পরমাণুর মডেল ও নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

নবম অধ্যায়

পদার্থবিজ্ঞান - দ্বিতীয় পত্র

সৃজনশীল নমুনা প্রশ্ন ও উত্তর

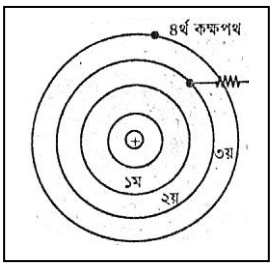
বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ

চট্টগ্রাম ইপিজেড

প্রিয় শিক্ষার্থীরা,
এই অধ্যায়টিও অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।
প্রায় প্রতি বছরই এই অধ্যায় থেকে বোর্ড পরীক্ষায় রচনামূলক প্রশ্ন থাকে।
তাই অধ্যায়টি অত্যন্ত যত্নসহকারে অধ্যয়ন করবে।

অধ্যায় : পরমাণুর মডেল এবং নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

১। চিত্রের আলোক তড়িৎ পরীক্ষায় একটি পরমাণুর চতুর্থ কক্ষপথ হতে একটি ইলেকট্রন ৩য় কক্ষপথে ফিরে আসে। ফলে একটি ফোটন নির্গত হয়। উল্লেখ্য যে, প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবকের মান, ইলেকট্রনের ভর, ইলেকট্রনের চার্জ এবং শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতার মান যথাক্রমে 6.63×10^{-34}J-s, 9.1×10^{-31} kg, 1.6×10^{-19} C এবং 8.854×10^{-12} C^2 N^{-1} m^{-2}।



ক) লেপটন কণা কী ? ১

খ) একটি ট্রানজিস্টরের বেস-ইমিটার বায়াসিং কি রকম হওয়া উচিত ? ব্যাখ্যা কর। ২

গ) ৩য় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ কত হবে ? ৩

ঘ) উদ্দীপকের তথ্য মতে বিকিরিত ফোটনের আলো দেখা যাবে কী ? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

উত্তর: ক) যে সকল কণা বিদ্যুৎ চুম্বকীয় এবং দুর্বল নিউক্লীয় পরিক্রমায় অংশগ্রহণ করতে পারে না এবং যাদের স্পিন $\frac{1}{2}$ এবং জীবনকাল অসীম তাদেরকে লেপটন কণা বলে।

খ) একটি ট্রানজিস্টরের বেস ইমিটার বায়াসিং সম্মুখী হওয়া উচিত। অর্থাৎ ট্রানজিস্টরটি যদি p-n-p হয় তবে তার ১ম p প্রান্ত ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্ত এবং n ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করে বর্তনী সংযোগ দেওয়া উচিত। অপরদিকে ট্রানজিস্টরটি n-p-n হলে এর ১ম n প্রান্ত ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্ত এবং p প্রান্ত ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করে বর্তনী সংযোগ দেওয়া উচিত।

গ) আমরা জানি,

$$r_n = \frac{n^2h^2\epsilon_0}{\pi mc^2} = \frac{3^2\times(6.63\times10^{-34})^2\times8.854\times10^{-12}}{3.1416\times9.1\times10^{-31}\times(1.6\times10^{-19})^2}$$

$$= 4.79 \times 10^{-10}\ m = 4.79Å$$

অতএব, উদ্দীপকের পরমাণুটির ৩য় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ 4.79 Å ।

এখানে, শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতা, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ C^2 $N^{-1}m^{-2}$
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J-s
ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
কক্ষপথের কোয়ান্টাম সংখ্যা, n = 3
কক্ষপথের ব্যাসার্ধ, r_n = ?

ঘ) আমরা জানি, $E_2 - E_1 = \frac{me^4}{8h^2\epsilon_0^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$

$$\therefore\ E_4 - E_3 = \frac{me^4}{8h^2\epsilon_0^2}\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right)$$

$$= \frac{9.1\times10^{-31}\times(1.6\times10^{-19})^4}{8\times(6.63\times10^{-34})^2\times(8.854\times10^{-12})^2} \times \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right) J$$

$$\therefore\ \Delta E = E_4 - E_3 = 1.05 \times 10^{-19}\ J$$

ধরি, নির্গত ফোটনের কম্পাঙ্ক f

আমরা জানি, $\Delta E = hf$

$$\text{বা, } f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{1.05\times10^{-19}}{6.63\times10^{-34}}\ Hz = 1.59\times10^{14}\ Hz$$

এখানে,
ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J-s
শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতা,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}
বিকিরণের কম্পাঙ্ক, f =?

