

物 理

1 次の問1～4に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

問1 図1のように、半径 r の半円の断面をもつ粗い円筒面上に、一辺が r で質量が m の一様な立方体（手前の表面が ABCD）を、面 ABCD が鉛直面内に収まるように置いたところ、立方体は円筒面上で静止していた。このとき、円筒面に最も近い表面が水平方向となす角を θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{4}$) とし、重力加速度の大きさを g とする。円筒面から立方体にはたらく静止摩擦力の円筒の中心軸 O のまわりの力のモーメントの大きさ M を表す式として正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $M =$

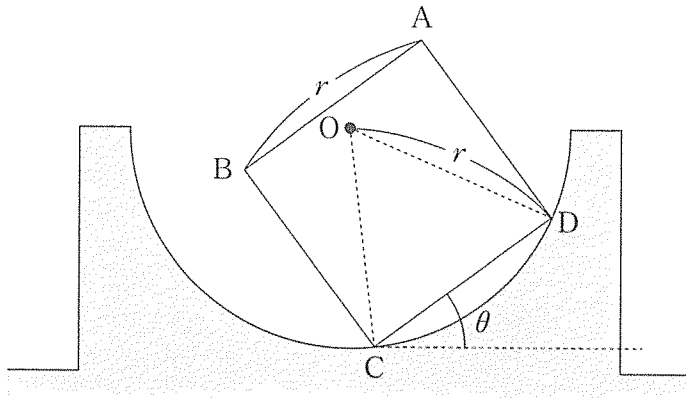


図 1

- | | | |
|--|--|-----------------------------|
| ① $\frac{\sqrt{3}-1}{2} mgr \sin \theta$ | ② $\frac{\sqrt{3}+1}{2} mgr \sin \theta$ | ③ $mgr \tan \theta$ |
| ④ $\frac{\sqrt{3}-1}{2} mgr \cos \theta$ | ⑤ $\frac{\sqrt{3}+1}{2} mgr \cos \theta$ | ⑥ $\frac{mgr}{\tan \theta}$ |

問2 動かないように固定してある $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ の直方体の大きな氷柱（氷の塊）に、 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ に熱した 200 g の銅製の弾丸を、速さ 300 m/s で打ち込んだところ、弾丸は氷の中で静止し、一部が融けて水になった。氷が砕け散ったりすることはないものとする。融けた氷の質量 $m[\text{g}]$ として最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、銅の比熱を $0.38\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、氷の融解熱を 330 J/g とし、熱の移動は氷と弾丸の間だけで起こるとする。 $m = \boxed{2} [\text{g}]$

① 2.5×10^1

② 5.0×10^1

③ 2.5×10^2

④ 5.0×10^2

⑤ 2.5×10^3

⑥ 5.0×10^3

問3 次の文中の空欄 **ア** ~ **ウ** に入れる語句の組合せとして正しいものを、
 下の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 **3**

図2のように、鏡面が球面になっている凹面鏡の焦点の内側に物体を置いて前方
 (物体の左側) から見ると、鏡の **ア** に **イ** した **ウ** ができる。

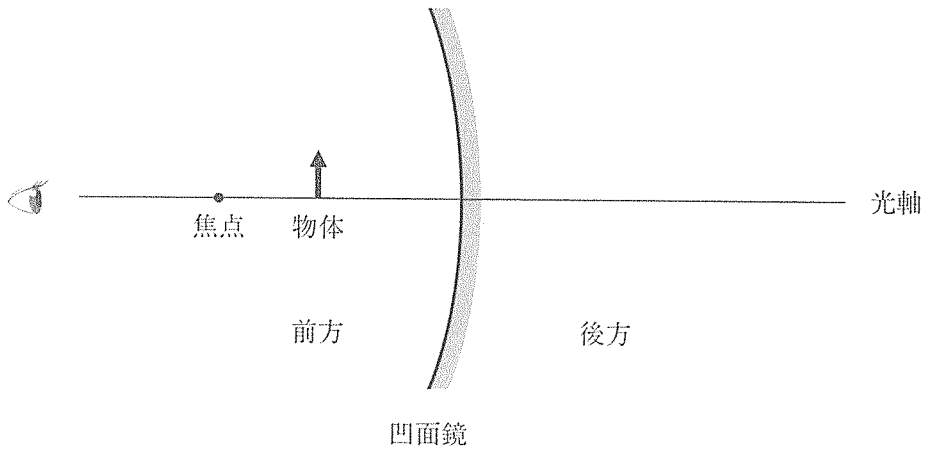


図2

	ア	イ	ウ
①	前方	正立	実像
②	前方	正立	虚像
③	前方	倒立	実像
④	前方	倒立	虚像
⑤	後方	正立	実像
⑥	後方	正立	虚像
⑦	後方	倒立	実像
⑧	後方	倒立	虚像

