Mathematics

২০০ নম্বর

১. **ENGINEERING** শব্দে মোট 11টি বর্ণ; E আছে 3টি, N আছে 3টি, G আছে 2টি, I আছে 2টি এবং R আছে 1টি।
স্বরবর্ণ E, E, E, I, I (মোট 5টি) এবং ব্যঞ্জনবর্ণ N, N, N, G, G, R (মোট 6টি)
স্বরবর্ণগুলোকে একটি একক ধরলে মোট একক = 6 + 1 = 7টি, যেখানে N আছে 3টি ও G আছে 2টি
এদের বিন্যাস সংখ্যা = $\frac{7!}{3!\times 2!} = \frac{5040}{12} = 420$
স্বরবর্ণগুলো নিজেদের মধ্যে সাজানো যায় $\frac{5!}{3!\times 2!} = \frac{120}{12} = 10$ প্রকারে
অতএব, নির্ণেয় বিন্যাস সংখ্যা = 420 × 10 = 4200

২. কমিটির সদস্য 5 জন এবং ছাত্র ও ছাত্রী উভয়েই কমপক্ষে 2 জন করে থাকবে। সুতরাং সম্ভাব্য ক্ষেত্রসমূহ:
(i) 2 জন ছাত্রী + 3 জন ছাত্র
(ii) 3 জন ছাত্রী + 2 জন ছাত্র
(i) নং ক্ষেত্রে বাছাই সংখ্যা = ${}^4C_2 \times {}^6C_3 = 6 \times 20 = 120$
(ii) নং ক্ষেত্রে বাছাই সংখ্যা = ${}^4C_3 \times {}^6C_2 = 4 \times 15 = 60$
অতএব, নির্ণেয় কমিটি সংখ্যা = 120 + 60 = 180

৩. আমরা জানি, কোনো সংখ্যা 4 দ্বারা বিভাজ্য হবে যদি এর শেষ দুই অঙ্ক দ্বারা গঠিত সংখ্যাটি 4 দ্বারা বিভাজ্য হয়।
প্রদত্ত অঙ্কগুলো থেকে (পুনরাবৃত্তি ছাড়া) গঠিত দুই অঙ্কের যেসব সংখ্যা 4 দ্বারা বিভাজ্য: 12, 24, 32, 52
অর্থাৎ শেষ দুই স্থান 4 প্রকারে পূরণ করা যায়।
প্রতিক্ষেত্রে বাকি 3টি অঙ্ক দ্বারা প্রথম 3টি স্থান পূরণ করা যায় 3! = 6 প্রকারে
অতএব, নির্ণেয় সংখ্যা = 4 × 6 = 24টি

৪. আমরা জানি, ${}^nP_r = r! \times {}^nC_r$
প্রশ্নমতে, $720 = r! \times 120$
$\Rightarrow r! = 6 = 3!$
$\therefore r = 3$
এখন, ${}^nP_3 = 720$
$\Rightarrow n(n-1)(n-2) = 720$
$\Rightarrow n(n-1)(n-2) = 10 \times 9 \times 8$
$\therefore n = 10$
অতএব, n = 10, r = 3

৫. প্রথমে 5 জন বালককে গোল টেবিলে বসানো যায় (5 − 1)! = 4! = 24 প্রকারে
বালকদের মাঝের 5টি ফাঁকা স্থানে 5 জন বালিকাকে বসানো যায় 5! = 120 প্রকারে
∴ পর্যায়ক্রমে বসার মোট উপায় = 24 × 120 = 2880
এখন, নির্দিষ্ট বালক B ও নির্দিষ্ট বালিকা G পাশাপাশি বসলে:
বালকদের বসানো যায় 4! প্রকারে। B এর দুই পাশে 2টি ফাঁকা স্থান আছে, এর যেকোনো একটিতে G বসতে পারে 2 প্রকারে। বাকি 4 জন বালিকা বাকি 4টি স্থানে বসতে পারে 4! প্রকারে।
∴ পাশাপাশি বসার উপায় = 4! × 2 × 4! = 24 × 2 × 24 = 1152
অতএব, নির্ণেয় উপায় = 2880 − 1152 = 1728

৬. আমরা জানি, $x_1 + x_2 + \cdots + x_r = n$ এর অঋণাত্মক পূর্ণসাংখ্যিক সমাধান সংখ্যা $= {}^{n+r-1}C_{r-1}$
$\therefore$ কোনো শর্ত ছাড়া মোট সমাধান $= {}^{15+3-1}C_2 = {}^{17}C_2 = 136$
এখন, $x \geq 8$ এমন সমাধান: $x = x' + 8$ ধরলে $x' + y + z = 7$
এর সমাধান সংখ্যা $= {}^{9}C_2 = 36$
x, y, z এর যেকোনো একটি ≥ 8 হতে পারে, $\therefore$ এমন সমাধান $= 3 \times 36 = 108$
দুটি চলক একসাথে ≥ 8 হলে তাদের যোগফল $\geq 16 > 15$, যা অসম্ভব।
অতএব, নির্ণেয় সমাধান সংখ্যা $= 136 - 108 = 28$

৭. (ক) যেকোনো 4টি শীর্ষবিন্দু একটি উত্তল চতুর্ভুজ গঠন করে, যার দুটি কর্ণ অভ্যন্তরে ঠিক একটি বিন্দুতে ছেদ করে।
$\therefore$ ছেদবিন্দুর সংখ্যা $= {}^{10}C_4 = 210$
(খ) মোট ত্রিভুজ $= {}^{10}C_3 = 120$
ঠিক একটি বাহু দশভুজের বাহু: বাহুটি বাছাই করা যায় 10 প্রকারে; তৃতীয় শীর্ষ হবে ঐ বাহুর দুই প্রান্তবিন্দু ও তাদের সন্নিহিত 2টি শীর্ষ বাদে $10 - 4 = 6$ প্রকারে।
$\therefore$ এরূপ ত্রিভুজ $= 10 \times 6 = 60$
ঠিক দুটি বাহু দশভুজের বাহু (পরপর 3টি শীর্ষ): এরূপ ত্রিভুজ $= 10$
অতএব, (ক) ছেদবিন্দু 210টি এবং (খ) নির্ণেয় ত্রিভুজ সংখ্যা $= 120 - 60 - 10 = 50$

৮. কোনো 3টি বিন্দু সমরেখ না হলে ত্রিভুজ সংখ্যা হতো $= {}^{8}C_3 = 56$
সমরেখ 4টি বিন্দু থেকে নেওয়া 3টি বিন্দু কোনো ত্রিভুজ গঠন করে না, এমন বাছাই $= {}^{4}C_3 = 4$
$\therefore$ ত্রিভুজ সংখ্যা $= 56 - 4 = 52$
কোনো 3টি সমরেখ না হলে সরলরেখা হতো $= {}^{8}C_2 = 28$
সমরেখ 4টি বিন্দু ${}^{4}C_2 = 6$টি রেখার পরিবর্তে মাত্র 1টি রেখা দেয়।
অতএব, ত্রিভুজ 52টি এবং সরলরেখার সংখ্যা $= 28 - 6 + 1 = 23$

৯. (ক) nটি বস্তুর বিপর্যাস **(Derangement)** সংখ্যা,
$D_n = n!\left(1 - \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} - \frac{1}{3!} + \cdots + (-1)^n \frac{1}{n!}\right)$
$\Rightarrow D_5 = 120\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} + \frac{1}{24} - \frac{1}{120}\right)$
$= 60 - 20 + 5 - 1 = 44$
অতএব, কোনো চিঠিই সঠিক খামে না যাওয়ার উপায় $= 44$
(খ) সঠিক খামে যাওয়া 2টি চিঠি বাছাই $= {}^{5}C_2 = 10$ প্রকারে
বাকি 3টি চিঠির কোনোটিই সঠিক খামে যাবে না: $D_3 = 3!\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6}\right) = 3 - 1 = 2$
অতএব, নির্ণেয় উপায় $= 10 \times 2 = 20$

