

第1問 以下の問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 ~]

問1 地面から小球を鉛直上向きに打ち出したところ、地面から最高点までの高さは4.9 m だった。空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

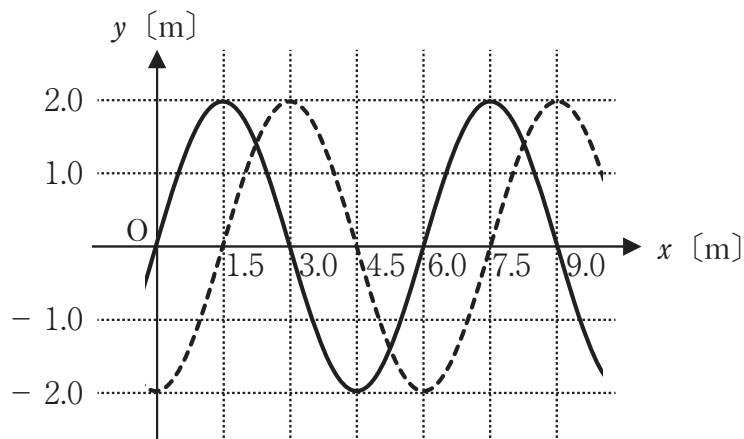
(1) 小球を打ち出すときの速さとして正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

- ① 3.5 m/s ② 4.9 m/s ③ 6.9 m/s ④ 9.8 m/s ⑤ 14 m/s

(2) 小球を打ち出してから地面に落下するまでの時間として正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。

- ① 0.50 s ② 0.71 s ③ 1.0 s ④ 1.4 s ⑤ 2.0 s ⑥ 2.8 s

問2 図は、 x 軸正の向きに伝わる正弦波の時刻 $t = 0 \text{ s}$ における波形を実線で、時刻 $t = 1.0 \text{ s}$ における波形を破線で表したものであり、横軸に媒質の位置 x [m]、縦軸に媒質の変位 y [m] をとっている。ただし、正弦波の周期は1.0 s より長いものとする。この正弦波の時刻 $t = 9.0 \text{ s}$ における位置 $x = 24 \text{ m}$ の変位 y [m] として正しいものを、下の①～⑤から1つ選べ。



- ① -2.0 m ② -1.0 m ③ 0 m ④ 1.0 m ⑤ 2.0 m

問3 36℃の水 $3.0 \times 10^2 \text{ g}$ に、90℃に熱した $7.0 \times 10^2 \text{ g}$ の金属球を入れた。そのまましばらく放置すると、全体の温度が54℃で一定となった。金属球の比熱として正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。ただし、水の比熱を $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とし、熱は水と金属球の間でのみやりとりされるものとする。

4

- ① $0.50 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ ② $0.60 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ ③ $0.70 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$
④ $0.80 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ ⑤ $0.90 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ ⑥ $1.0 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$

問4 抵抗および抵抗率について述べた次の①～④の記述のうち、誤っているものを1つ選べ。

5

- ① オームの法則にしたがう導体では、導体の両端に加わる電圧が同じであれば、抵抗が大きいほど導体を流れる電流は小さい。
② 一般に、同じ材質の導体であれば、抵抗は長さに比例し、断面積に反比例する。
③ 半導体の抵抗率は、不導体の抵抗率よりも大きく、導体の抵抗率よりも小さい。
④ 一般に、導体の抵抗率は、導体の温度が高いほど大きい。

第2問 次の文章 **A**, **B** を読んで, 以下の問い (問1~5) に答えよ。

[解答番号 6 ~ 10]

A 断面積 S , 高さ $\frac{1}{3}h$, 密度 ρ の一様な直方体 **A** と, 断面積 S , 高さ $\frac{2}{3}h$, 密度 2ρ の一様な直方体 **B** を接着してひとつの直方体 (物体 **P** とする) を作り, 図1のように, 軽くて伸び縮みしない糸で鉛直につり下げた。物体 **P** の下には密度 ρ_0 ($\rho_0 < \rho$) の水が張ってある。水面の位置を $x = 0$ として x 軸を鉛直下向きにとり, 物体 **P** の底面の位置を $x = X$ とする。物体 **P** に働く力のつり合いを保ったまま, 物体 **P** をゆっくりと鉛直下向きに下げていった。水面は水平で高さは変化せず, 糸と物体 **P** は常に鉛直を保つものとする。また, 糸の体積, 空気抵抗, および水の抵抗や表面張力は無視できるものとし, 物体 **P** が水中に入るときに水面から受ける力積も無視できるものとする。重力加速度の大きさを g とする。

