

物理基礎 (その1)

第1問 以下の問い(問1～7)に答えよ。

図1のように、なめらかな曲面 AB と水平面 BC が点 B でなめらかにつながっている。点 C には鉛直な壁があり、この壁にはばね定数 k の軽いばねが取り付けられている。ばねが自然長のときのばねの先端の位置を点 D とする。水平面 BC 上の点 P_0 から点 P_1 の区間はあらく、そのほかの区間はなめらかである。区間 P_0P_1 の長さを L 、重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。また、図1のすべての点は同一の鉛直面内にあるものとする。

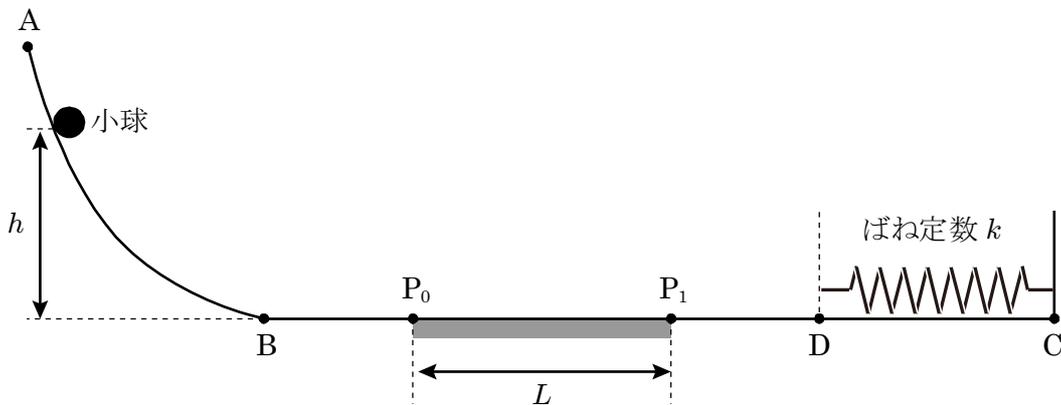


図1

水平面 BC からの高さが h の曲面 AB 上の点から、質量 m の小球を初速 0 ですべらせたところ、小球は点 B を速さ v_0 で通過し、その後区間 P_0P_1 を運動し、点 P_1 を速さ $\frac{1}{3}v_0$ で通過した。以後、小球は図1の鉛直面内を運動するものとする。

問1 v_0 を g , h を用いて答えよ。

問2 小球が区間 P_0P_1 を運動する間に動摩擦力がした仕事を m , v_0 を用いて答えよ。

問3 区間 P_0P_1 における小球と水平面との間の動摩擦係数を v_0 , g , L を用いて答えよ。

物理基礎 (その2)

点 P_1 を通過後、小球は点 D でばねと衝突し、その後ばねを押し縮めながら運動した。その間、小球が壁と衝突することはなかったものとする。

問4 ばねの縮みの最大値を k , m , v_0 を用いて答えよ。

問5 ばねの縮みが問4で求めた最大値の $\frac{1}{2}$ 倍になった瞬間の小球の速さを v_0 を用いて答えよ。

小球はばねから押し戻されて点 D で再びばねから離れ、区間 P_0P_1 のある位置で停止した。

問6 小球が停止した位置の点 P_0 からの距離を L を用いて答えよ。

曲面 AB 上で小球を離す位置の水平面からの高さが H_0 より大きければ、小球は区間 P_0P_1 で停止せず、再び点 P_0 を通過することができる。

問7 H_0 を h を用いて答えよ。ただし、答えを求める過程を説明すること。

物理基礎 (その3)

第2問 以下の問い(問1～5)に答えよ。

円柱の形状をした抵抗を3種類用意し、抵抗A, B, Cと呼ぶことにする。抵抗A, B, Cの抵抗率と形状はそれぞれ以下のとおりである。

	抵抗率	長さ	断面積
抵抗A	ρ	L	S
抵抗B	$\frac{1}{2}\rho$	$3L$	$2S$
抵抗C	3ρ	$\frac{1}{4}L$	$\frac{1}{2}S$