問4 次の文章の空欄 , に入れる数値の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

図3のような、漢字の「田」の字の形をした抵抗回路がある。各抵抗の抵抗値は図中に示すとおりである。a-b端子間の合成抵抗は $\times r[\Omega]$ で、a-b端子間に $22V[V]$ の直流電圧をかけると、各抵抗を流れる電流のうち、最小値は $\times \frac{V}{r}$ [A] である。

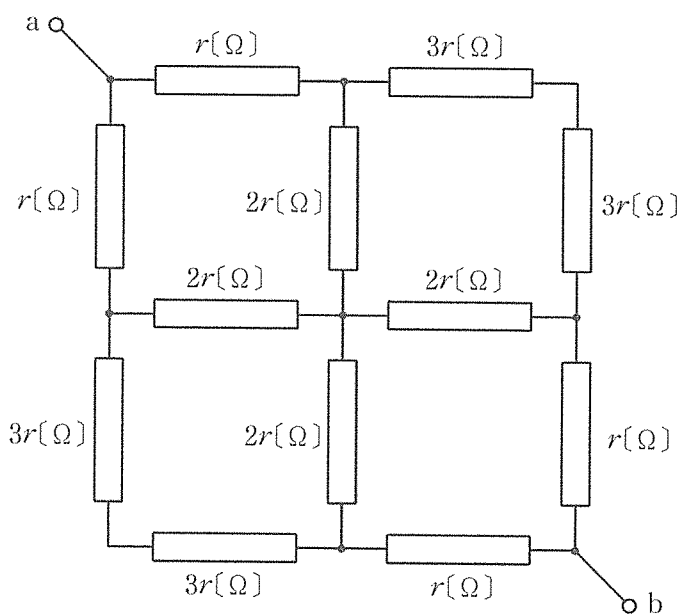


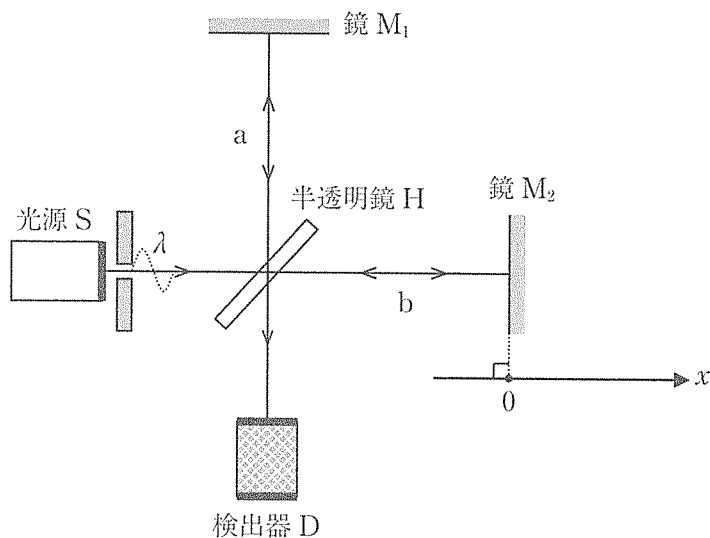
図3

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	$\frac{11}{3}$	$\frac{11}{5}$	$\frac{11}{7}$	$\frac{11}{3}$	$\frac{11}{5}$	$\frac{11}{7}$
イ	2	2	3	4	4	5

2 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

図のような干渉計が空气中に置かれている。光源Sから出て x 軸方向に進む単色光が、入射光線に対して 45° 傾けた半透明鏡（ハーフミラー）Hに達し、一部は反射し、残りは透過する。このうち、半透明鏡Hで反射し、鏡 M_1 で反射した後、Hを透過して検出器Dに至る光線を a とする。一方、半透明鏡Hを透過し、鏡 M_2 で反射した後、Hで反射して検出器Dに至る光線を b とする。