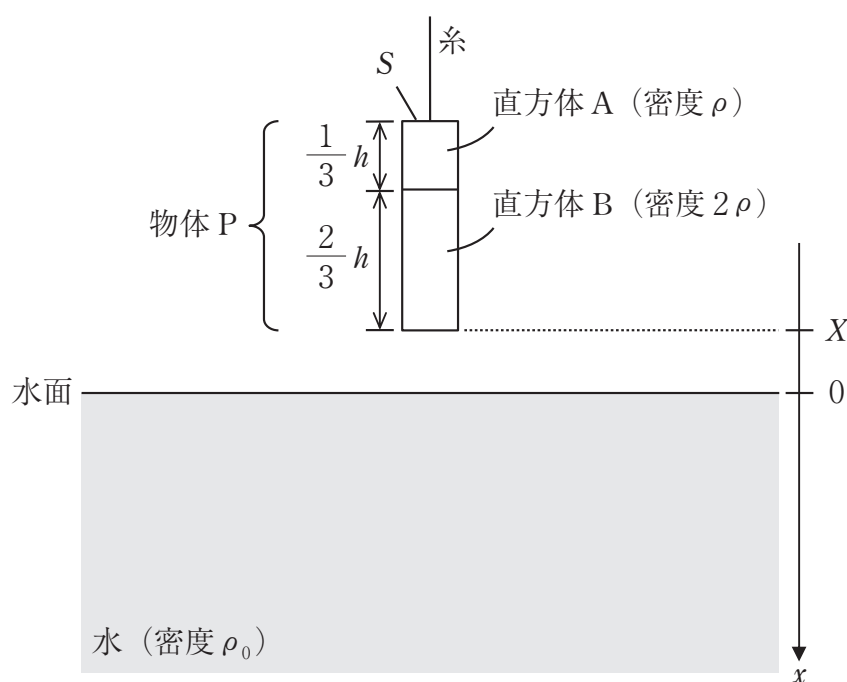


図1

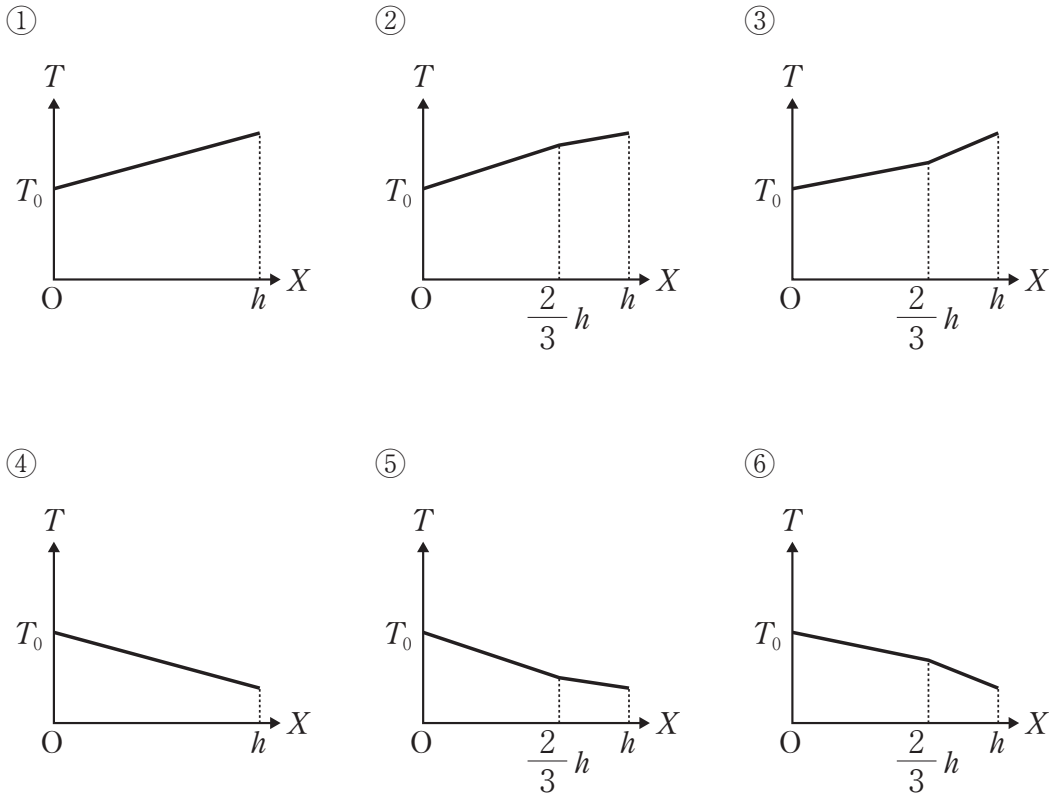
問1 $X < 0$ のときの糸の張力の大きさ T_0 を表した式として正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。 6

