

物理基礎 (その1)

第1問 以下の問い(問1～4)に答えよ。数値は有効数字2桁で、必要な場合には単位をつけて答えること。

問1 図1のように、ばね定数の異なる2本の軽いばねをつないで、その下端に10 kgのおもりをつけ天井からつるした。2本のばねのばね定数をそれぞれ500 N/mと750 N/mとしたとき、ばね全体の伸びの合計を答えよ。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。

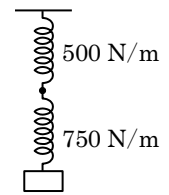


図1

問2 100 gの水につけた抵抗に電圧10 Vをかけて電流を流すと、3分で水の温度が 10°C 上昇した。抵抗が発した熱はすべて水に伝わるものとして、抵抗の抵抗値を答えよ。水の比熱は $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。

問3 熱機関が100 Jの仕事をして200 Jの熱量を低温の物体へ放出した。この熱機関の効率を答えよ。

問4 圧力の単位をm(メートル)、kg(キログラム)、s(秒)、A(アンペア)、K(ケルビン)の中から必要な単位を組み合わせさせて答えよ。

物理基礎 (その2)

第2問 図2のように、段差がある床があり、その一段高くなっている部分を“台”と呼ぶことにする。床と台の上面は水平でなめらかである。台の上に大きさの無視できる物体（質量 m ）を置き、床の上には、台の横に接するように台の高さと同じ厚みの板（質量 M ）を置く。板の上面は水平である。また、板は床の上をなめらかに動くことができる。台の上で物体に右向きに大きさ v_0 の速度を与えると、物体は台から板に乗り移り、板から摩擦を受けて運動するようになる。板の上面と物体の間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g として以下の問い(問1～5)に答えよ。

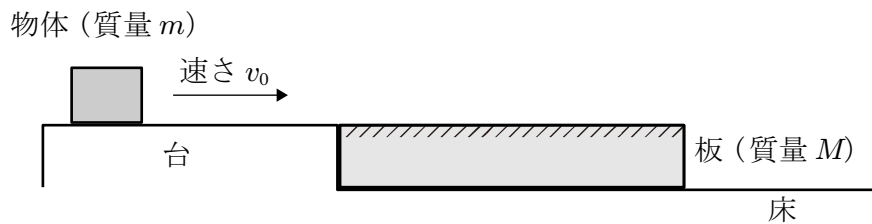


図2

- 問1** 物体が板の上をすべっているときに物体と板が水平方向に受ける力をそれぞれ右向きを正として答えよ。
- 問2** 物体が台から板へ乗り移った瞬間の時刻を 0 として、物体が板の上をすべっている間について、時刻 t での物体と板の床に対する速度を右向きを正としてそれぞれ答えよ。
- 問3** ある時刻以降、物体と板の床に対する速度がともに変化しなくなってきた。このときの物体と板の速度を右向きを正としてそれぞれ答えよ。ただし、物体と板の速度が変化しなくなってきた時点で物体は板の上にあったとする。
- 問4** 問3の状態となったときの物体と板の運動エネルギーの合計（全運動エネルギー）は物体が板に乗り移る前にもっていた運動エネルギーの何倍になったか答えよ。
- 問5** $M = 3m$ のときと $M = m/3$ のときの板の速さの時間変化をともに解答用紙の解答欄に書き込め。ただし、解答欄の縦軸の v_0 は物体に最初に与えられた速さ、横軸の t_1 は板が床に固定されて動かない場合に物体が板の上で静止する時刻である。

物理基礎 (その3)

第3問 物体1, 物体2, 物体3の熱容量をそれぞれ C , C , $2C$, それぞれの温度を T_1 , T_2 , T_3 ($T_1 > T_2 > T_3$) とする。熱の移動は接触した物体間でのみ生じるとして, 以下の問い(問1 ~ 4)に答えよ。

