

第1問 以下の問い(問1~4)に答えよ。

[解答番号 ~]

問1 図1のように、なめらかな水平面上に静止している質量 m の物体に大きさ F の力を水平面となす角 θ の向きに加え続けて、水平方向に距離 l だけ移動させた。

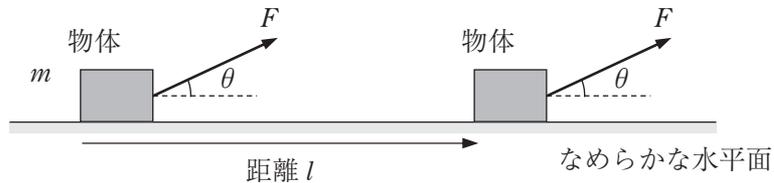


図1

(1) 物体を距離 l だけ移動させる間に、力 F が物体にした仕事として正しいものを、次の①~⑤から1つ選べ。

- ① $F l \sin \theta$ ② $F l \cos \theta$ ③ $F l \tan \theta$
 ④ $\frac{F l}{\sin \theta}$ ⑤ $\frac{F l}{\cos \theta}$

(2) 距離 l だけ移動した後の物体の速さとして正しいものを、次の①~④から1つ選べ。

- ① $\frac{1}{2} m F l \sin \theta$ ② $\frac{1}{2} m F l \cos \theta$
 ③ $\sqrt{\frac{2 F l \sin \theta}{m}}$ ④ $\sqrt{\frac{2 F l \cos \theta}{m}}$

問2 図2のように、長さ l の弦を張り、弦の中央をはじいて振動させた。弦を伝わる波の速さを v としたとき、この弦の基本振動の振動数として正しいものを、下の①～⑤から1つ選べ。

3

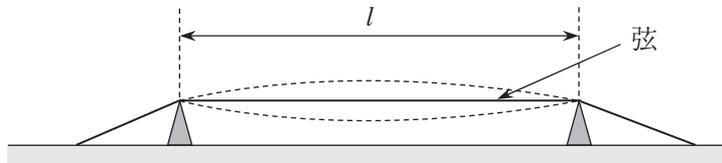


図2

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

問3 以下の文章は、水の温度変化や状態変化と熱の関係について述べたものである。これらの文章のうち誤っているものを、次の①～⑤から1つ選べ。ただし、水の比熱を $4.2\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。

4

- ① 100 g の水の温度を 10°C 上昇させるためには $4.2 \times 10^3\text{J}$ の熱量が必要である。
- ② 断熱容器に入れられた 20°C の水に 60°C の等量の水を加えてよくかきまぜると、容器内の水の温度が 40°C になる。
- ③ 0°C の水1 g に融解熱を与えると、水が凝固して氷になる。
- ④ 水は氷よりも比熱が大きいので、同じ質量の水と氷の温度を 10°C 上昇させるために必要な熱量は、水の方が大きい。
- ⑤ 水1 g が蒸発して水蒸気になるとき、水は周囲の物体から蒸発熱を吸収する。

問4 図3のように、抵抗値 $2.0\ \Omega$ 、 $3.0\ \Omega$ 、 $6.0\ \Omega$ の電気抵抗と起電力 $9.0\ \text{V}$ の電池を用いて回路を作った。この回路中の $6.0\ \Omega$ の抵抗を流れる電流の大きさとしてもっとも適当なものを、下の①～⑤から1つ選べ。ただし、電池の内部抵抗や導線の抵抗は無視できるものとする。

5 A

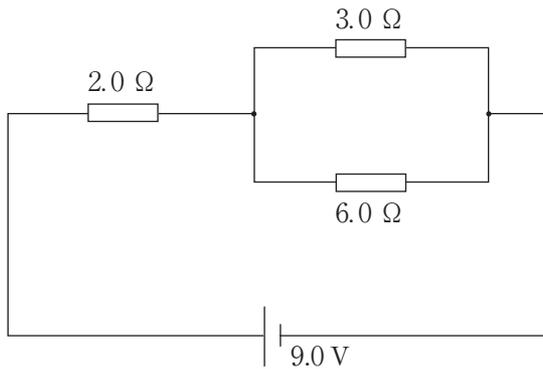


図3

- ① 0.33 ② 0.75 ③ 1.0 ④ 3.0 ⑤ 4.5

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 ～ 〕

A 図1のように、水平面に対する傾角 45° の斜面上で、ともに質量 m の物体Aと物体Bが、Aが下側、Bが上側にある状態で、お互い接しながら斜面下方向に運動している。物体Bと斜面との間には摩擦がはたらかないが、物体Aと斜面との間には摩擦がはたらし、その動摩擦係数は $\frac{1}{2}$ である。重力加速度の大きさを g とする。

