

令和3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。3題すべて解答してください。
各解答用紙に受験番号を記入してください。
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.

図 1 のように、ばね定数 k の軽いばねの一端を壁に固定し、他端に質量 M の小物体 A を取り付け、なめらかな水平面上に置いた。ばねを自然長から x_0 だけ押し縮めた状態から静かに手を離すと、周期 T_0 で単振動をした。空気抵抗は無視できるものとする。以下の問い合わせよ。問 2 から問 5 については、 k, M, x_0 のうち必要なものを用いて解答せよ。

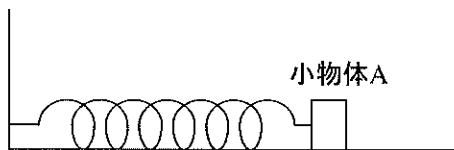


図 1

1. 小物体 A の速さが最も大きくなるのはどのようなときか答えよ。
2. 問 1 での速さを求めよ。
3. 周期 T_0 を求めよ。

次に図 2 のように、小物体 A に質量 $3M$ の小物体 B を押し付け、ばねを自然長から x_0 だけ押し縮め静かに手を離した。手を離して時間 t_1 後に小物体 B は小物体 A から離れた。その後、小物体 B は水平面上をばねの伸びの方向に等速度運動し、小物体 A は単振動をした。

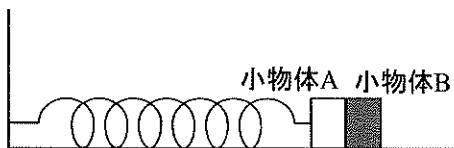


図 2

4. 手を離してから小物体 B が離れるまでの時間 t_1 を求めよ。
5. 小物体 A から離れて等速度運動する小物体 B の速さを求めよ。
6. 単振動をする小物体 A の振幅は x_0 の何倍になるか答えよ。
7. 単振動をする小物体 A の周期は T_0 に比べてどのようになるか、次のうちから正しいものを 1 つ選び、その記号を答えよ。
 - ア. T_0 より長くなる。
 - イ. T_0 と同じになる。
 - ウ. T_0 より短くなる。

II.

1. 図 1 のように、長さ L 、断面積 S の金属棒 A がある。この両端に電圧 V を加えたところ、オームの法則に従う電流が流れた。このとき金属棒の中にある電気量 $-e$ ($e > 0$) の自由電子は電場で加速されるが、金属イオンとの衝突により減速される。電子の平均の速さ v は一定であり、衝突により電子が受けける抵抗力の大きさは kv (k は比例定数) と表せる。単位体積当たりの自由電子の数を n とし、以下の問い合わせに答えよ。

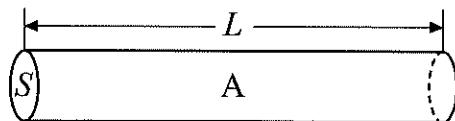


図 1

- 自由電子の平均の速さ v を求めよ。
- 金属棒 A を流れる電流の大きさを求めよ。
- 金属棒 A の抵抗率 ρ を求めよ。

次に図 2 のように、金属棒 A と同じ材質でできた長さ $\frac{L}{2}$ 、断面積 $2S$ の金属棒 B を用いて、金属棒 A と金属棒 B を並列に接続し起電力 V_0 の電池につないだ。電池の内部抵抗および導線の抵抗は無視できるものとする。

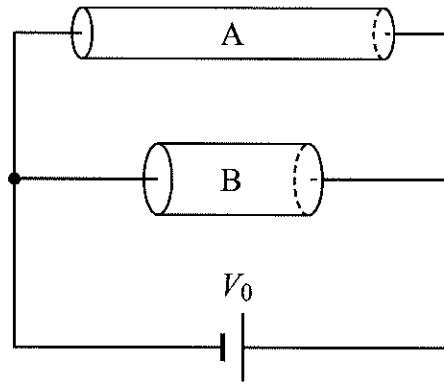


図 2

- このとき電力をより多く消費する金属棒はどちらか答えよ。また、その金属棒に流れる電流の大きさを求めよ。
- 図 2 の回路と、電池に対し金属棒 A と金属棒 B を直列に接続した回路を比較すると、電池が長持ちするのはどちらの回路か答えよ。

2. 真空中での荷電粒子の運動について考える。図のように x 軸, y 軸, z 軸をとり、原点 O に質量 m , 電荷 $-e$ ($e > 0$) の荷電粒子を置いた。重力は無視できるものとして、以下の問い合わせよ。

