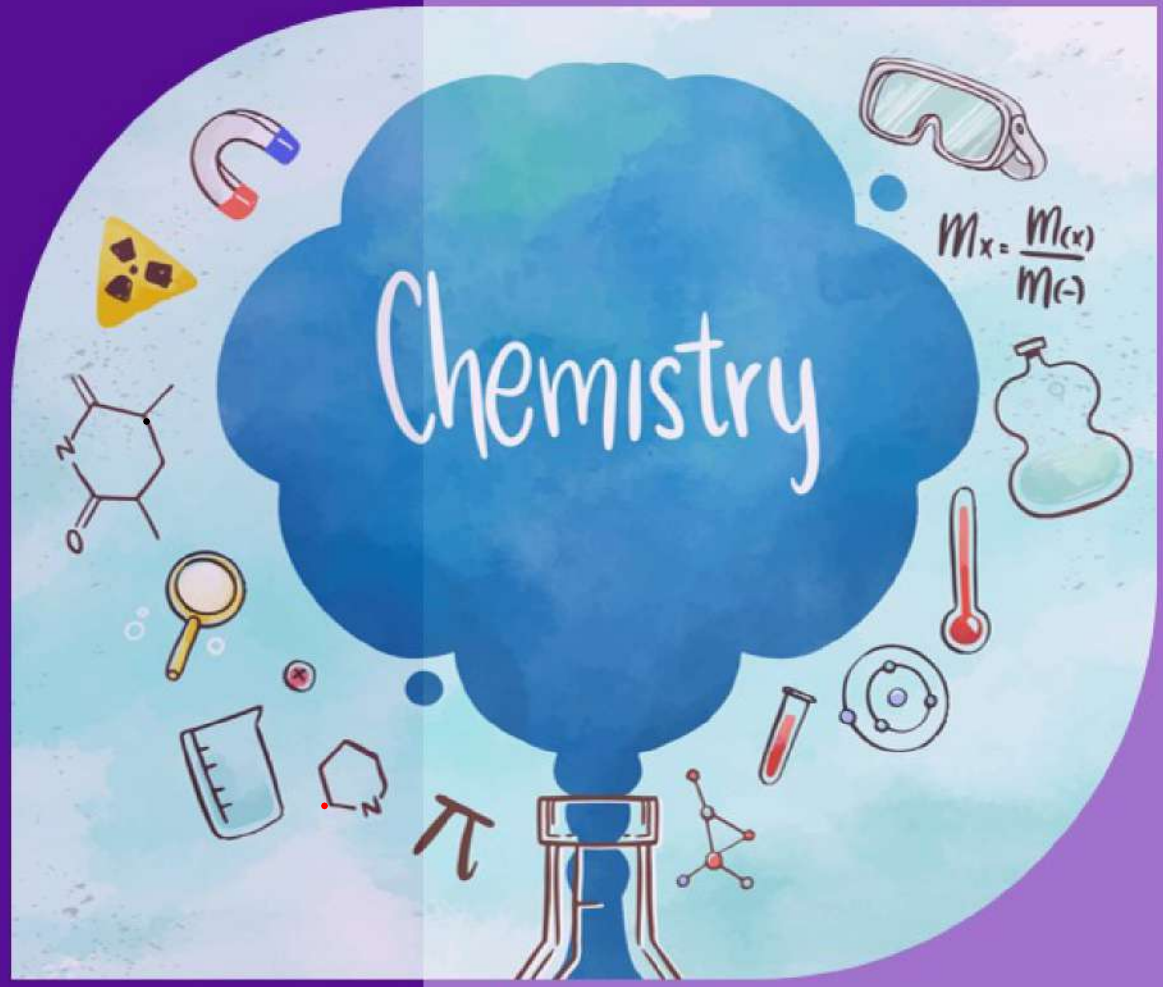
মেডিকেল এন্ড ডেন্টাল এডমিশন প্রোগ্রাম ২০২০

রসায়ন

লেকচার : C-03

অধ্যায় ০৪ : রাসায়নিক পরিবর্তন (রাসায়নিক সাম্যাবস্থা)



মেডিকেল ও ডেন্টাল ভর্তি পরীক্ষার জন্য এই অধ্যায়ের গুরুত্বপূর্ণ টপিকসমূহ

গুরুত্ব	টপিক	ভর্তি পরীক্ষায় যে বছর প্রশ্ন এসেছে
✪✪✪	রাসায়নিক সাম্যাবস্থা ও লা-শাতেলিয়ারের নীতি	MAT: 14-15, 02-03; DAT: 17-18, 06-07, 02-03, 00-01
✪✪	ভরক্রিয়ার সূত্র ও বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক	MAT: 13-14, 09-10; DAT: 10-11, 08-09, 04-05
✪✪	পানির আয়নিক গুণফল: পানির অটো আয়নীকরণ	MAT: 14-15; DAT: 16-17
✪✪✪	এসিড ও ক্ষারের তীব্রতা	MAT: 17-18, 15-16, 13-14,10-11; DAT: 10-11
✪✪✪	দ্রবণের pH ও বাফার দ্রবণ	MAT: 19-20, 17-18, 16-17, 15-16,14-15, 12-13,10-11, 02-03, 01-02; DAT: 18-19, 17-18, 10-11, 07-08, 06-07, 05-06

Napoleon →

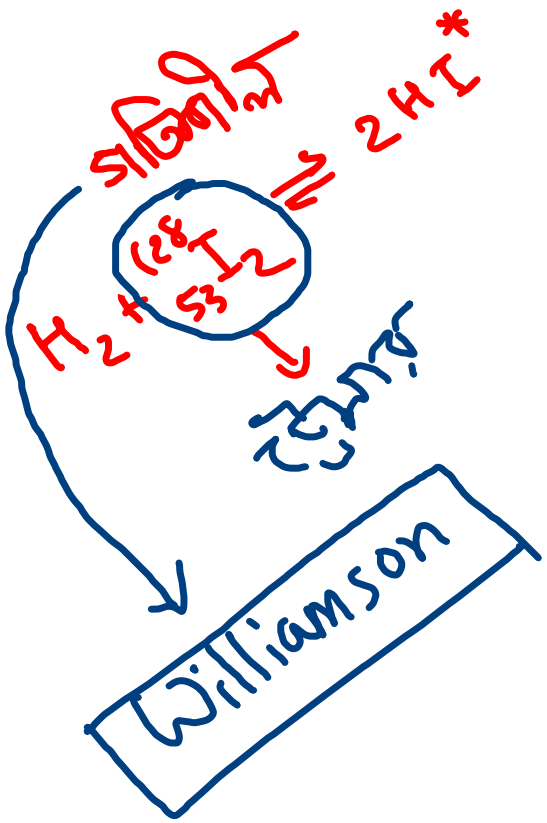
Berthollet

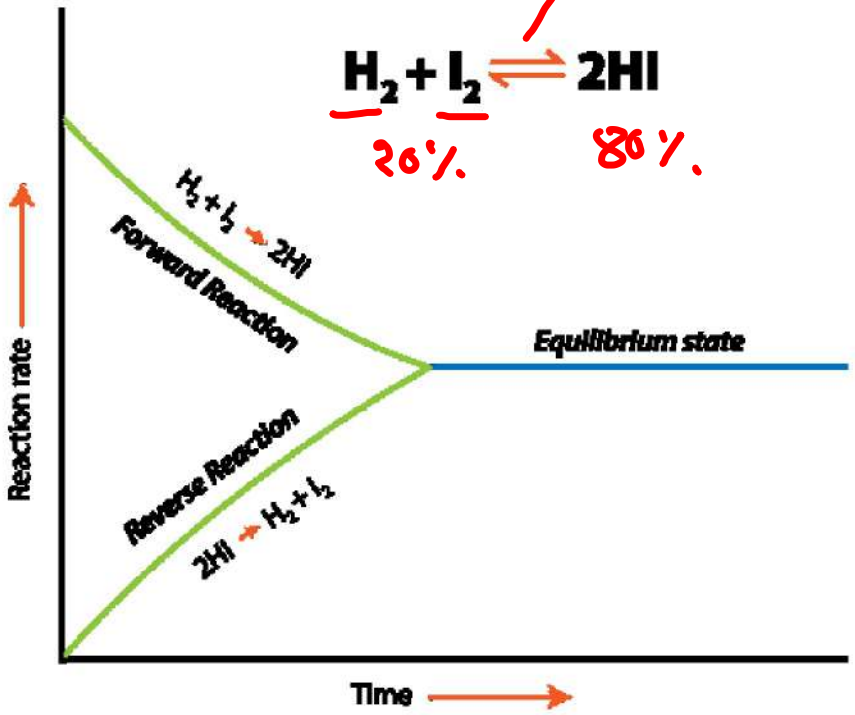
$Na_2CO_3 + CaCl_2 \rightleftharpoons NaCl + CaCO_3$

Na_2CO_3

রাসায়নিক সাম্যাবস্থা

সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার = পশ্চাৎমূখী বিক্রিয়ার হার





$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$

20% 80%

450°C

- Temperature
- Color
- Tracer

রাসায়নিক সাম্যাবস্থার আবশ্যকীয় শর্ত

DAT (10-11)

৪টি

100°C

- সাম্যের স্থায়িত্ব
- উভয়দিক থেকে সুগম্যতা
- বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা
- প্রভাবকের ভূমিকাহীনতা

$CH_3COOH\ (l)$ + $C_2H_5OH\ (l)$ ⇌	$CH_3COOC_2H_5\ (l)$ +	$H_2O\ (l)$
ইথানোয়িক এসিড	ইথানল	ইথাইল ইথানোয়েট
1 mol	1 mol	0 mol	0 mol
0.333 mol	0.333 mol	0.667 mol	0.667 mol

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

$$A + B \rightleftharpoons C + D; \quad \therefore K_{eq} = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]}$$

$v_f = v_b$

সাম্যাবস্থায় → 93% N_2, H_2
7% NH_3

* $k_{eq} = 0$ ✗

* $k_{eq} = \infty$ সম্ভব

অন্যান্য শর্ত (কবির)

- সাম্যাবস্থায় উভমুখী বিক্রিয়ার সম্মুখ ও পশ্চাৎমুখী প্রক্রিয়ার গতিবেগ পরস্পর সমান হয়।
- রাসায়নিক সাম্যাবস্থা কেবলমাত্র আবদ্ধ পরিমণ্ডলে সৃষ্টি হয়।
- সাম্যাবস্থা অনন্তকাল চলতে থাকে, যদি বাহ্যিক তাপমাত্রা, চাপ ও সংযুক্তির কোন পরিবর্তন না করা হয়। T P C
- সাম্যাবস্থায় মুক্তশক্তির পরিবর্তন শূন্য অর্থাৎ $(\Delta G = 0)$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = 0$ সাম্যাবস্থা

