Mathematics

২০০ নম্বর

১. ধরি, প্রতিটি বলের মান P ; মধ্যবর্তী কোণ θ

$R^2 = P^2 + P^2 + 2P^2\cos\theta = 4P^2\cos^2\frac{\theta}{2}$

$\therefore R = 2P\cos\frac{\theta}{2}$

2α কোণের জন্য লব্ধি $R_\alpha = 2P\cos\alpha$ এবং 2β কোণের জন্য লব্ধি $R_\beta = 2P\cos\beta$

শর্তমতে, $R_\alpha = 2R_\beta \Rightarrow 2P\cos\alpha = 4P\cos\beta$

$\therefore \cos\alpha = 2\cos\beta$ (প্রমাণিত)

আবার, $\cos\alpha \le 1 \Rightarrow 2\cos\beta \le 1 \Rightarrow \cos\beta \le \frac{1}{2}$

$\therefore \beta \ge 60^\circ$ [$0^\circ \le \beta \le 90^\circ$] (প্রমাণিত)

২. $AC = 7\,\text{cm}, BC = 31 - 7 = 24\,\text{cm}, AB = 25\,\text{cm}$

$7^2 + 24^2 = 25^2 \Rightarrow \angle ACB = 90^\circ$

ধরি, $\angle CAB = \alpha, \angle CBA = \beta$; $\cos\alpha = \frac{7}{25}, \sin\alpha = \frac{24}{25}$; $\cos\beta = \frac{24}{25}, \sin\beta = \frac{7}{25}$

AC এর টান = 48 kg-wt, BC এর টান = T ধরি

অনুভূমিক সাম্যে, $48\cos\alpha = T\cos\beta$

$\Rightarrow 48 \times \frac{7}{25} = T \times \frac{24}{25}$

$\Rightarrow T = 14\,\text{kg-wt}$

উল্লম্ব সাম্যে, $W = 48\sin\alpha + T\sin\beta = 48 \times \frac{24}{25} + 14 \times \frac{7}{25} = 50\,\text{kg-wt}$

অতএব, $W = 50\,\text{kg-wt}$ এবং BC অংশের টান 14 kg-wt

৩. ধরি, বস্তুর সংখ্যা n; মোট ওজন $W = (10 + 2.5n)g\,N$

$60^\circ, 30^\circ$ রশির টান যথাক্রমে T_1, T_2; রশিদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ $= 180^\circ - 60^\circ - 30^\circ = 90^\circ$

ল্যামির সূত্রানুসারে, $\frac{T_1}{\sin 120^\circ} = \frac{T_2}{\sin 150^\circ} = \frac{W}{\sin 90^\circ}$

$\Rightarrow T_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}W, T_2 = \frac{1}{2}W$

$T_1 > T_2$; তাই নিরাপদ থাকতে $T_1 \le 300$ হতে হবে

$\frac{\sqrt{3}}{2}(10 + 2.5n) \times 9.8 \le 300$

$\Rightarrow n \le \frac{1}{2.5}\left(\frac{600}{9.8\sqrt{3}} - 10\right) \approx 10.139$

n পূর্ণসংখ্যা, $\therefore n_{max} = 10$টি বস্তু

৪. ধরি, আংটা C বিন্দুতে; $AC = x, BC = y, \angle BCA = \theta$

$x + y = l$ এবং $x^2 - y^2 = a^2$ [$\triangle ABC$ এ $\angle B = 90^\circ$]

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

$\therefore x = \frac{l^2+a^2}{2l}, y = \frac{l^2-a^2}{2l}$

আংটা মসৃণ, তাই রশির উভয় অংশে টান T সমান; $\sin\theta = \frac{a}{x}, \cos\theta = \frac{y}{x}$

উল্লম্ব সাম্যে, $T + T\cos\theta = W \Rightarrow T \cdot \frac{x+y}{x} = W \Rightarrow T = \frac{Wx}{l}$

$\therefore T = \frac{W(l^2+a^2)}{2l^2}$

অনুভূমিক সাম্যে, $P = T\sin\theta = \frac{Wx}{l} \cdot \frac{a}{x} = \frac{aW}{l}$

অতএব, $P = \frac{aW}{l}$ এবং $T = \frac{W(l^2+a^2)}{2l^2}$

৫. ধরি, লাঠি $AB = 4\,m$; হাত A তে, কাঁধ C তে এবং বস্তু B তে; $AC = x$, $CB = 4 - x$
হাত লাঠির উপর নিচের দিকে P বল প্রয়োগ করে এবং কাঁধের প্রতিক্রিয়া R
C এর সাপেক্ষে ভ্রামক নিয়ে, $P\,x = W(4 - x) \Rightarrow P = \frac{W(4-x)}{x}$
উল্লম্ব সাম্যে, $R = P + W = \frac{W(4-x)}{x} + W = \frac{4W}{x}$
অতএব, কাঁধের উপর চাপ $\frac{4W}{x}$
$0 < x \leq 4$ এ $R \propto \frac{1}{x}$; তাই x বাড়লে কাঁধের চাপ কমে **(প্রমাণিত)**
$x = 3\,m$ হলে, $R = \frac{4W}{3}$

৬. দণ্ডের মধ্যবিন্দু G তে ওজন W ক্রিয়া করে; $AG = BG = a$
A তে সর্বাধিক P ঝুলালে D এর প্রতিক্রিয়া শূন্য হয়; C এর সাপেক্ষে ভ্রামক নিয়ে, $P\,c = W(a - c)$
$\Rightarrow P = \frac{W(a-c)}{c} \cdots (i)$
B তে সর্বাধিক Q ঝুলালে C এর প্রতিক্রিয়া শূন্য হয়; D এর সাপেক্ষে ভ্রামক নিয়ে, $Qd = W(a - d)$
$\Rightarrow Q = \frac{W(a-d)}{d} \cdots (ii)$
(i) কে **(ii)** দ্বারা ভাগ করে, $\frac{P}{Q} = \frac{W(a-c)}{c} \cdot \frac{d}{W(a-d)} = \frac{d(a-c)}{c(a-d)}$ **(প্রমাণিত)**

৭. P ও Q সদৃশ সমান্তরাল বলদ্বয়ের লব্ধি $R = P + Q$, যা কোনো বিন্দু C দিয়ে ক্রিয়া করে
S, S বলদ্বয় বিসদৃশ, সমান্তরাল ও সমান; এরা একটি যুগল গঠন করে, যার ভ্রামক $= S \cdot b = Sb$
লব্ধি R ও যুগলের সমন্বয়ে একটি মাত্র বল পাওয়া যায়, যার মান $R = P + Q$ এবং যা R এর সমান্তরালে C হতে d দূরত্বে ক্রিয়া করে, যেখানে এর ভ্রামক যুগলের ভ্রামকের সমান
$R \cdot d = Sb$
$\Rightarrow d = \frac{Sb}{R} = \frac{bS}{P+Q}$
অতএব, লব্ধি $\frac{bS}{P+Q}$ দূরত্বে সরে যাবে **(প্রমাণিত)**

৮. ধরি, প্রথম ও দ্বিতীয় অবস্থায় লব্ধি যথাক্রমে D, E বিন্দুগামী; উভয় ক্ষেত্রেই লব্ধি $= P + Q$
প্রথম ক্ষেত্রে A এর সাপেক্ষে ভ্রামক নিয়ে, $(P + Q) \cdot AD = Q \cdot AB$
$\Rightarrow AD = \frac{Q}{P+Q} AB$
স্থান বিনিময়ের পর, $(P + Q) \cdot AE = P \cdot AB$
$\Rightarrow AE = \frac{P}{P+Q} AB$
$P > Q$ হওয়ায় $AE > AD$; তাই সরণ $d = AE - AD = \frac{P-Q}{P+Q} \cdot AB$ **(প্রমাণিত)**
$d = \frac{12-8}{12+8} \times 2 = 0.4\,m = 40\,cm$

