

(平 30 理物後)

小 論 文

(問題部分は 1 ～ 5 ページ)

・ 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。

小論文 400 点

I 次の文を読み、以下の問 1 ～ 3 に答えなさい。

リンゴが木から落ちることを見て万有引力を発見したというニュートンの逸話から 330 年ほど経ちましたが、近年、人類はロケットを飛ばし宇宙へと進出しています。その一つである国際宇宙ステーション(ISS)は、地上から約 300 km～400 km 上空に建設された巨大な有人実験施設です。1 周約 90 分という速さで地球の周りを回りながら、微小重力空間環境を利用した実験と研究、地球や天体の観測などを行っています。

解答に必要であれば、以下の値を用いなさい。(配点 140 点)

万有引力定数 $G = 6.67428 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

地球の半径 $R = 6350 \text{ km}$

地球の質量 $M = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$

$\sqrt{2} \doteq 1.4142$, $\sqrt{3} \doteq 1.7321$, $\sqrt{5} \doteq 2.2361$

問 1 下線部について、万有引力に関係させて物理的に論じなさい。

問 2 ISS に比べて軽い探査機を ISS から発射する。地球から無限遠まで到達するためには ISS の速さの最低何倍の速さで発射すればよいか答えなさい。

問 3 地球から遠くはなれた宇宙空間での微小な重力空間環境と文中の「微小重力空間環境」の違いについて論じなさい。

Ⅱ 電磁誘導という現象は、電磁調理器や非接触型 IC カードなど、私たちの生活の多くの場面で利用されています。実際の実用化にはさまざまな工夫が必要です。ここでは 2 つのコイルを用いた単純なモデルで、電磁誘導による金属中での熱の発生を考えてみよう。

図に示すように、半径 r の円柱状の鉄心に巻かれたソレノイドコイル L_1 (1 m 当たり n_1 巻き) とコイル L_2 (1 巻き、全体の抵抗値 R_2) を組み合わせる。鉄の透磁率を μ として、以下の問 1 ～ 4 に答えなさい。(配点 130 点)

時刻 t において、コイル L_1 に流れる電流 $I_1(t)$ が時間 Δt の間に $\Delta I_1(t)$ だけ変化する場合を考える。

問 1 このとき、 L_2 で発生する起電力 $V_2(t)$ はどうなるか説明しなさい。

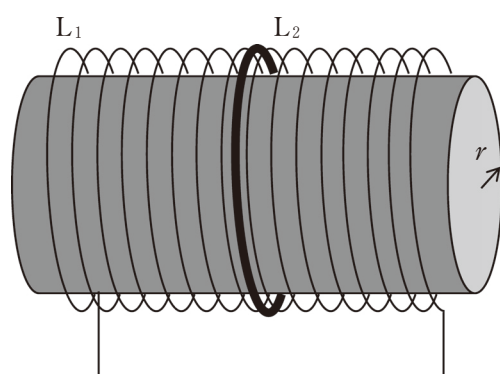
問 2 L_2 の抵抗成分による消費電力 $P_2(t)$ を $V_2(t)$ を用いて表しなさい。

つぎに $I_1(t)$ として交流電流 $I_1(t) = I_0 \sin(\omega t)$ の場合を考える。ただし、角周波数 ω は十分小さく、 L_1 の電圧は $V_1(t) = V_0 \sin(\omega t)$ とかけるとする。

問 3 L_1 の抵抗成分による消費電力を $P_1(t)$ とする。 $P_1(t)$ を時間 t の関数として図示することにより、 $P_1(t)$ の時間平均 $\overline{P_1(t)}$ を I_0 と V_0 を用いて表しなさい。

問 4 L_2 の抵抗成分による消費電力の時間平均を $\overline{P_2(t)}$ とする。

$\frac{\Delta I_1(t)}{\Delta t} = \frac{dI_1(t)}{dt}$ と考えて、 $\overline{P_2(t)}$ を ω の関数として求めなさい。



Ⅲ 電子などの粒子も波動性をもち、ミクロな世界では重ね合わせの原理や干渉など波の性質が重要となる。ここでは、正弦波と等速円運動との対応をもちいて、波の合成について調べてみよう。

図の右には、横軸が時間 t 、縦軸が波の変位 y の正弦波が描かれている。図の左には、円とその円周上を動く点が黒丸で示されている。時刻 t での円周上の点を $P(t)$ とし、点 $P(t)$ は、円周上を反時計回りに一定の周期 T で回転している。このとき点 $P(t)$ の y 成分の値が時刻 t での波の変位を表しており、円の半径 R は波の振幅に対応している。以下の問 1 ～ 3 に答えなさい。(配点 130 点)

問 1 図の正弦波と同じ周期 T をもち、振幅と初期位相 ($t = 0$ での位相) が異なる別の正弦波を考える。その正弦波の 1 周期分 ($0 \leq t \leq T$) の波の形を解答欄に図示しなさい。そのとき、解答欄に示したもとの正弦波と円の図を参考にし、振幅と初期位相がはっきりわかるように図示しなさい。

問 2 周期は等しいが、振幅と初期位相は異なる 2 つの正弦波を考える。これら 2 つの波を重ね合わせた合成波がどのような波になるか説明しなさい。

問 3 周期は等しいが、振幅と初期位相の異なる 2 つの正弦波の合成を考える。ひとつは振幅 R と初期位相 $\theta = 0$ をもち、もうひとつは振幅 $2R$ と初期位相 $\theta = \frac{2\pi}{3}$ をもつとする。この 2 つの波の合成波に 1 つの正弦波を加えて、波の振幅を 0 にしたい。どのような波を加えればよいかを述べて、その理由を説明しなさい。

