

平成9年度東北大学大学院理学研究科博士課程前期2年の課程入学試験

物理学専攻

筆答試験問題

《平成8年8月27日（火）、28日（水）実施》

東北大学大学院理学研究科物理学専攻

物理学 I

注1：問題（1）と問題（2）は別々の解答用紙を用いること。

注2：解答はMKSA(SI)またはCGSG どちらの単位系を使ってもよい。

問題（1）

ある物質内の伝導電子が散乱を受けないとして、以下の問いに答えよ。ただし、 c 、 n 、 e 、 m 、 E 、 B は、光速、電子密度、電気素量、電子の質量、電場、磁束密度である。また、1) から5) は物質の十分内部で考えるので表面の影響は無視できるとして解答せよ。

- 1) 電流密度 i は次式に従うことを示せ。

$$\frac{\partial i}{\partial t} = \frac{ne^2}{m} E$$

- 2) この物質中では、定常状態で電場が存在しないことを説明せよ。
 3) マックスウェル方程式、電荷保存則と1) の式を組み合わせ、この物質内では、ある固有振動数をもつ電場は存在できることを示し、その固有振動数を求めよ。
 4) マックスウェル方程式と1) の式を組み合わせ、

$$\operatorname{rot} i + \frac{ne^2}{mc} B = 0 \text{ (CGSG 単位系)}, \quad \operatorname{rot} i + \frac{ne^2}{m} B = 0 \text{ (MKSA 単位系)}$$

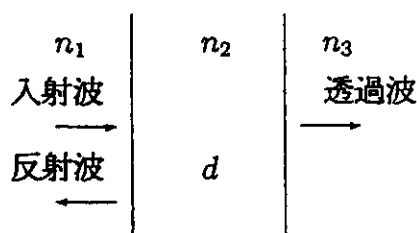
は得られる解のひとつであることを示せ。

- 5) この物質中では、定常状態で磁束密度がゼロであることを、4) の式と2) の結果を使い示せ。
 6) $x > 0$ にこの物質が存在し、 $x < 0$ に磁束密度 $B = (0, 0, B_0)$ が一様に与えられているとき、磁束密度を物質内での表面から距離の関数として表せ。

問題（2）

図のように屈折率 n_1, n_3 の物質の間に屈折率 n_2 で厚さ d の薄膜がはさまれている。 n_1 の方から薄膜に垂直に単色平面電磁波が入射したとき以下の問いに答えよ。

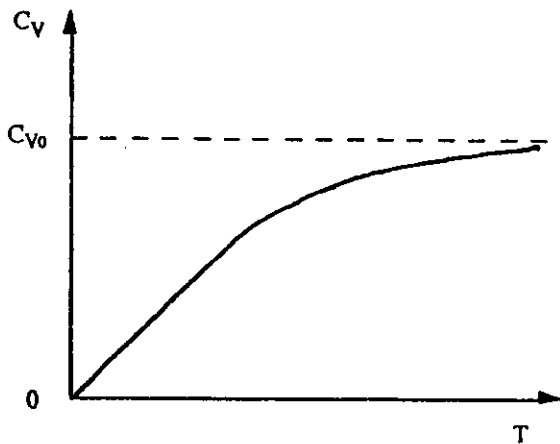
- 1) 各物質内での電磁波の電場及び磁場を、入射方向を x 軸として定め、時刻 t 、振動数 ω 、屈折率の関数で表せ。
 2) 各物質の境界での電磁波の境界条件を示せ。
 3) エネルギーの反射、透過として、反射率、透過率を定義するとき、反射率、透過率と、入射波、透過波、反射波の各電場との関係を与えよ。
 4) 図の系での反射率、透過率を計算せよ。



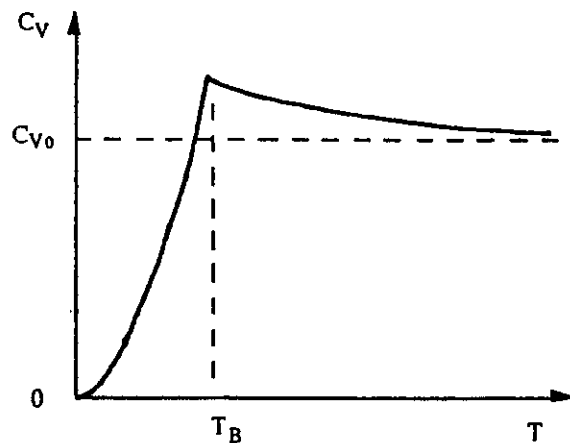
物理学II

問題 (1)、(2)、(3) はそれぞれ別の解答用紙に解答すること

第1図と第2図は、それぞれ熱平衡状態にある相互作用のない3次元フェルミ気体およびボーズ気体に対する、1粒子あたりの定積熱容量 C_V の絶対温度 T 依存性を示したものである。系の体積を V 、粒子数を N 、質量を m 、化学ポテンシャルを μ 、ボルツマン定数を k 、プランク定数を h として、以下の問題(1)～(3)に答えなさい。ただしスピン自由度、内部自由度は考えなくてもよい。



