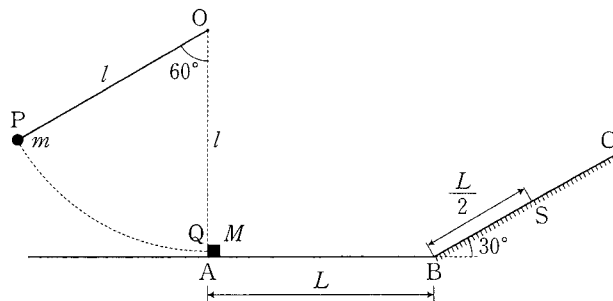


平成23年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4枚中1枚目)

- 1 図のように、質量 m [kg] の球 P がとりつけられた長さ l [m] の軽い糸があり、その他端が水平面から高さ l [m] の点 O に固定されている。糸がたるまないように鉛直方向と角度 60° をなす位置まで球 P を持ち上げて静かに離す。球 P は最下点 A に置かれている質量 M [kg] の物体 Q ($M > m$) と衝突し、物体 Q は衝突後、なめらかな水平面 AB 上を L [m] 動いた後、角度 30° のあらい斜面 BC 上を直線運動し、距離 $\frac{L}{2}$ [m] だけ動いて点 S で静止した。



球 P および物体 Q の大きさは無視でき、空気抵抗は考えなくてよい。また、点 B において水平面と斜面は、なめらかにつながっているものとする。球 P と物体 Q の反発係数を e 、物体 Q と斜面との間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。衝突直前および衝突直後の速度は右向きを正とする。以下の各問に答えよ。答は主な式や説明をつけて解答欄に記入せよ。

- 衝突直前の球 P の速度 v_0 [m/s] を g , l を用いて表せ。
- 衝突直後の球 P と物体 Q の速度をそれぞれ v [m/s], V [m/s] とするとき、 v と V を m , M , v_0 , e を用いて表せ。
- 球 P が物体 Q との衝突直後に左向きに運動するのは、反発係数 e の値がどんなときか。 e の範囲を m , M を用いて表せ。
- 物体 Q が点 B から点 S まで運動するときの斜面に沿って上向き方向の加速度 a [m/s²] を μ' , g を用いて表せ。
- 動摩擦力が BS 間で物体 Q に対してした仕事 W [J] を M , μ' , g , L を用いて表せ。
- 動摩擦係数 μ' を V , g , L を用いて表せ。
- 物体 Q が球 P と衝突してから点 S に達するまでの時間 t [s] を V , L を用いて表せ。

平成 23 年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4 枚中 2 枚目)

2 なめらかな水平面上に質量 m [kg] の小球とばね定数 k_1 [N/m] のばね 1 およびばね定数 k_2 [N/m] のばね 2 がある。ばねの質量, 空気の抵抗は無視できるものとして以下の間に答えよ。ただし, 小球の速度, 加速度は右向きを正とする。答は主な式や説明をつけて解答欄に記入せよ。

(a) 図 1 のように, 小球の両側にばねをつけ, どちらのばねも自然の長さとなるようにばねの他端を固定する。この状態における小球の位置を点 O とする。小球を点 O から点 A に移動し, 静止させてから静かに放すと, 小球は単振動を行った。

(i) 小球の運動方程式を示せ。ただし, 点 O からの小球の変位を, 右向きを正として x [m] で表し, 加速度を a [m/s²] とする。

(ii) 小球の単振動の周期 T [s] を求めよ。

(b) 図 2 のように, ばね 1 の右端とばね 2 の左端を結合したうえで, ばね 2 の右端に小球を取り付け, ばね 1 の左端を固定する。ここで, どちらのばねも自然の長さとなる小球の位置を点 O' とする。小球に大きさ F [N] の力を右向きに与えて点 A' で静止させた。その後, 力 F を取り除いたところ, 小球は単振動を行った。

