

物理基礎・物理 (その1)

第1問

問1 地球の自転の角速度は何ラジアン/秒か。有効数字1ケタで答えよ。

問2 磁束密度の大きさが B の一様な磁場中において、電気量が q ($q > 0$) で質量が m の質点に大きさ v の初速度を与えると、質点は等速円運動をするようになった。この等速円運動の半径はいくらか。ただし、初速度の方向は磁場と垂直であり、質点が磁場から受ける力以外の力は無視できるものとする。

問3 図1のように、物体1 (質量 m) と物体2 (質量 M) が摩擦のない水平な床の上に接触した状態で置いてある。物体2を、物体1と接触しているのとは反対側から、大きさ F の一定の力で水平に押すと、物体1と2は接触した状態で同じ加速度で直線運動した。この加速度の大きさはいくらか。また、物体2が物体1を押す力の大きさはいくらか。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

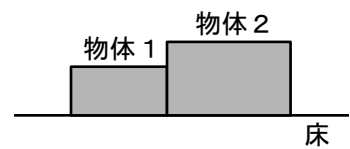


図1

問4 時速 20 km で走っている観測者の前方から、救急車が 580 Hz のサイレン音を鳴らしながら時速 40 km で向かってきている。観測者が聞いたサイレン音は何 Hz か。ただし、救急車と観測者は同一直線上を動いている。また、音速を時速 1200 km とする。なお、速度はすべて大気に対する速度である。

物理基礎・物理 (その2)

第2問 自然の長さが d で質量が無視できるばねの片端に質量 m の物体1をつけ、別端に同じく質量 m の物体2をつける。物体1と2の大きさは無視できる。図2のように、物体1を手で支えて物体2を吊るすと、ばねが自然の長さよりも $\frac{d}{4}$ だけ伸びた状態で物体2は静止した。この際、ばねは鉛直方向に伸びている。重力加速度の大きさを g 、空気抵抗は無視できるものとする。

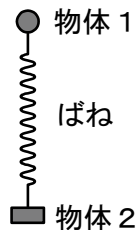


図2

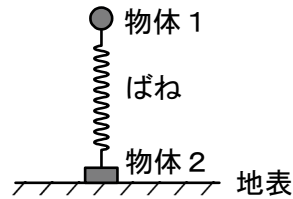


図3

問1 このばねのばね定数はいくらか。

次に、図3のように物体2が地表に接触するようにばねを鉛直に立て、物体1を手で支え、物体1を地表から高さ d のところで静止させた後、静かに手をはなすと物体1は鉛直方向に振動をはじめた。以下、物体1は同一直線上を運動するものとする。

問2 物体1が最も地表に接近したとき、物体1の地表からの高さはいくらか。

問3 物体1の速さが最大のとき、物体1の地表からの高さはいくらか。

問4 物体1の速さの最大値はいくらか。

今度は、同じく物体2が地表に接触するようにばねを鉛直に立て、地表から高さ h ($h < d$) のところで物体1を静止させた後、静かに手をはなしたところ、物体1は鉛直上向きに上昇し、しばらくすると物体2が地面から浮かび上がった。

問5 物体2が地面から浮かび上がったということから、 h はある値よりも小さいことが分かる。この値はいくらか。

物理基礎・物理 (その3)

第3問

A

問1 電気量の単位を、 m (メートル), kg (キログラム), s (秒), A (アンペア) の中から必要な単位を使って表せ。

問2 電気抵抗の抵抗値とコンデンサーの電気容量とを掛け合わせた量が持つ単位を、 m (メートル), kg (キログラム), s (秒), A (アンペア) の中から必要な単位を使って表せ。

B

図4のように、内部抵抗が無視できる電池，抵抗値 R の電気抵抗，極板間が真空中で電気容量が C の平行板コンデンサー，スイッチからなる回路を考える。はじめ，スイッチは開いていてコンデンサーに電荷は充電されていない。スイッチを閉じてコンデンサーを充電する。スイッチを閉じた直後に，回路に大きさ I_0 の電流が流れたとする。

