

# 選 択 科 目

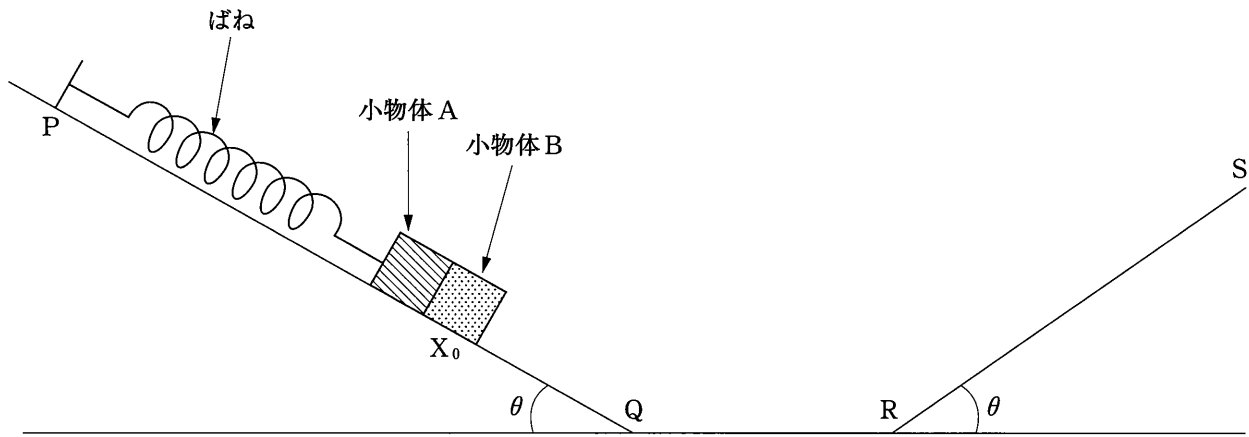
(医 学 部)

— 2月6日 —

物 理 }  
化 学 } この中から1科目を選択して解答しなさい。  
生 物 }

科 目	問 題 の ペ ー ジ
物 理	1～4
化 学	5～9
生 物	10～17

- 1 図のように、水平面に対して  $\theta$  の角度をもつ斜面 PQ と斜面 RS がある。ばね定数  $k$  の軽いばねの一方の端を斜面 PQ 上に固定し、ばねの他端には質量  $m$  の小物体 A をつけた。次に、小物体 A に接するように質量  $2m$  の小物体 B を置き、小物体 B に力をくわえて、ばねが自然の長さとなる位置に静止させた。このときの小物体 B の斜面上における位置を  $X_0$  とする。重力加速度の大きさを  $g$  とし、次の各問いに答えなさい。ただし、すべての面はなめらかであり摩擦はないものとし、斜面と水平面はなめらかにつながっているものとする。



図

- (1) 小物体 B を急に取り去ったとき、小物体 A は斜面 PQ を滑り落ち、ばねがある長さまで伸びたときに位置 Q の手前で斜面 PQ に沿って上昇を始めた。小物体 A が斜面 PQ 上で滑り落ちた距離を  $\theta$ ,  $m$ ,  $k$ ,  $g$  を使って表しなさい。

再び図のように、小物体 A と小物体 B を互いに接する状態で斜面 PQ 上に置き、小物体 B を位置  $X_0$  に静止させた。次に小物体 B を手で支えて、位置 Q に向けてゆっくりと斜面にそって動かしていくと、Q の手前で小物体 A は小物体 B から静かに離れた。

- (2) このときの小物体 B の位置を  $X_1$  とするとき、位置  $X_0$  と  $X_1$  の間の距離  $s$  はどれだけか。  $\theta$ ,  $m$ ,  $k$ ,  $g$  を使って表しなさい。

次に、小物体 B を斜面 PQ にそってゆっくりと手で動かし、小物体 A と接した状態ではばねが自然の長さから  $3s$  だけ縮んだ位置  $X_2$  に静止させた。続いて、小物体 B を止めていた手を離れたところ、ばねが伸びて小物体 A と B は一体となって滑り出し、斜面 PQ 上のある位置で小物体 B が小物体 A から離れた。