第1図 フェルミ気体の場合



第2図 ボーズ気体の場合

問題(1) 次の小問1)～3)に答えなさい。

- 1) エネルギー ϵ のフェルミ粒子の分布関数 $f_F(\epsilon)$ 、ボーズ粒子の分布関数 $f_B(\epsilon)$ を書きなさい。ただし粒子の最低エネルギーを0とする。
- 2) フェルミ気体の場合、ボーズ気体の場合それぞれについて化学ポテンシャルが取り得る値の範囲を不等式によって示し、その理由を説明しなさい。
- 3) 高温極限では、 C_V はいずれの場合も、同一の一定値 C_{V0} に漸近する。 C_{V0} の値を書き下し、その理由を説明しなさい。

問題(2)

高温極限值 C_{V0} との差、 $C_V - C_{V0}$ は量子効果による補正であり、フェルミ気体の場合は負、ボーズ気体の場合(ボーズ・アインシュタイン凝縮温度 T_B より高温を考

える) 正となる。この理由を考察しよう。次の小問 4) ~ 6) に答えなさい。

4) 化学ポテンシャルを決定する方程式を書きなさい。ただしフェルミ気体の場合 $T \geq 0$, またボーズ気体の場合 $T > T_B$ とする。また体積 V は充分大きく、エネルギーは連続変数と見なせるものとする。

5) 小問 4) で得られた方程式は、高温極限でボルツマン気体の値 $\mu_0 = kT \ln(N\lambda_T^3/V)$ を解とする。ここで、 $\lambda_T = [h^2/(2\pi mkT)]^{1/2}$ は熱的ドブロイ波長と呼ばれる。 $\mu - \mu_0$ が量子効果によるもので、高温展開による補正の初項までとると、

$$\mu = \mu_0 \pm 2^{-3/2} kT \exp[\mu_0/(kT)] \quad (\text{A})$$

となる。複号は+がフェルミ気体、-がボーズ気体の場合である。(A)式の量子補正の符号に相違が現れる理由を、化学ポテンシャルの物理的意味に留意して説明しなさい。

6) 内部エネルギーに対する量子補正 $U(T) - U_0(T)$ の、高温展開による初項を求めなさい(ただし定積分は実行しなくてもよいが、符号と温度依存性があらわにわかるように解答すること)。この結果をもとに、高温領域における C_V の温度依存性(第1図および第2図)を説明しなさい。ただし $U_0(T) = NC_V T$ である。

問題 (3) 次の小問 7)、8) に答えなさい。

7) 絶対零度近傍のフェルミ気体の場合、 C_V は T に比例する。その理由を説明しなさい。

8) ボーズ気体の場合、 $T = T_B$ でボーズ・アインシュタイン凝縮を起し、 $T < T_B$ では N_0 個の粒子が $\epsilon = 0$ の状態を占める。ここで $N_0 = N [1 - (T/T_B)^{3/2}]$ である。

$T < T_B$ で C_V は $T^{3/2}$ に比例する。その理由を説明しなさい。

□

物理学 III

問題 (1) と問題 (2) は別々の解答用紙に解答せよ。

問題 (1)

障壁を持つポテンシャル $V(x)$ 中の質量 m の粒子に対する 1 次元のシュレーディンガー方程式に関して以下の問題に答えよ。

1) ポテンシャルが

$$V(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ V_0 & 0 \leq x \leq a \\ 0 & x > a \end{cases}$$

で与えられ、障壁の正側 ($x > a$) には正方向に進む粒子のみが存在するときを考える。エネルギー E ($0 < E < V_0$) をもつ粒子の波動関数に対し、 x の各区間における関数形と、各境界における条件を書き下せ。

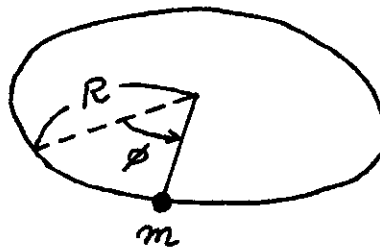
2) 障壁の厚さ a が $V_0 a = \lambda$ (λ は一定) をみたすように $a \rightarrow 0$ の極限をとるとき、障壁による粒子の反射率と透過率を求めよ。

3) 2) で考えた障壁に加え、 $x < -b$ ($b > 0$) の領域で $V(x) = +\infty$ である場合を考える。やはり $x > a$ では正方向に進む粒子のみが存在するとする。このとき、波動関数に対する境界条件を用いて、波数 $k = \sqrt{2mE}/\hbar$ のみたす方程式を導出せよ。

4) この方程式が k の実数解をもたないことを示し、その理由を考察せよ。 □

問題 (2)

