

令和7年度

新潟大学理学部学校推薦型選抜

物理学プログラム

基礎学力試験問題

注意事項

1. 開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後、次のものが配布されているか確認してください。
問題冊子1部、解答用紙3枚
3. 問題は全部で3題あります。各解答用紙に受験番号を記入してください。
問題ごとに解答用紙があります。
解答は指定された解答用紙に記入してください。
4. 解答時間は、120分です。途中で退席することはできません。
5. 試験終了後、問題冊子は各自持ち帰ってください。
6. 印刷の不鮮明な箇所などがある場合は、申し出てください。
7. 下書きには、問題冊子の余白を使用してください。

I.

1. 図1のような水平面となす角が 30° の摩擦がある斜面上を、質量 m の物体が運動する。その物体はひもにつながれ、軽くてなめらかな滑車を通して、鉛直下向きにつるした質量 M のおもりにより、斜面と平行で斜面を上る向きに力が加えられている。おもりの質量は調節できるものとする。物体と斜面の間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' として、以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、ひもの長さは変化しないとする。解答にあたっては、導出の過程も簡潔に示すこと。

- a. 物体は摩擦力により静止した状態でつりあった。斜面を上る向きを正とした摩擦力を F 、ひもからの張力の大きさを T として、斜面上の物体とおもりについて、力のつりあいの式をそれぞれ答えよ。
- b. 物体とおもりが静止した状態を保つための質量 M の値の範囲を、 m 、 μ 、 g のうち、必要なものを用いて答えよ。

次に、おもりを軽くしたところ、物体は斜面に沿って下向きに滑りだした。

- c. 物体の加速度の大きさを a 、ひもの張力の大きさを T として、斜面上の物体の斜面方向の運動方程式と、おもりの鉛直方向の運動方程式をそれぞれ答えよ。
- d. 物体の斜面方向の加速度の大きさ a を、 m 、 M 、 μ' 、 g のうち、必要なものを用いて答えよ。
- e. 物体が初速度0で滑りだしてから時間 t のうちに進む距離 x を、 m 、 M 、 μ' 、 g 、 t のうち、必要なものを用いて答えよ。

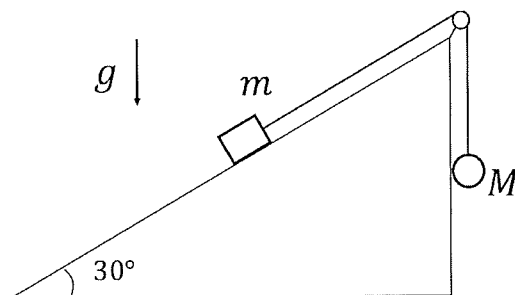


図 1

2. 図2のように、質量 m_1 の星1と質量 m_2 の星2が一定の距離 R を保ち、同一平面上で同一点を中心に等速円運動をしている。その2つの星は互いに万有引力を及ぼしあい、万有引力定数を G とする。以下の問いに答えよ。ただし、2つの星の間の万有引力以外の力のはたらいていないとする。解答にあたっては、導出の過程も簡潔に示すこと。

a. 星が及ぼしあう万有引力の大きさを答えよ。

星1の質量 m_1 が星2の質量 m_2 に対して非常に大きく、星1を中心に星2が等速円運動する場合を考える。

b. 星2が角速度 ω で円運動をするために必要な向心力の大きさを答えよ。

c. その円運動の周期を、 m_1 , m_2 , R , G のうち、必要なものを用いて答えよ。

次に、2つの星の質量が同じ、 $m_1 = m_2 = m$ で、2つの星の中点を中心に、それぞれ等速円運動する場合を考える。

d. それぞれの星が角速度 ω で円運動をするために必要な向心力の大きさを答えよ。

e. その円運動の周期を、 m , R , G のうち、必要なものを用いて答えよ。

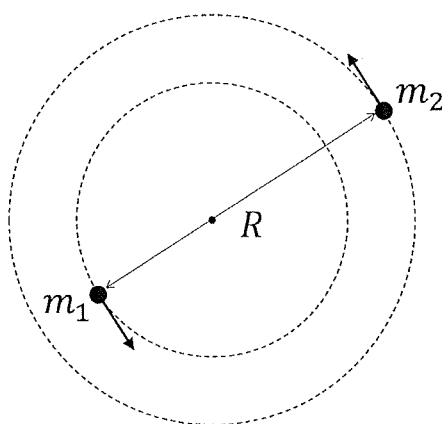


図2

II.

