

2月4日(日)

令和6年度 A日程入学試験問題

理 科

— 注意事項 —

- 1 問題ページは以下のとおり。解答用紙はいずれの科目も1枚である。

物理	1～13 ページ
化学	15～33 ページ
生物	35～55 ページ

- 2 試験開始後、問題を見てから解答する科目を選択することができる。
選択した科目は、解答用紙の科目名欄へ指示にしたがって記入し、選択欄を必ずマークすること。
- 3 解答は、解答用紙の解答マーク欄へ問題の指示にしたがってマークすること。
解答用紙は全科目共通であるから、科目によってはマークしなくてもよい解答マーク欄がある。
- 4 試験時間は60分である。

物 理

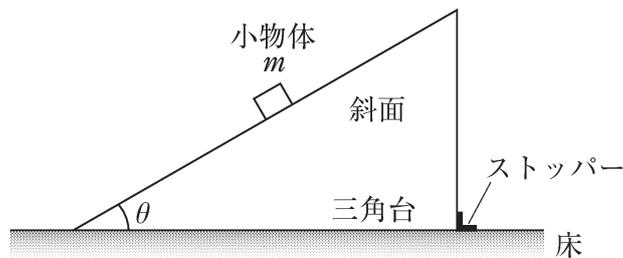
問題は次のページからです。

物 理

1 この問題は、解答欄 ～ に解答すること。

次の問いに答えなさい。(25点)

問1 角度 θ の斜面をもつ三角台を水平な床にストッパーで固定し、図1のように、斜面上に質量 m の小物体を置いたところ小物体は静止した。重力加速度の大きさを g とすると、三角台が小物体に及ぼす垂直抗力の大きさは である。小物体が斜面上に静止していることから、三角台と小物体の間の静止摩擦係数を μ とすると、 $\mu \geq$ が成り立つ。ただし、小物体の大きさは無視できるものとする。



・ に当てはまるものの組合せとして最もふさわしいものを、次のア～カの中から1つ選び、解答欄 にマークしなさい。

	<input type="text" value="a"/>	<input type="text" value="b"/>
ア	$mg\cos\theta$	$\sin\theta$
イ	$mg\cos\theta$	$\cos\theta$
ウ	$mg\cos\theta$	$\tan\theta$
エ	$mg\sin\theta$	$\sin\theta$
オ	$mg\sin\theta$	$\cos\theta$
カ	$mg\sin\theta$	$\tan\theta$

問2 ばね定数が k の軽いばねの上端を天井に固定し、ばねの下端に質量 m の物体を取り付けたところ、図2のように、ばねは自然長から d だけ伸びた状態で物体が静止した。この状態において物体の底面に板を接触させ、板に外力を加えて物体をゆっくりと鉛直上向きに持ち上げ、図3のようにばねを自然長の状態に戻した。ばねの質量は無視できるものとする、ばねが d だけ伸びた状態から自然長に戻るまでの間に板が物体にした仕事を表す式として最もふさわしいものを、下のア～カの中から1つ選び、解答欄 2 にマークしなさい。

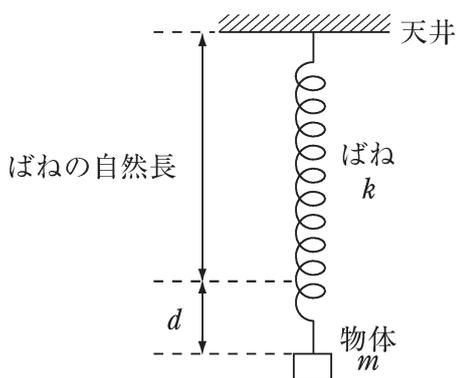


図2

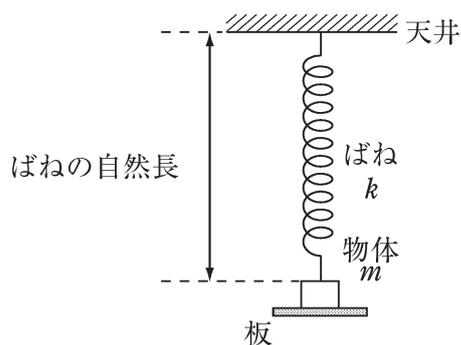


図3

ア $-2kd^2$

イ $-kd^2$

ウ $-\frac{1}{2}kd^2$

エ $\frac{1}{2}kd^2$

オ kd^2

カ $2kd^2$

問3 ある電熱線に電源を接続して $1.0 \times 10^2 \text{V}$ の電圧をかけたところ、消費電力が $2.0 \times 10^2 \text{W}$ になった。この電熱線の抵抗値は Ω である。この電熱線に $1.0 \times 10^2 \text{V}$ の電圧を連続して1時間加えた。このとき、電熱線で消費した電力量は kWh である。ただし、1kW の電力を1時間使用したときの電力量を 1kWh という。

