

北海道教育大学教育学部札幌校

教員養成課程

理数教育専攻 理科教育分野

令和4年度編入学試験問題

専門試験（物理学）

注意事項

- 1 試験時間は10:00～12:00です。試験開始の合図があるまでは、この問題用紙を開かないこと。
- 2 問題は、問題1から4まで計4題あります。4問題すべてについて解答すること。
- 3 解答用紙は4枚あります。所定の解答欄に解答すること。
- 4 受験番号は、4枚の解答用紙の指定欄にすべて記入すること。

令和4年度 北海道教育大学教育学部教員養成課程特別選抜  
編入学試験問題

専門科目「物理学」(1/4)

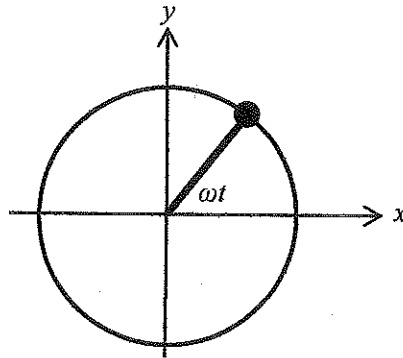
理数教育専攻 理科教育分野 札幌校

問題1

地球の周りを等速円運動する人工衛星の運動を考察する。

問1, 半径  $r$ , 角速度  $\omega$  で等速円運動する物体の運動を円の中心を原点とする直角座標  $xy$  で表わす。以下の問いに答えなさい。(30点)

(1) 図を参考にして物体の位置座標  $x, y$ , 速度および加速度の  $x, y$  成分を時刻  $t$  の関数として表しなさい。



(2) 物体の動径ベクトル  $r$  と加速度ベクトル  $a$  の関係を示し, 物体に働く力のベクトル  $F$  を求めなさい。

(3) 解答用紙の円軌道上の物体(●)を始点として, この位置での物体の速度ベクトル  $v$ , 加速度ベクトル  $a$  およびこの物体に働く力  $F$  の各ベクトルを記入しなさい。

問2, 地球の周りを等速円運動している質量  $m$  の人工衛星について以下の問いに答えなさい。(20点)

(1) 人工衛星に働く万有引力の大きさ  $F$  を人工衛星の位置  $r$  を使って表しなさい。

(2) 向心力と万有引力の大きさに注目することで, 人工衛星が地球を回る周期  $T$ , 軌道半径  $r$  についてケプラーの法則(軌道半径の三乗が公転周期の二乗に比例する)が成立することを示しなさい。

令和4年度 北海道教育大学教育学部教員養成課程 特別選抜  
編入学試験問題

専門科目「物理学」(2/4)

理数教育専攻 理科教育分野 札幌校

問題2 次の文章を読み以下の間に答えなさい。

問1. 点電荷  $q = 2.0 [\mu\text{C}]$  が原点にある。(10点)

図1の  $x = 3 [\text{m}]$ ,  $y = 4 [\text{m}]$  の座標点  $P$  における電場  $E$  の大きさを求めなさい。また、電場の向きを解答欄の図に作図しなさい。クーロン定数  $k$  は  $k = 9.0 \times 10^9 [\text{N m}^2/\text{C}^2]$  とする。

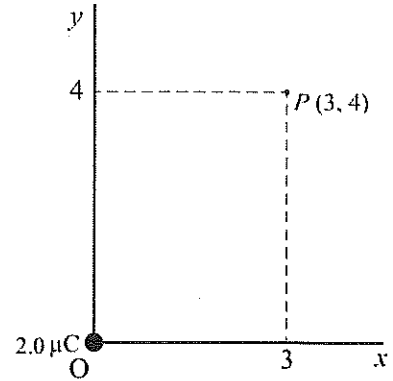


図1

問2. 図2のように二つの帯電板がつくる  $y$  方向に一様な電場  $E_0$  の中に電子を速度  $v_0$  で  $x$  方向に入射させる。帯電板の幅は  $l$ 、電子の質量を  $m_0$ 、電荷を  $-e$  で表す。(20点)

(1) 入射から  $t$  秒後の電子の速度の  $x$  成分と  $y$  成分を求めなさい。

(2) 電場が  $-y$  方向に  $100 [\text{N/C}]$ 、電子の初速が  $3.0 \times 10^6 [\text{m/s}]$ 、帯電板の幅  $l$  が  $30 [\text{cm}]$  のとき、電子が電場の中にある時間と、電場を抜け出した時の速度の  $y$  成分を求めなさい。

なお  $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} [\text{kg}]$ ,  $e = 1.6 \times 10^{-19} [\text{C}]$  である。

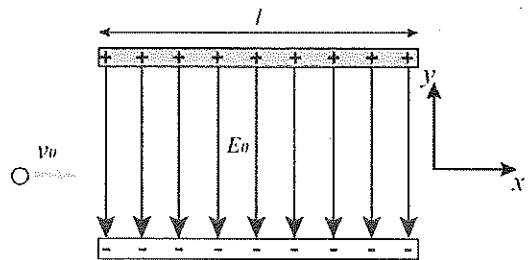


図2

問3. 図3のようにビーム源から発射した質量  $m$ 、正電荷  $q$  を持つ荷電粒子が速度  $v_0$  で紙面の表から裏に向いた一様な磁場  $B$  ( $\times$  で表示) に入射する。荷電粒子は磁場  $B$  から力を受けて円軌道を描き、スクリーンの点  $P$  に衝突した。(20点)

