

令和5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. 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. 水平面となす角度を調節できる斜面上で、質量 m の質点の運動を考える。質点には鉛直下向きに重力がはたらいっている。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

まず、図1のような、水平面となす角度が θ で、摩擦がない場合、質点をすべらせた。

- a. 斜面から質点にはたらく垂直抗力の大きさ N を答えよ。
- b. 初速度 0 で動き出してから、距離 x 進むのにかかる時間 t を求めよ。

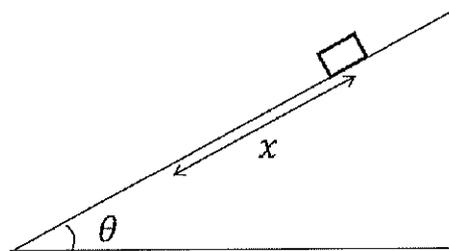


図1

次に、摩擦のある斜面上で質量 m の質点を運動させた。ただし、静止摩擦係数を μ 、速度に依らない動摩擦係数を μ' とする。

- c. 質点が摩擦力によって静止している状態で斜面の角度を徐々に大きくしたところ、角度 θ_0 ですべりだした。静止摩擦係数 μ を求めよ。

さらに、摩擦のある斜面の角度を θ で固定して、斜面上を下から上に向かって初速度 v_0 で質点をすべらせたところ、重力によってもとの位置に戻ってきた。ここで、斜面は十分に広く、角度は $\theta > \theta_0$ であるとする。

- d. 初速度 v_0 ですべり始めてから止まるまでに質点が進んだ距離を求めよ。
- e. 質点がすべり始めた位置に戻ってきたときの速さを求めよ。
- f. 前問までに課した $\theta > \theta_0$ の条件を満たさず、 $\theta < \theta_0$ の場合は、どのような運動になるか答えよ。

2. 自然長の長さ L の軽いばねの一端に質量 m のおもりをつけ、もう一端を固定した。図2のように、おもりの軌道が水平面内の円で、ばねを固定した点とおもりをつないだ線が鉛直線に対し角度 θ で一定になるように運動させた。おもりには、鉛直下向きに重力がはたらき、重力加速度の大きさは g である。ばね定数を k として、以下の問いに答えよ。

- a. おもりの円運動の半径が r 、周期が T の場合、円運動の中心方向にはたらく力の大きさを答えよ。
- b. ばねの自然長からの伸びを x として、鉛直方向の力のつりあいの式を答えよ。
- c. 円運動の半径 r を、 m 、 g 、 L 、 k 、 θ のうち必要なものを用いて答えよ。
- d. 円運動の周期 T を、 m 、 g 、 L 、 k 、 θ のうち必要なものを用いて答えよ。
- e. 以下の2つのエネルギーを、 m 、 g 、 L 、 k 、 θ のうち必要なものを用いてそれぞれ答えよ。
 - (i) おもりの運動エネルギー
 - (ii) 自然長のときをゼロとした、ばねに蓄えられたエネルギー

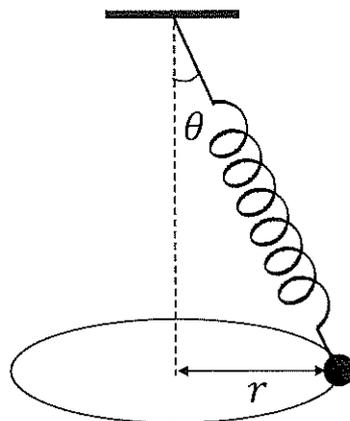


図2

II.

1. 一様な電場が存在する平面上のある点 A から、電気量の大きさ $4.0 \times 10^{-3} \text{ C}$ をもつ質量 20 g の小球に外力を加え、電気力線の向きに対して 60° の方向に 0.60 m の点 B の位置まで小球をゆっくりと移動させた。そのとき、外力のした仕事は $+0.36 \text{ J}$ であった。小球に対し外力と電場以外からの力の寄与はないものとして、以下の問いに答えよ。

- a. 小球の電荷は正負のどちらか答えよ。
- b. 電場の強さを求めよ。
- c. 点 A を基準としたときの点 B の電位を求めよ。

次に、点 B にある移動後の小球に対し、電場と垂直な方向に一定の外力を加え続けると、小球は点 A を通過した。ただし、小球ははじめ点 B で静止しているものとする。

