অধ্যায় ০৪

রাসায়নিক পরিবর্তন

➢ ইঞ্জিনিয়ারিং ভর্তি পরীক্ষার জন্য এই অধ্যায়ের গুরুত্বপূর্ণ টাইপসমূহ:

গুরুত্ব	টাইপ	ভর্তি পরীক্ষায় যে বছর প্রশ্ন এসেছে	
		MCQ	Written
✪	Q. Type-01	-	BUET'18-19, RUET'17-18
✪✪	Q. Type-02	KUET' 18-19, 15-16, 17-18, 11-12	BUET'17-18, 14-15, 03-04; KUET' 19-20, 03-04, BUTEX' 20-21
✪✪	Q. Type-03	BUET' 12-13, 11-12; RUET' 12-13; IUT' 18-19, 17-18	BUET' 20-21, 14-15
✪✪✪	Q. Type-04	BUET' 13-14, 11-12; CKRUET' 21-22, 20-21; KUET' 18-19, 16-17, 15-16, 14-15, 11-12, 10-11; RUET' 13-14; CUET' 15-16, 13-14, 11-12, 10-11; BUTEX' 16-17, 13-14; IUT' 20-21, 19-20, 18-19, 16-17, 14-15, 11-12, 10-11	BUET'20-21, 19-20, 18-19, 14-15, 08-09, 07-08, 06-07; KUET' 19-20, 04-05; RUET' 19-20, 12-13, 11-12, 10-11, 09-10, 08-09, 07-08, 06-07, 05-06, 03-04; CUET' 13-14, 08-09, 04-05, 03-04; BUTEX' 21-22, 20-21, 19-20, 18-19, 10-11, 07-08
✪✪	Q. Type-05	RUET' 14-15; CUET' 10-11; BUTEX' 16-17, 15-16, 12-13; IUT' 16-17	BUET' 04-05, 03-04, 01-02; BUTEX' 07-08
✪✪	Q. Type-06	BUET' 10-11; CKRUET' 21-22; BUTEX' 15-16, 13-14	KUET' 19-20
✪✪	Q. Type-07	KUET' 07-08; BUTEX' 12-13; IUT' 20-21	BUTEX' 20-21, 18-19
✪✪✪	Q. Type-08	BUET' 13-14, 10-11; CKRUET' 21-22, 20-21; KUET' 18-19, 17-18, 15-16, 14-15, 11-12, 10-11; RUET' 13-14, 12-13, 11-12, 10-11; CUET' 15-16, 10-11; BUTEX' 16-17, 15-16, 14-15, 13-14, 11-12; IUT' 19-20, 18-19, 14-15, 11-12, 10-11, 08-09; SUST' 17-18	BUET' 19-20, 16-17, 13-14, 08-09, 07-08, 06-07, 03-04, 02-03; KUET' 05-06; RUET' 19-20, 18-19, 10-11, 05-06, 03-04; BUTEX' 18-19, 10-11, 08-09, 07-08, 06-07, 01-02
✪✪✪	Q. Type-09	BUET' 11-12; KUET' 14-15, 13-14, 11-12; RUET' 14-15, 12-13; CUET' 15-16, 11-12; IUT' 19-20, 16-17	BUET' 19-20, 17-18, 12-13, 01-02; KUET' 03-04; RUET' 18-19, 15-16, 08-09, 07-08, 06-07, 04-05; CUET' 13-14, 09-10, 08-09, 07-08, 05-06, 03-04; BUTEX' 21-22, 19-20, 11-12, 08-09

Question Type-01: রাসায়নিক বিক্রিয়া ও গ্রিন কেমিস্ট্রি

➲ **Concept:**

➢ এটম ইকোনমি % $A/E = \frac{\text{কাঙ্ক্ষিত উৎপাদের মোট মোল} \times \text{সংকেত ভর বা মোলার ভর} \times 100\%}{\text{সব উৎপাদের মোল সংখ্যাসহ সংকেত ভরের সমষ্টি}}$

➢ E Factor $= \frac{\text{মোট বর্জ্য}}{\text{মোট উৎপাদ}}$

➢ এটম ইকোনমি যত বেশি /E Factor যত কম, রাসায়নিক বিক্রিয়াটি তত পরিবেশ বান্ধব।

Written

01. টাইটানিয়াম দুটি ভিন্ন ভিন্ন পদ্ধতি দ্বারা আকরিক থেকে নিষ্কাশন করা যায়। **[BUET'18-19]**

(i) অধিকতর সক্রিয় ধাতুর ব্যবহার: $TiO_2 + 2Mg \rightarrow Ti + 2MgO$

(ii) আকরিকের তড়িৎ বিশ্লেষণ: $TiO_2 \rightarrow Ti + O_2$

কাঙ্ক্ষিত উৎপাদে বিক্রিয়ক পরমাণুর সর্বাধিক উপস্থিতির ধারণা ব্যবহার করে উপরের কোন পদ্ধতিটি গ্রিনার নির্ণয় কর।

[Ti = 47.88 and Mg = 24.3]

সমাধান: (i) Atom economy $= \frac{47.88}{47.88 + 2 \times (24.3+16)} \times 100\% = 37.2665\%$

(ii) Atom economy $= \frac{47.88}{47.88+32} \times 100\% = 59.93\%$ ∴ (ii) নং পদ্ধতি অধিকতর গ্রিনার।

02. Green Chemistry এর মূল লক্ষ্য কী? এর পাঁচটি নীতিমালা উল্লেখ কর। **[RUET'17-18]**

সমাধান: Green Chemistry এর মূল লক্ষ্য হলো- উৎপন্ন ক্ষতিকর বর্জ্য পদার্থ যথাসম্ভব হ্রাস করে নতুন ও উন্নততর পরিবেশ বান্ধব পদ্ধতি উদ্ভাবন করা।

নীতিমালা:

১. শিল্প বিক্রিয়ায় বর্জ্য উৎপাদ রোধ হয় এমন পদ্ধতি ব্যবহার।

২. নন-টক্সিক বিকারক ও নন-টক্সিক বর্জ্য সংশ্লিষ্ট সংশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যবহার।

৩. বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রাবক ও সহায়ক পদার্থ নিরাপদ ও ন্যূনতম হবে।

৪. সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে ন্যূনতম ধাপ ও উপজাতক থাকবে।

৫. নতুন অধিক কার্যকর প্রভাবক উদ্ভাবনসহ শিল্প প্রক্রিয়ার উন্নয়ন করে উৎপাদ বৃদ্ধি করতে হবে।

Question Type-02: বিক্রিয়ার হার ও হার ধ্রুবক সংক্রান্ত

➲ **Concept:**

বিক্রিয়ার হার $= \frac{\text{বিক্রিয়ক বা উৎপাদের ঘনমাত্রার পরিবর্তন}}{\text{ঐ পরিবর্তন সংঘটনে ব্যয়িত সময়}}$

∴ $\boxed{\text{বিক্রিয়ার হার} = -\frac{dC}{dt} = \frac{dx}{dt}}$ [C হল t সময় পর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা এবং x হল t সময়ে উৎপন্ন উৎপাদের ঘনমাত্রা]

সময়ের সাথে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হ্রাস পায়। তাই $\frac{dC}{dt}$ এর আগে (−) হয়েছে।

সময়ের সাথে উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়। তাই $\frac{dx}{dt}$ এর আগে (+) হয়েছে।

ধরি, একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া: $xX + yY \rightarrow mM + nN$

$\boxed{\text{এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়া হার} = -\frac{1}{x}.\frac{\Delta[X]}{\Delta t} = -\frac{1}{y}.\frac{\Delta[Y]}{\Delta t} = \frac{1}{m}.\frac{\Delta[M]}{\Delta t} = \frac{1}{n}.\frac{\Delta[N]}{\Delta t}}$

Δt সময়ের ব্যবধানে- X এর ঘনমাত্রার পরিবর্তন $= \Delta[X]$; Y এর ঘনমাত্রার পরিবর্তন $= \Delta[Y]$

M এর ঘনমাত্রার পরিবর্তন $= \Delta[M]$; N এর ঘনমাত্রার পরিবর্তন $= \Delta[N]$

➢ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক:

কোন বিক্রিয়ার প্রতিটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা একক হলে তখন বিক্রিয়ার হারকে বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক (k) বলে।

MCQ

01. $2A + B \rightarrow C$ বিক্রিয়ায় C গঠনের হার $2.2 \times 10^{-3}\ molL^{-1}\ min^{-1}$ হলে $-\frac{d[A]}{dt}$ এর মান কত? **[KUET'18-19]**

(a) 2.2×10^{-3} (b) 1.0×10^{-3} (c) 1.1×10^{-3} (d) 2.4×10^{-4} (e) 4.4×10^{-3}

সমাধান: (e); $\frac{d[c]}{dt} = -\frac{d[A]}{2dt} = 2.2 \times 10^{-3} \Rightarrow \frac{d[A]}{dt} = 2.2 \times 10^{-3} \times 2 = 4.4 \times 10^{-3}$

02. $\frac{1}{2}A = 2B$ বিক্রিয়াটির জন্য "A" এর নিঃশেষিত হয়ে যাওয়ার হারের সাথে "B" বেড়ে যাওয়ার হারের সম্পর্কিত প্রকাশ হলো- **[Ans: c] [KUET'17-18]**

(a) $-\frac{d[A]}{dt} = 4\frac{d[B]}{dt}$ (b) $-\frac{d[A]}{dt} = \frac{1}{2}\frac{d[B]}{dt}$ (c) $-\frac{d[A]}{dt} = \frac{1}{4}\frac{d[B]}{dt}$ (d) $-\frac{d[A]}{dt} = \frac{d[B]}{dt}$ (e) $-\frac{d[A]}{dt} = 2\frac{d[B]}{dt}$

03. A এবং B দু'টি বিক্রিয়কের প্রত্যেকটির প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা $0.20\ moldm^{-3}$। বিক্রিয়াটির প্রারম্ভিক গতির হার $1.6 \times 10^{-4} moldm^{-3}s^{-1}$ বিক্রিয়াটির গতির হার ধ্রুবক নির্ণয় কর। **[KUET'15-16]**

(a) $4.0 \times 10^{-3}dm^3mol^{-1}s^{-1}$ (b) $8.0 \times 10^{-6}dm^3mol^{-1}s^{-1}$
(c) $4.0 \times 10^{-3}dm^6mol^{-2}s^{-1}$ (d) $8.0 \times 10^{-6}dm^6mol^{-2}s^{-1}$
(e) $1.6 \times 10^{-4}dm^3mol^{-1}s^{-1}$

সমাধান: (a); আমরা জানি, $\frac{dx}{dt} = k[A][B]$; $k = \frac{1.6\times10^{-4}}{0.2\times0.2} dm^3mol^{-1}s^{-1} = 4.0 \times 10^{-3}dm^3mol^{-1}s^{-1}$

04. $A \rightarrow x$ বিক্রিয়াটির বিক্রিয়ার হার হলো- **[Ans: b] [RUET'11-12]**

(a) $\frac{dA}{dt}$ and $\frac{dx}{dt}$ (b) $\frac{dx}{dt}$ and $\frac{-dA}{dt}$ (c) $\frac{dA}{dt}$ and $\frac{-dx}{dt}$ (d) $\frac{dt}{dx}$ and $\frac{-dA}{dt}$ (e) None

Written

05. অধিক তাপে N_2O_5 বিয়োজিত হয়ে NO_2 এবং O_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। এখানে 6 sec পর NO_2 এর ঘনমাত্রা $3.0 \times 10^{-3} mol\ L^{-1}$ বৃদ্ধি পায় তাহলে বিক্রিয়ার হার কত হবে? **[BUTEX'20-21]**

সমাধান: $2N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$; প্রশ্নমতে, $\frac{d[NO_2]}{dt} = \frac{3\times10^{-3}}{6} = 5 \times 10^{-4} Ms^{-1}$

$\therefore$ বিক্রিয়ার হার $= \frac{1}{4}\frac{d[NO_2]}{dt} = \frac{1}{4} \times \frac{3\times10^{-3}}{6} = 1.25 \times 10^{-4}\ Ms^{-1}$

06. 327^oC তাপমাত্রায় HI এর বিয়োজন হার $-\frac{dC_{HI}}{dt} = kC_{HI}^2$; যেখানে $k = 4 \times 10^{-6}\ litre.mole^{-1}.sec^{-1}$ । বায়ুমন্ডলীয় চাপে প্রতি সেকেন্ডে এবং প্রতি cm^3 আয়তনে কতগুলো অণু বিয়োজিত হবে? **[KUET'19-20]**

সমাধান: $2HI(g) \rightarrow H_2(g) + I_2(g)$

$P = 1\ atm, T = 327 + 273 = 600K$

$PV = nRT \Rightarrow \frac{n}{V} = \frac{P}{RT} \Rightarrow C_{HI} = \frac{1}{0.0821\times600} = 0.0203M$

$\therefore$ HI এর বিয়োজন হার, $-\frac{dC_{HI}}{dt} = kC_{HI}^2 = 4 \times 10^{-6} \times (0.0203)^2 = 1.648 \times 10^{-9} mole\ L^{-1}\ s^{-1}$

$= \frac{1.648\times10^{-9}mole}{1L\times1s} = \frac{1.648\times10^{-9}\times6.02\times10^{23}}{1000cm^3\times1s} = 9.924 \times 10^{11} molecule\ (cm^3)^{-1}s^{-1}$

$\therefore$ প্রতি সেকেন্ডে ও প্রতি cm^3 আয়তনে 9.924×10^{11} টি অণু বিয়োজিত হবে।

07. অ্যামোনিয়া অক্সিজেনের সাথে নিম্নের সমীকরণ অনুযায়ী বিক্রিয়া করে। **[BUET'17-18]**

$4NH_3(g) + 5O_2(g) = 4NO(g) + 6H_2O(g)$

কোনো মুহূর্তে অ্যামোনিয়া $0.24\ molL^{-1}s^{-1}$ হারে বিক্রিয়া করলে বিক্রিয়াটির হার সমীকরণটি লিখ এবং $H_2O(g)$ উৎপাদনের হার নির্ণয় কর।

সমাধান: বিক্রিয়াটিঃ $4NH_3(g) + 5O_2(g) = 4NO(g) + 6H_2O(g)$

বিক্রিয়ার হার সমীকরণঃ বিক্রিয়ার হার $= \frac{-1}{4}\frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t} = \frac{-1}{5}\frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{1}{4}\frac{\Delta[NO]}{\Delta t} = \frac{1}{6}\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t}$

দেওয়া আছে $\frac{-\Delta[NH_3]}{\Delta t} = 0.24$, $\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t} = ?$

সমীকরণ থেকে পাই, $\frac{-1}{4}\frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t} = \frac{1}{6} \cdot \frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t} = \frac{6}{4}\left(\frac{-\Delta[NH_3]}{\Delta t}\right) = \frac{6}{4} \times 0.24 = 0.36\ molL^{-1}s^{-1}$ **(Ans.)**

08. $H_2 + Br_2 = 2HBr$ বিক্রিয়াটি একটি 0.250 L পাত্রে সম্পন্ন করা হল। 0.01 s এ Br_2 এর পরিমাণের পরিবর্তন -0.001 mol হলে বিক্রিয়াটির হার নির্ণয় কর। **[BUET'14-15]**

সমাধান: $r = -\frac{dC}{dt} = -\frac{\Delta c}{\Delta t} = -\frac{-0.001}{.250\times.01} Ms^{-1} = 0.4\, Ms^{-1}$ **(Ans.)**

09. প্রারম্ভিক অবস্থায় একটি বিক্রিয়ার হার 2.2×10^{-5} mol dm^{-3} s^{-1}বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবক 1.1×10^{-4} s^{-1} প্রারম্ভিক অবস্থায় বিক্রিয়াটিতে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা কত? **[BUET'03-04]**

সমাধান: আমরা জানি, $\frac{dx}{dt} = KC$ [এখানে, $\frac{dx}{dt} = 2.2 \times 10^{-5}$ mol dm^{-3} s^{-1} এবং $K = 1.1 \times 10^{-4}$ s^{-1}]

$\therefore C = \frac{2.2\times10^{-5}}{1.1\times10^{-4}} = 0.2$ mol dm^{-3} **(Ans.)**

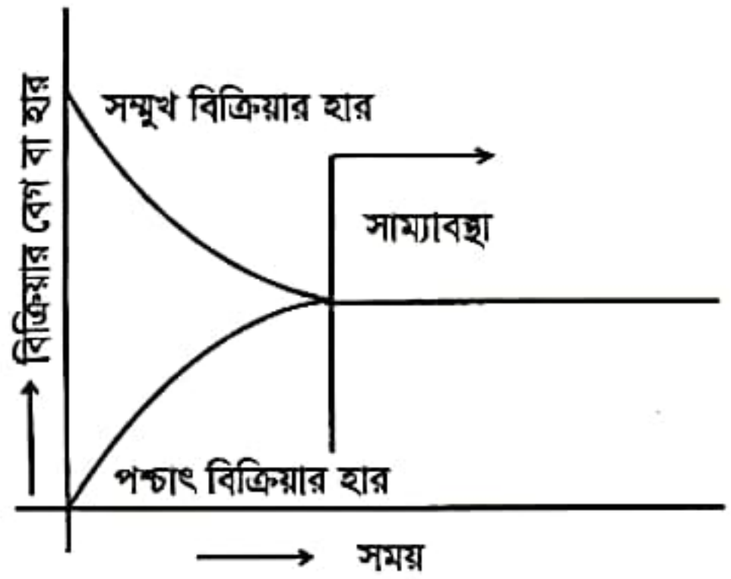
10. পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে $CuSO_4$ এর দ্রবণ যোগ করা হলে 15.0 sec এ 1.5×10^{-4} mol/dm^3 আয়োডিন বিমুক্ত হয়। আয়োডিন উৎপাদনের এ বিক্রিয়াটির হার নির্ণয় কর। **[KUET'03-04]**

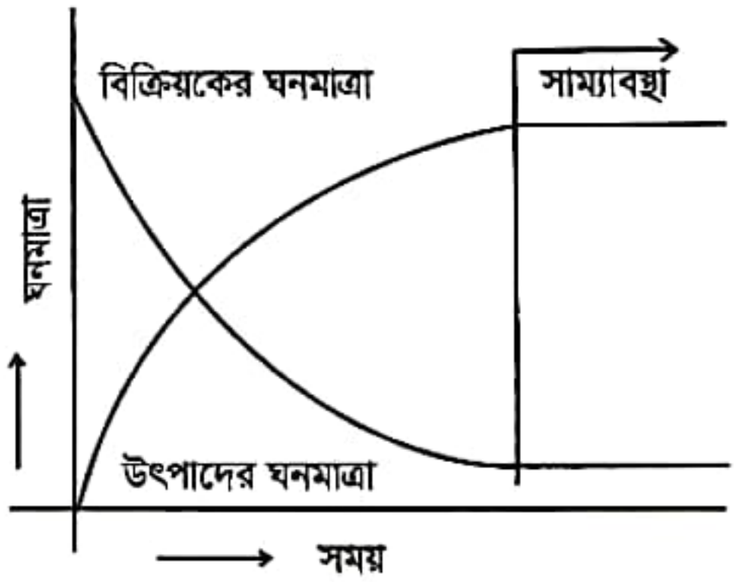
সমাধান: $2CuSO_4 + 4KI \rightarrow Cu_2I_2 + 2K_2SO_4 + I_2$