$\Delta G < 0$ স্বতঃস্ফূর্ত

$\Delta G > 0$ X X

বিগত বছরের প্রশ্ন

কোনটি রাসায়নিক সাম্যাবস্থার বৈশিষ্ট্য নয়? (DAT: 06-07)

(a) অনুঘটক এই প্রক্রিয়ায় কোন প্রভাব বিস্তার করে না

(b) ইহা কেবল উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে অর্জিত হয়

(c) বিক্রিয়ায় সম্মুখ ও পশ্চাৎমুখী প্রক্রিয়ার গতিবেগ পরস্পর সমান নয়

(d) রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় কেবলমাত্র আবদ্ধ পরিমণ্ডলে সৃষ্ট হয়

সাম্যাবস্থা চিহ্নিত করার উপায়

- বিক্রিয়ক ও উৎপাদের বর্ণ পরিবর্তনের স্থিত অবস্থা।
- অধঃক্ষেপের বর্ণের গাঢ়তা স্থিরকরণ।
- বিক্রিয়ার উভয় দিকের গতি নির্ণয়।

N_2O_4 (বর্ণহীন) $\overset{\Delta}{\rightleftharpoons}$ $2NO_2$ (বাদামি)

স্থিতিশীল → সাম্যাবস্থা

$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$

$r_f = r_b$

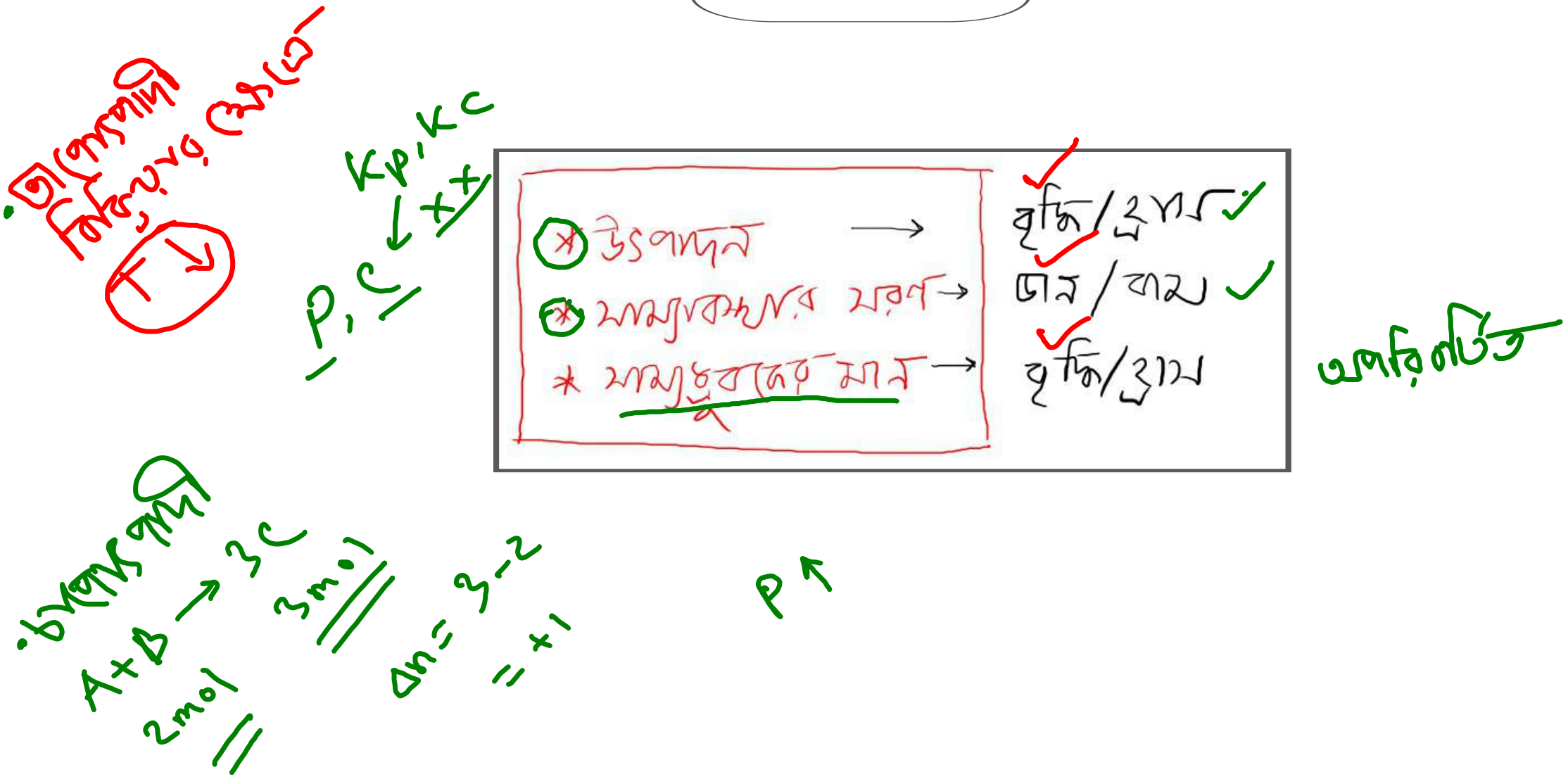
লা-শাতেলিয়ারের নীতি

নিয়ামক সমূহঃ

- উপাদানের ঘনমাত্রা
- চাপ
- তাপমাত্রা

নীতি: কোন উভমুখী বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকাকালে যেকোন একটি নিয়ামক পরিবর্তন করলে সাম্যের অবস্থা এমনভাবে পরিবর্তিত হবে যেন নিয়ামক পরিবর্তনের ফলাফল প্রশমিত হয়।

Questions

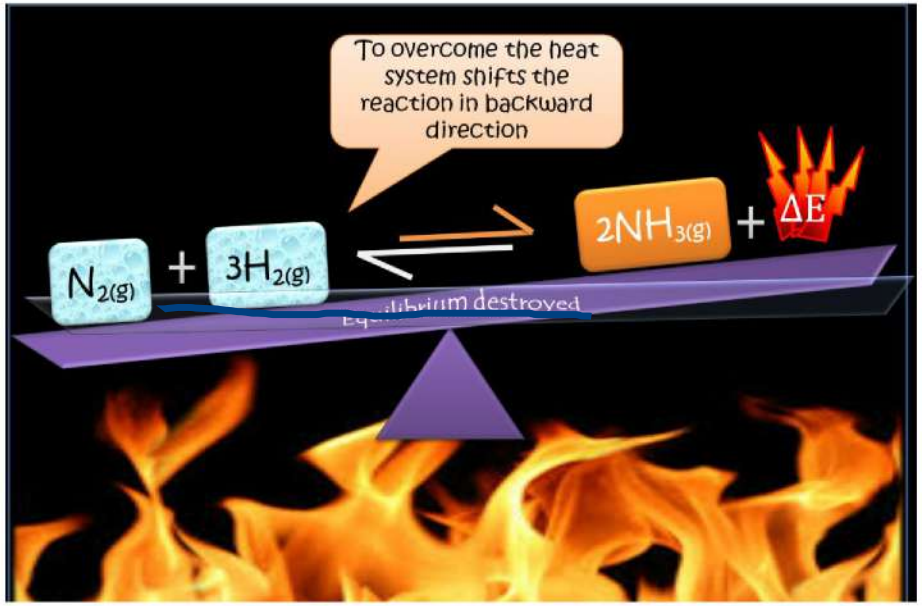

Kp, Kc
x+
P, C
উৎপাদন →
সাম্যবস্থার সরণ →
সাম্যধ্রুবকের মান →
বৃদ্ধি/হ্রাস
ডান/বাম
বৃদ্ধি/হ্রাস
A+B → 3C
2mol
3mol
Δn = 3-2
= +1
P ↑

সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব

- তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায়, তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে সাম্যাবস্থার অবস্থান বাম দিকে স্থানান্তরিত হয়।
- তাপহারী বিক্রিয়ায়, তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে সাম্যাবস্থার অবস্থান ডান দিকে স্থানান্তরিত হয়।

তাপোৎপাদী

তাপহারী



$\Delta H = -92.2\ kJmol^{-1}$

(i) $N_2O_4(g)$ + তাপ $\rightleftharpoons$ $2NO_2(g)$ $\quad \Delta H = +ve\ (+55.3\ kJ)$

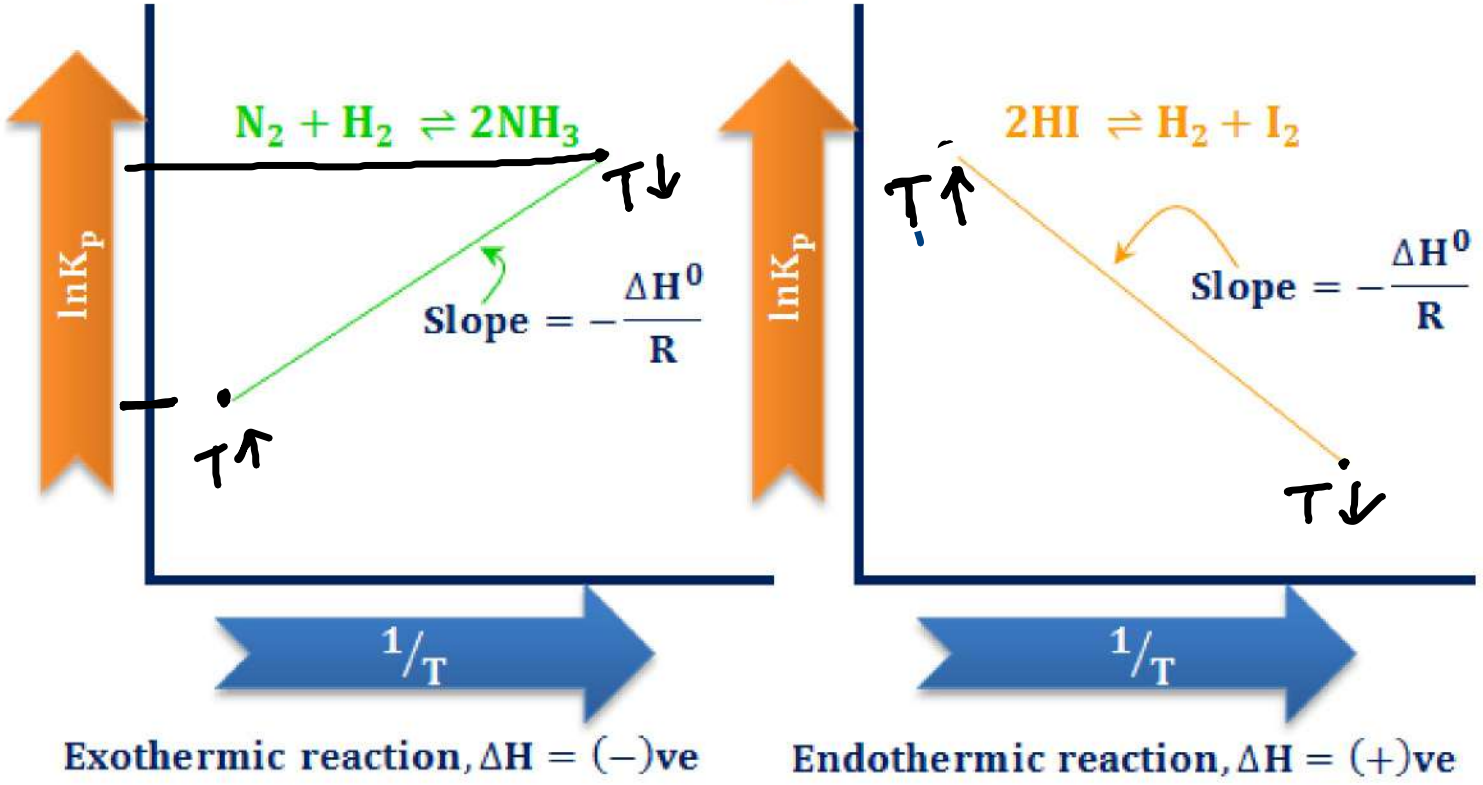
(ii) $PCl_5(g)$ + তাপ $\rightleftharpoons$ $PCl_3(g) + Cl_2(g)$ $\quad \Delta H = +ve\ (+90\ kJ)$