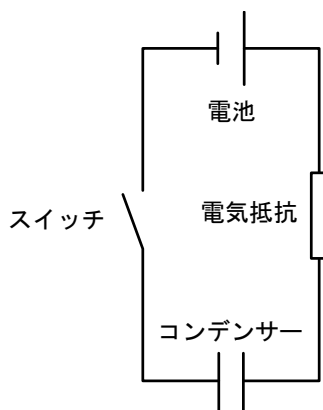


図4

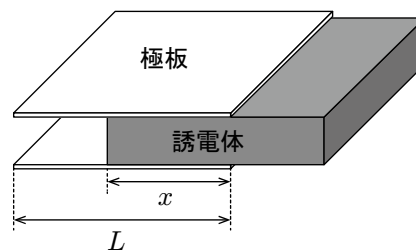


図5

問3 電池の電圧はいくらか。

問4 充分時間が経過した後，コンデンサーに蓄えられた電気量はいくらか。

問5 充分時間が経過した後，コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーはいくらか。

問6 充電中に電池がした仕事はいくらか。

問7 充電中に電気抵抗で発生したジュール熱はいくらか。

物理基礎・物理 (その4)

充電後、スイッチを閉じたまま、比誘電率が $\frac{3}{2}$ の誘電体をコンデンサーの極板間にゆっくり挿入し極板間をすべて誘電体で満す。誘電体は直方体であり、厚さはコンデンサーの極板間隔と等しく、誘電体の底面とコンデンサーの極板はどちらも一辺の長さが L の正方形である。図5は誘電体を挿入中の状態を表しており、 x は誘電体が挿入されている部分の長さを表す ($0 \leq x \leq L$)。挿入中、誘電体の一辺は図5のように極板の一辺と常に平行である。

問8 挿入されている誘電体の長さが x のとき、コンデンサーの電気容量はいくらか。

誘電体を挿入する速さ (x の変化率) は一定であり、誘電体を挿入しはじめてから極板間をすべて誘電体で満すまでにかかる時間を T とする。今、この T は十分に長いものとする。この場合、誘電体を挿入中に回路を流れる電流は I_0 より充分小さいために抵抗における電圧降下も電池の電圧より充分小さく、誘電体を挿入中のある瞬間にコンデンサーに蓄えられている電気量は、その瞬間の電気容量と電池の電圧の積に等しいと近似できるものとする。

問9 誘電体を挿入している途中、コンデンサーに蓄えられている電気量は単位時間あたりにどれだけ変化するか。

問10 問9の答えから、誘電体を挿入中に回路を流れる電流の大きさを求めよ。また、その値が I_0 より充分小さいことから分かる、 T が満足している条件を記せ。

問11 充電直後の、誘電体が挿入される前のコンデンサーの静電エネルギーに比べて、極板間がすべて誘電体で満たされた時のコンデンサーの静電エネルギーはどれだけ増加しているか。増加分を答えよ。

問12 誘電体を挿入しはじめてから極板間がすべて誘電体で満たされるまでの間に、電池がした仕事はいくらか。

問13 極板間に誘電体を挿入しはじめてから、極板間がすべて誘電体で満たされるまでの間(時間 T) に、抵抗で発生するジュール熱を問10の答えを使って求め、それが問11や問12の答えよりも充分小さいことを示せ。

問14 誘電体を挿入するには、誘電体に力を加えて動かす必要がある。誘電体を挿入しはじめてから極板間がすべて誘電体で満たされるまでの間に、この力がした仕事はいくらか。問13の結果に基づく近似を使って求めよ。仕事の正負の区別をして答えること。ただし、誘電体を挿入する際に誘電体と極板との間で摩擦はないものとする。

物理基礎・物理 (その5)

第4問 「流体中の物体が受ける浮力の大きさは、物体が排除した流体の重さに等しい」というアルキメデスの原理を次の設定を利用して導出せよ。

設定：図6のように、底面積 S 、高さ h の円柱の形をした物体が、底面を水平にして水の中に入っている。水の密度を ρ 、重力加速度の大きさを g とする。

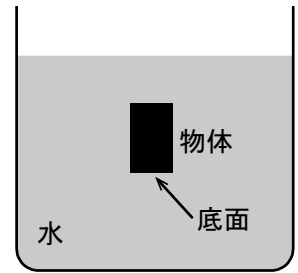


図6