

大阪医科薬科大学(後期) 物理

2024年3月10日実施

I

- ① $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{6GM}{R}}$ ② $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{GM}{R}}$ ③ $16\pi R\sqrt{\frac{R}{GM}}$ ④ $\frac{2}{7}$
 ⑤ $\frac{1}{6}\sqrt{\frac{14GM}{R}}$ ⑥ $\frac{3}{5}(\sqrt{14}-3)$ ⑦ 27

解説

(1) 宇宙船の質量(探査機との合計)を m 、宇宙船の初速を v_0 とする。力学的エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - G\frac{Mm}{R} = -G\frac{Mm}{4R} \quad \therefore v_0 = \sqrt{\frac{3GM}{2R}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{6GM}{R}}$$

(2) 宇宙船の質量(探査機を除く)を m' 、速さを v とする。宇宙船の運動方程式は、

$$m'\frac{v^2}{4R} = G\frac{Mm'}{(4R)^2} \quad \therefore v = \sqrt{\frac{GM}{4R}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{GM}{R}}$$

(3) 求める周期を T とする。

$$T = \frac{2\pi \cdot 4R}{v} = 16\pi R\sqrt{\frac{R}{GM}}$$

(4) 点 A での探査機の速さを v_1 、点 B での探査機の速さを v_2 とする。探査機は地球による万有引力のみを受けて運動するため、探査機の運動について面積速度一定の法則が成り立つ。よって、

$$\frac{1}{2}4Rv_1 = \frac{1}{2}14Rv_2 \quad \therefore v_2 = \frac{2}{7}v_1$$

(5) 探査機についての力学的エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - G\frac{Mm}{4R} = \frac{1}{2}mv_2^2 - G\frac{Mm}{14R}$$

となる。これと(4)より、 $v_1 = \sqrt{\frac{7GM}{18R}} = \frac{1}{6}\sqrt{\frac{14GM}{R}}$

(6) 探査機の質量は $m - m'$ となるが、これを m'' とおくと、宇宙船の質量(探査機を除く)は $m - m''$ となる。宇宙船と探査機についての運動量保存則より、

$$0 = (m - m'')v_1 - m''v_2 \quad \therefore m'' = \frac{3}{\sqrt{14}+3}m = \frac{3}{5}(\sqrt{14}-3) \times m$$

(7) 探査機の運動の周期を T' とする。ケプラーの第3法則より、

$$\frac{T^2}{T'^2} = \frac{(4R)^3}{(9R)^3}$$

となる。これより $T:T' = 8:27$ となる。宇宙船と探査機の軌道の共有点は点 A のみであるから、点 A で再び出会うときのことを考えればよい。8と27は互いに素であるから、宇宙船が地球の周りを27回転したときに再び宇宙船と探査機は点 A で出会う。

<次頁につづく>

II

- (1) 264.0 m/s (2) 55.0 Hz (3) 523.2 m/s (4) 38.6 cm
 (5) 弦 A の張力が (4) のままと考えた場合、円筒の長さ：154.5 cm、共鳴音の周波数：220.0 Hz
 (弦 A の張力を (1) の状態に戻したと考えた場合、円筒の長さ：77.3 cm、共鳴音の周波数：440.0 Hz)

解説

- (1) 弦 A の基本音の波長は $0.300 \times 2 = 0.600$ m であるから、弦 A を伝わる波の速さを v_A とすると、

$$v_A = 440.0 \times 0.600 = \mathbf{264.0 \text{ m/s}}$$

- (2) 弦 B の断面積が弦 A の 4 倍であるから、弦 B の線密度は弦 A の 4 倍となる。弦を伝わる波の速さは、弦の線密度の二乗根に反比例するので、弦 B を伝わる波の速さは、弦 A を伝わる波の速さの $\frac{1}{2}$ 倍となる。したがって、求める周波数を f_B とすると、弦 B の基本音の波長は 1.200×2 m であるから、

$$\frac{1}{2} \times 264.0 = f_B \times (1.200 \times 2) \quad \therefore f_B = \mathbf{55.0 \text{ Hz}}$$

- (3) 弦を伝わる波の速さは弦の張力の二乗根に比例する。弦 A の張力を $\frac{1}{4}$ 倍にしたので、弦 A を伝わる波の速さは $\frac{1}{2}$ 倍になる。このときの弦 A の振動数を f_A とすると、

$$\frac{1}{2} \times 264.0 = f_A \times (0.300 \times 2) \quad \therefore f_A = 220.0 \text{ Hz}$$

また、弦 B の張力を (55.0 Hz から) 少しずつ大きくしていくと、弦 A, B それぞれの基本音で 1 秒間に 2 回のうなりが発生するようになったので、弦 B の周波数は、 $220.0 - 2 = 218.0$ Hz である。したがって、弦 B を伝わる波の速さは、

$$218.0 \times (1.200 \times 2) = \mathbf{523.2 \text{ m/s}}$$

- (4) 弦 A の 2 倍音の周波数は $220.0 \times 2 = 440.0$ Hz である。求める円筒の長さを x [cm] とすると、円筒内の音波の波長は $2x$ [cm] = $2x \times 10^{-2}$ [m] であるから、

$$340.0 = 440.0 \times (2x \times 10^{-2}) \quad \therefore x = 38.63 \dots \doteq \mathbf{38.6 \text{ cm}}$$

