

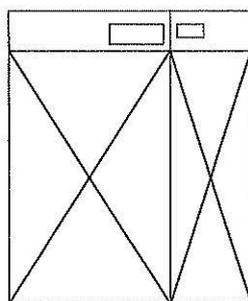
平成31年度入学試験問題（一般入試）

理 科

13：20～15：00

注 意

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題文は、物理：1～7ページ，化学：8～13ページ，生物：14～21ページである。
3. 解答紙は計3枚で、物理：1枚，化学：1枚，生物：1枚である。
4. 解答開始前に、試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目も含めすべての解答紙それぞれ2カ所に受験番号を記入すること。
5. 試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目の解答紙に下記のように×印を大きく2カ所記入すること。



6. 「始め」の合図があったら、問題冊子のページ数を確認すること。
7. 解答は、黒色鉛筆(シャープペンシルも可)を使用し、すべて所定の欄に丁寧な字で正確に記入すること。英文字、ギリシャ文字は大文字・小文字の区別をすること。欄外および裏面には記入しないこと。
8. 下書き等は、問題冊子の余白を利用すること。
9. 試験終了後、監督者の指示にしたがって、解答紙を物理，化学，生物の順番にそろえること。
10. 解答紙は持ち帰らないこと。

物 理

- [1] 次の文章を読んで、以下の設問に答えなさい。プランク定数 $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、光速 $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、電気素量 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。また、 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ である。

レーザーの強さ(強度)をあらわす単位として、単位時間あたりに発せられる光のエネルギー(J/s すなわち W)が用いられる。強度 3.0 W のレーザーがある。レーザーは波長が単一であり、このレーザーの波長は 660 nm であった。

- (1) 波長 660 nm のレーザー光の光子 1 個のエネルギーを J および eV 単位で求めなさい。
- (2) 0.20 秒間このレーザー光を物体に照射した。照射された光子の個数は何個か求めなさい。
- (3) このレーザー光をレンズによって面積 $S(\text{mm}^2)$ に集め、ある物質に照射した。この物質は、このレーザーの波長において 1.0 cm^2 あたりのレーザー強度が $2.0 \times 10^2 \text{ W}$ 以上の時に蒸発する。この物質が蒸発する最大の $S(\text{mm}^2)$ を求めなさい。

- [2] 直立した人体の水平面での重心の位置と動きを計測する装置を重心動揺計と呼ぶ。重心動揺計に関する次の文章を読んで、以下の設問に答えなさい。重力加速度を $g(\text{m/s}^2)$ とする。

まず、荷重を計測する装置(荷重センサー)を考えよう。ここで荷重とは、装置が受ける力(単位 N)のことである。

図1のように台の上に長さ $L(\text{m})$ の金属棒 A を立てて置き、上から荷重をかける。金属棒 A の上端および下端には導線がつながれていて回路の一部となっている。一般に金属に荷重をかけて縮めると電気抵抗が変化する。荷重をかける前の金属棒 A の電気抵抗を $R_0(\Omega)$ 、かけた後の電気抵抗を $R(\Omega)$ とすると、元の長さ $L(\text{m})$ から長さ $\delta(\text{m})$ 縮んだ場合、次の関係

$$\frac{R_0 - R}{R_0} = E \frac{\delta}{L}$$

が成り立つことが知られている。ここで E は比例定数である。

回路中の抵抗 B は可変抵抗であり、他の抵抗 C、抵抗 D の抵抗値はそれぞれ $R_c(\Omega)$ 、 $R_d(\Omega)$ である。電源電圧を $V_0(\text{V})$ とする。図のように検流計が取り付けられている。A、B、C、D 以外の部分の電気抵抗および電源の内部抵抗は無視できる。

