

令和4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. 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。
6. 下書きには、問題冊子の余白を使用してください。
7. 試験終了後、問題冊子は各自持ち帰ってください。

I.

1. 図1および図2の破線は、静止した観測者からみた小球の運動の様子を表している。いずれの場合も、小球の質量を m とし、摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。

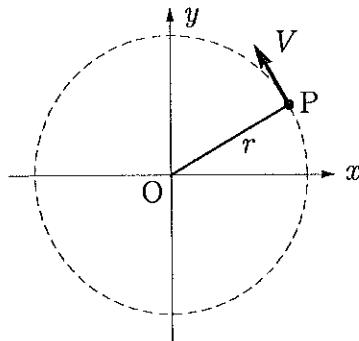


図1

図1は、水平な xy 平面上での等速円運動を表している。円運動の中心 O と小球の間は伸び縮みしない軽い糸で結ばれており、円運動の半径は r 、速さは V である。以下の問い合わせに答えよ。

- 小球が図中の点Pに達した瞬間に、小球にはたらく力の大きさを答えよ。
- 問aの力の向きを、解答用紙の図中に、点Pを始点とする矢印で示せ。

図2は、水平面と角度 θ をなす向きに、時刻 $t = 0$ に速さ V で小球を投げ上げたときの運動を表している。また、投げ上げた地点を原点 O とし、水平方向に x 軸、鉛直上向きに z 軸をとる。小球の運動は xz 平面内に限られている。重力加速度の大きさを g として、以下の問い合わせに答えよ。

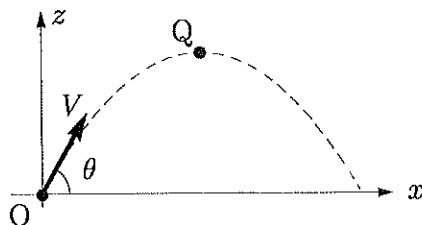


図2

- 小球が最高点Qに達した瞬間に、小球にはたらく力の大きさを答えよ。
- 小球が最高点Qに達する時刻 t_Q を求めよ。
- 小球の速度の x 成分、 z 成分をそれぞれ v_x 、 v_z で表す。時刻 t が $0 \leq t \leq 2t_Q$ の範囲で、 v_x と t 、および、 v_z と t の関係を表すグラフを描け。

2. 質量 m の物体を高さ h から水平な床に静かに落下させると、床に衝突し高さ h' まではね上がった。重力加速度の大きさを g とし、物体の大きさと空気抵抗は無視できるものとして、以下の問い合わせよ。

- a. 物体が床に衝突する直前の速さを求めよ。
- b. 物体が床に衝突した直後の速さを求めよ。
- c. 物体と床との間の反発係数を求めよ。
- d. 衝突で失われた物体の力学的エネルギーを求めよ。

物体は高さ h' まではね上がった後、再び落下し床に衝突して、高さ h'' まではね上がった。次の問い合わせよ。

- e. 高さ h'' を求めよ。

II.

1. 図1のように、抵抗Aと抵抗Bおよびコンデンサーを起電力が12.0Vの電池につないだ回路がある。最初、スイッチは開いており、コンデンサーには電荷が蓄えられていなかった。スイッチを閉じると、直後には、抵抗Aに6.0Aの電流が流れた。電池の内部抵抗は無視できるものとして、以下の問い合わせに答えよ。

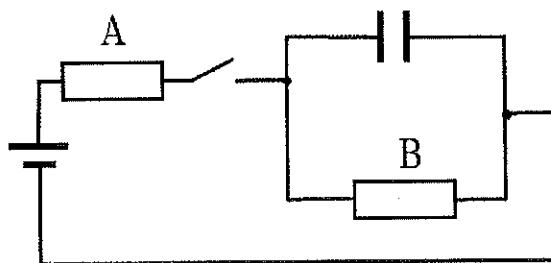


図 1

- a. 抵抗Aの抵抗値 R_A を求めよ。
 b. スイッチを閉じた直後に、抵抗Aで消費される電力 P_A を求めよ。

スイッチを閉じてから十分に時間がたつと、抵抗Aに2.0Aの一定の電流が流れるようになった。次の問い合わせに答えよ。

- c. 抵抗Bの抵抗値 R_B を求めよ。
 抵抗Aに一定の電流が流れるようになった後で、スイッチを再び開いた。以下の問い合わせに答えよ。

- d. スイッチを開いた直後に、抵抗Bに流れる電流 I_B を求めよ。
 e. スイッチを開いてから、十分に時間がたって抵抗Bに電流が流れなくなるまでの間に、抵抗Bで消費した電力量は $1.6 \times 10^{-4} \text{ J}$ であった。コンデンサーの電気容量 C を求めよ。

