

平成 25 年 度

理 科

物	理	1 ページ～ 8 ページ
化	学	9 ページ～16 ページ
生	物	17 ページ～25 ページ

注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理(その1, その2), 化学(その1～その4), 生物(その1～その4)の3科目分を綴ってある。

解答を始める前に、自分の選択する2科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。

問題補足用紙

問題に補足があります。

補足の内容は、下枠内に記載してあるとおりです。

問題補足

(1) 教科・科目名 理科・物理

(2) 補足する問題 1 の問4

(3) 補足事項 a は, F , m , g , μ , μ' のうち必要なものを用いて表すこと。

物 理

1 図1のように、水平な床の上に質量 $2m$ の直方体形の物体 A があり、その上面に、質量 m の物体 B が静止している。この物体 A に水平右向きの外力を加え、その大きさ F を徐々に大きくしていった。 F がある値 F_1 をこえたとき、物体 A と物体 B は一体となって床上を動き始め、 F が $\frac{3}{2}mg$ をこえたとき、物体 B は物体 A の上を滑り出した。重力加速度を g 、物体 A と床面との間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' として、以下の問いに答えよ。ただし、右向きを正とする。

問 1 $F = \frac{1}{2}mg$ のとき、物体 A と物体 B は静止していた。このとき、物体 A が床面から受ける静止摩擦力の大きさ f_A を求めよ。

問 2 物体 A と物体 B が一体となって床上を動き始めるときの外力の大きさ F_1 を、 m 、 g 、 μ 、 μ' のうち必要なものを用いて表せ。

問 3 物体 A と物体 B が一体となって動いているとき、加速度を a 、物体 A に加える外力の大きさを F 、物体 B が物体 A から受ける静止摩擦力の大きさを f_B として、物体 A、B それぞれについての運動方程式を記せ。

問 4 物体 A と物体 B が一体となって動いているとき、加速度 a を求めよ。

問 5 物体 A と物体 B が一体となって動いているとき、物体 B が物体 A から受ける静止摩擦力の大きさ f_B を、 F 、 m 、 g 、 μ 、 μ' のうち必要なものを用いて表せ。

問 6 $F = \frac{3}{2}mg$ のとき、物体 B が物体 A から受ける静止摩擦力の大きさは最大となる。このことから、物体 A と物体 B との間の静止摩擦係数 μ_{AB} を求めよ。

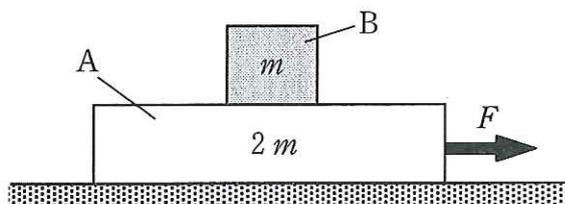


図 1

2 図2のように、真空中に磁束密度 B の一様な磁界と強さ E の一様な電界が、それぞれ z 軸の正の向きにかかっている。いま、質量が未知で電荷が $q (> 0)$ の粒子が時刻 $t = 0$ に、原点 $O(0, 0, 0)$ から xz 平面内で z 軸に対し角度 θ をなす方向に初速度 v_0 で飛び出した。その後、粒子は xy 平面内では等速円運動をしながら z 軸の正の方向に進むらせん運動をし、ある時刻に z 軸上の点 $P(0, 0, d)$ に到達した。そのときの粒子の速度の z 成分は 0 であった。さらに、粒子が点 P に到達すると同時に $E = 0$ とした。粒子には z 軸の負の方向に重力がかかり、また、電荷をもった粒子の運動による電磁波や電界の変化による磁界は無視できるとして、以下の問いに答えよ。重力加速度の大きさは g 、円周率は π とする。

問 1 粒子が原点 O から点 P に向かって運動しているときの、加速度の z 成分の大きさを a とする。粒子の質量を m として a を求めよ。

問 2 原点 O から飛び出した粒子が点 P に到達するまでの時間 t_0 を求めよ。加速度の z 成分の大きさは a とせよ。

問 3 加速度の z 成分の大きさ a 、および時間 t_0 を、 d 、 v_0 、 θ を用いて表せ。

問 4 粒子の質量 m を、 q 、 d 、 E 、 g 、 v_0 、 θ を用いて表せ。

問 5 xy 平面内での粒子の等速円運動の、回転半径 r 、および周期 T を、粒子の質量 m 、 q 、 B 、 v_0 、 θ 、 π のうち必要なものを用いて表せ。

