

物 理

1 以下の文章中の (1) ~ (10) に、最も適切な数値、数式、または語句を記入せよ。

(20 点)

問 1 質量 m [kg] の小球を自由落下させたところ、小球は床に衝突して跳ね上がった。時刻 t_1 から t_2 の衝突の間に、小球が床から受ける力 F と時間 t の関係は図 I のグラフで示されると仮定する。図 I の F_0 は力 F の最大値である。この図から、衝突の間に小球に働く力積の大きさは (1) [N・s] である。また、衝突直前の小球の速さを v [m/s] とするとき、衝突直後の小球の速さを運動量の変化と力積の関係から求めると (2) [m/s] となる。

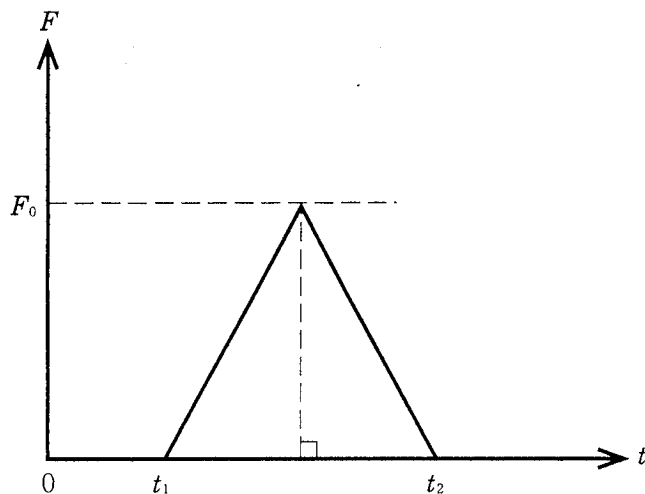


図 I

問 2 理想気体の状態方程式から 1 モルの理想気体の体積は温度が一定のとき (3) に反比例する。1 モルの理想気体が (4) 膨張するとき、熱の出入りはなく気体の温度は (5) する。

問 3 図 II のようなヤングの実験装置がある。スリット S_1 と S_2 の間隔を d 、スリットとスクリーンとの距離を L とする。レーザー光源 S_0 から出る光の波長が λ のとき、スクリーンの中央 M から x の位置 P に m 番目の明線が観測された。このとき、経路差 $S_2P - S_1P$ は λ を用いて (6) と表される。また、 d が L に比較して十分小さいとすると、図 II から経路差は $\sin \theta$ を用いて (7) と表すことができる。このとき、 θ が十分小さいので、 $\sin \theta = \tan \theta$ が成り立つと考えられる。また、 d は x に比べて十分小さいから、 $\tan \theta = \frac{x}{L}$ が成り立ち、その結果 x は λ 、 m 、 d 、 L を用いて (8) で表される。

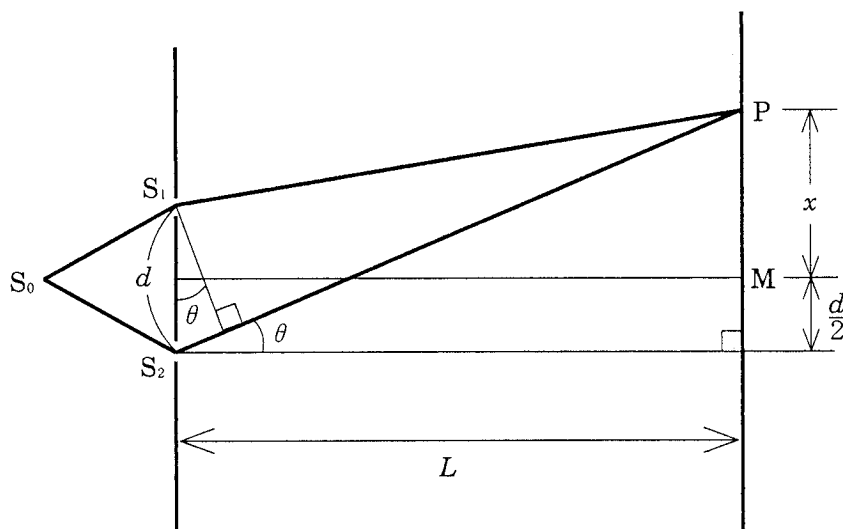


図 II

問 4 救急車が速さ 20 [m/s] で振動数 640 [Hz] のサイレンを鳴らしながら静止している観測者に近づいている。音速を 340 [m/s] とするとき、観測者が聞くサイレンの振動数は (9) [Hz] である。また、救急車の前方から速さ 20 [m/s] で近づいてくる自動車に乗っている観測者がサイレンを聞くと、その振動数は (10) [Hz] に聞こえる。

