

物理基礎・物理 (その1)

第1問 図1のように、上部に滑車のついたL字型の台車、小物体、滑車のついた壁が配置されている。壁は水平な床に固定されて動かない。台車と小物体は、滑車に通した軽くて丈夫な伸び縮みしない糸でつながっている。台車と小物体をつなぐ糸にたるみはない。小物体の側面は台車に接している。はじめ、小物体を台車の上に乗った人からみて高さ d の位置で動かないように手で支えておく。台車の質量を M 、小物体の質量を m とする。重力加速度の大きさを g とする。

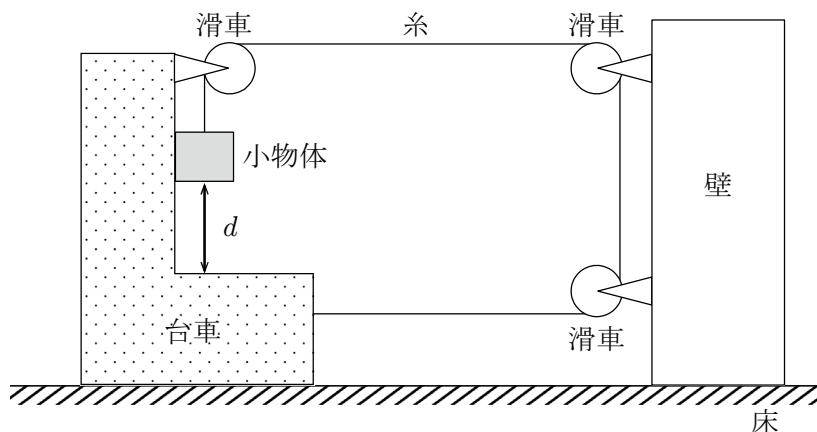


図1

まず、全ての面に摩擦はないものとする。静かに小物体から手を放したところ、小物体は鉛直下向きに d だけ移動し、台車と衝突した。以下、小物体が台車に衝突するまでの台車と小物体の運動を考える。

問1 小物体は鉛直下向きに a_1 の大きさの加速度で動く。小物体が台車に衝突するまでにかかる時間はどれだけか。 d および a_1 を用いて表せ。

問2 問1の加速度の大きさ a_1 を用い、糸にはたらく張力の大きさを T として、小物体の鉛直方向の運動方程式を m 、 T 、 a_1 、 g で表せ。

問3 台車と小物体は右向きに a_2 の大きさの加速度で動く。台車と小物体を合わせて一つの物体と考えたとき、この物体の水平方向の運動方程式を M 、 m 、 T 、 a_2 を用いて表せ。

問4 a_2 は a_1 の何倍か。数値で答えよ。

台車の質量 M を 1210 g 、小物体の質量 m を 150 g 、小物体と台との間の距離 d を 1.5 m 、重力加速度の大きさ g を 9.8 m/s^2 とする。以下の問いに有効数字2桁の数値で答えよ。

問5 小物体が動き出してから台車と衝突するまでに何秒かかるか。

次に、台車と床との間にのみ摩擦がある場合を考える。

問6 小物体が宙に浮いた状態で、静かに手を放しても、台車と小物体は動かなかった。このことから、静止摩擦係数はいくら以上であることが分かるか。台車および小物体の質量は問5で用いた数値を用いよ。

物理基礎・物理 (その2)

第2問 以下の問いに答えよ。

A 以下の文章中の**ア**～**キ**に適切な用語，記号，数値または式を入れよ。

物質を形成している分子や原子は熱（**ア**）による（**ア**）エネルギーのほか，分子間や原子間にはたらく引力や斥力による（**イ**）エネルギーをもっている。このような分子や原子の微視的エネルギーの総和を（**ウ**）エネルギーという。例えば，気体で膨らんだ風船が静止している，すなわち，巨視的な力学的エネルギーが（**エ**）の場合でも，風船の内部に閉じ込められた気体の（**ウ**）エネルギーは（**エ**）ではない。