১০. $f(x)$ বাস্তব হবে যদি $\frac{x-1}{3-x} \geq 0$ এবং $x \neq 3$ হয়।
$x < 1$ হলে লব ঋণাত্মক, হর ধনাত্মক $\Rightarrow$ রাশিটি ঋণাত্মক
$1 \leq x < 3$ হলে লব ≥ 0, হর ধনাত্মক $\Rightarrow$ রাশিটি ≥ 0
$x > 3$ হলে লব ধনাত্মক, হর ঋণাত্মক $\Rightarrow$ রাশিটি ঋণাত্মক
$\therefore$ ডোমেন $D_f = [1, 3)$
ধরি, $y = f(x)$, যেখানে $y \geq 0$। তাহলে $y^2 = \frac{x-1}{3-x}$
$\Rightarrow 3y^2 - xy^2 = x - 1$
$\Rightarrow x(1 + y^2) = 1 + 3y^2$
$\Rightarrow x = \frac{1+3y^2}{1+y^2} = 3 - \frac{2}{1+y^2}$
যেকোনো $y \geq 0$ এর জন্য $1 \leq 3 - \frac{2}{1+y^2} < 3$, অর্থাৎ $x \in D_f$ পাওয়া যায়।
অতএব, রেঞ্জ $R_f = [0, \infty)$

১১. ধরি, $a, b \in D_f$ এবং $f(a) = f(b)$

$\Rightarrow \frac{2a+3}{a-1} = \frac{2b+3}{b-1}$

$\Rightarrow (2a + 3)(b - 1) = (2b + 3)(a - 1)$

$\Rightarrow 2ab - 2a + 3b - 3 = 2ab - 2b + 3a - 3$

$\Rightarrow 5b = 5a$

$\Rightarrow a = b$

$\therefore f$ এক-এক ফাংশন।

ধরি, $y = f(x) = \frac{2x+3}{x-1}$

$\Rightarrow xy - y = 2x + 3$

$\Rightarrow x(y - 2) = y + 3$

$\Rightarrow x = \frac{y+3}{y-2}$

$\therefore f^{-1}(x) = \frac{x+3}{x-2}, x \neq 2$

$f^{-1}(5) = \frac{5+3}{5-2} = \frac{8}{3}$

যাচাই: $f\left(\frac{8}{3}\right) = \frac{\frac{16}{3}+3}{\frac{8}{3}-1} = \frac{\frac{25}{3}}{\frac{5}{3}} = 5$

অতএব, $f^{-1}(5) = \frac{8}{3}$

১২. $(f \circ g)(x) = f(g(x)) = f(2x - 3) = (2x - 3)^2 + 1$

$\Rightarrow (f \circ g)(x) = 4x^2 - 12x + 9 + 1 = 4x^2 - 12x + 10$

$(g \circ f)(x) = g(f(x)) = g(x^2 + 1) = 2(x^2 + 1) - 3 = 2x^2 - 1$

$(f \circ g)(2) = 4(2)^2 - 12(2) + 10 = 16 - 24 + 10 = 2$

যেহেতু $4x^2 - 12x + 10 \neq 2x^2 - 1$ (যেমন $x = 0$ এ $10 \neq -1$),

অতএব, $f \circ g \neq g \circ f$

১৩. প্রথম পদ বাস্তব ও সংজ্ঞায়িত হবে যদি $x^2 - 5x + 6 > 0$ হয়।

$\Rightarrow (x - 2)(x - 3) > 0$

$\Rightarrow x < 2$ অথবা $x > 3$

দ্বিতীয় পদ সংজ্ঞায়িত হবে যদি $x + 1 > 0 \Rightarrow x > -1$ হয়।

উভয় শর্ত একসাথে সিদ্ধ হতে হবে:

$\{(-\infty, 2) \cup (3, \infty)\} \cap (-1, \infty) = (-1, 2) \cup (3, \infty)$

অতএব, $D_f = (-1, 2) \cup (3, \infty)$

১৪. $x^2 + x + 1 = \left(x + \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{3}{4} > 0$ সকল বাস্তব x এর জন্য, তাই $D_f = \mathbb{R}$

ধরি, $y = \frac{x^2-x+1}{x^2+x+1}$

$\Rightarrow yx^2 + yx + y = x^2 - x + 1$

$\Rightarrow (y - 1)x^2 + (y + 1)x + (y - 1) = 0$ **.....(i)**

$y \neq 1$ হলে x বাস্তব হওয়ার শর্ত: নিশ্চায়ক ≥ 0

$\Rightarrow (y + 1)^2 - 4(y - 1)^2 \geq 0$

$\Rightarrow (y + 1 - 2y + 2)(y + 1 + 2y - 2) \geq 0$

$\Rightarrow (3 - y)(3y - 1) \geq 0$

$\Rightarrow \frac{1}{3} \leq y \leq 3$

$y = 1$ হলে **(i)** থেকে $2x = 0 \Rightarrow x = 0$, যা বাস্তব; সুতরাং $y = 1$ গ্রহণযোগ্য।

অতএব, $R_f = \left[\frac{1}{3}, 3\right]$

১৫. প্রদত্ত, $f(x) + 2f\left(\frac{1}{x}\right) = 3x$ **.....(i)**

x এর পরিবর্তে $\frac{1}{x}$ বসিয়ে: $f\left(\frac{1}{x}\right) + 2f(x) = \frac{3}{x}$ **.....(ii)**

(ii) $\times 2 -$ **(i)** করে পাই:

$4f(x) - f(x) = \frac{6}{x} - 3x$

$\Rightarrow 3f(x) = \frac{6}{x} - 3x$

$\Rightarrow f(x) = \frac{2}{x} - x = \frac{2-x^2}{x}$

এখন, $f(x) = f(-x)$

$\Rightarrow \frac{2}{x} - x = -\frac{2}{x} + x$

$\Rightarrow \frac{4}{x} = 2x$

$\Rightarrow x^2 = 2$

অতএব, $x = \pm\sqrt{2}$

১৬. সকল বাস্তব x এর জন্য $\sqrt{x^2+1} > |x| \geq -x$, তাই $x + \sqrt{x^2+1} > 0$; $\therefore D_f = \mathbb{R}$

$f(-x) = \ln\left(-x + \sqrt{x^2+1}\right)$

$= \ln\left(\frac{(\sqrt{x^2+1}-x)(\sqrt{x^2+1}+x)}{\sqrt{x^2+1}+x}\right)$

$= \ln\left(\frac{1}{x+\sqrt{x^2+1}}\right)$

$= -\ln\left(x + \sqrt{x^2+1}\right)$

$= -f(x)$

$\therefore f$ একটি বিজোড় ফাংশন।

ধরি, $y = \ln\left(x + \sqrt{x^2+1}\right)$

$\Rightarrow e^y = x + \sqrt{x^2+1}$ **.....(i)**

$\Rightarrow e^{-y} = \frac{1}{x+\sqrt{x^2+1}} = \sqrt{x^2+1} - x$ **.....(ii)**

(i) $-$ **(ii):** $e^y - e^{-y} = 2x$

$\Rightarrow x = \frac{e^y - e^{-y}}{2}$

অতএব, $f^{-1}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$, $x \in \mathbb{R}$

১৭. সংকট বিন্দু $x = 1, 3, 5$। সুতরাং,

$f(x) = 9 - 3x$, যখন $x < 1$

$f(x) = 7 - x$, যখন $1 \leq x < 3$

$f(x) = x + 1$, যখন $3 \leq x < 5$

$f(x) = 3x - 9$, যখন $x \geq 5$

$x < 3$ ব্যবধিতে f হ্রাসমান এবং $x \geq 3$ ব্যবধিতে f বর্ধমান। সুতরাং ন্যূনতম মান $f(3) = 2 + 0 + 2 = 4$ এবং $x \to \pm\infty$ এ $f(x) \to \infty$

$\therefore R_f = [4, \infty)$

$f(x) = 8$ এর জন্য:

$x < 1$: $9 - 3x = 8 \Rightarrow x = \frac{1}{3}$ (গ্রহণযোগ্য)

$1 \leq x < 3$: $7 - x = 8 \Rightarrow x = -1$ (গ্রহণযোগ্য নয়)

$3 \leq x < 5$: $x + 1 = 8 \Rightarrow x = 7$ (গ্রহণযোগ্য নয়)

$x \geq 5$: $3x - 9 = 8 \Rightarrow x = \frac{17}{3}$ (গ্রহণযোগ্য)

অতএব, $x = \frac{1}{3}, \frac{17}{3}$

১৮. $f(x) = \frac{x}{1+x}$, যখন $x \geq 0$

$f(x) = \frac{x}{1-x}$, যখন $x < 0$

$x \geq 0$ হলে $f(x) \geq 0$ এবং $x < 0$ হলে $f(x) < 0$; অর্থাৎ ভিন্ন চিহ্নের x এর জন্য $f(x)$ ভিন্ন।

একই অংশে, $\frac{a}{1+a} = \frac{b}{1+b} \Rightarrow a + ab = b + ab \Rightarrow a = b$ (একইভাবে $x < 0$ অংশে)

