

A, B, D

平成 30 年度個別学力検査問題
(国際資源学部, 教育文化学部, 理工学部)

物 理

前 期 日 程

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで, この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は 10 ページあります。解答用紙は 1 枚あります。
問題は I から IV まで 4 題あります。ただし, IV は問題 A または問題 B のいずれかを選択して解答しなさい。
試験中に問題冊子の印刷不鮮明, ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 監督者の指示に従って, 解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 4 解答は, 解答用紙の該当欄に記入しなさい。
- 5 配付された解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 6 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。

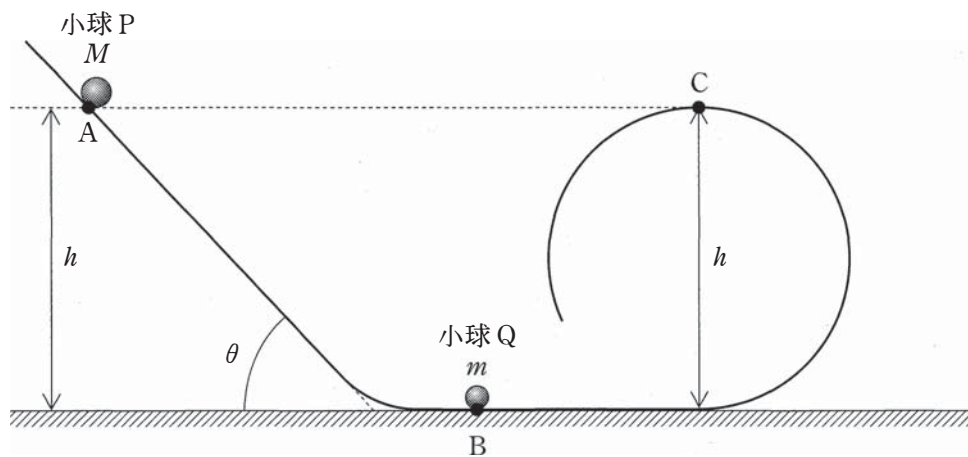
I 次の文章中の空欄①, ②, ④~ ⑨を数式で, ③を語句で埋め, 解答欄に記入しなさい。

図のように, 斜面と水平面と円筒面がなめらかにつながった経路上での, 小球の運動を考える。斜面上の点 A から小球 P を静かに放すと, 小球 P は斜面を下ったのち水平面上の点 B で小球 Q に衝突した。衝突ののち小球 Q が運動を開始し, 円筒の内部に導かれて内壁に沿って運動した。小球の運動は鉛直面内で起きるものとする。重力の作用する方向は鉛直下向きで, 重力加速度の大きさを g とする。小球の大きさおよび, 経路上の摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。

(i) はじめに小球 P は斜面上の点 A で静止している。斜面の傾きを θ とし, 小球 P の質量を M とする。このとき斜面から小球 P にはたらく垂直抗力 N は, θ , M , g を用いて $N = (\text{①})$ と表される。点 A の水平面からの高さを h とする。小球 P が斜面を下ったあと, 水平面を移動する速さ v は, θ , M , g , h の中から必要なものを用いて, $v = (\text{②})$ と表される。

(ii) 次に小球 P は, この速さ v で, 点 B に静止している質量 m の小球 Q に衝突した。衝突の前後で小球 P と小球 Q の運動エネルギーの和は変化しないとする。この条件を満たす衝突は (③) 衝突と呼ばれる。このとき, 衝突の直後に小球 P と小球 Q が互いに遠ざかる速さ(相対速度の大きさ)は v と等しい。衝突の前後で運動量が保存されることを考慮すると, 衝突後の小球 Q の速さ v_B は, v , M , m を用いて, $v_B = (\text{④})$ と表される。この衝突の直後に小球 P が小球 Q と同じ方向に運動する条件は, v , M , m から必要なものを用いて, $M > (\text{⑤})$ と表される。

