

平成 31 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	物 理	9

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかはいつさい記入しないこと。
4. 問題〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕、〔Ⅲ〕、〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕は選択問題である。5つのうち4つを解答すること。5問すべてを解答してはいけない。選択問題〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕、〔Ⅲ〕、〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その1)の所定の枠内に記入すること。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、5枚すべての解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には、いつさい応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机の上に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰ること。

〔選択問題〕

- 〔 I 〕 質量 m_A の小さな物体 A と質量 m_B の小さな物体 B が、なめらかで水平な平面上で静止している。物体 A に対して、図 1 に示す矢印の方向に時間 Δt の間一定の外力 F を加えたところ、物体 A は等速直線運動をはじめた。そして物体 A は物体 B に衝突し、物体 B は等速直線運動をはじめた。物体 A が等速直線運動をはじめたときの物体 A と物体 B の間の距離を l 、物体 A と物体 B の間の反発係数(はね返り係数)を e 、重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えなさい。なお、図の右方向を正とする。

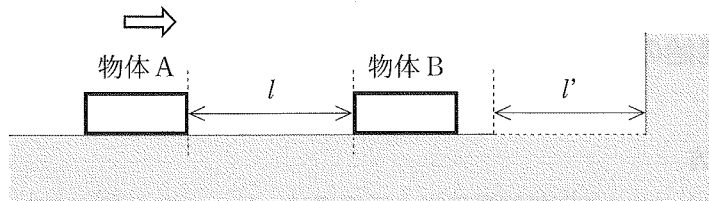


図 1

- (1) 物体 A にはたらく垂直抗力の大きさを求めなさい。
- (2) 物体 A が等速直線運動をはじめてから物体 B に衝突するまでの時間を求めなさい。
- (3) 物体 A が物体 B との衝突によって停止しなかった場合、衝突後の物体 B の速度を求めなさい。

以下では、物体 A が物体 B との衝突によって停止した場合を考える。図 1 に示すように、壁から距離 l の範囲だけ平面上があらくなっており、物体 B と平面の間に摩擦力が生じる。この動摩擦係数が μ 、物体 B と壁の間の反発係数が 1 である(すなわち物体 B が壁に完全弾性衝突する)とき、以下の問いに答えなさい。なお、物体 B の大きさは無視できるものとする。

- (4) 物体 A と物体 B の最初の衝突直後の物体 B の速度を求めなさい。さらに、 m_A と m_B の関係を求めなさい。

- (5) 物体 A と物体 B が再衝突する(すなわち、物体 A と物体 B が初めて衝突した後、物体 B が壁に衝突してはね返り、物体 A と二度目の衝突をする)場合、物体 B が摩擦力に抗してする仕事を求めなさい。
- (6) 物体 A と物体 B が(5)の再衝突をしないための l の条件を求めなさい。

〔選択問題〕

〔Ⅱ〕 図2-1のように、抵抗値 R の抵抗器、自己インダクタンス L のコイル、電気容量 C のコンデンサーが、角周波数 ω の交流電源に直列に接続された電気回路がある。この回路に流れる電流 I を $I = I_0 \sin \omega t$ 、交流電源の電圧 V を $V = V_0 \sin(\omega t + \phi)$ とする。ただし、 I_0 、 V_0 、 ϕ はそれぞれ電流の最大値、電圧の最大値、電流と電圧の位相差とする。また、時間を t とする。

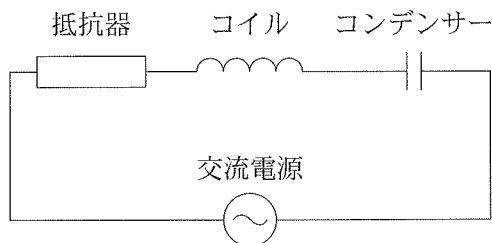


図2-1

(1) 直列接続であるため、各素子に流れる電流は等しい。抵抗器、コイル、コンデンサーの両端にかかる電圧をそれぞれ V_R 、 V_L 、 V_C としたとき、これらを表す式として正しいものを次の①～⑨の内から一つずつ選んで番号を答えなさい。なお、 V_R は I と同位相で、 V_L は I に対し位相が $\frac{\pi}{2}$ だけ進んでおり、 V_C は I に対し位相が $\frac{\pi}{2}$ だけ遅れている。