この考え方をもとに，「物質を熱すると，温度が上昇する」という現象を考えてみる。物質が熱を（**オ**）すると，熱（**ア**）は活発になり，物質の（**ウ**）エネルギーが（**カ**）し，温度が上昇する。

物質の温度を上昇させるには，熱を加えるだけでなく，物質に仕事をしてよい。物質に加えられた熱量を Q ，物質が外部にした仕事を W として，（**ウ**）エネルギーの増加量を式で表すと，（**キ**）となる。

B 摩擦のある道路を時速 54 km で走っている車がブレーキをかけて停止した。車の質量は $1.2 \times 10^3 \text{ kg}$ とする。

問1 この車が停止したときに発生した熱量は何 J か。

問2 このとき，発生した熱量の 70% が金属のブレーキ板に与えられた。ブレーキ板の温度は何 $^{\circ}\text{C}$ 上昇するか。ブレーキ板の質量を 3.0 kg ，ブレーキ板に使用した金属の比熱を $4.5 \times 10^2 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ とする。なお，ブレーキ板に与えられた熱量は，すべてブレーキ板の温度上昇に使用されたものとする。

物理基礎・物理 (その3)

第3問

A 一様な電場の中に点 P と Q を考える。電場の向きは点 P, Q を結ぶ直線と平行である。PQ 間の距離は d で電位差は V である ($V > 0$)。PQ 間に質量 m , 電気量 q の点電荷を置いた ($q > 0$)。空気抵抗や重力の影響は無視できる。

問1 電場の大きさはいくらか。

問2 点電荷の加速度の大きさはいくらか。

B 図2のように、一様な磁場中に円形の経路で囲まれた平面領域を考える。磁場は平面に垂直であり、時間に変化する。時刻 t におけるこの領域を貫く磁束は $at + b$ と表される (a, b はそれぞれ正の定数)。以下の問いに答えよ。

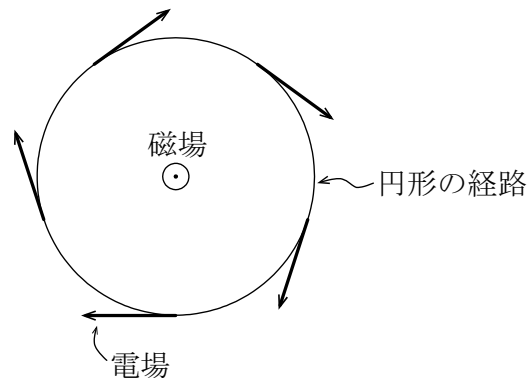


図2

問3 円形の経路1周に生じる誘導起電力の大きさはいくらか。

問4 経路に誘導起電力が生じるのは、経路上に電場ができているためである。この電場は、円形の経路の接線方向を向いており (図2), 経路の各点における電場の大きさは互いに等しい。この電場の大きさを E として、経路の円の半径を答えよ。ただし、円周率を π とする。

物理基礎・物理 (その4)

- C 図3のような xy 平面上の磁場を考える。磁場は z 軸の正向きで、 z 軸からの距離が R 未満の領域での磁束密度の大きさを B_1 、 R 以上の領域での磁束密度の大きさを B_2 と表す。磁束密度は各領域でそれぞれ一様である。 xy 平面の原点を中心とする半径 $2R$ の円軌道に電子を置き、電子に円の接線方向を向いた初速度を与え、同時に B_1 と B_2 を適当に時間変化させると、この電子は半径 $2R$ の円軌道上を回りながら加速した。電子の質量を m 、電気量を $-e$ とする ($e > 0$)。また、空気抵抗や重力の影響は無視できる。