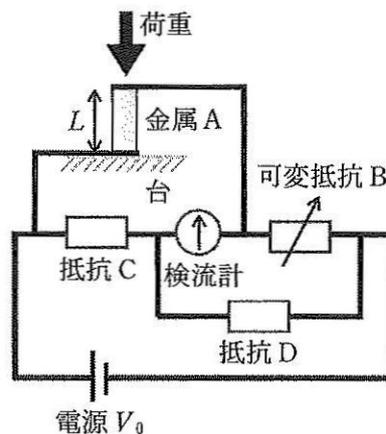


図1

- (1) 金属棒 A に何も荷重を加えないとき、検流計に電流が流れないように可変抵抗 B の値を調節した。B の抵抗値 $R_{b0}(\Omega)$ は金属棒 A の抵抗値 $R_0(\Omega)$ の何倍か。 $R_c(\Omega)$ および $R_d(\Omega)$ で表しなさい。
- (2) (1)で金属棒 A に流れていた電流を $i_0(\text{A})$ とする。金属棒 A に荷重をかけたところ、検流計に電流が流れたので、可変抵抗 B の値を検流計に電流が流れないように再調節した。再調節後に金属棒 A に流れる電流を $i(\text{A})$ とする。荷重により金属棒 A の抵抗が $R(\Omega)$ になったとすると、電流の比 $\frac{i}{i_0}$ を $R_0(\Omega)$ および $R(\Omega)$ で表しなさい。

荷重 F [N] により元の長さから δ [m] 縮められたとき、この金属棒はバネと同様にフックの法則に従い、比例定数を k として $F = k\delta$ という式が成り立つ。(1)で得られた可変抵抗 B の抵抗値 R_{b0} [Ω] と、(2)で金属棒 A に荷重がかかった時に調節して得られた可変抵抗 B の抵抗値 R_b [Ω] の比、 $\frac{R_b}{R_{b0}}$ を r としよう。

(3) 金属棒 A にかかった荷重 F [N] は kL の何倍か。 E および r を使って表しなさい。

上記の荷重センサーを使って直線上での重心位置について考えよう。荷重センサーを二つ用意し、距離 D [m] 離して並べ、これら二つの中点を原点として両者をむすぶ方向に X 軸をとる(図 2)。図の左側 (X 軸の負側) のセンサーを a、右側 (X 軸の正側) のセンサーを b とする。その上に質量の無視できる剛体の板を水平に渡した。

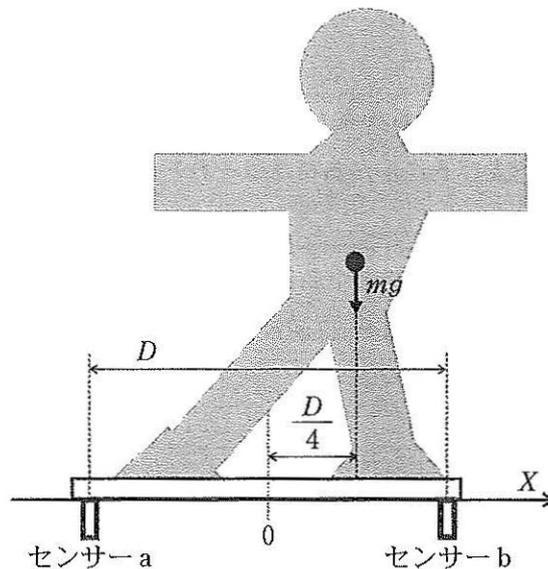


図 2

板の上に質量 m [kg] の被験者が乗った。

(4) このとき被験者の重心位置の座標は $\frac{D}{4}$ [m] であった。荷重センサー a にかかる荷重は被験者にかかる重力 mg [N] の何倍か求めなさい。

その後、被験者は重心の位置を移動させた。

(5) このとき荷重センサー a にかかる荷重は $\frac{7}{10} mg$ [N] であった。移動後の重心位置の座標を求めなさい。

次に、図3のように水平面内に X 軸と Y 軸を設定し、平面上での重心位置を考える。三つの荷重センサー a , b , c を、底辺の長さ d 、高さ d を持つ二等辺三角形の三つの頂点に配置する。すなわち、それぞれの荷重センサーの座標は、 $a(0, d)$, $b(-\frac{d}{2}, 0)$, $c(\frac{d}{2}, 0)$ である。その上に質量の無視できる剛体の板を水平にのせる。

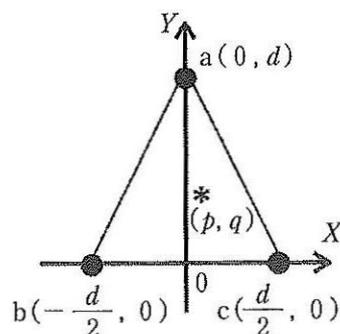


図3

(6) 板の上に質量 M (kg) の被験者が乗った。被験者の重心*の座標を (p, q) とする。 $d = 1$ m のとき、センサー a および b にかかる荷重はそれぞれ Mg (N) の何倍か答えなさい。

