

令和3年度
入学試験問題

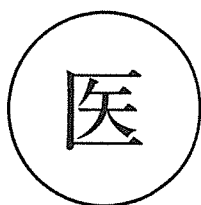
理 科

注 意 事 項

(1) 出題科目およびページは、下表のとおりです。次のいずれか2つを選択してください。

科 目	頁	科 目	頁	科 目	頁
物 理	1～8	化 学	1～11	生 物	1～7

- (2) 問題は、指示があるまで開かない。
(3) 解答は必ず別に配布する解答用紙に記入すること。
(4) 物理、化学、生物の中から2科目のみ解答すること。



(令和3年1月31日 一般入試・前期)

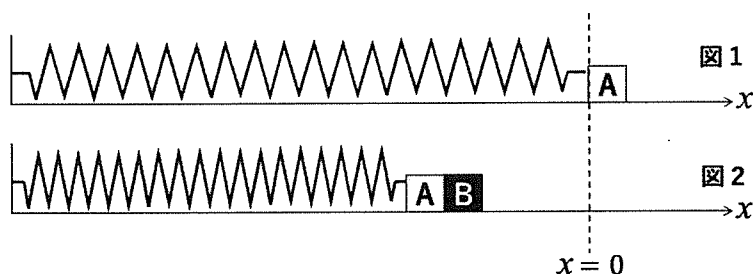
(問題は次ページから始まる)

物 理

以下の問題に対する適切な答えを解答用紙の指定されたところに書きなさい。また、必要に応じて単位も記入すること。

- I 図 1 に示すように、一端が固定され、自然長が L で質量が無視できる、ばね定数 k のばねが水平面上にある。水平面上には、 x 軸をとる。ばねの他端には、質量 m の小物体 A が取り付けられている。A は、図 1 の x 軸上を運動する。ばねが自然長のときの A の位置を x 座標の原点 ($x = 0$) とする。A と水平面の間、ばねと水平面の間には摩擦力ははたらかない。また、重力加速度の大きさを g とする。

さらに、 x 軸上を動くことができる質量 m の小物体 B を考える。B には静止摩擦係数または動摩擦係数がはたらか、それぞれの摩擦係数を μ と μ' とする。(ただし、 $\mu = 1.1\mu'$ である。)



- (1) 図 2 のように B を A の右横 (x 座標の正の側) におき、B に力を加えてばねを縮めた。A, B は小物体なので、位置を考える際には A, B の大きさは無視できる。

1. B にはたらく動摩擦力とばねの弾性力の大きさは、ばねの長さが $L - x_0$ のときに等しくなる。 x_0 を求めよ。ただし、 L は x_0 より十分大きいものとし、 $x_0 > 0$ である。
2. B に力を加えてばねを自然長から x_0 だけ縮めて一旦静止させた後、静かに B を放した。ばねの弾性力と摩擦力の大小をよく考慮して、B の座標の時間変化

の概略を解答欄のグラフ用紙に図示せよ。ただし、時間 t は B を放した瞬間を 0 とする。また、グラフ用紙に記載されている T_0 は $2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$ である。

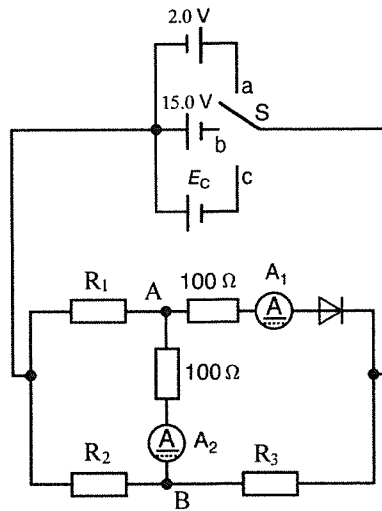
(2) (1) と同様に B を A の右横 (x 座標の正の側) におき、B に力を加えてばねを自然長から $2x_0$ だけ縮めてから、静かに B を放した。