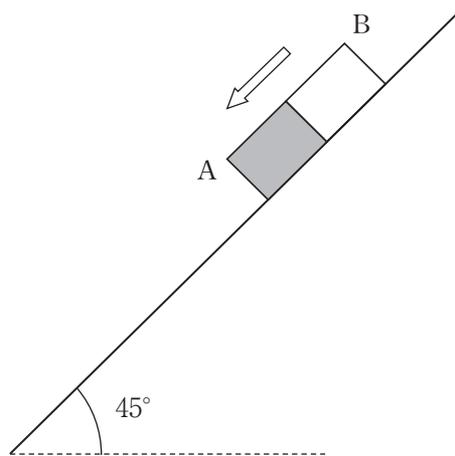
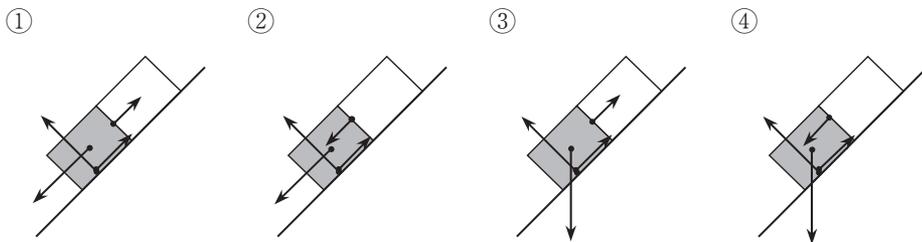


図1

問1 物体Aが受ける力をすべて表した図として正しいものを、次の①～④から一つ選べ。



問2 物体Aと物体Bの加速度の大きさとして正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

7

① $\frac{\sqrt{2}}{8}g$

② $\frac{\sqrt{2}}{4}g$

③ $\frac{3\sqrt{2}}{8}g$

④ $\frac{\sqrt{2}}{2}g$

⑤ $\frac{5\sqrt{2}}{8}g$

問3 物体Bから物体Aへはたらく力の大きさとして正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

8

① $\frac{\sqrt{2}}{8}mg$

② $\frac{\sqrt{2}}{4}mg$

③ $\frac{3\sqrt{2}}{8}mg$

④ $\frac{\sqrt{2}}{2}mg$

⑤ $\frac{5\sqrt{2}}{8}mg$

B 大気圧 P_0 の空気中にシリンダーを鉛直方向に立て、シリンダー内をなめらかに動くことができる断面積 S の軽くて薄いピストンによって、シリンダー内に単原子分子理想気体を封入する。はじめ、シリンダー内の気体の圧力は P_0 で、シリンダー底面に対するピストンの高さは h_0 であった(図2)。このピストンの上に重さ $\frac{1}{2}P_0S$ のおもりをそっと置くと、ピストンがゆっくり下がり、シリンダー底面に対するピストンの高さが h_1 となった状態で静止した(図3)。この間、気体の温度は常に一定であった。

