Mathematics ২০০ নম্বর

১. **SECONDARY** শব্দে 9টি ভিন্ন বর্ণ; স্বরবর্ণ: E, O, A (3টি), ব্যঞ্জনবর্ণ: S, C, N, D, R, Y (6টি)
(ক) মোট বিন্যাস = $9! = 362880$
স্বরবর্ণগুলো একত্রে: একটি একক ধরে $7!$ এবং নিজেদের মধ্যে $3!$
$\Rightarrow 7! \times 3! = 5040 \times 6 = 30240$
$\therefore$ একত্রে না থাকার উপায় $= 362880 - 30240 = 332640$
(খ) প্রথমে 6টি ব্যঞ্জনবর্ণ সাজাই $6! = 720$ প্রকারে। এদের মাঝে ও দুই প্রান্তে মোট 7টি ফাঁকা স্থান হয়।
3টি স্বরবর্ণ 7টি ফাঁকা স্থানে বসানো যায় ${}^7P_3 = 210$ প্রকারে
অতএব, (ক) 332640 প্রকারে এবং (খ) $720 \times 210 = 151200$ প্রকারে

২. নির্দিষ্ট মহিলাকে আগেই নিয়ে নিলে বাকি 5 জন বাছাই করতে হবে 7 জন পুরুষ ও 4 জন মহিলা থেকে, যাতে কমপক্ষে 3 জন পুরুষ থাকে।
(i) 3 পুরুষ + 2 মহিলা: ${}^7C_3 \times {}^4C_2 = 35 \times 6 = 210$
(ii) 4 পুরুষ + 1 মহিলা: ${}^7C_4 \times {}^4C_1 = 35 \times 4 = 140$
(iii) 5 পুরুষ + 0 মহিলা: ${}^7C_5 \times {}^4C_0 = 21 \times 1 = 21$
অতএব, নির্ণেয় উপায় $= 210 + 140 + 21 = 371$

৩. nটি ভিন্ন বস্তুর বৃত্তাকার বিন্যাস $= (n-1)!$
$\therefore$ গোল টেবিলে বসানোর উপায় $= (6-1)! = 5! = 120$
মালার ক্ষেত্রে ঘড়ির কাঁটার দিকে ও বিপরীত দিকের বিন্যাস একই (মালা উল্টালে একটি অপরটিতে পরিণত হয়)।
$\therefore$ মালা গাঁথার উপায় $= \frac{(6-1)!}{2} = \frac{120}{2} = 60$
গোল টেবিলে বসা লোকদের ক্ষেত্রে ডানপাশ ও বামপাশের প্রতিবেশী আলাদা, তাই দুই দিকের বিন্যাস ভিন্ন গণ্য হয়; মালায় তা হয় না।
অতএব, গোল টেবিলে 120 প্রকারে এবং মালা 60 প্রকারে; মালায় প্রতিটি বিন্যাস উল্টে দেখলে একই হয় বলে সংখ্যা অর্ধেক হয়।

৪. $\frac{{}^{2n}C_3}{{}^nC_3} = \frac{\frac{2n(2n-1)(2n-2)}{3!}}{\frac{n(n-1)(n-2)}{3!}} = \frac{2n(2n-1)\cdot 2(n-1)}{n(n-1)(n-2)}$
$= \frac{4(2n-1)}{n-2}$
প্রশ্নমতে, $\frac{4(2n-1)}{n-2} = 11$
$\Rightarrow 8n - 4 = 11n - 22$
$\Rightarrow 3n = 18$
অতএব, $n = 6$

৫. যেকোনো পথে মোট 6টি ডান (R) ও 4টি উপর (U) ধাপ থাকবে। মোট 10টি ধাপের মধ্যে কোন 4টি U হবে তা বাছাই করলেই পথ নির্দিষ্ট হয়।
$\therefore$ মোট পথ $= {}^{10}C_4 = 210$
$(0,0)$ থেকে $(3,2)$: 3টি R ও 2টি U $\Rightarrow {}^5C_2 = 10$ পথ
$(3,2)$ থেকে $(6,4)$: 3টি R ও 2টি U $\Rightarrow {}^5C_2 = 10$ পথ
$\therefore$ $(3,2)$ দিয়ে যাওয়া পথ $= 10 \times 10 = 100$
অতএব, মোট পথ 210টি এবং $(3,2)$ দিয়ে না যাওয়া পথ $= 210 - 100 = 110$টি

৬. 3 দ্বারা ভাগ করলে ভাগশেষ অনুযায়ী সংখ্যাগুলোকে তিন শ্রেণিতে ভাগ করি:
$R_0 = \{3, 6, \ldots, 30\}$, $R_1 = \{1, 4, \ldots, 28\}$, $R_2 = \{2, 5, \ldots, 29\}$; প্রত্যেকটিতে 10টি সংখ্যা।
যোগফল 3 দ্বারা বিভাজ্য হবে যদি ভাগশেষগুলোর যোগফল 3 এর গুণিতক হয়, অর্থাৎ $(0, 0, 0)$, $(1, 1, 1)$, $(2, 2, 2)$ অথবা $(0, 1, 2)$।
তিনটিই একই শ্রেণি থেকে: $3 \times {}^{10}C_3 = 3 \times 120 = 360$
প্রত্যেক শ্রেণি থেকে একটি করে: ${}^{10}C_1 \times {}^{10}C_1 \times {}^{10}C_1 = 1000$
অতএব, নির্ণেয় বাছাই সংখ্যা $= 360 + 1000 = 1360$

৭. **ASSASSINATION** শব্দে মোট 13টি বর্ণ: A আছে 3টি, S আছে 4টি, I আছে 2টি, N আছে 2টি, T আছে 1টি এবং O আছে 1টি।
মোট বিন্যাস $= \frac{13!}{3!\times4!\times2!\times2!} = \frac{6227020800}{6\times24\times2\times2} = \frac{6227020800}{576} = 10810800$
4টি S কে একটি একক ধরলে মোট একক $= 13 - 4 + 1 = 10$টি (A আছে 3টি, I আছে 2টি, N আছে 2টি)
$\therefore$ বিন্যাস $= \frac{10!}{3!\times2!\times2!} = \frac{3628800}{24} = 151200$
অতএব, মোট বিন্যাস 10810800 এবং 4টি S একত্রে থাকে এমন বিন্যাস 151200

৮. (ক) প্রথম ছাত্রের জন্য 4টি বই ${}^{12}C_4$, দ্বিতীয় ছাত্রের জন্য ${}^{8}C_4$, তৃতীয় ছাত্রের জন্য ${}^{4}C_4$ প্রকারে
$\therefore$ বণ্টন সংখ্যা $= {}^{12}C_4 \times {}^{8}C_4 \times {}^{4}C_4 = \frac{12!}{(4!)^3} = 495 \times 70 \times 1 = 34650$
(খ) স্তূপগুলোর কোনো নাম বা ক্রম নেই। (ক) এর প্রতিটি ভাগ ছাত্রদের মধ্যে 3! ভাবে বদলালেও স্তূপ হিসেবে একই।
$\therefore$ ভাগ করার উপায় $= \frac{12!}{(4!)^3\times3!} = \frac{34650}{6} = 5775$
অতএব, (ক) 34650 প্রকারে এবং (খ) 5775 প্রকারে