বিক্রিয়ার হার $= \frac{1.5\times10^{-4}}{15} moldm^{-3}s^{-1} = 1 \times 10^{-5} moldm^{-3}s^{-1}$ **(Ans.)**

Question Type-03: রাসায়নিক সাম্যাবস্থা, লা শাতেলিয়ারের নীতি ও ভ্যান্ট হফের সমীকরণ

➲ **Concept:**





লা-শাতেলিয়ারের নীতি:

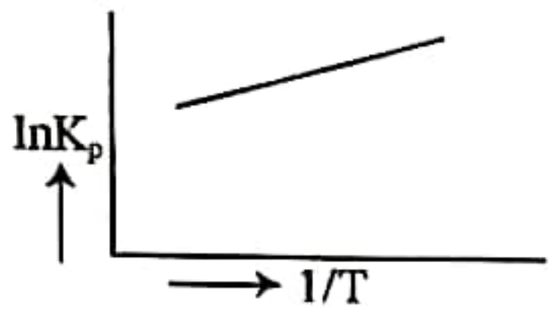
"কোনো উভমুখী বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকাকালে যদি ঐ অবস্থার একটি নিয়ামক, যেমন- তাপমাত্রা, চাপ বা ঘনমাত্রা পরিবর্তন করা হয়, তবে সাম্যের অবস্থান ডানে বা বামে এমনভাবে পরিবর্তিত হবে, যাতে নিয়ামক পরিবর্তনের ফলাফল প্রশমিত হয়।"

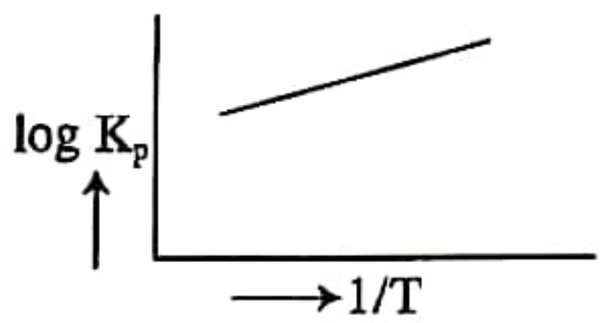
◆ **সাম্যাবস্থার উপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব:**

সাম্যাবস্থার উপর ঘনত্ব, চাপ ও ঘনমাত্রার প্রভাবগুলো সংক্ষিপ্তভাবে নিচের সারণিতে দেওয়া হলো-

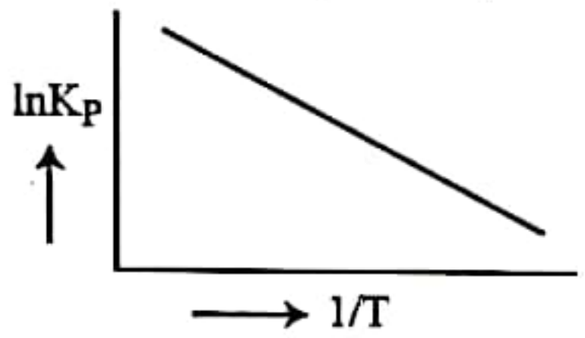
কী ঘটে, যখন	সাম্যের সরণ যেদিকে ঘটে
(i) এক বা একাধিক বিক্রিয়ক পদার্থের ঘনমাত্রা বাড়ানো হলো	সম্মুখ বিক্রিয়া
(ii) এক বা একাধিক বিক্রিয়াজাত পদার্থের ঘনমাত্রা বাড়ালে	পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়া
(iii) তাপমাত্রা হ্রাস করলে	তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার দিকে
(iv) তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে	তাপহারী বিক্রিয়ার দিকে
(v) চাপ বাড়ালে	কম সংখ্যক গ্যাসীয় অণুর দিকে
(vi) চাপ কমালে	বেশি সংখ্যক গ্যাসীয় অণুর দিকে

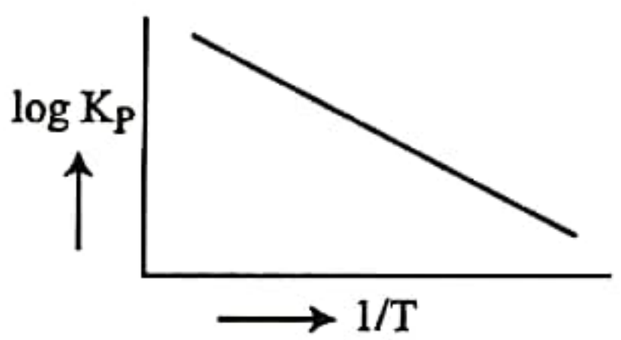
- ভ্যান্ট হফের সমীকরণ:
  - $\ln K_p = -\frac{\Delta H}{RT} + \text{ধ্রুবক}$ অথবা, $\log K_p = -\frac{-\Delta H}{2.303\,RT} + \text{ধ্রুবক}$
  - এখানে, K_p = আংশিক চাপে সাম্য ধ্রুবক
    ΔH = বিক্রিয়া তাপ
    R = সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক = $8.314\ Jmol^{-1}k^{-1}$
    T = পরম তাপমাত্রা
  - $\ln K_p$ বনাম T^{-1} লেখচিত্রের ঢাল = $\frac{-\Delta H}{R}$ এবং $\log K_p$ বনাম T^{-1} লেখচিত্রের ঢাল = $\frac{-\Delta H}{2.303R}$
  - তাপ উৎপাদী বিক্রিয়ার জন্য, ΔH = (−)ve এবং ঢাল ধনাত্মক





  - তাপহারী বিক্রিয়ার জন্য, ΔH = (+)ve এবং ঢাল ঋণাত্মক





MCQ

01. In the synthesis of ammonia using Haber-Bosch process, an increase in pressure should- **[IUT'18-19]**
(a) Increase the production of ammonia (b) Decrease the production of ammonia
(c) Have no effect on the production of ammonia (d) None of the above
Solution: (a); $N_2 + 3H_2 = 2NH_3; \Delta n = 2 - 4 = -2$
So, increase in pressure will increase the production of ammonia.

02. An exothermic reaction is at equilibrium. If temperature is increased, which of the following will take place?
(a) The value of 'K' will increase. (b) The value of 'K' will decrease. **[Ans: b] [IUT'17-18]**
(c) The value of 'K' will not change. (d) None of them.

03. কোনটি রাসায়নিক সাম্যাবস্থার নিয়ামক নয়? **[BUET'12-13]**
(a) প্রভাবক (b) তাপমাত্রা (c) ঘনমাত্রা (d) চাপ
সমাধান: (a); প্রভাবক। কারণ সাম্যাবস্থার উপর প্রভাবকের ভূমিকা নেই।

04. একটি উদ্বায়ী তরলকে আবদ্ধ পাত্রে রাখা হলে যে তাপমাত্রায় বাষ্প এবং তরলের মধ্যে সাম্যাবস্থা অর্জিত হয় তা হল- **[RUET'12-13]**
(a) কক্ষ তাপমাত্রা (b) স্ফুটনাংক তাপমাত্রা (c) হিমাংক তাপমাত্রা (d) যে কোন তাপমাত্রা
সমাধান: (d); বাষ্পায়নের সংজ্ঞা

05. নিচের কোনটি আয়নিক এবং সমসত্ত্ব সাম্যাবস্থার উদাহরণ? **[BUET'11-12]**
(a) $NH_4Cl(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + HCl(g)$
(b) $NH_4Cl(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$
(c) $C_{12}H_{22}O_{11}(s) \rightleftharpoons C_{12}H_{22}O_{11}(aq)$
(d) $CaCO_3(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(g) + CO_3^{2-}(g)$
সমাধান: (b); $NH_4Cl(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$

Written

06. নিম্নোক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহে সাম্যাবস্থার চাপ হ্রাস করে গ্যাসীয় আয়তন বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার মিশ্রণে উৎপাদের মোল সংখ্যার কী পরিবর্তন হবে ব্যাখ্যা কর। **[BUET'20-21]**

(i) $CaO(s) + CO_2(g) \leftrightharpoons CaCO_3(s)$ (ii) $3\,Fe\,(s) + 4H_2O(g) \leftrightharpoons Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$

সমাধান: (i) উৎপাদ কমবে, $\Delta n = -1$ (ii) অপরিবর্তিত থাকবে, $\Delta n = 0$

07. (a) কোনো বিক্রিয়ায় প্রভাবক (অনুঘটক) যোগ করলে কি ঘটে? **[BUET'14-15]**

(b) নিম্নলিখিতগুলি কী ধরনের বিক্রিয়া? পারিপার্শ্বিক অবস্থার উপর বিক্রিয়াগুলির প্রতিক্রিয়া কী?

(i) $C\,(graphite) + O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g);\ \Delta H = -395\ kJ$

(ii) $H_2\,(g) + I_2\,(s) \rightarrow 2HI\,(g);\ \Delta H = +52\ kJ$

সমাধান: (a) বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি হ্রাস বা বৃদ্ধি পায় ফলে বিক্রিয়ার হার যথাক্রমে হ্রাস/বৃদ্ধি পায়।

সমাধান: (b) (i) দহন বিক্রিয়া (ii) সংযোজন বিক্রিয়া

বৈশিষ্ট্য: (i) চাপের প্রভাব নেই (ii) তাপমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়ার পশ্চাৎ বেগ বৃদ্ধি পাবে, সাম্যাবস্থা বাম দিকে সরে যাবে (যেহেতু তপোৎপাদী বিক্রিয়া)।

(ii) $\underset{(g)}{H_2} + \underset{(g)}{I_2} \rightleftharpoons 2HI(g);\ \Delta H = +52kJ$; এটি সংযোজন বিক্রিয়া।

বৈশিষ্ট্য: (i) তাপহারী বিক্রিয়া (ii) চাপের প্রভাব নেই (iii) তাপমাত্রা বাড়ালে সাম্যাবস্থা ডান দিকে সরে যাবে।

Question Type-04: সাম্যধ্রুবক K_P ও K_C সংক্রান্ত সমস্যা

➲ **Concept:**

বিক্রিয়াটি হচ্ছে- $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ ..... (i)

∴ মোলার সাম্যধ্রুবক, $K_C = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} \Rightarrow K_C = \frac{\text{সাম্যাবস্থায় উৎপাদসমূহের মোলার ঘনমাত্রার উপযুক্ত ঘাতসহ গুণফল}}{\text{সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়কসমূহের মোলার ঘনমাত্রার উপযুক্ত ঘাতসহ গুণফল}}$

আংশিক চাপে সাম্যধ্রুবক, $K_P = \frac{P_C^c.P_D^d}{P_A^a.P_B^b} \Rightarrow K_P = \frac{\text{সাম্যাবস্থায় উৎপাদসমূহের আংশিক চাপের উপযুক্ত ঘাতসহ গুণফল}}{\text{সাম্যাবস্থার বিক্রিয়কসমূহের আংশিক চাপের উপযুক্ত ঘাতসহ গুণফল}}$

বিক্রিয়া	K_p	একক
$PCl_5\,(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} PCl_3\,(g) + Cl_2\,(g)$	$K_p = \frac{\alpha^2 \times P}{(1-\alpha^2)}$	atm
$N_2O_4\,(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NO_2\,(g)$	$K_p = \frac{4\alpha^2 \times P}{(1-\alpha^2)}$	atm
$H_2\,(g) + I_2\,(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2HI\,(g)$	$K_p = \frac{4\alpha^2}{(1-\alpha)^2}$	একক নেই
$N_2\,(g) + 3H_2\,(g) \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2NH_3\,(g)$	$K_p = \frac{16\alpha^2(2-\alpha)^2}{27P^2(1-\alpha)^4}$	atm^{-2}

নোট: উপযুক্ত বিক্রিয়া গুলোতে বিক্রিয়কের সহগ যত, তত আদি মোল ধরে K_p এর সমীকরণ নির্ণয় করা হয়েছে।

- **K_Pও K_C এর মধ্যে সম্পর্কঃ**

$K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$

এখানে, Δn = গ্যাসীয় উৎপাদের মোট মোলসংখ্যা – গ্যাসীয় বিক্রিয়কের মোট মোলসংখ্যা। (সাবধান, শুধু "গ্যাসীয়")

$Q_C = \frac{\text{যে কোনো সময় উৎপাদসমূহের মোলার ঘনমাত্রার উপযুক্ত ঘাতসহ গুণফল}}{\text{যে কোনো সময় বিক্রিয়কসমূহের মোলার ঘনমাত্রার উপযুক্ত ঘাতসহ গুণফল}}$; $Q_C = \frac{[C]^c \times [D]^d}{[A]^a \times [B]^b}$

$Q_P = \frac{\text{যে কোন সময় উৎপাদসমূহের আংশিক চাপের উপযুক্ত ঘাতসহ গুণফল}}{\text{যে কোন সময় বিক্রিয়কসমূহের আংশিক চাপের উপযুক্ত ঘাতসহ গুণফল}}$; $Q_P = \frac{P_C^c \times P_D^d}{P_A^a \times P_B^b}$

(i) $Q_c < K_c$ বা $Q_p < K_p$ হলে বিক্রিয়া ঐ অবস্থা হতে সামনের দিকে অগ্রসর হবে।

(ii) $Q_c > K_c$ বা $Q_p > K_p$ হলে বিক্রিয়া ঐ অবস্থা হতে পিছনের দিকে অগ্রসর হবে।

(iii) $Q_c = K_c$ বা $Q_p = K_p$ হলে বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় আছে, কোনো দিকেই যাবে না। সম্মুখ ও পশ্চাৎ দিকে সমান হারে চলতে থাকবে।

MCQ

01. একটি উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ার $\Delta n = \frac{1}{2}$। কত কেলভিন তাপমাত্রায় K_p ও K_c এর মান যথাক্রমে 40.5 এবং 5.5 হবে?

$R = 0.082\ L.atm.mol^{-1}.K^{-1}$ **[CKRUET'21-22]**

(a) 273.16 (b) 546.32 (c) 661.26 (d) 760.00 (e) 432.28

সমাধান: (c); $\frac{K_p}{K_c} = (RT)^{\Delta n} \Rightarrow \frac{40.5}{5.5} = (0.082 \times T)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow T = 661.26K$

02. একটি উভমুখী বিক্রিয়ার Δn এর মান 0.5। কত কেলভিন তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির K_P ও K_C এর মান যথাক্রমে 40.5 এবং 5.5 হবে? [দেওয়া আছে, $R = 0.082\ L\ atm\ K^{-1}mol^{-1}$.] **[CUET'11-12, CUET'13-14, CKRUET'20-21]**

(a) 179.6 K (b) 66.126 K (c) 330.63 K (d) 661.26 K (e) None of them

সমাধান: (d); $K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \Rightarrow 40.5 = 5.5(RT)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow RT = \left(\frac{40.5}{5.5}\right)^2 = 54.22 \Rightarrow T = \frac{54.22}{0.082} = 661.26\ K$

03. 727°C the equilibrium constant for the reaction $2SO_2(g) + O_2(g) = 2SO_3(g)$ is K_p 3.50 atm^{-1}. If the total pressure in the reaction flask is 1.00 atm, and the partial pressure of O_2 at equilibrium is 0.10 atm, calculate the partial pressure of SO_2. **[IUT'20-21]**

(a) 0.57 atm (b) 0.33 atm (c) 0.43 atm (d) 0.10 atm

Solution: (a); $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$

$K_p = \frac{P_{SO_3}^2}{P_{SO_2}^2 \times P_{O_2}} \Rightarrow 3.5 = \left(\frac{P_{SO_3}}{P_{SO_2}}\right)^2 \times \frac{1}{0.1} \Rightarrow \frac{P_{SO_3}}{P_{SO_2}} = 0.5916\ ; P_{SO_3} + P_{SO_2} + P_{O_2} = 1$

$\Rightarrow P_{SO_2} \times 0.5916 + P_{SO_2} + 0.1 = 1 \Rightarrow P_{SO_2}(1.5916) = 0.9 \Rightarrow P_{SO_2} = 0.56568\ atm \approx 0.57\ atm$

04. For the reaction $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$, K_p is 4.3×10^{-4}at 375°C. Calculate K_c. **[IUT'19-20]**

(a) 0.023 $mol^{-1}\ dm^3$ (b) 0.408 $mol^{-2}dm^6$ (c) 0.013 $mol^{-1}dm^3$ (d)1.217 $mol^{-2}dm^6$

Solution: (d); 1.217 $mol^{-2}dm^6$, $\Delta n = 2 - 4 = -2$

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

$K_p = K_c\ (RT)^{\Delta n} \Rightarrow K_c = \frac{K_p}{(RT)^{-2}} = \frac{4.3 \times 10^{-4}}{(0.0821 \times 648)^{-2}}$ (K_p এর একক atm^{-2} ধরে নিয়ে)

$= 1.217\ mol^{-2}L^2 = 1.217\ mol^{-2}dm^6$

05. 700 K তাপমাত্রায় $N_2(g) + O_2(g) \leftrightharpoons 2NO(g)$ বিক্রিয়ার সাম্যাঙ্ক K_c এর মান 0.0625. 700 K তাপমাত্রায় $NO(g) \leftrightharpoons \frac{1}{2}N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$ বিক্রিয়ার K_c এর মান কত হবে? **[KUET'18-19]**

(a) 0.03125 (b) 0.25 (c) 3.9×10^{-3} (d) 0.375 (e) 4

সমাধান: (e); $K_{C_2} = \frac{1}{\sqrt{K_{C_1}}} = 4$

06. At a temperature of 30°C and 1.5 atmospheric pressure, di-nitrogen tetraoxide (N_2O_4) was dissociated to 20% nitrogen dioxide. The value of K_p for the process is- **[IUT'18-19]**

(a) 0.20 atm (b) 0.25 atm (c) 0.30 atm (d) 0.32 atm

Solution: (b); $\underset{1-\alpha}{N_2O_4} \rightarrow \underset{2\alpha}{2NO_2}$ $\therefore K_p = \frac{4\alpha^2}{(1-\alpha)^2} \times p$

$P = 1.5\ ;\ \alpha = 0.2 \Rightarrow K_p = 0.25$ atm

07. দু'টি সাম্যবিক্রিয়া $AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$ এবং $AB + B^- \rightleftharpoons AB_2^-$ একই সাথে দ্রবণে সাম্যাবস্থা তৈরি করে যেখানে বিক্রিয়া দু'টির সাম্যাবস্থা ধ্রুবক যথাক্রমে K_1 এবং K_2। দ্রবণে $[A^+]$ ও $[AB_2^-]$ অনুপাত হবে- **[KUET'16-17]**

(a) $[B^-]$ এর সমানুপাতিক (b) $[B^-]$ এর ব্যাস্তানুপাতিক

(c) $[B^-]$ এর বর্গের সমানুপাতিক (d) $[B^-]$ এর বর্গের ব্যাস্তানুপাতিক

(e) $[B^-]$ এর উপর নির্ভরশীল নয়

সমাধান: (d); $K_1 = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]}$; $K_2 = \frac{[AB_2^-]}{[AB][B^-]}$; $\frac{K_1}{K_2} = \frac{[A^+]}{[AB_2^-]} \times [B^-]^2 \Rightarrow \frac{[A^+]}{[AB_2^-]} = \frac{K_1}{K_2} \times \frac{1}{[B^-]^2}$

08. $SO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{3(g)}$; K_1 এবং $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$; K_2 তবে সাম্যধ্রুবক K_1 এবং K_2 এর মধ্যে সম্পর্ক কোনটি?