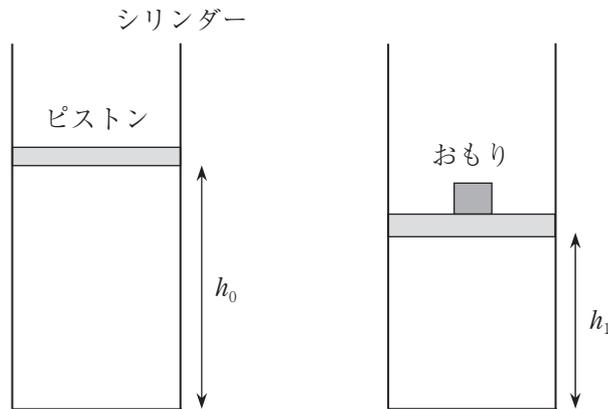


図2

図3

問4 図3におけるシリンダー底面に対するピストンの高さ h_1 として正しいものを、次の①～④から1つ選べ。

9

① $\frac{1}{3}h_0$

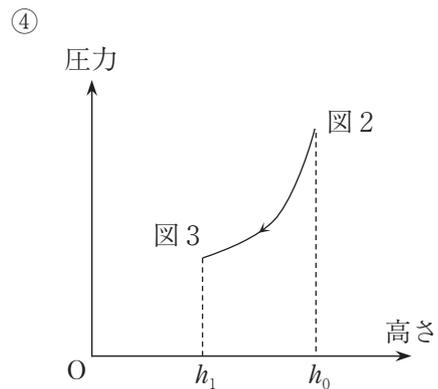
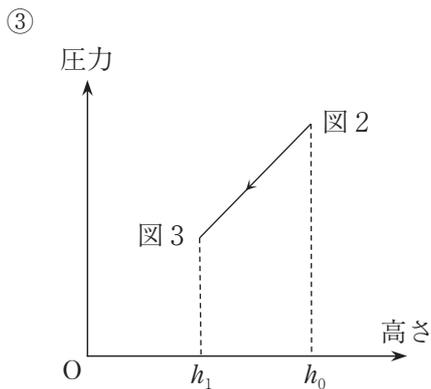
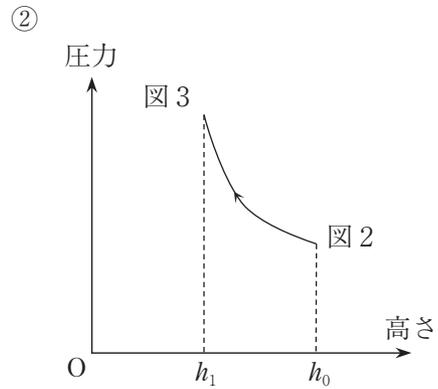
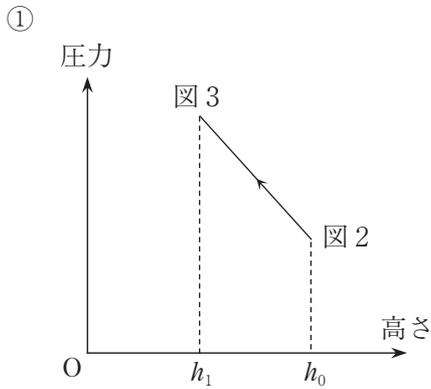
② $\frac{1}{2}h_0$

③ $\frac{2}{3}h_0$

④ $\frac{3}{4}h_0$

問5 図2の状態から図3の状態に変化する間の、シリンダー内部の気体の圧力とシリンダー底面に対するピストンの高さの変化の関係を表したグラフとして正しいものを、次の①～④から1つ選べ。

10



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 ~]

A 図1のように, 焦点距離20 cmの凸レンズから30 cm離れた位置に, 凸レンズの光軸と垂直に長さ5.0 cmの物体が固定されている。

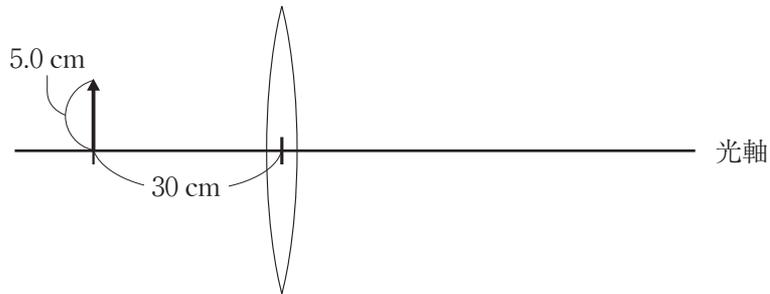


図1

問1 凸レンズによってつくられる像と凸レンズの間の距離としてもっとも適切なものを, 次の①~⑤から1つ選べ。 cm

- ① 20 ② 40 ③ 60 ④ 80 ⑤ 100

問2 凸レンズによってつくられる像の長さとしてもっとも適切なものを, 次の①~⑤から1つ選べ。 cm

- ① 2.5 ② 5.0 ③ 10 ④ 20 ⑤ 40

B 図2のように、中心角 120° の扇形の弧の形に張られたスクリーンの扇形の中心の位置に、回折格子をその垂線がスクリーンの中央の点 O を通るように設置する。この回折格子に、スクリーンと逆側から回折格子に垂直に白色光を入射させると、スクリーン上に回折光が干渉する様子が見られた。回折格子の表面上の点を M とし、 $\angle PMO = \theta$ ($0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$) を満たすスクリーン上の点を P とする。図3のように、回折格子には間隔 d で平行に溝が掘られている。回折格子とスクリーンの間の距離は、 d に比べて十分大きいいため、溝の間の隙間を出て点 P へ向かう複数の光はすべて平行とみなしてよい。

