

2002年度

京都大学 大学院理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻
宇宙物理学・天文学分野
修士課程

筆答試験 問題

応用数学 物理学 I

(200 点)

[時間 2 時間]

- 注意
1. 問題は6頁、4問題である。
 2. 解答は問題毎に別紙に作成すること。
 3. 答案用紙一枚毎に受験番号と氏名を記入すること。
 4. 問題用紙は持ち帰ること。

I

以下の2変数関数 $f(x, y)$ 、及び $z = f(x, y)$ で定義される曲面について設問に答えよ。

$$z = f(x, y) = \begin{cases} \frac{x|y|}{\sqrt{x^2+y^2}} & (x, y) \neq (0, 0) \text{ の場合} \\ 0 & (x, y) = (0, 0) \text{ の場合} \end{cases}$$

問1. 点 $(x, y) = (0, 0)$ を起点として x - y 面内で定義されるすべての方向に関して、点 $(0, 0)$ における $f(x, y)$ の方向微分を微分の定義式に基づいて求めよ。

[ヒント] 例えば、 $(0, 0)$ と $(\cos\theta, \sin\theta)$ を結ぶ方向への微小変化を考えればよい。

問2. 一般に、2変数関数 $g(x, y)$ について、

$$\left. \begin{aligned} g(x, y) - g(a, b) &= A(x - a) + B(y - b) + \varepsilon\sqrt{(x - a)^2 + (y - b)^2}, \\ \lim_{(x, y) \rightarrow (a, b)} \varepsilon &= 0 \end{aligned} \right\} \text{条件 [1]}$$

が成り立つとき、 $g(x, y)$ は点 (a, b) で全微分可能であるという。ただし、 A 、 B は定数である。このとき $A = \frac{\partial g}{\partial x}|_{a, b}$ 、 $B = \frac{\partial g}{\partial y}|_{a, b}$ となる。条件 [1] が成り立つことは、 xyz 座標で定義される曲面 $z = g(x, y)$ が点 $(x, y, z) = (a, b, g(a, b))$ において接平面を持つことに対応している。この条件式に含まれている、接平面の意味を簡潔に述べよ。

問3. 条件 [1] を用いて、 $f(x, y)$ が点 $(0, 0)$ において全微分可能かどうかを判定せよ。

問4. $g(x, y)$ 、 $\frac{\partial g(x, y)}{\partial x}$ 、及び $\frac{\partial g(x, y)}{\partial y}$ が連続関数ならば、 $g(x, y)$ は全微分可能である。このことを用いて、 $f(x, y)$ が点 (c, c) (ただし c は正の定数) において全微分可能であることを示せ。また、点 $(c, c, f(c, c))$ における $z = f(x, y)$ に対する接平面の方程式を求めよ。

II

n 次元実空間上の、 M 個の観測値ベクトル $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_M$ の集合の分布を最もよく表す直線 l を求める問題を考察する。簡単のため、直線 l は原点を通るものとし、 $\sum_i \mathbf{x}_i = \mathbf{0}$ とする。この直線の方向の単位ベクトルを \mathbf{p} とする。

問1 直線 l と観測点 \mathbf{x}_i の間の最短距離 d_i を、 \mathbf{p} と \mathbf{x}_i を用いて表せ。内積 (\cdot) やノルム $(\|\ \|)$ 等の記号を用いてよい。

この問題は、最小二乗法の考え方から、 $\sum_i d_i^2$ を最小にする \mathbf{p} を求める問題に帰着する。 $\|\mathbf{p}\| = 1$ を用いて変形すると、この問題は、さらに、 $S = \sum_i (\mathbf{p} \cdot \mathbf{x}_i)^2$ を最大にすることに帰着する。

以下、 \mathbf{x}_i は縦ベクトルとし、 $n \times n$ 行列 \mathbf{V} を、

$$\mathbf{V} = \sum_{i=1}^M \mathbf{x}_i \mathbf{x}_i^T \quad (1)$$

と記述する。ただし T は転置記号である。

問2 \mathbf{p} を n 次元縦ベクトルとした時、

$$S = \mathbf{p}^T \mathbf{V} \mathbf{p} \quad (2)$$

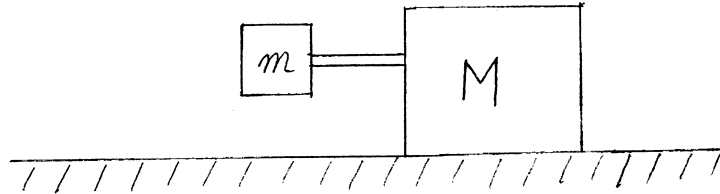
となることを示せ。

問3 行列 \mathbf{V} は対称行列であることに注意して、 S を最大にする \mathbf{p} は、 \mathbf{V} の最大固有値に対応する長さ1の固有ベクトルで表されることを示せ。

III

次の文章を読み、問1—問3に答えよ。

下図のように質量 M と質量 m ($M > m$) の剛体を、質量の無視できる棒でつないで床におく。質量 M の物体は床に接するが、質量 m の物体は常に宙に浮いていて、これらの系全体として傾くことはないとする。また、棒は常に二つの剛体をつないでいる。床との間で働く摩擦の、動摩擦係数は μ 、最大静摩擦係数は μ_0 とする。