৯. তিন অঙ্কের সংখ্যা 400 অপেক্ষা বড় হতে হলে শতক স্থানে 4, 5 বা 6 থাকতে হবে (0 না থাকায় 400 গঠনই সম্ভব নয়)।
(ক) শতক স্থান 3 প্রকারে, দশক ও একক স্থান প্রত্যেকটি 6 প্রকারে
$\therefore$ সংখ্যা $= 3 \times 6 \times 6 = 108$টি
(খ) শতক স্থান 3 প্রকারে, দশক স্থান বাকি 5টি থেকে 5 প্রকারে, একক স্থান 4 প্রকারে
$\therefore$ সংখ্যা $= 3 \times 5 \times 4 = 60$টি
অতএব, (ক) 108টি এবং (খ) 60টি

১০. অভিন্ন 3টি আপেল থেকে 0, 1, 2 বা 3টি নেওয়া যায়, অর্থাৎ $(3 + 1) = 4$ প্রকারে
অভিন্ন 4টি আম থেকে $(4 + 1) = 5$ প্রকারে
ভিন্ন 5টি কমলার প্রত্যেকটি নেওয়া বা না নেওয়া যায়, অর্থাৎ $2^5 = 32$ প্রকারে
এর মধ্যে একটিও ফল না নেওয়ার 1টি উপায় বাদ দিতে হবে।
অতএব, নির্ণেয় উপায় $= 4 \times 5 \times 32 - 1 = 640 - 1 = 639$

১১. মোট বিন্যাস $= \frac{6!}{2!\times2!\times2!} = 90$
ধরি, P_A, P_B, P_C যথাক্রমে AA, BB, CC পাশাপাশি থাকার ঘটনা।
AA কে এক একক ধরলে: $|P_A| = \frac{5!}{2!\times2!} = 30$; $\therefore \sum |P_A| = 3 \times 30 = 90$
AA ও BB উভয় একক: $|P_A \cap P_B| = \frac{4!}{2!} = 12$; $\therefore \sum |P_A \cap P_B| = 3 \times 12 = 36$
তিনটিই একক: $|P_A \cap P_B \cap P_C| = 3! = 6$
অতএব, অন্তর্ভুক্তি-বর্জন নীতি অনুসারে নির্ণেয় বিন্যাস $= 90 - 90 + 36 - 6 = 30$

১২. প্রথম পদের জন্য: $16 - x^2 \geq 0 \Rightarrow x^2 \leq 16 \Rightarrow -4 \leq x \leq 4$
দ্বিতীয় পদের জন্য: $x^2 - 1 > 0 \Rightarrow |x| > 1$
$\Rightarrow x < -1$ অথবা $x > 1$
উভয় শর্ত একত্রে: $[-4, 4] \cap \{(-\infty, -1) \cup (1, \infty)\}$
অতএব, $D_f = [-4, -1) \cup (1, 4]$

১৩. **(i)** $f(f(x)) = \frac{1-\frac{1-x}{1+x}}{1+\frac{1-x}{1+x}} = \frac{\frac{1+x-1+x}{1+x}}{\frac{1+x+1-x}{1+x}}$

$= \frac{2x}{2} = x$ **(দেখানো হলো)**

(ii) $f\left(\frac{1}{x}\right) = \frac{1-\frac{1}{x}}{1+\frac{1}{x}} = \frac{x-1}{x+1}$

$\therefore f(x) + f\left(\frac{1}{x}\right) = \frac{1-x}{1+x} + \frac{x-1}{x+1} = \frac{1-x+x-1}{1+x} = 0$ **(দেখানো হলো)**

১৪. $x^2 + x - 6 = (x+3)(x-2) \neq 0$, অর্থাৎ $x \neq -3, 2$

$\therefore D_f = \mathbb{R} - \{-3, 2\}$

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

ধরি, $y = \frac{x-1}{x+3}$

$\Rightarrow xy + 3y = x - 1$

$\Rightarrow x(y-1) = -1 - 3y$

$\Rightarrow x = \frac{1+3y}{1-y}$

সুতরাং $y = 1$ এর জন্য কোনো x নেই।

আবার, $x = 2$ ডোমেনে নেই; $x = 2$ এ সরলীকৃত রাশির মান $\frac{2-1}{2+3} = \frac{1}{5}$, যা অন্য কোনো x থেকে পাওয়া যায় না (কারণ $y = \frac{1}{5} \Rightarrow x = 2$)।

অতএব, $R_f = \mathbb{R} - \left\{1, \frac{1}{5}\right\}$

১৫. প্রদত্ত, $3f(x) + 2f(1-x) = x^2$ **.....(i)**

x এর পরিবর্তে $1 - x$ বসিয়ে: $3f(1-x) + 2f(x) = (1-x)^2$ **.....(ii)**

(i) $\times 3 -$ **(ii)** $\times 2$ করে:

$9f(x) - 4f(x) = 3x^2 - 2(1-x)^2$

$\Rightarrow 5f(x) = 3x^2 - 2 + 4x - 2x^2 = x^2 + 4x - 2$

অতএব, $f(x) = \frac{x^2+4x-2}{5}$

১৬. $f(-x) = \frac{a^{-x}-a^x}{a^{-x}+a^x} = -\frac{a^x-a^{-x}}{a^x+a^{-x}} = -f(x)$; $\therefore f$ বিজোড়।

ধরি, $y = f(x)$। লব ও হরকে a^x দ্বারা গুণ করে: $y = \frac{a^{2x}-1}{a^{2x}+1}$

$\Rightarrow ya^{2x} + y = a^{2x} - 1$

$\Rightarrow a^{2x}(1-y) = 1 + y$

$\Rightarrow a^{2x} = \frac{1+y}{1-y}$

$a^{2x} > 0$ হওয়ায় $\frac{1+y}{1-y} > 0 \Rightarrow -1 < y < 1$

$\Rightarrow 2x = \log_a \frac{1+y}{1-y}$

$\Rightarrow x = \frac{1}{2}\log_a \frac{1+y}{1-y}$

অতএব, $f^{-1}(x) = \frac{1}{2}\log_a\left(\frac{1+x}{1-x}\right)$, $-1 < x < 1$

১৭. সংকট বিন্দু $x = 0, 2$। সুতরাং,

$f(x) = 2 - 2x$, যখন $x < 0$

$f(x) = 2$, যখন $0 \leq x < 2$

$f(x) = 2x - 2$, যখন $x \geq 2$

$x < 0$ এ $f(x) > 2$, $[0, 2)$ এ $f(x) = 2$, $x \geq 2$ এ $f(x) \geq 2$ এবং অসীম পর্যন্ত বাড়ে।

$\therefore R_f = [2, \infty)$

$f(x) = 4$:

$x < 0$: $2 - 2x = 4 \Rightarrow x = -1$ **(গ্রহণযোগ্য)**

$0 \leq x < 2$: $2 \neq 4$ **(গ্রহণযোগ্য নয়)**

$x \geq 2$: $2x - 2 = 4 \Rightarrow x = 3$ **(গ্রহণযোগ্য)**

অতএব, $x = -1, 3$

১৮. ধরি, $f(a) = f(b)$
$\Rightarrow a^3 - b^3 + 3(a - b) = 0$
$\Rightarrow (a - b)(a^2 + ab + b^2 + 3) = 0$
কিন্তু $a^2 + ab + b^2 + 3 = \left(a + \frac{b}{2}\right)^2 + \frac{3b^2}{4} + 3 > 0$
$\therefore a - b = 0 \Rightarrow a = b$; অর্থাৎ f এক-এক।
যেকোনো $y \in \mathbb{R}$ এর জন্য $x^3 + 3x + (1 - y) = 0$ একটি বিজোড় ঘাতের বাস্তব সহগবিশিষ্ট সমীকরণ, যার অন্তত একটি বাস্তব মূল আছে। $\therefore$ f সার্বিক।
$f^{-1}(5) = x$ হলে $x^3 + 3x + 1 = 5 \Rightarrow x^3 + 3x - 4 = 0$
$\Rightarrow (x - 1)(x^2 + x + 4) = 0$; $x^2 + x + 4 = 0$ এর বাস্তব মূল নেই
অতএব, $f^{-1}(5) = 1$

১৯. বামপক্ষ $= \log\left(\frac{1-a}{1+a}\right) + \log\left(\frac{1-b}{1+b}\right) = \log\left\{\frac{(1-a)(1-b)}{(1+a)(1+b)}\right\}$
ডানপক্ষ $= \log\left(\frac{1-\frac{a+b}{1+ab}}{1+\frac{a+b}{1+ab}}\right) = \log\left(\frac{1+ab-a-b}{1+ab+a+b}\right)$
$= \log\left\{\frac{(1-a)(1-b)}{(1+a)(1+b)}\right\}$
এখানে $\frac{(1-a)(1-b)}{(1+a)(1+b)} > 0$, তাই $\frac{a+b}{1+ab} \in (-1, 1)$ এবং ডানপক্ষ সংজ্ঞায়িত।
অতএব, বামপক্ষ = ডানপক্ষ (দেখানো হলো)

২০. প্রথম পদের জন্য $|x| - x > 0$ হতে হবে।
$x \geq 0$ হলে $|x| - x = x - x = 0$ (গ্রহণযোগ্য নয়)
$x < 0$ হলে $|x| - x = -2x > 0$ (গ্রহণযোগ্য) $\Rightarrow x < 0$
দ্বিতীয় পদের জন্য: $4 - x^2 \geq 0 \Rightarrow -2 \leq x \leq 2$
উভয় শর্ত একত্রে: $(-\infty, 0) \cap [-2, 2] = [-2, 0)$
অতএব, $D_f = [-2, 0)$

Physics

২০০ নম্বর

২১. (ক) $\Delta F = \frac{9}{5}\Delta C$ এবং $\Delta F - \Delta C = 36$
$\frac{4}{5}\Delta C = 36$
$\Delta C = 45°C$, $\Delta F = 81°F$, $\Delta K = 45\,K$
(খ) প্রশ্নমতে, $F = -C$
$\frac{9}{5}C + 32 = -C$
$\frac{14}{5}C = -32$
$C = -11.43°C$ (তখন $F = 11.43°F$)

২২. (ক) $\theta = \frac{V_\theta - V_0}{V_{100} - V_0} \times 100 = \frac{250-200}{273.2-200} \times 100$
$= \frac{50}{73.2} \times 100$
$= 68.31°C$
(খ) $V = 0$ হলে
$\theta = \frac{0-200}{73.2} \times 100$
$= -273.22°C$

২৩. **(ক)** $P = P_0 + \frac{mg}{A} = 10^5 + \frac{10\times9.8}{0.01}$
$= 1.098 \times 10^5\ \text{Pa}$
(খ) স্থির চাপে $\frac{W}{Q} = \frac{nR\Delta T}{nC_P\Delta T} = \frac{2}{7}$
$W = \frac{2}{7} \times 2000 = 571.4\ \text{J}$
$\Delta U = 2000 - 571.4 = 1428.6\ \text{J}$
(গ) $W = P A \Delta x$
$\Delta x = \frac{571.4}{1.098\times10^5\times0.01}$
$= 0.52\ \text{m}$

২৪. **(ক)** ঘরের বায়ুর অন্তঃস্থ শক্তি $U = \frac{5}{2}nRT = \frac{5}{2}PV$
ঘরে P ও V উভয়ই স্থির
$\therefore U$ ধ্রুবক, অর্থাৎ $\Delta U = 0$
তাপমাত্রা বাড়লেও অণুর সংখ্যা সমানুপাতে কমে।
(খ) nT = ধ্রুবক $\Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{288}{300} = 0.96$
বেরিয়ে গেছে $= 1 - 0.96 = 0.04 = 4\%$

২৫. **(ক)** $W_{AB} = P_A V_A \ln\frac{V_B}{V_A} = 2 \times 1 \times \ln 4 = 2.773\ \text{atm L}$
$W_{BC} = P(V_C - V_B) = 0.5 \times (1 - 4) = -1.5\ \text{atm L}$
$W_{CA} = 0$
$W = 2.773 - 1.5 = 1.273\ \text{atm L}$
$= 1.273 \times 101.325 = 128.9\ \text{J}$
(খ) $P = \frac{128.9\times300}{60} = 644.7\ \text{W}$
$= \frac{644.7}{746} = 0.86\ \text{HP}$

২৬. **(ক)** $C_V = \frac{dU}{dT} = 2.5R = 20.79\ \text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
$C_P = C_V + R = 3.5R = 29.10\ \text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
$\gamma = \frac{3.5}{2.5} = 1.4$
(খ) $n = \frac{100}{28} = 3.571\ \text{mol}$
$Q = nC_P\Delta T = 3.571 \times 3.5 \times 8.314 \times 50$
$= 5196.3\ \text{J}$

২৭. **(ক)** উভয় ক্ষেত্রে T আদি তাপমাত্রার 1.5 গুণ হয়, অর্থাৎ ΔT সমান
$\gamma = \frac{Q_P}{Q_V} = \frac{nC_P\Delta T}{nC_V\Delta T} = \frac{420}{300}$
$= 1.4$
(খ) $Q_V = nC_V\Delta T = \frac{nR}{\gamma-1} \times 0.5T_0$
$300 = \frac{0.5\,nRT_0}{0.4}$
$P_0V_0 = nRT_0 = 240\ \text{J}$

২৮. **(ক)** $T_1 = 300\ \text{K}$, $T_2 = 873\ \text{K}$
$T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$
$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \left(\frac{873}{300}\right)^{2.5}$
$= 14.45$
(খ) $P_2 = P_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = 1 \times (14.45)^{1.4}$
$= 42.04\ \text{atm}$

২৯. **(ক)** $T_2 = 300 \times 2^{0.4}$
$= 395.85\,K$
(খ) $Q = nC_V\,\Delta T = 1 \times \frac{5}{2} \times 8.314 \times (395.85 - 300)$
$= 1992.3\,J$ বর্জন করে
(গ) শেষ অবস্থার তাপমাত্রা আদি তাপমাত্রার সমান, আয়তন অর্ধেক
$P_3V_3 = P_1V_1$
অতএব, $P_3 = 2P_1$

৩০. **(ক)** $V_1 = \frac{RT}{P_1} = \frac{8.314\times300}{10\times1.013\times10^5} = 2.46 \times 10^{-3}\,m^3$
$V_2 = \frac{RT}{P_2} = \frac{8.314\times300}{1.013\times10^5} = 24.62 \times 10^{-3}\,m^3$
(খ) $W = P_{ext}(V_2 - V_1) = 1.013 \times 10^5 \times (24.62 - 2.46) \times 10^{-3}$
$= 2244.8\,J$
(গ) $W_{rev} = RT\,\ln\frac{P_1}{P_2} = 8.314 \times 300 \times \ln 10$
$= 5743.1\,J$