(i) 点 O' と点 A' の距離 d [m] を k_1, k_2, F を用いて表せ。

(ii) 小球が点 O' を通過するときの速さ v [m/s] を k_1, k_2, F, m を用いて表せ。

(c) 設問(a)における単振動の角振動数を ω_a [rad/s], 設問(b)における単振動の角振動数を ω_b [rad/s] とする。 ω_a と ω_b のどちらが大きいか。理由をつけて説明せよ。

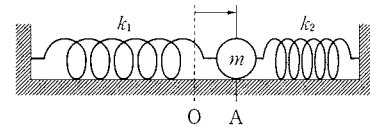
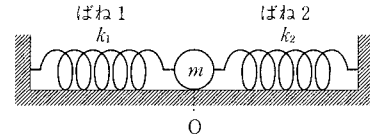


図 1

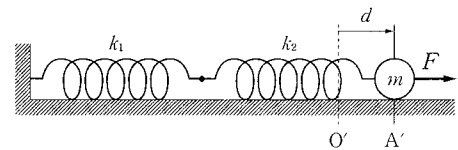
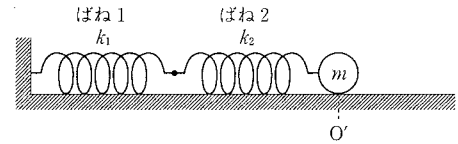
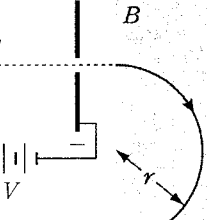
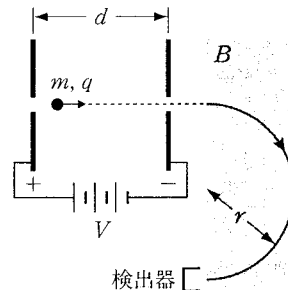


図 2

平成23年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4枚中3枚目)

3 質量 m [kg]、電気量 q (> 0) [C] の荷電粒子の真空中における運動に関する以下の間に答えよ。なお、重力は無視できるものとする。

- (a) 図の装置では、荷電粒子が電極間距離 d [m]、電圧 V [V] の平行電極間で加速され、その後、紙面に垂直な磁束密度 B [Wb/m²] の一様な磁場中に入射し、検出器に到達する。なお、電場は電極間にのみ、磁場は  部分のみに作用する。以下の文の の中に適切な式や語句を入れて文章を完成せよ。答は解答欄に記入せよ。



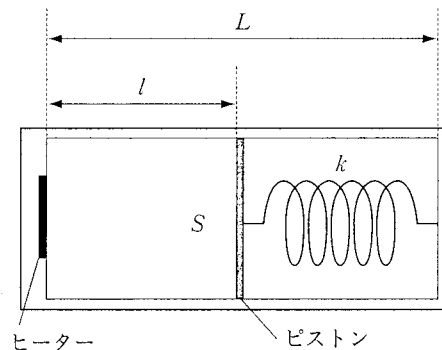
荷電粒子は時刻 $t = 0$ [s] に陽極に開いた小孔から初速度 0 [m/s] で平行電極間に入り、等加速度運動を始めた。平行電極間の電場は一様で、その大きさは (ア) [V/m] であるから荷電粒子が電極間で電場より受ける力の大きさは (イ) [N] である。荷電粒子が陰極に開いた小孔から飛び出す時刻は (ウ) [s] であり、そのときの荷電粒子の速さは (エ) [m/s] である。

磁場に対して垂直に入射した荷電粒子に働くローレンツ力の大きさを、荷電粒子の速さ v [m/s] を用いて表すと (オ) [N] となる。この力の方向は運動方向に垂直であり、粒子に対して仕事をしないので荷電粒子の速さは一定である。そのためローレンツ力の大きさも一定となり、この力が向心力となって荷電粒子は等速円運動を行う。荷電粒子が図に示されるような円軌道を描くためには、磁場 B の向きは紙面に対して垂直に (カ) から (キ) の方向に選ばばよい。一般に、半径 r [m]、速さ v [m/s] で等速円運動をする質量 m [kg] の粒子に働く向心力の大きさは (ク) [N] であるから、荷電粒子の質量を r 、 q 、 v 、 B を用いて表すと $m =$ (ケ) [kg] となる。この式に $v =$ (エ) [m/s] を代入すると、 $m =$ (コ) [kg] となり、荷電粒子の質量を q 、 V 、 B 、 r を用いて表すことができる。