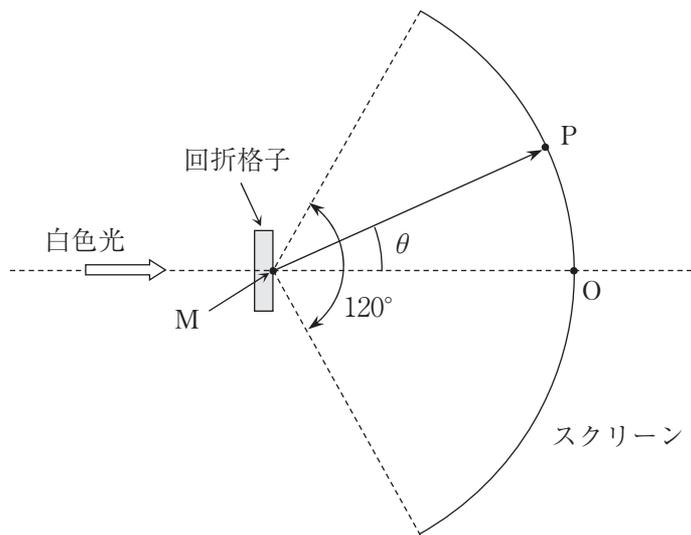


図2

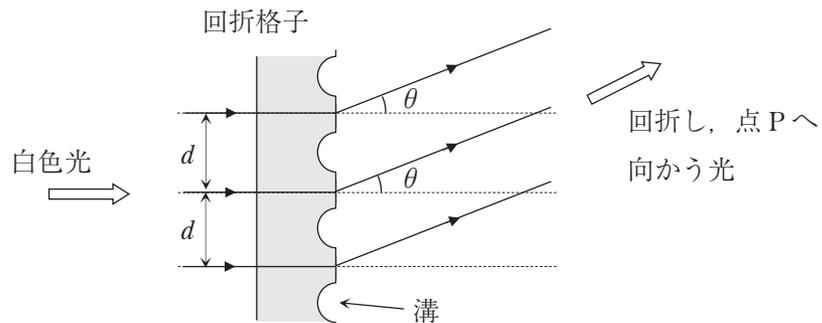


図3

問3 白色光のうち、波長 λ の光が点Pで強め合う条件式として正しいものを、次の①～④から1つ選べ。ただし、 m を0以上の整数($m = 0, 1, 2, \dots$)とする。

13

① $d \sin \theta = m\lambda$

② $d \cos \theta = m\lambda$

③ $d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$

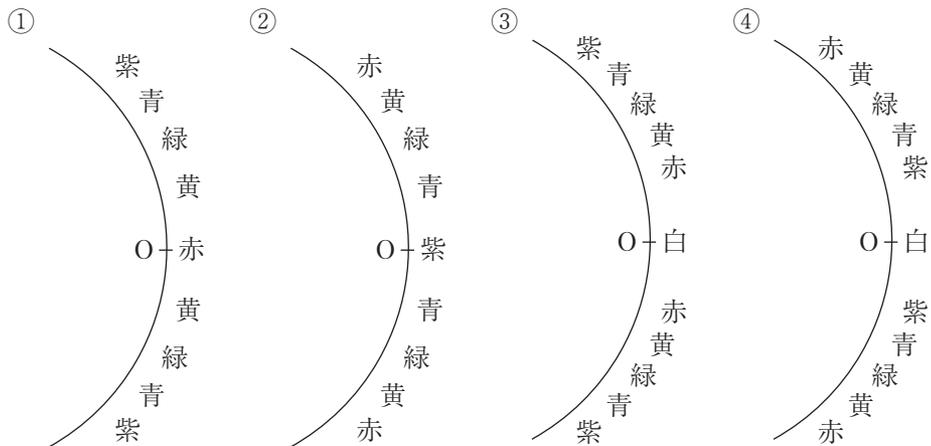
④ $d \cos \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$

問3の条件を満たす光のうち、 $m \leq 1$ の条件を満たして強め合う光はスクリーン上に見られたが、 $m \geq 2$ の条件を満たして強め合う光はスクリーン上に一切見られなかった。

このとき、次の問4、問5に答えなさい。

問4 スクリーン上に見られる色の分布として正しいものを、次の①～④から1つ選べ。

14



問5 回折格子の溝の間隔 d の最大値としてもっとも適当なものを、次の①～⑤から1つ選べ。ただし、入射する白色光の波長の範囲は $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 750 \text{ nm}$ ($n = 10^{-9}$)であるとする。

