



2024年度

公立千歳科学技術大学 理工学部

一般選抜 前期日程 問題

物理基礎・物理

物理基礎・物理

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。また、円周率を π とする。

図1のように、小球 A を速さ v_A [m/s] で鉛直上方に地面から投射すると同時に、高さ h [m] の位置から小球 B を速さ v_B [m/s] で鉛直上方に投射した。以下の (1) ～ (4) の問いに答えなさい。

- (1) 小球 A が地面に落下するまでにかかる時間を v_A と g を用いて答えなさい。
- (2) 小球 B が地面に落下する直前の速さを v_B , h , g を用いて答えなさい。
- (3) 同時に投射後、小球 A と小球 B は地面に同時に落下した。小球 B を鉛直上方に投射した速さ v_B を, v_A , h , g を用いて答えなさい。
- (4) (3) において、同時に地面に落下する直前の小球 B に対する小球 A の相対速度を v_A , h , g を用いて答えなさい。なお、上方の速度を正とする。

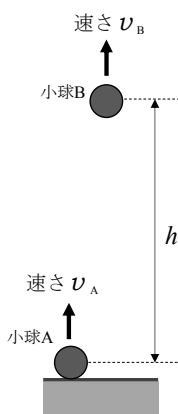


図 1

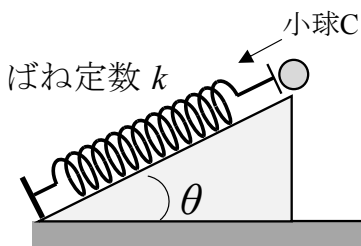


図 2

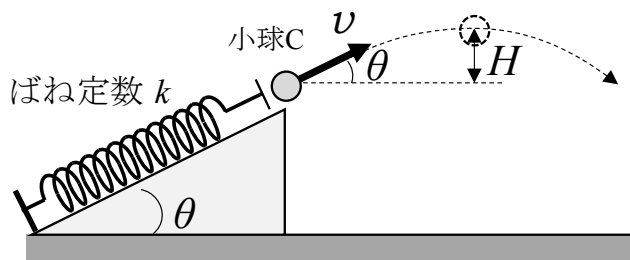


図 3

次に、図2のような水平面とのなす角 θ のなめらかな斜面の下端にばね定数 k [N/m] の軽いばねの一端を自然の長さで斜面に沿って固定し、ばねの先端は斜面上端に位置している。質量 m [kg] の小球 C をばねの先端から押し当てて、斜面に沿って自然の長さから x_0 [m] だけ押し縮めてから静かにはなしたところ、小球 C は斜面上で静止したままであった。以下の (5) ～ (8) の問いに答えなさい。

- (5) 押し縮めた長さ x_0 を m , k , g , θ のうち必要な記号を用いて答えなさい。

- (6) 押し縮める長さを増やして、自然の長さから x_1 [m] だけ押し縮めてから小球 C を静かにはなしたところ、小球 C はばねの自然の長さの位置ではなれて、図 3 のように斜面上端から水平方向となす角 θ の方向に投射された。斜面上端から投射された直後の小球 C の速さ v [m/s] を m, k, x_1, g, θ のうち必要な記号を用いて答えなさい。また、投射されたあと、小球 C は投射された位置からの高さ H [m] で最高点に達した。 $\theta = 30^\circ$ のときの高さ H を m, k, x_1, g のうち必要な記号を用いて答えなさい。
- (7) 次に、ばねの先端と小球 C をばねの自然の長さを変えずに接続してつなげた。ばねが自然の長さの斜面上端の位置から小球 C を静かにはなしたところ、小球 C は斜面上で単振動した。単振動の周期 T [s]、および単振動の速さの最大値 $v_{\max}$ [m/s] をそれぞれ m, k, g, θ のうち必要な記号を用いて答えなさい。
- (8) (7) において、斜面上端の位置から小球 C を静かにはなした時点の時刻を $t = 0$ [s] とし、時刻 t における小球 C の斜面に沿った方向の加速度 a [m/s²] を表す式を、 m, k, g, θ, t のうち必要な記号を用いて答えなさい。なお、斜面を下る方向の加速度を正とする。