৯. ধরি, দণ্ড উলম্বের সাথে θ কোণ করে; মেঝে ও দেয়ালের প্রতিক্রিয়া যথাক্রমে R_f, R_w
অনুভূমিক সাম্যে, $R_w = \frac{Mg}{2}$
উল্লম্ব সাম্যে, $R_f = Mg$
G মধ্যবিন্দু, বল প্রয়োগের বিন্দু D; $AG = L$, $AD = \frac{2L}{3}$
নিচের প্রান্ত A এর সাপেক্ষে ভ্রামক নিয়ে, $MgL\sin\theta + \frac{Mg}{2} \cdot \frac{2L}{3}\cos\theta = R_w \cdot 2L\cos\theta$
$\Rightarrow \sin\theta + \frac{1}{3}\cos\theta = \cos\theta$
$\Rightarrow \tan\theta = \frac{2}{3}$
$\therefore \theta = \tan^{-1}\frac{2}{3} \approx 33.69°$

১০. $AB = 4\,m,\ AC = 3\,m \Rightarrow BC = 5\,m$

$\phi = \angle ABC$ হলে $\sin\phi = \frac{3}{5},\ \cos\phi = \frac{4}{5}$

A এর সাপেক্ষে ভ্রামক নিয়ে, $T\sin\phi \cdot 4 = 20 \times 2 + 10 \times 4$

$\Rightarrow \frac{12T}{5} = 80$

$\therefore T = \frac{100}{3} \approx 33.33\,\text{kg-wt}$

কবজার প্রতিক্রিয়া S এর উপাংশ: $S_x = T\cos\phi = \frac{80}{3}$ (দেয়াল হতে বাইরের দিকে), $S_y = 20 + 10 - T\sin\phi = 10\,\text{kg-wt}$ (উপরের দিকে)

$\therefore S = \sqrt{\left(\frac{80}{3}\right)^2 + 10^2} = \frac{10\sqrt{73}}{3} \approx 28.48\,\text{kg-wt}$

$\tan\psi = \frac{S_y}{S_x} = \frac{3}{8} \Rightarrow \psi \approx 20.56°$

অতএব, রশির টান $\frac{100}{3}$ kg-wt এবং কবজার প্রতিক্রিয়া $\frac{10\sqrt{73}}{3}$ kg-wt, যা অনুভূমিকের সাথে 20.56° কোণে উপরের দিকে ও দেয়াল হতে বাইরের দিকে ক্রিয়া করে

১১. ধরি, সর্বোচ্চ বেগ V ; ত্বরণকাল ও মন্দনকাল যথাক্রমে t_1, t_2

$V = 2t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{V}{2}$

$V = 4t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{V}{4}$

v–t লেখচিত্রের ক্ষেত্রফল = দূরত্ব: $750 = \frac{1}{2}V(t_1 + t_2) = \frac{1}{2}V\left(\frac{V}{2} + \frac{V}{4}\right) = \frac{3V^2}{8}$

$\Rightarrow V^2 = 2000$

$\Rightarrow V = 20\sqrt{5} \approx 44.72\,\text{ms}^{-1}$

মোট সময় $T = t_1 + t_2 = \frac{3V}{4} = 15\sqrt{5} \approx 33.54\,\text{s}$

১২. n তম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব $s_n = u + \frac{f}{2}(2n - 1)$

$720 = u + \frac{21f}{2} \cdots (i)$

$960 = u + \frac{29f}{2} \cdots (ii)$

(ii) থেকে **(i)** বিয়োগ করে, $240 = 4f \Rightarrow f = 60\,\text{ms}^{-2}$

(i) হতে, $u = 720 - 630 = 90\,\text{ms}^{-1}$

প্রথম 20 s এ দূরত্ব $s = ut + \frac{1}{2}ft^2 = 90 \times 20 + \frac{1}{2} \times 60 \times 20^2 = 13800\,\text{m}$

১৩. ধরি, গভীরতা h, পতনকাল t ও শব্দের সময় t'

$h = 4.9t^2,\ t' = \frac{h}{320} = \frac{4.9t^2}{320}$

$t + t' = 4.245 \Rightarrow t + \frac{4.9t^2}{320} = 4.245$

$\Rightarrow 4.9t^2 + 320t - 1358.4 = 0$

$\Rightarrow t = \frac{-320 + \sqrt{320^2 + 4 \times 4.9 \times 1358.4}}{2 \times 4.9} = \frac{-320 + \sqrt{129024.64}}{9.8} = \frac{-320 + 359.2}{9.8} = 4\,\text{s}\ (t > 0)$

$\therefore h = 4.9 \times 4^2 = 78.4\,\text{m}$ (এক্ষেত্রে $t' = 0.245\,\text{s}$)

১৪. ছাদ হতে সরণ মাপি; উপরের দিক ধনাত্মক

(i) ভূমিতে সরণ $-h$ হলে, $-h = 19.5 \times 5 - 4.9 \times 5^2 = 97.5 - 122.5 = -25$

$\therefore h = 25\,\text{m}$

(ii) সর্বোচ্চ উচ্চতায় $v = 0$; ছাদ হতে অতিরিক্ত উচ্চতা $= \frac{u^2}{2g} = \frac{19.5^2}{2 \times 9.8}$

$\therefore H = 25 + \frac{19.5^2}{19.6} \approx 44.40\,\text{m}$

(iii) $v = u - gt = 19.5 - 9.8 \times 5 = -29.5\,\text{ms}^{-1}$

অতএব, আঘাতের বেগ $29.5\,\text{ms}^{-1}$, খাড়া নিচের দিকে

১৫. গতিপথের সমীকরণ $y = x\tan\alpha - Kx^2$, যেখানে $K = \frac{g}{2u^2\cos^2\alpha} > 0$

$y = h$ বসালে, $Kx^2 - x\tan\alpha + h = 0$

এই সমীকরণের মূল a, b; তাই $a + b = \frac{\tan\alpha}{K}$ এবং $ab = \frac{h}{K}$

ভূমিতে $y = 0 \Rightarrow x(\tan\alpha - Kx) = 0$

$\therefore R = \frac{\tan\alpha}{K} = a + b$ **(প্রমাণিত)**

আবার, $\frac{a+b}{ab} = \frac{\tan\alpha}{h}$

$\Rightarrow \alpha = \tan^{-1}\frac{h(a+b)}{ab}$ **(প্রমাণিত)**

১৬. নিক্ষেপবিন্দু O; অনুভূমিকে ডানে x ও উল্লম্বে নিচে y ধরি; $l = 0.25$ m; k তম ধাপের বহির্কিনারা (kl, kl)

$x = vt$ ও $y = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow y = \frac{gx^2}{2v^2}$

k তম ধাপ এড়াতে $x = kl$ এ $y < kl$ হতে হবে: $\frac{gk^2l^2}{2v^2} < kl \Rightarrow v^2 > \frac{gkl}{2}$

প্রথম তিন ধাপ এড়াতে $k = 3$ এর জন্য, $v^2 > \frac{3gl}{2}$

চতুর্থ ধাপের বহির্কিনারা $x = 4l$ এ বলটি অন্তত $y = 4l$ গভীরতায় পৌঁছাতে হবে: $v^2 \le \frac{4gl}{2}$

$\therefore \frac{3gl}{2} < v^2 \le \frac{4gl}{2}$

$\Rightarrow \frac{15}{4} < v^2 \le 5$

$\therefore \frac{\sqrt{15}}{2} < v \le \sqrt{5}\ \text{ms}^{-1}$, অর্থাৎ প্রায় $1.936 < v \le 2.236\ \text{ms}^{-1}$

১৭. বিমানের বেগ $v = 200\ \text{kmh}^{-1} = 200 \times \frac{5}{18} = \frac{500}{9}\ \text{ms}^{-1}$

গোলা বিমানকে আঘাত করলে তাদের অনুভূমিক অবস্থান সমান হতে হবে: $300\cos\alpha \cdot t = \frac{500}{9}t$

$\Rightarrow \cos\alpha = \frac{500}{2700} = \frac{5}{27}$

$\therefore \alpha \approx 79.33°$

উল্লম্ব আদিবেগ $u_y = 300\sin\alpha = \sqrt{300^2 - \left(\frac{500}{9}\right)^2} \approx 294.811\ \text{ms}^{-1}$

