

香川大学

物理

問題

2017年度入試

【学部】 教育学部、医学部、工学部、農学部

【入試名】 前期日程

【試験日】 2月25日

【問題解答前の確認事項】

【注意】 5題のうちいずれか4題を選択して解答する。



「過去問ライブラリーは、(株)旺文社が刊行する「全国大学入試問題正解」を中心とした過去問、研究・解答(解答・解説)を掲載しています。本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は、(株)旺文社または各情報提供者に帰属します。本サービスに掲載の全部または一部の無断複製、配布、転載、譲渡等を禁止します。各設問に対する「研究・解答」は原則として旺文社が独自に作成したものを掲載しています。掲載問題のうち★印を付したものは、著作権法第67条の2第1項の規定により文化庁長官に裁定申請を行った上で利用しています。

裁定申請日 【2017年】8/1 【2018年】4/24、9/20 【2019年】6/20

1 図1-1のように、水平面に対して傾角 θ_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の間の静摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。

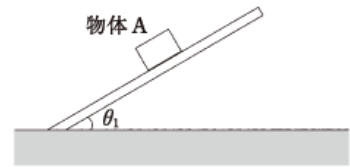


図1-1

- (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 θ_0 ($\theta_0 \geq \theta_1$) であった。 μ を θ_0 を用いて表せ。
- (3) 平板の傾角を θ_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 θ ($\theta < 90^\circ$) 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。

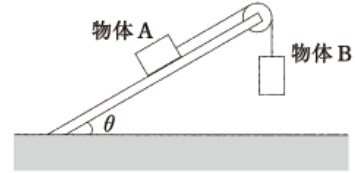


図1-2

- (4) 物体Aと物体Bが静止するための μ 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 μ の条件を求めよ。

2 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 [Ω] 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。

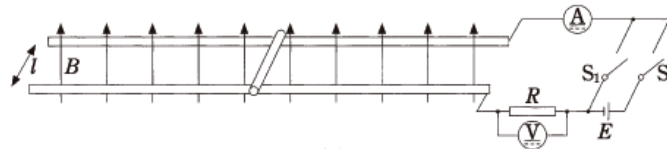


図2

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 Δt [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 θ 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 θ の満たす条件を求めよ。
- 引き続き、角 θ 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 Δt [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。

3 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 λ 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。

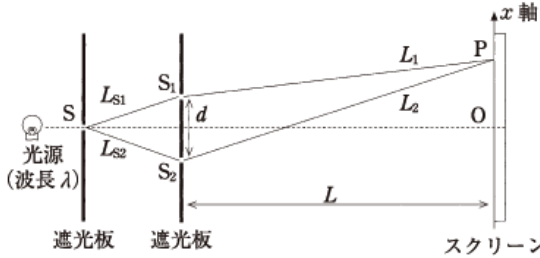


図3-1

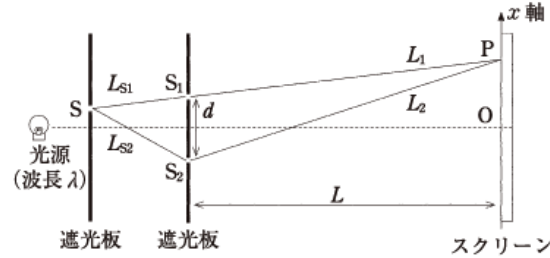


図3-2

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

- (1) L_1, L_2 の大きさを L, x, d を用いて表せ。
- (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、

$$\sqrt{1+a} \doteq 1 + \frac{a}{2} \text{ とする近似を用いること。}$$

- (3) 干渉縞の間隔を L, λ, d を用いて表せ。

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, λ を用いて表せ。
- (5) 干渉縞の間隔を L, n, λ, d を用いて表せ。

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。

- (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 を用いて表せ。
- (7) 原点Oが暗線となる場合、 k が満たす条件を求めよ。

4 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 [m³]、状態2, 3での体積は V_b [m³]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 [m³]である。

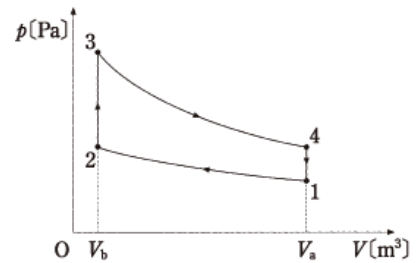


図4

- (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 [m³]について、

$$pV^\gamma = \text{一定}$$

となることが知られている。ここで γ 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、

$$\frac{T_4}{T_1} = \square$$

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。

5 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 λ_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 λ_1 (実線)のグラフを得た。次に、極板Kに照射する波長を λ_1 [m] から λ_2 [m] に変えたところ、図5-2の λ_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。

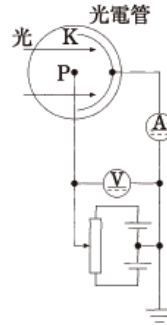


図5-1

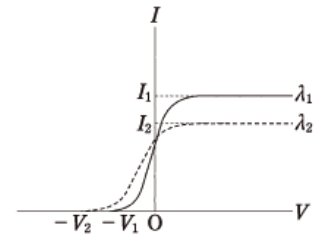


図5-2

- (1) 本文中の下線部の現象を何と呼ぶか答えよ。
- (2) 波長 λ_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 λ_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 λ_1 について、仕事関数 W [J] を求めよ。
- (5) 図5-2の λ_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 λ_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、 2.4×10^{-3} [J/s] であるとき、毎秒何個の光子がKに当たったことを意味するか答えよ。
- (9) 波長 λ_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 λ_1 (実線)のグラフはどのように変化するか図示せよ。