৩১. **(ক)** $\eta = 1 - \frac{300}{600} = 0.5$
$W = 0.5 \times 10000 = 5000\,J$
(খ) এক-পরমাণুক গ্যাসের জন্য $C_V = \frac{3}{2}R$
$W_{ad} = nC_V\,(T_1 - T_2) = 2 \times \frac{3}{2} \times 8.314 \times 300$
$= 7482.6\,J$
(গ) রুদ্ধতাপীয়, $\gamma = \frac{5}{3}$: $\frac{V_C}{V_B} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 2^{1.5}$
$= 2.83$
সমোষ্ণ: $Q_1 = nRT_1\,\ln\frac{V_B}{V_A}$
$\ln\frac{V_B}{V_A} = \frac{10000}{2\times8.314\times600} = 1.002$
$\frac{V_B}{V_A} = 2.72$

৩২. **(ক)** $\eta_c = 1 - \frac{T_C}{T_H} = 1 - \frac{500}{800} = 0.375 = 37.5\%$
দাবিকৃত দক্ষতা $40\% > 37.5\%$
অতএব, দাবিটি সম্ভব নয়।
$W_{max} = \eta_c Q_H = 0.375 \times 100 = 37.5\,J$
(খ) $\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} = 1 - \frac{420}{600} = 0.3$
$\eta = 0.6\,\eta_c \Rightarrow \eta_c = \frac{0.3}{0.6} = 0.5$
$\eta_c = 1 - \frac{T_C}{T_H} = 0.5$
অতএব, $\frac{T_C}{T_H} = \frac{1}{2}$
(গ) $\eta_c = 1 - \frac{300}{900} = \frac{2}{3}$
$W_{max} = \frac{2}{3} \times 600 = 400\,J$
শক্তির সমতা: $Q_H = Q_C + W$
I: $200 + 400 = 600$ ✓; $\eta = 1 - \frac{200}{600} = 0.667 = \eta_c \rightarrow$ কার্নো সীমা মানে (কার্নো ইঞ্জিন)
II: $300 + 300 = 600$ ✓; $\eta = 1 - \frac{300}{600} = 0.5 < \eta_c \rightarrow$ কার্নো সীমা মানে
III: $150 + 450 = 600$ ✓; $\eta = 1 - \frac{150}{600} = 0.75 > \eta_c \rightarrow$ কার্নো সীমা মানে না
IV: $250 + 400 = 650 \neq 600 \rightarrow$ শক্তির সমতাই মানে না
অতএব, **I, II, III** শক্তির সমতা মানে; **I** ও **II** কার্নো সীমা মানে।

৩৩. **(ক)** $T_C = 273\,K$, $T_H = 303\,K$

$K_{max} = \frac{1}{\frac{T_H}{T_C} - 1} = \frac{273}{303-273} = 9.1$

$Q_C = mL_f = 2 \times 3.36 \times 10^5 = 6.72 \times 10^5\,J$

$W_{min} = \frac{Q_C}{K_{max}} = \frac{6.72 \times 10^5}{9.1} = 7.385 \times 10^4\,J$

$Q_H = W_{min} + Q_C = 7.385 \times 10^4 + 6.72 \times 10^5 = 7.458 \times 10^5\,J$

(খ) $T_C = 260\,K$, $T_H = 300\,K$

পানি ঠান্ডা করতে অপসারিত তাপ:

$Q_1 = mc_w\Delta T = 4 \times 4200 \times 25 = 420000\,J$

বরফ তৈরিতে অপসারিত তাপ:

$Q_2 = mL_f = 4 \times 336000 = 1344000\,J$

মোট $Q_C = Q_1 + Q_2 = 1764000\,J = 1.764 \times 10^6\,J$

$K = \frac{T_C}{T_H - T_C} = \frac{260}{300-260} = 6.5$

$W_{in} = \frac{Q_C}{K} = \frac{1764000}{6.5} = 271384.6\,J \approx 2.714 \times 10^5\,J$

(গ) $P_{in} = 0.50 \times 4000 = 2000\,W$

$t = \frac{W_{in}}{P_{in}} = \frac{271384.6}{2000} = 135.7\,s \approx 2.26\,min$

$E_{el} = P_{el}t = 4000 \times 135.7 = 5.428 \times 10^5\,J$

৩৪. **(ক)** প্রতি ঘণ্টায় কাজ $= 20000 \times 3600 = 7.2 \times 10^7\,J$

প্রয়োজনীয় তাপ $= \frac{7.2 \times 10^7}{0.3} = 2.4 \times 10^8\,J$

পেট্রোল $= \frac{2.4 \times 10^8}{4.6 \times 10^7}$

$= 5.22\,kg$

(খ) বর্জিত তাপ $= 2.4 \times 10^8 - 7.2 \times 10^7$

$= 1.68 \times 10^8\,J$

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

$\Delta S_w = ms\ln\frac{373}{273} = 4200\ln\frac{373}{273} = 1310.8\,JK^{-1}$

$\Delta S_R = -\frac{4200 \times 100}{373} = -1126.0\,JK^{-1}$

$\Delta S_{univ} = 1310.8 - 1126.0 = 184.8\,JK^{-1}$

(খ) $\Delta S_{R1} = -\frac{4200 \times 50}{323} = -650.2\,JK^{-1}$

$\Delta S_{R2} = -\frac{4200 \times 50}{373} = -563.0\,JK^{-1}$

$\Delta S_{univ} = 1310.8 - 650.2 - 563.0 = 97.7\,JK^{-1}$

সিদ্ধান্ত: বেশি সংখ্যক মধ্যবর্তী তাপাধার ব্যবহার করলে প্রক্রিয়া প্রত্যাবর্তীর কাছাকাছি হয় এবং মহাবিশ্বের এন্ট্রপি বৃদ্ধি কমে।

৩৬. **(ক)** $W = Q_H - Q_C = 6000 - 3900 = 2100\,J$

$\eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{2100}{6000} \times 100\% = 35\%$

(খ) I: $Q_H = Q_C + W = 2200 + 1800 = 4000\,J$

$\eta = \frac{1800}{4000} = 45\%$

II: $\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$

$Q_H = \frac{Q_C}{1-\eta} = \frac{500}{1-0.75} = 2000\,J$

$W = 2000 - 500 = 1500\,J$

III: $Q_C = 0.6 \times 1200 = 720\,J$

$W = 1200 - 720 = 480\,J$

$\eta = \frac{480}{1200} = 40\%$

(গ) প্রথম ইঞ্জিন:

$P = \frac{W}{t} = \frac{(2500-1800)\times 5}{2} = \frac{3500}{2} = 1750\,W$

দ্বিতীয় ইঞ্জিন:

$W = 40 \times (300 - 180) = 40 \times 120 = 4800\,J$

৩৭. **(ক)** $Q = ms\Delta\theta + mL_f = 2 \times 130 \times 300 + 2 \times 24500$