আমরা জানি, দৃশ্যমান আলোর কম্পাঙ্ক 4.3×10^{14} থেকে 7.7×10^{14} এর মধ্যে। নির্গত ফোটনের কম্পাঙ্ক (1.59×10^{14} Hz) যেহেতু দৃশ্যমান আলোর কম্পাঙ্কের ব্যাপ্তির মধ্যে নয়, অতএব উদ্দীপকের তথ্য মতে বিকিরিত ফোটনের আলো দেখা যাবে না।

২।

মৌল	প্রোটন সংখ্যা	ভর সংখ্যা	নিউক্লিয়াসের ভর (amu)	1 amu = 931.MeV
U	92	235	235.0439	প্রোটনের ভর
C	6	12	12.0000	$m_p = 1.00728$
Fe	26	56	56.0000	নিউট্রনের ভর
He	2	4	4.00276	$m_n = 1.00876$

ক) অর্ধায়ু কী ? ১

খ) রাদারফোর্ডের পরীক্ষায় α কণাগুলোর বিক্ষেপণের কারণ কী ? ২

গ) ইউরেনিয়ামের ভরত্রুটি নির্ণয় কর। ৩

ঘ) উদ্দীপকে প্রদত্ত তথ্য হতে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি বনাম ভরসংখ্যা লেখ অঙ্কন কর। ৪

উত্তর: ক) যে সময়ে কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের ঠিক অর্ধেক পরিমাণ পরমাণু ভেঙে যায়, তাকে ঐ পদার্থের অর্ধায়ু বলে।

খ) রাদারফোর্ডের α কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষায় α কণা বেঁকে যাওয়ার কারণ নিচে ব্যাখ্যা করা হলো–

রাদারফোর্ডের α কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষায় কিছু α কণা নিউক্লিয়াসের প্রায় কাছাকছি আসে। এ সময় তারা নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক আধান দ্বারা বিকর্ষিত হয়ে বেঁকে যায়। এছাড়া যেসব আলফা কণা নিউক্লিয়াসের দিকে মুখোমুখি অগ্রসর হয় তারা কুলম্বের বিপরীত বর্গীয় সূত্রানুযায়ী অধিক বল দ্বারা বিকর্ষিত হয়ে আরও বেশি বেঁকে যায়।

গ) এখানে,

ইউরেনিয়ামের নিউক্লিয়াসের ভর, $m = 235.0439$ amu

প্রোটন সংখ্যা, $Z = 92$

নিউট্রন সংখ্যা, $N = 235 - 92 = 143$

প্রোটনের ভর, $m_p = 1.00728$ amu

নিউট্রন ভর, $m_n = 1.00876$ amu

ভর ত্রুটি = ?

আমরা জানি,

ভর ত্রুটি $= (Z\, m_p + N\, m_n) - m$

$= (92 \times 1.00728 + 143 \times 1.00876) - 235.0439$

$= (92.66976 + 144.25268) - 235.0439$

$= 1.87854$ amu

∴ ইউরেনিয়ামের ভর ত্রুটি 1.87854 amu|

ঘ) এখানে, ইউরেনিয়ামের ক্ষেত্রে,

ভরত্রুটি = 1.87854 amu [গ-নং হতে প্রাপ্ত]

বন্ধন শক্তি, $E_1 = (1.87854 \times 931)$ MeV [∵ 1 amu = 931 MeV]

$= 1748.92074$ MeV

∴ নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি,

$$\Delta E_1 = \frac{1748.92074}{235} = 7.44 MeV$$

কার্বনের ক্ষেত্রে,

ভরত্রুটি, $\Delta m_2 = \{1.00728 \times 6\ (12-6) \times 1.00876) - 12$

$= 0.09624$ amu

বন্ধন শক্তি, $E_2 = 0.09624 \times 931$ MeV $= 89.59944$ MeV

$\therefore$ নিউক্লিয়ন প্রতিবন্ধন শক্তি, $\Delta E_2 = \frac{89.59944}{12} = 7.47 MeV$

আয়রনের ক্ষেত্রে,

ভরত্রুটি, $\Delta m_3 = \{1.00728 \times 26 + (56 - 26) \times 1.00876\} - 56$
$= 0.45208$ amu