(a) $2K_1 = K_2$ (b) $K_1^2 = \frac{1}{K_2}$ (c) $K_2^2 = \frac{1}{K_1}$ (d) $K_2 = \frac{2}{K_1}$ **[BUTEX'16-17]**

সমাধান: (b); $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3; K_1^2$

$2SO_3 \rightarrow 2SO_2 + O_2; \frac{1}{K_1^2} = K_2 \Rightarrow K_1^2 = \frac{1}{K_2}$

09. If 4.25 mol H_2 and 4.75 mol I_2 is kept at a 1 L flask and heated to 300 K then 6.7 mol HI is produced. Find equilibrium constant K_c and K_p. **[IUT'16-17]**

(a) 3.563, 3.563 (b) 35.63, 35.63 (c) 35.63, 35.63 (d) 3.563, 87.65

Solution: (b);

H_2	+	I_2	⇌	2HI
4.25		4.75		0
(4.25 − 3.35)		(4.75 − 3.35)		6.7

$K_p = K_c\ [\Delta n = 0] \therefore K_p = K_c = \frac{6.7^2}{(4.25-3.35)(4.75-3.35)} = 35.327$

10. 25°C তাপমাত্রায় 1.0 atm চাপে N_2O_4 18.5% বিযোজিত হয়। উক্ত বিযোজনের জন্য K_c এর মান নির্ণয় কর। **[KUET'15-16]**

(a) 0.142 (b) 2.39×10^{-4} (c) 5.73×10^{-5} (d) 5.76×10^{-3} (e) 0.0692

সমাধান: (d); $\underset{0.815}{N_2O_4} \rightleftharpoons \underset{0.37}{2NO_2}$

$P_{N_2O_4} = \frac{0.815}{0.815+0.37} \times 1$ atm $= 0.68776$ atm; $P_{NO_2} = \frac{0.37}{0.815+0.37} \times 1$ atm $= 0.3122$ atm

$K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{(0.3122)^2}{0.68776}$ atm $= 0.14172$ atm ; $K_c = \frac{0.14172}{0.082 \times 298} = 5.79 \times 10^{-3}$

11. 25°C তাপমাত্রা ও 2.5 atm চাপে PCl_5 65% বিয়োজিত হয়ে PCl_3 এবং Cl_2 উৎপন্ন করে। এ বিক্রিয়ার K_c এর মান কত? **[CUET'15-16]**

(a) 7.475×10^{-2} mol L^{-1} (b) 8.101×10^{-2} mol L^{-1}

(c) 6.239×10^{-3} mol L^{-1} (d) 7.263×10^{-2} mol L^{-1}

সমাধান: (a); $K_p = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2}p = \frac{(0.65)^2}{1-(0.05)^2} \times 2.5$ atm $= 1.829$ atm

$\therefore K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = K_c.RT \Rightarrow K_c = \frac{K_p}{RT} = \frac{0.1829}{0.0821 \times 298}$ mol $L^{-1} = 7.475 \times 10^{-2}$ mol L^{-1}

12. কোন একটি উভমুখী বিক্রিয়ায় $\Delta n = \frac{1}{2}$ হলে কত ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রায় K_p এর মান K_c এর মানের আটগুণ হবে? [দেওয়া আছে, $R = 0.0821$ L atm mol^{-1} K^{-1}] **[CUET'15-16]**

(a) 506.54°C (b) 34.45°C (c) 97.45°C (d) 779.54°C

সমাধান: (a); $K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \Rightarrow 8K_c = K_c(RT)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow RT = 64 \Rightarrow T = \frac{64}{0.0821}K = 779.54K = 506.54°C$

13. 33°C তাপমাত্রা ও 2.55atm চাপে 16.50% PCl_5 বিয়োজিত হয়। উক্ত তাপমাত্রায় K_P এর মান কত? **[KUET'14-15]**
(a) 7.13×10^{-2}atm (b) 7.48×10^{-2}atm (c) 3.74×10^{-2}atm (d) 7.13×10^{-3}atm (e) 3.56×10^{-2}atm
সমাধান: (a); $\underset{1-\alpha}{\overset{1}{PCl_5}} = \underset{\alpha}{\overset{0}{PCl_3}} + \underset{\alpha}{\overset{0}{Cl_2}}$
মোট $= 1 + \alpha$
$K_p = \frac{\frac{\alpha}{1+\alpha}.P.\frac{\alpha}{1+\alpha}.P}{\frac{1-\alpha}{1+\alpha}.P} = \frac{\alpha^2.P}{1-\alpha^2} = 0.0713 = 7.13 \times 10^{-2}$atm

14. 30°C তাপমাত্রায় ও 1.5 atm চাপে 15.6% PCl_5 বিয়োজিত হয়। উক্ত তাপমাত্রায় K_p এর মান নির্ণয় কর। **[RUET'14-15]**
(a) 0.374 atm (b) 1.374 atm (c) 0.0374 atm (d) 2.357 atm (e) None
সমাধান: (c); $\underset{\frac{1-\alpha}{0.844}}{PCl_5} \xrightarrow{\Delta} \underset{\underset{0.156}{\alpha}}{PCl_3} + \underset{\underset{0.156}{\alpha}}{Cl_2}$; $K_P = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} \times P = 0.0374$

15. $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$, at 250°C in this reaction mixture, partial pressure of N_2O_4 and NO_2 are 0.69 and 0.31 atm. respectively, then what is the value of K_p? **[IUT'14-15]**
(a) 0.156 atm (b) 0.139 atm (c) 0.145 atm (d) 0.126 atm
Solution: (b); $K_p = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{0.31^2}{0.69} = 0.139$ atm

16. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$; in equilibrium of this reaction, H_2, I_2 and HI concentration are 8, 3 and 28 mol/L; then K_c of this will be- **[IUT'14-15]**
(a) 36 (b) 32.67 (c) 33.5 (d) 34.3
Solution: (b); $K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{28^2}{8\times3} = 32.67$

17. 1.5atm চাপে এবং 30°C তাপমাত্রায় PCl_5 এর 15.6% বিয়োজিত হল। PCl_5 বিয়োজনে K_P এর মান- **[BUET'13-14]**
(a) 3.74×10^{-2}atm (b) 1.2×10^{-2}atm (c) 3.0×10^{-2}atm (d) 3.74atm
সমাধান: (a); $K_P = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} \times P = 3.7415 \times 10^{-2}$atm

18. নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার জন্য 25°C তাপমাত্রায় K_P এর মান $1.9 \times 10^3 atm^{-1}$, একই তাপমাত্রায় K_C এর মান বাহির কর।
$2NO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2NOCl(g)$ **[RUET'13-14]**
(a) 4.6×10^4 (b) 3.2×10^{-3} (c) 5.9×10^3 (d) 10.2×10^3 (e) None
সমাধান: (a); $K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$; $K_C = \frac{K_P}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{1.9\times10^3}{(0.0821\times298)^{-1}} = 4.6 \times 10^4$

19. $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ বিক্রিয়াটির 25°C তাপমাত্রায় K_p এর মান 1.78atm, একই তাপমাত্রায় K_c এর মান কত? **[BUTEX'13-14]**
(a) $72.75 \times 10^{-3} molL^{-1}$ (b) $82.75 \times 10^{-3} molL^{-1}$
(c) $72.75 \times 10^{-4} molL^{-1}$ (d) $82.75 \times 10^3 molL^{-1}$
সমাধান: (a); $K_c\,(RT)^1 = K_p \;\therefore K_c = 72.75 \times 10^{-3}$ M

20. 398K তাপমাত্রায় এবং 250 kPa চাপে N_2O_4 18.5% বিয়োজিত হয়। সাম্যাবস্থা ধ্রুবক, K_p এর মান কোনটি? **[KUET'12-13]**
(a) 5.9521 (b) 59.5212 (c) 35.4278 (d) 0.4539 (e) 2.2031
সমাধান: (c); $N_2O_4 \leftrightharpoons 2NO_2$
$t = 0$ 1 0
$t = t_{eq.}$ $1-x$ $2x$
∴ মোট মোল সংখ্যা =1-x+2x=1+x
এখন, $x = 0.185, P = 250$kPa
$P_{NO_2} = \frac{2x}{1+x} \Rightarrow P_{NO_2} = \frac{2\times0.185}{1+0.185} \times 250 = 78.059$ kPa
$P_{N_2O_4} = \frac{1-x}{1+x} \Rightarrow P_{N_2O_4} = \frac{1-0.185}{1+0.185} \times 250 = 171.974$ kPa
$K_P = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{(78.059)^2}{171.941} = 35.4378 \approx 35.4278$

21. K_P এবং K_C যা দ্বারা প্রভাবিত হয়- [Ans: a] [BUET'11-12]
(a) তাপমাত্রা (b) চাপ (c) ঘনমাত্রা (d) All of these

22. তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে নিচের সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটির জন্য কোন উক্তিটি যথাযথ? [BUET'11-12]
$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$
(a) K_P-এর মান অপরিবর্তিত থাকবে (b) K_P -এর মান বৃদ্ধি পাবে
(c) K_P -এর মান হ্রাস পাবে (d) K_P এবং K_C -এর মান সমান হবে
সমাধান: (c); বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী। তাই তাপমাত্রা বাড়ালে K_p এর মান হ্রাস পায়।

23. 400°C তাপমাত্রাতে নিম্নের বিক্রিয়ার K_P এর মান যদি 0.0128 atm হয়, তাহলে K_cএর মান কত হবে? [KUET'11-12]
$\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \rightleftharpoons NH_3$
(a) $0.40 molL^{-1}$ (b) $0.42\ molL^{-1}$ (c) $2.31 \times 10^{-4} molL^{-1}$
(d) $3.98 \times 10^{-4}\ molL^{-1}$ (e) $0.70\ molL^{-1}$
সমাধান: (e); $K_p = K_c(RT)^{1-\frac{1}{2}-\frac{3}{2}}$ $\therefore K_c = K_p(RT) = 0.70\ Lmol^{-1}$ (প্রশ্নের কোনটিতেই একক সঠিক নয়)

24. 700 K তাপমাত্রায় ও 20 atm চাপে $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায় 21%N_2 ও 16%NH_3 থাকে। বিক্রিয়াটির K_pএর মান কত? [CUET'11-12]
(a) $1.097 \times 10^{-2} atm$ (b) 4.6×10^{-2} atm
(c) $1.2 \times 10^{-3} atm$ (d) None of these
সমাধান: (c); সাম্যাবস্থায়, $H_2 = 100\% - (21 + 16)\% = 63\%$
$\therefore P_{N_2} = 0.21 \times 20 = 4.2; P_{H_2} = 0.63 \times 20 = 12.6; P_{NH_3} = 0.16 \times 20 = 3.2$
বিক্রিয়াটি হল $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ $\therefore K_P = \frac{P^2_{NH_3}}{P_{N_2}.P^3_{H_2}}$ বা, $K_P = \frac{(3.2)^2}{4.2\times(12.6)^3}$ $\therefore K_P = 1.2 \times 10^{-3}\ atm^{-2}$

25. 50°C তাপমাত্রায় N_2O_4 বিয়োজনের K_p এর মান 3.11 atm। সাম্যমিশ্রণে NO_2 এর আংশিক চাপ 0.45 atm হলে N_2O_4 এর আংশিক চাপ কত? [CUET'11-12]
(a) 0.06 atm (b) 0.07 atm (c) 0.065 atm (d) None of these
সমাধান: (c) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ বিক্রিয়ার জন্য,
$K_P = \frac{P^2_{NO_2}}{P_{N_2O_4}} \Rightarrow P_{N_2O_4} = \frac{P^2_{NO_2}}{K_P} \Rightarrow P_{N_2O_4} = \frac{(0.45)^2}{3.11} = 0.065$ atm
এখানে, $K_P = 3.11$ atm
$P_{NO_2} = 0.45$ atm; $P_{N_2O_4} = ?$

26. The relation between K_p and K_c for the reaction $N_2(g) + 3H_2(g) \Leftrightarrow 2NH_3$ is- [IUT'11-12]
(a) $K_p = K_c(RT)^2$ (b) $K_p = K_c(RT)^{-2}$
(c) $K_p = K_c(RT)^{-1}$ (d) $K_p = K_c(RT)$
Solution: (b); $K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = K_c(RT)^{-2}$

27. 300 K তাপমাত্রায় $NH_4Cl(s)$ বিয়োজনের K_P. K_cএর অনুপাত কোনটি? [KUET'10-11]
(a) $600.64\ atm^2L^2mol^{-2}$ (b) $606.64\ atm^2L^2mol^{-2}$
(c) $612.64\ atm^2L^2mol^{-2}$ (d) $618.64\ atm^2L^2mol^{-2}$ (e) $624.64\ atm^2L^2mol^{-2}$
সমাধান: (b); $K_p = K_c(R)^{\Delta n}; \Delta n = 2 - 0 = 2$
$R = 0.0821\ L\ atm/mol/\ K\ [NH_4Cl(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + C\bar{l}(aq)]; T = 300K$
$\therefore \frac{K_P}{K_c} = (RT)^{\Delta n} = (0.0821 \times 300)^2 = 606.64\ atm^2L^2mol^{-2}$

28. 400°C তাপমাত্রায় $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K_c এর মান 0.5 হলে K_p এর মান কত? [CUET'10-11]
($R = 0.0821$ Lit atm $K^{-1}mol^{-1}$)
(a) $0.00016\ atm^{-2}$ (b) $0.00906\ atm^{-2}$ (c) $27.59\ atm^{-2}$ (d) None of these
সমাধান: (a); $\Delta n = 2 - (3 + 1) = -2$; $K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 0.5 \times (0.0821 \times 673)^{-2} = 0.000164$ atm

29. 1 mole of each C_2H_5OH and CH_3CO_2H are allowed to react in 1 litre of solvent (dioxane), equilibrium is established when one-third of a mole of each of the reactants remains. What is the equilibrium constant K of the reaction at this state? [IUT'10-11]
(a) 0.25 (b) 2 (c) 1 (d) 4
Solution: (d); $K = \frac{[CH_3COOC_2H_5][H_2O]}{[C_2H_5OH][CH_3COOH]} = \frac{\frac{2}{3}.\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}.\frac{1}{3}} = 4$

Written

30. $A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2AB(g)$

বিক্রিয়াটি 2L আয়তনের পাত্রে সম্পন্ন করা হয়। বিক্রিয়ার শুরুতে A_2 এর মোলসংখ্যা 2, B_2 এর মোলসংখ্যা 2 এবং সাম্যাবস্থায় উৎপাদের মোলসংখ্যা 3.12। K_pও K_c এর মান নির্ণয় কর। **[BUTEX'21-22]**

সমাধান:

	$A_2(g)$	+	$B_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2AB(g)$
প্রাথমিক অবস্থায়:	2 mol		2 mol		0 mol
সাম্যাবস্থায় মোল:	$(2-x)$mol		$(2-x)$mol		2x mol

এখানে, $2x = 3.12\ \text{mol}, x = 1.56\ \text{mol}$

$\therefore [A_2] = \frac{2-1.56}{2} = 0.22\ \text{M}\ [B_2] = \frac{2-1.56}{2} = 0.22\ \text{M};\ [AB] = \frac{3.12}{2} = 1.56\ \text{M}$

$\therefore K_c = \frac{[AB]^2}{[A_2]\times[B_2]} = \frac{1.56^2}{0.22\times0.22} = 50.28\ \therefore \Delta n = 0, \therefore K_p = K_c = 50.28$

31. 30°C তাপমাত্রা এবং 1 atm চাপে A_2B_4 এর 20% বিয়োজিত হয়; চাপ যদি দ্বিগুণ করা হয় তাহলে বিক্রিয়ার দিক কোন দিকে হবে তা গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর। **[BUTEX'21-22]**

সমাধান:

	$A_2B_4 \rightleftharpoons 2AB_2$
প্রাথমিক অবস্থায়	: 1 0
সাম্যাবস্থায়	: $1-x$ $2x$

$\therefore$ মোট মোলসংখ্যা= $1 - x + 2x = 1 + x$

$P_{A_2B_4} = \frac{1-x}{1+x}.P$ এবং $P_{AB_2} = \frac{2x}{1+x}.P$ এবং $K_p = \frac{(P_{AB_2})^2}{P_{A_2B_4}} = \frac{4x^2P^2}{(1+x)^2}\ \frac{1+x}{1-x}\ \frac{1}{P} = \frac{4x^2P}{1-x^2}$

১ম ক্ষেত্রে, $P_1 = 1\ \text{atm},\ x_1 = 0.2\ \therefore K_p = \frac{4\times0.2^2\times1}{1-0.2^2} = \frac{1}{6}\ \text{atm}$

২য় ক্ষেত্রে, $P_2 = 2\ \text{atm},\ \therefore K_p = \frac{4x_2^2\times2}{1-x_2^2} \Rightarrow \frac{1}{6} = \frac{4x_2^2\times2}{1-x_2^2}\ \therefore x_2 = 0.143 = 14.3\% < 20\%$

চাপ দ্বিগুণ করলে বিয়োজনমাত্রা হ্রাস পাবে। $\therefore$ বিক্রিয়া পশ্চাৎ দিকে অগ্রসর হবে।

32. একটি ফার্নেসে 35% CO_2 - 65% CO গ্যাস মিশ্রণ ব্যবহার করে 700°C এ স্টীলকে তাপ দিলে এর উপর মরিচা পড়বে কিনা তা নির্ণয় কর। [দেওয়া আছে; $Fe(s) + CO_2(g) = FeO(s) + CO(g); K = 1.43$] **[BUET'20-21]**

সমাধান: $Q_p = \frac{P^0_{CO}}{P^0_{CO_2}} = \frac{0.65}{0.35} = 1.86 > K$. সুতরাং, মরিচা পড়বে না।

33. $A_2(g) + 3B_2(g) = 2AB_3(g)$ **[BUTEX'20-21]**

উপরের বিক্রিয়াটি 5L আয়তনের পাত্রে সম্পন্ন করে, 450°C তাপমাত্রায় সৃষ্ট সাম্যাবস্থায় 8.5g AB_3 পাওয়া গেলো। K_P নির্ণয় কর, যেখানে A ও B মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা যথাক্রমে 7 ও 1।

সমাধান: A ও B মৌলদ্বয় যথাক্রমে N ও H

$\therefore$ প্রদত্ত বিক্রিয়াটি: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

প্রাথমিক অবস্থায়:	1	3	0
সাম্যাবস্থায়:	$1-x$	$3-3x$	$2x$

$\therefore 2x = \frac{8.5}{14+3} = \frac{8.5}{17} \Rightarrow x = 0.25$ এবং আয়তন, $V = 5L$

$\therefore K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\left(\frac{1-x}{V}\right)\times\left(\frac{3-3x}{V}\right)^3} = \frac{4x^2}{V^2} \times \frac{V^4}{27(1-x)^4} = \frac{4x^2V^2}{27(1-x)^4}$

$= \frac{4\times0.25^2\times5^2}{27\times(1-0.25)^4} = 0.7316(\text{mol}L^{-1})^{-2} = 0.7316\ L^2\text{mol}^{-2}$

এখানে, $T = 450°C = 723K$

$\therefore K_P = K_C(RT)^{-2} = 0.7316 \times (0.0821 \times 723)^{-2} = 2.076 \times 10^{-4}\text{atm}^{-2}\ \therefore$ নির্ণেয় $K_P = 2.076 \times 10^{-4}\ \text{atm}^{-2}$

34. 1 L আয়তনের একটি পাত্রে যখন 0.1mol PCl_5 কে উত্তপ্ত করা হয়, সাম্যমিশ্রণের মোট চাপ হয় $4.38 \times 10^5 Nm^{-2}$ তাপমাত্রা $T = 450K$ এ সাম্যধ্রুবক, K_p এর মান নির্ণয় কর। **[BUET'19-20]**

সমাধান:

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$$
$$(0.1) \quad 0 \quad 0$$
$$(0.1-x) \quad x \quad x$$

$\therefore n = 0.1 - x + x + x = (0.1 + x)$

আমরা জানি, $PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} = \frac{4.38\times10^5\times1\times10^{-3}}{8.314\times450} = 0.11707$ mol

শর্তমতে, $0.1 + x = 0.11707 \Rightarrow x = 0.01707$

$\therefore K_P = \frac{P_{PCl_3}.P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} = \frac{\left(\frac{x}{0.1+x}\right)\left(\frac{x}{0.1+x}\right)\times P^2_{total}}{\left(\frac{0.1-x}{0.1+x}\right)\times P_{total}} = \frac{\left(\frac{x^2}{0.1+x}\right)\times P_{total}}{(0.1-x)} = 13145.70 Nm^{-2} = 0.129738$ atm

35. $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$ বিক্রিয়ায় সাম্য ধ্রুবক K_p হলে $AB \rightleftharpoons \frac{1}{2}A_2 + \frac{1}{2}B_2$ বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবক কত? **[KUET'19-20]**

সমাধান: $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$; বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক $K_p = \frac{[AB]^2}{[A_2]\times[B_2]}$

$AB \rightleftharpoons \frac{1}{2}A_2 + \frac{1}{2}B_2$; বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক, $K = \frac{[A_2]^{\frac{1}{2}}\times[B_2]^{\frac{1}{2}}}{[AB]} = \left(\frac{[A_2]\times[B_2]}{[AB]^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{K_p}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{K_p}}$ (Ans.)

