

物理基礎・物理 (その1)

第1問 以下の問いに答えよ。

問1 図1のように水平で粗い床の上に載っている質量 m の物体に、自然長 L_0 の軽いばねの一端を取り付け、他端を水平に引っ張って物体を動かしている。ばねの長さが L のとき、この物体は等速直線運動をした。このばねのばね定数はいくらか。ただし、床と物体との間の動摩擦係数は μ' であり、空気抵抗は無視できる。また、重力加速度の大きさを g とする。

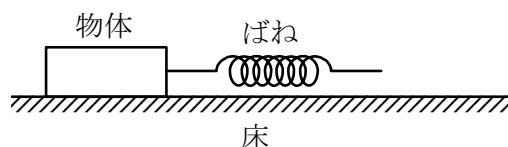


図1

問2 図2のように上面が水平面になっている質量 M の物体 A が水平で滑らかな床の上にあり、この物体の上面に質量 m の物体 B が載っている。物体 A に糸を付けて大きさ F の力で水平に引っ張った。物体 A と物体 B との間には摩擦があり、物体 B は物体 A から見て動かない。物体 B の加速度の大きさと、物体 B が物体 A から受けている力の大きさはいくらか。ただし、空気抵抗は無視できる。

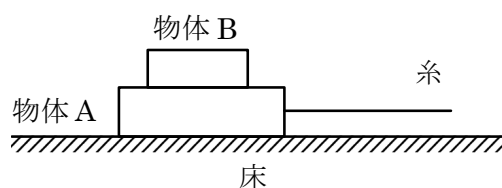


図2

問3 空気中を伝わる音の速さは、空気の温度に依存して変化する。温度が 5°C のときの音速は 334.5 m/s で、温度が 10°C のときの音速は 337.5 m/s である。温度が 20°C のときの音速は何 m/s か。有効数字4ケタで答えよ。

問4 断面積が $S\text{ [m}^2\text{]}$ の導線の中に電気量 $-e\text{ [C]}$ の電子が 1 m^3 当たり n 個ある ($e > 0$)。この電子がすべて速さ $v\text{ [m/s]}$ で導線に沿って動いているとすると、導線に流れる電流の大きさは何 A か。

問5 温度 -50°C の氷 200 g に熱を加えて、温度 50°C の水に変えた。加えた熱は何 J か。ただし、水の融解熱を 330 J/g 、氷の比熱を $1.9\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ 、水の比熱を $4.2\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。

問6 熱効率が 20% の熱機関が高温熱源から 250 J の熱を受け取り外部に仕事をした。熱機関が低温熱源に放出した熱は何 J か。

物理基礎・物理 (その2)

問7 ある物体を水の中に入れたところ、物体は浮かんだ状態で静止した。このとき、水の中に沈んでいる部分の物体の体積は、物体全体の体積の $\frac{9}{10}$ である。物体の密度 $\rho_{物}$ と

水の密度 $\rho_{水}$ の比、 $\frac{\rho_{物}}{\rho_{水}}$ はいくらか。

問8 次の5種類の放射線の中で電磁波であるものはどれか。該当する放射線の名前をすべて解答欄に記入せよ。

α 線 ・ β 線 ・ γ 線 ・ 中性子線 ・ X 線

物理基礎・物理 (その3)

第2問 図3のように、質量 M 、電気量 Q ($Q > 0$) の静止した粒子1に向けて、質量 m 、電気量 q ($q > 0$) の粒子2を入射すると、粒子2は粒子1に接近し、その後、はね返った。粒子1と2の大きさはどちらも無視できるものとする。粒子1は2に比べて充分質量が大きいため ($M \gg m$)、粒子1の速さは常に充分小さく、粒子1の運動エネルギーは常にゼロと近似できる。また、粒子2は常に同一直線上を運動する。はじめ、粒子2の運動エネルギーは E であり、また、粒子2は粒子1から充分離れていて、両者の距離は無量大とみなせる。クーロンの法則の比例定数を k とし、粒子1と2が互いに及ぼし合うクーロン力以外の力は無視できるものとする。

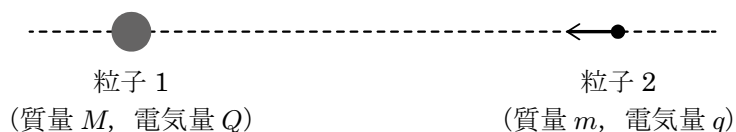


図3

粒子1は静止しているとして、以下の問いに答えよ。

問1 はじめの状態における粒子2の運動量の大きさを答えよ。

問2 粒子2が粒子1に最も接近したときの粒子1と2の間の距離を答えよ。

問3 粒子2の速さがはじめの速さの $\frac{1}{2}$ になったときの、粒子1と2の間の距離を答えよ。

問4 粒子2がはね返って、再び粒子1から無限に遠ざかったときの粒子2の運動量は、はじめの状態の運動量とくらべてどれだけ変化したか。運動量の変化分の大きさを答えよ。

粒子1は静止していると近似してきたが、厳密に静止しているとするとき問4の結果と運動量保存則とは矛盾する。粒子2が無限に遠ざかった後、厳密には粒子1は動いている。引き続き、以下の問いに答えよ。

問5 粒子2がはね返って粒子1から無限に遠ざかった後の、粒子1の運動量の大きさはいくらか。問4の答えより求めよ。

問6 粒子2がはね返って粒子1から無限に遠ざかった後の、粒子1の運動エネルギーは充分小さくゼロと近似できる。このことを、問5の答えを使って示せ。

物理基礎・物理 (その4)

第3問 極板間が真空の平行板コンデンサーに電池を接続して充電した。コンデンサーの電気容量は C で、電池の電圧は V である。電池に接続する前、コンデンサーに電荷は蓄えられていない。

問1 充電後、コンデンサーに蓄えられた電気量はいくらか。

問2 充電後、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3 充電したときに電池がした仕事はいくらか。

充電後、コンデンサーから電池を外して極板間に誘電体を挿入する場合と、充電後、コンデンサーに電池を接続したまま極板間に誘電体を挿入する場合をそれぞれ考える。以下、誘電体の比誘電率を 4 とし、極板間を隙間なく誘電体で満たすものとする。また、誘電体を挿入する際に摩擦力ははたらかず、充分ゆっくり挿入するものとする。

まず、コンデンサーから電池を外して誘電体を挿入する場合を考える。

問4 誘電体を挿入後、極板間の電位差の大きさはいくらになったか。

問5 誘電体を挿入する際、誘電体に加えた力がした仕事はいくらか。

今度は、はじめの充電後、コンデンサーに電池を接続したまま誘電体を挿入する場合を考える。

問6 誘電体を挿入した後、コンデンサーに蓄えられている電荷はいくらか。

問7 はじめの充電の後で、誘電体を挿入し始めてから挿入し終えるまでの間に電池がした仕事はいくらか。

問8 誘電体を挿入する際、誘電体に加えた力がした仕事はいくらか。ただし、導線や電池の抵抗が充分小さく、また、誘電体を充分ゆっくり動かしているため、誘電体を挿入している間に、電池とコンデンサーをつなぐ導線や電池でジュール熱は発生しないものとする。