

平成 20 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 (月) (情—自然) 13 : 15—14 : 30

(理・医・工・農) 13 : 15—15 : 45

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、41 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と情報文化学部自然情報学科志望者には 16 枚(物理 4 枚、化学 5 枚、生物 3 枚、地学 4 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 12 枚(物理 4 枚、化学 5 枚、生物 3 枚)、工学部志望者には 9 枚(物理 4 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. 情報文化学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
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。
医学部志望者と農学部志望者は、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 箇所に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. 試験終了後退室の許可があるまでは、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、IIIの3題ある。3題すべてに解答せよ。

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

I-1

図1のように宇宙空間を進む探査機が、点Pで探査機から n モルのアルゴンガス (単原子分子気体, 1モルの質量 M_{Ar}) を、探査機の進行方向に瞬間的に噴射した。探査機は点Pで速さが v_0 から v_1 に減速され、その後、星1のまわりを等速円運動した。ここで、アルゴンガス噴射前の探査機の質量 m は星1の質量 M_1 に比べじゅうぶんに小さいものとする。また、万有引力定数を G 、気体定数を R とし、星1は静止しているものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 探査機が星1のまわりを半径 h で等速円運動するための速さ v_1 を求めよ。
- (2) 噴射されたアルゴンガスの平均速度の大きさは、星1から見て v_2 であった。探査機の速さを v_0 から v_1 に減速するために噴射されるアルゴンガスのモル数 n を M_{Ar} , m , v_0 , v_1 , v_2 を用いて表せ。ただし、噴射による探査機の質量変化も考慮せよ。
- (3) 絶対温度 T のアルゴンガスにおける気体分子の熱運動の2乗平均速度 $\sqrt{v^2}$ を M_{Ar} , R , T を用いて表せ。

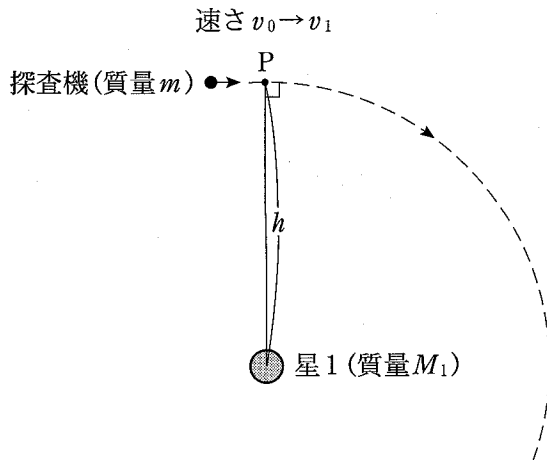


図1

I—2

図2のように、質量 M_2 の星2と質量 M_3 の星3が、点Aを中心に、同じ角速度 ω で等速円運動している。ここで、星2と星3の距離を L 、点Aから星2までの距離を l_2 とし、 $M_2 > M_3$ とする。また、星2と星3以外の天体の影響は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

- (1) 星2と星3について、それぞれ遠心力と万有引力のつりあいの式を G 、 M_2 、 M_3 、 L 、 l_2 、 ω を用いて表せ。
- (2) 距離 l_2 を M_2 、 M_3 、 L を用いて表し、角速度 ω を G 、 M_2 、 M_3 、 L を用いて表せ。

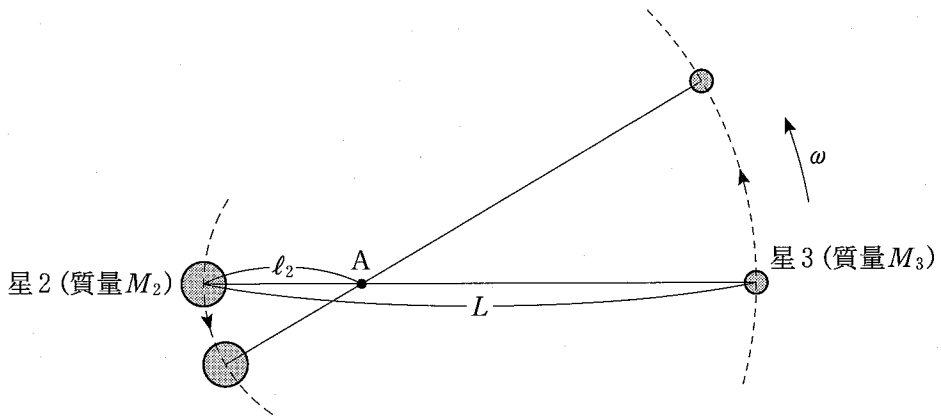


図2

次に、質量 m の探査機を操作し、図3のように、点Aと星3を結ぶ線分上に置き、点Aを中心とする半径 x で、星2と星3と同じ角速度 ω で等速円運動させた。ただし、探査機の質量 m は星2、星3の質量に比べじゅうぶんに小さいものとし、探査機の操作にともなう質量 m の変化は無視できるものとする。