鏡 M_1 の位置は固定されているが、鏡 M_2 は x 軸に垂直な状態を保ってその位置を x 軸方向に動かすことができる。鏡 M_2 の位置が $x = 0$ のとき、光線 a と光線 b の光路差が0になるように調整されている。また、光源Sから発せられる単色光の波長 λ は連続的に変えることができるが、初めは λ_0 に調整してある。空気の屈折率を 1.0 とする。



問1 鏡 M_2 の位置が x ($x > 0$) であるとき、光線 a, b の光路差を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

① $\frac{x}{2}$

② x

③ $\frac{3}{2}x$

④ $2x$

⑤ $\frac{5}{2}x$

⑥ $4x$

問2 鏡 M_2 を x 軸の正の方向にゆっくり移動させたところ、検出器 D において観測される光の強度が極小と極大をくり返した。光の強度が極大になってから、次に初めて極小になるまでの間に鏡 M_2 が移動した距離を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 2

- ① $\frac{\lambda_0}{8}$ ② $\frac{\lambda_0}{4}$ ③ $\frac{\lambda_0}{2}$
- ④ λ_0 ⑤ $\frac{3}{2}\lambda_0$ ⑥ $2\lambda_0$

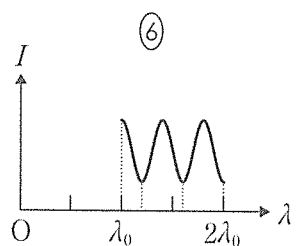
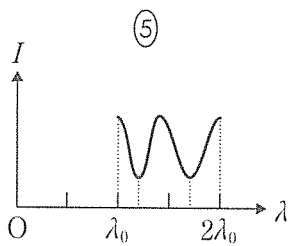
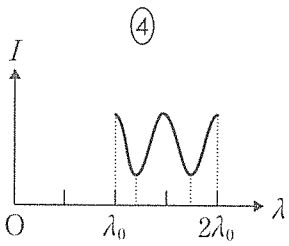
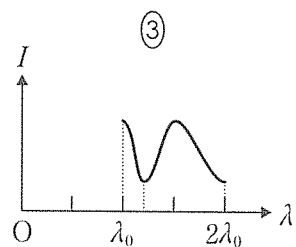
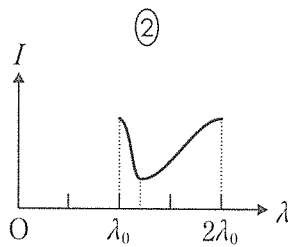
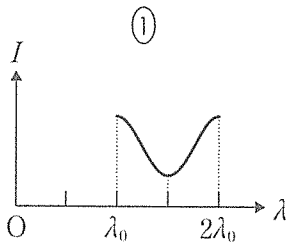
鏡 M_2 の位置を、検出器 D での光の強度が極大となるある位置 $x = x_0 (> 0)$ に固定して、光源 S から発せられる光の波長を λ_0 からゆっくりと連続的に増加させていったところ、D において観測される光の強度が次第に弱くなり、波長が $\frac{6}{5}\lambda_0$ になったとき、初めて極小となった。

問3 鏡 M_2 の位置 x_0 として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

$x_0 =$ 3

- ① $\frac{\lambda_0}{2}$ ② $\frac{3}{5}\lambda_0$ ③ λ_0
- ④ $\frac{6}{5}\lambda_0$ ⑤ $\frac{3}{2}\lambda_0$ ⑥ $2\lambda_0$

問4 鏡 M_2 の位置を $x = x_0$ に固定して、光源 S から発せられる光の波長 λ を λ_0 から $2\lambda_0$ まで連続的にゆっくりと増加させた場合、縦軸に検出器 D で観測される光の強度 I をとり、横軸に光の波長 λ をとったグラフとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4

