

令和6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. 鉛直でなめらかな壁と水平であらい床がある。図1のように、質量 m で一様な薄い板を壁となす角が θ になるように置くとすべらずに静止した。板と床の間の静止摩擦係数は μ である。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、板は剛体であり、板にはたらく重力は、板の重心1点にはたらくと考えてよいとする。

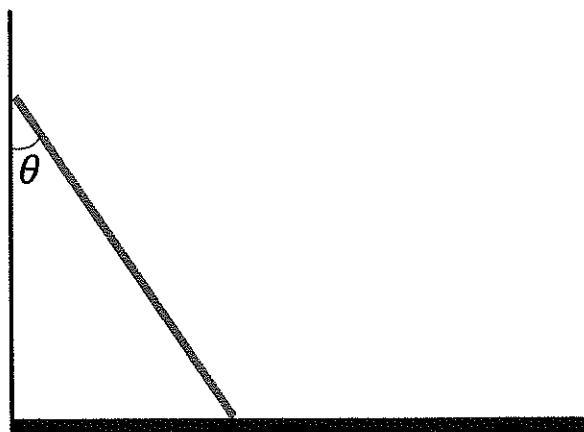


図1

- 壁から板にはたらく垂直抗力の大きさを求めよ。
- 床から板にはたらく摩擦力の大きさを求めよ。
- 板がすべらずに静止することからわかる μ の条件を求めよ。
- 板の壁に接する場所に鉛直下向きに力を加える。力を徐々に強くしていくと、力の大きさが F を超えたとき、板はすべって倒れた。 μ を求めよ。

2. 図2のように、水平方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸をとる。原点 O から、 x 軸正の向きに対して角 θ 上向きに初速度の大きさ v で小球を投射して、座標が (d, H) である小さい的に当てることを考える。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、小球は x - y 面内を運動し、空気の影響は無視できるとする。

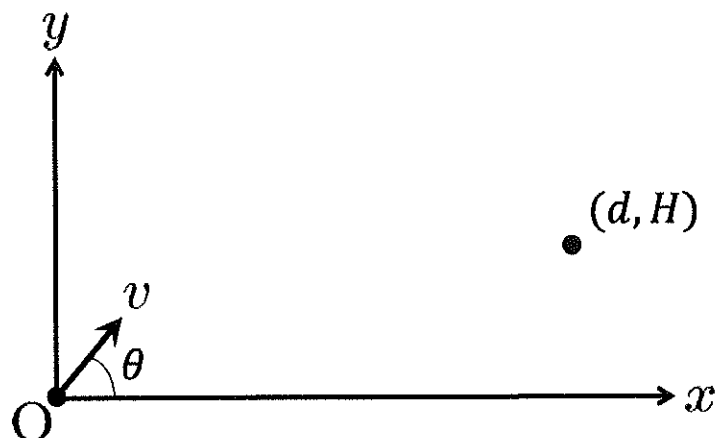


図2

- a. 投射時刻を $t = 0$ として、小球の x 座標と y 座標を時刻 t ($t > 0$) の関数として表せ。ただし、小球はまだ的に当たっていないとする。
- b. 問 a の場合に、小球の y 座標を x 座標の関数として表せ。
- c. θ を θ_0 とし、 v を調節すると、小球が的に当たった。そのときの v^2 を求めよ。
ただし、 $\tan \theta_0 > \frac{H}{d}$ である。
- d. v を v_0 とし、 θ を調節すると、小球が的に当たった。そのときの $\tan \theta$ を求めよ。
- e. 問 d の場合に、 $v_0^2 \geq A$ でなければ、どんな θ に対しても小球は的に当たらない。 A を求めよ。

II.

