

補 足 説 明

問題 理科(物理)

8ページ 問題③[1]

問1 (2)の2行目

「振動数 f のうなり」とは「1秒に f 回のうなり」
を意味する。

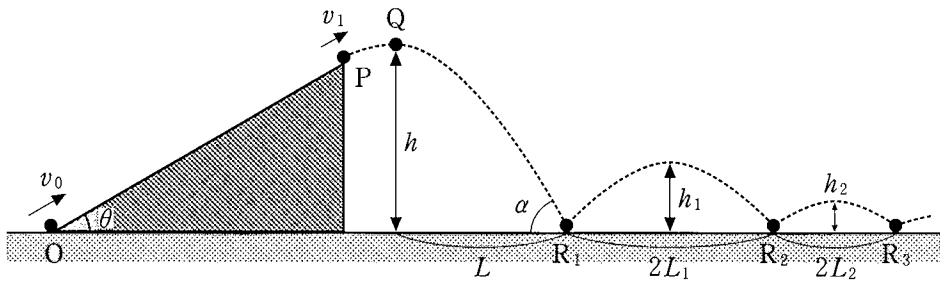
問2 (2)の2行目

「うなりの振動数」とは「1秒あたりのうなりの回数」
を意味する。

1

注意 全学部受験者用

図のように、水平面とのなす角が θ のなめらかな斜面をもつ台が、水平な床に固定されている。質量 m の小物体の運動に関する以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。



問 1 図のように、斜面の下端 O から斜面に沿って上向きに速さ v_0 で小物体を投げ出したところ、小物体は斜面 OP 上を運動し、斜面の上端 P を速さ v_1 で通り過ぎた。このとき、次の問いに答えよ。

- (1) 斜面 OP 上を運動する小物体の加速度の大きさ、およびその向きを答えよ。
- (2) 下端 O から投げ出された小物体が上端 P に達するまでの時間を求めよ。
- (3) 斜面 OP の長さを求めよ。

問 2 斜面の上端 P を通り過ぎた小物体は、図の点線のように放物運動した。

このとき、次の問いに答えよ。

- (1) 床から最高点 Q までの高さ h を求めよ。
- (2) 小物体は、点 R_1 において床に対し α の角度で衝突した。衝突直前の小物体の速さ、および $\cos \alpha$ はいくらか。
- (3) QR_1 間の水平距離 L を求めよ。

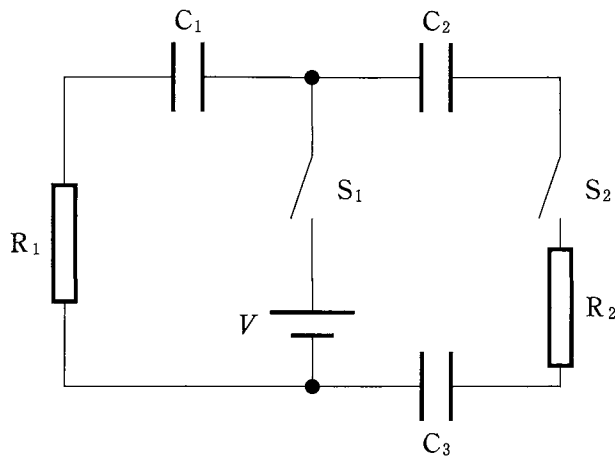
問 3 図のように、点 R_1 で床に衝突してはねかえった小物体は、点 R_2 でふたたび床に衝突した。床はなめらかであり、小物体と床との間の反発係数を e として、次の問いに答えよ。なお、 L および h を用いて答えてよい。

- (1) R_1R_2 間の距離を $2L_1$ とすると、 L_1 はいくらか。
- (2) 点 R_1 ではねかえった小物体が到達する最高点の高さ h_1 を求めよ。
- (3) 小物体が n 回目に床と衝突した点を R_n とする。 R_nR_{n+1} 間の距離を $2L_n$ 、点 R_n ではねかえった小物体が到達する最高点の高さを h_n とする。 L_n および h_n はそれぞれいくらか。

2

注意 理学部(数学科・物理学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科),
医学部, 歯学部, 工学部および農学部受験者用

- [1] 図のような, 容量 C のコンデンサー C_1, C_2, C_3 と, 抵抗値 R の抵抗 R_1, R_2 , 起電力 V の電源およびスイッチ S_1, S_2 からなる電気回路がある。最初, すべてのコンデンサーに電荷はなかったとして, 以下の問いに答えよ。



