問題訂正

学部・学科名：理学部物理学科

科目名：筆記試験（物理，数学）

2ページ，問1（6）1行目

（誤）時刻tにおける<u>電子</u>の～

（正）時刻tにおける<u>粒子</u>の～

令和 3（2021）年度広島大学理学部第 3 年次編入学試験

試験問題表紙記載の試験日について

令和 3（2021）年度広島大学理学部第 3 年次編入学試験の試験日については，台風 10 号接近に伴い，以下のとおり延期の上実施しましたが，試験問題表紙記載の試験日は，当初予定試験日のままとなっております。

予めご了承ください。

（当初予定試験日）令和 2 年 9 月 7 日

（延期後試験日）　令和 2 年 9 月 14 日

令和３(2021)年度広島大学理学部

物理学科

第３年次編入学試験学力検査問題

筆記試験（物理，数学）（4 問）

令和２年９月７日
自　9 時 00 分
至　11 時 00 分

答案作成上の注意事項

1. この問題冊子には物理，数学の問題が計４問，総ページは表紙を入れて７ページある．
2. 解答用紙は４枚ある．解答はすべて問題番号と同じ番号の解答用紙に記入すること．紙面が不足する場合は，表面に明示の上，裏面も解答に用いよ．
3. 下書き用紙は，各受験者に３枚ある．
4. 受験番号は，全ての解答用紙（１箇所）の所定の欄に必ず記入すること．
5. 配付した解答用紙は，持ち出さないこと．

問１　　力学

以下の問い(1)から(6)に答えよ．

次ページの図１のように三次元空間に座標軸を設定したときの，電荷q，質量mの粒子の運動を考える．空間には一様な磁束密度ベクトル $(0,0,B)$ が存在するものとする．$t=0$ において，粒子は位置ベクトル $(0,0,0)$ である原点Oにあり，その時の粒子の速度ベクトルは　$(0,v_0,0)$ であったものとする．

時刻tにおいて，粒子の位置ベクトルが (x,y,z) ，速度ベクトルが(v_x,v_y,v_z)と表されるとき以下の問いに答えよ．

(1)　粒子にはたらく力ベクトルを，m，q，v_x，v_y，v_z，v_0，t，B，x，y，z のうち必要なものを用いて表せ．

(2)　粒子の運動方程式の x,y,z 成分を，それぞれ，m，q，v_x，v_y，v_z，v_0，t，B，x，y，z のうち必要なものを用いて表せ．必要なら，これらの変数の導関数（微分）を用いてもよい．

(3)　(2)の運動方程式を解き，時刻 t における粒子の速度ベクトルを，m，q，v_0，t，B，x，y，z のうち必要なものを用いて表せ．

(4)　(3)の結果を用いて，時刻 t における粒子の位置ベクトルを，m，q，v_0，t，Bのうち必要なものを用いて表せ．

磁束密度ベクトルに加えて電場ベクトル $(E,0,0)$ もあるときを考える．このとき，以下の問いに答えよ．

(5)　粒子の運動方程式の x,y,z 成分を，それぞれ，m，q，v_x，v_y，v_z，v_0，t，B，E，x，y，z のうち必要なものを用いて表せ．必要なら，これらの変数の導関数（微分）を用いてもよい．