問1 最初この系は静止していたが、棒が急速に ΔL だけのびて停止した。この時、質量 M の物体はどれだけ床にそって移動したか。ただし、床との間で働く摩擦力は、棒がそれぞれの剛体を押す力 F にくらべて十分小さく、無視できるとする。

問2 次に、棒を縮めて、質量 m の物体を一定の加速度 α で質量 M の物体の側に戻していく。ただし、この時の加速度 α は、棒が質量 M の物体に及ぼす力が最大静摩擦力以下になるようなものとする。棒の長さが元の長さに戻ったところで、突然縮めるのを止めたところ、質量 m の物体と質量 M の物体は同じ速度で動き出した。この時の速度を求めよ。

問3 その後、質量 M の物体はどれだけ移動して静止するか。また、この移動量を最大にする加速度 α を求めよ。

IV

下の文章の の中に適切な語句，式あるいは文章を入れよ。 と は導き方も答えよ。

単原子理想気体からなるガス球のエントロピーについて考えてみよう。まず

気体の温度	T	
気体の密度	ρ	
気体の圧力	P	
気体の分子量	μ	
アボガドロ数	N_A	
ボルツマン定数	k	
気体の単位質量あたりの内部エネルギー		E
気体の単位質量あたりのエントロピー		S
ガス球の質量	M	
ガス球の半径	R	
重力加速度	g	
重力定数	G	

とおく。

ガス球が無限小の可逆変化を受けたとき，内部エネルギーの変化は

$$dE = T dS - P d\left(\frac{1}{\rho}\right) \quad (1)$$

を与えられる。第一項は系に加った であり，第二項は が系になした仕事である。

式(1)を書き直して

$$T dS = dE + P d\left(\frac{1}{\rho}\right) \quad (2)$$

となる。

一方, 内節エネルギーと圧力は

$$E = \frac{3}{2} \frac{N_A \boxed{\quad}}{\mu}, \quad (3)$$

$$P = \frac{\beta N_A \boxed{\quad}}{\mu} \quad (4)$$

と表わされる。

ガス球の半径が変わる ときの エントロピーの変化は

$$\frac{dS}{dR} = \frac{N_A k}{\mu} \frac{d}{dR} \left(\boxed{\quad} \right) \quad (5)$$

となる。積分を実行して

$$S = \frac{N_A k}{\mu} \left(\boxed{\quad} \right) + \text{const.} \quad (6)$$

を得る。この式から, 気体が $\boxed{\quad}$ 的に変化するとき, エントロピーは一定であることが分る。

ガス球が静水圧平衡を保つたまま, ゆっくり重力を収縮するものとす。次元解析から, ガス球の密度と重力加速度の概略値は

$$\rho \approx \frac{M}{R^3}, \quad (7)$$

$$g \approx \frac{G \boxed{\quad}}{R^2} \quad (8)$$

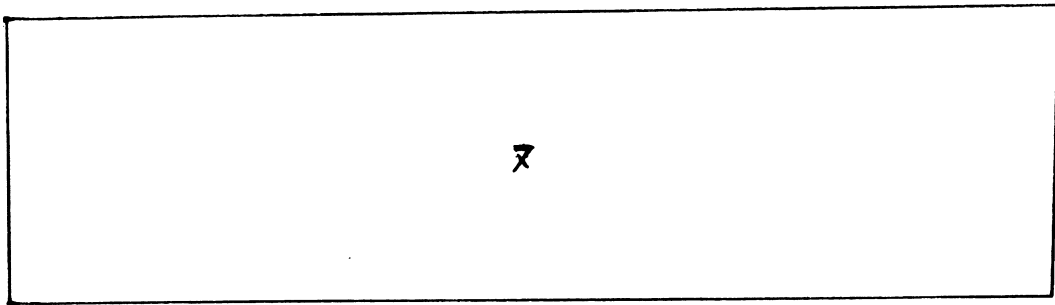
となる。さらに, 静水圧平衡の式を用いて 圧力の概略値とすくと

$$P \approx \frac{GM^2}{\boxed{\quad}} \quad (9)$$

となる。これを 用いて 式(6)から ガス球全体の エントロピーは

$$S_{\text{sp}} = M \frac{3}{2} \frac{NAk}{\mu} \boxed{\text{チ}} . \quad (10)$$

ここで積分定数は 0 にとった。したがって静水圧平衡を保ちながら重力収縮するとき、このガス球の全エントロピーは $\boxed{\text{リ}}$ する。その物理的理由は



である。

2002年度

京都大学 大学院理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻
宇宙物理学・天文学分野
修士課程

筆答試問 問題

応用数学 物理学 II

(200 点)

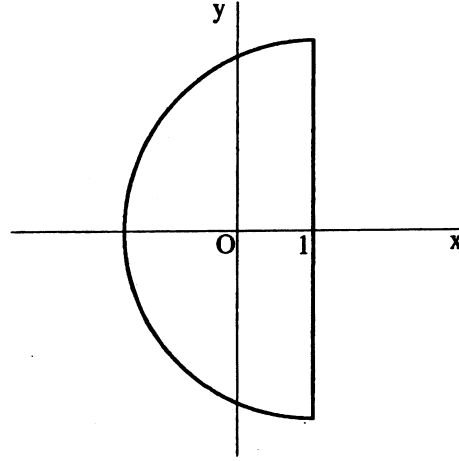
[時間 2 時間]