・ に当てはまるものの組合せとして最もふさわしいものを、次のア～カの中から1つ選び、解答欄 にマークしなさい。

	<input type="text" value="a"/>	<input type="text" value="b"/>
ア	2.0	2.0×10^{-1}
イ	2.0	2.0
ウ	2.0	2.0×10^1
エ	50	2.0×10^{-1}
オ	50	2.0
カ	50	2.0×10^1

問4 図4のように、大気圧が $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ の大気中において、水平な床に固定したシリンダーと断面積 $2.0 \times 10^{-3} \text{m}^2$ のピストンからなる断熱容器によって理想気体を封入したところ、ピストンが静止した。この状態を状態1とする。シリンダーにはヒーターが取り付けられており、気体を加熱することができる。また、ピストンはシリンダーに対してなめらかに動く。状態1からヒーターを作動させて気体をゆっくりと加熱し、ピストンが水平右向きに $5.0 \times 10^{-2} \text{m}$ だけ移動した直後に加熱を終了した。加熱を終了した状態を状態2とする。状態1から状態2までの間に気体がピストンにした仕事 W は、 $W = \boxed{\text{a}}$ J である。また、状態1から状態2までの間に気体が吸収した熱量を Q 、気体の内部エネルギーの変化量を ΔU とすると、 $\Delta U = \boxed{\text{b}}$ と表せる。

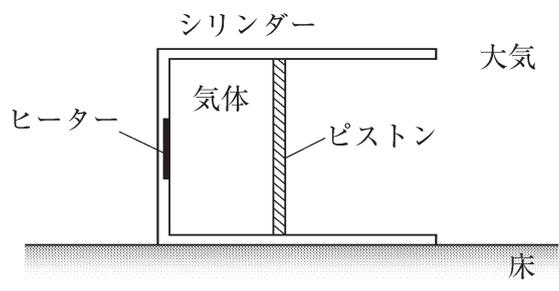


図4

$\boxed{\text{a}}$ ・ $\boxed{\text{b}}$ に当てはまるものの組合せとして最もふさわしいものを、次のア～カの中から1つ選び、解答欄 $\boxed{4}$ にマークしなさい。

	$\boxed{\text{a}}$	$\boxed{\text{b}}$
ア	10	$Q - W$
イ	10	$Q + W$
ウ	20	$Q - W$
エ	20	$Q + W$
オ	50	$Q - W$
カ	50	$Q + W$

問5 300gの水を入れた容器があり、はじめ水と容器の温度は12.0℃で一定であった。容器の熱容量は240J/Kである。この水の中に95.0℃に熱した質量125gの金属球を入れて断熱材で容器を覆ったところ、やがて水、容器、金属球の温度は15.0℃で一定となった。水の比熱を4.20J/(g·K)とし、熱は水と容器および金属球の間でのみ移動するものとする。金属球の比熱はおよそ何J/(g·K)か。最もふさわしいものを、次のア～カの中から1つ選び、解答欄 にマークしなさい。

ア 0.250

イ 0.360

ウ 0.450

エ 0.600

オ 0.780

カ 0.880

2 この問題は、解答欄 **21** ～ **25** に解答すること。

次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(25点)

図1のように、なめらかで水平な床の上に質量が $2m$ 、壁Aと壁Bの間の距離が L の箱を置く。壁Aに接するように箱の内側に質量 m の小球を置き、小球に大きさ v_0 の初速度を水平右向きに与えた後の小球および箱の運動について考える。小球と壁A、小球と壁Bとの間の反発係数はともに $e(0 < e < 1)$ であり、箱の内側はなめらかであるため小球と箱の間に摩擦は作用しない。小球と箱の速度は水平右向きの場合を正とする。小球および箱は同一鉛直面内を運動し、小球の大きさ、および空気抵抗は無視できるものとする。

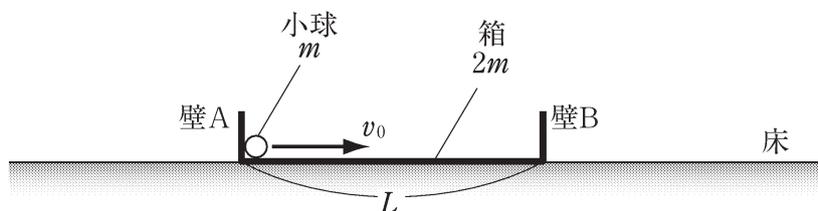


図1

問1 小球がはじめて壁Bに衝突した直後の、床に対する小球の速度を表す式として最もふさわしいものを、次のア～カの中から1つ選び、解答欄 **21** にマークしなさい。