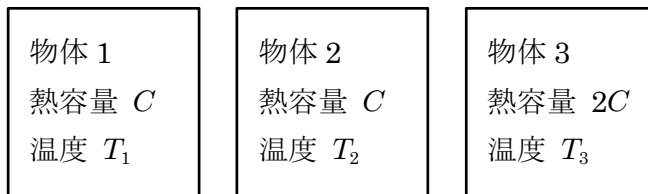


図3

まず, 物体1と物体2を接触させた。

問1 十分に時間が経過した後の物体2の温度を答えよ。

つづいて, 物体2を物体1から離して物体3に接触させた。

問2 十分に時間が経過した後の物体2の温度を答えよ。

問3 ここまでの2回の操作で物体2の温度が元の T_2 に戻る場合, 物体2が2回の操作で得た熱量の合計を答えよ。

温度が異なる物体が接触すると, 温度が高い物体から低い物体へ向かって接触面を通る熱の移動が生じる。単位時間あたりに接触面を通して移動する熱量 Q ($Q > 0$) は物体間の温度差 ΔT ($\Delta T > 0$) に比例し, $Q = k\Delta T$ で表される。ここで, 比例係数 k は接触面によって異なる定数である。このことを使って以下の問いに答えよ。

問4 温度 T_H の加熱器と温度 T_L の冷却器を物体2に同時に接触させた(図4)。十分に時間が経過した後, 物体2の温度は T_0 で一定になった。加熱器と物体2の接触面の比例係数を a , 物体2と冷却器の接触面の比例係数を b としたとき, a/b を T_H , T_L , T_0 で表せ。解き方がわかるように説明を加えて解答すること。ただし, 加熱器と冷却器の温度はつねに一定であるとする。

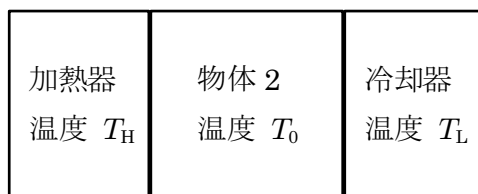


図4

物理基礎 (その4)

第4問 正弦波が x 軸正向きに速さ 20cm/s で進んでいる。図5は時刻 $t = 0\text{s}$ での正弦波の様子を表す。この波は縦波で図5の $y[\text{mm}]$ は媒質の変位を表す (x 軸の正の向きの変位を, y 軸の正の向きに表す)。以下の問い(問1 ~ 4)に答えよ。

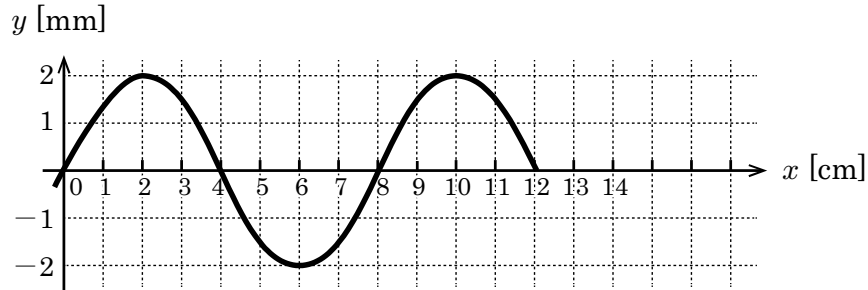


図5

問1 この波の周期は何 s か。

問2 図5についてつぎのア ~ エに当てはまる媒質の x 座標を $0\text{cm} \leq x \leq 12\text{cm}$ の範囲ですべて答えよ。

ア $x = 9\text{cm}$ にある媒質と同位相で振動する媒質の位置

イ $x = 3\text{cm}$ にある媒質と逆位相で振動する媒質の位置

ウ 媒質の密度が最も疎である位置

エ 媒質の速度が正向きで最も速い位置

この波は時刻 $t = 0\text{s}$ で $x = 12\text{cm}$ の位置まで進んでおり, x 座標値が $x > 12\text{cm}$ における変位はゼロである。時間が経過すると, 波は $x = 14\text{cm}$ の位置で固定端反射し, 入射波と反射波が干渉して定常波になる。

問3 時刻 $t = 2.0\text{s}$ における $x = 6\text{cm}$ と $x = 8\text{cm}$ での媒質の変位はそれぞれ何 mm か。

問4 時刻 $t = 2.1\text{s}$ における $x = 6\text{cm}$ と $x = 8\text{cm}$ での媒質の変位はそれぞれ何 mm か。