- 注意
1. 問題は4頁、4問題である。
 2. 解答は問題毎に別紙に作成すること。
 3. 答案用紙一枚毎に受験番号と氏名を記入すること。
 4. 問題用紙は持ち帰ること。

I

複素数を $z = x + iy$ として、図に示す積分路に沿う積分から $I(a)$ を求めよ。ただし $a > 1$ とする。

$$I(a) = \frac{1}{2\pi i} \lim_{y \rightarrow +\infty} \int_{1-iy}^{1+iy} \frac{a^z}{z^2} dz$$



II

理想気体中の等温衝撃波を考える。衝撃波が静止して見える系では、流れは衝撃波の上流で超音速であり、下流では亜音速になる。このような系において、衝撃波の上流の密度、速度、圧力を各々 ρ_1, v_1, p_1 、下流の密度、速度、圧力を各々 ρ_2, v_2, p_2 とする。ただし上流、下流のそれぞれの領域で物理量は一様とする。このとき衝撃波の上流と下流の間には運動量保存則、

$$\rho_1 v_1^2 + p_1 = \rho_2 v_2^2 + p_2 \quad (1)$$

が成り立っている。また、衝撃波の上流と下流の気体の温度は等しいとする。

以下の問いに答えよ。

問1 衝撃波の上流と下流の間で成り立つ質量保存則を記せ。

問2 質量保存則と運動量保存則を用いて $v_1 > c$ ならば、 $v_2 < c$ となることを示せ。ただし、 $c = (p_1/\rho_1)^{1/2} = (p_2/\rho_2)^{1/2}$ は等温の場合の音速であり、上流と下流で等しい。

問3 衝撃波マッハ数 ($M_1 = v_1/c$) が 10 のとき、気体の圧縮率 (ρ_2/ρ_1) はいくらになるか？

問4 等温衝撃波の上流と下流におけるエネルギー流束 (エンタルピー流束と運動エネルギー流束の和) をそれぞれ求めよ。また、衝撃波通過後、エネルギー流束は増加するか、減少するか、あるいは変わらないか、その物理的理由とともに述べよ。ただし、理想気体は単原子からなるとする。

III

図1の様なプラズマ中に置かれた厚み a の薄く無限に広がったシート状の領域を考える。今、この領域中から正電荷が除外され、一様な数密度 n 、電荷 $-e$ の電子のみで満たされたとする。また、その外の領域は正負の電荷密度は等しく、電氣的に中性な状態であるとする。

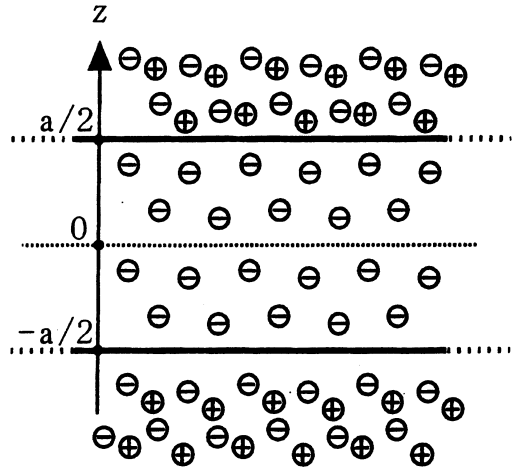


図1

問1 この時、ガウスの法則を利用して、このシート状領域内外での z 軸方向に沿った電場 $E(z)$ が以下の様になることを示せ。

$$\left\{ \begin{array}{l} E(z) = -\frac{ne}{\epsilon_0} z \quad (|z| \leq a/2) \\ E(z) = -\frac{ne}{2\epsilon_0} a \quad (z > a/2) \\ E(z) = +\frac{ne}{2\epsilon_0} a \quad (z < -a/2) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{ヒント:} \\ \cdot \text{ガウスの法則は一般に} \\ \int_S \{\mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{r})\} dS = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho(\mathbf{r}) dV \\ \cdot z=0 \text{ に対する対称性より、} E(-z) = -E(z) \text{ と考えて良い。} \end{array}$$

次に、電氣的に中性なプラズマ中に置かれた、厚さ d の薄く無限に広がったシート状領域を考える。正負の電荷 ($-e, +e$) の数密度は共に n であるとする。

今、このシート中の全負電荷を微小距離 ξ だけ $+z$ 方向に移動させる。するとシートの $+z$ 側の面に厚さ ξ の負電荷優勢の領域が、 $-z$ 側の面に厚さ ξ の正電荷のみの領域ができる (図2) ため、このシートの間には z 軸方向に沿った電場が発生し、それによる復元力のために負電荷は z 軸に沿って振動し始める。