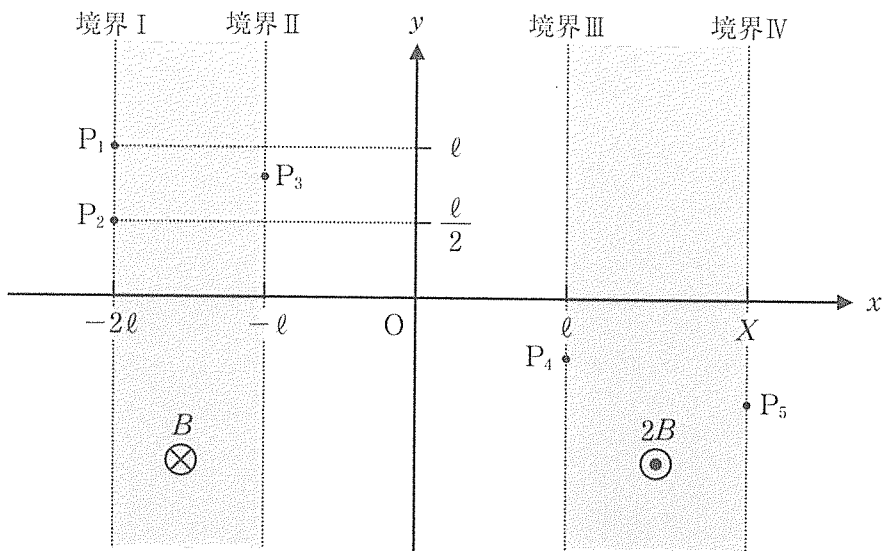


3 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 4 〕

図のように、真空中で水平な xy 平面において、 y 軸に平行な境界 I ($x = -2\ell$) と境界 II ($x = -\ell$) との間には鉛直下向き（紙面に垂直で表から裏へ向かう向き）に磁束密度の大きさが B の一様な磁場（磁界）がかけられており、境界 III ($x = \ell$) と境界 IV ($x = X$) との間には鉛直上向き（紙面に垂直で裏から表へ向かう向き）に磁束密度の大きさが $2B$ の一様な磁場がかけられている。ただし、 $0 < \ell < X$ とする。

ここで、境界 I の点 $P_1(-2\ell, \ell)$ に質量 m 、電荷 $-e$ ($e > 0$) の電子を置き、 x 軸の正の向きに初速 v を与えたところ、電子は境界 II に達することなく等速円運動をして境界 I の点 $P_2(-2\ell, \frac{\ell}{2})$ から、 x 軸の負の向きに飛び出した。

次に境界 I の点 $P_1(-2\ell, \ell)$ で電子に対して、 x 軸の正の向きに初速 $8v$ を与えたところ、電子は境界 II の点 P_3 から飛び出し、境界 III の点 P_4 に入射し、境界 IV の点 P_5 から x 軸の正の向きに飛び出した。ただし、重力の影響は無視でき、電子の運動は水平な xy 平面内でのみ生じているものとする。



問1 磁束密度の大きさ B はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $B = \boxed{1}$

- ① $\frac{mv}{4el}$ ② $\frac{mv}{2el}$ ③ $\frac{mv}{el}$
 ④ $\frac{2mv}{el}$ ⑤ $\frac{4mv}{el}$ ⑥ $\frac{8mv}{el}$

問2 電子が点 P_1 から点 P_3 に達するまでに要した時間 t_1 はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $t_1 = \boxed{2}$

- ① $\frac{\pi l}{24v}$ ② $\frac{\pi l}{12v}$ ③ $\frac{\pi l}{8v}$
 ④ $\frac{\pi l}{v}$ ⑤ $\frac{8\pi l}{v}$ ⑥ $\frac{12\pi l}{v}$

問3 境界Ⅳの x 座標の値 X はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $X = \boxed{3}$

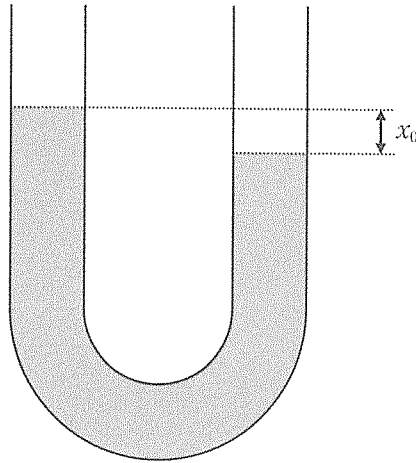
- ① $\frac{4}{3}l$ ② $\frac{3}{2}l$ ③ $\frac{5}{3}l$
 ④ $2l$ ⑤ $\frac{5}{2}l$ ⑥ $3l$