বন্ধনশক্তি, $E_3 = 0.45208 \times 931$ MeV $= 420.88648$ MeV

নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি,

$\Delta E_3 = \frac{420.88648}{56} MeV = 7.52 MeV$

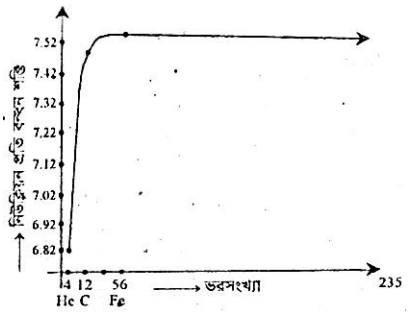
আবার, হিলিয়ামের ক্ষেত্রে,

ভরত্রুটি, $\Delta m_4 = \{1.00728 \times 2 + (4-2) \times 1.00876\} - 4.00276$
$= 0.02932$ a.m.u.

বন্ধশক্তি, $E_4 = 0.02932 \times 931$ MeV $= 27.29693$ MeV

নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি, $\Delta E_4 = \frac{27.29693}{4} 6.82 MeV$

লেখচিত্র :



৩। আমরা অর্ধায়ু সম্পর্কে জানি। একটি পদার্থ **Rn 3.82** দিনে প্রাথমিক পরিমাণের অর্ধেকে পরিণত হয়।

ক) অবক্ষয় ধ্রুবক কী ? ১

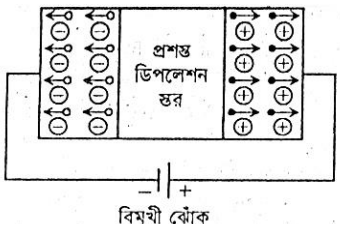
খ) ডায়োডের বিমুখী ঝোঁকে তড়িৎ প্রবাহিত হয় না কেন ? ব্যাখ্যা কর। ২

গ) উদ্দীপকের Rn পদার্থের 40% ক্ষয় হতে কত সময় লাগে ? ৩

ঘ) উদ্দীপকের পদার্থটির 60% ক্ষয় হতে 30% ক্ষয় হওয়ার প্রয়োজনীয় সময় অপেক্ষা দ্বিগুণ সময় লাগে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে। ৪

উত্তর: ক) কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের অক্ষয় ধ্রুবক বলে।

খ) ভোল্টেজ যদি বিপরীত অভিমুখে প্রয়োগ করা হয় অর্থাৎ কোষের ধনাত্মক প্রান্ত যদি n-টাইপ এবং ঋণাত্মক প্রান্ত যদি p-টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত করা হয় তাহলে তাকে বিমুখী ঝোঁক বলে।



এক্ষেত্রে n-টাইপ বস্তুর মুক্ত ইলেকট্রন কোষের ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণের ফলে n-টাইপ বস্তুতেই থেকে যাবে, জাংশন পার হয়ে কিছুতেই p টাইপ বস্তুতে যেতে পারবে না। p টাইপ বস্তুর 'হোল' ও p টাইপ বস্তুতেই থেকে যাবে। ফলে ডিপলেশন স্তরের প্রশস্ততা বৃদ্ধি পাবে এবং জাংশন দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহ চলবে না।

গ) দেওয়া আছে, Rn এর অর্ধায়ু 3.82 d

$$\therefore \text{অবক্ষয় ধ্রুবক, } \lambda = \frac{0.693}{3.82d} = 0.814d^{-1}$$

40% ক্ষয় হলে, $N = N_0 \times (100\% - 40\%) = 0.6\ N_0$

আমরা জানি,

$$t = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{1}{0.1814d^{-1}}\ln\left(\frac{0.6N_0}{N_0}\right) = 2.81\ d$$

$\therefore$ 40% ক্ষয় হতে 2.81 day সময় লাগবে।

ঘ) এখানে, পদার্থটির ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = 0.181414\ d^{-1}$

N_0 প্রাথমিক পরমাণুবিশিষ্ট কোনো পদার্থের t সময় পর N পরমাণু অবশিষ্ট থাকলে।

$$N = N_0e^{-\lambda t}$$

$$\text{বা, } e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_0}$$

$$\text{বা, } \ln e^{-\lambda t} = \ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$$

$$\text{বা, } -\lambda t = \ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$$

$$\therefore t = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$$

এখন, t_1 সময় পর 60% ক্ষয় এবং t_2 সময় পর 30% ক্ষয় হলে,

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{-\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N_1}{N_0}\right)}{-\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N_2}{N_0}\right)}$$