- (3) 探査機に働く遠心力 F_ω を m, ω, x を用いて表し、探査機に働く万有引力の合力 F_G を $G, m, M_2, M_3, L, \ell_2, x$ を用いて表せ。力の符号は点Aから星3への向きを正とする。
- (4) $M_2 = 4M_3$ とするとき、点Aと星3を結ぶ線分上では探査機に働く遠心力と万有引力の合力 $F = F_\omega + F_G$ がゼロとなる位置が $0 \leq x < \frac{3}{5}L$ の範囲には1つある。その位置を求めるため、合力 F を G, m, M_3, L, x を用いて表せ。さらに、 $F = 0$ となる x が存在する範囲を次の(ア)~(ウ)の中から選び、その記号を記せ。

問題文中の記号 \leq は記号 \leq と同じ意味です。

(ア) $0 \leq x < \frac{1}{5}L$ (イ) $\frac{1}{5}L \leq x < \frac{2}{5}L$ (ウ) $\frac{2}{5}L \leq x < \frac{3}{5}L$

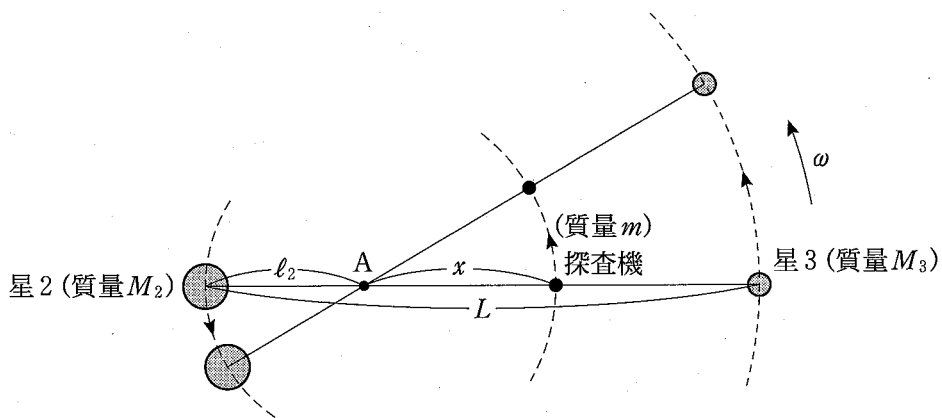


図3

物理 問題 II

図1のように、起電力 V_1 , V_2 の電池、電気容量 C_1 , C_2 のコンデンサー、抵抗値 R , R_L の抵抗、自己インダクタンス L のコイル、2つのスイッチ S_1 , S_2 からなる回路がある。ここで、コンデンサーとコイルのリアクタンスに比べて抵抗 R_L は小さいとする。最初に図1のように、スイッチ S_1 は端子 a に、スイッチ S_2 は端子 d に接続していた。以下の問いに答えよ。

(1) 全てのコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーの総量 U_1 を求めよ。

次にスイッチ S_1 を端子 b に切り替え、じゅうぶんな時間をおいた。

(2) このとき、全てのコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーの総量 U_2 を求めよ。

次にスイッチ S_2 を端子 e に接続してコンデンサーを放電させた後、スイッチ S_1 を端子 c に、スイッチ S_2 を端子 d に切り替え、じゅうぶんな時間をおいた。その後、時刻 $t = 0$ で図2のようにスイッチ S_2 を端子 f に切り替えると、コイルに流れる電流は図3のようにゆるやかな減衰を伴う振動を示した。ここで電磁波の発生による影響は無視できるものとする。