1. A と B が一体となって運動しているときの A の加速度 a を x の関数として求めよ。ただし、 μ' を用いずに、かわりに x_0 を用いること。
2. A の x 座標の最大値を $\square \times x_0$ の形で求めよ。ただし、A、B とばねのもつ力学的エネルギーおよび摩擦力に対する仕事を考慮すること。
3. A の x 座標の時間変化の概略を解答欄のグラフ用紙に示せ。ただし、時間 t は B を放した瞬間を 0 とする。また、グラフ用紙に記載されている T_0 は $2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$ である。

(3) (1) と同様に B を A の右横 (x 座標の正の側) におき、B に力を加えてばねを自然長から $4x_0$ だけ縮めてから、静かに B を放した。A と B はしばらくは一体となって運動するが、ある場所で A と B は離れた。

1. A と B が離れるときの A の x 座標を $\square \times x_0$ の形で求めよ。
2. A と B が離れた後の B の x 座標の最大値を $\square \times x_0$ の形で求めよ。
3. A と B が離れた後の A の x 座標の最小値を $\square \times x_0$ の形で求めよ。

II 図のように、抵抗値が $100\ \Omega$ の 2 つの抵抗、抵抗値 R_1 [Ω] の抵抗 R_1 、抵抗値 R_2 [Ω] の抵抗 R_2 、抵抗値 R_3 [Ω] の抵抗 R_3 、内部抵抗が無視できる電流計 A_1 と A_2 、ダイオード、そして電池からできた回路がある。スイッチ S によって、3 種の起電力 $2.0\ \text{V}$ 、 $15.0\ \text{V}$ 、 $E_c (>0)$ [V] の電池を選べる。電池の内部抵抗は無視できるものとする。電流計 A_2 に流れる電流の正負は、図の A 点から B 点に流れるとき正とする。



(1) このダイオードの両端に順方向電圧 V [V] をかけた時にダイオードに流れる電流 I [mA] を測定したところ、以下の表のような結果を得た。逆方向に電圧をかけた時には電流は常に $0.0\ \text{mA}$ であった。以下のデータに対応した点を解答用紙のグラフ用紙に記入せよ。

V [V]	0.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
I [mA]	0.0	0.4	6.5	10.0	14.0	20.0	28.0	40.0	60.0

(2) まず、スイッチ S を a へつないだ。

1. このときの電流計 A_1 が表示する電流の大きさはどれだけか。

2. 電流計 A_2 は $-2.0\ \text{mA}$ を表示した。このとき、 R_1 を $R_1 = \square - \frac{R_3}{R_2 + R_3} \square$ の形で表せ。

(3) 次に、スイッチ S を b へつないだ。このとき、電流計 A_1 に流れる電流の大きさは $20.0\ \text{mA}$ であり、電流計 A_2 は $0.0\ \text{mA}$ を表示した。

1. R_1 を求めよ。

2. $\frac{R_2}{R_3}$ を求めよ。

3. (2) で求めた R_1 の表式とあわせて考えることで、 R_2 と R_3 を求めよ。

(4) 最後に、スイッチ S を c へつなぐと、電流計 A_1 が表示する電流の大きさは 10.0 mA となった。

1. このときの電流計 A_2 に流れる電流の値を求めよ。
2. E_c を求めよ。

III 19世紀の終わり頃までには、金属の表面に可視または紫外領域の光をあてると、表面から電子が飛び出すことが実験的に知られていた。この現象を光電効果といい、また飛び出す電子のことを光電子とよぶ。光の速さを $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、電気素量を $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、アボガドロ数を $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ として、以下の問いに答えよ。

(1) 光電効果は、図1のような光電管を用いた装置を使って調べることができる。光電管の中は真空で、図のように陰極 Q と陽極 R が封入されている。

ある波長の光を光電管に照射する。その光は Q にあたり、Q からは光電子が飛び出し、R に捕獲され電流が流れる。この電流を光電流とよぶ。Q を基準にした R の電位 V [V] を変化させると、光電流 I [mA] は図2のように変化する。V を下げていき電流計の値が 0.0 mA になるときの電位の絶対値を阻止電圧とよぶ。図2では V_0 が阻止電圧である。光電子は Q からある初速度をもって飛び出すために、R の電位が負の時でも、ある値 $-V_0$ までは R に到達することができる。照射した光の波長、その振動数および阻止電圧の間には、ある関係がある。