60% ক্ষয় হলে, $N_1 = N_0 \times (100\% - 60\%) = 0.4\ N_0$

30% ক্ষয় হলে, $N_2 = N_0 \times (100\% - 30\%) = 0.7\ N_0$

$$\therefore t_1 = 2.57\ t_2$$

অর্থাৎ, 60% ক্ষয় হতে যে সময় লাগে তা 30% ক্ষয় হতে যে সময় লাগে তার 2.57 গুণ অর্থাৎ দ্বিগুণ নয়।

৪। নিচে একটি ইউরেনিয়াম ফিশন বিক্রিয়া দেওয়া হলো–

$$_{92}U^{235} + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}_{36}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92} + 3{}^{1}_{0}n$$

এতে উৎপন্ন γ রশ্মি একটি α কণাকে আঘাত করে।

বিক্রিয়াতে উৎপন্ন শক্তির এক-দশমাংশ শক্তি γ রশ্মি বহন করে।

U^{235} এর ভর = 235.0439 amu

${}^{1}_{0}n$ এর ভর = 1.0087 amu

Ba^{141} এর ভর = 140.9139

Kr^{92} এর ভর = 91.8973

α কণার এর ভর = 4.0012 amu

প্রোটনের ভর = 1.007276 amu

1 amu = 1.6605×10^{-27} kg

ক) ভরত্রুটি কাকে বলে ? ১

খ) বোরের পরমাণুর মডেলের দ্বিতীয় স্বীকার্য ব্যাখ্যা কর। ২

গ) প্রতি ফিশনে উৎপন্ন শক্তি নির্ণয় কর। ৩

ঘ) γ রশ্মি α কণাকে ভাঙতে পারবে কিনা গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

উত্তর: ক) যে সকল নিউক্লাইডের সমন্বয়ে নিউক্লিয়াস তৈরি হয় তাদের ভরের সমষ্টি নিউক্লিয়াসের মোট ভরের চেয়ে কিছু বেশি হয়। এ ভর ঘাটতিকেই ভর ত্রুটি বলে।

খ) বোর পরমাণু মডেলের দ্বিতীয় স্বীকার্য নিম্নরূপ–

কৌণিক ভরবেগ সংক্রান্ত স্বীকার্য : পরমাণুতে ইলেকট্রনগুলো নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে কতকগুলো নির্দিষ্ট কক্ষপথে ঘুরতে পারে যেখানে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ L হলো কোনো পূর্ণসংখ্যা n এবং $\frac{h}{2\pi}$ এর গুণফল।

অর্থাৎ, $L = \frac{nh}{2\pi}$ ।

গ) বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার পূর্বের ভর হলো–

$_{92}U^{235} = 235.0439$

$_{0}n^{1} = 1.0087$ amu

∴ বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার পূর্বের মোট ভর হলো–

$= (235.0439 + 1.0087)$ amu $= 236.0526$ amu

আবার, বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার পরের ভর হলো–

$_{56}Ba^{141} = 1409139$ amu

$_{36}Kr^{92} = 91.893$

এবং $3_{0}n^{1} = 3.0261$

∴ আবার, বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার পরের ভর হলো–

$= (140.9039 + 91.8973 + 3.0261)$ amu

$= 235.8373$ amu

∴ বিক্রিয়ায় ভর ঘাটতি $= (236.0526 - 235.8373)$ amu

$= 0.2153$ amu

আমরা জানি, আইনস্টাইনের ভর শক্তির সমীকরণ, $E = mc^2$

∴ বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তির পরিমাণ $= 0.2153 \times 931$ MeV

$= 200.4443$ MeV

$= 200$ MeV (প্রায়)।

∴ উক্ত বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তির পরিমাণ 200 MeV (প্রায়)।