問 6 原点 O から点 P に到達するまでに等速円運動を N 回行ったとする。その数 N を、粒子の質量 m 、 q 、 B 、 d 、 v_0 、 θ 、 π を用いて表せ。

問 7 電界 E を 0 とした後の粒子の運動がわかるように, xy 平面にその運動を投影したときの様子を図に描け。また, 粒子の z 座標の時間変化の様子を図に示せ。図には, 必要な値を明記せよ。

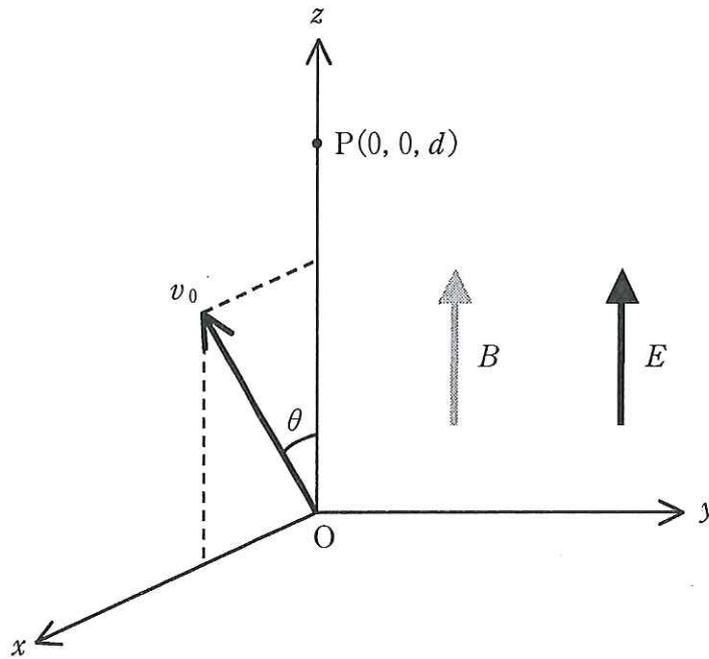


図 2

3 圧力1気圧(1.01×10^5 Pa)の下で、10.0 molの氷をヒーターで一様に加熱して、氷→水→水蒸気という状態変化を起こさせる場合について考える。氷の温度は最初 -20°C であり、氷、水、水蒸気の比熱はそれぞれ温度にかかわらず一定であるとする。ヒーターの発熱量は 5.0×10^2 W で、熱はすべて状態変化に使われ、他に熱の出入りはないとする。温度の時間変化が図3のようになったとして、以下の問いに答えよ。数値の有効数字は2桁とする。

問1 ヒーターで加熱を始めてから氷が 0°C になるまでに15秒かかる。氷のモル比熱は何 $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ か、求めよ。

問2 1 molあたりの氷の融解熱は 6.0×10^3 J/mol である。氷が溶け始めてからすべて溶けきるまでに何秒かかるか、求めよ。

問3 多くの物質と異なり、氷は溶けて水になると体積が減少することが知られている。このことから、圧力を増した場合に氷の融点は、上がる、下がる、変わらない、のうちいずれとなると考えられるか、理由とともに答えよ。

問4 水のモル比熱を 75 J/(mol·K) であるとする。氷がすべて溶けた時点から、沸騰が始まるまでにかかる時間は何秒か、求めよ。

問5 沸騰が始まってからすべて水蒸気になるまでに820秒かかる。水の蒸発熱は1 molあたりどれだけか、求めよ。

問6 すべて水蒸気になってからさらに加熱を36秒間続けると、水蒸気は 150°C になる。水蒸気の定圧モル比熱は何 $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ か、求めよ。

