතර B^- භස්මයක් හමුවේ එය ප්‍රෝටෝනයක් ප්‍රදානය කරමින් අම්ලයක් ලෙස හැසිරෙයි. සංශුද්ධ ජලයෙහි එක ම විට දී එක් H_2O අණුවක් ප්‍රෝටෝනයක් ප්‍රදානය කරමින් අම්ලයක් ලෙස ක්‍රියා කරන අතර, තවත් ජල අණුවක් ප්‍රෝටෝනයක් ප්‍රතිග්‍රහණය කරමින් භස්මයක් ලෙස හැසිරෙයි.

$$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$$

අම්ලය භස්මය සංයුග්මක අම්ලය සංයුග්මක භස්මය

ප්‍රතික්‍රියාවේ විඝටන නියතය මෙසේ ප්‍රකාශ කළ හැකි ය:

$$K = \frac{[H_3O^+(aq)][OH^-(aq)]}{[H_2O(l)]^2}$$

ජලයේ සාන්ද්‍රණය හරයෙන් ඉවත් කර ඇත්තේ ජලය සංශුද්ධ ද්‍රවයක් වන නිසාත් එහි සාන්ද්‍රණය නියතව පවතින නිසාත් ය (සංශුද්ධ ජලයේ සාන්ද්‍රණය 10^3 g dm^{-3}/18 g mol^{-1} = 55.55 mol dm^{-3} වන අතර එය නියතයකි). $[H_2O(l)]$ ඉහත සමතුලිතතා නියතයට ඇතුළත් කිරීමෙන් K_w නම් වූ නව සමතුලිතතා නියතයක් ලැබේ. මෙය ජලයේ අයනික ගුණිතය ලෙස හඳුන්වනු ලැබේ.

$$K\ [H_2O(l)]^2 = K_w = [H_3O^+(aq)][OH^-(aq)]$$

298 K දී $H_3O^+(aq)$ හා $OH^-(aq)$ සාන්ද්‍රණ 1.0×10^{-7} mol dm^{-3} බව පරීක්ෂණාත්මකව සොයා ගනු ලැබ ඇත. ජලයේ විඝටනයෙන් $H_3O^+(aq)$ හා $OH^-(aq)$ අයන සමාන සංඛ්‍යා නිපදවෙන බැවින් 298 K දී K_w හි අගය පහත දී ඇති පරිදි වේ:

$$K_w = [H_3O^+(aq)][[OH^-(aq)]] = (1 \times 10^{-7} mol\ dm^{-3})^2 = 1 \times 10^{-14} mol^2\ dm^{-6}$$

K_w සමතුලිතතා නියතයක් බව ද එය උෂ්ණත්වය සමඟ වෙනස් වන බව ද සැලකිය යුතු ය. $[H_3O^+(aq)] = [OH^-(aq)]$ වන විට ජලීය ද්‍රාවණය උදාසීන යැයි කියනු ලැබේ. ආම්ලික ද්‍රාවණයක හයිඩ්‍රෝනියම් අයන අතිරික්ත ප්‍රමාණයකින් පවතින අතර $[H_3O^+(aq)] > [OH^-(aq)]$ වේ. භාස්මික ද්‍රාවණයක හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අයන වැඩිපුර ප්‍රමාණයක් පවතින අතර $[H_3O^+(aq)] < [OH^-(aq)]$ වේ.

2.2.5 pH පරිමාණය

හයිඩ්‍රෝනියම් අයනවල සාන්ද්‍රණය (මවුලිකතාව) **pH පරිමාණය** යනුවෙන් හැඳින්වෙන ලඝු පරිමාණයකින් වඩාත් පහසු ආකාරයකට ප්‍රකාශ කළ හැකි ය. ද්‍රාවණයක pH අගය අර්ථ දක්වනු ලබන්නේ එහි හයිඩ්‍රෝනියම් අයනයේ හෙවත් හයිඩ්‍රජන් අයනයේ සක්‍රියතාවෙහි $(a_{H_3O^+(aq)})$ හෙවත් $(a_{H^+(aq)})$ පාදය 10 වූ සෘණ ලඝුගණකය ලෙස ය. තනුක ද්‍රාවණවල $(< 0.01 \text{ mol dm}^{-3})$ හයිඩ්‍රජන් අයනවල සක්‍රියතාව, $[H_3O^+(aq)]$ මඟින් නිරූපණය කරනු ලබන මවුලිකතාවට විශාලත්වයෙන් සමාන වේ. සක්‍රියතාවට ඒකක නැති බවත්, එය පහත දැක්වෙන ආකාරයෙන් අර්ථ දැක්වෙන බවත් සැලකිය යුතු ය.

$$(a_{H_3O^+(aq)}) \text{ හෝ } (a_{H^+(aq)}) = [H_3O^+(aq)]/ 1 \text{ mol dm}^{-3}$$

එබැවින් pH අර්ථ දැක්වීම අනුව,

$$pH = -\log (a_{H_3O^+(aq)}) = -\log \{[H_3O^+(aq)]/ 1 \text{ mol dm}^{-3}\}$$

$[H_3O^+(aq)]$ හි ඒකක mol dm^{-3} බැවින්,

$pH = -\log \{[H_3O^+(aq)] \text{ mol dm}^{-3}/ \text{mol dm}^{-3}\}$

$pH = -\log \{[H_3O^+(aq)]\}$

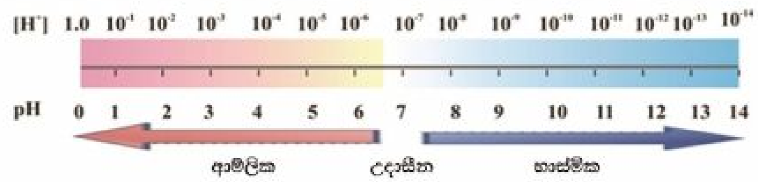
එනම් pH අගය ඒකකවලින් තොර ය.

මේ අනුව ආම්ලික 10^{-2} mol dm^{-3} HCl ද්‍රාවණයක pH අගය 2 වේ. එසේ ම $[OH^-] = 10^{-4}$ mol dm^{-3} හා $[H_3O^+] = 10^{-10}$ mol dm^{-3} වූ භාස්මික NaOH ද්‍රාවණයක pH අගය 10 කි. 25 °C දී සංශුද්ධ ජලයේ හයිඩ්‍රෝනියම් අයන සාන්ද්‍රණ හෙවත් හයිඩ්‍රජන් අයන සාන්ද්‍රණය $[H_3O^+]$ හෙවත් $[H^+] = 10^{-7}$ mol dm^{-3}වේ. එබැවින් සංශුද්ධ ජලයේ pH අගය පහත දැක්වෙන පරිදි ය.

$$pH = -\log(10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}/ \text{mol dm}^{-3}) = 7$$

ආම්ලික ද්‍රාවණවල හයිඩ්‍රජන් අයන සාන්ද්‍රණය, $[H^+] > 10^{-7}$ mol dm^{-3} වන අතර භාස්මික ද්‍රාවණවල $[H^+] < 10^{-7}$ mol dm^{-3} වේ. එබැවින්, එය මෙසේ සාරාංශ කර දැක්විය හැකි ය.

ආම්ලික ද්‍රාවණවල	$pH < 7$
භාස්මික ද්‍රාවණවල	$pH > 7$
උදාසීන ද්‍රාවණවල	$pH = 7$



2.15 රූපය pH පරිමාණයේ සරල නිරූපණය. pH අගය 7.0 දී ද්‍රාවණ උදාසීන ය. අඩු pH අගය වෙත යත් ම අම්ලිකතාව වැඩි වන අතර ඊට ප්‍රතිවිරුද්ධ අතට ද්‍රාවණයේ භාස්මිකතාව වැඩි වේ.

$$K_w = [H_3O^+(aq)][OH^-(aq)]$$

සමීකරණයේ දෙපස ම සෘණ ලඝු අගය ගැනීමෙන්,

$$-\log K_w = -\log\{[H_3O^+(aq)][OH^-(aq)]\}$$

$$pK_w = -\log[H_3O^+(aq)] - \log[OH^-(aq)]$$

$$pK_w = pH + pOH$$

හෙවත්

$$pH + pOH = 14$$

K_w උෂ්ණත්වය අනුව වෙනස් වුවත් උෂ්ණත්වය සමඟ pH අගයෙහි සිදු වන විචලනය ඉතා අල්ප බැවින් අපි බොහෝ විට එය නොසලකා හරිමු. ජලීය ද්‍රාවණවල pK_w ඉතා වැදගත් රාශියකි. ඉන් හයිඩ්‍රජන් අයනවල හා හයිඩ්‍රොක්සිල් අයනවල සාපේක්ෂ ප්‍රබලතා පාලනය වන්නේ ඒවායේ ගුණිතය නියතයක් වන හෙයිනි. pH පරිමාණය ලඝු ඇසුරෙන් ප්‍රකාශිත බැවින් pH අගයේ ඒකක එකක වෙනස් වීමකින් හයිඩ්‍රජන් අයන සාන්ද්‍රණයේ 10 ගුණයක වෙනස් වීමක් පෙන්නුම් කෙරේ. $[H^+(aq)]$ 100 ගුණයකින් වෙනස් වන විට pH අගය ඒකක 2කින් වෙනස් වේ. මින් ඔබට උෂ්ණත්වය සමඟ සිදු වන pH අගයේ වෙනස බොහෝ විට නොසලකා හරිනු ලබන්නේ මන්දැයි අවබෝධ වනු ඇත.

ජෛවීය හා රූපලාවණ්‍යය ආශ්‍රිත භාවිතවල දී pH අගය දැන ගත යුතු බැවින් ද්‍රාවණයක pH අගය මැනීම ඉතා අවශ්‍ය ය. වෙනස් pH අගයෙන් යුත් ද්‍රාවණවල දී විවිධ වර්ණ දෙන pH කඩදාසි භාවිතයෙන් ද්‍රාවණයක දළ pH අගය සොයා ගත හැකි ය. එමඟින් ~0.5 ක පමණ නිරවද්‍යතාවකින් යුතුව 1-14 අතර පරාසයේ ඇති pH අගයන් නිර්ණය කළ හැකි ය. විද්‍යාගාරයේ දී ද්‍රාවණයක pH අගය මනිනු ලබන්නේ pH මීටරයෙනි.

අපි pH අගය පදනම් වූ ගණනය කිරීම් ආශ්‍රිත පහත දැක්වෙන නිදසුන් සලකා බලමු.

2.13 නිදසුන

1.0×10^{-4} mol dm^{-3} HCl ද්‍රාවණයක pH අගය ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

$pH = -\log(10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} / \text{ mol dm}^{-3}) = 4$

2.14 නිදසුන

NaOH ද්‍රාවණයක $[OH^-(aq)]$ 1.0×10^{-4} mol dm^{-3} වේ. ද්‍රාවණයේ pH අගය ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

$[OH^-(aq)] = 1.0 \times 10^{-4}$ mol dm^{-3}

$pOH = -\log(10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} / \text{ mol dm}^{-3}) = 4 \therefore pH = 14 - 4 = 10$

හෝ

$[OH^-(aq)] = 1.0 \times 10^{-4}$ mol dm^{-3} $\therefore [H^+(aq)] = 1.0 \times 10^{-10}$ mol dm^{-3}

$pH = -\log(10^{-10} \text{ mol dm}^{-3} / \text{ mol dm}^{-3}) = 10$

2.15 නිදසුන
1.0×10^{-8} mol dm^{-3} HCl ද්‍රාවණයක pH අගය ගණනය කරන්න.

පිළිතුර
මේ ගණනයේ දී සමහරු පහත දැක්වෙන ආකාරයේ වැරදි ප්‍රවේශයක් ගනිති.
$pH = -\log(10^{-8}\ mol\ dm^{-3}/\ mol\ dm^{-3}) = 8$

මෙහි HCl අම්ලයෙන් ලැබෙන $[H^+(aq)]$ ජලයේ ස්වයං අයනීකරණයෙන් ලැබෙන $[H^+(aq)]$ (1.0×10^{-7} mol dm^{-3}) වඩා අඩු බව සැලකිය යුතු ය. එබැවින් HCl හා ජලය යන දෙකෙන් ම ලැබෙන $[H^+(aq)]$ සැලකිල්ලට ගත යුතු ය. HCl වලින් ලැබෙන $[H^+(aq)] = 1.0 \times 10^{-8}$ mol dm^{-3} වේ. ජලයෙන් ලැබෙන $[H^+(aq)]$ x ලෙස ගත් විට,
$\therefore [OH^-(aq)] = x$ හා $[H_3O^+(aq)] = 10^{-8} + x$
$K_w = [H_3O^+(aq)][OH^-(aq)] = 10^{-14} = (10^{-8} + x)\,x$
$x^2 + 10^{-8}x - 10^{-14} = 0$

ඉහත වර්ග සමීකරණය විසඳීමෙන්,
$[OH^-(aq)] = 9.5 \times 10^{-8}$ mol dm^{-3} $\therefore$ pOH = 7.02
$\therefore$ pH = 6.98

HCl හා NaOH පිළිවෙලින් ප්‍රබල අම්ලයක් හා භස්මයක් බවත්, ඒවා සම්පූර්ණයෙන් අයනීකරණය වන බවත් අප දන්නා බැවින් ඉහත නිදසුන ආශ්‍රිත ගණනය කිරීම්වල දී H^+ හා OH^- සාන්ද්‍රණ ගණනය කිරීම පහසු ය. එහෙත් දුබල අම්ල හා භස්ම විඝටනය වන්නේ භාගික වශයෙනි. එබැවින් අප සතුව ඇත්තේ දුබල අම්ලවල හෝ භස්මවල ජලීය ද්‍රාවණ නම් පද්ධතිය පිළිබඳ තවත් තොරතුරු අපට අවශ්‍ය වේ. මීළඟ කොටසේ දී අපි දුබල අම්ලවල හා භස්මවල විඝටනය, ඒවායේ සමතුලිතතා අවධාරණයට ලක් කරමින් සැලකිල්ලට ගන්නෙමු.

2.2.6 දුබල අම්ල හා ඒවායේ අයනීකරණ (විඝටන) නියත

HA නම් ඒකප්‍රෝටික අම්ලය සලකන්න. ජලයේ දී එහි අයනීකරණය මෙවැනි ය:

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

මේ අයනීකරණය සඳහා සමතුලිතතා ප්‍රකාශනය වන්නේ:

$$K = \frac{[H_3O^+(aq)][A^-(aq)]}{[HA(aq)][H_2O(l)]}$$

මේ අනුව අපට මෙසේ ලිවිය හැකිය:

$$K[H_2O(l)] = \frac{[H_3O^+(aq)][A^-(aq)]}{[HA(aq)]}$$

$[H_2O(l)]$ නියතයක් බැවින් $K[H_2O(l)] = K_a =$ නියතයකි.

$$K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][A^-(aq)]}{[HA(aq)]}$$

K_a මඟින් දුබල අම්ලයේ **විඝටන නියතය** හෙවත් **අයනීකරණ නියතය** හැඳින්වෙන අතර, එය අම්ලයේ අයනීකරණය සඳහා සමතුලිතතා නියතය වේ. දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී HA අම්ලයේ ප්‍රබලතාව ප්‍රමාණාත්මකව ප්‍රකාශ කෙරෙනුයේ K_a හි විශාලත්වයෙනි. ඉහළ K_a අගයකින් අම්ලයේ ප්‍රබලතාව වැඩි බව දැක්වේ. මින් අර්ථවත් වන්නේ ජලීය ද්‍රාවණයේ දී එහි අයනීකරණය නිසා ඇති වන $[H_3O^+(aq)]$ හෙවත් $[H^+(aq)]$ අයනවල සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය වැඩි බවයි. K_a අගයක් පවතින්නේ දුබල අම්ලවලට පමණි.

ඉහත දක්වා ඇති අම්ල අයනීකරණ නියතයේ අර්ථදැක්වීම, ජලීය ද්‍රාවණයේ HA හි භාගික අයනීකරණය සැලකිල්ලට ගනිමින් මෙසේ ද විවරණය කළ හැකි ය: විඝටනය නොවුණු අම්ලයේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණය $\boldsymbol{c}$ යැයි ද එහි අයනීකරණ ප්‍රමාණය (විඝටන ප්‍රමාණය) $\boldsymbol{\alpha}$ යැයි ද උපකල්පනය කරමින් එහි සමතුලිතතාව මෙසේ ප්‍රකාශ කළ හැකි ය.

	$HA(aq) + H_2O(l)$	$\rightleftharpoons$	$H_3O^+(aq)$ +	$A^-(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	$\boldsymbol{c}$		**0**	**0**
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ mol dm^{-3}	$\boldsymbol{-c\alpha}$		$\boldsymbol{+c\alpha}$	$\boldsymbol{+c\alpha}$
∴ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	$\boldsymbol{c(1-\alpha)}$		$\boldsymbol{c\alpha}$	$\boldsymbol{c\alpha}$

$$\therefore K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][A^-(aq)]}{[HA(aq)]} = \frac{\boldsymbol{c\alpha . c\alpha}}{\boldsymbol{c(1-\alpha)}} = \frac{\boldsymbol{c\alpha^2}}{\boldsymbol{(1-\alpha)}}$$

$$\therefore K_a = \frac{\boldsymbol{c\alpha^2}}{\boldsymbol{(1-\alpha)}}$$

දුබල අම්ලයක අයනීකරණය ඉතා අල්ප බැවින් $\boldsymbol{\alpha}$ ඉතා කුඩා යැයි අපට උපකල්පනය කළ හැකි ය. එනම්, $\boldsymbol{(1-\alpha)\sim 1}$ වේ. ∴ $K_a = \boldsymbol{c\alpha^2}$

මෙය ඔස්වල්ඩ් තනුකරණ නියමය යනුවෙන් හැඳින්වේ.

සටහන: මෙය ජලීය ද්‍රාවණයේ පවතින දුබල භස්ම සඳහා ද වලංගු ය.

298 K දී දුබල අම්ල සමහරක අයනීකරණ නියතවල අගයයන් 2.2 වගුවේ දැක්වේ.

2.2 වගුව තෝරා ගත් දුබල අම්ල කිහිපයක අයනීකරණ නියත (298 K දී)

අම්ලය	K_a
හයිඩ්‍රොෆ්ලුවොරික් අම්ලය (HF)	3.5×10^{-4}
නයිට්‍රස් අම්ලය (HNO_2)	4.5×10^{-4}
ඇසිටික් අම්ලය (CH_3COOH)	1.74×10^{-5}
බෙන්සොයික් අම්ලය (C_6H_5COOH)	6.50×10^{-5}
හයිපොක්ලෝරස් අම්ලය (HClO)	3.00×10^{-8}
හයිඩ්‍රොසයනික් අම්ලය (HCN)	4.90×10^{-10}
ෆීනෝල් (C_6H_5OH)	1.30×10^{-10}

සටහන: සියලු ප්‍රභේදවල සම්මත සාන්ද්‍රණය 1 mol dm^{-3} යන පදනම අනුව K_a මාන රහිත රාශියක් වේ. එනම්, සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයේ අන්තර්ගත සියලු පද 1 mol dm^{-3} වලින් බෙදෙයි. එසේ නොවන කල්හි අපි සමතුලිතතා නියත ප්‍රකාශනයට අදාළ පරිදි ඒකක දක්වන්නෙමු.

හයිඩ්‍රජන් අයන සාන්ද්‍රණය සම්බන්ධයෙන් භාවිත වන pH පරිමාණය ඉතා ප්‍රයෝජනවත් බැවින් එය pK_w ට (-log K_w) අතිරේකව තවත් ප්‍රභේද හා රාශි උදෙසා යෙදේ. එය K_a ආශ්‍රිතව ද මෙසේ යෙදිය හැකි ය:

$$\mathbf{p}K_a = -\log(K_a)$$

අම්ලයක අයනීකරණ නියතය K_a හා එහි ආරම්භක සාන්ද්‍රණය c දන්නා විට සියලු ප්‍රභේදවල සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ, අම්ලයේ අයනීකරණ (විඝටන) ප්‍රමාණය හා ද්‍රාවණයේ pH අගය ගණනය කළ හැකි ය.

ප්‍රබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍යයක pH අගය ගණනය කිරීම සඳහා පොදු පියවර ප්‍රවේශයක් අනුගමනය කළ හැකි ය.

1 පියවර. විඝටනයට පෙර පවතින ප්‍රභේද බ්‍රොන්ස්ටඩ්-ලෝරි අම්ල/ භස්ම ලෙස හඳුනා ගැනේ.

2 පියවර. අම්ල හා භස්ම ලෙස ක්‍රියා කරන සියලු ප්‍රභේද යොදා ගනිමින් සිදු විය හැකි සියලු ප්‍රතික්‍රියා සඳහා තුලිත සමීකරණ ලියනු ලැබේ.

3 පියවර. ඉහළ K_a අගයෙන් යුත් ප්‍රතික්‍රියාව මූලික ප්‍රතික්‍රියාව ලෙසත්, අනෙක අනුප්‍රතික්‍රියාව ලෙසත් හඳුනා ගැනේ.

4 පියවර. මූලික ප්‍රතික්‍රියාවේ එක් එක් ප්‍රභේදයේ පහත දැක්වෙන අගයන් වගුවක ආකාරයෙන් ලැයිස්තුගත කෙරේ.

(a) ආරම්භක සාන්ද්‍රණය, ***c***

(b) සමතුලිතතාව කරා යෑමේ දී සාන්ද්‍රණයේ වෙනස් වීම අම්ලයේ අයනීකරණ/ විඝටන ප්‍රමාණය α ආශ්‍රයෙන්

(c) සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය

5 පියවර. මූලික ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියත සමීකරණයට සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ ආදේශ කෙරේ.

6 පියවර. මූලික ප්‍රතික්‍රියාවේ ප්‍රභේදවල සාන්ද්‍රණ ගණනය කෙරේ.

7 පියවර. $\mathbf{[H_3O^+] = 10^{-pH}}$ භාවිතයෙන් pH = $(-\log[H_3O^+])$ හෝ pH දන්නේ නම් $[H_3O^+]$ හෝ ගණනය කෙරේ.

pH ගණනය කිරීමේ උක්ත ප්‍රවේශය පහත දැක්වෙන නිදසුන් මගින් පැහැදිලි කෙරේ.

2.16 නිදසුන

298 K දී HF හි අයනීකරණ නියතය 3.2×10^{-4}. HF හි 0.20 mol dm^{-3} ද්‍රාවණයක විඝටන ප්‍රමාණය ගණනය කරන්න. ද්‍රාවණයේ ඇති සියලු ප්‍රභේදවල (H_3O^+, F^-, HF) සාන්ද්‍රණය ද එහි pH අගය ද ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

I ක්‍රමය:

පහත දැක්වෙන ප්‍රෝටෝන හුවමාරු ප්‍රතික්‍රියා සිදු විය හැකි ය:

$$HF(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + F^-(aq) \text{ -------------- } (1)$$

$$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \text{ ----------- } (2)$$

K_a (3.2×10^{-4})>>K_w (1.0×10^{-14}) බැවින් (1) ප්‍රතික්‍රියාව ප්‍රධාන ප්‍රතික්‍රියාව බව පැහැදිලි ය.

	$HF(aq) + H_2O(l)$	$\rightleftharpoons$	$H_3O^+(aq)$	+	$F^-(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.2		0		0
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ mol dm^{-3}	-0.2α		$+0.2\alpha$		$+0.2\alpha$
∴සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ/ mol dm^{-3}	$0.2(1-\alpha)$		$+0.2\alpha$		$+0.2\alpha$

ප්‍රධාන ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා ප්‍රකාශනයෙහි සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ ආදේශ කිරීමෙන්:

$$\therefore K_a = \frac{\mathbf{0.2\alpha \times 0.2\alpha}}{\mathbf{0.2(1-\alpha)}} = \frac{\mathbf{(0.2\alpha)^2}}{\mathbf{0.2(1-\alpha)}}$$

සලකනු ලබන අම්ලය දුබල අම්ලයක් බැවින් අම්ලයේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණයට සාපේක්ෂව අයනීකරණය කුඩා යැයි අපට උපකල්පනය කළ හැකි ය. $\therefore \mathbf{(1-\alpha) \sim 1}$ හෝ $\mathbf{0.2(1-\alpha) \sim 0.2}$

ආදේශයෙන් $K_a = \frac{0.2\alpha \times 0.2\alpha}{0.2(1-\alpha)} \sim \frac{(0.2\alpha)^2}{0.2} = 3.2 \times 10^{-4}$

$$\alpha^2 = 1.6 \times 10^{-3}$$

$$\alpha = 4.0 \times 10^{-2}$$

$[H_3O^+] = [F^-] = c\alpha = 0.2 \text{mol dm}^{-3} \times 0.04 = 8.0 \times 10^{-3}$ mol dm^{-3}

$[HF] = c(1-\alpha) = 0.2$ mol dm^{-3} $(1 - 0.04) = 19.2 \times 10^{-2}$ mol dm^{-3}

එබැවින්, $pH = -\log[H_3O^+] = -\log(8.0 \times 10^{-3}) = 2.10$

අප විසින් සිදු කරන ලද සන්නිකර්ෂණයේ වලංගුතාව, අම්ලයේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණයට සාපේක්ෂව එහි අයනීකරණ ප්‍රතිශතය ගණනය කිරීමෙන් පරීක්ෂා කළ හැකි ය. ප්‍රතිශත අගය 5%ට වඩා අඩු නම් සාමාන්‍යයෙන් අපි සන්නිකර්ෂණය පිළිගනිමු. එසේ නොවන විට α හි අගය ලබා ගැනීම සඳහා වර්ග සමීකරණයක් විසඳීම අවශ්‍ය වේ.

ඉහත නිමානය කරන ලද 0.04 අගය අනුව,

$$\frac{0.04}{0.20} \times 100\% = 2.0\ \%$$

එහෙයින් සිදු කරන ලද සන්නිකර්ෂණය පිළිගත හැකි ය.

වර්ග සමීකරණය විසඳා α හි අගය සොයා ගැනීමෙන් හා එහි සාපේක්ෂ ප්‍රතිශත අපගමනය ගැනීමෙන් අපට ඉහත සන්නිකර්ෂණය තවදුරටත් තහවුරු කළ හැකි ය.

ඉහත නිදසුන සඳහා: $K_a = \frac{0.2\alpha \times 0.2\alpha}{0.2(1-\alpha)} = 3.2 \times 10^{-4}$

මින් අපට පහත දැක්වෙන වර්ගජ සමීකරණය ලැබේ.

$\alpha^2 + 1.6 \times 10^{-3}\alpha - 1.6 \times 10^{-3} = 0$

සටහන: $ax^2 + bx + c = 0$ ආකාර වර්ග සමීකරණයක x හි අගය පහත දැක්වෙන සමීකරණයෙන් දෙනු ලැබේ.

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

α අඩංගු වර්ගජ සමීකරණය විසඳූ විට α සඳහා ලැබෙන අගයයන් දෙක වන්නේ,

$\alpha = +3.92 \times 10^{-2}$ හා -4.08×10^{-2}

සෘණ අගය පිළිගත නොහැකි බැවින්

$$\alpha = 3.92 \times 10^{-2}$$

මෙයින් සාපේක්ෂ ප්‍රතිශත අපගමනය මෙසේ ගණනය කළ හැකි ය.

$$\frac{0.04 - 3.92 \times 10^{-2}}{0.04} \times 100\% = 2.0\ \%$$

මේ ක්‍රම දෙකෙන් ලැබෙන පිළිතුරුවල සමීප සමානත්වය මින් අපට පෙනේ. එබැවින් මෙවැනි ගණනය කිරීම්වල දී අපි සාමාන්‍යයෙන් ඉහත ආකාර සන්නිකර්ෂණය සිදු කරමු.

සටහන: ආරම්භක අම්ල සාන්ද්‍රණය, අම්ලයේ අයනීකරණ නියතය K_a ට වඩා බෙහෙවින් විශාල වන විට (යටත් පිරිසෙයින් විශාලත්ව ගණ තුනකින්) ඉහත සන්නිකර්ෂණය යෙදිය හැකි ය.

උක්ත නිදසුනෙහි ආරම්භක සාන්ද්‍රණය 0.2 mol dm^{-3} හා $K_a = 3.2 \times 10^{-4}$ වේ. මේ දෙක අතර අනුපාතය,

$$\frac{2.0 \times 10^{-1}}{3.2 \times 10^{-4}} \sim 10^3 \text{ වේ.}$$

එම නිසා අපට සන්නිකර්ෂණය යෙදිය හැකි ය.

II ක්‍රමය:

ඉහත ගැටලුව විසඳීමට මෙසේ ද එළඹිය හැකි ය. පද්ධතියේ ප්‍රධාන ප්‍රතික්‍රියාව පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියාව බව අපි දනිමු:

$$HF(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + F^-(aq)$$

විඝටනය වූ සාන්ද්‍රණය හෙවත් සාන්ද්‍රණ වෙනස x ලෙස ගත් විට මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

	$HF(aq)$	+	$H_2O(l)$	$\rightleftharpoons$	$H_3O^+(aq)$	+	$F^-(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.2				0		0
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ mol dm^{-3}	$-x$				$+x$		$+x$
∴සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ/ mol dm^{-3}	$0.2 - x$				$+x$		$+x$

සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ, සමතුලිතතා ප්‍රකාශනයේ ආදේශ කිරීමෙන්,

$$\therefore K_a = \frac{x \times x}{(0.2 - x)} = \frac{(x)^2}{(0.2 - x)}$$

සලකනු ලබන අම්ලය දුබල බැවින් ආරම්භක සාන්ද්‍රණය හා සැසඳූ විට අයනීකරණය අල්ප බව උපකල්පනය කළ හැකි ය. $0.2 - x \sim 0.2$

ආදේශයෙන් $K_a \sim \frac{(x)^2}{0.2} = 3.2 \times 10^{-4}$

$$x^2 = 6.4 \times 10^{-5}$$

$$x = 8.0 \times 10^{-3} \text{mol dm}^{-3}$$

එබැවින්

$[H_3O^+] = [F^-] = x = 8.0 \times 10^{-3}$ mol dm^{-3}

$[HF] = 0.20 - x = 0.2 - 0.008 = 19.2 \times 10^{-2}$ mol dm^{-3}

$\therefore pH = -\log[H_3O^+] = -\log(8.0 \times 10^{-3}) = 2.10$

II ක්‍රමයෙන් අපට සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ අගයන් කෙළින් ම ලැබෙන බව වටහා ගන්න.

2.17 නිදසුන

HA ඒකභාස්මික අම්ලයේ 0.10 mol dm^{-3} ද්‍රාවණයක pH අගය 4.50කි. සමතුලිතතාවේ දී ද්‍රාවණයේ $H^+(aq)$, $A^-(aq)$ හා $HA(aq)$ යන ප්‍රභේදවල සාන්ද්‍රණ ගණනය කරන්න. ඒකභාස්මික අම්ලයේ K_a හා pK_a ද ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

$pH = -\log[H_3O^+]$

එබැවින්, $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-4.50} = 3.16 \times 10^{-5}$

$[H_3O^+] = [A^-] = 3.16 \times 10^{-5}$ mol dm^{-3}

$[HA]_{සමතුලිත} = 0.1 - (3.16 \times 10^{-5}) \sim 0.1$ mol dm^{-3}

මේ කරුණු අපට මෙසේ සම්පිණ්ඩනය කළ හැකි ය:

	$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons$	$H_3O^+(aq)$ +	$A^-(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.1	0	0
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ mol dm^{-3}	-3.16×10^{-5}	3.16×10^{-5}	3.16×10^{-5}
∴ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ/ mol dm^{-3}	$(0.10 - 3.16 \times 10^{-5})$	3.16×10^{-5}	3.16×10^{-5}
∴ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ/ mol dm^{-3}	0.10	3.16×10^{-5}	3.16×10^{-5}

එබැවින්, $K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][A^-(aq)]}{[HA(aq)]}$

$\therefore K_a = (3.16 \times 10^{-5})^2 / 0.1 = 1.0 \times 10^{-8}$ mol dm^{-3}

$pK_a = -\log(10^{-8}) = 8$

2.2.7 දුබල භස්ම හා භස්ම අයනීකරණ නියතය

BOH දුබල භස්මයේ අයනීකරණය පහත දැක්වෙන සමීකරණයෙන් නිරූපිත ය.

$$BOH(aq) \rightleftharpoons B^+(aq) + OH^-(aq)$$

ඒ ප්‍රතික්‍රියාව මෙසේ ද ලිවිය හැකි ය:

$$B(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons BH^+(aq) + OH^-(aq)$$

$BOH(aq)$ දුබල භස්මය $B^+(aq)$ හා $OH^-(aq)$ බවට අයනීකරණය වීම භාගික වන අතර, එහි දී ඇති වන සමතුලිතතාව අම්ල-විඝටන සමතුලිතතාවට සමාන ය. භස්මයේ අයනීකරණය සඳහා වූ සමතුලිතතා නියතය **භස්ම අයනීකරණ නියතය** යනුවෙන් හැඳින්වෙන අතර, එය $\boldsymbol{K_b}$ යන්නෙන් සංකේතවත් කෙරේ. සමතුලිතතාවේ ඇති විවිධ ප්‍රභේදවල මවුලික සාන්ද්‍රණ යොදා ගනිමින් එය පහත දැක්වෙන සමීකරණයෙන් ප්‍රකාශ කළ හැකි ය:

$$K = \frac{[BH^+(aq)][OH^-(aq)]}{[B(aq)][H_2O(l)]}$$

දුබල අම්ලවලට හා සමානව,

$$K[H_2O(l)] = \frac{[BH^+(aq)][OH^-(aq)]}{[B(aq)]}$$

$$K_b = \frac{[BH^+(aq)][OH^-(aq)]}{[B(aq)]}$$

නැත හොත්, $BOH(aq) \rightleftharpoons B^+(aq) + OH^-(aq)$

$$K_b = \frac{[B^+(aq)][OH^-(aq)]}{[BOH(aq)]}$$

හස්මයේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණය c ද, සමතුලිතතාවට එළඹුණු විට එහි අයනීකරණ (විඝටන) ප්‍රමාණය α ද වේ නම්, විකල්ප ලෙස සමතුලිතතා නියතය සඳහා ප්‍රකාශනය මෙසේ ද ලිවිය හැකි යः

$$\therefore K_b = \frac{c\alpha^2}{(1-\alpha)}$$

මේහස්ම අයනීකරණ ප්‍රතික්‍රියාවෙහි හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අයනවල නිපදීමට අනුව $[OH^-(aq)] > [H^+(aq)]$ වන අතර එබැවින් ද්‍රාවණයේ pH > 7.

2.3 වගුවෙන් 298 K දී දුබල හස්ම සමහරක අයනීකරණ නියත දැක්වේ.

2.3 වගුව තෝරා ගත් දුබල හස්ම කිහිපයක අයනීකරණ නියත (298 K දී)

හස්මය	K_b
ඩයිමෙතිල්ඇමයින්, $(CH_3)_2NH$	5.40×10^{-4}
ට්‍රයිමෙතිල්ඇමයින්, $(C_2H_5)_3N$	6.45×10^{-5}
ඇමෝනියා, NH_3 හෝ NH_4OH	1.77×10^{-5}
පිරිඩීන්, C_5H_5N	1.77×10^{-9}
ඇනිලීන්, $C_6H_5NH_2$	4.27×10^{-10}
යූරියා, $CO(NH_2)_2$	1.30×10^{-14}

දුබල හස්ම සම්බන්ධ ගැටලු විසඳීමේ දී දුබල අම්ල විෂයයෙහි යොදා ගන්නා ලද ක්‍රමය ම අපි අනුගමනය කරමු. ප්‍රධාන වෙනස වන්නේ අප පළමුව $[H^+(aq)]$ වෙනුවට $[OH^-(aq)]$ ගණනය කිරීමයි. පහත දී ඇති උදාහරණය මේ ප්‍රවේශය පැහැදිලි කරයි.

2.18 නිදසුන

0.40 mol dm^{-3} ඇමෝනියා ද්‍රාවණයක pH අගය ගණනය කරන්න. ඇමෝනියාවල $K_b = 1.80 \times 10^{-5}$

පිළිතුර

ද්‍රාවණයේ පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව පවතින අතර, $NH_4^+(aq)$ හා $OH^-(aq)$ අයනවල සාන්ද්‍රණ mold m^{-3} වලින් x යැයි සිතමු. සාරාංශය මෙසේ දක්වමු:

	$NH_3(aq) + H_2O(l)$	$\rightleftharpoons$ $NH_4^+(aq)$	+ $OH^-(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.4	0	0
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ mol dm^{-3}	$-x$	$+x$	$+x$
∴ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ/ mol dm^{-3}	$(0.4-x)$	$+x$	$+x$

$$K_b = \frac{[NH_4^+(aq)][OH^-(aq)]}{[NH_3(aq)]} = 1.80 \times 10^{-5}$$

$$\frac{(x)(x)}{(0.4 - x)} = 1.80 \times 10^{-5}$$

$0.40 - x \sim 0.40$, සන්නිකර්ෂණය යෙදීමෙන්

$$\frac{(x^2)}{0.4} = 1.80 \times 10^{-5}$$

$x = [OH^-(aq)] = 2.7 \times 10^{-3} \text{mol dm}^{-3}$

සටහන: සන්නිකර්ෂණයේ වලංගුතාව පිරික්සීම $\{[2.7 \times 10^{-3}]/ 0.4\} \times 100\% = 0.68\%$, එනම් සන්නිකර්ෂණය වලංගු ය.

$\therefore pOH = -\log(2.7 \times 10^{-3}) = 2.57$

$pH + pOH = 14.00$, සම්බන්ධතාව යෙදීමෙන්

$pH = 14.00 - 2.57 = 11.43$

(හෝ $[OH^-(aq)] = (2.7 \times 10^{-3})$, $\therefore [H^+(aq)] = 10^{-14}/ 2.7 \times 10^{-3} = 3.7 \times 10^{-12}$

$\therefore pH = 11.43$)

2.2.8 K_a හා K_b අතර සම්බන්ධතාව

K_a හා K_b පිළිවෙළින් අම්ලයක හා භස්මයක ප්‍රබලතාව නියෝජනය කරයි. අම්ල-භස්ම සංයුග්මක යුගලක ඒ දෙක සරල ආකාරයෙන් එකිනෙකට සම්බන්ධ ය. පහත දී ඇති නිදසුන සලකන්න:

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][CH_3COO^-(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]}$$

$CH_3COO^-(aq)$ සංයුග්මක භස්මය පහත සමීකරණයට අනුව ජලය සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරයි.

$$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons OH^-(aq) + CH_3COOH(aq)$$

ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා භස්ම අයනීකරණ නියතය සැලකූ විට,

$$K_b = \frac{[OH^-(aq)][CH_3COOH(aq)]}{[CH_3COO^-(aq)]}$$

මේ අයනීකරණ නියත දෙකෙහි ගුණිතය සැලකූ විට,

$$K_a \times K_b = \frac{[H_3O^+(aq)][CH_3COO^-(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]} \times \frac{[OH^-(aq)][CH_3COOH(aq)]}{[CH_3COO^-(aq)]}$$

$$K_a \times K_b = [H_3O^+(aq)][OH^-(aq)]$$

එනම්: $\boldsymbol{K_a \times K_b = K_w}$

ප්‍රතික්‍රියා දෙක එකතු කළ විට ප්‍රතිඵලය හුදෙක් ජලයේ ස්වයං අයනීකරණය බව අපට පෙනේ.

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CH_3COO^-(aq) \text{ ----- } K_a$$

$$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons OH^-(aq) + CH_3COOH(aq) \text{ ----- } K_b$$

$$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \text{ ----- } K_w$$

ඉහත සාකච්ඡා කරන ලද පරිදි මෙය රසායනික සමතුලිතතාව පිළිබඳ පොදු නීතියට අනුගත ය.

සටහන: යම් ප්‍රතික්‍රියාවක් ප්‍රතික්‍රියා දෙකක හෝ වැඩි ගණනක එකතුවක් ලෙස ප්‍රකාශ කළ හැකි නම්, සමස්ත ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය ඒ තනි ප්‍රතික්‍රියාවල සමතුලිතතා නියතයන්ගේ ගුණිතයෙන් දෙනු ලැබේ.

$\boldsymbol{K_a K_b = K_w}$ යන සම්බන්ධතාව, දුබල හස්මයක අයනීකරණය සැලකීමෙන් ද ලබා ගත හැකි ය.

$K_a \times K_b = K_w$ සම්බන්ධතාව අනුව,

$$K_a = \frac{K_w}{K_b} \text{ හා } K_b = \frac{K_w}{K_a}$$

අම්ලයක ප්‍රබලතාව වැඩි වන් ම (K_a වැඩි වත් ම), එහි සංයුග්මක හස්මය දුබල වන බව ද (K_b අඩු වන බව ද) අනෙක් අතට අම්ලයක ප්‍රබලතාව අඩු වන් ම සංයුග්මක හස්මයේ ප්‍රබලතාව වැඩි වන බව ද මින් අපට පෙනේ.

2.2.9 ලවණවල ජල විච්ඡේදනය හා ඒවායේ ද්‍රාවණවල pH අගය

අම්ල හා හස්ම නිශ්චිත අනුපාතයකින් යුතුව ප්‍රතික්‍රියා වී සෑදෙන ලවණ ජලයේ දී අයනීකරණය වේ. ලවණවල අයනීකරණයෙන් සෑදෙන කැටායන/ ඇනායන ජලීය ද්‍රාවණයේ සජලනය වූ අයන ලෙස පවතී; නොඑසේ නම් ලවණයේ ස්වභාවයට අනුව ජලය හා අන්තර්ක්‍රියා වී අනුරූප අම්ල හා හස්ම ප්‍රතිජනනය කරයි. ලවණවල කැටායන/ ඇනායන හෝ ඒ දෙක ම ජලය සමඟ අන්තර්ක්‍රියා කිරීමේ ක්‍රියාවලිය **ජලවිච්ඡේදනය** ලෙස හැඳින්වේ. මේ අන්තර්ක්‍රියාව ද්‍රාවණයේ pH අගය කෙරෙහි බලපායි. ප්‍රබල හස්මවල කැටායන (උදා : Na^+, K^+, Ca^{2+}, Ba^{2+} ආදි) හා ප්‍රබල අම්ලවල ඇනායන (උදා: Cl^-, Br^-, NO_3^-, ClO_4^- ආදි) සරලව සජලනය වනු මිස ජලවිච්ඡේදනය නො වේ. එබැවින් ප්‍රබල අම්ලවලින් හා ප්‍රබල හස්මවලින් සෑදෙන ලවණවල ද්‍රාවණ උදාසීන ය. එබැවින් ඒවායේ pH අගය 7 වේ. උදා.

$$NaNO_3(s) \rightarrow Na^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

කෙසේ වෙතත් ලවණවල අනෙක් ප්‍රභේද ජලවිච්ඡේදනයට භාජන වේ.

අපි දැන් පහත දැක්වෙන වර්ගවලට අයත් ලවණවල ජලවිච්ඡේදනය සලකා බලමු:

(i) දුබල අම්ලයකින් හා ප්‍රබල හස්මයකින් ඇති වූ ලවණ, උදා: CH_3COONa.

(ii) ප්‍රබල අම්ලයකින් හා දුබල හස්මයකින් ඇති වූ ලවණ, උදා: NH_4Cl.

(iii) දුබල අම්ලයකින් හා දුබල හස්මයකින් ඇති වූ ලවණ, උදා: CH_3COONH_4.

පළමු වැන්නට අයත් CH_3COONa, CH_3COOH දුබල අම්ලයෙන් හා NaOH ප්‍රබල හස්මයෙන් ව්‍යුත්පන්න වූ ලවණයකි. එය ජලීය ද්‍රාවණයේ සම්පූර්ණයෙන් අයනීකරණය වේ.

$$CH_3COONa(aq) \rightarrow CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq)$$

මෙසේ සෑදෙන ඇසිටේට් අයන ඇසිටික් අම්ලය හා OH^- අයන දෙමින් ජලයේ දී ජලවිච්ඡේදනය වේ.

$$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + OH^-(aq)$$

දුබල අම්ලයක් වන ඇසිටික් අම්ලය ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$) ද්‍රාවණයේ ප්‍රධාන වශයෙන් ම පවතින්නේ අයනීකරණය/ විඝටනය නො වී ය. මෙහි ප්‍රතිඵලය වන්නේ ද්‍රාවණයේ OH^- අයන සාන්ද්‍රණය වැඩි වී එහි භාස්මික බව වැඩි වීම ය. එවැනි ද්‍රාවණයක pH අගය 7ට වැඩි ය.

2.19 නිදසුන

0.10 mol dm^{-3} සෝඩියම් ඇසිටේට් (CH_3COONa) ද්‍රාවණයක pH අගය ගණනය කරන්න. $K_{b(CH_3CO\ ^-)} = 5.6 \times 10^{-10}$

පිළිතුර

CH_3COONa ද්‍රාවණයේ $CH_3COO^-(aq)$ හා $Na^+(aq)$ බවට සම්පූර්ණයෙන් අයනීකරණය වන අතර $CH_3COO^-(aq)$ ජලවිච්ඡේදනය වේ.

	$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l)$	$\rightleftharpoons$ $CH_3COOH(aq)$	$+ OH^-(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.10	0	0
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ mol dm^{-3}	$-x$	$+x$	$+x$
∴ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	$0.10 - x$	$+x$	$+x$

දැන් අපට භස්ම අයනීකරණ නියතය හෙවත් ජලවිච්ඡේදනය සඳහා සමතුලිතතා නියතය මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$K_b = \frac{[OH^-(aq)][CH_3COOH(aq)]}{[CH_3COO^-(aq)]}$$

ඉහත සමතුලිතතා අගයන් ආදේශයෙන්,

$$K_b = \frac{x^2}{(0.10 - x)} = 5.6 \times 10^{-10}$$

K_b ඉතා කුඩා නිසා හා භස්මයේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණය ඉහළ බැවින් අපට $0.10 - x \sim 0.10$ සන්නිකර්ෂණය භාවිත කළ හැකි ය.

$$\frac{x^2}{0.10} \sim 5.6 \times 10^{-10}$$

$$x^2 = 5.6 \times 10^{-1}$$

$$x = [OH^-(aq)] = 7.5 \times 10^{-6}\ mol\ dm^{-3}$$

$$\therefore pOH = 5.13$$

$$pH = 14.00 - 5.13 = 8.87$$

මේ ආකාරයෙන් ම NH_4OH දුබල භස්මයෙන් හා HCl ප්‍රබල අම්ලයෙන් සෑදෙන NH_4Cl ජලයේ දී සම්පූර්ණයෙන් අයනීකරණය වේ.

$$NH_4Cl(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$$

ඇමෝනියම් අයන ජලයේ දී ජලවිච්ඡේදනය වී $NH_4OH(aq)$ හා $H^+(aq)$ අයන සාදයි.

$$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4OH(aq) + H^+(aq)$$

ඇමෝනියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් දුබල භස්මයකි ($K_b = 1.77 \times 10^{-5}$). එබැවින් ජලයේ පවතින්නේ බොහෝ දුරට ම අයනීකරණය නොවුණු ආකාරයෙනි. මෙහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස ද්‍රාවණයේ H^+ අයන සාන්ද්‍රණය ඉහළ ගොස් ද්‍රාවණය ආම්ලික වේ. එබැවින් NH_4Cl ජලීය ද්‍රාවණයක pH අගය 7ට වඩා අඩු වේ.

දුබල අම්ලයකින් හා දුබල භස්මයකින් ව්‍යුත්පන්න වූ ලවණයක් වන CH_3COONH_4 හි ජලවිච්ඡේදනය සලකමු.

$$CH_3COO^-(aq) + NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + NH_4OH(aq)$$

CH_3COOH හා NH_4OH පවතිනුයේ භාගික ලෙස අයනීකරණය වී ය.

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$$

$$NH_4OH(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$$

එබඳු ලවණයක ජලීය ද්‍රාවණයක් ආම්ලික වේ ද, භාස්මික වේ ද නැත හොත් උදාසීන වේ ද යන්න රැඳී පවතින්නේ දුබල අම්ලයේ හා දුබල භස්මයේ සාපේක්ෂ ප්‍රබලතා මඟිනි. පහත දැක්වෙන පරිදි අපට මේ ද්‍රාවණ පිළිබඳ ගුණාත්මක පෙරයීම් කළ හැකි ය.

- **$K_b > K_a (pK_b < pK_a)$; එනම් ඇනායනයේ K_b කැටායනයේ K_a ට වඩා විශාල වන විට ද්‍රාවණය භාස්මික වේ. ඇනායනය, කැටායනයට වඩා වැඩියෙන් ජලවිච්ඡේදනය වන හෙයිනි. සමතුලිතතාවේ දී H^+ අයන ප්‍රමාණයට වඩා වැඩි OH^- අයන ප්‍රමාණයක් ඇත.**
- **$K_b < K_a (pK_b > pK_a)$; එනම් ඇනායනයේ K_b, කැටායනයේ K_a ට වඩා කුඩා වන විට ද්‍රාවණය ආම්ලික වේ. කැටායනයේ ජලවිච්ඡේදනය, ඇනායනයේ ජලවිච්ඡේදනයට වඩා අධිකතර හෙයිනි.**
- **$K_a \sim K_b (pK_b \sim pK_a)$;$K_a$ ආසන්න වශයෙන් K_bට සමාන නම් ද්‍රාවණය බොහෝ දුරට ම උදාසීන වේ.**

2.2.10 පොදු අයනයක් අඩංගු ජලීය ද්‍රාවණය

අම්ල - භස්ම අයනීකරණය හා ලවණවල ජලවිච්ඡේදනය පිළිබඳ ඉහත කොටස් යටතේ දී අපි එක් ද්‍රාවණයක් පමණක් අඩංගු ද්‍රාවණවල ගුණ සාකච්ඡාවට භාජන කර ඇත්තෙමු. එහෙත් පොදු අයනයක් හෙවත් එක ම අයනය අඩංගු ද්‍රාව්‍ය දෙකක් ද්‍රවණය වී ඇති ද්‍රාවණවල ගුණ ඊට වෙනස් ය. පොදු අයනයක් දුබල අම්ලයක හෝ දුබල භස්මයක අයනීකරණය යටපත් කරයි.

නිදර්ශනයක් ලෙස සෝඩියම් ඇසිටේට් හා ඇසිටික් අම්ලය යන දෙක ම එක ම ද්‍රාවණයේ ද්‍රවණය කර ඇති විට, පහත සමීකරණවලින් දැක්වෙන පරිදි ඒ දෙක ම CH_3COO^- අයන දෙමින් අයනීකරණය වේ. මෙහි දී $CH_3COONa(aq)$ සම්පූර්ණයෙන් ද, $CH_3COOH(aq)$ භාගිකව ද විඝටනය වේ.

$$CH_3COONa(s) \rightarrow CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq)$$

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

ලේ චැටලියර් මූලධර්මයට අනුව CH_3COONa මඟින් CH_3COOH ද්‍රාවණයකට CH_3COO^- අයන එකතු කිරීම, සමතුලිතතාව දකුණෙන් වමට විස්ථාපනය කිරීම මඟින් CH_3COOH හි අයනීකරණය යටපත් කරන අතර, එය හයිඩ්‍රජන් අයන සාන්ද්‍රණය අඩුකිරීමට හේතු වේ. එබැවින්, CH_3COOH හා CH_3COONa යන දෙක ම අඩංගු ද්‍රාවණයක් එම සාන්ද්‍රණයෙන් ම යුත් CH_3COOH ද්‍රාවණයකට වඩා අඩුවෙන් ආම්ලික ය. ඇසිටික් අම්ලයේ අයනීකරණ සමතුලිතතාවෙහි විතැන් වීමට හේතුව ලවණයෙන් සැපයෙන ඇසිටේට් අයනයි. CH_3COOH හා CH_3COONa යන දෙකෙන් ම සැපයෙන බැවින් පොදු අයනය වන්නේ CH_3COO^- අයනයයි.

පොදු අයන ආචරණය යනු දුවිත ද්‍රව්‍යවලට පොදු වූ අයනයක් අඩංගු ද්‍රව්‍යයක් එකතු කිරීම හේතුවෙන් සමතුලිතතාවක සිදු වන විතැන් වීමයි.

ද්‍රාවණයක pH අගය නිර්ණය කිරීමේ හා අල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය ලවණයක ද්‍රාව්‍යතාව තීරණය කිරීමේ ලා පොදු අයන ආචරණය වැදගත් භූමිකාවක් ඉටු කරයි.

අපි HA නම් දුබල අම්ලය හා NaA නම් එහි ද්‍රාව්‍ය ලවණය අඩංගු ද්‍රාවණයක pH අගය සලකා බලමු:

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][A^-(aq)]}{[HA(aq)]}$$

මේ අනුව,

$$[H_3O^+(aq)] = K_a \frac{[HA(aq)]}{[A^-(aq)]}$$

දෙපසෙහි ම ලඝුගණක ගැනීමෙන්

$$-\log [H_3O^+(aq)] = -\log K_a - \log \frac{[HA(aq)]}{[A^-(aq)]}$$

$$-\log \left[H_3O^+(aq)\right] = -\log K_a + \log \frac{[A^-(aq)]}{[HA(aq)]}$$

මේ අනුව අපට මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$\therefore pH = pK_a + \log \frac{[A^-(aq)]}{[HA(aq)]}$$

හෝ

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{සංයුග්මක භස්මය}]}{[\text{අම්ලය}]}$$

ඉහත ප්‍රකාශනය හෙන්ඩර්සන් – හැසල්බල්ච් සමීකරණය යනුවෙන් හඳුන්වනු ලැබේ.

