

口頭試問 試験問題

[A] 基礎物理学に関する設問：古典力学

- (1) 質量 m の惑星の運動を記述する Newton 方程式において、重力ポテンシャルに加えて付加ポテンシャルが存在する場合を考察しよう。ここで全ポテンシャルが

$$U(r) = -\frac{GMm}{r} + \frac{\alpha}{r^2} \quad (1)$$

と表せられる場合を考えて見よう。但し、 M は太陽質量である。この時、付加ポテンシャル $\frac{\alpha}{r^2}$ は非可積分である。

- (i) Newton 方程式の厳密解を求めなさい。
 - (ii) その軌道に不連続性が現われる事を示しなさい。
- (2) 非可積分ポテンシャルは摂動的に解く必要がある。
- (i) 摂動論による解を求めなさい。
 - (ii) その軌道の近日点がどうなっているか説明しなさい。

[B] 基礎物理学に関する設問：電磁気学

- (1) Poynting ベクトルの物理的な性質を述べなさい。
- (2) Poynting ベクトルと電磁波 (フォトン) は関係があると思うか？
 - (i) 「ある」と答えた場合、その理由を述べなさい。
 - (ii) 「ない」と答えた場合、その物理的根拠を説明しなさい。
- (3) 電磁場の量子化が何故、必要なのかその物理的な理由を述べなさい。
- (4) Dirac 場の量子化は反交換関係で行う必要がある。
その物理的な根拠を説明しなさい。
- (5) 自由フォトンの運動方程式は

$$\partial_\mu F^{\mu\nu} = 0, \quad \text{但し, } F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu \quad (2)$$

であり、 $F^{\mu\nu}$ は電磁場の強さを表している。この時、ベクトルポテンシャル A^μ には4個の自由度があるが、フォトン は2個である。
何故、自由度が2個減少したのか、その理由を説明しなさい。

[C] アインシュタイン方程式の右辺に関する設問

- (1) 状態関数が $\Psi(x)$ の時、粒子のエネルギー・運動量テンソル $T^{\mu\nu}$ を書きなさい。
- (2) 古典力学の場合、粒子のエネルギー・運動量テンソル $T^{\mu\nu}$ は定義できていない。その理由を説明しなさい。
- (3) アインシュタイン方程式の場合、古典力学なのに何故、エネルギー・運動量テンソル $T^{\mu\nu}$ が作られたのか答えなさい。
- (4) 星の形成とその分布関数の決定に関する設問
 - (i) これらはどのような相互作用によって決められているのか説明しなさい。
 - (ii) またそれらの相互作用の特徴を説明しなさい。
 - (iii) 星の形成ではどの相互作用がどのような役割を果たしているのか説明しなさい。
 - (iv) 星の分布を決めるのはどの相互作用がどのように影響するのか説明しなさい。
- (5) ブラックホール (黒い穴) は星としては定義されていない。何故、人々はそれを星だと思い込んだのか説明しなさい。