2. 図2は、発電所から送電線と変圧器を通して家庭へ電力を供給する過程を模式的に表したものである。発電所の交流電源で発生させた電圧の実効値は V であり、送電線の抵抗値は r とする。実効値 I の電流が送電線に流れるとき、以下の問い合わせに答えよ。ただし、変圧器の送電線側のコイルと家庭側のコイルの巻き数の比は $n_1 : n_2$ とし、変圧器においてエネルギーの損失はないものとする。問aから問cについては V , r , I , n_1 , n_2 のうち必要なものを用いて解答せよ。

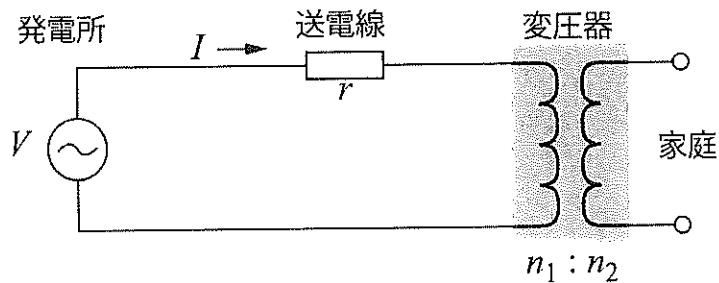


図2

- a. 発電所での電力 P を求めよ。
- b. 変圧器の送電線側のコイルにかかる電圧の実効値を求めよ。
- c. 家庭に提供される電圧の実効値を求めよ。
- d. 送電線の消費電力を発電所での電力 P および r , V を用いて表せ。
- e. 発電所から一定の電力を輸送する場合、送電線での電力の損失を少なくするためにどうすれば良いか、具体的な方法を2つ述べよ。

III.

1. x 軸の正の向きに進行する正弦波を考える。媒質の変位を y で表し、その振幅を A 、振動の周期を T とする。また、波の進む速さを v とする。

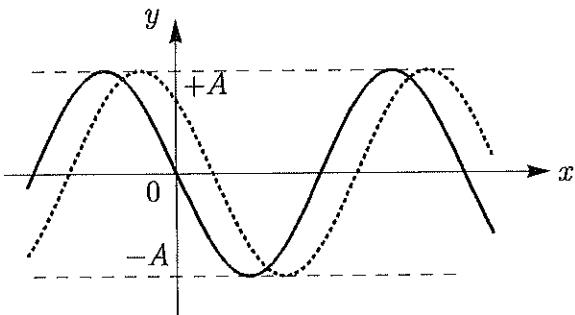


図 1

図 1 では、位置 x における媒質の変位 y が、時刻 $t = 0$ は実線で、時刻 $t = \frac{1}{8} T$ は点線で示されている。以下の問い合わせに答えよ。

- 媒質の振動における振動数 f を周期 T で表せ。
- x 軸の原点 $x = 0$ で、時刻 t における媒質の変位 y を表す数式を書け。
- 位置 x で時刻 t における媒質の変位は、ある時間間隔 $\Delta t(x)$ だけずれた時刻 $t - \Delta t(x)$ における、原点 $x = 0$ での変位に等しい。 $\Delta t(x)$ を答えよ。
- 位置 x で時刻 t における媒質の変位 y を表す数式を書け。
- 正弦波の波長 λ を、波の進む速さ v および周期 T を用いて答えよ。

日常生活に現れる波動に音がある。空気中の音速を 340 m/s として、次の問い合わせに答えよ。

- 振動数 440 Hz の音はラの音に相当する。この音波の波長を有効数字 2 桁で求めよ。

2. 図2のように、容積 V_A の容器Aと容積 V_B の容器Bをコックのついた細管でつないだ。最初コックを閉めて、容器Aには物質量 n_A 、容器Bには物質量 $\frac{1}{3}n_A$ の単原子分子理想気体を封入し、どちらの気体の温度も T_0 にした。気体定数を R として、以下の問い合わせに答えよ。ただし、容器やコックは断熱材でできており、細管の体積は無視できるものとする。

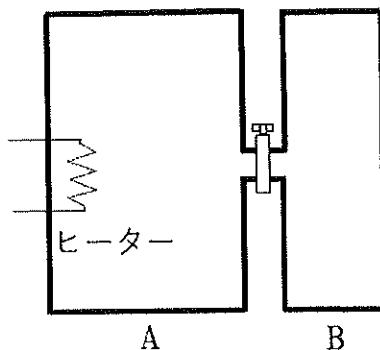


図 2

- 容器Aの気体の圧力 p_A を求めよ。
- 容器Aの気体をヒーターで加熱して、温度を $\frac{6}{5}T_0$ にした。加えた熱量 Q を求めよ。
- 容器Aの気体の温度を $\frac{6}{5}T_0$ にした後、コックを開いた。十分に時間がたち、全体の状態が一様になったときの気体の温度 T_1 を求めよ。

次に容器全体を真空中にした後コックを閉めて、容器Aに温度が T_0 で物質量が n_A の単原子分子理想気体を封入した。その後、コックを開いて十分に時間がたつと全体が一様になった。次の問い合わせに答えよ。

- このときの気体の温度 T_2 を答えよ。