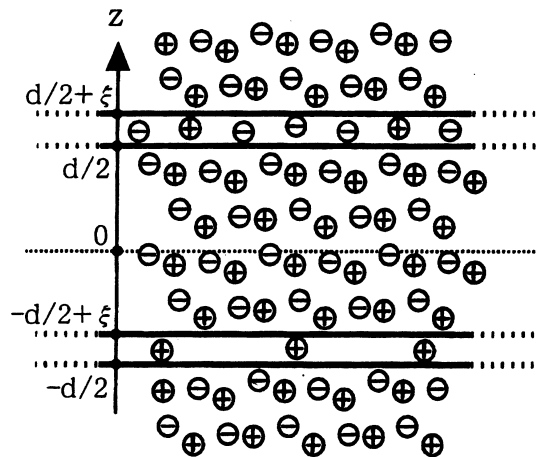


図2

問2 図2のような状態において、問1の結果を参考に、シート間の電場 $E(z)$ を求め、シート中の単位体積当たりの負電荷が受ける復元力は、 $-(n^2 e^2 / \epsilon_0) \xi$ となることを示せ。ただし、幅 ξ の2つの領域以外では、正負の電荷密度は等しい状態を保っているとする。

問3 単位体積当たりの負電荷に対する運動方程式を解くことにより、この振動の振動数 ω を求めよ。負電荷1個の質量は m とする。ただし、ここでは電氣的な力以外の効果は無視してよい。なお、この ω は、プラズマ振動数と呼ばれるものである。

IV

質量 m の 1 個の粒子に対する波動関数 $\psi(\mathbf{r}, t)$ に対して、あるベクトル量 \mathbf{J} を

$$\mathbf{J} = \text{Re}\left[\psi^* \frac{\hbar}{im} \nabla \psi\right] \quad (1)$$

と定義する。ここで $\text{Re}[\]$ は複素数の実数部分を表し、 \hbar をプランク定数として $\hbar = h/2\pi$ である。

問1 式(1)で定義された \mathbf{J} に対して、 ψ を実数部 ψ_R と虚数部 ψ_I に分けて $\psi = \psi_R + i\psi_I$ として計算し、

$$\mathbf{J} = \frac{\hbar}{2im} \{\psi^* \nabla \psi - (\nabla \psi^*) \psi\} \quad (2)$$

となることを示せ。

問2 V をあるポテンシャルとして、 ψ はシュレーディンガー方程式

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + V\psi \quad (3)$$

を満たす。このことを用いて確率密度 $P(\mathbf{r}, t) = |\psi(\mathbf{r}, t)|^2$ に関する式

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \text{div} \mathbf{J} = 0 \quad (4)$$

か成り立つことを示せ。

問3 ψ が平面波 $A \exp\left\{\frac{i}{\hbar}(\mathbf{p} \cdot \mathbf{r} - Et)\right\}$ の時、 \mathbf{J} を定義に従って計算せよ。またこの結果を参考にして、式(4)と流体力学の連続の式との類似性をもとに、 \mathbf{J} の物理的意味を述べよ。

2002年度

京都大学 大学院理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻
宇宙物理学・天文学分野
修士課程

筆答試問 問題

天文学

(200 点)

[時間 2 時間 30 分]

- 注意
1. 問題冊子は7頁である。
 2. 問題Ⅰ、Ⅱ、Ⅲのうちから、2問題を選択して解答せよ。
 3. 解答は問題毎に別紙に作成すること。
 4. 答案用紙一枚毎に受験番号と氏名を記入すること。
 5. 問題用紙は持ち帰ること。

I

球対称である恒星の構造を決める基本的方程式は、連続の式

$$\frac{dM(r)}{dr} = 4\pi r^2 \rho \quad (1)$$

と静水圧平衡の式

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{GM(r)}{r^2} \rho \quad (2)$$

である。ここで、 $M(r)$ は半径 r 内に含まれる質量、 ρ は密度、 P は圧力、 G は万有引力定数である。圧力 P と密度 ρ の間に

$$P = K\rho^\gamma = K\rho^{1+1/n} \quad (3)$$

が常に成り立つとすると、(1) 式から (3) 式だけで、恒星の構造を決めることができる。(3) 式が成り立つようなガスをポリトロープといい、 n をポリトロピック・インデックスとよぶ。

以下では、ポリトロープからなる恒星について考察しよう。ポリトロープからなる恒星は、考察が簡単であるだけでなく、多くの恒星の構造のよい近似になっている。

問1 (2) 式とポアッソンの方程式より、

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(\frac{r^2}{\rho} \frac{dP}{dr} \right) = -4\pi G \rho \quad (4)$$

が成り立つことを示せ。

問2 (3) 式を用いて、(4) 式は無次元変数 θ 、 ξ を用いると

$$\rho = \lambda \theta^n \quad (5)$$

$$r = \alpha \xi \quad (6)$$

と置くことにより、無次元化された方程式

$$\frac{1}{\xi^2} \frac{d}{d\xi} \left(\xi^2 \frac{d\theta}{d\xi} \right) = -\theta^n \quad (7)$$

が得られることを示せ。(7) 式は Emden 方程式と呼ばれる。

問3 (7) 式は非線形 2 階の常微分方程式であるため、通常は数値計算で解かなくてはならない。ところが、(7) 式は $\xi = 0$ が特異点であるため、 $\xi = 0$ から数値的に解くことができない。そこで、 $\xi = 0$ の近傍は、解析的に求めた級数解を用い、有限の ξ から、数値的に解を求める。初期条件

$$\theta(0) = 1, \quad \left. \frac{d\theta}{d\xi} \right|_{\xi=0} = 0 \quad (8)$$