- | | | |
|------------------------|--------------------------|------------------------|
| ア $\frac{1-2e}{3} v_0$ | イ $\frac{1-e}{3} v_0$ | ウ $\frac{1+e}{3} v_0$ |
| エ $\frac{1+2e}{3} v_0$ | オ $\frac{2(1+e)}{3} v_0$ | カ $\frac{2+3e}{3} v_0$ |

問2 小球がはじめて壁Bに衝突したとき、小球が壁Bに及ぼした力積の大きさを表す式として最もふさわしいものを、次のア～カの中から1つ選び、解答欄 **22** にマークしなさい。

- | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| ア $\frac{1-2e}{3} mv_0$ | イ $\frac{1-e}{3} mv_0$ | ウ $\frac{1+e}{3} mv_0$ |
| エ $\frac{1+2e}{3} mv_0$ | オ $\frac{2(1+e)}{3} mv_0$ | カ $\frac{2+3e}{3} mv_0$ |

問3 小球に大きさ v_0 の初速度を与えてから、小球がはじめて壁 A に衝突するまでの時間を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 **23** にマークしなさい。

ア $\frac{(1+e)L}{2v_0}$

イ $\frac{(2+e)L}{2v_0}$

ウ $\frac{(1+e)L}{v_0}$

エ $\frac{2L}{v_0}$

オ $\frac{(1+e)L}{ev_0}$

カ $\frac{(2+e)L}{ev_0}$

問4 小球がはじめて壁 A に衝突した直後の、床に対する箱の速度を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 **24** にマークしなさい。

ア $\frac{1-2e^2}{3} v_0$

イ $\frac{1-e^2}{3} v_0$

ウ $\frac{2(1-e^2)}{3} v_0$

エ $\frac{2-e^2}{3} v_0$

オ $\frac{1+e^2}{3} v_0$

カ $\frac{1+2e^2}{3} v_0$

問5 小球に大きさ v_0 の初速度を与えてから十分に時間が経過したとき、床に対する小球と箱の速度は等しくなる。このときの床に対する小球(または箱)の速度を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 **25** にマークしなさい。

ア $\frac{e^2}{3} v_0$

イ $\frac{e}{3} v_0$

ウ $\frac{1}{3} v_0$

エ $\frac{2e^2}{3} v_0$

オ $\frac{2e}{3} v_0$

カ $\frac{2}{3} v_0$

3 この問題は、解答欄 41 ~ 45 に解答すること。

次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(25点)

磁束密度の大きさが B の一様な磁場中において、質量 m 、電気量 $-e$ ($e > 0$) の電子の運動を考える。図1のように、真空中に点 O を原点とする xy 座標軸をとる。磁場は紙面の表から裏に向かう向きに存在する。磁場中に x 軸方向の幅が d で十分に薄い導体板を3枚、 x 軸に平行に固定した。3枚の導体板の左端の位置はすべて $x = d$ に一致しており、導体板 D_0 は x 軸上に、導体板 D_1 は直線 $y = L$ ($L > d$) 上に、導体板 D_2 は直線 $y = -L$ 上にある。導体板 D_0 を接地し、導体板 D_0 の電位を0とする。導体板 D_1 と導体板 D_2 のそれぞれに等しい電気量を与えたところ、導体板 D_1 と導体板 D_2 の電位はともに V ($V > 0$) となり、導体板 D_0 と導体板 D_1 の間、および導体板 D_0 と導体板 D_2 の間にはそれぞれ一様な電場が生じた。

点 O において電子に y 軸正の向きに大きさ v_0 の初速度を与えたところ、電子は xy 面内の円軌道上を運動して $(x, y) = (d, d)$ の点 P を通過した後、 x 軸に平行に運動し、 $(x, y) = (2d, d)$ の点 Q を通過した。その後、電子は再び点 O に到達した。電子に作用する重力の影響、電子の運動による電磁波の放射および導体板の端の電場の乱れは無視できるものとする。