(6)　運動方程式を解き，時刻 t における電子の位置ベクトルを，m，q，v_0，t，B，E のうち必要なものを用いて表せ．

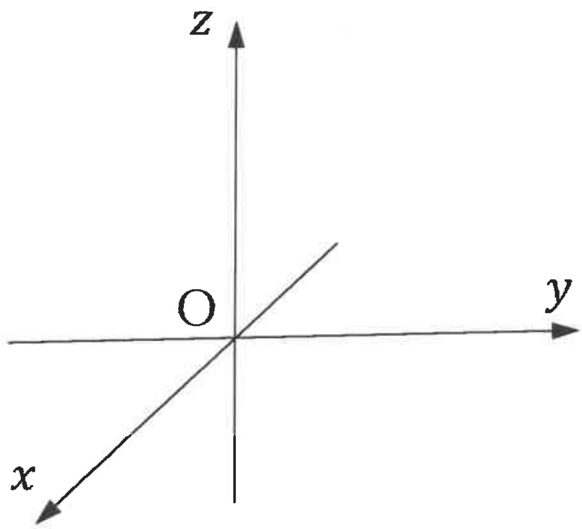

図 1

問２　電磁気学

以下の問い(1)から(4)に答えよ．ただし，導線は真空中に存在するとし，真空の誘電率を ε_0，透磁率をμ_0とする．

(1)　次ページの図１のような半径 d の太さをもつ無限に長い円柱状の導線に，電流 I が一様に流れているとする．このとき，導線に垂直な平面で，導線の中心から距離 r における磁界の強さ H を $r \leq d$と$r > d$ の場合に分けて求めよ．そして，縦軸を磁界の強さ H，横軸を距離 r とし，$r = 0$ から $r \gg d$に至るまでの様子を表すグラフを解答用紙の図に示せ．その際，特徴となる値もグラフに示しておくこと．

(2)　導線の太さが r に比べて十分に小さい場合を考える．図２のように２本の導線（導線 a と導線 b）が平行に置かれ，それぞれに大きさ I_a と I_b の電流が同じ方向に流れているとする．２つの導線 a と b との間に作用する単位長さあたりの力の大きさを求め，力の向きを矢印で解答用紙の図に示せ．ただし，導線 a と b の間隔を r_0 とする．

(3)　このとき，導線に垂直な平面を考え，導線 a と b が平面と交わる点をそれぞれ A と B とする．図３(a)に示すように，点 A と B を結ぶ直線上に点 P_1 をとるとき，点 P_1 における磁界の強さ H_1 を求めよ．また図３(b)に示すように，$\angle AP_2B$ が直角となるような点 P_2 をとるとき，点 P_2 における磁界の強さ H_2 を求めよ．また，点 P_1，点 P_2 での磁界の向きを矢印で解答用紙の図に示せ．ただし，いずれの場合も点 A からの距離をr_a，点 B からの距離をr_b とし，$r_a > r_b$，$I_a < I_b$とする．

(4)　図４のように(3)と同じ配置だが，導線 b を流れる電流が反対向きになり，２つの導線の電流が同じ大きさ I で流れている場合での，任意の点 P_3 における磁界の強さを求めたい．

（ア）$\angle AP_3B$ を α としたとき，点 P_3 での磁界の強さを α を用いて表せ．また，その向きを矢印で解答用紙の図に示せ．

（イ）上記（ア）の結果から，点 P_3 での磁界の強さを α を用いずに r_0，r_a，r_bを用いて表せ．

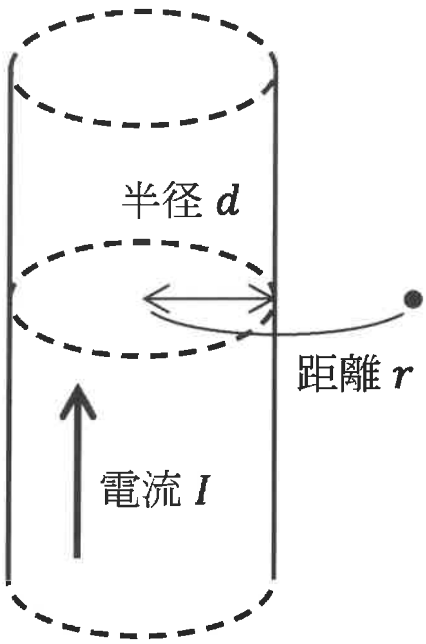

図 1

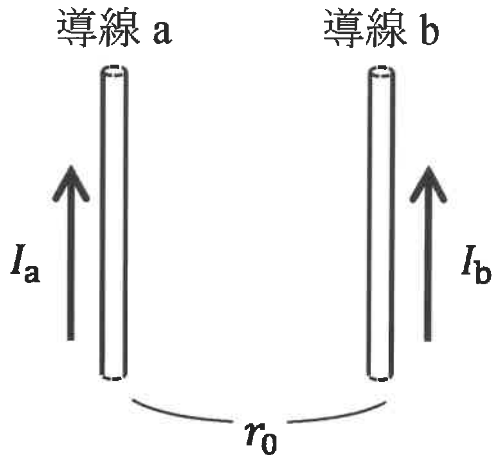

図 2

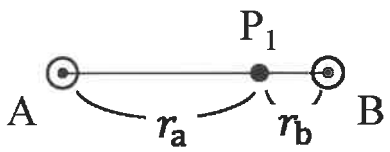

図 3 (a)

