

平成 29 年 度

## 問題冊子

教	科	科	目	ページ数
理	科	物	理	10

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

### 解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかはいつさい記入しないこと。
4. 問題〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕、〔Ⅲ〕、〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕は選択問題である。5つのうち4つを解答すること。5問すべてを解答してはいけない。選択問題〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕、〔Ⅲ〕、〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その1)の所定の枠内に記入すること。

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、5枚すべての解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には、いつさい応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰ること。

- 〔I〕 図1-1のように、水平面に対して傾角  $\theta_1$  で平板が設置されており、その平板上に質量  $m$  の物体 A が静止している。平板と物体 A の間の静止摩擦係数を  $\mu$ 、動摩擦係数を  $\mu'$ 、重力加速度の大きさを  $g$  として以下の問いに答えよ。

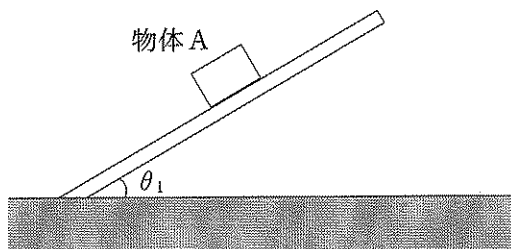


図 1-1

- (1) 物体 A と平板の間に働く摩擦力の大きさを求めよ。
- (2) 平板の傾きを徐々に大きくしていったところ、物体 A が滑り下り始める直前の水平面に対する傾角は  $\theta_0$  ( $\theta_0 \geq \theta_1$ ) であった。 $\mu$  を  $\theta_0$  を用いて表せ。
- (3) 平板の傾角を  $\theta_2$  ( $\theta_2 > \theta_0$ ) とすると、物体 A は静かに滑り下り始めた。このときの物体 A の加速度の大きさ、および平板に沿って距離  $x$  滑り下りた時点での速さを求めよ。

図1-2のように、なめらかに回る滑車を平板に取り付け、質量  $m$  の物体 B を物体 A と糸で結び、滑車にかけた。水平面に対する平板の傾角は  $\theta$  ( $\theta < 90^\circ$ ) である。糸は十分やわらかく、その質量を無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

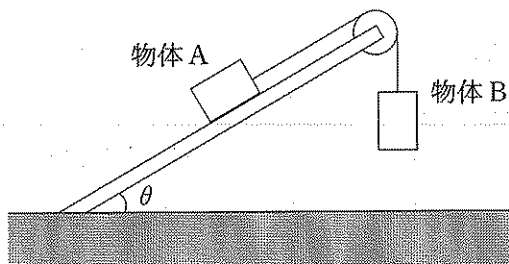


図 1-2

- (4) 物体 A と物体 B が静止するための  $\mu$  の条件を求めよ。
- (5) 物体 A と物体 B が静止しない場合，物体 A と物体 B の加速度の大きさ，および糸の張力の大きさを求めよ。
- (6) 物体 A の上に質量  $m$  の物体 C を積み重ねて固定するとき，物体 A が平板を滑り下りるための  $\mu$  の条件を求めよ。

- 〔Ⅱ〕 一様かつ時間的に変化しない磁束密度  $B$ (T) の鉛直上向きの磁場内に、抵抗の無視できる 2 本で一組の平行な金属レールを水平面に置いた。2 本の金属レールの間隔は  $l$ (m) である。金属レールの中央に抵抗の無視できる長さ  $l$ (m)、質量  $m$ (kg) の円柱形の金属棒が置かれている。金属棒は金属レール上を摩擦なく運動することができ、2 本の金属レールから脱落することはない。金属レールの右端には導線が接続され、 $R$ ( $\Omega$ ) の抵抗と起電力  $E$ (V) の電池、スイッチ  $S_1$ 、 $S_2$ 、電流計および電圧計が図 2 のようにつながり、金属レールや金属棒を含めた回路を作っている。重力加速度を  $g$ ( $m/s^2$ ) とする。