$\therefore$ f এক-এক ফাংশন।

$x \geq 0$: $y = \frac{x}{1+x} = 1 - \frac{1}{1+x} \in [0, 1)$

$x < 0$: $y = \frac{x}{1-x} = -1 + \frac{1}{1-x} \in (-1, 0)$

$\therefore R_f = (-1, 1)$

$0 \leq y < 1$: $y = \frac{x}{1+x} \Rightarrow x = \frac{y}{1-y}$

$-1 < y < 0$: $y = \frac{x}{1-x} \Rightarrow x = \frac{y}{1+y}$

অতএব, উভয় ক্ষেত্র একত্রে $f^{-1}(x) = \frac{x}{1-|x|}$, $-1 < x < 1$

১৯. $f(x)$ বাস্তব হবে যদি $\log_{10}\left(\frac{5x-x^2}{4}\right) \geq 0$ হয়।

$\Rightarrow \frac{5x-x^2}{4} \geq 10^0 = 1$ (এতে লগের আর্গুমেন্ট ধনাত্মক হওয়ার শর্তও সিদ্ধ হয়)

$\Rightarrow 5x - x^2 \geq 4$

$\Rightarrow x^2 - 5x + 4 \leq 0$

$\Rightarrow (x - 1)(x - 4) \leq 0$

$\Rightarrow 1 \leq x \leq 4$

$\therefore D_f = [1, 4]$

$[1, 4]$ এ $g(x) = \frac{5x-x^2}{4} = \frac{1}{4}\left\{\frac{25}{4} - \left(x - \frac{5}{2}\right)^2\right\}$ এর ন্যূনতম মান $g(1) = g(4) = 1$ এবং সর্বোচ্চ মান $g\left(\frac{5}{2}\right) = \frac{25}{16}$

$\Rightarrow 0 \leq \log_{10} g(x) \leq \log_{10} \frac{25}{16}$

অতএব, $R_f = \left[0, \sqrt{\log_{10} \frac{25}{16}}\right]$

২০. ডানপক্ষ $= {}^{n-1}C_r + {}^{n-1}C_{r-1}$

$= \frac{(n-1)!}{r!(n-1-r)!} + \frac{(n-1)!}{(r-1)!(n-r)!}$

$= \frac{(n-1)!}{r(r-1)!(n-1-r)!} + \frac{(n-1)!}{(r-1)!(n-r)(n-r-1)!}$

$= \frac{(n-1)!}{(r-1)!(n-1-r)!}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{n-r}\right)$

$= \frac{(n-1)!}{(r-1)!(n-1-r)!} \cdot \frac{n-r+r}{r(n-r)}$

$= \frac{(n-1)!}{(r-1)!(n-1-r)!} \cdot \frac{n}{r(n-r)}$

$= \frac{n(n-1)!}{r(r-1)!(n-r)(n-r-1)!}$

$= \frac{n!}{r!(n-r)!}$

$= {}^nC_r$ = বামপক্ষ (প্রমাণিত)

Physics

২০০ নম্বর

২১. (ক) $\frac{x-4}{109-4} = \frac{\theta-0}{100-0}$

$\frac{x-4}{105} = \frac{\theta}{100}$

অতএব, $x = 1.05\theta + 4$

(খ) এখানে, $\theta = 60°C$

$x = 1.05 \times 60 + 4$

$= 63 + 4$

$= 67$

(গ) P স্কেলের ঊর্ধ্ব স্থিরবিন্দু $= 40 + 120 = 160$

$\frac{P-40}{160-40} = \frac{Q-0}{100-0}$

$\frac{P-40}{120} = \frac{Q}{100}$

$P - 40 = \frac{6}{5}Q$

অতএব, $P = \frac{6}{5}Q + 40$

২২. **(ক)** $\beta = \frac{P_{100}-P_0}{P_0 \times 100}$

$= \frac{109.3-80}{80\times100}$

$= \frac{29.3}{8000}$

$= 3.66 \times 10^{-3}\ ^\circ C^{-1}$

(খ) $\theta = \frac{P-P_0}{P_{100}-P_0} \times 100$

$= \frac{60-80}{109.3-80} \times 100$

$= \frac{-20}{29.3} \times 100$

$= -68.26^\circ C$

(গ) পরম শূন্যে $P = 0$

$\theta_0 = \frac{0-80}{109.3-80} \times 100$

$= \frac{-80}{29.3} \times 100$

$= -273.04^\circ C$

২৩. চিত্র থেকে, $V_A = V_B = 1\,L$, $V_C = 4\,L$, $P_A = P_C = 1 \times 10^5\ Pa$, $P_B = 3 \times 10^5\ Pa$

(ক) নিট কাজ = ত্রিভুজ ABC এর ক্ষেত্রফল

$W = \frac{1}{2} \times (4-1) \times 10^{-3} \times (3-1) \times 10^5$

$= 300\,J$

(খ) $P_C V_C = 10^5 \times 4 \times 10^{-3} = 400\,J$

$P_A V_A = 10^5 \times 1 \times 10^{-3} = 100\,J$

$\Delta U_{CA} = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}(P_A V_A - P_C V_C)$

$= \frac{3}{2}(100 - 400)$

$= -450\,J$

$W_{CA} = P(V_A - V_C) = 10^5 \times (1-4) \times 10^{-3}$

$= -300\,J$

(গ) $Q_{CA} = \Delta U + W$

$= -450 - 300$

$= -750\,J$

অতএব, গ্যাস 750 J তাপ বর্জন করে।

২৪. **(ক)** $T_1 = 37 + 273 = 310\,K$

$n = \frac{PV}{RT} = \frac{2\times10^5\times0.5}{8.314\times310}$

$= 38.80\,mol$

(খ) $\Delta T = 77 - 37 = 40\,K$

$W = nR\Delta T = \frac{PV}{T_1}\Delta T = \frac{2\times10^5\times0.5}{310} \times 40$

$= 12903.2\,J$

(গ) দ্বিপরমাণুক গ্যাসের জন্য $C_V = \frac{5}{2}R$

$\Delta U = nC_V\Delta T = \frac{5}{2}nR\Delta T = \frac{5}{2} \times 12903.2$

$= 32258.1\,J$

$Q = \Delta U + W = 32258.1 + 12903.2$

$= 45161.3\,J$

২৫. **(ক)** কাজ = সরলরেখার নিচের ট্রাপিজিয়ামের ক্ষেত্রফল

$W = \frac{1}{2}(P_1 + P_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(1 + 3) \times 4$

$= 8\,\text{atm L}$

$= 8 \times 1.013 \times 10^5 \times 10^{-3}$

$= 810.4\,\text{J}$

(খ) $\Delta U = \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) = \frac{3}{2}(18 - 2)$

$= 24\,\text{atm L}$

$= 24 \times 1.013 \times 10^5 \times 10^{-3}$

$= 2431.2\,\text{J}$

(গ) $Q = \Delta U + W = 2431.2 + 810.4$

$= 3241.6\,\text{J}$

২৬. **(ক)** মোলার আপেক্ষিক তাপে, $C_P - C_V = \frac{R}{J}$

$M(c_p - c_v) = \frac{R}{J}$

$J = \frac{R}{M(c_p - c_v)} = \frac{8.314}{32 \times (0.218 - 0.155)}$

$= \frac{8.314}{2.016}$

$= 4.12\,\text{Jcal}^{-1}$

(খ) $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{0.218}{0.155}$

$= 1.41$

২৭. **(ক)** হিলিয়াম এক-পরমাণুক, $C_V = \frac{3}{2}R$; অক্সিজেন দ্বিপরমাণুক, $C_V = \frac{5}{2}R$

$C_V = \frac{n_1C_{V_1} + n_2C_{V_2}}{n_1 + n_2} = \frac{2 \times \frac{3}{2}R + 2 \times \frac{5}{2}R}{4}$

$= 2R$

$= 2 \times 8.314 = 16.63\,\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$

(খ) $C_P = C_V + R = 3R$

$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{3R}{2R}$

$= 1.5$

(গ) হঠাৎ সংকোচন রুদ্ধতাপীয়, তাই $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$

$T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 300 \times 2^{0.5}$

$= 424.26\,\text{K}$

২৮. **(ক)** সমোষ্ণে, $P_1V_1 = P_{iso} \times \frac{V_1}{2}$

$P_{iso} = 2P_1$

রুদ্ধতাপীয়ে, $P_1V_1^{\gamma} = P_{ad}\left(\frac{V_1}{2}\right)^{\gamma}$

$P_{ad} = 2^{1.4}P_1 = 2.639P_1$

$\frac{P_{ad}}{P_{iso}} = \frac{2^{1.4}}{2} = 2^{0.4}$

$= 1.32$

(খ) সমোষ্ণে গ্যাসের উপর কাজ:

$W_{iso} = P_1V_1 \ln 2 = 1000 \times 0.693$

$= 693.1\,\text{J}$

রুদ্ধতাপীয়ে গ্যাসের উপর কাজ:

$W_{ad} = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{\gamma - 1} = \frac{P_1V_1(2^{0.4} - 1)}{0.4}$

$= \frac{1000 \times 0.3195}{0.4}$

$= 798.8\,\text{J}$

অতএব, রুদ্ধতাপীয় ক্ষেত্রে বেশি কাজ করতে হবে।

২৯. **(ক)** $A \rightarrow B$ সমোষ্ণ: $T_B = T_A = 400\,K$

$V_B = 2V_A = 4 \times 10^{-3}\,m^3$

$P_B = \frac{P_A V_A}{V_B} = \frac{2\times10^6}{2} = 1 \times 10^6\,Pa$

$B \rightarrow C$ রুদ্ধতাপীয়: $V_C = 2V_B = 8 \times 10^{-3}\,m^3$

$P_C = P_B \left(\frac{V_B}{V_C}\right)^{\gamma} = 10^6 \times (0.5)^{1.4}$

$= 3.789 \times 10^5\,Pa$

$T_C = T_B \left(\frac{V_B}{V_C}\right)^{\gamma-1} = 400 \times (0.5)^{0.4}$

$= 303.14\,K$

(খ) $A \rightarrow B$: $\Delta U_{AB} = 0$

$W_{AB} = P_A V_A \ln \frac{V_B}{V_A} = 2 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-3} \times \ln 2$

$= 4000 \times 0.6931 = 2772.6\,J$

$Q_{AB} = W_{AB} = 2772.6\,J$

$B \rightarrow C$: $Q_{BC} = 0$

$W_{BC} = \frac{P_B V_B - P_C V_C}{\gamma-1} = \frac{4000 - 3.789\times10^5 \times 8\times10^{-3}}{0.4}$

$= \frac{4000-3031.4}{0.4} = 2421.4\,J$

$\Delta U_{BC} = -W_{BC} = -2421.4\,J$

মোট কাজ $W = 2772.6 + 2421.4$

$= 5194\,J$

(গ) সমোষ্ণ ধাপে,

$W_1 = nRT \ln \frac{3V_0}{V_0} = 2 \times 8.3 \times 350 \times \ln 3$

$= 6382.9\,J$

রুদ্ধতাপীয় ধাপে,

$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 350 \times (3)^{0.4}$

$= 543.15\,K$

$W_2 = \frac{nR(T_1 - T_2)}{\gamma-1} = \frac{2\times8.3\times(350-543.15)}{0.4}$

$= -8015.6\,J$

মোট কাজ $W = W_1 + W_2 = 6382.9 - 8015.6$

$= -1632.7\,J$

চূড়ান্ত অবস্থা $(V_0,\ 543.15\,K)$ আদি অবস্থা $(V_0,\ 350\,K)$ এর সমান নয়।

অতএব, এটি পূর্ণ চক্র নয়।

৩০. **(ক)** তাপমাত্রা স্থির, তাই $P_1V_1 = P_2V_2$

$V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{1.013\times10^5\times2}{5\times10^4}$

$= 4.05\,m^3$

(খ) $W = P_1V_1 \ln \frac{P_1}{P_2} = 1.013 \times 10^5 \times 2 \times \ln \frac{1.013\times10^5}{5\times10^4}$

$= 1.43 \times 10^5\,J$

(গ) সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির, তাই $\Delta U = 0$

$Q = \Delta U + W = W$

অতএব, গ্যাস $1.43 \times 10^5\,J$ তাপ শোষণ করে।

৩১. (ক) $\eta_1 = 1 - \frac{T_M}{T_H} = 1 - \frac{700}{900} = \frac{2}{9} = 22.22\%$

মধ্যবর্তী তাপ $Q' = \frac{T_M}{T_H} \times Q_H = \frac{700}{900} \times 1800 = 1400\,J$

$W_1 = Q_H - Q' = 1800 - 1400 = 400\,J$

$\eta_2 = 1 - \frac{T_C}{T_M} = 1 - \frac{400}{700} = \frac{3}{7} = 42.86\%$

চূড়ান্ত বর্জিত তাপ $Q_C = \frac{400}{700} \times 1400 = 800\,J$

$W_2 = Q' - Q_C = 1400 - 800 = 600\,J$

$\eta_{total} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} = 1 - \frac{800}{1800} = 55.56\%$

(খ) $W_1 = W_2$ হলে, $Q_H - Q' = Q' - Q_C$

$Q_H + Q_C = 2Q'$

$\frac{T_H}{T_M}Q' + \frac{T_C}{T_M}Q' = 2Q'$

অতএব, $T_M = \frac{T_H + T_C}{2} = \frac{900+400}{2} = 650\,K$

$Q' = \frac{650}{900} \times 1800 = 1300\,J$

$W_1 = W_2 = 1800 - 1300 = 500\,J$

(গ) $\eta_1 = \eta_2$ হলে, $1 - \frac{T_M}{T_H} = 1 - \frac{T_C}{T_M}$

অতএব, $T_M = \sqrt{T_H T_C} = \sqrt{900 \times 400} = 600\,K$

$Q' = \frac{600}{900} \times 1800 = 1200\,J$

$W_1 = 1800 - 1200 = 600\,J$

$W_2 = \left(1 - \frac{400}{600}\right) \times 1200 = 400\,J$

অতএব, দক্ষতা সমান হলেও কাজ সমান হবে না।

৩২. (ক) $A \rightarrow B$ সমোষ্ণ প্রসারণ

$W_{AB} = nRT_1 \ln \frac{V_B}{V_A} = 1 \times 8.314 \times 500 \times \ln 3$

$= 4566.9\,J$

(খ) $B \rightarrow C$ রুদ্ধতাপীয়: $T_1 V_B^{\gamma-1} = T_2 V_C^{\gamma-1}$

$V_C = V_B \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 6 \times \left(\frac{5}{3}\right)^{2.5}$

$= 21.52\,L$

$D \rightarrow A$ রুদ্ধতাপীয়: $V_D = V_A \left(\frac{5}{3}\right)^{2.5} = 2 \times 3.586$

$= 7.17\,L$

(গ) $Q_1 = W_{AB} = 4566.9\,J$

$Q_2 = Q_1 \times \frac{T_2}{T_1} = 4566.9 \times \frac{300}{500}$

$= 2740.2\,J$

$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{500}$

$= 0.4 = 40\%$

৩৩. (ক) পানির আপেক্ষিক তাপ $c_w = 4200\,Jkg^{-1}K^{-1}$ ধরে,

$Q_2 = m(c_w \Delta\theta_1 + L_f + c_i \Delta\theta_2)$

$= 2 \times (4200 \times 20 + 336000 + 2100 \times 5)$

$= 2 \times 430500$

$= 861000\,J$

(খ) $T_2 = -5 + 273 = 268\,K$, $T_1 = 30 + 273 = 303\,K$

$K = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{268}{303-268} = 7.657$

$W = \frac{Q_2}{K} = \frac{861000}{7.657}$

$= 1.12 \times 10^5\,J$

(গ) $t = \frac{W}{P} = \frac{1.12 \times 10^5}{150}$

$= 749.6\,s \approx 12.5\,min$

৩৪. **(ক)** $\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H} = 1 - \frac{420}{600} = 0.3 = 30\%$

$W = \eta Q_H = 0.3 \times 3 \times 10^6 = 9 \times 10^5\ J$

$Q_C = \frac{T_C}{T_H} \times Q_H = \frac{420}{600} \times 3 \times 10^6 = 2.1 \times 10^6\ J$

(খ) কার্নো ইঞ্জিনে $\frac{T_C}{T_H} = \frac{Q_C}{Q_H}$

$T_C = \frac{900}{1500} \times 800 = 480\ K$

$\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H} = 1 - \frac{480}{800} = 0.4 = 40\%$

(গ) $\frac{T_H - T_C}{T_C} = \frac{Q_H - Q_C}{Q_C} = \frac{W}{Q_C}$

$\frac{800-200}{200} = \frac{1500}{Q_C}$

$Q_C = \frac{1500 \times 200}{600} = 500\ J$

$Q_H = Q_C + W = 500 + 1500 = 2000\ J$

৩৫. **(ক)** বরফকে 0°C এর পানি করতে লাগে $= 0.2 \times (2100 \times 10 + 336000) = 71400\ J$