1. 解答用紙に用意された表1の空欄を埋めよ。
2. 光電管の Q から電子が飛び出すために必要な最小のエネルギー（仕事関数と呼ぶ）を求めよ。ただし、そのエネルギーは eV を単位とする。

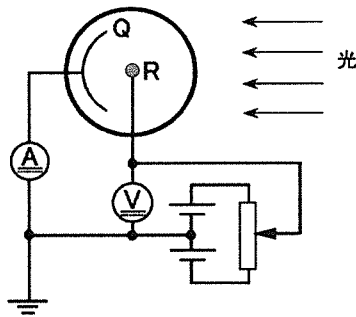


図1

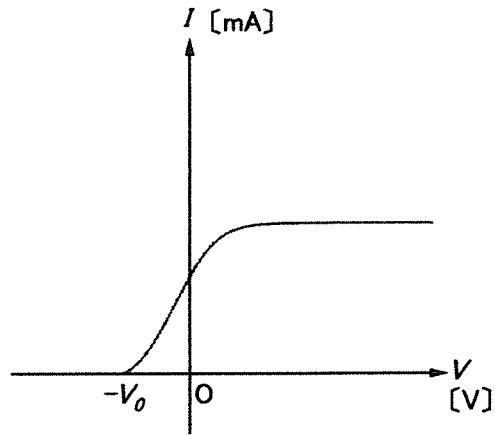


図2

(2) (1)の実験は、光を粒子（光子）と考え1個の光子のもつエネルギーが1個の電子に受け渡されると考えると理解できる。その光子1個のエネルギー E [J] は、その

光の周波数を ν [Hz] として、 $E = h\nu$ と表される。以下では、 h を $6.63 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ として計算を行うこと。

次に、Q の金属を変えて実験を行った。光の波長を赤色領域からだんだん短くしていき、光電子が初めて飛び出してきたときの波長を計測した。さまざまな金属の仕事関数は表 2 に与えられているものを使うこと。

表 2

金属	K	Na	Li	Cu	Pd	Pt
仕事関数 [eV]	2.0	2.1	2.4	4.5	5.0	6.3

1. Q にリチウム Li を用いた場合、初めて光電子が飛び出してくるのは何色の光のときか。図 3 を参考にして答えよ。(光の色はひらがなで記述してもよい)

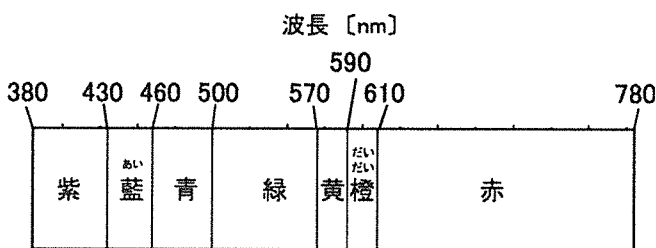


図 3 光の波長と色の関係

2. Q の金属を変えた。このとき波長が 480 nm の青色の光を照射すると光電子が飛び出した。使用した可能性のある金属を表 2 の中からすべて答えよ。
 3. Q にカリウム K を使用し、波長が 600 nm の橙色の光を照射した。この時の光電子の最大運動エネルギーはいくらか。単位は J で答えよ。
- (3) 紫外線は波長によって UV-A (波長が 380 から 315 nm), UV-B (波長が 315 から 280 nm), UV-C (波長が 280 から 200 nm) に分類される。

酸素分子 (O_2) は紫外線を吸収して分解反応を起こし 2 個の酸素原子 (O) になる。1 モルの酸素分子は $489 \times 10^3 \text{J}$ のエネルギーを得ると分解する仮定のもとで以下の間に答えよ。

1. 1 個の酸素分子が酸素原子に分解するために必要なエネルギーを求めよ。単位は J で答えよ。
2. 酸素分子を分解する紫外線は、上に分類された 3 種類の紫外線のうち、どの紫外線と考えられるか。すべて答えよ。

(計算用紙)

(計算用紙)