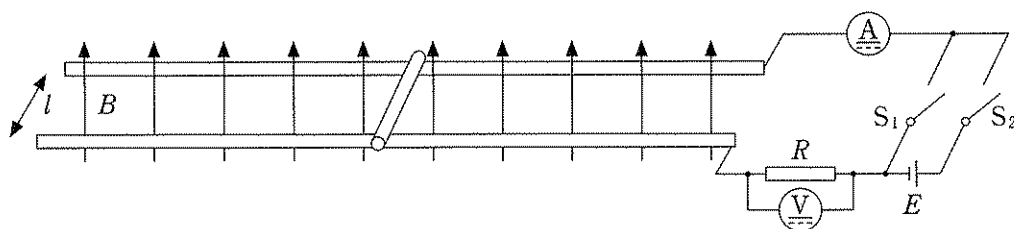


図 2

スイッチ  $S_1$  を閉じた後、金属棒を右向きに速さ  $v_0$ (m/s) で等速運動させた。以下の問いに答えよ。

- (1) 時間  $\Delta t$ (s) の間に金属棒が横切る磁束  $\Delta\Phi$ (Wb) を求めよ。
- (2) 電圧計で測定される電圧  $V$ (V) を求めよ。
- (3) 抵抗に流れる電流は右向きか、左向きか答えよ。

次に、スイッチ  $S_1$  を開き、金属棒を金属レール中央に戻して固定した。金属レール左端を持ち上げ、金属レールと水平面のなす角  $\theta$  とした後、スイッチ  $S_2$  を閉じ、金属棒の固定を外すと金属棒は静止したままであった。このとき、以下の問いに答えよ。

- (4) 角  $\theta$  の満たす条件を求めよ。

引き続き、角  $\theta$  で金属レールを傾けたままで、素早くスイッチ  $S_2$  を開き  $S_1$  を閉じると金属棒は右に動き始め、時間がたつと速さ  $v$  (m/s) の等速運動となった。このとき、以下の問いに答えよ。

- (5) 等速運動となった後、時間  $\Delta t$  (s) の間に金属棒が横切る磁束  $\Delta\Phi$  (Wb) を求めよ。
- (6) 等速運動となったとき電流計に表示される電流  $I$  (A) を求めよ。
- (7) 等速運動の速さ  $v$  (m/s) を求めよ。

〔Ⅲ〕 光の干渉について考える。1つのスリットS(単スリット)から出た波長 $\lambda$ の単色光がごく近接した2つのスリット $S_1$ ,  $S_2$ (複スリット)を通過すると、回折して広がり、スクリーン上に干渉して明暗の縞模様をつくる。Sを有する遮光板、 $S_1$ ,  $S_2$ を有する遮光板とスクリーンが図3-1のように互いに平行に置かれている。各スリットは、紙面に垂直な方向に細長く、スリット幅は波長に比べて十分に狭い。また、紙面上に $x$ 軸をとり、スクリーン上の点Pの位置を座標 $x$ で表す。 $x$ 軸は、 $S_1$ ,  $S_2$ から等距離の点を原点 $O$ とし、紙面上の上向きを正とする。 $S_1$ と $S_2$ の間の距離を $d$ とする。複スリットを有する遮光板とスクリーンまでの距離を $L$ とし、 $L$ は $x$ や $d$ より十分大きいものとする。スクリーン上の点Pと $S_1$ ,  $S_2$ 間の距離をそれぞれ $L_1$ ,  $L_2$ とし、Sと $S_1$ 間の距離を $L_{S1}$ , Sと $S_2$ 間の距離を $L_{S2}$ とする。

