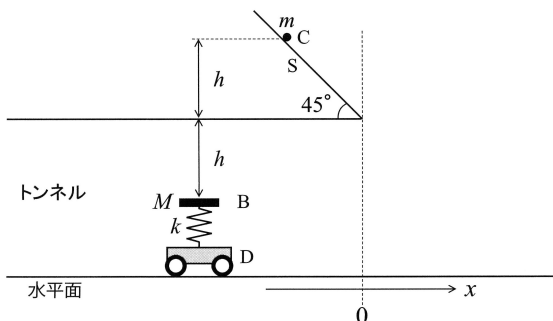


物 理 (一般問題用紙1)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

I 以下の空欄 ~ に適切な表式や値を入れよ。また、(6) の設問に答えよ。

図のように高さが一定のトンネル内を台車Dが紙面右向きに水平面上を等速直線運動している。台車の中心上には、ばね定数が k で質量が無視できるばねが鉛直方向に固定されており、ばねの上には質量が M で厚さが無視できる板Bがその中心にばねが来るように固定されている。ばねは常に鉛直方向、板は常に水平方向に保たれている。また、トンネル内では板Bはトンネルの天井から距離 h 下方にあり、ばねのつり合いの位置を保ったまま運動している。トンネルの出口の上方にはなめらかで傾斜角が 45° の斜面Sがある。時刻 $t = 0$ に質量 m ($m < M$) の小球Cがトンネルの天井から高さ h の斜面上の点より速さ v_0 で運動を開始した。台車の進行方向に x 軸をとり、紙面右向きを正とし、斜面下端の位置を $x = 0$ とする。また、速度の鉛直成分は上向きを正とし、台車や板の位置といえばそれらの中心の x 座標とする。すべての運動は同一の鉛直平面内で起こり、空気抵抗は無視できるとする。重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。



- (1) 小球Cが斜面を離れた瞬間の速さを v_0 、そのときの時刻を t_0 とする。 v_0 、 t_0 を m, h, g のうち、必要なものを使って表すと $v_0 =$, $t_0 =$ である。
- (2) 時刻 t_0 では台車Dも $x = 0$ を通過し、速度の水平成分は小球、台車とも同じ値であった。この後、小球は板Bの中心に最初の衝突をするが、そのときの位置は $x =$ $\times h$ である。
- (3) 小球と板の衝突の鉛直方向の反発係数を1とする。また、小球と板のいずれも衝突前後で速度の水平成分に変化は生じなかったとする。衝突直前の小球の速度の鉛直成分を v_y 、衝突直後の小球の速度の鉛直成分を v'_y とすると、 $v_y =$ $\times v_0$ 、 $v'_y =$ $\times v_y$ である。
- (4) 板は小球と衝突した後、単振動を始める。その周期は T であり、振幅は A である。 m, M, k のうち必要なものを用いて T と A を表すと、 $T =$, $A =$ $\times v_0$ である。
- (5) 小球と板の2回目の衝突が、最初の衝突から時間 $\frac{T}{2}$ 後に板の中心で起こったとする。このとき、関係 $\frac{T}{2} =$ $\times v'_y$ が成り立つ。
- (6) (5) に表れた関係が成り立つとき、最初の衝突の時刻を $t = t_1$ として $t = 0$ から $t = t_1 + T$ までの小球の速度の鉛直成分の変化のようすを解答欄の図中に記入せよ。

物 理 (一般問題用紙2)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

II 以下の空欄 ～ に適切な表式や値を入れよ。

図1のように、磁束密度が鉛直方向上向きで大きさ B [T] の一様な磁場中に、十分長く、電気抵抗が無視できる導体のレールが2本置かれている。2本のレールは互いに平行で間隔 L [m] 離れており、各レールと水平面とのなす角度は $\theta (< \frac{\pi}{2})$ [rad] である。質量 m [kg]、長さ L [m]、電気抵抗がそれぞれ R_A [Ω]、 R_B [Ω] の一様な細い金属棒 A、B をこの2本のレールの上に置く。A と B は常に水平でレールに対して直角であり、レール上をなめらかに運動するものとする。また鉛直方向上向きに z 軸を取り、水平面上で $z = 0$ とする。空気の抵抗は無視でき、重力加速度の大きさを g [m/s^2] として、以下の問いに答えよ。

(1) A と B をレール上で固定する。このとき、水平面から測った A と B の高さはそれぞれ、 z_A [m]、 z_B [m] ($z_B > z_A$) であった。B を固定したまま、A の固定を外したところ、A は初速度 0 [m/s] で運動し始めた。A が h [m] 下降したとき ($z = z_A - h$)、A の速さは v_h [m/s] であった。このとき、回路 abcd に発生する起電力の大きさ V [V] と abcd を流れる電流の大きさ I [A] は $V =$ $\times v_h$ 、 $I =$ $\times v_h$