を満たす、 $\xi = 0$ 近傍の級数解の ξ^2 の係数を求めよ。

問4 Emden 方程式は特別な n の場合には、解析解を持つ。(8) 式を満たす、 $n = 1$ の場合の解析解を $\theta = f/\xi$ と置くことにより求めよ。

問5 星の半径は、密度が零になるところで決まる。 $n = 1$ の場合の星の半径 R (無次元化されたものでなく、次元のある量) を求めよ。 $K = 4 \times 10^9 \text{ Nm}^4/\text{kg}^2$ である時の星の半径を有効数字 1 桁まで求めよ。ただし万有引力定数は $G = 7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ である。

問6 問5 で求めた星の半径は、物理定数 G 、 K のみに依り、 λ (中心密度) には依存しない。このことの物理的意味を考察せよ。

II

次の問題を読んで、問に答えよ。

皆既日食の際に肉眼で見られる、コロナの連続光の主要部分はKコロナと呼ばれ、自由電子が太陽表面からの光を散乱したものである。図1は、観測者の視線方向を含む面で切った太陽本体とその外側のコロナを表している。以後この設問では、簡単のために球対称のコロナを考えることにする。観測されるKコロナの放射強度 I_k は、視線方向 (x 軸) に沿って分布している自由電子による散乱光の和であるので、次のように表される。

$$I_k = \int_{-\infty}^{\infty} \sigma N(r) I(r) dx \quad (1)$$

ここで、 σ は散乱断面積、 $N(r)$ は、太陽中心からの距離 r におけるコロナ電子密度である。また、 $I(r)$ はその点のコロナが太陽表面から受ける平均放射強度である。しかし図1のように、太陽の縁のすぐ外側で観測されるKコロナの放射強度に対しては、次のような簡単な近似式を用いることができる。

$$I_k = \sigma_0 R N_0 I_0 \quad (2)$$

ここで、 I_0 は太陽表面の平均放射強度、 N_0 はコロナ底部の平均電子密度を表している。 R は太陽半径で、 $R = 7.0 \times 10^8$ m である。また、 σ_0 は、この場合における σ の近似値で、 $\sigma_0 = 3.3 \times 10^{-29} \text{m}^2$ である。

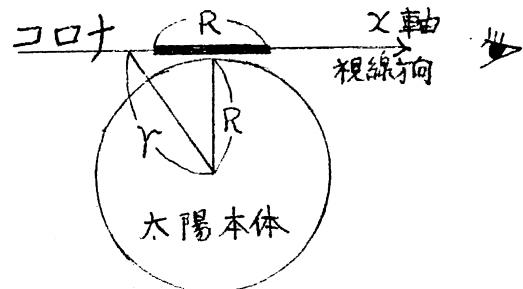
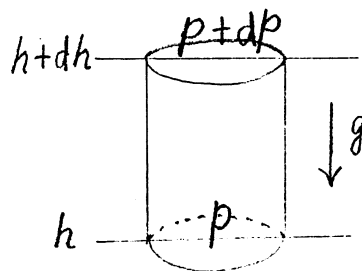


図 1

問1 観測によると、太陽縁のすぐ外側のKコロナの放射強度は太陽表面の平均放射強度の約 10^5 分の1である。このことから、コロナ底部における平均電子密度を求めよ。

次に、コロナガス中の力学平衡状態について考える。図2には、太陽表面からの高さ h におけるコロナガスの円柱が示されている。円柱の高さは dh 、上底下底のガス圧を $p+dp$ および p 、ガスの密度を ρ とする。



問2 コロナ中に静水圧平衡が成り立っているとした場合、円柱に働く力の釣り合いの式を書け。ただし、重力の加速度 g は高さによらず一定であるとせよ。

問3 コロナの温度が、一様な値 T であるとした時、スケールハイト H (密度が $1/e$ すなわち、約 $1/2.7$ に落ちるまでの距離) が $H = kT/(\mu mg)$ で表されることを示せ。ここで μ は平均分子量、 m は陽子の質量であり、 k はボルツマン定数である。

これまでになされた K コロナの多くの観測から、コロナ中の電子密度 $N(r) \text{ m}^{-3}$ の高さ変化は次のような近似式で表されるという結果が得られている。

$$N(r) = 4.2 \times 10^{4.2} \times 10^{4.4/r} \quad (3)$$

ただし、この式で、 r は太陽中心からの距離で、太陽半径 R を単位として測ったものである。コロナ中では、電子密度と陽子密度は近似的に等しいと考えて良いので、上の(3)式はそのまま陽子密度の高さ変化として用いることが出来る。

問4 コロナ中で電子密度と陽子密度が近似的に等しい、と考えられる理由を述べよ。

問5 上の(3)式により、 $r = 1.1$ のコロナ底部におけるコロナガス密度のスケールハイトを計算せよ。ただし、 $\log e = 0.43$ である。

問6 最初の間1において用いた(2)式のような簡単な近似式でも、コロナ底部の平均電子密度について、ほぼ正しい値を求めることができる。この近似が妥当である理由を考察して述べよ。