まず、 $L_{S1} = L_{S2}$ となる位置に単スリットSを固定し、空气中(屈折率1)で実験した場合について考える。

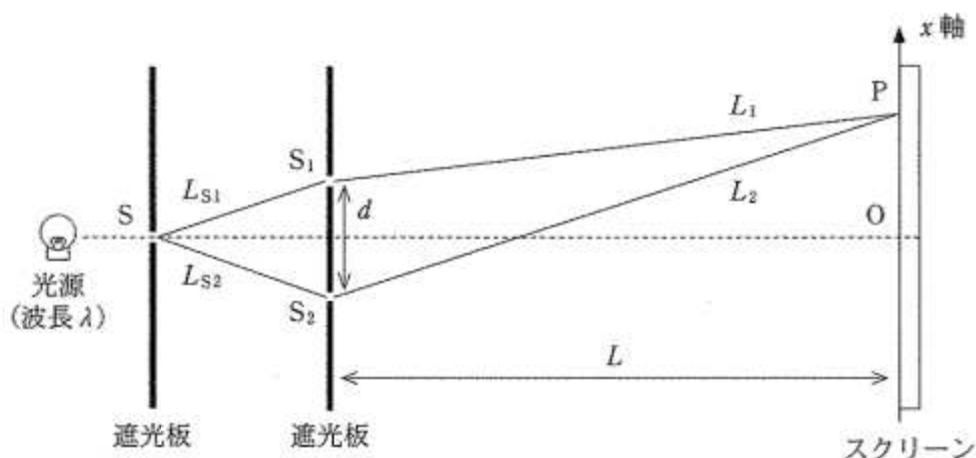


図3-1

- (1)  $L_1$ ,  $L_2$ の大きさを $L$ ,  $x$ ,  $d$ を用いて表わせ。
- (2) 点Pに到達する2つの光の経路差 $L_1 - L_2$ を求めよ。ただし、 $|a|$ が1より十分小さいとき、 $\sqrt{1+a} \approx 1 + \frac{a}{2}$ とする近似を用いること。
- (3) 干渉縞の間隔を $L$ ,  $\lambda$ ,  $d$ を用いて表わせ。

続いて、スリットの位置は変えず、複スリットを有した遮光板とスクリーンの間を屈折率  $n$  の液体で満たした場合について考える。

- (4) この液体中を通過する光の波長を  $n, \lambda$  を用いて表わせ。
- (5) 干渉縞の間隔を  $L, n, \lambda, d$  を用いて表わせ。

空気中の状態に戻し、スリット  $S$  の位置を図 3-2 のように移動させた。このとき、 $L_{S1} - L_{S2} = k$  で表される光の経路差が生じ、干渉縞の位置が変化した。

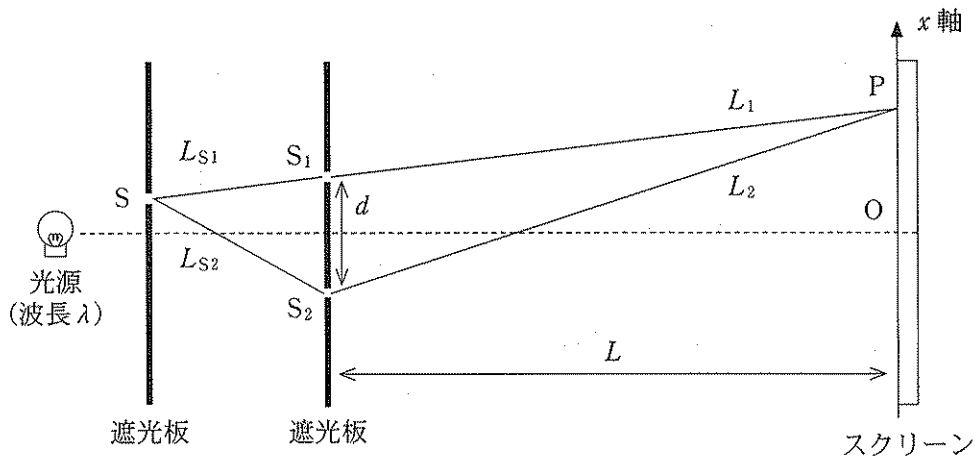


図 3-2

- (6) (3)で観察された干渉縞と比較したときの  $x$  軸方向の干渉縞のずれを  $L, k, d$  を用いて表わせ。
- (7) 原点  $O$  が暗線となる場合、 $k$  が満たす条件を求めよ。

