Mathematics

২০০ নম্বর

১. **PERMUTATION** শব্দে মোট 11টি বর্ণ, যাদের মধ্যে T আছে 2টি এবং বাকিগুলো ভিন্ন।
স্বরবর্ণ: E, U, A, I, O (5টি, সব ভিন্ন); ব্যঞ্জনবর্ণ: P, R, M, T, T, N (6টি)
11টি স্থানের মধ্যে জোড় স্থান: 2য়, 4র্থ, 6ষ্ঠ, 8ম, 10ম, অর্থাৎ মোট 5টি।
5টি স্বরবর্ণ 5টি জোড় স্থানে সাজানো যায় $5! = 120$ প্রকারে
বাকি 6টি বিজোড় স্থানে 6টি ব্যঞ্জনবর্ণ (T দুইবার) সাজানো যায় $\frac{6!}{2!} = 360$ প্রকারে
অতএব, নির্ণেয় বিন্যাস সংখ্যা $= 120 \times 360 = 43200$

২. বোলার 6 জন এবং বাকি খেলোয়াড় $15 - 6 = 9$ জন। কমপক্ষে 4 জন বোলার থাকার ক্ষেত্রসমূহ:
(i) 4 জন বোলার + 7 জন অন্য: ${}^6C_4 \times {}^9C_7 = 15 \times 36 = 540$
(ii) 5 জন বোলার + 6 জন অন্য: ${}^6C_5 \times {}^9C_6 = 6 \times 84 = 504$
(iii) 6 জন বোলার + 5 জন অন্য: ${}^6C_6 \times {}^9C_5 = 1 \times 126 = 126$
অতএব, নির্ণেয় দল সংখ্যা $= 540 + 504 + 126 = 1170$

৩. আমরা জানি, $\frac{{}^nC_r}{{}^nC_{r-1}} = \frac{n-r+1}{r}$
$\Rightarrow \frac{n-r+1}{r} = \frac{84}{36} = \frac{7}{3}$
$\Rightarrow 3n - 3r + 3 = 7r$
$\Rightarrow 3n - 10r = -3$ **.....(i)**
আবার, $\frac{{}^nC_{r+1}}{{}^nC_r} = \frac{n-r}{r+1} = \frac{126}{84} = \frac{3}{2}$
$\Rightarrow 2n - 2r = 3r + 3$
$\Rightarrow 2n - 5r = 3$ **.....(ii)**
(ii) $\times 2 -$ **(i):** $4n - 3n = 6 + 3 \Rightarrow n = 9$
(ii) এ বসিয়ে: $18 - 5r = 3 \Rightarrow r = 3$
অতএব, $n = 9, r = 3$

৪. মোট 9টি স্থান। জোড় স্থান: 2য়, 4র্থ, 6ষ্ঠ, 8ম, অর্থাৎ মোট 4টি।
4 জন মহিলাকে 4টি জোড় স্থানে বসানো যায় $4! = 24$ প্রকারে
বাকি 5টি বিজোড় স্থানে 5 জন পুরুষকে বসানো যায় $5! = 120$ প্রকারে
অতএব, নির্ণেয় উপায় $= 24 \times 120 = 2880$

৫. দাবা বোর্ডে 9টি অনুভূমিক ও 9টি উল্লম্ব রেখা আছে। যেকোনো 2টি অনুভূমিক ও 2টি উল্লম্ব রেখা একটি আয়তক্ষেত্র গঠন করে।
$\therefore$ আয়তক্ষেত্রের সংখ্যা $= {}^9C_2 \times {}^9C_2 = 36 \times 36 = 1296$
$k \times k$ আকারের বর্গক্ষেত্রের সংখ্যা $= (9-k)^2$, যেখানে $k = 1, 2, \ldots, 8$
$\therefore$ বর্গক্ষেত্রের সংখ্যা $= 8^2 + 7^2 + \cdots + 1^2 = \frac{8 \times 9 \times 17}{6} = 204$
অতএব, আয়তক্ষেত্র 1296টি এবং বর্গক্ষেত্র 204টি

৬. মোট সংখ্যা $= 5! = 120$টি
কোনো নির্দিষ্ট অঙ্ককে একটি নির্দিষ্ট স্থানে (যেমন একক স্থানে) স্থির রাখলে বাকি 4টি স্থান $4! = 24$ প্রকারে পূরণ হয়।
অর্থাৎ প্রত্যেক অঙ্ক প্রত্যেক স্থানে 24 বার করে আসে।
$\therefore$ যেকোনো একটি স্থানের অঙ্কগুলোর সমষ্টি $= 24 \times (1 + 2 + 3 + 4 + 5) = 24 \times 15 = 360$
অতএব, নির্ণেয় সমষ্টি $= 360 \times (10^4 + 10^3 + 10^2 + 10 + 1) = 360 \times 11111 = 3999960$

৭. **DAUGHTER** শব্দে স্বরবর্ণ: A, U, E (3টি); ব্যঞ্জনবর্ণ: D, G, H, T, R (5টি)
বাছাই সংখ্যা = ${}^3C_2 \times {}^5C_3 = 3 \times 10 = 30$
প্রতিটি বাছাইয়ের 5টি ভিন্ন বর্ণ সাজানো যায় $5! = 120$ প্রকারে
$\therefore$ মোট শব্দ $= 30 \times 120 = 3600$
স্বরবর্ণ দুটি পাশাপাশি থাকলে এদের একটি একক ধরে মোট 4টি একক, যারা 4! প্রকারে এবং স্বরবর্ণ দুটি নিজেদের মধ্যে 2! প্রকারে সাজে।
প্রতি বাছাইয়ে বিন্যাস $= 4! \times 2! = 48$
অতএব, স্বরবর্ণ পাশাপাশি থাকে এমন শব্দ $= 30 \times 48 = 1440$

৮. শর্ত ছাড়া ধনাত্মক পূর্ণসাংখ্যিক সমাধান $= {}^{12-1}C_{3-1} = {}^{11}C_2 = 55$
$x = y = z$: $3x = 12 \Rightarrow x = 4$, অর্থাৎ 1টি সমাধান
ঠিক দুটি সমান, যেমন $x = y \neq z$: $2x + z = 12$, $x = 1, 2, 3, 5$ (কারণ $x = 4$ হলে $z = 4$), অর্থাৎ 4টি
কোন দুটি সমান তা ${}^3C_2 = 3$ প্রকারে, $\therefore$ এরূপ সমাধান $= 3 \times 4 = 12$
তিনটিই ভিন্ন এমন সমাধান $= 55 - 1 - 12 = 42$
প্রতিটি ভিন্ন সংখ্যাত্রয় $3! = 6$ ভাবে সাজানো যায়, যার মাত্র একটিতে $x < y < z$
যাচাই: $(1, 2, 9), (1, 3, 8), (1, 4, 7), (1, 5, 6), (2, 3, 7), (2, 4, 6), (3, 4, 5)$
অতএব, নির্ণেয় সমাধান $= \frac{42}{6} = 7$

৯. সম্ভাব্য ক্ষেত্র (১ম বিভাগ, ২য় বিভাগ): $(2, 4)$, $(3, 3)$, $(4, 2)$
$(2, 4)$: ${}^5C_2 \times {}^5C_4 = 10 \times 5 = 50$
$(3, 3)$: ${}^5C_3 \times {}^5C_3 = 10 \times 10 = 100$
$(4, 2)$: ${}^5C_4 \times {}^5C_2 = 5 \times 10 = 50$
অতএব, নির্ণেয় উপায় $= 50 + 100 + 50 = 200$

