

令和 2 年度 医学部 入学試験 問題冊子

物 理

化 学

生 物

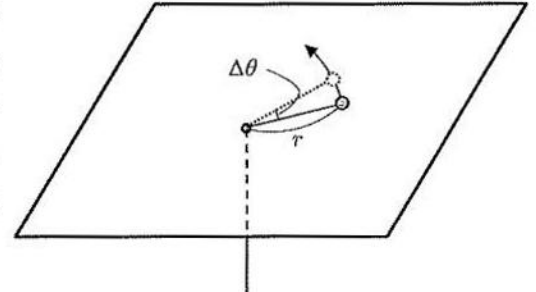
1 月 2 1 日 (火) 9 : 3 0 ~ 1 1 : 1 0

注 意 事 項

1. 開始の指示があるまでは、この冊子を開いてはいけない。
2. この問題冊子は表紙 1 枚、草稿用紙 1 枚、物理問題用紙 3 枚、化学問題用紙 3 枚、生物問題用紙 7 枚の計 1 5 枚である。
3. 乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所があれば、直ちに申し出なさい。
4. 物理、化学、生物の 3 科目のうち、2 科目を選択して解答しなさい。
5. 解答はすべて答案用紙の所定の位置に記入しなさい。
6. この冊子の余白は草稿用に使用してもよい。
7. 試験室内で配付されたものは、一切持ち帰ってはいけない。
8. 終了時刻まで、退出してはいけない。

物理 問題 I

図のように、質量 m の小物体を軽くて伸び縮みしない糸の一端に付け、水平でなめらかな机の上に置く。机は十分に広く、小さな穴が開いている。糸をその穴に通し、他端を手で持った。穴と糸の間の摩擦は無視できるとする。糸を持つ手を固定して小物体に速度を与えると、小物体は穴を中心とする等速円運動を始めた。このときの円運動の半径は r であり、微小時間 Δt の間の角度変化 [rad] は $\Delta\theta$ であった。



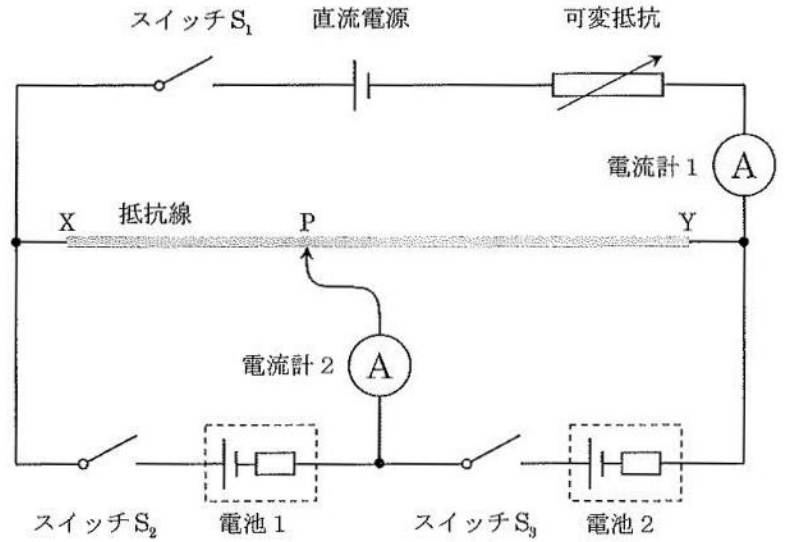
- 問1. このときの円運動の角速度の大きさ ω を求めよ。
- 問2. 微小時間 Δt の間に机の上に出ている糸が描く扇形の面積を、 r 、 Δt 、 ω を用いて表せ。
- 問3. このときに小物体がもつ運動エネルギー K を、 m 、 r 、 ω を用いて表せ。
- 問4. このときの糸の張力の大きさ T を、 m 、 r 、 K の中から必要なものを用いて表せ。