1. 図1のように，真空中に中心を O とする半径 a の導体球がある。導体球は正に帯電しており，その電気量は Q である。クーロンの法則の比例定数を k_0 として，以下の問いに答えよ。

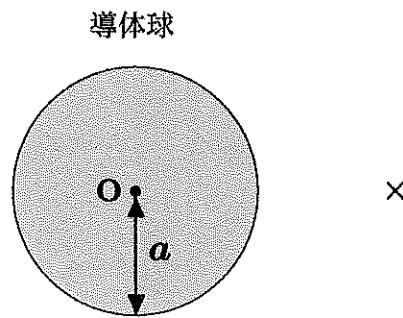


図1

- a. 図1の $\times$ で示した点を通る電気力線の図を描け。電気力線の向きを矢印 ($\rightarrow$) で示すこと。
- b. O からの距離 r が a よりも小さい場所での電場（電界）の大きさを答えよ。
- c. O からの距離 r が a よりも大きい場所での電場の大きさを答えよ。

2. 図2のように、真空中に円状の導線1と無限に長い直線状の導線2がある。導線1は紙面上にあり、中心をOとして半径は a である。導線2は紙面に対して垂直方向を向き、Oから導線2までの距離は $3a$ である。以下の問いに答えよ。

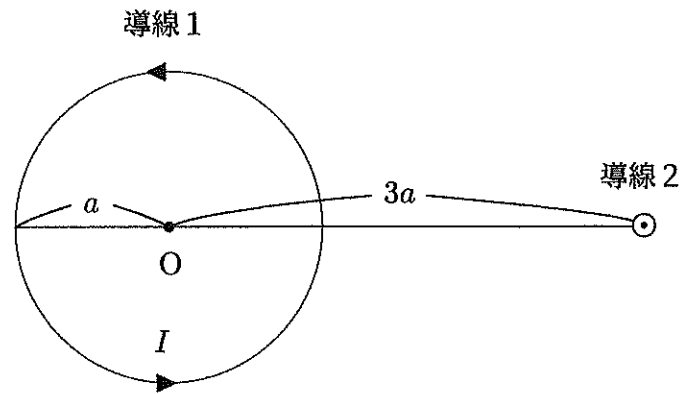


図2

- 最初に、導線1にのみ大きさ I の定常電流を図2の矢印の向きに流した。Oにおける磁場（磁界）の大きさと向きをそれぞれ答えよ。
- 次に、導線1に大きさ I の定常電流を流し続けたまま、導線2には紙面の裏から表への向きに定常電流を流した。すると、Oにおける磁場の向きは、問aで求めた向きから 30° 傾いた。Oにおける磁場の大きさを求めよ。
- 問bの場合に、導線2に流れる定常電流の大きさを求めよ。

3. 図3のように、真空中に一様な磁場がある。磁場の向きは紙面の裏から表への向きで、磁束密度の大きさは B である。この磁場による力を受けて、質量 m 、電気量 q の小物体が紙面上で運動している。ただし、 $q > 0$ であり、小物体にはたらく力は、磁場による力だけである。紙面上の座標を (x, y) 、座標原点を O として、以下の問いに答えよ。

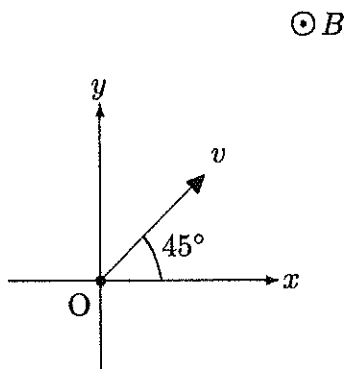


図3

- a. 時刻 $t = 0$ に小物体は速さ v で、 x 軸となす角度が 45° の向きに O を通過した。 O において小物体が磁場から受ける力の大きさ、および単位時間に磁場が小物体にする仕事の大きさをそれぞれ答えよ。
- b. 小物体の位置座標 (x, y) は、 a, b, r を適当な定数として、 $(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$ を満たした。ただし、 $r > 0$ である。 a, b, r をそれぞれ求めよ。
- c. 時刻 $t = 0$ に O を通過した小物体がその後、最初に y 軸を横切る時刻を T とする。 T を B, m, q のうち必要なものを用いて表せ。

III.