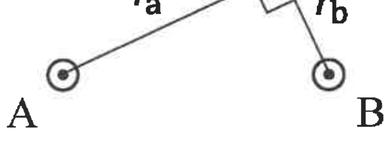

図 3 (b)

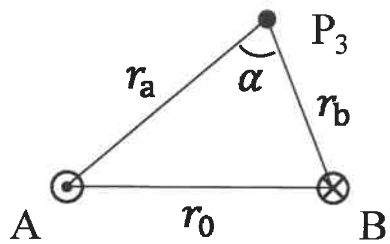

図 4

問3　熱力学

ピストンがついたシリンダーに1モルの理想気体を閉じ込めている．気体定数を R, 定積熱容量を C_V として以下の問い (1) から (6) に答えよ．ただし，ピストンとシリンダーの間には摩擦ははたらかないものとする．

(1) 最初は，理想気体の温度が T_H で体積が V_1 であった．シリンダーを温度 T_H の熱源と接触させ気体の温度を T_H に保ったまま，ゆっくりとピストンを引き，体積が V_2 になったところで止めた．この過程で，理想気体がピストンにした仕事 W_a と熱源から吸収した熱量 Q_a を，R, T_H, V_1, V_2 のうち必要なものを用いて表せ．

(2) 次に，熱源をはなして断熱的にピストンをゆっくり引き，体積 V_3 に達したところで止めた．このときの理想気体の温度は T_L ($T_H > T_L$)であった．この過程における内部エネルギーの変化分を，C_V と T_H, T_L を用いて，その大きさと増減を明確にした上で答えよ．

(3) 次に，温度 T_L の熱源を接触させ気体の温度を T_L に保ちながら，ピストンをゆっくり押して，体積が V_4 になったところで止めた．このとき，理想気体がピストンにした仕事 W_c と熱源に放出した熱量 Q_c を，R, T_L, V_3, V_4 のうち必要なものを用いて表せ．

(4) 最後に，熱源からはなして断熱的にピストンをゆっくり押して，最初の状態に戻った．この過程における内部エネルギーの変化分を，C_V と T_H, T_L を用いて，その大きさと増減を明確にした上で答えよ．

(5) (1)→(2)→(3)→(4)の1サイクルで理想気体がピストンにした仕事の総和 W_T を，R, T_H, T_L, V_1, V_2, V_3, V_4 のうち必要なものを用いて表せ．

(6) このサイクルは熱機関として捉えることができるが，その効率 η は Q_a と Q_c を用いて次式のように定義される．

$$\eta = \frac{Q_a - Q_c}{Q_a} = 1 - \frac{Q_c}{Q_a}$$

このとき

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

と温度だけで記述できることを示せ．ただし，導き方も書け．

問4　数学

以下の問い(1)から(4)に答えよ．

(1) ベクトル $\vec{r}=x\vec{i}+y\vec{j}+z\vec{k}$，$r=|\vec{r}|\neq 0$ であるとき，次の式を求めよ．ただし $\vec{i}$，$\vec{j}$，$\vec{k}$ は x，y，z 軸方向の単位ベクトルである．それぞれ途中の計算式も明記すること．

（ア）　$\mathrm{grad}\, r$

（イ）　$\mathrm{div}\,\dfrac{\vec{r}}{r^n}$

(2) 次の微分方程式を解け．

（ア）　$\dfrac{dy}{dx}=\tan x \cot y$

（イ）　$\dfrac{d^2y}{dx^2}-8\dfrac{dy}{dx}+15y=0$

(3) 次の積分を計算せよ．

$\int_0^{2\pi}\cos mx \cos nx\ dx$　　　ただし，m，nは整数とする．

(4) 次の行列を計算せよ．

（ア）　$\begin{pmatrix}1 & -1\\ 1 & 1\end{pmatrix}^5$

（イ）　$\begin{pmatrix}1 & -1\\ 1 & 1\end{pmatrix}^n$　　　ただし，nは自然数とする．