সাম্যাঙ্কের উপর তাপমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব

Van't Hoff equation

$$\ln K_p = \frac{\Delta H^0}{RT} + C$$

where C = integration constant



Exothermic reaction, ΔH = (−)ve

Endothermic reaction, ΔH = (+)ve

সাম্যাবস্থায় চাপ (আয়তন) পরিবর্তনের প্রভাবঃ

মোলসংখ্যা	ফলাফল
(i) উৎপাদ > বিক্রিয়ক	• উৎপাদ [বিক্রিয়া পেছনে যাবে]।
(ii) উৎপাদ < বিক্রিয়ক	• উৎপাদ [বিক্রিয়া সামনে যাবে]।
(iii) উৎপাদ= বিক্রিয়ক	• সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হবে না।

$\Delta n = +ve$

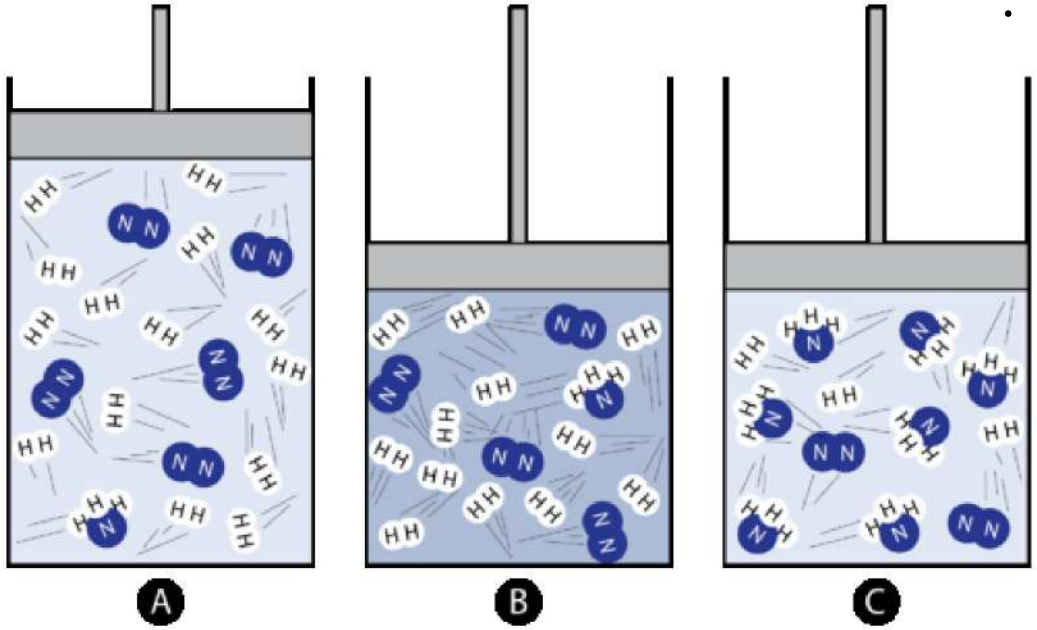
$\Delta n = -ve$

$\Delta n = 0$

চাপ বৃদ্ধি

চাপ হ্রাস

চাপ ↑ প্রভাব নেই



(ক) $PCl_5\,(g) \rightleftharpoons PCl_3\,(g) + Cl_2\,(g)$; → চাপ ↑ উৎপাদন ↓

(খ) $CaO\,(s) + CO_2\,(g) \rightleftharpoons CaCO_3\,(s)$ → চাপ ↑ " ↑

(গ) $3Fe\,(s) + 4H_2O\,(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4\,(s) + 4H_2\,(g)$ প্রভাব নেই

7 ✗ 5

Poll Question-01

নিচের কোন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে চাপের কোন প্রভাব নেই?

(a) $N_2\ (g) + 3H_2\ (g) \leftrightarrow 2\ NH_3\ (g)$

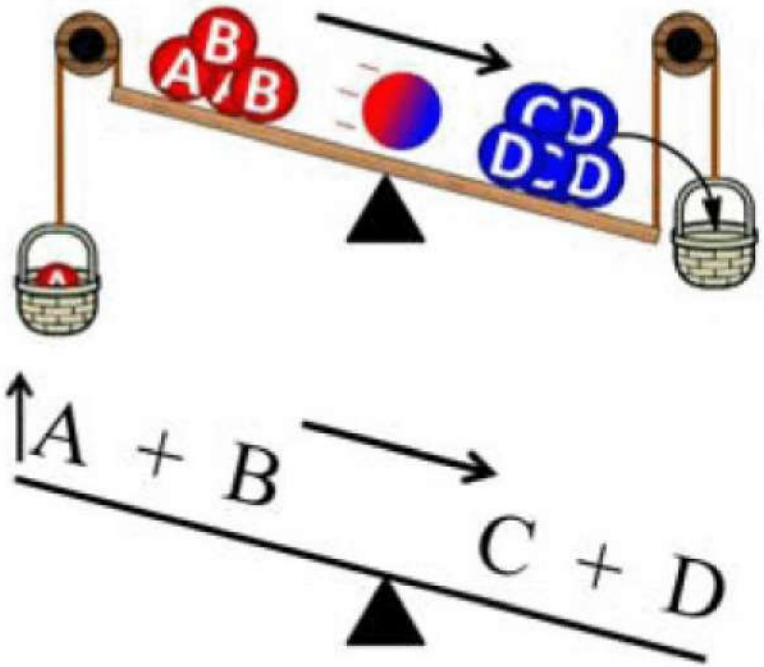
(b) $H_2\ (g) + I_2\ (g) \leftrightarrow 2HI\ (g)$ $\Delta n = 0$

(c) $N_2O_4\ (g) \leftrightarrow 2NO_2\ (g)$

(d) $PCl_5\ (g) \leftrightarrow PCl_3\ (g) + Cl_2\ (g)$

সাম্যাবস্থায় ঘনমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাবঃ

ঘটনা	ফলাফল
(i) ঘনমাত্রার বৃদ্ধি ঘটলে	• সিস্টেম বিক্রিয়া দ্বারা যুক্ত উপাদান কিছু হ্রাস করবে।
(ii) ঘনমাত্রার হ্রাস ঘটলে	• সিস্টেম বিক্রিয়া দ্বারা হ্রাসকৃত উপাদান কিছু বৃদ্ধি করবে।



Reactant ↑ → forward

product ↑ → backward

- molarity
- atm

(গ) $C(s) + O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g)$ বিক্রিয়াটি একটি বদ্ধপাত্রে সাম্যাবস্থায় আছে। যদি বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায় বাইরে থেকে C(s) যোগ করা হয়, তাহলে সাম্যাবস্থার উপর কী প্রভাব পড়বে?

↑ বিশুদ্ধ কঠিন পদার্থ

অপরিবর্তিত

এক নজরে সাম্যাবস্থার উপর নিয়ামকের প্রভাব

কী ঘটে, যখন	সাম্যের সরণ যেদিকে ঘটে
১। এক বা একাধিক বিক্রিয়ক পদার্থের ঘনমাত্রা বাড়ানো হলে	• সম্মুখ বিক্রিয়া।
২। এক বা একাধিক বিক্রিয়াজাত পদার্থের ঘনমাত্রা বাড়ালে	• পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়া।
৩। তাপমাত্রা হ্রাস করলে	• তাপহারী বিক্রিয়ার দিকে।
৪। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে	• তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার দিকে।
৫। চাপ বাড়ালে	• কম সংখ্যক গ্যাসীয় অণুর দিকে।
৬। চাপ কমালে	• বেশি সংখ্যক গ্যাসীয় অণুর দিকে।

Poll Question-02

স্থির তাপমাত্রায়, বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যাবস্থা কোন দিকে সরে যায়? (MAT:14-15)