(iii) 続いて小球 Q は、この速さ v_B で、直径 h の円筒の内部に進入し、内壁に沿って運動した。小球 Q は経路の途中で内壁から離れないものとする、経路の最高点 C で速さが最小になる。点 C での小球 Q の速さ v_C は、 v_B , m , g , h から必要なものを用いて、 $v_C =$ (⑥) と表される。このとき点 C で小球 Q にはたらく遠心力 F は、 v_B , m , g , h を用いて、 $F =$ (⑦) と表される。点 C で小球 Q が内壁から離れないための条件は、 $F \geq mg$ であるので、これを満たす v_B の条件は、 m , g , h から必要なものを用いて、 $v_B \geq$ (⑧) と表される。以上の②, ④, ⑧の結果、小球 Q が内壁から離れないための条件は、質量 M と m の比で決まり、 $m/M \leq$ (⑨) と表される。



II 次の文章中の空欄①～④，⑩を数値で，⑤～⑧を数式で，⑨を語句で埋め，解答欄に記入しなさい。なお，空欄①～④，⑩の数値は有効数字2桁で答えなさい。

(i) x 軸に沿って進む正弦波がある。この正弦波は，位置 x [m] の媒質の時刻 t [s] における変位 y [m] が，

$$y = 0.50 \sin \left\{ \pi \left(\frac{t}{3.0} - \frac{x}{18} \right) \right\}$$

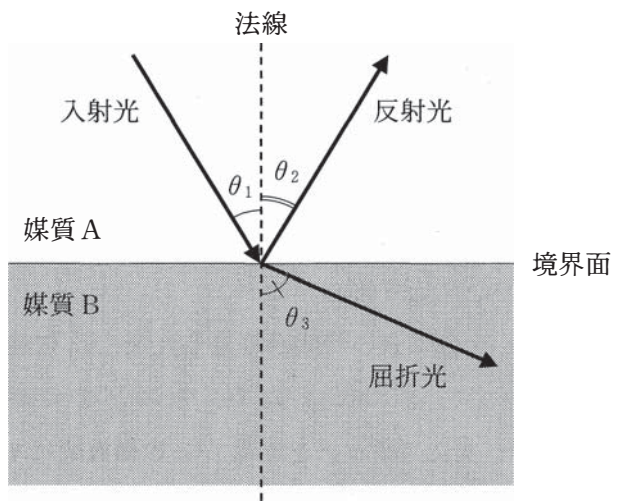
で表される。ここで， π は円周率である。この波の波長は(①) [m]，周期は(②) [s] である。また，この波が進む速さは(③) [m/s] である。位置 $x = 3.0$ m の時刻 $t = 1.0$ s における変位は，(④) [m] である。

(ii) 図のように，絶対屈折率の異なる媒質中を進む光を考える。

真空中を進む光の速さを c とし，媒質 A の絶対屈折率を n_A とすると，媒質 A 中を進む光の速さ v_A は， c および n_A を用いて， $v_A =$ (⑤) である。また，真空中の光の波長を λ ，媒質 A 中の光の波長を λ_A とすると， v_A は， c ， λ ， λ_A を用いて， $v_A =$ (⑥) とも表される。

光が媒質 A から媒質 B へ進むとき，境界面で反射して媒質 A を進む光と，屈折して媒質 B を進む光に分かれる。入射光，反射光，屈折光は同一平面上にある。境界面の法線と入射光，反射光，屈折光のなす角をそれぞれ θ_1 ， θ_2 ， θ_3 とする。また，媒質 B の絶対屈折率を n_B とする。 θ_2 は，反射の法則より， θ_1 ， n_A ， n_B の中から必要なものを用いて， $\theta_2 =$ (⑦) となる。一方， θ_3 については，屈折の法則より， θ_1 ， n_A ， n_B の中から必要なものを用いて， $\sin \theta_3 =$ (⑧) の関係が成り立つ。

$n_A > n_B$ のとき， θ_1 を 0° から徐々に大きくしていくと， $\theta_1 = \theta_1'$ で屈折光が見られなくなった。この θ_1' を臨界面角といい，臨界面角以上の入射角で入射した光は，境界面ですべて反射される。この現象を(⑨)という。例えば， $n_A = \sqrt{2}$ ， $n_B = 1$ のとき， $\theta_1' =$ (⑩) $^\circ$ となる。