১০. প্রথমে বাকি $8 - 3 = 5$ জনকে গোল টেবিলে বসানো যায় $(5 - 1)! = 24$ প্রকারে
গোল টেবিলে 5 জনের মাঝে 5টি ফাঁকা স্থান তৈরি হয়। নির্দিষ্ট 3 জনকে ভিন্ন ভিন্ন ফাঁকা স্থানে বসালে কোনো দুইজন পাশাপাশি থাকবে না।
3 জনকে 5টি ফাঁকা স্থানে বসানো যায় ${}^5P_3 = 60$ প্রকারে
অতএব, নির্ণেয় উপায় $= 24 \times 60 = 1440$

১১. ধরি, বাক্সগুলোতে বলের সংখ্যা a, b, c, d; যেখানে $a + b + c + d = 10$ এবং $1 \leq a, b, c, d \leq 4$
$a = a' + 1$ ইত্যাদি বসিয়ে: $a' + b' + c' + d' = 6$, যেখানে $0 \leq a', b', c', d' \leq 3$
শর্ত ছাড়া অঋণাত্মক সমাধান $= {}^{6+4-1}C_3 = {}^9C_3 = 84$
$a' \geq 4$ হলে $a' = a'' + 4$: $a'' + b' + c' + d' = 2$, যার সমাধান ${}^5C_3 = 10$টি
4টি চলকের যেকোনোটির জন্য: $4 \times 10 = 40$
দুটি একসাথে ≥ 4 হলে যোগফল $\geq 8 > 6$, অসম্ভব।
অতএব, নির্ণেয় উপায় $= 84 - 40 = 44$

১২. $f(f(x)) = \frac{f(x)}{f(x)-1} = \frac{\frac{x}{x-1}}{\frac{x}{x-1}-1} = \frac{\frac{x}{x-1}}{\frac{x-x+1}{x-1}} = \frac{x}{1} = x$ (দেখানো হলো)
$f(f(x)) = x$ হওয়ায় উভয়পাশে f^{-1} প্রয়োগ করে পাই $f(x) = f^{-1}(x)$
$\therefore f^{-1}(x) = \frac{x}{x-1}$, $x \neq 1$
f এর রেঞ্জ $= f^{-1}$ এর ডোমেন $= \mathbb{R} - \{1\}$
বিকল্প: $y = \frac{x}{x-1} = 1 + \frac{1}{x-1}$ এবং $y \neq 1$
অতএব, $R_f = \mathbb{R} - \{1\}$

১৩. $f(x)$ বাস্তব হবে যদি $\frac{1-|x|}{2-|x|} \geq 0$ এবং $|x| \neq 2$ হয়। ধরি, $t = |x| \geq 0$

$\frac{1-t}{2-t} \geq 0$:

$0 \leq t \leq 1$: লব ≥ 0, হর $> 0 \Rightarrow$ সিদ্ধ

$1 < t < 2$: লব < 0, হর $> 0 \Rightarrow$ সিদ্ধ নয়

$t > 2$: লব < 0, হর $< 0 \Rightarrow$ সিদ্ধ

$\therefore |x| \leq 1$ অথবা $|x| > 2$

$\Rightarrow -1 \leq x \leq 1$ অথবা $x < -2$ অথবা $x > 2$

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

১৪. $f(x) = (x-1)^2 + 2$

ধরি, $a, b \geq 1$ এবং $f(a) = f(b)$

$\Rightarrow (a-1)^2 = (b-1)^2$

যেহেতু $a - 1 \geq 0$ ও $b - 1 \geq 0$, তাই $a - 1 = b - 1 \Rightarrow a = b$

$\therefore f$ এক-এক ফাংশন।

ধরি, $y = (x-1)^2 + 2$

$\Rightarrow (x-1)^2 = y - 2$

$\Rightarrow x - 1 = \sqrt{y-2}$ (ধনাত্মক মূল, কারণ $x \geq 1$)

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

অতএব, $f^{-1}(x) = 1 + \sqrt{x-2}$, $x \geq 2$

১৫. $x^2 + 2x + 3 = (x+1)^2 + 2 > 0$, তাই $D_f = \mathbb{R}$

ধরি, $y = \frac{x^2+14x+9}{x^2+2x+3}$

$\Rightarrow (y-1)x^2 + (2y-14)x + (3y-9) = 0$ **.....(i)**

x বাস্তব হওয়ার শর্ত (নিশ্চায়ক ≥ 0):

$(2y-14)^2 - 4(y-1)(3y-9) \geq 0$

$\Rightarrow 4(y^2 - 14y + 49) - 4(3y^2 - 12y + 9) \geq 0$

$\Rightarrow 4(-2y^2 - 2y + 40) \geq 0$

$\Rightarrow y^2 + y - 20 \leq 0$

$\Rightarrow (y+5)(y-4) \leq 0$

$\Rightarrow -5 \leq y \leq 4$

$y = 1$ হলে **(i)** থেকে $-12x - 6 = 0 \Rightarrow x = -\frac{1}{2}$ (বাস্তব), তাই $y = 1$ ও রেঞ্জে আছে।

অতএব, $R_f = [-5, 4]$

১৬. ধরি, $\phi(x) = \frac{x-1}{x}$। তাহলে $\phi(\phi(x)) = \frac{\frac{x-1}{x}-1}{\frac{x-1}{x}} = \frac{-1}{x-1} = \frac{1}{1-x}$ এবং $\phi\left(\frac{1}{1-x}\right) = \frac{\frac{1}{1-x}-1}{\frac{1}{1-x}} = x$

ধরি, $A = f(x)$, $B = f\left(\frac{x-1}{x}\right)$, $C = f\left(\frac{1}{1-x}\right)$

প্রদত্ত সমীকরণে পর্যায়ক্রমে x, $\phi(x)$, $\phi(\phi(x))$ বসিয়ে:

$A + B = 1 + x$ **.....(i)**

$B + C = 1 + \frac{x-1}{x} = \frac{2x-1}{x}$ **.....(ii)**

$C + A = 1 + \frac{1}{1-x} = \frac{2-x}{1-x}$ **.....(iii)**

(i) − (ii) + (iii) করে: $2A = (1+x) - \frac{2x-1}{x} + \frac{2-x}{1-x}$

$= \frac{x(1-x^2)-(2x-1)(1-x)+x(2-x)}{x(1-x)}$

$= \frac{-x^3+x^2+1}{x(1-x)}$

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

১৭. $\frac{1+x}{1-x} > 0 \Rightarrow (1+x)(1-x) > 0, x \neq 1 \Rightarrow -1 < x < 1$

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

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

$\therefore$ f বিজোড়।

$|x| < 1$ হলে $\left|\frac{2x}{1+x^2}\right| < 1$ (কারণ $1 + x^2 - 2|x| = (1 - |x|)^2 > 0$), তাই বামপক্ষ সংজ্ঞায়িত।

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

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

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

অতএব, $f\left(\frac{2x}{1+x^2}\right) = 2f(x)$ (দেখানো হলো)

১৮. আমরা জানি, $f(-x) = f(x)$ হলে f জোড় এবং $f(-x) = -f(x)$ হলে f বিজোড় ফাংশন।

(i) $f(-x) = (-x)^3\cos(-x) = -x^3\cos x = -f(x)$; $\therefore$ f বিজোড়।

(ii) $g(-x) = \frac{a^{-x}+a^x}{2} = g(x)$; $\therefore$ g জোড়।

(iii) $h(-x) = (-x)|-x| = -x|x| = -h(x)$; $\therefore$ h বিজোড়।

অতএব, f ও h বিজোড় এবং g জোড় ফাংশন।

১৯. f এর ডোমেন: $x \neq 1$

$$f(f(x)) = \frac{1}{1-\frac{1}{1-x}} = \frac{1-x}{1-x-1} = \frac{1-x}{-x} = \frac{x-1}{x}$$