$\boldsymbol{K_a}$ හි අගය, අම්ලයේ සාන්ද්‍රණය හා අම්ලයෙන් ව්‍යුත්පන්න ලවණයේ සාන්ද්‍රණය අප දන්නේ නම් අපට ද්‍රාවණයේ pH අගය ගණනය කළ හැකි ය.

පොදු අයන ආචරණය ආශ්‍රිත ගැටලුවල දී සමාන්‍යයෙන් අපට HA දුබල අම්ලයේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණයත් එහි ලවණයේ (NaA) සාන්ද්‍රණයත් දෙනු ලැබේ. මේ ප්‍රභේදවල සාන්ද්‍රණ සැලකිය යුතු තරමින් ඉහළ වන තාක් (0.10 mol dm^{-3}) අපට අම්ලයේ අයනීකරණය හා ලවණයේ ජලවිච්ඡේදනය නොසලකා හැරිය හැකි ය. HA දුබල අම්ලයක් වන නිසාත් $A^-(aq)$ අයනයේ ජලවිච්ඡේදන ප්‍රමාණය සාමාන්‍යයෙන් ඉතා අල්ප වන නිසාත් මෙය වලංගු සන්නිකර්ෂණයකි. තව ද NaA ලවණයෙන් ලැබෙන $A^-(aq)$ පොදු අයනයේ පැවැත්ම නිසා HA හි අයනීරණය තවදුරටත් යටපත් වන අතර, අයනීකරණය නොවුණු HA හි පැවැත්ම නිසා $A^-(aq)$ අයනයේ ජලවිච්ඡේදනය තව දුරටත් යටපත් වේ. එබැවින් අපට හෙන්ඩර්සන් – හැසල්බල්ච් සමීකරණයේ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ ලෙස ආරම්භක සාන්ද්‍රණ යෙදිය හැකි ය.

2.20 නිදසුන

(i) 0.20 mol dm^{-3} CH_3COOH හා 0.40 mol dm^{-3} CH_3COONa ද්‍රාවණයක pH අගය ගණනය කරන්න.

(ii) ලවණ නැති නම් 0.20 mol dm^{-3} CH_3COOH ද්‍රාවණයක pH අගය කුමක් වේ ද?

$K_{a(CH_3COOH)} = 1.8 \times 10^{-5}$

විසඳුම

(i) $CH_3COONa(s)$ ප්‍රබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍යයක් නිසා සම්පූර්ණයෙන් විඝටනය වේ. එබැවින් $[CH_3COO^-(aq)]$ = 0.40 mol dm^{-3} වේ. $[CH_3COO^-(aq)]$ හි අයනීකරණය යටපත් වන බැවින් එයින් ලැබෙන $CH_3COOH(aq)$ සාන්ද්‍රණය නොසලකා හළ හැකි ය. එබැවින් අපට $[CH_3COO^-(aq)]$ = 0.40 mol dm^{-3} ලෙස ද $[CH_3COOH(aq)]$ = 0.20 mol dm^{-3} ලෙස ද ගත හැකි ය.

$$CH_3COONa(s) \rightarrow CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq)$$

$$\underset{0.20\ mol\ dm^{-3}}{CH_3COOH(aq)} + H_2O(l) \rightleftharpoons \underset{0.40\ mol\ dm^{-3}}{CH_3COO^-(aq)} + H_3O^+(aq)$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][CH_3COO^-(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$[H_3O^+(aq)] = \frac{(0.20)}{(0.40)} \times 1.8 \times 10^{-5} = 9.0 \times 10^{-6}\ mol\ dm^{-3}$$

$$pH = -\log[H_3O^+(aq)] = 5.04$$

නැත හොත් අපට මෙය භාවිත කළ හැකි ය. $pH = pK_a + \log\frac{[\text{සංයුග්මක භස්මය}]}{[\text{අම්ලය}]}$

$$pH = -\log(K_a) + \log\frac{[\text{සංයුග්මක භස්මය}]}{[\text{අම්ලය}]}$$

$$pH = 4.74 + \log\frac{0.40}{0.20}$$

$$pH = 4.74 + \log 2$$

$$pH = 5.04$$

(ii) පොදු අයනය නොමැති විට ඇත්තේ ඇසිටික් අම්ලයේ අයනීකරණය ආශ්‍රිත සමතුලිතතාව පමණි.

	$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons$	$CH_3COO^-(aq)$	$+ H_3O^+(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ $mol\ dm^{-3}$	0.20	0	0
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ $mol\ dm^{-3}$	$-x$	$+x$	$+x$
∴ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ $mol\ dm^{-3}$	$0.20 - x$	$-x$	$+x$

$0.20 - x \sim 0.20$ සන්නිකර්ෂණය සමඟ ආදේශයෙන්

$$K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][CH_3COO^-(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$\frac{(x)^2}{0.20} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$x = 2 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$$

$$\therefore [H_3O^+(aq)] = 2 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$$

$$pH = 2.70$$

මෙය CH_3COO^- පොදු අයනයේ පැවැත්ම CH_3COOH අම්ලයේ අයනීකරණය යටපත් කරන බව පැහැදිලිව පෙන්නුම් කරයි.

අම්ලයේ සාන්ද්‍රණය හා ලවණයේ සාන්ද්‍රණය සමාන වන්නා වූ වැදගත් අවස්ථාවක් පහත දැක්වෙන නිදසුනෙන් ඉදිරිපත් කෙරේ.

2.21 නිදසුන

ඇසිටික් අම්ලය 0.10 mol හා සෝඩියම් ඇසිටේට් 0.10 mol එකතු කිරීමෙන් සාදන ලද ද්‍රාවණ 1.0 dm^3 pH අගය ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

CH_3COONa සම්පූර්ණයෙන් අයනීකරණය වන බැවින් මෙහි $[CH_3COO^-(aq)]$ CH_3COONa සාන්ද්‍රණය ම වේ.

	$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons$	$CH_3COO^-(aq)$	$+ H_3O^+(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ $mol\ dm^{-3}$	0.10	0	0.10
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ $mol\ dm^{-3}$	$-x$	$+x$	$+x$
∴ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ $mol\ dm^{-3}$	$0.10 - x$	$+x$	$0.10 + x$

$$K_{a□} = \frac{[H_3O^+(aq)][CH_3COO^-(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$\frac{x\,(0.10 + x)}{(0.10 - x)} = 1.8 \times 10^{-5}$$

x කුඩා බැවින්

$$\frac{x\,(0.10)}{(0.10)} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$x = [H_3O^+(aq)] = 1.8 \times 10^{-5}\ \text{mol dm}^{-3}$$

$$\therefore \text{pH} = 4.74$$

එනම් $\mathbf{pH_{□} = p\boldsymbol{K}_a}$

පොදු අයන ආවරණය NH_3 වැනි දුබල හස්මයක් හා NH_4Cl වැනි එහි ලවණයක් අඩංගු ද්‍රාවණයක ද ක්‍රියාත්මක වේ. සමතුලිතතාවේ දී,

$$NH_4Cl(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$$

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

NH_4Cl හි සම්පූර්ණ අයනීකරණයෙන් පැමිණෙන බැවින් මෙහි $NH_3(aq)$ට වඩා $NH_4^+(aq)$ ප්‍රමුඛ වේ. මේ නිසා $NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$ සමතුලිතතාව යටපත් වේ. මේ නිසා මේ ද්‍රාවණයේ pH අගය ප්‍රධාන වශයෙන් ම පාලනය වන්නේ පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාවෙනි:

$$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_3O^+(aq)$$

අපට මෙසේ ලිවිය හැකි යඃ $\therefore \quad K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][NH_3(aq)]}{[NH_4^+(aq)]}$

$$[H_3O^+(aq)] = \frac{K_a[NH_4^+(aq)]}{[NH_3(aq)]}$$

$$-\log[H_3O^+(aq)] = -\log K_a - \log\frac{[NH_4^+(aq)]}{[NH_3(aq)]}$$

$$-\log[H_3O^+(aq)] = -\log K_a + \log\frac{[NH_3(aq)]}{[NH_4^+(aq)]}$$

අපට මෙසේ ලිවිය හැකි යඃ

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log\frac{[NH_3(aq)]}{[NH_4^+(aq)]}$$

$$\text{pH} = -\log(K_a) + \log\frac{[\text{සංයුග්මක හස්මය}]}{[\text{අම්ලය}]}$$

NH_3 හා එහි ලවණයක් වන NH_4Cl අඩංගු ද්‍රාවණයක් ඒ සාන්ද්‍රණයෙන් ම යුත් NH_3 ද්‍රාවණයකට වඩා අඩුවෙන් භාස්මික ය. භස්මය හා ලවණය යන දෙක ම අඩංගු ද්‍රාවණයක NH_3 හි අයනීකරණය NH_4^+ පොදු අයනයෙන් යටපත් කෙරේ.

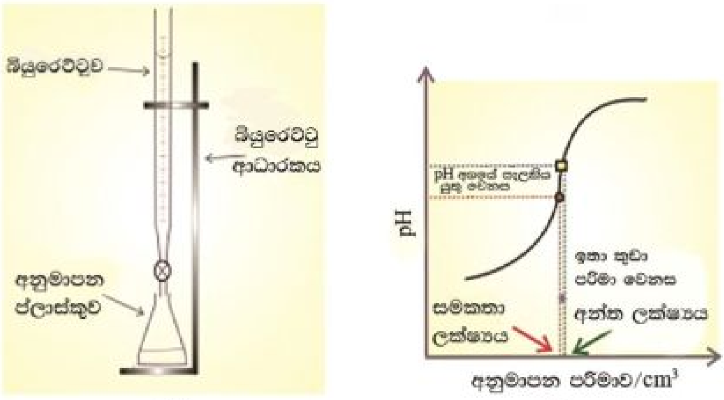
2.2.11 පරිමාමිතික අනුමාපන

අනුමාපනයක් යනු යම් ද්‍රාවණයක සාන්ද්‍රණය, සම්මත (ප්‍රාමාණික) ද්‍රාවණයක් යනුවෙන් හැඳින්වෙන සාන්ද්‍රණය දන්නා තවත් ද්‍රාවණයක් භාවිතයෙන් නිර්ණය කිරීමේ ක්‍රියාවලියකි. මේ ක්‍රියාවලියේ දී සාමාන්‍යයෙන් අපි පරිමා මැනීමක් කරමු. එසේ කර එක් ප්‍රතික්‍රියකයක් හා සම්පූර්ණයෙන් ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට අවශ්‍ය තවත් ද්‍රව්‍යයක පරිමාව සොයා ගනිමු. පරිමාව නිර්ණය කිරීම අප ප්‍රතික්‍රියාව සම්පූර්ණ වීම හඳුනා ගන්නා ආකාරය මත රැඳී පවතී.

සමකතා ලක්ෂ්‍යය හා අන්ත ලක්ෂ්‍යය

අනුමාපනයක් නිරවද්‍ය වනු පිණිස අප අනුමාපකයෙන් (බියුරෙට්ටුවේ තබනු ලබන දන්නා සාන්ද්‍රණයකින් යුත් ද්‍රාවණය) ස්ටොයිකියොමිතිකව සමක ප්‍රමාණයක් විශ්ලේෂ්‍යය අඩංගු ද්‍රාවණයට (අනුමාපන ප්ලාස්කුවෙහි තබනු ලබන නොදන්නා සාන්ද්‍රණයෙන් යුත් ද්‍රාවණය) එකතු කෙරේ. මේ ස්ටොයිකියොමිතික මිශ්‍රණයට ළඟා වීමට අවශ්‍ය අනුමාපක පරිමාවට අපි **සමකතා ලක්ෂ්‍යය (V_{eq})** යැයි කියමු.

අනුමාපන ප්‍රතික්‍රියාවේ නොහොත් ප්‍රතික්‍රියාවල ස්ටොයිකියොමිතිය දන්නා විට අපට විශ්ලේෂ්‍යයේ මවුල ප්‍රමාණය ගණනය කළ හැකි ය. අවාසනාවකට මෙන් බොහෝ අනුමාපනවල දී අපට සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පැමිණ ඇති බව පැහැදිලිව හඳුනා ගැනීමට ක්‍රමයක් නැත. ඒ වෙනුවට අපේ තේරීම අනුව අප කරන්නේ **අන්ත ලක්ෂ්‍යය** පැමිණි කල්හි අනුමාපකය එකතු කිරීම නතර කිරීමයි. බොහෝ විට මේ අන්ත ලක්ෂ්‍යය දැක්වෙන්නේ විශ්ලේෂ්‍යය සහිත ද්‍රාවණයට එකතු කරනු ලබන ද්‍රව්‍යයක වර්ණය වෙනස් වීමෙනි. එබඳු ද්‍රව්‍ය **දර්ශක** යනුවෙන් හඳුන්වනු ලැබේ. සාමාන්‍යයෙන් දර්ශක වර්ණය වෙනස් කරන්නේ ද්‍රාවණයේ pH අගයේ සිදු වන වෙනසත් සමඟ ය. මේ නිසා අන්ත ලක්ෂ්‍යය ලැබීමට අවශ්‍ය අනුමාපක පරිමාව සමකතා ලක්ෂ්‍ය පරිමාවට වඩා මඳක් වැඩි ය (අනුමාකයෙන් බින්දුවක් හෙවත් 0.05 cm^3ක්). අන්ත ලක්ෂ්‍යය හා සමකතා ලක්ෂ්‍යය අතර වෙනසට **අනුමාපන දෝෂය** යැයි කියනු ලැබේ. පරිමා දෙක අතර වෙනස ඉතා කුඩා වුව ද මෙය සැලකිය යුතු pH වෙනසකට හේතු වන බව අපට පෙනේ. එබැවින් අන්ත ලක්ෂ්‍යයේ දී හා සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී pH අගයයන් සංසන්දනය කළ නොහැකි ය. අනුමාපකය හා විශ්ලේෂ්‍යය යන දෙකෙහි ම සාන්ද්‍රණ දන්නා විට අපට එකතු කරනු ලබන අනුමාපකයේ පරිමාව සමඟ මනිනු ලබන යම් ගුණයක (උදා: pH අගය) වෙනස් වීමේ රටාව ගොඩනැංවිය හැකි ය. මෙමඟින් සමකතා ලක්ෂ්‍යය පැහැදිලිව අර්ථ දැක්වේ. පහත රූප මඟින් අනුමාපනයේ සැකැස්ම හා අන්ත ලක්ෂ්‍යය හා සමකතා ලක්ෂ්‍යය අතර සැසඳීම පැහැදිලි කෙරේ.



(a) (b)

2.16 රූපය **(a)** අනුමාපන සැකැස්මේ දළ සටහන: නොදන්නා සාන්ද්‍රණයෙන් යුත් ද්‍රාවණය අනුමාපන ප්ලාස්කුවේ තබා බියුරෙට්ටුවේ ඇති අනුමාපකය සෙමෙන් එකතු කිරීමෙන් ද්‍රාවණය අනුමාපනය කෙරේ. සමකතා ලක්ෂ්‍යය හා අන්ත ලක්ෂ්‍යය අතර වෙනස **(b)** ප්‍රස්තාරයෙන් පෙන්නුම් කෙරේ. දර්ශකයක් භාවිතයෙන් අන්ත ලක්ෂ්‍යය නිර්ණය කරනු ලබන අතර එහි වර්ණ වෙනසක් නිරීක්ෂණය කරනු සඳහා අනුමාපකය වැඩිපුර ($0.05\ cm^3$) අවශ්‍ය වේ. ද්‍රව්‍යවල ස්ටොයිකියොමිතික ප්‍රමාණ හරියට ම ප්‍රතික්‍රියා කරන අවස්ථාව සමකතා ලක්ෂ්‍යය වේ. එබැවින් සමකතා ලක්ෂ්‍ය පරිමාව, හැම විට ම අන්ත ලක්ෂ්‍ය පරිමාවට වඩා අඩුය. කෙසේ වුව ද මේ අල්ප පරිමා වෙනස pH අගයේ විශාල වෙනසකට හේතු වේ.

අම්ල - භස්ම අනුමාපන

මේ කොටසෙහි දී අපි පහත දැක්වෙන සිව් වැදෑරුම් අනුමාපන පිළිබඳ හදාරන්නෙමු.

(i) ප්‍රබල අම්ලයක් හා ප්‍රබල භස්මයක් අතර
(ii) දුබල අම්ලයක් හා ප්‍රබල භස්මයක් අතර
(iii) ප්‍රබල අම්ලයක් හා දුබල භස්මයක් අතර
(iv) දුබල අම්ලයක් හා දුබල භස්මයක් අතර

සෑදෙන ලවණයේ කැටායනය හා ඇනායනය යන දෙක ම ජලවිච්ඡේදනය වන බැවින් දුබල අම්ලයක් හා දුබල භස්මයක් අතර අනුමාපනය සංකීර්ණ වේ.

පහත දැක්වෙන කොටසේ දී එක් එක් අනුමාපනය සම්බන්ධ සමකතා ලක්ෂ්‍යය හා අනුමාපනය පුරා (අනුමාපකයේ පරිමාව සමඟ) pH අගයේ වෙනස් වීම හා එහි ගණනය විෂය කර ගනිමින් ඉහත දැක්වෙන අනුමාපන සතර පිළිබඳ අධ්‍යයනය කරමු. සරල වශයෙන් එය, දන්නා සාන්ද්‍රණයෙන් යුත් විශ්ලේෂ්‍යය හා දන්නා සාන්ද්‍රණයෙන් යුත් අනුමාපකය අතර අනුමාපනය සලකා බලමින් pH අගයේ විචලනය සෛද්ධාන්තිකව අවබෝධ කර ගැනීමේ උත්සාහයකි. මෙහි දී අපි සෛද්ධාන්තිකව **අනුමාපන වක්‍ර** (පරිමාවට එරෙහිව pH අගය) ගොඩ නංවන්නෙමු. අනුමාපන වක්‍රයක්, අනුමාපකයේ එකතු කිරීමත් සමඟ pH අගය වැනි ගුණයක් කෙසේ වෙනස් වන්නේ ද යන්න දෘශ්‍ය රූපයක ආකාරයෙන් නිරූපණය කරයි.

- **ප්‍රබල අම්ල - ප්‍රබල භස්ම අනුමාපන**

0.100 mol dm^{-3} HCl ද්‍රාවණ 25.00 cm^3ක් 0.100 mol dm^{-3} NaOH ද්‍රාවණයක් සමඟ සිදු කෙරෙන අනුමාපනය සලකන්න.

(සටහන: බියුරෙට්ටුවෙන් හා පිපෙට්ටුවෙන් 0.00 cm^3ක නිරවද්‍යතාවෙන් යුක්තව පරිමා මැන ගත හැකි ය**).**

සිදු වන ප්‍රතික්‍රියාව වන්නේ,

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

HCl(aq), NaOH(aq) හා NaCl(aq) ප්‍රබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය බැවින් ඉහත ප්‍රතික්‍රියාව අපට මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$H^+(aq) + Cl^-(aq) + Na^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq) + H_2O(l)$$

ද්‍රාවණයේ pH අගය, NaOH ද්‍රාවණ පරිමාව එකතු කෙරෙන එක් එක් අදියරේ දී එහි ඇති $H^+(aq)$ හා $OH^-(aq)$ අයනවල සාපේක්ෂ සාන්ද්‍රණ මත රැඳී පවතින බව අපි දකිමු. එබැවින් සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පෙර, සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී හා සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පසු යන අවස්ථාවල දී pH අගය සලකා බැලීමේ හැකියාව තිබේ.

අපි පළමුව සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පැමිණීම සඳහා අවශ්‍ය NaOH පරිමාව ගණනය කරමු. සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී,

HCl මවුල ප්‍රමාණය = NaOH මවුල ප්‍රමාණය (HCl හා NaOH අතර ස්ටොයිකියොමිතිය 1 : 1 බැවින්)

$C_aV_a = C_bV_b$ සූත්‍රය යෙදීමෙන්
(මෙහි a අකුරෙන් HCl ද, b අකුරෙන් NaOH ද දැක්වේ).

(i) සමකතා ලක්ෂ්‍යය ලැබීමය අවශ්‍ය NaOH ද්‍රාවණ පරිමාව V_b වේ.

$$0.100 \times 25.00 = 0.100 \times V_b$$

$$\therefore V_b = 25.00\ cm^3$$

(ii) ආරම්භයේ දී ද්‍රාවණයේ HCl සාන්ද්‍රණය 0.100 mol dm^{-3}වේ. HCl ප්‍රබල අම්ලයක් බැවින් ද්‍රාවණයේ pH අගය පහත දැක්වෙන පරිදි වේ.

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log[HCl] = -\log(0.100) = 1.00$$

(iii) සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පෙර HCl වැඩිපුර පවතින අතර, pH අගය තීරණය වන්නේ වැඩිපුර ඇති HCl සාන්ද්‍රණයෙනි. NaOH ද්‍රාවණ 10.00 cm^3ක්, එනම් පවතින HCl ප්‍රමාණයට සංසන්දකව ස්ටොයිකියොමිතික ලෙස අඩු NaOH ප්‍රමාණයක් එකතු කිරීමෙන් පසු වැඩිපුර ඇති HCl සාන්ද්‍රණය හා pH අගය මෙසේ සෙවිය හැකි ය:

ආරම්භක HCl ප්‍රමාණය $= \frac{0.100 \text{ mol}}{1.0 \text{ dm}^3} \times 25.00 \text{ cm}^3 \times \frac{1.0 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$

$= 2.50 \times 10^{-3}$ mol

එකතු කළ NaOH ප්‍රමාණය $= \frac{0.100 \text{ mol}}{1.0 \text{ dm}^3} \times 10.00 \text{ cm}^3 \times \frac{1.0 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$

$= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

∴ප්‍රතික්‍රියා කළ HCl ප්‍රමාණය $= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි HCl ප්‍රමාණය $= (2.50 \times 10^{-3} - 1.00 \times 10^{-3})$ mol

$= 1.50 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි HCl (H_3O^+) සාන්ද්‍රණය $= \frac{1.5\times10^{-3} \text{ mol}}{35.00 \text{ cm}^3} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1.0 \text{ dm}^3}$

$= 0.043 \text{ mol dm}^{-3}$

∴pH = -log (0.043) = 1.37

(iv) සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී (NaOH ද්‍රාවණ 25.00 cm^3ක් එකතු කිරීමෙන් පසු) සියලු H^+ හා OH^- අයන වැය වී ඇත. Na^+ හා Cl^- අයන ලෙස පවතින NaCl ලවණ ද ජලවිච්ඡේදනයට භාජන නො වේ. එබැවින් ප්‍රබල අම්ල - ප්‍රබල භස්ම ප්‍රතික්‍රියාවක සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී වැදගත් වන්නා වූ එක ම සමතුලිතතා ප්‍රතික්‍රියාව (ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව) නම්,

$$H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons 2H_2O(l)$$

සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී $[H^+(aq)]=[OH^-(aq)]$ හා ද්‍රාවණයේ pH = 7.00.

(v) NaOH ද්‍රාවණ 35.00 cm^3ක් හෙවත් තිබෙන HCl ප්‍රමාණයට සංසන්දකව ස්ටොයිකියොමිතික වශයෙන් අතිරික්ත NaOH ප්‍රමාණයක් එකතු කිරීමෙන් පසු වැඩිපුර ඇති (ඉතිරි) NaOH සාන්ද්‍රණය සොයා ගත යුතු ය.

ආරම්භක HClප්‍රමාණය $= \frac{0.100 \text{ mol}}{1.0 \text{ dm}^3} \times 25.00 \text{ cm}^3 \times \frac{1.0 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$

$= 2.50 \times 10^{-3}$ mol

එකතු කළ NaOH ප්‍රමාණය $= \frac{0.100 \text{ mol}}{1.0 \text{ dm}^3} \times 35.00 \text{ cm}^3 \times \frac{1.0 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$

$= 3.50 \times 10^{-3}$ mol

∴ප්‍රතික්‍රියා කළ HCl ප්‍රමාණය $= 2.5 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි NaOH ප්‍රමාණය $= (3.50 \times 10^{-3} - 2.50 \times 10^{-3})$ mol

$= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි NaOH (OH^-) සාන්ද්‍රණය $= \frac{1.0\times10^{-3} \text{ mol}}{60.00 \text{ cm}^3} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1.0 \text{ dm}^3}$

$= 0.017 \text{ mol dm}^{-3}$

∴pOH = -log (0.017) = 1.77

∴pH = 14.00 - 1.77 = 12.23

වැදගත්: pH = 7 පමණ දී pH වක්‍රය යම් හැරවුමකට භාජනය වන බව මින් අපට පෙනේ. සමකතා ලක්ෂ්‍යය ආසන්නයේ දී pH අගයේ වෙනස් වීම් කෙරෙහි අවධානය යොමු කරමු.

NaOH ද්‍රාවණ 24.90 cm^3 එකතු කිරීම:
NaOHද්‍රාවණ 24.90 cm^3ක්, එනම් පවතින HCl ප්‍රමාණයට සංසන්දකව ස්ටොයිකියොමිතික වශයෙන් අඩු NaOH ප්‍රමාණයක් එකතු කිරීමෙන් පසු වැඩිපුර ඇති HCl හි සාන්ද්‍රණය සෙවිය යුතු ය.

ආරම්භක HCl ප්‍රමාණය $= \frac{0.100 \text{ mol}}{1.0 \text{ dm}^3} \times 25.00 \text{ cm}^3 \times \frac{1.0 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$

$= 2.50 \times 10^{-3}$ mol

එකතු කළ NaOH ප්‍රමාණය $= \frac{0.100 \text{ mol}}{1.0 \text{ dm}^3} \times 24.90 \text{ cm}^3 \times \frac{1.0 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$

$= 2.49 \times 10^{-3}$ mol

∴ප්‍රතික්‍රියා කළ HCl ප්‍රමාණය $= 2.49 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි HCl ප්‍රමාණය $= (2.50 \times 10^{-3} - 2.49 \times 10^{-3})$ mol

$= 1.00 \times 10^{-5}$ mol

∴ඉතිරි HCl (H_3O^+) සාන්ද්‍රණය $= \frac{1.00 \times 10^{-5} \text{ mol}}{49.90 \text{ cm}^3} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1.0 \text{ dm}^3}$

$= 2.00 \times 10^{-4}$ mol dm^{-3}

∴pH = -log (2.00×10^{-4}) = 3.7

NaOH ද්‍රාවණ 25.10 cm^3 එකතු කිරීම:
25.00 cm^3ට වඩා වැඩි NaOH ද්‍රාවණ පරිමා හෙවත් පවත්නා HCl ප්‍රමාණයට සංසන්දකව ස්ටොයිකියොමිතික වශයෙන් වැඩි NaOH ප්‍රමාණ එකතු කිරීමෙන් පසු, වැඩිපුර NaOHහි සාන්ද්‍රණය සෙවිය යුතු ය.

ආරම්භක HCl ප්‍රමාණය $= \frac{0.100 \text{ mol}}{1.0 \text{ dm}^3} \times 25.00 \text{ cm}^3 \times \frac{1.0 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$

$= 2.50 \times 10^{-3}$ mol

එකතු කළ NaOH ප්‍රමාණය $= \frac{0.100 \text{ mol}}{1.0 \text{ dm}^3} \times 25.10 \text{ cm}^3 \times \frac{1.0 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$

$= 2.51 \times 10^{-3}$ mol

∴ප්‍රතික්‍රියා කළ HCl ප්‍රමාණය $= 2.50 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි NaOH ප්‍රමාණය $= (2.51 \times 10^{-3} - 2.50 \times 10^{-3})$ mol

$= 1.0 \times 10^{-5}$ mol

∴ඉතිරි NaOH (OH^-) සාන්ද්‍රණය $= \frac{1.0 \times 10^{-5} \text{ mol}}{50.10 \text{ cm}^3} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1.0 \text{ dm}^3}$

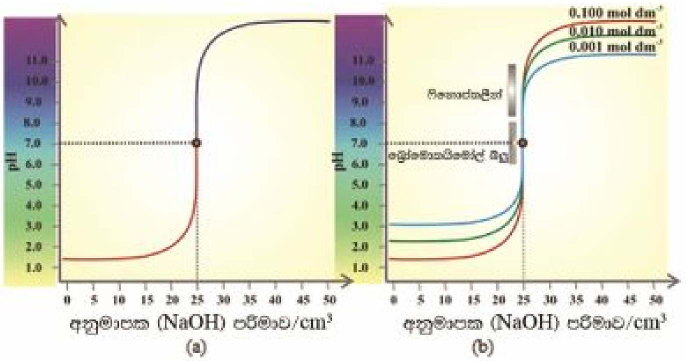
$= 2.00 \times 10^{-4}$ mol dm^{-3}

∴pOH = -log (2.00×10^{-4}) = 3.7

∴pH = 14.00 - 3.70 = 10.30

මේ ප්‍රබල අම්ල - ප්‍රබල භස්ම අනුමාපනයේ සමකතා ලක්ෂ්‍යය සමීපයේ දී pH අගයේ කැපී පෙනෙන වෙනසක් (0.020 cm^3 පරිමා වෙනසක් ඇතුළත pH ඒකක 6.6ක වෙනසක්) සිදු වන බව අපට දැකිය හැකි ය. එකතු කරන ලද NaOH ද්‍රාවණ පරිමාවට එරෙහිව ගණනය

කරන ලද pH අගයයන් ප්‍රස්තාරගත කිරීමෙන් අපට 2.17(a) රූපයේ දැක්වෙන pH වක්‍රය ලබා ගත හැකි ය. අම්ලයේ හා භස්මයේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණයේ වෙනසත් සමග pH වක්‍රවල හැසිරීම 2.17(b) රූපයෙන් පෙන්නුම් කෙරේ.



2.17 රූපය **(a)** 0.100 mol dm^{-3} HCl ද්‍රාවණ 25.00 cm^3ක්, 0.100 mol dm^{-3} NaOH ද්‍රාවණයක් සමග අනුමාපනය කිරීමට අදාළ අනුමාපන වක්‍රය. NaOH ද්‍රාවණ 25.00 cm^3 එකතු කළ විට එළඹෙන pH = 7.0 වූ සමකතා ලක්ෂ්‍යය ආසන්නයේ දී අති ශීඝ්‍ර pH වෙනසක් ඇති වේ. **(b)** රූපයෙන් පෙන්නුම් කෙරෙනුයේ HClහි හා NaOHහි ආරම්භක සාන්ද්‍රණයේ සිදු වන විචලන සමග pH වක්‍රවල සිදු වන වෙනසයි. ආරම්භක සාන්ද්‍රණය අඩු වන විට pH වක්‍රයේ පැතිරීම අඩු වේ. ෆිනෝල්ප්තලීන් හා බ්‍රෝමොතයිමොල් බ්ලූ දර්ශකවල කාර්යය අන් තැනෙක සාකච්ඡා කෙරේ.

- **දුබල අම්ල - ප්‍රබල භස්ම අනුමාපන**

දුබල අම්ලයක් වන ඇසිටික් අම්ලය හා ප්‍රබල භස්මයක් වන සෝඩියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අතර ප්‍රතික්‍රියාව සලකමු.

$$CH_3COOH(aq) + NaOH(aq) \rightarrow CH_3COONa(aq) + H_2O(l)$$

NaOH ප්‍රබල භස්මයක් බැවින් ප්‍රතික්‍රියාව පහත දැක්වෙන පරිදි ලිවිය හැකි ය.

$$CH_3COOH(aq) + OH^-(aq) \rightarrow CH_3COO^-(aq) + H_2O(l)$$

ඉහත අප විසින් සාකච්ඡා කරන ලද පරිදි $CH_3COO^-(aq)$ අයනය ජලවිච්ඡේදනයට භාජන වේ. අනුමාපනයේ සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී pH අගය නිර්ණය වනුයේ මේ ප්‍රතික්‍රියාවෙනි.

ඇසිටේට් අයනය ජලවිච්ඡේදනය වන්නේ මෙසේ ය:

$$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + OH^-(aq)$$

එබැවින් සෝඩියම් ඇසිටේට් පමණක් පවත්නා සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී ඇසිටේට් අයනයේ ජලවිච්ඡේදනය කරණ කොට ගෙන නිපදෙන වැඩිපුර $OH^-(aq)$ අයන හේතුවෙන් ද්‍රාවණයේ pH අගය 7ට වැඩි වේ. දුබල අම්ලයක් හා දුබල භස්මයක් අතර කෙරෙන මේ වර්ගයේ අනුමාපනයක අනුමාපන වක්‍රය පිළිබඳ අවබෝධයක් ලැබීමට දැන් අපි උත්සාහ කරමු.

0.100 mol dm^{-3} $CH_3COOH(aq)$ ද්‍රාවණ 25.00 cm^3ක් හා 0.100 mol dm^{-3} NaOH ද්‍රාවණයක් අතර සිදු වන අනුමාපනය සලකා බලමු. $K_a(CH_3COOH) = 1.80 \times 10^{-5}$

ද්‍රාවණයේ pH අගය, ඒ ඒ අවස්ථාවේ දී එකතු කෙරෙන NaOH ද්‍රාවණ පරිමාවට අනුව පවතින විඝටනය නොවූ $CH_3COOH(aq)$ හා $CH_3COO^-(aq)$ අයනවල (CH_3COONa ලෙස සෑදෙන) සාපේක්ෂ සාන්ද්‍රණ මත රැඳී පවතින බව අපට පෙනේ. ප්‍රබල අම්ල - ප්‍රබල භස්ම අනුමාපනයක දී සේ ම මෙහි දී ද අපට සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී, සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පෙර හා සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පසු යන අවස්ථාවල දී ද්‍රාවණයේ pH අගය සැලකිල්ලට ගත හැකි ය.

පළමුවෙන් අපි සමකතා ලක්ෂ්‍යය සඳහා අවශ්‍ය NaOH ද්‍රාවණ පරිමාව ගණනය කරමු. සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී,

CH_3COOH මවුල ප්‍රමාණය = NaOH මවුල ප්‍රමාණය (CH_3COOH හා NaOH අතර ස්ටොයිකියොමිතිය 1 : 1 බැවින්)

$C_aV_a = C_bV_b$ සූත්‍රය යෙදීමෙන්,
(මෙහි 'a'වලින් CH_3COOH ද 'b'වලින් NaOH ද සංකේතවත් වේ)

(i) සමකතා ලක්ෂ්‍යය ලැබීම සඳහා අවශ්‍ය NaOH ද්‍රාවණ පරිමාව V_b නම්,

$$0.100 \times 25.00 = 0.100 \times V_b$$
$$\therefore V_b = 25.00\ cm^3$$

(ii) ආරම්භයේ දී ද්‍රාවණය CH_3COOHවලට සාපේක්ෂව 0.100 mol dm^{-3} වේ. CH_3COOH දුබල අම්ලයක් බැවින්, $[H_3O^+]$ නිර්ණය වනුයේ එහි භාගික අයනීකරණයෙනි. එනම්,

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

$\boldsymbol{K_a}$ භාවිතයෙන් $[H_3O^+]$ මෙසේ ගණනය කරමු.

	$CH_3COOH(aq) + H_2O(l)$	$\rightleftharpoons CH_3COO^-(aq)$	$+ H_3O^+(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.1	0	0
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ mol dm^{-3}	x	$+x$	$+x$
∴ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	$(0.10-x)$	$+x$	$+x$
∴ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය / mol dm^{-3}	0.10	$+x$	$+x$

($(0.10 - x) \sim 0.1$ සන්නිකර්ෂණය අනුව)

$$K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][CH_3COO^-(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]} = \frac{x^2}{(0.1)} = 1.80 \times 10^{-5}$$
$$x^2 = 1.80 \times 10^{-6}$$
$$x = 1.34 \times 10^{-3}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log[1.34 \times 10^{-3}] = 2.87$$

නැත හොත් $$K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][CH_3COO^-(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+(aq)]^2}{C_0},$$

C_0 යනු අම්ලයේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණය යි.

$$[H_3O^+(aq)] = (K_aC_0)^{1/2}$$

$$-\log[H_3O^+(aq)] = -\log(K_a)^{\frac{1}{2}} - \log(C_0)^{\frac{1}{2}}$$

$$-\log[H_3O^+(aq)] = -\frac{1}{2}\log(K_a) \quad -\frac{1}{2}\log(C_0)$$

$$pH = -\frac{1}{2}pK_a - \frac{1}{2}\log(C_0)$$

(iii) සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පෙර, එකතු කරන ලද NaOH ප්‍රමාණය ස්ටොයිකියොමිතික වශයෙන් ද්‍රාවණයේ ඇති CH_3COOH ප්‍රමාණයට වඩා අඩු ය. එබැවින් ද්‍රාවණයේ විඝටනය නොවුණු CH_3COOH අම්ලය හා CH_3COONa ලවණය අඩංගු වේ. තවත් අයුරකින් පවසත හොත් දැන් අප සතුව ඇත්තේ දුබල අම්ලයක හා එහි ලවණයේ (සංයුග්මක භස්මයේ) මිශ්‍රණයකි; එනම් ස්වාරක්ෂක pH අගය ගණනය කරනු පිණිස ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණ පිළිබඳ අප දැනුමේ පිහිටා අපට හෙන්ඩසන් - හැසල්බල්ච් සමීකරණය භාවිත කළ හැකි ය.

0.100 mol dm^{-3} NaOH ද්‍රාවණයෙන් 10.00 cm^3ක් එකතු කිරීමෙන් පසු තත්ත්වය සලකා බලමු.

$CH_3COOH(aq) + NaOH(aq) \rightarrow CH_3COONa(aq) + H_2O(l)$

ආරම්භක CH_3COOH ප්‍රමාණය $= \frac{0.100\text{ mol}}{1.0\text{ dm}^3} \times 25.00\text{ cm}^3 \times \frac{1.0\text{ dm}^3}{1000\text{ cm}^3}$
$= 2.50 \times 10^{-3}$ mol

එකතු කරන ලද NaOH ප්‍රමාණය $= \frac{0.100\text{ mol}}{1.0\text{ dm}^3} \times 10.00\text{ cm}^3 \times \frac{1.0\text{ dm}^3}{1000\text{ cm}^3}$
$= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

∴ප්‍රතික්‍රියා කළ CH_3COOH ප්‍රමාණය $= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි CH_3COOH ප්‍රමාණය $= (2.50 \times 10^{-3} - 1.00 \times 10^{-3})$ mol
$= 1.50 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි CH_3COOH සාන්ද්‍රණය $= \frac{1.5\times10^{-3}\text{ mol}}{35.00\text{ cm}^3} \times \frac{1000\text{ cm}^3}{1.0\text{ dm}^3}$
$= 0.043$ mol dm^{-3}

සෑදුණු CH_3COONa ප්‍රමාණය = එකතු කරන ලද NaOH ප්‍රමාණය $= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

සෑදුණු CH_3COONa සාන්ද්‍රණය $= \frac{1.0\times10^{-3}\text{ mol}}{35.00\text{ cm}^3} \times \frac{1000\text{ cm}^3}{1.0\text{ dm}^3}$
$= 0.029$ mol dm^{-3}

මේ අගය ආදේශයෙන්,

$$pH = pK_a + \log\frac{[\text{සංයුග්මක භස්මය}]}{[\text{අම්ලය}]}$$

$$pH = 4.74 + \log\frac{(0.029)}{(0.043)}$$

$$pH = 4.57$$

(iv) සමකතා ලක්ෂායේ දී (NaOH ද්‍රාවණ 25.00 cm^3ක් එකතු කළ විට) සියලු CH_3COOH හා NaOH ප්‍රමාණ වැය වී ඇත. සෑදුණු CH_3COONa ලවණය මෙසේ ජලවිච්ඡේදනය වේ.

$$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + OH^-(aq)$$

$CH_3COOH(aq) + NaOH(aq) \rightarrow CH_3COONa(aq) + H_2O(l)$ ප්‍රතික්‍රියාවට අනුව
සෑදුණු CH_3COONa ($CH_3COO^-(aq)$) ප්‍රමාණය = 2.50×10^{-3} mol

$\therefore$ ලවණයේ සාන්ද්‍රණය $= \frac{2.5\times10^{-3}\text{ mol}}{50.00\text{ cm}^3} \times \frac{1000\text{ cm}^3}{1.0\text{ dm}^3}$
$= 0.05\text{ mol dm}^{-3}$

	$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l)$	$\rightleftharpoons$ $CH_3COOH(aq)$	$+ OH^-(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.05	0	0
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ mol dm^{-3}	$-x$	$+x$	$+x$
$\therefore$ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	$(0.05-x)$	$+x$	$+x$
$\therefore$ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.05	$+x$	$+x$

(($0.05 - x$) ~ 0.05 සන්නිකර්ෂණය අනුව)

ඉහත ජලවිච්ඡේදන ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා $\boldsymbol{K_b}$ ප්‍රකාශනය මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$K_b = \frac{[OH^-(aq)][CH_3COOH(aq)]}{[CH_3COO^-(aq)]} = \frac{x^2}{(0.05)} = \frac{K_w}{K_a} = 5.6 \times 10^{-10}$$

$$x = [OH^-(aq)] = 5.3 \times 10^{-6}\text{ mol dm}^{-3}$$

$$\therefore pOH = 5.28$$

$$\therefore pH = 14.00 - 5.28$$

$$\therefore pH = 8.72$$

$$\boldsymbol{K_b} = \frac{[OH^-(aq)][CH_3COOH(aq)]}{[CH_3COO^-(aq)]}$$

$$\boldsymbol{K_b} = \frac{[OH^-(aq)]^2}{\boldsymbol{S}},$$

$\boldsymbol{S}$ යනු ලවණයේ සාන්ද්‍රණය වේ

$$[OH^-(aq)] = (\boldsymbol{K_b\,S})^{1/2}$$

$$-\log[OH^-(aq)] = -\log(K_b)^{\frac{1}{2}} - \log(S)^{\frac{1}{2}}$$

$$-\log[OH^-(aq)] = -\frac{1}{2}\log(K_b) \; -\frac{1}{2}\log S$$

$$pOH = -\frac{1}{2}pK_b - \frac{1}{2}\log S$$

ආදේශයෙන්, $\mathbf{pH + pOH = p}K_w$ හා $\mathbf{p}K_a + \mathbf{p}K_b = \mathbf{p}K_w$

$$pK_w - pH = -\frac{1}{2}(pK_w - pK_a) - \frac{1}{2}\log S$$

$$\therefore pH = \frac{1}{2}pK_a + \frac{1}{2}pK_w + \frac{1}{2}\log S$$

(v) සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පසු ආරම්භයේ දී තිබුණු සියලු CH_3COOH ප්‍රමාණය CH_3COONa ලවණය බවට පරිවර්තනය වන අතර වැඩිපුර ඇති NaOH, OH^- ලෙස පවතී. එබැවින් මිශ්‍රණයේ pH අගය වැඩිපුර $OH^-(aq)$ සාන්ද්‍රණයෙන් නිර්ණය වේ.

NaOH ද්‍රාවණයෙන් 35.00 cm^3ක්, එනම් පවතින CH_3COOH ප්‍රමාණයට සංසන්දනාත්මක ව ස්ටොයිකියොමිතිකව වැඩි NaOH ප්‍රමාණයක් එකතු කිරීමෙන් පසු, වැඩිපුර NaOH හි සාන්ද්‍රණය සෙවිය යුතු වේ.

ආරම්භක CH_3COOH ප්‍රමාණය $= \frac{0.100\ \text{mol}}{1.0\ \text{dm}^3} \times 25.00\ \text{cm}^3 \times \frac{1.0\ \text{dm}^3}{1000\ \text{cm}^3}$

$= 2.50 \times 10^{-3}$ mol

එකතු කළ NaOH ප්‍රමාණය $= \frac{0.100\ \text{mol}}{1.0\ \text{dm}^3} \times 35.00\ \text{cm}^3 \times \frac{1.0\ \text{dm}^3}{1000\ \text{cm}^3}$

$= 3.50 \times 10^{-3}$ mol

∴ප්‍රතික්‍රියා කළ CH_3COOH ප්‍රමාණය $= 2.5 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි NaOH ප්‍රමාණය $= (3.50 \times 10^{-3} - 2.50 \times 10^{-3})$ mol

$= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි NaOH (OH^-) සාන්ද්‍රණය $= \frac{1.0 \times 10^{-3}\ \text{mol}}{60.00\ \text{cm}^3} \times \frac{1000\ \text{cm}^3}{1.0\ \text{dm}^3}$

$= 0.017\ \text{mol dm}^{-3}$

∴pOH = -log (0.017) = 1.77

∴pH = 14.00 - 1.77 = 12.23

හෝ, සමකතා ලක්ෂ්‍යයෙන් පසු $[H_3O^+(aq)] = \frac{K_w}{[OH^-(aq)]}$

$[OH^-(aq)]$ යනු ප්‍රබල භස්මයේ වැඩිපුර සාන්ද්‍රණය වේ

වැඩිපුර $[OH^-(aq)] = B'$ යැයි සැලකූ විට,

$$[H_3O^+(aq)] = \frac{K_w}{B'}$$

$$-\log[H_3O^+(aq)] = -\log(K_w) - (-\log B')$$

$$\text{pH} = \text{p}K_w + \log(B')$$

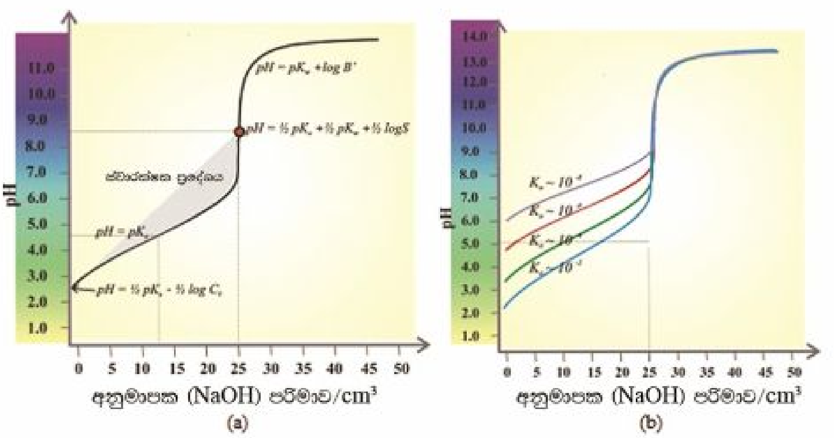
අර්ධ සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log\frac{[\text{සංයුග්මක භස්මය}]}{[\text{අම්ලය}]}$$

අම්ලයේ හා සංයුග්මක භස්මයේ සාන්ද්‍රණ සමාන ය.

$$\therefore \text{pH} = \text{p}K_a$$

ඉහත කරුණු 2.18 රූපයේ pH වක්‍රයෙන් සම්පිණ්ඩනය කර දැක්විය හැකි ය.



2.18 රූපය **(a)** 0.100 mol dm^{-3} CH_3COOH ද්‍රාවණ 25.00 cm^3 ක් 0.100 mol dm^{-3} NaOH සමඟ අනුමාපනය කිරීමට අදාළ අනුමාපන වක්‍රය. සමකතා ලක්ෂ්‍යය පවතින්නේ pH අගය 8.72 වූ භාස්මික ප්‍රදේශයේ ය. මේ අනුමාපනවල සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පහළින් ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයක් සෑදේ (මෙම පිළිබඳව 12.3 කොටසේ දී පැහැදිලි කෙරේ). ලාක්ෂණික ලක්ෂ්‍ය pH ශ්‍රිත සමඟ සලකුණු කර ඇත. **(b)** රූපයෙන් දුබල අම්ලයේ ප්‍රබලතාව සමඟ pH වක්‍රවල සිදු වන විචලනය සංසන්දනාත්මකව ඉදිරිපත් කෙරේ. අම්ලයේ දුබලතාව වැඩි වන් ම සමකතා ලක්ෂ්‍යය භාස්මික පැත්තට විස්ථාපනය වේ.

- **ප්‍රබල අම්ල - දුබල භස්ම අනුමාපන**

ප්‍රබල අම්ලයක් වන හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය හා දුබල භස්මයක් වන ඇමෝනියා අතර අනුමාපනය සලකා බලමු. මෙහි දී සිදු වන ප්‍රතික්‍රියාව වන්නේ,

$$HCl(aq) + NH_3(aq) \rightarrow NH_4Cl(aq)$$

නැත හොත් සරල ලෙස,

$$H^+(aq) + NH_3(aq) \rightarrow NH_4^+(aq)$$

$NH_4^+(aq)$ අයනයේ ජලවිච්ඡේදනය නිසා සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී pH අගය 7ට වඩා අඩු ය.

$$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_3O^+(aq)$$

ජලීය ඇමෝනියා ද්‍රාවණයක වාෂ්පශීලිභාවය නිසා බියුරෙට්ටුවෙන් හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය ඇමෝනියා ද්‍රාවණයට එකතු කිරීම වඩා යෝග්‍ය ය.

නිදසුන:
NH_3 දුබල හස්මයේ 0.10 mol dm^{-3} ද්‍රාවණයකින් 25.00 cm^3ක්, HCl ප්‍රබල අම්ලයේ 0.10 mol dm^{-3} ද්‍රාවණයක් සමග අනුමාපනය කරතැයි සිතමු.

ද්‍රාවණයේ pH අගය, HCl අම්ල ද්‍රාවණය එකතු කෙරෙන ඒ ඒ අවස්ථාවල දී එහි ඇති NH_4Cl හා විඝටනය නොවුණු NH_3 හි සාපේක්ෂ සාන්ද්‍රණ මත රඳී පවතින බව අපට පෙනේ. එබැවින් දුබල අම්ල - ප්‍රබල හස්ම අනුමාපනයේ සේ ම මෙහි ද සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී, සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පෙර හා සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පසු pH අගය සැලකිල්ලට ගත හැකි ය.

පළමු ව අපි සමකතා ලක්ෂ්‍යය සඳහා අවශ්‍ය HCl අම්ල ද්‍රාවණ පරිමාව ගණනය කරමු. සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී,

NH_3 මවුල ප්‍රමාණය = HCl මවුල ප්‍රමාණය (NH_3 හා HCl අතර ස්ටොයිකියෝමිතිය 1:1 බැවින්)

$C_aV_a = C_bV_b$ සූත්‍රය භාවිතයෙන්

(i) සමකතා ලක්ෂ්‍යය සඳහා අවශ්‍ය HCl අම්ල පරිමාව V_b නම්,

$$0.100 \times 25.00 = 0.100 \times V_b$$
$$\therefore V_b = 25.00\ cm^3$$

(ii) ආරම්භයේ දී NH_3 ද්‍රාවණයේ සාන්ද්‍රණය 0.100 mol dm^{-3} වේ. NH_3 දුබල හස්මයක් බැවින් $[OH^-(aq)]$ එහි භාගික අයනීකරණය විසින් නිර්ණය වේ.

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

K_b භාවිතයෙන් $[OH^-]$ මෙසේ ගණනය කළ හැකි යː

	$NH_3(aq) + H_2O(l)$	$\rightleftharpoons$ $NH_4^+(aq)$	$+ OH^-(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.1	0	0
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ mol dm^{-3}	$-x$	$+x$	$+x$
$\therefore$ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	$(0.10 - x)$	$+x$	$+x$
$\therefore$ සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.10	$+x$	$+x$

($(0.10 - x) \sim 0.1$ සන්නිකර්ෂණයට අනුව)

$$K_b = \frac{[NH_4^+(aq)][OH^-(aq)]}{[NH_3(aq)]} = \frac{x^2}{(0.1)} = 1.80 \times 10^{-5}$$
$$x^2 = 1.80 \times 10^{-6}$$
$$x = 1.34 \times 10^{-3}$$

$$pOH = -\log[OH^-(aq)] = -\log[1.34 \times 10^{-3}] = 2.87$$
$$\therefore pH = 14.00 - 2.87 = 11.13$$

(iii) සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පෙර, එකතු කරන ලද HCl ප්‍රමාණය ද්‍රාවණයේ අඩංගු NH_3 ප්‍රමාණයට වඩා ස්ටොයිකියොමිතික වශයෙන් අඩු ය. එබැවින් ද්‍රාවණයේ විඝටනය නොවුණු NH_3 හා NH_4Cl ලවණය අඩංගු වේ. වෙනත් වචනවලින් කිව හොත් ද්‍රාවණයේ ඇත්තේ දුබල හස්මයකින් හා එහි ලවණයකින් (සංයුග්මක අම්ලය) යුත්

ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයකි. එහි pH අගය ගණනය කරනු පිණිස අපට ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණ පිළිබඳ දැනුම භාවිතයට ගත හැකි ය.