- ① $\frac{1}{3} \rho Shg$ ② ρShg ③ $\frac{4}{3} \rho Shg$
 ④ $\frac{3}{2} \rho Shg$ ⑤ $\frac{5}{3} \rho Shg$ ⑥ $2 \rho Shg$

問2 $X > h$ のとき、物体Pに働く浮力の大きさを表した式として正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。 7

- ① $\frac{1}{3} \rho_0 Shg$ ② $\rho_0 Shg$ ③ $\frac{4}{3} \rho_0 Shg$
 ④ $\frac{3}{2} \rho_0 Shg$ ⑤ $\frac{5}{3} \rho_0 Shg$ ⑥ $2 \rho_0 Shg$

問3 $0 \leq X \leq h$ において、 X に対する糸の張力の大きさ T の変化の様子を表したグラフとして正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。 8



B 図2のように、長さ L 、質量 m の一様な棒 AB の端点 A を、あらかじめ鉛直な壁に垂直に押し付け、A から距離 $\frac{2}{3}L$ の位置と壁を軽く伸び縮みしない糸で結んだ。このとき、糸と棒 AB のなす角は $\frac{\pi}{4}$ であった。棒 AB の端点 B に大きさの無視できる質量 m のおもりを載せたところ、棒 AB は水平を保ったまま静止していた。壁と棒 AB との間の静止摩擦係数を $\frac{1}{4}$ 、重力加速度の大きさを g とする。

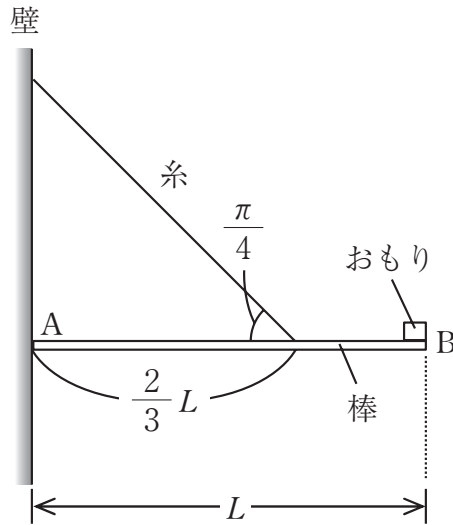


図2

問4 図2において、棒が壁から受ける静止摩擦力の大きさを表した式として正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。

9

① $\frac{1}{4} mg$

② $\frac{3}{8} mg$

③ $\frac{1}{2} mg$

④ $\frac{3}{4} mg$

⑤ mg

⑥ $\frac{9}{8} mg$

問5 端点 B に載せるおもりの質量を変えたとき、棒 AB が水平を保ったまま静止できるおもりの質量の最大値を表した式として正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。

10

① $\frac{3}{2} m$

② $2 m$

③ $\frac{5}{2} m$

④ $3 m$

⑤ $\frac{7}{2} m$

⑥ $4 m$

第3問 次の文章 **A**, **B** を読んで, 以下の問い (問1~5) に答えよ。

[解答番号 11 ~ 15]

A 図1のように, 両端の開いた長さ L の細い管にピストンをはめ, 管の開口端付近にスピーカーを置いた。スピーカーを置いた側の管の開口端を $x = 0$ として, 管に沿って x 軸をとる。スピーカーから振動数 f_1 の音を出しながら, ピストンを $x = 0$ の位置から x 軸正の向きにゆっくりと動かしていくと, $x = l_1$ の位置ではじめて共鳴が観測された。開口端補正は無視できるものとする。