- | | | |
|---|--|---|
| ① $RI_0 \sin \omega t$ | ② $\omega RI_0 \sin \omega t$ | ③ $\omega RI_0 \cos \omega t$ |
| ④ $\omega L \sin \omega t$ | ⑤ $\omega LI_0 \cos \omega t$ | ⑥ $2\pi\omega LI_0 \cos \omega t$ |
| ⑦ $-\frac{I_0}{\omega C} \sin \omega t$ | ⑧ $\frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t$ | ⑨ $-\frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t$ |

(2) 交流電源の電圧の最大値 V_0 を I_0 、 ω 、 R 、 L 、 C のうち必要なものを用いて求めなさい。また、導出過程を記述しなさい。なお、必要であれば三角関数の公式

$$a \sin \theta + b \cos \theta = \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\theta + \alpha) \quad \text{ただし、} \tan \alpha = \frac{b}{a}$$

を用いてもよい。

(3) 図2-2のように、この回路に加える交流電圧の角周波数 ω を変化させると、特定の角周波数で大きな電流が流れ共振した。 I_0 が最大となる角周波数 ω_0 を I_0 、 R 、 L 、 C のうち必要なものを用いて求めなさい。

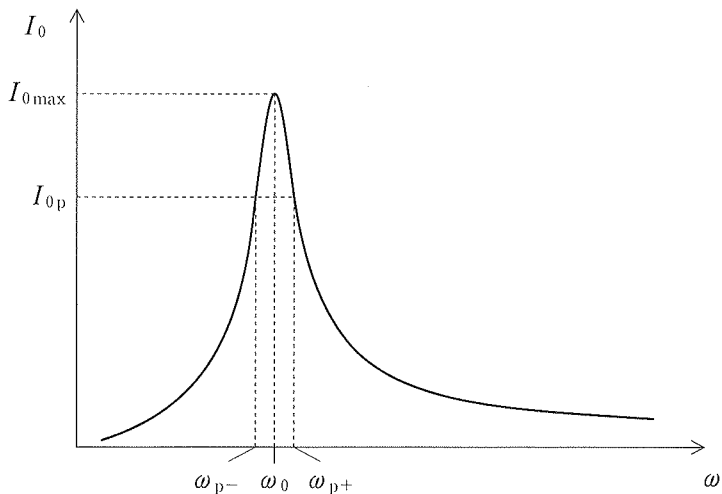


図 2-2

(4) 共振周波数が 10 Hz になるための L の条件を, I_0 , R , C のうち必要なものを用いて求めなさい。

(5) 図 2-2 に示すように I_0 が最も大きい状態 I_{0max} の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍の値を I_{0p} とし, そのときの角周波数を ω_{p+} と ω_{p-} ($\omega_{p+} > \omega_{p-} > 0$) とする。 ω_{p+} と ω_{p-} の差を求める過程を記した次の文章の空欄 ・ に当てはまる式を求めなさい。

問題文より, $I_{0p} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{0max}$ である。従って, 回路のインピーダンスについて $\omega_p (= \omega_{p+}, \omega_{p-})$, R , L , C を用いて表すと $\sqrt{R^2 + \left(\omega_p L - \frac{1}{\omega_p C}\right)^2} =$ となる。よって, この式の解の差 $\omega_{p+} - \omega_{p-}$ は となる。

(6) $\omega_{p+} - \omega_{p-}$ を小さくすると, 回路に流れる電流が増大する角周波数の範囲を狭め, I_{0max} を大きくすることができる。これを実現するためには, R はどのような状態が望ましいか。次の①~⑥の内から一つ選んで番号を答えなさい。

① $R \rightarrow \infty$

② $R \rightarrow 0$

③ $R = LC$

④ $R = \sqrt{LC}$

⑤ $R = \frac{1}{LC}$

⑥ $R = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

〔選択問題〕

- 〔Ⅲ〕 図3-1のように、 $x-y$ 座標上の原点 O に焦点距離 f の凸レンズ L を置いた。凸レンズの二つの焦点の位置はそれぞれ $F_1(-f, 0)$, $F_2(f, 0)$ である。次に、図上において白矢印で表現した物体を $A(-2f, 0)$ の位置に置いた。凸レンズ L は薄いものとして、以下の問いに答えなさい。

