

令和6年度

理工学群物理学類 個別学力検査等〔後期日程〕

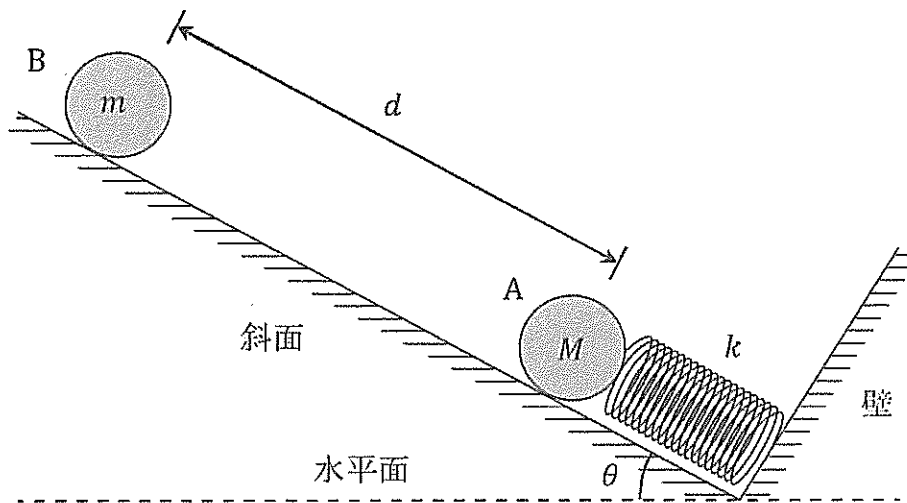
小論文 試験問題

注意事項

- ①問題Ⅰおよび問題Ⅱのすべてに解答すること。
- ②解答用紙は各問題に対して1枚使用すること。それぞれの解答用紙の横長の枠内に「問題Ⅰ」のように問題番号を明記し、小問に分かれている場合は解答用紙に「問1」のように小問番号を記入した上で、小問ごとに解答すること。
- ③解答用紙のおもて面に書ききれない場合は、裏面を使用してもよい。裏面を使用する場合は、おもて面下側に「裏面につづく」と明記すること。
- ④試験時間は90分です。

問題 I

図のように、水平面と θ の傾きをなすなめらかな斜面上に、自然長 l_0 、ばね定数 k のばねを置き、下端を壁に固定した。また、ばねの上端に大きさの無視できる質量 M の物体 A を取り付け、つり合いの位置で静止させた。物体 A が静止している点よりも斜面上方に d だけ離れた点に、同じく大きさの無視できる質量 m の物体 B を置き、静かに手をはなしたところ、物体 B は斜面上を物体 A に向かって動き出した。ばねの質量、空気抵抗および物体 A、B と斜面の間の摩擦は無視できるとする。また、ばねおよび物体 A、B は同一鉛直平面内を斜面に沿って運動し、物体 A、B は斜面の上端および下端に到達しないものとする。重力加速度は鉛直下向きで大きさを g とし、円周率を π とする。このとき、以下の問いに答えよ。考え方や計算の要点も記入すること。



- 問1. 物体 A が静止しているときのばねの長さを求めよ。
- 問2. 物体 B から手をはなしてから、物体 A と物体 B が衝突するまでにかかる時間を求めよ。
- 問3. 物体 B が物体 A と衝突する直前の速度は、斜面に沿った下向きを正の向きとするととき、 $\sqrt{2gd \sin \theta}$ となることを示せ。

まず、物体 A と物体 B が完全非弾性衝突した場合を考える。このとき、物体 A、B は衝突後合体し、斜面上で単振動を始めた。

問4. 物体 A および物体 B の衝突直後の速度を、斜面に沿った下向きを正の向きとして求めよ。

問5. この衝突によって失われた力学的エネルギーを求めよ。

問6. 単振動の周期を求めよ。

問7. 単振動の振幅を求めよ。

次に、物体 A と物体 B が弾性衝突した場合を考える。衝突直後、物体 A、B はそれぞれ斜面の下方と上方に動き出した。また、適切な d を選ぶことで、物体 A、B は 1 回目に衝突した点に初めて戻ってきたときに再び衝突した。

問8. 1 回目の衝突直後に物体 B が斜面上方に向かって運動するための条件を求めよ。

問9. 1 回目の衝突直後からばねが最も縮むまでの間に、ばねと重力の合力が物体 A にした仕事を求めよ。

問10. d の満たすべき条件を求めよ。

問題 II

単原子分子からなる理想気体 1 mol が熱を通さない壁で囲まれた容器に入っている。この気体の温度、圧力はそれぞれ T_1 、 p_1 である。1 mol の金属でできた球を長さ l の質量の無視できる糸につるした振り子を用意する。この金属球の質量を M とし、モル比熱を気体定数 R の 2 倍に等しいとする。また、金属球の温度は T_2 である。

この振り子を単原子分子の気体の入った容器に入れ、糸をたるまないように鉛直下方から角度 θ 傾け、金属球が水平面内で円運動するように、金属球を時刻 $t = 0$ に速さ v で運動させる。気体が及ぼす抵抗のため、十分時間が経過した後は金属球の運動エネルギーは失われ熱エネルギーにかわるとする。このとき金属球は静止し、気体と金属球は同一温度になる。

気体定数を R 、重力加速度を g として、以下の問いに答えよ。ただし、金属球の体積は、無視できるほど小さいとする。また、金属球と気体の熱容量以外の熱容量は無視できるとする。

- 問1. 力のつり合いから v を l 、 g 、 θ を用いて表せ。
- 問2. 金属球が時刻 $t = 0$ に持っている力学的エネルギー E を M 、 l 、 g 、 θ を用いて表せ。ただし、金属球が十分に時間が経過した後に静止した位置を位置エネルギーの基準とせよ。
- 問3. 十分に時間が経過した後に金属球の温度が $T_1 + \Delta T$ であった。金属球の内部エネルギーの時刻 $t = 0$ からの変化を求めよ。
- 問4. 気体が時刻 $t = 0$ に持っている内部エネルギーを求めよ。
- 問5. 気体の体積が一定に保たれる場合、この気体のモル比熱 C_V はいくらか。

- 問6. 気体の圧力が一定に保たれる場合、この気体のモル比熱 C_p をいくらか。
- 問7. 時刻 $t=0$ から気体の体積を一定に保って、十分に時間が経過したときのこの気体の温度変化 ΔT_V を T_1 、 T_2 、 R 、 E の中から必要なものを用いて表せ。
- 問8. 問7における圧力変化を Δp としたとき、 $\frac{\Delta p}{\Delta T_V}$ を求めよ。
- 問9. 時刻 $t=0$ から気体の圧力を一定に保って、十分に時間が経過したときのこの気体の温度変化 ΔT_p を T_1 、 T_2 、 R 、 E の中から必要なものを用いて表せ。
- 問10. 問9における体積変化を ΔV としたとき、 $\frac{\Delta V}{\Delta T_p}$ を求めよ。
- 問11. 振り子の長さ l を2倍の $2l$ として、上と同様の操作を行った。時刻 $t=0$ から気体の体積を一定に保って、十分に時間が経過したときのこの気体の温度変化を $\Delta T'_V$ とする。 $\Delta T'_V$ と問7の ΔT_V の差を T_1 、 T_2 、 R 、 E の中から必要なものを用いて表せ。