0.100 mol dm^{-3} HCl ද්‍රාවණ 10.00 cm^3 ක් එකතු කිරීමෙන් පසු ඇති වන තත්ත්වය විමසා බලමු.

$$HCl(aq) + NH_3(aq) \rightarrow NH_4Cl(aq)$$

ආරම්භක NH_3 ප්‍රමාණය $= \frac{0.100\ mol}{1.0\ dm^3} \times 25.00\ cm^3 \times \frac{1.0\ dm^3}{1000\ cm^3}$

$= 2.50 \times 10^{-3}$ mol

එකතු කරන ලද HCl ප්‍රමාණය $= \frac{0.100\ mol}{1.0\ dm^3} \times 10.00\ cm^3 \times \frac{1.0\ dm^3}{1000\ cm^3}$

$= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

∴ප්‍රතික්‍රියා කළ NH_3 ප්‍රමාණය $= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි NH_3 ප්‍රමාණය $= (2.50 \times 10^{-3} - 1.00 \times 10^{-3})$ mol

$= 1.50 \times 10^{-3}$ mol

∴ඉතිරි NH_3 සාන්ද්‍රණය $= \frac{1.5 \times 10^{-3}\ mol}{35.00\ cm^3} \times \frac{1000\ cm^3}{1.0\ dm^3}$

$= 0.043\ mol\ dm^{-3}$

සෑදුණු NH_4Cl ප්‍රමාණය = එකතු කළ HCl ප්‍රමාණය $= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

සෑදුණු NH_4Cl හි සාන්ද්‍රණය $= \frac{1.0 \times 10^{-3}\ mol}{35.00\ cm^3} \times \frac{1000\ cm^3}{1.0\ dm^3} = 0.029\ mol\ dm^{-3}$

සමීකරණයේ ආදේශයෙන්

$$pOH = pK_b + \log \frac{[\text{සංයුග්මක භස්මය}]}{[\text{අම්ලය}]}$$

$$pOH = 4.74 + \log \frac{(0.029)}{(0.043)}$$

$$pOH = 4.57$$

$$\therefore pH = 14.00 - 4.57 = 9.43$$

(iv) සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී (HCl ද්‍රාවණ 25.00 cm^3ක් එකතු කිරීමෙන් පසු) සියලු NH_3 හා HCl ප්‍රමාණ වැය වී ඇත. සෑදෙන NH_4Cl ලවණය පහත දැක්වෙන පරිදි ජලවිච්ඡේදනය වේ.

$$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_3O^+(aq)$$

$HCl(aq) + NH_3(aq) \rightarrow NH_4Cl(aq)$ ප්‍රතික්‍රියාවට අනුව

සෑදුණු NH_4Cl (NH_4^+ (aq)) ප්‍රමාණය $= 2.50 \times 10^{-3}$ mol

∴ ලවණයේ සාන්ද්‍රණය $= \frac{2.5 \times 10^{-3}\ mol}{50.00\ cm^3} \times \frac{1000\ cm^3}{1.0\ dm^3} = 0.05\ mol\ dm^{-3}$

	$NH_4^+(aq) + H_2O(l)$	$\rightleftharpoons NH_3(aq)$	$+ H_3O^+(aq)$
ආරම්භක සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.05	0	0
සාන්ද්‍රණ වෙනස/ mol dm^{-3}	$-x$	$+x$	$+x$
∴සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	$(0.05-x)$	$+x$	$+x$
∴සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය/ mol dm^{-3}	0.05	$+x$	$+x$

($(0.05 - x) \sim 0.05$ උපකල්පනය අනුව)

ඉහත ජලවිච්ඡේදන ප්‍රතික්‍රියාවේ $\boldsymbol{K_b}$ සඳහා ප්‍රකාශනය මෙසේ ය.

$$K_b = \frac{[NH_3(aq)][H_3O^+(aq)]}{[NH_4^+(aq)]}$$

$$5.6 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.05} \text{ (උපකල්පනය අනුව)}$$

$$x^2 = 28 \times 10^{-12}$$

$$x = [H_3O^+(aq)] = 5.3 \times 10^{-6}$$

$$\therefore pH = 5.28$$

(v) සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පසුව ආරම්භයේ තිබුණු ඇමෝනියා NH_4Cl ලවණය බවට පරිවර්තනය වන අතර, අතිරික්ත HCl, H_3O^+ ලෙස පවතී. එබැවින් මිශ්‍රණයේ pH අගය නිර්ණය වන්නේ $H_3O^+(aq)$ වල අතිරික්තයේ සාන්ද්‍රණයෙනි.

HCl ද්‍රාවණ 35.00 cm^3ක්, එනම් තිබූ NH_3 ප්‍රමාණයට සංසන්දකව ස්ටොයිකියොමිතික වශයෙන් වැඩි HCl ප්‍රමාණයක් එකතු කිරීමෙන් පසු pH අගය ගණනය කරනු පිණිස වැඩිපුර (හෙවත් ඉතිරිව ඇති) HCl වල සාන්ද්‍රණය සොයා ගත යුතුය.

ආරම්භක NH_3 ප්‍රමාණය $= \frac{0.100 \text{ mol}}{1.0 \text{ dm}^3} \times 25.00 \text{ cm}^3 \times \frac{1.0 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$

$= 2.50 \times 10^{-3}$ mol

එකතු කළ HCl ප්‍රමාණය $= \frac{0.100 \text{ mol}}{1.0 \text{ dm}^3} \times 35.00 \text{ cm}^3 \times \frac{1.0 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3}$

$= 3.50 \times 10^{-3}$ mol

$\therefore$ ප්‍රතික්‍රියා කළ NH_3 ප්‍රමාණය $= 2.5 \times 10^{-3}$ mol

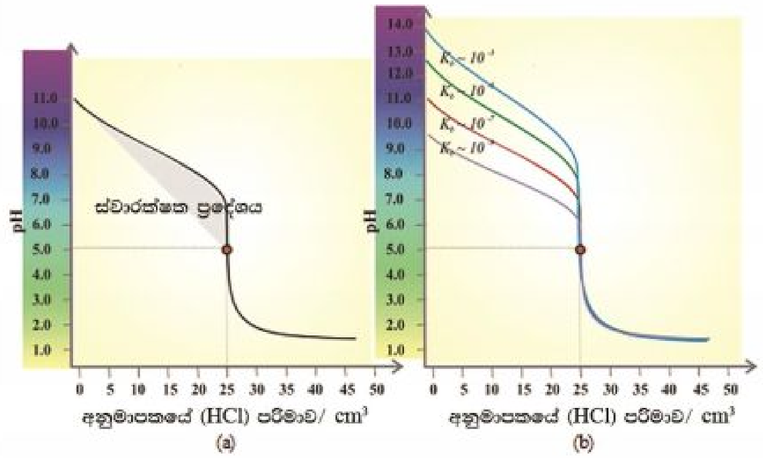
$\therefore$ ඉතිරි HCl ප්‍රමාණය $= (3.50 \times 10^{-3} - 2.50 \times 10^{-3})$ mol

$= 1.0 \times 10^{-3}$ mol

$\therefore$ ඉතිරි HCl ($H_3O^+(aq)$) සාන්ද්‍රණය $= \frac{1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}}{60.00 \text{ cm}^3} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1.0 \text{ dm}^3}$

$= 0.017 \text{ mol dm}^{-3}$

$\therefore pH = -\log(0.017) = 1.77$



2.19 රූපය **(a)** 0.100 mol dm^{-3} NH_3 ද්‍රාවණ 25.00 cm^3 ක් හා 0.100 mol dm^{-3} HCl ද්‍රාවණයක් අතර අනුමාපනය සඳහා අනුමාපන වක්‍රය. සමකතා ලක්ෂ්‍යය pH අගය 5.28 වූ ආම්ලික ප්‍රදේශයේ පිහිටයි. මේ අනුමාපනවල සමකතා ලක්ෂ්‍යයට පහළින් ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයක් සෑදේ. **(b)** රූපයෙන් දුබල හස්මයේ ප්‍රබලතාව සමඟ pH වක්‍රවල සිදු වන වෙනස් වීම සංසන්දනය කෙරේ. හස්මය දුබල වත් ම, සමකතා ලක්ෂ්‍යය වඩාත් ආම්ලික පැත්තට විතැන් වේ.

- **දුබල අම්ල-දුබල හස්ම අනුමාපන**

දුබල අම්ලයක් වන ඇසිටික් අම්ලය, ඇමෝනියා සමඟ සිදු කරන ප්‍රතික්‍රියාව මේ ය.

$$CH_3COOH(aq) + NH_3(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$$

මෙහි ඵල වන්නේ CH_3COO^- හස්මය හා NH_4^+ අම්ලයයි. එබැවින් සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී pH අගය තීරණය කෙරෙනුයේ මේවායේ ජලවිච්ඡේදන ප්‍රමාණය විසිනි. අපට මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_3O^+(aq) \ : \boldsymbol{K_a}$$
$$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + OH^-(aq) \ : \boldsymbol{K_b}$$

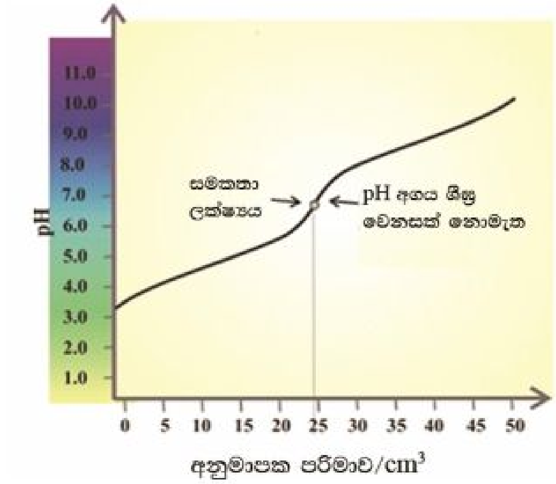
මේ ප්‍රතික්‍රියාවලින් H_3O^+ හා OH^- අයන සෑදෙන බව අපි දකිමු. ඒවා උදාසීනිකරණය වේ. උදාසීනිකරණය සිදු වුව ද සෑදෙන H_3O^+ හා OH^- ප්‍රමාණ සමාන නොවිය හැක්කේ ය. එසේ වන කල්හි සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී pH අගය 7ට සමාන නොවන අතර එය රැඳී පවතින්නේ $\boldsymbol{K_a}$වල හා $\boldsymbol{K_b}$වල විශාලත්වය අනුව ය. $\boldsymbol{K_a} > \boldsymbol{K_b}$ නම් ද්‍රාවණය ආම්ලික වන අතර, $\boldsymbol{K_a} < \boldsymbol{K_b}$ නම් ද්‍රාවණය භාස්මික වේ.

මේ ආකාර අනුමාපනයක දක්නට ලැබෙන තවත් වැදගත් ලක්ෂණයක් නම් pH වක්‍රයේ අධික බෑවුමක් සහිත pH වෙනස් වීමේ ප්‍රදේශයක් නොතිබීමයි. එය ප්‍රධාන වශයෙන් පෙන්නුම් කරනුයේ හැරවුම් ලක්ෂ්‍යයකි. මේ නිසා සමකතා ලක්ෂ්‍යය හඳුනා ගැනීම සඳහා දර්ශකයක් යොදා ගැනීම දුෂ්කර වේ. එබැවින් දුබල අම්ල හා දුබල හස්ම අතර අනුමාපන සාමාන්‍යයෙන් සිදු නො කෙරේ. මේ වර්ගයේ අනුමාපනයක දී pH අගයේ සිදු වන විචලනය 2.20 රූපයෙන් දැක්වේ.

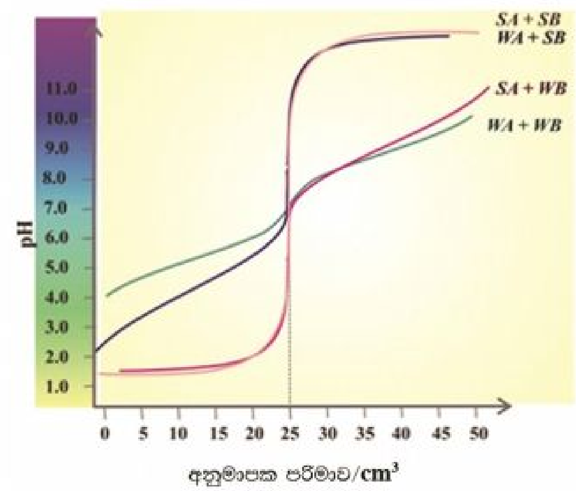
සටහන: එබැවින් ද්‍රාවණවල pH අගය, අම්ලයේ හා භස්මයේ pK අගයයන් හා පහත දැක්වෙන ගණිත සූත්‍රය භාවිතයෙන් නිර්ණය කෙරෙන බව සඳහන් කරමු.

$$pH = 7 + \frac{1}{2}(pK_a - pK_b)$$

වෙනස ධන වේ නම් ද්‍රාවණයේ pH අගය 7ට වඩා වැඩි වන අතර, වෙනස සෘණ වේ නම් ද්‍රාවණයේ pH අගය 7ට වඩා අඩු වේ.



2.20 රූපය 0.100 mol dm^{-3} CH_3COOH ද්‍රාවණ 25.00 cm^3ක් හා 0.100 mol dm^{-3} NH_3 ද්‍රාවණයක් අතර අනුමාපනය සඳහා අනුමාපන වක්‍රය. සමකතා ලක්ෂ්‍යය අම්ලයේ හා භස්මයේ සාපේක්ෂ ප්‍රබලතාව මත රැඳී පවතින බැවින් එය පිට වන ස්ථානය විනිශ්චය කිරීම දුෂ්කර ය. මේ අතර පද්ධතිවල pH හි ශීඝ්‍ර වෙනස් වීමක් නැත.



2.21 රූපය ඉහත සාකච්ඡා කරන ලද 0.100 mol dm^{-3} ඒකභාස්මික අම්ල හා 0.100 mol dm^{-3} ඒක ආම්ලික භස්ම අතර සිව්වැදෑරුම් අනුමාපනවල සාරාංශය (SA-ප්‍රබල අම්ල, SB-ප්‍රබල භස්මය, WA-දුබල අම්ල, WB-දුබල භස්මය)

2.2.12 ද්විභාස්මික හා බහුභාස්මික අම්ල සහ ද්විආම්ලික සහ බහුආම්ලික භස්ම

ඔක්සලික් අම්ලය ($H_2C_2O_4$), සල්ෆියුරික් අම්ලය (H_2SO_4) හා ෆොස්ෆොරික් අම්ලය (H_3PO_4) වැනි ඇතැම් අම්ලවල අණුවක අයනීකරණය විය හැකි ප්‍රෝටෝන එකකට වැඩි ගණනක් ඇත. එබඳු අම්ල බහුභාස්මික හෙවත් බහුප්‍රෝටික අම්ල යනුවෙන් හැඳින්වේ. H_2A ද්විභාස්මික අම්ලයේ අයනීකරණය පහත දැක්වෙන සමීකරණවලින් ප්‍රකාශිත ය:

$$H_2A(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HA^-(aq)$$
$$HA^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^{2-}(aq)$$

ඊට අදාළ සමතුලිතතා නියත (අම්ල අයනීකරණ නියත) පහත දැක්වේ:

$$K_{a_1} = \frac{[H_3O^+(aq)][HA^-(aq)]}{[H_2A(aq)]}$$

$$K_{a_2} = \frac{[H_3O^+(aq)][A^{2-}(aq)]}{[HA^-(aq)]}$$

එපරිද්දෙන් ම, B_2^- ද්විආම්ලික භස්මයේ අයනීකරණ ප්‍රතික්‍රියා පහත දැක්වෙන සමීකරණවලින් පෙන්නුම් කළ හැකි යි:

$$B^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HB^-(aq) + OH^-(aq)$$
$$HB^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2B(aq) + OH^-(aq)$$

ඊට අනුරූප සමතුලිතතා නියත (භස්ම අයනීකරණ නියත) පහත දැක්වේ:

$$K_{b_1} = \frac{[HB^-(aq)][OH^-(aq)]}{[B^{2-}(aq)]}$$

$$K_{b_2} = \frac{[H_2B(aq)][OH^-(aq)]}{[HB^-(aq)]}$$

බහුආම්ලික භස්මවල අනුමාපන

හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය හා සෝඩියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අතර අනුමාපනයේ pH වක්‍රයට ඇත්තේ එක් සමකතා (අන්ත) ලක්ෂ්‍යයක් පමණි (2.17 රූපය). එහෙත් සෝඩියම් කාබනේට් ද්‍රාවණයකට හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය එකතු කිරීමට අදාළ pH වක්‍රය (2.22 රූපය) සමකතා ලක්ෂ්‍ය දෙකක් නොහොත් pH අගයේ ශීඝ්‍ර වෙනස් වීම් දෙකක් පෙන්නුම් කරයි. මෙහි දී අනුයාත ප්‍රතික්‍රියා දෙකක් සිදු වේ. 2.22 රූපයේ අන්ත ලක්ෂ්‍ය දෙක වෙන් වෙන් ප්‍රෝටෝන හුවමාරු සමීකරණ දෙකකින් පහදා දිය හැකි ය.

සෝඩියම් කාබනේට් ප්‍රබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍යයක් වන අතර $Na^+(aq)$ හා $CO_3^{2-}(aq)$ අයන බවට සම්පූර්ණයෙන් විඝටනය වේ.

$$Na_2CO_3(aq) \rightarrow Na^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$$

එබැවින් මිශ්‍රණයේ ඇති ප්‍රධාන ප්‍රභේද වන්නේ $Na^+(aq)$, $CO_3^{2-}(aq)$ හා $H_2O(l)$ ය. ආරම්භක මිශ්‍රණයේ ඇති ප්‍රබලතම භස්මය කාබනේට් අයනය බැවින් අනුමාපනය ආරම්භයේ දී හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලයෙන් සැපයෙන $H^+(aq)$ අයන, $CO_3^{2-}(aq)$ අයන සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරයි.

$$H^+(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow HCO_3^-(aq)$$

අනතුරුව, දෙවැනි ප්‍රතික්‍රියාවේ දී HCl(aq) වෙතින් සැපයෙන ප්‍රෝටෝන පළමු ප්‍රතික්‍රියාවෙන් සෑදෙන හයිඩ්‍රජන් කාබනේට් අයන සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරයි.

$$H^+(aq) + HCO_3^-(aq) \rightarrow H_2CO_3(aq)$$

පළමු සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී මිශ්‍රණයේ පහත දී ඇති සමතුලිතතාව පවතින බව පැහැදිලි ය. එබැවින් pH අගය නිර්ණය කෙරෙනුයේ $HCO_3^-(aq)$ අයනවල ජලවිච්ඡේදනයෙනි.

$$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) + OH^-(aq)$$

දෙවැනි සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී මිශ්‍රණයේ පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව පවතින අතර, එනයින් pH අගය නිර්ණය කෙරෙනුයේ $H_2CO_3(aq)$ අම්ලයේ ජලවිච්ඡේදනයෙනි (පළමු අයනීකරණයෙනි).

$$H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

ඉහත ප්‍රතික්‍රියා දෙක දෙස බැලීමේ දී, පළමු සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී මිශ්‍රණය භාස්මික වන බවත් දෙවැනි සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී එය ආම්ලික වන බවත් වැටහෙනු ඇත.

නිදසුන:

$0.10\ mol\ dm^{-3}$ $Na_2CO_3(aq)$ ද්‍රාවණ $25.00\ cm^3$ ක් හා $0.10\ mol\ dm^{-3}$ HCl(aq) ද්‍රාවණයක් අතර සිදු කෙරෙන අනුමාපනය සලකමු. කාබොනික් අම්ලයේ (H_2CO_3) අම්ල විඝටන නියත K_{a_1} හා K_{a_2} පිළිවෙළින් $4.3 \times 10^{-7}\ mol\ dm^{-3}$ හා $4.7 \times 10^{-11}\ mol\ dm^{-3}$ වේ.

ද්‍රාවණවල සාන්ද්‍රණ අනුව පළමු සමකතා ලක්ෂ්‍යය හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ල ද්‍රාවණ $25.00\ cm^3$ දී ද දෙවැනි සමකතා ලක්ෂ්‍යය $50.00\ cm^3$ දී ද ඇති වෙයි.

H_2CO_3 අම්ලයේ විඝටනය සැලකූ විට,

$$H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq) : K_{a_1}$$

$$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq) : K_{a_2}$$

එබැවින්,

$$K_{a_1} = \frac{[H_3O^+(aq)][HCO_3^-(aq)]}{[H_2CO_3(aq)]} = 4.3 \times 10^{-7}\ mol\ dm^{-3}$$

$$K_{a_2} = \frac{[H_3O^+(aq)][CO_3^{2-}(aq)]}{[HCO_3^-(aq)]} = 4.7 \times 10^{-11}\ mol\ dm^{-3}$$

ආරම්භක pH අගය (HCl ද්‍රාවණ $0.00\ cm^3$ දී):

මේ අවස්ථාවේ දී අම්ලය එකතු කර නැති බැවින් ඇත්තේ $0.10\ mol\ dm^{-3}$ $Na_2CO_3(aq)$ ද්‍රාවණය පමණි. pH අගය නිර්ණය කෙරෙනුයේ $HCO_3^-(aq)$ හා $OH^-(aq)$ දෙමින් කාබනේට් අයන ජලය සමඟ සිදු කරන ප්‍රතික්‍රියාවේ ප්‍රමාණය විසිනි.

$$CO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + OH^-(aq)$$

මෙහි දී භස්මය වන කාබනේට් අයනය ප්‍රෝටෝන සපයමින් ජලය අම්ලයක් ලෙස ක්‍රියා කරයි. මේ ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය මෙසේ යː

$$K' = \frac{[HCO_3^-(aq)][OH^-(aq)]}{[CO_3^{2-}(aq)]}$$

එහෙත් ; $\frac{K_w}{K_{a_2}} = \frac{[H_3O^+(aq)][OH^-(aq)]}{\frac{[H_3O^+(aq)][CO_3^{2-}(aq)]}{[HCO_3^-(aq)]}} = \frac{[HCO_3^-(aq)][OH^-(aq)]}{[CO_3^{2-}(aq)]} = K' = K_{b_1}$

$$\therefore K_{b_1} = \frac{1.0 \times 10^{-14}\ mol^2\ dm^{-6}}{4.7 \times 10^{-1}\ \ mol\ dm^{-3}} = 2.13\ \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$$

$$\therefore K_{b_1} = \frac{[OH^-(aq)]^2}{[CO_3^{2-}(aq)]}\ ([HCO_3^-(aq)] = [OH^-(aq)])$$

$$[OH^-(aq)]^2 = K_{b_1}[CO_3^{2-}(aq)] = 2.13\ \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3} \times\ 0.10\ mol\ dm^{-3}$$
$$= 2.13\ \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$$

$$\therefore [OH^-(aq)]\ \ = 4.61\ \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$$
$$[H_3O^+(aq)] = 2.2\ \times 10^{-12}\ mol\ dm^{-3}$$

$$\therefore pH = 11.71$$

පළමු සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී (HCl ද්‍රාවණ 25.00 cm^3 දී) pH අගය:
ඉහත පැහැදිලි කරන ලද පරිදි පළමු සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී පවත්නා සමතුලිතතාව වන්නේ;

$$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) + OH^-(aq)\ \ \ldots\ldots\ldots (1)$$

උක්ත සමතුලිතතාවට අනුව,

$$K = \frac{[H_2CO_3(aq)][OH^-(aq)]}{[HCO_3^-(aq)]}$$

පහත දැක්වෙන පරිදි K කාබොනික් අම්ලයේ K_{a_1}ට සෘජු ලෙස සම්බන්ධ වේ.

$$K = \frac{K_w}{K_{a_1}} = \frac{[H_3O^+(aq)][OH^-(aq)]}{\frac{[H_3O^+(aq)][HCO_3^-(aq)]}{[H_2CO_3(aq)]}} = \frac{[H_2CO_3(aq)][OH^-(aq)]}{[HCO_3^-(aq)]} = K_{b_2}$$

K_{b_2} කාබනේට් අයනයේ දෙවැනි අයනීකරණ නියතය වන බැවින්,

$$CO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + OH^-(aq)\ \ : K_{b_1}$$

$$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) + OH^-(aq)\ \ : K_{b_2}$$

$$\therefore K_{b_2} = \frac{[H_2CO_3(aq)][OH^-(aq)]}{[HCO_3^-(aq)]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}\ mol^2\ dm^{-6}}{4.3 \times 10^{-7}\ mol\ dm^{-3}} = 2.33 \times 10^{-8}\ mol\ dm^{-3}$$

(1) ප්‍රතික්‍රියාව සඳහා,

$$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) + OH^-(aq)$$

$$K_{b_2} = \frac{[H_2CO_3(aq)][OH^-(aq)]}{[HCO_3^-(aq)]}$$

සමතුලිතතාවේ දී:

$$K_{b_2} = \frac{[OH^-(aq)]^2}{[HCO_3^-(aq)]} (\text{as } [H_2CO_3(aq)] = [OH^-(aq)])$$

පළමු සමකතා ලක්ෂ්‍යය HCl ද්‍රාවණ 25.00 cm^3 (දී ඇති වන බැවින්;)

$$[HCO_3^-(aq)] = \frac{0.10\ mol\ dm^{-3} \times 25.00 \times 10^{-3}\ dm^3}{50.00 \times 10^{-3}\ dm^3} = 0.05\ mol\ dm^{-3}$$

$$\therefore [OH^-(aq)]^2 = K_{b_2}[HCO_3^-(aq)] = 2.33 \times 10^{-8}\ mol\ dm^{-3} \times 0.05\ mol\ dm^{-3}$$

$$\therefore [OH^-(aq)] = 3.4 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$$

$$[H_3O^+(aq)] = 2.9 \times 10^{-10}\ mol\ dm^{-3}$$

$$\therefore \mathbf{pH = 9.47}$$

දෙවැනි සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී (HCl ද්‍රාවණ 50.00 cm^3 දී) pH අගය:

ඉහත පැහැදිලි කරන ලද පරිදි දෙවැනි සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී පවත්නා සමතුලිතතාව වන්නේ;

$$H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq) \quad \text{.............. (2)}$$

ඉහත සමතුලිතතාව සඳහා;

$$K' = \frac{[HCO_3^-(aq)][H_3O^+(aq)]}{[H_2CO_3(aq)]} = K_{a_1} = \frac{[H_3O^+(aq)]^2}{[H_2CO_3(aq)]}$$

$([H_2CO_3(aq)] = [H_3O^+(aq)])$ වන බැවින්

පළමු සමකතා ලක්ෂ්‍යයෙන් පසු දෙවැනි සමකතා ලක්ෂ්‍යය ලැබීම සඳහා තවත් HCl 25.00 cm^3ක් අවශ්‍ය ය. දෙවැනි සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී $[H_2CO_3(aq)]$ මෙසේ ගණනය කළ හැකි ය:

$$[H_2CO_3(aq)] = \frac{0.10\ mol\ dm^{-3} \times 25.00 \times 10^{-3}\ dm^3}{75.00 \times 10^{-3}\ dm^3} = 0.03\ mol\ dm^{-3}$$

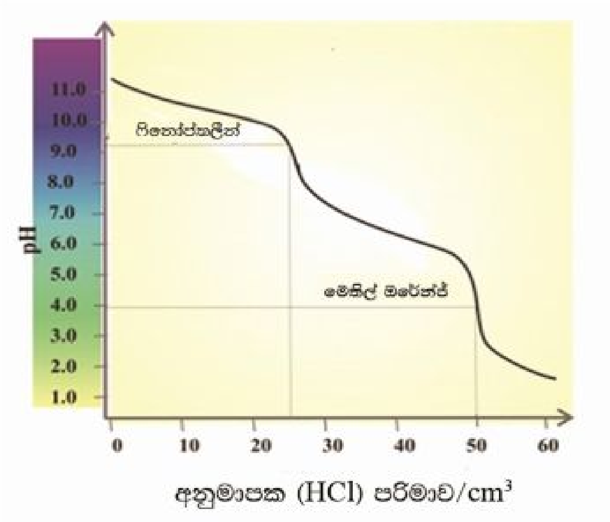
$$[H_3O^+(aq)]^2 = K_{a_1}[H_2CO_3(aq)]$$

$$[H_3O^+(aq)]^2 = 4.3 \times 10^{-7}\ mol\ dm^{-3} \times 0.03\ mol\ dm^{-3} = 1.3 \times 10^{-8} mol^2\ dm^{-6}$$

$$[H_3O^+(aq)] = 1.14 \times 10^{-4} mol\ dm^{-3}$$

$$\therefore \mathbf{pH = 3.94}$$

මේ අනාවරණවලට අනුව පළමු සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී pH අගය 9.4 ද දෙවැනි සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී pH අගය ~ 4.0 ද වේ. එබැවින් පරීක්ෂණයක දී පළමු සමකතා ලක්ෂ්‍යය ෆිනෝප්තලීන් දර්ශකයෙන් ද, දෙවැනි සමකතා ලක්ෂ්‍යය මෙතිල් ඔරේන්ජ් දර්ශකයෙන් ද අනාවරණය කර ගත හැකි ය. මේ අනුමාපනයේ දී pH අගය විචලනය 2.22 රූපයෙන් පෙන්නුම් කෙරේ.



2.22 රූපය 0.100 mol dm^{-3} Na_2CO_3 ද්‍රාවණ 25.00 cm^3ක් 0.100 mol dm^{-3} HCl ද්‍රාවණයක් සමඟ අනුමාපනය කිරීමට අදාළ අනුමාපන වක්‍රය. මෙහි සමකතා ලක්ෂ්‍ය දෙකකි. පළමු වැන්න CO_3^{2-} අයන HCl හා ප්‍රතික්‍රියා වී HCO_3^- සෑදීමට ද, දෙවැන්න HCO_3^- අයන H_2CO_3 බවට පරිවර්තනය වීමට ද අනුරූප ය.

2.2.13 අම්ල-භස්ම දර්ශක

ඉහත කොටසේ දී අපි අම්ල-භස්ම අනුමාපනයක සමකතා ලක්ෂ්‍යය, ද්‍රාවණයකට එකතු කරන ලද OH^- මවුල ප්‍රමාණය, ආරම්භයේ දී තිබූ H^+ අයන මවුල ප්‍රමාණයට සමාන වන ලක්ෂ්‍යය ලෙස හැඳින්වූයෙමු. එහෙයින් අනුමාපනයක සමකතා ලක්ෂ්‍යය නිර්ණය කරනු පිණිස අපි ප්ලාස්කුවේ ඇති අම්ලයට බියුරට්ටුවේ ඇති භස්ම ද්‍රාවණයෙන් කවර පරිමාවක් එකතු කළ යුතු දැයි හරියට ම දැන ගත යුත්තෙමු. මෙය ඉටු කර ගත හැකි ක්‍රමයක් නම් අනුමාපනය ආරම්භයේ දී අම්ල ද්‍රාවණයට අම්ල-භස්ම දර්ශකයක් යනුවෙන් හැඳින්වෙන බාහිර ද්‍රව්‍යයකින් බින්දු කිහිපයක් එකතු කිරීම ය.

දර්ශකයකින් අන්ත ලක්ෂ්‍යය සොයා ගැනීම

මේ දර්ශකවල වැදගත් කාණ්ඩයක් වන්නේ කාබනික ඩයිවල ව්‍යුත්පන්න වූ දුබල අම්ල හා දුබල භස්ම ය. එබඳු සංයෝගවල අවම වශයෙන් තීව්‍ර ලෙස වර්ණවත් වූ එක් සංයුග්මක අම්ල-භස්ම යුගලක් වත් අඩංගු බැවින්, ඒවා අනුමාපන සඳහා යොදා ගැනීමේ ප්‍රතිඵලය වන්නේ pH අගයේ වෙනස් වීමත් සමඟ වර්ණ විපර්යාසයක් ඇති වීමයි. මේ වර්ණ වෙනස අනුමාපනයේ සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී සිදු වේ නම් එය අනුමාපනයේ අන්ත ලක්ෂ්‍යය නිර්ණය කිරීමේ ප්‍රයෝජනවත් උපක්‍රමයක් වේ. දර්ශකයක අයනීකරණය වූ හා අයනීකරණය නොවූ ආකාර කැපී පෙනෙන ලෙස එකිනෙකින් වෙනස් වූ වර්ණවලින් යුක්ත ය. මේ ආකාර දෙක, දර්ශකය ද්‍රවණය වී ඇති ද්‍රාවණයේ pH අගයට සම්බන්ධ ය. අම්ල-භස්ම දර්ශකයක් එහි වර්ණය වෙනස්

කරන pH අගය එහි අම්ල විඝටන නියතය විසින් නිර්ණිත ය. HIn ඒකප්‍රෝටික අම්ලය වන දර්ශකයක් පහත දැක්වෙන පරිදි විඝටනය වේ:

$$HIn(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + In^-(aq)$$

එහි සමතුලිතතා නියතය වන්නේ,

$$K_{In} = \frac{[H_3O^+(aq)][In^-(aq)]}{[HIn(aq)]}$$

දෙපස ඍණ ලඝුගණක ගැනීමෙන් හා pH අගය සඳහා ප්‍රතිසංවිධානය කිරීමෙන් හුරුපුරුදු සමීකරණය ලැබේ:

$$-\log[H_3O^+(aq)] = -\log K_{In} + \log\frac{[In^-(aq)]}{[HIn(aq)]}$$

$$pH = pK_{In} + \log\frac{[In^-(aq)]}{[HIn(aq)]}$$

දර්ශකයේ HIn හා In^- යන ආකාර දෙක එකිනෙකට වෙනස් වර්ණයන්ගෙන් යුක්ත ය. එබැවින් දර්ශකයක් අඩංගු ද්‍රාවණයක වර්ණය එහි HIn සාන්ද්‍රණය අඩු වත් ම හා In^- සාන්ද්‍රණය වැඩි වත් ම අඛණ්ඩව වෙනස් වෙයි. එක සමාන පහසු ආකාරයකින් HIn හා In^- යන ප්‍රභේද දෙක ම අනාවරණය කර ගත හැකි යැයි උපකල්පනය කළ හොත්, ඒවායේ සාන්ද්‍රණ සමාන වන විට, නැත හොත් ද්‍රාවණයේ **pH** අගය දර්ශකයේ **pK_{In}** අගයට සමාන වන විට එක් වර්ණයකින් අනෙක් වර්ණයට සිදු වන සංක්‍රාන්තියෙහි මධ්‍ය ලක්ෂ්‍යය පැමිණෙයි. මෙවිට සමකතා ලක්ෂ්‍යය හා අන්ත ලක්ෂ්‍යය සම්පාත වෙයි. එබැවින් **pK_{In}** සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී **pH** අගයට සමාන වන දර්ශකයක් තෝරා ගන්නා ලද්දේ නම්, දර්ශකයේ වර්ණය HIn හි හා In^- හි වර්ණ දෙක අතර හරි මැද පිහිටි වර්ණය වෙත එළඹෙන තෙක් අනුමාපනය සිදු කෙරේ.

එසේ වුව ද සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී pH අගය හරියට ම දැන ගත හැක්කේ කලාතුරකිනි. හැරත්, වර්ණ වෙනස සියුම් නම් HIn හා In^- සාන්ද්‍රණ සමාන වන ලක්ෂ්‍යය අනාවරණය කර ගැනීම දුෂ්කර විය හැකි ය. එහෙත් HIn හි සාන්ද්‍රණය In^- හි සාන්ද්‍රණය මෙන් දස ගුණයක් හෝ ඊට වැඩි වන විට ද්‍රාවණයේ වර්ණය HInහි වර්ණය බවත් HIn හිසාන්ද්‍රණය In^- හි සාන්ද්‍රණය මෙන්දස ගුණයකට හෝ ඊට වඩා අඩු වන විට ද්‍රාවණයේ වර්ණය In^- හි වර්ණය බවත් උපකල්පනය කළ හොත්, අපට නිරීක්ෂණය කළ හැකි වර්ණ වෙනසක් ඇති වන pHඅගය පරාසයක් ස්ථාපිත කළ හැකි ය.

එනම්, දර්ශකය සැලකිය යුතු තරම් ආම්ලික වූ මාධ්‍යයක පවතින විට, ලේ චැටලියර් මූලධර්මයට අනුව සමතුලිතතාව වමට බර වන අතර, දර්ශකයේ ප්‍රමුඛ වර්ණය අයනීකරණය නොවූ ආකාරයේ (HIn) වර්ණයයි. අනෙක් අතට, භාස්මික මාධ්‍යයක දී සමතුලිතතාව දකුණට බර වන අතර, ද්‍රාවණයේ වර්ණයට ප්‍රධාන වශයෙන් හේතු වන්නේ එහි සංයුග්මක භස්මයයි. (In^-). එබැවින් දර්ශකයේ නිරීක්ෂණය වන වර්ණය පුරෝකථනය සඳහා අපට පහත දැක්වෙන සාන්ද්‍රණ අනුපාතය භාවිත කළ හැකි ය:

$$\frac{[HIn(aq)]}{[In^-(aq)]} \geq 10 \text{ වන විට,}$$

$$pH = pK_{In} + \log\frac{1}{10}$$

$$pH = pK_{In} - 1$$

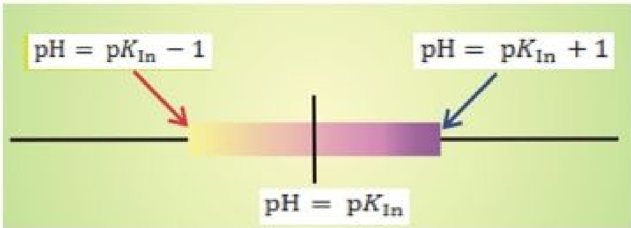
$\therefore$ HIn අම්ලයේ වර්ණය ප්‍රමුඛ වේ.

$$\frac{[In^-(aq)]}{[HIn(aq)]} \geq 10 \text{ වන විට,}$$

$$pH = pK_{In} + \log\frac{10}{1}$$

$$pH = pK_{In} + 1$$

$\therefore In^-$ සංයුග්මක භස්මයේ වර්ණය ප්‍රමුඛ වේ.

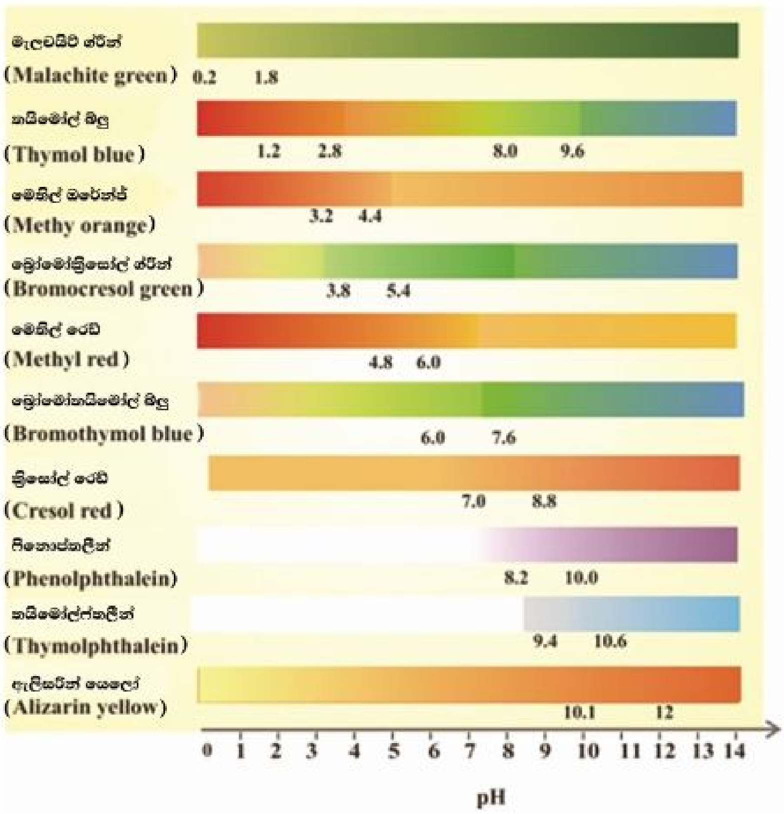


2.23 රූපය දර්ශකයක හැසිරීම: $HIn(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + In^-(aq)$

දර්ශකයේ අන්ත ලක්ෂ්‍යය සුවිශේෂ pH අගයක දී ළඟා නො වේ. එය ඇති වන්නේ pH පරාසයක් තුළ ය. ප්‍රායෝගිකව අප විසින් තෝරා ගනු ලබන්නේ pH පරාසය අනුමාපන වක්‍රයේ අධික බෑවුමෙන් යුත් (සිරස්) කොටස ඇතුළත පිහිටන දර්ශකයකි. සමකතා ලක්ෂ්‍යය ද වක්‍රයේ සිරස් කොටස තුළ පිහිටන නිසා මේ තෝරා ගැනීම සමකතා ලක්ෂ්‍යයේ දී pH අගය දර්ශකයේ වර්ණ විපර්යාසය සිදු වන පරාසය තුළ පිහිටීම සහතික කරයි. නිදසුනක් ලෙස ෆිනෝප්තලීන් NaOH හා HCl අතර අනුමාපනය සඳහා සුදුසු දර්ශකයකි. ෆිනෝප්තලීන් ආම්ලික හා උදාසීන ද්‍රාවණවලදී අවර්ණ වන අතර භාස්මික ද්‍රාවණවලදී රතු පැහැයට හුරු රෝස පැහැයක් ගනී. මිනුම්වලින් පෙන්නුම් කෙරෙන පරිදි pH = 8.3 දී දර්ශකය අවර්ණ වන නමුත් pH අගය 8.3 ඉක්මවත් ම එය රතු පැහැයට හුරු රෝස පැහැයට හැරීමට පටන් ගනී. 2.22 රූපයෙන් පෙන්නුම් කෙරෙන පරිදි සමකතා ලක්ෂ්‍යය ආසන්නයේ දී pH වක්‍රයේ ශීඝ්‍ර වෙනසෙන් පිළිබිඹු වන්නේ NaOH ද්‍රාවණයෙන් එකතු කෙරෙන ඉතා කුඩා ප්‍රමාණයකින් (~ 0.05 cm^3) ද්‍රාවණයේ pH අගයේ විශාල වැඩි වීමක් ඇති කෙරෙන බවයි. මෙහි දී වැදගත් වන කරුණ වන්නේ ෆිනෝප්තලීන් අවර්ණ භාවයේ සිට රතු පැහැයට හුරු රෝස පැහැයට වෙනස් වන පරාසය pH පැතිකඩෙහි සිරස් කොටස තුළ ඇතුළත් වන බවයි. එබඳු අනුරූපතාවක් ඇති විට, අනුමාපනයේ සමකතා ලක්ෂ්‍යය හඳුනා ගැනීම සඳහා දර්ශකය භාවිත කළ හැකි ය.

2.4 වගුව සුලබ අම්ල-භස්ම දර්ශක කිහිපයක්

දර්ශකය	අම්ලයේ දී වර්ණය	භස්මයේ දී වර්ණය	pH පරාසය	pK_{In}
තයිමෝල් බ්ලූ	රතු	කහ	1.2–2.8	1.7
බ්‍රෝමොෆිනෝල් බ්ලූ	කහ	දම්	3.0–4.6	4.1
මෙතිල් ඔරේන්ජ්	තැඹිලි	කහ	3.1–4.4	3.7
මෙතිල් රෙඩ්	රතු	කහ	4.2– 6.3	5.0
ක්ලෝරෝ ෆිනෝල් රෙඩ්	කහ	රතු	5.2– 6.8	6.0
බ්‍රෝමොතයිමෝල් බ්ලූ	කහ	නිල්	6.0 –7.6	7.1
ක්‍රිසෝල් රෙඩ්	කහ	රතු	7.2– 8.8	8.2
ෆිනොල්ප්තලින්	අවර්ණ	රතු පැහැයට හුරු රෝස	8.3–10.0	9.6

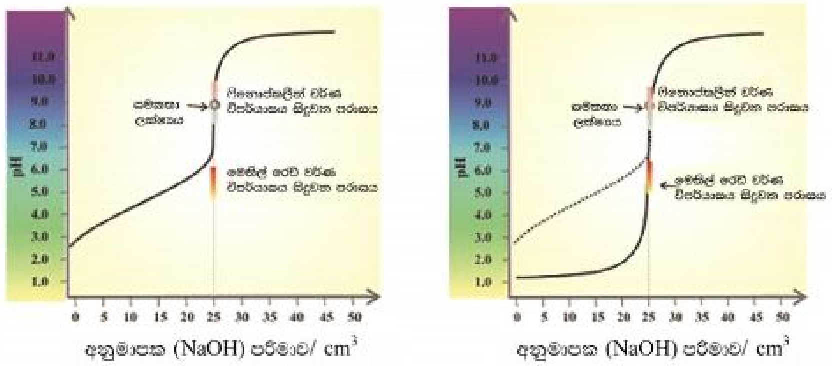


2.24 රූපය දර්ශක සමහරක වර්ණ වෙනස් වන pH පරාස

අනුමාපනයකට දර්ශකයක් තෝරා ගැනීම

දර්ශකයක වර්ණ විපර්යාසය සිදු වන pH පරාසයේ සාපේක්ෂ පුළුල් බව නිසා අනුමාපනයක් සිදු කිරීමට ඇති හැකියාව කෙරෙහි අමතර සීමා පැනවේ. අනුමාපන දෝෂය අවම කිරීමට හෙවත් පිළිගත හැකි ඉහළ නිරවද්‍යතාවකින් යුතුව අනුමාපනයක් සිදු කිරීමට නම්, දර්ශකයේ වර්ණ සංක්‍රාන්තිය සමකතා ලක්ෂ්‍යය සමීපයේ දී සිදු වන pH අගයේ තියුණු වෙනසක් තුළ සිදු විය යුතු ය. එබැවින් 2.25 (a) රූපයේ පෙන්නුම් කෙරෙන පරිදි 0.1 mol dm^{-3} ඇසිටික් අම්ලය හා 0.1 mol dm^{-3} NaOH අතර අනුමාපනය සඳහා ෆිනෝප්තලීන් සුදුසු දර්ශකයක් වේ. අනෙක්

අතට මෙතිල් රෙඩ් මේ සඳහා නුසුදුසු දර්ශකයක් වන්නේ එහි වර්ණ වෙනස pH අගයේ තියුණු නැග්මට පෙර ආරම්භ වන නිසාත් එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස සාපේක්ෂ වශයෙන් විශාල පරිමා පරාසයක් සිසාරා එය විහිදෙන නිසාත් ය. කල් තබා සිදු වන වර්ණ වෙනස සාවද්‍ය ප්‍රතිඵල ලැබීමේ සම්භාවිතාව වැඩි කරන අතර ලැබිය හැකි අන්ත ලක්ෂ්‍ය පරිමාවල පරාසය අනන්‍ය ප්‍රතිඵල ලැබීමට ඇති අවකාශය වැඩි කරයි. 2.25 (b) රූපයෙන් 0.1 mol dm^{-3} HCl අම්ලය හා 0.1 mol dm^{-3} NaOH අතර, එනම් ප්‍රබල අම්ලයක් හා ප්‍රබල හස්මයක් අතර අනුමාපනයකට දර්ශක ලෙස ෆිනෝප්තලීන් හා මෙතිල් රෙඩ් යන දර්ශක දෙක ම භාවිත කළ හැකි බව පෙන්නුම් කෙරේ.



2.25 රූපය දෙන ලද අනුමාපනයකට සුදුසු දර්ශකයක් තෝරා ගැනීම. ෆිනෝප්තලීන් දුබල අම්ල-දුබල හස්ම අනුමාපනයකට සුදුසු දර්ශකයකි. **(a)** රූපයෙන් පෙනෙන පරිදි මෙතිල් ඔරේන්ජ්වල වර්ණ විපර්යාස pH පරාසය සමකතා ලක්ෂ්‍ය pH පරාසය හා සමපාත නො වේ. **(b)** රූපයෙන් පෙන්නුම් කෙරෙන පරිදි ප්‍රබල අම්ල- ප්‍රබල හස්ම අනුමාපනයක් සඳහා දර්ශක දෙක ම භාවිත කළ හැකි ය.

2.3 ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණ

ජලය ඝන ඩෙසිමීටරයකට සාන්ද්‍ර හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය 0.10 cm^3ක් තරම් අල්ප වූ ප්‍රමාණයක් එකතු කළ pH අගය 7.0 සිට 3.0 දක්වා පහත වැටෙන බව අපට සරල පරීක්ෂණයකින් සොයා ගත හැකි ය. එසේ ම සාන්ද්‍ර NaOH ද්‍රාවණයකින් 0.10 cm^3 පමණ ජලය ඝන ඩෙසිමීටරයකට එකතු කළ විට pH අගය 7.0 සිට 11.0 දක්වා ඉහළ නගින බව පෙනී යයි. එහෙත් HCl හෝ NaOH එම ප්‍රමාණය ම දුබල අම්ලයක් හා එහි සංයුග්මක හස්මය යන දෙකට ම සාපේක්ෂව 0.10 mol dm^{-3} වූ ද්‍රාවණයකට එකතු කරන ලද්දේ නම් pH අගයෙහි සිදු වන වෙනස නොසැලකිය හැකි තරම් සුළු ය. එවැනි ද්‍රාවණ ස්වාරක්ෂක යනුවෙන් හැඳින්වෙන අතර ඒවායේ ස්වාරක්ෂක ක්‍රියාව pH අගයේ හා දුබල අම්ල-දුබල හස්ම සංයුග්මක යුගලෙහි සාපේක්ෂ සාන්ද්‍රණ අතර සම්බන්ධතාවෙහි ප්‍රතිඵලයකි.

එනම්, ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයක් යනු දුබල අම්ලයක් හෝ දුබල හස්මයක් සහ එහි ලවණයක ද්‍රාවණයකි. අම්ලයක හෝ හස්මයක අල්ප ප්‍රමාණයක් එකතු කළ විට ඇති වන pH වෙනසට සංරෝධී වීමේ හැකියාව එම ද්‍රාවණයට ඇත.
හෝ

ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයක් යනු ප්‍රබල අම්ලයක් හෝ දුබල හස්මයක අල්ප පරිමා එකතු කළ විට ඇති වන pH වෙනසට සංරෝධී වන, දුබල අම්ල/ දුබල හස්ම සංයුග්මක යුගලක් අඩංගු වන්නා වූ ද්‍රාවණයකි.