問 1 スイッチ S_2 を開いたままスイッチ S_1 を閉じた後, 十分時間が経過して電流が流れなくなった。

- (1) C_1 に蓄えられている電荷と静電エネルギーを求めよ。
- (2) C_1 が充電されるまでの間に, R_1 で消費されたエネルギーを求めよ。

問 2 次に，スイッチ S_1 を開き，スイッチ S_2 を閉じた。

(1) S_2 を閉じた瞬間に， R_1 を流れる電流の大きさはいくらか。

S_2 を閉じてから十分時間が経過し， R_1 ， R_2 に電流が流れなくなった。

(2) このとき， C_1 の極板間に加わっている電圧はいくらか。

(3) C_1 ， C_2 にはそれぞれいくらの電荷が蓄えられているか。

(4) S_2 を閉じてから電流が流れなくなるまでの間に， R_2 で消費されたエネルギーを求めよ。

〔2〕 図1のように、2枚の無限に広い平板XとYを距離 d だけ離して真空中に設置した。平板の間の領域Aには、電場や磁場をかけることができる。電荷が q で質量が未知の荷電粒子を、電位差 V の加速電極により初速0から加速して、平板Yの小孔から領域Aに平板と垂直に入射させる。この荷電粒子の質量を調べるために、領域Aの電場や磁場をいろいろ変えて実験を行った。重力の影響は無視でき、電場や磁場は領域Aの外部には影響しないとして、以下の問いに答えよ。

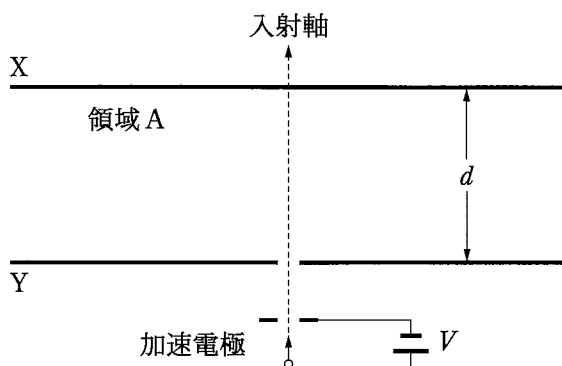


図1

問1 図2のように、領域Aに紙面の右向きに大きさ E の一様電場のみをかけて実験を行うと、荷電粒子は入射軸方向より l だけ右の点で平板Xに衝突した。

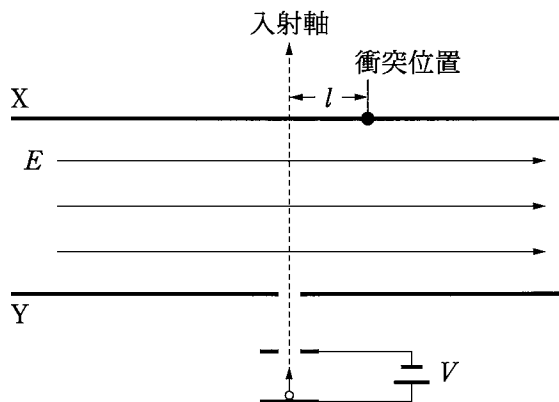


図2

- (1) 衝突直前の荷電粒子の運動エネルギーを求めよ。
- (2) もし、荷電粒子の電荷のみが $2q$ に変わったとすると、平板 X に衝突する位置はどこになるか答えよ。

問 2 図 3 のように、領域 A の電場の大きさを 0 にして、紙面の表側から裏側向きに磁束密度の大きさ B の一様磁場をかけて実験を行うと、荷電粒子は平板 X に衝突した。

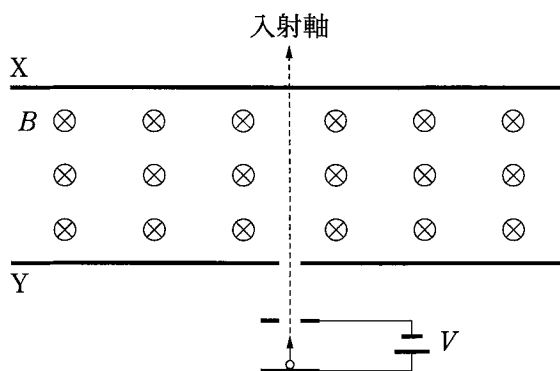


図 3

- (1) 荷電粒子の質量を m とおいて、荷電粒子が領域 A へ入射したときの速さを求めよ。
- (2) 磁束密度の大きさを少しずつ大きくしながら何度も実験を行った。すると磁束密度の大きさが B_1 より大きくなったときに、入射した荷電粒子は平板 X に衝突しなくなった。荷電粒子の質量を求めよ。