- (3) 小物体 B が小物体 A から離れた瞬間の小物体 B の位置と位置  $X_2$  の間の距離を  $s$  を使って表しなさい。

- (4) 小物体 B が小物体 A から離れた瞬間の小物体 B の速さを  $\theta$ ,  $m$ ,  $k$ ,  $g$  を使って表しなさい。

小物体 B は小物体 A から離れた後、斜面 PQ を滑り落ちて、なめらかな水平面 QR を滑走し、斜面 RS にそって登っていった。ただし、位置  $X_2$  と Q の間の斜面の長さは  $6s$  に等しいとする。

- (5) 斜面 RS 上で小物体 B が達した鉛直方向の高さの最大値を  $\theta$ ,  $m$ ,  $k$ ,  $g$  を使って表しなさい。ただし、高さは図の水平面から測るものとする。

**2** 図1のように、平行板コンデンサーと抵抗値  $R$  の抵抗に、起電力  $V$  の電池とスイッチ  $K$  がつながれている。このコンデンサーの極板面積を  $S$ 、極板間隔を  $d$  とし、極板間は真空であるものとする。スイッチ  $K$  は開いており、コンデンサーには電荷はたくわえられていないものとする。なお、電池の内部抵抗は十分小さく、無視できるものとする。真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とし、次の各問いに答えなさい。答えはそれぞれの解答群の中から最も適切なものを選び、解答欄の記号にマークしなさい。

はじめに、スイッチ  $K$  を閉じた。

- (1) スイッチ  $K$  を閉じた直後に抵抗を流れる電流  $I$  を求めなさい。
- (2) じゅうぶん時間が経過してコンデンサーの充電が完了したとき、コンデンサーにたくわえられている電荷量  $Q$  を求めなさい。
- (3) 充電が完了するまでに、電池がした仕事は、 $W = QV$  で与えられる。コンデンサーにたくわえられた静電エネルギー  $U_1$  と  $W$  の比  $\frac{U_1}{W}$  を求めなさい。
- (4) 充電が完了するまでに、抵抗  $R$  で消費されたエネルギー  $J$  を求めなさい。

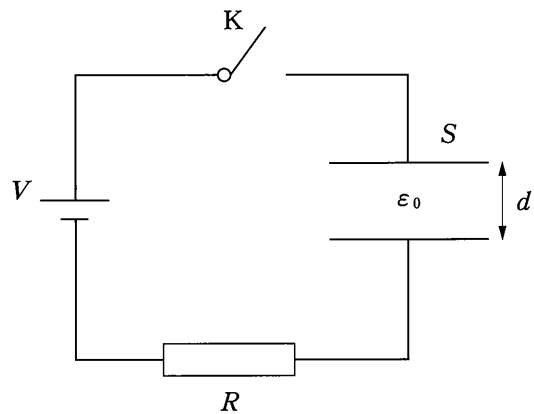


図1

次に、充電が完了した後スイッチ  $K$  を開き、図2のように、コンデンサーに底面積  $\frac{S}{2}$ 、厚さ  $d$ 、誘電率  $4\epsilon_0$  の誘電体を極板のちょうど真ん中まで差し込んだ。

- (5) このとき、コンデンサーの電気容量  $C$  を求めなさい。
- (6) コンデンサーにたくわえられているエネルギー  $U_2$  を求めなさい。

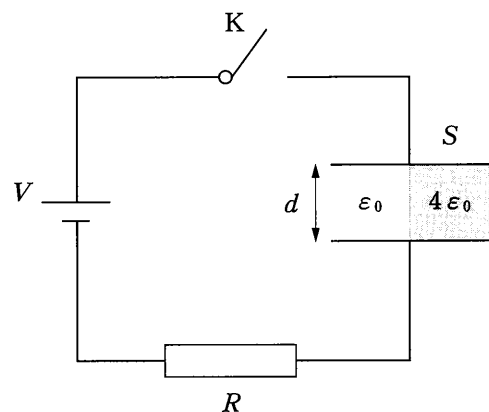


図2

[解答群]