(a) বামে

(b) অপরিবর্তিত

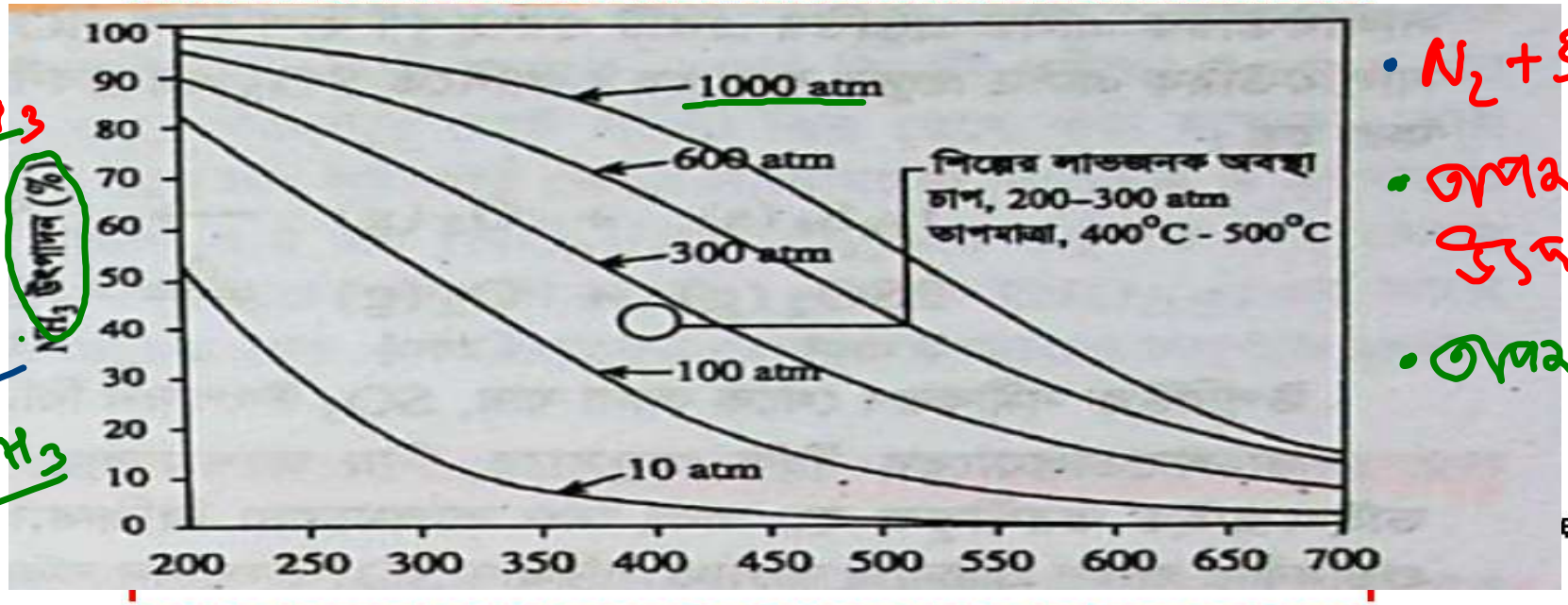
(c) ডানে

(d) স্থির অবস্থায় থাকে

বাণিজ্যিক ভিত্তিতে হেবার-বস পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপাদন

প্রভাবক	• Fe গুঁড়া।
প্রভাবক সহায়ক বা প্রমোটার	• MgO, SiO_2 ও Al_2O_3 মিশ্রণ বা মলিবডেনাম অক্সাইড।
অত্যানুকূল তাপমাত্রা	• (400-500°C)
অত্যানুকূল চাপ	• (200-300 atm)

$\Delta n = 2-4 = -2$



1000 atm
↳ 98·3% NH_3

200 - 300 atm
↳ 35-40% NH_3

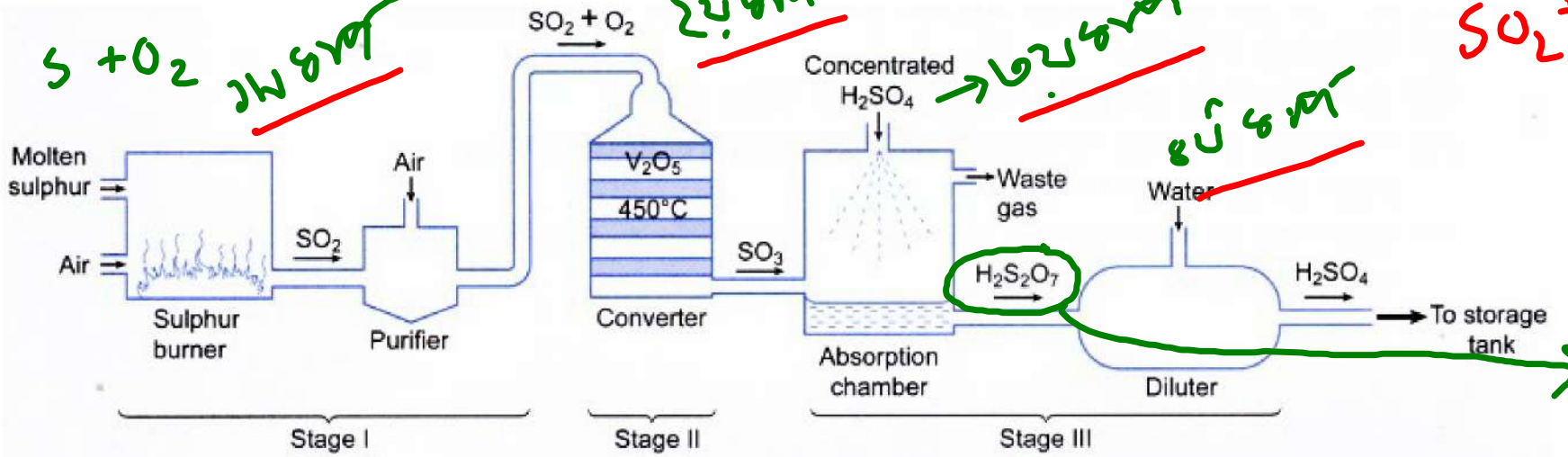
1 atm
↳ 7% NH_3

- $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$
- তাপমাত্রা ↓ উৎপাদন বৃদ্ধি
- তাপমাত্রা ↓ গতিবেগ ↓

স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক এসিড শিল্পোৎপাদনের ক্ষেত্রে SO_2-এর জারণ বা SO_3 উৎপাদন

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 \quad \Delta H^{\theta} = -99\ kJ$$

প্রভাবক	• ভ্যানাডিয়াম পেন্টোক্সাইড চূর্ণ অথবা Pt.
অত্যানুকূল তাপমাত্রা	• 400-500°C
অত্যানুকূল চাপ	• 1.7 atm



The manufacture of sulphuric acid through the Contact process

ভরক্রিয়ার সূত্র

আবিষ্কারকঃ গুল্ডবার্গ ও পি. ভাগে

সূত্রঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়, নির্দিষ্ট সময়ে যে কোনো বিক্রিয়ার হার ঐ সময়ে উপস্থিত বিক্রিয়কগুলোর সক্রিয় ভরের (অর্থাৎ মোলার ঘনমাত্রা বা আংশিক চাপের) সমানুপাতিক হয়।

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

$$v_f = k_1[A][B]$$

$$v_b = k_2[C][D]$$

$$v_f = v_b$$

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

বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক

সাম্যধ্রুবক দু'প্রকার; যেমন: মোলার সাম্যধ্রুবক K_c ও আংশিক চাপে সাম্যধ্রুবক K_p

K_C ও K_P - এর মধ্যে সম্পর্ক: $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

$PV = nRT$

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

In the reaction:

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

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

$$K_p = \frac{(P_C)^c\,(P_D)^d}{(P_A)^a\,(P_B)^b}$$

[A] = concentration of A in $moldm^{-3}$

a = number of moles of A

K_p, K_c এর একক নিয়ে ঝামেলা

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

$\Delta n = -2$

$\frac{2M}{1M}$

$\frac{2\ atm}{1\ atm}$

K_p, K_c, K_a, K_b, K_w

TSS = Thermodynamic Standard State

✓ Hazari Sir

এককহীন

✓ Kabir Sir

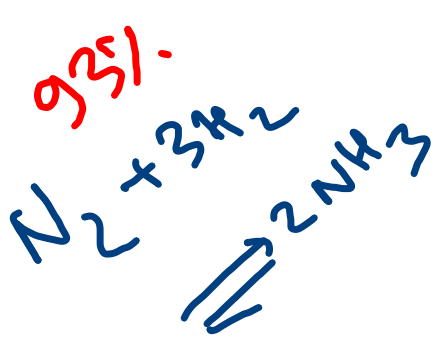
- $K_p = (atm)^{\Delta n}$
  $= atm^{-2}$
- $K_c = (mol\ L^{-1})^{\Delta n}$
  $= (mol\ L^{-1})^{-2}$
  $= mol^{-2}\ L^2$

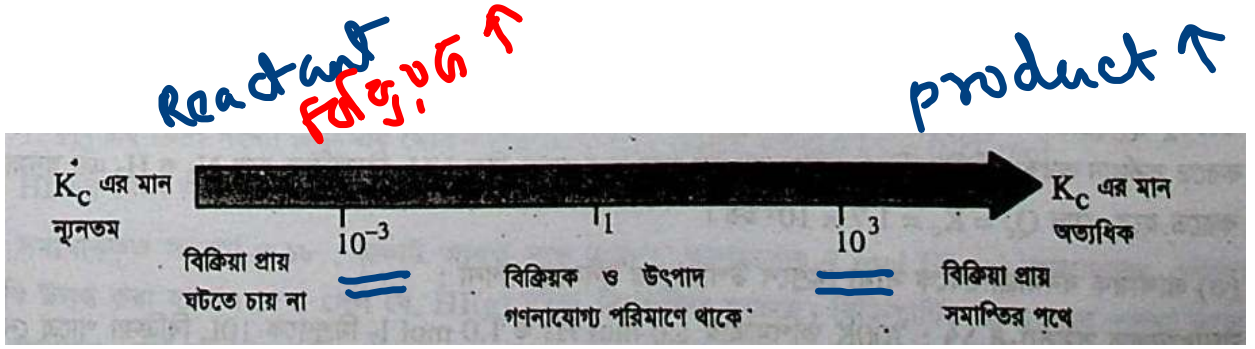
সাম্যধ্রুবক এর তাৎপর্য

- **ব্যাপ্তি বিচারঃ**

সাম্যধ্রুবক := উৎপাদের ঘন মাত্রা / বিক্রিয়কের ঘন মাত্রা

a	$K_C = 10^{-3} - 10^{3}$	সাম্যমিশ্রণে বিক্রিয়ক ও উৎপাদ গণনাযোগ্য পরিমাণে থাকে
b	$K_C > 10^{3}$	সাম্যমিশ্রণে বিক্রিয়কের চেয়ে উৎপাদ বেশি হয়
ⓒ	$K_C < 10^{-3}$	সাম্যমিশ্রণে উৎপাদনের চেয়ে বিক্রিয়ক বেশি থাকে