問 3 図 2 の電場と図 3 の磁場(磁束密度の大きさ B)を同時にかけて実験を行うと、入射した荷電粒子は入射軸上で平板 X に衝突した。荷電粒子の質量を求めよ。

3

注意 教育学部, 理学部(物理学科), 医学部および歯学部受験者用

- [1] 図のように固定された音源 A と, 動かすことのできる音源 B の間に観測者がいる。ここで, 音源と観測者は一直線上に並んでおり, 音源から発せられた音は観測者の方向へ進む平面波と考える。音の反射は無く, 音速は常に一定の速さ V_0 であるとして, 以下の問いに答えよ。



問 1 音源 B が静止している状態を考える。

- (1) 音源 A で振動数 f_0 の音を発生させた。音の波長を, 音速 V_0 と振動数 f_0 を用いて表せ。
- (2) さらに音源 B から振動数が f_0 の α 倍 ($\alpha < 1$) の音を発生させた。このとき, 観測者に振動数 f_1 のうなりが聞こえた。 α を V_0, f_0, f_1 のうち必要なものを用いて表せ。

問 2 次に音源 B が動く場合を考える。

- (1) 音源 B のみが振動数 f_0 の音を発生させながら, 一定の速さ v で観測者から遠ざかる。このとき, 観測される音の振動数 f_2 を求めよ。
- (2) さらに(1)の状態では音源 A から振動数 f_0 の音を発生させた。このとき観測されるうなりの振動数を V_0, f_0, v を用いて表せ。

問 3 音源 A と B で、振幅と位相が同じである振動数 f_0 の音を発生させた。音源 B が静止している状態で観測者が音源 A と B の間をゆっくりと移動すると、一定の間隔で音が大きくなったり小さくなったりしたため、定常波ができていたことがわかった。

- (1) 音源 A と B の間において、定常波の節の数は 8 つであった。音源 A と B の間の距離 L と、音の波長 λ_0 の関係を不等式で表せ。
- (2) ある節の場所に観測者が静止しているとする。音源 B がゆっくりと観測者から遠ざかると、音が大きくなった後に再び小さくなった。これは、定常波が移動したため、観測者のいる場所が節→腹→節と変化したためと考えられる。このとき、音源 B が動いた距離を、音の波長 λ_0 を用いて表せ。
- (3) 音源 B が一定の速さ v で観測者から遠ざかると、音の大きさが一定の振動数 f_3 で変化した。この振動数 f_3 を、 f_0 、 v 、 V_0 を用いて表せ。ただし、速さ v は音速 V_0 に比べて十分に小さく、ドップラー効果の影響は無視できるものとする。

〔2〕 図1に示すように、棒状の物体AB、焦点距離 f_1 の凸レンズ1、焦点距離 f_2 の凸レンズ2とスクリーンを直線上に配置したところ、物体ABの実像がスクリーン上に生じた。ここで F_1, F_1' はレンズ1の焦点、 F_2, F_2' はレンズ2の焦点を表し、 O_1, O_2 はそれぞれレンズ1, 2の中心である。2つのレンズの光軸は一致し、物体ABとスクリーンは光軸に垂直である。 O_1 と O_2 の距離を L 、物体ABと O_1 の距離を a_1 ($a_1 > f_1$)、スクリーンと O_2 の距離を a_2 ($a_2 > f_2$)とする。

問1 スクリーンに映された物体の像は、正立像か倒立像か答えよ。

問2 物体ABの高さを d_1 としたとき、像の高さ d_2 を求めよ。

問3 $f_1 = 10$ cm および $f_2 = 20$ cm とする。 $a_1 = 2f_1$ および $a_2 = 1.5f_2$ と配置したとき、レンズ間の距離 L を求めよ。

