

(平 30 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～28
地 学	29～36

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

物 理

I 次の文章を読んで、問 1 ～ 4 に答えなさい。(配点 25 点)

図 1 のように、ばね定数が k のばねの右端を壁に固定し、左端に軽い糸を取り付け、滑らかに回る軽い滑車に通す。糸の端に質量が m の小球をつなぎ、滑らかで水平な床の上に置いたところ、床から離れることなく静止した。この状態で、滑車から小球まで鉛直に伸びる糸の長さは L 、ばねの自然長からの伸びは d であった。鉛直下方にはたらく重力加速度の大きさを g とする。ただし、滑車や小球の大きさは十分に小さいと仮定する。

問 1 小球が床から受ける垂直抗力の、大きさと方向を求めなさい。

問 2 床から離れないように小球を手で水平左向きにゆっくり移動させると、ばねの自然長からの伸びが D になった。ただし、バネの左端は滑車よりも右側にあるものとする。移動後の糸の張力を求めなさい。また、この移動の間に手が小球に行なった仕事を求めなさい。

問 3 問 2 の移動の後に、小球から静かに手をはなすと、小球は床から離れることなく水平右向きに動き始めた。小球が床から離れないために、質量 m が満たす条件を求めなさい。また、手をはなした瞬間の小球の加速度を求めなさい。ただし、 $L > d$ が成立しているものとする。

問 4 $k = 30 \text{ N/m}$, $m = 0.30 \text{ kg}$, $L = 30 \text{ cm}$, $d = 3.0 \text{ cm}$, $D = 5.0 \text{ cm}$ である場合を考える。問 3 のように動き始めた小球が、滑車の真下を水平右向きに通過するときの速さを有効数字 2 桁で求めなさい。

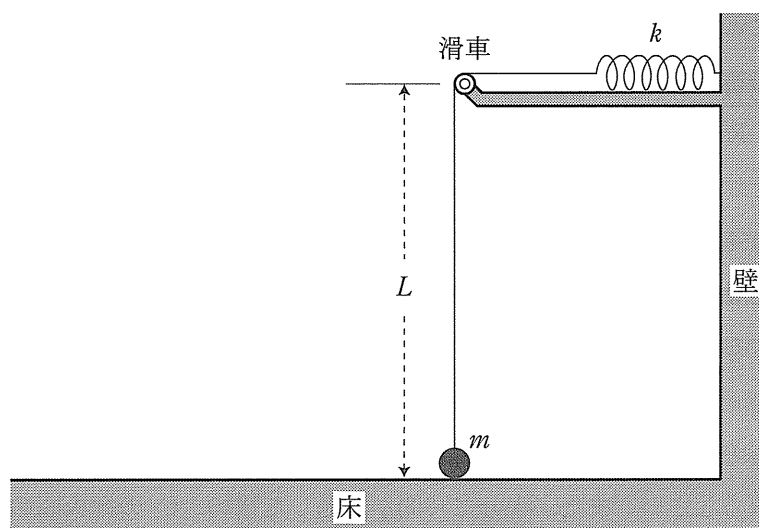


图 1

Ⅱ 図1に示すように、5つのスイッチ S_1 (2個), S_2 (2個), S_3 (1個)を含む電気回路がある。2箇所の S_1 と2箇所の S_2 はそれぞれ同時に開閉する。 E は起電力 E の電池, R は抵抗値 R の抵抗, C_1 と C_2 はそれぞれ電気容量 C と $9C$ のコンデンサー, そして L は自己インダクタンス L のコイルである。はじめ、全てのスイッチは開いており、各コンデンサーには電荷が蓄えられていなかった。以下の問1～4に答えなさい。ただし、電池、スイッチ、およびコイルの内部抵抗は無視できるものとする。(配点30点)

問1 S_2 と S_3 を開いた状態で S_1 を閉じた。 S_1 を閉じた直後に R に流れる電流 I を求めなさい。また、十分に時間が経過した後の、 C_2 の極板間の電圧 V および R に流れる電流 I' を求めなさい。

問2 問1の状態から S_1 を開いた後に S_2 を閉じた。十分に時間が経過した後の、 C_2 の極板間の電圧 V' を求めなさい。また、 C_2 に蓄えられた静電エネルギー U を求めなさい。

問3 問2の状態から S_2 を開いた後に S_3 を閉じると電気振動が起きた。 L を流れる電流と時間の関係を示すグラフを描きなさい。また、電流の大きさが初めて最大となる時刻 $t_{\max}$ と、その時の電流 $I_{\max}$ を求めなさい。ただし、 S_3 を閉じた瞬間を時刻 $t = 0$ とし、図1の矢印の向きを電流の正の向きとする。

問 4 問 3 の状態で、 L に電流が流れていない瞬間に S_3 を開いた。その後、次の操作 1 と操作 2 を交互に繰り返した。

操作 1 : S_1 を閉じ、十分に時間が経過した後に S_1 を開く。

操作 2 : S_2 を閉じ、十分に時間が経過した後に S_2 を開く。

ここで、 n 回目の操作 1 で S_1 を開く直前の C_2 の極板間の電圧を V_n 、 n 回目の操作 2 で S_2 を開く直前の C_2 の極板間の電圧を V'_n とする。以下の(ア)~(ウ)に答えなさい。