36. $PCl_3 + Cl_2 \rightleftharpoons PCl_5$ বিক্রিয়াটির জন্য 230°C তাপমাত্রায় K_C এর মান 49। যদি PCl_3 ও Cl_2 এর প্রত্যেকটির 0.5 mol করে নিয়ে 5 L আয়তনের একটি পাত্রে বিক্রিয়া ঘটানো হয়, তবে ঐ তাপমাত্রায় সাম্যমিশ্রণের উপস্থিত উপাদানগুলির মোল সংখ্যা নির্ণয় কর। **[RUET'19-20]**

সমাধান: $PCl_3 + Cl_2 \rightleftharpoons PCl_5$

শুরুতে : $\frac{1}{2}$mol $\frac{1}{2}$mol 0 mol

সাম্যে : $\frac{1}{2} - \alpha$ $\frac{1}{2} - \alpha$ α

$K_C = \frac{\frac{\alpha}{5}}{\left(\frac{\frac{1}{2}-\alpha}{5}\right)^2} = 49 \Rightarrow \frac{5\alpha}{\left(\frac{1}{2}-\alpha\right)^2} = 49 \Rightarrow 5\alpha = 49\alpha^2 - 49\alpha + \frac{49}{4} \Rightarrow 49\alpha^2 - 54\alpha + 12.25 = 0$

$\therefore \alpha = 0.78,\ 0.32 \quad \because \alpha \not> 0.5 \quad \therefore \alpha = 0.32$

$\therefore n_{PCl_3} = \frac{1}{2} - 0.32 = 0.18$ mol ; $n_{Cl_2} = \frac{1}{2} - 0.32 = 0.18$ mol ; $n_{PCl_5} = 0.32$ mol

37. 25°C তাপমাত্রায় এবং 20.0 atm চাপে নিচের বিক্রিয়াটিতে সাম্যাবস্থায় মোট মোলের 16% NH_3 থাকে। উক্ত অবস্থায় এ বিক্রিয়াটির K_p এর মান নির্ণয় কর। $\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \rightleftharpoons NH_3$ **[BUTEX'19-20]**

সমাধান: $\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \rightleftharpoons NH_3$

শুরুতে: 1 3 0

সাম্যাবস্থায়: $1-\alpha$ $3(1-\alpha)$ 2α

মোট মোল $= 1 - \alpha + 3 - 3\alpha + 2\alpha = 4 - 2\alpha$

প্রশ্নমতে, $2\alpha = (4 - 2\alpha) \times 0.16 \ \therefore \alpha = 0.275862$

$\therefore P_{N_2} = \left(\frac{1-\alpha}{4-2\alpha}\right) \times P = 4.2$ atm

$P_{H_2} = \frac{3-3\alpha}{4-2\alpha} \times P = 12.6$ atm

$P_{NH_3} = \frac{2\alpha}{4-2\alpha} \times P = 3.2$ atm

$\therefore K_p = \frac{P_{NH_3}}{P^{\frac{1}{2}}_{N_2} \times P^{\frac{3}{2}}_{H_2}} = \frac{3.2}{\sqrt{4.2}\times\sqrt{12.6^3}} = 0.035\ atm^{-1}$ **(Ans.)**

38. গ্লুকোজ এবং ফ্রুক্টোজ জলীয় দ্রবণে নিম্নরূপে সাম্যাবস্থায় থাকে। **[BUET'18-19]**

ফ্রুক্টোজ ⇌ গ্লুকোজ

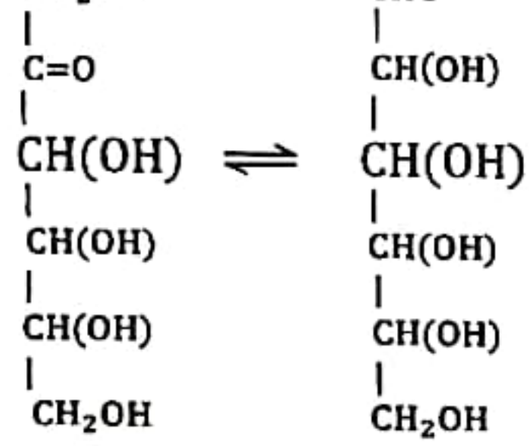
একজন ছাত্র 0.244M ফ্রুক্টোজ দ্রবণ তৈরি করল। 25°C তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় এর ঘনত্ব কমে 0.113M এ পরিনত হল।

(a) বিক্রিয়ক এবং উৎপাদের গঠন দেখাও।

(b) বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর।

(c) শতকরা কত ভাগ ফ্রুক্টোজ গ্লুকোজে পরিণত হল?

সমাধান: (a)



(b)

	ফ্রুক্টোজ	⇌	গ্লুকোজ
শুরু (M)	0.244		0
সাম্যাবস্থা (M)	$0.244 - x$		x

শর্তমতে, $0.244 - x = 0.113 \Rightarrow x = 0.244 - 0.113$

$\therefore K = \frac{x}{0.244-x} = \frac{(0.244-0.113)}{0.224-(0.244-0.113)} = 1.1593$

(c) $\frac{0.244-0.113}{0.244} \times 100 = 53.688\%$

39. $1.6g\ N_2O_4$ 27°C তাপমাত্রায় আংশিক বিয়োজিত অবস্থায় 760 mm চাপে 500 mL আয়তন দখল করে N_2O_4 এর বিয়োজন ধ্রুবক নির্ণয় কর। **[BUTEX'18-19]**

সমাধান: $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$

প্রাথমিক অবস্থা: 0.174, 0

সাম্যবস্থা: 0.0174−x, 2x

$0.0174 - x + 2x = 0.0203 \Rightarrow x = 0.0203 - 0.0174 = 2.9 \times 10^{-3}$

$\therefore$ বিয়োজন ধ্রুবক $= \frac{x}{0.0174} = \frac{2.9\times10^{-3}\times100\%}{0.0174} = 16.67\%$ (Ans.)

$N_2O_4 = \frac{1.6}{92} = 0.0174$ mol

$n_2 = \frac{PV}{RT} = \frac{1\times0.5}{0.0821\times300} = 0.0203$ mol

40. কোন একটি উভমূখী বিক্রিয়ায় $\Delta n = \frac{1}{2}$ হলে, কত ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রায় K_P এর মান K_C এর মানের আটগুণ হবে?

দেওয়া আছে, $R = 0.0821\ L\ atm\ mol^{-1}\ K^{-1}$. **[BUET'14-15]**

সমাধান: আমরা জানি, $K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \Rightarrow (RT)^{\Delta n} = \left(\frac{K_p}{K_c}\right) \Rightarrow (R.T)^{\frac{1}{2}} = 8 \Rightarrow R.T = 8^2 = 64$

$\Rightarrow T = \frac{64}{0.0821} = 779.5371K = 506.537°C$

41. 25°C তাপমাত্রায়, $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ বিক্রিয়াটিতে, N_2O_4 এবং NO_2 এর আংশিক চাপ যথাক্রমে, 0.75 atm ও 0.25 atm। বিক্রিয়াটির K_p ও K_c এর মান কত হবে। **[CUET'13-14]**

সমাধান: $K_P = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{(0.25)^2}{0.75} = 8.33 \times 10^{-2}$ atm; $K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$

$K_C = \frac{K_P}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{8.33\times10^{-2}}{0.0821\times298} = 3.4 \times 10^{-3}\ moldm^{-3}$

[Ans: 8.33×10^{-2} atm, $3.4 \times 10^{-3}\ moldm^{-3}$]

$P_{NO_2} = 0.25$ atm

$P_{N_2O_4} = 0.75$ atm

$\Delta n = 2 - 1 = 1$

42. 4.05 mol হাইড্রোজেন এবং 4.65 mL আয়োডিন 444°C তাপমাত্রায় 1 L ফ্লাস্কে রেখে তাপ দিলে 6.75 mol HI উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক K_p ও K_c নির্ণয় কর। **[RUET'12-13]**

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

প্রাথমিক: 4.05 4.65 0 mole

সাম্যাবস্থায় $(4.05 - x)$ $(4.65 - x)$ $2x$ mole

$2x = 6.75 \therefore x = 3.375$ mole

$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]}$

ধরি, আয়তন $= V = \frac{\left(\frac{6.75}{V}\right)^2}{\left(\frac{4.05-3.375}{V}\right)\times\left(\frac{4.65-3.375}{V}\right)}$

$K_c = 52.94; \Delta n = 2 - 1 - 1 = 0 \therefore K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 52.94 \times (RT)^0 \therefore K_p = 52.94$

43. 25°C উষ্ণতায় এক বায়ুচাপে N_2O_4 18.5% বিয়োজিত হয়। উক্ত বিয়োজনের জন্য K_P এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান:

	N_2O_4	$\rightleftharpoons$	$2NO_2$	
প্রাথমিক:	1		0	মোট মোল সংখ্যা $= 1 - x + 2x = 1 + x$
সাম্য mole:	$1 - x$		$2x$	
আংশিক চাপ:	$\frac{1-x}{1+x} \times P$		$\frac{2x}{1+x} \times P$	

$K_p = \frac{\left(\frac{2x}{1+x}\times P\right)^2}{\left(\frac{1-x}{1+x}\times P\right)} = \frac{4x^2P}{1-x^2} = \frac{4\times(0.185)^2\times1}{1-(0.185)^2} = 0.141$ atm **(Ans.)**

44. $PCl_3 + Cl_2 \rightleftharpoons PCl_5$ বিক্রিয়াটির জন্য 230°C তাপমাত্রায় K_c এর মান 49। যদি PCl_3 ও Cl_2 এর প্রত্যেকটির 0.50 মোল করে নিয়ে 5.0 liter আয়তনের পাত্রে রাখা হয়, তবে ঐ তাপমাত্রায় মিশ্রণের উপাদানগুলোর ঘনমাত্রা কত? **[RUET'11-12]**

সমাধান: $PCl_5 + Cl_2 \rightleftharpoons PCl_5$

প্রাথমিক অবস্থাঃ 0.5 0.5 x mole

সাম্যাবস্থা ঃ $0.5 - x$ $0.5 - x$ x mole

$K_C = \frac{[PCl_5]}{[PCl_3][Cl_2]} = \frac{\frac{x}{5}}{\left(\frac{0.5-x}{5}\right)\left(\frac{0.5-x}{5}\right)} \therefore 49 = \frac{\frac{x}{5}}{\left(\frac{0.5-x}{5}\right)^2}$ বা, $\left[\frac{7\times(0.5-x)}{5}\right]^2 = \frac{x}{5}$

বা, $\frac{(3.5-7x)^2}{25} = \frac{x}{5}$ বা, $(3.5 - 7x)^2 = 5x$ বা, $12.25 - 49x + 49x^2 = 5x$

By solving, $x = 0.7826$mol (প্রায়) এবং 0.3195mol (প্রায়)

এক্ষেত্রে 0.7826 mol (অগ্রাহ্য) $\therefore$ সাম্য মিশ্রনে, $PCl_5 = 0.3195$ mol

$PCl_3 = Cl_2 = (0.5 - 0.3195)$ mol $= 0.1805$ mol $\therefore [PCl_5] = \frac{0.3195}{5}$ molL^{-1} $= 0.0639$ molL^{-1};

$[PCl_3] = [Cl_2] = \frac{0.1805}{5}$ molL^{-1} $= 0.0361$ molL^{-1}

45. 700 K তাপমাত্রায় ও 20 atm চাপে $N_2(g) + 3H_2(g) = 2NH_3(g)$ বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায় 21% N_2 ও 16% NH_3 থাকে। বিক্রিয়াটির K_P ও K_C নির্ণয় কর। **[RUET'10-11, 03-04, 05-06]**

সমাধান: $N_2 = 21\%, NH_3 = 16\%, H_2 = 100 - (16 + 21) = 63\%$

$\therefore P_{H_2} = \frac{63}{100} \times 20 = 12.6$ atm, $P_{NH_3} = \frac{16}{100} \times 20 = 3.2$ atm

$P_{N_2} = \frac{21}{100} \times 20 = 4.2$ atm $\therefore K_P = \frac{(P_{NH_3})^2}{P_{N_2}\times(P_{H_2})^3} = \frac{3.2^2}{4.2\times12.6^3} = 1.2 \times 10^{-3}$ atm^{-2}(Ans.)

$K_P = K_C(RT)^{\Delta n} \therefore K_C = \frac{K_P}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{1.2\times10^{-3}}{(0.0821\times700)^{-2}} [\because \Delta n = 2 - 1 - 3 = -2] = 3.9537$ L^{2}mol^{-2}

46. 600°C উষ্ণতায় নিচের বিক্রিয়ার K_c এর মান 61.7 হলে K_pএর মান কত? **[BUTEX'10-11]**

$SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons SO_3$

সমাধান: $SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons SO_3$

এখানে, $\Delta n = 1 - 1 - \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$; দেওয়া আছে, $K_c = 61.7$

$\therefore K_p = K_c(RT)^{\Delta h} = 61.7 \times (0.0821 \times 873)^{-\frac{1}{2}} atm^{-1} = 7.288$ (Ans.)

47. 444°C তাপমাত্রায় 8.1 মি.লি হাইড্রোজেন 9.3 মি. লি আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়ায় 13.5 মি. লি হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI) তৈরী করে। একই তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর। **[RUET'09-10]**

সমাধান:

	$H_{2(g)}$	+	$I_{2(g)}$	⇌	$2HI_{(g)}$
	8.1		9.3		0
	8.1 − 6.75		9.3 − 6.75		13.5
	= 1.35		= 2.55		

ধরি, পাত্রের আয়তন V

$\therefore$ সাম্যধ্রুবক $= \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{\left(\frac{13.5}{V}\right)^2}{\frac{1.35}{V} \times \frac{2.55}{V}} = 52.94$ **(Ans.)**

48. ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাক্সাইডের বিয়োজনটি নিম্নরূপঃ **[BUET'08-09]**

$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$

সাম্যাবস্থায় 25°C তাপমাত্রায় গ্যাস দুটির আংশিক চাপ যথাক্রমে $P_{N_2O_4} = 0.69$ atm এবং $P_{NO_2} = 0.31$ atm. (a) সাম্যধ্রুবক K_p ও K_cএবং (b) এই তাপমাত্রায় ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাক্সাইডের বিয়োজন মাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান: $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$; $K_p = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{(0.31)^2}{0.69}$ atm $= 0.139$ atm

$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \Rightarrow K_c = \frac{0.139\ mol\ L^{-1}}{(0.0821 \times 298)^{2-1}} = 5.68 \times 10^{-3}\ mol\ L^{-1}$

$K_p = \frac{4\alpha^2 P}{1-\alpha^2} \Rightarrow \frac{K_p}{P} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2}$; $\frac{1-\alpha^2}{\alpha^2} = \frac{4P}{K_p} \Rightarrow \frac{1}{\alpha^2} = \frac{4P}{K_p} + 1 \Rightarrow \frac{1}{\alpha^2} = \frac{4 \times (0.69+0.31)}{0.139} + 1 \Rightarrow \alpha = 0.183$

49. (i) রাসায়নিক সাম্যাবস্থার শর্তগুলি লিখ। **[RUET'08-09]**

সমাধান: (ক) বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা (খ) প্রভাবকের ভূমিকাহীনতা (গ) সাম্যের স্থায়ীত্ব (ঘ) উভয়দিক হতে সুগম্যতা

(ii) 25°C তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় N_2O_4 এর বিয়োজনের মিশ্রণে N_2O_4 এর আংশিক চাপ 0.75 atm. এবং বিক্রিয়াটির $K_p = 8.33 \times 10^{-2}$ atm. বিক্রিয়াটির K_c এবং NO_2 এর আংশিক চাপ নির্ণয় কর।

সমাধান: $N_2O_4 \leftrightharpoons 2NO_2$; $K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} \Rightarrow P_{NO_2} = \sqrt{K_p \times P_{N_2O_4}} = \sqrt{8.33 \times 10^{-2} \times 0.75} = 0.25$ atm

$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \Rightarrow K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{8.33 \times 10^{-2}}{(0.0821 \times 298)^1} = 3.404 \times 10^{-3}\ molL^{-1}$

50. 500°C তাপমাত্রায় H_2 এবং N_2 বিক্রিয়া করে NH_3 তৈরী করে। বিক্রিয়াটির $K_c = 6.0 \times 10^{-2}$ হলে K_p এর মান কত হবে?

সমাধান: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ **[CUET'08-09]**

$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 6 \times 10^{-2} \times (0.0821 \times 773)^{-2}(atm)^{-2} = 1.489 \times 10^{-5}(atm)^{-2}$(Ans.)

51. 25°C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে 18.5% N_2O_4 বিয়োজিত হয়ে NO_2 হয়। ঐ তাপমাত্রায় ও 0.5 atm চাপে N_2O_4 এর বিয়োজন মাত্রা কত হবে? **[BUET'07-08]**

N_2O_4	⇌	$2NO_2$
0		0
1 − α		2α

সমাধান: $\alpha = 0.185$; $K_p = \frac{\left(\frac{2\alpha}{1+\alpha}\right)^2 P^2}{\frac{1-\alpha}{1+\alpha}P} = \frac{4\alpha^2 P}{1-\alpha^2} = \frac{4 \times (.185)^2 \times 1}{1-.185^2} = 0.1418$

এখন, ধরি, ২য় ক্ষেত্রে বিয়োজন হার α_2

Now, $K_p = 0.1418 \Rightarrow K_p = \frac{4\alpha_2^2 P}{1-\alpha_2^2} \Rightarrow 0.1418 = \frac{4\alpha_2^2(0.5)}{1-\alpha_2^2}$

$\Rightarrow 0.1418 - 0.1418\alpha_2^2 = 2\alpha_2^2 \therefore \alpha_2^2 = 0.066 \therefore \alpha_2 = 25.74\%$ **(Ans.)**

52. (a) নিম্নের বিক্রিয়াগুলোর ক্ষেত্রে K_p ও K_c এর সম্পর্ক স্থাপন কর। **[RUET'07-08]**

(i) $N_2 + 3H_2 \leftrightharpoons 2NH_3$ (ii) $PCl_5 \leftrightharpoons PCl_3 + Cl_2$

(b) 4.05 mol হাইড্রোজেন এবং 4.65 mol আয়োডিন 444°C তাপমাত্রার 1 L ফ্লাস্কে রেখে তাপ দিলে 6.75 mol HI উৎপন্ন হয়. $H_2 + I_2 \leftrightharpoons 2HI$ বিক্রিয়াটির সাম্য ধ্রুবক K_p ও K_c নির্ণয় কর?