1. 音源 P が発する振動数 f [Hz] の音波を装置 Q で観測する。空気中の音速を V [m/s] とし、風の影響はないものとするとき、以下の問いに答えよ。

まず、音源 P は音波を発しながら一定の速さ v [m/s] で観測装置 Q に向かって動いており、P と Q は常に同一直線上にあるとする。時刻 $t = 0$ [s] に P から発せられた音波は時刻 t [s] に Q に届いた。

- 時刻 t [s] での PQ 間の距離 $\overline{PQ}$ [m] を求めよ。
- 時刻 t [s] での PQ 間における波の個数と波長 λ [m] を求めよ。
- Q が観測する波の振動数 f_1 [Hz] を求めよ。

次に、図1のように、音源 P と観測装置 Q が x - y 平面上にある場合を考える。Q は y 軸上に固定されており、 x 軸からは十分に離れているものとする。P は x 軸上にあり、音波を発しながら一定の速さ v [m/s] で x 軸の正の向きに原点 O まで移動する。また、P と Q を結ぶ線分が x 軸となす角 $\angle OPQ$ を θ とする。

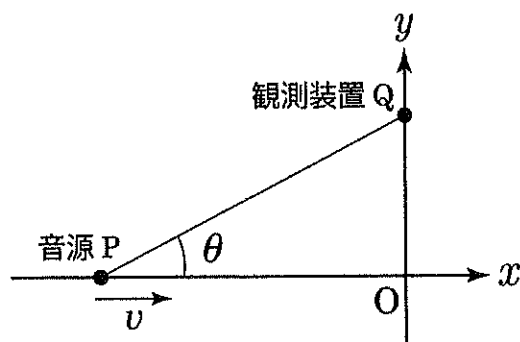


図1

- P が $\angle OPQ = \theta$ で発した音波を Q が観測するとき、観測される波の振動数 f_2 [Hz] を求めよ。
- P が原点 O に到達した時刻に Q で観測される音波は、P が $\angle OPQ = \theta'$ をなす位置で発した波とする。 $\cos \theta'$ を求めよ。
- 問 e の場合に、Q が観測した音の振動数 f_3 [Hz] を V , v , f を用いて表せ。

2. 図2のように、中心位置を O とする半径 r の中空の球形容器があり、1分子あたりの質量 m の単原子分子 N 個からなる理想気体が入っている。各分子は、容器の壁と弾性衝突を繰り返している。他の分子との衝突はなく、重力の影響が無視できるものとして、以下の問いに答えよ。なお、問cからeの解答にあたっては、計算の過程を簡潔に示すこと。

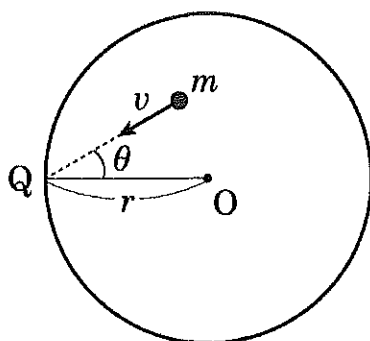


図2

まず、速さ v で運動する1個の気体分子について考える。

- 容器の壁の1点を Q とし、点 Q と中心 O を結ぶ線に対して気体分子が入射角 θ で衝突するとき、気体分子の運動量の変化の大きさを答えよ。
- 問aの気体分子について、点 Q で衝突してから次の衝突点までの移動距離、および時間 Δt あたりの衝突回数を答えよ。
- 容器の壁が気体分子から受ける平均の力の大きさが $f = \frac{mv^2}{r}$ となることを示せ。

次に、 N 個の気体分子について考える。各分子は様々な速度で運動しており、速度の2乗の平均値を $\overline{v^2}$ とする。アボガドロ数を N_A 、気体定数を R 、気体の体積を V 、絶対温度を T として、以下の問いに答えよ。

- 気体が球形容器の壁に与える圧力 p を m 、 $\overline{v^2}$ 、 N 、 V を用いて表せ。
- 気体分子1個あたりの運動エネルギー K を N_A 、 R 、 T を用いて表せ。