

物理基礎 (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乗っている質量 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。

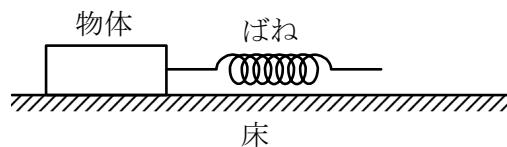


図1

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であり、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。

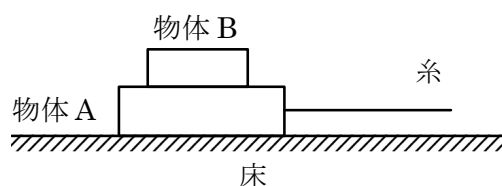


図2

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 (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

第2問 図3のように、電気抵抗を持った直線導体で4つの電気回路 (a) ~ (d) を作った。回路の各頂点を結ぶ1本の直線導体の電気抵抗はその長さによらず、すべて R である。各回路の点 AB 間の合成抵抗をそれぞれ答えよ。ただし、(d) は直線導体を立方体に組んだ回路を表す。

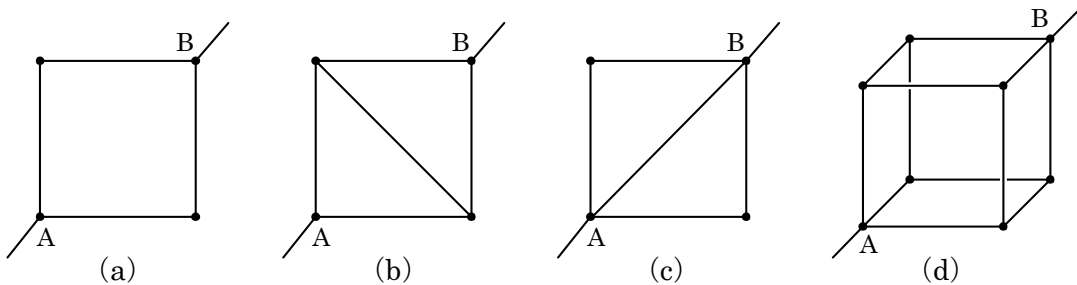


図3

物理基礎 (その3)

第3問 xy 平面の点 A から点 B まである小物体が移動する(図4)。点 A の座標 (x, y) は $(-L, D)$ であり, 点 B の座標は $(L, -D)$ である。小物体の動く速さは, $y \geq 0$ の領域 1 と $y < 0$ の領域 2 でそれぞれ一定であり, 領域 1 での速さを c_1 , 領域 2 での速さを c_2 と表す。それぞれの領域内では小物体は直線的に移動するものとする。

小物体が点 AB 間を最短時間で移動するためには, 小物体が x 軸をどこで横切ればよいかについて考える。以下, この小物体が x 軸を横切る位置を点 P とし, 点 P の x 座標を x と表す ($L > x > -L$)。

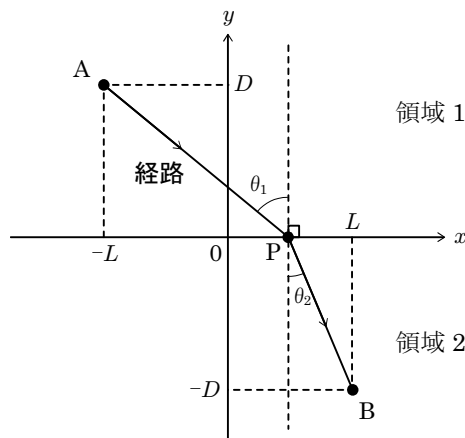


図 4

問 1 $c_1 = c_2$ である場合, 小物体が点 AB 間を最短時間で移動するためには, 点 P の座標 x をいくらにすればよいか。

以下, $c_1 = 2c_2$ である場合を考える。

問 2 小物体が点 A から点 P を通り点 B に達するまでに要する時間を, L, D, x, c_1 を用いて表せ。

以下, $D \gg L$ と仮定する。

問 3 小物体が点 AB 間を最短時間で移動するためには, 座標 x をいくらにすればよいか。 L を用いて表せ。必要なら次の近似式を使え。

$$\left\{ 1 + \left(\frac{L \pm x}{D} \right)^2 \right\}^a \doteq 1 + a \left(\frac{L \pm x}{D} \right)^2 \quad (a \text{ は実数})$$

問 4 小物体が最短時間で点 AB 間を移動する場合, 図 4 に示す θ_1 と θ_2 について,

$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = 2$ になることを示せ。答えを導く過程も書くこと。必要なら次の近似式を使え。

$$\sin \theta \doteq \tan \theta \quad (\theta \ll 1)$$