

- 1 図のように、水平面に対して傾斜角 30° のなめらかな斜面上に、質量 $2m$ の台車が置かれている。台車の上には質量 m の小球が置かれている。台車には軽い糸がつけられており、なめらかな滑車を通して、小物体につながれている。重力加速度の大きさを g として、次の問(1)~(4)に答えよ。ただし、糸は伸び縮みせず、たるむことなく、滑車と台車の間で斜面に平行である。また、空気抵抗は無視できるものとする。答えだけでなく途中経過も説明せよ。

はじめに、台車と小物体は静止していた。

- (1) 小物体の質量を求めよ。

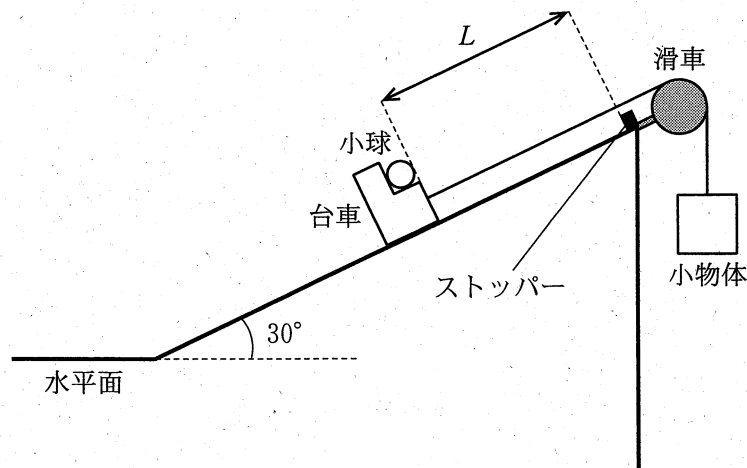
次に、はじめにつながれていた小物体を、質量 M の小物体にとりかえて静かにはなしたところ、小物体は下降しはじめた。

- (2) 小物体の加速度の大きさを求めよ。

台車が L だけ移動した時、台車は斜面の端におかれたストッパーに衝突して停止し、小球は衝突と同時に斜面の傾斜角と同じ角度で空中に飛び出した。そして、小球は糸、ストッパー、滑車に衝突することなく最高点に到達した。

- (3) 台車がストッパーに衝突する直前の、小球の速さを求めよ。

- (4) 小球が飛び出した位置から見たときの、小球が到達した最高点の高さを求めよ。



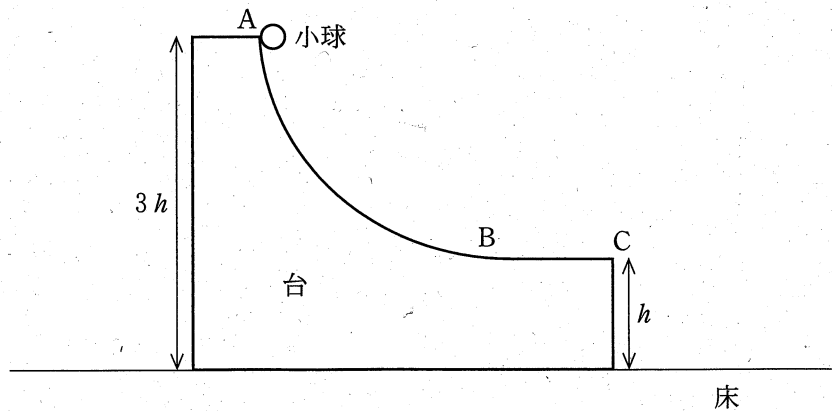
- 2 図のように、曲面 AB と水平面 BC をもつ質量 M の台が、水平な床の上に静止している。水平面 BC の床からの高さは h 、点 A の床からの高さは $3h$ で、曲面 AB と水平面 BC は点 B でなめらかにつながっている。質量 m の小球を点 A で静かにはなしたところ、小球は曲面 AB および水平面 BC に沿って運動し、点 C から飛び出して床に落ちた。小球と台との間および台と床との間に摩擦はなく、空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g として、次の問(1)~(4)に答えよ。答えだけでなく途中経過も説明せよ。

まず、台が床に固定されていた場合について考える。

- (1) 小球が点 C から飛び出したときの、小球の速さを求めよ。
- (2) 小球が点 C から飛び出して床に落ちたときの、小球と点 C との間の距離を求めよ。

次に、台が床に固定されておらず、台が水平方向に運動した場合について考える。

- (3) 小球が点 C から飛び出したときの、床に対する小球の速さを求めよ。
- (4) 小球が点 C から飛び出して床に落ちたときの、小球と点 C との間の距離を求めよ。



