

平成 16 年度 入学試験問題

理 科

I 物	理
II 化	学
III 生	物
IV 地	学

2 月 25 日(水)(理・医医・工) 15:30—17:30

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、34 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者には 15 枚(物理 2 枚、化学 5 枚、生物 3 枚、地学 5 枚)、医学部医学科志望者には 10 枚(物理 2 枚、化学 5 枚、生物 3 枚)、工学部志望者には 7 枚(物理 2 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部医学科志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を選択して解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了時刻まで退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

I

物 理

問題は次のページから書かれていて、I、IIの2題ある。

解答は、答案紙の所定の欄の中に書け。計算欄には、答えにいたるまでの過程の要点(法則、関係式、論理、計算など)を書け。

物理 問題 I

質量 m の探査機をある惑星 P の表面に軟着陸させることを考える。ただし、惑星 P は球形として、自転の効果は無視する。

1. 惑星 P の半径 R_P は地球の半径 R の $1/2$ 、惑星 P の質量 M_P は地球の質量 M の $1/10$ とする。惑星 P 表面上の重力加速度 g_P は地球表面上の重力加速度 g の何倍になるか数値で答えよ。
2. 図 1 のように、探査機は惑星 P の表面から高さ h_0 の衛星軌道を回る。このときの探査機の速さ v_0 を、 g_P と R_P および h_0 を用いて表せ。ただし、衛星軌道の重力加速度は g_P とは異なることに留意せよ。
3. その後、探査機は衛星軌道から着陸軌道に移行する。さらに、探査機は着陸の最終段階で逆噴射を連続的に行うことにより、薄い大気中を一定の速さ v_1 で鉛直に降下する。降下中、探査機は、鉛直下方に周波数 f_0 の音波を発信し、惑星表面で反射された音波を受信する。ただし、音の速さ V は v_1 より大きく、また V は高度によらないとする。
 - (1) 惑星 P の表面で観測される音波の周波数 f_1 を f_0 、 V 、 v_1 を用いて表せ。
 - (2) 反射波は惑星 P 表面上の新たな発信源からの周波数 f_1 の音波とみなせる。探査機が受信するこの反射波の周波数 f_2 を f_0 、 V 、 v_1 を用いて表せ。
4. 図 2 のように、探査機は惑星 P の表面から高さ h_1 に達したとき、逆噴射を停止して初速 v_1 で自由落下を開始する。探査機にはばね定数 k のばねとくいが付いている。ただし、ばねとくいの質量は無視できる。また、大気による抵抗は無視する。なお、この高さの範囲での重力加速度は g_P とする。
 - (1) くいが砂地に接地したときの探査機の速さ v_2 を h_1 、 g_P 、 v_1 を用いて表せ。
 - (2) くいが砂地にくい込むときの砂の抵抗力は一定値 F とする。ばねはストッパにより最大縮みが L に制限されている。ばねの弾性力はくいがくい込むときの砂の抵抗力を超えないものとする ($kL < F$)。くいが接地した後ばねは縮み始め、 L だけ縮んで、ばねの縮みは停止する。ストッパにより失われるエネルギーは無視できる。ばねの縮みが停止するときの探査機の速さ v_3 を m 、 g_P 、 v_2 、 L 、 k を用いて表せ。

- (3) ばねの縮みが停止した後、くいは砂地にくい込み始める。くいが停止するまでにくい込んだ距離 S を m, g_P, v_3, F を用いて表せ。ただし、 $F > mg_P$
- (4) くいが時刻 $t = 0$ で砂地にくい込み始めるとして、停止する時刻 $t = t_0$ までの探査機の速さの時間変化 $v(t)$ を解答欄の図中に描け。また、 t_0 を m, g_P, v_3, F を用いて表せ。