$1000 = u_y t - 4.9t^2$

$\Rightarrow 4.9t^2 - u_y t + 1000 = 0$

$\Rightarrow t = \frac{u_y - \sqrt{u_y^2 - 19600}}{9.8} \approx 3.61$ s **(প্রথম সাক্ষাৎ)**

অতএব, কামানটিকে অনুভূমিকের সাথে প্রায় 79.33° কোণে তাক করতে হবে এবং প্রায় 3.61 s পর আঘাত হবে

১৮. A এর গতির দিক ধনাত্মক ধরি

আপেক্ষিক আদিবেগ $u = 8.5 - (-6.5) = 15\ \text{ms}^{-1}$

আপেক্ষিক ত্বরণ $f = 0.1 - 0 = 0.1\ \text{ms}^{-2}$

সম্পূর্ণ অতিক্রমের জন্য আপেক্ষিক সরণ $s = 100 + 75 = 175$ m

$175 = 15t + \frac{1}{2}(0.1)t^2$

$\Rightarrow t^2 + 300t - 3500 = 0$

$\therefore t = \frac{-300 + \sqrt{104000}}{2} = 20\sqrt{65} - 150 \approx 11.25$ s $(t > 0)$

১৯. ধরি, ঢালের কোণ θ; $\sin\theta = \frac{50}{800} = \frac{1}{16}$; গাড়ির ভর $m = \frac{9000}{9.8}$ kg

ঢাল বরাবর নিচের দিকে ওজনের উপাংশ $W\sin\theta = \frac{9000}{16} = 562.5$ N

$ma = 700 - 562.5 = 137.5$

$\therefore a = \frac{137.5\times9.8}{9000} \approx 0.14972\ \text{ms}^{-2}$

$u = 0$, $s = 800$ m; $s = \frac{1}{2}at^2$

$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{1600\times9000}{137.5\times9.8}} \approx 103.38$ s

$v = \sqrt{2as} = \sqrt{\frac{2\times137.5\times9.8\times800}{9000}} \approx 15.48\ \text{ms}^{-1}$

২০. বালিতে পৌঁছানোর বেগ u হলে, $u^2 = 2gh = 2 \times 9.8 \times 6 = 117.6$

$\Rightarrow u = \sqrt{117.6} \approx 10.844\,ms^{-1}$

বালিতে মন্দন f এবং $s = 0.05\,m$ হলে, $0 = u^2 - 2fs$

$\Rightarrow f = \frac{117.6}{0.1} = 1176\,ms^{-2}$

প্রতিরোধ বল F উপরের দিকে ও ওজন mg নিচের দিকে ক্রিয়া করে, তাই $F - mg = mf$

$\Rightarrow F = m(g + f)$

$\therefore F = 4(9.8 + 1176) = 4743.2\,N$

$0 = u - ft \Rightarrow t = \frac{\sqrt{117.6}}{1176} \approx 0.00922\,s$

Physics ২০০ নম্বর

২১. (ক)

$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = \frac{1}{\sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}} = 2.998 \times 10^8\,ms^{-1}$

$\mu = \sqrt{\mu_r \varepsilon_r} = \sqrt{1 \times 2.25} = 1.5$

$v = \frac{c}{\mu} = \frac{3 \times 10^8}{1.5} = 2 \times 10^8\,ms^{-1}$

(খ)

$\omega = 4\pi \times 10^{14}\,rads^{-1}$

$f = \frac{\omega}{2\pi} = 2 \times 10^{14}\,Hz$

মাধ্যমে $\lambda' = \frac{v}{f} = \frac{2 \times 10^8}{2 \times 10^{14}} = 1\,\mu m$

$k = \frac{2\pi}{\lambda'} = \frac{2\pi}{1 \times 10^{-6}} = 6.28 \times 10^6\,radm^{-1}$

শূন্যস্থানে $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^{14}} = 1.5\,\mu m$

(গ)

$B_0 = \frac{E_0}{v} = \frac{30}{2 \times 10^8} = 1.5 \times 10^{-7}\,T$

শূন্যস্থানে প্রবেশ করলে বেগ ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য 1.5 গুণ বৃদ্ধি পাবে এবং তরঙ্গ সংখ্যা k কমবে

কম্পাঙ্ক ($2 \times 10^{14}\,Hz$) অপরিবর্তিত থাকবে, কারণ কম্পাঙ্ক উৎস দ্বারা নির্ধারিত হয়

২২. (ক)

$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.4 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 517.66\,nm$

$\beta = \frac{\lambda D}{a} = \frac{517.66 \times 10^{-9} \times 2}{0.6 \times 10^{-3}} = 1.726\,mm$

(খ)

তৃতীয় উজ্জ্বল ডোরার অবস্থান $= 3\beta$ এবং অপর পাশের চতুর্থ অন্ধকার ডোরার অবস্থান $= \left(3 + \frac{1}{2}\right)\beta = 3.5\beta$

দূরত্ব $= 3\beta + 3.5\beta = 6.5\beta = 6.5 \times 1.726 = 11.22\,mm$

$\sin\theta_5 = \frac{5\lambda}{a} = \frac{5 \times 517.66 \times 10^{-9}}{0.6 \times 10^{-3}} = 4.314 \times 10^{-3}$

$\theta_5 = 0.247°$

(গ)

শর্ত: $a \sin\theta = n\lambda$ এবং $\sin\theta < 1$

$n < \frac{a}{\lambda} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{517.66 \times 10^{-9}} = 1159.07$

অতএব, $n_{max} = 1159$

মোট উজ্জ্বল ডোরা $= 2 \times 1159 + 1 = 2319$টি

3.0 eV হলে $\lambda = \frac{hc}{E} = 414.1\,nm$

$\frac{a}{\lambda} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{414.1 \times 10^{-9}} = 1448.8$

$n_{max} = 1448$, মোট উজ্জ্বল ডোরা $= 2 \times 1448 + 1 = 2897$টি

২৩. (ক)

$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8}{6\times10^{14}} = 500\,\text{nm}$

$a = \frac{\lambda D}{\beta} = \frac{500\times10^{-9}\times1.2}{0.8\times10^{-3}} = 0.75\,\text{mm}$

(খ)

$\beta = \frac{\lambda D}{a}$ অপরিবর্তিত রাখতে হলে λD ধ্রুবক

এখানে $D' = 1.2 + 0.3 = 1.5\,\text{m}$

$\lambda' = \lambda \times \frac{D}{D'} = 500 \times \frac{1.2}{1.5} = 400\,\text{nm}$

(গ)

নতুন কম্পাঙ্কে $\lambda'' = \frac{c}{f''} = \frac{3\times10^8}{7.5\times10^{14}} = 400\,\text{nm}$

$\beta' = \beta \times \frac{\lambda''}{\lambda} = 0.8 \times \frac{400}{500} = 0.64\,\text{mm}$

ডোরার সংখ্যা $\propto \frac{1}{\beta}$

$n' = 30 \times \frac{0.8}{0.64} = 37.5$

অতএব, পূর্ণ ডোরার সংখ্যা 37টি

২৪. (ক)

প্রথম উজ্জ্বল ডোরার জন্য $x = \beta = \frac{\lambda D}{a}$, অর্থাৎ $\lambda = \frac{xa}{D}$

$\lambda_v = \frac{2\times10^{-3}\times0.4\times10^{-3}}{2} = 400\,\text{nm}$

$\lambda_r = \frac{3.5\times10^{-3}\times0.4\times10^{-3}}{2} = 700\,\text{nm}$

(খ)

সমাপতনের শর্ত: $n_1\lambda_v = n_2\lambda_r$

$400n_1 = 700n_2 \Rightarrow 4n_1 = 7n_2$

ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যা: $n_1 = 7$ এবং $n_2 = 4$

$x = n_1\beta_v = 7 \times 2 = 14\,\text{mm}$ (যাচাই: $4 \times 3.5 = 14\,\text{mm}$)

(গ)