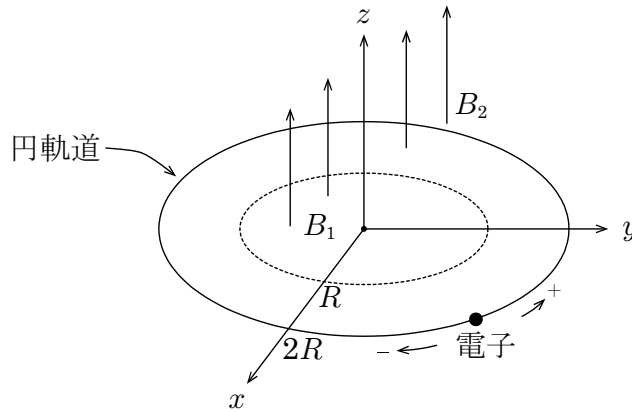


図3

- 問5** 速さが v の瞬間の電子にはたらくローレンツ力の大きさを、 e 、 v 、 B_2 を用いて表せ。
- 問6** 問5の電子の速さ v を R 、 B_2 、 m 、 e を用いて表せ。また、電子の速度は図3の「+」、 「-」どちら向きか。向きは解答欄の「+・-」のいずれかを丸で囲んで答えること。
- 問7** 電子を Δv だけ速くしたとき、回転半径を一定に保つために、 B_2 を ΔB_2 だけ大きくする必要がある ($\Delta v > 0$ 、 $\Delta B_2 > 0$)。 Δv を ΔB_2 、 R 、 m 、 e を用いて表せ。

充分短い時間 Δt あたり、 B_1 を ΔB_1 、 B_2 を ΔB_2 だけ変化させているとし、 $\frac{\Delta B_1}{\Delta t} = c_1$ 、 $\frac{\Delta B_2}{\Delta t} = c_2$ とする。ただし、 c_1 と c_2 はそれぞれ正で一定である。

- 問8** 半径 $2R$ の円軌道には問4と同様に電場が生じている。この電場による電子の加速度の大きさ $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ を c_1 、 c_2 、 R を用いて表せ。
- 問9** 半径を一定に保ちながら電子を加速するためには、 c_1 と c_2 の間には、ある関係式が成立していなければならない。この関係式を答えよ。

物理基礎・物理 (その5)

第4問 図4のグラフは、 x 軸上を進む縦波のある時刻における変位を表す。ここで、 x 軸の正向きの変位をグラフの縦軸の正向きに表している。また、 A は正の定数である。この波は正弦波で、速さ 6 m/s で x 軸の正向きに進んでいる。

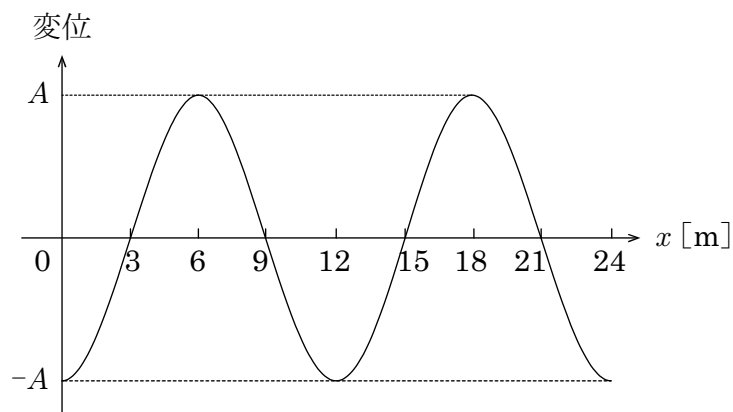


図4

問1 波の波長，周期，振動数を答えよ。単位をつけて答えること。

問2 図4に示された範囲内 ($0 \leq x \leq 24 \text{ m}$) で、以下の(a)～(g)の条件を満たす位置の x 座標値を答えよ。もし複数存在する場合にはすべて答えること。

- (a) $x = 3 \text{ m}$ と同位相である位置
- (b) $x = 3 \text{ m}$ と逆位相である位置
- (c) 媒質が最も密な位置
- (d) 媒質が最も疎な位置
- (e) $x = 0$ と媒質の密度が等しい位置
- (f) 媒質の速度が正向きで大きさが最大である位置
- (g) 媒質が静止している位置

問3 図4は時刻が 0.5 s における変位を表している。 $x = 0$ における媒質の変位の時間変化を表すグラフを、時刻 $t [\text{s}]$ を横軸にとりて描け。時刻0から1周期分以上を描くこと。