半径 R の円周上を運動する質量 m の粒子を考える。粒子の位置を円の中心から見た角度 ϕ で指定する。



- 1) 粒子に外力が働いていないとき、この粒子の運動を記述するラグランジアンを書け。
- 2) 正準運動量を求め、ハミルトニアンを導け。
- 3) この系を量子化したとき、定常状態の波動関数 ψ が次の方程式をみたすことを示せ。

$$\frac{\hbar^2}{2mR^2} \frac{d^2\psi}{d\phi^2} + E\psi = 0.$$

- 4) すべてのエネルギー固有値 E_k と対応する固有関数 ψ_k を求めよ。
- 5) この系にポテンシャル $V = V_0(1 - \cos \phi)$ で記述される外力を加えたとする。 V_0 が十分小さいとして、基底状態と第一励起状態のエネルギー固有値を V_0 のオーダーまで求めよ。
- 6) 上で求めた答えがよい近似であるための条件を述べよ。
- 7) ポテンシャルが $V = V_0(1 - \cos 2\phi)$ のとき、5) の答えはどう変わるか。
- 8) 5) のポテンシャルで、今度は V_0 が非常に大きい場合を考える。このとき半径 R は $V_0/R^2 \equiv \mu$ が一定になるように V_0 とともに変化させる。 V_0 の大きい極限での基底状態のエネルギー固有値を求めよ。

物理学 IV

以下の問題(1)及び問題(2)を別々の解答用紙に解答せよ。

問題(1)

質量 m 、振動数 ω の 1 次元調和振動子を考える。

- (a) 平衡点からの位置を x としてそのハミルトニアン H_x を書き下せ。プランク定数を \hbar とする。さらに、 H_x を、 $\xi = \sqrt{\lambda}x$ 、 $\lambda = m\omega/\hbar$ と変数変換した時のハミルトニアン H_ξ を求めよ。
- (b) 演算子 a と a^\dagger を下記のように定義する。

$$a = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\xi + \frac{d}{d\xi}\right), \quad a^\dagger = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\xi - \frac{d}{d\xi}\right). \quad \square$$

演算子 a と a^\dagger の交換関係 $[a, a^\dagger]$ の値を求めよ。

- (c) 上で求めた H_ξ を a と a^\dagger を用いて書き表せ。
- (d) H_ξ の固有関数を $\psi_n(\xi)$ とする (n は波動関数の量子数、 $n = 0, 1, 2, \dots$)。この時、

$$a\psi_n = \sqrt{n}\psi_{n-1}, \quad a^\dagger\psi_n = \sqrt{n+1}\psi_{n+1},$$

なる関係式が成り立つ。この事を用いて、 H_ξ の固有値 E_n を求めよ。

- (e) 基底状態の波動関数 $\psi_0(\xi)$ を求めよ。但し、規格化定数は求めなくて良い。
- (f) 第一励起状態の波動関数 $\psi_1(\xi)$ を求めよ。但し、規格化定数は求めなくて良い。

問題(2)

空間的に一様な磁場 B 中の電子のスピン運動を考える。スピンを S 、 g 因子を g 、ボア磁子を μ_B とした時、磁気モーメントは $M = -g\mu_B S$ である。このスピン系のハミルトニアンは $H = -M \cdot B$ で与えられる。

- (a) スピン成分 $S = (S_x, S_y, S_z)$ の満たす交換関係を書け。
 (b) スピン成分 S_j とパウリ行列 σ_j の関係を書け。但し、パウリ行列は

$$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

で与えられる。

- (c) 静磁場中のスピンの歳差運動を行う事を示そう。任意の時刻での波動関数は次の様に書ける。

$$\psi(t) = \begin{pmatrix} \alpha(t) \\ \beta(t) \end{pmatrix}$$

磁場 B が静磁場 $B_0 = (0, 0, B_0)$ であるとして、Schrödinger 方程式を解け。但し、 $\omega_0 = g\mu_B B_0$ と置け。

- (d) 上の静磁場 B_0 に加えて、これに垂直な平面 ($x-y$ 面) 内に振動する磁場 B_1

$$B_{1x} = B_1 \cos \omega t, \quad B_{1y} = B_1 \sin \omega t, \quad B_{1z} = 0$$

をかけた時の運動を調べる。波動関数を問(c)と同様に表し、パウリ行列の表式を用いて Schrödinger 方程式を具体的に書き下せ。但し、 $\omega_1 = g\mu_B B_1$ と置け。

- (e) 問(d)の方程式を解く為に、次のような変換を行った関数 ϕ を導入する。

$$\phi(t) = \begin{pmatrix} a(t) \\ b(t) \end{pmatrix}, \quad a(t) = \alpha(t) \exp \frac{i\omega t}{2}, \quad b(t) = \beta(t) \exp \frac{-i\omega t}{2}$$

問(d)の Schrödinger 方程式は

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} a(t) \\ b(t) \end{pmatrix} = -i \frac{\Omega}{2} \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & -\cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a(t) \\ b(t) \end{pmatrix}$$