এখানে $x \neq 1$ (ভিতরের f এর জন্য) এবং $f(x) \neq 1$, অর্থাৎ $x \neq 0$

$\therefore$ ডোমেন: $\mathbb{R} - \{0, 1\}$

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

$\frac{x-1}{x} \neq 1$ সর্বদা সত্য, তাই ডোমেন: $\mathbb{R} - \{0, 1\}$

অতএব, $f(f(x)) = \frac{x-1}{x}$ এবং $f(f(f(x))) = x$, উভয়ের ডোমেন $\mathbb{R} - \{0, 1\}$

২০. লগ সংজ্ঞায়িত হওয়ার শর্ত: $1 - x > 0 \Rightarrow x < 1$

হর শূন্য নয়: $\log_{10}(1-x) \neq 0$, অর্থাৎ $1 - x \neq 1$, অর্থাৎ $x \neq 0$

বর্গমূল বাস্তব: $x + 2 \geq 0 \Rightarrow x \geq -2$

অতএব, $D_f = [-2, 1) - \{0\} = [-2, 0) \cup (0, 1)$

Physics

২০০ নম্বর

২১. (ক) $\frac{X-20}{220-20} = \frac{Y-(-30)}{120-(-30)}$

$\frac{50-20}{200} = \frac{Y+30}{150}$

$Y = 22.5 - 30$

$= -7.5°Y$

(খ) ধরি, দুই স্কেলে একই পাঠ $X = Y = x$

$\frac{x-20}{200} = \frac{x+30}{150}$

$150x - 3000 = 200x + 6000$

$-50x = 9000$

অতএব, $x = -180$

২২. (ক) $\frac{\theta-0}{100-0} = \frac{P-P_0}{P_{100}-P_0}$

$\theta = \frac{20.0-76.0}{104.0-76.0} \times 100$

$= \frac{-56}{28} \times 100$

$= -200°C$

(খ) তাপতড়িৎ থার্মোমিটার থেকে,

$\frac{\theta}{100} = \frac{4-2}{7-2} = \frac{2}{5}$

$\theta = 40°C$

রোধ থার্মোমিটারে,

$\frac{R-10}{25-10} = \frac{2}{5}$

$R = 10 + 6 = 16\,\Omega$

পারদ থার্মোমিটারে,

$\frac{l-4.0}{24.0-4.0} = \frac{2}{5}$

$l = 4.0 + 8.0 = 12.0\,cm$

(গ) $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$

$F = \frac{9}{5} \times 40 + 32 = 104°F$

$T = 40 + 273 = 313\,K$

২৩. (ক) পথ 1: $W_1 = P_i(V_f - V_i) = 1 \times 10^5 \times (6-2) \times 10^{-3}$

$= 400\,J$

পথ 2: $W_2 = P_f(V_f - V_i) = 3 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}$

$= 1200\,J$

(খ) $\Delta U = \frac{3}{2}(P_f V_f - P_i V_i) = \frac{3}{2}(1800 - 200)$

$= 2400\,J$ (উভয় পথে সমান)

(গ) $Q_1 = \Delta U + W_1 = 2400 + 400 = 2800\,J$

$Q_2 = \Delta U + W_2 = 2400 + 1200 = 3600\,J$

২৪. (ক) চূড়ান্ত অবস্থায় পিস্টনের সাম্যাবস্থা:

$P_f = P_0 + \frac{kx}{A} = 10^5 + \frac{3000 \times 0.1}{5 \times 10^{-3}}$

$= 10^5 + 0.6 \times 10^5 = 1.6 \times 10^5\,Pa$

$V_f = V_1 + Ax = 2.0 \times 10^{-3} + 5 \times 10^{-3} \times 0.1$

$= 2.5 \times 10^{-3}\,m^3$

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_f V_f}{T_f}$

$T_f = \frac{P_f V_f}{P_1 V_1} \times T_1 = \frac{1.6 \times 10^5 \times 2.5 \times 10^{-3}}{10^5 \times 2.0 \times 10^{-3}} \times 300$

$= \frac{400}{200} \times 300 = 600\,K$

(খ) বায়ুমণ্ডলের বিরুদ্ধে কাজ $= P_0 Ax = P_0 \Delta V$

$= 10^5 \times (5 \times 10^{-3} \times 0.1) = 50\,J$

স্প্রিংয়ে সঞ্চিত শক্তি $= \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times 3000 \times (0.1)^2 = 15\,J$

অতএব, গ্যাস দ্বারা কৃত মোট কাজ $W = 50 + 15 = 65\,J$

(গ) $\Delta U = nC_V \Delta T = \frac{nR\Delta T}{\gamma - 1} = \frac{P_f V_f - P_1 V_1}{\gamma - 1}$

$= \frac{400-200}{\frac{5}{3}-1} = \frac{200}{\frac{2}{3}} = 300\,J$

$\Delta Q = \Delta U + \Delta W = 300 + 65 = 365\,J$

অতএব, প্রয়োজনীয় বৈদ্যুতিক শক্তি $= 365\,J$

পাত্র তাপবিচ্ছিন্ন হলেও ভেতরের হিটারের বৈদ্যুতিক শক্তি সরাসরি গ্যাসে তাপ হিসেবে যায়, তাই গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তি বাড়ে।

২৫. **(ক)** $P \propto V$ ও $PV = RT \Rightarrow T \propto V^2$

$T_2 = 300 \times 2^2 = 1200\,K$

(খ) $W = \int P\,dV = \frac{1}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) = \frac{1}{2}R(T_2 - T_1)$

$= \frac{1}{2} \times 8.314 \times 900 = 3741.3\,J$

$\Delta U = \frac{3}{2}R\Delta T = \frac{3}{2} \times 8.314 \times 900 = 11223.9\,J$

(গ) $Q = \Delta U + W = 11223.9 + 3741.3 = 14965.2\,J$

$C = \frac{Q}{n\Delta T} = \frac{14965.2}{900} = 16.63\,Jmol^{-1}K^{-1}$

$= 2R$

২৬. **(ক)** $C_P = \frac{Q}{n\Delta T} = \frac{5820}{2\times100} = 29.1\,Jmol^{-1}K^{-1}$

$C_V = C_P - R = 29.1 - 8.314 = 20.79\,Jmol^{-1}K^{-1}$

(খ) $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{29.1}{20.79} = 1.4$

(গ) $C_V = 20.79 = \frac{5}{2}R$, অর্থাৎ স্বাধীনতার মাত্রা $f = 5$

অতএব, গ্যাসটি দ্বিপরমাণুক।

২৭. **(ক)** $\Delta Q_{acb} = +320\,J$, $\Delta W_{acb} = +120\,J$

$\Delta Q_{acb} = \Delta U_{ab} + \Delta W_{acb}$

$\Delta U_{ab} = 320 - 120 = 200\,J$

(খ) অন্তঃস্থ শক্তি অবস্থা অপেক্ষক, তাই $\Delta U_{adb} = \Delta U_{ab} = 200\,J$

$\Delta Q_{adb} = \Delta U_{adb} + \Delta W_{adb}$

$= 200 + 50 = 250\,J$

(গ) $\Delta U_{ba} = -\Delta U_{ab} = -200\,J$

সিস্টেমের উপর কাজ হয়েছে, $\Delta W_{ba} = -80\,J$

$\Delta Q_{ba} = \Delta U_{ba} + \Delta W_{ba}$

$= -200 - 80 = -280\,J$

ঋণাত্মক চিহ্ন বোঝায় সিস্টেম 280 J তাপ বর্জন করবে।

২৮. **(ক)** $W = \frac{nR(T_1 - T_2)}{\gamma - 1}$

$T_2 = T_1 - \frac{W(\gamma-1)}{nR} = 400 - \frac{1500\times0.4}{8.314}$

$= 400 - 72.17$

$= 327.83\,K$

(খ) $\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \left(\frac{400}{327.83}\right)^{2.5}$

$= 1.64$

২৯. **(ক)** $P_1V_1^n = P_2V_2^n \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n$