Ⅲ 次の文章中の空欄①～⑤を数式で、⑥～⑨を数値で埋め、解答欄に記入しなさい。なお、空欄⑥～⑨の数値は有効数字2桁で答えなさい。

(i) 図1のように、平行板コンデンサー C_1 、内部抵抗の無視できる起電力 V [V] の電池、およびスイッチからなる電気回路がある。初め C_1 の極板間は真空であり、その電気容量を C [F] とする。

スイッチを閉じ、十分に長い時間が経過した後、 C_1 に蓄えられる電気量は C および V を用いて (①) [C] となり、そのときの静電エネルギーは (②) [J] となる。次にスイッチを開き、 C_1 の極板間にすき間なく比誘電率 $\epsilon_r (> 1)$ の誘電体を挿入した。誘電体を挿入した後の C_1 の電気容量は ϵ_r および C を用いて (③) [F] と表される。誘電体を挿入した後も C_1 に蓄えられた電気量は変わらないため、 C_1 の極板間の電位差は (④) [V] となる。誘電体を挿入するために外力がした仕事は (⑤) [J] である。ただし、誘電体の移動の際の極板との間の摩擦は無視できるものとする。

(ii) 図2のように、コンデンサー C_2 、2つの抵抗 R_1 と R_2 、内部抵抗の無視できる起電力 3.0 V の電池、およびスイッチからなる電気回路がある。 R_1 、 R_2 の抵抗値はそれぞれ 1.0 k Ω 、 5.0 k Ω である。

初めスイッチは図2のように開かれており、 C_2 に電荷は蓄えられていないものとする。スイッチを閉じた直後に、 C_2 に流れ込む電流は (⑥) [A] である。スイッチを閉じて、十分に長い時間が経過した後、 R_2 に流れる電流は (⑦) [A] となり、 C_2 の両端の電位差は (⑧) [V] となる。次にスイッチを開くと、 C_2 は蓄えられた電荷を放電し始めた。スイッチを開いた直後に、 R_2 に流れる電流は (⑨) [A] である。