問7 以上の結果を用いて、コロナ底部における温度を計算せよ。ただし、 $\mu = 1/2$ 、 $m = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 、 $g = 2.7 \times 10^2 \text{ m/s}^2$ 、 $k = 1.4 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ とせよ。

III

ある種の銀河は星とガスからなる円盤状になっており、図1のように銀河中心の周りに星とガスが、近似的にはまったく同じように回転していると考えられている。回転運動の状態を詳しく知るには、原子や分子に特有の輝線スペクトルや吸収スペクトルを測定する方法が用いられる。

円盤を真横に近い方向から見ているある遠方の銀河について、水素の $H\alpha$ 線の分光観測を行なった。正確には真横でないが、以下の計算では傾き角は無視して良いものとする。この銀河の円盤の見かけの長軸は東西方向に伸び、長軸直径を見込む角は120秒であった。

この銀河の中心方向を $H\alpha$ 線で測定したところ、図2に示すような輝線スペクトルが得られた。この輝線がもつ波長方向の広がり、銀河中心部のガス運動を反映していると考えられる。その中心波長は、本来の $H\alpha$ 輝線の波長656.3 nmと比べて長波長側にずれていることに注意しよう。

次に東西に伸びた長軸の各点で $H\alpha$ 輝線のスペクトルを測定すると、各位置において図2と似たスペクトルが得られる。それらのスペクトルの中心波長 λ_c を、銀河の中心からの角度（角距離）を横軸にとって表示したものが図3である。これらの観測結果と関連した以下の問1～問4の問題の答えを解答用紙に記入せよ。

なお、本問題で使う物理定数や単位変換は以下の数値を用いよ。

$$\begin{aligned} \text{重力定数 } G &= 7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}, & \text{光速 } c &= 3 \times 10^8 \text{ m/s}, \\ \text{角度1秒} &= 5 \times 10^{-6} \text{ radian}, & 1 \text{ pc (パーセク)} &= 3 \times 10^{16} \text{ m}, \\ 1 \text{ Mpc (メガパーセク)} &= 10^6 \text{ pc}, & \text{太陽質量 } M_0 &= 2 \times 10^{30} \text{ kg} \end{aligned}$$

問1 この銀河までの距離はいくらかと推定されるか。また、この銀河の長軸の実際の長さをpc単位で求めよ。なお、ハッブル定数 H_0 は60 km/s/Mpcを使うこと。

注：ハッブル定数は、「宇宙膨張にともなう遠方銀河の後退速度は距離に比例する」というハッブルの法則における比例定数である。

問2 図3は、この銀河の円盤を構成している星とガスが回転運動（円盤内における回転円運動）をしている状況を示していると考えられる。銀河中心からの距離が約10"から45"程度までの範囲における回転運動の速度はいくらか。

問3 一般に、銀河の質量分布は星やガスの分布には必ずしも従わないで、むしろ球対称の分布をしている見えない物質（ダークマターと呼ばれる）が主たる質量を担っていると考えられている。そのような状況において、重力と遠心力がつりあって

円運動をしていると考えて、約 $10''$ から $45''$ 程度までの範囲における質量分布を
中心からの距離 r の関数として求めよ。

問4 図3で、銀河中心からの距離 r のさらに大きな領域においては、観測されたスペ
クトルの中心波長 λ_c は、銀河の中心部における値 λ_0 に近づく傾向が観測されてい
る。この部分（一点鎖線で表示）における観測結果は、 $|\lambda_c - \lambda_0| \propto r^{-1/2}$ の
曲線によりほぼ近似できることがわかっている。このことから、この銀河の質量分
布がどのような状況になっていると考えられるかを説明せよ。また、この銀河の総
質量は、大まかには太陽質量の何倍か、を計算の方法とともに示せ。