সমাধান: (a) (i) $N_2 + 3H_2 \Leftrightarrow 2NH_3$

$\Delta n = 2 - (3+1) = -2 \therefore K_p = K_c \times (RT)^{\Delta n} \Rightarrow K_p = \frac{K_c}{(RT)^2}$

(ii) $PCl_5 \Leftrightarrow PCl_3 + Cl_2; \Delta n = 2 - 1 = 1 \Rightarrow K_p = K_c \times (RT)$

(b)

	H_2	+	I_2	$\leftrightharpoons$	2HI
	4.05		4.65		0
	$4.05 - x$		$4.65 - x$		$2x$

শর্তমতে, $2x = 6.75 \Rightarrow x = 3.375$

$\therefore K_c = \frac{6.75^2}{(4.05-3.375)(4.65-3.375)} = 52.94 \therefore K_c = K_P = 52.94[\Delta n = 0]$ **(Ans.)**

53. একটি 4.0L পাত্রে 1.0 mol নাইট্রোজেন গ্যাস এবং 3.0 mol হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয়। যদি নাইট্রোজেনের 25% অ্যামোনিয়াতে রূপান্তরিত হয় তবে $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ অনুসারে K_C এর মান নির্ণয় কর। **[BUET'06-07, BUTEX'07-08]**

সমাধান:

	N_2	+	$3H_2$	$\rightleftharpoons$	$2NH_3$
Initial:	1		3		0
Equilibrium:	$1-0.25$		$3(1-0.25)$		2×0.25

$\therefore K_c = \frac{\left(\frac{0.5}{4}\right)^2}{\left(\frac{2.25}{4}\right)^3 \times \frac{0.75}{4}} = 0.468\ mol^{-2}\ dm^6$

54. 25°C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে PCl_5 80% বিয়োজিত হয়ে PCl_3, Cl_2 উৎপন্ন করে। PCl_3 এবং Cl_2 এর আংশিক চাপ, K_p ও K_c নির্ণয় কর। **[RUET'06-07]**

সমাধান:

	PCl_5	$\rightarrow$	PCl_3	+	Cl_2
Initial:	1		0		0
Equilibrium:	$1-0.8=0.2$		0.8		0.8

$\therefore PCl_3$ এর আংশিক চাপ $= \frac{0.8}{0.2+0.8+0.8} \times 1\ atm = 0.44\ atm$

Cl_2 এর আংশিক চাপ $= \frac{0.8}{0.2+0.8+0.8} \times 1\ atm = 0.44\ atm$; $K_c = 7.2 \times 10^{-2}\ mol\ L^{-1}$

55. 30°C তাপমাত্রাতে নিম্নবর্ণিত বিক্রিয়াটির সাম্য ধ্রুবক (K_p) 2.9×10^{-2} atm হলে বিক্রিয়াটির বিয়োজন মাত্রা নির্ণয় কর, যখন সাম্য মিশ্রণের মোট চাপ 1.15 atm। **[KUET'04-05, CUET'04-05]**

সমাধান:

	SO_2Cl_2	$\rightarrow$	SO_2	+	Cl_2
	1		0		0
	$1-\alpha$		α		α

$K_p = \frac{(P_{SO_2})\times(P_{Cl_2})}{(P_{SO_2Cl_2})} = \frac{\frac{\alpha}{1+\alpha}\times P \times \frac{\alpha}{1+\alpha}P}{\frac{1-\alpha}{1+\alpha}P}$

$\Rightarrow K_p = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2}P \Rightarrow \frac{1}{\alpha^2} - 1 = \frac{P}{K_p}$

$\frac{1}{\alpha^2} = \frac{P}{K_p} + 1 = \frac{1.15}{2.9\times10^{-2}} + 1 \Rightarrow \alpha^2 = \frac{1}{40.655}$

$\Rightarrow \alpha = 0.1568$ (Ans.)

56. ভরক্রিয়া সূত্র বিবৃত কর। 30° C তাপমাত্রায় ও 31.5 atm বায়ু চাপে 15.6% PCl_5 বিয়োজিত হয়। উক্ত বিয়োজনে K_p এর মান নির্ণয় কর। **[CUET'03-04]**

সমাধান: ভর ক্রিয়া সূত্রঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট সময়ে যে কোনো বিক্রিয়ার হার ঐ সময়ে উপস্থিত বিক্রিয়কগুলোর সক্রিয় ভরের সমানুপাতিক।

	PCl_5	$\rightleftharpoons$	PCl_3	Cl_2
	↓		↓	↓
সাম্যাবস্থায়	0.844		0.156	0.156 মোল

$K_p = \frac{P_{PCl_3}\times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} = \frac{\left(\frac{31.5\times0.156}{1.156}\right)\times\left(\frac{31.5\times0.156}{1.156}\right)}{\left(\frac{31.5\times0.844}{1.156}\right)} = 0.786\ atm$

অথবা, $K_p = \frac{\alpha^2 P}{1-\alpha^2} = \frac{(0.156)^2\times31.5}{1-(0.156)^2} = 0.786\ atm$

Question Type-05: এসিড ও ক্ষারক

➲ **Concept:**

মতবাদ	Acid	Base
অ্যারহেনিয়াস	জলীয় দ্রবণে H^+ দান করে	জলীয় দ্রবণে OH^- দান করে
ব্রনস্টেড ও লাউরি	H^+ দান করে	H^+ গ্রহণ করে
লুইস	ইলেকট্রনজোড় গ্রহণ করে	ইলেকট্রনজোড় দান করে

নির্দেশকের নাম	এসিডীয় মাধ্যমে বর্ণ	ক্ষারীয় মাধ্যমে বর্ণ	বর্ণ পরিবর্তনের pH পরিসর
ফেনলফথ্যালিন	বর্ণহীন	লালচে বেগুনি / গোলাপী	8.3-10.0
মিথাইল রেড	লাল	হলুদ	4.2-6.3
মিথাইল অরেঞ্জ	লাল	হলুদ	3.1-4.4

টাইট্রেশনে ব্যবহৃত এসিড ও ক্ষারক	টাইট্রেশন উপযোগী নির্দেশক	তুল্যতা বিন্দুতে pH পরিবর্তনের বিস্তার
তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষার। যেমন: HCl ও NaOH দ্রবণ।	যে কোন নির্দেশক	3.1–9.7
মৃদু এসিড ও তীব্র ক্ষার। যেমন: CH_3COOH ও NaOH।	ফেনলফথ্যালিন, থাইমলফথ্যালিন	6-11
তীব্র এসিড, মৃদু ক্ষারক। যেমন: HCl ও NH_4OH দ্রবণ।	মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড	3.5-7
মৃদু এসিড, মৃদু ক্ষারক।	কোন নির্দেশকই উপযোগী নয়।	pH এর অতি ধীরে ধীরে পরিবর্তন।

$HClO_4 > H_2SO_4 > HI > HBr > HCl > HNO_3 > H_3O^+ > H_2SO_3 > H_3PO_4 > HNO_2 > HF > CH_3COOH > H_2CO_3 > HCN > H_2O$

শক্তিশালী এসিড ← → দুর্বল এসিড

MCQ

01. "Oil of Vitriol" হলো- **[Ans: d] [BUTEX'16-17]**

(a) HNO_3 (b) H_3PO_4 (c) HCl (d) H_2SO_4

02. If acid rain happens at IUT, what will you use to make the soil normal? **[IUT'16-17]**

(a) TSP (b) $(NH_4)_2CO_3$ (c) Dolomite (d) KNO_3

Solution: (c); Dolomite: $CaCO_3.MgCO_3$ which is a basic compound.

03. According to Acid's strength, which one of the following statement is not true? **[Ans: b][IUT'16-17]**

(a) $HCl > H_2SO_3 > HNO_2$ (b) $H_3PO_3 > H_3PO_4 > HCO_2H$

(c) $HF > HNO_2 > CH_3CO_2H$ (d) $H_3PO_3 > HNO_2 > HCO_2H$

04. নিচের কোনটি সবচেয়ে শক্তিশালী এসিড? **[BUTEX'15-16]**

(a) $HClO_4$ (b) HCl (c) $HClO_2$ (d) $HClO_3$

সমাধান: (a); $HClO_4$ এ Cl এর জারণ মান সর্বোচ্চ +7। কেন্দ্রীয় পরমাণুর চার্জ ঘনত্ব বেশী হলে এসিড অধিক শক্তিশালী হয়।

05. মাটির pH কমে গেলে কোন ধরনের সার যোগ করে মান নিয়ন্ত্রণ করা হয়? **[Ans: c] [RUET'14-15]**

(a) Na and Mn (b) Zn and Na

(c) Ca and Mg (d) K and Zn (e) None

06. অ্যামোনিয়া দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ কোন বর্ণ ধারণ করে? **[BUTEX'12-13]**

(a) বর্ণহীন (b) গোলাপী লাল (c) লাল (d) হলুদ

সমাধান: (d); ক্ষারীয় মাধ্যমে মিথাইল অরেঞ্জ হলুদ বর্ণ ধারণ করে।

07. $H_2O + NH_3 = NH_4^+ + OH^-$ বিক্রিয়াটিতে পানির ভূমিকা কি? **[Ans: a] [CUET'10-11]**

(a) অম্ল (b) ক্ষার (c) নিরপেক্ষ যৌগ (d) None of these

Written

08. $AlCl_3$ কে ..... এসিড বলে। **[BUTEX'07-08]**

সমাধান: লুইস

09. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলি অম্লীয়, ক্ষারীয় অথবা নিরপেক্ষ হিসাবে আয়নিক সমীকরণের সাহায্যে দেখাও। **[BUET'04-05]**

(a) CH_3COONa	(b) $ZnCl_2$	(c) KNO_3
$CH_3COONa \xrightarrow{H_2O} CH_3COO^- + Na^+$ $Na^+ + O\bar{H} \rightarrow \underset{\text{(তীব্র ক্ষার)}}{NaOH}$ $CH_3 - COO^- + H^+ \rightarrow \underset{\text{(দুর্বল এসিড)}}{CH_3 - COOH}$ ∴ দ্রবণটি ক্ষারীয়	$ZnCl_2 \xrightarrow{H_2O} Zn^{2+} + 2Cl^-$ $Zn^{2+} + 2OH^- \rightarrow \underset{\text{(দুর্বল ক্ষার)}}{Zn(OH)_2}$ $2Cl^- + 2H^+ \rightarrow \underset{\text{(তীব্র এসিড)}}{2HCl}$ ∴ দ্রবণটি এসিডিক	$KNO_3 \xrightarrow{H_2O} K^+ + NO_3^-$ $K^+ + OH^- \rightarrow \underset{\text{তীব্র ক্ষার}}{KOH}$ $NO_3^- + H^+ \rightarrow \underset{\text{তীব্র এসিড}}{HNO_3}$ ∴ দ্রবণটি নিরপেক্ষ

10. নিচের এসিডের জোড়ায় কোনটি বেশি শক্তিশালী তাতে টিক (√) চিহ্ন দাওঃ **[BUET'03-04]**

(i) HCl, HF (ii) HClO, $HClO_4$ (iii) HNO_3, H_2SO_4 (iv) HIO_4, $HClO_4$

সমাধান: (i) HCl (ii) $HClO_4$ (iii) H_2SO_4 (iv) $HClO_4$

11 নিচের অম্লগুলিকে তাদের শক্তির ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে সাজাও। $H_2TeO_4, H_2SO_4, H_2SeO_4$ **[BUET'03-04]**

সমাধান: $H_2SO_4 > H_2SeO_4 > H_2TeO_4$ কারণ কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা একই হলে যার আকার ছোট তার শক্তি বেশি।

12. নিচের অণু/আয়নগুলোকে ক্ষারক শক্তির বর্ধিত ক্রমানুসারে সাজাও। **[BUET'01-02]**

$F, H_2O, NH_3, OH^-, CO_3^{2-}$

সমাধান:

অণুবন্ধী এসিড	K_a
HCO_3^-	7.7×10^{-11}
H_2O	1×10^{-14}
NH_4^+	5.63×10^{-10}
HF	6.76×10^{-4}
H_3O^+	10

∴ অম্লত্ব: $H_3O^+ > HF > NH_4^+ > HCO_3^- > H_2O$

∴ ক্ষারত্ব: $OH^- > CO_3^{2-} > NH_3 > F^- > H_2O$

Question Type-06: পানির আয়নিক গুণফল

➲ **Concept:**

পানির আয়নিক গুণফল: $K_w = [H_3O^+][OH^-]$

Temp ↑ K_w ↑ Temp ↓ K_w ↓

MCQ

01. 25°C তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফল (K_w) ও মোলার ঘনমাত্রা থেকে বিয়োজিত ও অবিয়োজিত পানির অনুপাত বের কর। **[CKRUET'21-22]**

(a) $1.20 \times 10^{-9}:1$ (b) $1.60 \times 10^{-8}:1$ (c) $1.50 \times 10^{-8}:1$ (d) $1.80 \times 10^{-9}:1$ (e) $1.90 \times 10^{-9}:1$

সমাধান: **(d)**; $K_w = 1 \times 10^{-14}$; $[H^+] = \sqrt{K_w} = 1 \times 10^{-7}$M; $[H_2O] = 55.56$ M

∴ বিয়োজিত ও অবিয়োজিত পানির অনুপাত $= \frac{1\times10^{-7}}{55.56-1\times10^{-7}} = 1.8 \times 10^{-9}:1$

02. 298 K তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুনফলের মান কত? **[BUTEX'15-16]**

(a) 10^{-12} (b) 10^{-15} (c) 10^{-14} (d) 10^{-7}

সমাধান: (c); $K_W = [H^+][OH^-]$

298 K তাপমাত্রায়, $pH = pOH = 7 \therefore [H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \therefore K_W = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$

03. বিশুদ্ধ পানির মোলারিটি কত? **[BUTEX'13-14]**

(a) 1.16 M (b) 5.56 M (c) 18.36 M (d) 55.56 M

সমাধান: (d); $C = \frac{\text{mole}}{\text{Litre}} = \frac{1000/18\text{mole}}{1\text{ Litre}} = 55.556\text{ M}$

[4°C তাপমাত্রায় 1000 gram পানি 1 L আয়তন দখল করে]

04. নিম্নের কোনটি 298 K তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফল? **[BUET'10-11]**

(a) 10^{-12} M (b) 10^{-14} (c) 10^{-13} M^2 (d) 10^{-14} M^2

সমাধান: (b); 298 K তাপমাত্রায়, $K_W = 10^{-14}$ [এককবিহীন]

Written

05. পানির বিয়োজন ধ্রুবক হিসাব কর; দেয়া আছে 25°C তাপমাত্রায় $K_w = 1 \times 10^{-14}$। **[KUET'19-20]**

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

∴ পানির বিয়োজন ধ্রুবক, $K = \frac{[H_3O^+] \times [OH^-]}{[H_2O]^2} = \frac{K_w}{[H_2O]^2}$ [$\because [H_3O^+] \times [OH^-] = K_w$]

পানির ঘনত্ব 1g mL^{-1} ধরে 1L পানির মোল সংখ্যা $= \frac{1000}{18} = 55.55$

∴ পানির ঘনমাত্রা $[H_2O] = 55.55\text{ molL}^{-1}$

$\therefore K = \frac{K_w}{[H_2O]^2} = \frac{1 \times 10^{-14}}{55.55^2} = 3.24 \times 10^{-18}$ **(Ans.)**

Question Type-07: এসিড ও ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক সংক্রান্ত সমস্যা

➲ **Concept:**

➢ $HA \rightarrow H^+ + A^-$ এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক, $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$

➢ $BOH \rightarrow B^+ + OH^-$ ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক, $K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}$

➢ অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র, $\alpha \propto \frac{1}{\sqrt{c}}$; $K_a = \alpha^2 c \therefore \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}}$

MCQ

01. Calculate the pH of 0.1 M CH_3COOH. The dissociation constant of acetic acid is 1.8×10^{-5}. **[IUT'20-21]**

(a) 1.80 (b) 2.17 (c) 3.15 (d) 2.87

Solution:(d); $K_a = C\alpha^2$; $CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$

$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow K_a = \frac{[H^+]^2}{[CH_3COOH]}$

$\Rightarrow [H^+] = \sqrt{K_a \times [CH_3COOH]} = \sqrt{1.8 \times 10^{-5} \times 0.1}\text{ M}$

$= 1.3416 \times 10^{-3}\text{ M}$

[$[H^+] = [CH_3COO^{-1}]$]

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

$= -\log(1.3416 \times 10^{-3})$

$= 2.8723$ **(Ans.)**

02. অ্যামোনিয়াম কনজুগেট অম্ল NH_4^+ এর $K_a = 5.8 \times 10^{-10}$ হলে NH_3 এর K_b এর মান কত? **[CUET'14-15]**

(a) 5.8×10^{-10} mol L^{-1} (b) 5.8×10^{-4} mol L^{-1}

(c) 1.72×10^{-5} mol L^{-1} (d) 1.27×10^{-5} mol L^{-1}

সমাধান: (c); $K_a \times K_b = K_w \quad \therefore 5.8 \times 10^{-10} \times K_b = 10^{-14} \quad \therefore K_b = 1.72 \times 10^{-5}$ mol L^{-1}

03. 298 K তাপমাত্রায় HNO_2 এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক 4.5×10^{-4} । যে ঘনমাত্রায় এসিডটি 5% আয়নিত হয় তা নির্ণয় কর। **[KUET'07-08, BUTEX'12-13]**

(a) 0.18 M (b) 0.09 M (c) 0.05 M (d) 0.005 M (e) 0.0005 M

সমাধান: (a); $K_a = \alpha^2 C; \quad C = \frac{K_a}{\alpha^2} = \frac{4.5 \times 10^{-4}}{(0.05)^2} = 0.18$ M

Written

04. 200 mL 0.1 M H_2S দ্রবণে পানি যোগ করে ঘনমাত্রা কত করলে H_2S এর বিয়োজন 10 গুণ বৃদ্ধি পাবে? [H_2S এর $K_a = 9.1 \times 10^{-8}$] **[BUTEX'20-21]**

সমাধান:

$H_2S(aq) \rightleftharpoons 2H^+(aq) + S^{2-}(aq)$

$(1-\alpha)c \quad 2\alpha c \qquad \alpha c$

$\therefore K_a = \frac{(2\alpha c)^2 \times \alpha c}{(1-\alpha)c} = \frac{4\alpha^3 c^3}{(1-\alpha)c} = \frac{4\alpha^3 c^2}{1-\alpha}$

ধরি, পরিবর্তিত ঘনমাত্রা c' এবং বিয়োজন মাত্রা α'