- d. 点 B から点 A に到達するまでの時間を求めよ。
- e. 点 A を通過するときの小球の速さを求めよ。

2. 図1のように、電源 E , E_1 , E_2 , スイッチおよび検流計 G を接続した。AB間は長さ 100.0 cm の一様な抵抗線であり、検流計 G とは可動接点 P で接続されている。スイッチを電源 E_1 側および E_2 側に接続したとき、検流計 G に電流が流れなくなる AP間の距離はそれぞれ 40.0 cm と 60.0 cm であった。以下の問いに答えよ。

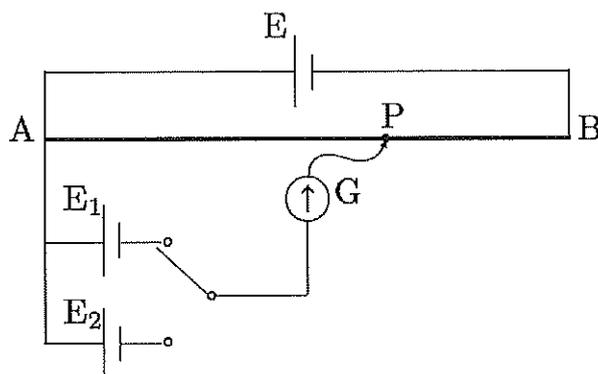


図1

- a. E_1 および E_2 の起電力と E の起電力との関係式をそれぞれ答えよ。
- b. E_1 の起電力が 20.0 V であることが分かっているとき、 E_2 の起電力を答えよ。

E_1, E_2 とスイッチを取り外し、図2に示すように抵抗を取り付けた。抵抗 R_2 は温度調整装置により任意の温度に保つことができる。もう一方の抵抗 R_1 の抵抗値は $50.0\ \Omega$ で常に一定である。

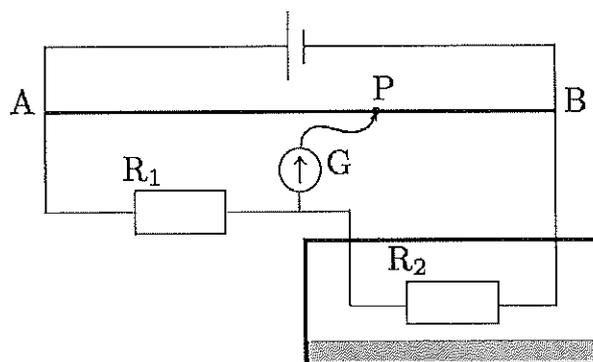


図2

- c. 抵抗 R_2 の温度を 0°C に保った場合、AP間の距離が 40.0 cm のとき検流計 G に電流が流れなかった。このときの R_2 の抵抗値を求めよ。

- d. 次に、抵抗 R_2 の温度を変化させた。検流計 G に電流が流れなくなる AP 間の距離は 32.0 cm となった。一般に、温度 0°C での抵抗値を R_0 、 $t [^\circ\text{C}]$ での抵抗値を R_t としたとき、 $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ が近似的に成り立つ。抵抗 R_2 の比例定数 α は、 $\alpha = 4.00 \times 10^{-3}/^\circ\text{C}$ であるとして、抵抗 R_2 の温度を求めよ。
- e. 図 2 のような回路はブリッジ回路と呼ばれる。ブリッジ回路を用いて測定された抵抗値は、図 3 のように電流計や電圧計を回路に接続し、測定した値を用いてオームの法則から求められるものよりも一般的に正確・精密である。その理由を簡潔に述べよ。

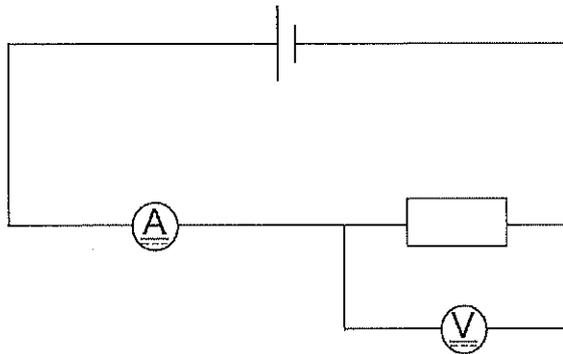


図 3

III.