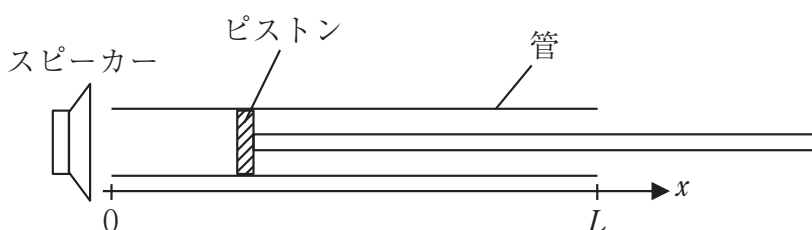


図1

問1 ピストンをさらに x 軸正の向きにゆっくりと動かしていったところ, 位置 $x = l_2$ で2度目の共鳴が観測された。 l_2 を表した式として正しいものを, 次の①~⑤から1つ選べ。 11

- ① $\frac{4}{3}l_1$ ② $\frac{3}{2}l_1$ ③ $\frac{5}{3}l_1$ ④ $2l_1$ ⑤ $3l_1$

問2 問1の状態ではピストンを位置 $x = l_2$ に固定し, スピーカーから出す音の振動数を徐々に大きくしていったところ, いったん共鳴が観測されなくなったが, 振動数が f_2 となったときに再び共鳴が観測された。 f_2 を表した式として正しいものを, 次の①~⑤から1つ選べ。 12

- ① $\frac{4}{3}f_1$ ② $\frac{3}{2}f_1$ ③ $\frac{5}{3}f_1$ ④ $2f_1$ ⑤ $3f_1$

問3 問2の状態ですピーカーから振動数 f_2 の音を出したまま、ピストンを再び x 軸正の向きにゆっくりと動かしていったが、共鳴が観測されないまま位置 $x = L$ に到達した。その後、ピストンを管から引き抜いた直後に共鳴が観測された。このときの音の速さを表した式として正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。

13

① $\frac{2}{3}f_2L$

② $\frac{4}{5}f_2L$

③ f_2L

④ $\frac{4}{3}f_2L$

⑤ $2f_2L$

⑥ $4f_2L$

B 図2のように、細いスリット S_1, S_2 が間隔 d だけ離れて平行に開けられている板に、波長 λ の単色のレーザー光を垂直にあて、板と間隔 L だけ離して平行に並べたスクリーン上で干渉縞を観測した。線分 S_1S_2 の垂直二等分線とスクリーンとの交点を O とする。装置は空気中に置かれており、空気の屈折率を1とする。また、レーザー光は S_1, S_2 において同位相であるものとする。 $d \ll L$ とし、必要であれば $|y| \ll 1$ のときに成り立つ近似式 $(1+y)^a \doteq 1+ay$ (ただし、 y, a は実数) を用いてよい。

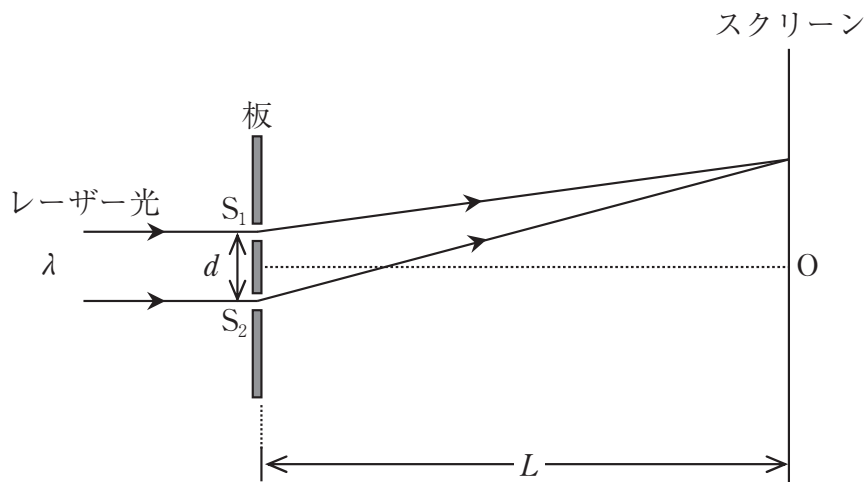


図2

問4 点 O 付近の干渉縞について、点 O から暗線までの距離 x と、隣り合う暗線の間隔 Δx を表した式の組合せとして正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。ただし、 $x \ll L$ とし、 m を0以上の整数とする。