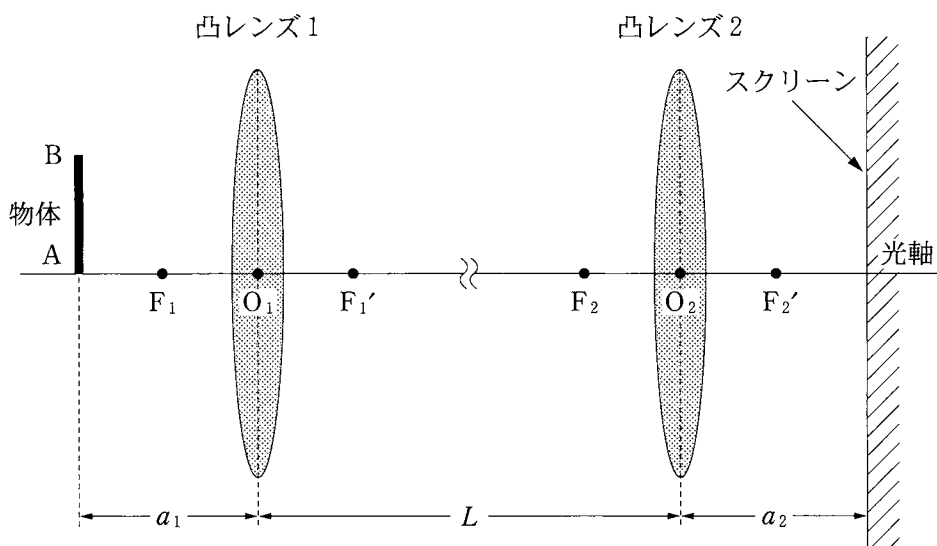


図1

次に、レンズの焦点距離について考えよう。図2に示すように、一方が光軸に垂直な平面、もう一方が半径 R の球面のレンズを空気中に置いた。空気の屈折率は1、レンズの屈折率 n は1よりわずかに大きいとする。今、細い単色の光線を光軸と平行にレンズに入射した。光線の光軸からの距離を h とする。ただし、 h は R に比べて非常に小さいとする。このとき、以下の問いに答えよ。なお、ラジアン単位で測った角度 θ が1に比べて十分小さいとき、近似公式 $\sin \theta \doteq \theta$, $\cos \theta \doteq 1$, $\tan \theta \doteq \theta$ を用いよ。

問 4 光線がレンズを通り過ぎたあと進む向きは、光軸から角度 α であった。角度 α を n , R , h のうち必要なものを用いて表せ。

問 5 薄いレンズの場合、レンズの焦点距離 f は近似的に $f = \frac{h}{\alpha}$ で与えられる。焦点距離 f を n , R , h のうち必要なものを用いて表せ。

問 6 赤色の光線と紫色の光線を比べたとき、焦点距離が短いのはどちらか、「光の波長」と「屈折率」の2つの用語を用いて説明せよ。

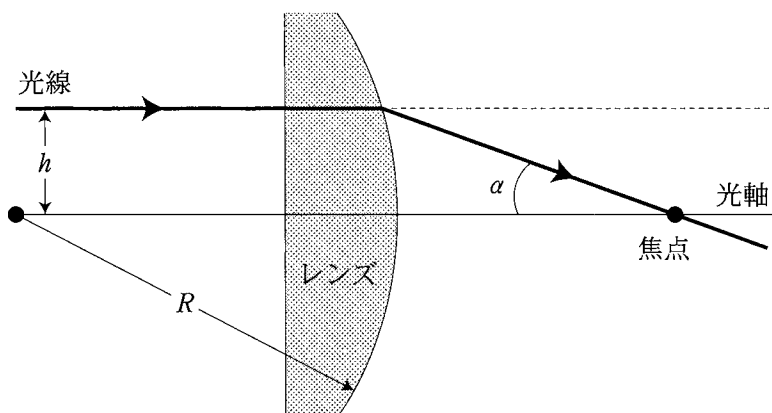


図 2

4

注意 教育学部、理学部(数学科・物理学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科)、工学部および農学部受験者用

問 1

図1のように、一様な断面積で長さ $2a$ のシリンダーが、なめらかに移動できるピストンで2つの部屋に分けられている。ピストンの厚さは無視でき、シリンダーとピストンは断熱材でできている。左側の部屋にはヒーター、右側の部屋には圧力制御装置が組み込まれ、それぞれ温度、圧力の制御が可能である。これらの装置の体積は無視できる。

最初、シリンダーの左側の部屋には n_A [mol] の気体 A、右側の部屋には n_B [mol] の気体 B が閉じ込められていた。このとき、ピストンは中央にあり、気体 A の温度が T_{A1} 、気体 B の圧力は P_1 であった。また、気体 A、B はそれぞれ単原子分子の理想気体である。シリンダーの中央を原点 $O(x=0)$ として水平方向に x 軸(右側を正)をとる。気体定数を R として、以下の問いに答えよ。