と変形される事を示せ。ここに現われる $\sin \theta, \cos \theta, \Omega$ を $\omega_0, \omega_1, \omega$ を用いて表せ。

- (f) さて $D^2 = 1$ を満たす任意の行列 D と任意の数 λ に対して次の関係式が成り立つ。

$$e^{i\lambda D} = \cos \lambda + i D \sin \lambda$$

この事を利用して上記の Schrödinger 方程式を解き、 $\phi(t)$ を求めよ。

- (g) 時刻 $t = 0$ で磁気モーメント M が z 軸の方向を向いていたとして、後の任意の時刻 t でそれが逆向きになる確率を求める。即ち、 $\alpha(0) = 1, \beta(0) = 0$ として、 $|\beta(t)|^2$ を計算せよ。逆向きになる確率が 1 になる事があるか？ その為の条件 (共鳴条件) を求めよ。

物理学V

- ◆物理学Vは5問のうちから2問を解答する**選択問題**です。
- ◆問題(1)から問題(5) {V-1-1 ; V-2-1 ; V-3-1/2、
2/2 ; V-4-1 ; V-5-1/2、2/2} の中から**2問を選択**して解答しなさい。
- ◆問題(3)と問題(5)は問題が2枚になっています。
- ◆解答用紙には選択した番号(例：物理学V-問題(1))と受験番号を記入して、**2枚とも提出**すること。

物理学 V

問題 (1)

- 1) 磁場の強さを測定する場合に次のものを使う方法がある。各々について測定
の原理を述べよ。
- 核磁気共鳴
 - ホール効果
- 2) 図1のように磁場の強さ H 、磁場勾配 dH/dx である点 A に試料を置いた。試
料が次の三つの場合の各々について磁場の強さを零から増していったときの試料に
かかる力の変化をグラフに描き説明を加えよ。簡単のために磁場勾配は一定と考
え、重力の影響は無視する。
- 常磁性体
 - 強磁性体 (磁気転移温度以下)
 - 反磁性体

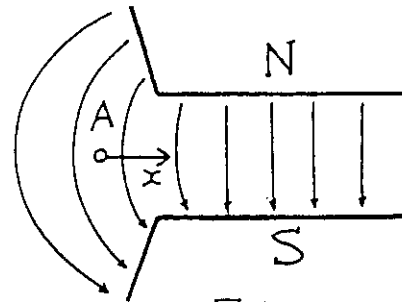


図 1.

- 3) 磁性体は高温での常磁性状態から低温での磁気整列状態へと転移する。このとき
いろいろな物性に変化が見られる。金属強磁性体を取りあげ、その磁気転移温度
を検出する実験方法を三つ以上あげて、その各々について磁気転移に伴う変化の概
略をグラフに描き説明を加えよ。

物理学V 問題(2)

1) 下記の4個の光学部品があるが、どれがどれかはわからない。偏光のない単色光のランプとスクリーンだけでこれらの部品を識別するには、どのようにしたらよいか?

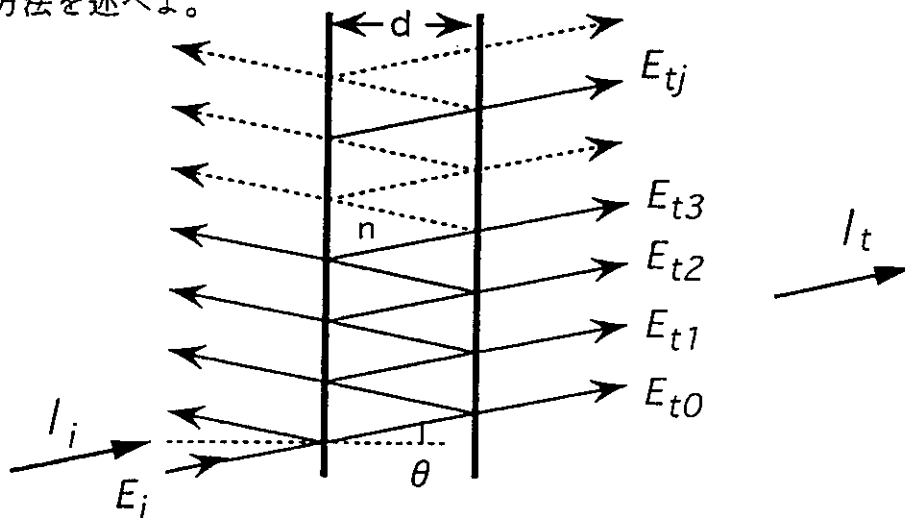
直線偏光子	2個
四分の一波長板	1個
二分の一波長板	1個

2) 光の回折は、主にフラウンホーファー回折とフレネル回折の2つの場合に分けて考えることができる。各々1つ例を挙げて説明し、2つの違いを述べよ。実験配置図も示せ。