15

 nm

① 400

② 462

③ 750

④ 800

⑤ 925

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, 真空中に面積 S の2つの極板A, Bを狭い間隔 d を隔てて平行に置き, それぞれの極板に $Q, -Q$ ($Q > 0$) の正, 負の電荷を与えた。真空の誘電率を ϵ_0 とし, 極板の端の電場の乱れは無視できるものとして以下の問いに答えよ。

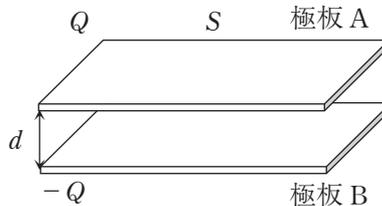


図1

問1 この2枚の極板によって蓄えられている静電エネルギーを U とする。 U を表す式として正しいものを, 次の①~⑤から1つ選べ。 $U =$ 16

① $\frac{\epsilon_0 S Q^2}{2d}$

② $\frac{\epsilon_0 S Q^2}{d}$

③ $\frac{2\epsilon_0 S Q^2}{d}$

④ $\frac{Q^2 d}{2\epsilon_0 S}$

⑤ $\frac{2Q^2 d}{\epsilon_0 S}$

問2 続いて、図2のように、2枚の極板A, Bの間を満たすように比誘電率3の誘電体を挿入した。2枚の極板と誘電体の間に摩擦ははたらかないものとする。このとき、誘電体を挿入する際に外力がした仕事として正しいものを、下の①～⑤から1つ選べ。

17

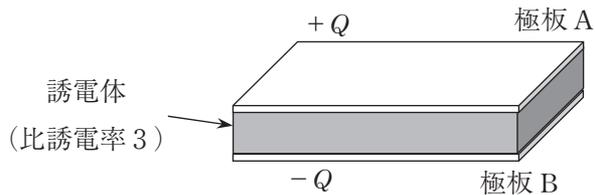


図2

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

B 図3のように、鉛直上向きに磁束密度 B の一様な磁場がかけられた水平面上に、距離 l を隔てて平行に2本の導体レールを置き、その左端に導線を用いて起電力 E の電池、抵抗値 R の抵抗、スイッチ S を接続する。また導体レールに対して垂直になるように、長さ l 、質量 m の導体棒を置く。導体棒は導体レールに対して垂直を保ったまま、導体レール上をなめらかに動けるものとし、導体レールから落ちることはないとする。導体レールや導線、導体棒の抵抗、電池の内部抵抗、回路を流れる電流により発生する磁場は無視できるものとする。また、力、速度については、図の右向きを正とし、導体棒を流れる電流は図の矢印の向きを正の向きとする。

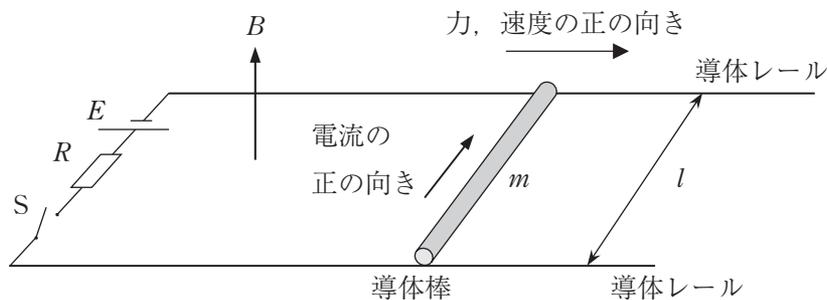


図3

問3 スイッチ S を閉じると、導体棒に電流が流れ、導体棒が動き出した。スイッチ S を閉じた直後に磁場から導体棒を流れる電流にはたらく力として正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

18

- ① $-\frac{EBl}{R}$ ② $-\frac{EBl}{2R}$ ③ 0 ④ $\frac{EBl}{2R}$ ⑤ $\frac{EBl}{R}$

問4 スイッチSを閉じてしばらく経ち、導体棒が速度 v で導体レール上を動いているときに導体棒を流れる電流として正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

19

- ① $\frac{E + vBl}{R}$ ② $\frac{E + vBl}{mR}$ ③ $\frac{E - vBl}{R}$
- ④ $\frac{E - vBl}{mR}$ ⑤ $\frac{(E - vBl)^2}{R}$

問5 スイッチSを閉じて十分時間が経った後、導体棒は一定の速度で導体レール上を運動するようになった。このときの速度として正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