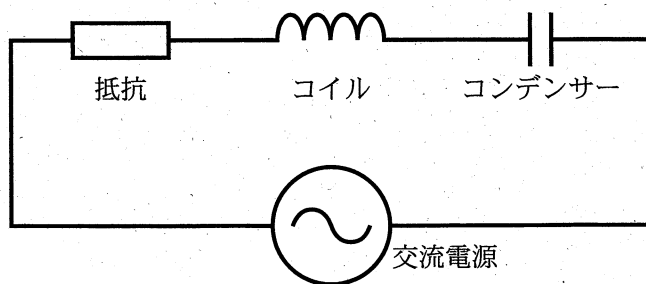
3 次の文中の ア ~ ケ には解答群から適切な語句や値を、 1 ~ 6 には適切な式を、それぞれ解答用紙の解答欄に記入せよ。なお、解答群中の語句は複数回選んでも良い。交流電源、導線、コイル、コンデンサーの電気抵抗は無視できるものとする。

図のように、抵抗値 R の抵抗、自己インダクタンス L のコイル、電気容量 C のコンデンサー、角周波数 ω の交流電源が直列に接続されている。

まず、コイルに流れる電流の最大値を I_L 、コイルに加わる電圧の最大値を V_L とすると、 I_L と V_L の間には、直流回路における ア の法則と類似した関係が成り立ち、抵抗に相当する量は I_L と V_L を用いて 1 と表すことができる。この量をコイルのリアクタンスといい、 L と ω を用いて 2 と表すことができる。コイルに交流電流が流れると、イが生じ、電流が流れ ウ なる。また、 L と ω が大きいほど、コイルに電流が流れ エ なる。

次に、コンデンサーに流れる電流の最大値を I_C 、コンデンサーに加わる電圧の最大値を V_C とすると、 I_C と V_C の間には、直流回路における ア の法則と類似した関係が成り立ち、抵抗に相当する量は I_C と V_C を用いて 3 と表すことができる。この量をコンデンサーのリアクタンスといい、 C と ω を用いて 4 と表すことができる。したがって、 C と ω が大きいほど、コンデンサーに電流が流れ オ なる。

交流回路全体の抵抗に相当する量を カ という。コイルに加わる電圧の位相は、コイルに流れる電流の位相よりも キ だけ進んでいる。コンデンサーに加わる電圧の位相は、コンデンサーに流れる電流の位相よりも ク だけ遅れている。そのため、この回路における カ は、 R 、 L 、 C 、 ω を用いて 5 と表すことができる。また、この回路の交流電源の ω を変化させると、特定の角周波数で大きな電流が流れる。この現象を ケ といひ、このときの角周波数は L と C を用いて 6 と表すことができる。



解答群

アンペア	ボルト	オーム	ラジアン	キルヒホッフ
ファラデー	ヘンリー	インピーダンス	トランス	エネルギー
電気振動	誘導起電力	共振	散乱	分散
力率	にくく	やすく		
π	$\sqrt{2} \pi$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{1}{\pi}$	$\frac{1}{2\pi}$

4 次の文中の (ア) ~ (コ) に、適切な数値を有効数字2桁で解答用紙の解答欄に記入せよ。ただし、ヘリウムの1 molの質量は4.0 g、沸点は4.0 K、蒸発熱は20.7 J/g、液体の状態のヘリウムの密度は0.125 g/cm³で、気体の状態のヘリウムは単原子分子理想気体とする。また、大気圧は1.0 × 10⁵ Paで、気体定数は8.3 J/(mol・K)とする。

(1) 図のように、十分に大きい断熱容器内に、温度が4.0 Kの液体の状態のヘリウムを80リットル入れ、断熱性のなめらかに動く軽いふたで密閉して大気中においた。このヘリウムの質量は (ア) kgで、物質量は (イ) molである。この液体の状態のヘリウムに (ウ) Jの熱量を加えたところ、すべてのヘリウムは、温度が4.0 Kの気体の状態になった。この熱量は、抵抗値が (エ) Ωの電気抵抗に、100 Aの電流を1.0秒間流した際に発生するジュール熱に相当する。ただし、加えた熱量はヘリウムが液体の状態から気体の状態へ変化するためにすべて使われたものとする。

(2) (1)の過程で生じた気体の状態のヘリウムの体積は (オ) m³であることから、(1)の過程でヘリウムが外部にした仕事は (カ) Jである。よって、(1)の過程におけるヘリウムの内部エネルギーの変化は、熱力学の第1法則より、 (キ) Jである。

(3) (1)の過程で生じた気体の状態のヘリウムを加熱し、温度を4.0 Kから27℃に変化させた。このとき、ヘリウムの内部エネルギーの変化は (ク) Jで、ヘリウムの体積は (ケ) m³になった。よって、はじめの液体の状態と比べると、ヘリウムの体積は (コ) 倍に増えたことになる。