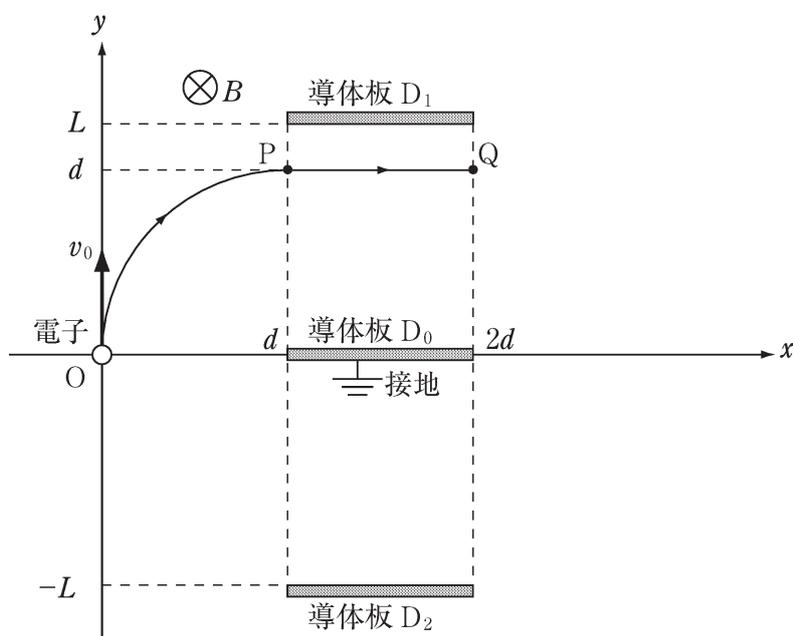


図1

問1 点Oにおいて電子に大きさ v_0 の初速度を与えた直後に電子に作用するローレンツ力の大きさを表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 41 にマークしなさい。

ア $\frac{v_0}{eB}$

イ $\frac{eB}{v_0}$

ウ $\frac{ev_0}{B}$

エ $\frac{B}{ev_0}$

オ ev_0B

カ $\frac{1}{ev_0B}$

問2 電子が点Oから点Pまで円軌道に沿って運動したことに注意し、 d を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 42 にマークしなさい。

ア $\frac{eB}{mv_0}$

イ $\frac{mv_0}{eB}$

ウ $\frac{emv_0}{B}$

エ $\frac{B}{emv_0}$

オ $\frac{emB}{v_0}$

カ $\frac{v_0}{emB}$

問3 電子が点Pから点Qまで x 軸に平行に運動したことに注意し、導体板 D_1 の電位 V を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 43 にマークしなさい。

ア v_0BL

イ $\frac{v_0B}{L}$

ウ $\frac{v_0L}{B}$

エ v_0BL^2

オ $\frac{v_0B}{L^2}$

カ $\frac{v_0L^2}{B}$

問4 点Oにおいて電子に初速度を与えてから再び点Oに到達するまでの時間を T とする。 T を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 44 にマークしなさい。

ア $\frac{2m}{eB} \left(\pi + \frac{1}{2} \right)$

イ $\frac{2m}{eB} (\pi + 1)$

ウ $\frac{2m}{eB} (\pi + 2)$

エ $\frac{eB}{2m} \left(\pi + \frac{1}{2} \right)$

オ $\frac{eB}{2m} (\pi + 1)$

カ $\frac{eB}{2m} (\pi + 2)$

問5 電子に与える初速度の大きさを2倍の $2v_0$ にして、初速度の大きさが v_0 のときと同一の軌道を運動させて再び点Oに到達させるには、磁束密度の大きさは B の 倍に、導体板 D_1 と導体板 D_2 の電位は V の 倍にする必要がある。また、初速度の大きさが $2v_0$ のとき、点Oにおいて電子に初速度を与えてから再び点Oに到達するまでの時間は T より なる。

~ に当てはまるものの組合せとして最もふさわしいものを、次のア~クの中から1つ選び、解答欄 にマークしなさい。

	<input type="text" value="a"/>	<input type="text" value="b"/>	<input type="text" value="c"/>
ア	$\frac{1}{2}$	2	短く
イ	$\frac{1}{2}$	2	長く
ウ	$\frac{1}{2}$	4	短く
エ	$\frac{1}{2}$	4	長く
オ	2	2	短く
カ	2	2	長く
キ	2	4	短く
ク	2	4	長く

4 この問題は、解答欄 61 ～ 65 に解答すること。

次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(25点)

図1のように、水平な床上に観測者および板が静止しており、観測者と板の間を一定の速さ v で水平左向きに音源が運動している。音源は観測者に向かう左向きの音波と板に向かう右向きの音波を同時に発しており、音源が左右に発する音波の振動数はともに f_0 である。音源から左向きに発せられて観測者に直接届く音波を直接音、音源から右向きに発せられて板で反射してから観測者に届く音波を反射音と呼ぶ。板で音波が反射するとき、板が静止していれば反射によって音波の波長や振動数は変化しない。観測者、音源、板は常に同一直線上に並んでおり、風は吹いていない。音速を V とする。