$8 = 4^n \Rightarrow n = \frac{\log 8}{\log 4}$

$= 1.5$

(খ) গ্যাসের উপর কাজ $= \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{n-1}$

$= \frac{8\times10^5\times10^{-3} - 10^5\times4\times10^{-3}}{0.5}$

$= \frac{800-400}{0.5} = 800\,J$

৩০. A → B: সমআয়তন (300 K → 600 K), B → C: সমোষ্ণ 600 K (10 L → 20 L), C → D: সমআয়তন (600 K → 300 K), D → A: সমোষ্ণ 300 K (20 L → 10 L)

(ক) $W_{BC} = nRT \ln 2 = 2 \times 8.314 \times 600 \times \ln 2 = 6915.4\ J$

$W_{DA} = -2 \times 8.314 \times 300 \times \ln 2 = -3457.7\ J$

$W = 6915.4 - 3457.7 = 3457.7\ J$

(খ) গৃহীত তাপ: A → B ও B → C ধাপে

$Q_{AB} = nC_V \Delta T = 2 \times \frac{5}{2} \times 8.314 \times 300 = 12471\ J$

$Q_{BC} = 6915.4\ J$

$Q_{in} = 12471 + 6915.4 = 19386.4\ J$

(গ) $\eta = \frac{W}{Q_{in}} = \frac{3457.7}{19386.4}$

$= 17.8\%$

৩১. **(ক)** $\frac{T_2}{T_1} = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{800}{1200} = \frac{2}{3}$

প্রশ্নমতে, $T_1 - T_2 = 100$

$T_1 - \frac{2}{3}T_1 = 100$

$T_1 = 300\ K,\ T_2 = 200\ K$

(খ) নতুন গ্রাহকের তাপমাত্রা $= 200 - 50 = 150\ K$

$W' = Q_1\left(1 - \frac{150}{300}\right) = 600\ J$

আগে $W = 1200 - 800 = 400\ J$

কাজ বৃদ্ধি $= 600 - 400 = 200\ J$

৩২. **(ক)** $W = nRT_1 \ln 2$

$T_1 = \frac{3000}{8.314 \times 0.693} = 520.6\ K$

(খ) $T_2 = (1 - 0.4)T_1 = 0.6 \times 520.6$

$= 312.3\ K$

(গ) সমোষ্ণে $Q = W$, তাই $Q_1 = 3000\ J$

$W_{net} = 0.4 \times 3000 = 1200\ J$

$Q_2 = 3000 - 1200 = 1800\ J$

৩৩. **(ক)** $K = \frac{1}{\frac{T_H}{T_C} - 1} = \frac{1}{\frac{286}{260} - 1} = \frac{260}{26} = 10$

প্রতি সেকেন্ডে $Q_C = KW = 10 \times 150 = 1500\ J$

$50\ min = 3000\ s$ এ,

$Q_C = 1500 \times 3000 = 4.5 \times 10^6\ J$

$W = 150 \times 3000 = 4.5 \times 10^5\ J$

$Q_H = Q_C + W = 4.5 \times 10^6 + 4.5 \times 10^5 = 4.95 \times 10^6\ J$

(খ) $K = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{W}}$

$\dot{Q}_C = K\dot{W} = 5 \times 80 = 400\ Js^{-1}$

$2\ min = 120\ s$ এ $Q_C = 400 \times 120 = 48000\ J$

$Q_C = mL_f$

$m = \frac{48000}{3.36 \times 10^5} = 0.143\ kg = 142.9\ g$

(গ) $K_{actual} = 0.50 \times 10 = 5$

$\dot{Q}_C = K_{actual} \times P_{in} = 5 \times 150 = 750\ Js^{-1}$

$50\ min$-এ $Q_C = 750 \times 3000 = 2.25 \times 10^6\ J$

$4.5 \times 10^6\ J$ তাপ অপসারণে, $t = \frac{4.5 \times 10^6}{750} = 6000\ s$

$= 100\ min$

৩৪. **(ক)** $\frac{Q_1}{W} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{293}{20}$
$= 14.65$
(খ) $W = \frac{Q_1}{14.65} = \frac{10}{14.65}$
$= 0.683\,\text{kW}$
(গ) হিটারে সব বিদ্যুৎ সরাসরি তাপে রূপান্তরিত হয়, তাই $10\,\text{kW}$ লাগত।

৩৫. **(ক)** গলনের সুপ্ততাপ $l_f = 336000\,\text{Jkg}^{-1}$ ও পানির আপেক্ষিক তাপ $s = 4200\,\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ধরে,
$\Delta S_1 = \frac{ml_f}{273} + ms \ln \frac{300}{273}$
$= \frac{0.05 \times 336000}{273} + 0.05 \times 4200 \ln \frac{300}{273}$
$= 61.54 + 19.81 = 81.34\,\text{JK}^{-1}$
(খ) ঘর প্রদত্ত তাপ $= 0.05 \times 336000 + 0.05 \times 4200 \times 27 = 22470\,\text{J}$
$\Delta S_2 = -\frac{22470}{300} = -74.90\,\text{JK}^{-1}$
(গ) $\Delta S = 81.34 - 74.90 = 6.44\,\text{JK}^{-1} > 0$
অতএব, প্রক্রিয়াটি অপ্রত্যাবর্তী।

৩৬. **(ক)** $T_i V_i^{\gamma-1} = T_f V_f^{\gamma-1}$
$T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = 350 \times (3)^{0.4}$
$= 543.1\,\text{K}$
প্রত্যাবর্তী রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta Q = 0$
অতএব, $\Delta S = 0$
(খ) মুক্ত প্রসারণে $W = 0$, $\Delta Q = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$
অতএব, $T_f = T_i = 350\,\text{K}$
$\Delta S = nC_V \ln \frac{T_f}{T_i} + nR \ln \frac{V_f}{V_i}$
$= 0 + 2 \times 8.314 \times \ln 3$
$= 18.27\,\text{JK}^{-1}$
প্রক্রিয়াটি রুদ্ধতাপীয় ($\Delta Q = 0$) কিন্তু অপ্রত্যাবর্তী, কারণ $\Delta Q = 0$ হলেও $\Delta S > 0$।
(গ) AB সমআয়তন:
$\Delta S_{AB} = nC_V \ln \frac{T_B}{T_A} = 1 \times \frac{5}{2} \times 8.314 \times \ln \frac{750}{250}$
$= \frac{5}{2} R \ln 3 = 22.83\,\text{JK}^{-1}$
BC সমোষ্ণ:
$\Delta S_{BC} = nR \ln \frac{V_C}{V_B} = 1 \times 8.314 \times \ln 3$
$= 9.13\,\text{JK}^{-1}$
CA সমচাপীয়:
$\Delta S_{CA} = nC_P \ln \frac{T_A}{T_C} = 1 \times \frac{7}{2} \times 8.314 \times \ln \frac{250}{750}$
$= -31.97\,\text{JK}^{-1}$
$\Delta S_{total} = \frac{5}{2} R \ln 3 + R \ln 3 - \frac{7}{2} R \ln 3 = 0$

৩৭. **(ক)** $\Delta S_1 = -\frac{mL_v}{T} = -\frac{0.1 \times 2.26 \times 10^6}{373}$
$= -605.9\,\text{JK}^{-1}$
(খ) পানির আপেক্ষিক তাপ $s = 4200\,\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ধরে,
$\Delta S_2 = ms \ln \frac{313}{373} = 0.1 \times 4200 \times \ln \frac{313}{373}$
$= -73.65\,\text{JK}^{-1}$
$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = -605.9 - 73.65$
$= -679.6\,\text{JK}^{-1}$