1. 一様な管の中に水が入っており，その水面の位置を変化させることができる。この管の上でおんさを鳴らした。水面の位置を徐々に下げると，水面の管の口 A からの位置が， d_1 だけ下がった B の位置で初めて共鳴し，次に d_2 だけ下がった C の位置で 2 度目の共鳴をした。以下の問いに答えよ。ただし，開口端補正は変化しないものとする。
- おんさの発した音波の波長を答えよ。
 - この管の開口端補正を答えよ。
 - さらに水面の位置を下げていくと，3 度目の共鳴が起こった。このときの水面の位置を管の口からの距離で答えよ。
 - 3 度目の共鳴を起こした位置からさらに水面を下げたが，管の下端まで共鳴は生じなかった。そこで，水をなくして管の底を開いたところ共鳴を生じた。管の全長を答えよ。ただし，下端側の開口端補正は上端側と同じとする。

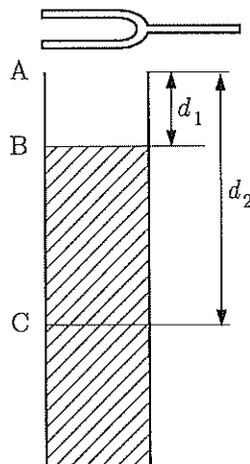


図 1

2. 図のような形をした、屈折率 n のガラス製プリズムを空気中においた。このプリズムの面 BC に対して垂直に細い光束を入射する。以下の問いに答えよ。ただし、空気の屈折率を 1 とする。

- 点 P から入射した光が点 Q で全反射するとき、プリズムの屈折率 n が満たす条件を答えよ。
- 点 P から入射し、点 Q で全反射した光が面 AB 上の点 R で全反射するとき、プリズムの屈折率 n が満たす条件を答えよ。
- プリズムの屈折率が $\sqrt{3}$ であるとき、点 P から面 BC に垂直に入射した光が最初にプリズムから出る面を答えよ。また、その際に屈折をともしなう場合は、その屈折角を求めよ。

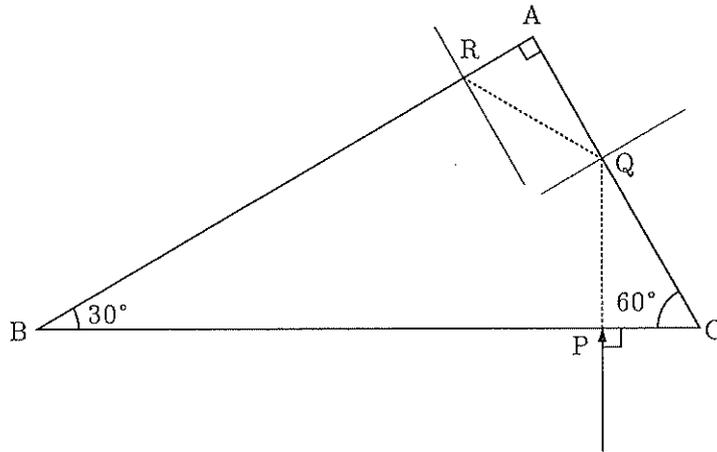


図 2

3. 以下の問いに答えよ。ただし、熱は、容器、水、球体の間だけ移動するものとする。
- a. 温度 T_1 に熱した質量 M の銅製の容器に、温度 T_2 の水を質量 m だけ入れた。熱平衡状態になったときに温度は t となった。銅と水の質量あたりの比熱をそれぞれ C_1 , C として、 t を求めよ。
- b. 比熱 C の水が質量 m だけ入った質量 M の銅製の容器を考える。水と容器が一樣な温度 t になったとする。この容器の水の中に、温度 T_0 , 質量 M_0 の銅製の球体を入れた。これらが熱平衡状態になったとき、温度は T であった。銅の比熱 C_1 を、 C , m , M , M_0 , T , T_0 , t のうち必要なものを用いて表せ。ただし、 $T_0 > t$ とする。
- c. 質量 100 g の銅製の球体の温度を、 10.5°C 上げるのに必要な熱量を単位を含めて答えよ。ただし、銅の比熱を $0.38 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。
- d. 質量 100 g の銅製の容器に、95 g の水を入れた。このとき、容器と水の温度は 25°C であった。この容器の水の中に、質量 100 g, 温度 100°C の銅の球体を入れた。平衡状態になったときの温度を求めよ。ただし、水の比熱を $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$, 銅の比熱を $0.38 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。