ঘ) বিক্রিয়াতে উৎপন্ন শক্তির পরিমাণ 200 MeV

∴ γ রশ্মির বহনকৃত শক্তি, $E_1 = \frac{200}{10}$ MeV $= 20$ MeV

$= 3.2 \times 10^{-12}$ J

আবার, α-কণার ভর, $m = 4.0012$ amu

$= 4.0012 \times 1.6605 \times 10^{-27}$ kg

$= 6.644 \times 10^{-27}$ kg

আলোর বেগ, $c = 8 \times 10^{8}$ m s^{-1}

α কণায় প্রোটন সংখ্যা 2 এবং নিউট্রন সংখ্যা 2

প্রোটনের ভর, $m_p = 1.007276$ amu $= 1.672 \times 10^{-27}$ J

নিউট্রনের ভর, $m_n = 1.007276$ amu $= 1.672 \times 10^{-27}$ J

∴ α কণার বন্ধন শক্তি, $E = \{2(m_p + m_n) - m\}c^2$

$= 4.41 \times 10^{-12}$J

এখানে, $E_1 < E$

অতএব, γ রশ্মি α কণাকে ভাঙতে পারবে না।

৫। **400 MW ক্ষমতার একটি পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে জ্বালানি হিসেবে U^{-235} ব্যবহৃত হয়। দেখা গেল, এক বছরে মোল প্রতি 9.257×10^{13} টি পরমাণুর ভাঙন ঘটে ?**

ক) ডোপিং কাকে বলে ? ১

খ) বিমুখী ঝোঁকে ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ার বৃদ্ধি পায় কেন ? ২

গ) U^{-235}-এর অর্ধায়ু নির্ণয় কর। ৩

ঘ) ফিশনে উৎপন্ন শক্তির 60% বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত হলে ঘণ্টায় কি 35 gm হারের চেয়ে বেশি জ্বালানি খরচ হবে ? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

উত্তর: ক) বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর সাথে খুব সামান্য পরিমাণে ত্রি বা পঞ্চযোজী মৌলের মিশ্রণের কৌশলকে ডোপিং বলে।

খ) বিমুখী ঝোঁকে কোষের ধনাত্মক প্রান্ত n-টাইপ এবং ঋণাত্মক প্রান্ত p-টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত থাকে। এক্ষেত্রে n-টাইপ বস্তুর মুক্ত ইলেকট্রন ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণের ফলে p-টাইপ বস্তুতেই থেকে যায় এবং জাংশন পার হয়ে কিছুতেই p-টাইপ বস্তুতে যেতে পারে না। একই কারণে p-টাইপ বস্তুর হোলও p-টাইপ বস্তু অংশেই থেকে যায়। ফলে ডিপ্লেশন লেয়ারের প্রশস্ততা বৃদ্ধি পায়।

গ) আমরা জানি, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\ln\left(\frac{N}{N0}\right) = -\lambda t$

বা, $\ln\left(\frac{N_0 - N_1}{N_0}\right) = \frac{-0.693}{T_{1/2}} \times t$

বা, $\ln\left(\frac{6.02\times10^{23} - 9.257\times10^{13}}{6.02\times10^{23}}\right) = \frac{-0.693}{T_{1/2}} \times 1yr$

বা, $T_{1/2} = 4.51 \times 10^9 yr$

অতএব, U-235 এর অধ্যায়ু 4.51×10^9 yr.

এক মোল এ পরমাণুর সংখ্যা, $N_0 = 6.02 \times 10^{23}$ টি
ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা, $N_1 = 9.257 \times 10^{13}$
অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা, $N = N_0 - N_1$
ভাঙনের সময়, $t = 1yr$
U^{-235}-এর অর্ধায়ু = ?

ঘ) এখানে,
পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ক্ষমতা, $P = 400$ MW
$= 400 \times 10^6$ W
$= 4 \times 10^8$ W

60% বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হলে,

$$P' = 4 \times 10^8 \times \frac{60}{100} W$$
$$= 2.4 \times 10^8 W$$

∴ বিদ্যুৎ কেন্দ্রটি থেকে এক ঘণ্টায় উৎপাদিত বিদ্যুৎ,

$$E = 2.4 \times 10^8 \times 3600 J$$
$$= 8.64 \times 10^{11} J$$

আমরা জানি, $E = mc^2$

$$\text{বা, } m = \frac{E}{c^2} = \frac{8.64 \times 10^{11}}{(3\times10^8)^2}$$
$$= 9.6 \times 10^{-6} kg$$
$$= 9.6 \times 10^{-2} gm$$

∴ ঘণ্টার 35gm হারের চেয়ে কম জ্বালানি খরচ হবে।