

平成31年度

## 新潟大学理学部推薦入学試験

### 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.

1. 図1のように、鉛直に立った壁からの距離が  $r$  の地点に立ち、質量  $m$  の小さなボールを壁にあて、一人でキャッチボールをする。水平面との角度が  $\theta$  の斜め上向きに、速さ  $v_0$  でボールを投げる。ボールは鉛直下向きに重力をうけ、壁で跳ね返り、地面に着かず戻ってくる。ボールと壁の反発係数を  $e$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とする。壁はなめらかで、ボールの速度の鉛直成分は衝突時に変化しないとする。ボールにはたらく空気抵抗は無視できるとして、以下の問いに答えよ。ただし、特にことわらなければ、 $v_0, \theta, r, e, m, g$  のうち必要なものを用いて答えること。

- ボールを投げ出してから、壁に到達するまでの時間  $t_1$  を答えよ。
- ボールを投げ出した高さを  $0$  として、ボールが壁に衝突する高さ  $y_1$  を答えよ。
- ボールを投げ出してから、ボールが投げ出した点と水平方向の位置が同じ地点に再び戻るまでの時間  $t_2$  を答えよ。
- ボールを投げ出した点と水平方向が同じで鉛直方向が少し高い位置に、ボールが戻ったとする。ボールを投げ出した高さを  $0$  として、戻ってきた高さ  $y_2$  を答えよ。ただし、前問の  $t_2$  を用いて答えてもよい。

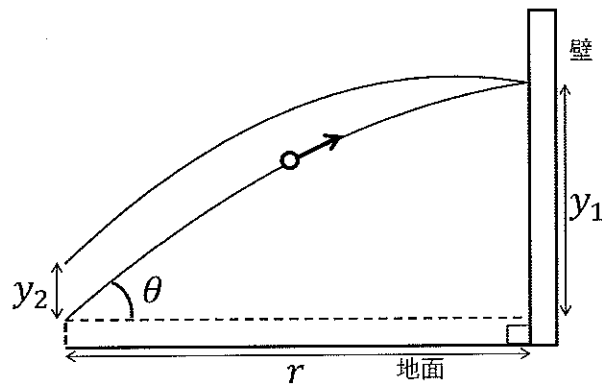


図1

2. 図2のような、中心軸が鉛直で半頂角が $\theta$ の円錐がある。その円錐の内面上を質量 $m$ の小球が、中心軸から距離 $r$ の水平な円周上で等速円運動をしている。小球には鉛直下向きに重力がはたらいている。重力加速度の大きさを $g$ として、以下の問いに答えよ。ただし、 $m, r, \theta, g$ のうち必要なものを用いて答えること。また、円錐面と小球の間に摩擦はないとし、空気抵抗も無視できるとする。

- 小球が円錐面から受けている垂直抗力の大きさ $N$ を答えよ。
- 小球にはたらく向心力 $F$ を答えよ。
- 小球の速さ $v$ を答えよ。
- 円運動の周期 $T$ を答えよ。

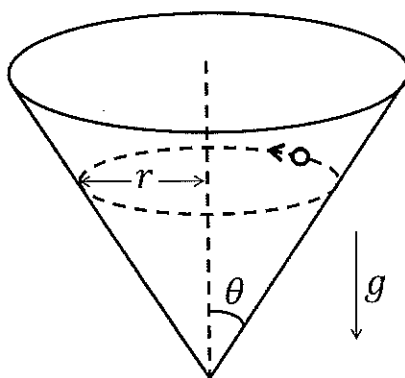


図2

## II.

1. 図1のように真空中で、同じ大きさの二枚の平板導体からなる平行平板コンデンサーに電圧  $V$  の電池をつないだ。平板の面積を  $S$ 、平板間の距離を  $d$  とする。平板の端の部分の効果は無視できるものとし、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  として以下の問いに答えよ。

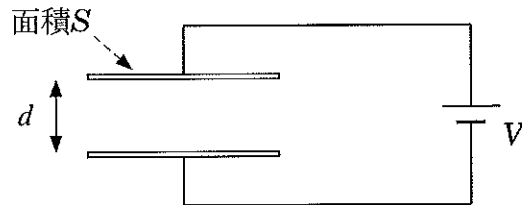


図1

- このコンデンサーの電気容量を答えよ。
- コンデンサーに蓄えられる電気量を答えよ。

次に、このコンデンサーの中に、平行平板と同じ形状、同じ面積  $S$  で厚さ  $\frac{d}{3}$  の誘電体を図2のように平行平板の間に平行に挿入した。この誘電体の誘電率を  $4\epsilon_0$  とする。