৩৮. **(ক)** $P = 0.4 \times \frac{m}{t}gh = 0.4 \times 500 \times 9.8 \times 100$
$= 1.96 \times 10^5\ W = 196\ kW$
(খ) পানির আপেক্ষিক তাপ $s = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$ ধরে, প্রতি সেকেন্ডে
$0.6\ mgh = ms\Delta\theta$
$\Delta\theta = \frac{0.6\times9.8\times100}{4200}$
$= 0.14°C$

৩৯. **(ক)** $W = n\ mgh = 20 \times 2 \times 9.8 \times 1.5$
$= 588\ J$
(খ) পানির আপেক্ষিক তাপ $s = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$ ধরে,
$W = (m_w + w)s\Delta\theta$
$\Delta\theta = \frac{588}{(0.25+0.01)\times4200}$
$= 0.54°C$

৪০. **(ক)** পানির আপেক্ষিক তাপ $4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$ ধরে,
$Q = (0.5 \times 4200 + 0.05 \times 400) \times (80 - 20)$
$= 2120 \times 60 = 127200\ J$
(খ) প্রতি kg বাষ্প দেয় $= L_v + s \times (100 - 80) = 2268000 + 84000$
$= 2352000\ J$
$m = \frac{127200}{2352000} = 0.05408\ kg$
$= 54.08\ g$

Chemistry ২০০ নম্বর

৪১. **(a) (i)** ট্রিপল সুপার ফসফেট **(TSP):** $Ca(H_2PO_4)_2$
(ii) ডাই-অ্যামোনিয়াম ফসফেট **(DAP):** $(NH_4)_2HPO_4$
(iii) রক ফসফেট**:** $Ca_3(PO_4)_2$
(b) $Ca(H_2PO_4)_2$ এর আণবিক ভর $= 40 + 4 \times 1 + 2 \times 31 + 8 \times 16 = 234$
234 g **TSP** তে $P = 2 \times 31 = 62\ g$
$\therefore P\% = \frac{62}{234} \times 100 = 26.50\%$
(c) 62 kg ফসফরাসের জন্য **TSP** লাগে 234 kg
$\therefore$ 50 kg ফসফরাসের জন্য **TSP** $= 50 \times \frac{234}{62} = 188.71\ kg$

৪২. **(a)** চর্বিতে দ্রবণীয় ভিটামিন**: A, D, E** ও **K**।
পানিতে দ্রবণীয় ভিটামিন**:** ভিটামিন **B**-কমপ্লেক্স **(**থায়ামিন, রিবোফ্লাবিন, নায়াসিন, **B-৬, B-১২** ইত্যাদি**)** ও ভিটামিন **C**।
(b) ভিটামিন **A:** রাসায়নিক নাম রেটিনল**;** অভাবজনিত রোগ রাতকানা ও জেরোফথালমিয়া।
ভিটামিন **D:** রাসায়নিক নাম ক্যালসিফেরল **(**আর্গোক্যালসিফেরল/কোলেক্যালসিফেরল**);** অভাবজনিত রোগ শিশুদের রিকেটস এবং বয়স্কদের অস্টিওম্যালেসিয়া।
ভিটামিন **K:** রাসায়নিক নাম ফাইলোকুইনোন**;** অভাবজনিত রোগ রক্ত জমাট বাঁধতে দেরি হওয়া **(**রক্তক্ষরণ**)**।
(c) পাকা কলা থেকে ইথিলিন (C_2H_4) গ্যাস নির্গত হয়। ইথিলিন একটি উদ্ভিদ হরমোন, যা ফল পাকার প্রক্রিয়া ত্বরান্বিত করে। তাই কাঁচা আপেল তাড়াতাড়ি পাকে।

৪৩. **(a)** নির্ণায়কসমূহ: খাদ্যের ধরন ও প্রকৃতি, খাদ্যের পানি সক্রিয়তা (a_w) ও pH, অণুজীবের সংখ্যা ও ধরন, সংরক্ষণের সময়কাল, তাপমাত্রা, অক্সিজেনের উপস্থিতি, খরচ এবং খাদ্যের পুষ্টিমান ও নিরাপত্তা।
(b) ফ্রিজিং: তাপমাত্রা প্রায় $-18°C$; ধীরে জমানো হয়, বড় বরফ কেলাস তৈরি হয় যা কোষপ্রাচীর নষ্ট করে, ফলে খাদ্যের গুণমান কিছুটা কমে।
ডিপফ্রিজিং: তাপমাত্রা প্রায় $-30°C$ থেকে $-40°C$; দ্রুত জমানো হয়, ক্ষুদ্র বরফ কেলাস তৈরি হয়, কোষের ক্ষতি কম হয় এবং স্বাদ, গন্ধ ও পুষ্টিমান বেশি বজায় থাকে।
(c) খাদ্যে লবণ ($NaCl$), চিনি বা নাইট্রাইট জাতীয় পদার্থ যোগ করে সংরক্ষণ করাকে কিউরিং বলে।
ইলিশে লবণ দিলে অভিস্রবণের মাধ্যমে মাছ ও অণুজীবের কোষ থেকে পানি বেরিয়ে আসে, a_w কমে যায় এবং অণুজীব বাঁচতে বা বাড়তে পারে না। ফলে মাছ দীর্ঘদিন সংরক্ষিত থাকে।
(d) চিনির গাঢ় সিরাপে অভিস্রবণ চাপ খুব বেশি হয়, ফলে অণুজীবের কোষ থেকে পানি বেরিয়ে যায় (প্লাজমোলাইসিস) এবং a_w কমে যায়। তাই অণুজীব জন্মাতে পারে না, জ্যাম-জেলি দীর্ঘদিন ভালো থাকে।

৪৪. **(a)** $NaOH$: তেল-চর্বি ও জৈব ময়লাকে সাবানীকরণ করে দ্রবণীয় করে পরিষ্কার করে।
সোডিয়াম লরাইল সালফেট $C_{12}H_{25}OSO_3Na$: সারফ্যাক্ট্যান্ট; পৃষ্ঠটান কমিয়ে ময়লাকে ইমালশন করে এবং ফেনা তৈরি করে ময়লা তুলে আনে।
ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট $Ca(OCl)_2$: জারক ও ব্লিচ; জীবাণু ধ্বংস করে এবং দাগ তুলে ফেলে।
(b) তেল-চর্বি (ট্রাইগ্লিসারাইড) $NaOH$ এর সাথে সাবানীকরণ বিক্রিয়ায় পানিতে দ্রবণীয় সাবান ও গ্লিসারিন তৈরি করে:
$(C_{17}H_{35}COO)_3C_3H_5 + 3NaOH \rightarrow 3C_{17}H_{35}COONa + C_3H_5(OH)_3$
উৎপন্ন সাবান ও গ্লিসারিন পানিতে সহজে ধুয়ে যায়।
(c) অ্যামোনিয়া দ্রবণ ($NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$) ক্ষারীয় হওয়ায় কাচের তৈলাক্ত ময়লা ও দাগ দ্রবীভূত করে এবং উদ্বায়ী হওয়ায় দ্রুত উবে যায়, কোনো দাগ রাখে না।
আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল তেল ও চর্বির দ্রাবক হিসেবে কাজ করে, পৃষ্ঠটান কমায় এবং দ্রুত শুকিয়ে কাচকে চকচকে ও দাগমুক্ত রাখে।