ඉහත අර්ථ දැක්වීමට අනුව ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයක, එයට එකතු කරනු ලබන යම් OH^- අයන ප්‍රමාණයක් වේ ද ඒ හා ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට සෑහෙන තරම් විශාල වූ අම්ල සාන්ද්‍රණයක් හා එකතු කරනු ලබන H^+ අයන ප්‍රමාණයක් හා ප්‍රතික්‍රියා කිරීමට තරම් වූ එබඳු හස්ම ප්‍රමාණයක් ඇතුළත් විය යුතු ය. ස්වාරක්ෂකයක ඇති අම්ල හා හස්ම සංරචක උදාසීනිකරණ ප්‍රතික්‍රියාවක දී එකිනෙක සමඟ ප්‍රතික්‍රියා නොකළ යුතු ය. අම්ල-හස්ම සංයුග්මක යුගලකින් - උදාහරණ ලෙස දුබල අම්ලයකින් හා එහි සංයුග්මක හස්මයෙන් (ලවණයකින් සැපයෙන) හෝ දුබල හස්මයකින් හා එහි සංයුග්මක අම්ලයෙන් (ලවණයකින් සැපයෙන) - මේ අවශ්‍යතා සම්පූර්ණ වේ. දන්නා pH අගයෙන් යුත් ද්‍රාවණ, අම්ලයේ $\mathbf{p}K_\mathbf{a}$ හෝ හස්මයේ $\mathbf{p}K_\mathbf{b}$ පිළිබඳ දැනුම උපයෝගී කර ගැනීමෙන් හා ලවණ-අම්ල නොහොත් ලවණ-හස්ම අනුපාතය පාලනය කිරීමෙන් පිළියෙල කර ගත හැකි ය. ඇසිටික් අම්ලයේ හා සෝඩියම් ඇසිටේට්වල මිශ්‍රණයක් pH අගය 4.75 පමණ වූ ස්වාරක්ෂකයක් ලෙස ද ඇමෝනියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ්වල හා ඇමෝනියම් ක්ලෝරයිඩ්වල මිශ්‍රණයක් pH අගය 9.25 පමණ වූ ස්වාරක්ෂකයක් ලෙස ද ක්‍රියා කරයි. ඇසිටික් අම්ලයේ (CH_3COOH) හා එහි ලවණයක් වන සෝඩියම් ඇසිටේට් හා (CH_3COONa) සංසන්දක ප්‍රමාණ ජලයට එකතු කිරීමෙන් පිළියෙල කරන ලද ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයක් සලකා බලමු. පොදු අයනය දුබල අම්ලයේ/ හස්මයේ විඝටනය යටපත් කරන බැවින් අම්ලය හා එහි සංයුග්මක හස්මය (CH_3COONa වලින් ලැබෙන) යන දෙකෙහි ම සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ, ඒවායේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණ ම වන බව උපකල්පනය කළ හැකි ය. මේ ද්‍රව්‍ය දෙක අඩංගු ද්‍රාවණයකට එකතු කරන ලද අම්ලයක් හෝ හස්මයක් උදාසීන කිරීමේ හැකියාව ඇත. ද්‍රාවණය තුළ දී ප්‍රබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍යයක් වන CH_3COONa සම්පූර්ණයෙන් විඝටනය වී පවතී.

$$CH_3COONa(aq) \rightarrow CH_3COO^-(aq) + Na^+(aq)$$

අම්ලයක් එකතු කළ විට ස්වාරක්ෂකයේ ඇති සංයුග්මක හස්මය වන CH_3COO^- විසින් පහත දැක්වෙන සමීකරණය අනුව H^+ අයන ප්‍රතිග්‍රහණය කර ගැනේ.

$$CH_3COO^-(aq) + H^+(aq) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq)$$

ස්වාරක්ෂක පද්ධතියට හස්මයක් එකතු කරන ලද්දේ නම් එහි ඇති අම්ලය විසින් OH^- අයන උදාසීන කෙරේ.

$$CH_3COOH(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_2O(l)$$

එසේ ම, ඇමෝනියාවල (NH_3) හා එහි ලවණයක් වන ඇමෝනියම් ක්ලෝරයිඩ්වල (NH_4Cl) සංසන්දක ප්‍රමාණ ජලයට එකතු කිරීමෙන් පිළියෙල කර ගනු ලබන ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයක් සලකමු. පොදු අයනය දුබල හස්මය වන ඇමෝනියාවල විඝටනය යටපත් කරන බැවින් හස්මය හා එහි සංයුග්මක අම්ලය (NH_4Clවලින් ලැබෙන) යන දෙකෙහි ම සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණ, ඒවායේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණ ම වන බව උපකල්පනය කළ හැකි ය. මේ ද්‍රව්‍ය දෙක අඩංගු ද්‍රාවණයකට එකතු කරන ලද අම්ලයක් හෝ හස්මයක් උදාසීන කිරීමේ හැකියාව ඇත. ද්‍රාවණය තුළ දී ප්‍රබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍යයක් වන NH_4Cl සම්පූර්ණයෙන් විඝටනය වී පවතී.

$$NH_4Cl(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$$

අම්ලයක් එකතු කළ විට ස්වාරක්ෂකයේ ඇති භස්මය වන NH_3 පහත දී ඇති සමීකරණයේ දැක්වෙන පරිදි H^+ අයන සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරයි.

$$NH_3(aq) + H^+(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq)$$

භස්මයක් එකතු කරන ලද්දේ නම් ස්වාරක්ෂකයේ ඇති සංයුග්මක අම්ලය වන NH_4^+ අයන පහත දැක්වෙන සමීකරණයට අනුව OH^- අයන සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරයි.

$$NH_4^+(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_2O(aq)$$

ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණවල pH අගය සඳහා පොදු ප්‍රකාශනය

ජලීය ද්‍රාවණයේ පවතින HA දුබල අම්ලය හා එහි සංයුග්මක භස්මයේ ලවණය NaA ආශ්‍රිත පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියා සැලකිල්ලට ගෙන, පොදු ස්වාරක්ෂක සමීකරණයක් ව්‍යුත්පන්න කළ හැකි ය. ද්‍රාවණයේ ඇති ප්‍රභේද සම්බන්ධ ප්‍රතික්‍රියා මෙසේ ය.

$$NaA(aq) \rightarrow Na^+(aq) + A^-(aq)$$

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

$$2H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$$

මෙහි $[A^-(aq)]$, NaAවලින් ලැබෙන $A^-(aq)$ සාන්ද්‍රණය ලෙස සැලකිය හැකි අතර, $A^-(aq)$ පොදු අයනයේ පැවැත්ම හේතු කොට ගෙන HA හි විඝටනය යටපත් වන බව ද උපකල්පනය කළ හැකි ය. මේ පද දුබල අම්ලයේ K_a සඳහා ප්‍රකාශනයේ ආදේශයෙන්,

$$K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][A^-(aq)]}{[HA(aq)]}$$

HAවල හා NaAවල ආරම්භක සාන්ද්‍රණවලට සාපේක්ෂව ඉතා කුඩා අගයක් ගන්නා හෙයින් අපට ජලයෙන් ලැබෙන H_3O^+ හා OH^- සාන්ද්‍රණ ද නොසලකා හැරිය හැකි ය. එබැවින්,

$$[H_3O^+(aq)] = K_a \frac{[HA(aq)]}{[A^-(aq)]}$$

අවසානයේ අපට පහත දැක්වෙන සමීකරණය ලැබේ.

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-(aq)]}{[HA(aq)]}$$

or

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{සංයුග්මක භස්මය}]}{[\text{අම්ලය}]}$$

මේ හෙන්ඩසන් - හැසල්බල්ච් සමීකරණයයි.

2.22 නිදසුන

pH අගය 9.0 වූ ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයක් පිළියෙල කිරීම සඳහා 0.10 mol dm^{-3} NH_3 ද්‍රාවණ 1.0 dm^3 කට එකතු කළ යුතු NH_4Cl මවුල ප්‍රමාණය කොපමණ ද?

$K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$.

පිළිතුර

$NH_3(aq) + H_2O(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$

පළමුව අප $[NH_4^+(aq)]$ සොයා ගත යුතු වේ.

$$K_b = \frac{[NH_4^+(aq)][OH^-(aq)]}{[NH_3(aq)]} = 1.8 \times 10^{-5}$$

අප ද්‍රාවණයේ pH අගය දන්නා බැවින් $[OH^-(aq)]$ ගණනය කර ගත හැකි ය.

pOH = 14 – pH = 5.0 එම නිසා $[OH^-(aq)] = 1.0 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$

$$[NH_4^+(aq)] = K_b \frac{[NH_3(aq)]}{[OH^-(aq)]}$$

$$= 1.8 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3} \times \frac{0.10\ mol\ dm^{-3}}{1.0 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}}$$

$$= 0.18\ mol\ dm^{-3}$$

$\therefore NH_4^+$ මවුල ප්‍රමාණය $= 0.18\ mol\ dm^{-3} \times 1.0\ dm^3$

$= 0.18\ mol$

මේ හෙන්ඩසන් - හැසල්බල්ච් සමීකරණය, ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයක pH අගය ගණනය කිරීමටත් ඊට ප්‍රබල අම්ලයක් හෝ ප්‍රබල භස්මයක් එකතු කිරීමේ දී සිදු වන pH වෙනස නිර්ණය කිරීමටත් සරල ක්‍රමයක් සපයයි.

2.23 නිදසුන

CH_3COOH සාන්ද්‍රණය 1.0 mol dm^{-3} වූ හා CH_3COONa සාන්ද්‍රණය 2.0 mol dm^{-3} වූ ස්වාරක්ෂක පද්ධතියක pH අගය ගණනය කරන්න. ද්‍රාවණයේ 1.0 dm^3 කට HCl මවුල 0.10ක් එකතු කිරීමෙන් පසු ස්වාරක්ෂක පද්ධතියේ pH අගය කුමක් වේ ද? HCl එකතු කිරීමේ දී ද්‍රාවණයේ පරිමාව වෙනස් නොවන බව උපකල්පනය කරන්න.

$K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ mol dm^{-3}

පිළිතුර

CH_3COOHවලින් ලැබෙන CH_3COO^- පොදු අයනයේ පැවැත්ම නිසා අපට CH_3COOH හි අයනීකරණය හා CH_3COO^- අයනයේ ජලවිච්ඡේදනය නොසලකා හළ හැකි ය. එබැවින්,

$[CH_3COOH(aq)] = 1.0$ mol dm^{-3} හා $[CH_3COO^-(aq)] = 2.0$ mol dm^{-3}

$$K_a = \frac{[H_3O^+(aq)][CH_3COO^-(aq)]}{[CH_3COOH(aq)]} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$[H_3O^+(aq)] = \frac{[1.0]}{[2.0]} \times 1.8 \times 10^{-5}$$

$$[H_3O^+(aq)] = 9.0 \times 10^{-6}$$

$$pH = 5.05$$

ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණ 1.0 dm^3කට HCl 0.2 molක් එකතු කිරීමෙන් පසු (එනම්, $[H^+(aq)] = 0.10$ mol dm^{-3}) HCl හි සම්පූර්ණ අයනීකරණය සිදු වේ.

$HCl(aq)$	$\rightarrow$	$H^+(aq)$	$+ Cl^-(aq)$	
0.10		0.10	0.10	mol dm^{-3}

HClවලින් ලැබෙන H^+ අයන 2.0 mol dm^{-3} CH_3COONaවලින් උදාසීන වේ.

$H^+(aq)$	$+ CH_3COO^-(aq)$	$\rightleftharpoons$	$CH_3COOH(aq)$	
0.10	0.10		0.10	mol dm^{-3}

(මේ ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය ඉතා විශාල බැවින් ප්‍රතික්‍රියාව 0.10 mol dm^{-3} CH_3COOH දෙමින් සම්පූර්ණත්වය කරා යන බව අපට උපකල්පනය කළ හැකි ය)

∴ ද්‍රාවණ 1.0 dm^3ක අඩංගු ඇසිටික් අම්ල හා ඇසිටේට් අයන මවුල ප්‍රමාණ මෙසේ යː

$CH_3COOH(aq) = 1.10$ mol නොහොත් $[CH_3COOH(aq)] = 1.10$ mol dm^{-3}

$CH_3COO^-(aq) = 1.90$ mol නොහොත් $[CH_3COO^-(aq)] = 1.90$ mol dm^{-3}

මේ අගය K_a සඳහා ප්‍රකාශනයේ ආදේශයෙන්,

$$[H_3O^+(aq)] = \frac{1.1}{1.9} \times 1.8 \times 10^{-5}$$

$$[H_3O^+(aq)] = 1.04 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$pH = 4.98$$

සටහන: ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයේ අඩංගු අම්ලයේ හා ලවණයේ ආරම්භක සාන්ද්‍රණ සමාන නම් (උදා:1.0 mol dm^{-3}), අම්ල හෝ භස්ම කිසිවක් එකතු නොකරන ලද කල්හි,

$$[H_3O^+(aq)]_{\square} = \frac{1.0}{1.0} \times 1.8 \times 10^{-5}$$

$$[H_3O^+(aq)]_{\square} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$pH = 4.74$$

එනම්, $pH = pK_a$

සූත්‍රය භාවිතයෙන් මෙය පහසුවෙන් අවබෝධ කර ගත හැකි ය.

$$pH_{\square} = pK_a + \log\frac{[A^-(aq)]}{[HA(aq)]}$$

$$pH_{\square} = pK_a + \log\frac{1.0}{1.0}$$

$$\therefore pH_{\square} = pK_a$$

2.24 නිදසුන

NH_3 සාන්ද්‍රණය 0.020 mol dm^{-3} වූ ද NH_4Cl සාන්ද්‍රණය 0.030 mol dm^{-3} වූ ද ස්වාරක්ෂකයක pH අගය ගණනය කරන්න. මේ ස්වාරක්ෂකයේ 0.10 dm^{3}කට 0.10 mol dm^{-3} NaOH 1.00 cm^{3}ක් එකතු කිරීමෙන් පසු pH අගය කුමක් ද? NH_4^+හි අම්ල විඝටන නියතය 5.70×10^{-10} mol dm^{-3} වේ.

පිළිතුර

සූත්‍රය භාවිතයෙන්,

$$pH_{\square} = pK_a + \log\frac{[NH_3(aq)]}{[NH_4^+(aq)]}$$

$$pH_{\square} = 9.24 + \log\frac{(0.02)}{(0.03)}$$

$$pH_{\square} = 9.06$$

NaOH එකතු කිරීමේ දී පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියාව නිසා NH_4^+වලින් කොටසක් NH_3 බවට පරිවර්තනය වේ.

$$NH_4^+(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_2O(l)$$

මේ ප්‍රතික්‍රියාවේ සමතුලිතතා නියතය විශාල බැවින් ප්‍රතික්‍රියාව සම්පූර්ණත්වය කරා යන එකක් සේ සැලකිය හැකි ය. එබැවින් NH_4^+හි හා NH_3 නව සාන්ද්‍රණ මෙසේ ය:

$$[NH_4^+(aq)] = \frac{[\text{ආරම්භක } NH_4^+ \text{ මවුල ප්‍රමාණය} - \text{එකතු කළ } OH^- \text{ මවුල ප්‍රමාණය}]}{[\text{මුළු පරිමාව}]}$$

$$[NH_4^+(aq)] = \frac{(0.03)\times(0.1) - (0.1)\times(1.0\times10^{-3})}{(0.101)} = 0.029 \text{ mol dm}^{-3}$$

හා

$$[NH_3(aq)] = \frac{[\text{ආරම්භක } NH_3 \text{ මවුල ප්‍රමාණය} - \text{එකතු කළ } OH^- \text{ මවුල ප්‍රමාණය}]}{[\text{මුළු පරිමාව}]}$$

$$[NH_3(aq)] = \frac{(0.02)\times(0.1)+(0.1)\times(1.0\times10^{-3})}{(0.101)} = 0.021 \text{ mol dm}^{-3}$$

මේ අගයෙන් සමීකරණයේ ආදේශ කිරීමෙන්

$$pH = pK_a + \log\frac{[NH_3(aq)]}{[NH_4^+(aq)]}$$

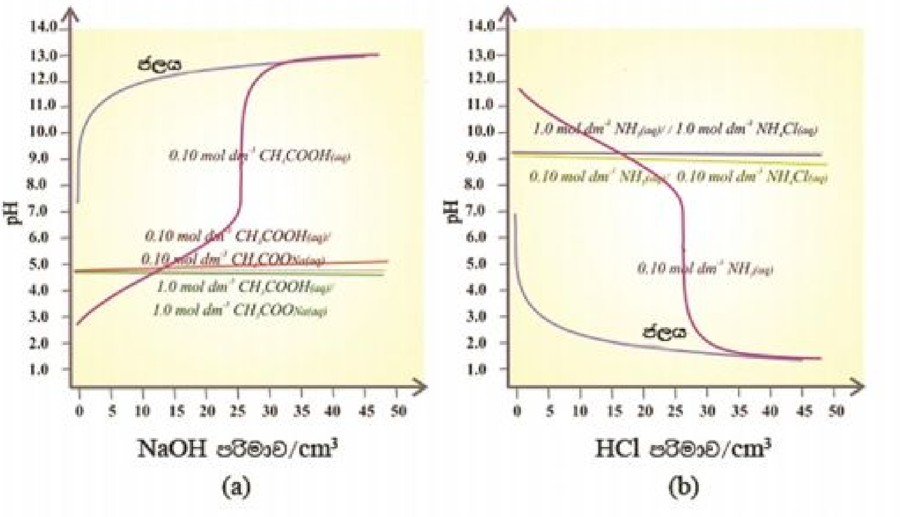
$$pH = 9.24 + \log\frac{(0.021)}{(0.029)}$$

$$pH = 9.10$$

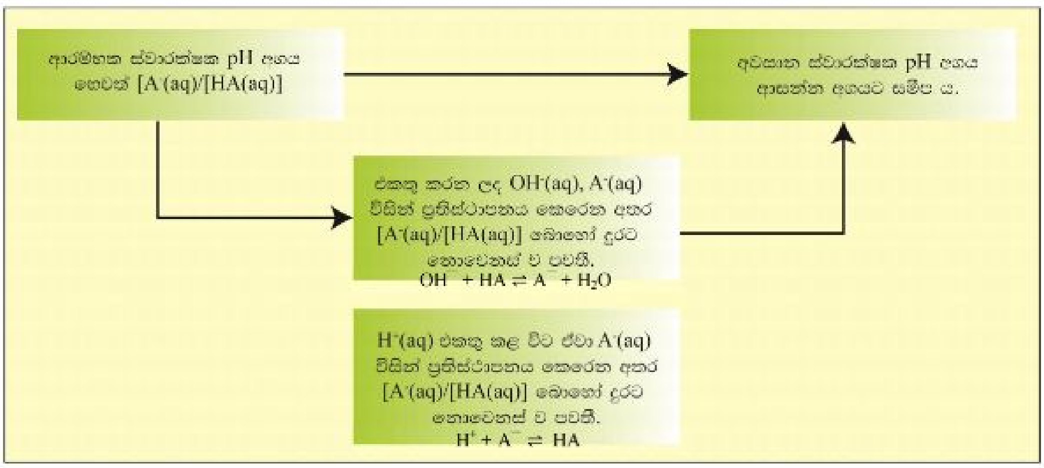
අම්ලයක හෝ භස්මයක අල්ප ප්‍රමාණයක් ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණයකට එකතු කිරීම හේතුවෙන් එහි pH අගය කෙරෙහි සැලකිය යුතු බලපෑමක් සිදු නොකෙරෙන බව ඉහත නිදසුන්වලින් පැහැදිලි ය. අම්ලයක් හෝ භස්මයක් ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණවලට එකතු කිරීම, අම්ලයක් හෝ භස්මයක් ජලයට හා අම්ල-භස්ම යුගලවල විවිධ සාන්ද්‍රණවලින් යුත් ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණවලට එකතු කිරීම සමඟ සංසන්දනය කරන 2.26 රූපයෙන් මේ ස්වභාවය පැහැදිලි කෙරේ. 2.27 රූපය ද, අම්ලයක් හෝ භස්මයක් එක් කිරීමේ දී ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණවල සිදු වන සිද්ධි පැහැදිලි කරයි. අවසාන වශයෙන් පහත දැක්වෙන ලක්ෂණ ස්වාරක්ෂක ද්‍රාවණවල මූලික ලක්ෂණ ලෙස සැලකිය හැකි ය.

(i) සාපේක්ෂ වශයෙන් ඉහළ සාන්ද්‍රණයෙන් යුත් දුබල අම්ලයක් (භස්මයක්) හා එහි සංයුග්මක භස්මය (අම්ලය) අඩංගු වේ.
(ii) අම්ලයක් එකතු කළ විට, එය සංයුග්මක භස්මය සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරයි.
(iii) භස්මයක් එකතු කළ විට, එය සංයුග්මක අම්ලය සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරයි.
(iv) භස්මය හා අම්ලය අතර අනුපාතයෙන් pH අගය නිර්ණය වේ.

මෙකී ලක්ෂණ 2.26 හා 2.27 රූපවලින් නිරූපණය වේ.



2.26 රූපය ආම්ලික හා භාස්මික ස්වාරක්ෂකවල ස්වාරක්ෂක ක්‍රියාව පිළිවෙළින් **(a)** හා **(b)** වලින් දැක්වේ. ස්වාරක්ෂකයේ ඇති අම්ලයේ හා ලවණයේ (සංයුග්මක භස්මයේ) ප්‍රබලතාව වැඩි නම් අම්ලයක් හෝ භස්මයක් එකතු කිරීමේ දී pH අගයේ සිදු වන වෙනස අවම වේ. අම්ලයක් හෝ භස්මයක් ජලයට හා අම්ලයකට (හෝ භස්මයකට) පමණක් එකතු කිරීමේ දී pH අගයේ සිදු වන විචලනය සංසන්දනය සඳහා දී ඇත.



2.27 රූපය ස්වාරක්ෂක ක්‍රියාව සැකෙවින්

පහසුව තකා අපි අම්ල-භස්ම ස්වාරක්ෂකයක් පවතින්නේ දුබල භස්මයට දුබල අම්ලයේ සාන්ද්‍රණ අනුපාතය 0.1 හා 10 අතර වන විට යැයි උපකල්පනය කරමු. හෙන්ඩසන්-හැසල්බල්ච් සමීකරණය යෙදීමෙන්:

$$\mathrm{pH} \;=\; \mathrm{p}K_\mathrm{a} + \log\frac{1}{10} = \mathrm{p}K_\mathrm{a} - 1$$

හා

$$\mathrm{pH} \;=\; \mathrm{p}K_\mathrm{a} + \log\frac{10}{1} = \mathrm{p}K_\mathrm{a} + 1$$

මේ අනුව අම්ල-භස්ම ස්වාරක්ෂකය $\mathbf{pH} = \mathbf{p}\boldsymbol{K}_\mathbf{a} \pm \mathbf{1}$ පරාසයේ පවතින බව පෙනී යයි.

2.4 ද්‍රාව්‍යතා සමතුලිතතා

අයනික ඝනවල ජල ද්‍රාව්‍යතාව විශාල ලෙස වෙනස් වන්නකි. මේවායින් සමහරක් (කැල්සියම් ක්ලෝරයිඩ් වැනි) කොතෙක් ද්‍රාව්‍ය ද යත් ස්වභාවයේ ඒවා ජලාකර්ෂක වන අතර වායුගෝලයෙන් පවා ජල වාෂ්ප අවශෝෂණය කරයි. තවත් සමහරක් (ලිතියම් ෆ්ලුවොරයිඩ් වැනි) ඉතා අල්ප ද්‍රාව්‍යතාවෙන් යුක්ත වන අතර සාමාන්‍යයෙන් හැඳින්වෙන්නේ අද්‍රාව්‍ය සංයෝග ලෙස ය. ද්‍රාව්‍යතාව සාධක ගණනාවක් මත රඳී පවතී. ඒවායින් වැදගත් වන්නේ ලවණයේ දැලිස් එන්තැල්පිය හා ද්‍රාවණයේ දී අයනවල සද්‍රාවණ එන්තැල්පියයි. ලවණයක් ද්‍රාවකයක දිය වීමට නම් එහි අයන අතර පවත්නා ප්‍රබල ආකර්ෂණ බල (දැලිස් එන්තැල්පිය) අයන–ද්‍රාවක අන්තර්ක්‍රියා විසින් මැඩපවත්වනු ලැබිය යුතු ය. හැම විට ම සෘණ වන සද්‍රාවණ එන්තැල්පිය විස්තර කෙරෙනුයේ සද්‍රාවණය ඇසුරෙනි. එනම් සද්‍රාවණ ක්‍රියාවලියේ දී ශක්තිය මුක්ත වේ. සද්‍රාවණ එන්තැල්පියේ විශාලත්වය ද්‍රාවකයේ ස්වභාවය මත රඳී පවතී. අධ්‍රැවීය (සහ-සංයුජ) ද්‍රාවකවල සද්‍රාවණ එන්තැල්පිය කුඩා ය. එය ලවණයේ දැලිස් එන්තැල්පිය මැඩපැවැත්වීමට ප්‍රමාණවත් නැත. එබැවින් ලවණය අධ්‍රැවීය ද්‍රාවකයේ ද්‍රාවණය නො වේ. ලවණයක් යම් ද්‍රාවකයක ද්‍රාවණය වීමට නම්, පොදු නීතියක් ලෙස සද්‍රාවණ එන්තැල්පිය විසින් දැලිස් එන්තැල්පිය මැඩපැවැත්විය හැකි වන පරිදි සද්‍රාවණ එන්තැල්පිය, දැලිස් එන්තැල්පියට වඩා විශාල විය යුතු ය. මේ කරුණත් සමඟ අපට ද්‍රාව්‍යතාව යන පදය අවබෝධ කර ගැනීම මෙසේ ආරම්භ කළ හැකි ය: පළමුව අයනික ලවණවල ද්‍රාව්‍යතාව පිරික්සා, අනතුරුව අණුක/ සහසංයුජ සංයෝගවල ද්‍රාව්‍යතාව අවබෝධ කර ගන්න. ඉන් පසු සන්තෘප්ත ද්‍රාවණවල අල්ප ලෙස ද්‍රාව්‍ය ලවණ අතර වෙනස්කම් හඳාරන්න.

2.4.1 අයනික හා සහ-සංයුජ ද්‍රාවණ

ද්‍රවණයක, ද්‍රාව්‍යය හා ද්‍රාවකය යන සංරචක දෙකකින් සමන්විත ය. ඝන - ඝන ද්‍රාවණ (මිශ්‍ර ලෝහ), ඝන - ද්‍රව ද්‍රාවණ (ලුණු වතුර), ද්‍රව - ද්‍රව ද්‍රාවණ (මද්‍යසාර - ජලය), ද්‍රව - වායු ද්‍රාවණ (සෝඩා වතුර වැනි බීම) හා වායු - වායු ද්‍රාවණ (වාතය) ආදී වශයෙන් විවිධ වර්ගයේ ද්‍රාවණ සඳහා උදාහරණ ගණනාවක් වේ. මේ සංරචක දෙක පද්ධතිය එක ම කලාපයක පවත්නා සේ පෙනෙන පරිදි සමජාතීයව ව්‍යාප්ත වී ඇත. මේ කොටසේ දී අපි ද්‍රාවකය ජලය වන්නා වූ ඝන - ද්‍රව පද්ධති පිළිබඳ හදාරන්නෙමු. වෙනත් වචනවලින් කිව හොත් අපි අයනික සමතුලිතතා විෂය කර ගනිමු.

අයනික හෝ සහසංයුජ ද්‍රාවණයක් යනු ද්‍රාව්‍ය සාන්ද්‍රණය ඉතා අල්ප වන විට හෙවත් ද්‍රාවණය ඉතා තනුක වන විට එක ම කලාපයකින් යුත් සමජාතීය මිශ්‍රණයක් බව අපි දනිමු. ලුණු ද්‍රාවණය වැනි අයනික ද්‍රාවණයක NaCl ද්‍රවණය වී (තොහොත් විඝටනය වී) $Na^{+}(aq)$ හා $Cl^{-}(aq)$ අයන නිපදවයි. සහසංයුජ ද්‍රාවණයක සීනි වැනි සහසංයුජ සංයෝගයක් ජලයේ ද්‍රවණය වී ඇත. එනම්, අයනික සංයෝග සංඝටික අයනවලට වෙන් වෙමින් ද්‍රවණය වන අතර,

සහසංයුජ සංයෝග ද්‍රාවණය වන්නේ සමස්ත අණු වශයෙනි. එබැවින් පහත දැක්වෙන සමීකරණ මඟින් මේ සංයෝග දෙක සරලව වෙන් කර පෙන්නුම් කළ හැකි ය.

අයනික සංයෝග: $NaCl(s) \rightarrow Na^{+}(aq) + Cl^{-}(aq)$

සහසංයුජ සංයෝග: $C_6H_{12}O_6(s) \rightarrow : C_6H_{12}O_6(aq)$

මෙය, අයනික ද්‍රාවණ සන්නායකතාව පෙන්වන විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය ලෙස ද සහසංයුජ හෙවත් අණුක ද්‍රාවණ සන්නායකතාව නොපෙන්වන විද්‍යුත් අවිච්ඡේද්‍ය ලෙස ද හඳුනා ගැනීමට අපට උපකාරී වේ.

අපි දැන් අයනික ලවණ කෙරෙහි අවධානය යොමු කරමු. එක් එක් ලවණයට ඊට ම ලාක්ෂණික ද්‍රාව්‍යතාවක් ඇති අතර, එය උෂ්ණත්වය මත රැඳී පවතී. ද්‍රාව්‍යතාව පදනම් කර ගනිමින් ලවණ පහත දැක්වෙන පරිදි වර්ග තුනකට වෙන් කළ හැකි ය.

I වර්ගය	:	ද්‍රාව්‍ය - ද්‍රාව්‍යතාව $> 0.10\ mol\ dm^{-3}$
II වර්ගය	:	තරමක් ද්‍රාව්‍ය - $0.01\ mol\ dm^{-3} <$ ද්‍රාව්‍යතාව $< 0.10\ mol\ dm^{-3}$
III වර්ගය	:	ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය - ද්‍රාව්‍යතාව $< 0.01\ mol\ dm^{-3}$

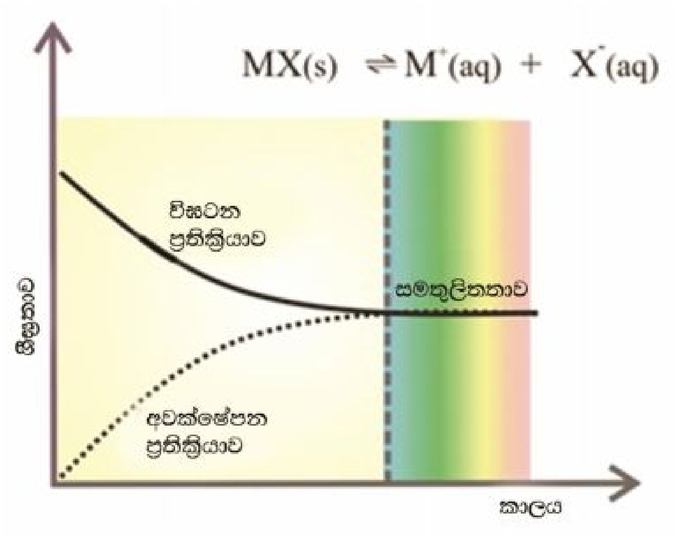
ඝන සෝඩියම් ක්ලෝරයිඩ් 0.10 molක් ජලය $1.00\ dm^3$ක ද්‍රාවණය කළ විට, එනම් ද්‍රාවණයේ සාන්ද්‍රණය $0.10\ mol\ dm^{-3}$ වන විට එය සම්පූර්ණයෙන් විඝටනය වී $Na^{+}(aq)$ අයන $0.10\ mol\ dm^{-3}$ හා $Cl^{-}(aq)$ අයන $0.10\ mol\ dm^{-3}$ නිපදවන බව අපි දනිමු.

$$NaCl(s) + \text{ජලය} \rightarrow NaCl(aq) \rightarrow Na^{+}(aq) + Cl^{-}(aq)$$
$$0.10 \qquad 0.10 \qquad 0.10 \quad mol\ dm^{-3}$$

ද්‍රාව්‍යතාව පිළිබඳ අවබෝධයක් ලැබීමට තත්ත්ව කිහිපයක් සැලකිල්ලට ගත යුතු ය. පළමුව, ද්‍රාව්‍යයේ උපරිම ප්‍රමාණය ද්‍රවණය වී ඇති සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයක් තිබිය යුතු අතර, ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය ලවණවල දී නම් ඝනයේ යම් ප්‍රමාණයක් ද්‍රවණය නොවී පැවතිය යුතු ය.

මේ තත්ත්ව යටතේ දී ද්‍රවණය වීමේ ශීඝ්‍රතාව, අවක්ෂේප වීමේ නොහොත් ස්ඵටිකීකරණය වීමේ ශීඝ්‍රතාවට සමාන වන අතර, පද්ධතිය ගතික සමතුලිතතාවක පවතින බැවින් පද්ධතියේ විෂමජාතීය සමතුලිතතාවක් පවතින බව අපට පැහැදිලි ය. පහත දැක්වෙන සමීකරණය මේ තත්ත්වය සරලව නිරූපණය කරයි.

$$MX(s) \rightleftharpoons M^{+}(aq) + X^{-}(aq)$$



2.28 රූපය සන්තෘප්ත ද්‍රාවණවල ද්‍රාවණය නොවූ ඝනය හා ද්‍රාවණගත අයනික ප්‍රභේද අතර ගතික සමතුලිතතාවක් පවතී. එබැවින් ඝනයේ ද්‍රවණය වීමත් අයන යුගල එක් වී ඝනය සෑදීමත් අඛණ්ඩව සිදු වේ. මෙහි දී ඝනය ද්‍රවණය වීමේ ශීඝ්‍රතාව, එය අවක්ෂේප වීමේ ශීඝ්‍රතාවට සමාන වේ.

ද්‍රව්‍යයක ද්‍රාව්‍යතාව: දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී **සන්තෘප්ත** ද්‍රාවණයක ඇතුළත් ද්‍රව්‍යයක **සමතුලිතතා සාන්ද්‍රණය** හෙවත් ද්‍රාව්‍යතාව, ඒ උෂ්ණත්වයේ දී ද්‍රාව්‍යයෙන් කොතරම් ප්‍රමාණයක් (උපරිම වශයෙන්) ද්‍රාවකයේ ද්‍රවණය විය හැකි ද යන්න පිළිබඳ මිනුමක් වේ. එබැවින් එය ප්‍රමාණාත්මක අගයක් වන අතර, එය ප්‍රධාන වශයෙන් ප්‍රකාශ කෙරෙනුයේ මවුලික ද්‍රාව්‍යතාව ($mol\ dm^{-3}$) ලෙස ය. ද්‍රාව්‍යතාව ප්‍රකාශ කරනු පිණිස $g\ dm^{-3}$, $g\ cm^{-3}$ ආදි වෙනත් ඒකක ද යොදා ගනු ලැබේ. ද්‍රාව්‍යතාව පරීක්ෂණාත්මකව සොයා ගනු පිණිස සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයේ දන්නා පරිමාවක් සාදා ගැනීම සඳහා අවශ්‍ය ද්‍රාව්‍යයේ ප්‍රමාණය නොහොත් ස්කන්ධය සොයා ගත යුතු ය.

සටහන: MX ආකාරයේ ලවණයක සන්තෘප්ත ජලීය ද්‍රාවණයක් පිළියෙල කිරීම සඳහා උපයෝගි කර ගත හැකි ක්‍රම දෙකකි.

(i) ඍජු ක්‍රමය: වැඩිපුර MX ලවණය බීකරය පතුලේ ඉතිරි වන තුරු වේගයෙන් කලතමින් MX ඝනය ජලයට එකතු කිරීම

(ii) වක්‍ර ක්‍රමය: M^{+} අයනය අඩංගු ද්‍රාවණයක් හා X^{-} අයනය අඩංගු තවත් ද්‍රාවණයක් මිශ්‍ර කිරීම. එක්තරා අවස්ථාවක දී MX ලවණයේ සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයක් සෑදෙනු ඇත.

2.25 නිදසුන

AgCl 1.8×10^{-3} gක් සම්පූර්ණයෙන් ද්‍රවණය කිරීමෙන් AgCl හි සන්තෘප්ත ද්‍රාවණ 1.00 dm^3ක් පිළියෙල කර ගන්නා ලදී. AgCl හි මවුලික ද්‍රාව්‍යතාව කුමක් ද? (AgCl : 143.4 g mol^{-1})

පිළිතුර

AgCl මවුල ප්‍රමාණය = 1.8×10^{-3} g/ 143.4 g mol^{-1} = 1.26×10^{-5} mol

මවුලික ද්‍රාව්‍යතාව mol dm^{-3} ඒකකවලින් ප්‍රකාශ කෙරෙන බැවින්,

මවුලික ද්‍රාව්‍යතාව = 1.26×10^{-5} mol/ 1.00 dm^3 = 1.26×10^{-5} mol dm^{-3}

1.8×10^{-3} g dm^{-3} ලෙස ද්‍රාව්‍යතාව වෙනත් ඒකකවලින් ද ප්‍රකාශ කළ හැකි ය.

2.4.2 ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතය (ද්‍රාව්‍යතා ගුණිත නියතය)

MX හි **සන්තෘප්ත** ද්‍රාවණයක් හා ඒ සමඟ ස්පර්ශව ඇති MX ඝනය කෙරෙහි දැන් අපි අවධානය යොමු කරමු. ද්‍රවණය නොවුණු ඝනය හා සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයේ අයන අතර ඇති සමතුලිතතාව පහත සමීකරණයෙන් පෙන්නුම් කෙරේ:

$$MX(s) \rightleftharpoons M^{+}(aq) + X^{-}(aq)$$

මීට අදාළ K සමතුලිතතා නියතය පහත දැක්වෙන සමීකරණයෙන් ප්‍රකාශ වේ:

$$K = \frac{[M^{+}(aq)][X^{-}(aq)]}{[MX(s)]}$$

සංශුද්ධ ඝන ද්‍රව්‍යයක සාන්ද්‍රණය නියත බැවින්,

$$K\,[MX(s)] = [M^{+}(aq)][X^{-}(aq)]$$
$$\therefore K_{sp} = [M^{+}(aq)][X^{-}(aq)]$$

පොදුවේ, පහත දී ඇති ආකාර සමතුලිතතාවක් පවතී නම්,

$$M_mX_n(s) \rightleftharpoons mM^{n+}(aq) + nX^{m-}(aq)$$

මේ අනුව ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතය මෙසේ ප්‍රකාශ කළ හැකි ය:

$$K_{sp} = [M^{n+}(aq)]^m[X^{m-}(aq)]^n$$

K_{sp} යන්න *ද්‍රාව්‍යතා ගුණිත නියතය* හෙවත් සරලව *ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතය* ලෙස හැඳින්වේ. ප්‍රතික්‍රියකය ඝනයක් බැවින් එහි ප්‍රකාශනය හරයකින් තොර ය. ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතය අර්ථ දක්වනු ලබන්නේ සන්තෘප්ත ද්‍රාවණ සම්බන්ධයෙන් පමණක් බව සැලකිය යුතු ය. K_{sp} හි ඉහළ අගයවලින් ප්‍රකාශ වන්නේ සමතුලිතය ඵල දෙසට බර වීමකි. එනම් K_{sp} හි අගය වැඩි වත් ම අයන සංඛ්‍යාව ද එනයින් සංයෝගයේ ද්‍රාව්‍යතාව ද වැඩි වන්නේ ය. සමතුලිතතා නියතය සම්බන්ධයෙන් අප විසින් ප්‍රකාශ කරන්නට යෙදුණු පරිදි සාන්ද්‍රණ 1.0 mol dm^{-3} සම්මත සාන්ද්‍රණයට සාපේක්ෂව ප්‍රකාශ කෙරෙන කල K_{sp} නියතයට ඒකක නැත. එහෙත් සම්මත තත්ත්ව පිළිබඳ සඳහනක් නැති විට ද්‍රාව්‍යතා ප්‍රකාශනයේ එන සාන්ද්‍රණ සඳහා අදාළ ඒකක අපි ඇතුළත් කරමු. ද්‍රාව්‍යතා ගුණිත ප්‍රකාශනයට අනුව ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතයේ ඒකක වෙනස් වේ.

සාධාරණව පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව පවතී නම්;

$$M_mX_n(s) \rightleftharpoons mM^{n+}(aq) + nX^{m-}(aq)$$

ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතය,

$$K_{sp} = [M^{n+}(aq)]^m[X^{m-}(aq)]^n$$

ඒකක:

$$(mol^m\, dm^{-3m})\,(mol^n\, dm^{-3n})$$

$$\mathbf{mol^{(m+n)}\, dm^{-3(m+n)}}$$

සරලව ගත් විට: $MX(s) \rightleftharpoons M^+(aq) + X^-(aq)$ යන සමතුලිතය සඳහා,

$$K_{sp} = [M^+(aq)][X^-(aq)]\ mol^2\, dm^{-6}$$

2.4.3 ද්‍රාව්‍යතාව හා ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතය ආශ්‍රිත ගණනය කිරීම්

ප්‍රතික්‍රියක ඝනයක් වන නිසා එය සමතුලිතතා ප්‍රකාශනයෙන් ඉවත් වන බැවින් ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතය සම්බන්ධ ගණනය කිරීම් පෙර උගත් සමතුලිතතා ගණනය කිරීම්වලට වඩා සරල ය. අවශ්‍ය වන්නේ දෙයාකාරයක ගැටලු විසඳීම පමණි:

(a) ද්‍රාව්‍යතා දත්තවලින් K_{sp} ගණනය කිරීම

(b) K_{sp} වලින් ද්‍රාව්‍යතාව ගණනය කිරීම

පහත දැක්වෙන නිදසුන සලකන්න.

$$AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq) : K_{sp} = [Ag^+(aq)][Cl^-(aq)]$$

$$298\ K\ දී,\ K_{sp} = 1.60 \times 10^{-10}\ mol^2\, dm^{-6}$$

ඉහත සමතුලිතතාවේ අයන දෙකෙහි සාන්ද්‍රණ සිල්වර් ක්ලෝරයිඩ්වල මවුලික ද්‍රාව්‍යතාවට සමාන ය. මවුලික ද්‍රාව්‍යතාව ***s*** නම්,

$$AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$$

සමතුලිතතාවේ දී: $s \quad s \quad mold\ m^{-3}$

$$298\ K\ දී\ K_{sp} = 1.60 \times 10^{-10}\ mol^2\, dm^{-6} = \boldsymbol{s} \times \boldsymbol{s} = \boldsymbol{s^2}$$

$$\therefore \boldsymbol{s} = 1.26 \times 10^{-5}\ mol\, dm^{-3}$$

එබැවින් 298 K දී සිල්වර් ක්ලෝරයිඩ්හි මවුලික ද්‍රාව්‍යතාව $1.26 \times 10^{-5}\ mol\, dm^{-3}$ ට සමාන වේ.

M_mX_n පොදු සූත්‍රයෙන් හා ***s*** මවුලික ද්‍රාව්‍යතාවෙන් යුත් ඝන ලවණය සැලකූ විට,

$$M_mX_n(s) \rightleftharpoons mM^{n+}(aq) + nX^{m-}(aq)$$

$$m\boldsymbol{s} \qquad\qquad n\boldsymbol{s}$$

$$K_{sp} = [M^{n+}(aq)]^m[X^{m-}(aq)]^n$$

$K_{sp} = (m\,s)^m (n\,s)^n = m^m\, n^n\, s^{(m+n)}$

$$S^{(m+n)} = \frac{K_{sp}}{m^m\, n^n}$$

$$S = \left[\frac{K_{sp}}{m^m\, n^n}\right]^{1/(m+n)}$$

2.26 නිදසුන

298 K දී $Zr_3(PO_4)_4(s)$ හි ද්‍රාව්‍යතාව (s) සඳහා ප්‍රකාශනයක් ව්‍යුත්පන්න කරන්න.

පිළිතුර

$$Zr_3(PO_4)_4\,(s) \rightleftharpoons 3Zr^{4+}(aq) + 4PO_4^{3-}(aq)$$

සමතුලිතතාවේ දී: $3s$ $4s$

$K_{sp} = [Zr^{4+}(aq)]^3[PO_4^{3-}(aq)]^4 = (3s)^3(4s)^4 = 6912\,(s)^7$

$$\therefore s = \left[\frac{K_{sp}}{6912}\right]^{1/7}$$

මේ නිදසුනෙහි $K_{sp} = [Zr^{4+}(aq)]^3[PO_4^{3-}(aq)]^4$ හා එහි ඒකක $(mol\ dm^{-3})^7$ වේ.

$\therefore$ **s** හි ඒකක $= [(mol\ dm^{-3})^7]^{\frac{1}{7}} = mol\ dm^{-3}$

මෙය මවුලික ද්‍රාව්‍යතාවේ ඒකක වේ.

2.27 නිදසුන

298 K දී, $PbI_2(s)$, 5.60×10^{-2} g ක් ද්‍රාවණය කර PbI_2 හි සන්තෘප්ත ද්‍රාවණ 100.00 cm^3 ක් පිළියෙල කර ගන්නා ලදි. PbI_2 හි K_{sp} ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

පළමුව අපට PbI_2 හි මවුලික ද්‍රාව්‍යතාව අවශ්‍ය ය.

PbI_2 මවුල ප්‍රමාණය $= 5.60 \times 10^{-2}\ g / 461\ g\ mol^{-1} = 1.21 \times 10^{-4}\ mol$

PbI_2 මවුල ද්‍රාව්‍යතාව $= 1.21 \times 10^{-4}\ mol / 0.100\ dm^3$

$= 1.21 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

අනතුරුව අයනවල සාන්ද්‍රණය ගණනය කර Ksp ප්‍රකාශනයේ ආදේශ කරමු.

$$PbI_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$$

සමතුලිතතාවේ දී: $[Pb^{2+}(aq)] = 1.21 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$ and

$[I^-(aq)] = 2 \times 1.21 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3} = 2.42 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

$K_{sp} = [Pb^{2+}(aq)]\,[I^-(aq)]^2$

$K_{sp} = (1.21 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3}) \times (2.42 \times 10^{-3}\ mol\ dm^{-3})^2$

$K_{sp} = 7.1 \times 10^{-9}\ mol^3\ dm^{-9}$

2.28 නිදසුන

298 K දී $Ni(OH)_2$ හා AgCN යන ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය සංයෝගවල ද්‍රාව්‍යතා ගුණිත පිළිවෙළින් 2.0×10^{-15} mol^3 dm^{-9} හා 6×10^{-17} mol^2 dm^{-6} වේ. මින් වඩා ද්‍රාව්‍ය කුමන සංයෝගය ද?

පිළිතුර

පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව සලකන්න.

$$Ni(OH)_2(s) \rightleftharpoons Ni^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

ද්‍රාව්‍යතාව x නම්,

සමතුලිතතාවේ දී : x $2x$

$K_{sp} = [Ni^{2+}(aq)] [OH^-(aq)]^2 = 4x^3$

$4x^3 = 2.0 \times 10^{-15}$ mol^3 dm^{-9}

$x = 7.94 \times 10^{-5}$ mol dm^{-3}

එසේ ම,

$$AgCN(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + CN^-(aq)$$

ද්‍රාව්‍යතාව y නම්,

සමතුලිතතාවේ දී : y y

$K_{sp} = [Ag^+(aq)] [CN^-(aq)] = y^2$

$y^2 = 6 \times 10^{-17}$ mol^2 dm^{-6}

$y = 7.8 \times 10^{-9}$ mol dm^{-3}

$x > y$ බව අපට පෙනේ.

එබැවින් AgCN(s)වලට වඩා $Ni(OH)_2$ ද්‍රාව්‍ය ය.

K_{sp}වලින් අයනික සාන්ද්‍රණ ගණනය කිරීම

2.29 නිදසුන

298 K දී Ag_2CO_3වලින් සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයක $[Ag^+(aq)]$ ගණනය කරන්න.

$K_{sp}(Ag_2CO_3) = 8.1 \times 10^{-12}\ mol^3\ dm^{-9}$

පිළිතුර

මවුලික ද්‍රාව්‍යතාව x නම්,

$$Ag_2CO_{3(s)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$$

සමතුලිතතාවේ දී : $2x$ x $mol\ dm^{-3}$

$K_{sp} = [Ag^+_{(aq)}]^2 [CO_3^{2-}{}_{(aq)}]$

$= (2x)^2(x) = 4x^3$

$\therefore 4x^3 = 8.1 \times 10^{-12}\ mol^3\ dm^{-9}$

$x = (8.1 \times 10^{-12}\ mol^3\ dm^{-9})^{1/3}$

$x = 1.26 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$ ලෙස ලැබේ.

$\therefore [Ag^+_{(aq)}] = 2x = 2 \times 1.26 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3} = 2.53 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$

2.30 නිදසුන

298 K දී AgCl හි හා Ag_2CO_3 හි සන්තෘප්ත ද්‍රාවණවලින් වැඩි $Ag^+(aq)$ සාන්ද්‍රණයක් ඇත්තේ කවරක ද?

$K_{sp}(AgCl) = 1.8 \times 10^{-10}\ mol^2\ dm^{-6}$, $K_{sp}(Ag_2CO_3) = 8.1 \times 10^{-12}\ mol^3\ dm^{-9}$

පිළිතුර

මෙය 2.28 නිදසුනට සමාන බව යමකුට පෙනෙනු ඇත. කෙසේ වුව ද අපෙන් අපේක්ෂා කෙරෙනුයේ $[Ag^+_{(aq)}]$ නිමානය කිරීම ය. එහෙත් සංයෝග දෙකෙහි ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතවල ඒකක වෙනස් බැවින් අපට ඒවායේ අගයයන් සැසඳිය නොහැකි ය. එහෙයින් එක එකක $Ag^+_{(aq)}$ සාන්ද්‍රණ නිමානය කළ යුතු ය.

	AgCl	Ag_2CO_3
ඉහත නිදසුන් අනුව:		
$[Ag^+_{(aq)}]$	$1.34 \times 10^{-5}\ mol\ dm^{-3}$	$2.53 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$

$K_{sp}(Ag_2CO_3) < K_{sp}(AgCl)$ වුව ද Ag_2CO_3 හි සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයක $[Ag^+(aq)]$ වැඩි බව මින් අපට පෙනේ.

2.4.4 අවක්ෂේපයක් සෑදීම පෙරැයීම

අයන අඩංගු ද්‍රාවණ දෙකක් මිශ්‍ර කළ විට අවක්ෂේපයක් සෑදීමේ හැකියාවක් ඇත. අයන සාන්ද්‍රණය 0.10 mol dm^{-3} හෝ ඊට වැඩි නම් ද්‍රාව්‍යතාව අල්ප වූ ඕනෑ ම සංයෝගයක් අවක්ෂේප වේ. එහෙත්, අයන සාන්ද්‍රණය 0.10 mol dm^{-3} හෝ ඊට අඩු නම් අවක්ෂේපනයක් සෑදීම පුරෝකථනය කරනු පිණිස ගණනය කිරීමක් සිදු කළ යුතු ය.

නිදසුනක් ලෙස 0.20 mol dm^{-3} $AgNO_3$ හා NaCl ද්‍රාවණවල සමාන පරිමා මිශ්‍ර කළ විට AgCl(s) අවක්ෂේපයක් සෑදෙන අතර NO_3^- හා Na^+ ප්‍රේක්ෂක අයන ලෙස පවතී. මෙහි $AgNO_3$ හා NaCl ප්‍රබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය වන බැවින් 0.10 mol dm^{-3} අයන සාන්ද්‍රණවලින් AgCl අවක්ෂේපය සෑදෙයි.

එහෙත් ද්‍රාවණවල සාන්ද්‍රණය ඉතා අඩු නම් (සාන්ද්‍රණය < 0.10 mol dm^{-3}) තත්ත්වය මීට වෙනස් ය. ද්‍රාව්‍ය ලවණවල ද්‍රාවණ දෙකක් මිශ්‍ර කළ විට එක් ද්‍රාවණයක කැටායන අනෙක් ද්‍රාවණයේ ඇනායන වෙත මුදා හැරේ.

> *නව අයන සංයෝජනවලින් එකක් හෝ දෙක ම (කැටායනය හා ඇනායනය) අඩු ද්‍රාව්‍යතාවකින් යුක්ත විය හැකි ය. මෙය මෙසේ සිදු වේ නම් හා ද්‍රාව්‍යතාවෙන් අඩු අයන බොහෝ සේ පවතී නම් (සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයකට අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට වඩා) අවක්ෂේපයක් ඇති වේ.*
>
> *සන්තෘප්තතා සාන්ද්‍රණය කරා එළඹීමට තරම් ප්‍රමාණවත් අඩු ද්‍රාව්‍යතා අයන නැති නම් අවක්ෂේපයක් නොසෑදෙන අතර, අයන ද්‍රාවණගතව පවතී.*

එබඳු අවස්ථාවල දී අවක්ෂේපයක් සෑදීම පුරෝකථනය කිරීමට අයනික ගුණිතය ගණනය කළ යුතු වේ.

ද්‍රාවණ දෙකක් මිශ්‍ර කළ විට අවක්ෂේප වීමක් වේ ද නොවේ ද යන්න අපෝහනය කිරීම සඳහා මේ මිශ්‍රණවලින් අයනික ගුණිතය ගණනය කළ හැකි ය. ඊට අවශ්‍ය තත්ත්ව මෙසේ ප්‍රකාශ කළ හැකි ය:

අයනික ගුණිතය K_{sp}ට වඩා විශාල නම් සන්තෘප්තතාව ඇති කිරීමට අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට වඩා අඩු ද්‍රාව්‍යතා අයනවල සාන්ද්‍රණය වැඩි ය; එබැවින් අවක්ෂේපයක් සෑදේ.

අයනික ගුණිතය K_{sp}ට වඩා අඩු නම් අඩු ද්‍රාව්‍යතා අයනවල සාන්ද්‍රණ සන්තෘප්තතාව කරා එළඹ නැති අතර, අවක්ෂේපයක් නො සෑදේ.

ඉහත කරුණු මෙසේ සාරාංශ කළ හැකි ය:

අයනික ගුණිතය > K_{sp}: අවක්ෂේපයක් සෑදේ.

අයනික ගුණිතය = K_{sp}: ද්‍රාවණය සන්තෘප්තය; අවක්ෂේපයක් නො සෑදේ.

අයනික ගුණිතය < K_{sp}: ද්‍රාවණය අසන්තෘප්තය; අවක්ෂේපයක් නො සෑදේ.

2.31 නිදසුන

5.0×10^{-3} mol dm^{-3} $Mg(NO_3)_2$ ද්‍රාවණයකින් 50.00 cm^3 ක් හා 1.0×10^{-2} mol dm^{-3} K_2CO_3 ද්‍රාවණයකින් 50.00 cm^3 මිශ්‍ර කළ විට අවක්ෂේපයක් සෑදේ ද?

$K_{sp(MgCO_3)} = 3.5 \times 10^{-8}$ mol^2 dm^{-6}

පිළිතුර

පළමුව $Mg(NO_3)_2$ හා K_2CO_3 අතර ප්‍රතික්‍රියාව ලියමු.

$$Mg(NO_3)_2(aq) + K_2CO_3(aq) \rightarrow 2KNO_3(aq) + MgCO_3(s)$$

ද්‍රාවණ දෙක මිශ්‍ර කළ විට තනුකරණයක් සිදු වේ. එබැවින් මිශ්‍ර කිරීමෙන් පසු ද්‍රාවණවල සාන්ද්‍රණ වෙනස් වේ.

$[Mg(NO_3)_2(aq)] = (5.0 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \times 50 \times 10^{-3} \text{ dm}^3) / 100 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$

$= 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$

$[K_2CO_3(aq)] = (1.0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \times 50 \times 10^{-3} \text{ dm}^3) / 100 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$

$= 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$

$Mg(NO_3)_2$ හා K_2CO_3 සම්පූර්ණයෙන් විඝටනය වන බැවින්,

$Mg(NO_3)_2(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq)$

2.5×10^{-3} $\quad$ 2.5×10^{-3} $\quad$ mol dm^{-3}

$K_2CO_3(aq) \rightarrow 2K^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$

5.0×10^{-3} $\quad$ 5.0×10^{-3} $\quad$ mol dm^{-3}

සෑදෙන අවක්ෂේපය $MgCO_3$ බැවින්,

$$MgCO_3(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$$

$K_{sp} = [Mg^{2+}(aq)][CO_3^{2-}(aq)]$

අයනික ගුණිතය $= [Mg^{2+}(aq)][CO_3^{2-}(aq)] = (2.5 \times 10^{-3})(5.0 \times 10^{-3})$ mol^{2}dm^{-6}

$= 12.5 \times 10^{-6}$ mol^2 dm^{-6}

IP (12.5×10^{-6} mol^2 dm^{-6}) > $K_{sp(MgCO_3)}$ (3.5×10^{-8} mol^2 dm^{-6})

එබැවින් $MgCO_3$ අවක්ෂේප වේ.