〔IV〕 図4のようなサイクル(1→2→3→4→1)を行う熱機関を考える。1→2および3→4の変化は断熱過程であり、2→3と4→1の変化は定積過程である。状態1, 4での体積は $V_a$  [m<sup>3</sup>]、状態2, 3での体積は $V_b$  [m<sup>3</sup>]である。内部気体を $n$  [mol]の単原子分子理想気体とする。気体定数を $R$  [J/(mol·K)]、定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$  [J/(mol·K)]、定圧モル比熱を $\frac{5}{2}R$  [J/(mol·K)]とし、以下の問いに答えよ。なお図4の縦軸は圧力 $p$  [Pa]、横軸は体積 $V$  [m<sup>3</sup>]である。

(1) 過程2→3にて気体が吸収する熱を $Q_+$  [J]、過程4→1にて気体が放出する熱を $Q_-$  [J]とする。各状態の気体温度 $T_1$  [K]、 $T_2$  [K]、 $T_3$  [K]、 $T_4$  [K]を用いて、これらの熱を答えよ。

(2) 断熱過程において、ポアソンの法則から圧力 $p$  [Pa]と体積 $V$  [m<sup>3</sup>]について、

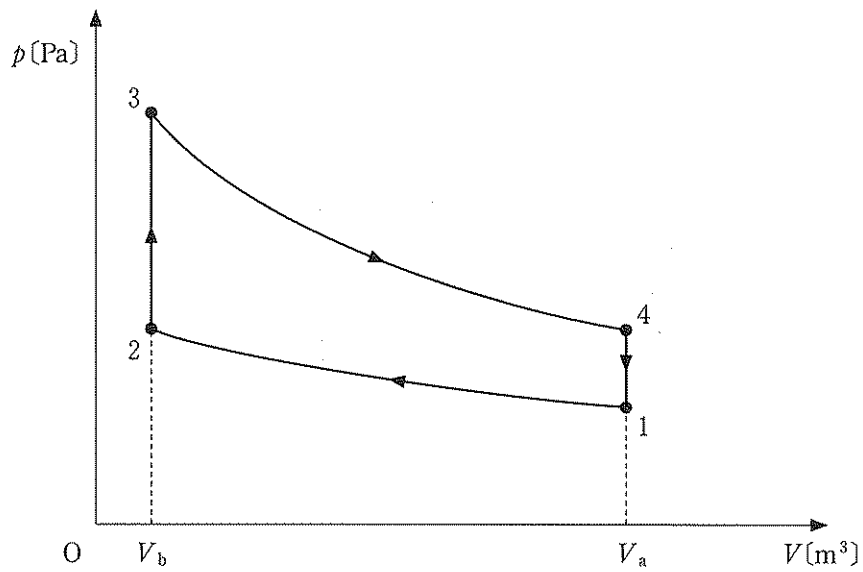
$$pV^\gamma = \text{一定}$$

となることが知られている。ここで $\gamma$ は比熱比(定圧モル比熱/定積モル比熱)である。これを用いて、各状態の気体温度の関係を求めると、

$$\frac{T_4}{T_1} = \boxed{\phantom{000}}$$

となる。空白に入る式を答えよ。

(3) 体積比 $V_a/V_b = 8$ として、熱機関の効率を求めよ。



⊠ 4

〔V〕 図5-1において、金属極板Kに光を照射すると、金属の表面から電子が飛び出す。そして、飛び出した電子(光電子)がPに到達すると、光電流として回路を流れる。

はじめに、極板Kに波長 $\lambda_1$ [m]の単色光を照射し、Kを基準にしたPの電位 $V$ [V]を変化させながら回路に流れる電流 $I$ [A]を測定したところ、図5-2の $\lambda_1$ (実線)のグラフを得た。次に、極板Kに照射する波長を $\lambda_1$ [m]から $\lambda_2$ [m]に変えたところ、図5-2の $\lambda_2$ (破線)のグラフを得た。