$= 78000 + 49000 = 127000\,J$

(খ) $\Delta S = ms \ln \frac{600}{300} + \frac{mL_f}{600}$

$= 2 \times 130 \times \ln 2 + \frac{49000}{600}$

$= 180.2 + 81.7 = 261.9\,JK^{-1}$

৩৮. **(ক)** প্রতি আঘাতে গতিশক্তি $= \frac{1}{2} \times 0.5 \times 8^2 = 16\,J$

পেরেক গ্রহণ করে $= \frac{16}{2} = 8\,J$

(খ) $Q = 20 \times 8 = 160\,J$

$\Delta\theta = \frac{Q}{ms} = \frac{160}{0.02\times 450}$

$= 17.78°C$

৩৯. **(ক)** $m_1 = 700\,g = 0.7\,kg$, $m_2 = 300\,g = 0.3\,kg$

বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$m_1 s(\theta_1 - \theta_m) = m_2 s(\theta_m - \theta_2)$

$\theta_m = \frac{m_1\theta_1 + m_2\theta_2}{m_1 + m_2}$

$= \frac{0.7\times 85 + 0.3\times 25}{1}$

$= 59.5 + 7.5 = 67°C$

(খ) ধরি, যোগ করা পানির ভর m

$m(85 - 45) = 0.3 \times (45 - 25)$

$40m = 6$

$m = 0.15\,kg = 150\,g$

(গ) $ms = 0.4 \times 130 = 52\,JK^{-1}$

$52 \times (80 - \theta_m) = 520 \times (\theta_m - 30)$

$80 - \theta_m = 10\theta_m - 300$

$11\theta_m = 380$

$\theta_m = 34.55°C$

৪০. **(ক)** $-20°C$ বরফ $\rightarrow 0°C$ বরফ:
$Q_1 = mc_i\Delta\theta = 0.05 \times 2100 \times 20 = 2100\,J$
$0°C$ বরফ $\rightarrow 0°C$ পানি:
$Q_2 = mL_f = 0.05 \times 3.36 \times 10^5 = 16800\,J$
$0°C$ পানি $\rightarrow 100°C$ পানি:
$Q_3 = mc_w\Delta\theta = 0.05 \times 4200 \times 100 = 21000\,J$
$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 2100 + 16800 + 21000 = 39900\,J$
(খ) $100°C$ পানি $\rightarrow 100°C$ বাষ্প:
$Q_4 = mL_v = 0.05 \times 2.268 \times 10^6 = 113400\,J$
$100°C$ বাষ্প $\rightarrow 120°C$ বাষ্প:
$Q_5 = mc_v\Delta\theta = 0.05 \times 2000 \times 20 = 2000\,J$
$Q_{total} = 39900 + 113400 + 2000 = 155300\,J$
সম্পূর্ণ শক্তি পৌঁছালে: $t = \frac{Q_{total}}{P} = \frac{155300}{200} = 776.5\,s$
75% পৌঁছালে: $t' = \frac{155300}{0.75\times200} = \frac{155300}{150} = 1035.3\,s$
(গ) $Q = mL_v = 3 \times 2.09 \times 10^4 = 6.27 \times 10^4\,J$
$Pt = Q$
$t = \frac{6.27\times10^4}{50} = 1254\,s$
$= 20.9\,min$

Chemistry ২০০ নম্বর

৪১. **(a) DAP:** $(NH_4)_2HPO_4$; **TSP:** $Ca(H_2PO_4)_2$
(b) $(NH_4)_2HPO_4$ এর আণবিক ভর $= 2 \times 18 + 1 + 31 + 64 = 132$
132 g **DAP** তে $N = 2 \times 14 = 28$ g এবং $P = 31$ g
$\therefore N\% = \frac{28}{132} \times 100 = 21.21\%$
$\therefore P\% = \frac{31}{132} \times 100 = 23.48\%$
(c) ফসফরাসযুক্ত সার শিকড়ের বিকাশ, ফুল-ফল ও বীজ গঠন, শক্তি স্থানান্তর **(ATP)** এবং ডিএনএ ও আরএনএ গঠনে সাহায্য করে এবং ফসল দ্রুত পাকতে সহায়তা করে।

৪২. **DAP** $(NH_4)_2HPO_4$ এর আণবিক ভর $= 132$; 132 g এ $P = 31$ g ও $N = 28$ g
23 kg ফসফরাসের জন্য **DAP** $= 23 \times \frac{132}{31} = 97.94$ kg
এই **DAP** থেকে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন $= 23 \times \frac{28}{31} = 20.77$ kg
বাকি নাইট্রোজেন $= 46 - 20.77 = 25.23$ kg
ইউরিয়া $CO(NH_2)_2$ এর আণবিক ভর $= 60$; 60 g এ $N = 28$ g
$\therefore$ ইউরিয়া $= 25.23 \times \frac{60}{28} = 54.06$ kg
অতএব, প্রয়োজন **DAP** 97.94 kg ও ইউরিয়া 54.06 kg।

৪৩. **(a)** সম্পূর্ণ বিশ্রামে থেকে শরীরের জীবন ধারণের মৌলিক কাজ (শ্বসন, রক্তসঞ্চালন, দেহের তাপ রক্ষা ইত্যাদি) চালিয়ে যেতে প্রতিদিন যে ন্যূনতম শক্তি প্রয়োজন হয়, তাকে **BMR** বলে।
BMR নির্ভর করে: বয়স, লিঙ্গ, দেহের ওজন ও উচ্চতা (দেহ পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল), দেহের গঠন (পেশির পরিমাণ), আবহাওয়া ও তাপমাত্রা, হরমোন (যেমন থাইরক্সিন), স্বাস্থ্য অবস্থা ও গর্ভাবস্থা।
(b) প্রতি ঘণ্টায় BMR $= \frac{6694.4}{24} = 278.93$ kJ
বসার পরিবর্তে হাঁটায় প্রতি ঘণ্টায় অতিরিক্ত $= (3.2 - 1.2) \times 278.93 = 557.87$ kJ
3 ঘণ্টায় অতিরিক্ত শক্তি $= 3 \times 557.87 = 1673.6$ kJ
আবার, 1 kcal $= 4.184$ kJ
$\therefore$ অতিরিক্ত শক্তি $= \frac{1673.6}{4.184} = 400$ kcal
অতএব, দৈনিক অতিরিক্ত শক্তি ব্যয় 1673.6 kJ বা 400 kcal।

৪৪. **(a)** $a_w = \frac{27.6}{30} = 0.92$
ব্যাকটেরিয়ার জন্য $a_w > 0.90$, ইস্টের জন্য $a_w > 0.88$ এবং ছত্রাকের জন্য $a_w > 0.80$ প্রয়োজন। খাদ্যটির $a_w = 0.92$ সব মানের চেয়ে বেশি।
অতএব, ব্যাকটেরিয়া, ইস্ট ও ছত্রাক সবই জন্মাতে পারবে।
(b) কৌটাজাতকরণের উপযোগী হতে a_w হতে হবে 0.85 বা তার কম।
$a_w = 0.85$ হলে খাদ্যে পানি থাকতে হবে $= 0.85 \times 30 = 25.5$ g প্রতি লিটারে
$\therefore$ অপসারণযোগ্য পানি $= 27.6 - 25.5 = 2.1$ g প্রতি লিটারে
(c) (i) লবণ যোগ করা (কিউরিং/লবণজারণ)
(ii) চিনি বা গাঢ় চিনির সিরাপ যোগ করা
(iii) গ্লিসারিন বা অন্যান্য দ্রবণীয় পদার্থ (হিউমেক্ট্যান্ট) যোগ করা
(iv) হিমায়িত করা (মুক্ত পানি বরফে পরিণত হয়)