2.32 නිදසුන

1.0×10^{-3} mol dm^{-3} $CaCl_2$ ද්‍රාවණ 50.00 cm^3ක් 1.0×10^{-2} mol dm^{-3} Na_2SO_4 ද්‍රාවණ 50.00 cm^3ක් සමඟ මිශ්‍ර කළ විට අවක්ෂේපයක් සෑදේ ද?

$K_{sp}(CaSO_4) = 2.4\times10^{-5}$ mol^2 dm^{-6}

පිළිතුර

පළමුව $CaCl_2$ හා Na_2SO_4 අතර ප්‍රතික්‍රියාව ලියමු.

$$CaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + CaSO_4(s)$$

ද්‍රාවණ දෙක මිශ්‍ර කිරීමේ දී තනුකරණයක් සිදු වේ. එබැවින් මිශ්‍ර කිරීමෙන් පසු ද්‍රාවණවල සාන්ද්‍රණ වෙනස් ය.

$[CaCl_2(aq)] = (1.0\times10^{-3}\ mol\ dm^{-3}\times 50\times10^{-3}\ dm^3)/\ 100\times10^{-3}\ dm^3$

$= 5.0\times10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$

$[Na_2SO_4\ (aq)] = (1.0\times10^{-2}\ mol\ dm^{-3}\times 50\times10^{-3}\ dm^3)/\ 100\times10^{-3}\ dm^3$

$= 5.0\times10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

$CaCl_2(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$

5.0×10^{-4} $\quad 5.0\times10^{-4}$ $\quad mol\ dm^{-3}$

$Na_2SO_4(aq) \rightarrow 2Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

5.0×10^{-3} $\quad 5.0\times10^{-3}\ mol\ dm^{-3}$

සෑදෙන අවක්ෂේපය $CaSO_4$ බැවින්:

$$CaSO_4\ (s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

$K_{sp} = [Ca^{2+}(aq)][SO_4^{2-}(aq)]$

අයනික ගුණිතය $= [Ca^{2+}(aq)][SO_4^{2-}(aq)] = (5.0\times10^{-4})\ (5.0\times10^{-3})\ mol^2\ dm^{-6}$

$= 2.5\times10^{-6}\ mol^2\ dm^{-6}$

$IP\ (2.5\times10^{-6}\ mol^2\ dm^{-6}) < K_{sp}(CaSO_4) = 2.4\times10^{-5}\ mol^2\ dm^{-6}$

එබැවින් $CaSO_4$ අවක්ෂේප නො වේ.

2.33 නිදසුන

$SrSO_4$ අවක්ෂේපයක් සෑදීමෙන් තොරව 0.020 mol dm^{-3} K_2SO_4 ද්‍රාවණයක තිබිය හැකි උපරිම $[Sr^{2+}(aq)]$ අයන සාන්ද්‍රණය කුමක් ද? $K_{sp(SrSO_4)} = 3.2 \times 10^{-7}$ mol^2 dm^{-6}

පිළිතුර

$$K_2SO_4(aq) \rightarrow 2K^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$
$$2.0 \times 10^{-2} \qquad\qquad 2.0 \times 10^{-2} \quad \text{mol dm}^{-3}$$

$SrSO_4(s) \rightleftharpoons Sr^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

$K_{sp} = [Sr^{2+}(aq)][SO_4^{2-}(aq)]$

$\therefore 3.2 \times 10^{-7}$ mol^2 dm^{-6} $= [Sr^{2+}(aq)](2.0 \times 10^{-2}$ mol dm$^{-3})$

$[Sr^{2+}(aq)] = 1.6 \times 10^{-5}$ mol dm^{-3}

2.34 නිදසුන

XA(s) හා YA(s) ජලයේ ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාවණ ලවණ දෙකකි.
298 K දී $K_{sp}(XA) = 1.80 \times 10^{-10}$ mol^2 dm^{-6} හා $K_{sp}(YA) = 1.80 \times 10^{-7}$ mol^2 dm^{-6}.
$X^+(aq)$ හා $Y^+(aq)$ 0.100 mol බැගින් අඩංගු ද්‍රාවණ 1.00කට සම්පූර්ණයෙන් ජලයේ ද්‍රාව්‍ය NaA ලවණය සෙමින් එකතු කරනු ලැබේ.

(i) පළමුවෙන් අවක්ෂේප වන්නේ කුමන ලවණය දැයි පුරෝකථනය කරන්න.

(ii) දෙවැනි ලවණය අවක්ෂේප වීම ආරම්භ වන මොහොතෙහි ද්‍රාවණයේ පවත්නා පළමුවෙන් අවක්ෂේප වූ ලවණයේ කැටායනයේ සාන්ද්‍රණය ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

(i) <u>XA සඳහා</u>

$K_{sp} = [X^+(aq)]\,[A^-(aq)]$

$[A^-(aq)] = K_{sp} / [X^+(aq)] = (1.80 \times 10^{-10} / 0.100)$ mol dm^{-3} $= 1.80 \times 10^{-9}$ mol dm^{-3}

<u>YA සඳහා</u>

$K_{sp} = [Y^+(aq)]\,[A(aq)]$

$[A^-(aq)] = K_{sp}[Y^+(aq)] = (1.80 \times 10^{-7} / 0.100)$ mol dm^{-3} $= 1.80 \times 10^{-6}$ mol dm^{-3}

XA අවක්ෂේප වීම සඳහා අවශ්‍ය $[A^-(aq)]$, YA අවක්ෂේප වීම සඳහා අවශ්‍ය ඒ සාන්ද්‍රණයට වඩා අඩු ය.

$\therefore$ XA පළමුවෙන් අවක්ෂේප වේ.

(ii) $K_{sp(XA)} = [X^+(aq)]\,[A^-(aq)]$

මේ අවස්ථාවේ $[A^-(aq)]$ යනු YA හි අවක්ෂේපණය ආරම්භ කිරීමට අවශ්‍ය $[A^-(aq)]$ සාන්ද්‍රණය වේ.

ද්‍රාවණයේ ඇති $[X^+(aq)] = (1.80 \times 10^{-10} / 1.80 \times 10^{-6})$ mol dm^{-3}
$= 1.0 \times 10^{-4}$ mol dm^{-3}

2.35 නිදසුන

0.10 mol dm^{-3} A^{2+}(aq) ද්‍රාවණයක් හා 0.20 mol dm^{-3} B^{3+}(aq) ද්‍රාවණයක් සලකන්න.

$K_{sp}(AI_2) = 9.0\times10^{-9}$ mol^3 dm^{-9} සහ $K_{sp}(BI_3) = 1.6\times10^{-18}$ mol^4 dm^{-12}

(i) A^{2+}(aq) හා B^{3+}(aq) අයනවල අවක්ෂේප වීම ආරම්භ කිරීම සඳහා I^-(aq) අයනවල අවම සාන්ද්‍රණය කුමක් ද?

(ii) B^{3+}(aq) අයන පමණක් අවක්ෂේප කිරීම සඳහා I^-(aq) අයනවල කවර පරාසයක් භාවිත කළ හැකි ද?

පිළිතුර

(i) AI_2 සඳහා

$K_{sp} = [A^{2+}(aq)][I^-(aq)]^2$

$[I^-(aq)] = \sqrt[2]{\frac{K_{sp}}{[A^{2+}(aq)]}}$

$= \sqrt[2]{\frac{9.0\times10^{-9}}{0.10}}$

$= 3.0\times10^{-4}$ mol dm^{-3}

BI_3 සඳහා

$K_{sp} = [B^{3+}(aq)][I^-(aq)]^3$

$[I^-(aq)] = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{[B^{3+}(aq)]}}$

$= \sqrt[3]{\frac{1.6\times10^{-18}}{0.20}}$

$= 2.0\times10^{-6}$ mol dm^{-3}

(ii) 2.0×10^{-6} mol dm^{-3} < $[I^-(aq)]$ < 3.0×10^{-4} mol dm^{-3}

2.4.5 ද්‍රාව්‍යතාව කෙරෙහි බලපාන සාධක

පොදු අයන ආචරණය

298 K දී සිල්වර් ක්ලෝරයිඩ්වල සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයක ඇති පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව සලකන්න:

$$AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$$

$[Ag^+(aq)]$ වැඩි කළ හොත්, ලේ චැටලියර් මූලධර්මය අනුව K_{sp} සමතුලිතතා නියතය, නියත අගයක පවත්නා පරිදි සමතුලිතතාව වමට විතැන් වේ. ආරම්භක සමතුලිත පද්ධතියට $AgNO_3$ වැනි ද්‍රාව්‍ය ලවණයක් එකතු කිරීමෙන් $[Ag^+(aq)]$ වැඩි කළ හැකි ය. මේ විතැන් වීම නිසා AgCl(s) වැඩියෙන් නිපදවෙන අතර එනයින් AgCl හි ද්‍රාව්‍යතාව අඩු වේ. මෙහි දී පවත්නා සමතුලිතතාවෙහි පවත්නා හෙවත් සමතුලිතතාවට පොදු වූ අයනයක් එකතු කෙරෙන බැවින් මේ සංසිද්ධිය **පොදු අයන ආචරණය** යනුවෙන් හැඳින්වේ.

මෙය පහත දැක්වෙන ආකාරයෙන් ද ප්‍රකාශ කළ හැකි ය.

අප විසින් සමතුලිතතාව වමට බර කරන ලද්දේ නම් ද්‍රවණය වීමේ ශීඝ්‍රතාවට වඩා ස්ඵටිකීකරණ ශීඝ්‍රතාව වැඩි වේ. එනම්, වඩ වඩා Ag^+ හා Cl^- අයන සංයෝජනය වෙමින් ඝන AgCl සෑදෙන අතර, එහි ද්‍රාව්‍යතාව අඩු වේ.

ලේ චැටලියර් මූලධර්මයට අනුව මෙහි විලෝමය ද සත්‍ය ය. අපට සමතුලිතතාව දකුණට බර කළ හැකි නම් ස්ඵටිකීකරණ ශීඝ්‍රතාවට වඩා ද්‍රවණ ශීඝ්‍රතාව වැඩි වන අතර ඝන AgCl වැඩි වැඩියෙන් ද්‍රවණය වේ. එනම් එහි ද්‍රාව්‍යතාව වැඩි වේ.

2.36 නිදසුන

0.10 mol dm^{-3} NaOH ද්‍රාවණයක $Ni(OH)_2$ හි මවුල ද්‍රාව්‍යතාව ගණනය කරන්න.
$K_{sp}(Ni(OH)_2) = 2.0\times10^{-15} mol^3\ dm^{-9}$

පිළිතුර

$Ni(OH)_2$ හි ද්‍රාව්‍යතාව ***s*** යැයි සිතමු.

$$Ni(OH)_2(s) \rightleftharpoons Ni^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

සමතුලිතතාවේ දී : $s \qquad (2s + 0.10)$

$K_{sp} = [Ni^{2+}(aq)]\,[OH^-(aq)]^2$
$= s\,(2s + 0.10)^2$
K_{sp} කුඩා බැවින්, $(2\boldsymbol{s} << 0.10)$
$\therefore (2\boldsymbol{s} + 0.10) \approx 0.10$
$2.0 \times 10^{-15}\ mol^3\ dm^{-9} = \boldsymbol{s}(0.10)^2$
$s = 2.0 \times 10^{-13}\ mol\ dm^{-3}$

පොදු අයනයක් නැති නම් ද්‍රාව්‍යතාව 7.94×10^{-6} mol dm^{-3} වේ.

2.37 නිදසුන

298 K දී (i) 0.100 mol dm^{-3} හා (ii)1.00×10^{-3} mol dm^{-3} $BaCl_2$ ද්‍රාවණයක $BaCrO_4$ හි මවුලික ද්‍රාව්‍යතාව ගණනය කරන්න. $K_{sp}(BaCrO_4) = 1.2 \times 10^{-10}\ mol^2\ dm^{-6}$.

පිළිතුර

(i) $$BaCrO_4(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + CrO_4^{2-}(aq)$$

සමතුලිතතාවේ දී : $(s + 0.100) \qquad s$

$K_{sp} = [Ba^{2+}(aq)]\,[CrO_4^{2-}(aq)] = (s + 0.10)s$
K_{sp} කුඩා බැවින්, $(\boldsymbol{s} << 0.100)$
$\therefore (s + 0.100) \approx 0.100$
$1.2 \times 10^{-10}\ mol^2\ dm^{-6} = s(0.100)$
$\boldsymbol{s = 1.2 \times 10^{-9}\ mol\ dm^{-3}}$

(ii) $$BaCrO_4(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + CrO_4^{2-}(aq)$$

සමතුලිතතාවේ දී : $(s + 0.001) \qquad s$

$K_{sp} = [Ba^{2+}(aq)]\,[CrO_4^{2-}(aq)] = (s + 0.001)s$
K_{sp} කුඩා බැවින්, $(\boldsymbol{s} << 0.001)$
$\therefore (s + 0.001) \approx 0.001$
$1.2 \times 10^{-10}\ mol^2\ dm^{-6} = s\,(0.001)$
$\boldsymbol{s = 1.2 \times 10^{-7}\ mol\ dm^{-3}}$

මේ නිදසුන්වලින්, තනුක $BaCl_2$ ද්‍රාවණයේ දී $BaCrO_4(s)$හි ද්‍රාව්‍යතාව සංසන්දනාත්මකව වැඩි බව දැක්වේ.

අප දන්නා පරිදි, ලේ චැටලියර් මූලධර්මයට අනුව අපට සමතුලිතතා දකුණට බර කළ හැකි නම් ස්ඵටිකීකරණ වේගයට වඩා ද්‍රවණ වේගය වැඩි වන්නේ ය.

පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව සලකන්න:

$$PbCl_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq)$$

$[Pb^{2+}(aq)]$ හෝ $[Cl^-(aq)]$ අඩු කිරීමෙන් $PbCl_2(s)$හි ද්‍රාව්‍යතාව වැඩි කළ හැකි ය.

Pb^{2+} අයන අවක්ෂේප කරන යම් අයනයක් එකතු කිරීමෙන් $[Pb^{2+}(aq)]$ අඩු කළ හැකි ය. පහත දැක්වෙන අයනවලින් ඕනෑ ම එකකට Pb^{2+} අවක්ෂේප කළ හැකි ය.
Br^-, I^-, SO_4^{2-}, S^{2-}, OH^-, PO_4^{3-}, CO_3^{2-}, SO_3^{2-}
ඉහත දැක්වෙන අයනවලින් ඕනෑ ම එකක් එකතු කිරීමේ හැකියාව ඇතත්, ඒ සියල්ල ම $[Pb^{2+}(aq)]$ අඩු නොකිරීමට ඉඩ ඇත.

අවක්ෂේපණය සිදු වීමට, සෑදෙන බව අවක්ෂේපයට $PbCl_2$හි ද්‍රාව්‍යතාවට වඩා අඩු ද්‍රාව්‍යතාවක් තිබිය යුතු ය. එබැවින්, නිදසුනක් වශයෙන් අප තෝරා ගත යුත්තේ I^- අයන අඩංගු KI වැනි ද්‍රාව්‍ය ලවණයකි. PbI_2 හි K_{sp} අගය (1.4×10^{-8} mol^3 dm^{-9}), $PbCl_2$ හි K_{sp} අගයට (1.8×10^{-5}mol^3 dm^{-9}) වඩා අඩු හෙයිනි. එසේ ම, $[Cl^-(aq)]$ අඩු කිරීම සඳහා $AgNO_3$ එකතු කළ හැකි ය. එය Cl^- අයන AgCl ලෙස අවක්ෂේප කරයි.

2.38 නිදසුන
0.10 mol dm^{-3} සාන්ද්‍රණ ඇති (i)NaOH ද්‍රාවණයක (ii)KCl ද්‍රාවණයක හා (iii) $Ca(NO_3)_2$ ද්‍රාවණයක $CaC_2O_4(s)$ හි සාපේක්ෂ ද්‍රාව්‍යතා සසඳන්න.

පිළිතුර
$CaC_2O_4(s)$ ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය ලවණයක් බැවින්,

$$CaC_2O_4(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + C_2O_4^{2-}(aq)$$

(i) NaOH(aq)හි: $NaOH(aq) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$
$OH^-(aq)$, $Ca^{2+}(aq)$, $Ca(OH)_2(s)$ ලෙස අවක්ෂේප කරයි.
එබැවින් සමතුලිතතාව දකුණට බර කරමින් $[Ca^{2+}(aq)]$ අඩු වේ. එහෙයින් $CaC_2O_4(s)$හි ද්‍රාව්‍යතාව වැඩි වේ.

(ii) KCl(aq)හි: $KCl(aq) \rightarrow K^+(aq) + Cl^-(aq)$
$K^+(aq)$ හා $Cl^-(aq)$ සමතුලිතතාව කෙරෙහි බල නො පායි. ද්‍රාව්‍යතාව වෙනස් නොවේ.

(iii) $Ca(NO_3)_2$ (aq)හි: $Ca(NO_3)_2(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq)$
$Ca^{2+}(aq)$ පොදු අයනයකි. එබැවින් $[Ca^{2+}(aq)]$ වැඩි වන විට සමතුලිතතාව දකුණට බර වේ. මේ නිසා $CaC_2O_4(s)$ සෑදීම වැඩි වන අතර CaC_2O_4 හි ද්‍රාව්‍යතාව අඩු වේ.

2.4.6 pH ආවරණය

බොහෝ සංයෝගවල ද්‍රාව්‍යතාව දැඩි ලෙස ද්‍රාවණයේ pH අගය මත රැඳී පවතී. උදාහරණයක් ලෙස බොහෝ ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය ලවණවලට ඇනායනය දුබල අම්ලයක සංයුග්මක භස්මය වන අතර, එය ද්‍රාවණයේ දී ප්‍රෝටෝනීකරණය විය හැකි ය. මීට අමතරව, ඔක්සයිඩ හා සල්ෆයිඩ (මේ දෙක ම ප්‍රබල භස්ම වේ) වැනි ද්විසංගි සංයෝගවල ද්‍රාව්‍යතාව බොහෝ විට pH අගය මත රැඳී පවතී. නිදසුනක් ලෙසඃ A^- අයනය HA දුබල අම්ලයේ සංයුග්මයක භස්මය වන්නා වූ MA ලවණයේ ද්‍රාව්‍යතාව කෙරෙහි pH අගයේ බලපෑම සලකා බලමු. ලවණය ජලයේ දුවණය වන විට පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වේඃ

$$MA(s) \rightleftharpoons M^+(aq) + A^-(aq) \quad : \quad K_{sp} = [M^+(aq)][A^-(aq)] \ldots\ldots (1)$$

ඇනායනය ද ජලය සමඟ ජලවිච්ඡේදන ප්‍රතික්‍රියාව සිදු කරයි.

$$A^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons OH^-(aq) + HA(aq) \ldots\ldots (2)$$

(1) ප්‍රතික්‍රියාවේ දී නිපදවෙන $A^-(aq)$ අයන (2) ප්‍රතික්‍රියාවේ දී ඉවත් කෙරෙන බැවින් MA ලවණයේ ද්‍රාව්‍යතාව වැඩි වේ. නිදසුනක් ලෙස S^{2-}, PO_4^{3-} හෝ CO_3^{2-} වැනි භාස්මික ඇනායනයකින් යුත් ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය ලවණයක, පුරෝකථනය කරන ලද ද්‍රාව්‍යතාව වැඩි වේ. ද්‍රාවණයට ප්‍රබල අම්ලයක් එකතු කළ හොත්, එකතු කළ H^+ සම්පූර්ණයෙන් ම පාහේ A^- සමඟ ප්‍රතික්‍රියා වී HA සාදයි. මෙය $[A^-(aq)]$ අඩු කරන අතර, ඒ නිසා අයනික ගුණිතයේ විශාලත්වය ද අඩු වේ (අයනික ගුණිතය = $[M^+(aq)][A^-(aq)]$) ලේ චැටලියර් මූලධර්මයට අනුව අයනික ගුණිතය, ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතයට සමාන වන තුරු තව තවත් MA දුවණය වේ. *එහෙයින් ආම්ලික pH අගය විසින්, ඇනායනය දුබල අම්ලයක සංයුග්මක භස්මය වන්නා වූ, ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය සියලු ලවණවල පාහේ ද්‍රාව්‍යතාව බොහෝ සෙයින් වැඩි කරයි.*

පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව සලකන්න.

$$Ag_3PO_4(s) \rightleftharpoons 3Ag^+(aq) + PO_4^{3-}(aq)$$

HNO_3 අම්ලය එකතු කළ හොත් පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වේ:

$$H_3O^+(aq) + PO_4^{3-}(aq) \rightleftharpoons HPO_4^{2-}(aq) + H_2O(l)$$

මේ ප්‍රතික්‍රියාව ද්‍රාවණයේ PO_4^{3-} අයන අඩු කරන අතර, එය ඝන Ag_3PO_4 වැඩි වැඩියෙන් දුවණය කිරීමට හේතු වේ (NO_3^- අයන කිසිදු සිද්ධියකට සහභාගි නොවී ප්‍රේක්ෂක අයන ලෙස හැසිරෙමින් ද්‍රාවණයේ පවතී).

පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව සලකන්න:

$$Cu(OH)_2(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

- pH වැඩි කිරීම යනු $[OH^-(aq)]$ වැඩි කිරීමයි. මෙයින් සමතුලිතතාව වමට බර වී $Cu(OH)_2$ යම් ප්‍රමාණයක් අවක්ෂේප කරයි; එනම් එහි ද්‍රාව්‍යතාව අඩු කරයි.
- pH අඩු කළ හොත් $[OH^-]$ අඩු වී සමතුලිතතාව දකුණට බර වේ. මෙය $Cu(OH)_2$ ද්‍රාවණය කිරීමට හෙවත් $Cu(OH)_2$ හි ද්‍රාව්‍යතාව වැඩි කිරීමට හේතු වේ.
- $M(OH)_n$ ආකාර සංයෝගයක ද්‍රාව්‍යතාව pH වැඩි කළ විට අඩු වේ; pH අඩු කළ විට වැඩිවේ.

එබැවින් අද්‍රාව්‍ය භාස්මික ලවණ ආම්ලික ද්‍රාවණවල දුවණය වීමට නැඹුරු වේ. එසේ ම අද්‍රාව්‍ය ආම්ලික ලවණ භාස්මික ද්‍රාවණවල දුවණය වීමට නැඹුරු වේ.

2.39 නිදසුන

298 K දී (i) pH අගය 10.0 වූ විට හා (ii) pH අගය 5.0 වූ විට $Cu(OH)_2$ වලින් සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයක $Cu^{2+}(aq)$ සාන්ද්‍රණය ගණනය කරන්න.
$K_{sp(Cu(OH)_2)} = 2.2 \times 10^{-20}\ mol^3\ dm^{-9}$.

පිළිතුර

(i) pH = 10.00 වූ විට,

$[H^+(aq)] = 1.0\times10^{-10}\ mol\ dm^{-3}$ සහ $[OH^-(aq)] = 1.0\times10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$

$$Cu(OH)_2(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

සමතුලිතතාවේ දී : x $1.0\times10^{-4}\ mol\ dm^{-3}$

$K_{sp} = [Cu^{2+}(aq)][OH^-(aq)]^2 = 2.2 \times 10^{-20}\ mol^3\ dm^{-9}$

$x(1.0\times10^{-4}\ mol\ dm^{-3})^2 = 2.2 \times 10^{-20}$

$\therefore x = [Cu^{2+}(aq)] = \mathbf{2.2 \times 10^{-12}\ mol\ dm^{-3}}$

(ii) pH = 5.00 වූ විට,

$[H^+(aq)] = 1.0\times10^{-5}$ සහ $[OH^-(aq)] = 1.0\times10^{-9}\ mol\ dm^{-3}$

$$Cu(OH)_2(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$$

සමතුලිතතාවේ දී : x $1.0\times10^{-9}\ mol\ dm^{-3}$

$K_{sp} = [Cu^{2+}(aq)][OH^-(aq)]^2 = 2.2 \times 10^{-20}$

$x(1.0\times10^{-9}\ mol\ dm^{-3})^2 = 2.2 \times 10^{-20}\ mol^3\ dm^{-9}$

$\therefore x = [Cu^{2+}(aq)] = \mathbf{2.2 \times 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}}$

pH අගය අඩු වන විට එබඳු ලෝහ හයිඩ්‍රොක්සයිඩවල ද්‍රාව්‍යතාව වැඩි වන බව මින් අපට පෙනේ.

ඉහත නිදසුනෙහි $OH^-(aq)$ ඇනායනය ජලයෙන් ව්‍යුත්පන්න වී ඇති බැවින් මාධ්‍යයේ $H^+(aq)$හි බලපෑම අපට සලකා බැලිය හැකි ය. pH මත පරායත්ත එබඳු ද්‍රාව්‍යතා ජලයෙන් ව්‍යුත්පන්න ඇනායන අඩංගු සංයෝගවලට (ලෝහ හයිඩ්‍රොක්සයිඩ) සීමා නො වේ. නිදසුනක් ලෙස CaF_2 භාස්මික ඇනායනයක් අඩංගු ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය ලවණයකි. 298 K දී පහත දැක්වෙන සමතුලිතතාව සලකන්න.

$$CaF_2(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2F^-(aq)\ ; \quad K_{sp} = 3.45 \times 10^{-11}$$

CaF_2 වලින් සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයකට ප්‍රබල අම්ලයක් එකතු කළ විට පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වේ:

$$H^+(aq) + F^-(aq) \rightleftharpoons HF(aq)$$

ඉදිරි ප්‍රතික්‍රියාව ෆ්ලුවොරයිඩ් අයන සාන්ද්‍රණය අඩු කරන බැවින් පද්ධතිය මත යෙදෙන සංරෝධය අඩු කිරීමට CaF_2 වැඩියෙන් ද්‍රවණය වේ. එබැවින් CaF_2 ප්‍රබල අම්ලයක් සමඟ සිදු කරන ශුද්ධ ප්‍රතික්‍රියාව වන්නේ,

$$CaF_2(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2HF(aq)$$

$MCO_3(s)$ ලෝහ කාබනේට සැලකූ විට:

$$MCO_3(s) \rightleftharpoons M^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$$

$$H^+(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq)$$

එබැවින් සමස්ත ප්‍රතික්‍රියාව වන්නේ,

$$MCO_3(s) + H^+(aq) \rightarrow M^{2+}(aq) + HCO_3^-(aq)$$

එනම්: පද්ධතිය මත ඇති වන සංරෝධය ලිහිල් කිරීමට $MCO_3(s)$ වඩ වඩා ද්‍රවණය වේ. මෙයින් පෙනී යන්නේ pH වැඩි වීමේ දී ද්‍රාව්‍යතාව අඩු වන බව හා pH අඩු වීමේ දී ද්‍රාව්‍යතාව වැඩි වන බව ය.

ඉහත කරුණු අනුව දුබල අම්ලවලින් ව්‍යුත්පන්න වූ ෆ්ලුවොරයිඩ, ඔක්සලේට, කාබනේට, ෆොස්ෆේට ආදී ලවණ ආම්ලික ද්‍රාවණවල වැඩියෙන් ද්‍රවණය වීමට නැඹුරු වන බව නිගමනය කළ හැකි ය.

පහත දැක්වෙන නිදසුන සලකන්න:

PbC_2O_4, PbI_2 හා $PbSO_4$ ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය ලවණ වේ. 298 K දී ඒවායේ ද්‍රාව්‍යතා ගුණිත පිළිවෙළින් 4.8×10^{-10} mol^2 dm^{-6}, 9.8×10^{-9} mol^3 dm^{-9} හා 2.5×10^{-5} mol^2 dm^{-6} වේ. ඒවායේ සන්තෘප්ත ද්‍රාවණවලට ප්‍රබල අම්ලයක් එකතු කළ විට ඒවායේ සාපේක්ෂ ද්‍රාව්‍යතා සංසන්දනය කරන්න.

ඉහත ලවණවල සන්තෘප්ත ද්‍රාවණවල පවත්නා සමතුලිතතා මෙසේ ය:

$$PbC_2O_4(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + C_2O_4^{2-}(aq) \; ; K_{sp} = 4.8 \times 10^{-10} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$$

$$PbI_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq) \; ; K_{sp} = 9.8 \times 10^{-9} \text{ mol}^3 \text{ dm}^{-9}$$

$$PbSO_4(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \; ; K_{sp} = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$$

උක්ත සමතුලිතතාවල දී සෑදෙන $C_2O_4^{2-}$, I^-, හා SO_4^{2-} යන ඇනායන පිළිවෙළින් $H_2C_2O_4$, HI, හා H_2SO_4 යන අම්ලවල සංයුග්මක භස්ම වේ. ප්‍රබල අම්ලයක බලපෑමට වඩාත් ම ලක් වන්නේ ප්‍රබලතම සංයුග්මක භස්මය බැවින් අපට ඒවායේ සාපේක්ෂ ද්‍රාව්‍යතා ඒවායේ සාපේක්ෂ භාස්මිකතාවලට සම්බන්ධ කළ හැකි ය.

HI ප්‍රබල අම්ලයක් බැවින් PbI_2වල සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයකට ප්‍රබල අම්ලයක් එකතු කිරීම එහි ද්‍රාව්‍යතාව කෙරෙහි දැඩි බලපෑමක් නො කරයි. අම්ලය හුදෙක් $H^+(aq)$ හා අනුරූප ඇනායනය දෙමින් විඝටනය වේ.

$C_2O_4^{2-}(aq)$ පළමු ප්‍රෝටෝනයට දැඩි ආකර්ෂණයක් ද දෙවැනි ප්‍රෝටෝනයට මඳ ආකර්ෂණයක් ද දක්වයි. එබැවින් $PbC_2O_4(s)$හි සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයකට ප්‍රබල අම්ලයක් එකතු කිරීමේ ප්‍රතිඵලයක් ලෙස පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියා ඇති වේ.

$$C_2O_4^{2-}(aq) + H^+(aq) \rightleftharpoons HC_2O_4^-(aq)$$

හා

$$HC_2O_4^-(aq) + H^+(aq) \rightleftharpoons H_2C_2O_4(aq)$$

මේ ප්‍රතික්‍රියා $[C_2O_4^{2-}(aq)]$ අඩු කරන අතර පද්ධතිය මත ඇති වන සංරෝධය අඩු කිරීමට වඩ වඩා ලෙඩ් ඔක්සලේට් ද්‍රාවණය කරයි.

$PbSO_4$ හි සන්තෘප්ත ද්‍රාවණයකට ප්‍රබල අම්ලයක් එකතු කිරීමේ ප්‍රතිඵලයක් ලෙස පහත දැක්වෙන ප්‍රතික්‍රියාව සිදු වේ.

$$SO_4^{2-}(aq) + H^+(aq) \rightleftharpoons HSO_4^-(aq)$$

$HSO_4^-(aq)$ හි pK_a (1.99) << ඔක්සලික් අම්ලයේ pK_{a2} බැවින් ඉහත සමතුලිතතාව විශාල ලෙස වමට බර වේ. වෙනත් අයුරකින් පැවසුව හොත් ඔක්සලික් අම්ලයේ භාස්මිකතාව >>> සල්ෆියුරික් අම්ලයේ භාස්මිකතාව වේ. එබැවින් එකතු කරන ලද ප්‍රබල අම්ලය $PbSO_4$හි ද්‍රාව්‍යතාව කෙරෙහි ඇති කරන බලපෑම, PbC_2O_4හි ද්‍රාව්‍යතාව කෙරෙහි ඇති කරන බලපෑමට වඩා සැලකිය යුතු ලෙස අඩු ය.

මේ නිදසුනෙන්, ජලවිච්ඡේදනය නොවන Cl^-, Br^-, I^- වැනි ඇනායන අඩංගු ලවණවල ද්‍රාව්‍යතා pH හි බලපෑමට ලක් නොවන බව ද වටහා ගත හැකි ය.

2.40 නිදසුන

එක්තරා ආම්ලික $M^{3+}(aq)$ අයන නියැදියක $M^{3+}(aq)$ සාන්ද්‍රණය 3.0×10^{-6} mol dm^{-3} වේ. $M(OH)_3$ ලෙස අවක්ෂේප කරනු පිණිස ද්‍රාවණයේ pH අගය කවර මට්ටමකට සීරුමාරු කළ යුතු ද? $K_{sp} = 2.4 \times 10^{-20}$ mol^4 dm^{-12}

පිළිතුර

$K_{sp} = [M^{3+}(aq)][OH^-(aq)]^3 = 2.4 \times 10^{-20}$ mol^4 dm^{-12}

$$[OH^-(aq)] = \sqrt[3]{\frac{2.4 \times 10^{-20}}{3.0 \times 10^{-6}}} = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

$\therefore$ pOH = **4.7**

pH = **9.3**

මේ අනුව pH අගය 9.3 දක්වා ගෙන ඒමට ප්‍රමාණවත් තරම් භස්මයක් එකතු කරන තුරු අවක්ෂේප වීම ආරම්භ නො වේ.

2.4.7 ගුණාත්මක (කැටායන) විශ්ලේෂණයේ දී ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතයේ යෙදීම

ජලීය ද්‍රාවණයක තිබෙන සුවිශේෂී අයනවල පැවැත්ම අනාවරණය කර ගන්නේ කෙසේ දැයි දැන ගැනීම වැදගත් ය. මෙහි දී භාවිත වන ක්‍රියාවලිය ගුණාත්මක විශ්ලේෂණය යටතට ගැනෙන අතර එය නියැදියක පවතින්නේ මොනවා ද? යන ප්‍රශ්නයට පිළිතුරු සොයා බැලෙයි. අයන, යම් යම් ප්‍රතිකාරක සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කර නිරීක්ෂණය කළ හැකි ඵල ලබා දීම ගුණාත්මක විශ්ලේෂණයේ පදනම වේ. නිදසුනක් ලෙස සිල්වර් අයන, හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය සමඟ ප්‍රතික්‍රියා කරවීමෙන් අද්‍රාව්‍ය, ඝන සිල්වර් ක්ලෝරයිඩ් ලෙස අවක්ෂේප කළ හැකි ය. බොහෝ කැටායන හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලය සමඟ මේ ආකාරයට ප්‍රතික්‍රියා නොකරන බැවින් මේ සරල ප්‍රතික්‍රියාව අද්‍රාව්‍ය ක්ලෝරයිඩ සාදන අයන, එසේ නොකරන අයනවලින් වෙන් කර ගැනීමට යොදා ගත හැකි ය. මිශ්‍රණයක පවතින අයන ගුණාත්මකව අනාවරණය කර ගැනීම සිදු කරනුයේ ක්‍රමානුකූල විශ්ලේෂණයකිනි. එහි දී අවක්ෂේපණ ප්‍රතික්‍රියා ප්‍රධාන කාර්යයක් ඉටු කරයි.

කැටායනවලින් සෑදෙන විවිධ අයනවල ජල ද්‍රාව්‍යතාව විවිධ ය. මේ ලවණවල ද්‍රාව්‍යතාවල විවිධත්වය අයන වෙන් කර ගැනීම සඳහා උපයෝගි කර ගත හැකි ය. නිදසුනක් ලෙස, කැටායනවල ජලීය මිශ්‍රණයකට උචිත රසායනික ප්‍රතිකාරකයක් එකතු කිරීම කැටායන එකක් හෝ වැඩි ගණනක් වරණීය ලෙස අවක්ෂේප කිරීමට හේතු වන අතර, තවත් කැටායන එකක් හෝ වැඩි ගණනක් ජලයේ ද්‍රවිත ව පවතී.

කැටායන, ඒවායේ සංයෝගවල ද්‍රාව්‍යතාව අනුව ප්‍රධාන කාණ්ඩ පහකට වෙන් කළ හැකි ය:

I කාණ්ඩය (Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}): මේ කැටායන අද්‍රාව්‍ය ක්ලෝරයිඩ සාදන අතර, තනුක හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ලයෙන් අවක්ෂේප කළ හැකි ය. එවිට අනෙක් සියලු කැටායන ද්‍රාවණගතව පවතී.

II කාණ්ඩය (Cu^{2+}, Bi^{3+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, As^{3+}, Sb^{3+}, Sn^{4+}/ Sn^{2+}): මේ කැටායන බෙහෙවින් අද්‍රාව්‍ය සල්ෆයිඩ (K_{sp} අගය 10^{-25}ට අඩු) සාදන බැවින් අඩු සාන්ද්‍රණයක ඇති සල්ෆයිඩ් අයන මඟින් අවක්ෂේප කළ හැකි ය. ලෝහ අයනවල ආම්ලික ද්‍රාවණයකට හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් වායුව යැවීමෙන් මෙය ඉටු කර ගත හැකි ය.

III කාණ්ඩය (Al^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}): මේ කැටායන බෙහෙවින් අද්‍රාව්‍ය හයිඩ්‍රොක්සයිඩ සාදන අතර සාපේක්ෂ වශයෙන් අඩු හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අයන ප්‍රමාණයක් එක් කිරීමෙන් අවක්ෂේප කළ හැකි ය.

IV කාණ්ඩය (Zn^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Mn^{2+}): මේ කැටායන මඳ වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය සල්ෆයිඩ (K_{sp} අගය 10^{-20}ට වැඩි) සාදයි. සාපේක්ෂ වශයෙන් වැඩි සල්ෆයිඩ අයන ප්‍රමාණයකින් අවක්ෂේප කළ හැකි ය. ලෝහ අයනවල භාස්මික ද්‍රාවණයකට හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් වායුව යැවීමෙන් මෙයය ඉටු කර ගත හැකි ය.

V කාණ්ඩය (Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}):ඉහත කාණ්ඩවලට අයත් සියලු කැටායන සමඟ මේ කැටායන අද්‍රාව්‍ය කාබනේට සාදයි. එබැවින් මුල් කාණ්ඩ සතරෙහි අයන ඉවත් කිරීමෙන් පසු කාබනේටයක් එකතු කිරීමෙන් මේ අයන අවක්ෂේප කළ හැකි ය.

(Mg^{2+}, Na^+, K^+, NH_4^+):මේ කැටායන ඉහත ප්‍රතිකාරක කිසිවක් අවක්ෂේප නො වේ.

I කාණ්ඩයේ කැටායන අවක්ෂේපණයේ රසායනය

I කාණ්ඩයේ කැටායන අවක්ෂේප කිරීමේ ප්‍රතිකාරකය වන්නේ තනුක (6 mol dm^{-3}) හයිඩ්‍රොක්ලෝරික් අම්ල ද්‍රාවණයකි. මෙහි දී සිල්වර් (Ag^+), මර්කරි (I) (Hg_2^{2+}) හා ලෙඩ් (II) (Pb^{2+}) අයන අවක්ෂේප වේ. මීට අදාළ ශුද්ධ අයනික සමීකරණ නම්:

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$$
$$Hg_2^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow Hg_2Cl_2(s)$$
$$Pb^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow PbCl_2(s)$$

පොදු අයන ආවරණයට අනුව, අවක්ෂේපයේ ද්‍රාව්‍යතාව අඩු කිරීම සඳහා ක්ලෝරයිඩ් අයන මඳක් වැඩිපුර එකතු කරනු ලැබේ. එසේ වුව ද ද්‍රාවණයේ සැලකිය යුතු ලෙඩ් අයන සාන්ද්‍රණයක් පැවතීමට තරම් ප්‍රමාණවත් ලෙස ලෙඩ් ක්ලෝරයිඩ්වල ද්‍රාව්‍යතාව ඉහළ ය. මින් බහුතරය II කාණ්ඩයේ ප්‍රතිකාරකයෙන් අවක්ෂේප වේ.

II කාණ්ඩයේ කැටායන අවක්ෂේපණයේ රසායනය

II කාණ්ඩයේ (හා VI කාණ්ඩයේ) කැටායන, ඒවායේ අද්‍රාව්‍ය සල්ෆයිඩ ලෙස අවක්ෂේප කිරීමෙන් වෙන් කර ගනු ලැබේ. මේ සඳහා සල්ෆයිඩ් අයන සපයනු ලබන්නේ ජලයේ ස්වල්ප වශයෙන් ද්‍රාව්‍ය, දුබල විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍යයක් වූ හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් වායුව විසිනි. 25 °C දී හා 1 atm පීඩනයේ දී සන්තෘප්ත ජලීය ද්‍රාවණ ලීටරයක හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් 0.1 mol ක් පමණ තිබේ. ද්‍රාවණය වූ අණුක හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් හයිඩ්‍රජන් අයන ($H^+(aq)$), හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් අයන $HS^-(aq)$ හා සල්ෆයිඩ් අයන $S^{2-}(aq)$ බවට විඝටනය වන අතර ඒ සම්බන්ධ සමතුලිතතා මෙසේ ය.

සමතුලිතතා තුනක් සම්බන්ධ වේ.

$$H_2S(g) \rightleftharpoons H_2S(aq)$$

$$H_2S(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HS^-(aq):\ K_1 = \frac{[H^+(aq)][HS^-(aq)]}{[H_2S(aq)]} = 9.1 \times 10^{-8}\ mol\ dm^{-3}$$

$$HS^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + S^{2-}(aq):\ K_2 = \frac{[H^+(aq)][S^{2-}(aq)]}{[HS^-(aq)]} = 1.0 \times 10^{-19} mol\ dm^{-3}$$

ජලීය මාධ්‍යය අධික ලෙස භාස්මික නොවෙතොත්, එහි පවතින්නේ S^{2-} අයන ඉතා අල්ප ප්‍රමාණයක් බව K_2 හි අඩු අගයෙන් ගම්‍ය වේ.

$$M^{2+}(aq) + H_2S(aq) \rightleftharpoons MS(s) + 2H^+(aq)$$

මෙහි මාධ්‍යය ආම්ලික කිරීම ලෝහ සල්ෆයිඩ අවක්ෂේප වීම වැළැක්වීමට හේතු වේ. අම්ලයක් එකතු කිරීම ඉහත සමතුලිතතා වමට බර කරයි. II කාණ්ඩයේ ලෝහ සල්ෆයිඩවල K_{sp} අගයයන් ඉතා අඩු ය. එබැවින් ආම්ලික හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් ද්‍රාවණයේ දී ඉතා අල්ප ද්‍රාව්‍යතාවකින් යුත් ලෝහ සල්ෆයිඩ පමණක් අවක්ෂේප වන අතර, ඉහළ ද්‍රාව්‍යතාවෙන් යුත් සල්ෆයිඩ (VI කාණ්ඩයේ) ද්‍රාවණගතව පවතී. එබැවින්, $H^+(aq)$ සාන්ද්‍රණය පාලනය කිරීමෙන් ලෝහ අයන ඒවායේ සල්ෆයිඩවල ද්‍රාව්‍යතාවල වෙනස්කම් උපයෝගී කර ගනිමින් වෙන් කර ගත හැකි ය. II කාණ්ඩය බොහෝ විට අම්ල - හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් කාණ්ඩය යනුවෙන් හඳුන්වනු ලබන අතර, එහි හයිඩ්‍රජන් අයන සාන්ද්‍රණය 0.1 mol dm^{-3}-0.3 mol dm^{-3} (pH = 0.5-1.0) පරාසයේ අවත්වා ගනු ලැබේ. මෙ මඟින්, II කාණ්ඩයේ සල්ෆයිඩවල පමණක් අයනික ගුණිතය ඒවායේ ද්‍රාව්‍යතා ගුණිතය ඉක්මවන ලෙස හා ඒවා පමණක් අවක්ෂේප වන ලෙසත්, වඩා ද්‍රාව්‍ය සල්ෆයිඩ සාදන IV කාණ්ඩයේ කැටායන අවක්ෂේප නොවන ලෙසත් සල්ෆයිඩ අයන සාන්ද්‍රණය සකසා ගනු ලැබේ. I කාණ්ඩයේ පෙරනයට H_2S වායුව යැවීමෙන් මේ තත්ත්ව සාධනය කර ගත හැකි ය.

II කාණ්ඩයේ කැටායන අවක්ෂේප වීමට අදාළ ප්‍රතික්‍රියා පහත දැක්වේ:

$$Cu^{2+}(aq) + H_2S(aq) \rightarrow CuS(s) + 2H^+(aq)$$
$$Cd^{2+}(aq) + H_2S(aq) \rightarrow CdS(s) + 2H^+(aq)$$
$$Hg^{2+}(aq) + H_2S(aq) \rightarrow HgS(s) + 2H^+(aq)$$
$$2Bi^{3+}(aq) + 3H_2S(aq) \rightarrow Bi_2S_3(s) + 6H^+(aq)$$
$$2As^{3+}(aq) + 3H_2S(aq) \rightarrow As_2S_3(s) + 6H^+(aq)$$
$$2Sb^{3+}(aq) + 3H_2S(aq) \rightarrow Sb_2S_3(s) + 6H^+(aq)$$

$$Sn^{4+}(aq) + 2H_2S(aq) \rightarrow SnS_2(s) + 4H^+(aq)$$

III කාණ්ඩයේ කැටායන අවක්ෂේපණයේ රසායනය

II කාණ්ඩයේ කැටායනවල හයිඩ්‍රොක්සයිඩවල K_{sp} අගයයන් ඉතා අඩු ය. එබැවින් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ අයන සාන්ද්‍රනය ඉතා අඩු මට්ටමක පවත්වා ගනිමින් එම කැටායන හයිඩ්‍රොක්සයිඩ ලෙස අවක්ෂේප කළ හැකි ය. මේ වෙත් කිරීමේ දී පමණට වැඩි භාස්මික ද්‍රාවණයක හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් ද්‍රාවණයක් පවත්වා නොගැනීමට පරිස්සම් විය යුතු ය. හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අයන සාන්ද්‍රණය සැලකිය යුතු තරම් ඉහළ වේ නම් අනවශ්‍ය මැග්නීසියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අවක්ෂේප වීම සිදු වේ. හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අයන අවශ්‍ය (1×10^{-5} mol dm^{-3} පමණ) පවත්වා ගැනීමට ඇමෝනියා - ඇමෝනියම් ක්ලෝරයිඩ (NH_3/NH_4Cl) ස්වාරක්ෂකයක් භාවිතා වේ. මේ ද්‍රාවණයේ පහත දැක්වෙන අයනීකරණ සමතුලිතතා පවතී.

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$NH_4Cl(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$$

0.10 mol dm^{-3} ඇමෝනියා ද්‍රාවණයක් භාවිත කළ හොත්, හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අයන සාන්ද්‍රණය 1.3×10^{-3} mol dm^{-3} වන අතර එය මැග්නීසියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අවක්ෂේප කිරීමට තරම් ඉහළ සාන්ද්‍රණයකි. එකතු කරන ලද ඇමෝනියම් ක්ලෝරයිඩවලින් ලැබෙන ඇමෝනියම් අයන, ඇමෝනියාහි සමතුලිතතාව වමට විස්ථාපනය කරමින් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අයන සාන්ද්‍රණය පහළ දමයි. 1×10^{-5} mol dm^{-3} පමණ $[OH^-(aq)]$ අයන සාන්ද්‍රණයක් ස්වල්ප ලෙස ද්‍රාව්‍ය ඇලුමිනියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් හා ක්‍රෝමියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අවක්ෂේප කිරීමට ප්‍රමාණවත් වන අතර වඩා ද්‍රාව්‍ය මැග්නීසියම් හයිඩ්‍රොක්සයිඩ් අවක්ෂේප කිරීමට ප්‍රමාණවත් නො වේ. අදාළ හයිඩ්‍රොක්සයිඩවල K_{sp} අගයයන් සංසන්දනයෙන් මෙය අපට තේරුම් ගත හැකි වේ.

III කාණ්ඩයේ අයන අවක්ෂේප වීමට අදාළ සමීකරණ නම්:

$$Al^{3+}(aq) + 3H_2O(aq) + 3NH_3(aq) \rightarrow Al(OH)_3(s) + 3NH_4^+(aq)$$
$$Cr^{3+}(aq) + 3H_2O(aq) + 3NH_3(aq) \rightarrow Cr(OH)_3(s) + 3NH_4^+(aq)$$
$$Fe^{3+}(aq) + 3H_2O(aq) + 3NH_3(aq) \rightarrow Fe(OH)_3(s) + 3NH_4^+(aq)$$

මෙහි දී $OH^-(aq)$ සාන්ද්‍රණය $Mg(OH)_2$ අවක්ෂේප කිරීමට ප්‍රමාණවත් තරම් ඉහළ වේ නම්,

$$Mg^{2+}(aq) + OH^-(aq) \rightarrow Mg(OH)_2(s)$$

එබැවින් Al^{3+}, Cr^{3+} හා Fe^{3+} වෙන් කිරීමේ දී Mg^{2+} අයන අවක්ෂේප නොවන පරිදි OH^- සාන්ද්‍රණය පාලනය කිරීම අත්‍යවශ්‍ය ය.

IV කාණ්ඩයේ කැටායන අවක්ෂේපණයේ රසායනය

හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩවල භාස්මික ද්‍රාවණයක් මඟින් IV කාණ්ඩයේ අයන ඒවායේ සල්ෆයිඩ ලෙස අවක්ෂේප කෙරේ. භාස්මික ද්‍රාවණයේ H_2S අයනීකරණය වැඩි වන අත ද්‍රාවණයේ S^{2-} අයන සාන්ද්‍රණය වැඩි වේ. එහි ප්‍රතිඵලය වන්නේ IV කාණ්ඩයේ සල්ෆයිඩවල ද්‍රාව්‍යතා ගුණිත ඉක්මවා යැමට තරම් ඒවායේ අයනික ගුණිත ඉහළ යැමත් එනයින් ඒවා අවක්ෂේප වීමත් ය.

$$H_2S(g) \rightleftharpoons H_2S(aq)$$
$$H_2S(aq) \rightleftharpoons 2H^+(aq) + S^{2-}(aq)$$

$OH^-(aq)$ අයන හමුවේ දී $H^+(aq)$ අයන උදාසීන වේ. එබැවින් IV කාණ්ඩයේ කැටායන, ඒවායේ සල්ෆයිඩ ලෙස අවක්ෂේප කිරීමට තරම් වූ තරමක් ඉහළ $S^{2-}(aq)$ අයන සාන්ද්‍රණයක් ද්‍රාවණයේ අඩංගු වේ. IV කාණ්ඩයේ අයනවල සල්ෆයිඩ, II කාණ්ඩයේ ආම්ලික හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් ද්‍රාවණයේ දී අවක්ෂේප වීමට තරම් අද්‍රාව්‍ය නොවුව ද භාස්මික හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් ද්‍රාවණයක දී අවක්ෂේප වේ. IV කාණ්ඩයේ අයනවල අවක්ෂේපණයකට අදාළ සමීකරණ වන්නේ:

$$Zn^{2+}(aq) + H_2S(aq) \rightarrow ZnS(s) + 2H^+(aq)$$
$$Ni^{2+}(aq) + H_2S(aq) \rightarrow NiS(s) + 2H^+(aq)$$
$$Co^{2+}(aq) + H_2S(aq) \rightarrow CoS(s) + 2H^+(aq)$$
$$Mn^{2+}(aq) + H_2S(aq) \rightarrow MnS(s) + 2H^+(aq)$$

V කාණ්ඩයේ කැටායන අවක්ෂේපණයේ රසායනය

V කාණ්ඩයේ කැටායන භාස්මික ද්‍රාවණයේ ඒවායේ කාබනේට ලෙස අවක්ෂේප වේ. මේ තත්ත්වය සපුරා ගනු ලබන්නේ නැටවීමෙන් IV කාණ්ඩයේ පෙරේනයේ ඇති $H_2S(aq)$ ඉවත් කිරීමෙන් හා වැඩිපුර NH_4Cl/ NH_4OH එකතු කිරීමෙනි. V කාණ්ඩයේ කැටායන අවක්ෂේප කෙරෙනුයේ $(NH_4)_2CO_3$ ද්‍රාවණයක් එකතු කිරීමෙනි. V කාණ්ඩයේ අයනවල අවක්ෂේපණයට අදාළ සමීකරණ වන්නේ:

$$Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s)$$
$$Sr^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow SrCO_3(s)$$
$$Ba^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow BaCO_3(s)$$

VI කාණ්ඩයේ කැටායන අවක්ෂේපණයේ රසායනය

මැග්නීසියම්: ද්‍රාවණයේ ඇත්තේ Mg^{2+} අයන පමණක් නම් එය සරල පරීක්ෂා මගින් පහසුවෙන් හඳුනා ගත හැකි ය. එහෙත් කැටායන මිශ්‍රණයක දී එය හඳුනා ගැනීම අපහසු ය. එබැවින් Mg^{2+} අයනහඳුනා ගැනීම සඳහා 8–හයිඩ්‍රොක්සික්විනොලීන් සමඟ සුවිශේෂ පරීක්ෂණයක් සිදු කරනු ලැබේ. Mg^{2+} අයන ඒ ප්‍රතිකාරකය සමඟ කහ-කොළ අවක්ෂේපයක් හෝ සංකීර්ණයක් දෙයි.

Na^+, K^+ හා NH_4^+ යන කැටායන ඉහත කිසිදු ප්‍රතිකාරකයක් සමඟ අවක්ෂේප නො දේ. ක්ෂාර ලෝහවල කැටායන සාමාන්‍යයෙන් හඳුනා ගනු ලබන්නේ පහන් සිළු පරීක්ෂාවෙනි; ඒ අයන දැල්ලට දෙන ලාක්ෂණික වර්ණය නිරීක්ෂණයෙනි.