20

- ① $-\frac{E}{Bl}$ ② $-\frac{E}{2Bl}$ ③ 0 ④ $\frac{E}{2Bl}$ ⑤ $\frac{E}{Bl}$

第5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 21 ～ 25 〕

A 図1のように、間隔 $2l$ を隔てた左右の壁に挟まれた滑らかな水平面上の中央の点Oに質量 m の小球を置き、ばね定数 k 、自然長 l の2本の軽いばねを用いて、小球を左右の壁と接続する。小球の位置は、点Oを原点とし、水平方向右向きを正とする x 軸によって表す。はじめ、点Oで静止していた小球に外力を加えて、 $x = a$ ($0 < a < \frac{l}{2}$) まで移動させてから静かに手を離れたところ、小球が x 軸上で単振動を始めた。このときの小球の運動について考える。ただし、小球の大きさ、空気抵抗は無視できるものとする。

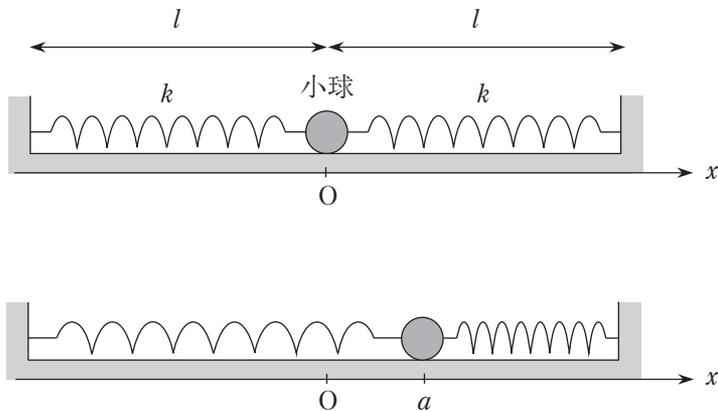


図1

問1 小球を点Oから $x = a$ まで移動させる間に外力がした仕事として正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

21

- ① $\frac{1}{4}ka^2$ ② $\frac{1}{2}ka^2$ ③ ka^2 ④ $2ka^2$ ⑤ $4ka^2$

問2 小球が行う単振動の周期として正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

22

- ① $\pi \sqrt{\frac{m}{2k}}$ ② $\pi \sqrt{\frac{2m}{k}}$ ③ $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$
 ④ $2\pi \sqrt{\frac{2m}{k}}$ ⑤ $4\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

問3 単振動をしている小球が点Oを右向きに通過する瞬間に、小球と左側の壁をつないでいたばねが、小球から外れた。このあと、小球が達する位置 x の最大値として正しいものを、次の①～⑤から1つ選べ。

23

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

B 核融合炉では、重水素の原子核 ${}^2_1\text{H}$ と三重水素の原子核 ${}^3_1\text{H}$ を衝突させ、核融合反応を起こしたときに放出される核エネルギーを発電のエネルギー源として利用することが考えられている。この核融合反応について考える。ただし、原子質量単位を u とし、 $1u$ の質量をエネルギーに換算した量を $9.3 \times 10^2 \text{ MeV}$ ($M = 10^6$) とする。

問 4 次の式に表される核融合反応において、 $\boxed{\text{(ア)}}$ に該当する原子核として正しいものを、下の①～⑤から1つ選べ。 $\boxed{24}$



- ① ${}^3_2\text{He}$ ② ${}^4_2\text{He}$ ③ ${}^3_3\text{Li}$ ④ ${}^4_3\text{Li}$ ⑤ ${}^5_3\text{Li}$

問 5 問 4 の核融合反応により、反応後の原子核の質量の和は、反応前よりも $0.019u$ だけ減少する。1回の核融合反応で原子核の質量の減少により放出されるエネルギー E としてもっとも適当なものを、次の①～⑤から1つ選べ。

$$E = \boxed{25} \text{ MeV}$$

- ① 8 ② 12 ③ 16 ④ 18 ⑤ 22

物理の問題はここまでです。

物理 解答例

【解答】

大問	小問	解答番号	正解
第1問	問1	1	②
		2	④
	問2	3	④
	問3	4	③
第2問	問4	5	②
	問1	6	④
	問2	7	③
	問3	8	①
	問4	9	③
第3問	問5	10	②
	問1	11	③
	問2	12	③
	問3	13	①
	問4	14	④
第4問	問5	15	⑤
	問1	16	④
	問2	17	①
	問3	18	⑤
	問4	19	③
第5問	問5	20	⑤
	問1	21	③
	問2	22	②
	問3	23	④
	問4	24	②
	問5	25	④