物理基礎・物理

2. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

電流計の測定範囲を広げるために、抵抗を電流計に〔A：① 直列，② 並列〕に接続する方法がある。この抵抗を という。電流計の内部抵抗が $12.0\ \Omega$ で最大目盛りが $2.00 \times 10^{-5}\ \text{A}$ の電流計を最大目盛り $2.00 \times 10^{-3}\ \text{A}$ として用いるときの の抵抗値は $[\Omega]$ である。また、電圧計の測定範囲を広げるために、抵抗を電圧計に〔B：① 直列，② 並列〕に接続する方法がある。この抵抗を という。電圧計の内部抵抗が $5.00 \times 10^3\ \Omega$ で最大目盛りが $0.100\ \text{V}$ の電圧計を最大目盛り $5.00\ \text{V}$ として用いるときの の抵抗値は $[\Omega]$ である。

- (1) 括弧 A, B に入る語句を選択肢の中から一つ選び、それぞれ番号で答えなさい。
- (2) 空欄 と に入る最も適切な語句を以下の (a) ～ (e) の語群の中からそれぞれ一つ選び記号で答えなさい。
- 語群： (a) 整流器 (b) 倍率器 (c) 検電器 (d) 変圧器 (e) 分流器
- (3) 空欄 と に当てはまる数値を有効数字 3 桁で答えなさい。

次に、図 1 のように、起電力 E [V] の直流電源、抵抗値 R_1 $[\Omega]$, R_2 $[\Omega]$, R_3 $[\Omega]$ の電気抵抗、自己インダクタンス L [H] のコイル、電気容量 C [F] のコンデンサー、スイッチ S_1 , S_2 , S_3 , S_4 からなる電気回路がある。電源とコイルの内部抵抗は無視できるとし、初期状態ではコンデンサーに電荷が無いとして以下の (4) ～ (8) の問いに答えなさい。円周率を π とする。

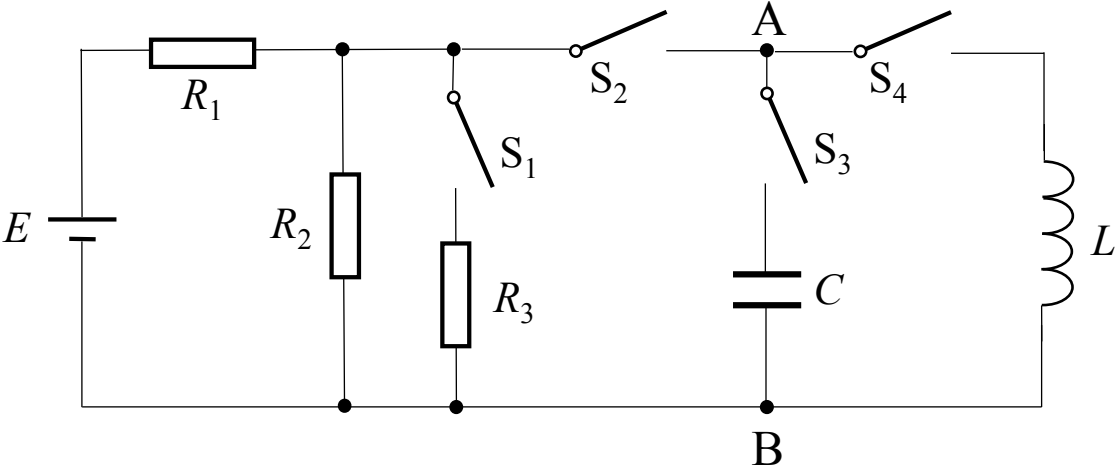


図 1

- (4) S_1 , S_2 , S_3 , S_4 がすべて開いた状態で、抵抗 R_1 に流れる電流の大きさと抵抗 R_1 による消費電力をそれぞれ求めなさい。
- (5) S_2 , S_3 , S_4 が開いたまま、 S_1 を閉じた。このとき R_2 に流れる電流の大きさを求めなさい。