৪৫. **(a)** প্রধান কারণ: **(i)** অণুজীব (ব্যাকটেরিয়া, ইস্ট, ছত্রাক) **(ii)** খাদ্যের নিজস্ব এনজাইম **(iii)** বায়ুর অক্সিজেনে জারণ **(iv)** আর্দ্রতা ও তাপমাত্রা **(v)** আলো **(vi)** পোকামাকড় ও ভৌত আঘাত।
(b) সরিষার তেল খাদ্যের উপর আবরণ তৈরি করে বায়ু ও আর্দ্রতার সংস্পর্শ কমায়। এছাড়া এতে থাকা অ্যালাইল আইসোথায়োসায়ানেট অণুজীবরোধী (ব্যাকটেরিয়া ও ছত্রাক ধ্বংসকারী) হওয়ায় আচার ইত্যাদি সংরক্ষণে সাহায্য করে।
ঝাঁঝের জন্য দায়ী যৌগ: অ্যালাইল আইসোথায়োসায়ানেট, আণবিক সংকেত C_4H_5NS
গাঠনিক সংকেত: $CH_2 = CH - CH_2 - N = C = S$
(c) আপেলের গায়ে প্রাকৃতিক মোমের আবরণ থাকে, যা আর্দ্রতা ও অণুজীব থেকে ফলকে রক্ষা করে। ধোয়ার সময় এই আবরণ নষ্ট হয় এবং গায়ে লেগে থাকা পানি ও অণুজীব ফলের ক্ষত ও কোষে প্রবেশ করে পচন দ্রুত করে।

৪৬. শ্রেণি | কার্যপদ্ধতি | উদাহরণ
(১) অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল এজেন্ট | অণুজীবের কোষপর্দা ও এনজাইম নষ্ট করে এবং বৃদ্ধি রোধ করে | সোডিয়াম বেনজয়েট C_6H_5COONa, পটাশিয়াম সরবেট
(২) অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট | মুক্তমূলকের শৃঙ্খল বিক্রিয়া বন্ধ করে বা অক্সিজেন শোষণ করে জারণ ও দুর্গন্ধ রোধ করে | **BHA, BHT**
(৩) কিলেটিং এজেন্ট | ধাতব আয়ন (Fe^{3+}, Cu^{2+}) কে স্থিতিশীল কমপ্লেক্সে আবদ্ধ করে জারণের অনুঘটন রোধ করে | **EDTA,** সাইট্রিক এসিড

৪৭. **(a) IUPAC** নাম: ২-হাইড্রক্সিপ্রোপেন-১,২,৩-ট্রাইকার্বক্সিলিক এসিড
গাঠনিক সংকেত: $HOOC - CH_2 - C(OH)(COOH) - CH_2 - COOH$
অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল: এটি খাদ্যের pH কমিয়ে অণুজীবের বৃদ্ধির প্রতিকূল পরিবেশ তৈরি করে।
কিলেটিং এজেন্ট: এর তিনটি $-COOH$ ও একটি $-OH$ গ্রুপ থাকায় এটি Fe^{3+}, Cu^{2+} এর মতো ধাতব আয়নকে ঘিরে ধরে কমপ্লেক্স তৈরি করে, ফলে ধাতব আয়ন জারণ ও বাদামি হওয়ার বিক্রিয়া অনুঘটিত করতে পারে না।
(b) সর্বোচ্চ অনুমোদিত মাত্রা = 350 ppm; বর্তমানে = 200 ppm
আরও যোগযোগ্য = $350 - 200 = 150$ ppm
$1\text{ ppm} = 1\text{ mgkg}^{-1}$
$\therefore$ সাইট্রিক এসিড $= 150 \times 1.5 = 225\text{ mg} = 0.225\text{ g}$

৪৮. **(a)** প্রাকৃতিক প্রিজারভেটিভ: যেসব সংরক্ষক উদ্ভিদ, প্রাণী বা খনিজ থেকে প্রাকৃতিকভাবে পাওয়া যায়। উদাহরণ: লবণ ($NaCl$), চিনি, ভিনেগার (বা সরিষার তেল, লেবুর রস)।
কৃত্রিম প্রিজারভেটিভ: যেসব সংরক্ষক রাসায়নিকভাবে সংশ্লেষণ করে তৈরি করা হয়। উদাহরণ: সোডিয়াম বেনজয়েট, সোডিয়াম নাইট্রাইট, **BHA** (বা পটাশিয়াম সরবেট)।
(b) নিষিদ্ধ রাসায়নিক:
ফরমালিন (মিথান্যালের জলীয় দ্রবণ): $HCHO$
ক্যালসিয়াম কার্বাইড: CaC_2
বোরিক এসিড: H_3BO_3
(c) ফরমালিনে প্রায় 40% **(W/V)** মিথান্যাল ($HCHO$) থাকে।
100 mL ফরমালিনে মিথান্যাল = 40 g
$\therefore$ 500 mL ফরমালিনে মিথান্যাল $= \frac{40}{100} \times 500 = 200\text{ g}$

৪৯. সোডিয়াম বেনজয়েট: $C_6H_5 - COONa$ (বেনজিন রিংয়ে একটি $-COONa$ গ্রুপ)
মিথাইল প্যারাবেন (মিথাইল ৪-হাইড্রক্সিবেনজোয়েট): $HO - C_6H_4 - COOCH_3$ (বেনজিন রিংয়ে $1, 4$ অবস্থানে $-OH$ ও $-COOCH_3$)
প্যারাবেনের ব্যবহার: প্রসাধনী (ক্রিম, লোশন, শ্যাম্পু), টুথপেস্ট, ওষুধ (সিরাপ, মলম) এবং কিছু খাদ্য (জ্যাম, সস, পানীয়, বেকারি দ্রব্য)।
পার্শ্ব প্রতিক্রিয়া: ত্বকে চুলকানি ও অ্যালার্জি, ইস্ট্রোজেনের মতো আচরণ করে হরমোনের ভারসাম্য নষ্ট করা, প্রজনন স্বাস্থ্যের ক্ষতি এবং স্তন ক্যান্সারের ঝুঁকি বাড়ার আশঙ্কা।

৫০. **(a)** প্রধান রঞ্জক: লসন (২-হাইড্রক্সি-১,৪-ন্যাফথোকুইনোন)
আণবিক সংকেত: $C_{10}H_6O_3$
গাঠনিক সংকেত: ন্যাফথালিন কাঠামোর একটি রিংয়ে 1 ও 4 অবস্থানে দুটি $C = O$ গ্রুপ এবং 2 অবস্থানে $-OH$ গ্রুপ আছে; অপর রিংটি বেনজিন রিং।
(b) ময়েশ্চারাইজার: গ্লিসারিন (প্রোপেন-১,২,৩-ট্রাইঅল)
গাঠনিক সংকেত: $CH_2(OH) - CH(OH) - CH_2(OH)$
গ্লিসারিনের তিনটি $-OH$ গ্রুপ পানির অণুর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে। ফলে এটি বাতাস ও ত্বক থেকে আর্দ্রতা শোষণ করে ধরে রাখে (হিউমেক্ট্যান্ট), ঠোঁটকে শুকিয়ে যাওয়া ও ফেটে যাওয়া থেকে রক্ষা করে।