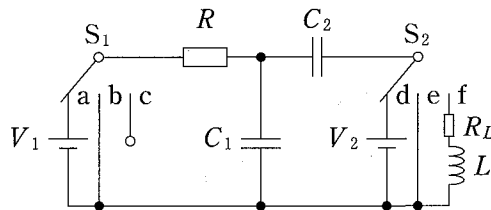


図 1

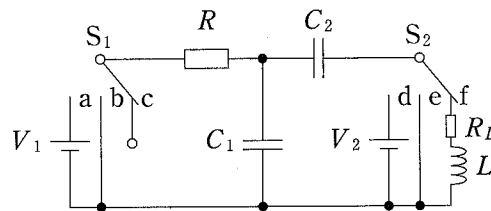


図 2

- (3) 抵抗 R_L が振動の周期に与える影響は無視できるものとして、このときの周期 T を求めよ。

ここで、図3のように電流 I の極大値を $I_0, I_1, I_2, I_3, \dots, I_n, I_{n+1}, \dots$ とする。電流が極大値 I_n から I_{n+1} に変化する間の1周期では、電流の実効値は $\frac{1}{\sqrt{2}} I_n$ と近似できるものとする。また、以下の解答では周期に関しては T を用いよ。

- (4) 電流が極大値 I_n から I_{n+1} に変化する間の時間(周期 T)に抵抗 R_L が消費するジュール熱 W を求めよ。
- (5) 電流が極大値 I_n をとる時にコイルに蓄えられるエネルギー U_3 を求めよ。
- (6) 電流が極大値を取るときのコンデンサーに蓄えられるエネルギーはコイルに蓄えられるエネルギーに比べて無視できるものとして、電流の大きさの比 $\frac{I_{n+1}}{I_n}$ を求めよ。

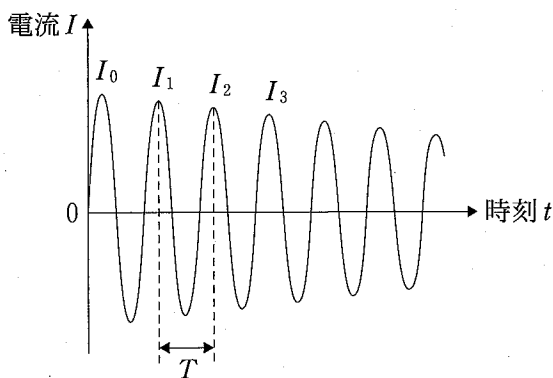


図3

物理 問題Ⅲ

空気中を伝わる音波について、以下の問いに答えよ。ただし、音速は 340 m/s とし、特に風に関する記述がないときには無風状態であるとする。なお、解答に際して (d) は答案紙の解答欄にある選択肢の中で最も適当なものを○で囲み、(e) は当てはまる語句を答えよ。その他は、(1) の問題について有効数字 3 桁、(2) の問題について有効数字 1 桁の数値で答えよ。

- (1) 静止した音源から振動数 400 Hz の音波を発した。この音波の波長は m である。次に、この音源を、静止した観測者に近づく方向に 10 m/s の速度で動かした。このとき、観測者が観測する音波の波長は m 、振動数は Hz となった。このように、音源が観測者に対して近づく方向に動いている場合、静止しているときに比べて、観測者が観測する音の高さが ことが分かる。このような現象を 効果という。

また、観測者とこの音源がともに静止した状態で、音源から観測者へ向かう方向に風速 5 m/s の風が吹いたとき、観測者が観測する音波の波長は m 、振動数は Hz であった。

- (2) 図 1～3 のように、2 つの静止した音源 (音源 A、音源 B) を通る直線上に観測者がいる。

音源 A から 405 Hz の音波が出ており、音源 B から 400 Hz の音波が出ている。図 1 のように、観測者が 2 つの音源の間に静止したところ、1 秒あたりに 回のうなりを観測した。図 2 のように観測者が 2 つの音源の間で音源 A から音源 B へ向かう方向に速度 m/s で動いたところ、うなりが聞こえなくなった。その速度を保ったまま、図 3 のように観測者が音源 B を通り過ぎたのち、観測されるうなりの回数は 1 秒あたり 回であった。



図 1

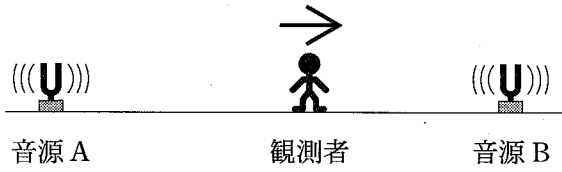


図 2

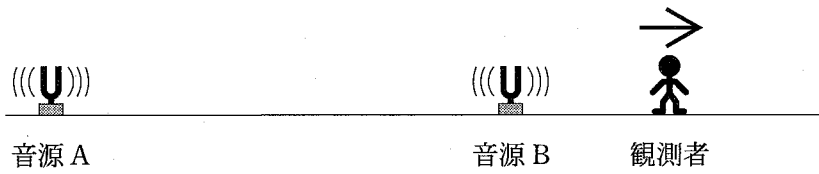


図 3