

物理基礎・物理

(全 問 必 答)

第1問 次の各問い(問1～5)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕 (配点 25)

問1 図1のように、長さが L で水平面となす角が θ の斜面に沿って、最下端から速さ v で斜め上方へ質量 m の小物体を滑らせる。この小物体が斜面の最上端から飛び出す条件を表す式として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度の大きさを g 、斜面自体は動かないものとし、摩擦と空気抵抗は無視できるとする。

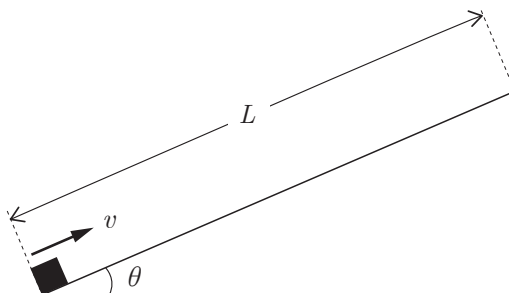


図 1

① $v^2 > 2gL \sin \theta$

② $v^2 > 2gL \cos \theta$

③ $v^2 > 2gL \sin^2 \theta$

④ $v^2 > 2gL \cos^2 \theta$

問2 次の文章中の **ア** と **イ** に入るものの組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 **2**

大気圧 P_0 のもとで、図2のようにシリンダーに入った空気をピストンで密閉して圧縮する。ピストンは滑らかに動き、操作中シリンダー内の空気の温度は一定とする。ピストンに加える圧力 p がゼロのときシリンダー内の空気の長さは l であった。その初期位置からピストンの移動距離 x と加える圧力 p の関係は図3のグラフ **ア** のようになり、 $x = \frac{l}{2}$ のときの p は **イ** となる。

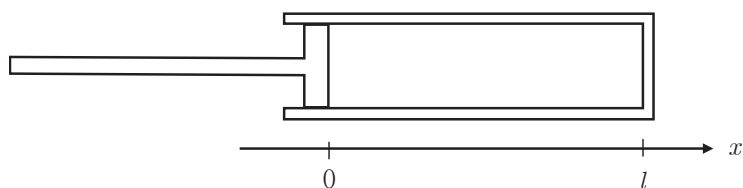


図 2

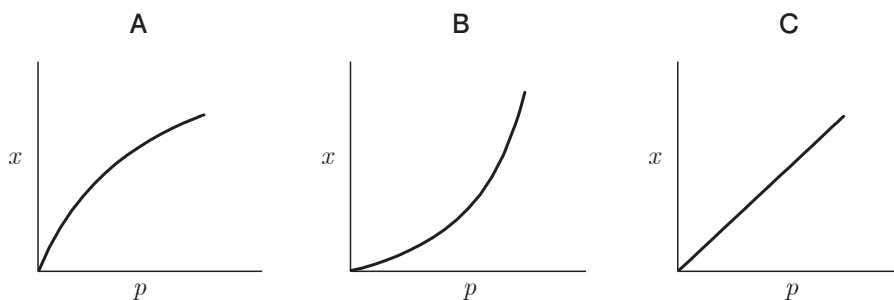


図 3

	ア	イ
①	A	$\frac{P_0}{2}$
②	A	P_0
③	B	$\frac{P_0}{2}$
④	B	P_0
⑤	C	$\frac{P_0}{2}$
⑥	C	P_0

問3 地球と月では重力が異なるが、もし同一の物体について次の測定 **a** ～ **d** をしたとき、測定値が地球と月で同じものはどれか。その組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、摩擦や空気抵抗は無視できるとする。

3

- a バネを利用した体重計での測定
- b 天びんを利用した質量計での測定
- c 同じバネにつるして振動させたときの振動周期の測定
- d 同じ高さから静かに落下させたときの地面に到達する時間の測定

- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① a, b | ② c, d | ③ a, c |
| ④ b, d | ⑤ a, d | ⑥ b, c |

問4 直流電源とコンデンサーと四つの抵抗器を含む図4のような回路について考える。この回路を完成させて十分な時間がたった時点で図中の点X, Y, Zを流れる電流の大きさをそれぞれ i_X , i_Y , i_Z とする。 i_X , i_Y , i_Z の大小関係を表す式として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、電源の起電力は一定で、抵抗器の電気抵抗は全て同じ値であり、抵抗器以外の箇所の電気抵抗は全て無視できるとする。