পানি 0°C পর্যন্ত নামলে দেয় $= 1 \times 4200 \times 55 = 231000\ J > 71400\ J$, তাই সব বরফ গলে।

ধরি, চূড়ান্ত তাপমাত্রা θ

প্রশ্নমতে, $71400 + 0.2 \times 4200 \times \theta = 1 \times 4200 \times (55 - \theta)$

$5040\theta = 159600$

$\theta = 31.67°C = 304.67\ K$

(খ) বরফের এন্ট্রপি পরিবর্তন:

$\Delta S_1 = 0.2 \times 2100 \ln \frac{273}{263} + \frac{0.2 \times 336000}{273} + 0.2 \times 4200 \ln \frac{304.67}{273}$

$= 15.67 + 246.15 + 92.19 = 354.01\ JK^{-1}$

পানির এন্ট্রপি পরিবর্তন:

$\Delta S_2 = 1 \times 4200 \ln \frac{304.67}{328} = -309.94\ JK^{-1}$

$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 354.01 - 309.94$

$= 44.07\ JK^{-1}$

৩৬. **(ক)** সমআয়তন ধাপে,

$\Delta S_1 = nC_V \ln \frac{T_2}{T_1} = 2 \times \frac{3}{2} \times 8.314 \times \ln 2$

$= 17.29\ JK^{-1}$

সমোষ্ণ ধাপে,

$\Delta S_2 = nR \ln \frac{V_2}{V_1} = 2 \times 8.314 \times \ln 3$

$= 18.27\ JK^{-1}$

(খ) এন্ট্রপি অবস্থা অপেক্ষক, তাই পথের উপর নির্ভর করে না।

$\Delta S = 17.29 + 18.27$

$= 35.56\ JK^{-1}$

৩৭. **(ক)** $\Delta S_{hot} = -\frac{1000}{500} = -2\ JK^{-1}$

$\Delta S_{cold} = +\frac{1000}{300} = 3.33\ JK^{-1}$

$\Delta S_{universe} = -2 + 3.33 = 1.33\ JK^{-1}$

(খ) $W = Q_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = 1000 \times \left(1 - \frac{300}{500}\right)$

$= 400\ J$

$Q_2 = 1000 - 400 = 600\ J$

$\Delta S = -\frac{1000}{500} + \frac{600}{300} = 0$

প্রত্যাবর্তী হওয়ায় মহাবিশ্বের এন্ট্রপি অপরিবর্তিত থাকে।

৩৮. **(ক)** ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রে, $mu = (m + M)v$

$v = \frac{0.01 \times 300}{0.01+2} = \frac{3}{2.01}$

$= 1.49\,ms^{-1}$

(খ) $Q = \frac{1}{2}mu^2 - \frac{1}{2}(m + M)v^2 = \frac{1}{2}mu^2 \cdot \frac{M}{m+M}$

$= \frac{1}{2} \times 0.01 \times 300^2 \times \frac{2}{2.01}$

$= 447.8\,J$

(গ) বুলেট গ্রহণ করে $= \frac{447.8}{2} = 223.9\,J$

$\Delta\theta = \frac{Q'}{ms} = \frac{0.5 \times 447.8}{0.01 \times 128}$

$= 174.9°C$

৩৯. **(ক)** $Q = ms\Delta\theta = 0.25 \times 4200 \times (100 - 10)$

$= 94500\,J$

$Pt = Q$

$t = \frac{94500}{150} = 630\,s$

$= 10.5\,min$

(খ) $Pt = ms\Delta\theta$

$150 \times 60 = 3 \times 400 \times \Delta\theta$

$\Delta\theta = \frac{9000}{1200}$

$= 7.5°C$

(গ) $W = Pt = 700 \times 6 \times 60 = 2.52 \times 10^5\,J$

পানির ভর $m = 6\,L \times 1000\,gL^{-1} = 6000\,g$

$H = ms\Delta\theta = 6000 \times 1 \times (30 - 20) = 6 \times 10^4\,cal$

$J = \frac{W}{H} = \frac{2.52 \times 10^5}{6 \times 10^4}$

$= 4.2\,Jcal^{-1}$

৪০. **(ক)** বেগ স্থির, তাই হারানো বিভবশক্তি সম্পূর্ণ তাপে পরিণত হয়

$Mgh = ms\Delta\theta$

$\Delta\theta = \frac{1500 \times 9.8 \times 50}{12 \times 450}$

$= \frac{735000}{5400}$

$= 136.1°C$

(খ) $Q = Mgh + \frac{1}{2}Mv^2 = 735000 + \frac{1}{2} \times 1500 \times 20^2$

$= 1035000\,J$

$\Delta\theta = \frac{1035000}{12 \times 450}$

$= 191.7°C$

Chemistry ২০০ নম্বর

৪১. ইউরিয়া $CO(NH_2)_2$ এর আণবিক ভর $= 12 + 16 + 2 \times 16 = 60$

60 g ইউরিয়াতে নাইট্রোজেন $= 28\,g$

$\therefore$ 50 kg নাইট্রোজেনের জন্য ইউরিয়া $= 50 \times \frac{60}{28} = 107.14\,kg$

অ্যামোনিয়াম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$ এর আণবিক ভর $= 2 \times 18 + 32 + 64 = 132$

132 g অ্যামোনিয়াম সালফেটে নাইট্রোজেন $= 28\,g$

$\therefore$ 50 kg নাইট্রোজেনের জন্য অ্যামোনিয়াম সালফেট $= 50 \times \frac{132}{28} = 235.71\,kg$

আবার, ইউরিয়াতে $N = \frac{28}{60} \times 100 = 46.67\%$ এবং অ্যামোনিয়াম সালফেটে $N = \frac{28}{132} \times 100 = 21.21\%$

অতএব, একই পরিমাণ নাইট্রোজেনের জন্য ইউরিয়া অর্ধেকেরও কম লাগে, ফলে বহন, মজুত ও পরিবহন ব্যয় কম হয়। সুতরাং ইউরিয়া পরিবহনে সাশ্রয়ী।

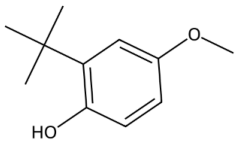
৪২. এখানে, প্রতি ঘণ্টায় BMR $= \frac{6276}{24} = 261.5\,\text{kJ}$
মোট শক্তি $= 261.5 \times (7 \times 1.0 + 9 \times 1.2 + 5 \times 3.2 + 3 \times 6.0)$
$= 261.5 \times (7 + 10.8 + 16 + 18)$
$= 261.5 \times 51.8 = 13545.7\,\text{kJ}$
আবার, $1\,\text{kcal} = 4.184\,\text{kJ}$
$\therefore$ শক্তি $= \frac{13545.7}{4.184} = 3237.5\,\text{kcal}$
অতএব, দৈনিক শক্তি চাহিদা $13545.7\,\text{kJ}$ বা $3237.5\,\text{kcal}$

৪৩. **(a)** একই তাপমাত্রায় খাদ্যের জলীয় বাষ্পচাপ এবং বিশুদ্ধ পানির জলীয় বাষ্পচাপের অনুপাতকে পানি সক্রিয়তা বলে। অর্থাৎ $a_w = \frac{p}{p_0}$, যেখানে p = খাদ্যের জলীয় বাষ্পচাপ বা বাষ্পের পরিমাণ এবং p_0 = বিশুদ্ধ পানি বা চারপাশের জলীয় বাষ্পচাপ বা বাষ্পের পরিমাণ। এটি খাদ্যে অণুজীবের ব্যবহারযোগ্য মুক্ত পানির পরিমাপ।
(b) এখানে, $a_w = \frac{21}{35} = 0.60$
ব্যাকটেরিয়া জন্মাতে সাধারণত $a_w > 0.90$, ইস্ট জন্মাতে $a_w > 0.88$ এবং ছত্রাক জন্মাতে $a_w > 0.80$ প্রয়োজন। খাদ্যটির $a_w = 0.60$ এই সব মানের চেয়ে কম। অতএব, ব্যাকটেরিয়া, ইস্ট বা ছত্রাক কোনোটিই জন্মাতে পারবে না। আবার, কৌটাজাতকরণের জন্য a_w হতে হয় 0.85 বা তার কম। খাদ্যটির $a_w = 0.60 < 0.85$ হওয়ায় এতে ক্ষতিকর অণুজীবের বৃদ্ধি ঘটে না। সুতরাং খাদ্যটি কৌটাজাতকরণের উপযোগী।
(c) শুটকি মাছ ও কিসমিস শুকানোর সময় উপরিতল দ্রুত শুকিয়ে একটি শক্ত আবরণ (কেস) তৈরি হয়, একে কেস-হার্ডেনিং বলে।
এই শক্ত আবরণ বাইরের আর্দ্রতা, বায়ু ও অণুজীবের প্রবেশে বাধা দেয় এবং পৃষ্ঠতলের a_w কমিয়ে রাখে। ফলে অণুজীব জন্মাতে পারে না এবং খাদ্য দীর্ঘদিন সংরক্ষিত থাকে।