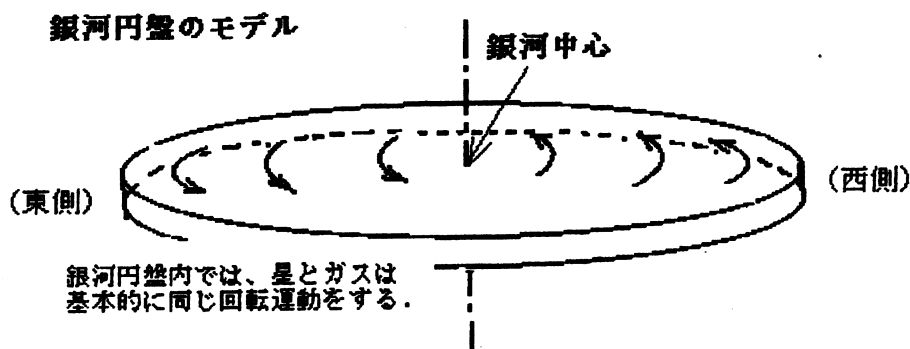


図1. 単純化した銀河円盤のモデル。ただし、円盤は剛体ではなく、回転速度は
中心からの半径に依存して変わること注意到のこと。

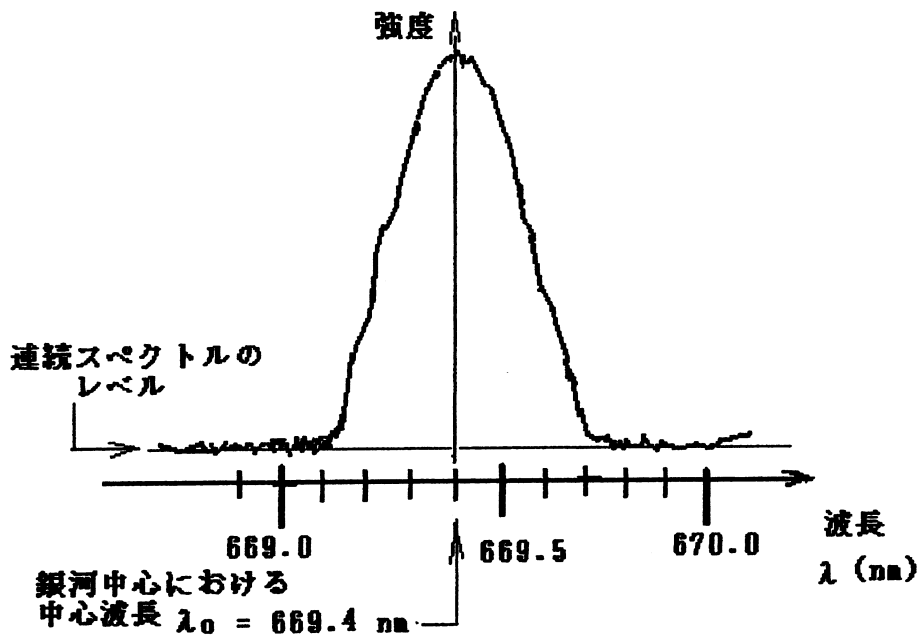


図2. 銀河の中心部のH α 輝線スペクトル。

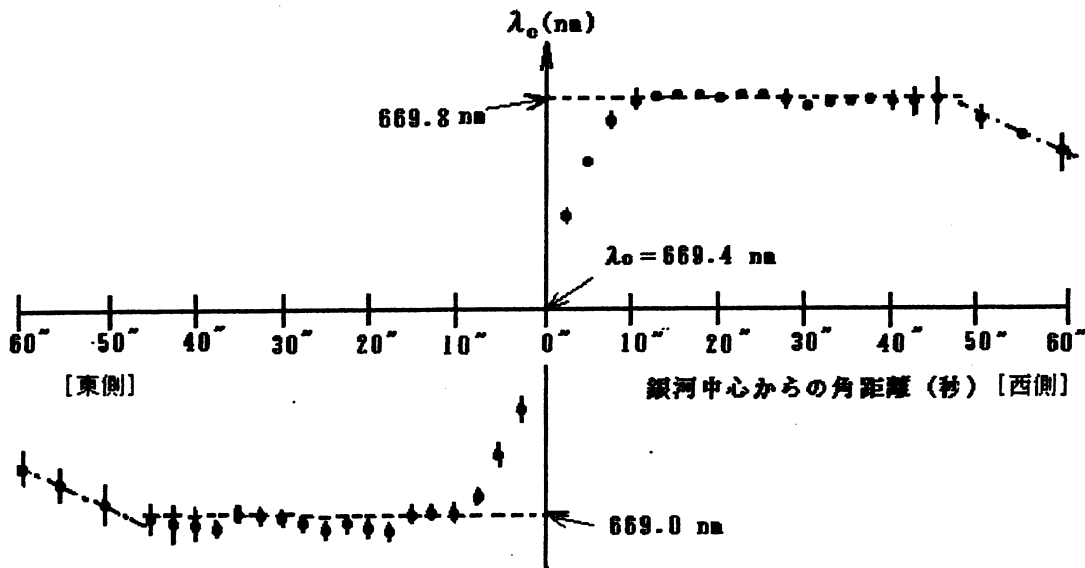


図3. H α 輝線スペクトルの中心波長の変化。横軸は銀河中心からの距離、縦軸は中心波長であり、それぞれの距離での輝線スペクトルの中心の波長が、測定誤差とともに示されている。

2002年度

京都大学 大学院理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻
宇宙物理学・天文学分野
修士課程

筆答試問 問題

英語

(100 点)

[時間 1 時間 30 分]

- 注意
1. 問題は 2 頁、1 問題である。
 2. 解答は別紙に作成すること。
 3. 答案用紙一枚毎に受験番号と氏名を記入すること。
 4. 問題用紙は持ち帰ること。

Hollow apologies should be avoided

(2000年2月24日号の
記事(坂本))

The head of the Max Planck Society is right to resist pressures to apologize for the actions of a previous generation. But acknowledgement and condemnation cannot come too soon.

A { **C** It is not within the moral authority of those who did not directly take part [in Nazi experiments on humans] to ask forgiveness for unforgivable crimes on behalf of others." Writing in the weekly newspaper *Die Zeit*, Hubert Markl, president of the Max Planck Society (MPS), puts his finger on a quandary that continues to deeply trouble many in the German scientific community: how should the postwar generation of scientists deal with the crimes committed in the name of medical research during the Third Reich?

Most scientists seem to agree that formal apologies to surviving victims of the experiments is in order, and long overdue. In the first decades after the war a conspiracy of silence reigned over the role of scientists supported by the Kaiser Wilhelm Society (KWS, the forerunner of the MPS) and the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) in such experiments. Silence was important to the scientists who moved into key positions in the postwar scientific community. It was broken in the 1980s when academics such as geneticist Benno Muller-Hill published evidence linking scientists who continued to head research institutes after the war to these crimes.