- |   |                                       |  |  |                                       |
|---|---------------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| (1) ア. $I = \frac{\sqrt{2}V}{R}$          | イ. $I = \frac{V}{R}$                  | ウ. $I = \frac{V}{R^2}$                 | エ. $I = \frac{V^2}{R}$                 | オ. $I = \frac{3V}{2R}$                |
| (2) ア. $Q = \frac{\epsilon_0 dV}{S}$      | イ. $Q = \frac{\epsilon_0 d}{SV}$      | ウ. $Q = \frac{\epsilon_0 dS}{V}$       | エ. $Q = \frac{\epsilon_0 SV}{d}$       | オ. $Q = \frac{\epsilon_0 S}{dV}$      |
| (3) ア. $\frac{U_1}{W} = 1$                | イ. $\frac{U_1}{W} = \frac{1}{2}$      | ウ. $\frac{U_1}{W} = \frac{1}{4}$       | エ. $\frac{U_1}{W} = 2$                 | オ. $\frac{U_1}{W} = 0$                |
| (4) ア. $J = \frac{\epsilon_0 SV^2}{2d}$   | イ. $J = \frac{\epsilon_0 dV^2}{2S}$   | ウ. $J = \frac{V^2}{2R}$                | エ. $J = 0$                             | オ. $J = \frac{RV^2}{2}$               |
| (5) ア. $C = \frac{2\epsilon_0 S}{5d}$     | イ. $C = \frac{2\epsilon_0 d}{5S}$     | ウ. $C = \frac{5\epsilon_0 S}{2d}$      | エ. $C = \frac{5\epsilon_0 S}{d}$       | オ. $C = \frac{5\epsilon_0 d}{2S}$     |
| (6) ア. $U_2 = \frac{\epsilon_0 dV^2}{5S}$ | イ. $U_2 = \frac{\epsilon_0 SV^2}{2d}$ | ウ. $U_2 = \frac{5\epsilon_0 dV^2}{4S}$ | エ. $U_2 = \frac{5\epsilon_0 SV^2}{4d}$ | オ. $U_2 = \frac{\epsilon_0 SV^2}{5d}$ |

**3** I. 焦点距離が 50 cm の薄い凸レンズ  $L_1$  と焦点距離が 100 cm の薄い凸レンズ  $L_2$  を図のように、光軸に沿って距離 30 cm 離して置いた。レンズ  $L_1$  の左側の焦点の位置に物体  $O$  を置いて、そこから出る光をレンズ  $L_1$  とレンズ  $L_2$  に通し、倒立像を作った。次の各問いに答えなさい。

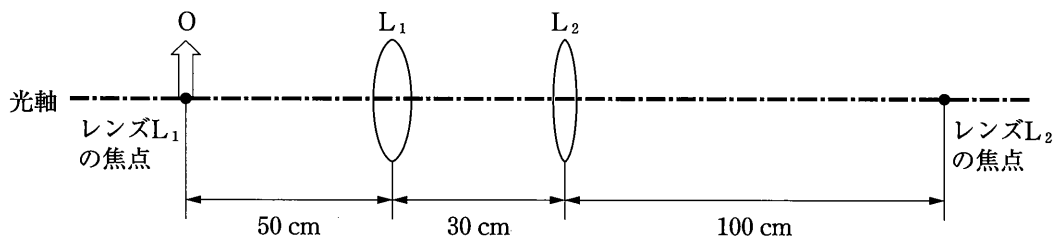
- (1) 物体と倒立像の間の距離を求めなさい。
- (2) 倍率 (像の大きさ / 物体の大きさ) を求めなさい。

II. 次に、レンズ  $L_1$  と  $L_2$  を取り除き、代わりに一枚の薄い凸レンズ  $L_3$  を使って物体  $O$  の像を作った。すると、物体から像までの距離、像の向きと倍率はそれぞれ I の場合と同じになった。次の各問いに答えなさい。