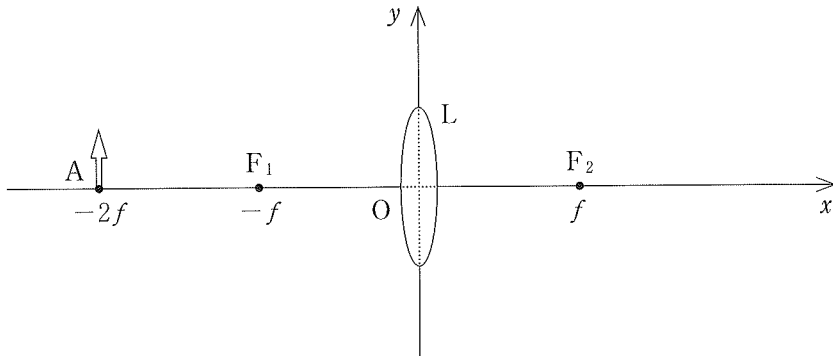


図3-1

- (1) 凸レンズによって得られる物体の像の始点(白矢印の始点)の座標を記述しなさい。
- (2) 次に、図3-2のように鏡 M を $\theta = 45^\circ$ の角度で F_2 上に置いた。得られる物体の像を描き、像の始点の座標はどうなるか記述しなさい。

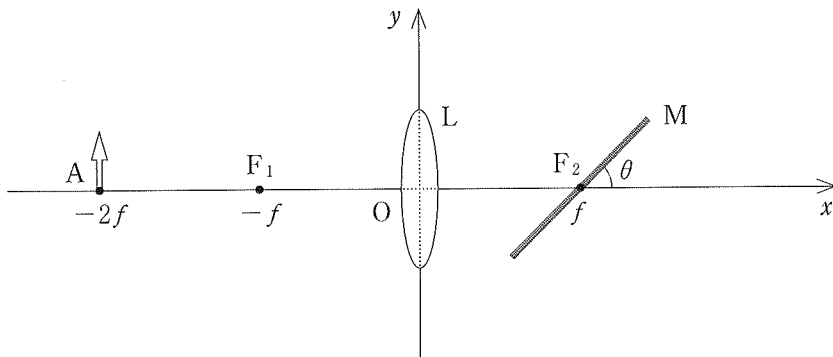


図3-2

- (3) 次に、鏡 M を回転させ $\theta = 90^\circ$ とした。像の始点の座標はどうなるか、倍率は何倍になるか記述しなさい。
- (4) 次に、鏡 M を $\theta = 90^\circ$ のまま原点方向に x 軸上を $f/2$ 移動させた。像の始点の座標はどうなるか、倍率は何倍になるか記述しなさい。
- (5) 次に、図 3-3 のように鏡を取り除き焦点距離 f の薄い凹レンズ L' を F_2 上に置いた。像はどうなるか記述しなさい。

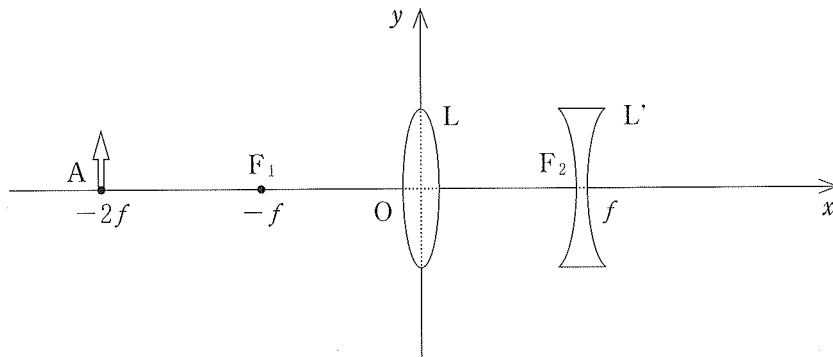


図 3-3

〔選択問題〕

〔Ⅳ〕 気体の状態変化および気体分子の運動について以下の問いに答えなさい。

単原子分子からなる理想気体 1 mol を図 4-1 のように状態 A, 状態 B および状態 C の間で矢印の経路に沿って変化させる。ここで、 $V_2 = \frac{1}{2} V_1$ であり、状態 A での温度は T_A である。また気体定数を R とする。A→B は定圧変化、B→C は定積変化、また C→A は等温変化である。

- (1) 状態 B での温度 T_B を T_A を用いて表し、答えなさい。
- (2) 状態 C での圧力 P_2 を P_1 を用いて表し、答えなさい。
- (3) A→B の過程において加えられる熱量 Q_{AB} を R および T_A を用いて表し、答えなさい。
- (4) B→C の過程において加えられる熱量 Q_{BC} を R および T_A を用いて表し、答えなさい。