පහත දැක්වෙන උදාහරණයෙන් වරණීය අවක්ෂේපණයේ දී pH අගයේ වැදගත්කම පැහැදිලි වේ.

නිදසුන 2.41

ද්‍රාවණයක 0.1 mol dm^{-3} Zn^{2+} අයන හා 0.1 mol dm^{-3} Fe^{2+} අයන අඩංගු වේ. ද්‍රාවණය තුළින් H_2S වායුව යැවීමෙන් ඒවා වෙන් කර ගත යුතු වේ නම් ද්‍රාවණයේ pH අගය කුමක් විය යුතු ද?

ද්‍රාවණයේ H_2S සාන්ද්‍රණය 0.10 mol dm^{-3}

$K_{sp}(ZnS) = 1.6 \times 10^{-24}$ mol^2 dm^{-6} , $K_{sp}(FeS) = 6.3 \times 10^{-18}$ mol^2 dm^{-6}.

පිළිතුර

ද්‍රාවණය තුළින් $H_2S(g)$ වායුව යැවීමේ දී පහත දැක්වෙන සමතුලිතතා පවතී.

$$H_2S(g) \rightleftharpoons H_2S(aq)$$

$$H_2S(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HS(aq);\ K_{a_1} = \frac{[H_3O^+(aq)][HS^-(aq)]}{[H_2S(aq)]}$$

$$= 9.1 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$HS\ (aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + S^2\ (aq);\ K_{a_2} = \frac{[H_3O^+(aq)][S^{2-}(aq)]}{[HS^-(aq)]}$$

$$= 1.0 \times 10^{-19} \text{ mol dm}^{-3}$$

මේ සමීකරණ දෙක අනුව,

$$K_{a_1}K_{a_2}[H_2S(aq)] = [H_3O^+(aq)]^2[S^{2-}(aq)]$$

ආදේශයෙන්

$$[H_3O^+(aq)]^2[S^{2-}(aq)] = (9.1 \times 10^{-8})\,(1.0 \times 10^{-19})\,(0.1)\ \text{mol}^3\,\text{dm}^{-9}$$

$$= 9.1 \times 10^{-28}\ \text{mol}^3\,\text{dm}^{-9}$$

දී ඇති දත්ත අනුව

$K_{sp}(ZnS) = [Zn^{2+}(aq)][S^{2-}(aq)] = 1.6 \times 10^{-24}$ mol^2 dm^{-6} සහ

$K_{sp}(FeS) = [Fe^{2+}(aq)][S^{2-}(aq)] = 6.3 \times 10^{-18}$ mol^2 dm^{-6}

$[Zn^{2+}(aq)]$= 0.1 mol dm^{-3} වන විට, ZnS අවක්ෂේප වීමට අවශ්‍ය අවම $[S^{2-}(aq)]$ මෙසේ ගණනය කළ හැකි ය.

$$[S^{2-}(aq)] = \frac{1.6 \times 10^{-24}}{0.1} = 1.6 \times 10^{-23}\ \text{mol dm}^{-3}$$

මේ අවම $[S^{2-}(aq)]$ ට අනුරූප, උපරිම $[H_3O^+(aq)]$ පහත දැක්වෙන සමීකරණය භාවිතයෙන් ගණනය කළ හැකි ය.

$$[H_3O^+(aq)]^2[S^{2-}(aq)] = 9.1 \times 10^{-28}\ \text{mol}^3\,\text{dm}^{-9}$$

$$\therefore [H_3O^+(aq)]^2 = \frac{9.1 \times 10^{-28}}{1.6 \times 10^{-23}} = 5.7 \times 10^{-5}\ \text{mol}^2\,\text{dm}^{-6}$$

$$\therefore [H_3O^+(aq)] = 7.6 \times 10^{-3}\ \text{mol dm}^{-3}$$

$$\therefore \text{pH} = -\log[H_3O^+(aq)] = 2.1$$

∴ ZnS= 2.1 අවක්ෂේප කිරීමට අවශ්‍ය අවම pH අගය = 2.1

එසේ ම $[Fe^{2+}(aq)] = 0.1\ mol\ dm^{-3}$ වන විට FeS අවක්ෂේප කිරීම සඳහා අවශ්‍ය අවම $[S^{2-}(aq)]$ මේ ය.

$$[S^{2-}(aq)] = \frac{6.3 \times 10^{-1}}{0.1} = 6.3 \times 10^{-1}\ mol\ dm^{-3}$$

අවශ්‍ය අවම $[H_3O^+(aq)]$ මෙසේ සෙවිය හැකි ය.

$$\therefore [H_3O^+(aq)]^2 = \frac{9.1 \times 10^{-28}}{6.3 \times 10^{-17}} = 1.4 \times 10^{-11}\ mol^2\ dm^{-6}$$

$$\therefore [H_3O^+(aq)] = 3.7 \times 10^{-6}\ mol\ dm^{-3}$$

$$\therefore pH = -\log[H_3O^+(aq)] = 5.4$$

$\therefore$ FeS අවක්ෂේප වීම සිදු වන අවම pH අගය = 5.4

මේ අනුව H_3O^+ සාන්ද්‍රණය $10^{-5.4}\ mol\ dm^{-3}$ $(3.7 \times 10^{-6}\ mol\ dm^{-3})$ වඩා වැඩි වූ විට Zn^{2+} අවක්ෂේප නොවන නමුත් Fe^{2+} අවක්ෂේප වන බව පෙනේ.

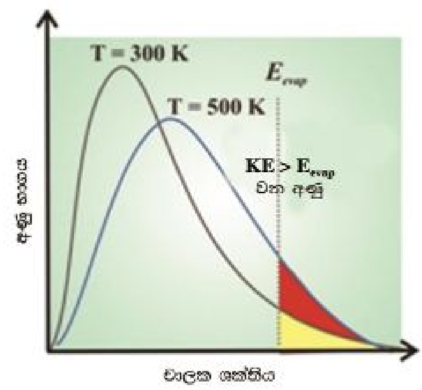
අයන දෙක වෙන් කිරීමට ද්‍රාවණයේ පැවතිය යුතු pH අගය 2.1 හා 5.4 අතර වේ.

2.5 විවිධ කලාපවල සමතුලිතතාව

පදාර්ථය ඝන, ද්‍රව සහ වායු යන අවස්ථා තුනකින් පවතින බවට අපට අදහසක් ඇති අතර පදාර්ථය අවස්ථා විපර්යාසයක් (පරිණාමනය) එක් කලාපයකින් තවත් කලාපයකට සිදු කරන විට පද්ධතියේ මහේක්ෂීය ගුණ වෙනස් නොවී පවතින අතර, අන්වීක්ෂීය ගුණ වෙනස් වේ. සාමාන්‍යයෙන් පද්ධතියක උෂ්ණත්වය හෝ පීඩනය වෙනස් වන විට කලාපවල වෙනස් වීම් සිදුවන අතර, කලාප වෙනස්වීම් යනු අණුවල ක්‍රමානුකූල බවට ලාක්ෂණික වන භෞතික වෙනස්වීම් වේ. ඝන කලාපයේ ඇති අණුවලට වැඩි ම ක්‍රමානුකූල ඇහිරීමක් ඇති අතර වායු කලාපයේ ඇති අනුවලට වැඩි ම අහඹුතාවයක් ඇත. මේ කොටස මඟින් ද්‍රව - වායු සමතුලිතතාවට අයත් පද්ධතිවල සමතුලිතතාව සලකනු ලැබේ.

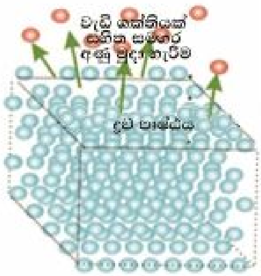
ද්‍රව-වායු සමතුලිතතාව

ද්‍රවවල ඇති අණු ඝනවල මෙන් තදින් බැඳී නැත. එනිසා වායු අණුවලට වඩා අඩු නිදහසක් ද්‍රව අණුවලට ඇති අතර මේවා නිරතුරුව චලනය වේ. ද්‍රවවල වායුවලට වඩා වැඩි අන්තර්-අණුක ආකර්ෂණ බල ඇති නිසා ද්‍රව අණු අතර ගැටුම් ප්‍රමාණය වායු කලාපයේ ඇති අණුවල ගැටුම් ප්‍රමාණයට වඩා වැඩි ය. ද්‍රව අංශුවල මධ්‍යයන ශක්තිය උෂ්ණත්වය මඟින් පාලනය කරනු අතර, එය රූපසටහන 2.29 මඟින් පෙන්නුම් කරනු ලැබේ. ද්‍රව අණුවලට ප්‍රමාණවත් ශක්තියක් ඇති විට ඒවා කලාපය මතුපිටට පැමිණ කලාප විපර්යාසයක් සිදු කරයි. ද්‍රවයක් වායුවක් බවට පත් වීමේ ක්‍රියාවලිය වාෂ්පීකරණය හෝ වාෂ්පීභවනය ලෙස හැඳින්වේ.



රූපය 2.29 300 K හා 400 K යන උෂ්ණත්ව දෙකකදී ද්‍රව අණුවල චාලක ශක්තිවල ව්‍යාප්තිය. උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට ප්‍රස්තාරයේ මුදුන වැඩි ශක්තිය ඇති දිශාවට වෙනස් වන අතර ප්‍රස්තාරය වඩාත් පුළුල් වේ. E_{evap} ශක්තියට වැඩි චාලක ශක්තියක් ඇති අණු පමණක් ද්‍රව කලාපයෙන් පලා ගොස්, වායු කලාපයට ඇතුළු වේ. එසේ ම ඉහළ උෂ්ණත්වයේ දී $KE > E_{evap}$ වන අණු භාගය වැඩි වේ.

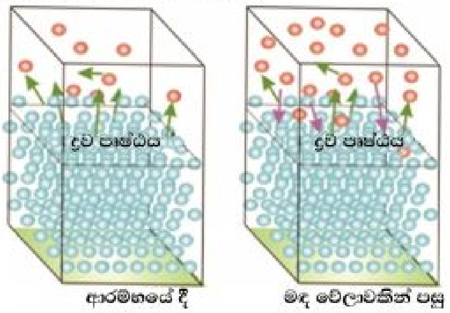
නිදසුනක් ලෙස විවෘත බඳුනක ඇති ද්‍රවයක් (ජලය හෝ මධ්‍යසාර) සලකමු. ඕනෑ ම දෙන ලද මොහොතක දී ද්‍රව කලාපයේ ඇති අණුවලින් ඉතා කුඩා කොටසක් වේගයෙන් චලනය වේ. මේ අණු, ද්‍රව පෘෂ්ඨයට ඉතා ආසන්න නම් හා උඩු දිශාවට චලනය වේ නම් ඒවාට යාබද ද්‍රව අණුවල ආකර්ෂණයෙන් සම්පූර්ණයෙන් මිදී වායු කලාපයට පිවිසිය හැකි වේ. ඉහළ ශක්තියක් ඇති අණු ඉවත්ව යන බැවින්, ද්‍රවයේ අණුවල මධ්‍යන්‍ය ශක්තිය අඩු වේ. ද්‍රවය විසින් බාහිර පරිසරයෙන් ශක්තිය තාපය වශයෙන් උරා ගනී. ද්‍රවයේ උෂ්ණත්වය පහළ බසී. මේ ආචරණය ජලයේ හෝ මධ්‍යසාර ස්වල්පයක් සම මතුපිට වාෂ්ප වීමට ඉඩ හළ විට ඔබට දැනෙනු ඇත. තාපය උරා ගැනීම මඟින් ද්‍රවයේ මධ්‍යන්‍ය අණුක වේගය නියතව පවත්වා ගැනීමට හැකි වේ. මේ නිසා ප්‍රමාණවත් කාලයක් තැබූ විට ද්‍රවය මුළුමනින් ම වාෂ්ප වේ. මේ සම්පූර්ණ ක්‍රියාවලියේ දී අවශෝෂණය කර ගන්නා ශක්තිය, වාෂ්පීකරණ එන්තැල්පියට අනුරූප වේ. වාෂ්පීකරණ ක්‍රියාවලිය සිදු වන්නේ ද්‍රවයේ මතුපිට පෘෂ්ඨයෙන් පමණි. සූර්යාලෝකය මඟින් වාෂ්ප වන ජලය නිරීක්ෂණය කළ හොත් එහි බුබුළු පිට වීමක් දක්නට නොලැබේ. ජල අණු සරලව, මතුපිට ද්‍රව ස්තරයෙන් ගැලවී යන අතර, මෙය බුබුළු පිට වීම දක්නට ලැබෙන නැටීම යන ක්‍රියාවලියට වඩා වෙනස් වේ. මෙය 2.30 රූපයෙන් විදහා දැක්වේ.



රූපය 2.30 දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී විවෘත බඳුනක් තුළ ඇති ද්‍රවයක වාෂ්පීකරණය. ඉහළ ශක්තියක් ඇති අණු බහුතරයක් වායු කලාපයට පලා යන අතර, නැවත ද්‍රව කලාපයට ඇතුළු වීමට අවශ්‍ය පරිදි ද්‍රව පෘෂ්ඨය සමඟ ඒවා ගැටුම් ඇති කර නොගනී. ඒ වෙනුවට ඒවා වායු කලාපය තුළ විසරණය වී බඳුනෙන් ඉවත් වී යයි.

2.5.1 සංවෘත භාජනයක අඩංගු ද්‍රවයක වාෂ්පීකරණය

බැලූ බැල්මට සංවෘත බඳුනක ඇති ද්‍රවයක් වාෂ්ප වන බවක් නො පෙනේ. එසේ ම කලක් තැබූ විට ද්‍රවය නොපෙනී යෑම ද සිදු නො වේ. එහෙත් එහි දී මතු පිට පෘෂ්ඨයෙන් නියත වාෂ්පීකරණයක් සිදු වේ. ද්‍රවයේ අංශු නොකඩවා මතුපිට පෘෂ්ඨයෙන් ඉවත්ව යන අතර, මෙහි දී ඒවා ද්‍රවය මතුපිට ඇති අවකාශයේ සිර වී පවතී.



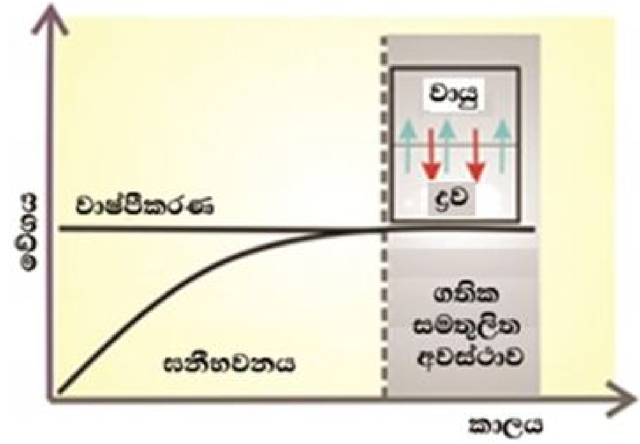
2.31 රූපය වාෂ්ප පීඩනය පිළිබඳ අණුක පැහැදිලි කිරීමක් සඳහා අන්වීක්ෂීය වශයෙන් සලකා බැලීමක්. දී ඇති උෂ්ණත්වයක දී ආරම්භයේ දී අණු ස්වල්පයක් වාෂ්ප වීම ආරම්භ කරන අතර මේ අණුවලින් කිසි ම අණුවක් නැවත ද්‍රව කලාපයට ඇතුළු නොවේ. මඳ වේලාවකට පසු වාෂ්ප කලාපයේ ඇති අණුවල ඝනත්වය ඉහළ යන අතර සමහර අණු ඝනීභවනය වීමට පටන් ගනී.

අණුක මට්ටමේ දී, ද්‍රව පෘෂ්ඨයෙන් තව මත් ඉහළ ඇති කලාපයට ඇතුළු වන අතර, බඳුන තුළ වාෂ්පය එලෙස ම පවතී. වාෂ්ප අණු ද වෙනත් වායු පරිදි ම ක්‍රියා කරයි. එනම්: ඒවා එකිනෙක සමගත් බඳුනේ බිත්ති සමගත් ගැටුම් ඇති කර ගන්නා අතර එමගින් ද්‍රවය මතුපිට පීඩනයක් ඇති කරයි. මින් එක් "බිත්තියක්" වන්නේ ද්‍රව පෘෂ්ඨයයි. යම් අණුවක් ද්‍රව පෘෂ්ඨය සමග ගැටීමේ දී එයට නැවත ද්‍රවය තුළට ඇතුළුවීමේ ප්‍රවණතාවක් ඇති වේ.

ද්‍රවයක් බඳුනක් තුළට ඇතුළත් කරන පළමු අවස්ථාවේ දී බඳුන තුළ වාෂ්ප අණු ඇත්තේ ඉතා ස්වල්පයකි. ඒ නිසා ඝනීභවන ශීඝ්‍රතාව ඉතා අඩු වේ. එහෙත් අණු වැඩි වැඩියෙන් වාෂ්ප වන විට, ඝනීභවනය වීම සමානුපාතිකව වැඩි වේ. අවසානයේ දී වාෂ්ප පීඩනය ඇති වන අතර, වාෂ්ප වන වේගය සහ නැවත ඝනීභවනය වන වේගය අතර තුලනයක් ඇති වේ. එබැවින් ශුද්ධ විපර්යාසයක් වශයෙන් ද්‍රවය වාෂ්ප වීම හෝ වාෂ්පය ඝනීභවනය වීම සිදු නො වේ. එනම් අණු වාෂ්ප කලාපයට ඇතුළු වන හා ද්‍රව කලාපයට ඇතුළු වන වේගය සමාන වන බැවින් වාෂ්ප ප්‍රමාණය නියතව පවතී.

ද්‍රව - වාෂ්ප පද්ධතිය මේ තත්ත්වය කරා එළඹී කල්හි, ද්‍රවය හා වාෂ්පය යන දෙකෙහි ම පවතින මහේක්ෂ ගුණ, එනම් ප්‍රමාණය (moles), පරිමාව, පීඩනය, උෂ්ණත්වය, ඝනත්වය ආදී ගුණ කාලය සමග නොවෙනස්ව පවතී. එබැවින් පද්ධතිය සමතුලිතතාව කරා එළඹී ඇත. පද්ධතියේ මහේක්ෂ මට්ටමේ දී ගුණවල වෙනසක් ඇති නොවන නිසා, ප්‍රතිවිරුද්ධ මහේක්ෂ ගුණ වන වාෂ්පීකරණය හා ඝනීභවනය යන ක්‍රියාවලි සමාන ශීඝ්‍රතාවකින් සිදු වේ. එහෙත් මහේක්ෂ ක්‍රියාවලී තවමත් ක්‍රියාත්මකව පවතින බැවින් පද්ධතිය **ගතික සමතුලිතාවකට** එළඹ ඇත. මේ අංශු භාජනයේ බිත්ති සමග ඇති කර ගන්නා ගැටුම් හේතුවෙන් බඳුන තුළ පීඩනයක් හට ගනී. **ද්‍රවයක්, එහි වාෂ්පය සමග ගතික සමතුලිතතාවේ පවතින විට, වාෂ්පය මඟින් ඇති කරන පීඩනය, සමතුලිත වාෂ්ප පීඩනය** හෙවත් **සන්තෘප්ත වාෂ්ප පීඩනය** ලෙස අර්ථ දැක්වේ. 2.32 රූපයේ මේ ක්‍රියාවලිය දැක්වේ. මෙහි දී කාලයත් සමග වාෂ්පීභවන

ශීඝ්‍රතාව නියතව පවතින බවත්, ඝනීභවන ශීඝ්‍රතාව ක්‍රමයෙන් ඉහළ යමින් සමතුලිතතාවට ළඟා වන බවත් අවබෝධ කර ගත යුතු වේ.

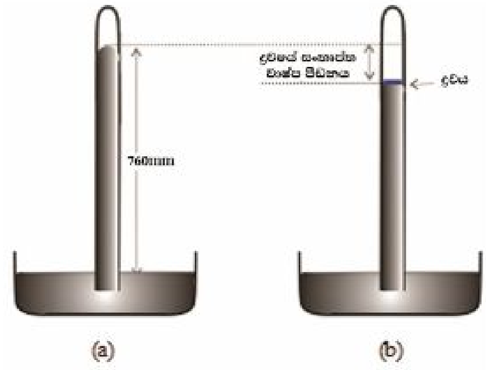


2.32 රූපය දී ඇති උෂ්ණත්වයක දී සංවෘත බඳුනක පවතින ද්‍රවයක වාෂ්පීකරණ සහ ඝනීභවන ශීඝ්‍රතා කාලය සමඟ විචලනය වන ආකාරය. වාෂ්පීකරණ ශීඝ්‍රතාව නියතව පවතින අතර ඝනීභවන ශීඝ්‍රතාව ක්‍රමයෙන් වැඩි වී වාෂ්පීභවන ශීඝ්‍රතාවට සමාන වේ. මෙසේ වන්නේ වාෂ්ප කලාපයට ඇතුළු වන අණු සංඛ්‍යාව, ශීඝ්‍රතා දෙක සමාන වන තෙක් වැඩි වීම නිසා ය. මේ අවස්ථාවේ දී පද්ධතිය, ගතික සමතුලිතතා අවස්ථාවකට එළඹෙන අතර එහි දී පද්ධතිය ඒ උෂ්ණත්වයට අදාළ සමතුලිත වාෂ්ප පීඩනය ලබා ගනී.

ද්‍රවයක වාෂ්ප පීඩනයේ විශාලත්වය ප්‍රධාන වශයෙන් සාධක දෙකක් මත රඳා පවතී. ඒවා නම් උෂ්ණත්වය සහ අණු එකිනෙක බැඳ තබා ගැනීමට අවශ්‍ය බලවල ශක්තිය වේ. අන්තර්-අණුක බල දුර්වල නම්, වාෂ්ප පීඩනය ඉහළ යන බවත්, එහි විලෝමය ද සත්‍ය වන බවත් පහසුවෙන් වටහා ගත හැකි ය. දුබල අන්තර්-අණුක බල ඇති විට අණුවලට ද්‍රවයෙන් ගැලවී පලා යාමට සාපේක්ෂව පහසු වේ. එවිට අණු වාෂ්ප කලාපයට පිවිසීමේ වේගය වැඩි වේ. එවිට ශීඝ්‍රතා දෙක සමාන වීමට ප්‍රථම, වාෂ්ප කලාපය තුළ ඉහළ අණු සාන්ද්‍රණයක් ඇති වේ. මෙයට අනුගාමීව වාෂ්ප පීඩනය ද ඉහළ යයි.

2.5.2 සමතුලිත (සන්තෘප්ත) වාෂ්ප පීඩනය මැනීම

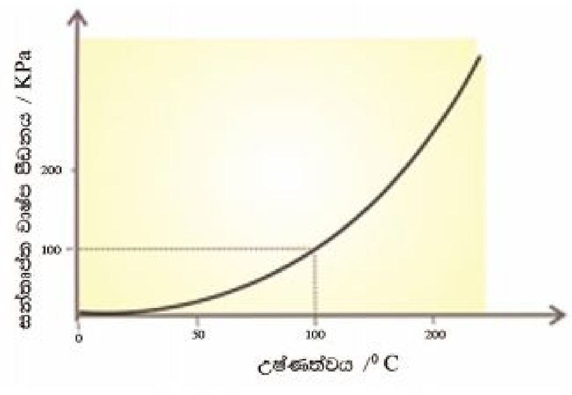
පහත විස්තර කර ඇති පරිදි සරල රසදිය බැරෝමීටරයක් මඟින් සමතුලිත වාෂ්ප පීඩනය මැන ගත හැකි වේ. වායු ගෝලීය පීඩනයේ දී, රසදිය කඳෙහි උස 760mm වේ. [100kPa = 760 mmHg (Milimetres of Mercury)] මෙය 2.33 (a) රූපයේ දක්වා ඇත. වීදුරු නලයට ද්‍රවයෙන් බින්දු කිහිපයක් ඇතුළු කළ විට රසදිය මතුපිට තුනී ද්‍රව ස්තරයක් ඇති වේ. මින් සමහර ද්‍රව අණු වාෂ්ප වී සමතුලිතතාවට පත් වේ. ඇති වන වාෂ්ප පීඩනය මඟින් රසදිය කඳ මඳක් පහළට තල්ලු කරයි. රසදිය මට්ටම පහළ බසින ප්‍රමාණය මඟින්, එම උෂ්ණත්වයේ දී ද්‍රවයේ සංතෘප්ත වාෂ්ප පීඩනය සඳහා අගයක් ලබා දෙයි.



2.33 රූපය සන්තෘප්ත වාෂ්ප පීඩනය මැනීම. **(a)** රසදිය බැරෝමීටරය වාතයේ තබා ඇති විට එය 760 mmHgක පාඨාංකයක් දක්වයි. **(b)** නලය තුළට ද්‍රවය ඇතුළු කළ පසු ද්‍රවය රසදිය මතුපිටට පැමිණෙන අතර, නලය තුළ රසදිය මට්ටම පහළ බසී. රසදිය මට්ටමෙහි වෙනස මඟින් ද්‍රවයේ සන්තෘප්ත වාෂ්ප පීඩනය ලැබේ.

2.5.3 උෂ්ණත්වය සමඟ සන්තෘප්ත වාෂ්ප පීඩනයේ විචලනය

උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට අණුවල මධ්‍යන්‍ය ශක්තිය ද ඉහළ යයි. මින් හැඟී යන්නේ, අණු බොහෝවකට ද්‍රව පෘෂ්ඨයෙන් ඉවත්ව යෑමට ප්‍රමාණවත් ශක්තියක් ඇති බවයි. එය සන්තෘප්ත වාෂ්ප පීඩනය ඉහළ යෑමට හේතු වේ.

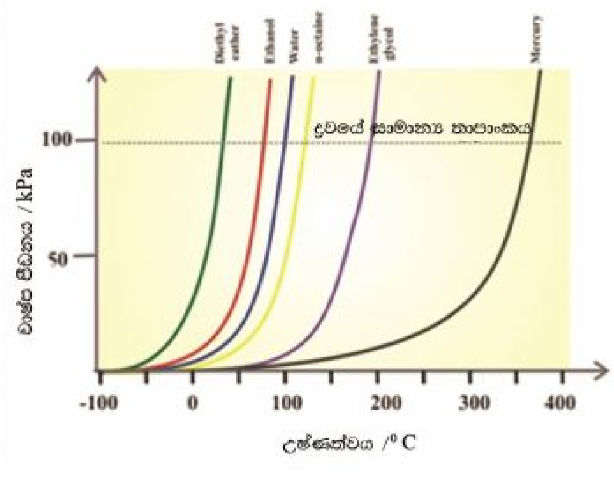


2.34 රූපය උෂ්ණත්වය අනුව, සන්තෘප්ත වාෂ්ප පීඩනයේ විචලනය

> නිදසුනක් ලෙස සංවෘත භාජනයක ඇති 25^0 C හි පවතින ඕනෑ ම ප්‍රමාණයක ජල නියැදියක් මඟින් ඇති වන්නේ 23.8 mmHg (3.168 kPa) ක වාෂ්ප පීඩනයකි. මෙය තුළ මුළු ජල ප්‍රමාණයට ම වාෂ්ප බවට පත් විය නොහැකි ය.

විවෘත බඳුනක ඇති ද්‍රවයක් මඟින් වාෂ්ප කලාපයට පිවිසෙන අණුවලින් බොහෝමයක්, ද්‍රව පෘෂ්ඨය සමඟ ගැටුම් ඇති කර නොගන්නා බැවින් නැවත ද්‍රව කලාපයට ඇතුළු නො වේ. නොඑසේ නම් ඒ අණු වායු කලාපය තුළ දී විසරණයට බඳුන් වී ද්‍රවයෙන් ඉවතට ගමන් කර බැවින් සමතුලිතතාවක් ඇති නො වේ. මේ තත්ත්වය යටතේ ද්‍රවය අවසන් වන තුරු ම නොකඩවා වාෂ්ප වීම සිදු වේ. මේ ක්‍රියාවේ වේගය උෂ්ණත්වය හා ද්‍රවයේ වාෂ්ප පීඩනය මත රඳා පවතී. වාෂ්පශීලී ද්‍රවවලට සාපේක්ෂව ඉහළ වාෂ්ප පීඩන ඇති බැවින් ඒවා පහසුවෙන්

වාෂ්ප වේ. වාෂ්පශීලි නොවන ද්‍රවවලට අඩු වාෂ්ප පීඩන ඇති අතර, ඒවා සෙමෙන් වාෂ්ප වේ. පොදු නිර්ණායක් ලෙස, ජලයේ වාෂ්ප පීඩනයට (3.168 kPa) වඩා ඉහළ වාෂ්ප පීඩන ඇති ද්‍රව, සාපේක්ෂව වාෂ්පශීලි වන බවත් ජලයේ වාෂ්ප පීඩනයට වඩා අඩු වාෂ්ප පීඩනයක් ඇති ද්‍රව වාෂ්පශීලි නොවන ලෙසත් සලකනු ලැබේ. මේ අනුව ඩයිඑතිල්ඊතර්, ඇසිටෝන් සහ ගැසොලින් වාෂ්පශීලි වන අතර රසදිය, එතිලීන්ග්ලයිකෝල් ආදිය අවාෂ්පශීලි වේ. තාපාංක, ද්‍රවාංක සහ මවුලික ස්කන්ධය වැනි ගුණ මෙන් ම ද්‍රවයක වාෂ්ප පීඩනය ද යම් විශේෂිත උෂ්ණත්වයක දී ඒ ද්‍රවයට විශේෂිත වේ. අඩු වශයෙන් ඉතා කුඩා ද්‍රව ප්‍රමාණයක් හෝ ඒ වාෂ්පය සමඟ ස්පර්ශව සමතුලිතතාවේ පවතින තාක් කල් වාෂ්ප පීඩනය, ද්‍රවයේ ප්‍රමාණය මත රඳා නො පවතී. කෙසේ නමුත්, සමතුලිත වාෂ්ප පීඩනය, උෂ්ණත්වය සහ ද්‍රවයේ පවතින අන්තර්-අණුක බල මත තදින් ම රඳා පවතී. 2.35 රූපයේ ද්‍රව කිහිපයක ඉහත සබඳතා දක්වා ඇත. ඇසිටෝන් වැනි හයිඩ්‍රජන් බන්ධන නොයොදන ද්‍රවවල සමතුලිත වාෂ්ප පීඩනයට වඩා අඩු සමතුලිත වාෂ්ප පීඩනයක්, හයිඩ්‍රජන් බන්ධන සාදන එතිලීන් ග්ලයිකෝල් වැනි ද්‍රවවලට තිබේ. උෂ්ණත්වය ඉහළ යන විට සරල රේඛීය නොවන විචලනයක් වාෂ්ප පීඩනය සඳහා ලැබෙන අතර එය, අදාළ උෂ්ණත්ව පරාසය තුළ දී පරිපූර්ණ වායුවක පීඩනයේ ඉහළ යෑමට වඩා තියුණු නැග්මක් වේ. මෙයට හේතු වන්නේ, වාෂ්ප පීඩනය, ද්‍රව කලාපයෙන් ගිලිහී යෑමට ප්‍රමාණවත් චාලක ශක්තියක් ඇති අණු භාගය මත රඳා පැවතීමත්, ඒ අණු භාගය උෂ්ණත්වය වැඩිවීමත් සමඟ ඝාතීය (exponentially) ලෙස ඉහළ යෑමක් ය.



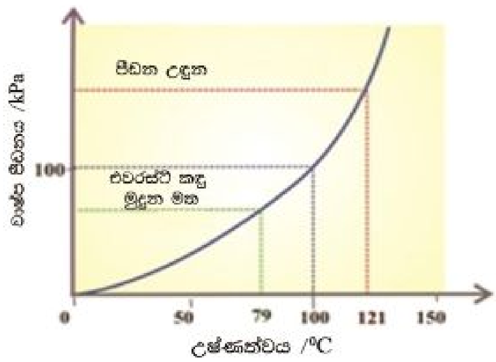
2.35 රූපය උෂ්ණත්වය අනුව, ද්‍රව කිහිපයක වාෂ්ප පීඩනවල විචලනය, වාෂ්ප පීඩනය (තිත් ඉරි මඟින් දක්වා ඇත) 100 kPa රේඛාව ඡේදනය කරන ලක්ෂ්‍යය ඒ ද්‍රවයේ සාමාන්‍ය තාපංකය වේ.

2.5.4 තාපාංකය

ද්‍රවයක උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට, එහි වාෂ්ප පීඩනය බාහිර පීඩනයට සමාන වන තෙක් ඉහළ යයි. විවෘත බඳුනක නම් වාෂ්ප පීඩනය, වායුගෝලීය පීඩනයට සමාන වන තෙක් මේ ඉහළ යෑම සිදු වේ. එවිට ද්‍රවය තුළ වාෂ්පයෙන් සෑදුම් ලත් බුබුළු හට ගන්නා අතර ද්‍රවය නැටීමට පටන් ගනී. හරියට ම 100 kPa (1 atm)හි දී ද්‍රවයක් නටන උෂ්ණත්වය එහි **සාමාන්‍ය තාපාංකය** ලෙස හැඳින්වේ. ජලය සඳහා මුහුදු මට්ටමේ දී සාමාන්‍ය තාපාංකය හරියට ම 100 °Cකි. අනෙක් ද්‍රවවල වාෂ්ප පීඩන වක්‍ර, 1 atm පීඩනය නිරූපණය කරන රේඛාව ඡේදනය කරන අවස්ථාවේ දී, ඒවායේ සම්මත තාපාංකය 2.35 රූපයේ දක්වා ඇත.

අප බොහෝ විට ද්‍රවයක සාමාන්‍ය තාපාංකය උපුටා දැක්වුවත්, සත්‍ය වශයෙන් ම තාපාංකය බාහිර පීඩනය මත රඳා පවතී. 100 kPa (1 atm) පීඩනයට වඩා වැඩි පීඩන තත්ත්ව යටතේ ජලය නටන්නේ 100 °C ට වඩා වැඩි උෂ්ණත්වයක දී ය. මෙයට හේතුව ඉහළ පීඩනවල දී ද්‍රව පෘෂ්ඨයට ඉහළින් ඇති වාෂ්ප අණුවලට, ඝනීභවනය වීමට බල කිරීමයි. මේ නිසා ද්‍රව පෘෂ්ඨයෙන් ගැලවී යෑම සඳහා වාෂ්ප අණුවලට ඉහළ චාලක ශක්තියක් පැවතිය යුතු ය. විලෝමව, 100 kPa (1 atm) පීඩනයට වඩා අඩු පීඩනවලදී ජලය නටන්නේ 100 °Cට වඩා අඩු උෂ්ණත්වයක දී ය. මුහුදු මට්ටමේ දී වායුගෝලීය පීඩනයේ දර්ශීය විචලනය, සාපේක්ෂව ඉතා කුඩා බැවින් ජලයේ තාපාංකය ද වෙනස් වන්නේ ඉතා මඳ වශයෙනි. අනෙක් අතට, ඉහළ උන්නතාංශවල දී පීඩනය මත ජලයේ තාපාංකය රඳා පැවතීම සැලකිය යුතු තරම් වෙයි. නිදසුනක් ලෙස එවරස්ට් කඳු මුදුන මත දී ජලයේ තාපාංකය 70 °Cක් පමණ වේ. කෙසේ වෙතත්, මුද්‍රාවක් සහිත පීඩන උඳුන් (Pressure Cooker) තුළ දී ඇතුළත පීඩනය 100 kPa ඉක්මවා යන බැවින් (200 kPa/ 2 atm අවට පීඩනයක් ඇත) ඒවා ආහාර ඉක්මනින් පිස ගැනීමට භාවිත කරයි. මෙහි දී ජලයේ තාපාංකය 120°C අවට උෂ්ණත්වයකට පත් වන අතර ආහාර ඉක්මනින් පිස ගත හැකි ය.

පීඩනය වැඩි වන විට, ඒ සමඟ ද්‍රවයක තාපාංකය ඉහළ යන අතර, එහි විලෝමය ද සත්‍ය වේ. වාෂ්පශීලි ද්‍රව්‍යවලට, සාපේක්ෂව දුර්වල අන්තර්-අණුක බල ඇති අතර අඩු තාපාංක ද ඇත. වාෂ්පශීලිත්වය අඩු ද්‍රව්‍යවල සාපේක්ෂව ශක්තිමත් අන්තර්-අණුක බල ඇති අතර ඉහළ තාපාංක ද පවතී.



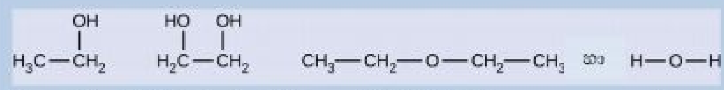
රූපය 2.36 පීඩනය අනුව ජලයේ තාපාංකයේ වෙනස් වීම: ජලය, වායුගෝලීය පීඩනය වන 100 kPaහි දී එහි සාමාන්‍ය තාපාංකය වන 100 °Cහි දී නටයි. කඳු මුදුනේ දී 79 °C අවට උෂ්ණත්වයේ දී ජලයේ නැටීම සිදු වේ. පීඩන උඳුනක් තුළ දී ජලයේ නටන උෂ්ණත්වය 121 °C දක්වා වැඩි වේ.

නිදසුන 2.42

100 kPa පීඩනයේ දී සහ කාමර උෂ්ණත්වයේ දී එතනෝල්, එතලීන් ග්ලයිකෝල්, ඩයි එතිල් ඊතර් සහ ජලය යන ද්‍රවවල සාපේක්ෂ වාෂ්ප පීඩන විචලනය සංසන්දනය කරන්න.

පිළිතුර

පළමුව අප විසින් ඉහත අණුවල ව්‍යූහ දැන ගත යුතු ය.



එතනෝල් එතිලීන් ග්ලයිකෝල් ඩයිඑතිල් ඊතර් ජලය

ඩයිඑතිල් ඊතර්: මෙය විශාලතම අණුව වුවත් එහි ධ්‍රැවීයතාව අවම වන නිසා අන්තර්-අණුක බල ලන්ඩන් බල වේ. මෙහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස ඒ අණුවලට ද්‍රවයෙන් පහසුවෙන් ගිලිගී යා හැකි ය. එයට ඉහළ ම වාෂ්ප පීඩනය ඇත.

එතනෝල්: විශාලත්වයෙන් කුඩා වන නිසා එතනෝල්හි අපකිරණ බල, ඩයිඑතිල් ඊතර්වලට වඩා දුර්වල වේ. එහෙත් එයට හයිඩ්‍රජන් බන්ධන සාදා ගැනීමට හැකියාවක් ඇත. එනිසා වඩාත් ශක්තිමත් සමස්ත අන්තර්-අණුක බල පෙන්නුම් කරන්නේ එතනෝල් ය. මින් හැඟී යන්නේ යම් උෂ්ණත්වයක දී ද්‍රවයෙන් පලා යන අණු ප්‍රමාණය සුළු ප්‍රමාණයක් බවයි. එබැවින් එතනෝල්වල වාෂ්ප පීඩනය ඩයිඑතිල් ඊතර්වලට වඩා පහත් ය.

ජලය: ඉහත සඳහන් ද්‍රව්‍ය දෙකට ම වඩා ප්‍රමාණයෙන් කුඩා වන නිසා වඩාත් දුර්වල අපකිරණ බල පෙන්වයි. එහෙත් එහි ඇති පෘථුල හයිඩ්‍රජන් බන්ධන හේතුවෙන් වඩා ම ශක්තිමත් අන්තර්-අණුක බල ඇත්තේ ජලයට ය. එබැවින් අණු ඉතා ස්වල්ප ප්‍රමාණයක් ද්‍රවයෙන් මිදී පලා යන අතර එතනෝල් හා ඩයි එතිල් ඊතර්වලට වඩා අඩු වාෂ්ප පීඩනයක් ද තිබේ.

එතිලීන් ග්ලයිකෝල්: මෙයට ජලයට මෙන් ම $-OH$ කාණ්ඩ දෙකක් ඇති බැවින්, හයිඩ්‍රජන් බන්ධන වැඩි ප්‍රමාණයක් ඇත. තව ද මෙය ජලයට වඩා විශාලත්වයෙන් වැඩි නිසා එහි ඇති ලන්ඩන් බල ප්‍රමාණය ද වැඩි ය. එබැවින් ඉහත ද්‍රව්‍ය හතර අතුරින් සමස්ත අන්තර්-අණුක බලවල ශක්තිය වැඩි ම වන්නේ මෙහි ය. මින් ගම්‍ය වන්නේ එහි වාෂ්පීකරණ ශීඝ්‍රතාව අඩු ම වන බව හා ඒ සමඟ ම එහි වාෂ්ප පීඩනය ද අඩු ම වන බව ය.

මේ අනුව වාෂ්ප පීඩනයේ විචලනය පහත අනුපිළිවෙළ වේ:

ඩයිඑතිල් ඊතර් > එතනෝල් > ජලය > එතිලීන් ග්ලයිකෝල්

නිදසුන 2.43
උෂ්ණත්වය 20 °C, දී මෙතනෝල්, එතනෝල්, ප්‍රොපනොල් සහ බියුටනෝල් වල වාෂ්ප පීඩන පිළිවෙළින් 12.0 kPa, 6.0 kPa, 2.7 kPa සහ 0.60 kPa, වේ. මේ විචලනය පැහැදිලි කරන්න.

පිළිතුර
මේ සංයෝග සියල්ල ඇල්කොහොල් වන අතර, ඒවායේ හයිඩ්‍රජන් බන්ධන පවතී. අණුවෙහි ප්‍රමාණය මෙතනෝල් සිට බියුටනෝල් දක්වා වැඩි වන අතර, අපකිරණ බල වැඩි වේ. එවිට පීඩනය පහත පරිදි පිළිවෙළින් අඩු වේ.

$P_{මෙතනෝල්} > P_{එතනෝල්} > P_{ප්‍රොපනෝල්} > P_{බියුටනෝල්}$

2.5.5 වාෂ්පීකරණ එන්තැල්පිය
වාෂ්පීකරණය තාප අවශෝෂක ක්‍රියාවලියකි. මෙය සරල සංසිද්ධියකින් දක්විය හැකි ය. සම මතුපිටින් ජලය වාෂ්ප වූ විට ශරීරයෙහි තාපය ඉවත් වන අතර එය ශරීරයට සිසිලසක් ලබා දෙයි. වාෂ්පීකරණය ක්‍රියාවලිය සමඟ බැඳුණු ශක්ති වෙනස, වාෂ්පීකරණ එන්තැල්පිය, ΔH_{vap} වේ. උදාහරණයක් ලෙස සම්මත උෂ්ණත්වයේ දී ජලයෙහි වාෂ්පීකරණය පහත දක්වේ:

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_{vap} = 44.01 \text{ kJ mol}^{-1}$$

තාප රසායනයෙහි විස්තර වන පරිදි තාප අවශෝෂක ක්‍රියාවලියෙහි ප්‍රතිලෝමය තාපදායක ක්‍රියාවකි. ඒ අනුව, වායු ඝනීභවනයේ දී තාපය මුදා හරී.

$$H_2O(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_{con} = -44.01 \text{ kJ mol}^{-1}$$

නිදසුන 2.44
සාමාන්‍ය ශරීර උෂ්ණත්වය යටතේ ජලය 1.5 dm^3 (දහඩිය ලෙස) ශරීරයෙන් වාෂ්ප වීමට අවශ්‍ය තාපය කොපමණ ද? 37 °C දී $\Delta H_{vap} = 43.46 \text{ kJ mol}^{-1}$

පිළිතුර
ජලය 1.5 dm^3ක ස්කන්ධය $= 1.5 \text{ dm}^3 \times 1000 \text{ g dm}^{-3} = 1.5 \times 10^3 \text{ g}$

$\therefore$ වාෂ්ප වූ ජලය මවුල ප්‍රමාණය $= 1.5 \times 10^3 \text{ g} / (18 \text{ g mol}^{-1}) = 83.333 \text{ mol}$

$\therefore$ අවශ්‍ය තාපය $= 43.46 \text{ kJ mol}^{-1} \times 83.333 \text{ mol} = 3621 \text{ kJ}$

එයට අනුගාමීව, අනෙක් ඒක සංරචකමය පද්ධති ද මෙහි දී විස්තර කරනු ලැබේ. මේ හැදෑරීම්, රසායනික ක්‍රියාවලිවල දී සිදු වන එවැනි සිදුවීම්හි දී ඒවායේ හැසිරීම, ශක්ති/ එන්තැල්පි විපර්යාස ඇසුරෙන් අවබෝධ කර ගැනීම සඳහා අත්‍යවශ්‍ය වේ.

විලයනය (Melting) හා හිමායනය (Freezing)

ස්ඵටිකරූපී ඝනයක් රත් කරන විට පරමාණුවල මධ්‍යන ශක්තිය ඉහළ යන අතර, ඝනයේ ඇති අණු හෝ අයනවලට යම් චාලක ශක්ති ප්‍රමාණයක් ලැබේ. මෙහි දී එකතු කළ ශක්තිය/ තාපය, අණු අයන එකට බැඳ තබා ගැනීමට අවශ්‍ය වන බලය අබිබවා යෑමට සමත් වෙතොත්, ඝනය එහි ද්‍රව අවස්ථාව කරා සංක්‍රමණය වීම හෝ විලයනය වීම අරඹයි. මේ අවස්ථාවේ දී රත් කිරීම නොකඩවා සිදු කළත්, සම්පූර්ණ ඝනය ම ද්‍රව වී අවසාන වන තුරු උෂ්ණත්වය නියතව පවතී. ඝනය ද්‍රව වී අවසාන වූ පසුත් දිගින් දිගට ම රත් කළ හොත්, ද්‍රවයේ උෂ්ණත්වය ඉහළ යනු ඇත.

නිදසුනක් ලෙස, විලයනය වන අතර, අප රත් කිරීම නවතා ඝනය හා ද්‍රවය අඩංගු මිශ්‍රණය පූර්ණ ලෙස පරිවරණය කළ බඳුනක් තුළ තැබුව හොත් එය තුළ ද්‍රව කලාපය හා වාෂ්ප කලාපය සමතුලිතව පවතිනු ඇත. තර්මෝස් ප්ලාස්කුවක් තුළ ඇති අයිස් සහ ජලය මිශ්‍රණයක් මඟින් මේ සමතුලිතතාව පරීක්ෂණාත්මකව නිරීක්ෂණය කළ හැකි වේ. මේ මිශ්‍රණයේ ඇති අයිස් හා ද්‍රව ජලය පැය ගණනාවක් වුව ද එලෙස ම පවතිනු අපට නිරීක්ෂණය කළ හැකි ය. ඝනය හා ද්‍රවය සමතුලිතව පවතින මේ අවස්ථාවේ දී, අයිස් ද්‍රව වීම හා ද්‍රව ජලය මිදීම යන ප්‍රතිවිරුද්ධ ක්‍රියාවලි දෙක සමාන ශීඝ්‍රතාවලින් සිදු වන අතර, ඝනයේ හා ද්‍රවයේ ප්‍රමාණයන් නොවෙනස්ව පවතිනු ඇත. ඝන හා ද්‍රව කලාප සමතුලිතව පවතින උෂ්ණත්වය ඒ ඝන ද්‍රවයේ ද්‍රවාංකය හෝ ද්‍රවයේ හිමාංකය ලෙස හැඳින්වේ. මේ සමතුලිතතාව, මෙසේ ප්‍රකාශ කළ හැකි ය.

ද්‍රව වීම

ඝනය ⇌ ද්‍රවය

හිමායනය

ඝන අවස්ථාවේ ඇති ද්‍රව්‍යයක මවුලයක් ද්‍රව අවස්ථාවට පත් වීම සඳහා අවශ්‍ය වන තාප ප්‍රමාණය ඒ ද්‍රවයේ විලයන එන්තැල්පිය (ΔH_{fus}) නම් වේ. 0 °C දී අයිස්වල විලයන (ද්‍රව වීමේ) එන්තැල්පිය 6.0 kJ mol^{-1} වන අතර, එය තාප අවශෝෂක ක්‍රියාවලියකි.

$$H_2O(s) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_{fus} = 6.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

0 °C දී සිදු වන මෙහි ප්‍රතිවිරුද්ධ ක්‍රියාවලිය වන හිමායනයේ දී, එන්තැල්පිය විපර්යාසය −6.0 kJ mol^{-1} වන අතර, එය තාපදායක ක්‍රියාවලියකි.

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(s) \qquad \Delta H_{fus} = -6.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

විලයනයේ එන්තැල්පිය හා ද්‍රවාංකය, ස්ඵටික රූපී ඝනයෙහි අඩංගු පුනරාවර්තන ඒකක අතර ආකර්ෂණ බලවල ශක්තිය මත රඳී පවතී. දුබල ආකර්ෂණ බල ඇති අණු මඟින් නිර්මාණය වන ස්ඵටිකවලට අඩු ද්‍රවාංක ඇති අතර, ප්‍රබල ආකර්ෂණ බල ඇති අංශු මඟින් නිර්මාණය වන ස්ඵටික ඉහළ උෂ්ණත්වවල දී ද්‍රව බවට පත් වේ.

ඌර්ධවපාතනය (Sublimation) සහ අවසාදනය (Deposition)

ඇතැම් ඝන ද්‍රව්‍ය, ද්‍රව බවට පත් නොවී කෙළින් ම වායු අවස්ථාවට පත් වන අතර, මේ ක්‍රියාවලිය ඌර්ධවපාතනය ලෙස හැඳින්වේ. නිදසුනක් ලෙස කාමර උෂ්ණත්වයේ දී හා සම්මත පීඩනයේ දී වියළි අයිස් (ඝන CO_2) කැබැල්ලක් ගිනි නිවන තුළදී ද්‍රව වීමකින් තොරව ඌර්ධවපාතනය (අතුරුදන් වීම) වීම සිදු වේ. හිම හා අයිස් ජලයේ ද්‍රවාංකයට පහළ උෂ්ණත්වවල දී ඌර්ධවපාතනය වේ. ඝන අයඩින් උණුසුම් කළ විට එය ඌර්ධවපාතනය වී දීප්තිමත් දම්පාට වාෂ්පයක් සෑදේ. ඌර්ධවපාතනයේ ප්‍රතිවිරුද්ධ ක්‍රියාව අවසාදනය නම් වේ.

මෙය වායුමය ප්‍රභේදයක් ද්‍රව අවස්ථාව මඟ හැර කෙළින් ම ඝන අවස්ථාවට පත් වීමකි. තුහින (frost) සෑදීම අවසාදනය සඳහා නිදසුනකි.

වාෂ්පීකරණයේ දී මෙන් ම ඌර්ධවපාතනයේ දී ද අන්තර්-අණුක බල බිඳීමට අවශ්‍ය ශක්ති ලබා දිය යුතු ය. ඌර්ධවපාතන එන්තැල්පිය යනු ද්‍රව්‍යයක 1 mol ක් ඝන අවස්ථාවේ සිට වායු අවස්ථාවට පත් කිරීමට අවශ්‍ය වන ශක්ති ප්‍රමාණය (ΔH_{sub}) වේ. නිදසුනක් ලෙස කාබන්ඩයොක්සයිඩ්හි ඌර්ධවපාතනය පහත ලෙස දැක්විය හැකි යः

$$CO_2(s) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_{sub} = 26.1\ \text{kJ mol}^{-1}$$

ඒ අන්දමට ම, ප්‍රතිවිරුද්ධ ක්‍රියාවලිය වන අවසාදනය සඳහා එන්තැල්පි විපර්යාසය, ඉහත ඌර්ධවපාතන එන්තැල්පියේ විශාලත්වයට සමාන වන අතර ලකුණින් ප්‍රතිවිරුද්ධ වේ.

$$CO_2(g) \rightarrow CO_2(s) \qquad \Delta H_{sub} = -26.1\ \text{kJ mol}^{-1}$$

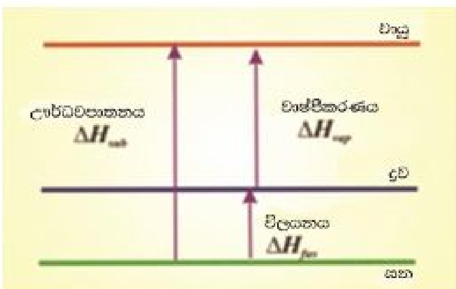
දී ඇති කලාප සංක්‍රමණයක් සඳහා අන්තර්-අණුක බල ඉක්මවා යෑමට ප්‍රමාණවත් ශක්තියක් ඇති අවස්ථාවක් සලකමු. ඝනයක් ද්‍රවයක් බවට පත් වීම සඳහා අවශ්‍ය වන්නේ මේ ආකර්ෂණ බලවලින් කොටසක් පමණක් අබිබවා යෑමට අවශ්‍ය ශක්ති ප්‍රමාණයකි. එහෙත් එය වායුවක් බවට පත් වීමේ දී අන්තර්-අණුක බල සම්පූර්ණයෙන් ම බිඳී යා යුතු ය. මෙහි ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් යම් ද්‍රව්‍යයක විලයන එන්තැල්පිය, වාෂ්පීකරණ එන්තැල්පියට වඩා අඩු අගයක් වේ. මේ තර්කය ම යොදා ගනිමින් ද්‍රව්‍යයක සියලු අවස්ථා විපර්යාස සඳහා අදාළ එන්තැල්පිය විපර්යාසවල ආසන්න සම්බන්ධතාව ව්‍යුත්පන්න කළ හැකි වේ. සම්පූර්ණයෙන් ම නිවැරදි පැහැදිලි කිරීමක් නොවෙතත්, හෙස් නියමයට අනුව, ඌර්ධවපාතනය යනු ද්‍රව වීම හා වාෂ්ප වීම යන අනුයාත පියවර දෙකක එකතුවක් ලෙස සැලකිය හැකි වේ.