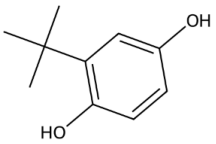
৪৪. **(a)** মূল উপাদান ট্যালক, রাসায়নিক নাম হাইড্রেটেড ম্যাগনেসিয়াম সিলিকেট। সংকেত $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ (বা $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$)।
(b) জিংক স্টিয়ারেট $Zn(C_{17}H_{35}COO)_2$: ত্বকে পাউডারকে আটকে রাখে, পানিরোধী ও মসৃণ আবরণ তৈরি করে এবং পাউডারকে জমাট বাঁধতে দেয় না।
বোরিক এসিড H_3BO_3: মৃদু জীবাণুনাশক হিসেবে ত্বকে ছত্রাক ও ব্যাকটেরিয়ার সংক্রমণ, ঘামাচি ও চুলকানি প্রতিরোধ করে।
(c) ডাই ক্যালসিয়াম ফসফেট $CaHPO_4$: মৃদু ঘর্ষক পদার্থ; দাঁতের প্লাক ও দাগ পরিষ্কার ও পালিশ করে।
গ্লিসারিন $C_3H_5(OH)_3$: আর্দ্রতাধারক; পেস্টকে নরম রাখে, শুকিয়ে যাওয়া রোধ করে এবং মিষ্টি স্বাদ দেয়।
সোডিয়াম লরাইল সালফেট $C_{12}H_{25}OSO_3Na$: ডিটারজেন্ট ও ফেনাকারক; ফেনা তৈরি করে দাঁতের ময়লা ও খাদ্যকণা তুলে ফেলে।

৪৫. চর্বিযুক্ত খাদ্যের জারণ একটি মুক্তমূলক শৃঙ্খল বিক্রিয়া; এর তিনটি ধাপ। এখানে RH = অসম্পৃক্ত চর্বি।
(i) সূচনা ধাপ (আলো, তাপ বা ধাতব আয়নের উপস্থিতিতে): $RH \rightarrow R\cdot + H\cdot$
(ii) বিস্তার ধাপ: $R\cdot + O_2 \rightarrow ROO\cdot$
$ROO\cdot + RH \rightarrow ROOH + R\cdot$ (নতুন মুক্তমূলক তৈরি হয়ে শৃঙ্খল চলতে থাকে)
(iii) সমাপ্তি ধাপ: $R\cdot + R\cdot \rightarrow R-R$
$R\cdot + ROO\cdot \rightarrow ROOR$
$ROO\cdot + ROO\cdot \rightarrow ROOR + O_2$
অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট AH মুক্তমূলককে হাইড্রোজেন দান করে নিষ্ক্রিয় করে:
$ROO\cdot + AH \rightarrow ROOH + A\cdot$
$R\cdot + AH \rightarrow RH + A\cdot$
উৎপন্ন $A\cdot$ রেজোন্যান্সের কারণে স্থিতিশীল, তাই নতুন শৃঙ্খল শুরু করতে পারে না এবং পরস্পর বা অন্য মুক্তমূলকের সাথে যুক্ত হয়ে শৃঙ্খল বন্ধ করে:
$A\cdot + A\cdot \rightarrow A-A$
$A\cdot + ROO\cdot \rightarrow ROOA$

৪৬. **BHA:** বিউটাইলেটেড হাইড্রক্সি অ্যানিসোল (২-টারশিয়ারি-বিউটাইল-৪-মেথক্সিফেনল), আণবিক সংকেত $C_{11}H_{16}O_2$
TBHQ: টারশিয়ারি-বিউটাইল হাইড্রোকুইনোন (২-টারশিয়ারি-বিউটাইলবেনজিন-১,৪-ডায়ল), আণবিক সংকেত $C_{10}H_{14}O_2$
গাঠনিক সংকেত:



BHA



TBHQ

শ্রেণি: উভয়ই অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট (মুক্তমূলক শোষণকারী)।
ব্যবহার: তেল, চর্বি, মাখন, ভাজা খাবার, চিপস, বিস্কুট, সিরিয়াল, বাদাম ও অন্যান্য চর্বিযুক্ত খাদ্যে জারণজনিত দুর্গন্ধ (রেনসিডিটি) রোধে ব্যবহৃত হয়।

৪৭. **(a)** $500\,\text{mL}$ পানীয়তে সোডিয়াম বেনজয়েট $= 0.35\,\text{g}$
$\therefore$ শতকরা **(W/V)** পরিমাণ $= \frac{0.35}{500} \times 100 = 0.07\%$
(b) অনুমোদিত সর্বোচ্চ মাত্রা 0.1% **(W/V)**
$500\,\text{mL}$ এ সর্বোচ্চ সোডিয়াম বেনজয়েট $= \frac{0.1}{100} \times 500 = 0.5\,\text{g}$
$\therefore$ আরও মেশানো যাবে $= 0.5 - 0.35 = 0.15\,\text{g}$
(c) অম্লীয় মাধ্যমে সোডিয়াম বেনজয়েট থেকে বেনজোয়িক এসিড তৈরি হয়: $C_6H_5COONa + H^+ \rightarrow C_6H_5COOH + Na^+$
অবিয়োজিত C_6H_5COOH অণু অণুজীবের কোষপর্দা ভেদ করে কোষের ভেতরে ঢুকে কোষের pH কমিয়ে দেয় এবং এনজাইমের কাজ বন্ধ করে। তাই pH কম (প্রায় 4.5 বা তার নিচে) হলে বেনজয়েট বেশি কার্যকর।

৪৮. **(a)** মাংসের অম্লীয় মাধ্যমে নাইট্রাইট থেকে নাইট্রিক অক্সাইড তৈরি হয়: $NO_2^- + H^+ \rightarrow HNO_2 \rightarrow NO$
NO মাংসের মায়োগ্লোবিনের সাথে যুক্ত হয়ে নাইট্রোসোমায়োগ্লোবিন তৈরি করে, যা মাংসকে গোলাপি-লাল রং দেয়। এটি Clostridium botulinum এর স্পোর অঙ্কুরোদগম ও অন্যান্য ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি রোধ করে, জারণ কমায় এবং বিশেষ স্বাদ দেয়।
(b) মাত্রাতিরিক্ত নাইট্রাইট অ্যামিনের সাথে বিক্রিয়ায় নাইট্রোসোঅ্যামিন তৈরি করে, যা ক্যান্সারের কারণ: $R_2NH + HNO_2 \rightarrow R_2N - N = O + H_2O$
এছাড়া রক্তের হিমোগ্লোবিনকে মেথেমোগ্লোবিনে পরিণত করে অক্সিজেন পরিবহন কমায় (মেথেমোগ্লোবিনেমিয়া/ব্লু বেবি সিনড্রোম), যা শিশুদের জন্য বিপজ্জনক।
(c) এখানে, $4\,\text{kg} = 4000\,\text{g}$
$1\,\text{ppm} = \frac{1\,\text{g}}{10^6\,\text{g}}$ ভর অনুপাত
$\therefore$ সর্বোচ্চ $NaNO_2 = 4000 \times \frac{120}{10^6} = 0.48\,\text{g}$

৪৯. পূর্ণ নাম: ইথিলিন ডাইঅ্যামিন টেট্রাঅ্যাসিটিক এসিড **(Ethylenediaminetetraacetic acid)**
গাঠনিক সংকেত: $(HOOC - CH_2)_2N - CH_2 - CH_2 - N(CH_2 - COOH)_2$, আণবিক সংকেত $C_{10}H_{16}N_2O_8$
Fe^{3+} ও Cu^{2+} এর মতো ধাতব আয়ন চর্বির হাইড্রোপারঅক্সাইডকে ভেঙে মুক্তমূলক তৈরি করে জারণ ও পচন ত্বরান্বিত করে: $ROOH + Fe^{3+} \rightarrow ROO\cdot + Fe^{2+} + H^+$
EDTA বিয়োজিত হয়ে $EDTA^{4-}$ দেয়, যা Fe^{3+} কে ঘিরে ধরে স্থিতিশীল পাঁচ-সদস্যবিশিষ্ট বলয়যুক্ত অষ্টতলকীয় কিলেট কমপ্লেক্স গঠন করে:
$Fe^{3+} + EDTA^{4-} \rightarrow [Fe(EDTA)]^-$
আয়নটি কমপ্লেক্সে আবদ্ধ হয়ে যাওয়ায় বিক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে না, ফলে জারণ-শৃঙ্খল শুরু হয় না এবং খাদ্য পচন রোধ হয়।
$EDTA^{4-}$ আয়নে দাতা ইলেকট্রন যুগল 6 টি (দুটি N পরমাণুতে 2 টি এবং চারটি কার্বক্সিলেট O পরমাণুতে 4 টি)।