(7) 板の上に質量 50 kg の被験者が乗ったとき、荷重センサー a , b , c の示す荷重は、それぞれ $F_a = 20$ g (N), $F_b = 7$ g (N), $F_c = 23$ g (N) であった。 $d = 50$ cm のとき、重心位置の座標を答えなさい。

(8) 図4(1)~(6)は、同じ質量 50 kg の6人の被験者 No. (1)~(6)が板の上に乗ったときの荷重センサー a , b , c が示す荷重 F_a , F_b , F_c の時間変化とする。図5は図4で表示されている時間範囲での重心位置の変化を表している ($d = 50$ cm とする)。図4(1)~(6)に対応する重心の位置の時間変化の組み合わせを次の選択肢(i)~(h)の中から選び解答欄の記号に○を付けなさい。

- No. (1) — (2) — (3) — (4) — (5) — (6)
- (i): (a) — (γ) — (ε) — (δ) — (ξ) — (β)
- (ii): (β) — (δ) — (ξ) — (γ) — (ε) — (α)
- (iii): (γ) — (ε) — (α) — (β) — (δ) — (ξ)
- (iv): (δ) — (ξ) — (β) — (α) — (γ) — (ε)
- (v): (ε) — (α) — (γ) — (ξ) — (β) — (δ)
- (vi): (ξ) — (β) — (δ) — (ε) — (α) — (γ)