কৌণিক ব্যবধান $\theta = \frac{\lambda_r}{a} = \frac{700\times10^{-9}}{0.4\times10^{-3}} = 1.75\times10^{-3}\,\text{rad} = 0.1°$

$\theta \propto \lambda$ হওয়ায় 20% কম কৌণিক ব্যবধানের জন্য $\lambda' = 0.8 \times 700 = 560\,\text{nm}$

560 nm দৃশ্যমান পরিসরের (400 nm থেকে 700 nm) মধ্যে পড়ে (সবুজ-হলুদ)

২৫. (ক)

$I_{max} = \left(\sqrt{4I} + \sqrt{I}\right)^2 = (2+1)^2I = 9I$

$I_{min} = \left(\sqrt{4I} - \sqrt{I}\right)^2 = (2-1)^2I = I$

অনুপাত $I_{max} : I_{min} = 9 : 1$

(খ)

$I' = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2}\cos\phi$

$I' = 4I + I + 2 \times 2I \times \cos 120° = 5I + 4I \times \left(-\frac{1}{2}\right)$

$I' = 5I - 2I = 3I$

(গ)

গড় তীব্রতা $= I_1 + I_2 = 5I$

$5I = 5I + 4I\cos\phi$

$\cos\phi = 0 \Rightarrow \phi = \frac{\pi}{2}$

পথ পার্থক্য $\Delta = \frac{\lambda}{2\pi} \times \phi = \frac{\lambda}{4}$

২৬. (ক)

বায়ু থেকে তেল $(1 \to 1.5)$ প্রতিফলনে π দশা পরিবর্তন হয়

তেল থেকে পানি $(1.5 \to 1.33)$ প্রতিফলনে কোনো দশা পরিবর্তন হয় না

অতএব, নিট একটি π দশা পরিবর্তন; চরম তীব্রতার শর্ত: $2\mu t = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$, যেখানে $m = 1, 2, 3, \ldots$

(খ)

$2\mu t = 2 \times 1.5 \times 300 = 900\,\text{nm}$

$\lambda = \frac{2\mu t}{m-\frac{1}{2}} = \frac{1800}{2m-1}\,\text{nm}$

$m = 1, 2, 3$ এর জন্য $\lambda = 1800,\ 600,\ 360\,\text{nm}$

দৃশ্যমান পরিসরে তীব্রতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য $600\,\text{nm}$ (কমলা)

(গ)

অন্ধকারের শর্ত: $2\mu t = m\lambda$, অর্থাৎ $\lambda = \frac{900}{m}\,\text{nm}$

$m = 1, 2, 3$ এর জন্য $\lambda = 900,\ 450,\ 300\,\text{nm}$

অতএব, দৃশ্যমান পরিসরে $450\,\text{nm}$ অনুপস্থিত থাকবে

$600\,\text{nm}$ আলোর জন্য ন্যূনতম পুরুত্ব $(m = 1)$: $2\mu t = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow t = \frac{\lambda}{4\mu} = \frac{600}{4\times1.5} = 100\,\text{nm}$

২৭. (ক)

$x_1 = \frac{\lambda f}{a} = \frac{600\times10^{-9}\times0.5}{0.15\times10^{-3}} = 2\,\text{mm}$

রৈখিক প্রস্থ $= 2x_1 = 4\,\text{mm}$

কৌণিক বিস্তার $= \frac{2\lambda}{a} = \frac{2\times600\times10^{-9}}{0.15\times10^{-3}} = 8 \times 10^{-3}\,\text{rad}$

(খ)

দ্বিতীয় অবম: $x = \frac{2\lambda f}{a} = 2 \times 2 = 4\,\text{mm}$

দ্বিতীয় গৌণ চরম: $x = \frac{5\lambda f}{2a} = 2.5 \times 2 = 5\,\text{mm}$

(গ)

প্রথম গৌণ চরমের অবস্থান $x = \frac{3\lambda f}{2a}$

$\Delta x = \frac{3f\Delta\lambda}{2a} = \frac{3\times0.5\times0.6\times10^{-9}}{2\times0.15\times10^{-3}} = 3 \times 10^{-6}\,\text{m} = 3\,\mu\text{m}$

প্রস্থ অর্ধেক করলে কেন্দ্রীয় চরমের প্রস্থ $\propto \frac{1}{a}$, তাই প্রস্থ দ্বিগুণ $(8\,\text{mm})$ হবে

কেন্দ্রীয় তীব্রতা $\propto a^2$, তাই তীব্রতা এক-চতুর্থাংশ হবে

২৮. (ক)

$N = 4000\,\text{cm}^{-1} = 4 \times 10^5\,\text{m}^{-1}$

$d = \frac{1}{N} = 2.5\,\mu\text{m}$

$\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{d} = \frac{550\times10^{-9}}{2.5\times10^{-6}} = 0.22 \Rightarrow \theta_1 = 12.71^\circ$

$\sin\theta_3 = \frac{3\lambda}{d} = 0.66 \Rightarrow \theta_3 = 41.30^\circ$

পার্থক্য $= 41.30^\circ - 12.71^\circ = 28.59^\circ$

(খ)

$d'\sin\theta = 2\lambda \Rightarrow N' = \frac{1}{d'} = \frac{\sin35^\circ}{2\lambda}$

$N' = \frac{0.5736}{2\times550\times10^{-9}} = 5.21 \times 10^5\,\text{m}^{-1}$

$N' \approx 521\,\text{mm}^{-1}$, অর্থাৎ প্রতি মিলিমিটারে প্রায় 521টি দাগ

(গ)

স্বচ্ছ অংশের প্রস্থ $a = d - b = 2.5 - 1.5 = 1\,\mu\text{m}$

$n_{max} < \frac{d}{\lambda} = \frac{2.5\times10^{-6}}{550\times10^{-9}} = 4.55$

অতএব, $n_{max} = 4$ এবং মোট চরম $= 2 \times 4 + 1 = 9$টি

$\sin\theta_4 = \frac{4\times550\times10^{-9}}{2.5\times10^{-6}} = 0.88$

$\theta_4 = 61.6^\circ$

২৯. (ক)

$I_1 = \frac{96}{2} = 48\ \mathrm{Wm^{-2}}$

$I_2 = I_1 \cos^2 45° = 48 \times \frac{1}{2} = 24\ \mathrm{Wm^{-2}}$

P_2 ও P_3 এর মধ্যবর্তী কোণ $= 90° - 45° = 45°$

$I_3 = I_2 \cos^2 45° = 24 \times \frac{1}{2} = 12\ \mathrm{Wm^{-2}}$

(খ)

ধরি, মাঝের পোলারয়েড P_1 এর সাথে θ কোণে আনত; তাহলে সেটি P_2 এর সাথেও θ কোণ করে

$48 \cos^2\theta \cos^2\theta = 27$

বা, $\cos^4\theta = \frac{27}{48} = \frac{9}{16}$

বা, $\cos^2\theta = \frac{3}{4}$

অতএব, $\theta = 30°$

(গ)

P_1 এর পরে ৬টি পোলারয়েডের প্রতিটি পূর্ববর্তীটির সাথে $15°$ কোণে আনত

$I = I_1 \left(\cos^2 15°\right)^6 = 48 \times (0.9330)^6 = 31.66\ \mathrm{Wm^{-2}}$

মোট ঘূর্ণন $= 6 \times 15° = 90°$

একটিমাত্র পোলারয়েডে $90°$ ঘোরালে $I = 48 \cos^2 90° = 0$

অতএব, একটি পোলারয়েডে আলো সম্পূর্ণ আটকে যায়, কিন্তু অনেক ধাপে একই মোট ঘূর্ণন দিলে আলোর বড় অংশ ($31.66\ \mathrm{Wm^{-2}}$) পাস করে

৩০. (ক)

$\tan\theta_p = \mu = \sqrt{3} \Rightarrow \theta_p = 60°$

$r = 90° - \theta_p = 30°$

(খ)

সমবর্তন কোণে প্রতিফলিত আলো সম্পূর্ণ সমবর্তিত

ম্যালাসের সূত্র: $I = I_r \cos^2 60° = I_r \times \frac{1}{4} = \frac{I_r}{4}$

(গ)