3) 下図のように、間隔 d で屈折率 n の媒質でみたされた平行な二枚のガラス板がある。真空中での波長 λ_0 の単色光が入射した場合を考えて見よう。ここで、ガラス板の厚さは無視して良い。ガラス板の媒質側の面は、高い反射率 R の材料で被覆してある。そのために、入射角 θ が小さい場合には、入射光は多重反射を繰り返し、透過光の電場 E_{tj} ($j=0, 1, 2, \dots$) の光路が異なるために干渉を起こす。

次の問に答えよ。被覆した材料での位相差と吸収は無視して良い。

- E_{t0} と E_{t1} の光路差 δL と位相差 $\delta \phi$ を求めよ。
- 透過光が干渉しあって強めあう条件を求めよ。
- 透過光強度 I_t / I_i を求めよ。
- 透過光が強めあう条件を変化させることにより、この干渉計を用いて波長を測定することができる。波長を測定する場合に変化させる物理量を2つ示し、その2つの方法を述べよ。



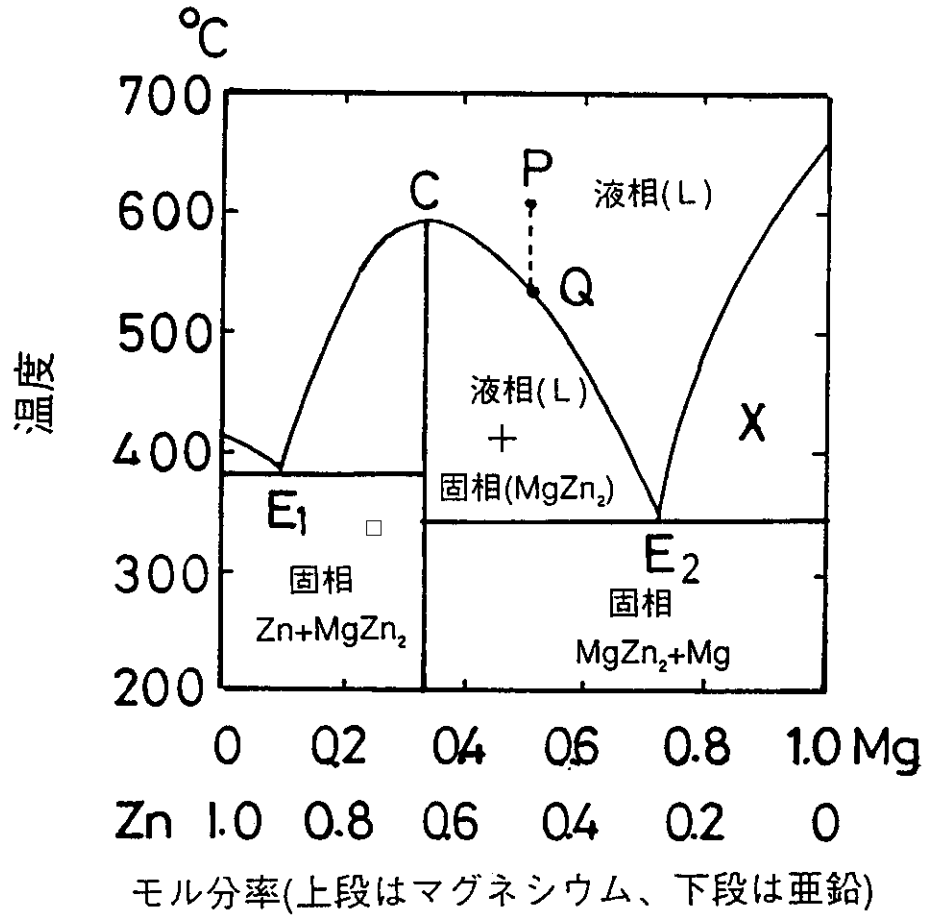
物理学 V

問題(3)

温度測定と熱分析に関する以下の設問に答えなさい。

- 1) 抵抗温度計を用いた温度測定では 13 K~680 K の広い温度領域で白金抵抗温度計が使用され、また、30 mK~70 K 程度の低温ではゲルマニウム抵抗温度計も使用されている。これに関して、次の問いに答えなさい。
 - a) 白金およびゲルマニウムで温度が測定できる理由を述べ、それぞれどのような特徴があるかも示しなさい。
 - b) 温度の定点として水の三重点が用いられる理由を述べなさい。
 - c) 抵抗温度計の自己加熱とはどのような現象かを述べ、これを補正する方法を一つ示しなさい。
- 2) 銅とコンスタントンの熱電対を使用して、試験管内の溶液の温度測定をする実験を行う。
 - a) このとき、次のものを配置して結線する図を描きなさい。
銅線(実線で示すこと)、コンスタンタン線(破線で示すこと)、補償導線(一点鎖線で示すこと)、デジタル・ボルトメーター(端子も描くこと)、基準接点(氷と水の共存した容器)、測定試料(試験管に入った液体)
 - b) ここで、デジタル・ボルトメーターの内部抵抗を r_0 、熱電対の抵抗を R としたとき、デジタル・ボルトメーターの電圧が V を示したならば、実際の起電力 V_0 はどのように表わされるかを示せ。
 - c) 熱電対で温度測定が行える理由を述べ、抵抗温度測定法と比べた特徴を挙げなさい。
- 3) 熱分析とは物質の温度を一定のプログラムに従って変化させながら、対象とする物質のある物理的性質を温度の関数として測定することである。次ページの図は融解した金属を冷却して凝固が始まる温度を Mg と Zn の 2 成分系の組成に対してプロットした融点図(相図または状態図の一種)である。この図から Mg のモル分率 0.33 に調和融点(図の C 点)が存在し、金属間化合物 $MgZn_2$ が生成すること、また、共融点 E_1 、 E_2 が存在することが分かる。これより、以下の設問に答えなさい。
 - a) 図の X の領域の状態を図中の表示を参考にして述べなさい。
 - b) 図の P の位置から開始し、200 °C まで冷却したときの状態の変化を、とくに Q 点に注目して説明しなさい。
 - c) 上の設問 b) の過程を冷却曲線(縦軸を温度、横軸を時間としたプロット)に表わしなさい。冷却曲線には、P、Q、 E_2 に対応する点を示すこと。