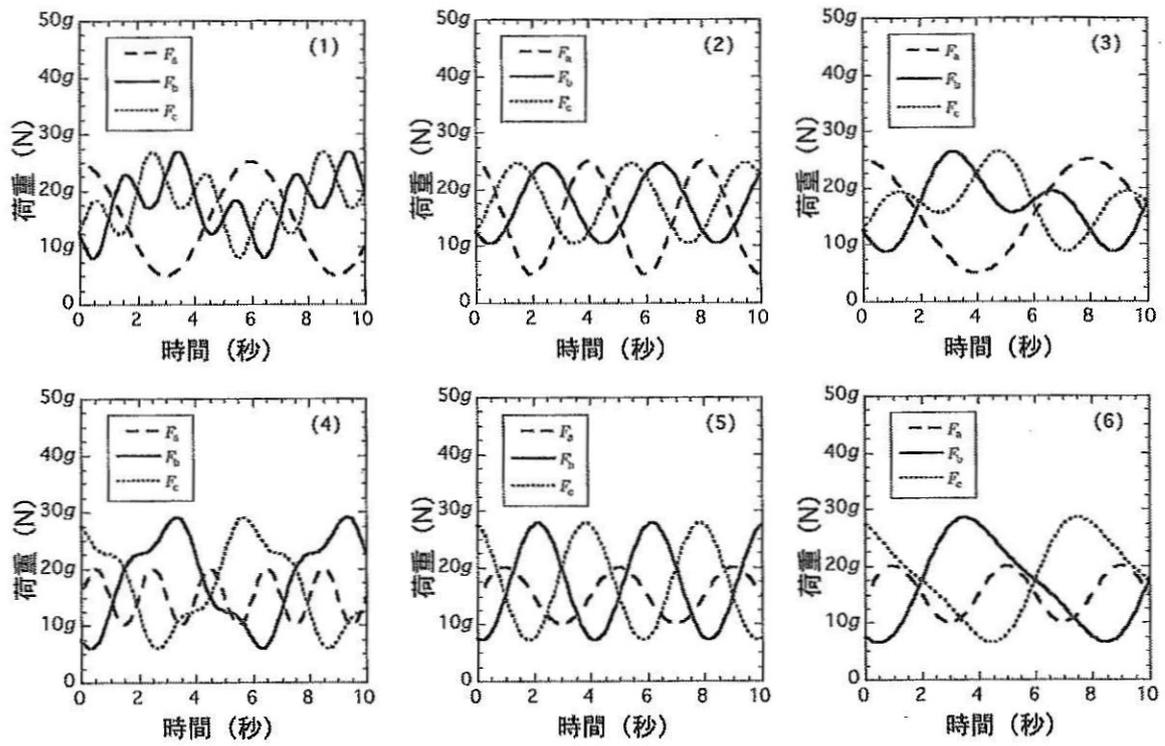


図 4

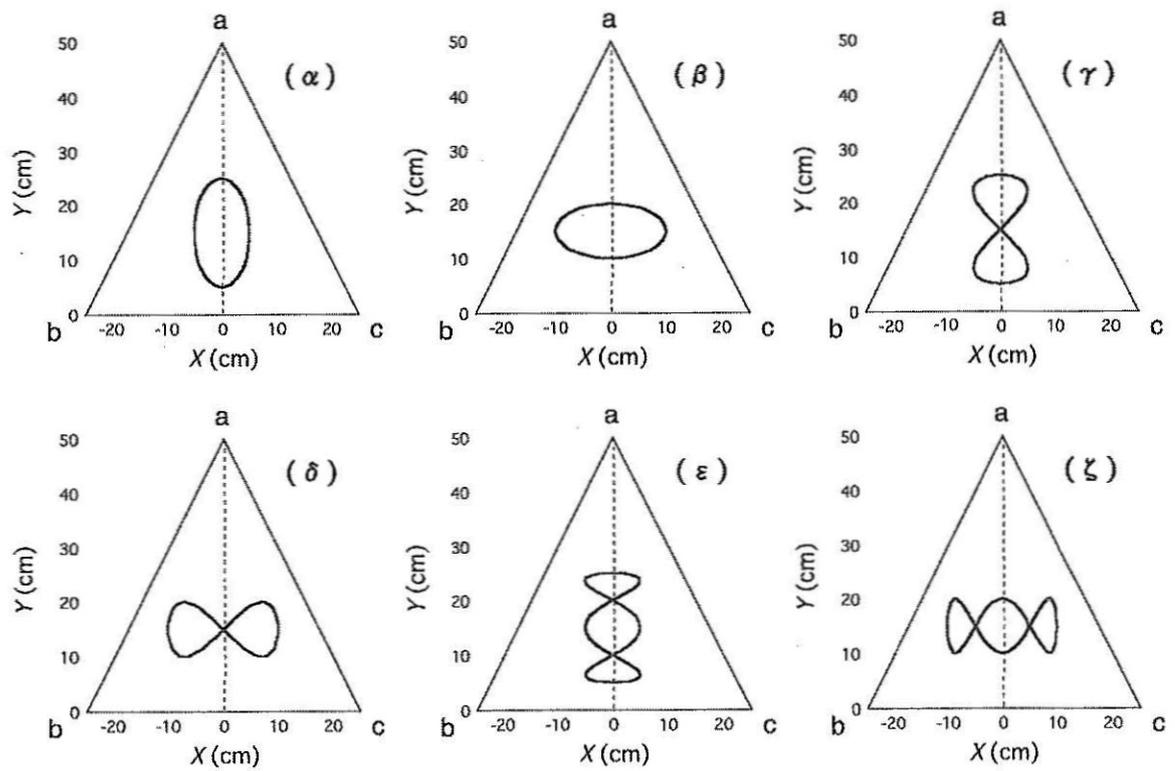


図 5

[3] 気柱共鳴に関する以下の設問(1)~(6)に答えなさい。

長さ 1 m の透明の筒の一端に任意の振動数の音のでるスピーカーを隙間なく取り付けた。図 6 のように筒に沿った方向に X 軸をとり、スピーカーの取り付けられている筒の端を原点、他端側を X 軸の正とする。筒の内部で音波が共鳴していることは外部の観測者が音で判断することが出来る。以下では開口端補正は考えなくてよい。空気中の音速を 340 m/s とする。

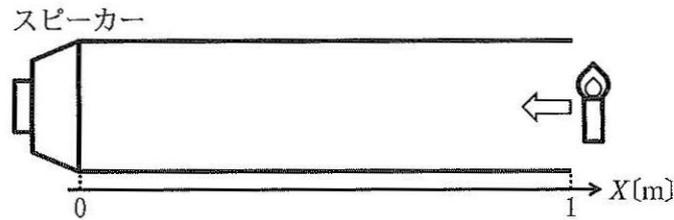


図 6

火のついた小さなろうソクを筒内部に入れ、 $X = 1$ m から静かに移動させ、スピーカーに到達するまでの間ろうソクの炎の揺らめきを観察する。ろうソクは筒内を自由に移動できるが、音波の伝わり方に影響を与えないとする。また、スピーカーの反対側の端は常に開口している。