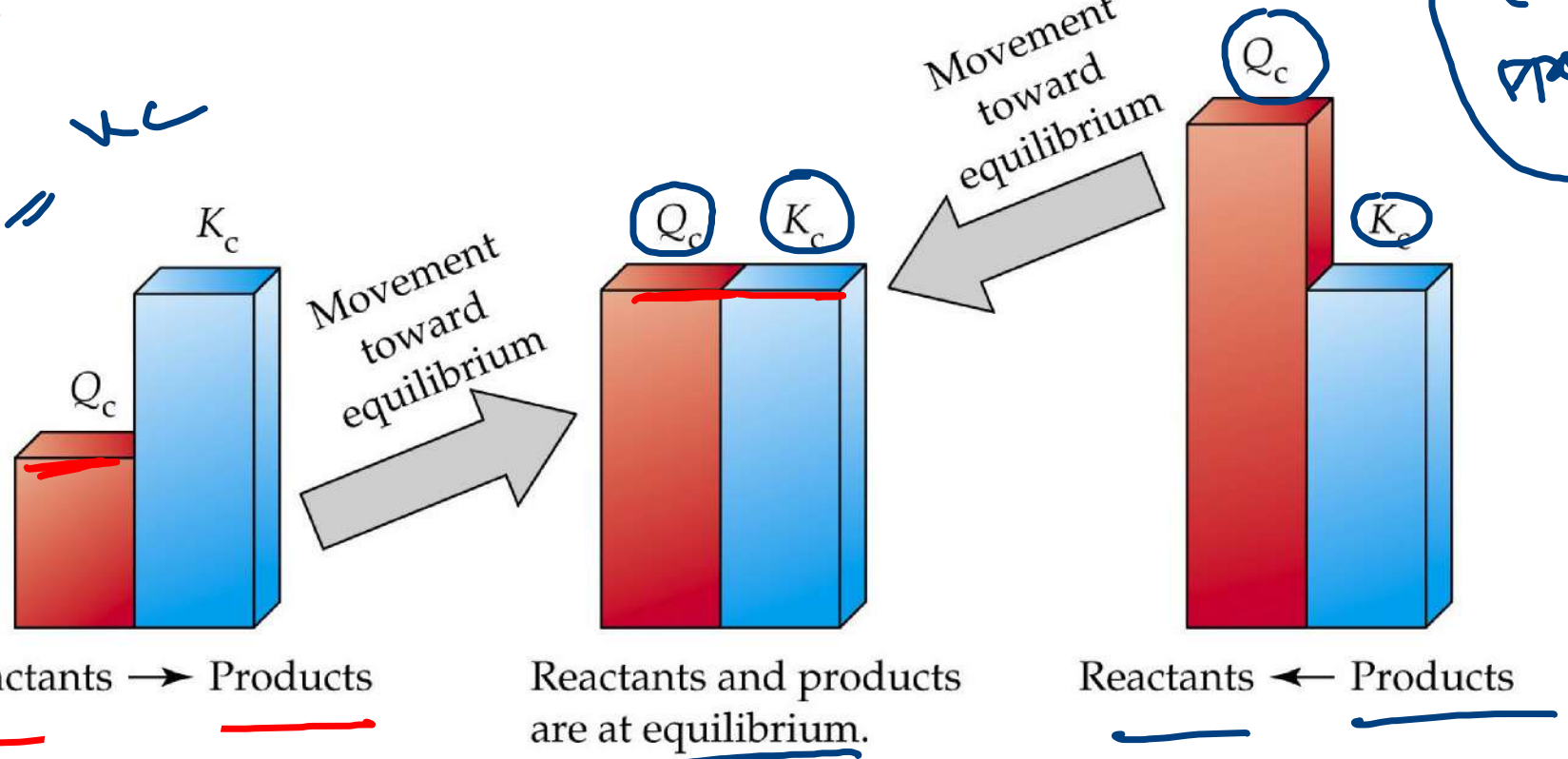
সাম্যধ্রুবক দ্বারা বিক্রিয়ার দিক নির্ণয়

$Q_c = \frac{[\text{উৎপাদক}]}{[\text{বিক্রিয়ক}]}$

$Q_c = K_c$

$Q_c > K_c$ পশ্চাৎ

$Q_c < K_c$ সম্মুখ ↑



Poll Question-03

$N_2\ (g) + 3H_2\ (g) \leftrightarrow 2\ NH_3\ (g)$ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে k_p ও k_c এর সম্পর্ক কী?

(a) $K_p = k_c$

(b) $K_p = k_c(RT)$

(c) $K_p = k_c(RT)^{-2}$

(d) $k_C = k_P(RT)^{-2}$

$\Delta n = -2$

সাম্যধ্রুবক গণনা

বিক্রিয়া	K_c	k_p
$H_2\,(g) + I_2\,(g) \leftrightarrow 2HI\,(g)$	$\frac{4\alpha^2}{(a-\alpha)(b-\alpha)}$	$\frac{4\alpha^2}{(a-\alpha)(b-\alpha)}$
$N_2O_4\,(g) \leftrightarrow 2NO_2\,(g)$	$= \frac{4\alpha^2}{(a-\alpha)V}$	$= \frac{4\alpha^2 P}{a^2-\alpha^2}$
$PCl_5\,(g) \leftrightarrow PCl_3\,(g) + Cl_2\,(g)$	$\frac{\alpha^2}{(1-\alpha)V}$	$\frac{\alpha^2 \times P}{(1-\alpha^2)}$
$N_2\,(g) + 3H_2 \leftrightarrow 2\,NH_3\,(g)$	$\frac{4a^2V^2}{27(a-\alpha)(b-\alpha)^3}$	$\frac{4\alpha^2(a+3b-2\alpha)^2}{27(a-\alpha)(b-\alpha)P^2}$

গাণিতিক সমস্যা

4.05 mol H_2 এবং 4.65 mol I_2 1 L ফ্লাস্কে রেখে তাপ দিলে 6.75 mol HI উৎপন্ন হলে ঐ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K_C ও K_P নির্ণয় কর। (হাজারী স্যার -৪.২০)

$2\alpha = 6.75$
$a = 4.05$
$b = 4.65$
$\alpha = 6.75/2 = 3.375$

$$\frac{4\alpha^2}{(a-\alpha)(b-\alpha)}$$

$H_2 + I_2 \rightleftharpoons HI$
$a \quad b \quad 0$
$(a-x)\ (b-x) = 2x$

সমাধান : $H_2(g) + I_2(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2HI(g)$

প্রাথমিক অবস্থায় : a mol b mol 0 mol

সাম্যাবস্থায় : $(a - \alpha)$ mol $(b - \alpha)$ mol 2α mol

এখানে, a = 4.05 mol

b = 4.65 mol

$\alpha = \frac{6.75}{2} = 3.375$ mol

V = 1L

∴ বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় :

$[H_2] = (a - \alpha) = (4.05 - 3.375) = 0.675$ (M)

$[I_2] = (a - \alpha) = (4.65 - 3.375) = 1.275$ (M)

$[HI] = 2\alpha = 2 \times 3.375 = 6.75$ (M)

K_c এর সমীকরণের জন্য প্রত্যেক উপাদানের মোলার ঘনমাত্রাকে 1M দিয়ে ভাগ করে পাই-

$$\therefore K_c = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]} = \frac{(6.75)^2}{(1.275)(0.675)} = \frac{45.5625}{0.860625} = 52.94$$

আবার, যেহেতু এ বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যা সমান, সেহেতু $K_p = K_c = 52.94$

গাণিতিক সমস্যা

$25°C$ তাপমাত্রায় $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ বিক্রিয়ায় $K_p = 3 \times 10^{24}$ হলে k_c এর মান কত? (হাজারী স্যার- ৪.২৫)

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

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

$$\therefore 3 \times 10^{24} = k_c(0.082 \times 300)^{-1}$$

$$\therefore k_c = 3 \times 10^{24} \times \frac{8 \times 3}{100}$$

$$= 7.2 \times 10^{24}$$

সমাধান : প্রদত্ত বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, $\Delta n = [2 - (2 + 1)] = -1$

প্রশ্নানুসারে, $K_p = 3 \times 10^{24}$ এবং $T = (273 + 25) = 298K$, $R = \frac{0.082\ L\ atm\ mol^{-1}K^{-1}}{L\ atm\ mol^{-1}}$ (এক্ষেত্রে)

$K_p = K_c\,(RT)^{\Delta n}$ সমীকরণে এ মানগুলো বসিয়ে পাই,

$3 \times 10^{24} = K_c\,(0.082\ K^{-1} \times 298\ K)^{-1}$

$\therefore K_c = (3 \times 10^{24}) \times (0.082 \times 298)$

$= 7.33 \times 10^{25}$

7.2

7.3

গাণিতিক সমস্যা

25°C তাপমাত্রায় 3 atm চাপে PCl_5 80% বিযোজিত হয়ে PCl_3 এবং Cl_2 উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ার K_p নির্ণয় কর। (হাজারী স্যার-৪.২৩)

0.8

- $K_p = \frac{\alpha^2 \times P}{(1-\alpha^2)}$

$= \frac{0.8^2 \times 3}{1-0.8^2} = \frac{0.64 \times 3}{0.36} = \frac{64}{12}$

$= 5.33$

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া :	$PCl_5(g)$	$\rightleftharpoons PCl_3(g)$ +	$Cl_2(g)$
প্রাথমিক অবস্থায় :	1	0	0
সাম্যাবস্থায় :	$(1-0.8)$	0.8	0.8
	$= 0.20$		

বিযোজন পরিমাণ, $\alpha = 80\% = 0.8\ mol^{-1}$

চাপ, $P = 3.0$ atm, সাম্যাঙ্ক, $K_p = ?$

PCl_3 এর আংশিক চপ, $P_{PCl_3} = ?$

∴ সাম্যাবস্থায় মোট মোল সংখ্যা $= (0.20 + 0.8 + 0.8) = 1.8$

∴ PCl_5 এর আংশিক চাপ, $P_{PCl_5} = \frac{0.20}{1.8} \times 3 \text{ atm} = \frac{0.33 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 0.33$

PCl_3 এর আংশিক চাপ, $P_{Cl_3} = \frac{0.8}{1.8} \times 3 \text{ atm} = 1.332 \text{ atm} = \frac{1.332 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 1.332$

Cl_2 এর আংশিক চাপ, $P_{Cl_2} = \frac{0.8}{1.8} \times 3 \text{ atm} = 1.332 \text{ atm} = \frac{1.332 \text{atm}}{1 \text{atm}} = 1.332$

∴ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক, $K_p = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} = \frac{1.332 \times 1.332}{0.33} = 5.33$

∴ K_p এর মান 5.33; PCl_3 এর আংশিক চাপ = 1.332 atm; Cl_2 এর আংশিক চাপ = 1.332 atm

বিগত বছরের প্রশ্ন

সাম্যধ্রুবকের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয় কোনটি? [MAT: 13-14]

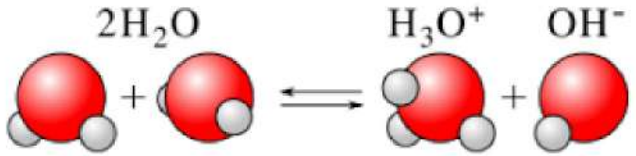
(a) শুধুমাত্র উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য

(b) তাপমাত্রার পরিবর্তনে পরিবর্তন হয়

(c) চাপের পরিবর্তনের পরিবর্তন হয়

(d) বিক্রিয়ার গতি সম্পর্কে ধারণা দেয়

পানির অটো আয়নিকরণ



আবিষ্কারঃ কোলরাস্ ও হেডউইলার

- পানির অটো আয়নিকরণ বা স্ব-আয়নিকরণ প্রক্রিয়াটি হলো একটি তাপহারী প্রক্রিয়া।
- $[H_3O^+] = [OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} M$ (at 25°C)
- 25°C তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফল, $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (একক বিহীন)
- বিশুদ্ধ পানির মোলার ঘনমাত্রা – 55.5 M (প্রায়)