৪৫. **(১)** সোডিয়াম বেনজয়েট, C_6H_5COONa — কোমল পানীয়, জুস ও আচারে
(২) পটাশিয়াম সরবেট, $CH_3CH=CH-CH=CH-COOK$ — পনির, বেকারি দ্রব্য ও ওয়াইনে
(৩) সোডিয়াম নাইট্রাইট, $NaNO_2$ — মাংস ও সসেজে
(৪) ক্যালসিয়াম প্রোপানয়েট, $Ca(CH_3CH_2COO)_2$ — পাউরুটি ও বেকারি দ্রব্যে
(৫) মিথাইল প্যারাবেন, $HO-C_6H_4-COOCH_3$ — প্রসাধনী, সস ও জ্যামে
পার্শ্ব প্রতিক্রিয়া:
বেনজয়েট লবণ: অ্যালার্জি, হাঁপানি এবং শিশুদের অতিচঞ্চলতা; ভিটামিন C এর সাথে মিলে ক্যান্সারসৃষ্টিকারী বেনজিন তৈরি করতে পারে।
নাইট্রাইট লবণ: নাইট্রোসোঅ্যামিন তৈরি করে ক্যান্সারের ঝুঁকি বাড়ায় এবং মেথেমোগ্লোবিনেমিয়া ঘটায়।
প্যারাবেন: ত্বকে অ্যালার্জি এবং ইস্ট্রোজেনের মতো আচরণ করে হরমোনের ভারসাম্য নষ্ট করে।

৪৬. **(a)** সালফাইট লবণ রূপে ব্যবহার করা হয়:
সোডিয়াম সালফাইট Na_2SO_3, সোডিয়াম বাইসালফাইট $NaHSO_3$, সোডিয়াম মেটাবাইসালফাইট $Na_2S_2O_5$, পটাশিয়াম মেটাবাইসালফাইট $K_2S_2O_5$।
(b) সালফাইট জাতীয় প্রিজারভেটিভ (সালফার ডাই-অক্সাইড মুক্তকারী লবণ)।
(c) অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল: অম্লীয় মাধ্যমে সালফাইট থেকে SO_2 ও HSO_3^- উৎপন্ন হয়, যা অণুজীবের এনজাইম নিষ্ক্রিয় করে এবং বৃদ্ধি রোধ করে: $S_2O_5^{2-} + H_2O \rightarrow 2HSO_3^-$
অক্সিজেন শোষণকারী অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট: সালফাইট বিজারক হওয়ায় খাদ্যের অক্সিজেন নিজে শোষণ করে জারিত হয়, ফলে খাদ্যের জারণ ও বাদামি হওয়া রোধ হয়:
$2Na_2SO_3 + O_2 \rightarrow 2Na_2SO_4$
অতএব, সালফাইট লবণ একই সাথে অণুজীব ধ্বংস এবং অক্সিজেন শোষণ করে খাদ্যকে সংরক্ষণ করে।

৪৭. **(a) IUPAC নাম:** হেক্সা-২,৪-ডাইইনোয়িক এসিড (সরবিক এসিড)
গাঠনিক সংকেত: $CH_3 - CH = CH - CH = CH - COOH$
সরবেট লবণ (যেমন পটাশিয়াম সরবেট) পনির, দই, মার্জারিন, বেকারি দ্রব্য, জুস, জ্যাম ও ওয়াইনে ব্যবহৃত হয়।
(b) সরবেট লবণ প্রায় pH 6.5 পর্যন্ত এবং বেনজয়েট লবণ প্রায় pH 4.5 পর্যন্ত কার্যকর।
কম অম্লীয় (pH বেশি) দুগ্ধজাত খাদ্যে সরবেট বেশি উপযোগী, কারণ এটি উচ্চ pH এও কার্যকর থাকে; বেনজয়েট শুধু বেশি অম্লীয় মাধ্যমে কার্যকর।
(c) ক্যালসিয়াম প্রোপানয়েট: $Ca(CH_3CH_2COO)_2$। এটি পাউরুটি, কেক ও অন্যান্য বেকারি দ্রব্যে ছত্রাক ও ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি রোধে ব্যবহৃত হয়।

৪৮. অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট: যে পদার্থ মুক্তমূলকের শৃঙ্খল বিক্রিয়া বন্ধ করে বা অক্সিজেন শোষণ করে খাদ্যের জারণ ও পচন রোধ করে।
মুক্তমূলক শোষণকারী: **BHA, BHT** (এছাড়া **TBHQ**, প্রোপাইল গ্যালেট)।
অক্সিজেন শোষণকারী: অ্যাসকরবিক এসিড (ভিটামিন **C**), সোডিয়াম সালফাইট Na_2SO_3।
BHT: বিউটাইলেটেড হাইড্রক্সি টলুইন (২,৬-ডাই-টারশিয়ারি-বিউটাইল-৪-মিথাইলফেনল), $C_{15}H_{24}O$
গাঠনিক সংকেত: $HO - C_6H_2[C(CH_3)_3]_2 - CH_3$ (বেনজিন রিংয়ে $-OH$ এর দুই পাশে দুটি $-C(CH_3)_3$ এবং বিপরীত অবস্থানে $-CH_3$)
প্রোপাইল গ্যালেট: প্রোপাইল ৩,৪,৫-ট্রাইহাইড্রক্সিবেনজোয়েট, $C_{10}H_{12}O_5$
গাঠনিক সংকেত: $(HO)_3C_6H_2 - COO - CH_2CH_2CH_3$

৪৯. কিলেটিং এজেন্ট: যে জৈব লিগ্যান্ডের একাধিক দাতা পরমাণু থাকে এবং যা ধাতব আয়নের সাথে বলয়যুক্ত স্থিতিশীল কমপ্লেক্স (কিলেট) গঠন করে।
চারটি কিলেটিং এজেন্ট: **EDTA** (ও এর লবণ), সাইট্রিক এসিড, টারটারিক এসিড, ফসফরিক এসিড/পলিফসফেট।
পচন ঘটানোর পদ্ধতি: Cu^{2+} ও Fe^{3+} আয়ন চর্বির হাইড্রোপারঅক্সাইডকে ভেঙে মুক্তমূলক তৈরি করে:
$ROOH + Fe^{3+} \rightarrow ROO\cdot + Fe^{2+} + H^+$
$ROOH + Fe^{2+} \rightarrow RO\cdot + Fe^{3+} + OH^-$
এই মুক্তমূলক জারণ-শৃঙ্খল শুরু করে এবং খাদ্যে দুর্গন্ধ (রেনসিডিটি) সৃষ্টি করে।
প্রতিরোধ: কিলেটিং এজেন্ট ধাতব আয়নকে ঘিরে স্থিতিশীল কমপ্লেক্স তৈরি করে (যেমন $Fe^{3+} + EDTA^{4-} \rightarrow [Fe(EDTA)]^-$)। ফলে আয়ন আর হাইড্রোপারঅক্সাইড ভাঙতে পারে না এবং জারণ-শৃঙ্খল শুরু হয় না।

৫০. **(a)** ফল বা সবজিকে অল্প সময় (1 থেকে 5 মিনিট) প্রায় $85 - 100^\circ C$ তাপমাত্রার গরম পানি বা বাষ্পে রেখে দ্রুত ঠান্ডা করাকে ব্লাঞ্চিং বলে। এতে এনজাইম নিষ্ক্রিয় হয়, বায়ু বের হয়, রং স্থির থাকে এবং খাদ্য নরম হয়।
নরম সবজি ও বেশি পাকা ফল এমনিতেই নরম, ব্লাঞ্চিংয়ে আরও গলে গিয়ে আকার, গঠন ও স্বাদ নষ্ট হয় এবং পুষ্টি উপাদান ক্ষয় হয়; তাই ব্লাঞ্চিং করা হয় না।
(b) খাদ্য ও ক্যানিং তরলকে গরম অবস্থায় (প্রায় $85^\circ C$ বা তার বেশি) কৌটায় ভরে সাথে সাথে সিল করাকে হট প্যাকিং বলে। এতে ভেতরের বায়ু কমে, ঠান্ডা হলে ভ্যাকুয়াম তৈরি হয় এবং জীবাণুমুক্তকরণ সহজ হয়।
(c) ক্যানিং তরলের উপাদান ও ঘনমাত্রা (প্রচলিত মান):
আম: চিনির সিরাপ, চিনি প্রায় 30% **(W/V)**
পেয়ারা: চিনির সিরাপ, চিনি প্রায় 40% **(W/V)**
টমেটো: লবণ প্রায় 1% ও চিনি প্রায় 1% **(W/V)**
সবুজ মটর: লবণ প্রায় 2% ও চিনি প্রায় 1% **(W/V)**
মাছ: লবণের ব্রাইন, লবণ প্রায় 2 – 3% **(W/V)**