14

	①	②	③	④	⑤	⑥
x	$\frac{mL\lambda}{d}$	$\frac{mL\lambda}{d}$	$\frac{mL\lambda}{d}$	$\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{L\lambda}{d}$	$\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{L\lambda}{d}$	$\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{L\lambda}{d}$
Δx	$\frac{L\lambda}{2d}$	$\frac{L\lambda}{d}$	$\frac{3L\lambda}{2d}$	$\frac{L\lambda}{2d}$	$\frac{L\lambda}{d}$	$\frac{3L\lambda}{2d}$

問5 図3のように、スリット S_1 の手前に厚さ t の薄いフィルムをレーザー光に対して垂直に置いたところ、スクリーン上の点 O の位置に明線が現れた。考えられるフィルムの厚さ t の最小値として正しいものを、下の①～⑥から1つ選べ。ただし、 $\lambda = 6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ とし、フィルムの屈折率を 1.5 とする。

15

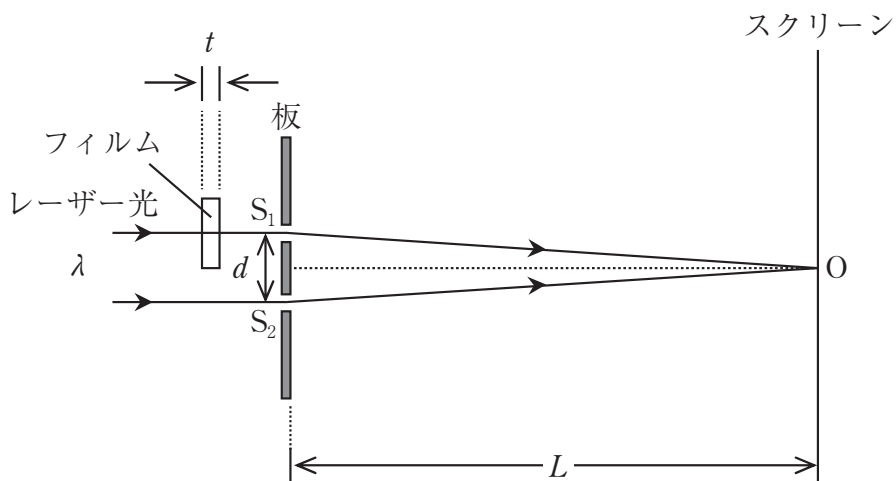


図3

- | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| ① $0.24 \mu\text{m}$ | ② $0.30 \mu\text{m}$ | ③ $0.40 \mu\text{m}$ |
| ④ $0.90 \mu\text{m}$ | ⑤ $1.2 \mu\text{m}$ | ⑥ $1.5 \mu\text{m}$ |

第4問 次の文章 **A**, **B** を読んで, 以下の問い (問1~5) に答えよ。

[解答番号 16 ~ 20]

A 図1のように, 電池, スイッチ, およびコンデンサーからなる回路がある。はじめ, スイッチは開いていて, コンデンサーの極板間隔は d , 電気容量は C であり, コンデンサーに電荷は蓄えられていなかった。この状態から, スイッチを閉じて十分に時間が経過すると, コンデンサーに電気量 Q が蓄えられた。

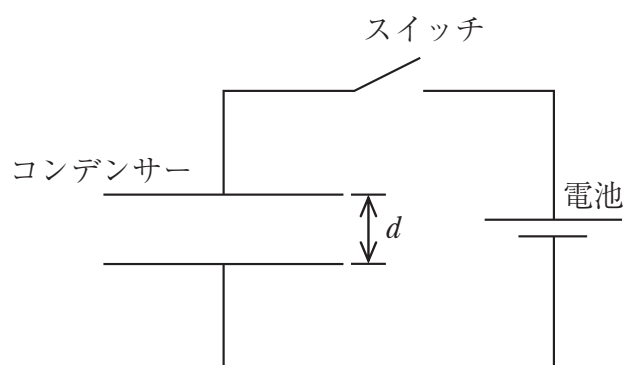


図1

問1 スイッチを閉じたまま, コンデンサーの極板間隔を $3d$ に広げた。その後, 十分時間が経過したとき, コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーを表した式として正しいものを, 次の①~⑤から1つ選べ。 16

