入 学 試 験 問 題

前

物理

（学習用配点 150 点）

2027 年度 東北大学・非公式予想問題

化学と併せて 150 分　前期日程対策　全　3　問

注 意 事 項

1 開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

2 問題冊子は 4 ページ、全 3 問である。印刷の欠落や不鮮明な箇所がないか確認すること。

3 解答には、黒鉛筆または黒色シャープペンシルを用いること。

4 解答用紙の指定欄に受験番号と氏名を記入すること。指定欄以外へ識別情報を書かないこと。

5 解答は、解答用紙の指定された欄に記すこと。設問ごとの字数や語数の条件を守ること。

6 解答欄には設問と関係のない文章・記号・符号を書かないこと。計算・論証の必要な設問は途中の過程も示すこと。

7 この問題冊子の余白は下書きに用いてよい。冊子のページを切り離さないこと。

8 問題冊子と解答用紙を照合し、解答すべき大問と小問の取り違えがないようにすること。

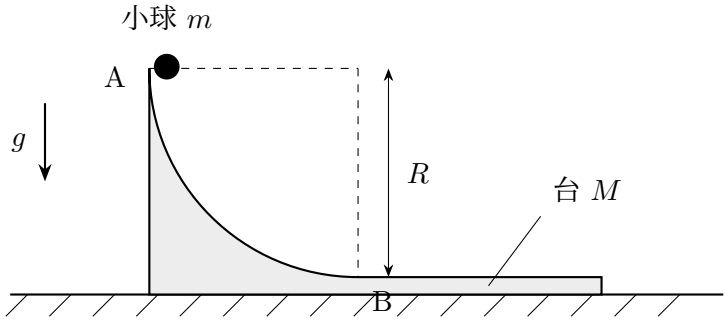
9 理科 2 科目 150 分（薬学部・工学部は物理・化学を指定）のうち物理 1 科目分の演習用。1 科目だけで演習するときは 75 分を目安とする。配点は学習用の独自配点で、大学の学部別配点とは異なる。

10 本冊子は非公式の独自予想問題である。大学の公式試験問題ではなく、配点と採点基準は学習用の独自設計である。

第　1　問

（50 点）

図のように、水平でなめらかな床の上に、質量 M の台が置かれている。台の左側は半径 R の $\frac{1}{4}$ 円弧のなめらかな曲面で、その最下点 B で台の水平な上面になめらかにつながっている。台は床の上を水平方向に自由に動くことができる。質量 m の小球を円弧の上端 A で静かにはなした。重力加速度の大きさを g とし、小球の大きさと空気の抵抗は無視する。以下の問いに答えよ。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。結果だけでなく、考え方や計算の過程も説明せよ。



(1) 台を床に固定したとき、小球が点 B に達したときの速さ v_0 を求めよ。

(2) 以下、台は床の上を自由に動けるものとする。小球が点 B に達したときの、床から見た小球の速さ v と台の速さ V を、m、M、g、R を用いて表せ。

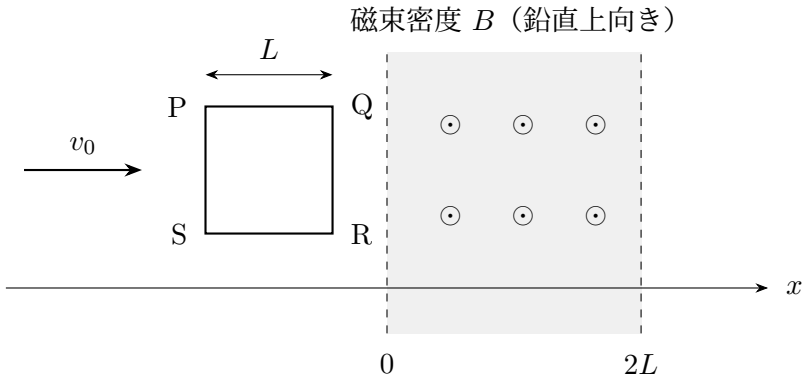
(3) (2) のとき、小球が点 B で台から受ける垂直抗力の大きさ N を求めよ。また、M を非常に大きくしたときの N を答え、その結果の意味を説明せよ。