৫১. **(a)** অঙ্কুরিত ও শুকানো বার্লি বা গমকে মল্ট বলে, যাতে স্টার্চ ভাঙার এনজাইম (অ্যামাইলেজ বা ডায়াস্টেজ) থাকে।
ধাপ: (১) ভেজানো: শস্য $2-3$ দিন পানিতে ভেজানো। (২) অঙ্কুরোদগম: $15-20°C$ এ কয়েক দিন রেখে অঙ্কুর গজানো, এতে এনজাইম তৈরি হয়। (৩) শুকানো (কিলনিং): গরম বাতাসে শুকিয়ে অঙ্কুরোদগম বন্ধ করা। (৪) পরিষ্কার ও গুঁড়া করা।
(b) স্টার্চ $\rightarrow$ মল্টোজ: $2(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{\text{amylase}} nC_{12}H_{22}O_{11}$
মল্টোজ $\rightarrow$ গ্লুকোজ: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{maltase}} 2C_6H_{12}O_6$
গাঁজন: $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{zymase}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$
জারণ: $C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{\text{Acetobacter}} CH_3COOH + H_2O$
(c) ভিনেগারের এসিড CH_3-COOH অবিয়োজিত ও নিরপেক্ষ অণু হওয়ায় ব্যাকটেরিয়ার কোষপর্দা ভেদ করে ভেতরে ঢোকে।
কোষের ভেতরে এটি বিয়োজিত হয়: $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$
উৎপন্ন H^+ কোষের pH কমিয়ে প্রোটিন ও এনজাইম নষ্ট করে, ফলে ব্যাকটেরিয়া মারা যায়।

৫২. **(a)** 8% **(W/V)** অর্থাৎ $100\,mL$ এ $8\,g$ এসিড
$5\,L = 5000\,mL$ এ এসিড $= 5000 \times \frac{8}{100} = 400\,g$
ঘনত্ব $= \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}}$ হওয়ায় আয়তন $= \frac{400}{1.05} = 380.95\,mL$
অতএব, গ্লেসিয়াল ইথানয়িক এসিড প্রয়োজন $\approx 381\,mL$
(b) CH_3COOH এর মোলার ভর $= 60$
মোল সংখ্যা $= \frac{400}{60} = 6.667\,mol$
মোলার ঘনমাত্রা $= \frac{6.667}{5} = 1.333\,molL^{-1}$
(c) ভিনেগার হলো ইথানয়িক (অ্যাসিটিক) এসিডের লঘু জলীয় দ্রবণ, যা সাধারণত গাঁজন ও জারণের মাধ্যমে তৈরি হয় এবং এতে $4-8\%$ **(W/V)** ইথানয়িক এসিড থাকে।
প্রস্তুতকৃত দ্রবণে এসিড 8%, যা $4-8\%$ সীমার মধ্যে (উচ্চ সীমায়)। অতএব, এটি মানসম্মত ভিনেগার।

৫৩. **(a)** দুধের প্রধান উপাদান: পানি (প্রায় 87%), দুগ্ধ চর্বি (প্রায় 4%), প্রোটিন (কেসিন ও হুই প্রোটিন, প্রায় 3.3%), ল্যাকটোজ (প্রায় 4.8%), খনিজ লবণ ও ভিটামিন।
দুধে চর্বির ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র তৈলবিন্দু পানিতে ছড়িয়ে থাকে, অর্থাৎ এক তরল (চর্বি) আরেক তরলে (পানি) বিস্তৃত থাকায় দুধ ইমালশন (তেল-ইন-ওয়াটার ধরনের)।
দুধের ইমালসিফায়ার হলো কেসিন (প্রোটিন), যা চর্বিকণার গায়ে আবরণ তৈরি করে ইমালশনকে স্থিতিশীল রাখে।
(b) পূর্ণ দুধ (চর্বি $3-5\%$)
$\downarrow$ সেপারেটর (অপকেন্দ্রণ)
ক্রিম (চর্বি $35-40\%$) + স্কিম মিল্ক (চর্বি $< 0.5\%$)
$\downarrow$ ক্রিম পাস্তুরীকরণ, ঠান্ডা করে পরিপক্বকরণ, মন্থন (চার্নিং)
মাখন (চর্বি $80-82\%$) + বাটারমিল্ক
$\downarrow$ মাখন গলিয়ে $110-120°C$ এ উত্তপ্ত করে পানি দূর করা
ঘি (চর্বি প্রায় 99.5%)
(c) দুধে ল্যাকটোব্যাসিলাস ব্যাকটেরিয়া ল্যাকটোজকে ল্যাকটিক এসিডে পরিণত করে:
$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{lactic acid bacteria}} 4CH_3CH(OH)COOH$
দুধের কেসিন কণা ঋণাত্মক আধানযুক্ত কলয়েড। ল্যাকটিক এসিড থেকে উৎপন্ন H^+ আয়ন কেসিনের আধান প্রশমিত করে (pH প্রায় 4.6 এ)। ফলে কেসিন কণাগুলো জমাট বেঁধে (কোয়াগুলেশন) ঘন জেল আকারে দই তৈরি করে।

৫৪. **(a)** ওয়াটার গ্যাস: CO ও H_2 এর সমআয়তন মিশ্রণ।
প্রোডিউসার গ্যাস: প্রধানত CO (প্রায় 25%) ও N_2 (প্রায় 70%), সামান্য CO_2 ও H_2।
সংশ্লেষ গ্যাস: CO ও H_2 এর মিশ্রণ (অনুপাত পরিবর্তনশীল)।
প্রোডিউসার গ্যাস: উত্তপ্ত কোকের উপর দিয়ে সীমিত বাতাস চালনা করে:
$2C + O_2 + 4N_2 \xrightarrow{\Delta} 2CO + 4N_2$
(b) বিক্রিয়া: $C + H_2O \xrightarrow{\Delta} CO + H_2$
কোক বিশুদ্ধ কার্বন ধরলে $C = \frac{60000}{12} = 5000\,\text{mol}$
1 mol C থেকে 1 mol CO ও 1 mol H_2, অর্থাৎ মোট 2 mol গ্যাস
$\therefore$ ওয়াটার গ্যাস $= 2 \times 5000 = 10000\,\text{mol}$
STP তে আয়তন $= 10000 \times 22.4 = 224000\,\text{L} = 224\,\text{m}^3$

৫৫. বিদ্যুৎ উৎপাদন ক্ষমতা $= 1500\,\text{MW} = 1.5 \times 10^9$ J প্রতি সেকেন্ডে
তাপ শক্তির প্রয়োজন (ইনপুট) $= \frac{1.5\times10^9}{0.38} = 3.947 \times 10^9$ J প্রতি সেকেন্ডে
প্রতিদিন (86400 s) প্রয়োজনীয় তাপ $= 3.947 \times 10^9 \times 86400 = 3.4105 \times 10^{14}$ J
1 lb কয়লার তাপ $= 11500 \times 1054.37 = 1.2125 \times 10^7$ J
1 মেট্রিক টন কয়লার তাপ $= 1.2125 \times 10^7 \times 2204 = 2.6724 \times 10^{10}$ J
$\therefore$ প্রয়োজনীয় কয়লা $= \frac{3.4105\times10^{14}}{2.6724\times10^{10}} = 12762$ মেট্রিক টন
অতএব, প্রতিদিন প্রায় 1.28×10^4 মেট্রিক টন কয়লা প্রয়োজন।