5555 লক্ষ পানি অণুর মধ্যে 1টি পানি অণু বিয়োজিত হয়ে সাম্য অবস্থায় থাকে।

পানির অটো-আয়নিকরণ ও এসিড-বেস কেমিস্ট্রি সম্পর্ক

অম্লীয় দ্রবণে	$[H_3O^+] > \sqrt{kw} > [OH^-]$
নিরপেক্ষ দ্রবণে	$[H_3O^+] = \sqrt{kw} = [OH^-]$
ক্ষারীয় দ্রবণে	$[H_3O^+] < \sqrt{kw} < [OH^-]$

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

$$K_d = \frac{[H_3O^+] \times [OH^-]}{[H_2O]^2} = \frac{K_w}{[H_2O]^2}\ ;\ \therefore K_w = K_d \times [H_2O]^2$$

Poll Question-04

25°C তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফলের মান কত? [MAT: 14-15]

(a) 4×10^{-14}

(b) 4×10^{7}

(c) 1×10^{-14}

(d) 1.8×10^{-7}

বিগত বছরের প্রশ্ন

বিশুদ্ধ পানিতে $[H^+]$ এর মান কত? [DAT: 16-17]

(a) 10^6 mol/L

(b) 10^{-4} mol/L

(c) 10^7 mol/L

(d) 10^{-7} mol/L

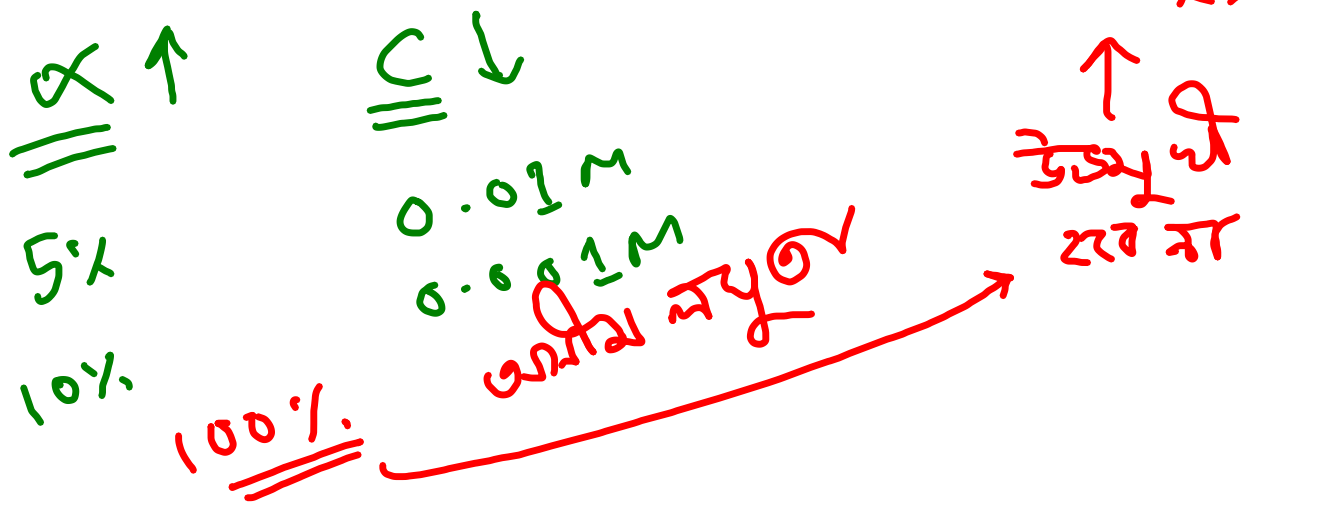
$10^{-7} = 10^{-7}$

অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র

প্রযোজ্যতা:

- মৃদু অম্ল, মৃদু ক্ষারক ও মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের বেলায় প্রযোজ্য হয়।
- অসীম লঘুতায় মৃদু অম্ল ও মৃদু ক্ষারক এর ক্ষেত্রে লঘুকরণ সূত্র প্রযোজ্য হয় না।

সূত্রঃ $\alpha = \sqrt{K_a / C}$



এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক (k_a)

- সাম্যাঙ্ক(k_a)কে অম্লের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়। এর কোনো একক নেই **[হাজারী স্যার]** বা একক $molL^{-1}$ বা mol/dm^3 **[কবীর স্যার]**
- সবল এসিডের সাম্যাবস্থায় $[H_3O^+]$ এর পরিমাণ সবচেয়ে বেশি হয় এবং k_a এর মানও বেশি হয়।
- k_a-এর মান যত বেশি হয় অম্লটি তত শক্তিশালী হয়। **HCl, HNO_3, H_2SO_4** প্রভৃতিকে তীব্র এসিড বলে।
- CH_3COOH (অ্যাসিটিক এসিড) ও অন্যান্য জৈব এসিডকে দুর্বল এসিড বলা হয়।

$[H_3O^+] \rightarrow K_a \uparrow\uparrow \Rightarrow pK_a \downarrow\downarrow \Rightarrow$ শক্তিমাত্রা $\uparrow\uparrow$

Poll Question-05

কোন এসিডটি সর্বাধিক তীব্র?

(a) HCl

(b) H_2SO_4

(c) HNO_3

(d) H_2SO_3

অম্লের বিয়োজন ধ্রুবকের মান

অম্ল	K_a (mol/l)
HCl	2.5×10^{7}
H_3PO_3	3×10^{-2}
H_2SO_3	1.4×10^{-2}
H_3PO_4	7.2×10^{-3}
HNO_2	4.5×10^{-4}
HF	6.8×10^{-4}
• HCOOH	1.8×10^{-4}
• CH_3COOH	1.8×10^{-5}
$CHCl_2COOH$	5.5×10^{-2}

H_2SO_4 10^3

pKa

3.74

4.74

ক্ষারকের বা ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক (k_b)

- সাম্যাঙ্ক (K_b) কে ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়। এর কোনো একক নেই **[হাজারী স্যার]** বা একক $molL^{-1}$ বা mol/dm^3 **[কবীর স্যার]**
- K_b–এর মান যত বেশি হয় ঐ ক্ষারক তত শক্তিশালী হয়। NaOH, KOH প্রভৃতিকে তীব্র ক্ষারক বলে।

K_b ↑↑ → pK$_b$ ↓↓ → base শক্তিশালী

- NH_4OH-এর বিয়োজন মাত্রা কম বিধায় একে দুর্বল ক্ষারক বলা হয়।

এসিডের শক্তিমাত্রার নির্ভরশীলতা

এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক	এসিডের K_a এর মান যত বেশি হয় এসিডটি তত বেশি শক্তিশালী হয়।
ঋণাত্মক আয়নের আকার	হাইড্রাসিডের ঋণাত্মক আয়নের আকার যত বড় হয়, অণুর বিয়োজন তত বেশি হয় অর্থাৎ এসিডের তীব্রতা তত বেশি হয়। এসিডের তীব্রতার ক্রম হলো HI> HBr> HCl> HF
কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা	অক্সো এসিডসমূহের অর্থাৎ অক্সিজেন পরমাণুযুক্ত এসিডসমূহের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ সংখ্যা যত বেশি ঐ এসিডের তীব্রতা তত বেশি হয়। যেমন, +7 +6 +5 +4 +3 +1 $HClO_4 > H_2SO_4 > HNO_3 > H_2SO_3 > HNO_2 > HClO$

এসিডের শক্তিমাত্রার নির্ভরশীলতা

কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকার	অক্সো এসিডসমূহের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ সংখ্যা সমান হলে তখন যেটির কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকার ছোট হবে এবং চার্জ ঘনত্বের ক্রম বৃদ্ধি অনুসারে সে এসিডের তীব্রতা বেশি হয়। $HNO_3 > H_3PO_4$
দ্রাবকের প্রকৃতি	• দ্রাবকের প্রোটন গ্রহণ করার ক্ষমতা বা ক্ষারকত্ব বেশি হলে এতে দ্রবীভূত এসিডের আয়নিকরণ বৃদ্ধি পায়। যেমন পানিতে অ্যাসিটিক এসিড একটি দুর্বল এসিড। কিন্তু অ্যামোনিয়া দ্রবণে এটি একটি তীব্র এসিড। • দ্রাবকের ক্ষারকত্ব বেশি হলে এতে দ্রবীভূত ক্ষারকের বিয়োজন হ্রাস পায়। ফলে ক্ষারকের তীব্রতাও হ্রাস পায়। আবার দ্রাবকের ক্ষারকত্ব কম হলে এতে দ্রবীভূত ক্ষারকের তীব্রতা বৃদ্ধি পায়।

ক্ষারকের শক্তিমাত্রার নির্ভরশীলতা

- ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডের পানিতে দ্রবণীয়তা → ফাজানস রুল
  Fajan's rule
- ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক (K_b)
- যৌগের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন প্রদানের ক্ষমতা

$NH_3 > PH_3$

বিগত বছরের প্রশ্ন

নিচের কোনটি অধিক শক্তিশালী ক্ষার? [MAT: 17-18]

(a) KOH

(b) NaOH

(c) NH_4OH

(d) $Ca(OH)_2$

অম্লের ক্ষারকত্ব ও ক্ষারকের অম্লত্ব

অম্ল	ক্ষারকত্ব
HCl	1
CO_2	2
P_2O_5	6
H_2SO_4	2
H_3PO_4	3
H_3PO_3	2

ক্ষারক	অম্লত্ব
NaOH	1
CaO	2
$Al(OH)_3$	3
Al_2O_3	6

Poll Question-06

কোন এসিডটি সর্বাধিক তীব্র?