(ア) V'_{n-1} と V_n が満たす関係式を表しなさい。ただし、左辺を V_n とすること。

(イ) V_n と V'_n が満たす関係式を表しなさい。ただし、左辺を V'_n とすること。

(ウ) 操作 1 と操作 2 を十分な回数繰り返した後の、 C_2 の極板間の電圧を求めなさい。

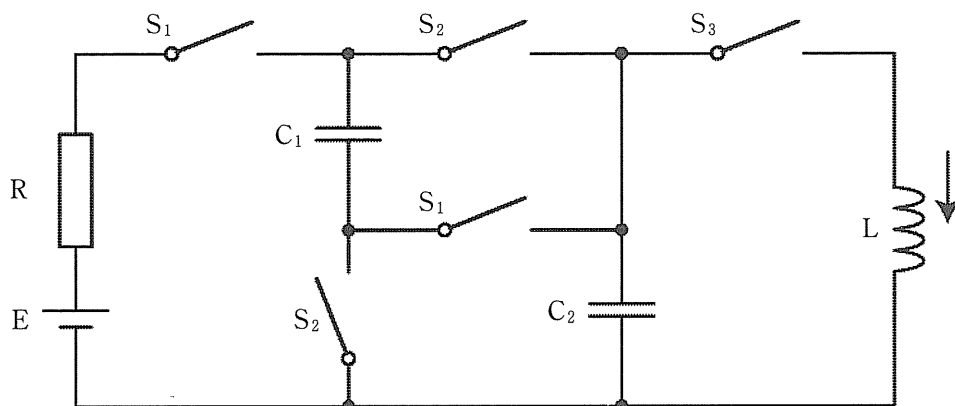


図 1

2 箇所の S_1 と 2 箇所の S_2 はそれぞれ同時に開閉する。

Ⅲ 次の文章(A)～(D)の、ア ～ セ にあてはまる最も適切な語、式、または数値を答えなさい。ただし、プランク定数を h 、光速を c 、電気素量を e とする。(配点 20 点)

(A) 光は粒子性と波動性の二重性を持ち、X 線は可視光よりも波長の短い電磁波である。波長が λ の X 線の粒子(光子)が持つエネルギーと運動量は、それぞれ ア および イ と表せる。例えば、波長が $\lambda = 9.00 \times 10^{-10} \text{ m}$ の光子 1 個がもつエネルギーの値は、 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、 $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ を使うと、有効数字 3 桁で ウ eV と求められる。

(B) コンプトン効果には、X 線の粒子性が現れる。図 1 のように、静止している電子に波長が λ の X 線が衝突し、波長が λ' に変化して角度 θ の方向に散乱された。また、電子は角度 α の方向に速さ v で跳ね飛ばされた。電子の質量を m とすると、エネルギー保存則より、

$$\text{ア} = \text{エ}$$

が成立する。X 線が入射する方向と、それに垂直な方向について、運動量の成分を考えると、

$$\text{入射方向の成分：} \text{イ} = \text{オ} + mv \cos \alpha$$

$$\text{垂直方向の成分：} 0 = \text{カ} + mv \sin \alpha$$

が成立する。この時、 $\lambda' - \lambda$ が λ に比べて十分小さいとすれば、X 線の波長変化は、

$$\lambda' - \lambda = \text{キ} (1 - \cos \theta)$$

と近似できる。

(C) ウラン $^{238}_{92}\text{U}$ は、 α 崩壊をしてトリウムとなる。このトリウムの原子番号は ク で質量数は ケ である。またこのトリウムも β 崩壊で コ を放出し、プロトアクチニウムとなる。その後も α 崩壊や β 崩壊を繰り返し、いずれ鉛 $^{206}_{82}\text{Pb}$ となる。 $^{238}_{92}\text{U}$ が $^{206}_{82}\text{Pb}$ になるまでに α 崩壊は サ 回、 β 崩壊は シ 回起こる。

(D) それ以上分解することができず、内部構造をもたないとされる基本粒子を ス と呼ぶ。物質を構成する ス は、 セ とレプトンの2種類に分類でき、陽子や中性子は セ から構成される。また、力を媒介する粒子はゲージ粒子と総称されている。

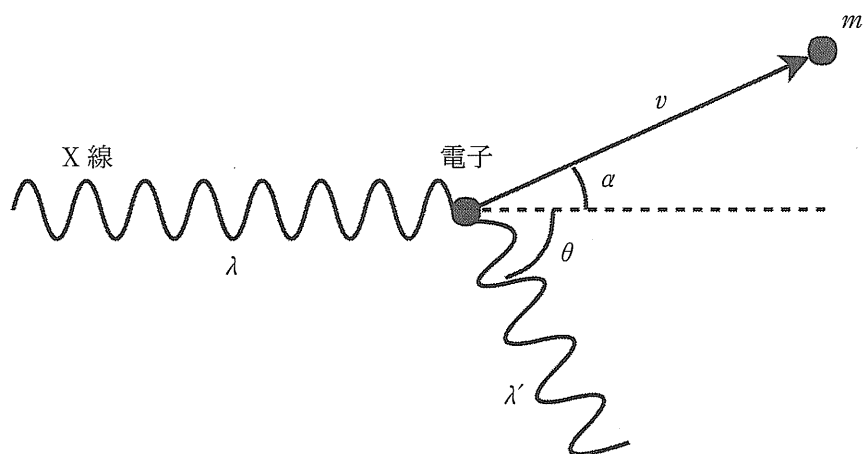


図 1