糸を持つ手を鉛直方向にゆっくり動かしてから再び固定すると、小物体の等速円運動の半径は a 倍となり、 r から ar に変化した。この操作においては、机の上に出ている糸が単位時間に描く扇形の面積（面積速度）の大きさは一定に保たれることがわかっている。

- 問5. 半径が ar に変化した後の小物体の速さは変化前の何倍になるか。
- 問6. 半径が r から ar に変化した間に小物体がされた仕事を、 m 、 r 、 K 、 a の中から必要なものを用いて表せ。
- 問7. 半径の変化 $\Delta r (= ar - r)$ が十分に小さく、 $|\Delta r| \ll r$ であったとき、問6で求めた仕事はどうなるか。絶対値が1に比べて十分に小さな数 x と自然数 n に対し成立する近似式 $(1+x)^{-n} \approx 1-nx$ を用い、 r 、 T 、 Δr の中から必要なものを用いて表せ。

物理 問題 II

図のように、直流電源、電池 1、電池 2、電流計 1、電流計 2、スイッチ S_1 、スイッチ S_2 、スイッチ S_3 、可変抵抗、抵抗線 XY、可動接点 P を組み合わせて回路を作った。直流電源の起電力は $3E$ 、電池 1 の起電力は E で内部抵抗の抵抗値は r 、電池 2 の起電力と内部抵抗は未知であり、直流電源、電流計 1、電流計 2 の内部抵抗は無視できる。抵抗線は材質と太さが一様で長さは L であり、接点 P は抵抗線 XY 上を自由に動かすことができる。



スイッチ S_1 、スイッチ S_2 、スイッチ S_3 をすべて開いた状態で、可変抵抗をある抵抗値に固定した後、スイッチ S_1 を閉じると、電流計 1 には大きさ I の電流が流れた。その後スイッチ S_2 を閉じ、接点 P をすべらせて電流計 2 に電流が流れない位置で固定すると、XP 間の距離は $\frac{2L}{5}$ であった。

- 問 1. このときの XP 間の電位差を求めよ。
- 問 2. このとき、電池 1 の内部抵抗で消費される電力を求めよ。
- 問 3. 抵抗線 XY の抵抗値を求めよ。
- 問 4. このとき、抵抗線 XY で消費される電力を求めよ。

スイッチの状態は変えずに XP 間の距離を $\frac{L}{5}$ にして、可変抵抗の抵抗値を調整すると、図の電流計 1 では上向きに、図の電流計 2 では下向きにそれぞれ同じ大きさの電流が流れた。

- 問 5. このときの可変抵抗の抵抗値を求めよ。

可変抵抗の抵抗値を問 1～4 の値に戻し、XP 間の距離を $\frac{2L}{5}$ に戻した後、スイッチ S_2 を開いてスイッチ S_3 を閉じると、電流計 2 には電流が流れなかった。

- 問 6. 電池 2 の起電力を求めよ。

続いて、スイッチ S_3 は閉じたまま、スイッチ S_1 を開いてスイッチ S_2 を閉じたところ、電流計 2 には電流が流れなかった。

- 問 7. 電池 2 の内部抵抗の抵抗値を求めよ。

物

物 理

物理 問題 III

真空中の光速を c 、プランク定数を h 、電気素量を e とする。

問1. 振動数 ν の光を仕事関数 W の金属に当てると金属から電子が飛び出した。この現象に関する次の (1) ~ (3) に答えよ。

- (1) 振動数 ν の光の光子 1 個がもつエネルギーを求めよ。
- (2) この金属の限界振動数を求めよ。
- (3) 飛び出した電子の運動エネルギーの最大値を求めよ。