(a) $HClO_4$ +7

(b) H_2SO_4 +6

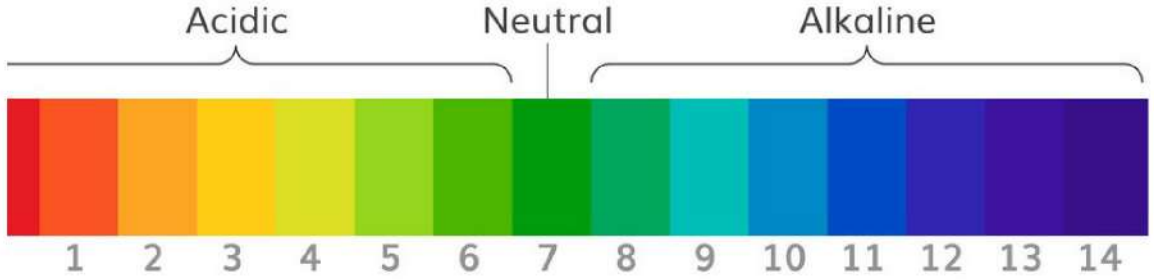
(c) HNO_3 +5

(d) H_2SO_3 +4

দ্রবণের pH

আবিষ্কারঃ বিজ্ঞানী সোরেনসেন

- কোনো দ্রবণে H^+ আয়নের মোলার ঘনমাত্রা দশভাগ হ্রাস পেলে এক একক বৃদ্ধি পায়।
- বিশুদ্ধ পানিতে pH এর মান 7.
- তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানিতে বা জলীয় দ্রবণে, pH + pOH = pkw =14
- কোনো দ্রবণের এর মান 0 থেকে কম এবং 14 থেকে বেশি হতে পারে।
- অধিক অম্ল জাতীয় খাদ্য গ্রহণ বা ওষুধ গ্রহণের কারণে রক্তের মান স্বাভাবিক মান থেকে 0.5 এর বেশি পরিবর্তিত হলে জীবন সংকটাপন্ন হয়।



Poll Question-07

একটি দ্রবণের P^H হলো 6। এ দ্রবণে আরো HCl দ্রবণ যোগ করে দ্রবণের P^H 3 করা হলো। শেষ দ্রবণে H^+ আয়নের মোলার ঘনমাত্রা বৃদ্ধি ঘটেছে- [MAT: 14-15]

(a) 10^3 times

(b) 10^{-3} times

(c) 10^{-2} times

(d) 10^2 times

কত ?

6 — 3 = 3

10^3

pH = 3

$-\log(10^{-3})$

$\therefore 10^{-3}$

দ্রবণের pH নির্ণয়

- 0.0001 M HCl

10^{-4} ✓✓

$\therefore pH = 4$

- 0.0003 M HCl

$-\log(3 \times 10^{-4})$ ✓✓

$= 4 - \log 3$

$= 4 - 0.5 = 3.5$

$P^H = -\log[H^+]$

log1 =0

log2=0.3

log3=0.5

log4=0.6

log5=0.7

log6=0.8

log7=0.85

log8=0.9

log9=0.95

log10=1

$-\log(x \times 10^{-y})$

$= y - \log x$

দ্রবণের pH নির্ণয়

- 0.0005 M H_2SO_4

$-\log(5 \times 10^{-4} \times 2)$

$= -\log(10^{-3})$

$= 3$

- 0.002 M H_2SO_4

$-\log(2 \times 10^{-3} \times 2)$

$= -\log(4 \times 10^{-3})$

$= 3 - \log 4$

$= 3 - 0.6$

$= 2.4$

দ্রবনের pH নির্ণয়

- 0.0001 M NaOH

1×10^{-4}

$\therefore pOH = 4$

$\therefore pH = 10 \quad (14-4)$

- 2.5% NaOH দ্রবনের P^H নির্ণয় কর (হাজারী স্যার ৪.৪৭)

$\% = \frac{SM}{10}$

$\therefore \frac{2.5 \times 10}{40} = 5$

$\therefore S = \frac{5}{8}$

$\therefore -\log\left(\frac{5}{8}\right) = \log 8 - \log 5$

$= 0.9 - 0.7$

$= 0.2$

$\therefore pH = 14 - 0.2 = 13.8$

গাণিতিক সমস্যা

0.01 M CH_3COOH দ্রবণের pH হিসাব কর। শতকরা বিয়োজন 12.5%. (হাজারী স্যার - ৪.৪২)

$\alpha = 12.5\%$

$= 125 \times 10^{-3}$

$= 5^3 \times 10^{-3}$

$pH = -\log(\alpha \cdot c)$

$= -\log(5^3 \times 10^{-3} \times 10^{-2})$

$= -\log(5^3 \times 10^{-5})$

$= 5 - 3\log 5$

$= 5 - 3 \times 0.7$

$= 5 - 2.1$

$= 2.9$

For Weak Acid/Base

✓ $pH = -\log(\alpha c)$

✓ $= -\frac{1}{2}\log(K_a \cdot c)$

✓ $[H^+] = \alpha \cdot c$ → Oswald

$= \sqrt{\frac{K_a}{c}} \cdot c$

$= \sqrt{K_a \cdot c}$

$= (K_a \cdot c)^{\frac{1}{2}}$

গাণিতিক সমস্যা

0.1 M CH_3COOH দ্রবনের P^H হিসাব কর। যখন $k_a = 1.76 \times 10^{-5}$

$\log 2 = 0.3$
$1.76 = 0.24$
$\log 1 = 0$

$$pH = -\frac{1}{2}\log\left(1.76 \times 10^{-5} \times 10^{-1}\right)$$

$$= -\frac{1}{2}\log\left(1.76 \times 10^{-6}\right)$$

$$= \frac{6}{2} - \frac{1}{2}\log 1.76$$

$$= 3 - \frac{1}{2}\log 1.76$$

$$= 3 - \frac{1}{2} \times 0.24$$

$$= 3 - 0.12$$

$$= 2.88$$

$-\frac{1}{2}\log 10^{-6} - \frac{1}{2}\log 1.2$

pH থেকে H+ এর ঘনমাত্রা নির্ণয়ঃ

- pH = 4

10^{-4}

4.5
5 - 0.5
5 - log 3
- log (3×10^{-5})

- pH = 5.5

= 6 - 0.5
= 6 - log 3
= - log (3×10^{-6})

$[H^+] = 3 \times 10^{-6}$ mol/L

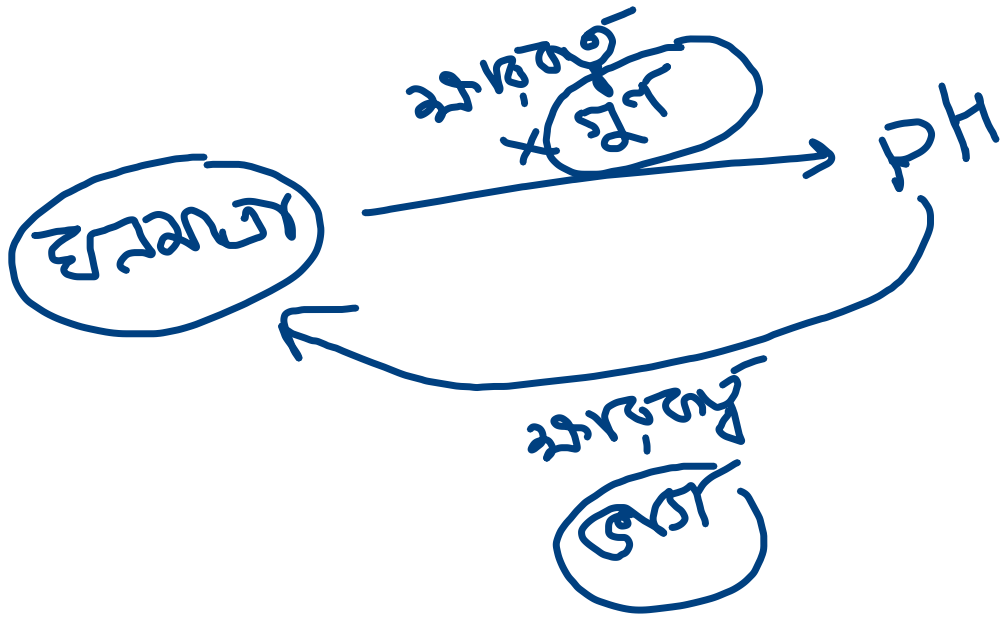
a) 3×10^{-5}
b) 3×10^{-6}
c) 3×10^{-3}
d) 1.5×10^{-6}

pH 5.5 হলে $[H^+]$??

2.7
3 - 0.3
3 - log 2
- log (2×10^{-3})

HCl এর ক্ষেত্রে

- H_2SO_4 এর ক্ষেত্রে


ঘনমাত্রা
pH
ক্ষারত্ব
লুণ
ক্ষারত্ব
ভাসা

Poll Question-08

0.005 (M) H_2SO_4 দ্রবণের pH কত? [MAT: 15-16]

(a) 2

(b) 3

(c) 5

(d) 4

$5 \times 10^{-3} \times 2$

10^{-2}

বাফার দ্রবণ

সংজ্ঞা: যে দ্রবণে সামান্য পরিমাণ সবল এসিড বা ক্ষার দ্রবণ যোগ করার পরও দ্রবণের এর মান বিশেষ পরিবর্তন হয় না, প্রায় স্থির থাকে।

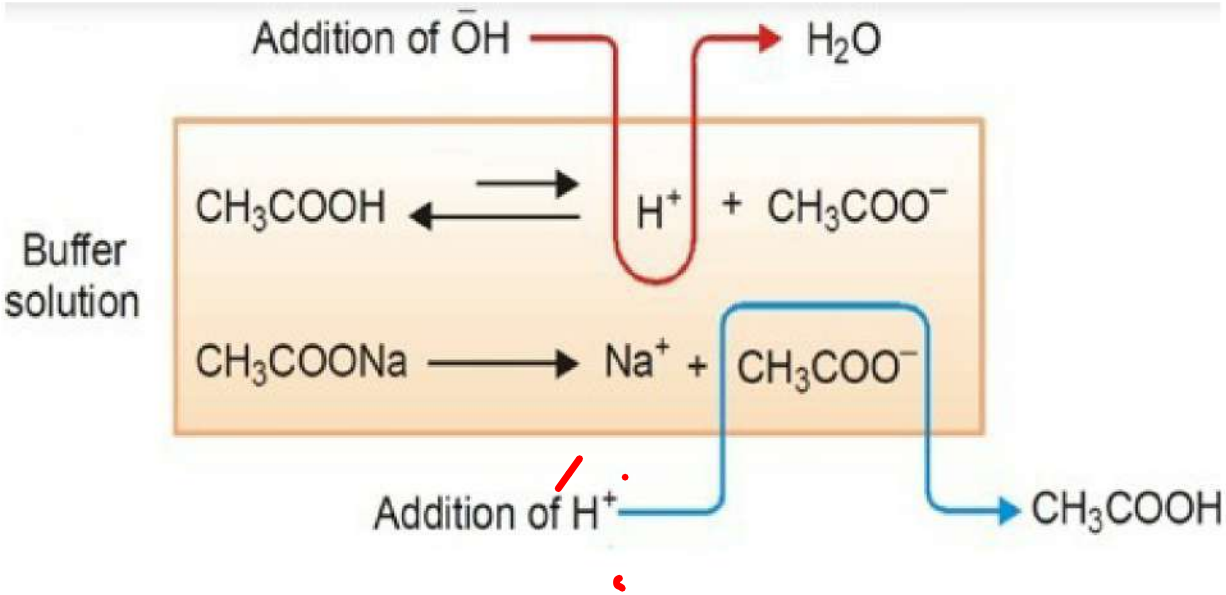
Buffer (resist)