- (1) スピーカーの振動数を 0 から次第に増加させ 2 回目の共鳴時に振動数を固定し、スピーカーに向けてろうソクを移動させた。この時、ろうソクの炎は、開口端 ($X = 1$ m) 付近では激しく揺れていたが、筒の中を進むにつれ揺れは小さくなり、座標 X_1 (m) に達したとき揺れなくなった。そこから更にスピーカー側に進めていくと再び揺らめきは大きくなったが、スピーカーに到達するまでに揺れは小さくなりスピーカーの位置では炎は揺れなくなった。
- (i) 共鳴時、ろうソクの炎がまったく揺れない位置は定常波における {ア. 腹, イ. 節} である。{ } 内から適切な語句を選び、解答欄の記号に \bigcirc を付けなさい。
- (ii) X_1 (m) を求めなさい。

さらに振動数を上げていき共鳴時のろうソクの様子を調べると、共鳴時には一定の間隔 d (m) でろうソクの炎がまったく揺れない場所が現れることがわかった。

ある振動数 f_0 (Hz) での共鳴時に、このような炎がまったく揺れない場所に赤い印を付けた。赤い印が付けられた位置はスピーカーの場所以外に 6 か所あった。

- (2) この共鳴時の振動数 f_0 (Hz) を求めなさい。

次に、ろうソクを $X = 1 \text{ m}$ の位置に戻し、スピーカーの振動数を 0 にしてから筒の中心 ($\frac{1}{2} \text{ m}$ の位置) に孔 A を開けた(図 7)。

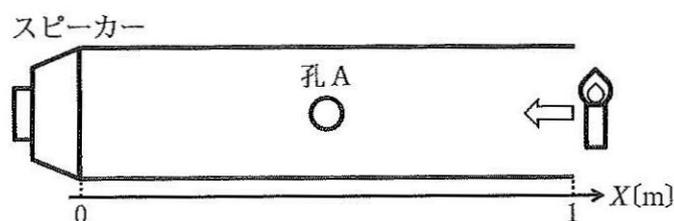


図 7

スピーカーの振動数を 0 から増加させ 2 回目の共鳴と同時に振動数を固定した。この状態でろうソクを移動させると、炎は孔 A の位置に到達するまではまったく揺れず、孔 A に到達すると同時に激しく揺れたが、更に筒の中を進み座標 $X_s(\text{m})$ に達したとき炎はまったく揺れなくなった。その後、1 度だけ揺らめきは大きくなりスピーカーの位置で揺れなくなった。

(3) $X_s(\text{m})$ を求めなさい。

孔 A を開けた状態では(2)で求めた振動数 $f_0(\text{Hz})$ では共鳴しなかった。そこで振動数を $f_0(\text{Hz})$ から減少させ、最初に共鳴状態になった時の振動数 $f_A(\text{Hz})$ で固定した。この状態で、孔 A からスピーカーの間においてろうソクの炎がまったく揺れない位置に黄色の印を付けた。

(4) $f_A(\text{Hz})$ を求めなさい。

さらにスピーカーと孔 A の間のある場所に孔 B を開け、振動数を $f_A(\text{Hz})$ から増加させると $f_{B1}(\text{Hz})$ の時に 1 回目の共鳴が起こった。さらに振動数を上げていき 2 回目の共鳴時の振動数 $f_{B2}(\text{Hz})$ で固定した。ここで、 $f_{B2} = \frac{7}{5} f_{B1}$ であった。2 回目の共鳴時に、孔 B からスピーカーの間においてろうソクの炎がまったく揺れない位置に青い印を付けたところ、青い印の間隔 $d(\text{m})$ は $\frac{1}{10} \text{ m}$ であった。

(5) 孔 B の位置の座標を求めなさい。

(6) 炎が揺れない場所として赤・黄・青の印が付けられている場所は合わせて何カ所あるか、数を答えなさい。ただし、同じ場所に異なる色の印が重ねて付けられている場合は一つと数える。また、スピーカーの位置 ($X = 0$) は除く。