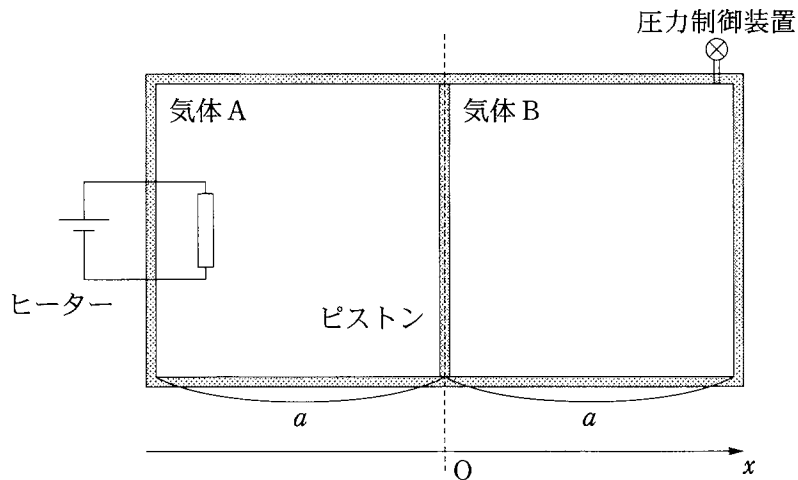


図 1

(1) 最初の状態の気体 B の温度を求めよ。

ここで、圧力制御装置を止めシリンダーを密閉した。

(2) 気体 A をゆっくりと加熱し温度を T_{A2} にしたところ、ピストンが $x = \frac{a}{2}$ の位置に移動した。そのときの気体 B の温度を求めよ。

次に、全てを最初の状態に戻した後、圧力制御装置を作動させる。

(3) 気体 B の圧力を P_1 に保ったまま気体 A を加熱すると、ピストンが $x = \frac{a}{3}$ の位置に移動した。気体 A の温度および気体 A に加えた熱量を求めよ。

(4) 気体 B の圧力を P_1 から P_2 に変え、気体 A の温度を T_{A4} にしたとき、ピストンの位置を求めよ。

問 2

図2のように、問1のシリンダーとピストンを、熱を良く伝える材質の物と交換し、外部温度を T_0 にした。シリンダー内の左側と右側の部屋には、単原子分子の理想気体である気体 A, B がそれぞれ満たされている。さらに、ピストンを動かすための器具を取り付けた。この器具の体積は無視できる。

最初、力を加えない状態では、ピストンの位置は原点 $O(x=0)$ にあった。このときの気体 A は n_A [mol]、その圧力は P_3 であった。次に、ゆっくりとピストンを $x = \frac{a}{2}$ の位置に移動させた。気体定数を R として、この過程について以下の問いに答えよ。

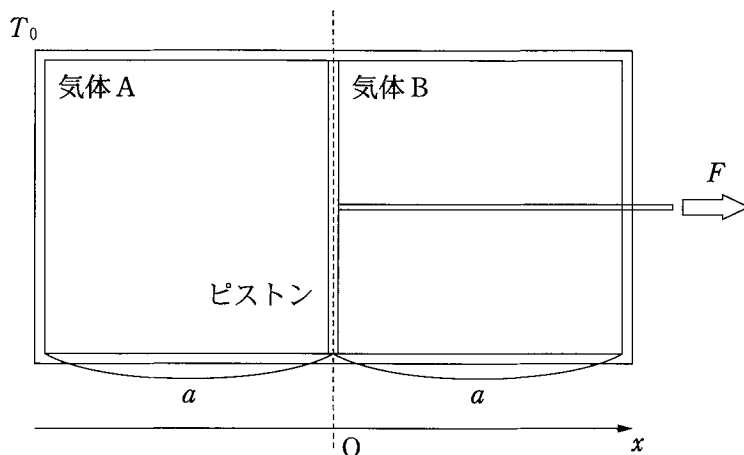


図 2

- (1) ピストンを $x = \frac{a}{2}$ の位置に移動させた時の気体 A, B それぞれの圧力, およびピストンを支えるために必要な力 F を求めよ。
- (2) この過程における気体 B の圧力と体積の関係を解答用紙のグラフに描け。始点と終点を明示せよ。また気体 B がされた仕事 W_B はどの面積に等しいかをグラフの中に斜線で示せ。
- (3) この過程において気体 A がされた仕事を W_A として, 気体 A および B が外部から吸収した熱量を求めよ。
- (4) このとき, ピストンがした仕事を求めよ。