প্রকার: দু'শ্রেণিতে বিভক্ত,

অম্লীয় বাফার দ্রবণ : [দুর্বল এসিড + অনুবন্ধী ক্ষারক]; উদাহরণ : (i) $CH_3CO_2H + CH_3CO_2^-$ আয়ন,
(ii) $H_2PO_4^- + HPO_4^{2-}$ আয়ন,

ক্ষারীয় বাফার দ্রবণ : [দুর্বল ক্ষারক + অনুবন্ধী এসিড]; উদাহরণ : (i) $Na_2CO_3 + HCO_3^-$ আয়ন,
(ii) $NH_4OH + NH_4^+$ আয়ন,

বাফার ক্রিয়া


Addition of $\bar{O}H$
H_2O
Buffer solution
CH_3COOH
H^+ + CH_3COO^-
CH_3COONa
Na^+ + CH_3COO^-
Addition of H^+
CH_3COOH

হেন্ডারসন হ্যাসেলবাখ সমীকরণ

$$pH = pK_a + \log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}$$

বাফার দ্রবণের Max

$pH = pka \rightarrow \log\frac{\text{salt}}{\text{acid}} = 0$

$\frac{\text{salt}}{\text{acid}} = 1$

- অজানা p^H এর বাফার দ্রবণের গণনা করা যায়।
- নির্দিষ্ট p^H এর বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে সংশ্লিষ্ট মৃদু অম্ল ও এর লবণের দ্রবণ কত মোলার অনুপাতে মিশ্রিত করা দরকার তা গণনা করা যায়।

7.4

$(pka \pm 1)$

6.4 ← 7.4 → 8.4

Activate Windo

বাফার ক্ষমতা

5

$$\therefore \text{বাফার ক্ষমতা} = \frac{\text{প্রতি লিটার বাফার দ্রবণে মিশ্রিত এসিড বা ক্ষারের মোল সংখ্যা}}{pH \text{ মানের পরিবর্তন}}$$

2 (volume change) 1L

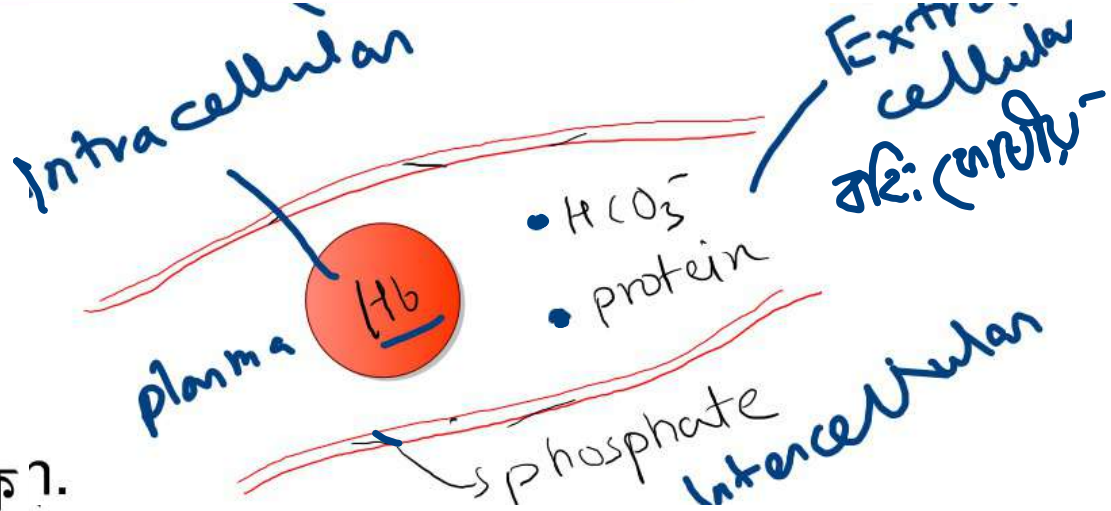
- এক লিটার বাফার দ্রবণের pH 2 একক পরিবর্তন করতে 5 মোল এসিড যোগ করতে হয়, ঐ দ্রবণের বাফার ক্ষমতা কত?

2.5

মানুষের রক্তের বাফার

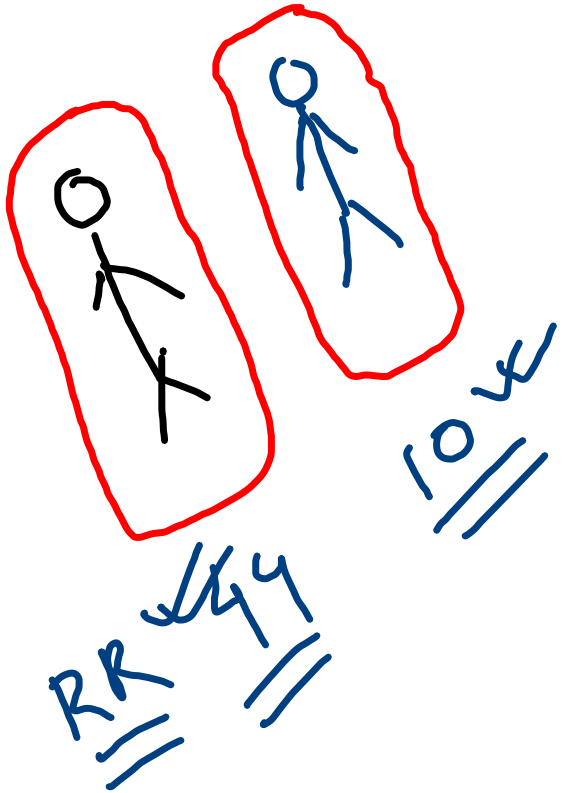
৩ ধরনের বাফার রক্তে কার্যকরী।

- বাইকার্বনেট বাফার
- অন্তঃকোষীয় ফসফেট বাফার
- প্রোটিন বাফার



- স্বাভাবিক অবস্থায় রক্তের P^H 7.4 এর কাছাকাছি থাকে।
- কোন কারণে রক্তের P^H 6.8 (কবীর স্যার)/ 7 (হাজারী স্যার) এর কম হয় তবে এ বিষয়কে অ্যাসিডোসিস বলে।
- রক্তের P^H যদি খুব ক্ষারীয় অর্থাৎ 7.8 (কবীর স্যার)/ 7.45 (হাজারী স্যার) এর বেশি হয় তবে এ অবস্থার নাম অ্যালকালোসিস।

$$pH = pk_a + \log \frac{\text{লবণ}}{\text{অম্ল}}$$



RR ↓↓

10 ↓↓

Bicarbonate Best

$$7.4 = 6.1 + \log \frac{[HCO_3^-]}{PCO_2 \times S}$$

pH ↓ (6.1)

7.0 acidosis

pH ↑ alkalosis

↑ HCO_3 → kidney ✓ (↑↑)

↓ PCO_2 → ↓↓ ✓

↓ HCO_3^- (↓↓)

↑ PCO_2

বিগত বছরের প্রশ্ন

কোন রোগীর রক্তের pH = 6.90 এ অবস্থাকে কী বলে? [MAT: 16-17]

(a) অ্যালকালোসিস

(b) এসিডোসিস

(c) হাইড্রোসিস

(d) অ্যালকালিমিয়া

বিগত বছরের প্রশ্ন

মানবদেহের রক্তে কোন বাফারটি নিয়ন্ত্রণ করে না? (MAT: 14-15)

(a) বাইকার্বনেট বাফার

(b) প্রোটিন বাফার

(c) ফসফেট বাফার

(d) অ্যাসিটেট বাফার

কৃষি উৎপাদনে pH এর গুরুত্বঃ

- অম্লধর্মী মাটিতে চুন (CaO) ও ডলোমাইট ($CaCO_3$. $MgCO_3$) গুঁড়া দেয়ার পর ঐ মাটির pH বৃদ্ধি পায়।
- ক্ষারকীয় মাটির pH কমাবার জন্য বিভিন্ন নাইট্রেট সার যেমন, KNO_3 , NH_4NO_3এবং ফসফেট সার যেমন- টি.এস.পি বা মনো ক্যালসিয়াম ফসফেট, ও সুপার ফসফেট ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

- মাটির অণুজীব বৃদ্ধির সহায়ক pH হলো 6.6-7.3.
- সর্বোচ্চ কৃষি উৎপাদনের অনুকূল হলো 7.0 – 8.0.
- কৃষি জমিতে মাটির pH এর বিস্তার কৃষি কাজের অবস্থাভেদে বিভিন্ন অঞ্চলে 3~9.5 এর মধ্যে রাখা হয়।
- pH এর মান 3 এর চেয়ে কম হলে অর্থাৎ মাটি অধিক অম্লীয় হলে গাছপালা মরে যায়।

টয়লেট্রিজ উৎপাদনে pH এর গুরুত্বঃ

- 1 – 2 মাসের শিশুর কোমল ত্বকের pH অনেক বেশি (5.5-6.5) থাকে।
- ত্বককে ব্যাকটেরিয়ার আক্রমণ থেকে রক্ষা করতে ত্বকের pH 4-5.5 রাখতে হবে।
- গোসল করার সাবানের pH মান 7-8 এর মধ্যে রাখা হয়।
- চুলের শ্যাম্পুতে pH মান 5-7 এর মধ্যে রাখা হয়।
- ফেস-ওয়াশ এর বেলায় 6-8 এর মধ্যে রাখা হয়।
- টুথপেস্টের pH এর মান 8 এ রাখা হয়।

acid

ওষুধ সেবনে pH এর গুরুত্বঃ

মানুষের শরীরের প্রতিটি তন্ত্রের তরলের সুনির্দিষ্ট pH মান রয়েছে। যেমন-

দেহ তরল	হাজারী স্যার	কবীর স্যার
চোখের পানি	6.6-7.6	4.8-7.5
মুখের লালা	6.2-7.4	6.35-6.68
মাতৃদুগ্ধ	6.6-6.9	
প্রস্রাব	4.5-8.0	4.8-7.5
রক্ত	7.4	
পাকস্থলী রস	1.5-3.5	1.4-2.0
ক্ষুদ্রান্ত্রের শুরুতে	7.4-8	7.5-8

অম্লীয় ওষুধ	ক্ষারীয় ওষুধ
অ্যাসপিরিন, প্যারাসিটামল	ক্লোরোকুইন

বিগত বছরের প্রশ্ন

বিশুদ্ধ পানির P^H কত? [MAT: 19-20]

(a) 8

(b) 6

(c) 5

(d) 7

Poll question-09

ক্ষারীয় মাটির P^H কমাতে নিচের কোনটি ব্যবহৃত হয়? [DAT: 18-19]

(a) KNO_3

(b) NaOH

(c) CaO

(d) $Ca(OH)_2$

লেগে থাকো সৎ ভাবে,
স্বপ্ন জয় তোমারই হবে।