この現象は、光を波とする古典論ではうまく説明できないが、光を振動数に比例するエネルギーを持った粒子(すなわち光子)の集まりであるとする、説明できる。比例定数を $h$ [J·s]、光速を $c$ [m/s]、電子の電気量を $e$ [C]とする。

- (1) 本文中の下線部の現象を何と呼ぶか答えよ。
- (2) 波長 $\lambda_1$ [m]の光子1個が持つエネルギー $E_1$ [J]はいくらか答えよ。
- (3) 図5-2の $\lambda_1$ について、光電子の最大エネルギー[J]はいくらか答えよ。

ここで、電子を金属極板Kから飛び出すには仕事が必要であり、その仕事の最小値は金属ごとに決まっており、仕事関数 $W$ [J]といわれる。以下の問いに答えよ。

- (4) 図5-2の $\lambda_1$ について、仕事関数 $W$ [J]を求めよ。
- (5) 図5-2の $\lambda_2$ においても、仕事関数 $W$ [J]を求めよ。
- (6) (4)と(5)の結果を用いて、 $h$ [J·s]を求めよ。

以下の問いについて、 $\lambda_1 = 5.0 \times 10^{-7}$ [m]、 $\lambda_2 = 4.0 \times 10^{-7}$ [m]、 $V_1 = 0.10$ [V]、 $V_2 = 0.70$ [V]、 $c = 3.0 \times 10^8$ [m/s]、 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ [C]を用いて答えよ。

- (7)  $h$ [J·s]と仕事関数 $W$ [eV]の値をそれぞれ求めよ。なお、単位に注意のこと。
- (8) 図5-2の $\lambda_2$ について、 $\lambda_2 = 4.0 \times 10^{-7}$ [m]の照射光の毎秒あたりの照射エネルギーは、 $2.4 \times 10^{-3}$ [J/s]であるとき、毎秒何個の光子がKにあたることを意味するか答えよ。
- (9) 波長 $\lambda_1$ [m]のまま照射光の光量を増加したとき、図5-2で示した $\lambda_1$ (実線)のグラフはどのように変化するか図示せよ。

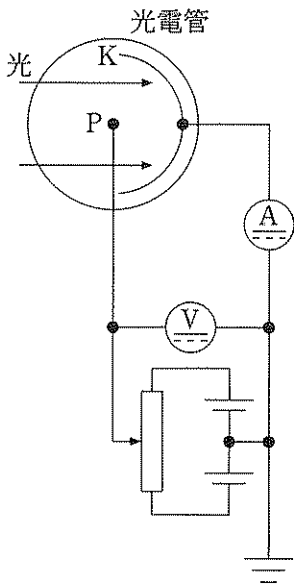


图 5-1

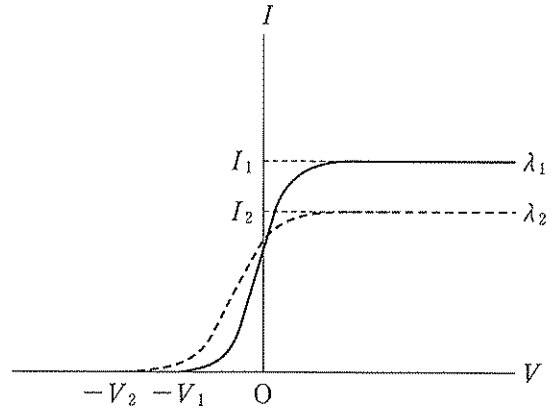


图 5-2