Pressure on the MPS and the DFG to apologize to the survivors of such experiments while they are still alive has increased, particularly since the 55th anniversary of the freeing from Auschwitz a few weeks ago. Many academics argue that Willy Brandt was prepared to kneel at the Warsaw ghetto 30 years ago and ask forgiveness for the crimes against Jews committed by Germans during the Third Reich (indeed, German president Johannes Rau only last week apologized in the Israeli parliament): surely representatives of research organizations should be prepared to do the same?

Apology too easy

However, what is generally accepted as appropriate action for Brandt, elected chancellor of a nation whose majority had lived through the war, appears not to be a simple matter to the war babies who now run German research organizations. Markl argues that apology is too easy and gives more to those who apologize — in particular an easing of conscience — than to those asked to accept the apology. B

Markl's views have not brought him popularity in a society that struggles with the concept of collective guilt. But his reasons for holding back are based on a morality that has been well thought through, resists emotional pressure and detachedly considers the position of those who are not personally responsible and of those, still alive, who suffered.

The crimes committed are too great to allow forgiveness, he argues. Baby-boomers should not trivialize them by seeking forgiveness on behalf of others now dead, who, for all we know, might not even regret what they did. Apologies are not useful to the victims. More important is an explicit portrayal of what happened. At Markl's behest, the MPS recently launched a five-year research programme, run by science historians who are completely independent of the MPS, into the history of the KWS during the Third Reich. Markl, who says that this should have happened years ago, wants to wait for the results of the programme before deciding if an apology is due, or helpful.

(後略)

Max Planck Society admits to its predecessor's Nazi links

(2001年6月14日号の
記事)

Hubert Markl, president of the Max Planck Society (MPS), has accepted that the management and staff of its predecessor society were involved in Nazi war atrocities, and has apologized to their victims.

His statement was in response to the findings of a group of science historians he commissioned in 1999 to investigate the role played by basic researchers of the Kaiser Wilhelm Society during the Second World War. This society, which was succeeded after the war by the MPS, was responsible for medical experiments undertaken at concentration camps.

Markl has long resisted issuing what he said would be an 'easy apology' (see *Nature* 403, 813; 2000). But now, he says, the historians have produced hard evidence that proves "beyond the shadow of a doubt that directors and employees at Kaiser Wilhelm Institutes co-masterminded and sometimes even actively participated in the crimes of the Nazi regime".

His apology was delivered at an emotionally charged meeting held by the historians on 7 June in Berlin, at the halfway point of their five-year investigation.

Eva Mozes Kor, who with her twin sister Miriam was one of about 250 subjects who survived a programme of human experimentation orchestrated by the geneticist Josef Mengele at the Auschwitz concentration camp in Poland, told the meeting of her personal experiences.

Three times a week, Mengele's twins were walked to the Auschwitz main camp for experiments. "We had to sit naked in a room. Every part of our body was measured, poked and compared to charts and photographed. Every movement was noted. We were injected with germs and chemicals and they took a lot of blood from us," she said.

Kor said that her way of coping was to forgive the perpetrators. However, a second survivor, Jona Laks, said that the crimes should be remembered and never forgiven.

Kor explained how she developed a life-threatening fever after one of the injections, and feigned recovery in order to rejoin the experiments. "Would I have died, Mengele would have killed Miriam with an injection to the heart and would have done comparative autopsies on our bodies. This is the way most of the twins died." C

Markl said that his apology was not a request for "removal of guilt", as the crimes were too heinous to allow such a release. By apologizing, both personally and on behalf of the MPS in proxy for the Kaiser Wilhelm Society, Markl said: "I am referring to the sincerest expression of deepest regret, compassion, and shame at the fact that crimes of this sort were committed, promoted, and not prevented within the ranks of German scientists."

He also apologized for the fact that the MPS had taken so long to begin its investigation, which he claimed was partly due to "a lack of willingness on the part of [some] inside and outside the Max Planck Society to face up to their historical responsibility".

Kor, who was one of ten survivors present at the meeting and is a founder of the survivors' group Candles, called the apology a "courageous gesture".

次のページの英文は、Nature 誌（イギリスの科学雑誌）に、昨年2月と、今年6月に掲載された記事である。この文を読んで、以下の問いに答えよ。

問1 Aの部分を和訳せよ。

問2 Bの部分を和訳せよ。

問3 Cの部分を和訳せよ。

問4 2つの記事をまとめた要約を200語程度の英文で書き、また、表題をつけよ。

注

1. Max Planck Society (MPS)

マックスプランク協会。理科系および文化系の全分野を網羅しているドイツ最大規模の公的な科学研究機関。

2. Third Reich

第3帝国。ナチス政権下のドイツの別称。

3. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

ドイツ研究財団。ドイツの科学研究資金のほとんどを扱う公的機関。

4. Auschwitz

ナチス政権支配下で大きなユダヤ人強制収容所が置かれたポーランドの都市。

5. Nature 403,813;2000

Nature 誌 2000 年発行第 403 巻 813 ページ、つまり、この問題のはじめの方の記事を指す。