(1) 荷電粒子が半径  $R$ 、速度  $v_0$  の円運動をするとして、粒子に働く向心力を求めなさい。

(2) 磁場の強さ  $B$  を用いて円運動の半径  $R$  を求めなさい。

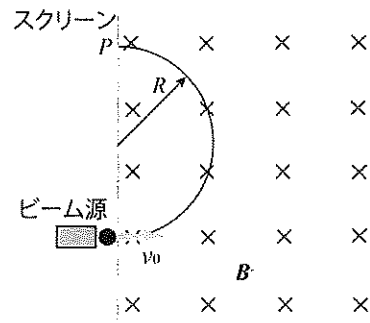


図3

令和4年度 北海道教育大学教育学部教員養成課程 特別選抜  
編入学試験問題

専門科目「物理学」(3/4)

理数教育専攻 理科教育分野 札幌校

問題3 次の文章を読み以下の間に答えなさい。

問1. ある銃の鉛製の弾丸を速さ  $v$  [m/s] で木の幹に撃ち込んだ。弾丸の運動エネルギーはすべて熱エネルギーに変換され弾丸の温度変化に使われると仮定する。(30点)

- (1) 弾丸の質量を  $m$ , 鉛の比熱容量を  $c_1$  としてこの弾丸の温度変化  $\Delta T$  [°C] を求めなさい。
- (2) 質量 10.0 [g] の鉛製の弾丸を速さ 200 [m/s] で撃ち込んだときの温度変化を求めなさい。鉛の比熱容量は 128 [J/kg °C], 鉛の密度は 11.35 [kg/m<sup>3</sup>] である。
- (3) 鉛製の弾丸を、体積が同じ銅製の弾丸にかえる。この弾丸を同じように速さ 200 [m/s] で木の幹に撃ち込んだときの弾丸の温度変化を求めなさい。銅の比熱容量は 387 [J/kg °C], 銅の密度は  $8.96 \times 10^3$  [kg/m<sup>3</sup>] である。
- (4) (2) の鉛製の弾丸を、0°C の氷の板に撃ち込んだ。氷の板は破壊して飛び散ることがなく、弾丸の運動エネルギーはすべて熱エネルギーに変換され氷の融解に使われると仮定する。融解する氷の質量を求めなさい。なお、氷の融解熱  $L$  は  $3.33 \times 10^5$  [J/kg] である。

問2. 高温の熱源から 2000 [J] の熱量を受け取り、低温の熱源へ 1500 [J] の熱量を捨てる熱機関がある。(20点)

- (1) 図1は熱機関の概念図である。図中の  $W$ ,  $Q_h$ ,  $Q_c$  は何を表しているか述べなさい。さらに  $W$  と  $Q_h$  と  $Q_c$  の間に成り立つ関係式を導き、なぜそのような式になるか記述しなさい。
- (2) 熱機関の効率とは何か述べなさい。また熱機関の効率を  $Q_h$  と  $Q_c$  を用いて記述しなさい。
- (3) この熱機関の効率を求めなさい。

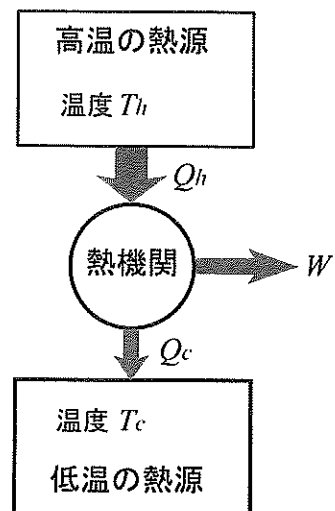


図1

令和4年度 北海道教育大学教育学部教員養成課程特別選抜  
編入学試験問題

専門科目「物理学」(4/4)

理数教育専攻 理科教育分野 札幌校

問題4

真空中、一定の電圧で加速される電子(質量 $m$ , 電荷 $-e$ )の波動性をドブロイの粒子波仮説に基づいて考察する。以下の問いに答えなさい。

問1. 電子が一定の電圧 $V$ によって加速され速度 $v$ を得たとする。速度 $v$ を、エネルギー保存則を使って求めなさい。但し、電子の初速はゼロとする。(10点)

問2. ドブロイの粒子波仮説によれば運動量 $p$ の粒子は波長 $\lambda = h/p$ の波として振る舞う。これをドブロイ波長という。 $h$ はプランク定数である。上で得られた電子のドブロイ波長を求めなさい。(10点)

問3. 定電圧 $V$ で加速される電子のドブロイ波長 $\lambda$ は次式で概算されることを示しなさい。但し、電子の質量 $m = 9.1 \times 10^{-31}[\text{kg}]$ , 電子の電荷量 $e = 1.6 \times 10^{-19}[\text{C}]$ , プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34}[\text{J}\cdot\text{s}]$ とする。(10点)

$$\lambda \cong \sqrt{150[\text{V}]/V} \times 10^{-10}[\text{m}]$$

問4. ドブロイの粒子波仮説はデビソン・ガーマーの実験(1927年)によって確かめられた。ニッケル単結晶に照射された電子ビームの散乱強度分布は電子波の干渉によって説明されるという。次の問いに答えなさい。(20点)

(1) ニッケル単結晶表面から散乱される波長 $\lambda$ の電子波が強め合う条件は次の式で与えられる。 $2d\sin\theta = n\lambda$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) この式の導出を解答用紙の図を描いて説明しなさい。但し、ニッケル原子の間隔を $d$ , 電子の散乱角を $\theta$ とする。

(2) 電子ビームの加速電圧を50ボルトとしたとき、電子散乱強度分布のピーク方向(散乱角 $\theta$ )を求めなさい。但し、ニッケル原子間隔を $d = 2.0 \times 10^{-10}[\text{m}]$ とする。