4

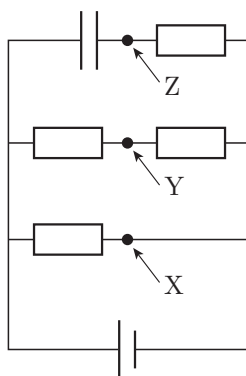


図 4

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $i_X = i_Y > i_Z$ | ② $i_X = i_Z > i_Y$ | ③ $i_Y > i_X = i_Z$ |
| ④ $i_Z > i_X = i_Y$ | ⑤ $i_X > i_Y > i_Z$ | ⑥ $i_Z > i_X > i_Y$ |

問5 次の文章中の 5 に入る数値として最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

振動数 ν の単色光を、真空中に置かれた金属表面に当てると、電子が飛び出してくる。単色光の振動数を変化させて、飛び出してくる電子の運動エネルギーを測定した結果が表1に示されている。この金属の仕事関数は 5 eVである。

表 1

振動数(Hz)	運動エネルギー(eV)
1.0×10^{14}	0.0
2.0×10^{14}	0.0
3.0×10^{14}	0.0
4.0×10^{14}	0.17
5.0×10^{14}	0.58
6.0×10^{14}	1.0
7.0×10^{14}	1.4

① 0.15

② 0.45

③ 0.90

④ 1.5

⑤ 3.0

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。〔解答番号 1 ～ 5〕 (配点 25)

図1のように二つの小球(質量 m , M)が軽い一様なバネ(自然長の長さ l , バネ定数 k)の両端に接続されている。小球はバネと平行な方向にのみ動き、摩擦や空気抵抗は無視できるとする。

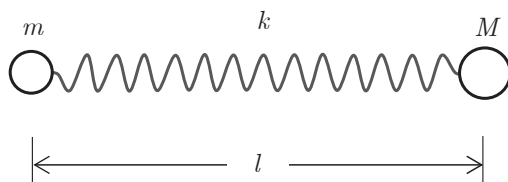


図 1

問1 バネが自然長のとき、左の小球(質量 m)から全体の重心までの距離はいくらか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、バネの長さに比べ小球の大きさは無視できるとする。なお、重心を考えるときはバネをいったん軽い棒とみなして、その両端に小球が固定されている状況での重心を考えればよい。

1

- ① $\frac{ml}{m+M}$ ② $\frac{Ml}{m+M}$ ③ $\frac{(m+M)l}{m}$ ④ $\frac{(m+M)l}{M}$

問2 自然長 l のバネを切断して長さ l_1 と l_2 に分割したとき、長さ l_1 のバネのバネ定数 k_1 はいくらになるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

2

- ① $\frac{l_1 k}{l}$ ② $\frac{l_2 k}{l}$ ③ $\frac{lk}{l_1}$ ④ $\frac{lk}{l_2}$

問3 問2において、図2のように長さ l_1 のバネ(バネ定数 k_1)の右端を固定し、自然長の状態で左端の小球(質量 m)に右向きの速さ v を与えると、バネはどこまで縮むか。縮む長さとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

3

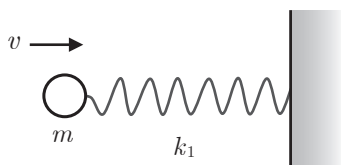


図 2

- ① $\sqrt{\frac{m}{k_1}} v$ ② $\sqrt{\frac{m}{2k_1}} v$ ③ $\sqrt{\frac{k_1}{m}} v$ ④ $\sqrt{\frac{k_1}{2m}} v$

問4 問1において、小球の質量の比を $m:M=1:2$ として、図3のように自然長の状態で同時に、左端の小球(質量 m)には右向きの速さ v 、右端の小球(質量 M)には左向きの速さ V を与えると、全体の重心は動かずに二つの小球の振動運動が起きた。左端の小球の振動の振幅はいくらか。最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

4

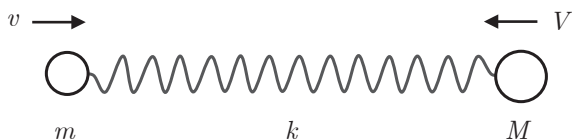


図 3

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

問 5 問 4 のとき，バネが最も縮んだ瞬間にバネが右端の小球(質量 M) に及ぼしている力の大きさはいくらか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

5

① $\sqrt{\frac{2kM}{3}} V$

② $\sqrt{\frac{4kM}{3}} V$

③ $\sqrt{2kM} V$

④ $\sqrt{3kM} V$

(下書き用紙)

物理基礎・物理の試験問題は次に続く。

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 5〕 (配点 25)

図1のように、磁束密度 B の鉛直上向きの一様な磁場中に、十分長い2本の導体レールを間隔 d で平行に置く。導体レールと水平面の角度は、2本とも θ である。2本の導体レールは、抵抗値 R の抵抗で接続されている。

