

受験番号		
------	--	--

氏名 _____

2004年9月 実施

2005年度

立教大学大学院 理学研究科 物理学専攻 博士課程前期課程 入学試験問題 (物理学)

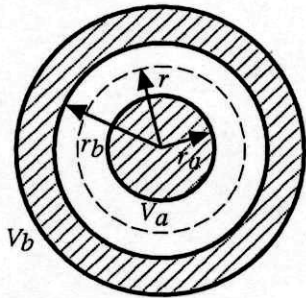
以下の注意事項をよく読み、遵守せよ。

- 配られた問題用紙と全ての解答用紙の上部に受験番号と氏名を記入せよ。
- 物理学の試験は4問の大問からなり、全ての問題に解答しなければならない。また、大問1問につき、解答用紙1枚を用い、解答用紙の左上に大問の番号を記入せよ。ただし、IV.の問題には専用の解答用紙を用いる事。
- 解答用紙が大問の数だけ配られている事を確認せよ。そうでない場合は挙手して試験監督者に伝える事。
- 解答用紙の裏面を使用しても良いが、その場合は裏面にも解答が記入されている事を、表面の下部に 裏に続く と注意書きする事で示せ。裏面には受験番号・氏名の記入は不要である。
- 質問がある場合は静かに挙手して試験監督者に伝える事。

I. 次の設問に答えよ。

1. 図 I-1 のような内半径 r_a 、外半径 r_b の同軸円筒形コンデンサーの内筒に V_a 、外筒に V_b の電位を与えた。中心から r ($r_a < r < r_b$) の位置の電位 V を求めよ。
2. 静止した水素原子に陽子が運動エネルギー E で入射してきた。重心系の衝突エネルギー E_{CM} はいくらか。また入射陽子が実験室系で θ の方向に散乱された時、重心系での散乱角 Θ はいくらか。ただし、衝突は弾性衝突とする。
3. ある物理量 A は物理量 a , b から

$$A = ab^2$$

で与えられる。 a , b の測定誤差がそれぞれ 1% のとき A の誤差はいくらか。

図I-1

II. 空間1次元系において、粒子が障壁に x の負の方向から入射される場合を考える。ここでは、ポテンシャルエネルギーを

$$V(x) = \begin{cases} 0 & : x < 0 \\ V_0 \text{ (正の定数)} & : 0 \leq x \leq a \\ 0 & : a < x \end{cases}$$

とし、粒子の質量を m 、入射エネルギーを E とする。以下の設問に答えよ。

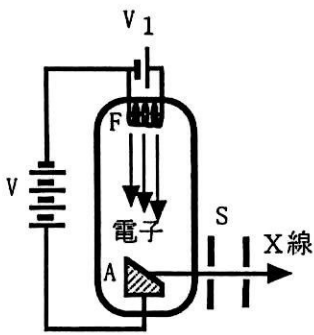
1. 上記の系のシュレーディンガー方程式を書け。さらに、波動関数を $\psi(x, t) = \exp(-\frac{iEt}{\hbar})u(x)$ とおいた場合、 $u(x)$ についての微分方程式を求めよ。
2. 粒子の入射、反射、透過を考慮し、 $u(x)$ の一般解を求めよ。さらに、 $x = 0$ と $x = a$ での境界条件を書け。
3. $E > V_0$ の時の透過率 T を求めよ。
4. $E > V_0$ の時、障壁を完全に透過する場合の入射粒子のエネルギーを求めよ。

III. 単原子分子からなる理想気体の分子 Q 個が容器の中に閉じこめられている。この容器の壁には、分子 1 個を吸着しうる吸着点が L 個ある。そして、その吸着点に吸着された分子は $-\epsilon$ ($\epsilon > 0$) のエネルギー状態にあるとし、また、この系の温度は T とする。ボルツマン定数は k_B と記す。以下の設問に答えよ。

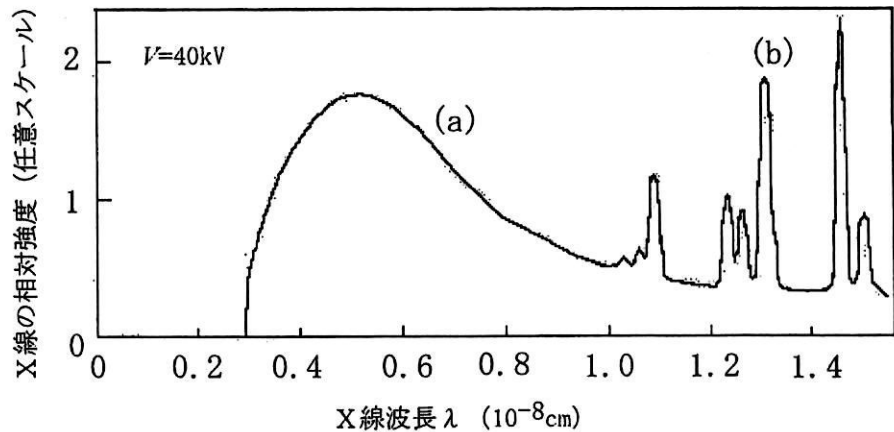
1. 容器の壁に吸着された分子数を M とし、それらの分子が吸着点に配置される仕方の数 (状態数) を考慮することによって、吸着された分子全体の系のエントロピー S を求めよ。また、この系の自由エネルギー F も求めよ。ここで、 L 、 M 、 $L-M$ は十分に大きいとする。また、 $x \gg 1$ の時の近似式 (スターリングの公式) は $\log x! = x(\log x - 1) + O(\log x)$ である。
2. 吸着された分子全体の系の化学ポテンシャル μ を求めよ。また、被覆比 $\theta = M/L$ を μ 、 ϵ 、 T 、 k_B を用いて表せ。この場合の化学ポテンシャルは自由エネルギー F を吸着された分子数 M で微分したものである。
3. 容器の壁に吸着していない理想気体の分子数を N とし、この吸着していない理想気体の化学ポテンシャル μ' を求めよ。ここで、分子の質量は m 、容器の体積は V とする。ただし、 $a > 0$ の時、 $\int_{-\infty}^{\infty} \exp(-ax^2) dx = \sqrt{\frac{\pi}{a}}$ である。
4. 粒子数についての熱平衡の条件 $\mu = \mu'$ を用いて、低温 ($k_B T \ll \epsilon$) の場合と高温 ($k_B T \gg \epsilon$) の場合での被覆比 θ の振る舞いを求めよ。ここで、 $Q \gg L$ とする。

IV. 図 IV-1 のような X 線管からの X 線スペクトルを測定したところ図 IV-2 のような結果が得られた。電子加速電圧 V は 40kV であった。次の設問に答えよ。

1. 図 IV-2 の (a) のような連続スペクトルの発生する原因を 150 字程度で述べよ。
2. 図 IV-2 の (b) のような線スペクトルの発生する原因を 150 字程度で述べよ。
3. X 線管の電子加速電圧を 40kV から 80kV に変えると観測される X 線スペクトルはどうか。解答用紙の所定欄に予測されるスペクトルを描け。
4. このような X 線スペクトル (波長分布) を得るためにはどのような装置が必要か。必要な装置とその原理を簡潔に述べよ。必要なら図を用いて説明しても良い。



図IV-1. X線管。
 V_1 : フィラメント加熱電源、
 F : 熱フィラメント、
 A : 陽極、 S : スリット、
 V : 電子加速電源



図IV-2.