ඝනය → ද්‍රවය: ΔH_{fus} සහ ද්‍රවය → වාෂ්පය: ΔH_{vap}

හෙස් නියමයට අනුව,

ඝනය → වාෂ්පය: $\Delta H_{sub} = \Delta H_{fus} + \Delta H_{vap}$

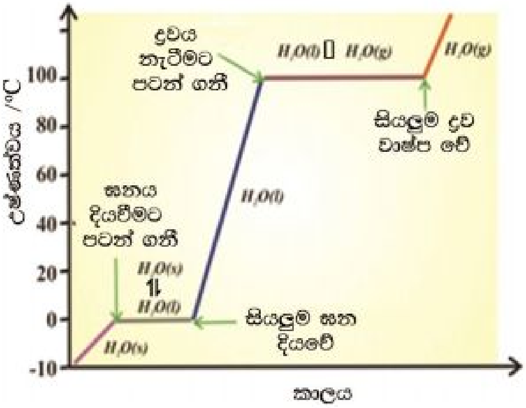
එනයින් බලන කල, ද්‍රව්‍යයක ඌර්ධවපාතන එන්තැල්පිය, විලයන හා වාෂ්පීකරණ එන්තැල්පිවල එකතුවට ආසන්න ලෙස සමාන වේ. මෙය 2.37 රූපයේ දක්වා ඇත.



2.37 රූපය දෙන ලද ද්‍රව්‍යයක් සඳහා ඌර්ධවපාතන එන්තැල්පිය විලයන හා වාෂ්පීකරණ එන්තැල්පිවල එකතුවට ආසන්න ලෙස සමාන වේ.

ඉහත විස්තර කළ කලාප සංක්‍රමණ ක්‍රියාවලි තාපන වක්‍ර හා සිසිලන වක්‍ර ගොඩනැගීමේ දී පරීක්ෂණාත්මකව නිරීක්ෂණය කළ හැකි වේ. අයිස් ($H_2O(s)$) වැනි ද්‍රව්‍යයක් රත් කිරීමේ දී හෝ සිසිල් කිරීමේ දී එය පළමු අවස්ථා විපර්යාසයට අදාළ උෂ්ණත්වය කරා ළඟා වන අතර

තවදුරටත් රත් කිරීමේ දී වාෂ්පීකරණයට ලක් වේ. මේ ක්‍රියාවලිය සඳහා තාපන වක්‍රය 2.38 රූපයේ දක්වා ඇත.



2.38 රූපය ජලයේ දර්ශීය තාපන වක්‍රය මඟින් ද්‍රව්‍යය විසින් තාප ප්‍රමාණ උරා ගන්නා විට සිදු වන උෂ්ණත්ව විපර්යාස විදහා දැක්වේ. ප්‍රස්තාරයේ සානු (උෂ්ණත්වය නියතව පවතින ප්‍රදේශ) මඟින් නිරූපණය වන්නේ කලාප සංක්‍රමණයක් සිදු වන අවස්ථා වේ. $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$ යන සමතුලිතතාව සඳහා, $H_2O(s) \rightleftharpoons H_2O(l)$ යන සමතුලිතතාවට සාපේක්ෂව දීර්ඝ සානුවක් ලැබී ඇත. හේතුව, $\Delta H_{fus} < \Delta H_{vap}$ වීමයි.

නිදසුන 2.45

−15 °C හි පවතින අයිස් 180 g ක් 0 °C හි පවතින ජලය බවට පත් කිරීම සඳහා අවශ්‍ය වන තාප ප්‍රමාණය සොයන්න.

පිළිතුර

පළමුව −15 °Cහි ඇති අයිස් 180 g (10 mol) 0 °Cහි ඇති අයිස් බවට පත් කිරීමට අවශ්‍ය තාපය ගණනය කළ යුතු ය. මේ සඳහා, $q_1 = ms(\Delta t)$, භාවිතා කළ හැකි ය. මෙහි s යනු අයිස්වල විශිෂ්ට තාප ධාරිතාව ($S = 2.09 \text{ J g}^{-1} \text{°C}^{-1}$) වේ.

$$\therefore q_1 = ms(\Delta t) = 180 \text{ g} \times 2.09 \text{ J g}^{-1} \text{°C}^{-1} \times 15 \text{ °C} = 5643 \text{ J} = 5.6 \text{ kJ}$$

ඉන් පසු අයිස්, 0 °Cහි ඇති ද්‍රව ජලය බවට පත් වීමේ දී සිදු වන කලාප විපර්යාසයට අවශ්‍ය වන තාපය ගණනය කළ යුතු ය. $q_2 = n \times \Delta H_{fus}$.

$$\therefore q_2 = 10 \text{ mol} \times 6.0 \text{ kJ mol}^{-1} = 60 \text{ kJ}$$

$\therefore$ අවශ්‍ය තාප ප්‍රමාණය $= q_1 + q_2 = 65.6$ kJ

2.5.6 සංශුද්ධ ද්‍රව්‍යවල කලාප රූපසටහන්

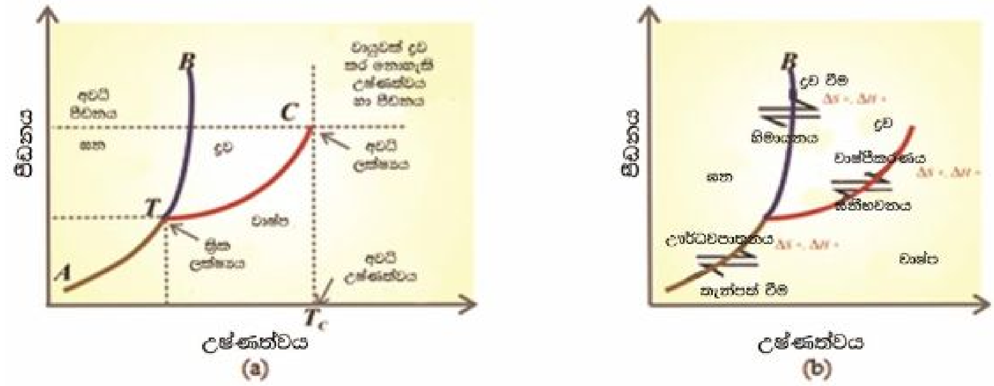
සරලව කිව හොත් කලාපයක් යනු දී ඇති උෂ්ණත්වයක දී සහ පීඩනයක දී එනම් දෙන ලද තත්ත්ව යටතේ යම් ද්‍රව්‍යයක භෞතික අවස්ථාවක් බව අපි දනිමු. එනම් කලාපයක් යනු ඝන, ද්‍රව හෝ වායුවක් සඳහා වෙනත් අර්ථයක් ලෙස සැලකිය හැකි ය. ජලය මත පාවන අයිස් කැබැල්ලක් සැලකූ විට එහි ඝන හා ද්‍රව ලෙස කලාප දෙකක් ඇත. මේ මිශ්‍රණය ඉහළින් වායුව ඇති නම් එවිට, තවත් කලාපයක් ඇති වේ.

මෙය තවදුරටත් අවබෝධ කර ගැනීම සඳහා ජලය මත තෙල් පාවන අවස්ථාවක් සලකමු. මෙහි ජලය හා තෙල් වශයෙන් ද්‍රව කලාප දෙකක් ඇත. ජලය හා තෙල් අඩංගු වී ඇත්තේ බීකරයක් තුළ නම්, බීකරය ද තවත් කලාපයක් වේ. මෙමඟින් අපට විවිධ කලාප ස්පර්ශව පවතින විට ඒවා අතර ඇති මායිමක් මඟින් ඒවා වෙන් වී ඇති බව හඳුනා ගත හැකි වේ.

කලාප රූපසටහන්

කලාප රූපසටහන්වල, දී ඇති උෂ්ණත්වයක් හා පීඩනයක දී කුමන කලාප පවතින්නේ ද යන්නත්, කලාප වෙන් කරන මායිම් ලෙස හඳුන්වන රේඛා මගිනුත් නියත වශයෙන් දක්වා ඇත. කලාප වෙන් කරන රේඛා මඟින් ඒ කලාප දෙක සමතුලිතව පවතින උෂ්ණත්වය හා පීඩනය දැක්වේ. අවබෝධ කර ගැනීමේ පහසුව සලකා අප විසින් පළමුව සංශුද්ධ ද්‍රව්‍යවල කලාප රූපසටහන් සලකා බලමු. මෙවැනි කලාප රූපසටහන්, ඒක-සංරචකමය පද්ධතිවල කලාප රූපසටහන් ලෙස අර්ථ දැක්වේ. 2.39 රූපයෙන් ඒක - සංරචකමය පද්ධතියක කලාප රූපසටහන දැක්වෙන දළ සටහනක් දක්වා ඇත.

මේ රූපසටහනේ වක්‍ර රේඛා තුනක් ද, "ඝන", "ද්‍රව" හා "වාෂ්ප" ලෙස සලකුණු කර ඇති කලාප තුනක් ද සහ "C" හා "T" ලෙස නම් කර ඇති විශේෂ ලක්ෂ්‍ය දෙකක් ද දක්නට ලැබේ. ඝන, ද්‍රව හා වාෂ්ප කලාපවලට අනුරූප වන, එකිනෙකට වෙනස් උෂ්ණත්ව හා පීඩන පරාස සහිත අවස්ථා තුනක මේ සංශුද්ධ ද්‍රව්‍යය පවතින බව මෙයින් දැක්වේ.



2.39 රූපය ඒක සංරචකමය පද්ධතියක කලාප රූපසටහන **(a)** TB වක්‍රය මඟින් දී ඇති ඝනයක අණු සහ එහි ද්‍රව අවස්ථාවේ ඇති ඒ සංයෝගයේ ම අණු අතර පැවතිය හැකි සමතුලිතතාව දැක්වේ. මේ තත්ත්වය පවතින්නේ සලකා බලන සංයෝගයේ ද්‍රවාංකයේ දී ය. එබැවින් TB වක්‍රයෙන් දැක්වෙන්නේ විවිධ පීඩනවලදී ද්‍රවාංකයයි. TC වක්‍රයෙන් වාෂ්පකලාපයේ ඇති අණු සහ ද්‍රවකලාපයේ ඇති අණු අතර සමතුලිතතාව දැක්වේ. එනම් මේ සමතුලිතතාව හට ගන්නේ සලකන ද්‍රව්‍යයේ තාපාංකයේ දී ය. එබැවින් TC වක්‍රයෙන් විවිධ පීඩනවල දී තාපාංකයේ විචලනය දැක්වේ. AT වක්‍රය, ඌර්ධ්වපාතනය සිදු වන උෂ්ණත්වය හා පීඩනය නිරූපණය කරන ඌර්ධ්වපාතන වක්‍රය දක්වයි. මේ සමතුලිතතාව පැවතිය හැක්කේ ත්‍රික ලක්ෂ්‍යය ලෙස සඳහන් කර ඇති T ලක්ෂ්‍යයේ දී ඇති පීඩනයට වඩා අඩු පීඩනයක් ඇති අවස්ථාවල පමණි. **(b)** ඉහත කලාපවල පවතින සමතුලිතතාව සහ එහි දී ΔS හා ΔH හි ලකුණ දැක්වේ.

T ලක්ෂ්‍යය: ත්‍රික ලක්ෂ්‍යය

2.39 රූපයේ දැක්වෙන කලාප රූප සටහනේ ඝන වාෂ්ප සමතුලිතතාව (AT වක්‍රය), ඝන-ද්‍රව සමතුලිතතාව (TB වක්‍රය) සහ ද්‍රව-වාෂ්ප සමතුලිතතාව (TC වක්‍රය) දක්වා ඇත.

ඉහත වක්‍ර තුන හමු වන ස්ථානයේ සුවිශේෂ උෂ්ණත්වයක හා පීඩනයක සංයෝජනයක් ඇති අතර, එහි දී කලාප තුන ම එක ම විට සමතුලිතව පවතී. මේ ලක්ෂ්‍යය **ත්‍රික ලක්ෂ්‍යය** ලෙස හැඳින්වේ.

මේ ලක්ෂ්‍යයට ළඟා විය හැකි පරිදි උෂ්ණත්වය හා පීඩනය පාලනය කළ හොත්, ඝනය ද්‍රව වීම සහ ඌර්ධවපාතනය වීම සිදු වන අතර ම, ද්‍රවය එහි වාෂ්පය සමඟ ස්පර්ශව පවතින අතර නැටීමට ද භාජනය වන ආකාරයේ සමතුලිතතාවක් ඇති වේ.

C ලක්ෂ්‍යය: අවධි ලක්ෂ්‍යය

2.39 රූපයේ දක්වා ඇති කලාප රූපසටහනෙහි, ද්‍රව-වාෂ්ප සමතුලිතතා වක්‍රයේ (TC), C යනුවෙන් නම් කර ඇති උඩත් සීමාවක් ඇත. C ලක්ෂ්‍යය **අවධි ලක්ෂ්‍යය** ලෙස හැඳින්වේ. මේ ලක්ෂ්‍යයට අනුරූප උෂ්ණත්වය හා පීඩනය, **අවධි උෂ්ණත්වය (TC) හා අවධි පීඩනය** ලෙස හැඳින්වේ.

අවධි උෂණත්වයට වඩා අඩු උෂ්ණත්වයක දී වායුවක පීඩනය වැඩි කළ හොත් ඒ පද්ධතිය ද්‍රව-වාෂ්ප සමතුලිත රේඛාව පසු කරන විට, වාෂ්ප ඝනීභවනය වී ද්‍රවය සාදයි. කෙසේ වුවත් උෂ්ණත්වය, අවධි උෂ්ණත්වයට වඩා වැඩි නම් මෙවැනි සමතුලිත රේඛාවක් හමු නො වේ. ඒ නිසා අවධි උෂ්ණත්වයට වඩා වැඩි උෂ්ණත්වයක දී පීඩනය වැඩි කිරීමෙන් පමණක් වායුව, ද්‍රවයක් බවට ඝනීභවනය කළ නොහැකි වේ. අපට ලැබෙන්නේ අධික ලෙස සම්පීඩනය වූ වායුවක් පමණි.

නිදසුනක් ලෙස වායුමය අණු ඉහළ බාහිර පීඩනයක් යටතේ සම්පීඩනය කළ හොත්, ඝනීභවනය විය නොහැකි තරමට උෂ්ණත්වය ද ඉහළ නම්, එයට ද්‍රව හා වායු අවස්ථා දෙකෙහි ම පවතින ගුණාංග ලැබේ. එහි ඝනත්වය, ද්‍රවයක ඝනත්වයට ළඟා වන නමුත් මේ අවස්ථාව හඳුන්වන්නේ **සුපිරි අවධි තරල අවස්ථාව** (Super critical fluid state) වශයෙනි. එහි දී අණුවලට වායුවක ලක්ෂණ ද තිබේ.

අවධි උෂ්ණත්වය පැහැදිලිව ම අණු අතර ඇති අන්තර්-අණුක බලවල ශක්තිය මත රඳා පවතින බැවින් එහි අගය ද්‍රව්‍යයෙන් ද්‍රව්‍යයට වෙනස් වේ.*"අන්තර්-අණුක බලවල ශක්තිය වැඩි වන විට අවධි උෂ්ණත්වය ද ඉහළ යයි."*

කලාප විපර්යාසවලට භාජනය වන ද්‍රව්‍යයක හැසිරීම අවබෝධ කර ගැනීමට 2.40 රූපය ආධාර කර ගත් පැහැදිලි කිරීමක් පහත දක්වා ඇත.

P ලක්ෂ්‍යය: ඝන කලාපය

2.40(a) රූපය: T_1 උෂ්ණත්වයේ සහ P_1 පීඩනයේ පවතින P නම් ලක්ෂ්‍යයේ දී ජලය ඝනයක් ලෙස පවතී. එහි පීඩනය නියතව තබා ගෙන, උෂ්ණත්වය T_2 දක්වා සෙමෙන් වැඩි කරන්නේ යයි සිතමු. එනම් උෂ්ණත්වය PQ රේඛාව දිගේ ඉදිරියට විචලනය වේ. එය TB වක්‍රය, X යන ලක්ෂ්‍යයේ දී ඡේදනය කරයි. X යනු ඝනය හා ද්‍රවය සමතුලිතව පවතින අවස්ථාවකි (TB වක්‍රයේ ඕනෑම ස්ථානයක මෙම ඝන-ද්‍රව සමතුලිතතාව පවතී). ඉන් පසු T_2 උෂ්ණත්වයේ දී (Q ලක්ෂ්‍යය) ඝනය, ද්‍රවය බවට පත් වේ. වෙනත් ආකාරයකට කිව හොත් ඝනය දිය වේ.

අප ඉහත ක්‍රියාව ඉහළ නියත පීඩනයක දී (P_2) නැවත සිදු කළ හොත්, ද්‍රව වන උෂ්ණත්වය (T'_2) තවත් ඉහළ යයි. 2.40 රූපයේ ලකුණු කර ඇති Γ ලක්ෂ්‍යය ගැන අවධානය යොමු කරන්න. මෙයින්, TB වක්‍රය මඟින්, *ඝනයක ද්‍රවාංකය මත පීඩනයේ බලපෑම*, සරලව විදහා දක්වන බව අවබෝධ කර ගත හැකි වේ.

ඉහත ආකාරයට ද්‍රවාංකයේ වෙනස් වීම වැඩිදුරටත් අවබෝධ කර ගැනීම සඳහා මෙසේ සලකා බැලිය හැකි වේ. මේ වන විට ඔබට ලේ චැටලියර් මූලධර්මය ගැන දැනුමක් තිබේ. පීඩනය වැඩි කරන විට සමතුලිතතාව ඒ වෙනස් වීමට විරුද්ධ ක්‍රියාව සිදු වන දිශාවට ගමන් කරයි. එහි ඇත්තේ ඝන⇌ද්‍රව සමතුලිතතාවක් බැවින් පීඩනය වැඩි කරන විට මුල් ද්‍රවාංකයේ පැවති සමතුලිත මිශ්‍රණය, නැවතත් ඝන අවස්ථාව වෙත පරිවර්තනය වේ. වෙනත් ආකාරයකින් කිව හොත්, එය මේ උෂ්ණත්වයේ දී තවදුරටත් ද්‍රව බවට පත් නො වේ. ඒ නිසා ඉහළ පීඩනය (P_2) යටතේ ඝනය, ද්‍රව බවට පත් කිරීමට උෂ්ණත්වය ඉහළ දැමිය යුතු ය. එබැවින් පීඩන වැඩි කිරීම බොහෝ ඝන ද්‍රව්‍යවල ද්‍රවාංකය ඉහළ දැමීමට හේතු වේ.

Q ලක්ෂ්‍යය:

පීඩනය (P_1) නියතව පවත්වා ගනිමින් නොකඩවා රත් කළ හොත්, PR රේඛාව ඔස්සේ ඉදිරියට ගමන් කරන ද්‍රවයට Y ලක්ෂ්‍යයේ දී TC වක්‍රය හමු වේ. Y හිදී ද්‍රවය හා වාෂ්පය සමතුලිතව පවතින අතර, T_3 උෂ්ණත්වයේ දී (R ලක්ෂ්‍යය) ද්‍රවය, සංශුද්ධ වාෂ්පයක් බවට පත් වේ. වෙනත් ආකාරයකට කිව හොත් ද්‍රවය වාෂ්පීකරණය වේ. එනම් කලාප දෙක වෙන් කරන මායිම් රේඛාව වන TC පසු කර යන විට ද්‍රවය, වාෂ්පයක් බවට පත් වේ. මෙය 2.40 (b) රූපයේ දක්වා ඇත. *මේ නිසා නියත පීඩනයේ දී උෂ්ණත්වය විචලනය කරන විට ඒ පීඩනයේ දී ද්‍රවයේ තාපාංකය කලාප රූප සටහන මඟින් පහසුවෙන් කියවා ගත හැක.* TC වක්‍රයේ ඕනෑ ම ස්ථානයක දී ද්‍රවය හා වාෂ්පය අතර සමතුලිතතාවක් පවතින බව අපි දනිමු.

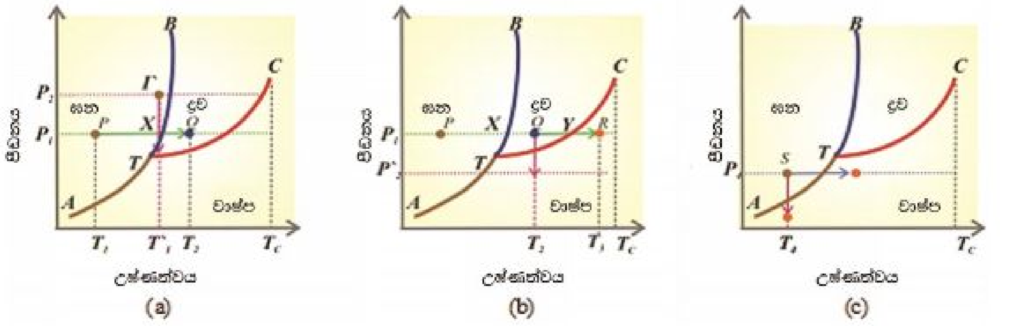
උෂ්ණත්වය (T'_2) නියතව තබාගෙන පද්ධතියේ පීඩනය අඩු කළ හොත් TC රේඛාව හමු වන අතර පීඩනය $\mathbf{P_2'}$ දක්වා තවදුරටත් අඩු කළ හොත් ද්‍රවය, වාෂ්ප බවට පරිවර්තනය වේ. එබැවින් TC රේඛාව මඟින් *ද්‍රවයක තාපාංකය මත පීඩනයේ බලපෑම* විදහා දැක්වේ. විලෝම වශයෙන් පීඩනය වැඩි කරන විට තාපාංකය ඉහළ යයි.

S ලක්ෂ්‍යය: ඝන අවස්ථාව, වායු අවස්ථාවට පත්වීම

2.40 (c) රූපයේ ඇති **S** ලෙස නම් කර ඇති ලක්ෂ්‍යය සලකන්න. දී ඇති උෂ්ණත්වයේ දී (T_4) හා පීඩනයේ දී (P_4) ඝන කලාපය පමණක් පවතී. AT වක්‍රය මඟින්, ඝන-වාෂ්ප සමතුලිතතාවේ පවතින, ඝන හා වාෂ්ප කලාප අතර මායිම නිරූපණය කරයි. පෙර P හා Q ලක්ෂ්‍ය සම්බන්ධයෙන් සාකච්ඡා කර ඇති ආකාරයට, උෂ්ණත්වය වැඩි කිරීමෙන් හෝ පීඩනය අඩු කිරීමෙන් AT වක්‍රය හරහා ගමන් කළ හැකි ය.

නියත පීඩනයේ (බොහෝ විට ඉතා පහත්) ඇති ඝන කලාපයක උෂ්ණත්වය වැඩි කරන විට ඇති වන ආචරණය රූපයේ ඊතල මඟින් දැක්වේ. පීඩනය, පැහැදිලි ලෙස ම, ද්‍රවය නොසෑදෙන තරමට පහත් පීඩනයක් විය යුතු ය. සත්‍ය වශයෙන් ම මෙය සිදු වන්නේ T ලෙස ලකුණු කර ඇති ලක්ෂ්‍යයට වඩා පහළ පීඩනවල දී ය. පද්ධතිය AT වක්‍රය හමු වන විට, ඝන - වාෂ්ප සමතුලිතතාව ලබා ගනිමින් ඝනය ඌර්ධවපාතනය වීම ආරම්භ වේ. T ලක්ෂ්‍යයේ පවතින අවස්ථාවට වඩා පහළ උෂ්ණත්ව හා පීඩනවල දී අපට ඝනය පමණක් පවතින හා වාෂ්පය පමණක් පවතින අවස්ථා දැක ගත හැකි ය. Tහි පවතින අවස්ථාව වඩා ඉහළ

උෂ්ණත්වවල දී, නියත උෂ්ණත්වයේ පවතින වාෂ්පයක, පීඩනය වැඩි කිරීමෙන් එය ද්‍රවීකරණය කළ හැකි බව පෙනී යයි. මෙයින් වායුවක් ද්‍රව කිරීමේ සංසිද්ධිය වටහා ගත හැකි වේ.



2.40 රූපය කලාප විපර්යාසවලට බඳුන් වන ද්‍රව්‍යයක හැසිරීම

සාමාන්‍ය ද්‍රවාංකය හා සාමාන්‍ය තාපාංකය

100 kPa යන පීඩනයේ දී ද්‍රවයේ ද්‍රවාංකය හා තාපාංකය සාමාන්‍ය ද්‍රවාංකය හා සාමාන්‍ය තාපාංකය ලෙස හැඳින්වේ. කලාප රූප සටහනේ 100 kPa දැක්වෙන රේඛාව ඇඳ ගත් විට, මේ උෂ්ණත්ව සොයා ගත හැකි ය.

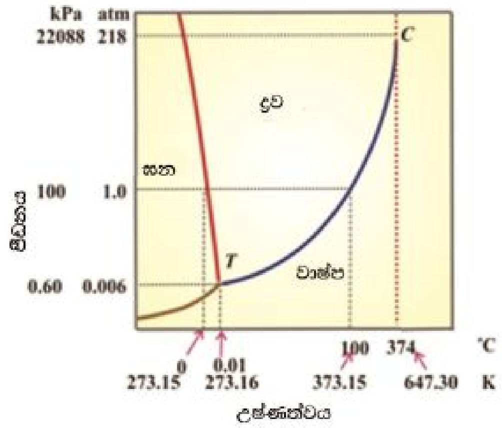
ජලය සඳහා සවිස්තර කලාප රූපසටහන

ජලයේ ත්‍රික ලක්ෂ්‍යය ලැබෙන්නේ ඉතා පහළ පීඩනයක දී (611 Pa) සහ උෂ්ණත්වයක දී (0.01 °C) බව සිහි තබා ගන්න. 100 kPaහි දී ජලයේ ද්‍රවාංකය හා තාපාංකය පිළිවෙළින් 0.00 °C හා 100 °C වේ. ජලයේ අවධි උෂ්ණත්වය 374°C වන අතර, අවධි පීඩනය 201 kPa වේ. ඉහත තොරතුරු අඩංගු කරන ලද ජලයේ පූර්ණ කලාප රූපසටහන 2.41 රූපයේ දක්වා ඇත.

සටහන: "ජලය සඳහා, ඉහළ පීඩනවල දී ද්‍රවාංකය පහළ බසී."

ද්‍රවීකරණය සඳහා "අයිස් $\rightleftharpoons$ ජලය" යන සමතුලිතය ලැබේ.

අයිස්වල ඝනත්වය ද්‍රව ජලයට වඩා අඩු බැවින් අයිස් ද්‍රව වීමේ දී සෑදෙන ජලයේ පරිමාව සාපේක්ෂව අඩු ය. පීඩනය වැඩි කළ විට, ලේ චැටලියර් මූලධර්මයට අනුව, පීඩනය නැවත අඩු කර ගැනීම සඳහා, සමතුලිතය පරිමාව අඩු වන දිශාවට ගමන් කරයි. එබැවින් ද්‍රව ජලය සෑදේ. එනිසා ද්‍රව ජලය නැවත අයිස් බවට පත් කිරීම සඳහා මේ ඉහළ පීඩන තත්ත්වයේ දී, උෂ්ණත්වය අඩු කළ යුතු ය. මින් සිදු වන්නේ ඉහළ පීඩනවල දී ජලයේ ද්‍රවාංකය පහළ බැසීම වේ. මෙසේ, ජලයේ ඝන-ද්‍රව සමතුලිතතාව නිරූපණය කරන රේඛාවේ/ වක්‍රයේ අනුක්‍රමණය, ඍණ අනුක්‍රමණයක් වේ.



2.41 රූපය ජලයේ කලාප රූප සටහන

පරිසර තත්ත්වයන් හා අවධි තත්ත්වයන් යටතේ ජලයේ විවිධ කලාපවල සාන්ද්‍රණවල කැපී පෙනෙන වෙනස්කම් දැකිය හැකි ය.

100 kPa (1 atm) හා 0 °C දී

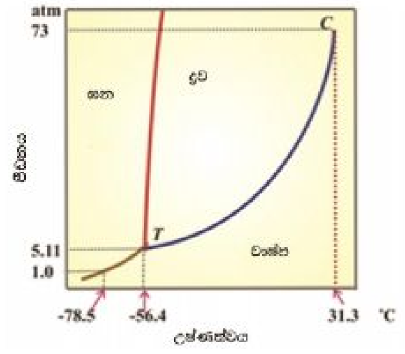
ද්‍රව ජලයේ සාන්ද්‍රණය = 1 g cm^{-3} = 55.6 mol dm^{-3}

වායුමය ජලයේ සාන්ද්‍රණය = 2.7×10^{-4} mol dm^{-3}

218 atm හා 374 ° C හිදී

වායුමය ජලයේ සාන්ද්‍රණය = ද්‍රව ජලයේ සාන්ද්‍රණය = 4.1 mol dm^{-3}

CO_2හි කලාප රූපසටහන 2.42 රූපයේ දැක්වේ.



2.42 රූපය CO_2හි කලාප රූපසටහන

ජලයේ කලාප රූපසටහන සමඟ සසඳන කල්හි මෙහි විශේෂත්වය වන්නේ, CO_2හි ත්‍රික ලක්ෂ්‍යයේ පිහිටීම වායු ගෝලීය පීඩනයට වඩා සෑහෙන පමණ ඉහළ අගයක පැවතීමයි. එනිසා 5.11 atm ට වඩා අඩු පීඩනයක දී ද්‍රව කාබන් ඩයොක්සයිඩ් ස්වල්පයක්වත් ලබා ගත නොහැකි වේ. තව ද CO_2 සඳහා සාමාන්‍ය ද්‍රවාංකයක් හෝ සාමාන්‍ය තාපාංකයක් නො පවතී. මින් හැඟී යන්නේ 1 atm පීඩනය යටතේ ඝන -78 °C උෂ්ණත්වයක දී කාබන් ඩයොක්සයිඩ් ඝනයට හැකි වන්නේ ඌර්ධවපාතනය වීමට පමණක් බවයි. ඝන කාබන් ඩයොක්සයිඩ්

බොහෝ විට "වියළි අයිස්" ලෙස හැඳින්වෙන්නේ ද එබැවිනි. ඔබට සාමාන්‍ය තත්ත්ව යටතේ, ඝන කාබන් ඩයොක්සයිඩ් හා වායු මිස, ද්‍රව කාබන් ඩයොක්සයිඩ් සාදා ගත නොහැකි වේ.

2.6 ද්විසංඝි ද්‍රව පද්ධතිවල ද්‍රව - වාෂ්ප සමතුලිතතාව

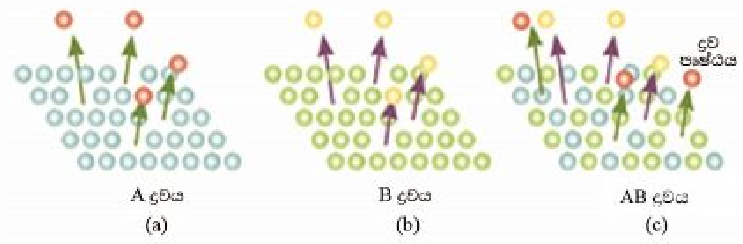
පළමුව සෛද්ධාන්තික සංකල්ප හැදෑරීමෙන් අනතුරුව, මේ කොටසේ දී වාෂ්පශීලි ද්‍රව දෙකකින් සැදුම් ලත් මිශ්‍රණවල ලාක්ෂණික ගුණ සාකච්ඡා කරනු ලැබේ. මෙහි පළමු කොටසේ දී සියලු අනුපාතවලින් පූර්ණ ලෙස මිශ්‍ර වන ද්‍රව දෙකකින් සමන්විත මිශ්‍රණ ගැන සාකච්ඡා කෙරේ. මෙවැනි ද්‍රාවණවල ගුණ හැදෑරීම සඳහා, පරිපූර්ණ මිශ්‍රණය යන සංකල්පය සහ එවැනි පරිපූර්ණ මිශ්‍රණවල කලාප රූපසටහන් හඳුන්වා දෙනු ලැබේ. පසුව පරිපූර්ණ හා පරිපූර්ණ නොවන මිශ්‍රණ සංසන්දනයක් සිදු කෙරේ.

2.6.1 පරිපූර්ණ ද්‍රාවණවල ලක්ෂණ

ඉතා ආසන්න ලෙස සමාන වන ද්‍රව දෙකක් මිශ්‍ර කිරීමෙන් සාදා ඇති පූර්ණ ලෙස මිශ්‍ර වන ද්‍රව මිශ්‍රණයක් සලකමු. මේ ද්‍රාවණය පරිපූර්ණ තත්ත්වයට ඉතා ආසන්න යැයි උපකල්පනය කරමු. මෙවැනි ද්‍රව මිශ්‍රණයක් සඳහා නිදසුන් වශයෙන් හෙක්සේන් හා හෙප්ටේන්, බෙන්සීන් හා ටොලුයීන්, මෙතනෝල් හා එතනෝල් මිශ්‍රණ ගත හැකි ය.

අන්තර්-අණුක බල

වාෂ්ප පීඩන යටතේ සාකච්ඡා කළ පරිදි, සංශුද්ධ ද්‍රවයක ඇති, ඉහළ චාලක ශක්තියක් ඇති ඇතැම් අණු, ද්‍රව කලාපයෙන් මිදී වාෂ්ප බවට පත් වීමට නැඹුරුවක් ඇත. යම් උෂ්ණත්වයක දී, දුබල අන්තර්-අණුක බල ඇති ද්‍රව්‍යවල වැඩි අණු ප්‍රමාණයකට, ද්‍රව කලාපයෙන් ඉවත්ව යා හැකි වේ. ද්‍රව මිශ්‍රණ සඳහා ද මෙය සත්‍ය වන අතර, එය 2.4 රූපයේ දක්වා ඇත.



2.43 රූපය A හා B යන සංශුද්ධ ද්‍රව 1:1 මවුල අනුපාතයෙන් මිශ්‍ර කර ඇති පරිපූර්ණ ද්‍රව මිශ්‍රණයක්

සම්පූර්ණයෙන් මිශ්‍ර වන බව උපකල්පනය කර ඇති මේ ද්‍රව දෙක මගින් සෑදෙන මිශ්‍රණය පරිපූර්ණ වේ යැයි කියනු ලැබේ (සමහර නියම කිහිපයක් පිළිපදී). 2.43 (c) රූපයේ විස්තර කළ පරිදි ද්‍රව දෙකට අයත් වෙනස් අණු මිශ්‍ර වීමෙන් සෑදුණු ද්‍රවයෙන් අණුවක් මිදී යෑමේ හැකියාව නොවෙනස්ව පවතින බව ය.

2.43 (c) රූපයේ, ද්‍රව දෙක 1:1 අනුපාතයෙන් මිශ්‍ර කළ විට එක් එක් වර්ගයේ අණු ද්‍රවයෙන් මිදී පලා යෑමේ අනුපාතය නොවෙනස් බව ඔබට පෙනෙනු ඇත. වෙනත් අයුරකින් කිව හොත්, එක් එක් සංරචකයෙන් අණුවක් ගැලවී පලා යෑමේ හැකියාව සමාන වේ.

මිශ්‍රණයෙන් A හෝ B අණුවක් වාෂ්ප වීමට ඇති හැකියාව, ඒවා සංශුද්ධ ද්‍රව ලෙස පවතින විට තිබූ හැකියාවට සමාන වේ නම්, A අණු දෙකක් අතර පැවති අන්තර්-අණුක බලවල ශක්තිය A හා B හි අණු අතර පවතින අන්තර්-අණුක බලවල ශක්තියට සමාන වන බව අපට අවබෝධ වේ (අන්තර්-අණුක බලවල ශක්තිය වෙනස් නම් ද්‍රව අණුවක් වායු කලාපයට පිවිසීමේ

නැඹුරුව වෙනස් වේ). මේ ලක්ෂණයට අනුව A හා B අණු අතර ඇති අන්තර්-අණුක බල, A-A අතර හා B-B අතර පවතින අන්තර්-අණුක බලවලට හරියට ම සමාන බව අපට අවබෝධ වනු ඇත.

මිශ්‍ර කිරීමේ දී සිදු වන එන්තැල්පි විපර්යාස

ද්‍රව දෙකක මිශ්‍රණයක් සෑදීමේ දී, පවතින අන්තර්-අණුක බල බිඳී යෑමත්, නව අන්තර්-අණුක බල ගොඩනැගීමත් සිදු වේ. අන්තර්ක්‍රියා බිඳීම සඳහා ශක්තිය උරා ගන්නා අතර නව අන්තර්ක්‍රියා ගොඩනැගීමේ දී ශක්තිය මුදා හරී. සියලු අන්තර්-අණුක බල ශක්තියෙන් සමාන වේ නම්, මෙහිදී ශක්තිය උරා ගැනීමක් හෝ මුදාහැරීමක් සිදු නොවනු ඇත. මින් හැඟී යන්නේ පරිපූර්ණ මිශ්‍රණයක් සාදන ද්‍රව දෙකක් මිශ්‍ර වීමේ දී සිදු වන එන්තැල්පි විපර්යාසය ශූන්‍ය වන බවයි.

> දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී A හා B යන සම්පූර්ණයෙන් මිශ්‍ර වන ද්‍රව මිශ්‍ර කිරීමෙන් සෑදුණු ද්වයංගි ද්‍රව මිශ්‍රණයේ අන්තර්-අණුක බල ($f_{A\text{-}A}$, $f_{B\text{-}B}$ සහ $f_{A\text{-}B}$) සමාන වන්නේ නම් ද ($f_{A\text{-}A} = f_{B\text{-}B} = f_{A\text{-}B}$) මිශ්‍ර කිරීමේ දී සිදු වන එන්තැල්පි විපර්යාසය ශූන්‍ය වේ නම් ද එවැනි ද්‍රාවණයක් පරිපූර්ණ ද්‍රාවණයක් වේ.

හෙක්සේන් හා හෙප්ටේන් මිශ්‍රණයක් සැලකූ විට ඒවා තරමින් සමාන වන බැවින් ඒවා අතර වැන්ඩර්වාල් බල ප්‍රමාණය ද සමාන වේ. එබැවින් මේ මිශ්‍රණය, පරිපූර්ණ මිශ්‍රණයකට බොහෝ දුරට සමාන වේ.

රවුල් නියමය

දෙන ලද උෂ්ණත්වයක ඇති **A** හා **B** ද්‍රව මිශ්‍ර කිරීමෙන් සෑදෙන පරිපූර්ණ ද්වයංගි ද්‍රාවණය (මිශ්‍රණය) සලකමු. මේ මිශ්‍රණය සංවෘත බඳුනක ඇති අතර ඊට ඉහළින් ඇත්තේ රික්තයකි. ප්‍රමාණවත් ශක්තියක් සහිත **A** හා **B** අණු, ද්‍රව පෘෂ්ඨයට ඉහළින් ඇති අවකාශය තුළට පලා යන අතර එමඟින් පීඩනයක් ඇති වේ. පද්ධතිය ගතික සමතුලිතතාවට එළඹුණු විට, **A** හා **B**හි වාෂ්පීභවන සහ ඝනීභවන ශීඝ්‍රතා සමාන වේ. නියත උෂ්ණත්වයේ දී **වාෂ්ප කලාපයේ සංයුතිය** සහ **සමස්ත වාෂ්ප පීඩනය** සැලකීමෙන් මෙම ගතික සමතුලිතතාව සඳහා සාක්ෂි ලබා ගත හැකි ය. ඩෝල්ටන්ගේ නියමයට අනුව, **පද්ධතියේ සමස්ත වාෂ්ප පීඩනය සංරචකවල ආංශික පීඩනවල එකතුව** ට සමාන වේ. වායු කලාපයේ සංයුතිය, **A** හා **B** හි සාපේක්ෂ වාෂ්පශීලිතා (හෝ තාපාංක) මත සහ **A** හා **B** හි සාපේක්ෂ සාන්ද්‍රණ මත රඳා පවතී.

ඉහළ වාෂ්පශීලිතාවක් (අඩු තාපාංකයක්) සහ ද්‍රව කලාපයේ ඉහළ සාන්ද්‍රණයක් ඇති සංරචකය වැඩි ආංශික පීඩනයක් ඇති කිරීමට නැඹුරුවක් දක්වයි. මේ අනුව වාෂ්ප කලාපයේ යම් සංරචකයක සාන්ද්‍රණය, එහි ආංශික පීඩනයට සමානුපාතික වේ. ($[A(g)] \propto p_A$) එසේ ම මිශ්‍රණයේ යම් සංරචකයක සාන්ද්‍රණය, එහි මවුල භාගයට සමානුපාතික වේ. ($[A(l)] \propto x_A$).

ඉහත විස්තර කරන ලද **A** හා **B** සංරචක මිශ්‍ර කිරීමෙන් සෑදුණු පරිපූර්ණ ද්‍රාවණයේ වාෂ්ප-ද්‍රව සමතුලිතතාව සලකන්න. වාෂ්පීභවන සහ ඝනීභවන ශීඝ්‍රතා සමාන වන විට, අපට මෙසේ ලිවිය හැකි ය:

$$A(l) \underset{r_c}{\overset{r_v}{\rightleftharpoons}} A(g) \quad \ldots\ldots(1) \qquad\qquad B(l) \underset{r_c'}{\overset{r_v'}{\rightleftharpoons}} B(g) \quad \ldots\ldots(2)$$

r_v හා r_c මඟින් A සංරචකයේ වාෂ්පීභවන හා ඝනීභවන ශීඝ්‍රතා පිළිවෙළින් දැක්වේ.
r_v'හාr_c' මඟින් B සංරචකයේ වාෂ්පීභවන හා ඝනීභවන ශීඝ්‍රතා පිළිවෙළින් දැක්වේ.

(1) සැලකීමෙන් මෙසේ ලිවිය හැකි ය.

$$r_v = k\,[A(l)] = k_1\,x_A$$

X_A යනු ද්‍රාවණයේ A හි මවුල භාගයයි.

මෙසේ ම,

$$r_v' = k'[A(g)] = k_2\,p_A$$

P_A යනු වාෂ්ප කලාපයේ A හි ආංශික පීඩනය යි.

සමතුලිතතාවේ දී,

$$r_v = r_v'$$

$$k_2\,p_A = k_1\,x_A$$

$$\therefore\ p_A = \frac{k_1}{k_2}x_A \text{ හෝ } \therefore\ p_A = k\,x_A$$

$$x_A = 1 \text{ විට } p_A = p_A^0 = A \text{ හි සන්තෘප්ත වාෂ්ප පීඩනය}$$

$$\therefore\ k = p_A^0$$

$$\therefore\quad p_A = p_A^0 x_A$$

$$\text{සහ } p_B = p_B^0 x_B$$

මෙලෙස;

> පරිපූර්ණ ද්‍රාවණයක දෙන ලද සංරචකයක ආංශික පීඩනය, නියත උෂ්ණත්වයේ දී ඒ සංරචකයේ සංශුද්ධ වාෂ්ප පීඩනයේත්, ද්‍රව කලාපයේ මවුල භාගයේත් ගුණිතයට සමාන වේ. මේ සම්බන්ධතාව රවුල් නියමය ලෙස හැඳින්වේ.

මින් පැහැදිලි වන්නේ, $p_A < p_A^0$ සහ $p_B < p_B^0$

එම නිසා A හි වාෂ්ප පීඩනයේ අඩු වීම

$= p_A^0 - p_A = p_A^0 - p_A^0 x_A = p_A^0(1 - x_A)$

$= p_A^0 x_B$

$$\therefore \frac{p_A^0 - p_A}{p_A^0} = x_B \text{ සහ } \frac{p_B^0 - p_B}{p_B^0} = x_A$$

ඉහත දැක්වෙන්නේ රවුල් නියමයේ විකල්ප ආකාරයකි.

> දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී යම් සංරචකයක වාෂ්ප කලාපය තුළ සිදු වන සාපේක්ෂ වාෂ්ප පීඩන පතනය, අනෙක් ද්‍රව්‍යයේ ද්‍රව කලාපයේ මවුල භාගයට සමාන වේ.

රවුල් නියමය හා ඩෝල්ටන්ගේ ආංශික පීඩන නියමය සංයෝජනය කිරීමෙන් වායු කලාපයේ සංයුතිය සෙවීමට හැකි වේ. **p** යනු මුළු වාෂ්ප පීඩනය යැයි ද y_{A} හා y_{B} යනු වාෂ්ප කලාපයේ A හා B හි මවුල භාග යැයි ද ගනිමු. ඩෝල්ටන්ගේ නියමයෙන්,

$$p_{\mathrm{A}} = py_{\mathrm{A}} = (p_{\mathrm{A}} + p_{\mathrm{B}})y_{\mathrm{A}}$$

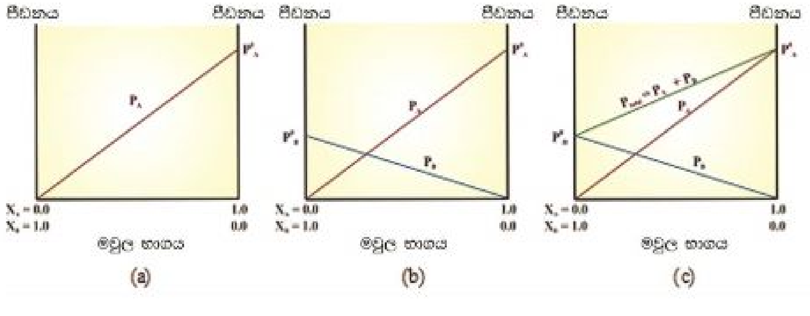
$$p^0_{\mathrm{A}}x_{\mathrm{A}} = (p^0_{\mathrm{A}}x_{\mathrm{A}} + p^0_{\mathrm{B}}x_{\mathrm{B}})y_{\mathrm{A}}$$

$$\therefore Y_A = \frac{p^0_{\mathrm{A}}x_{\mathrm{A}}}{(p^0_{\mathrm{A}}x_{\mathrm{A}} + p^0_{\mathrm{B}}x_{\mathrm{B}})} \text{ සහ } y_{\mathrm{B}} = \frac{p^0_{\mathrm{B}}x_{\mathrm{B}}}{(p^0_{\mathrm{A}}x_{\mathrm{A}} + p^0_{\mathrm{B}}x_{\mathrm{B}})}$$

රවුල් නියමය භාවිත කළ හැක්කේ පරිපූර්ණ මිශ්‍රණ සඳහා පමණි; නැති නම් රවුල් නියමය පිළිපදින පරිපූර්ණ මිශ්‍රණ සඳහා ය.

වාෂ්ප පීඩන - සංයුති රූපසටහන්

නියත උෂ්ණත්වයේ ඇති A හා B යන ද්‍රව දෙක මගින් සෑදෙන පරිපූර්ණ මිශ්‍රණයක, සමස්ත පීඩනය කෙරෙහි A හා B සංරචක වෙන වෙන ම බලපාන්නේ යැයි සිතමු. A සංරචකය පමණක් සලකා බලන විට $p_{\mathrm{A}} = p^0_{\mathrm{A}}x_A$; යයි ලැබේ. p^0_{A} නියතයක් බැවින්, x_{A} අනුව P_A හි විචලනය සරල රේඛීය විචලනයක් වේ. එය 2.44(a) රූපයේ දක්වා ඇත ($x_{\mathrm{A}} = 0$ නම් $p_{\mathrm{A}} = 0$ වන අතර, x_{A} වැඩි වන විට, එයට අනුපාතික ලෙස p_{A} ද වැඩි වේ. ඔබ x_{A} දෙගුණ කළ හොත්, P_A ද දෙගුණ වේ. මේ නිසා ප්‍රස්තාරය මූල ලක්ෂ්‍යයෙන් (0,0) ආරම්භ වේ). B සංරචකය ද මෙවැනි ම හැසිරීමක් දක්වයි. මෙහි $p^0_{\mathrm{A}} > p^0_B$, යයි උපකල්පනය කළ හොත්, එනම් A, B ට වඩා වාෂ්පශීලි යැයි සැලකුව හොත්, 2.44(b) රූපයෙන් B හි සංයුතිය (x_{B}) අනුව B හි වාෂ්ප පීඩනයේ විචලනය දැක්වේ. මිශ්‍රණයේ සමස්ත වාෂ්ප පීඩනය, සියලු සංයුතීන්වල දී , A හා B හි වාෂ්ප පීඩනවල එකතුවට සමාන වේ. නියත උෂ්ණත්වයේ දී A හා B ද්‍රව මිශ්‍ර කිරීමෙන් සෑදුණු පරිපූර්ණ ද්‍රව මිශ්‍රණයක් සඳහා සම්පූර්ණ ප්‍රස්තාරය 2.44 (c) රූපයේ දැක්වේ. A හා B හි සංයුතිය අනුව පද්ධතියේ සමස්ත වාෂ්ප පීඩනය, p_{T} (p_{AB}) මගින් දැක්වේ.



2.44 රූපය නියත උෂ්ණත්වයේ දී රවුල් නියමය පිළිපදින පරිපූර්ණ ද්‍රව මිශ්‍රණයක (AB) වාෂ්ප පීඩන - සංයුති රූපසටහන **(a)** A සංරචකයේ වාෂ්ප පීඩන විචලනය (b) B සංරචකයේ වාෂ්ප පීඩනය (c) මිශ්‍රණයේ සමස්ත වාෂ්ප පීඩන විචලනය

උෂ්ණත්ව (තාපාංක) සංයුති රූපසටහන

අප විසින් පෙර සාකච්ඡා කර ඇති පරිදි නියත පීඩනයේ දී ද්‍රව්‍යයක අණු පහසුවෙන් ද්‍රව කලාපයෙන් මිදී පලා යයි නම් ඉන් හැඟෙන්නේ, අන්තර්-අණුක බල සංපේක්ෂව දුර්වල බවත්, නැටීම සහ වාෂ්ප වීම සඳහා ද්‍රවයට ලබා දිය යුත්තේ සුළු ශක්තියක් බවත් ය.

> එබැවින් යම් විශේෂිත උෂ්ණත්වයක දී ඉහළ වාෂ්ප පීඩනයක් ඇති ද්‍රවයක තාපාංකය පහත් අගයක් ගනී.

වාෂ්ප පීඩනය සහ තාපාංකය (උෂ්ණත්වය) අතර සම්බන්ධතාව මෙසේ ද වටහා ගත හැකි ය.

ද්‍රව වාෂ්ප වන්නේ ඒවායේ වාෂ්ප පීඩනය බාහිර වායුගෝලීය පීඩනයට සමාන වන විට ය. දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී, යම් ද්‍රවයක වාෂ්ප පීඩනය ඉහළ නම්, එහි වාෂ්ප පීඩනය බාහිර වායුගෝලීය පීඩනයට සමාන මට්ටමකට ගෙන ඒම සඳහා උෂ්ණත්වය ස්වල්ප වශයෙන් වැඩි කිරීම ප්‍රමාණවත් වේ. අනෙක් අතට වාෂ්ප පීඩනය අඩු නම් බාහිර පීඩනයට ළඟා වීම සඳහා වැඩි ශක්තියක්/ තාපයක් ලබා ගත යුතු ය.

> එබැවින් දී ඇති උෂ්ණත්වයක දී ඉහළ වාෂ්ප පීඩයක් ඇති ද්‍රවවලට පහත් තාපාංක ඇත.

එක ම උෂ්ණත්වයේ ඇති ද්‍රව දෙකක් මගින් පරිපූර්ණ ද්‍රාවණයක් සාදා ඇති විට,

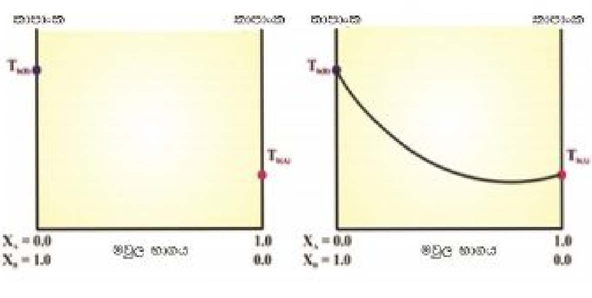
> ඉහළ වාෂ්ප පීඩනයක් ඇති ද්‍රවයට අඩු තාපාංකයක් තිබේ.

උෂ්ණත්ව (තාපාංක) - සංයුති රූපසටහන් ගොඩනැගීම

අප විසින් පළමුව සිදු කළ යුත්තේ වාෂ්ප පීඩන සංයුති රූපසටහන, නියත (බාහිර) පීඩනයේ දී උෂ්ණත්ව (තාපාංක) සංයුති රූපසටහන බවට පරිවර්තනය කිරීමයි. මෙය වාෂ්ප පීඩන-සංයුති ප්‍රස්තාරයේ පරස්පරය යැයි සරලව සිතා මෙය පහසු කටයුත්තකැයි ඇතැමකුට සිතීමට ඉඩ ඇත. මෙසේ සිතීම තර්කානුකූල යැයි පෙනෙතත්, අපට සමහර කරුණු පහත ආකාරයට සලකා බැලීමට සිදු වේ.