৫০. কৌটাজাতকরণের তিনটি স্তর:
(১) প্রস্তুতি স্তর: খাদ্য বাছাই, ধোয়া, খোসা ছাড়ানো, কাটা ও ব্লাঞ্চিং।
(২) কৌটায় ভরা ও আবদ্ধকরণ স্তর: কৌটায় খাদ্য ও ক্যানিং তরল (সিরাপ/ব্রাইন) ভরা, এগজাস্টিং (বায়ু অপসারণ) এবং সিলিং।
(৩) তাপ প্রক্রিয়াজাতকরণ ও সংরক্ষণ স্তর: তাপ দিয়ে জীবাণুমুক্তকরণ (রিটর্টিং), ঠান্ডা করা, লেবেলিং ও মজুত।
পার্থক্য:
তাপমাত্রা: পানি স্ফুটন বাথে প্রায় 100°C; চাপ কৌটাজাতকরণে প্রায় 116°C থেকে 121°C (চাপ প্রায় 10 থেকে 15 psi)।
সময়: পানি স্ফুটন বাথে তুলনামূলক কম তাপমাত্রা হলেও সাধারণত কম থেকে মাঝারি সময় (প্রায় 10 থেকে 60 মিনিট); চাপ পদ্ধতিতে খাদ্য ও পাত্রের আকার অনুযায়ী বেশি সময় (প্রায় 20 থেকে 90 মিনিট)।
খাদ্যের ধরন: পানি স্ফুটন বাথ উচ্চ অম্লীয় খাদ্যের ($pH < 4.6$) জন্য, যেমন ফল, জ্যাম, জুস, আচার, টমেটো; চাপ পদ্ধতি স্বল্প অম্লীয় খাদ্যের ($pH > 4.6$) জন্য, যেমন সবজি, মাংস, মাছ, মটর।

৫১. ধাপ ১ (আর্দ্রবিশ্লেষণ): $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{invertase, } 30°C} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$ (গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজ)
ধাপ ২ (গাঁজন): $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{zymase, } 30°C} 2C_2H_5OH + 2CO_2$
ধাপ ৩ (জারণ): $C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{\text{Acetobacter, } 30-35°C} CH_3COOH + H_2O$
$(NH_4)_2SO_4$ ও $(NH_4)_3PO_4$ ইস্টের পুষ্টি হিসেবে কাজ করে। আখের রসে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস কম থাকায় এগুলো যোগ করলে ইস্ট দ্রুত বংশবৃদ্ধি করে এবং গাঁজন দ্রুত ও সম্পূর্ণ হয়।
শেষ ধাপে ভিনেগারকে প্রায় $75 - 80°C$ এ গরম করা (পাস্তুরীকরণ) হয়, যাতে অবশিষ্ট অণুজীব ও এনজাইম নষ্ট হয়, অ্যাসিটোব্যাক্টরের মাধ্যমে ইথানয়িক এসিডের আরও জারণ (CO_2 ও H_2O তে রূপান্তর) বন্ধ হয় এবং ভিনেগারের গুণমান ও স্থায়িত্ব বজায় থাকে।

৫২. এখানে, সুক্রোজ $= 1000 \times \frac{18}{100} = 180\ g$
সুক্রোজ $C_{12}H_{22}O_{11}$ এর আণবিক ভর $= 342$, $\therefore$ মোল $= \frac{180}{342} = 0.5263\ mol$
বিক্রিয়া: $C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow 2C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4C_2H_5OH \rightarrow 4CH_3COOH$
তাত্ত্বিক ইথানল $= 4 \times 0.5263 = 2.1053\ mol$
গাঁজন দক্ষতা 80%: ইথানল $= 2.1053 \times 0.80 = 1.6842\ mol$
জারণ দক্ষতা 90%: ইথানয়িক এসিড $= 1.6842 \times 0.90 = 1.5158\ mol$
$\therefore$ ইথানয়িক এসিডের ভর $= 1.5158 \times 60 = 90.95\ g$
আবার, 6% (W/V) ভিনেগারের 100 mL এ এসিড $= 6\ g$
$\therefore$ ভিনেগারের আয়তন $= \frac{90.95}{6} \times 100 = 1515.8\ mL \approx 1.52\ L$
অতএব, ইথানয়িক এসিড উৎপন্ন হবে 90.95 g এবং সর্বোচ্চ 1.52 L ভিনেগার তৈরি করা যাবে।

৫৩. (a) প্রকৃত দ্রবণ: কণার আকার $< 1\ nm$; টিন্ডাল প্রভাব দেখায় না; ব্রাউনীয় গতি দেখা যায় না।
কলয়েড: কণার আকার 1 nm থেকে 1000 nm; টিন্ডাল প্রভাব দেখায়; ব্রাউনীয় গতি দেখা যায়।
সাসপেনশন: কণার আকার $> 1000\ nm$; অস্বচ্ছ হওয়ায় টিন্ডাল প্রভাব স্পষ্ট নয়; কণা ভারী হওয়ায় ব্রাউনীয় গতি দেখা যায় না এবং কণা থিতিয়ে পড়ে।
(b) হার্ডি-শুলজে নিয়ম: কোনো কলয়েডীয় সলকে কোয়াগুলেট করতে বিপরীত আধানযুক্ত আয়নের কার্যকারিতা আয়নের যোজনী বাড়ার সাথে বাড়ে; অর্থাৎ যোজনী যত বেশি, জমাট বাঁধানোর ক্ষমতা তত বেশি।
As_2S_3 সল ঋণাত্মক, তাই এটিকে ধনাত্মক আয়ন (ক্যাটায়ন) কোয়াগুলেট করে। ক্যাটায়নের যোজনী: Na^+ এ 1, Ba^{2+} এ 2, Al^{3+} এ 3।
$\therefore$ কার্যকারিতার ক্রম: $AlCl_3 > BaCl_2 > NaCl$

৫৪. (a) তাপ, চাপ ও সময়ের প্রভাবে কার্বনের পরিমাণ বাড়ে এবং আর্দ্রতা ও উদ্বায়ী পদার্থ কমতে থাকে:
পিট $\rightarrow$ লিগনাইট $\rightarrow$ সাব-বিটুমিনাস $\rightarrow$ বিটুমিনাস $\rightarrow$ অ্যানথ্রাসাইট
(b) এখানে, মোট কয়লা = 950 মিলিয়ন মেট্রিক টন
শুষ্ক কয়লা (আর্দ্রতা বাদে) $= 950 \times \frac{100-13.6}{100} = 950 \times 0.864 = 820.8$ মিলিয়ন মেট্রিক টন
স্থির কার্বন % $= 100 - (36.4 + 15.8 + 13.6) = 100 - 65.8 = 34.2\%$
$\therefore$ স্থির কার্বন $= 950 \times \frac{34.2}{100} = 324.9$ মিলিয়ন মেট্রিক টন
অতএব, শুষ্ক কয়লা 820.8 মিলিয়ন মেট্রিক টন এবং স্থির কার্বন 324.9 মিলিয়ন মেট্রিক টন।

৫৫. বিক্রিয়াসমূহ:

বাষ্প সংস্কার: $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$

শিফট বিক্রিয়া: $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$

অতএব, মোট: $CH_4 + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 4H_2$

অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণ: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

ইউরিয়া সংশ্লেষণ: $2NH_3 + CO_2 \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$

এখানে, মিথেনের আয়তন $= 2.4 \times 10^6 \times \frac{97}{100} = 2.328 \times 10^6\ ft^3$

$= 2.328 \times 10^6 \times 28.32 = 6.593 \times 10^7\ L$

STP তে 1 mol গ্যাস $= 22.4\ L$, $\therefore CH_4 = \frac{6.593\times10^7}{22.4} = 2.943 \times 10^6\ mol$

1 mol CH_4 থেকে 1 mol CO_2 ও 4 mol H_2 পাওয়া যায়; 4 mol H_2 থেকে $\frac{8}{3}$ mol NH_3 হয়।