2本の導体レールの上に、質量 m の導体棒を導体レールと垂直になるように静かに置くと、導体棒は導体レール上を下向きに滑り出した。

導体棒は、常に導体レールと直角を保ちながら動き、導体棒と導体レールの間には摩擦はないとし、導体棒に対する空気抵抗も無視できるとする。また、抵抗以外の部分の電気抵抗は無視できるとする。

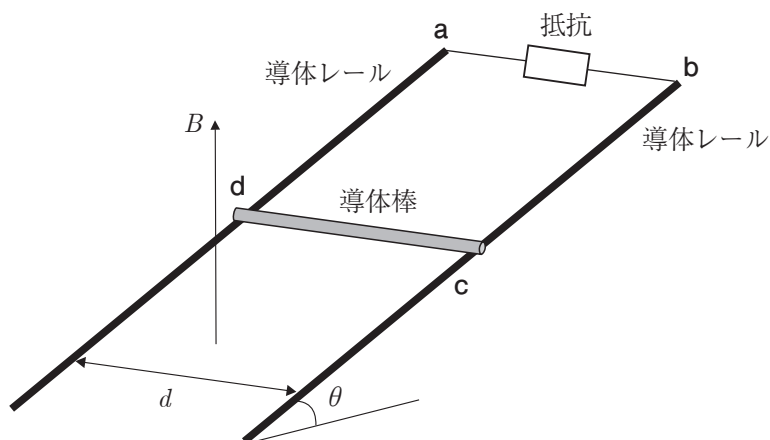


図 1

問1 次の文章中の ア と イ に入る語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 1

導体棒が滑り始めると導体棒の速度に応じた起電力が生じる。この起電力による電流は、ア により、導体棒と抵抗で作られる回路 $abcd$ を イ 流れる。

	ア	イ
①	フレミング左手の法則	$a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ の向きに
②	フレミング左手の法則	$a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ の向きに
③	フレミング左手の法則	流れる方向を途中で何度も入れ替えながら
④	レンツの法則	$a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ の向きに
⑤	レンツの法則	$a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ の向きに
⑥	レンツの法則	流れる方向を途中で何度も入れ替えながら

問2 導体棒に電流が流れると、磁場より導体棒に力が加えられる。導体棒が磁場より受ける力の方向として最も適当なものを、図2の①～⑥のうちから一つ選べ。

2

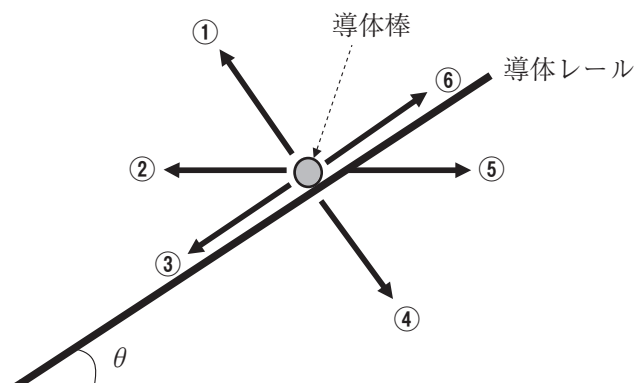


図 2

問3 次の文中の 3 に入るものとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。

導体棒の滑り落ちる速度が v となったとき、磁場から導体棒が受ける力の大きさは 3 である。

① $\frac{vB^2 d^2}{R} \sin \theta$

② $\frac{vB^2 d^2}{R} \tan \theta$

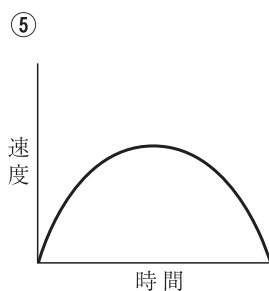
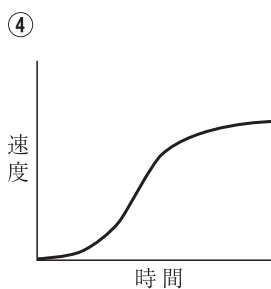
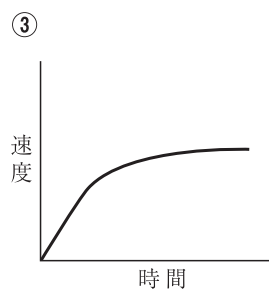
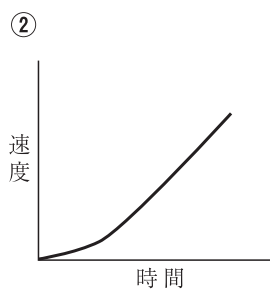
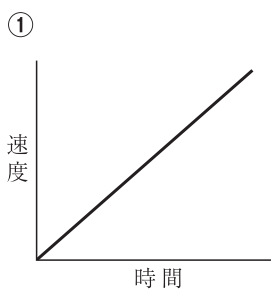
③ $\frac{vB^2 d^2}{R} \cos \theta$