- (1) 物体と薄い凸レンズ  $L_3$  の間の距離を求めなさい。
- (2) 薄い凸レンズ  $L_3$  の焦点距離を求めなさい。

III. II の状態から、物体  $O$  を光軸に沿って移動し、薄い凸レンズ  $L_3$  に近づけていった。すると物体  $O$  がレンズ  $L_3$  にある距離まで近づいたところで像は正立し、その倍率は I の場合と同じになった。次の問いに答えなさい。

- (1) 物体  $O$  と薄い凸レンズ  $L_3$  の間の距離を求めなさい。



**4** 体積  $V$  の容器内に閉じこめられた  $N$  個の単原子分子からなる理想気体がある。各分子は、絶対温度  $T$  の下で自由に熱運動をしている。 $m$  を気体分子の質量、 $\overline{v^2}$  を  $N$  個の分子について、その速さの 2 乗の平均を表したものとすると、気体が容器の壁に及ぼす圧力  $P$  は、 $P = \frac{Nm\overline{v^2}}{3V}$  で与えられる。次の各問いに答えなさい。答えは各問いの解答群の中から最も適切なもの一つを選び、解答欄の記号にマークしなさい。

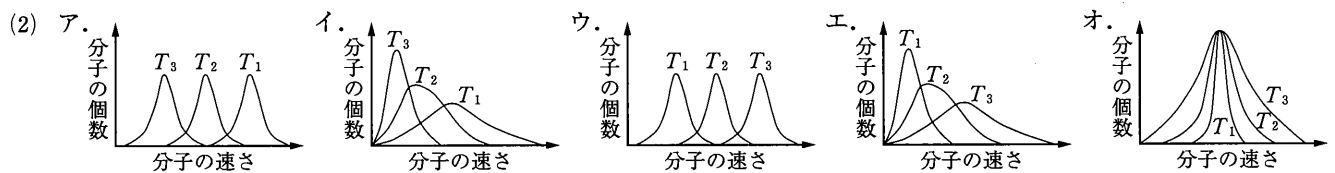
- (1)  $\overline{v^2}$  と  $T$  との関係を表しているものはどれか。
- (2)  $\overline{v^2}$  は  $N$  個の分子の平均の値であるので、個々の分子は実際にはさまざまな速さで運動している。この分子の速さの分布を表すグラフについて、同じ気体で温度による分布の違いを正しく示したグラフはどれか。ただし、温度は  $T_1 > T_2 > T_3$  とする。

ここで、単原子理想気体として、アルゴン (Ar)、ネオン (Ne)、ヘリウム (He) の 3 種類の気体を考えてみよう。ただし、Ar、Ne、He の分子量は、それぞれ 40、20、4 とする。

- (3) 温度  $T$  が同じであるとき、 $\overline{v^2}$  の値が大きな順に気体をならべた。正しいものを選びなさい。
- (4) 温度  $T$  が同じであるとき、分子 1 個あたりの平均運動エネルギーの値が大きな順に気体をならべた。正しいものを選びなさい。
- (5) 同じ温度  $T$  にある 3 種の気体分子をそれぞれ  $N$  個ずつ混ぜたときの内部エネルギーは、ヘリウムの分子が  $3N$  個ある場合に比べて何倍になるか。

[解答群]

- (1) ア.  $\overline{v^2}$  は  $T^2$  に比例する      イ.  $\overline{v^2}$  は  $T^2$  に反比例する      ウ.  $\overline{v^2}$  は  $T$  に反比例する  
 エ.  $\overline{v^2}$  は  $T$  に比例する      オ.  $\overline{v^2}$  は  $T$  に依存しない



- (3) ア. He, Ar, Ne      イ. He, Ne, Ar      ウ. Ar, Ne, He      エ. Ne, Ar, He      オ. すべて同じ
- (4) ア. He, Ar, Ne      イ. He, Ne, Ar      ウ. Ar, Ne, He      エ. Ne, Ar, He      オ. すべて同じ
- (5) ア. 0.19      イ. 1      ウ. 3      エ. 5.3      オ. 16