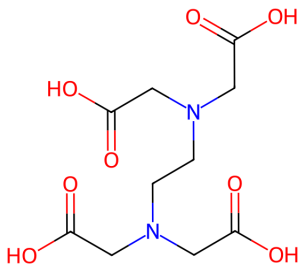
৫৬. **(a)** চায়না ক্লে (কেওলিন): $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ বা $Al_2Si_2O_5(OH)_4$
ফেল্ডস্পার (পটাশ): $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ বা $KAlSi_3O_8$
কোয়ার্টজ (সিলিকা): SiO_2
(b) প্রথমে প্রায় $500 - 600°C$ এ পানি বেরিয়ে যায়: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O \rightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2H_2O$
উচ্চ তাপমাত্রায় ($1000 - 1400°C$) মুলাইট ও ক্রিস্টোবেলাইট তৈরি হয়:
$3(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2) \rightarrow 3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 4SiO_2$
এখানে $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ হলো মুলাইট এবং SiO_2 হলো ক্রিস্টোবেলাইট।
(c) গ্লেজিং করলে সিরামিকের ছিদ্রযুক্ত পৃষ্ঠে কাচের মতো মসৃণ, পানি ও গ্যাস অভেদ্য আবরণ পড়ে। ফলে পৃষ্ঠ চকচকে, সুন্দর, সহজে পরিষ্কারযোগ্য ও স্বাস্থ্যসম্মত হয় এবং দ্রব্যের শক্তি ও স্থায়িত্ব বাড়ে।

৫৭. **(a)** $3CaO + SiO_2 \xrightarrow{1450°C} 3CaO \cdot SiO_2$
চুনাপাথর থেকে CaO আসে: $CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$
(b) 1 মেট্রিক টন ক্লিংকার $= 1000\,\text{kg}$
ট্রাইক্যালসিয়াম সিলিকেট $= 1000 \times \frac{55}{100} = 550\,\text{kg}$
$3CaO \cdot SiO_2$ এর আণবিক ভর $= 3 \times 56 + 60 = 228$
$3CaCO_3 \rightarrow 3CaO \rightarrow 3CaO \cdot SiO_2$, অর্থাৎ 228 kg ট্রাইক্যালসিয়াম সিলিকেটের জন্য $CaCO_3$ লাগে $3 \times 100 = 300\,\text{kg}$
$\therefore 550\,\text{kg}$ এর জন্য চুনাপাথর $= 550 \times \frac{300}{228} = 723.68\,\text{kg}$
(c) দূষক: ধূলিকণা (পার্টিকুলেট ম্যাটার) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2); এছাড়া NO_x ও SO_2।

৫৮. **(a) [1a]** প্রাথমিক শোধন (স্ক্রিনিং ও গ্রিট চেম্বার): বড় ভাসমান বস্তু, ময়লা ও বালি অপসারিত হয়।
[1b] প্রাথমিক শোধন (সমতাকরণ, রাসায়নিক জমাটকরণ ও থিতানো): ভাসমান ও ঝুলন্ত কঠিন কণা, তেল-চর্বি এবং ধাতব আয়ন (যেমন Cr^{3+} হাইড্রক্সাইড রূপে) অপসারিত হয়।
[2] মাধ্যমিক শোধন (জৈব শোধন, বায়ুজীবী অণুজীব): দ্রবীভূত জৈব পদার্থ অপসারিত হয়, ফলে **BOD** ও **COD** কমে।
[3] তৃতীয় শোধন (পরিস্রাবণ ও জীবাণুমুক্তকরণ, যেমন ক্লোরিনেশন): অবশিষ্ট জীবাণু, রং ও সূক্ষ্ম কণা দূর হয়।
(b) চামড়া শিল্পের বর্জ্যে থাকে: ক্রোমিয়াম লবণ (Cr^{3+}), সালফাইড (S^{2-}), চুন $Ca(OH)_2$, লবণ $NaCl$, প্রোটিন ও চর্বি জাতীয় জৈব পদার্থ, লোম, রং, ট্যানিন এবং অ্যামোনিয়া।
(c) $Cr_2O_7^{2-}$ কে বিজারিত করে Cr^{3+} এ (যা $Cr(OH)_3$ রূপে অধঃক্ষেপিত করে অপসারণযোগ্য) এবং NO_3^- কে ডিনাইট্রিফিকেশনের মাধ্যমে N_2 গ্যাসে রূপান্তর করা হয়।

৫৯. **(a)** যে কণার অন্তত এক মাত্রা 1 nm থেকে 100 nm (10^{-9} m থেকে 10^{-7} m) এর মধ্যে, তাকে ন্যানো কণা বলে।
মাত্রার ভিত্তিতে শ্রেণিবিভাগ:
শূন্য-মাত্রিক (0D): তিন মাত্রাই ন্যানো স্কেলে, যেমন কোয়ান্টাম ডট, ন্যানো কণা।
এক-মাত্রিক (1D): দুই মাত্রা ন্যানো স্কেলে, যেমন ন্যানো তার, ন্যানো টিউব, ন্যানো রড।
দ্বি-মাত্রিক (2D): এক মাত্রা ন্যানো স্কেলে, যেমন ন্যানো শিট, পাতলা ফিল্ম, গ্রাফিন।
ত্রি-মাত্রিক (3D): ন্যানো কণার সমষ্টিতে গঠিত বাল্ক পদার্থ।
(b) ন্যানো কণার সীমা: 1 nm থেকে 100 nm
2×10^{-8} m = 20 nm, সীমার মধ্যে, তাই ন্যানো কণা।
150 nm > 100 nm, তাই ন্যানো কণা নয়।
0.5 nm < 1 nm, তাই ন্যানো কণা নয়।
5×10^{-7} m = 500 nm > 100 nm, তাই ন্যানো কণা নয়।
অতএব, শুধু 2×10^{-8} m ন্যানো কণা।
(c) টাইটানিয়াম ডাই-অক্সাইড (TiO_2) ও জিংক অক্সাইড (ZnO) ন্যানো কণা।

৬০. EDTA এর পূর্ণ নাম ইথিলিন ডাইঅ্যামিন টেট্রাঅ্যাসিটিক অ্যাসিড
আণবিক সংকেত: $C_{10}H_{16}N_2O_8$
গাঠনিক সংকেত: $(HOOC-CH_2)_2N-CH_2-CH_2-N(CH_2-COOH)_2$



EDTA (C10H16N2O8)

IUPAC নাম: ২,২′,২″,২‴-(ইথেন-১,২-ডাইল ডাইনাইট্রিলো) টেট্রাঅ্যাসিটিক অ্যাসিড
কিলেটিং এজেন্ট বলার কারণ:
EDTA অণুতে দুটি নাইট্রোজেন পরমাণু ও চারটি কার্বক্সিল ($-COOH$) গ্রুপ আছে
নাইট্রোজেনের দুটি এবং কার্বক্সিল গ্রুপের চারটি অক্সিজেনের মোট ছয়টি পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় থাকে
তাই এটি ছয়টি দাতা পরমাণুর মাধ্যমে একটি ধাতব আয়নের সাথে একসাথে ছয়টি সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করতে পারে, অর্থাৎ এটি ষষ্ঠদন্তী লিগ্যান্ড
এর ফলে ধাতব আয়নকে ঘিরে কয়েকটি পাঁচ-সদস্যবিশিষ্ট বলয় (কিলেট বলয়) গঠিত হয়, যা জটিল যৌগটিকে অত্যন্ত সুস্থিত করে
যেমন, $Ca^{2+} + EDTA^{4-} \longrightarrow [Ca(EDTA)]^{2-}$
একাধিক দাতা পরমাণুর মাধ্যমে ধাতব আয়নকে নখরের মতো আঁকড়ে ধরে স্থিতিশীল জটিল তৈরি করে বলে EDTA কে কিলেটিং এজেন্ট বলা হয়