

12/12 出題分

(1) 電場の存在しない状況の電子の運動を考える。電子の回転半径を r とし、遠心力とローレンツ力の釣り合いを考えると、

$$\frac{mv^2}{r} = evB$$

$$\therefore v = \frac{eBr}{m}$$

ジャイロ周期はこの円運動一周にかかる時間なので、

$$T_g = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{eB}$$

(2) ドリフト方向と反対方向に電子を打ち出す場合を考える。ドリフト速度は $E/B \equiv V_d$ で大きさと方向が一定なので、電子は打ち出されてから T_g 後には初期位置からドリフト方向へ $V_d T_g$ の距離に位置する。この距離を進むのに要する時間を考慮すると、打ち出された電子が初期位置に戻るまでの時間 T_1 は以下のようになる。

$$T_1 = T_g + \frac{V_d T_g}{v} = T_g \left(1 + \frac{E}{vB}\right)$$

同様に、ドリフト方向と同方向に電子を打ち出す場合、電子が初期位置に戻るまでに進む距離はジャイロ軌道に比べて $V_d T_g$ だけ短くなる。よって、所要時間 T_2 は以下のようになる。

$$T_2 = T_g - \frac{V_d T_g}{v} = T_g \left(1 - \frac{E}{vB}\right)$$

$$\therefore \Delta = \frac{E}{vB}$$

(3) 測定した T_1 と T_2 を用いることで

$$\frac{T_1 + T_2}{2} = T_g = \frac{2\pi m}{eB}$$

より、磁場の強度 B が求まる。また、

$$\frac{T_1 - T_2}{2} = T_g \Delta = \frac{2\pi m E}{e v B^2}$$

であるので、上で求めた B を用いて電場強度 E を求めることができる。

(4) 機器から打ち出した電子と宇宙空間に元々存在する電子の分別が困難であり、正確な測定を阻害している。

1/9 出題分

(1) 恒星 S の質量 (=太陽質量) を M 、惑星 X の公転速度を V_X 、惑星の公転半径を a_X 、地球の公転速度を V_E 、地球の公転半径を a_E 、とおく。惑星および地球に働く遠心力と重力のつりあいより、

$$\frac{GM}{a_X^2} = \frac{V_X^2}{a_X} \quad \dots\dots(1)$$

$$\frac{GM}{a_E^2} = \frac{V_E^2}{a_E} \quad \dots\dots(2)$$

が成り立つ。また、公転周期は公転軌道の円周を公転速度で割ったものだから、

$$\frac{2\pi a_X}{V_X} = 2.7 \times 10^{-2} \text{年} \quad \dots\dots(3)$$

$$\frac{2\pi a_E}{V_E} = 1 \text{年} \quad \dots\dots(4)$$

となる。①、②、③、④より GM 、 a_E 、 a_X を消去し、以下の関係を得る。

$$\frac{V_E^3}{V_X^3} = 2.7 \times 10^{-2} = 0.3^3$$

よって、

$$V_X = \frac{V_E}{0.3} = 1 \times 10^5 \text{ m/秒}$$

(2) 答え： A,E

理由： $\Delta T \times V_X = 7.0 \times 10^8 \text{ m}$ が惑星 X の軌道上で恒星面通過が生じる距離だと考えられる。軌道 A~E のうちこの距離のものは A と E だけだから。

(3) 恒星 S を一様に光る円盤と見なした時、恒星面通過時と通常時の明るさの比率は地球から見える恒星 S の面積に比例する。よって恒星 S の半径を R 、惑星 X の半径を r とおくと相対的な減光量 δ は

$$\delta = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} = 1.6 \times 10^{-3}$$

上式より、

$$r = \sqrt{1.6 \times 10^{-3} R^2} = 2.8 \times 10^7 \text{ m}$$

(4) ③、④より、惑星 X と恒星 S の距離 a_X を求めると、

$$\frac{a_X}{a_E} = \frac{V_X}{V_E} \times 2.7 \times 10^{-2}$$

$$\therefore a_X = a_E \times 9.0 \times 10^{-2}$$

絶対等級が同じ星の見かけの明るさは距離の二乗に反比例するので、惑星 X から見た恒星 S は地球から見た太陽に比べて 3×10^{-1} 分の 1 倍の明るさになっている。

以上より、求める見かけの等級を m とすると、

$$m - (-26.8) = -2.5 \times \log_{10} \frac{1}{3 \times 10^{-1}}$$

$$\therefore m = -28.1 \text{ 等級}$$