- (5) (4) と同じく張力が $\frac{1}{4}$ のまま弦 A を弾いたとすると、弦 A の基本音の周波数は 220.0 Hz である。求める円筒の長さを y [cm] とすると、円筒内の音波の波長は $2y$ [cm] = $2y \times 10^{-2}$ [m] であるから、

$$2 \times 340.0 = 220.0 \times (2y \times 10^{-2}) \quad \therefore y = 154.54 \dots \doteq \mathbf{154.5 \text{ cm}}$$

また、円筒で発生する共鳴音の周波数は、**220.0 Hz**

【補足】

問題文を、弦 A の張力を (1) の状態に戻したと解釈した場合の解答は以下のようになる。

弦 A の基本音の周波数は 440.0 Hz である。求める円筒の長さを y [cm] とすると、円筒内の音波の波長は $2y$ [cm] = $2y \times 10^{-2}$ [m] であるから、

$$2 \times 340.0 = 440.0 \times (2y \times 10^{-2}) \quad \therefore y = 77.27 \dots \doteq \mathbf{77.3 \text{ cm}}$$

また、円筒で発生する共鳴音の周波数は、**440.0 Hz**

IV

- (1) ① A. ② B. (2) $\frac{ab}{a-b}V$ ベクレル
- (3) ① mc ② $\frac{h}{mc^2}$ ③ $\frac{m^2c^3}{h}$
- (4) ① 質量欠損 ② Δmc^2 ③ 質量数 (「中の核子の数」でも可) ④ ア ⑤ ア ⑥ ア

解説

(1) 同じ高さ ($h = 3 \text{ m}$) 分の重力による位置エネルギーを運動エネルギーに変換するので、PA、PB どちらの斜面を滑らせても、水平面に達した後の速さは同じ (重力加速度の大きさを g として $\sqrt{2gh}$) である。したがって、水平面を滑り続けるふたつの小物体の間隔は② B. 同じままである。

また、斜面上を滑っているときの斜面方向の加速度の大きさは斜面 PA では $a_A = \frac{3}{5}g$, 斜面 PB では $a_B = \frac{3}{10}g$ である。どちらも等加速度運動なので水平面にたどり着くまでの時間は

$$\text{斜面 PA: } \frac{1}{2}a_A t_A^2 = 5 \quad \therefore t_A = \sqrt{\frac{10}{a_A}} = \sqrt{\frac{10}{2a_B}}$$

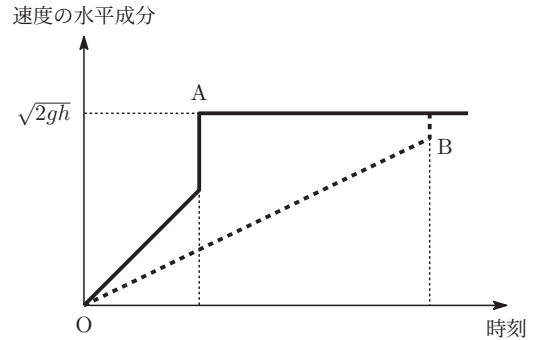
$$\text{斜面 PB: } \frac{1}{2}a_B t_B^2 = 10 \quad \therefore t_B = \sqrt{\frac{20}{a_B}} = 2t_A$$

であり、水平面にたどり着くのは斜面 PA を滑った時の方が早い。また、斜面上を滑っている間の加速度の水平成分は、

$$\text{斜面 PA: } a_{Ax} = \frac{4}{5}a_A = \frac{12}{25}g = \frac{\sqrt{48^2}}{100}g = \frac{\sqrt{2304}}{100}g \quad \text{斜面 PB: } a_{Bx} = \frac{\sqrt{91}}{10}a_B = \frac{3\sqrt{91}}{100}g = \frac{\sqrt{819}}{100}g$$

であるから、 $a_{Ax} > a_{Bx}$ であることがわかる。よって速度の水平成分と時刻の関係は右図 (補足も参照のこと) のようになり、PA を滑った時の速度は常に PB を滑った時の速度より大きいことがわかる。したがって B にたどり着く時刻は① A. PA を滑らせた方が早い。

【補足】A および B でグラフが不連続に見える理由：斜面と水平面が滑らかに接続されているので、斜面上から水平面上にうつる微小時間の間に斜面方向の速度が水平方向の速度に変化する。そのため、速度の水平成分が微小時間の間に $\sqrt{2gh}$ に変化する。