$\tan\theta_p' = \frac{\mu}{\mu_w} = \frac{\sqrt{3}}{\frac{4}{3}} = 1.299$

$\theta_p' = 52.4°$

প্রতিসরণ কোণ (অভিলম্বের সাথে) $= 90° - 52.4° = 37.6°$

প্রতিসৃত রশ্মি পৃষ্ঠের সাথে কোণ $= 90° - 37.6° = 52.4°$

কাচের সংকট কোণ (বায়ুর সাপেক্ষে): $\sin\theta_c = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \theta_c = 35.26°$

৩১. (ক)

একই স্থানে ঘটনা, তাই $\Delta t = \Delta t_0 = 3\ \mu s$ হলো নিজস্ব সময়

$\Delta t' = \gamma \Delta t_0 \Rightarrow 5 = \gamma \times 3 \Rightarrow \gamma = \frac{5}{3}$

$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{3}{5} \Rightarrow v = 0.8c = 2.4 \times 10^8\ \mathrm{ms^{-1}}$

(খ)

$\Delta x' = \gamma (\Delta x - v\Delta t)$, এখানে $\Delta x = 0$

$\Delta x' = -\frac{5}{3} \times 2.4 \times 10^8 \times 3 \times 10^{-6} = -1200\ \mathrm{m}$

স্থানিক ব্যবধান $|\Delta x'| = 1200\ \mathrm{m}$

(গ)

স্থির কাঠামোয়: $c^2\Delta t^2 - \Delta x^2 = (3 \times 10^8 \times 3 \times 10^{-6})^2 - 0 = 900^2 = 8.1 \times 10^5\ \mathrm{m^2}$

গতিশীল কাঠামোয়: $c^2\Delta t'^2 - \Delta x'^2 = (3 \times 10^8 \times 5 \times 10^{-6})^2 - 1200^2 = 1500^2 - 1200^2 = 8.1 \times 10^5\ \mathrm{m^2}$

দুই কাঠামোয় রাশিটির মান সমান, অর্থাৎ অপরিবর্তিত

রাশিটি ধনাত্মক (সময়সদৃশ ব্যবধান); যুগপৎ হলে $\Delta t' = 0$ হয়ে রাশিটি $-\Delta x'^2$ অর্থাৎ ঋণাত্মক হতো, যা সম্ভব নয়

অতএব, কোনো কাঠামোয় ঘটনা দুটি যুগপৎ হতে পারে না

৩২. (ক)

ধরি, শুরুতে B এর বয়স x, তাহলে A এর বয়স $x + 6$

ফিরে এসে A এর বয়স $= x + 6 + 10 = x + 16$

ফিরে এসে B এর বয়স $= x + t$, যেখানে t হলো পৃথিবীর হিসাবে অতিবাহিত সময়

প্রশ্নমতে, $x + t = (x + 16) + 10$

অতএব, $t = 26$ বছর

(খ)

$t_0 = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow 10 = 26\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{5}{13}$

$\frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{25}{169} = \frac{144}{169}$

$v = \frac{12}{13}c = 0.923c$

(গ)

$\frac{L}{L_0} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{5}{13}$

পৃথিবীর কাঠামোয় একমুখী যাত্রার সময় $= \frac{26}{2} = 13$ বছর

একমুখী দূরত্ব $= vt = \frac{12}{13}c \times 13\ \text{yr} = 12$ আলোকবর্ষ

৩৩. (ক)

$t = \frac{d}{v} = \frac{30}{0.995} = 30.15$ বছর

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-0.995^2}} = 10.01$

$t_0 = \frac{t}{\gamma} = \frac{30.15}{10.01} = 3.01$ বছর

(খ)

পৃথিবীর পর্যবেক্ষকের পরিমাপে অর্ধায়ু $T = \gamma T_0 = 10.01 \times 2 = 20.03$ বছর

ক্ষয় ধ্রুবক $\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0.693}{20.03} = 0.0346\ \text{yr}^{-1}$

(গ)

জীবাণুর নিজস্ব সময় $= 3.01$ বছর $= 36.1$ মাস

সম্পূর্ণ দ্বিগুণ হওয়ার সংখ্যা $= \frac{36.1}{3} \approx 12$

জীবাণুর সংখ্যা $= 2^{12} = 4096$টি

পৃথিবীর সময় (30.15 বছর = 361.8 মাস) ধরলে দ্বিগুণ হওয়ার সংখ্যা প্রায় 120 হতো এবং সংখ্যা 2^{120} আসত, যা ভুল; কারণ জীবাণুর জৈবিক প্রক্রিয়া যানের ঘড়ির (নিজস্ব সময়) সাথে চলে

৩৪. (ক)

ধরি, ডান দিক ধনাত্মক; $v_{BA} = 0.8c$ এবং $u_{CB} = -0.6c$

$u_{CA} = \frac{u_{CB} + v_{BA}}{1 + \frac{u_{CB}v_{BA}}{c^2}} = \frac{-0.6c + 0.8c}{1 + (-0.6)(0.8)} = \frac{0.2c}{0.52}$

$u_{CA} = 0.3846c$ (ডানে)

(খ)

A এর পরিমাপে: $t_A = \frac{6}{\sqrt{1-0.3846^2}} = \frac{6}{0.9231} = 6.5\ \text{min}$

B এর পরিমাপে (C এর বেগ 0.6c): $t_B = \frac{6}{\sqrt{1-0.6^2}} = \frac{6}{0.8} = 7.5\ \text{min}$

(গ)

A এর পরিমাপে: $L_A = 50\sqrt{1 - 0.3846^2} = 50 \times 0.9231 = 46.15\ \text{m}$

B এর পরিমাপে: $L_B = 50 \times 0.8 = 40\ \text{m}$

B এর পরিমাপে C ক্ষুদ্রতম, কারণ B এর সাপেক্ষে C এর আপেক্ষিক বেগ (0.6c) A এর সাপেক্ষে বেগের (0.3846c) চেয়ে বেশি, তাই দৈর্ঘ্য সংকোচন বেশি

৩৫. (ক)

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-0.9^2}} = 2.294$

$m = \gamma m_0 = 2.294 \times 1.67 \times 10^{-27} = 3.83 \times 10^{-27}\,kg$

$E = \gamma E_0 = 2.294 \times 938 = 2152\,MeV$

(খ)

$K = E - E_0 = 2152 - 938 = 1214\,MeV$

$pc = \gamma\beta E_0 = 2.294 \times 0.9 \times 938 = 1937\,MeV$

$p = 1937\,MeV\,c^{-1}$

(গ)

নিউটনীয়: $K_N = \frac{1}{2}m_0v^2 = \frac{1}{2} \times 0.9^2E_0 = 0.405 \times 938 = 379.9\,MeV$

অনুপাত $\frac{K}{K_N} = \frac{1214}{379.9} = 3.2$

$p^2c^2 + E_0^2 = 1937^2 + 938^2 = 3.752 \times 10^6 + 0.880 \times 10^6 = 4.632 \times 10^6\,MeV^2$

$E^2 = 2152^2 = 4.631 \times 10^6\,MeV^2$

অতএব, $E^2 = p^2c^2 + E_0^2$ সম্পর্কটি সঠিক

৩৬. (ক)

$\Delta m = \frac{E}{c^2} = \frac{3.6\times10^{26}}{9\times10^{16}} = 4 \times 10^9\,kg$

(খ)

$E = 2mc^2 = 2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 9 \times 10^{16} = 1.638 \times 10^{-13}\,J$

$E = \frac{1.638\times10^{-13}}{1.6\times10^{-13}} = 1.024\,MeV$

(গ)

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-0.6^2}} = 1.25$

$W = K = (\gamma - 1)m_0c^2 = 0.25 \times 2 \times 9 \times 10^{16} = 4.5 \times 10^{16}\,J$

$t = \frac{W}{P} = \frac{4.5\times10^{16}}{10^9} = 4.5 \times 10^7\,s$

$t = \frac{4.5\times10^7}{86400} \approx 521$ দিন

৩৭. (ক)