① $\frac{Q^2}{18C}$ ② $\frac{Q^2}{6C}$ ③ $\frac{Q^2}{2C}$ ④ $\frac{3Q^2}{2C}$ ⑤ $\frac{9Q^2}{2C}$

問2 問1の後, スイッチを開いてから, コンデンサーに蓄えられている電荷が逃げないようにして, 極板間隔を d に戻した。その後, 十分時間が経過したとき, コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーを表した式として正しいものを, 次の①~⑤から1つ選べ。 17

① $\frac{Q^2}{18C}$ ② $\frac{Q^2}{6C}$ ③ $\frac{Q^2}{2C}$ ④ $\frac{3Q^2}{2C}$ ⑤ $\frac{9Q^2}{2C}$

B 図2のように、導体でできた十分に長い2本のレールを間隔 l で平行に並べ、ともに水平と $\frac{\pi}{6}$ の角をなすように傾けた。これら2本のレールの上部に、導線を介して電池、可変抵抗、および電流計をつなぎ、磁束密度の大きさが B で鉛直上向きの一様な磁場の中に置いた。はじめ、可変抵抗の抵抗値を R_0 とし、2本のレール上に導体棒をレールと垂直に置いたところ、導体棒は水平な状態で静止し、電流計には大きさ I_0 の電流が流れた。以下では、導体棒は常に水平で、レールと垂直を保ったまま運動するものとする。また、可変抵抗以外の抵抗、回路を流れる電流がつくる磁場、および導体棒に働く空気抵抗と摩擦力は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g とする。

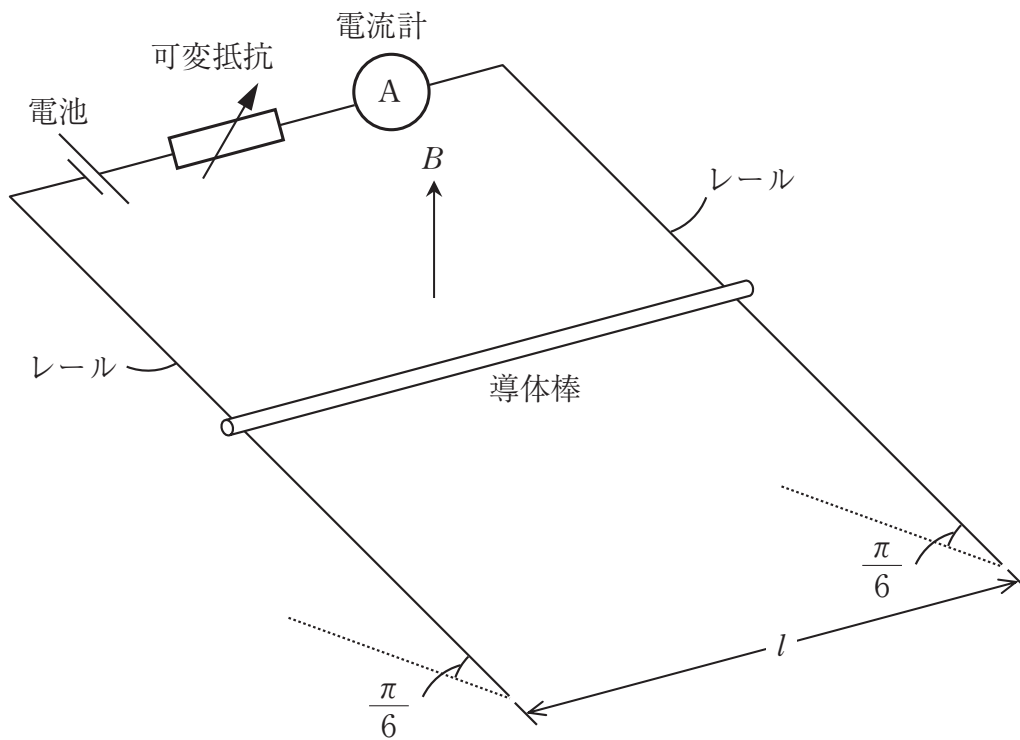


図2

問3 導体棒の質量を表した式として正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。

18

① $\frac{I_0 B l}{g}$

② $\frac{\sqrt{3} I_0 B l}{g}$

③ $\frac{2 I_0 B l}{g}$

④ $\frac{I_0 B^2 l^2}{g}$

⑤ $\frac{\sqrt{3} I_0 B^2 l^2}{g}$

⑥ $\frac{2 I_0 B^2 l^2}{g}$

導体棒が静止している状態から、可変抵抗の抵抗値を $2R_0$ としたところ、導体棒はレール上をすべり下り、しばらくすると速さが v_0 で一定となった。

問4 導体棒が速さ v_0 で運動しているとき、電流計を流れる電流の大きさを表した式として正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。 19

