

(平 28 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 3
化 学	4～11
生 物	12～21
地 学	22～26

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

物 理

I 自然界に見られる等速円運動に近い運動に、天体の運行がある。恒星のまわりを回る惑星の運動に関して以下の問 1～5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。ここで恒星と惑星の質量をそれぞれ M と m で表し、恒星の質量 M は惑星の質量 m より十分大きいとする。また、万有引力定数を G とする。（配点 25 点）

問 1 半径 r の等速円運動をする惑星の速さ v を求めなさい。

問 2 問 1 の惑星の力学的エネルギーを r を用いて表しなさい。

問 3 等速円運動をする惑星の公転周期 T の 2 乗が、円の半径 r の 3 乗に比例することを示しなさい。

問 4 次に、惑星が楕円軌道を描く場合を考える。恒星に最も近づいたときの恒星からの距離を r_1 、最も離れたときの距離を r_2 とする。恒星に最も近づいたときの惑星の速さ v_1 を r_1 と r_2 を用いて表しなさい。

問 5 楕円軌道を描く惑星の力学的エネルギーが、楕円の半長軸の長さ a を用いて $-\frac{GmM}{2a}$ で表されることを示しなさい。

Ⅱ 断面積 S 、長さ ℓ 、巻数 N の十分長いソレノイドを考える。導線の抵抗は無視できるとする。また、ソレノイドは真空中にあり、真空の透磁率を μ_0 とする。以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。(配点 25 点)

問 1 電流 I を流したときに、ソレノイドを貫く磁束 Φ を求めなさい。

問 2 ソレノイドの自己インダクタンス L を求めなさい。

問 3 磁束密度の単位テスラ T を、長さの単位 m、質量の単位 kg、時間の単位 s および電流の単位 A で表しなさい。さらに問 2 の結果を用いて、インダクタンスの単位ヘンリー H を m、kg、s、A で表しなさい。

問 4 ソレノイドに蓄えられるエネルギーは、単位体積あたりに直すと、ソレノイドの断面積 S や長さ ℓ とは無関係に、ソレノイド中の磁束密度 B だけで決まることを示しなさい。

問 5 ソレノイド中の磁束密度が $B = 1.00$ テスラるとき、ソレノイド中の体積 1 立方センチメートルに蓄えられるエネルギーを、有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、SI 単位系で μ_0 の数値は $4\pi \times 10^{-7}$ で与えられる。

Ⅲ ある媒質中を x 軸の正方向に速さ v で減衰することなく進行している連続波を考える。この波の振幅を A 、周期を T とすると、 x 軸上の原点 O での媒質の変位は時刻 t の関数として $y = A \sin \frac{2\pi}{T} t$ で表される。これを入射波として $x = L$ ($L > 0$) の位置で固定端反射させる。反射による波の減衰は無視できるとする。以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。 (配点 25 点)

問 1 入射波の振動数 f と波長 λ を v と T で表しなさい。

問 2 $x < L$ における入射波を、 v と T を用いて t の関数として表しなさい。

問 3 問 2 の結果を用いて、反射波を x および t の関数として表しなさい。

問 4 入射波と反射波が重なり合って波形の進行しない波、つまり定常波ができることを、式を使って説明しなさい。なお、 $\sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha \pm \beta}{2} \cos \frac{\alpha \mp \beta}{2}$ を用いてよい。

問 5 $L = \frac{5}{4} \lambda$ の場合について、問 4 の定常波が最大振幅になるときの波形の概略をかきなさい。