$eV_1 = \frac{hc}{\lambda_1} - \phi$ এবং $eV_2 = \frac{hc}{\lambda_2} - \phi$

বিয়োগ করে, $e(V_1 - V_2) = hc\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)$

$h = \frac{e(V_1-V_2)}{c\left(\frac{1}{\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_2}\right)} = \frac{1.6\times10^{-19}\times(4.0-1.93)}{3\times10^8\times\left(\frac{1}{200}-\frac{1}{300}\right)\times10^9}$

$h = \frac{1.6\times10^{-19}\times2.07}{3\times10^8\times1.667\times10^6} = 6.624 \times 10^{-34}\,Js$

(খ)

$\phi = \frac{hc}{\lambda_1} - eV_1 = \frac{1242\,eVnm}{200\,nm} - 4.0 = 6.21 - 4.0 = 2.21\,eV$

$\lambda_0 = \frac{hc}{\phi} = \frac{1242}{2.21} = 562\,nm$

(গ)

$\frac{hc}{\lambda} = \phi + 3eV_0$ **... (i)**

$\frac{hc}{2\lambda} = \phi + eV_0$ **... (ii)**

(i) − (ii) করে, $\frac{hc}{2\lambda} = 2eV_0 \Rightarrow eV_0 = \frac{hc}{4\lambda}$

(ii) থেকে, $\phi = \frac{hc}{2\lambda} - \frac{hc}{4\lambda} = \frac{hc}{4\lambda}$

$\phi = \frac{hc}{\lambda_0}$ হওয়ায় $\lambda_0 = 4\lambda$

৩৮. (ক)

আলোক ক্ষমতা $P = 0.05 \times 40 = 2\,W$

$n = \frac{P\lambda}{hc} = \frac{2\times500\times10^{-9}}{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}} = 5.03\times10^{18}\,s^{-1}$

(খ)

$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{2}{4\pi\times2^2} = 0.0398\,Wm^{-2}$

প্রতি বর্গমিটারে ফোটন $= \frac{n}{4\pi r^2} = \frac{5.03\times10^{18}}{4\pi\times4} = 10^{17}\,m^{-2}s^{-1}$

(গ)

$A = 1\,cm^2 = 10^{-4}\,m^2$

আপতিত ফোটন প্রতি সেকেন্ডে $= 10^{17}\times10^{-4} = 10^{13}\,s^{-1}$

মুক্ত ইলেকট্রন প্রতি সেকেন্ডে $= 0.1\times10^{13} = 10^{12}\,s^{-1}$

$I = ne = 10^{12}\times1.6\times10^{-19} = 1.6\times10^{-7}\,A$

৩৯. (ক)

$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{\frac{2\times1.6\times10^{-19}\times150}{9.11\times10^{-31}}} = 7.26\times10^{6}\,ms^{-1}$, যা c এর চেয়ে অনেক কম

$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}} = \frac{6.626\times10^{-34}}{\sqrt{2\times9.11\times10^{-31}\times1.6\times10^{-19}\times150}} = 1.00\times10^{-10}\,m \approx 1\,\mathring{A}$

(খ)

নিউটনীয়: $v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{\frac{2\times1.6\times10^{-19}\times10^{6}}{9.11\times10^{-31}}} = 5.93\times10^{8}\,ms^{-1}$

এই বেগ $c = 3\times10^{8}\,ms^{-1}$ এর চেয়ে বেশি, যা অসম্ভব

আপেক্ষিক: $\gamma = 1 + \frac{K}{m_0c^2} = 1 + \frac{1}{0.5124} = 2.951$

$v = c\sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = c\sqrt{1 - \frac{1}{8.71}} = 0.9409c$

(গ)

আপেক্ষিক: $pc = \sqrt{K^2 + 2Km_0c^2} = \sqrt{1^2 + 2\times1\times0.5124} = 1.4229\,MeV$

$\lambda = \frac{hc}{pc} = \frac{1242.4\,eVnm}{1.4229\times10^{6}\,eV} = 8.73\times10^{-4}\,nm = 8.73\times10^{-13}\,m$

নিউটনীয়: $\lambda_N = \frac{h}{\sqrt{2m_0K}} = \frac{1242.4}{\sqrt{2\times0.5124\times10^{6}}} = 1.227\times10^{-3}\,nm = 1.23\times10^{-12}\,m$

শতকরা পার্থক্য $= \frac{1.227-0.873}{0.873}\times100 = 40.6\%$, অর্থাৎ নিউটনীয় মান প্রায় 40.6% বেশি

৪০. (ক)

সর্বোচ্চ পরিবর্তন $\theta = 180°$ কোণে: $\Delta\lambda_{max} = \frac{2h}{m_0c} = 2\times2.427\times10^{-12} = 4.854\times10^{-12}\,m$

$\lambda'_{max} = 0.03 + 0.004854 = 0.034854\,nm$

$f'_{min} = \frac{c}{\lambda'_{max}} = \frac{3\times10^{8}}{0.034854\times10^{-9}} = 8.61\times10^{18}\,Hz$

(খ)

$K_{max} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'_{max}}\right) = 1.9878\times10^{-25}\times\left(\frac{1}{0.03\times10^{-9}} - \frac{1}{0.034854\times10^{-9}}\right)$

$K_{max} = 9.23\times10^{-16}\,J = 5.77\,keV$

$K_{max} \ll m_0c^2$ (511 keV), তাই $v \approx \sqrt{\frac{2K_{max}}{m_0}} = \sqrt{\frac{2\times9.23\times10^{-16}}{9.1\times10^{-31}}} = 4.5\times10^{7}\,ms^{-1}$

(গ)

প্রশ্নমতে, $\frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta) = \frac{1}{4}\times\frac{2h}{m_0c}$

বা, $1 - \cos\theta = \frac{1}{2}$

অতএব, $\theta = 60°$

$90°$ কোণে $\lambda' = 0.03 + 0.002427 = 0.032427\,nm$

$p = \frac{h}{\lambda'} = \frac{6.626\times10^{-34}}{0.032427\times10^{-9}} = 2.04\times10^{-23}\,kgms^{-1}$

Chemistry

২০০ নম্বর

৪১. (ক) এখানে, $P = \frac{740}{760}\,atm$, $V = 0.350\,L$, $T = 35 + 273.15 = 308.15\,K$, $M_{SO_2} = 64$

$\therefore n = \frac{PV}{RT} = \frac{\frac{740}{760} \times 0.350}{0.0821 \times 308.15} = 0.01347\ mol$

$m = nM = 0.01347 \times 64 = 0.8621\ g$

$d = \frac{m}{V} = \frac{0.8621}{350} = 2.463 \times 10^{-3}\ gcm^{-3}$

(খ) প্রমাণ অবস্থায় 1 mol গ্যাসের আয়তন $22400\ cm^3$

$\therefore d_{STP} = \frac{64}{22400} = 2.857 \times 10^{-3}\ gcm^{-3}$

৪২. **(ক)** এখানে, $P_1 = 1\ atm$, $T_1 = 27 + 273 = 300\ K$, ধরি $V_1 = V$, তাহলে $V_2 = 2.5V$, $P_2 = 1.6\ atm$

আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$\therefore T_2 = T_1 \times \frac{P_2V_2}{P_1V_1} = 300 \times \frac{1.6 \times 2.5V}{1 \times V} = 1200\ K$

$= 1200 - 273 = 927°C$

(খ) এখানে, $P_2 = 0.5\ atm$, $V_2 = 2.5V$

$\therefore T_2 = 300 \times \frac{0.5 \times 2.5V}{1 \times V} = 375\ K = 102°C$

অতএব, **(ক)** তে 927°C এবং **(খ)** তে 102°C

৪৩. **(ক)** এখানে, $d_1 = 1.96\ kgm^{-3}$, $P_1 = 101.325\ kPa$, $T_1 = 273.15\ K$, $P_2 = 120\ kPa$, $T_2 = 47 + 273.15 = 320.15\ K$