- (b) 磁束密度 B [Wb/m²] の一様な磁場があり、速さ v [m/s] の荷電粒子が磁場の方向に対して角度 θ [rad] で磁場中に入射する。磁場中における荷電粒子の運動を磁場に平行な方向と垂直な方向に分けてそれぞれ説明し、それらを合成した運動について述べ、その概略を図示せよ。答は解答欄に記入せよ。

平成23年度工学部前期日程入学試験問題
物 理 (4枚中4枚目)

4 図のように、断熱材でできた長さ L [m]、断面積 S [m²] のシリンダーがあり、内部は断熱材でできたピストンで仕切られている。シリンダーの左端にはヒーターがとりつけられており、気体を加熱することができる。ピストンは、厚さが無視でき、シリンダー内をなめらかに移動できる。ピストンにはばね定数 k [N/m] のばねが取り付けられており、ばねの他端はシリンダー右端の壁に固定されている。ばねの自然の長さはシリンダーの長さ L [m] に等しい。ピストンで仕切られた左側の部分に単原子分子の理想気体を n [mol] 封入し、右側の部分を真空にしたところ、ピストンはシリンダーの左端から l [m] の位置となった。この状態を「状態1」とし、そのときの気体の圧力を P_1 [Pa]、温度を T_1 [K] とする。次に気体をヒーターでゆっくりと加熱すると、ピストンはさらに $\frac{l}{3}$ [m] だけ右に移動し、気体の圧力は P_2 [Pa]、温度は T_2 [K] となった。このときの気体の状態を「状態2」とする。気体定数を R [J/(mol·K)] として、次の文中の (ア) ~ (ケ) をうめて文章を完成せよ。答は数字もしくは n , R , k , S , l のうち必要なものを用いて解答欄に記入せよ。ただし、(キ) については解答欄のグラフを完成せよ。



- (a) 状態1のとき、気体の圧力は $P_1 =$ (ア) [Pa] で、温度は $T_1 =$ (イ) [K] である。状態2における圧力 P_2 は P_1 を用いて表すと、 $P_2 =$ (ウ) P_1 [Pa] となり、温度 T_2 は T_1 を用いて表すと、 $T_2 =$ (エ) T_1 [K] となる。また、状態1から状態2に変化したときの気体の内部エネルギーの増加量は $\Delta U =$ (オ) [J] となる。
- (b) シリンダー内の気体の圧力 P [Pa] と体積 V [m³] の関係は $P =$ (カ) V [Pa] となるので、状態1から状態2にいたる際の気体の圧力と体積の関係をグラフに描くと (キ) となる。このグラフより、気体がピストンに対してする仕事を求めると $W =$ (ク) [J] となる。従って、ヒーターが気体に与えた熱量は、 $Q =$ (ケ) [J] と計算できる。

補足説明

教科・科目 物理

補足説明

問題 3 (b) (文章の最後)

ただし、 $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ とする。

平成23年度工学部前期日程入学試験問題
「物理Ⅰ・物理Ⅱ」の出題の意図

第1問

運動方程式，運動量保存の法則，エネルギー保存の法則の基本事項の理解を調べる。また，摩擦を伴う運動に対する理解を調べる。

第2問

ばねにより連結された物体の振動について基本事項の理解を調べる。2つのばねが並列接続と直列接続された場合について，正しく理解しているかを調べる。

第3問

電場および磁場中において，ローレンツ力をうける荷電粒子の運動に関する基本事項について正しく理解しているかを調べる。

第4問

理想気体の熱力学系に対して，熱量の授受と体積・圧力・温度の状態変化の関係について，正しく理解しているかを調べる。