- (6) (5) の後, S_1 を開き, S_3 が開いたまま S_2 と S_4 を同時に閉じた。閉じた直後と, 十分に時間が経過したときの R_1 に流れる電流の大きさをそれぞれ求めなさい。
- (7) (6) の後, S_4 を開き, 十分に時間が経過してから S_3 を閉じた。閉じた直後と, 十分に時間が経過したときの B 点に対する A 点の電位をそれぞれ求めなさい。
- (8) (7) の後, S_4 を閉じ, 十分に時間が経過してから, S_2 を開いて B 点に対する A 点の電位 V_A [V] を調べたところ, 電気振動が観測された。この振動の周期を求めなさい。また, S_2 を開いた時刻を $t = 0$ [s] として, 時間 t を用いた式で電位 V_A を表しなさい。

3. 以下の問いに答えなさい。

- (1) 図1に示すように長さ l [m] の弦が、その左端は固定され、右端にはおんさが接続された状態で張られている。おんさを振動させたところ、弦は腹が3つある状態で固有振動した。この弦の振動の腹の位置に開口部が向くようにして、太さが一様な長さ L [m] のガラス管を弦に垂直に置き、他方の端をふさいで閉管とした。弦を伝わる波の速さを v [m/s]、音速を V [m/s] とし、気柱の開口端補正は無視できるとして以下の (ア) ～ (ウ) の問いに答えなさい。

- (ア) 弦の振動の波長、および振動数を v と l を用いて表しなさい。
- (イ) 弦の振動により、気柱は3倍振動で固有振動し、共鳴した。 z 軸を図1のようにとったとき、気柱の振動のすべての節の位置の z 座標を答えなさい。ここで L を用いてよい。さらに、この固有振動の振動数を L と V を用いて表しなさい。
- (ウ) (イ) において、弦を伝わる波の速さ v と音速 V の比 $\frac{v}{V}$ を l と L を用いて表しなさい。

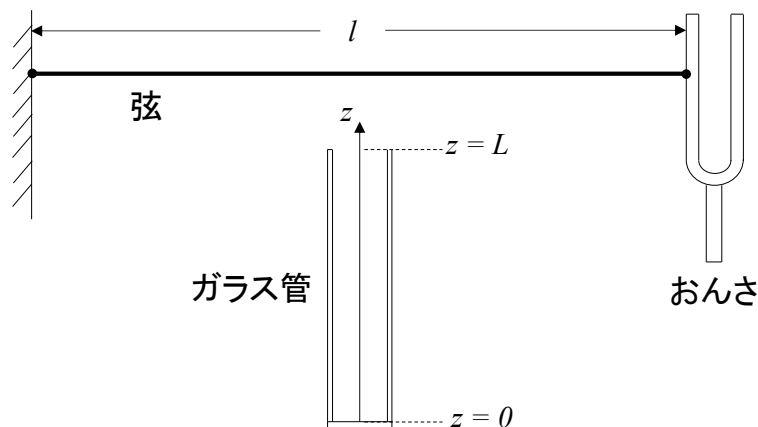


図1

- (2) 図2 (a) に示すように平面ガラスの上に半径 R [m] の球面をもつ平凸レンズを、そのたいらな面が平面ガラスの面と平行になるように置いて、真上から波長 λ [m] の単色光を当てて、上から観測すると、同心円状に明暗の干渉縞が観察された。レンズの球面と平面ガラスの間隔 d [m] は R よりも十分に小さいとし、平面ガラスの裏面からの反射光は無視できるとする。空気の絶対屈折率を1として以下の (ア) ～ (エ) の問いに答えなさい。