亜鉛—マグネシウム 2 成分系の融点図



物理学 V
問題(4)

- 1) あるアイソトープ(半減期は十分長い)から放射される β 線の最大エネルギーを、ガイガー計数管を用いて、Alの吸収曲線から求めた。その測定結果を図1に示す。またAl中の電子の飛程とエネルギーの関係を図2に示す。

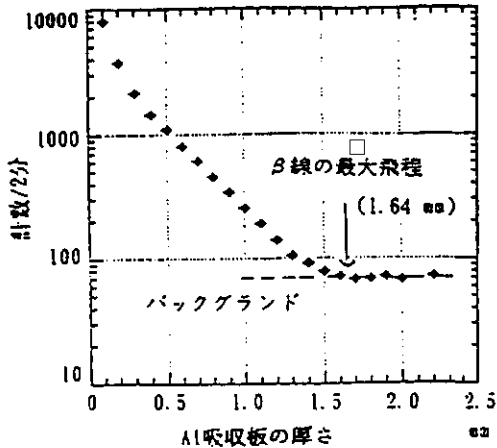


図 1

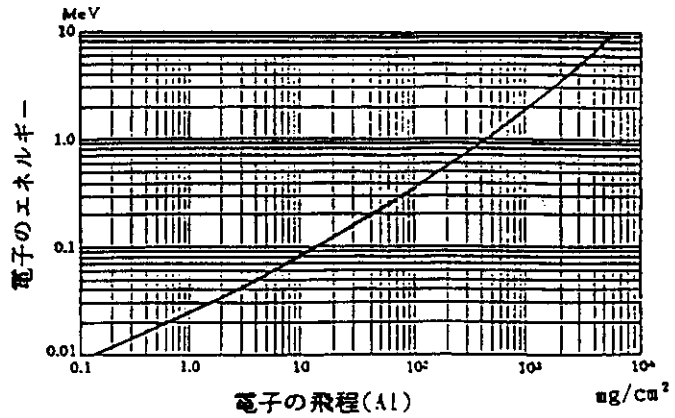


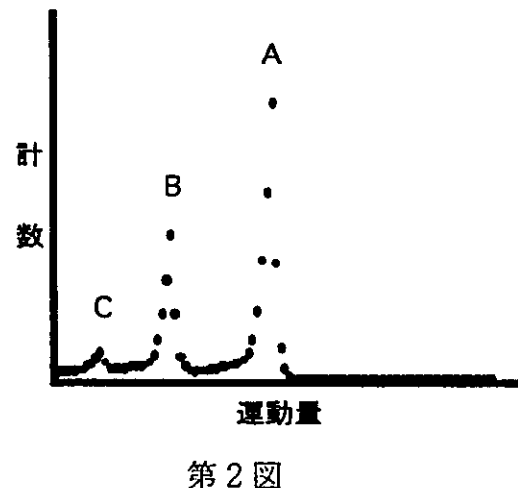
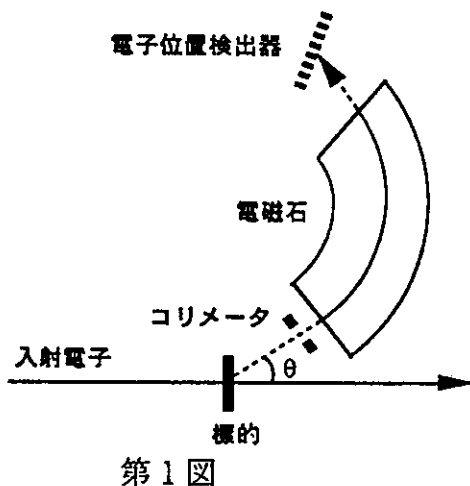
図 2