問4 電子が点 P_4 に入射してから点 P_5 に達するまでに要した時間 t_2 は t_1 の何倍となるか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $\frac{t_2}{t_1} = \boxed{4}$

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

4 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

図のように、一様な断面積 S の細い U 字管を鉛直に立てて固定し、その中に液体を入れたところ、液体は一体となって管内で液面が上下する単振動を始めた。このときの左右の液面差は最大で h となる。管内の液体の長さを L 、密度を ρ 、重力加速度の大きさを g とする。管の内壁と液体の間の摩擦は無視でき、また、振動中の液体が U 字管の外にこぼれ出ることにはないものとする。



問1 図のように、左右の液面差が x_0 のときに、U 字管内の液体にはたらく復元力の大きさ F はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

$F =$

① $\frac{\rho S g x_0}{2}$

② $\rho S g x_0$

③ $2\rho S g x_0$

④ $\frac{\rho S g x_0^2}{2L}$

⑤ $\frac{\rho S g x_0^2}{L}$

⑥ $\frac{2\rho S g x_0^2}{L}$

問2 液面が上下する単振動の周期 T はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $T = \boxed{2}$

- ① $\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{2L}{g}}$ ② $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{L}{g}}$ ③ $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{2L}{g}}$
 ④ $\pi\sqrt{\frac{2L}{g}}$ ⑤ $2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ⑥ $2\pi\sqrt{\frac{2L}{g}}$

問3 U字管内の液体の単振動の力学的エネルギー E はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $E = \boxed{3}$

- ① $\frac{\rho Sgh^2}{8}$ ② $\frac{\rho Sgh^2}{4}$ ③ $\frac{\rho Sgh^2}{2}$
 ④ ρSgh^2 ⑤ $\frac{3\rho Sgh^2}{2}$ ⑥ $2\rho Sgh^2$

問4 U字管内の液体の単振動の速さの最大値 v_m はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $v_m = \boxed{4}$

- ① $\frac{h}{4}\sqrt{\frac{g}{L}}$ ② $\frac{h}{4}\sqrt{\frac{2g}{L}}$ ③ $\frac{h}{2}\sqrt{\frac{g}{L}}$
 ④ $\frac{h}{2}\sqrt{\frac{2g}{L}}$ ⑤ $h\sqrt{\frac{g}{L}}$ ⑥ $h\sqrt{\frac{2g}{L}}$

5 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

静止しているウラン $^{238}_{92}\text{U}$ の原子核が α 崩壊を1回して、トリウム Th の原子核に変わった。このとき、 α 崩壊により放出された α 粒子の運動によって、トリウム Th の原子核も動き出した。ただし、各原子核および α 粒子の質量は以下の値とし、1 u の質量は 9.3×10^2 MeV のエネルギーに相当するものとする。

$$^{238}_{92}\text{U} : 238.0003 \text{ u} \quad \text{Th} : 233.9942 \text{ u} \quad \alpha \text{ 粒子} : 4.0015 \text{ u}$$

問1 トリウム Th の原子核がもつ中性子の数はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 88 | ② 90 | ③ 142 |
| ④ 144 | ⑤ 234 | ⑥ 236 |

問2 この α 崩壊による質量の減少によって解放されたエネルギー E [MeV] はいくらか。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

$$E = \text{ } \text{ [MeV]}$$

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 2.8 | ② 3.3 | ③ 3.7 |
| ④ 4.3 | ⑤ 4.8 | ⑥ 5.7 |

問3 原子核の質量比は質量数の比で近似することができる。このとき、トリウム Th の原子核の速さ V は α 粒子の速さ v の何倍か。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $\frac{V}{v} = \text{ }$

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| ① $\frac{1}{119}$ | ② $\frac{1}{117}$ | ③ $\frac{2}{119}$ |
| ④ $\frac{2}{117}$ | ⑤ $\frac{1}{45}$ | ⑥ $\frac{2}{45}$ |

問4 α 粒子の運動エネルギー K [MeV]はいくらか。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $K = \boxed{4}$ [MeV]

① 2.7

② 3.2

③ 3.6

④ 4.2

⑤ 4.7

⑥ 5.6