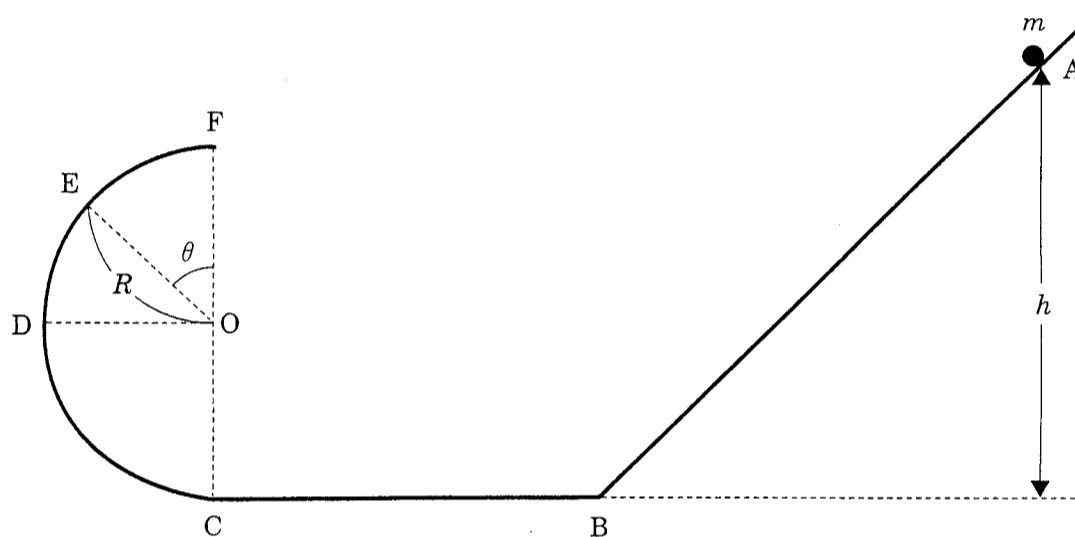
2 図は斜面(AB)、水平面(BC)と半径 R の半円筒(CDEF)の軸 O に垂直な断面である。斜面上の A 点は水平面(BC)から h の高さである。この A 点から質量 m の小球を静かにはなした。ただし、斜面、水平面、および半円筒の内面は全てなめらかであり、小球の大きさは無視できるものとする。重力加速度を g として、以下の各問いに答えよ。(15点)

問 1 鉛直方向 OF から角度 θ の E 点での小球の速さを v_E として、この E 点での力学的エネルギー保存則を式で表せ。

問 2 小球が E 点を通るとき、小球に働く遠心力、面からの垂直抗力、および重力の間のつり合いから、小球に働く面からの垂直抗力を求めよ。

問 3 小球が半円筒の内面(CDEF)に接し続けるための垂直抗力の条件を述べよ。また、小球が F 点に達するための高さ h の条件式を示せ。

問 4 高さ h が R に等しいとき、小球はどのような運動をするか。運動の全体的な様子を簡潔に述べよ。



3 図のように、1辺 a の正方形 ABCD の1巻きコイルが一定の速さ v で x 軸の負から正の方向に移動し、1辺 b ($b > a$) の正方形 EFGH の磁界領域を通過した。磁界領域には紙面に垂直に表から裏に磁束密度 B_0 の磁界がかかっている。コイルの全抵抗は R 、磁界領域の中心は座標原点 O にあり、コイルの中心は x 軸上を移動するものとして以下の問いに答えよ。

(15点)

問1 コイルの1辺 DC が磁界に入り始めたときの誘導起電力 V の大きさを求めよ。

問2 このときコイルに流れる電流 I_0 の大きさを求めよ。また、その向きを A, B, C, D を用いて表せ。

問3 コイル全体が磁界領域に入ったときの電流の大きさはいくらか。

問4 コイルの1辺 DC が磁界に入った時刻を $t = 0$ とし、コイル全体が磁界から出た時刻を $t = t_1$ とする。その間の電流 I と時間 t との関係を太い実線を用いてグラフで表せ。ただし、電流の向きは C から D に向けて流れるとき正とする。