$\therefore \alpha' = \alpha + 10\,\alpha = 11\alpha, \; c = 0.1\text{M}, \; c' = ?$

$K_a = 9.1 \times 10^{-8} = \frac{4\alpha^3 \times 0.1^2}{1-\alpha} = \frac{4\alpha'^3 \times c'^2}{1-\alpha'}$

$\therefore 0.04\alpha^3 + (9.1 \times 10^{-8})\alpha - (9.1 \times 10^{-8}) = 0 \Rightarrow \alpha = 0.013094$

$\therefore \alpha' = 11\alpha = 0.144034 \therefore c' = 2.55283 \times 10^{-3}$ M $\approx 2.55 \times 10^{-3}$ M

$\therefore$ নির্ণেয় ঘনমাত্রা $= 2.55 \times 10^{-3}$ M

05. NH_3 এর কনজুগেট অম্ল K_a এর মান 5.8×10^{-10} হলে NH_3 এর K_b এর মান কত? **[BUTEX'18-19]**

সমাধান: $K_a \times K_b = K_W \therefore K_b = \frac{K_W}{K_a} = \frac{10^{-14}}{5.8 \times 10^{-10}} = 1.72 \times 10^{-5}$

Question Type-08: pH, pOH

➲ **Concept:**

$pH = -\log[H^+]; \; pOH = -\log[OH^-]$

298 K তাপমাত্রায় একটি নিরপেক্ষ দ্রবণে $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ mol L^{-1}

অতএব, নিরপেক্ষ দ্রবণের $pH = pOH = -\log 10^{-7} = 7$

সবল এসিড এবং সবল ক্ষার দ্রবণের pH এবং pOH নির্ণয়:

x M এক-ক্ষারকীয় সবল এসিড দ্রবণের $pH = -\log[x]$, x M এক-এসিডীয় সবল ক্ষার দ্রবণের $pOH = -\log[x]$

x M দ্বি-ক্ষারকীয় সবল এসিড দ্রবণের $pH = -\log[2x]$, x M দ্বি-এসিডীয় সবল ক্ষার দ্রবণের $pOH = -\log[2x]$

x M ত্রি-ক্ষারকীয় সবল এসিড দ্রবণের $pH = -\log[3x]$, x M ত্রি-এসিডীয় সবল ক্ষার দ্রবণের $pOH = -\log[3x]$

দুর্বল এসিড এবং দুর্বল ক্ষার দ্রবণের pH এবং pOH নির্ণয়:

দুর্বল এসিড ও ক্ষারের pH নির্ণয়ের জন্য অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র ব্যবহার করতে হয়।

অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র হলো $\alpha \propto \frac{1}{\sqrt{c}} \Rightarrow K_a = \alpha^2 c$

$[H^+] = \alpha c = \sqrt{K_a \times c} \quad \therefore pH = -\log[H^+] = -\log(\alpha c) = -\log(\sqrt{K_a \times c})$

ব্যতিক্রম:

যখন Acid দ্রবণের pH 7 তার চেয়ে বেশি আসে তখন $[H^+]$ এর ঘনমাত্রার সাথে 10^{-7} যোগ করতে হয়। ক্ষার দ্রবণের pH 7 বা তার চেয়ে কম আসলে $[H^+]$ এর ঘনমাত্রার সাথে 10^{-7} যোগ করতে হয়। (উল্লেখ্য, এ 10^{-7} হল পানির বিয়োজনে উৎপন্ন $[H^+]$ বা OH^- আয়নের ঘনমাত্রা)

একাধিক এসিড ও ক্ষার দ্রবণ একত্রে মিশ্রিত করলে, $[H^+] = \frac{\Sigma(eSV)_{acid} - \Sigma(eSV)_{base}}{\Sigma V}$

$$[OH^-] = \frac{\Sigma(eSV)_{base} - \Sigma(eSV)_{acid}}{\Sigma V}$$

MCQ

01. কোন দ্রবণের pH = 8.5 এবং আয়তন 2.5 liter দ্রবণে কতটি H^+ আয়ন আছে? **[CKRUET'21-22]**

(a) 7.27×10^{-9} (b) 4.16×10^{-9} (c) 5.48×10^{15} (d) 4.76×10^{15} (e) 1.90×10^{15}

সমাধান: (d); $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-8.5} = 3.16 \times 10^{-9}$M; ${}^nH^+ = 3.16 \times 10^{-9} \times 2.5 = 7.905 \times 10^{-9}$mol

$\therefore H^+$ আয়নের সংখ্যা $= 7.905 \times 10^{-9} \times 6.023 \times 10^{23} = 4.76 \times 10^{15}$

02. মানুষের রক্তের pH 7.4 হলে এই রক্তের 1 mL এ OH^- এর সংখ্যা নির্ণয় কর। **[CKRUET'21-22]**

(a) 1.11×10^{13} (b) 1.34×10^{14} (c) 1.83×10^{14} (d) 1.51×10^{14} (e) 1.49×10^{13}

সমাধান: (d); $pOH = 14 - pH = 14 - 7.4 = 6.6$ এবং $[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-6.6} = 2.512 \times 10^{-7}$ M

$\therefore$ 1mL এ OH^- এর সংখ্যা $= \frac{2.512 \times 10^{-7} \times 6.023 \times 10^{23}}{1000} = 1.513 \times 10^{14}$ টি

03. কমলা লেবুর রসের pH 3.8 হলে ঐ রসে OH^- এর ঘনমাত্রা কত? **[CUET'15-16, CKRUET'20-21]**

(a) 6.33×10^{-11} M (b) 6.54×10^{-11} M (c) 6.75×10^{-11} M (d) 8.4×10^{-11} M (e) 8.81×10^{-11} M

সমাধান: (a); $pH = 3.8 \Rightarrow pOH = 14 - 3.8 = 10.2 \Rightarrow -\log[OH^-] = 10.2$

$\Rightarrow [OH^-] = 10^{-10.2} = 6.31 \times 10^{-11}$ M

04. The concentration of hydronium ion in a water solution is 2.5×10^{-3} M. The solution will be **[IUT'19-20]**

(a) Acidic (b) Neutral (c) Basic (d) None of the above

সমাধান: (a); $pH = -\log[2.5 \times 10^{-3}] = 2.6$ then it is acidic.

05. পানির নীচের কোন দ্রবণটির pH সবচেয়ে বেশি? **[KUET'18-19]**

(a) $\frac{M}{10}$ $MgSO_4$ দ্রবণ (b) $\frac{M}{10}$ NaCl দ্রবণ (c) $\frac{M}{10}$ $FeCl_3$ দ্রবণ (d) $\frac{M}{10}$ Na_2CO_3 দ্রবণ (e) $\frac{M}{10}$ NH_4Cl দ্রবণ

সমাধান: (d); Na_2CO_3 ক্ষারধর্মী। তাই এর pH সবচেয়ে বেশি।

06. X এবং Y দুটি জলীয় দ্রবণের pOH এর মান যথাক্রমে 8 এবং 11. X এবং Y দ্রবণে H_3O^+ আয়নের গাঢ়ত্বের অনুপাত কত হবে? **[KUET'18-19]**

(a) $1 : 1.0 \times 10^3$ (b) $2 : 1$ (c) $1.0 \times 10^3 : 1$ (d) $1 : 1.0 \times 10^2$ (e) $1.0 \times 10^2 : 1$

সমাধান: (a); $\frac{10^{-6}}{10^{-3}} = \frac{1}{10^3}$

07. A sample of sea water has an OH^- concentration of 1.58×10^{-4} M. The pH of the sea water is- **[IUT'18-19]**

(a) 8.20 (b) 11.70 (c) 10.2 (d) 6.8

সমাধান: (c); $pOH = -\log[OH^-] = 3.8 \therefore pH = 10.2$

08. সামুদ্রিক পানির OH^- আয়নের ঘনমাত্রা 5.0×10^{-6} M হলে এতে H_3O^+ আয়নের ঘনমাত্রা কত হবে? **[KUET'17-18]**

(a) 1.0×10^{-9} M (b) 2.0×10^{-9} M (c) 3.0×10^{-9} M

(d) 4.0×10^{-9} M (e) 5.0×10^{-9} M

সমাধান: (b); $[H_3O^+][OH^-] = K_w \therefore [H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{5 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-9}$ M

09. NaOH এর 0.1% জলীয় দ্রবণের pH কত? **[BUTEX'15-16, SUST'17-18]**

(a) 8.5 (b) 9.0 (c) 10.4 (d) 12.4 (e) 13.0

সমাধান: (d); $[OH^-] = [NaOH] = \frac{0.1\times10}{40} = 0.025$ M [$x\%\frac{W}{V}$ দ্রবণের মোলারিটি $= \frac{10x}{M}$]

$\therefore pOH = 1.6 \Rightarrow pH = 14 - 1.6 = 12.4$

10. 0.001 M NaOH এর pH কত? **[BUTEX'16-17]**

(a) 3 (b) 7 (c) 11 (d) 5

সমাধান: (c); $pH = 14 + \log[OH] = 11$

11. 100 mL ক্ষারীয় পানি সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 16.9 mL $\frac{N}{50}$ HCl প্রয়োজন। পানির ক্ষারকত্বের পরিমাণ কত?

(a) 169 ppm (b) 338 ppm (c) 338 ppb (d) 16.9 ppm (e) 84.5 ppm

সমাধান: (a); $\frac{1}{50}\times\frac{16.9}{1000} = 2\times\frac{g}{100}$ (as $CaCO_3$) $\Rightarrow g = 0.0169$ gm $= 16.9$ gm **[KUET'15-16]**

$\therefore$ 1000 mL এর জন্য ক্ষারকত্ব $= 169$ ppm

12. একটি বাফার দ্রবণে 0.020 mol NH_4OH এবং 0.035 mol NH_4Cl আছে। দ্রবণটির pH কত? ($K_b = 1.8\times10^{-5}$) **[KUET'15-16]**

(a) 7.05 (b) 4.988 (c) 9.01 (d) 11.03 (e) 8.07

সমাধান: (c); $pOH = pK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} = -\log K_b + \log\frac{\frac{n_{salt}}{V}}{\frac{n_{base}}{V}} = -\log(1.8\times10^{-5}) + \log\frac{0.035}{0.02} = 4.988$

$\therefore pH = 14 - 4.988 = 9.01$

13. 0.02 M NaOH দ্রবণের pH কোনটি? **[KUET'14-15]**

(a) 1.69 (b) 8.77 (c) 12.30 (d) 13.31 (e) 13.98

সমাধান: (c); $pOH = -\log(0.02) = 1.7$; $\therefore pH = 14 - pOH = 12.3$

14. A solution has hydroxyl ion (OH^-) concentration of 6.2×10^{-7} mol/L. The pH of this solution will be- **[IUT'14-15]**

(a) 8.7 (b) 7.8 (c) 6.8 (d) 2.1

Solution: (b); $pOH = -\log[OH^-] = -\log[6.2\times10^{-7}] = 6.2$ $\therefore pH = 14 - pOH = 7.8$

15. মাটির pH 3.0 এর কম হলে কৃষি উৎপাদন ব্যাপকভাবে হ্রাস পাবে, কারণ এ অবস্থায়– **[Ans: a] [BUET' 13-14]**

(a) মাটির অণুজীব ধ্বংস হয়ে যাবে (b) মাটিতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ ব্যাপকভাবে হ্রাস পাবে

(c) মাটির গঠন দুর্বল হয়ে যাবে (d) মাটির উপাদান বিষাক্ত হয়ে উঠবে

16. 0.02 M $Ba(OH)_2$ দ্রবণের pH নির্ণয় কর। **[RUET'13-14]**

(a) 12.60 (b) 5.36 (c) 8.12 (d) 11.24 (e) None

সমাধান: (a); $pH = 14 - pOH = 14 + \log(2\times0.020) = 12.60$.

17. 0.025 M OH^- দ্রবণের pH কোনটি? **[BUTEX'13-14]**

(a) 1.60 (b) 3.69 (c) 10.31 (d) 12.40

সমাধান: (d); $pH = 14 - pOH = 14 + \log(OH^-) = 12.4$

18. নিম্নের কোনটি রক্তের pH এর মান? **[Ans: d][RUET'12-13]**

(a) 7–7.55 (b) 6.45–7.45 (c) 6.0–7.45 (d) 7.35–7.45 (e) 7.0–8.0

19. 25°C তাপমাত্রায় 0.015 M এবং 3.75% ইথানয়িক এসিড দ্রবণের pH কত হবে ? **[KUET'11-12]**

(a) 1.8239 (b) 1.2498 (c) 3.2498 (d) 2.2498 (e) 1.4259

সমাধান: (c); H^+এর মোল সংখ্যা $= 0.015\times(3.75\div100)$ mole $= 5.625\times10^{-4}$ mole

$pH = -\log(5.625\times10^{-4}) = 3.2498$

20. কোন দ্রবণের pH = 8.5, দ্রবনে কতটি H^+ আয়ন আছে (দ্রবণের আয়তন =2.3 litre) **[RUET'11-12]**

(a) 7.27×10^{-9} (b) 3.16×10^{-9} (c)4.38×10^{15} (d) 1.9×10^{15} (e) None

সমাধান: (c); $-\log[H^+] = 8.5 \therefore [H^+] = 3.16 \times 10^{-9}\ molL^{-1}$

$\therefore H^+$ এর সংখ্যা $= 3.16 \times 10^{-9} \times 2.3 \times 6.023 \times 10^{23} = 4.38 \times 10^{15}$

21. চোখের পানির pH সীমা হবে- **[Ans:c][BUTEX'11-12]**

(a) 6.65-6.38 (b) 6.6-6.9 (c) 4.8-7.5 (d) 2.0-1.6

22. 1.0 M H_2SO_4 দ্রবণে উপস্থিত হাইড্রোজেন আয়নের মোলারিটি হবে **[Ans:b][BUTEX'11-12]**

(a) 1.0 M (b) 2.0 M (c) 3.0 M (d) 4.0 M

23. How many times will the concentration of H^+ ion in a solution decrease if its pH is changed from 2 to 5? **[Ans: c] [IUT'11-12]**

(a) 10000 times (b) 100 times (c) 1000 times (d) 10 times

24. বিশুদ্ধ পানিতে ইথানল যোগ করলে মিশ্রণটির pH এর মান হবে- **[Ans: c] [BUET'10-11]**

(a) 7.0 অপেক্ষা বেশি (b) 7.0 অপেক্ষা কম (c) 7.0 (d) None

25. খাবার লবণের 1.0 M জলীয় দ্রবণের pH এর মান কত? **[Ans: b] [BUET'10-11]**

(a) 6.5 (b) 7.0 (c) 4.5 (d) 8.5

26. 0.2 gm NaOH 250 ml বিশুদ্ধ পানিতে দ্রবীভূত করলে দ্রবণের pH এর মান কত হবে? **[KUET'10-11]**

(a) 12.3 (b) 13.3 (c) 11.3 (d) 10.3 (e) 9.3

সমাধান: (a); 250 mL পানিতে NaOH আছে 0.2 gm

$\therefore$ দ্রবণের মোলারিটি 0.02 M $\therefore pH = 14 + \log(0.02) = 12.3$

27. অম্ল বৃষ্টির pH এর মান কত? **[Ans: d] [RUET'10-11]**

(a) 5.6 (b) 7.0 (c) 6.2 (d) 4.2 (e) None

28. কোন দ্রবণের pH এর মান 3.6 হলে দ্রবনটির $[H^+]$ এর মান কোনটি? **[CUET'10-11]**

(a) 2.51×10^{-3} mol / L (b) 2.51×10^{-5} mol / L

(c) 2.51×10^{-4} mol / L (d) None

সমাধান: $pH = -\log[H^+] \therefore [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-3.6} = 2.512 \times 10^{-4}$ mol / L

29. 0.0001 M HCI দ্রবণের pH এর মান কত? **[CUET'10-11]**

(a) 4.0 (b) 3.0 (c) 3.5 (d) None of these

সমাধান: $pH = -\log[H^+] = -\log(0.0001) = 4$

30. একটি ফলের রসে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনত্ব 3.3×10^{-2} M হলে ঐ রসের pH কত? **[CUET'10-11]**

(a) 2.00 (b) 1.48 (c) 4.48 (d) 2.18

সমাধান: $pH = -\log[H^+] = -\log(3.3 \times 10^{-2}) = 1.482$

31. If the hydrogen ion concentration of a fruit juice is 3.3×10^{-2} M, what is the pH? **[IUT'10-11]**

(a) 2.48 (b) 3.48 (c) 2.18 (d) 1.48

Solution: (d); $pH = -\log[H^+] = -\log[3.3 \times 10^{-2}] = 1.48$

32. What is the pH of the solution at 198 K containing 2 g of NaOH in 800 ml of water? **[IUT'08-09]**

(a) 13 (b) 6.25 (c) 12.796 (d) 12.204

Solution: (c); $C = \frac{1000W}{MV} = \frac{1000\times2}{40\times800} = 0.0625$ M

$\therefore pOH = -\log C = 1.20412 \therefore pH = 14 - pOH = 12.796$

33. The number of H^+ ions present in 1 mL of a solution having pH = 13 is: **[IUT'08-09]**

(a) 10^{13} (b) 6.023×10^{13} (c) 6.023×10^{7} (d) 6.023×10^{10}

Solution: (c); $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-13}\ molL^{-1}$; No. of ion $= \frac{10^{-13}\times6.023\times10^{24}}{1000} = 6.02 \times 10^{7}$

Written

34. নিচের ফ্লুইডগুলোর pH মানের সীমা লিখ: (i) মুখের লালা (ii) পাকস্থলীর রস **[BUET'19-20]**

সমাধান: (i) 6.35 – 6.68 (ii) 1.4 – 2.0

35. 1 M, 0.1 M ও 0.001 M NaOH দ্রবনের pH নির্ণয় কর। **[RUET'19-20]**

সমাধান: $pH + pOH = 14 \Rightarrow pH = 14 - pOH = 14 - (-\log[OH^-]) = 14 + \log[OH^-]$

$pH(1\ M\ NaOH) = 14 + \log(1) = 14$

$pH(0.1\ M\ NaOH) = 14 + \log(0.1) = 13$

$pH(0.001\ M\ NaOH) = 14 + \log(0.001) = 11$

36. 50 mL সেমিমোলার H_2SO_4 ও 100 mL ডেসিমোলার NaOH মিশ্রিত করলে মিশ্রণটি অম্লীয় না ক্ষারীয় হবে? মিশ্রণটির মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। **[RUET'18-19]**

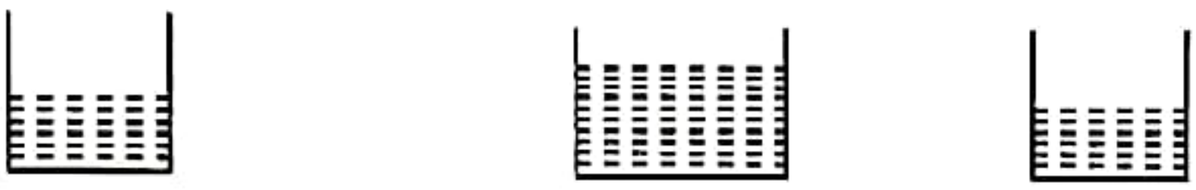
সমাধান: $[H^+] = \frac{\sum(eSV)_{acid} - \sum(eSV)_{base}}{\sum V} = \frac{2\times0.5\times50 - 1\times0.1\times100}{50+100} = 0.2667\ M$

∴ মিশ্রণ অম্লীয় প্রকৃতির, $H_2SO_4 \longrightarrow \frac{0.2667\ M}{2}$ $2H^+ + SO_4^{2-}$

$0.2667\ M$

$= 0.1333\ M$

H_2SO_4 এর ঘনমাত্রা = 0.1333 M

37. 