আমরা জানি, $d \propto \frac{P}{T}$

$\therefore d_2 = d_1 \times \frac{P_2}{P_1} \times \frac{T_1}{T_2} = 1.96 \times \frac{120}{101.325} \times \frac{273.15}{320.15} = 1.980\ kgm^{-3}$

(খ) $1.96\ kgm^{-3} = 1.96\ gL^{-1}$

প্রমাণ অবস্থায় 1 mol গ্যাসের আয়তন 22.414 L

$\therefore M = 1.96 \times 22.414 = 43.9\ gmol^{-1} \approx 44$

CO_2, SO_2 ও NO_2 এর আণবিক ভর যথাক্রমে 44, 64 ও 46

অতএব, গ্যাসটি CO_2

৪৪. **(ক)** $n_{H_2S} = \frac{6.8}{34} = 0.2\ mol$

$n_{CH_4} = \frac{1.8069 \times 10^{23}}{6.023 \times 10^{23}} = 0.3\ mol$

একই T ও P-তে $V \propto n$

$\therefore V_{CH_4} = V_{H_2S} \times \frac{n_{CH_4}}{n_{H_2S}} = 5.0 \times \frac{0.3}{0.2} = 7.5\ L$

(খ) $m = 0.3 \times 16 = 4.8\ g$

৪৫. **(ক)** প্রমাণ অবস্থায় 2.24 L গ্যাসের মোল $= \frac{2.24}{22.4} = 0.1\ mol$

$\therefore M = \frac{3.2}{0.1} = 32\ gmol^{-1}$

(খ) এখানে, $P = 150\ kPa$, $V = 5.0\ L$, $T = 37 + 273.15 = 310.15\ K$, $R = 8.314\ LkPamol^{-1}K^{-1}$

$\therefore n = \frac{PV}{RT} = \frac{150 \times 5.0}{8.314 \times 310.15} = 0.29086\ mol$

$m = nM = 0.29086 \times 32 = 9.307\ g$

৪৬. **(ক)** এখানে, $m = 0.512\ g$, $P = \frac{750}{760} = 0.98684\ atm$, $V = 160\ mL = 0.160\ L$, $T = 100 + 273.15 = 373.15\ K$

আমরা জানি, $PV = \frac{m}{M}RT$

$\therefore M = \frac{mRT}{PV} = \frac{0.512 \times 0.0821 \times 373.15}{0.98684 \times 0.160} = 99.3\ gmol^{-1}$

(খ) CH_2Cl এর স্থূল সংকেত ভর $= 12 + 2 + 35.5 = 49.5$

$n = \frac{99.3}{49.5} \approx 2$

অতএব, আণবিক সংকেত $C_2H_4Cl_2$

৪৭. (ক) এখানে, $P = 0.80\,atm$, $V = 0.250\,L$, $T = 47 + 273 = 320\,K$
$\therefore n = \frac{PV}{RT} = \frac{0.80\times0.250}{0.0821\times320} = 0.007613\,mol$
$M = \frac{0.2135}{0.007613} = 28.05\,gmol^{-1}$
একটি অণুর ভর $= \frac{M}{N_A} = \frac{28.05}{6.023\times10^{23}} = 4.657\times10^{-23}\,g$
(খ) গ্যাসটি দ্বিপরমাণুক, তাই পারমাণবিক ভর $= \frac{28.05}{2} = 14.02 \approx 14$
অতএব, মৌলটি নাইট্রোজেন এবং গ্যাসটি N_2

৪৮. (ক) $n_{CO} = \frac{56}{28} = 2\,mol$, $n_{CO_2} = \frac{88}{44} = 2\,mol$, $n_{He} = \frac{8}{4} = 2\,mol$
মোট $n = 2 + 2 + 2 = 6\,mol$
এখানে, $V = 25\,dm^3$, $T = 77 + 273 = 350\,K$
$\therefore P = \frac{nRT}{V} = \frac{6\times0.0821\times350}{25} = 6.896\,atm$
(খ) প্রতিটি গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ $= \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$
$\therefore$ প্রতিটির আংশিক চাপ $= \frac{6.896}{3} = 2.299\,atm$
অতএব, CO, CO_2 ও He প্রতিটির আংশিক চাপ $2.299\,atm$

৪৯. (ক) $98\,kPa$ ও $10°C$ এ গ্যাসগুলোর মোট আয়তন $V_1 = 200 + 120 + 80 = 400\,cm^3$
এখানে, $T_1 = 10 + 273.15 = 283.15\,K$, $T_2 = 40 + 273.15 = 313.15\,K$, $V_2 = 300\,cm^3$
আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$
$\therefore P_2 = 98 \times \frac{400}{300} \times \frac{313.15}{283.15} = 144.51\,kPa$
(খ) একই চাপ ও তাপমাত্রায় আয়তন মোলের সমানুপাতিক, তাই $x_{CH_4} = \frac{200}{400} = 0.5$
$\therefore p_{CH_4} = 0.5 \times 144.51 = 72.26\,kPa$

৫০. (ক) B এর আংশিক চাপ $p_B = 1.4 - 0.6 = 0.8\,atm$
একই V ও T-তে $p \propto n = \frac{w}{M}$
$\therefore \frac{p_A}{p_B} = \frac{\frac{w_A}{M_A}}{\frac{w_B}{M_B}}$
বা, $\frac{0.6}{0.8} = \frac{1.5}{4.0} \times \frac{M_B}{M_A}$
বা, $\frac{M_B}{M_A} = \frac{0.6\times4.0}{0.8\times1.5} = 2$
$\therefore M_A : M_B = 1 : 2$
(খ) $x_A = \frac{p_A}{P} = \frac{0.6}{1.4} = 0.429$
অতএব, আণবিক ভরের অনুপাত 1 : 2 এবং A এর মোল ভগ্নাংশ 0.429

৫১. (ক) ধরি, প্রথম সিলিন্ডারের আয়তন V , তাহলে দ্বিতীয়টির আয়তন $0.4V$
$P = \frac{P_1V_1+P_2V_2}{V_1+V_2} = \frac{15V+3.5\times0.4V}{V+0.4V} = \frac{16.4}{1.4} = 11.714\,atm$
(খ) গ্যাস উচ্চ চাপের (15 atm) সিলিন্ডার থেকে নিম্ন চাপের (3.5 atm) সিলিন্ডারের দিকে প্রবাহিত হবে
কারণ গ্যাস সবসময় উচ্চ চাপ থেকে নিম্ন চাপের দিকে প্রবাহিত হয়, যতক্ষণ না উভয় সিলিন্ডারের চাপ সমান (11.714 atm) হয়

৫২. (ক) CH_4 এর ব্যাপন হার $r_{CH_4} = \frac{9}{45} = 0.2\,m^3s^{-1}$
গ্রাহামের সূত্রানুসারে, $\frac{r_{SO_2}}{r_{CH_4}} = \sqrt{\frac{M_{CH_4}}{M_{SO_2}}}$
$\therefore r_{SO_2} = 0.2 \times \sqrt{\frac{16}{64}} = 0.1\,m^3s^{-1}$
60 s-এ ব্যাপিত আয়তন $= 0.1 \times 60 = 6\,m^3$
(খ) $t = \frac{9}{0.1} = 90\,s$

৫৩. **(ক)** একই সময়ে ব্যাপিত আয়তন ব্যাপন হারের সমানুপাতিক

$\therefore \frac{V_{NO_2}}{V_{Cl_2}} = \sqrt{\frac{M_{Cl_2}}{M_{NO_2}}}$

বা, $V_{NO_2} = 40 \times \sqrt{\frac{71}{46}} = 49.69\,cm^3$

(খ) $r_{Cl_2} = \frac{40}{120} = 0.3333\,cm^3s^{-1}$, $r_x = \frac{30}{75} = 0.4\,cm^3s^{-1}$

গ্রাহামের সূত্রানুসারে, $\frac{r_{Cl_2}}{r_x} = \sqrt{\frac{M_x}{M_{Cl_2}}}$

$\therefore M_x = 71 \times \left(\frac{0.3333}{0.4}\right)^2 = 49.31$

৫৪. **(ক)** এখানে, $T = -23 + 273 = 250\,K$, $C = 395.1\,ms^{-1}$

আমরা জানি, $C = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

$\therefore M = \frac{3RT}{C^2} = \frac{3\times8.314\times250}{(395.1)^2} = 0.03994\,kgmol^{-1} \approx 40\,gmol^{-1}$