පෙර සඳහන් කරන ලද මිශ්‍රණයේ $p_A^0 > p_B^0$ යැයි ද නියත පීඩනයේ දී $T_{b(A)} > T_{b(B)}$ යැයි ද සිතමු. මෙහි T_b මගින් දැක්වෙන්නේ තාපාංකයයි (T_A ට අඩු තාපාංකයෙක් ඇත).

A හා B අඩංගු මිශ්‍රණයේ තාපාංක විචලනය, ඒවායේ තාපාංක යා කෙරෙන සරල රේඛාවක් වනු ඇතැයි සමහර විට ඔබ විසින් අපේක්ෂා කිරීමට ඉඩ ඇත. එහෙත් එය වක්‍රයකි. 2.5.3 කොටසේ දී සාකච්ඡා කළ පරිදි ද්‍රවයක වාෂ්ප පීඩනය, උෂ්ණත්වය සමඟ ඝාතීය විචලනයක් (exponential variation) දක්වන බව ඔබට මතකයට නැඟෙනු ඇත (2.34 රූපය බලන්න).

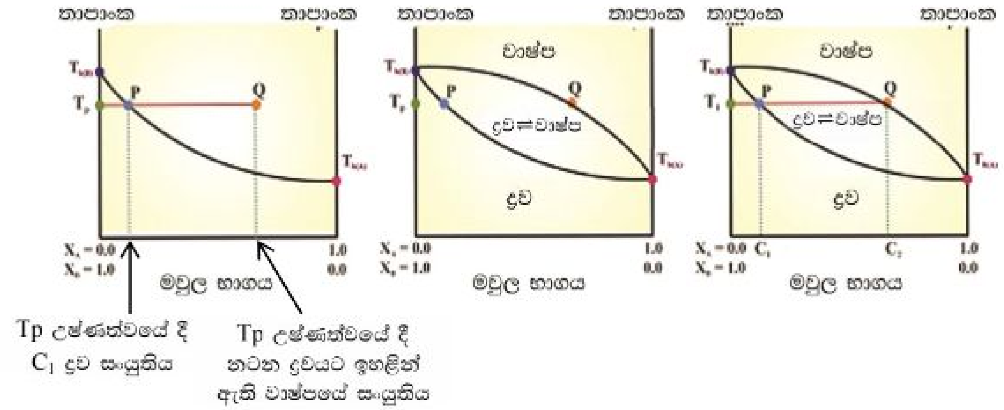


2.45 රූපය නියත පීඩනයේ දී පරිපූර්ණ මිශ්‍රණයක් (AB) සඳහා තාපාංක (උෂ්ණත්වය) සංයුති රූපසටහන (a) A හා B සංරචකවල තාපාංක (b) මිශ්‍රණයේ තාපාංක විචලනය

පළමුව, 2.45(a) රූපයේ දැක්වෙන පරිදි අදාළ අක්ෂ මත ද්‍රව දෙකෙහි තාපාංක $T_{b(A)} > T_{b(B)}$ ලකුණු කළ හැකි ය. ඉන් පසු ද්‍රව මිශ්‍රණයේ සංයුතිය අනුව, වාෂ්ප පීඩනයේ විචලනය වන අන්දම සිහි තබා ගෙන, 2.45(b) රූපයේ දැක්වෙන අන්දමට, ඉහත ලක්ෂ්‍ය දෙක යා කළ හැකි වේ.

දැන්, වාෂ්පයේ සංයුතිය අනුව වාෂ්ප පීඩනය වෙනස් වන ආකාරය දැන ගත යුතු ය. නියත පීඩනය යටතේ, ද්‍රව මිශ්‍රණය නැටීමට භාජනය කරන විට, වඩාත් වාෂ්පශීලී ද්‍රව්‍යය, අඩු වාෂ්පශීලී බවක් ඇති ද්‍රව්‍යයට වඩා පහසුවෙන් වාෂ්ප කලාපය තුළ, ද්‍රව කලාපයට වඩා වැඩි අනුපාතයකින් A (වඩා වාෂ්පශීලී සංඝටකය) අඩංගු වන බවයි. මේ අවස්ථාවේ දී වාෂ්පයේ සංයුතිය නිර්ණය කළ හැකි වේ. 2.46(a) රූපයේ සලකුණු කර ඇති P ලක්ෂ්‍යය සලකන්න. P ලක්ෂ්‍යයේ ඇති ද්‍රව්‍යය T_P යන උෂ්ණත්වයේ දී අදාළ වාෂ්පයේ සංයුතිය, P හා T_P හරහා යන තිරයේ රේඛාවක් මඟින් ලබා ගත හැකි වේ. මෙම ලක්ෂ්‍යය Q ලෙස ලකුණු කර ඇත.

විවිධ සංයුතීන් සහිත ද්‍රව මිශ්‍රණ සලකා ඉහත අභ්‍යාසය නැවත නැවත සිදු කිරීමෙන් වාෂ්පයේ සංයුතිය අනුව තාපාංකයේ විචලනය දැක්වෙන දෙවන වක්‍රයක් 2.46(b) රූපයේ දැක්වෙන අන්දමට ඇඳ ගත හැකි ය. වක්‍ර රේඛා දෙක අතර වර්ගඵලය තුළ, ද්‍රවය හා වාෂ්පය සමතුලිතව පවතින බව අපට පෙනී යයි.



(a) (b) (c)

2.46 රූපය නියත පීඩනයේ දී AB යන පරිපූර්ණ මිශ්‍රණයේ තාපාංක (උෂ්ණත්ව) සංයුති විචලනය (a) Tp උෂ්ණත්වයේ දී නැටීමට පාත්‍ර වන C_1 යන තෝරාගත් සංයුතියක් සහිත ද්‍රවයක් ඇති මිශ්‍රණයක තාපාංක විචලනය (b) වාෂ්ප කලාපයේ සංයුතිය අනුව තාපාංක විචලනය මෙහි වක්‍ර දෙක තුළ අඩංගු වන ප්‍රදේශයේ ද්‍රව⇌වාෂ්ප සමතුලිතතාව පවතී. (c) Q ලක්ෂ්‍යයේ දැක්වෙන වාෂ්පය ඝනීභවනයෙන් ලැබෙන ද්‍රවයේ සංයුතිය C_2 ලෙස සෙවීම.

2.46(b) රූපයේ විස්තර කර ඇති පරිදි ද්‍රව මිශ්‍රණයක් නටන අවස්ථාවේ දී එහි උෂ්ණත්වයත් නටන ද්‍රවයට ඉහළින් ඇති වාෂ්පයේ සංයුතියත් අපට සොයා ගත හැකි වේ. නිදසුනක් ලෙස, 2.46 (c) රූපයේ දක්වා ඇති C_1 සංයුතිය ඇති ද්‍රව මිශ්‍රණය, T_1 උෂ්ණත්වයේ දී නටන අතර, නටන ද්‍රවය ඉහළින් ඇති වාෂ්පයේ සංයුතිය C_2 වේ. මේ ක්‍රමය වෙනත් සංයුතීන් සඳහා ද නැවත භාවිත කළ හැකි අතර ද්‍රව-සංයුති රේඛාව මඟින් තාපාංක සොයා ගත හැකි ය. ඉන් පසු ඒ සංයුතිය සහිත ද්‍රව්‍ය සමඟ සමතුලිතව ඇති වාෂ්පයේ සංයුතිය සොයා ගත හැකි වේ. මේ හැසිරීම, ආසවනය/ භාගික ආසවනය මඟින් ද්‍රව මිශ්‍රණ එකිනෙකින් වෙන් කර ගැනීම

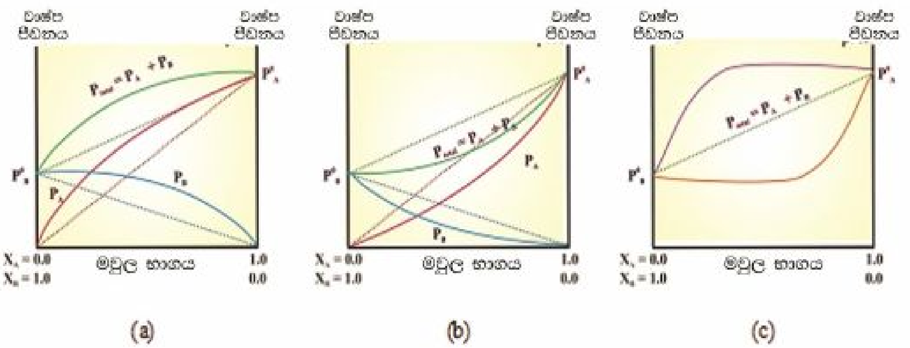
සඳහා ඉතා ප්‍රයෝජනවත් වේ. මේ ගැන පසුව එන පරිච්ඡේදයක දී විස්තර කෙරෙනු ඇත. මේ භාවිතය ගැන සාකච්ඡා කිරීමට පළමුව රවුල් නියමයෙන් අපගමනය වන ද්‍රව මිශ්‍රණවල ලාක්ෂණික ගුණ සලකා බැලීම වටී.

පරිපූර්ණ නොවන ද්‍රව මිශ්‍රණ

රවුල් නියමය පිළි නොපදින මිශ්‍රණ, පරිපූර්ණ නොවන මිශ්‍රණ ලෙස හැඳින්වේ. මෙවැනි මිශ්‍රණ ඇති වන්නේ එකිනෙකට සමාන නොවන අන්තර්-අණුක බල ඇති A හා B යන සංරචක මිශ්‍ර කිරීමෙනි. මෙවැනි පද්ධතිවල හැසිරීම, පරිපූර්ණ මිශ්‍රණවලට වඩා වෙනස් වේ. පරිපූර්ණ නොවන මිශ්‍රණයක අඩංගු A හා B සංරචකවල අන්තර්-අණුක බල එකිනෙකට වෙනස් නිසා $f_{A\text{-}A} \neq f_{B\text{-}B} \neq f_{A\text{-}B}$, ඒවා මිශ්‍ර කිරීමේ දී එන්තැල්පි වෙනසක් සිදු වේ. එනිසා මිශ්‍රණයෙන් අණුවක් වාෂ්ප වීමට ඇති හැකියාව, සංශුද්ධ ද්‍රවවලින් අණුවක් වාෂ්ප වීමට ඇති හැකියාවට වඩා වෙනස් වේ.

පරිපූර්ණ නොවන මිශ්‍රණ සඳහා වාෂ්ප පීඩන-සංයුති රූපසටහන

පරිපූර්ණ ද්‍රව මිශ්‍රණ රවුල් නියමය පිළිපදින බවත්, නියත උෂ්ණත්වයක දී ද්‍රව කලාපයේ සංයුතිය අනුව වාෂ්ප පීඩනය, සරල රේඛීය විචලනයක් දක්වන බවත් දැනටමත් අප දන්නා අතර එය 2.44(a) රූපයේ දක්වා ඇත. මෙහි A වඩාත් වාෂ්පශීලී ද්‍රව්‍ය $(P_A^0 > P_B^0)$ වේ.



2.47 රූපය පරිපූර්ණ නොවන මිශ්‍රණයක් (AB) සඳහා වාෂ්ප පීඩන සංයුති ප්‍රස්තාරය. (a) රවුල් නියමයෙන් ධනව අපගමනය වීම (b) රවුල් නියමයෙන් ඍණව අපගමනය වීම (c) රවුල් නියමයෙන් විශාල ධන අපගමනයක් හා විශාල ඍණ අපගමනයක් දක්වන මිශ්‍රණ

රවුල් නියමයෙන් ධනව අපගමනය වීම

නියත උෂ්ණත්වයේ දී A හා B ද්‍රව මිශ්‍ර කිරීමෙන් සෑදුණු ද්‍රාවණයේ A හා B අතර අන්තර්-අණුක බල වල ශක්තිය, සංශුද්ධ ද්‍රවවල පැවැති අන්තර්-අණුක බලවල ශක්තියට වඩා අඩු යයි සිතමු. එනම් $f_{A-B} < f_{A-A}$ සහ f_{B-B} වේ. ඒ නිසා පරිපූර්ණ ද්‍රාවණයට සාපේක්ෂව, මේ මිශ්‍රණයෙන් අණුවක් වාෂ්ප වීමට වැඩි හැකියාවක් ඇත. ඒ නිසා $P_{\mathrm{A}} > P_B^0 x_{\mathrm{B}}$ මෙහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස $P_{\mathrm{AB}} > (P_B^0 x_{\mathrm{A}} + P_B^0 x_{\mathrm{B}})$

එම නිසා, $p_{\mathrm{A}} > p_{\mathrm{A}}^0 x_{\mathrm{A}}$ හා $p_{\mathrm{B}} > p_{\mathrm{B}}^0 x_{\mathrm{B}}$

මෙහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස;

$$p_{\mathrm{AB}} > (p_{\mathrm{A}}^0 x_{\mathrm{A}} + \ p_B^0 x_{\mathrm{B}})$$

මින් දැක්වෙන්නේ, මිශ්‍රණයේ සමස්ත වාෂ්ප පීඩනය පරිපූර්ණ මිශ්‍රණයේ වාෂ්ප පීඩනයට වඩා වැඩි බවයි.

$$p_{\mathrm{AB}} > p_{(\mathrm{AB})\,\text{පරිපූර්ණ}}$$

මෙවැනි වර්ගයේ ද්‍රාවණ/ මිශ්‍රණ රවුල් නියමයෙන් ධන අපගමනයකින් දක්වන්නේ යැයි කියනු ලැබේ. රවුල් නියමයෙන් ධනව අපගමනය වන මිශ්‍රණවල වාෂ්ප පීඩනය, පරිපූර්ණ මිශ්‍රණය මඟින් දක්වන වාෂ්ප පීඩනයට වඩා සැම විට ම ඉහළ වේ. මෙසේ 2.47(a) රූපයේ පරිදි වාෂ්ප පීඩන-සංයුති වක්‍රය, පරිපූර්ණ රේඛාවට ඉහළ දිශාවට වක්‍ර වේ. මෙවැනි මිශ්‍රණවල වාෂ්ප පීඩනය, පරිපූර්ණ මිශ්‍රණයේ වාෂ්ප පීඩනයට වඩා වැඩි වීම මඟින් පෙන්නුම් කරන්නේ සංශුද්ධ ද්‍රවවලට වඩා පහසුවෙන් මෙවැනි මිශ්‍රණයක ඇති අණු ද්‍රව කලාපයෙන් වඩාත් පහසුවෙන් ගැලවී යන බවයි. A හා B අණු අතර ඇති අන්තර්-අණුක බල, සංශුද්ධ ද්‍රවවල අන්තර්-අණුක බලවලට වඩා දුර්වල වීම නිසා, A හා B ද්‍රව මිශ්‍ර කිරීමේ දී අන්තර්-අණුක බල ගොඩනැඟීම මඟින් මුදාහරින ශක්තිය, මුල් ද්‍රවවල ඇති A-A හා B-B අතර අන්තර්-අණුක බල බිඳ දැමීම සඳහා උරා ගන්නා ශක්තියට වඩා අඩු වේ. ඒ නිසා මෙවැනි ද්‍රව මිශ්‍ර කිරීමේ දී තාපය උරාගැනීමක් සිදු වේ. එබැවින් මිශ්‍ර කිරීමේ දී සිදු වන එන්තැල්පි විපර්යාස ධන වේ (තාප අවශෝෂක). $P_A^0 > P_B^0$ වන බැවින් මේ වක්‍රය ඔස්සේ ඕනෑ ම තැනක වැඩි ම වාෂ්ප පීඩනය වන්නේ සංශුද්ධ A හි වාෂ්ප පීඩනයයි. සුළු අපගමනයක් දක්වන මෙවැනි පද්ධති, ආසවනය පිළිබඳ සලකා බලන තුරු පරිපූර්ණ මිශ්‍රණ ලෙස හැසිරේ. එහෙත් සමහර ද්‍රව මිශ්‍රණ, රවුල් නියමයෙන් බෙහෙවින් අපගමනය වේ. එවැනි අවස්ථාවල වක්‍රය, 2.47 (c) රූපයේ පරිදි වඩාත් විපරීත ලෙස අපගමනය වේ. මේ වර්ගයේ මිශ්‍රණ සඳහා නිදසුනක් ලෙස එතනෝල් හා ජලය මිශ්‍රණය සැලකිය හැකි අතර එහි දී උපරිම වාෂ්ප පීඩනයක් සහිතව වක්‍රය වඩාත් වැඩි අපගමනයක් දක්වයි. උපරිම වාෂ්ප පීඩනයක් දක්වන අවස්ථාවේ දී, මිශ්‍රණයේ ස්කන්ධය අනුව 95.6%ක් එතනෝල් අඩංගු වේ.

රවුල් නියමයෙන් සෘණව අපගමනය වීම

නියත උෂ්ණත්වයේ දී A හා B සංරචක මිශ්‍ර කිරීමෙන් සෑදෙන ඇතැම් මිශ්‍රණවලින් අණුවක් වාෂ්ප කිරීම, පරිපූර්ණ මිශ්‍රණයෙන් අණුවක් වාෂ්ප කිරීමට වඩා දුෂ්කර වේ. එහි $f_{A-B} > f_{AA}$ හා $f_{B\text{-}B}$ වේ. මෙසේ වන්නේ සංශුද්ධ ද්‍රවවලින් අණුවක් ඉවත්ව යෑමට වඩා මිශ්‍රණයෙන් අණුවක් ඉවත්ව යෑම අපහසු වන බැවිනි. මුල් ද්‍රවවලට වඩා ශක්තිමත් අන්තර්-අණුක බල, මිශ්‍රණයේ පැවතිය යුතු ය.

එම නිසා, $p_{\mathrm{A}} < p_{\mathrm{A}}^0 x_{\mathrm{A}}$ හා $p_{\mathrm{B}} < p_{\mathrm{B}}^0 x_{\mathrm{B}}$: මෙහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස;

$$p_{\mathrm{AB}} < (p_{\mathrm{A}}^0 x_{\mathrm{A}} + p_{\mathrm{B}}^0 x_{\mathrm{B}})$$

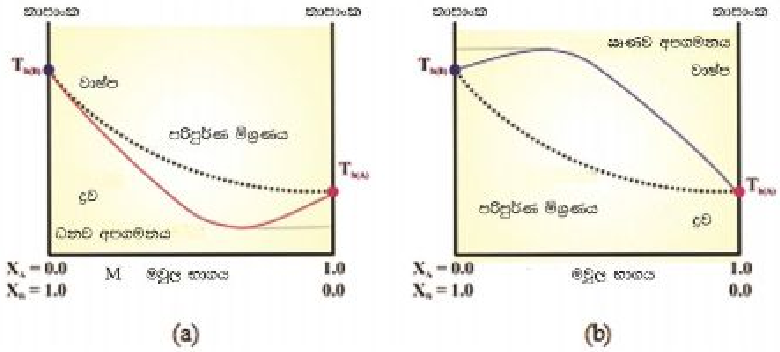
මින් හැඟී යන්නේ, මිශ්‍රණයේ මුළු වාෂ්ප පීඩනය, පරිපූර්ණ මිශ්‍රණයට වඩා අඩුවන බව යි;

$$p_{\mathrm{AB}} < p_{(\mathrm{AB})\,\text{පරිපූර්ණ}}$$

මේ වර්ගයේ මිශ්‍රණ/ ද්‍රාවණ රවුල් නියමයෙන් සෘණව අපගමනය වන්නේ යැයි කියනු ලැබේ. රවුල් නියමයෙන් සෘණව අපගමනය වන මිශ්‍රණවල වාෂ්ප පීඩනය, සැම විට ම පරිපූර්ණ මිශ්‍රණයකට අනුව බලාපොරොත්තු වන වාෂ්ප පීඩනයට වඩා අඩු වේ. මෙසේ 2.47(b) රූපයේ දක්වා ඇති පරිදි, වාෂ්ප පීඩනය-සංයුති වක්‍රය, පරිපූර්ණ රේඛාවට වඩා පහළ දිශාවට වක්‍ර වේ. $p_A^0 > p_B^0$ වන බැවින් මෙම වක්‍රය ඔස්සේ ඕනෑම තැනක වැඩිම වාෂ්ප පීඩනය වන්නේ ද මිශ්‍රණයක් සෑදීම පිණිස ද්‍රව මිශ්‍ර කිරීමේ දී සැදෙන නව බන්ධන, මුල් ද්‍රවවලට ඇති වඩා දුර්වල බන්ධනවලට වඩා ශක්තිමත් බැවින් මෙහි දී තාපය මුදා හරී. නිදසුනක් ලෙස ජලය හා නයිට්‍රික් අම්ලය මිශ්‍ර කිරීමේ දී අයනික ප්‍රභේද සෑදෙන බැවින් (NO_3^- හා H_3O^+ වැඩි ශක්ති ප්‍රමාණයක් පිට වේ (2.47 (c) රූපය).

පරිපූර්ණ නොවන මිශ්‍රණ සඳහා තාපාංක සංයුති රූපසටහන

රවුල් මිශ්‍රණයෙන් ධනව අපගමනය මිශ්‍රණවලට ඉහළ වාෂ්ප පීඩනයක් ඇති බැවින් ඒවාට අඩු තාපාංකයක් ඇත. අන්තර්-අණුක බල සම්පූර්ණයෙන් ම බිඳ දැමීම සඳහා මිශ්‍රණය වැඩි පුර රත් කිරීම අවශ්‍ය නොවන නොවන අතර, අණු පහසුවෙන් ද්‍රව කලාපයෙන් මිදී පලා යයි. ඒ නිසා 2.48 (a) රූපයෙන් දැක්වෙන පරිදි, A හා B ද්‍රව දෙකෙහි ම තපාංකයට වඩා අඩු තාංපාංකයක් සහිත අවම අගයක්, තාපාංක සංයුති වක්‍රය මඟින් පෙන්නුම් කෙරේ. නිදසුනක් වශයෙන්, එතනෝල් සහ ජලය සහිත මිශ්‍රණයක, මේ අවම අගය ඇති වන්නේ, ස්කන්ධය අනුව 95.6%ක් එතනෝල් අඩංගු මිශ්‍රණයක් සඳහා ය. මේ මිශ්‍රණයේ තාපාංකය 78.2 ^{0}C වන අතර සංශුද්ධ එතනෝල්හි තාපාංකය 78.0 ^{0}C ක් ද සංශුද්ධ ජලයේ තාපාංකය 100 ^{0}C ක් ද බැගින් වේ.



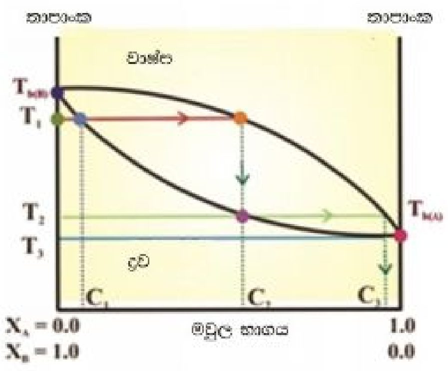
2.48 රූපය නියත උෂ්ණත්වයේ දී පරිපූර්ණ නොවන මිශ්‍රණය සඳහා තාපාංක සංයුති රූපසටහන. (a) රවුල් නියමයෙන් ධනව අපගමනය වීම හා (b) රවුල් නියමයෙන් අපගමනය වීම

රවුල් නියමයෙන් ඍණව අපගමනය වන මිශ්‍රණ සඳහා, අණු ද්‍රව කලාපයෙන් මිදී වාෂ්ප කලාපයට පිවිසීම, සංශුද්ධ ද්‍රවවලට සාපේක්ෂව අපහසු වේ. ද්‍රව මිශ්‍රණයේ ඇති ශක්තිමත් අන්තර්-අණුක බල බිඳ දැමීම සඳහා අමතර ශක්තියක් ලබා දිය යුතු බැවින්, මෙවැනි මිශ්‍රණවලට සංශුද්ධ ද්‍රව දෙකට ම වඩා ඉහළ තාපාංකයක් ඇත. එබැවින් 2.48 (b) රූපයේ පරිදි සංයුතිය අනුව තාපාංකයේ විචලනය දැක්වෙන වක්‍රය, සංශුද්ධ ද්‍රවවල තාපාංකවලට සාපේක්ෂව ඉහළ තාපාංකයක් හරහා ගමන් කරයි. උදාහරණ වශයෙන් නයිට්‍රික් අම්ලය හා ජලය අඩංගු මිශ්‍රණයක උපරිම තාපාංකය 120.5 ^{0}C වන අතර ඒ අවස්ථාවේ දී ස්කන්ධය අනුව නයිට්‍රික් අම්ලය 68%ක් මිශ්‍රණයේ අඩංගු වේ. මේ අගය, සංශුද්ධ නයිට්‍රික් අම්ලයේ තාපාංකය වන 86 ^{0}C හා සංශුද්ධ ජලයේ තාපාංකය වන 100 ^{0}C යන අගයන් සමඟ සැසඳීමට හැකි වේ. තාපාංකවල මෙවැනි විශාල වෙනසක් ඇති වීමට හේතුව පෙර සඳහන් කළ පරිදි ද්‍රවණය තුළ අයන-ද්විධ්‍රැව ආකර්ෂණ බල ඇති වීම බව පහසුවෙන් වටහා ගත හැකි වේ.

භාගික ආසවනය

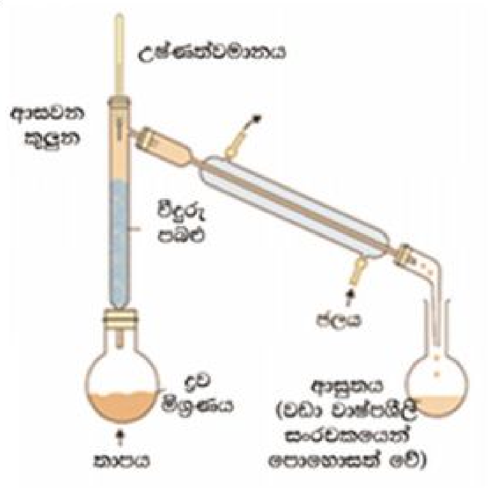
2.49 රූපයේ දැක්වෙන පරිදි ද්‍රව කලාපයේ C_1 සංයුතිය ඇති මිශ්‍රණයට අදාළ වාෂ්පය එකතු කර ඝනීභවනය කළ හොත් C_2 සංයුතිය ඇති නව ද්‍රව මිශ්‍රණයක් ලබේ. මේ නව ද්‍රවය නැවත නැටවුව හොත්, එය T_2 යන නව උෂ්ණත්වයේ දී තාපාංකයට එළඹෙන අතර, නටන ද්‍රවයට ඉහළින් ඇති වාෂ්පයේ සංයුතිය C_3 වේ. එය 2.49 රූපයේ දක්වා ඇත. C_3 සංයුතිය ඇති වාෂ්පය, සංශුද්ධ Aවලට ආසන්න වී ඇති බව ඔබට පෙනෙනු ඇත. ඒ නිසා, වාෂ්පය ඝනීභවනය කිරීම, එමඟින් ලැබෙන ආස්‍රැතය නැවත නැටවීම යන ක්‍රියාවලිය නැවත නැවත සිදු කළ හොත් නිතැතින් ම වාෂ්පය සංශුද්ධ A බවට පත් වේ. මේ ක්‍රියාවලිය ද්‍රව මිශ්‍රණයකින්

සංශුද්ධ ද්‍රව වෙන් කර ගැනීමට භාවිත වන **භාගික ආසවනය** යන තාක්ෂණික ක්‍රියාවලියේ පදනම වේ.



2.49 රූපය භාගික ආසවන සංකල්පය

2.49 රූපයෙන් විස්තර වන පරිදි වාෂ්පය ඝනීභවනය කිරීම, එය නැවත නැටවීම යන ක්‍රියාවලිය නොකඩවා සිදු කළ හොත්, C_3 සංයුතිය ඇති ද්‍රවය නැටවීමෙන් ලැබෙන වාෂ්පය, වඩා වාෂ්පශීලි සංඝටකය වන Aවලින් තවදුරටත් පොහොසත් වේ. එබැවින් ද්‍රව කලාපයේ සංයුතිය ද බොහෝ දුරට සංශුද්ධ B බවට පත් වේ. මේ අනුව, *ද්‍රවය නැටවීම-ඝනීභවනය-නැවත නැටවීම යන ක්‍රියාකාරිත්වය අනුයාත ලෙස සිදු කළ හොත් ද්‍රව මිශ්‍රණයේ වඩා වාෂ්පශීලි සංරචකය වෙන් කර ගත හැකි බව* අපට දැක ගත හැකි ය. කෙසේ වුවත්, මේ ක්‍රියාවලිය කාලය අපතේ යන එකක් බැවින්, කාර්මික භාවිත සඳහා මෙයට වඩා ඉහළ කාර්යක්ෂමතාවකින් සිදු කිරීම අවශ්‍ය වේ. තව ද එමඟින් ඉහළ තාපාංකය සහිත ද්‍රවය වෙන් කර ගන්නේ කෙසේ දැයි පැහැදිලි නැත. මේ ඝනීභවනය හා නැවත නැටවීම යන ක්‍රියාවලිය ස්වයංක්‍රීයව සිදු කර, මේ බාධකය ඉවත් කිරීම සඳහා ආසවන කුලුනු භාවිත වේ. ආසවන කුලුනක් යොදා ගනිමින් භාගික ආසවනය සිදු කිරීමට භාවිත කරන සම්පූර්ණ ඇටවුමක රූප සටහනක් 2.50 රූපයේ දැක්වේ.



2.50 රූපය ආසවන කුලුනක් යොදා ගනිමින් භාගික ආසවනය සිදු කිරීමට භාවිත කරන සම්පූර්ණ ඇටවුමක රූපසටහන

වාෂ්පය ඝනීභවනය වීමට පහසු වීම සඳහා ආසවන කුලුන වීදුරු පබළු හෝ කැබලිවලින් පුරවා ඇත. මේවා මඟින් ඉහළ නගින උණුසුම් වාෂ්පය සමඟ ස්පර්ශ වීම සඳහා, ඝනීභවනය වී පහළට වැටෙන ද්‍රවයට ඉහළ පෘෂ්ඨීය ක්ෂේත්‍රඵලයක් ලබා දෙන අතර නැටීම, ඝනීභවනය යන චක්‍රීකරණ ක්‍රියාවලිය කාර්යක්ෂමව සිදු කරයි. උෂ්ණත්වමානයේ බල්බය හරියට ම ආසවන බඳුනේ කුලුනේ පිටාර විවරය අසල තබා ඇති අතර ආසවන කුලුන ජල-සිසිලන කන්ඩෙන්සරයකට සම්බන්ධ කර ඇත.

C_1 සංයුතිය ඇති මිශ්‍රණයේ නැටීම සලකා බලමු.

වාෂ්පය විශ්ලේෂණය කිරීමෙන්,
නටන ද්‍රවයට ඉහළින් ඇති වාෂ්පය අඩු තාපාංකයක් ඇති වඩාත් වාෂ්පශීලී ද්‍රවයෙන් පොහොසත් බවත්, ඒ වාෂ්පය C_2 සංයුතියෙන් යුක්ත බවත් අපි දනිමු (2.49 රූපය). දූන් සැදුණු වාෂ්පය ආසවන කුලුන දිගේ ඉහළ නගින අතර, එය ඝනීභවනය වීමට තරම් සෑහෙන අඩු උෂ්ණත්වයක් ඇති උසකට ඉහළ නැඟුණු විට, නිතැතින් ම වීදුරු පබළු/ කැබලි මත දී ද්‍රව බවට පත් වේ. ඉන් ලැබෙන ආසුතයේ ද සංයුතිය C_2 ම වේ. ඝනීභවනය වූ වාෂ්පය කුලුන ඔස්සේ පහළට වැටෙන විට, ඉහළට ගමන් කරන උණුසුම් වාෂ්පය සමඟ ගැටේ. දූන් උණුසුම් වාෂ්පය සමඟ මිශ්‍ර වන පහළට වැටෙන ද්‍රවය, නැවතත් වාෂ්ප වීමට එය හේතු වේ.

C_3සංයුතිය ඇති වාෂ්පය සලකන්න. ඉහත විස්තර කර ඇති පරිදි, මේ නව වාෂ්පය ඝනීභවනය වීමට තරම් අඩු උෂ්ණත්වයක් ලැබෙන තෙක් ආසවන කුලුන දිගේ ඉහළ නගී. ඉක්බිති, මුළු ක්‍රියාවලියම නිතැතින්ම නැවත නැවත සිදු වේ. වාෂ්පය ඝනීභවනය වන සෑම වාරයක් පාසා ම වීදුරු පබළු අතරින් ඒ ද්‍රවය පහළට වැටෙන බව අපට පෙනී යයි. එම ද්‍රවය ඉහළ නැඟෙන උණුසුම් වාෂ්පය සමඟ ගැටීමෙන් නැවතත් වාෂ්ප වී, වඩාත් වාෂ්පශීලී සංරචකය වන Aවලින් පොහොසත් වාෂ්පයක් බවට පත් වේ. ද්‍රව දෙකෙහි තාපාංක ඉතා ආසන්න නම් අපට වඩාත් දිගින් වැඩි ආසවන කුලුනු අවශ්‍ය වේ.

ද්‍රවය විශ්ලේෂණය කිරීම
වාෂ්පය, වඩාත් වාෂ්පශීලී ද්‍රවය වන Aවලින් පොහොසත් වන බැවින්, ප්ලාස්කුව තුළ ඉතිරි ද්‍රාවණය අනෙක් සංරචකය වන Bවලින් පොහොසත් වේ. මේ පුනරාවර්තන ක්‍රියාවලියේ දී එනම්, නැටවීම, ඝනීභවනය හා පහළට වැටෙන ඝනීභවනය වන ද්‍රවය නිරන්තර උණුසුම් වාෂ්පය මඟින් නැවත නැටීම යන ක්‍රියාවලියේ සෑම පියවරක් පාසා ම ද්‍රව කලාපය අඩු වාෂ්පශීලීතාවක් ඇති සංරචකයෙන් පොහොසත් වීම සිදු වේ.

මේ නිසා කාලය ගත වීමේ දී A සංරචකය කුලුනේ ඉහළ විවරයෙන් එළියට පැමිණ කන්ඩෙන්සරයට ඇතුළු වන විට ප්ලාස්කුවේ ඇති ද්‍රවය වඩ වඩාත් Bවලින් පොහොසත් වේ. උෂ්ණත්වය ප්‍රවේශමෙන් පාලනය කිරීමෙන් අඩු තාපාංකයක් ඇති A සංරචකය ආසුතය බවට පත් වන අතර, මුල් ආසවන ප්ලාස්කුව තුළ B ද්‍රව්‍ය ඉතිරි වේ.

2.6.2 අමිශ්‍ර ද්‍රව-ද්‍රව පද්ධති

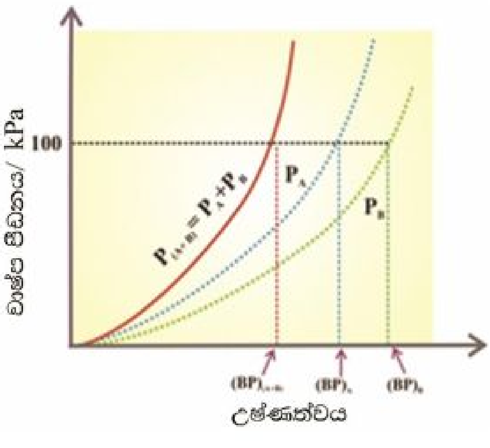
දී ඇති උෂ්ණත්වයේ දී හා පීඩනයක දී එකිනෙක මිශ්‍ර වී, තනි කලාපයක් බවට පත් නොවන ද්‍රව අමිශ්‍ර ද්‍රව වේ. මේ සඳහා නිදසුනක් ලෙස ජලය සහ තෙල් මිශ්‍රණයක් ගත හැකි අතර තෙල්, ජලය මත පා වේ. එබැවින් අමිශ්‍ර ද්‍රව දෙකක් එකට එකතු කළ විට, වැඩි ඝනත්වයක් ඇති ද්‍රවය පහළ ස්තරය ලෙස ද අනෙක් ද්‍රවය එය මත පාවන ලෙස ද, ස්තර දෙකකට වෙන් වන බව අපට වටහා ගත හැකි වේ. මෙවැනි අවස්ථාවල දී සංවෘත බඳුනක් තුළ ද්‍රව දෙක

නිශ්චලව පවතින්නේ නම් සහ ද්‍රව දෙකෙහි අණු අතර අන්තර්-අණුක බල නැති නම් පද්ධතියේ වාෂ්ප පීඩනය වන්නේ, උඩ පාවන ද්‍රවයේ වාෂ්ප පීඩනය ම වේ. හේතුව, පහළ ඇති ද්‍රවයේ අණුවලට මතුපිටට ඒමට හැකියාවක් නැති වීමයි.

මේ මිශ්‍රණය කැලතීමෙන් හෝ නිශ්චල අවස්ථාව කැලඹීමට ලක් කිරීමෙන්, ද්‍රව දෙක කුඩා බිඳිති බවට බිඳී ඇතැයි සිතමු. එවිට එහි සමතුලිතතාවට ළඟා වීමට ප්‍රමාද වූවත්, ඉහළ ස්තරයේ තිබූ ද්‍රවය මඟින් පහළ ස්තරයේ ඇති ද්‍රවය වාෂ්ප වීම කෙරෙහි බලපෑමක් ඇති නොවේ. එවිට ඕනෑ ම අවස්ථාවක දී ද්‍රවය මතුපිට ද්‍රව දෙකෙහි ම බිඳිති ඇති අතර, මිශ්‍රණයේ සමස්ත වාෂ්ප පීඩනය කෙරෙහි, ද්‍රව දෙක ම දායක වන බව ඉන් දැක්වේ.

ද්‍රව දෙක ම, ඒවායේ වායු කලාපයේ ඇති ස්වකීය වායු අණු සමඟ සමතුලිතව ඇති බව ද සමස්ත පීඩනය කෙරෙහි ද්‍රව දෙකෙහි ම වාෂ්ප දායක වන බව ද සිතිය හැකි වේ. එනිසා පද්ධතියේ සමස්ත පීඩනය, සංරචකවල ආංශික පීඩනවල එකතුවට සමාන විය යුතු ය. සංරචක ද්‍රව දෙක A හා B ලෙස සැලකූ විට,

$$p_T = p^{\circ}_A + p^{\circ}_B$$



2.51 රූපය සම්පූර්ණයෙන් අමිශ්‍ර ද්‍රව-ද්‍රව පද්ධතියක වාෂ්ප පීඩන විචලනය

2.51 රූපයේ දක්වෙන පරිදි ද්‍රව දෙක අමිශ්‍ර නම් උෂ්ණත්වය අනුව ඒවායේ වාෂ්ප පීඩනයෙහි විචලනය එකිනෙකින් ස්වායක්ත වේ. ආංශික පීඩන දෙකෙහි එකතුව දක්වෙන වක්‍රය, 100 kpa රේඛාව ඡේදනය කරන්නේ, සංශුද්ධ A හා B හි තාපාංකවලට වඩා අඩු තාපාංකයක දී ය. එබැවින් මේ අමිශ්‍ර ද්‍රවවල තාපාංකය, සංශුද්ධ ද්‍රව දෙකෙහි ම තාපාංකයට වඩා අඩු අගයක් ගැනීම ඉතා වැදගත් බව සිහි තබා ගත යුතු ය.

මේ මූලධර්මය, උෂ්ණත්වය කෙරෙහි සංවේදී වන සංයෝග සංශුද්ධ කර ගැනීම සඳහා ප්‍රයෝජනවත් වේ. විශේෂයෙන්, ඒවායේ තාපාංක අසල දී වියෝජනය වන සංයෝග වෙන් කර ගැනීමට වැදගත් වේ.

ඉහත සංරචක දෙකෙහි තාපාංකවලට වඩා අඩු උෂ්ණත්වයක දී මිශ්‍රණය නටන බැවින් ඉහළ තාපාංක ඇති ද්‍රව හුමාල ආසවනය මඟින් වෙන් කර ගැනීම පහසු වේ.

උදාහරණයක් වශයෙන් පෙනිල් ඇමයින්, එහි සාමාන්‍ය තාපාංකය වන 184 °Cහි දී ශීඝ්‍රයෙන් ඔක්සිකරණය වේ.

කෙසේ වුව ද පෙනිල් ඇමයින් සහ ජලය මිශ්‍රණයක් 100 °C ට අඩු උෂ්ණත්වයේ දී නටයි. 2.51 රූපය අවබෝධ කර ගැනීමෙන් පසු මේ මිශ්‍රණය ගැන මෙසේ සලකා බැලිය හැකි ය.

98 °C දී ද්‍රව දෙකෙහි සන්තෘප්ත වාෂ්ප පීඩන පහත පරිදි වේ.

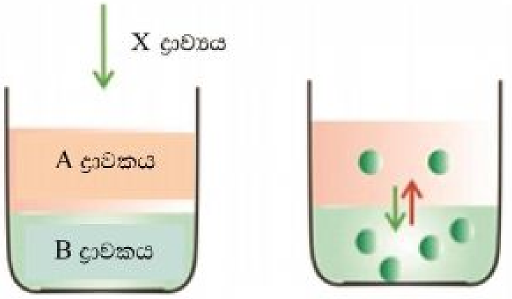
පෙනිල් ඇමයින්	7.07 kPa
ජලය	94.3 kPa

මිශ්‍රණයේ මුළු වාෂ්ප පීඩනය 101.37 kPa වන අතර, එය සාමාන්‍ය බාහිර පීඩනයට වඩා ස්වල්පයක් වැඩි වේ. එබැවින් මිශ්‍රණය 98 °Cට වඩා මඳක් අඩු උෂ්ණත්වයක දී, එනම් ජලයේ තාපාංකය වන 100 °C වඩා අඩු උෂ්ණත්වයක දී නටයි. තව ද එය පෙනිල් ඇමයින්හි තාපාංකය වන 184 °Cට වඩා බෙහෙවින් අඩු ය.

එබැවින් හුමාල ආසවනය මඟින් මේ සංයෝගය පහසුවෙන් මිශ්‍රණයෙන් වෙන් කර ගත හැකි ය. මේ ක්‍රියා පටිපාටියේ දී රත් වූ මිශ්‍රණය තුළින් නොකඩවා හුමාලය යැවිය යුතු වන අතර වාෂ්පය ජල සිසිලන කන්ඩෙන්සරයක් තුළින් යවා ඝනීභවනය කර ගත යුතු ය. ඉන් පසු සංශුද්ධ සංරචකයේ ඝනීභවනය වූ වාෂ්ප බඳුනකට එකතු කර ගත යුතු ය. හුමාල ආසවන තාක්ෂණය යොදා ගත හැක්කේ ජලයේ අමිශ්‍ර හෝ අද්‍රාව්‍ය, ඉහළ අණුක ස්කන්ධයක් සහිත, 100 °C අවට දී ඉහළ වාෂ්ප පීඩනයක් ඇති, සලකන තත්ත්ව යටතේ අවාෂ්පශීලී අපද්‍රව්‍ය පමණක් අඩංගු ද්‍රව්‍යයක් වෙන් කර ගැනීමට/ සංශුද්ධ කර ගැනීමට බව මතක තබා ගත යුතු ය.

2.7 විභාග/ ව්‍යාප්ති සංගුණකය

A හා B නම් අමිශ්‍ර ද්‍රාවක දෙකක් බීකරයක දමා ඇති විට ඒවා මිශ්‍ර නොවන අතර, ස්තර දෙකකට වෙන් වේ. නියත උෂ්ණත්වයේ දී, එක ම අණුක ආකාරයේ පවතින හා ප්‍රතික්‍රියා නොකරන, ද්‍රාවක දෙකෙහි ම දියවන X නම් ද්‍රාව්‍යය එකතු කළ විට හා පද්ධතිය හොඳින් සෙලවූ විට, දියවන X නම් ද්‍රාව්‍යය එක් එක් ද්‍රාවකය තුළ ද්‍රාව්‍යතාවට අනුව ද්‍රාවක දෙකෙහි ම දිය වේ. ද්‍රාවක දෙක අතර ද්‍රාව්‍යයේ ව්‍යාප්තිය හෝ වෙන් වීම ලෙස මෙය තවදුරටත් විස්තර කළ හැකි ය. පද්ධතිය සමතුලිත වීමට ඉඩහළ විට, ද්‍රාවක ස්තර දෙක වෙන් වන අතර X ද්‍රාව්‍යයේ අණු ද්‍රාවක දෙක අතර මායිම තුළින් එහා මෙහා ගමන් කරයි. අවසානයේ දී ගතික සමතුලිතතාවට පත් වන අතර, එක් එක් ස්තරයේ X හි සාන්ද්‍රණය නියතව පවතී.



2.52 රූපය A හා B ද්‍රාවක දෙක අතර X යන ද්‍රාව්‍යයේ ව්‍යාප්තිය

ඒ උෂ්ණත්වයේ දී ම X නම් ද්‍රාව්‍යය පද්ධතියට වැඩිපුර එක් කළ විට නියත උෂ්ණත්වයේ දී ස්තර අතර ද්‍රාව්‍යයේ සාන්ද්‍රණ අනුපාතය එක ම වන ලෙස ද්‍රාව්‍යය ව්‍යාප්ත වේ. එබැවින් නියත උෂ්ණත්වයේ දී, පද්ධතිය සඳහා සමතුලිතතා නියතය පහත ආකාරයට ලිවිය හැකි ය.

$$\frac{\text{A තුළ X හි සාන්ද්‍රණය}}{\text{B තුළ X හි සාන්ද්‍රණය}} = \text{නියතයකි}$$

එනම්,

නියත උෂ්ණත්වයේ දී X නම් ද්‍රාව්‍යය, A හා B නම් අමිශ්‍ර ද්‍රාවක දෙකක් තුළ ව්‍යාප්ත වීමේ දී ද්‍රාවක දෙක තුළ ම X සමාන අණුක තත්ත්වයකින් පවතින විට,

$$\frac{[\mathrm{X_A}]}{[\mathrm{X_B}]} = K_\mathrm{D}$$

K_D නියතය ව්‍යාප්ති සංගුණකය හෝ විභාග සංගුණකය හෝ ව්‍යාප්ති අනුපාතය වේ.

නියත උෂ්ණත්වයේ දී, අමිශ්‍ර ද්‍රාවක දෙකක් සමඟ යම් ද්‍රාව්‍යයක් සෙලවූ විට, සමතුලිත අවස්ථාවේ දී, ද්‍රාවක දෙක ම ද්‍රාව්‍යයෙන් සන්තෘප්තව පවතී. තව ද ද්‍රාව්‍යතාව, සාන්ද්‍රණය ද නිරූපණය කරන බැවින්, ව්‍යාප්ත නියමය මෙසේ ලිවිය හැකි ය.

$$\frac{[\mathrm{X_A}]}{[\mathrm{X_B}]} = \frac{S(\mathrm{X})_\mathrm{A}}{S(\mathrm{X})_\mathrm{B}} = K_\mathrm{D}$$

$S(X)_A$ හා $S(X)_A$ යනු ද්‍රාවක දෙක තුළ ද්‍රාව්‍යයේ ද්‍රාව්‍යතාවයි. එබැවින්, ව්‍යාප්ති සංගුණකය K_D දන්නා විට, හා එක් ද්‍රාවකයක් තුළ ද්‍රාව්‍යයේ ද්‍රාව්‍යතාව දන්නා විට, දෙවන ද්‍රාවකය තුළ ද්‍රාව්‍යයේ ද්‍රාව්‍යතාව ගණනය කළ හැකි ය.

2.46 නිදසුන

X සණය 25 ^{0}C පවතින බෙන්සීන් හා ජලය මිශ්‍රණයට එක් කරන ලදි. හොඳින් සෙලවූ විට හා සමතුලිත අවස්ථාවට පත් වූ විට, බෙන්සීන් ස්තරයේ 20.00 cm^{3}ක X 0.20 g ඇති බවත්, ජලය ස්තරයේ 100.00 cm^{3} ක X 0.40 g ඇති බවත් සොයා ගන්නා ලදි. ද්‍රාවක දෙකෙහි ම X එහි සාමාන්‍ය අණුක ස්කන්ධයෙන් පවතී. K_D ගණනය කරන්න.

පිළිතුර

බෙන්සීන් තුළ X හි සාන්ද්‍රණය, $C_b = \frac{0.20\ g}{20.00\ cm^3} = 1.0 \times 10^{-2}\ g\ cm^{-3}$

ජලය තුළ X හි සාන්ද්‍රණය, $C_w = \frac{0.40\ g}{100.00\ cm^3} = 4.0 \times 10^{-3} g\ cm^{-3}$

$$\therefore K_D = \frac{C_b}{C_w} = \frac{1.0 \times 10^{-2}\ g\ cm^{-3}}{4.0 \times 10^{-3} g\ cm^{-3}} = 2.5$$

සටහන: සෑම විට ම සාන්ද්‍රණය mol dm^{-3}වලින් සෙවීම අවශ්‍ය නො වේ. K_D යනු මාන රහිත රාශියක් වන බැවින්, ඒකක එකිනෙකින් අහෝසි වේ. සාන්ද්‍රණ දෙකෙහි ම එක ම ඒකක පැවතිය යුතු බව මතක තබා ගැනීම වැදගත් වේ.

2.47 නිදසුන

25^{0}C දී 0.05 g dm^{-3} අඩංගු ජලීය අයඩින් ද්‍රාවණයක්, 4.00 g dm^{-3} අඩංගු කාබන් ටෙට්‍රාක්ලෝරයිඩ් ජලීය ද්‍රාවණයක් හා සමතුලිත ව පවතී. දී ජලය තුළ අයඩින්වල ද්‍රාව්‍යතාව 0.40 g dm^{-3} වේ. කාබන් ටෙට්‍රාක්ලෝරයිඩ් ද්‍රාවණය තුළ අයඩින්වල ද්‍රාව්‍යතාව සොයන්න.

පිළිතුර

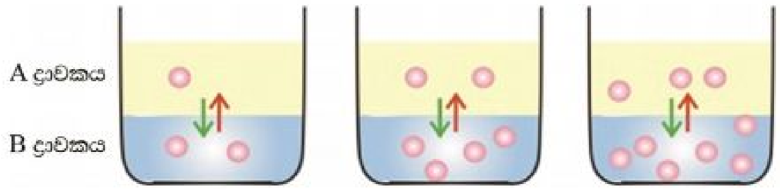
$$K_D = \frac{C_{CCl_4}}{C_{H_2O}} = \frac{4.00\ g\ dm^{-3}}{0.05\ g\ dm^{-3}} = 80$$

$$\therefore \frac{(Solubility)_{CCl_4}}{(Solubility)_{H_2O}} = \frac{(Solubility)_{CC_4}}{0.40\ g\ dm^{-3}} = 80$$

$$\therefore (Solubility)_{CCl_4} = 32.00\ g\ dm^{-3}$$

නියත උෂ්ණත්වයේ දී K_D නියතයක් බව තේරුම් ගැනීම

ගතික සමතුලිතතාවේ පවතින X නම් ද්‍රාව්‍යය ව්‍යාප්ත වී ඇති පද්ධතියක් සැලකීමේ දී, A ද්‍රාවකයේ සිට B ද්‍රාවකයට X අණු ගමන් කිරීමේ වේගය (r_1) A තුළ එහි සාන්ද්‍රණයට (C_1) අනුලෝමව සමානුපාතික වේ. B ද්‍රාවකයේ සිට A ද්‍රාවකයට X අණු ගමන් කිරීමේ වේගය (r_2) B තුළ එහි සාන්ද්‍රණයට (C_2) අනුලෝමව සමානුපාතික වේ. නියත උෂ්ණත්වයේ දී, සමතුලිතව පවතින විට, එක් ද්‍රාවකයක සිට අනෙක් ද්‍රාවකයට ද්‍රාව්‍යය ගමන් කිරීමේ වේගය සමාන වේ.



2.53 රූපය K_D නියතව තබා ගැනීමට, නියත උෂ්ණත්වයේ දී, X ද්‍රව්‍යයේ ව්‍යාප්තිය වැඩි කර ගැනීම

එබැවින්,

$r_1 \alpha C_1$ හා $r_2 \alpha C_2$

$\therefore r_1 = k_1C_1$ හා $r_2 = k_2C_2$

k_1 හා k_2 වේග නියත වේ.

සමතුලිත අවස්ථාවේ දී

$r_1 = r_2$ එබැවින්, $k_1C_1 = k_2C_2$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{k_2}{k_1} = K_D$$

සාමාන්‍යයෙන් මේ ව්‍යාප්ත නියමය යෙදීමට පහත තත්ත්ව අවශ්‍ය වේ.

(i) නියත උෂ්ණත්වය: පරීක්ෂණය සිදු කරන කාලය තුළ දී උෂ්ණත්වය නියතව පැවතිය යුතු ය.

(ii) එක ම අණුක ස්වභාවය: ද්‍රාවකදෙක තුළ ද්‍රාව්‍යයේ අණුක ස්වභාවය එක ම විය යුතු ය.

(iii) සමතුලිත සාන්ද්‍රණ: සමතුලිත අවස්ථාවට එළැඹුණු පසු, ද්‍රාව්‍යයේ සාන්ද්‍රණය මැන ගැනීම හෝ නිමානය කිරීම කළ යුතු ය.

(iv) තනුක ද්‍රාවණ: ද්‍රාවක දෙකෙහි ම ද්‍රාව්‍යයේ සාන්ද්‍රණ අඩු විය යුතු ය. සාන්ද්‍රණ වැඩි වන විට මේ නියම යෙදිය නොහැකි ය.

(v) ද්‍රාවක අමිශ්‍ර විය යුතු ය.