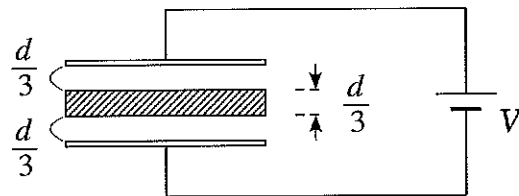


図2

- このコンデンサーの電気容量を求めよ。
- コンデンサーの静電エネルギーは誘電体を挿入する前に比べて何倍になったか、答えよ。

2. 図3のように、お互いに直交する  $x$  軸  $y$  軸  $z$  軸を定める。いま、 $y$  軸正の向きで磁束密度の大きさが  $B$  の一様な磁場 (磁界) が加えられており、 $xy$  平面内に  $x$  軸に平行に置かれた長さ  $a$  の導線 PQ に電流が流れている。導線の端 P ではなめらかに電流が流れ込み、端 Q ではなめらかに電流が流れ出ているとする。導線 PQ 内には正の電気量  $q$  を持つ点電荷が単位長さあたり  $n$  個あり、導線に沿って一定の速さ  $v$  で P から Q へ移動しているとする。以下の問いに答えよ。

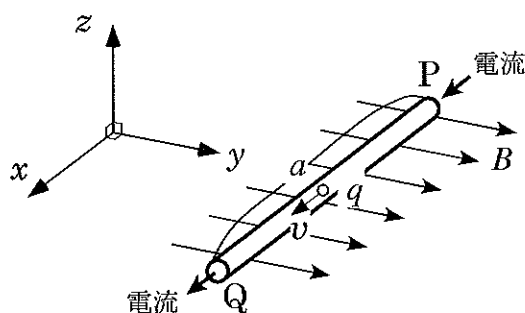


図3

- 導線 PQ 内にある 1 個の点電荷が磁場から受ける力の大きさと向きを答えよ。
- 導線 PQ 全体が磁場から受ける力の大きさを答えよ。
- 導線 PQ を流れる電流の大きさを答えよ。

次に、磁場の向きを図4のように  $xy$  平面内で、最初の向きから角度  $\theta$  だけ傾けた。

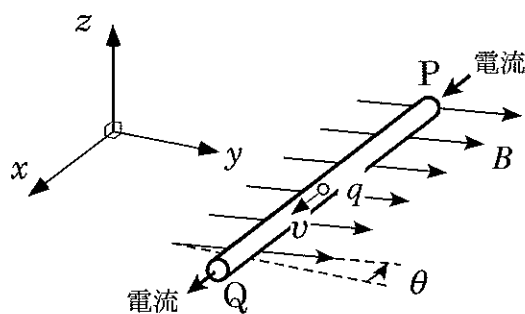


図4

- このとき、導線 PQ が磁場から受ける力の大きさと向きを答えよ。

## III.

1. 単原子分子からなる 1 モルの理想気体がある。この理想気体を圧力  $P_0$  [Pa], 温度  $T_0$  [K], 体積  $V_0$  [m<sup>3</sup>] の始状態から体積  $V$  [m<sup>3</sup>] の終状態へゆっくり定圧変化させることを考える。以下の問いに答えよ。
  - a. この理想気体の終状態での温度を  $P_0$ ,  $T_0$ ,  $V_0$ , および  $V$  のうち必要なものを用いて表せ。
  - b. 気体定数を  $P_0$ ,  $T_0$ , および  $V_0$  を用いて表せ。
  - c. この理想気体の定積モル比熱を  $P_0$ ,  $T_0$ , および  $V_0$  を用いて表せ。
  - d. 文中の定圧変化において, この理想気体の内部エネルギーの変化を求め, これを  $P_0$ ,  $T_0$ ,  $V_0$ , および  $V$  のうち必要なものを用いて表せ。
  - e. 文中の定圧変化において, この理想気体から外部へ放出される熱量を求め, これを  $P_0$ ,  $T_0$ ,  $V_0$ , および  $V$  のうち必要なものを用いて表せ。
  
2. 静止している観測者 O が, 自分で一定の振動数  $f_0$  [Hz] の音を出し続けている。これとは別に, 一定の振動数の音を出し続けている音源 S がある。最初, 音源 S が静止しているとき, 観測者 O には 1 秒間あたり  $n$  回のうなりが聞こえた。次に, 音源 S が観測者 O に向かって一定の速さ  $u$  [m/s] でまっすぐ近づくと, 観測者 O にはうなりが聞こえなくなった。以下の問いに答えよ。ただし, 風は吹いていないものとする。
  - a. 音源 S が出す音の振動数  $f$  [Hz] を  $f_0$  と  $n$  を用いて表せ。
  - b. 音速  $V$  [m/s] を  $f_0$ ,  $n$ , および  $u$  を用いて表せ。
  
3. 正弦波について, 以下の問いに答えよ。ここで,  $t$  [s] は時刻,  $x$  [m] は位置をそれぞれ表し,  $a$  [m],  $b$  [rad/s], および  $c$  [rad/m] は正の定数である。また, [rad] は位相の単位 (ラジアン) である。
  - a.  $x$  軸の正の向きに伝わる正弦波 A の変位  $y_A$  [m] が  $y_A = a \sin 2\pi(bt - cx)$  で表されるとき, 正弦波 A の周期, 波長, および速さをそれぞれ答えよ。
  - b.  $x$  軸の正の向きに伝わる正弦波 B の変位  $y_B$  [m] が  $y_B = a \sin\left(\frac{3}{2}\pi bt - \frac{5}{4}\pi cx\right)$  で表されるとき, 正弦波 B の周期, 波長, および速さをそれぞれ答えよ。