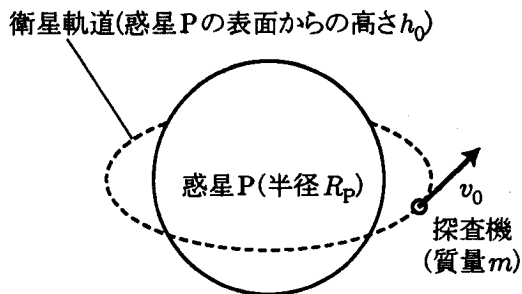


図 1

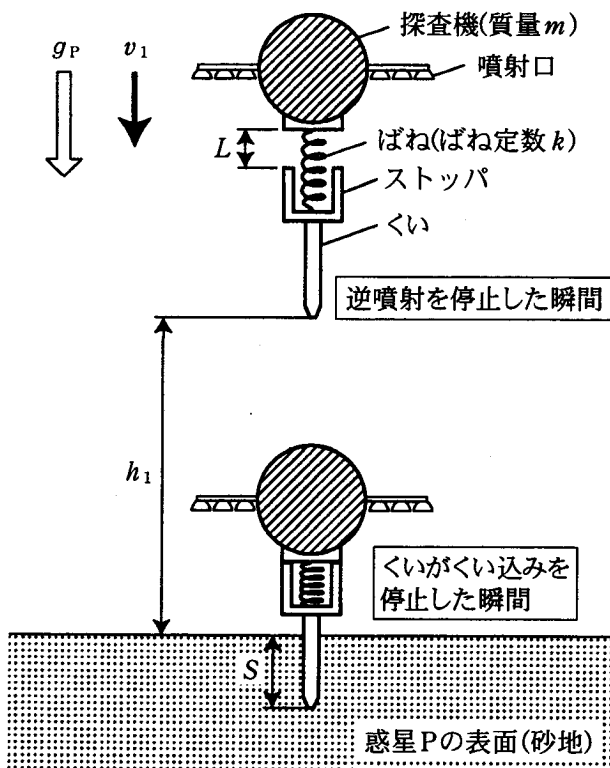


図 2

物理 問題 II

図1のように z 方向に向いた磁場(磁界)に垂直な (x, y) 平面内における電子の運動を考えよう。電子の電荷を $-e$ 、質量を m として以下の問いに答えよ。ただし、 $e > 0$ とし、電子は真空中を運動する。

1. 磁場は空間的に一様で、時間に対して一定である。この磁束密度 B の大きさを B_0 とする。

(1) 磁場と垂直に、ある速さ v_0 で入射した電子は、 (x, y) 平面内で半径 $a = a_0$ の円を描いた。電子の円軌道の半径 a_0 を v_0 、 B_0 、 e 、 m を用いて表せ。また、円周を一周するのに要する時間 t_c を B_0 、 e 、 m を用いて表せ。

(2) この円軌道を描く電子は円形電流をつくる。1個の電子がつくる電流の大きさ I を B_0 、 e 、 m を用いて表せ。また、この円形電流が電子の軌道の中心につくる磁場はどの方向を向いているか答えよ。

2. 磁束密度 B が、次のように座標 (x, y) に依存し、時刻 $t < 0$ では時間によらず、時刻 $t \geq 0$ では時間とともに増加する場合を考える。この磁束密度を $B(r, t)$ と表す。

$$\begin{aligned} t < 0 \text{ のとき } & B(r, t) = b(r), \\ t \geq 0 \text{ のとき } & B(r, t) = b(r) \left(1 + \frac{t}{T} \right) \end{aligned}$$

ただし、 T は正の定数、 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ であり、 $b(r)$ は正の値をもち、 r とともに単調に変化するものとする。

$t < 0$ のある時刻に速さ v_0 で電子を入射したところ、磁場と垂直な (x, y) 平面内で、原点を中心とする半径 a の円を描いた。 $t \geq 0$ となっても、電子は $t < 0$ の場合と同じ半径 a の円運動を続けた。以下の問いに答えよ。

(1) 時刻 $t \geq 0$ では、半径 a の円をつらぬく磁束は $\Phi(t) = \phi(a) \left(1 + \frac{t}{T} \right)$ で与えられる。ただし、 $\phi(a) = 2\pi \int_0^a b(r) r dr$ 。電子の軌道上に生じる誘起起電力の大きさ $|V|$ を $\phi(a)$ 、 T を用いて表せ。また、この誘起起電力は、電子の運動方向に一定の大きさ $|E|$ をもつ誘起電場(電界)をもたらす。 $|E|$ を $\phi(a)$ 、 T 、 a を用いて表せ。

- (2) 誘起された電場によって電子は加速されるか減速されるか理由をつけて答えよ。また、正の時刻 t での電子の速さ $v(t)$ を v_0 , $|E|$, m , e , t を用いて表せ。
- (3) 電子が半径 a の円周上を運動し続けるために必要な条件を a , $B(a, t)$, $v(t)$, m , e を用いて表せ。
- (4) 上の問い(3)で求めた条件が任意の正の時刻 t で満たされるとすれば、 C を定数とする関係式 $\frac{\phi(a)}{\pi a^2} = C b(a)$ が成立する。定数 C の値を求めよ。また、このとき、電子の軌道半径内での磁束密度の大きさ $b(r)$ は r の増加とともに増加するか減少するか理由をつけて答えよ。

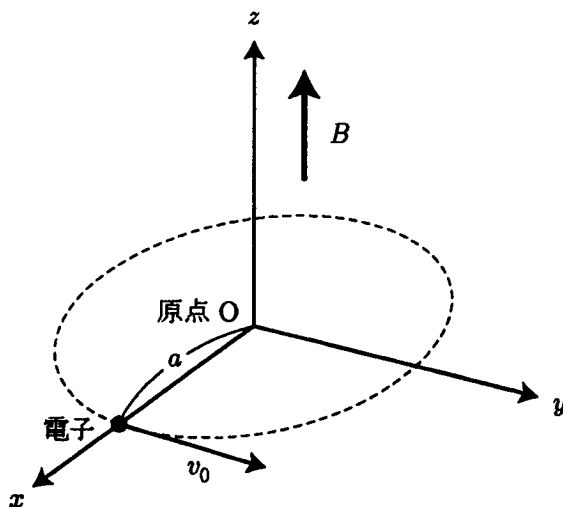


図 1