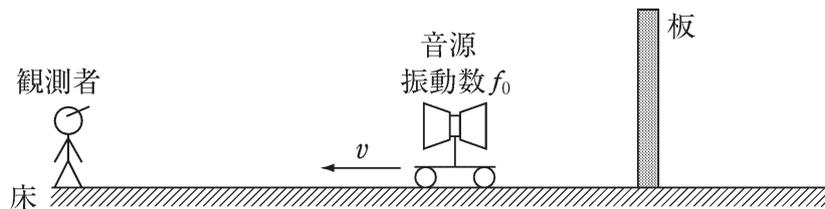


図1

問1 直接音の音波の波長 λ_1 を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 61 にマークしなさい。

- | | | |
|---------------------|-------------------|---------------------|
| ア $\frac{V-v}{f_0}$ | イ $\frac{V}{f_0}$ | ウ $\frac{V+v}{f_0}$ |
| エ $\frac{f_0}{V+v}$ | オ $\frac{f_0}{V}$ | カ $\frac{f_0}{V-v}$ |

問2 観測者が観測する直接音の振動数を表す式として最もふさわしいものを、次の ア～カ の中から1つ選び、解答欄 62 にマークしなさい。

- | | | |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| ア $\frac{V-v}{\lambda_1}$ | イ $\frac{V}{\lambda_1}$ | ウ $\frac{V+v}{\lambda_1}$ |
| エ $\frac{\lambda_1}{V+v}$ | オ $\frac{\lambda_1}{V}$ | カ $\frac{\lambda_1}{V-v}$ |

問3 観測者が直接音と反射音を同時に観測したところ、うなりが聞こえた。単位時間当たりのうなりの回数を表す式として最もふさわしいものを、次のア～カの中から1つ選び、解答欄 **63** にマークしなさい。

- | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| ア $\frac{2v^2 f_0}{V^2 - v^2}$ | イ $\frac{2Vv f_0}{V^2 - v^2}$ | ウ $\frac{2V^2 f_0}{V^2 - v^2}$ |
| エ $\frac{2v^2 f_0}{V^2 + v^2}$ | オ $\frac{2Vv f_0}{V^2 + v^2}$ | カ $\frac{2V^2 f_0}{V^2 + v^2}$ |

図2のように、板が水平右向きに一定の速さ v で運動する場合を考える。

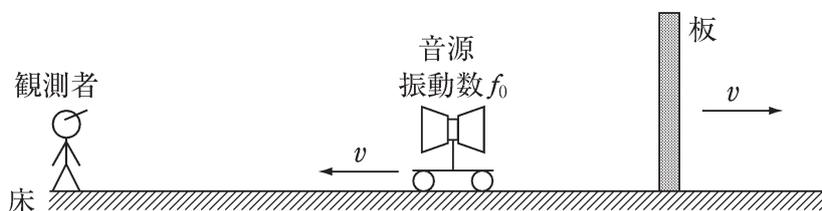


図2

問4 音源から右向きに発せられて板に届く前の音波の波長を λ_2 、板で反射された後で左向きに伝わる音波の波長を λ'_2 とする。 $\frac{\lambda'_2}{\lambda_2}$ を表す式として最もふさわしいものを、次のア～カの中から1つ選び、解答欄 **64** にマークしなさい。

- | | | |
|-------------------|---------------------|-------------------|
| ア $\frac{v}{V}$ | イ $\frac{V-v}{V+v}$ | ウ $\frac{V-v}{V}$ |
| エ $\frac{V+v}{V}$ | オ $\frac{V+v}{V-v}$ | カ $\frac{V}{v}$ |

問5 観測者が観測する反射音の振動数を表す式として最もふさわしいものを、次のア～カの中から1つ選び、解答欄 **65** にマークしなさい。

- | | | |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| ア $\frac{(V-v)^2}{(V+v)^2} f_0$ | イ $\frac{V(V-v)}{(V+v)^2} f_0$ | ウ $\frac{V(V-v)}{V^2 + v^2} f_0$ |
| エ $\frac{V(V+v)}{V^2 + v^2} f_0$ | オ $\frac{V^2}{V^2 - v^2} f_0$ | カ $\frac{2Vv}{V^2 - v^2} f_0$ |

(計 算 用 紙)