- a) 一定強度の放射線を一定時間測定した計数と、ガイガー計数管への印加電圧との関係を図で示せ(概念図でよい)。印加電圧はどのあたりに設定すれば良いか。図中に示せ。
- b) 図1の測定結果から、最大エネルギーの位置は、アイソトープ線源とガイガー計数管の間に挿入したAl吸収板の厚さが1.64mmのところであることが分かった。これは mg/cm^2 単位ではいくらに対応するか。ただしAlの密度を $2.69\text{g}/\text{cm}^3$ とする。
- c) 図1の測定結果には統計誤差(標準偏差)を記入していない。これを記入したい。計数が N の時の統計誤差はいくらか。また、測定の計数率(単位時間あたりの計数) n 、アイソトープのみに起因する計数率 n_0 、及びアイソトープのない時(バックグラウンド)の計数率 n_b に対する統計誤差をそれぞれ ϵ 、 ϵ_0 、 ϵ_b とすると、 ϵ_0 を ϵ 、 ϵ_b で表わせ。
- d) β 線の最大エネルギーはおよそいくらか。ただし、Alの吸収板がない時の線源とガイガー計数管のあいだの物質および計数管の窓の厚さの合計を、Al板に換算して $10\text{mg}/\text{cm}^2$ とする。
- e) ガイガー計数管の不感時間による数え落としの補正が必要である。このガイガー計数管の不感時間を t_0 とすると、実測された計数率が n のとき、補正された計数率 n_1 はいくらか。
- f) 不感時間を実験的に求める方法を一つ示せ。
- 2) 荷電粒子と、中性子を検出する方法を一つずつあげ、その原理を説明せよ。

物理学 V
問題 (5)

原子核による電子線の散乱実験を行った。実験装置の概念図を第1図に示す。電子線加速器からの運動量 $200\text{MeV}/c$ の電子を炭素(原子番号6、質量数12)の薄い標的に入射し、散乱された電子は一様な磁場を持つくさび型電磁石を通過する。電磁石の入口にはコリメータが設置されており、コリメータを通過した電子は磁場中で運動量に応じて異なる円弧を描いて電磁石出口の異なる場所に到達する。この場所には通過した電子の位置を検出する検出器があり、散乱電子の運動量を分析して計数することができる。尚、電子の通路は真空中にあるものとする。

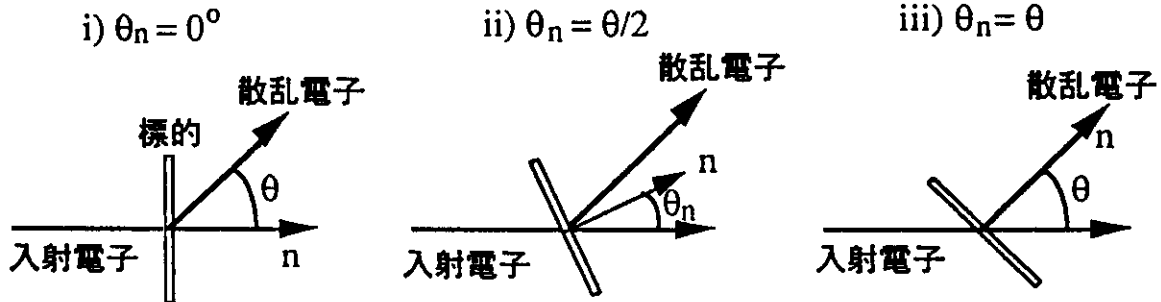
以下の問に答えよ。



1) 運動量 $200\text{MeV}/c$ の電子が電磁石のほぼ中央の軌道を通るように電磁石の磁場を設定して出口の位置検出器を通過する電子を計数したところ第2図のような運動量スペクトルが得られた。Aは弾性散乱、B及びCは炭素核を励起する非弾性散乱のピークである。以下の問に答えよ。

- A, B, Cのピーク位置の運動量を各々 P_A 、 P_B 、 P_C とする。 P_A 、 P_B 、 P_C を大きさの順にならべよ。
- ピークAとピークBの間隔は何を示すか答えよ。
- ピークが幅をもつ理由を三つあげよ。ただし、次の2)の問題にある、標的物質中での電子のエネルギー損失は除く。

- 2) 第2図のピークが幅をもつ理由の一つに電子の標的物質中でのエネルギー損失があげられる。このエネルギー損失が電子の物質中での走行距離に比例するとして、この原因によるピークの幅の拡がりを最小に抑えるための標的の置き方は下図の i), ii), iii)のうちどれが適当か理由を附して答えよ。ただし、標的は厚さが一定の板で、板面の法線を n 、法線と入射電子の成す角を θ_n 、散乱角を θ とする。