④ $vB^2 d^2 R \sin \theta$

⑤ $vB^2 d^2 R \tan \theta$

⑥ $vB^2 d^2 R \cos \theta$

問4 導体棒の滑り落ちる速度の時間変化のグラフとして最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 4



問5 次の文章中の **ウ** と **エ** に入る語句と時間変化のグラフの組合せとして最も適当なものを、下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、**エ** は問4の選択肢より選べ。 **5**

磁場の大きさを変えずに、向きを鉛直上向きから、鉛直下向きに替えたとき、回路 **abcd** を流れる電流は **ウ**，導体棒の滑り落ちる速度の時間変化のグラフは **エ** となる。

	ウ	エ
①	流れる向きは変わらず	①
②	流れる向きは変わらず	②
③	流れる向きは変わらず	③
④	流れる向きは変わらず	④
⑤	流れる向きは変わらず	⑤
⑥	逆向きに流れるようになり	①
⑦	逆向きに流れるようになり	②
⑧	逆向きに流れるようになり	③
⑨	逆向きに流れるようになり	④
⑩	逆向きに流れるようになり	⑤

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 25)

図1のように断熱的な容器が油(質量 1.0kg)で満たされている。この容器には滑らかに回転する羽根車に取り付けられている。軸に軽くて丈夫な糸が巻かれており、糸の他端にぶら下げられた物体(質量 1.0kg)が降下すると羽根車が回る。物体を静かに降下させ始めたところ、しばらくの間は加速し、以後は一定の速さで降下し続けた。油の比熱は $2.1\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、水の比熱は $4.2\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、金属球の比熱は $0.42\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とし、羽根車の熱容量は無視できるほど小さいものとする。また、糸および滑車の摩擦と空気抵抗は無視できるとする。

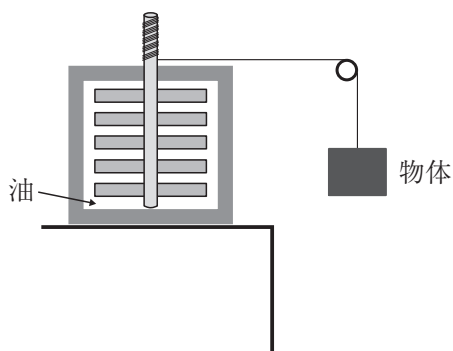


図 1

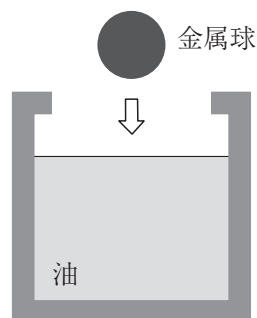


図 2

問1 物体が一定の速さで鉛直方向に 100m 降下する間に羽根車を回す仕事はいくらか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度の大きさは 9.8m/s^2 とする。 J

① 50

② 1.0×10^2 ③ 4.9×10^2 ④ 9.8×10^2

問2 物体が一定の速さで鉛直方向に100m降下する間に、図1の容器内の油の温度は何K上昇するか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、羽根車の温度上昇に要するエネルギーは無視できるくらい小さいとする。

2 K

- ① 4.7×10^{-2} ② 4.7×10^{-1} ③ 47 ④ 4.7×10^2

問3 図1の容器を満たしているのが油ではなく1.0kgの水だった場合、物体が一定の速さで鉛直方向に100m降下する間に、水の温度は何K上昇するか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3 K

- ① 2.3×10^{-2} ② 2.3×10^{-1} ③ 23 ④ 2.3×10^2

問4 図2のように、熱した1.0kgの金属球を300Kの油1.0kgの中に入れて油の温度を10Kだけ温度上昇させるには、最初に金属球を何Kまで熱しておく必要があるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、熱は金属球と油の間のみを移動するものとする。 4 K

- ① 320 ② 360 ③ 410 ④ 720

問5 問4で、300Kの油1.0kgを300Kの水1.0kgに換えて、熱した1.0kgの金属球で熱する場合、水の温度を10Kだけ上昇させるには、最初に金属球を何Kまで熱しておく必要があるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、熱は金属球と水の間のみを移動するものとする。 5 K

- ① 320 ② 360 ③ 410 ④ 720