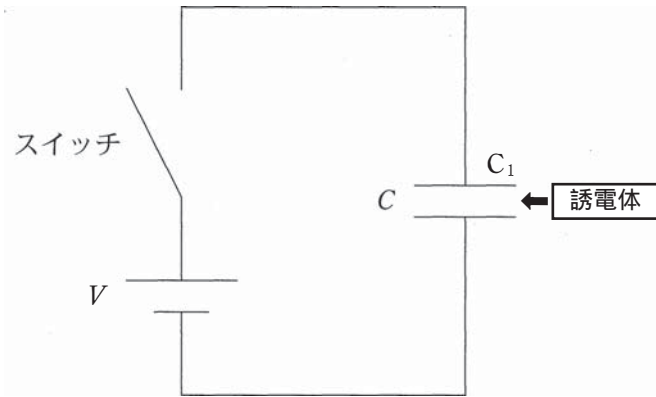


図 1

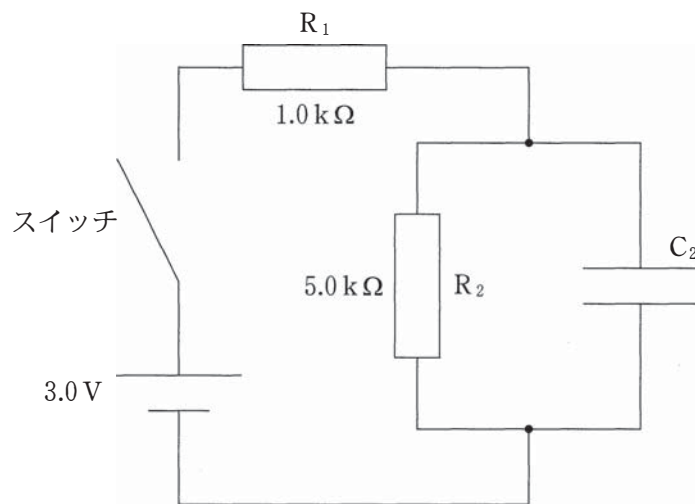


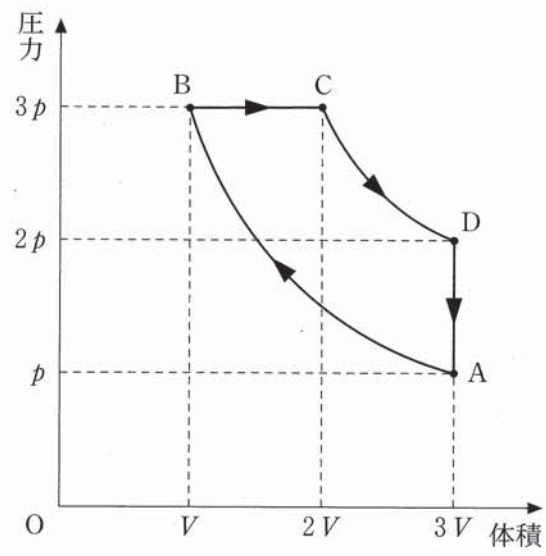
図 2

IV 問題Aと問題Bのいずれかを選択して解答しなさい。なお、解答欄にある、選択した問題の記号Aまたは記号Bを○で囲みなさい。

《問題A》

次の文章中の空欄①を語句で、②～⑦を数値で埋め、解答欄に記入しなさい。なお、空欄②および⑦の数値は有効数字2桁で答えなさい。

- (i) 高温物体と低温物体を接触させると、高温物体の温度が下がり、低温物体の温度が上がる。十分に時間がたつと両物体の温度は等しくなる。このような状態を(①)という。
- (ii) 質量 200 g の銅球を加熱し、 $3.8 \times 10^3 \text{ J}$ の熱量を与えたところ、銅球の温度が 25°C から 75°C に上昇した。このことから、銅の比熱は(②) [$\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$] であることが分かる。
- (iii) 1 mol の単原子分子の理想気体をピストンがついたシリンダーの中に閉じ込めて図のように体積と圧力を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ に示す経路で変化させた。過程 $A \rightarrow B$ と過程 $C \rightarrow D$ は等温変化である。さらに、過程 $B \rightarrow C$ は定圧変化であり、過程 $D \rightarrow A$ は定積変化である。ピストンとシリンダーの間に摩擦はないものとし、気体定数を R [$\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$] とする。 $A \rightarrow B$ の間に気体が外部にする仕事は $-330R$ [J] であり、 $C \rightarrow D$ の間に気体が吸収する熱量は $243R$ [J] である。 A の温度は 27°C とする。 C の温度は(③) [$^\circ\text{C}$] である。 $A \rightarrow B$ において、気体が吸収する熱量は(④) $\times R$ [J] である。 $B \rightarrow C$ において、気体が外部にする仕事は(⑤) $\times R$ [J] である。 $D \rightarrow A$ において、気体の内部エネルギーの変化は(⑥) $\times R$ [J] である。この一連の変化を熱機関のサイクルとみなすと、その熱効率は(⑦) となる。



《問題B》

次の文章中の空欄①は(ア)~(ウ)のうちから正しいものを1つ選び, ②~⑥を数式で, ⑦を数値で埋め, 解答欄に記入しなさい。

図1のように空気中に置かれた平行板電極の間に, 霧吹きで直径が数 μm の油滴をつくると, 油滴は摩擦で電気量 $-q(q>0)$ に帯電した。図1の回路でスイッチは開いており, 電極に電荷がないとすると電極間に電場は生じないため, 油滴は重力によって鉛直下向きに落下する。このとき, 油滴にかかる浮力は十分小さく無視できるものとする。油滴は軽いいため, 落下し始めるとすぐに重力と空気抵抗がつりあって一定の速さ v_g に達する。空気抵抗はこの場合, 油滴の運動方向と(① (ア)同じ向き, (イ)反対向き, (ウ)垂直の向き)で速さに比例した力となることが分かっており, その比例定数を k とおくと, 油滴の質量を M , 重力加速度の大きさを g として, 力のつりあいより $Mg = (\text{②})$ が成り立つ。