গ্যাসটি একপরমাণুক ও $M = 40$, অতএব এটি আর্গন **(Ar)**

(খ) গড় বেগ, $\bar{c} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8\times8.314\times250}{3.1416\times0.03994}} = 364.0\,ms^{-1}$

সম্ভাব্যতম বেগ, $C_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \sqrt{\frac{2\times8.314\times250}{0.03994}} = 322.6\,ms^{-1}$

৫৫. **(ক)** এখানে, $\frac{N}{V} = 2.5 \times 10^9\,cm^{-3} = 2.5 \times 10^{15}\,m^{-3}$, $T = 20 + 273.15 = 293.15\,K$, $k = 1.38 \times 10^{-23}\,JK^{-1}$

আমরা জানি, $P = \frac{N}{V}kT$

$\therefore P = 2.5 \times 10^{15} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 293.15 = 1.011 \times 10^{-5}\,Pa$

(খ) আমরা জানি, $1\,atm = 101325\,Pa$

$\therefore P = \frac{1.0114\times10^{-5}}{101325} = 9.981 \times 10^{-11}\,atm$

৫৬. **(ক)** $n = \frac{132}{44} = 3\,mol$

ভ্যান্ডার ওয়ালস সমীকরণ: $\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$

মান বসিয়ে, $\left(P + \frac{9a}{V^2}\right)(V - 3b) = 3RT$

(খ) এখানে, $V = 8\,L$, $T = 50 + 273.15 = 323.15\,K$

কেবল আয়তন সংশোধন করলে, $P' = \frac{nRT}{V-nb} = \frac{3\times0.0821\times323.15}{8-3\times0.0427} = \frac{79.59}{7.8719} = 10.111\,atm$

আন্তঃআণবিক আকর্ষণজনিত চাপ হ্রাস $= \frac{an^2}{V^2} = \frac{3.59\times9}{64} = 0.505\,atm$

(গ) ভ্যান্ডার ওয়ালস চাপ, $P = 10.111 - 0.505 = 9.606\,atm$

আদর্শ চাপ, $P_{ideal} = \frac{nRT}{V} = \frac{3\times0.0821\times323.15}{8} = 9.949\,atm$

$P < P_{ideal}$ **(পার্থক্য 0.343 atm)**

অতএব, আন্তঃআণবিক আকর্ষণজনিত সংশোধন প্রাধান্য পায়

৫৭. **(ক)** অনুবন্ধী এসিড-ক্ষারক জোড় একটি H^+ এর ব্যবধানে থাকে: অনুবন্ধী ক্ষারক = এসিড $-H^+$ এবং অনুবন্ধী এসিড = ক্ষারক $+H^+$

HSO_4^-: H^+ ত্যাগ করলে অনুবন্ধী ক্ষারক SO_4^{2-}; H^+ গ্রহণ করলে অনুবন্ধী এসিড H_2SO_4

NH_3: H^+ গ্রহণ করলে অনুবন্ধী এসিড NH_4^+; H^+ ত্যাগ করলে অনুবন্ধী ক্ষারক NH_2^-

$H_2PO_4^-$: H^+ ত্যাগ করলে অনুবন্ধী ক্ষারক HPO_4^{2-}; H^+ গ্রহণ করলে অনুবন্ধী এসিড H_3PO_4

$[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ প্রোটন দাতা (এসিড); H^+ ত্যাগ করলে অনুবন্ধী ক্ষারক $[Fe(OH)(H_2O)_5]^{2+}$

CH_3COOH প্রোটন দাতা (এসিড); H^+ ত্যাগ করলে অনুবন্ধী ক্ষারক CH_3COO^-

O^{2-} প্রোটন গ্রহীতা (ক্ষারক); H^+ গ্রহণ করলে অনুবন্ধী এসিড OH^-

(খ) যে প্রজাতি প্রোটন দান ও গ্রহণ উভয়ই করতে পারে তা উভধর্মী

সুতরাং, উভধর্মী প্রজাতি হলো HSO_4^-, NH_3 ও $H_2PO_4^-$

৫৮. (ক) CO বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন, তাই এর উপস্থিতি টের পাওয়া যায় না; এজন্য একে নীরব ঘাতক বলা হয়
শ্বাসের সাথে প্রবেশ করে CO রক্তের হিমোগ্লোবিনের সাথে বিক্রিয়া করে কার্বক্সিহিমোগ্লোবিন গঠন করে: $Hb + CO \rightarrow HbCO$
CO এর প্রতি হিমোগ্লোবিনের আসক্তি O_2 অপেক্ষা প্রায় 200 গুণ বেশি
ফলে রক্তের O_2 পরিবহন ক্ষমতা কমে যায় এবং শ্বাসরোধ হয়ে মৃত্যু ঘটতে পারে
(খ) স্ট্রাটোস্ফিয়ারে অতিবেগুনি রশ্মির প্রভাবে, $CF_2Cl_2 \xrightarrow{UV} CF_2Cl^{\cdot} + Cl^{\cdot}$
$Cl^{\cdot} + O_3 \rightarrow ClO^{\cdot} + O_2$
$ClO^{\cdot} + O \rightarrow Cl^{\cdot} + O_2$
দ্বিতীয় ধাপে $Cl^{\cdot}$ মূলক পুনরায় উৎপন্ন হয়, ফলে এটি শিকল বিক্রিয়া হিসেবে চলতে থাকে
অতএব, একটি Cl পরমাণু ক্ষয় না হয়ে বারবার ক্রিয়া করে হাজার হাজার O_3 অণু ভাঙতে পারে

৫৯. (ক) $MnSO_4 + 2KOH \rightarrow Mn(OH)_2 + K_2SO_4$
$2Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2MnO(OH)_2$
$MnO(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + 2H_2O + [O]$
$2KI + H_2SO_4 + [O] \rightarrow K_2SO_4 + H_2O + I_2$
$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$
এখানে, $O_2 \equiv 2MnO(OH)_2 \equiv 2[O] \equiv 2I_2 \equiv 4Na_2S_2O_3$
অর্থাৎ 1 mol O_2 এর জন্য 4 mol $Na_2S_2O_3$ লাগে
(খ) 150 mL নমুনায় O_2 এর ভর = $4.8 \times 0.150 = 0.72$ mg
$n_{O_2} = \frac{0.72 \times 10^{-3}}{32} = 2.250 \times 10^{-5}$ mol
বিক্রিয়া অনুসারে 1 mol O_2 থেকে 2 mol I_2 মুক্ত হয়
$\therefore n_{I_2} = 2 \times 2.250 \times 10^{-5} = 4.500 \times 10^{-5}$ mol
$M_{I_2} = 2 \times 126.9 = 253.8\ gmol^{-1}$
$\therefore m_{I_2} = 4.500 \times 10^{-5} \times 253.8 = 0.0114$ g

৬০. (ক) HOX গঠনের এসিডে হ্যালোজেন (X) এর তড়িৎঋণাত্মকতা বাড়লে $O - H$ বন্ধনের ইলেকট্রন ঘনত্ব X এর দিকে বেশি সরে যায়, ফলে H^+ সহজে বিযোজিত হয়
তড়িৎঋণাত্মকতার ক্রম: $Cl > Br > I$
অতএব, অম্লশক্তির ক্রম: $HOI < HOBr < HOCl$
(খ) বাইনারি হাইড্রাইডের ক্ষেত্রে বন্ধন শক্তিই মুখ্য নিয়ামক
$H - F$ বন্ধন ক্ষুদ্র ও অত্যন্ত শক্তিশালী, তাই H^+ সহজে ত্যাগ করে না; $H - I$ বন্ধন দীর্ঘ ও দুর্বল
HI সহজে H^+ ত্যাগ করে
অতএব, HI অধিক শক্তিশালী এসিড (HF দুর্বল এসিড)