(4) 小球が点 A から点 B まで移動する間に、台が床に対して移動した距離 d を求めよ。

第　2　問

（50 点）

図のように、なめらかな水平面上に、1 辺の長さ L、質量 m、電気抵抗 R の正方形の 1 巻きコイル PQRS がある。$0 \leqq x \leqq 2L$ の幅 $2L$ の領域にだけ、鉛直上向きで磁束密度の大きさ B の一様な磁場がある。コイルの辺 QR が $x = 0$ に達したときの速さを v_0 とする。コイルは辺 PQ を x 軸に平行に保ったまま x 軸の正の向きに運動する。コイルの自己インダクタンスは無視する。以下の問いに答えよ。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。結果だけでなく、考え方や計算の過程も説明せよ。



(1) 辺 QR が磁場の中にあり辺 PS が磁場の外にあるとき、コイルの速さを v とする。コイルに生じる誘導起電力の大きさと、流れる電流の大きさ I、および電流の向き（$\mathrm{Q} \to \mathrm{R}$ か $\mathrm{R} \to \mathrm{Q}$ か）を答えよ。

(2) (1) のとき、コイルが磁場から受ける力の大きさと向きを求めよ。

(3) (1) の状態で、コイルが微小な距離 $\varDelta x$ 進む間の速さの変化 $\varDelta v$ を、$\varDelta x$ を用いて表せ。このことから、辺 PS が $x = 0$ に達したときの速さ v_1 を求めよ。ただし、$v_1 > 0$ とする。

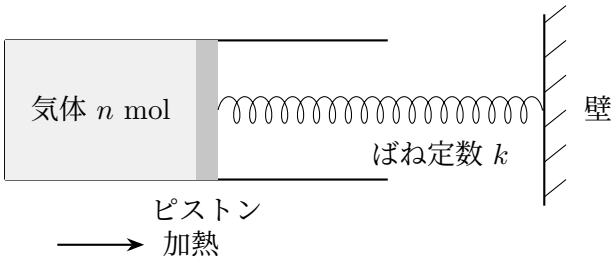
(4) コイル全体が磁場の中にある間の運動を説明せよ。

(5) 辺 PS が $x = 2L$ を通過し終えたときの速さ v_2 と、コイルが磁場を通過する間に発生したジュール熱の総量 Q を求めよ。ただし、$v_2 > 0$ とする。

第　3　問

（50 点）

図のように、断面積 S のなめらかに動くピストンをもつ円筒容器が水平に置かれ、容器内に単原子分子理想気体 n モルが入っている。ピストンは、ばね定数 k のばねで右側の壁とつながれている。はじめ、ばねは自然の長さで、気体の圧力は大気圧 p_0 に等しく、体積は V_0、絶対温度は T_0 である。この状態から気体をゆっくり加熱し、体積を $2V_0$ にした。容器とピストンは断熱材でできており、気体定数を R とする。以下の問いに答えよ。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。結果だけでなく、考え方や計算の過程も説明せよ。



(1) 体積が V のときの気体の圧力 p を、p_0、k、S、V、V_0 を用いて表せ。

(2) 体積が $2V_0$ になるまでに気体がした仕事 W を求めよ。

(3) 以下、$k = \dfrac{p_0 S^2}{V_0}$ とする。体積が $2V_0$ のときの温度 T_1 と、気体が吸収した熱量 Q を、T_0、p_0、V_0 のうち必要なものを用いて表せ。

(4) (3) の過程を、横軸を体積 V、縦軸を圧力 p とするグラフに図示せよ。始めと終わりの状態の値をグラフに書き入れること。