- (ア) 生じる干渉縞の模様の名称を答えなさい。
- (イ) 干渉縞の暗い輪の半径を r [m] ($r > 0$) とするとき、 r を R , λ , および正の整数 m を用いて表しなさい。赤色の単色光と緑色の単色光でこの実験を行ったとき、中心から2番目の明るい輪の半径が大きいのはどちらの色か答えなさい。

- (ウ) 図2 (b) に示すように平面ガラスを半径 R_1 [m] の球面をもつ平凹レンズに置き換えて、同様に実験を行った。ここで R_1 は R よりも大きく、二つのレンズの球面の中心は同一の鉛直線上にあり、それらのたいらな面どうしは平行である。また平凹レンズの裏面からの反射光は無視できるとする。干渉縞の暗い輪の半径を r [m] ($r > 0$) とするとき、 r を R , R_1 , λ , および正の整数 m を用いて表しなさい。
- (エ) (ウ) において、図2 (c) に示すように、2つのレンズの隙間に両方のレンズの絶対屈折率より大きな絶対屈折率 n を持つ透明な液体を満たした。このとき、干渉縞の暗い輪の半径を r [m] ($r > 0$) とするとき、 r を R , R_1 , λ , n , および正の整数 m を用いて表しなさい。

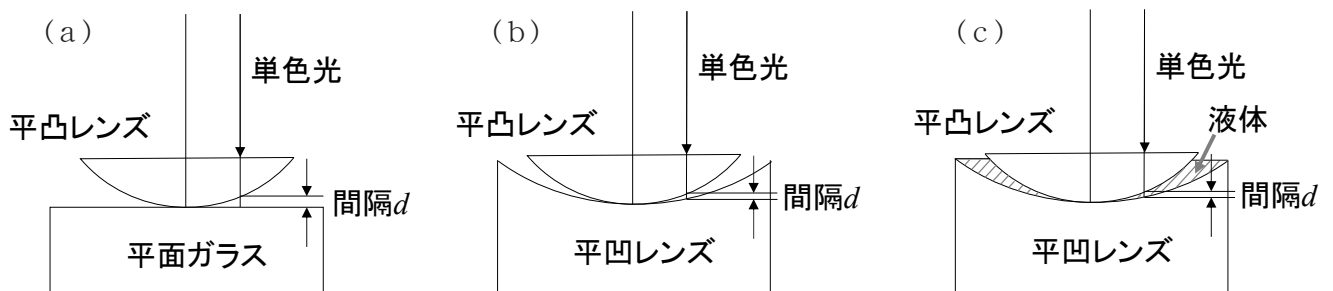


図2

物理基礎・物理

4. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

水平なあらい面上におかれた質量 M [kg] の物体 A に、質量 m [kg] の物体 B を軽く伸びない糸でつなげて、軽くてなめらかに回転する定滑車に糸を通したところ、図 1 のように糸はたるまずに物体 A と物体 B は静止した。そのあと、図 2 のようにあらい面を傾けて、水平となす角を θ とした。以下の (1) ～ (3) の問いに答えなさい。

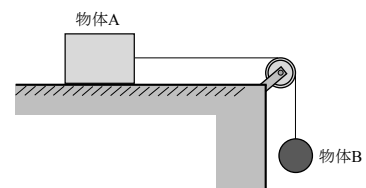


図 1

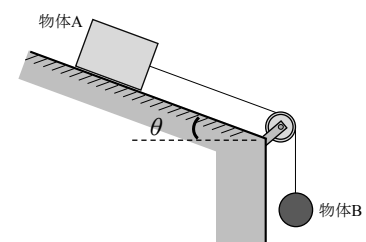


図 2

- (1) 図 1 において、物体 A にはたらく静止摩擦力の大きさを M , m , g のうち必要な記号を用いて答えなさい。
- (2) 図 2 において、水平となす角 θ を徐々に大きくしたところ、なす角が θ_0 をこえたときに物体 A は斜面をすべりはじめた。物体 A とあらい面との間の静止摩擦係数 μ を M , m , g , θ_0 のうち必要な記号を用いて答えなさい。
- (3) (2) のあと、 θ_0 より大きくして、水平となす角 θ で物体 A が斜面をすべっている。このとき、物体 A とあらい面との間の動摩擦係数を μ' として、物体 A の加速度の大きさを M , m , μ' , g , θ のうち必要な記号を用いて答えなさい。