1. 長さ l , 断面積 S の一様な棒状の導体がある。この導体の両端に電圧 V を加えたところ一定の電流が流れた。導体中の自由電子は電場により加速されるが、熱振動している陽イオンとの衝突により抵抗を受け、この2力が釣り合う速さ v で移動していると考えることができる。この抵抗力は自由電子の移動する速さ v に比例するものとし、その比例定数を k とする。自由電子の電気量は $-e$ ($e > 0$) であり、単位体積当たりの電子数を n とする。以下の問いに答えよ。なお、解答にあたっては、 l , S , V , k , e , n のうち、必要なものを用いて答えよ。
 - a. 導体中に生じる電場の強さ E を書け。
 - b. 1 個の自由電子が電場から受ける力の大きさ F を書け。
 - c. 自由電子の移動する速さ v を求めよ。
 - d. 導体の断面を単位時間あたりに通過する電子数 N を求めよ。
 - e. 導体を流れる電流 I を求めよ。
 - f. 導体の抵抗率 ρ を求めよ。
 - g. 1 個の自由電子に対して、電場が単位時間あたりにする仕事（仕事率） P を求めよ。
 - h. 導体から単位時間あたりに発生するジュール熱 Q を求めよ。

2. 図1のように直交座標軸をとり，無限に長い導線Lを z 軸上に固定した。導線Lには z 軸の正の向きに一定の電流 I を流した。まず， yz 平面に正方形のコイルPQRSを辺QRが y 軸と重なるように置いた。

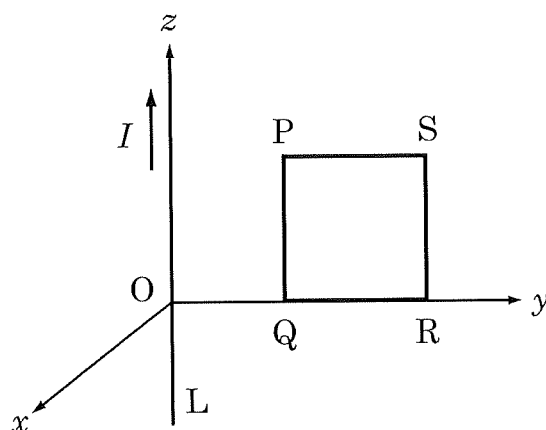


図1

以下の操作に対してコイルを流れる電流はどうなるか。適切な答えを次のページの解答群から選べ。なお，同じ解答を複数回選んでもよい。

- a. コイルを図1の状態から， y 軸の正の向きに平行に動かし続けたとき。
- b. コイルを図1の状態から， z 軸の正の向きに平行に動かし続けたとき。

次に、図2のように正方形のコイル PQRS を zx 平面に平行で、図中に点線で示した辺 PS と辺 QR の中点どうしを結ぶ線が、 xy 平面に垂直で y 軸上を通るように置いた。