つぎに, 図2のようにスイッチを閉じて平行板電極に電圧 V をかけると, 電極間には一様な電場 E が発生する。電極板の間隔を d としてその強さは, $E = (\text{③})$ と表される。また電場によって油滴には鉛直上向きの力がはたらき, 力の大きさ F は q と E を用いて $F = (\text{④})$ と表される。油滴が鉛直上向きに運動するほど大きい電圧 V をかけると, 油滴はふたたび空気抵抗とのつりあいによって一定の速さ v_E となる。このとき, 力のつりあいの式は F, k, v_E, M, g を用いて(⑤)と表される。ここから電気量の大きさ q は V, d, v_g, v_E, k を用いて $q = (\text{⑥})$ と表される。

ミリカンはこのような実験を精密に行い, 電気量がある値の整数倍のものしかないことを見出した。これにより, 電気量には電気素量とよぶ最小単位があることがわかり, 現在では電気素量が電子の電気量の絶対値であることが確かめられている。実際に上のような方法で電気素量の測定実験を行い, A~Eと名付けた5個の油滴について表のような数値を得たとする。この実験から推定できる電気素量のうち, 最も大きいものを有効数字2桁で求めると(⑦)[C]である。

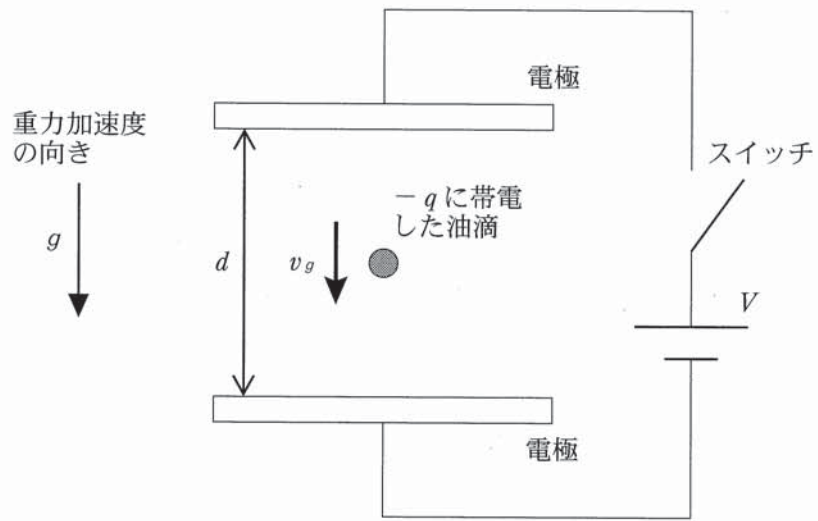


図 1

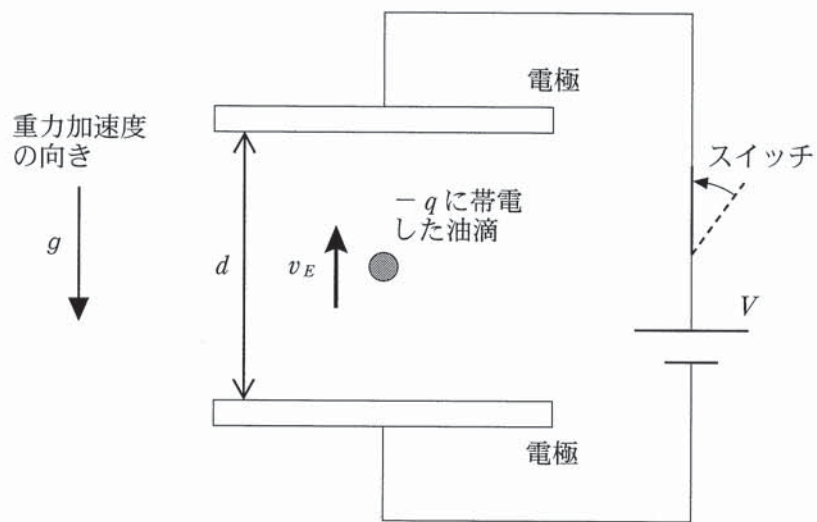


図 2

表

	A	B	C	D	E
電氣量 q [$\times 10^{-19}$ C]	10.2	3.41	5.14	8.52	6.86