

令和 2 年度 医学部 入学試験 問題冊子

物 理

化 学

生 物

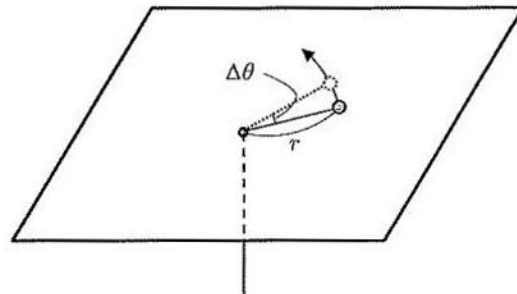
1 月 2 1 日 ( 火 ) 9 : 3 0 ~ 1 1 : 1 0

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  $\Delta t$  の間の角度変化 [rad] は  $\Delta\theta$  であった。



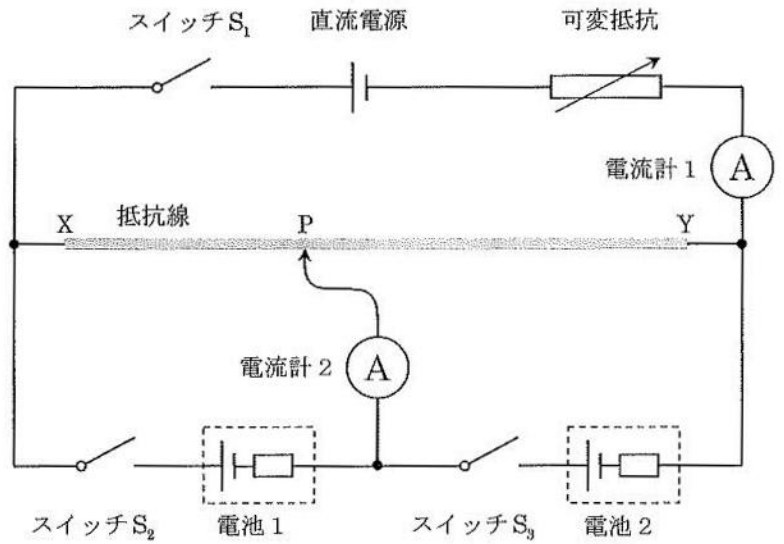
- 問1. このときの円運動の角速度の大きさ  $\omega$  を求めよ。
- 問2. 微小時間  $\Delta t$  の間に机の上に出ている糸が描く扇形の面積を、 $r$ 、 $\Delta t$ 、 $\omega$  を用いて表せ。
- 問3. このときに小物体がもつ運動エネルギー  $K$  を、 $m$ 、 $r$ 、 $\omega$  を用いて表せ。
- 問4. このときの糸の張力の大きさ  $T$  を、 $m$ 、 $r$ 、 $K$  の中から必要なものを用いて表せ。

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、 $r$ 、 $T$ 、 $\Delta r$  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  $\nu$  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  $\nu$  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  $5.0 \times 10^4$  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。