[BUTEX'18-19]

10 mL 0.2 M HCl দ্রবণ 30 mL 0.4 M NaOH 10 mL 0.4 M NaOH

দ্রবণ তিনটিকে একত্রে মিশ্রিত করলে মিশ্রণের pH এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান: $[H^+] = \frac{\sum(eSV)_{acid} - \sum(eSV)_{base}}{\sum V} = \frac{(1\times0.4\times30 + 1\times0.4\times10)}{10+30+10} = -0.28M$

∴ $[H^+]$ ঋণাত্মক তবে দ্রবণ ক্ষারীয় প্রকৃতির $[OH^+] = +0.28M$

$pOH = -\log[OH^-] = 0.5528$ $pH = 14 - pOH = 13.4472$

38. নিচের ছকটি সঠিক pH দিয়ে পূরণ কর। **[BUET'16-17]**

Subject	pH range
মানবদেহের রক্ত	
মৃৎ শিল্পের মাটি	
চামড়া ট্যানিং	
গোসলের সাবান	

সমাধান:

Subject	pH range
মানবদেহের রক্ত	7.35-7.45
মৃৎ শিল্পের মাটি	6-6.5
চামড়া ট্যানিং	3.5-4.5
গোসলের সাবান	8.5-9.5

39. হাইড্রোজেন আয়নের 5.6×10^{-2} M ঘনমাত্রা বিশিষ্ট 500 mL আমের রসের সাথে হাইড্রোজেন আয়নের 4.4×10^{-2} M ঘনমাত্রা বিশিষ্ট 500 mL কমলালেবুর রস মিশ্রিত করে ফলের রসের একটি মিশ্রণ তৈরী করা হল। ফলের রসের মিশ্রণের pH কত হবে? ফলের রসের মিশ্রণটি পানযোগ্য হবে কী? **[BUET'16-17]**

সমাধান: $[H^+] = \frac{5.6\times10^{-2}\times0.5+4.4\times10^{-2}\times0.5}{1}$ M $= 0.05$ M

$pH = -\log[H^+] = 1.301$, যা অতি অম্লীয় ∴ ফলের রসটি পানযোগ্য হবে না।

40. একটি সার কারখানা থেকে অ্যামোনিয়া গ্যাস নিঃসরিত হয়ে পাশের মৎস্য চাষের একটি পুকুরের স্বচ্ছ পানিতে দ্রবীভূত হল। যদি দ্রবীভূত অ্যামোনিয়ার ঘনমাত্রা 0.01 M এবং বিয়োজন ধ্রুবক $K_b = 1.80 \times 10^{-5}$ হয় তাহলে পুকুরের পানির pH কত হবে? পুকুরটি মৎস্য চাষের উপযুক্ত হবে কী? **[BUET'16-17]**

সমাধান: $[OH^-] = \sqrt{K_b \times C} = \sqrt{1.8 \times 10^{-5} \times 0.01} = 4.2426 \times 10^{-4}$ M

আমরা জানি, $[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Rightarrow [H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{4.2426\times10^{-4}}$ ∴ $[H^+] = 2.357 \times 10^{-11}$ M

$pH = -\log[H^+] = -\log(2.357 \times 10^{-11}) = 10.6276$ পুকুরটি মৎস চাষের উপযোগী হবে না (Ans.)

41. 25 mL 0.1 M HCl দ্রবণকে 0.1 MNaOH দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশনের সময় নিম্নে উল্লেখিত বিভিন্ন স্তরে pH এর মান বের কর। **[BUET'13-14]**

(a) 24.99 mL NaOH যোগ করলে।

(b) 25.1 mL NaOH যোগ করলে।

সমাধান: (a) $[H^+] = \frac{(25-24.99)\times10^{-3}\times0.1}{(25+24.99)\times10^{-3}}$ M ; $pH = -\log[H^+] = \boxed{4.6989}$

(b) $[OH^-] = \frac{(25.1-25)\times10^{-3}\times0.1}{(25+25.1)\times10^{-3}}$ M ; $pH = 14 - pOH = 14 + \log[H^-] = \boxed{10.3001623}$

42. 0.01 M NH_4OH ($K_b = 1.8 \times 10^{-5}$) দ্রবনের pH গননা কর। **[RUET'10-11]**

সমাধান: $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$C(1-\alpha)$ αC αC

$K_b = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha} \approx \alpha^2 C$ ∴ $\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C}} = \sqrt{\frac{1.8\times10^{-5}}{0.01}} = 4.2426 \times 10^{-2}$

সুতরাং $[OH^-] = \alpha C = 4.2426 \times 10^{-2} \times 0.01 = 4.2426 \times 10^{-4}$ M

আমরা জানি, $[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ বা, $[H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{4.2426\times10^{-4}}$ ∴ $[H^+] = 2.357 \times 10^{-11}$ M

$pH = -\log[H^+] = -\log(2.357 \times 10^{-11}) = 10.6276$ (Ans.)

বিকল্প সমাধান : $pH = 14 - pOH = 14 + \log[OH^{-1}] = 14 + \log\left(\sqrt{K_b \times C}\right)$

$= 14 + \log\sqrt{1.8 \times 10^{-5} \times 0.01} = 10.6276$

43. 0.01 M NaOH দ্রবণের pH নির্ণয় কর। **[BUTEX'10-11, 06-07]**

সমাধান: 0.01 M NaOH দ্রবণের $pOH = -\log[OH^-] = -\log[0.01] = 2$ ∴ $pH = 14 - 2 = 12$ **(Ans.)**

44. একটি ফলের রসের হাইড্রোনিয়াম আয়নের ঘনমাত্রা 3.3×10^{-2} M. ফলের রসের pH কত? এটা কি অম্লীয় না ক্ষারীয়? এর pOH এর মান কত হবে? **[BUET'08-09]**

সমাধান: $[H_3O^+] = 3.3 \times 10^{-2}$ M; $pOH = 14 - pH = 14 - 1.4815 = 12.52$

$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(3.3 \times 10^{-2}) = 1.4815$ ∵ $pH < 7$ ∴ দ্রবণটি অম্লীয়।

45. 0.01 M HCl দ্রবণের pH কত? **[BUTEX'06-07,08-09]**

সমাধান: $pH = -\log[H^+] = -\log[0.01] = 2$

46. 0.0003 M স্ট্রোনশিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণের pH নির্ণয় কর। **[BUET'07-08]**

সমাধান: $[OH^-] = 2 \times 0.0003 = 0.0006$ M; $pOH = -\log[OH^-] = 3.222$ ∴ $pH = 14 - 3.222 = 10.778$

47. কোন এসিডের pH আয়নের মান 2.5 হলে $1cm^3$ পরিমাণ ঐ এসিডে হাইড্রোজেন আয়নের সংখ্যা নির্ণয় কর। **[BUTEX'07-08]**

সমাধান: আমরা জানি, $pH = -\log[H^+]$ বা, $2.5 = -\log[H^+]$ বা, $[H^+] = 10^{-2.5} = 3.16 \times 10^{-3}\ molL^{-1}$

1 L বা, $1000\ cm^3$ এ হাইড্রোজেন আয়ন 3.16×10^{-3} mol

$\therefore 1\ cm^3$,, ,, $\frac{3.16\times10^{-3}}{1000}\ mol = 3.16 \times 10^{-6}$ mol

আবার, $1\ mol = 6.02 \times 10^{23}$ টি $\therefore 3.16 \times 10^{-6}$ mol $= (6.02 \times 10^{23} \times 3.16 \times 10^{-6})$ টি $= 1.9 \times 10^{18}$ টি

48. 298 K তাপমাত্রায় ইথানোয়িক এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক $K_a = 1.7 \times 10^{-5}\ moldm^{-3}$ হলে উক্ত এসিডের $0.1\ moldm^{-3}$ দ্রবণের pH বাহির কর? **[BUET'06-07, BUTEX'07-08]**

সমাধান: বিয়োজন ধ্রুবক $K_a = 1.7 \times 10^{-5}\ moldm^{-35}$ ঘনমাত্রা $0.1\ moldm^{-3}$

$CH_3COOH \rightleftharpoons [CH_3COO^-][H^+]; K_a = \frac{[CH_3\ COO^-][H^+]}{[CH_3\ COOH]}$ $\therefore [H^+] = \sqrt{K_aC}$

$[H^+]^2 = K_aC$; or, $-\log[H^+]^2 = -\log K_a - \log C$; Or, $2\ pH = pK_a - \log C$; or, $pH = 2.88$

বিকল্প: $[H^+] = \sqrt{K_aC} = \sqrt{1.7 \times 10^{-5} \times 0.1} = 1.3 \times 10^{-3} mol\ L^{-1} \therefore pH = -\log[H^+] = 2.88$

49. 25°C তাপমাত্রায় $1.0\ dm^3$ একটি বাফার দ্রবণ 0.025 mol NH_4OH এবং 0.035 mol NH_4Cl ধারণ করে। ঐ একই তাপমাত্রায় NH_4OH এর বিয়োজন ধ্রুবক, $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$। বাফার দ্রবণটির pH গণনা কর। **[KUET'05-06]**

সমাধান: $pOH = pK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow 14 - pH = -\log(1.8 \times 10^{-5}) + \log\frac{0.035}{0.025} \Rightarrow pH = 9.11$

50. (a) pH এর গাণিতিক সংজ্ঞা লিখ। **[RUET'05-06]**

(b) একটি দ্রবণের হাইড্রোক্সিল (OH^-) আয়নের ঘনমাত্রা $6.2 \times 10^{-7}\ mol\ L^{-1}$ হলে এই দ্রবণের pH কত হবে?

সমাধান: (a); কোন দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদমকে ঐ দ্রবণের pH বলে।

সমাধান: (b); এখানে $pOH = -\log(6.2 \times 10^{-7}) = 6.207$; $pH + pOH = 14 \Rightarrow pH = 14 - 6.027$; $pH = 7.792$

51. কোন দ্রবণের $pH > 7$ হলে তা হবে ---------- দ্রবণ। **[BUTEX'05-06]**

সমাধান: ক্ষারীয়

52. 25°C তাপমাত্রায় HCl এর জলীয় দ্রবণের pH 2.6990 হলে দ্রবণটির মাত্রা মোলারিটিতে নির্ণয় কর। **[BUET'03-04]**

সমাধান: $pH = -\log[H^+] \Rightarrow 2.699 = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 1.99986 \times 10^{-3}\ molL^{-1}$

$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ বিক্রিয়া হতে, HCl -এর ঘনমাত্রা $2 \times 10^{-3}\ molL^{-1}$ (Ans.)

53. প্রমাণ দ্রবণ ও বাফার দ্রবণ বলতে কী বুঝ? 1% NaOH দ্রবণের pH নির্ণয় কর। **[RUET'03-04]**

সমাধান: প্রমাণ দ্রবণঃ যে দ্রবণের ঘনমাত্রা জানা থাকে তাকে প্রমাণ দ্রবণ বলে।

বাফার দ্রবণঃ যে দ্রবণ তার নিজস্ব pH মাত্রা অক্ষুন্ন রাখতে পারে তাকে বাফার দ্রবণ বলে।

1% NaOH- এর ঘনমাত্রা $= \frac{10\times1}{40} = 0.25\ M\ \left[x\ \%\ (W/V) = \frac{10x}{M}\ M\right]$

$\therefore pOH = -\log[OH^-] = -\log 0.25 = 0.602$ $\therefore pH = 14 - pOH = 13.398$ **(Ans.)**

54. লেবুর রসের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা $2.8\times10^{-5}\ molL^{-1}$ **[BUET'02-03]**

(i) দ্রবণের pH কত? (ii) দ্রবণের প্রকৃতি কীরূপ?

সমাধান: (i) $pH = -\log[H^+] = -\log(2.8 \times 10^{-5}) = 4.55$ (ii) অম্লীয়

55. pH কী? যদি কোনো দ্রবণের $[OH^-] = 3.4 \times 10^{-5}$ M হয়, তাহলে দ্রবণটির pH কত? **[BUTEX'01-02]**

সমাধান: pH হচ্ছে কোন দ্রবণের $[H^+]$ ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদম এর মান। $pH = -\log[H^+]$

$pOH = -\log(3.4 \times 10^{-5}) = 4.46852 \therefore pH = 14 - 4.46852 = 9.53148$ **(Ans.)**

Question Type-09: বাফার দ্রবণ

➲ **Concept:**

♦ **বাফার দ্রবণের pH গণনা- হেন্ডারসন হ্যাসেলবাখ সমীকরণঃ**

অম্লীয় বাফার দ্রবণের জন্য, $pH = pK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$ এবং ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের জন্য, $pOH = pK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$

যেহেতু স্থির আয়তনে ঘনমাত্রা α মোল সংখ্যা $\therefore pH = pK_a + \log\frac{n_{salt}}{n_{acid}}$; $pOH = pK_b + \log\frac{n_{salt}}{n_{base}}$

$\therefore pH = pK_a + \log\frac{n_{B^-}}{n_{acid}}$

$n_{salt} = n_{B^-}$ = অম্লীয় বাফার দ্রবণে লবণের/এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারের মোল সংখ্যা

n_{acid} = অম্লীয় বাফার দ্রবণে এসিডের মোল সংখ্যা

n_{base} = ক্ষারীয় বাফার দ্রবণে ক্ষারের মোল সংখ্যা

অম্লীয় বাফার দ্রবণে অতিরিক্ত এসিড যোগ করলে pH পরিবর্তন: $pH = pK_a + \log\frac{n_{salt}-n_A}{n_{acid}+n_A}$	ক্ষারীয় বাফার দ্রবণে অতিরিক্ত এসিড যোগ করলে pH পরিবর্তন: $pOH = pK_b + \log\frac{n_{salt}+n_A}{n_{base}-n_A}$
অম্লীয় বাফার দ্রবণে অতিরিক্ত ক্ষার যোগ করলে pH পরিবর্তন: $pH = pK_a + \log\frac{n_{salt}+n_B}{n_{acid}-n_B}$	ক্ষারীয় বাফার দ্রবণে অতিরিক্ত ক্ষার যোগ করলে pH পরিবর্তন: $pOH = pK_b + \log\frac{n_{salt}-n_B}{n_{base}+n_B}$

n_A = বাফার দ্রবণে যোগকৃত অতিরিক্ত এসিডের মোল সংখ্যা

n_B = বাফার দ্রবণে যোগকৃত অতিরিক্ত ক্ষারের মোল সংখ্যা

MCQ

01. How many grams of sodium acetate is to be mixed with 1.0 dm^3 0.4 molar acetic acid solution to have hydrogen ion concentration, $[H^+] = 2.0 \times 10^{-4}$ g ion dm^{-3} in the solution? [$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$]. **[IUT'19-20]**

(a) 24.52 g (b) 0.036 g (c) 2.952 g (d) 82 g

Solution: (c); Mixture of CH_3COOH & CH_3COONa will be buffer, $pH = pk_a + \log\frac{[CH_3COONa]}{[CH_3COOH]}$

$\Rightarrow -\log(2 \times 10^{-4}) = -\log(1.8 \times 10^{-5}) + \log\frac{n_{CH_3COONa}}{n_{CH_3COOH}}$ (as in their mixture, their volume will be same)

$\Rightarrow 3.7 = 4.74 + \log\frac{n_{CH_3COONa}}{1\times0.4} \Rightarrow \log\frac{n_{CH_3COONa}}{0.4} = -1.04 \Rightarrow n_{CH_3COONa} = 0.036 \therefore W = 0.036 \times 82 = 2.952$ g

02. What ratio of $\left[\frac{NH_3}{NH_4^+}\right]$ is required for a buffer solution that has pH = 7.0? [K_a Value of NH_4^+ ion = 5.6×10^{-10}.] **[IUT'16-17]**

(a) 5.6×10^{-10} (b) 6.5×10^{-3} (c) 177.83 (d) 17.783

Solution: (a); $pH = pK_a + \log\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$; $\frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 5.6 \times 10^{-3}$

03. 25°C তাপমাত্রায় অ্যাসিটিক এসিডের pK_a হল 4.76। 5.0 pH এর বাফার দ্রবণ সোডিয়াম অ্যাসিটেট থেকে কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? **[CUET'15-16]**

(a) None of them

(b) The ratio of sodium acetate to acetic acid is 1:1.738

(c) The ratio of sodium acetate to acetic acid is 1:1

(d) The ratio of sodium acetate to acetic acid is 1.738:1

সমাধান: (d); $pH = pKa + \log\frac{n_{salt}}{n_{acid}} \Rightarrow 5 = 4.76 + \log\frac{n_{salt}}{n_{acid}} \Rightarrow \frac{n_{salt}}{n_{acid}} = 10^{5-4.76} = 10^{0.24} = 1.738:1$

04. pH = 4.60 বিশিষ্ট একটি বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে যে অনুপাতে লবণ ও এসিড মেশাতে হবে অর্থাৎ লবণ: এসিড অনুপাত কত? (দেওয়া আছে pKa = 4.75) **[KUET'14-15]**

(a) 0.708 : 1.0 (b) 0.604: 1.0 (c) 0.907: 1.0 (d) 0.599: 1.0 (e) 0.804: 1.0

সমাধান: (a); $pH = pK_a + \log\frac{[Salt]}{[Acid]} \Rightarrow 4.6 = 4.75 + \log\frac{[Salt]}{[Acid]} \Rightarrow \frac{[Salt]}{[Acid]} = \frac{0.708}{1}$

05. বাফার দ্রবণটি শনাক্ত কর। **[Ans: b] [RUET'14-15]**

(a) 0.2 M 10 mL CH_3COOH + 0.2 M 10 mL NaOH (b) 0.2 M 10 mL CH_3COOH + 0.1 M 10 mL NaOH

(c) 0.1 M 10 mL CH_3COOH + 0.2 M 10 mL NaOH (d) 0.2 M 10mL HCL + 0.1 M 10 mL NaOH

(e) None

06. একটি বাফার দ্রবণে HCN এবং NaCN উভয় দ্রবণের ঘনমাত্রা 0.025 M এবং HCN আয়নীকরণ ধ্রুবক 7.20×10^{-5} হলে বাফার দ্রবণে H^+ আয়ন এর ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। **[KUET'13-14]**

(a) 7.20×10^{-5} M (b) 1.0 M (c) 0.025 M (d) 5.67×10^{-11} (e) 29.45×10^{-10}

সমাধান: (a); $pH = -\log(7.2 \times 10^{-5}) + \log\frac{[0.025]}{[0.025]} \Rightarrow -\log[H^+] = -\log(7.2 \times 10^{-5})$

$\therefore [H^+] = 8.2 \times 10^{-5}$ M

07. রক্তের বাফার ক্রিয়ার সমীকরণ কোনটি? **[Ans: a][RUET'12-13]**

(a) $H_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HCO_3^-$ (b) $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + CO_3^{2-}$

(c) $HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_2^{2-}$ (d) $HCO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ (e) None

08. নিচের কোনটি বাফার দ্রবণ নয়? **[Ans: c][BUET'11-12]**

(a) $CH_3COOH + CH_3COONa$ (b) $H_2CO_3 + NaHCO_3$

(c) $HClO_2 + CH_3COOH$ (d) $NaH_2PO_4 + Na_2HPO_4$

09. Henderson সমীকরণ এর ক্ষেত্রে নিম্নের কোনটি সঠিক নয়? **[Ans: c, d][KUET'11-12]**

(a) $pH = pK_a - \log\frac{[Acid]}{[Salt]}$ (b) $-pK_a = -pH + \log\frac{[Salt]}{[Acid]}$

(c) $pH = pK_a - \log\frac{[Salt]}{[Acid]}$ (d) $pH = pK_a + \log\frac{[Acid]}{[Salt]}$

(e) $-\log[H^+] = -\log K_a + \log\frac{[Salt]}{[Acid]}$

10. একটি বাফার দ্রবণে HCN I NaCN উভয় দ্রবণের ঘনমাত্রা 0.01M। যদি HCN এর আয়নীকরণ ধ্রুবক 7.2×10^{-10} হয় তাহলে বাফার দ্রবণে OH^- আয়নের ঘনমাত্রা কত? **[CUET'11-12]**

(a) 1.389×10^{-5} M (b) 1.3×10^{-5} M (c) 1.389×10^{5} M (d) None

সমাধান: (c); $pH = pK_a + \log\frac{[Salt]}{[Acid]} \Rightarrow pH = pK_a + \log\frac{0.01}{0.01} \Rightarrow pH = pK_a + 0 \Rightarrow pH = pK_a$

$\therefore [H^+] = K_a = 7.2 \times 10^{-10}$ M $\therefore [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{7.2\times10^{-10}} = 1.389 \times 10^{-5}$M

Written

11. 60 cm^3 0.05 M CH_3COOH দ্রবণের সাথে কত cm^3 0.1 M CH_3 COONa দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের pH 4.0 হবে?