৫১. **(a)** এগজাস্টিং: কৌটায় খাদ্য ভরার পর সিল করার আগে কৌটার ভেতরের বায়ু ও গ্যাস বের করে দেওয়া (গরম পানি/বাষ্পে গরম করে বা ভ্যাকুয়াম দিয়ে)।
সিলিং: কৌটার মুখ বায়ুরোধীভাবে বন্ধ করা, যাতে বাইরের বায়ু ও অণুজীব ঢুকতে না পারে।
এগজাস্টিং না করলে: ভেতরের বায়ুর অক্সিজেনে খাদ্যের জারণ হয় (রং, স্বাদ ও ভিটামিন নষ্ট), কৌটার ধাতব দেয়ালে মরিচা পড়ে, উত্তাপে বায়ু প্রসারিত হয়ে কৌটা ফুলে যায় বা সিল ফেটে যায় এবং বায়ুজীবী অণুজীব জন্মাতে পারে।
(b) ক্যানিং তরলে লবণ 1% ও চিনি 1% **(W/V)** ধরলে
$25\,L = 25000\,mL$
লবণ $= 25000 \times \frac{1}{100} = 250\,g = 0.25\,kg$
চিনি $= 25000 \times \frac{1}{100} = 250\,g = 0.25\,kg$
(c) টমেটো উচ্চ অম্লীয় ($pH < 4.6$) খাদ্য, তাই এটি পানি স্ফুটন বাথ পদ্ধতিতে রিটর্টিং করা হয়। শর্ত: তাপমাত্রা প্রায় $100°C$ এবং সময় প্রায় $35 - 45$ মিনিট।

৫২. **(a)** খেজুরের রসে সুক্রোজ থাকে। ধাপক্রম: সুক্রোজ $\rightarrow$ **A** $\rightarrow$ **B** $\rightarrow$ **C** $\rightarrow$ **D** $\rightarrow$ **E**
A = ইনভার্টেজ (এনজাইম)
B = গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজ ($C_6H_{12}O_6$)
C = জাইমেজ (এনজাইম)
D = ইথানল (C_2H_5OH)
E = অ্যাসিটোব্যাক্টর (ব্যাকটেরিয়া), যার প্রভাবে ইথানয়িক এসিড তৈরি হয়।
(b) ধাপ ১: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{invertase}} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$
ধাপ ২: $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{zymase}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$
ধাপ ৩: $C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{\text{Acetobacter}} CH_3COOH + H_2O$
(c) (i) অম্লীয় মাধ্যম তৈরি করে ক্ষতিকর অণুজীবের বৃদ্ধি রোধ করে।
(ii) প্রাকৃতিক ও নিরাপদ, কৃত্রিম প্রিজারভেটিভের মতো ক্ষতিকর পার্শ্ব প্রতিক্রিয়া নেই।
(iii) খাদ্যের স্বাদ ও গন্ধ বাড়ায় এবং আচার ও সবজি সংরক্ষণে সস্তা ও সহজলভ্য।

৫৩. **(a)** $C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{\text{Acetobacter, 30–35°C}} CH_3COOH + H_2O$

(b) C_2H_5OH এর আণবিক ভর = 46; $230\,kg = \frac{230}{46} = 5\,kmol$

1 kmol ইথানল থেকে 1 kmol ইথানয়িক এসিড হয়।

85% দক্ষতায় এসিড = $5 \times 0.85 = 4.25\,kmol$

∴ ইথানয়িক এসিডের ভর = $4.25 \times 60 = 255\,kg$

(c) 8% **(W/V)** অর্থাৎ 100 L ভিনেগারে 8 kg এসিড

∴ ভিনেগার = $\frac{255}{8} \times 100 = 3187.5\,L$

(d) উত্তপ্ত করা (পাস্তুরীকরণ) হয় যাতে অবশিষ্ট অ্যাসিটোব্যাক্টর ও অন্যান্য অণুজীব মারা যায়, ইথানয়িক এসিডের আরও জারণ (CO_2 ও H_2O তে রূপান্তর) বন্ধ হয়, এনজাইম নিষ্ক্রিয় হয় এবং ভিনেগার দীর্ঘদিন অবিকৃত থাকে।

৫৪. **(a)** বিস্তার মাধ্যম | বিস্তারিত বস্তু | নাম | উদাহরণ

তরল | কঠিন | সল | কালি, রং, স্টার্চ দ্রবণ

তরল | তরল | ইমালশন | দুধ, মেয়োনেজ

তরল | গ্যাস | ফোম | শেভিং ক্রিম, ফেনা

গ্যাস | কঠিন | অ্যারোসল (ধোঁয়া) | ধোঁয়া, ধূলি

গ্যাস | তরল | অ্যারোসল (কুয়াশা) | কুয়াশা, মেঘ

কঠিন | কঠিন | কঠিন সল | রুবি কাচ, কিছু সংকর ধাতু

কঠিন | তরল | জেল | পনির, মাখন, জেলি

কঠিন | গ্যাস | কঠিন ফোম | পিউমিস পাথর, ফোম রাবার

(b) ধনাত্মক সলকে ঋণাত্মক আয়ন কোয়াগুলেট করে এবং হার্ডি-শুলজে নিয়ম অনুসারে আয়নের যোজনী বেশি হলে কার্যকারিতা বেশি। যোজনী: Cl^- এ 1, SO_4^{2-} এ 2, $[Fe(CN)_6]^{3-}$ এ 3।

∴ কার্যকারিতার ক্রম: $[Fe(CN)_6]^{3-} > SO_4^{2-} > Cl^-$

(c) ফিটকিরি $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ থেকে প্রাপ্ত Al^{3+} আয়ন ঘোলা পানিতে ভাসমান ঋণাত্মক আধানযুক্ত কাদা-কণার আধান প্রশমিত করে কণাগুলোকে জমাট বাঁধায় (হার্ডি-শুলজে নিয়ম)। এছাড়া উৎপন্ন জেলাটিনাস $Al(OH)_3$ কণাগুলোকে আটকে নিচে থিতিয়ে দেয়, ফলে পানি পরিষ্কার হয়।

৫৫. **(a)** ধাপ ১: $2NH_3 + CO_2 \xrightarrow{\text{180–190°C, 150–200 atm}} NH_2COONH_4$ (অ্যামোনিয়াম কার্বামেট)

ধাপ ২: $NH_2COONH_4 \rightleftharpoons NH_2CONH_2 + H_2O$

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

(b) ইউরিয়া = $1500\,t = 1500 \times 10^6\,g$; মোলার ভর = 60

ইউরিয়ার মোল = $\frac{1500 \times 10^6}{60} = 25 \times 10^6\,mol$

$NH_3 = 2 \times 25 \times 10^6 = 50 \times 10^6\,mol$, ভর = $50 \times 10^6 \times 17 = 850 \times 10^6\,g = 850\,t$

$CO_2 = 25 \times 10^6\,mol$, ভর = $25 \times 10^6 \times 44 = 1100 \times 10^6\,g = 1100\,t$

অতএব, দৈনিক NH_3 850 মেট্রিক টন ও CO_2 1100 মেট্রিক টন প্রয়োজন।

(c) দূষক: অ্যামোনিয়া গ্যাস (NH_3) এবং ইউরিয়ার ধূলিকণা (এছাড়া ইউরিয়া ও অ্যামোনিয়াযুক্ত বর্জ্য পানি)।