つづいて、物体 A をとりはずして、図 3 のように長さ L [m] の質量の無視できる軽い導体棒 PQ につなぎかえ、平行な 2 本の導体棒を水平にしたレールの上においた。一様かつ時間的に変化しない鉛直上向きの磁束密度の大きさが B [T] の磁場中で、図 3 のようにレール上を導体棒 PQ がレールと垂直を保ちながら接してなめらかに動き、導体棒 PQ と滑車の間の糸は水平であり、最初は物体 B が動かないように手でささえている。図 3 のようにレールの左端には内部抵抗の無視できる起電力 E [V] の電池、および R_1 [Ω] と R_2 [Ω] の抵抗を切り替えるスイッチがつながれている。なお、レール、導体棒 PQ および導線の抵抗、回路を流れる電流がつくる磁場の影響は無視できるとする。レールは十分長く、導体棒 PQ はレール上を運動するものとする。以下の (4) ～ (7) の問いに答えなさい。

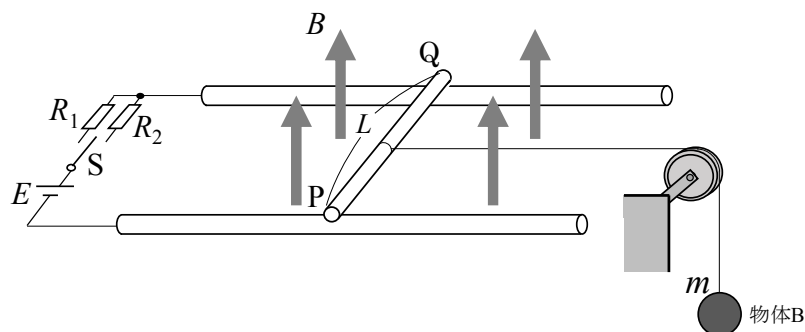


図 3

- (4) 抵抗 R_1 [Ω] の側にスイッチを入れて物体 B をささえる手を静かにはなしたところ、導体棒 PQ と物体 B は静止したままであった。抵抗値 R_1 はいくらか、 m , g , E , B , L のうち必要な記号を用いて答えなさい。また、このときの導体棒 PQ の電位について、以下の (ア) ~ (ウ) の中から正しい記述を一つ選びなさい。
- (ア) P よりも Q の電位が高い
 - (イ) Q よりも P の電位が高い
 - (ウ) P と Q の電位は同じ
- (5) 抵抗 R_2 [Ω] の側にスイッチを入れて物体 B をささえる手を静かにはなしたところ、導体棒 PQ は左に動きはじめた。動き出す瞬間の導体棒 PQ の加速度の大きさはいくらか、 R_2 , m , g , E , B , L のうち必要な記号を用いて答えなさい。
- (6) (5) において、導体棒 PQ が左に動きはじめたあと、やがて導体棒 PQ は一定の速さ v [m/s] になった。一定の速さ v , および抵抗 R_2 に流れる電流の大きさ I [A] を R_2 , m , g , E , B , L のうち必要な記号を用いて答えなさい。また、このときの導体棒 PQ の電位について、以下の (ア) ~ (ウ) の中から正しい記述を一つ選びなさい。
- (ア) P よりも Q の電位が高い
 - (イ) Q よりも P の電位が高い
 - (ウ) P と Q の電位は同じ
- (7) (6) において、導体棒 PQ が一定の速さ v [m/s] になったあとの t [s] 間に、電池が供給したエネルギーはいくらか、 t , R_2 , m , g , E , B , L のうち必要な記号を用いて答えなさい。