ইউরিয়া তৈরিতে 1 mol CO_2 এর জন্য 2 mol NH_3 লাগে, যা $\frac{8}{3}$ mol এর চেয়ে কম। সুতরাং CO_2 সীমিত বিকারক।

$\therefore$ 1 mol CH_4 থেকে 1 mol ইউরিয়া উৎপন্ন হয়।

ইউরিয়ার ভর $= 2.943 \times 10^6 \times 60 = 1.766 \times 10^8\ g = 1.766 \times 10^5\ kg$ ($CO(NH_2)_2$ এর মোলার ভর 60)

$\therefore$ বস্তার সংখ্যা $= \frac{1.766\times10^5}{50} = 3531.9$

অতএব, প্রতিদিন 3531 টি পূর্ণ বস্তা ইউরিয়া উৎপন্ন হবে।

৫৬. **(a)** $Na_2CO_3 + CaCO_3 + 6SiO_2 \xrightarrow{\Delta} Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2 + 2CO_2$

(b) সমীকরণ অনুযায়ী 106 kg Na_2CO_3, 100 kg $CaCO_3$ ও 360 kg SiO_2 (অর্থাৎ 1 kmol বিক্রিয়ক) বিক্রিয়ায় কাচের আণবিক ভর $= 62 + 56 + 6 \times 60 = 478$

$\therefore$ কাচ উৎপন্ন হবে $= 106 + 100 + 360 - 88 = 478\ kg$

(c) 1 kmol বিক্রিয়ায় $CO_2 = 2$ kmol

STP তে 1 kmol গ্যাস $= 22.4\ m^3$

$\therefore CO_2 = 2 \times 22.4 = 44.8\ m^3$

(d) কিউলেট (ভাঙা কাচ) ব্যবহারে:

(i) গলনাঙ্ক কমে যায়, ফলে জ্বালানি ও শক্তি সাশ্রয় হয়।

(ii) কাঁচামাল ও কাচ গলানোর সময় কম লাগে।

(iii) কার্বনেট বিয়োজন কম হওয়ায় CO_2 নির্গমন কমে।

(iv) বর্জ্য কাচের পুনর্ব্যবহার হয়, পরিবেশ রক্ষা পায়।

৫৭. প্রধান উপাদান:

(১) ট্রাইক্যালসিয়াম সিলিকেট $3CaO \cdot SiO_2$ (Ca_3SiO_5)

(২) ডাইক্যালসিয়াম সিলিকেট $2CaO \cdot SiO_2$ (Ca_2SiO_4)

(৩) ট্রাইক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট $3CaO \cdot Al_2O_3$ ($Ca_3Al_2O_6$)

(৪) টেট্রাক্যালসিয়াম অ্যালুমিনোফেরাইট $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

জমাট বাঁধার বিক্রিয়া (পানির সাথে হাইড্রেশন):

$2(3CaO \cdot SiO_2) + 6H_2O \rightarrow 3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O + 3Ca(OH)_2$

$2(2CaO \cdot SiO_2) + 4H_2O \rightarrow 3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O + Ca(OH)_2$

$3CaO \cdot Al_2O_3 + 6H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$

জিপসাম $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ যোগের কারণ: $3CaO \cdot Al_2O_3$ পানির সাথে অত্যন্ত দ্রুত বিক্রিয়া করে সিমেন্টকে তাৎক্ষণিক জমাট বাঁধিয়ে (ফ্ল্যাশ সেট) ফেলে।

জিপসাম এর সাথে বিক্রিয়া করে অদ্রবণীয় ইট্রিংগাইট তৈরি করে, যা $3CaO \cdot Al_2O_3$ কে ঢেকে দেয়:

$3CaO \cdot Al_2O_3 + 3CaSO_4 \cdot 2H_2O + 26H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$

ফলে জমাট বাঁধার গতি ধীর হয়, কাজ করার যথেষ্ট সময় পাওয়া যায় এবং সিমেন্টের গুণমান ভালো থাকে।

৫৮. **(a)** কাঁচা চামড়াকে চুন ও সোডিয়াম সালফাইডের দ্রবণে ভিজিয়ে রাখার প্রক্রিয়াকে লাইমিং বলে। এতে চামড়া থেকে লোম ও এপিডার্মিস সহজে উঠে আসে, চামড়া ফুলে ওঠে, চর্বি ও অপ্রয়োজনীয় প্রোটিন দূর হয় এবং কোলাজেন তন্তু শিথিল হয়। ব্যবহৃত রাসায়নিক: ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড $Ca(OH)_2$ (চুন) ও সোডিয়াম সালফাইড Na_2S (বা $NaHS$)।
(b) পিকলিংয়ের পর অম্লীয় মাধ্যমে ($pH \approx 2.8 - 3.0$, তাপমাত্রা প্রায় $30 - 40°C$) ক্রোমিয়াম(III) সালফেট $Cr_2(SO_4)_3$ দিয়ে ট্যানিং করা হয়।
$Cr_2(SO_4)_3 + 2H_2O \rightarrow 2Cr(OH)SO_4 + H_2SO_4$ (ক্ষারীয় ক্রোমিয়াম সালফেট)
$R - COOH + Cr(OH)SO_4 \rightarrow R - COO - Cr(SO_4) + H_2O$ (কোলাজেনের কার্বক্সিল গ্রুপের সাথে ক্রস-লিংক গঠন)
$NaHCO_3$ ব্যবহারের কারণ: এটি উৎপন্ন H_2SO_4 কে প্রশমিত করে pH ধীরে ধীরে প্রায় $3.8 - 4.0$ এ বাড়ায়, ফলে ক্রোমিয়াম কমপ্লেক্সের ক্ষারকতা বাড়ে ও কোলাজেনের সাথে ক্রস-লিংক সম্পূর্ণ হয়:
$2NaHCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O + 2CO_2$

৫৯. **(i)** পাইরেক্স গ্লাসের নাম বোরোসিলিকেট গ্লাস
এটি কোনো একক যৌগ নয়, বরং সিলিকা, বোরন ট্রাইঅক্সাইড, সোডিয়াম অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণ
রাসায়নিক সংকেত: $Na_2O \cdot B_2O_3 \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$
এতে SiO_2 প্রায় 80% এবং B_2O_3 প্রায় 13% থাকে
(ii) ডায়াফ্রাম ছাড়া ঠান্ডা ব্রাইন ($NaCl$ দ্রবণ) তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে $NaOCl$ পাওয়া যায়
অ্যানোডে: $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$
ক্যাথোডে: $2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$
মোট বিক্রিয়া: $2NaCl + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + Cl_2 + H_2$
উৎপন্ন Cl_2 ও $NaOH$ পরস্পর বিক্রিয়া করে $NaOCl$ তৈরি করে
$Cl_2 + 2NaOH \longrightarrow NaCl + NaOCl + H_2O$
এই বিক্রিয়া তাপমুক্তকারী, আবার তড়িৎ বিশ্লেষণেও তাপ উৎপন্ন হয়
তাপমাত্রা বেড়ে গেলে $NaOCl$ বিয়োজিত হয়ে সোডিয়াম ক্লোরেট তৈরি করে
$3NaOCl \longrightarrow 2NaCl + NaClO_3$
তাই শীতল পানি প্রবাহিত করে তাপমাত্রা কম রাখা হয়
ফলে $NaOCl$ বিয়োজিত হয় না এবং বিক্রিয়ার ফল হিসেবে $NaOCl$ পাওয়া যায়

৬০. **(a)** $S + O_2 \rightarrow SO_2$
$SO_2 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_3 + CO_2$
$2CaSO_3 + O_2 + 4H_2O \rightarrow 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$
মোট: $SO_2 + CaCO_3 + \frac{1}{2}O_2 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O + CO_2$
(b) সালফার $= 1.2 \times 10^6 \times \frac{2.5}{100} = 3 \times 10^4\,kg$
$S \rightarrow SO_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$ হওয়ায় 1 kmol S থেকে 1 kmol $CaCO_3$ লাগে ও 1 kmol জিপসাম হয়।
$S = \frac{3\times10^4}{32} = 937.5\,kmol$
চুনাপাথর $CaCO_3 = 937.5 \times 100 = 93750\,kg$
জিপসাম $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ এর আণবিক ভর $= 40 + 32 + 64 + 36 = 172$
জিপসাম $= 937.5 \times 172 = 161250\,kg$
(c) জিপসাম সিমেন্ট শিল্পে (সেটিং নিয়ন্ত্রক হিসেবে) এবং প্লাস্টার অব প্যারিস, প্লাস্টারবোর্ড ও নির্মাণ সামগ্রী শিল্পে ব্যবহৃত হয়।