৫৬. **(a)** সালফার = $1.5 \times 10^7 \times \frac{2}{100} = 3 \times 10^5\,kg$

$S + O_2 \rightarrow SO_2$ হওয়ায় 1 kmol S থেকে 1 kmol SO_2

$S = \frac{3 \times 10^5}{32} = 9375\,kmol$, ∴ $SO_2 = 9375\,kmol$

STP তে 1 kmol = $22.4\,m^3$

∴ $SO_2 = 9375 \times 22.4 = 2.1 \times 10^5\,m^3$

(b) বিক্রিয়া: $SO_2 + CaO \rightarrow CaSO_3$

$2CaSO_3 + O_2 \rightarrow 2CaSO_4$

1 kmol SO_2 এর জন্য 1 kmol CaO (ভর 56 kg)

∴ $CaO = 9375 \times 56 = 525000\,kg = 525$ মেট্রিক টন

(c) কয়লার গুণগত মান নির্ভর করে স্থির কার্বনের পরিমাণের উপর (যত বেশি তত ভালো)। এছাড়া আর্দ্রতা, ছাই, উদ্বায়ী পদার্থ ও সালফারের পরিমাণ যত কম হয় এবং তাপন মান যত বেশি হয়, কয়লা তত উন্নত মানের হয়।

৫৭. **(a)** পটাশ কাচ: $K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$; সোডা কাচের Na_2CO_3 এর পরিবর্তে K_2CO_3 ব্যবহার করা হয়; এটি শক্ত ও তাপসহনশীল।
পাইরেক্স কাচ (বোরোসিলিকেট কাচ): SiO_2 এর সাথে প্রায় 13% বোরন অক্সাইড (B_2O_3) থাকে; তাপীয় প্রসারণ কম হওয়ায় তাপে ফাটে না।
নীল কাচ: কোবাল্ট অক্সাইড (CoO) মিশ্রিত থাকে।
(b) বিক্রিয়া: $K_2CO_3 + CaCO_3 + 6SiO_2 \rightarrow K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2 + 2CO_2$
কাচের আণবিক ভর = $94 + 56 + 6 \times 60 = 510$
1 মেট্রিক টন = 1000 kg কাচের মোল = $\frac{1000}{510} = 1.9608$ kmol
$K_2CO_3 = 1.9608 \times 138 = 270.59$ kg
$CaCO_3 = 1.9608 \times 100 = 196.08$ kg
(c) গলিত কাচের তৈরি দ্রব্যকে নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় (নির্দিষ্ট চুল্লি বা লেহর-এ) ধীরে ধীরে ঠান্ডা করার প্রক্রিয়াকে অ্যানিলিং বলে।
কারণ: দ্রুত ঠান্ডা করলে কাচে অভ্যন্তরীণ চাপ সৃষ্টি হয়ে ভঙ্গুর হয় বা ফেটে যায়। অ্যানিলিং এই চাপ দূর করে কাচকে শক্ত ও টেকসই করে।

৫৮. **(a)** ক্যালকেরিয়াস কাঁচামাল: যে কাঁচামালে প্রধানত ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) থাকে। উদাহরণ: চুনাপাথর, চক, মার্ল।
আর্জিলেসিয়াস কাঁচামাল: যে কাঁচামালে প্রধানত কাদামাটি, অর্থাৎ SiO_2, Al_2O_3 ও Fe_2O_3 থাকে। উদাহরণ: কাদামাটি, শেল, স্লেট।
(b) পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের গড় সংযুক্তি: CaO প্রায় $60-67\%$, SiO_2 প্রায় $17-25\%$, Al_2O_3 প্রায় $3-8\%$, Fe_2O_3 প্রায় $0.5-6\%$।
(c) চুনাপাথর বিয়োজন: $CaCO_3 \xrightarrow{900^\circ C} CaO + CO_2$
কাদামাটির বিয়োজন: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 2SiO_2 + 2H_2O$
ক্লিংকার গঠন ($1400-1450^\circ C$):
$2CaO + SiO_2 \rightarrow 2CaO \cdot SiO_2$
$2CaO \cdot SiO_2 + CaO \rightarrow 3CaO \cdot SiO_2$
$3CaO + Al_2O_3 \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3$
$4CaO + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \rightarrow 4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

৫৯. **(a)** প্রয়োজনীয় $Cr_2O_3 = 500 \times \frac{4}{100} = 20$ kg
Cr_2O_3 এর আণবিক ভর = $2 \times 52 + 3 \times 16 = 152$
$Cr_2(SO_4)_3$ এর আণবিক ভর = $2 \times 52 + 3 \times (32 + 64) = 392$
1 mol Cr_2O_3 এ যত ক্রোমিয়াম, 1 mol $Cr_2(SO_4)_3$ এও তত ক্রোমিয়াম; তাই 152 kg Cr_2O_3 এর সমতুল্য 392 kg $Cr_2(SO_4)_3$
$\therefore$ 20 kg Cr_2O_3 এর জন্য $Cr_2(SO_4)_3 = 20 \times \frac{392}{152} = 51.58$ kg
(b) কাঁচা চামড়ার প্রধান প্রোটিন কোলাজেন।
$Cr_2O_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3H_2O$
$Cr_2(SO_4)_3 + 2H_2O \rightarrow 2Cr(OH)SO_4 + H_2SO_4$
পলিমার গঠন (হাইড্রক্সো সেতুবন্ধনযুক্ত): $n\,Cr(OH)SO_4 \rightarrow [Cr(OH)SO_4]_n$
এই ক্রোমিয়াম পলিমার কোলাজেনের কার্বক্সিল গ্রুপের সাথে আড়াআড়ি বন্ধন তৈরি করে চামড়াকে স্থায়িত্ব দেয়।
(c) পিকলিংয়ে সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4) ব্যবহৃত হয় (সাথে লবণ $NaCl$ মেশানো হয়, যাতে চামড়া ফুলে না ওঠে)।

৬০. **(a)** ক্যাটালাইটিক কনভার্টারে বিক্রিয়া:

$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$

$2NO + 2CO \rightarrow N_2 + 2CO_2$

$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$

প্রভাবক: প্লাটিনাম (Pt), প্যালাডিয়াম (Pd) ও রোডিয়াম (Rh)।

(b) জীবপ্রযুক্তি: জীবিত অণুজীব, কোষ বা এনজাইম ব্যবহার করে মানুষের প্রয়োজনীয় পদার্থ উৎপাদন বা দূষক পদার্থ অপসারণের প্রযুক্তিকে জীবপ্রযুক্তি বলে।

$NO_2^- \rightarrow N_2$

$ClO_4^- \rightarrow Cl^-$

$H_2AsO_4^- \rightarrow As(III)$ (পরে অদ্রবণীয় যৌগ হিসেবে অধঃক্ষেপিত করে অপসারণ করা হয়)

$SeO_4^{2-} \rightarrow Se$ (মৌলিক সেলেনিয়াম, অদ্রবণীয়)

(c) বাকিবল (বাকমিনস্টারফুলারিন) হলো কার্বনের একটি রূপভেদ, যার 60 টি কার্বন পরমাণু ফুটবলের মতো গোলাকার খাঁচা গঠন করে (12 টি পঞ্চভুজ ও 20 টি ষড়ভুজ)। এর সংকেত C_{60}।