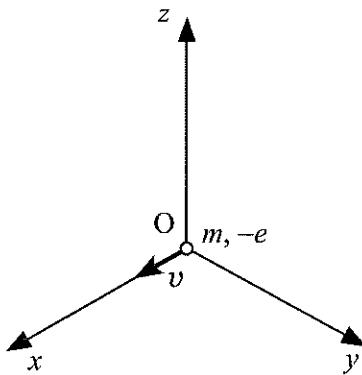


図 3

大きさ E で向きが z 軸の正の向きの一様な電場を空間全体に加え、荷電粒子に、 x 軸の正の向きに大きさ v の初速度を与えた。初速度を与えた時刻を $t = 0$ とする。

- a. 荷電粒子が受ける力の向きを答え、その大きさを求めよ。
- b. 時刻 t ($t > 0$) での荷電粒子の速度の x 成分, y 成分, z 成分をそれぞれ求めよ。

次に、この電場に加えて、磁束密度が一様な磁場を空間全体に加えた。原点 O に置かれた荷電粒子に x 軸の正の向きに大きさ v の初速度を与えたところ、荷電粒子は等速度運動をした。

- c. このとき加えた磁場について磁束密度の向きを答え、その大きさを求めよ。

次に、電場をとり除き、問 c の磁場のみを空間全体に加えた。原点 O に置かれた荷電粒子に x 軸の正の向きに大きさ v の初速度を与えたところ、荷電粒子は等速円運動をした。

- d. この円運動の半径を求めよ。
- e. この円運動の周期を求めよ。

III.

1. 図のように、静止した観測者と、音源、および反射板が一直線上に並んでいる。音源は振動数 f の音波を発しながら速さ v_s で、また反射板は速さ v_r でそれぞれ観測者から遠ざかる向きに移動している。音波の速さを V 、 v_s と v_r は共に V より小さいとして、以下の問い合わせに答えよ。ただし、風の影響はないものとする。

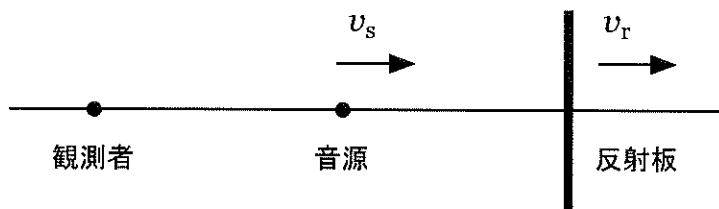


図 1

- 音源から発した音波のうち、直接観測者に伝わる音波の振動数 f_1 を求めよ。
- 音源から発した音波のうち、反射板で反射されて観測者に伝わる音波の振動数 f_2 を求めよ。
- 観測者にうなりが聞こえなかったとき、反射板の速さ v_r を音源の速さ v_s を用いて表せ。

2. 単原子分子からなる理想気体の圧力と体積の状態を図のように、状態 A から $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ とゆっくりと変化させる。状態 A の温度を T 、気体の物質量を n 、気体定数を R 、1モルあたりの定圧比熱を $\frac{5}{2}R$ 、1モルあたりの定積比熱を $\frac{3}{2}R$ として以下の問いに答えよ。問 a から問 c については、 n, R, T のうち必要なものを用いて解答せよ。

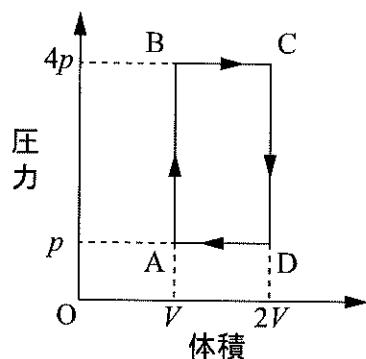


図 2

- 状態 B, C, D でのそれぞれの温度 T_B, T_C, T_D を求めよ。
- 過程 A→B で気体は熱を外部から吸収するのか外部へ放出するのかを答え、その熱量を求めよ。
- 過程 D→A で気体は熱を外部から吸収するのか外部へ放出するのかを答え、その熱量を求めよ。
- この A→B→C→D→A の変化を熱機関のサイクルとみなしたとき、熱効率を求めよ。
- 熱力学の第二法則について、熱機関あるいは熱効率という言葉を使って説明せよ。