と表せる。また、電流の向きは ("a から b"、または "b から a"、から選択)、磁場が A に及ぼす力のレールに沿った方向の成分の大きさは $\times I$ [N]、A が h 下降する間に abcd に発生したジュール熱は [J] と表せる。

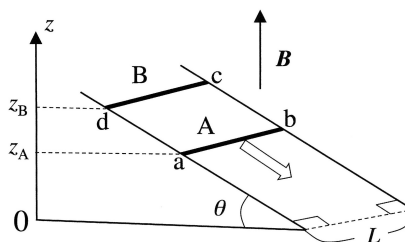


図1

(2) (1) で十分時間が経過した後、A の速度が一定となった。このときの A の速さは [m/s] である。

(3) (2) の後、B の固定を外したところ、B は初速度 0 [m/s] で運動し始めた (図2)。この後の A、B の運動ではレール方向 (下向きを正とする) の A の速度を v_A [m/s]、B の速度を v_B [m/s] とする。以下、 $v_A > v_B$ が成り立っているときを考え、そのとき、回路 abcd を流れる電流の大きさを I' [A] とする。A、B にはたらく力のレール方向のそれぞれの成分 F_A [N]、 F_B [N] を I' とその他の必要な量を使って表すと $F_A =$ 、 $F_B =$ となる。したがって、B の加速度の大きさは A の加速度の大きさより大きい。また、回路 abcd に発生する起電力の大きさ V' [V] を速度の差 $v_A - v_B$ とその他の必要な量を使って表すと $V' =$ となる。

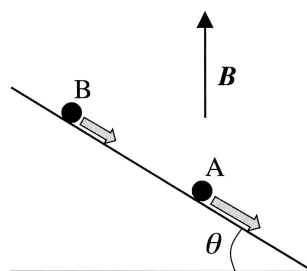


図2

(4) (3) の結果より、A から B の運動をみると、A と B の間に引力がはたらいているとみなすことができる。したがって、速度差 $v_A - v_B$ も時間と共に小さくなり、十分時間が経過すると、 $v_A - v_B = 0$ とみなせる。このとき、回路 abcd にはたらく起電力の大きさは [V]、A の加速度の大きさは [m/s^2]、B の加速度の大きさは [m/s^2] になる。

物 理 (一般問題用紙3)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

III 以下の問題 (1) の空欄 ~ に適切な表式、字句や値を入れよ。また、問題 (2) に答えよ。

(1) ボーアの原子模型をド・ブロイの電子波 (電子の物質波) の考えを参考にしながら見てみよう。電子の質量を m [kg], 電荷を $-e$ [C], また、距離 r_{12} [m] 離れた 2 個の電荷 q_1 [C], q_2 [C] の間にはたらく静電気力を表す位置エネルギーを $\frac{k_0 q_1 q_2}{r_{12}}$ とする。電子が陽子を中心とする半径 r [m] の円周上を速さ v [m/s] で動くとき、電子にはたらく静電気力が

向心力であること (2 つの力が釣り合っていること) を示す式を m, e, k_0, r, v を使って表すと である。電子の

運動エネルギーと位置エネルギーの和 E [J] を を使って e, k_0, r で表すと $E =$ である。ド・ブロイ

に従って電子波の波長 λ [m] を m, v とプランク定数 h [J·s] を使って表すと $\lambda = \frac{1}{mv} \times h^a$ である。ここで h のべき乗の指数 a はこの式の両辺の量の単位が等しいことから $a =$ である。電子波が安定に存在する条件を正の整数 n と r, λ を使って表すと $n =$ である。

, , を使って r と の E を

m, e, k_0, h, n で表すと $r =$, $E =$ である。 $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg, $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C, $k_0 = 8.99 \times 10^9$

N·m²/C², $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J·s として $n = 1$ での r の値を $r = 5.3 \times 10^b$ [m] と表すと、整数 b の値は $b =$

である (計算過程も示せ)。電子が $n = 1$ の状態から $n = 2$ の状態に遷移したとき、光の放出、吸収のうち、

(“放出”, “吸収” から選択) がおこる。その光の振動数 ν [Hz] を m, e, k_0, h で表すと $\nu =$ である。

(2) 条件 $n =$ は電子波に対するどんな条件と解釈できるか? 「定常波」という言葉を使って簡潔に述べよ。