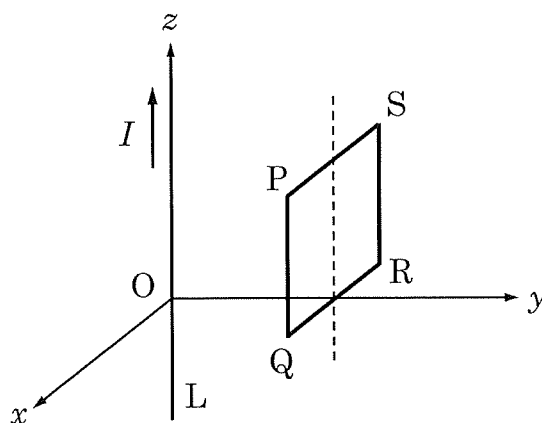


図 2

以下の操作に対してコイルを流れる電流はどうか。適切な答えを解答群から選べ。なお、同じ解答を複数回選んでもよい。

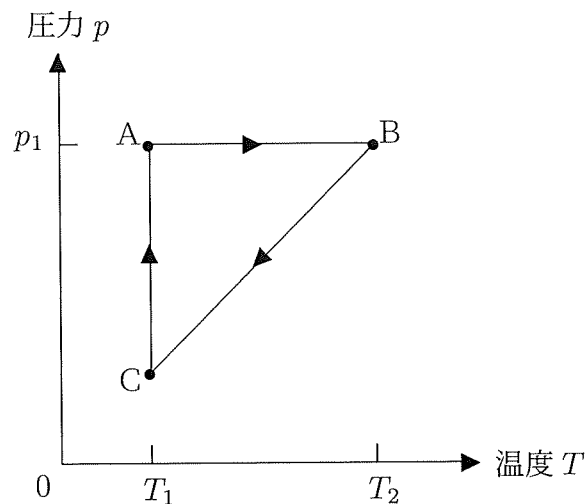
- c. コイルを図2の状態から、 y 軸の正の向きに平行に動かし続けたとき。
- d. コイルを図2の状態から、 x 軸の正の向きに平行に動かし続けたとき。

解答群

- (ア) $P \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow S \rightarrow P$ の向きに電流が流れる。
- (イ) $P \rightarrow S \rightarrow R \rightarrow Q \rightarrow P$ の向きに電流が流れる。
- (ウ) 始めは $P \rightarrow Q \rightarrow R \rightarrow S \rightarrow P$ の向きに電流が流れ、途中から逆向きに流れる。
- (エ) 始めは $P \rightarrow S \rightarrow R \rightarrow Q \rightarrow P$ の向きに電流が流れ、途中から逆向きに流れる。
- (オ) 電流は流れない。

III.

1. 1モルの理想気体の温度（絶対温度） T と圧力 p をゆっくり変化させると、 T と p のグラフが図のようになった。定積モル比熱を C_V 、気体定数を R として、以下の問いに答えよ。なお、解答にあたっては計算の過程を書かなくてもよい。



図

- 最初、気体は温度 T_1 、圧力 p_1 の状態Aにあった。状態Aにおける気体の体積 V_A を C_V 、 R 、 T_1 、 p_1 のうち、必要なものを用いて表せ。
- 次に、圧力は一定のまま温度が図のA→Bのように変化し、温度 T_2 の状態Bになった。状態Aから状態Bへの変化において、気体が外に対してした仕事 W 、および外から気体に与えた熱量 Q をそれぞれ、 C_V 、 R 、 T_1 、 T_2 、 p_1 のうち、必要なものを用いて表せ。
- 次に、温度と圧力は比例関係を満たしながら図のB→Cのように変化し、温度 T_1 の状態Cになった。状態Cにおける気体の体積 V_C を C_V 、 R 、 T_1 、 T_2 、 p_1 のうち、必要なものを用いて表せ。
- 状態Bから状態Cへの変化において、気体が外に対してした仕事 W' 、および外から気体に与えた熱量 Q' をそれぞれ、 C_V 、 R 、 T_1 、 T_2 、 p_1 のうち、必要なものを用いて表せ。

e. 最後に、温度は一定のまま圧力が図の $C \rightarrow A$ のように変化し、状態 A にもどった。気体の状態変化 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ について、気体の体積 V と温度 T の関係をグラフに表せ。ただし、グラフの横軸を V 、縦軸を T とし、3つの状態 A , B , C に対応する点をグラフに明記すること。グラフの目盛りは不要である。

f. この理想気体の定圧モル比熱が $3.5R$ であるとき、 C_V を求めよ。

2. 真空中の光速を 3.0×10^8 m/s, 油の絶対屈折率を 1.5 として、以下の問いに答えよ。
なお、解答にあたっては、計算の過程を簡潔に示すこと。

a. 油の中の光速を求めよ。

b. 油の中の波長が 4.0×10^{-7} m の光について、真空中の振動数を求めよ。

3. 時刻 t [s], 位置 x [m] における正弦波の変位 y [m] が $y = A \sin(at - bx)$ で表されるとき、以下の問いに答えよ。ここで、 A [m], a [rad/s], および b [rad/m] は正の定数, [rad] は位相の単位 (ラジアン) である。なお、円周率を π とし、解答にあたっては、計算の過程を書かなくてもよい。

a. 正弦波の周期 T [s] と速さ v [m/s] をそれぞれ、 A , a , b のうち必要なものを用いて表せ。

b. 時刻 $t = 0$ で $y = \frac{A}{2}$ となるような x のうち、 $-\frac{3\pi}{2b} < x < \frac{3\pi}{2b}$ であるものをすべて求めよ。