また、抵抗Aの抵抗値を R_0 とする。

問1 抵抗B, 抵抗Cの抵抗値を、それぞれ R_0 を用いて答えよ。

3つの抵抗①, ②, ③と電圧 V の電池を用いて、図2のような回路をつくった。抵抗①, ②, ③には、抵抗A, B, Cのいずれかの抵抗を用いるものとする。

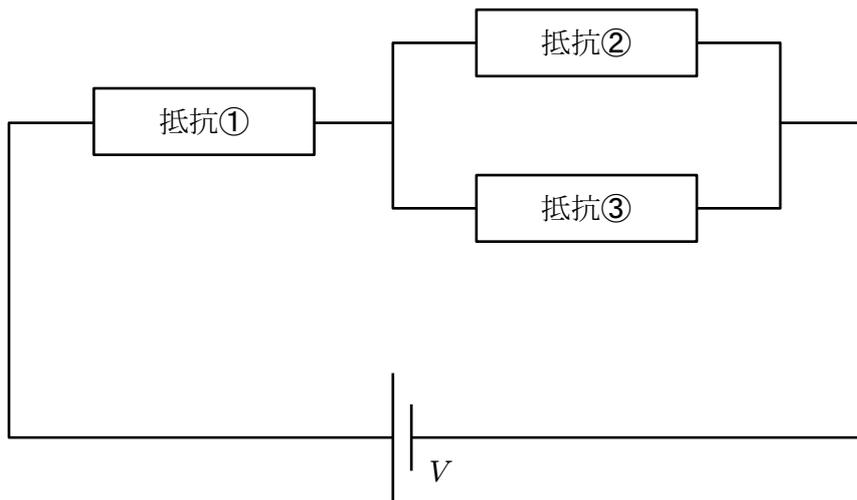


図2

物理基礎 (その4)

まず、抵抗①、②、③のすべてに、抵抗 A を用いた回路について考える。

問2 回路の合成抵抗の抵抗値を R_0 を用いて答えよ。

問3 電池を流れる電流の大きさを R_0, V を用いて答えよ。

次に、抵抗 A, B, C をそれぞれ 1 つずつ用意し、合成抵抗が最小となるように抵抗①、②、③に用いた回路について考える。なお、抵抗②の抵抗値は、抵抗③の抵抗値よりも小さいものとする。

問4 回路の合成抵抗の抵抗値を R_0 を用いて答えよ。

問5 抵抗②に流れる電流の大きさを R_0, V を用いて答えよ。

物理基礎 (その5)

第3問 以下の問い(問1～5)に答えよ。

重油を燃焼させたときに発生する熱量を仕事に変換する熱機関を考える。この熱機関は重油を毎秒 $3.50 \times 10^{-2} \text{ kg}$ 燃焼させて熱量を得て、その 40% を仕事に変える。この熱機関には温度 70°C の冷却水が毎秒 14.0 g の割合で供給され、仕事に変換されなかった熱量すべてを吸収する。いま、この熱機関に合計で 3.50 kg の重油を供給し燃焼させた。重油を燃焼させたときに得られる熱量を 1 kg あたり $4.20 \times 10^4 \text{ J}$ とし、冷却水は瞬時に熱を吸収し温度が変化するものとする。問1は有効数字3桁で、その他の問は有効数字2桁で、必要に応じて単位をつけて答えること。

問1 熱機関が重油から毎秒吸収する熱量を答えよ。

問2 冷却水が毎秒吸収する熱量を答えよ。

問3 水の比熱を $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ として、排水される冷却水の温度を答えよ。

この熱機関は、仕事に変換したエネルギーの 80% を電気エネルギーに変換する。

問4 3.50 kg の重油を電気エネルギーに変換するのに要する時間を答えよ。ただし、重油を燃焼させると、直ちに電気エネルギーが生み出されるものとする。

問5 3.50 kg の重油で発電できる電気エネルギーの総量を答えよ。