問2. 次の文を読み、下の (1) ~ (3) に答えよ。

2019年5月に国際単位系の改定が施行され、基本単位の定義が変更されたことが話題となった。

そもそも単位とは、物理量を数値化する際に導入される基準である。例えば「長さ」という物理量を数値で表すためにはある基準を決め、「その何倍か」で表す。その基準の長さが単位であり、物理量は数値と単位の積で表す。例えば物理量「3.2 cm」とは数値「3.2」と単位「1 cm」の積「 $3.2 \times 1 \text{ cm}$ 」のことである。以下では物理量 x の数値部分を N_x と表し、その単位を〔 〕に示す。例えば長さ l について、 $l = N_l \text{ [cm]}$ と表し、 l が「3.2 cm」の場合 $N_l = 3.2$ となる。

今回の改定により、普遍性を保証できない人工物を用いた定義が撤廃され、物理定数などを用いた定義に変更された。用いられた物理量には、①セシウム原子から放射される特定の電磁波の振動数 f_0 、②真空中の光速 c 、③プランク定数 h 、④電気素量 e などがある。これらの物理量は、それぞれ適切な有理数 N_f 、 N_c 、 N_h 、 N_e を用いて、 $f_0 = N_f \text{ [Hz]}$ 、 $c = N_c \text{ [m/s]}$ 、 $h = N_h \text{ [J} \cdot \text{s]}$ 、 $e = N_e \text{ [C]}$ と「定義」された。なお、これらの有理数の概算値は、例えば $N_e \approx 1.6 \times 10^{-19}$ である。この定義のもとで、①の電磁波の真空中での波長は $\boxed{\text{A}}$ [m] となる。

単位の選び方には国際単位系という国際的な取り決めはあるが、原理的にはどのような単位系を選んでもよい。そこで、上記の①~④の物理量を「基準」とする単位系を定義してみよう。すなわち、独自の単位 f 、 c 、 h 、 e を導入し、

$$\textcircled{1} f_0 = 1 \text{ [f]}, \quad \textcircled{2} c = 1 \text{ [c]}, \quad \textcircled{3} h = 1 \text{ [h]}, \quad \textcircled{4} e = 1 \text{ [e]},$$

(注意：単位記号 h は通常「1時間」を表すが、この問題では上記の意味で用いる)

とする。この独自の単位系においても、例えば基準となる振動数 f_0 の 5.0×10^4 倍の振動数は $5.0 \times 10^4 \text{ [f]}$ となる。国際単位系の単位をこの独自の単位系で表すと、例えば $c = N_c \text{ [m/s]} = 1 \text{ [c]}$ より、 $1 \text{ [m/s]} = \frac{1}{N_c} \text{ [c]}$ となる。同様に、 $1 \text{ [m]} = \frac{N_f}{N_c} \text{ [c/f]}$ 、 $1 \text{ [J]} = \frac{1}{N_f N_h} \text{ [f} \cdot \text{h]}$ 、 $1 \text{ [A]} = \boxed{\text{B}} \text{ [}\boxed{\text{ア}}\text{]}$ 、 $1 \text{ [V]} = \frac{N_e}{N_f N_h} \text{ [f} \cdot \text{h/e]}$ となる。

この独自の単位系を用いて問1の現象に関する量を数値的に求めてみよう。光の振動数が $\nu = 5.0 \times 10^4 \text{ [f]}$ 、金属の仕事関数が $W = 3.4 \times 10^4 \text{ [f} \cdot \text{h]}$ のとき、この光の波長は $\boxed{\text{C}}$ [c/f]、この金属の限界振動数は $\boxed{\text{D}}$ [イ]、飛び出した電子の運動エネルギーの最大値は $\boxed{\text{E}}$ [ウ] と表される。

- (1) $\boxed{\text{A}}$ 、 $\boxed{\text{B}}$ に入る数値部分を、 N_f 、 N_c 、 N_h 、 N_e の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) $\boxed{\text{C}}$ ~ $\boxed{\text{E}}$ に入る数値を、有効数字2桁で求めよ。
- (3) $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{ウ}}$ に入る単位を、 f 、 c 、 h 、 e の中から必要なものを用いて表せ。