সমাধান: হেন্ডারসন হ্যাসেলবাখ সমীকরণ অনুযায়ী, $pH = pKa + \log\frac{[CH_3COONa]}{[CH_3COOH]}$ **[BUTEX'21-22]**

$\Rightarrow 4 = -\log(1.8 \times 10^{-5}) + \log\frac{n_{CH_3COONa}}{n_{CH_3COOH}} \Rightarrow \frac{n_{CH_3COONa}}{n_{CH_3COOH}} = 0.18$

$\Rightarrow \frac{V_{CH_3COONa\times0.1}}{60\times0.05} = 0.18 \therefore V_{CH_3COONa} = 5.4\ cm^3$

12. এক মোল অ্যাসিটিক এসিড ও এক মোল সোডিয়াম অ্যাসিটেট সম্বলিত এক লিটার দ্রবণে 4 g NaOH দ্রবীভূত করা হল। উৎপাদিত মিশ্রণটির pH নির্ণয় কর। [অ্যাসিটিক এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক = 1.8×10^{-5}] **[BUET'19-20]**

সমাধান: $pH = pK_a + \log\frac{n_{CH_3COONa}}{n_{CH_3COOH}} = -\log(1.8\times10^{-5}) + \log\frac{1+\frac{4}{40}}{1-\frac{4}{40}} = 4.832$

13. অ্যামোনিয়া দ্রবণের 0.1 M মাত্রার 25 cm^3 কে একটি কনিকেল ফ্লাস্কে নেওয়া হলো। তারপর উক্ত দ্রবণের মধ্যে 0.1 M মাত্রার HCl এর 5 cm^3 দ্রবণ যোগ করা হলো। দ্রবণের pH হিসাব কর। [$K_b = 3.3 \times 10^{-5}$] **[KUET'19-20]**

সমাধান:

বিক্রিয়া:	NH_3	+	HCl	→	NH_4Cl
শুরুতে:	(0.1×25)		(0.1×5)		0
	$= 2.5$ m mol		$= 0.5$ m mol		
শেষে:	2 m mol		0		0.5 m mol

উৎপন্ন NH_4Cl আয়নে বিশ্লেষিত হবে এবং অবশিষ্ট NH_3, NH_4OH তৈরি করবে।

$$\underset{0.5\text{ m mol}}{NH_4Cl} \rightarrow \underset{0.5\text{ m mol}}{NH_4^+} + \underset{0.5\text{ m mol}}{Cl^-}$$

$$\underset{2\text{ m mol}}{NH_3} + H_2O \rightarrow \underset{2\text{ m mol}}{NH_4OH}$$

$\therefore pOH = pK_b + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_4OH]} = -\log(3.3 \times 10^{-5}) + \log\frac{0.5}{2} = 3.88 \therefore pH = 14 - 3.88 = 10.12$

14. 4.05 pH এর একটি বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে 500 mL পানিতে 1.2 g CH_3COOH এর সাথে কত গ্রাম CH_3COONa যোগ করার প্রয়োজন পড়বে? [$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$] **[BUTEX'19-20]**

সমাধান: $pH = pK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow 4.05 = -\log(1.8 \times 10^{-5}) + \log\frac{\frac{W}{82}}{\frac{1.2}{60}}$

$\therefore W = 0.3312g\ CH_3COONa$ (Ans.)

15. 0.280 M NH_4Cl এবং 0.0700 M NH_3 দ্রবণের মিশ্রণের pH হিসাব কর। NH_3 দ্রবণের বিযোজন ধ্রুবক $K_b = 1.76 \times 10^{-5}$।

সমাধান: $pOH = pK_b + \log\frac{[Salt]}{[Base]} = -\log(1.76 \times 10^{-5}) + \log\frac{0.280}{0.07}$ **[RUET'18-19]**

$pOH = 5.36 \ \therefore pH = 14 - pOH = 8.643$ (Ans.)

16. 400 ml 0.1 M NaOH এর সাথে 600 ml 0.2 M এসিটিক এসিড যোগ করে একটি বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। বাফার দ্রবণের pH কত? (এসিটিক এসিডের জন্যঃ $pK_a = 4.76$) **[BUET'17-18]**

সমাধান:

	CH_3COOH	+	NaOH	⇌	$CH_3COONa + H_2O$
শুরুতে:	a		b		0
সাম্য:	$(a-b)$		0		b
	$\Rightarrow (0.12 - 0.04)$		0		0.04

a = acid এর শুরুর mole $= SV = 0.2 \times \frac{600}{1000} = 0.12$ mole

b = base এর শুরুর mole $= SV = 0.1 \times \frac{400}{1000} = 0.04$ mole

$pH = pK_a + \log\frac{n_{salt}}{n_{acid}} = -(\log K_a) + \log\frac{b}{(a-b)} = 4.76 + \log\frac{0.04}{0.08} = 4.46$ (Ans.)

17. (a) বাফার দ্রবণ কী? **[RUET'15-16]**

সমাধান: যে দ্রবণে অল্প পরিমাণ অম্ল বা ক্ষার যোগ করলেও এর pH পরিবর্তন হয়না তাকে বাফার দ্রবণ বলে।

(b) হেন্ডারসন হ্যাসেলবাখ সমীকরণ লিখ।

সমাধান: অম্লীয় বাফার দ্রবণের, $= pK_a + \log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}$; ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের, $pH = 14 - pK_b - \log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{ক্ষার}]}$

(c) একটি বাফার দ্রবণে 0.25 M NH_3 ও 0.40 M NH_4Cl আছে। দ্রবটির pH গণনা কর। অ্যামোনিয়ার K_b এর মান 1.8×10^{-5}।

সমাধান: $pOH = pK_b + \log\frac{[NH_4Cl]}{[NH_3]} = -\log(1.8 \times 10^{-5}) + \log\frac{0.4}{0.25} = 4.948 \ \therefore pH = 14 - pOH = 9.051$

18. যদি 25°C তাপমাত্রায় অ্যাসিটিক এসিডের $pK_a = 4.76$, তবে 5.0 pH এর বাফার দ্রবণ সোডিয়াম অ্যাসিটেট থেকে কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? **[CUET'13-14]**

সমাধান: $pH = pK_a + \log\frac{[Salt]}{[Acid]} \Rightarrow 5 = 4.76 + \log\frac{[Salt]}{[Acid]} \Rightarrow \log\frac{[Salt]}{[Acid]} = 0.24 \Rightarrow \frac{[Salt]}{[Acid]} = 1.738:1$

$\therefore$ 5.0 pH এর বাফার দ্রবণ তৈরি করতে সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটিক এসিড 1.738: 1 অনুপাতে মিশাতে হবে।

19. 4.60 pH এর একটি বাফার দ্রবণ তৈরী করতে হবে। এজন্য একটি বীকারে 0.01 M অ্যাসিটিক এডিসের 10.0 mL দ্রবণ নেয়া হল। এতে 0.01 M সোডিয়াম অ্যাসিটেটের কত আয়তন (mL) দ্রবণ যোগ করতে হবে? [$pK_a = 4.75$] **[BUET'12-13]**

সমাধান: $pH = pK_a + \log\frac{n_{salt}}{n_{acid}} = pK_a + \log\frac{V_{salt}\times S_{salt}}{V_{acid}\times S_{acid}}$

$\Rightarrow 4.6 = 4.75 + \log\frac{V_{salt}\times 0.01}{10\times 0.01} \therefore V_{salt} = 7.079\ mL$

20. $30\ cm^3$ 0.1 M NaOH দ্রবণকে $100\ cm^3$ 0.1 M ইথানয়িক এসিডের দ্রবণে যোগ করা হলো। সৃষ্ট বাফার দ্রবণটির pH নির্ণয় কর (ইথানয়িক এসিডের $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$)। **[BUTEX'11-12]**

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

$NaOH + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$

$\therefore$ লবণের মোল সংখ্যা $= 30 \times 0.1 \times 10^{-3}$ mole $\therefore$ এসিডের মোল সংখ্যা $= 70 \times 0.1 \times 10^{-3}$ mole

$\therefore pH = -\log(1.8 \times 10^{-5}) + \log\left(\frac{30\times 0.1\times 10^{-3}}{70\times 0.1\times 10^{-3}}\right) = 4.377$

21. একটি বাফার দ্রবণে HCN ও NaCN উভয় দ্রবণের ঘনমাত্রা 0.01 M। যদি HCN এর আয়নীকরণ ধ্রুবক 7.2×10^{-10} হয় তাহলে বাফার দ্রবণে H^+ এবং OH^- আয়নের ঘনমাত্রা কত? **[RUET'04-05, CUET'09-10]**

সমাধান: $pH = pK_a + \log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{এসিড}]}$

বা, $pH = -\log k_a + \log\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{এসিড}]}$

$= -\log(7.2 \times 10^{-10}) + \log\frac{0.01}{0.01}$

$\therefore pH = 9.143$

$[H^+] = \text{anti}\log(-9.143)$

$\therefore [H^+] = 7.2\times 10^{-10}$ M(Ans.)

$\therefore [OH^-] = \frac{10^{-14}}{7.2\times 10^{-10}}$ M

$\therefore [OH^-] = 1.39\times 10^{-5}$ Ans.)

22. (a) বাফার দ্রবণ কী? ইহা কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? **[RUET'08-09]**

সমাধান: বাফার দ্রবণঃ এমন একটি দ্রবণ যে দ্রবণে সামান্য এসিড বা ক্ষার যোগ করলে দ্রবণের pH মান পরিবর্তন হয় না। দুর্বল অম্লীয় এসিডের সাথে ঐ এসিডের লবণ এবং দুর্বল ক্ষারকীয় এসিডের সাথে ঐ ক্ষারের লবণ যোগ করে বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়।

(b) 10 mL 0.1 M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণে 4 mL 0.1 M NaOH দ্রবণ যোগ করলে উৎপন্ন দ্রবণের pH কত হবে? [pK_a=4.76]।

সমাধান: 4 mL 0.1 M NaOH ≡ 4 mL 0.1 M CH_3COOH

$NaOH + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$

অবশিষ্ট এসিড = 6 mL 0.1 M

$pH = pK_a + \log\frac{n_{salt}}{n_{Acid}} = 4.76 + \log\frac{(4\times 0.1)}{(6\times 0.1)} = 4.584$ (Ans.)

23. 0.25 M ফরমিক এসিড এবং 0.100 M সোডিয়াম ফরমেট দ্বারা তৈরী বাফার দ্রবণের pH এর মান কত হবে? ($K_a = 1.8 \times 10^{-4}$)

সমাধান: $pH = pK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} = 3.74 + \log\left(\frac{0.1}{0.25}\right) = 3.74 - 0.3979 = 3.346$ (Ans.) **[CUET'08-09]**

24. একটি জলীয় দ্রবণে অ্যাসিটিক এসিডের ঘনমাত্রা 0.20 $molL^{-1}$এবং সোডিয়াম অ্যাসিটেটের ঘনমাত্রা 0.30 $molL^{-1}$। এসিটিক এসিডের বিয়োজন ধ্রুবকের মান 1.80×10^{-5} $molL^{-1}$ হলে দ্রবণটির pH কত? **[BUTEX'08-09]**

সমাধান: $pH = pKa + \log\frac{[Salt]}{[Acid]} = -\log(1.8 \times 10^{-5}) + \log\left(\frac{0.3}{0.2}\right) = 4.74 + 0.176 = 4.916$ (Ans.)

25. (a) কোনো জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা $3 \times 10^{-5} molL^{-1}$ হলে, ঐ দ্রবণের pH কত হবে? দ্রবণের প্রকৃতি কী?

(b) হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণ কী? হেন্ডারসন সমীকরণের প্রয়োগগুলো লিখ। **[RUET'07-08]**

সমাধান: (a) $pH = -\log[H^+] = -\log[3 \times 10^{-5}] = 4.5228$ দ্রবণের প্রকৃতি অম্লীয় কারণ $pH < 7$.

(b) হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণ হলো বাফার দ্রবণের pH নির্ণয়ের জন্য ব্যবহৃত সমীকরণ। $pH = pK_a + \log\frac{[Salt]}{[Acid]}$

হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণের প্রয়োগঃ

(i) বাফার দ্রবণের pH হিসাব করা যায়।

(ii) নির্দিষ্ট pH এর বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে সংশ্লিষ্ট মৃদু অম্ল ও এর লবণের দ্রবণ অথবা মৃদু ক্ষার ও এর লবণের দ্রবণ কত মোলার অনুপাতে মিশ্রিত করা দরকার তার হিসাব করা যায়।

26. 4.0 pH এর বাফার দ্রবণ তৈরী করতে 60 mL 0.05 M ফরমিক এসিড দ্রবণে কত mL 0.1 M সোডিয়াম ফরমেট দ্রবণ যোগ করতে হবে? (HCOOH এর $pK_a = 3.8$) **[CUET'07-08]**

সমাধান: $pH = pK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow 4 = 3.8 + \log\left(\frac{V\times0.1}{60\times.05}\right) \therefore V = 47.546\ mL$

27. (a) দ্রবণের pH ও বাফার দ্রবণের সংজ্ঞা লিখ। **[RUET'06-07]**

সমাধান: pH দ্রবণে উপস্থিত H^+ আয়নের ঘনমাত্রার ঋনাত্মক লগারিদম মানকে pH বলে। $pH = -\log[H^+]$

বাফার দ্রবণঃ যে দ্রবণ তার pH পরিবর্তনে বাধা দেয় তাকে বাফার দ্রবণ বলে। যেমনঃ CH_3COOH ও CH_3COONa এর দ্রবণ।

(b) 0.1 M অ্যাসিটিক এসিড ও 0.1 M সোডিয়াম অ্যাসিটেট বিশিষ্ট দ্রবণের pH হিসাব কর। উক্ত দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা কত? ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$)

সমাধান: $pH = pK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} = -\log\ 1.80 \times 10^{-5} + \log\left[\frac{0.01}{0.01}\right] = 4.745$ **(Ans.)**

$[H+] = \text{antilog}\ (4.745) \Rightarrow [H^+] = 1.80 \times 10^{-5}\ mol\ L^{-1}$ **(Ans.)**

28. 0.1 M অ্যাসিটিক এসিড এবং 0.15 M সোডিয়াম এসিটেট দ্বারা তৈরী 1 টি বাফার দ্রবণের pH গণনা কর। উক্ত দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা হিসাব কর। ($K_a = 1.8\times10^{-5}\ mol\ L^{-1}$) **[CUET'05-06]**

সমাধান: এখানে, [এসিড] = 0.1 M; [লবণ] = 0.15M; $K_a = 1.8 \times 10^{-5}\ mol\ L^{-1}$

$pH = pK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow pH = -\log(K_a) + \log\frac{0.15}{0.1} = -\log\ (1.8 \times 10^{-5}) + 0.176 \therefore pH = 4.93$ **(Ans.)**

আবার, $pH = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-4.93} = 1.18 \times 10^{-5} \therefore [H^+] = 1.18 \times 10^{-5}\ M$ (Ans.)

29. 30 cm^3, 0.1 M NaOH দ্রবণ এবং 100 cm^3, 0.1 M CH_3COOH দ্রবণ একত্রে মিশানো হলে বাফার দ্রবণটির pH নির্ণয় কর। $[K_a = 1.8 \times 10^{-3}]$ **[KUET'03-04]**

সমাধান: $n_{salt} = \frac{30}{1000} \times 0.1 mole;\ n_{acid} = \frac{70}{1000} \times 0.1 mole$

$pH = pK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} = -\log(1.8\times10^{-3}) + \log\left(\frac{30\times0.1}{70\times0.1}\right) = 2.377$ **(Ans.)**

30. বাফার দ্রবণের pH গণনা সম্পর্কিত হেন্ডারসন সমীকরণ সম্পাদন কর। **[CUET'03-04]**

সমাধান: $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

$K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow [H^+] = K_a\frac{[অম্ল]}{[লবণ]} \Rightarrow \log[H^+] = \log K_a + \log\frac{[অম্ল]}{[লবণ]}$

$\Rightarrow pH = pK_a - \log\frac{[অম্ল]}{[লবণ]} \Rightarrow pH = pK_a + \log\frac{[লবণ]}{[অম্ল]}$ **(Ans.)**

31. রক্তে নিম্নলিখিত সাম্যাবস্থা থাকে। যদি রক্তের $pH = 7.4$ হয় তবে $[HCO_3^-]$ ও $[H_2CO_3]$ এর অনুপাত কত? ($K_a = 4.3 \times 10^{-7}$)

সমাধান: $H_2CO_3 = H^+ + HCO_3^-$ **[BUET'01-02]**

$pH = pK_a + \log\frac{[Salt]}{[Acid]} \Rightarrow 7.4 = -\log[4.3 \times 10^{-7}] + \log\frac{[Salt]}{[Acid]}$

$\Rightarrow 7.4 = 6.367 + \log\frac{[Salt]}{[Acid]} \Rightarrow \frac{[Salt]}{[Acid]} = 10^{7.4-6.367} = 10.79 \therefore \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 10.79$

Question Type-10: বিবিধ

Written

32. নিচের বাক্যগুলি পড় এবং নির্দেশিত ঘরে সত্য বা মিথ্যা যা প্রযোজ্য লিখ। **[CUET'04-05]**

(i) কার্বন-ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাসের একটি মিশ্রণ হচ্ছে ওয়াটার গ্যাস। মিথ্যা

(ii) সিলভার ক্লোরাইড অদ্রবণীয় ক্লোরাইডের একটি উদাহরণ। সত্য

(iii) অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং অ্যামোনিয়া গ্যাসমূহ গাঢ় সালফিউরিক এসিড দ্বারা শুষ্ক করা যায়। মিথ্যা

(iv) গ্যাসসমূহ উষ্ণ পানিতে, শীতল পানি অপেক্ষা কম দ্রবণীয়। মিথ্যা

(v) অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা সন্তোষজনকভাবে অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করা যায়। মিথ্যা