- 3) 以下の間に答えよ。

- a) 入射電子の運動量(P_i)と散乱電子の運動量(P_s)の差が小さいとき、電子が原子核に与える運動量(運動量移行)は、近似的に、 $2P_i \sin(\theta/2)$ で与えられる事を示せ。
- b) 運動量移行が上式で与えられる場合、散乱角 $\theta=60^\circ$ での弾性散乱ピークAのピーク位置の運動量を、MeV/c単位で、求めよ。
ただし、標的を通過する電子のエネルギー損失は無視せよ。
また、炭素原子核の質量は $m = 11.2 \times 10^3 \text{ MeV}/c^2$ 、電子の質量は小さいとし(すなわち、運動エネルギー=運動量 $\times c$)、原子核の運動は非相対論的にあつかってかまわない。

英語

問題（１）と問題（２）は別々の解答用紙に解答せよ。

問題（１）（英文和訳）

以下の英文の下線部（a）および（b）を和訳せよ。

A

The photon mediates the force of electromagnetism. In 1935 the Japanese theoretician Hideki Yukawa published an important paper asking what the characteristics might be of a particle that similarly mediated the forces of the nucleus. He predicted that such a particle should have a rest mass about two hundred times that of an electron, an energy at rest of about 100 MeV. In 1937 Seth Neddermeyer and Carl Anderson found a particle with that mass in cosmic rays, the "mesotron". Most nuclear physicists spent the war years secure in the belief that the mesotron was the particle Yukawa proposed and that it would be available for study when hostilities ceased.

(a)As it turned out, they were wrong. Three young Italian physicists hiding from Germans in a cellar in Rome originated modern particle physics by demonstrating that Neddermeyer and Anderson's muon, as it came to called, was almost completely unreactive. If it mediated nuclear force, it should have been highly reactive. The physics community fortunately had to endure this confusion for less than a year, from the Italian paper in 1946 until the cosmic-ray discovery in 1947 of the pion, a singly charged particle that fulfilled the Yukawa prediction of vigorous reactivity and decayed into the unreactive muon. Positive and negative pions turned up first; the neutral pion was discovered at Berkeley by Herbert York in 1950. Important experiments on the interactions between pions and nuclear particles were then done, notably by Enrico Fermi and Herb Anderson at the University of Chicago beginning in 1952.

(L.Alvarez)

cellar : 地下室

B

No scientific theory is a collection of facts. It will not even do to call a theory true or false in the simple sense in which every fact is either so or not so. (b) The Epicureans held that matter is made of atoms two thousand years ago and we are now tempted to say that their theory was true. But if we do so we confuse their notion of matter with our own. John Dalton in 1808 first saw the structure of matter as we do today, and what he took from the ancients was not their theory but something richer, their image: the atom. Much of what was in Dalton's mind was as vague as the Greek notion, and quite as mistaken. But he suddenly gave life to the new facts of chemistry and the ancient theory together, by fusing them to give what neither had: a coherent picture of how matter is linked and built up from different kinds of atoms. The act of fusion is the creative act.

(J. Bronowski)

notion : 概念

Epicurean : ギリシャ哲学エピキュロス派の学徒

問題 (2) (和文英訳)

次の文章はX線についての記述で、空白部分 (. . . .) では図1を用いてX線の発生について説明している。和文を英訳すると共に、空白部分のX線発生についての説明を英文 (50 語程度) で記述し、文章全体を完成せよ。

X線は1895年にドイツで Wilhelm Roentgen によって発見された。それ故、「レントゲン線」とも呼ばれる。X線は、光とは波長とエネルギーが異なった電磁放射である。X線の波長は非常に短いため、光が通過できないような物質を通過することが出来る。波長が短いほど、波はより透過しやすくなる。

X線は図1に示したX線管内で発生する。

今日、X線は医学、科学そして工業の分野において重要な役割を果たしており、人類にとって最も有用な道具の一つである。

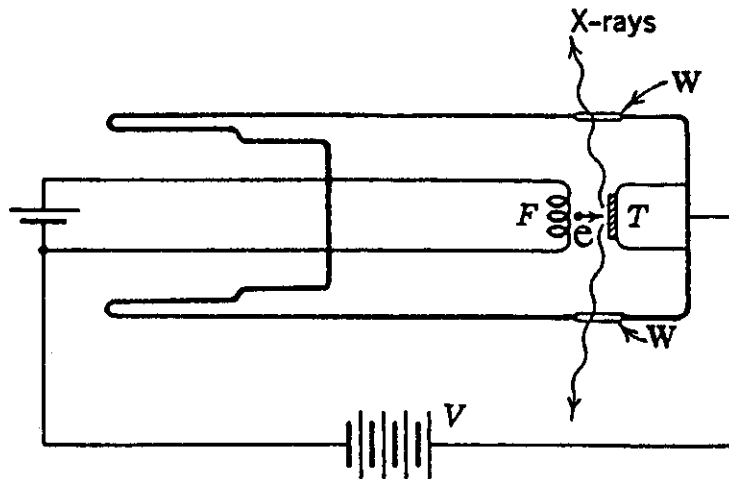


Fig. 1 X-ray tube. T, F, W and e indicate, respectively, a metallic target, a filament, a window of the tube and an electron emitted from the filament.