実線は PA を滑った時、
破線は PB を滑った時の速度の水平成分を表す。

(2) 放射能量 (放射能の強さ) は容器内に含まれる放射性元素の原子核数に比例する。したがって、元々容器内に含まれる放射性物質を含んだ水の体積を $V_0 [\text{cm}^3]$ とおくと、題意より元々の容器内の放射能量は $aV_0 [\text{Bq}]$ である。ここに水 $V [\text{cm}^3]$ を加えると $1 [\text{cm}^3]$ あたりの放射能量が $b [\text{Bq}]$ となったので、水を加えた後の容器内の放射能量は $b(V_0 + V) [\text{Bq}]$ と書ける。ところで水を加える前後で容器内の放射性元素の原子核数は不変であると考えられるから、

$$aV_0 = b(V + V_0) \quad \therefore V_0 = \frac{b}{a-b}V$$

よって全体の放射能量は $aV_0 = \frac{ab}{a-b}V$ ベクレルとなる。

(3) 各物理量を含む公式を使って指示された次元を持つ式を作ればよい。

① mv の v を与えられた光速 c で置き換えて mc

② プランク定数 h の単位が $[\text{J}\cdot\text{s}]$ であるから、 h を運動エネルギー $\frac{1}{2}mv^2 [\text{J}]$ と同じ次元の $mc^2 [\text{J}]$ で割って、

$$\text{時間の次元を作ると } \frac{h}{mc^2}$$

③ 運動量の変化と力積の関係から $F\Delta t = \Delta(mv)$ $\therefore F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t}$ である。① ② で運動量と時間の次元を持つ式を求めたので、それらの比を取って、力の次元をもつ式は

$$\frac{mc}{\frac{h}{mc^2}} = \frac{m^2c^3}{h}$$

(4)

⑤・⑥ 問題文の文末に、「このエネルギーが原子力発電に利用されている」とあるので、現在原子炉で使用されている核分裂反応について答える。よって、核子 1 個あたりの結合エネルギーが最も大きい原子核より⑤ A 重い (例えば ^{235}U) の原子核では⑥ A 核分裂によってエネルギーを得る、となる。

講評

- I [力学：万有引力，ケプラーの3法則]（標準）
特別な知識は必要としないものの，問題の後半は作業量やや多いので失点しやすい。距離 OA は $3R$ ではなく $4R$ であることに注意が必要である。⑦では，整数についての考察が必要である。
- II [波動：弦の振動，気柱の共鳴]（標準）
弦の振動および気柱の共鳴についての標準的な問題。多くの受験生にとって，解き慣れた問題だと思われるので完答したい。ただし，(5) は，弦の張力が (4) のままか，(1) の状態に戻すのか，2通りの解釈が可能な設問であった。
- III [電磁気：導体棒中の自由電子の運動・抵抗率・消費電力]（やや易）
導体棒中の自由電子の運動についての標準的な出題。受験生の多くが同内容の問題を解いたことがあるだろう。時間をかけることなく完答したい。
- IV [小問集合]（標準～やや難）
 - (1) [力学：滑らかな斜面および水平面を移動する物体の運動]（やや難）計算が煩雑にならないように考えたい。
 - (2) [原子：放射能の強さ]（標準）素早く解きたい。
 - (3) [総合：次元]（標準）大阪医科薬科大学では頻出の問題。
 - (4) [原子：結合エネルギー]（標準）受験生の準備が手薄になりがちな分野ではあるが大阪医科薬科大学の受験生であれば解けてほしい。小問集合は12分程度で小問集合全体の8割正答できればよいだろう。

総評

総じて，難易度は昨年度後期と同程度。大問 I，大問IVの一部はやや解きにくい。大問IIの情報も整理しながら解く必要がある。全体的に手早く正確な計算ができたかどうかで点差がつく。後期であることを踏まえると目標得点率は85%

メルマガ無料登録で全教科配信！ 本解答速報の内容に関するお問合せは… メビオ ☎0120-146-156 まで

医学部進学予備校

メビオ

☎0120-146-156 <https://www.mebio.co.jp/>

医学部専門予備校
YMS
heart of medicine

医学部専門予備校
英進館メビオ 福岡校

☎03-3370-0410
<https://yms.ne.jp/>

☎0120-192-215
<https://www.mebio-eishinkan.com/>

登録はこちらから

2泊3日無料体験

寮・授業・食堂の体験

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00		
タイムスケジュール	1日目 (日曜日)										面談・入寮		学力診断テスト(英語)	夕食	学力診断テスト(数学)	学力診断テスト(個性)
	2日目 (月曜日)		朝食	授業(数学)		授業(英語)	昼食	授業(理科1)	授業(理科2)		自習室で課題演習(質問可)	夕食	自習室で課題演習(質問可)			
	3日目 (火曜日)		朝食	課題提出テスト	授業(数学)	課題提出テスト	授業(英語)	昼食			面談・学習アドバイス					

好評につき追加募集！

お申込はお電話
HP・QRコード
より承ります

- 無料体験期間**
- ⑥ 3/17 (日) ~ 3/19 (火)
 - ⑦ 3/24 (日) ~ 3/26 (火)
 - ⑧ 3/31 (日) ~ 4/ 2 (火)
 - ⑨ 4/ 7 (日) ~ 4/ 9 (火)



詳しくは Web または お電話で