- ① 0 ② $\frac{1}{2} I_0$ ③ $\frac{\sqrt{3}}{2} I_0$
 ④ I_0 ⑤ $\sqrt{3} I_0$ ⑥ $2 I_0$

問5 電池の起電力の大きさは、はじめに導体棒が静止していたときの回路を考えることにより、 $R_0 I_0$ に等しいことがわかる。このことを用いて、 v_0 を表した式として正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。 20

- ① $\frac{R_0 I_0}{Bl}$ ② $\frac{2\sqrt{3} R_0 I_0}{3 Bl}$ ③ $\frac{2 R_0 I_0}{Bl}$
 ④ $\frac{4\sqrt{3} R_0 I_0}{3 Bl}$ ⑤ $\frac{4 R_0 I_0}{Bl}$

問3 $\lambda = 1.5 \times 10^{-10} \text{ m}$ の X 線を結晶にあてたところ、 $\theta = \frac{\pi}{6}$ となる方向に強め合う反射 X 線が観測された。このブラッグ反射を起こした格子面間隔 d の最小値として正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。

23

① $8.7 \times 10^{-11} \text{ m}$

② $1.3 \times 10^{-10} \text{ m}$

③ $1.5 \times 10^{-10} \text{ m}$

④ $1.7 \times 10^{-10} \text{ m}$

⑤ $2.6 \times 10^{-10} \text{ m}$

⑥ $3.0 \times 10^{-10} \text{ m}$

B ウラン ${}_{92}^{235}\text{U}$ が 1 個の遅い中性子 ${}_{0}^1\text{n}$ を吸収し、バリウム ${}_{\text{ア}}^{141}\text{Ba}$ とクリプトン ${}_{36}^{92}\text{Kr}$ 、および 3 個の中性子 ${}_{0}^1\text{n}$ に分裂する以下の核分裂を考える。



問 4 $\boxed{\text{ア}}$ に当てはまる数字として正しいものを、次の①～④から 1 つ選べ。

$\boxed{24}$

① 53

② 54

③ 55

④ 56

問 5 この核分裂で放出されるエネルギーとして正しいものを、次の①～⑥から 1 つ選べ。ただし、統一原子質量単位を u とし、 ${}_{92}^{235}\text{U}$ 、 ${}_{\text{ア}}^{141}\text{Ba}$ 、 ${}_{36}^{92}\text{Kr}$ 、 ${}_{0}^1\text{n}$ の質量をそれぞれ $234.9935 u$ 、 $140.8837 u$ 、 $91.9064 u$ 、 $1.0087 u$ とする。また、 $1 u$ に相当するエネルギーを $9.3 \times 10^2 \text{ MeV}$ とする。

$\boxed{25}$

① $1.7 \times 10^2 \text{ MeV}$

② $7.7 \times 10^2 \text{ MeV}$

③ $9.3 \times 10^2 \text{ MeV}$

④ $1.1 \times 10^3 \text{ MeV}$

⑤ $1.8 \times 10^3 \text{ MeV}$

⑥ $2.0 \times 10^3 \text{ MeV}$

【解答】

第1問

問 題	問 1		問 2	問 3	問 4
解答番号	1	2	3	4	5
解 答	④	⑤	①	⑤	③

第2問

問 題	A 問 1	A 問 2	A 問 3	B 問 4	B 問 5
解答番号	6	7	8	9	10
解 答	⑤	②	④	①	⑤

第3問

問 題	A 問 1	A 問 2	A 問 3	B 問 4	B 問 5
解答番号	11	12	13	14	15
解 答	⑤	③	①	⑤	⑤

第4問

問 題	A 問 1	A 問 2	B 問 3	B 問 4	B 問 5
解答番号	16	17	18	19	20
解 答	②	①	②	④	②

第5問

問 題	A 問 1	A 問 2	A 問 3	B 問 4	B 問 5
解答番号	21	22	23	24	25
解 答	①	④	③	④	①