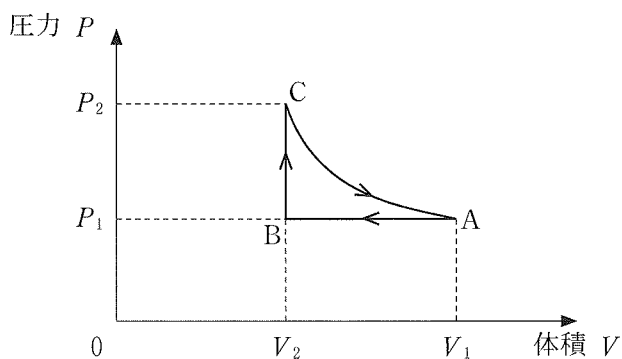


図 4-1

図4-2のように一辺 L の立方体の容器に、質量 m 、分子量 M_0 の気体分子が N 個入っている。これらの分子は特定の方向にかかわらず不規則に運動しており、容器の内壁とは完全弾性衝突を行い、分子同士の衝突は無視できるものとする。気体の圧力が p であるとき、分子の速さの二乗の平均を $\overline{v^2}$ とすると、

$$p = \frac{Nm\overline{v^2}}{3L^3}$$

が成り立つ。ここでは、すべての気体分子について、速度 v と速度の各方向成分の二乗の平均を順に、 $\overline{v^2}$ 、 $\overline{v_x^2}$ 、 $\overline{v_y^2}$ 、 $\overline{v_z^2}$ とすると、これらの間には $\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}$ という関係が成り立つ。

アボガドロ数を N_A 、気体定数を R 、物質量を n 、また絶対温度を T とする。

以下の(5)および(6)の設問では、導出過程も必ず解答用紙に示しなさい。

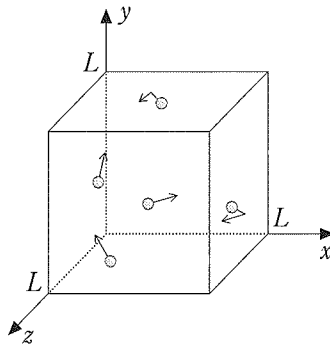


図4-2

- (5) 分子一個の平均運動エネルギー \overline{E} を N_A 、 R 、および T を用いて表し、答えなさい。
- (6) 分子の二乗平均速度で、 $\sqrt{\overline{v^2}}$ を M_0 、 R 、および T を用いて表し、答えなさい。
- (7) 分子量2の水素と分子量32の酸素のそれぞれの気体について、水素分子の二乗平均速度の $\sqrt{\overline{v^2}}$ (H_2)は酸素の二乗平均速度の $\sqrt{\overline{v^2}}$ (O_2)の何倍であるか求めなさい。ここで温度 T は一樣であるとする。

〔選択問題〕

〔V〕 X線を照射してイオン化した霧状の小さい油滴を上下に極板をもつ空間に漂わせて、極板に電圧 V をかけて油滴がどのように運動するかを観察した。極板の間隔を d として以下の問いに答えなさい。

- (1) 下線部分のように物質(主に金属)に電磁波を照射してイオン化する現象を説明し、これを利用した実験は何かを答えなさい。
- (2) 極板の間の電界 E はいくらか答えなさい。
- (3) 質量 m 、電荷 q の油滴が静止しているときのつり合いの式を示しなさい。
重力加速度は g とする。

次に電界を 0 にすると油滴は落下し始めるが空気の抵抗のためすぐに一定の速度(終端速度)で落下するようになる。空気の抵抗力の大きさは油滴の速さに比例するものとし、その比例定数を k 、終端速度を v^* とする。

- (4) 油滴が終端速度で落下しているときのつり合いの式を示しなさい。
- (5) これらをもとに油滴の電荷 q を極板間電圧 V と終端速度 v^* 等を用いて表しなさい。
- (6) 同様の実験を何回か行い油滴の電荷 q を測定したところ以下の値を得た。

6.40, 1.61, 4.79, 3.21, 8.02, 1.59, 4.81, …(単位は $\times 10^{-19}$ C)

この結果について考察しなさい。

理科 (物理) 問題訂正

訂 正

問題冊子 8 ページ [IV] 設問 (6)

(誤) 分子の二乗平均速度で, $\sqrt{v^2}$ を $M_0, R \dots$ (正) 分子の二乗平均速度 $\sqrt{v^2}$ を $M_0, R \dots$

問題冊子 9 ページ [V] 設問 (2)

(誤) \dots 電界 E は \dots (正) \dots 電界の強さ E は \dots

問題冊子 9 ページ [V]

設問 (3), 設問 (5), 設問 (6)

(誤) \dots 電荷 $q \dots$ (正) \dots 電気量 $q \dots$