問7 問6の 150°C の水蒸気の体積は何 m^3 か、求めよ。水蒸気を理想気体と見なし、気体定数を $R = 8.31$ J/(mol·K) とする。

問 8 すべて水蒸気になってから温度が 150°C になるまでに、水蒸気が外部にした仕事は何 J か、求めよ。

問 9 問 8 の仕事は、ヒーターから受け取った熱量のうちの何%にあたるか、求めよ。

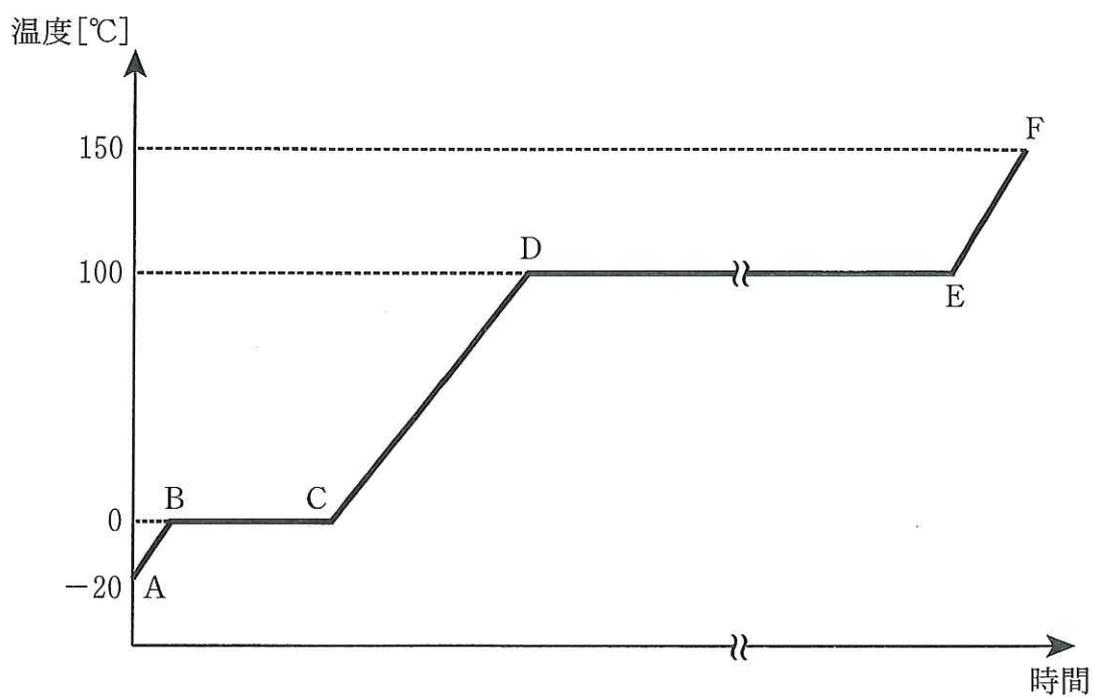


図 3

4 図4のように、 x 軸上に2つの点光源A, Bがある。これらは1つの光源から分けた波長 λ の単色光を放出するもので、その光源からA, Bに至るまでの光路差は考えなくてよい。AとBの座標はそれぞれ、 $(a, 0, 0)$, $(b, 0, 0)$ である。また、原点 $O(0, 0, 0)$ を含む yz 平面にスクリーンを配置し、スクリーン上の点を $P(0, 0, z)$ とする。 $a > b > 0$, $a, b \gg |z|$ として以下の問いに答えよ。必要ならば、次の近似式を用いよ。

$$|\delta| \ll 1 \text{ のとき, } (1 + \delta)^n \approx 1 + n\delta \quad (n: \text{あまり大きくない実数})$$

問1 Aと点Pとの間の距離 \overline{AP} , およびBと点Pとの間の距離 \overline{BP} を求めよ。

問2 \overline{AP} と \overline{BP} の差(光路差)を L とする。Aからの光とBからの光が干渉して、点Pで強め合う(明るくなる)とき、および弱め合う(暗くなる)ときそれぞれについて、 L を λ を用いて記せ。このとき、必要なものがあれば定義して用いよ。

問3 $a, b \gg |z|$ を考慮して、 L の近似式を求めよ。

問4 問3で、Aからの光とBからの光が干渉して、点Pで強め合うときの z の最大値 z_{\max} を求めよ。

問5 スクリーン上に現れる干渉模様について詳しく説明せよ。

問6 図4で、スクリーンを yz 平面に対して平行に、かつ左方に移動させたとき、干渉模様はどのように変化するか、詳しく述べよ。

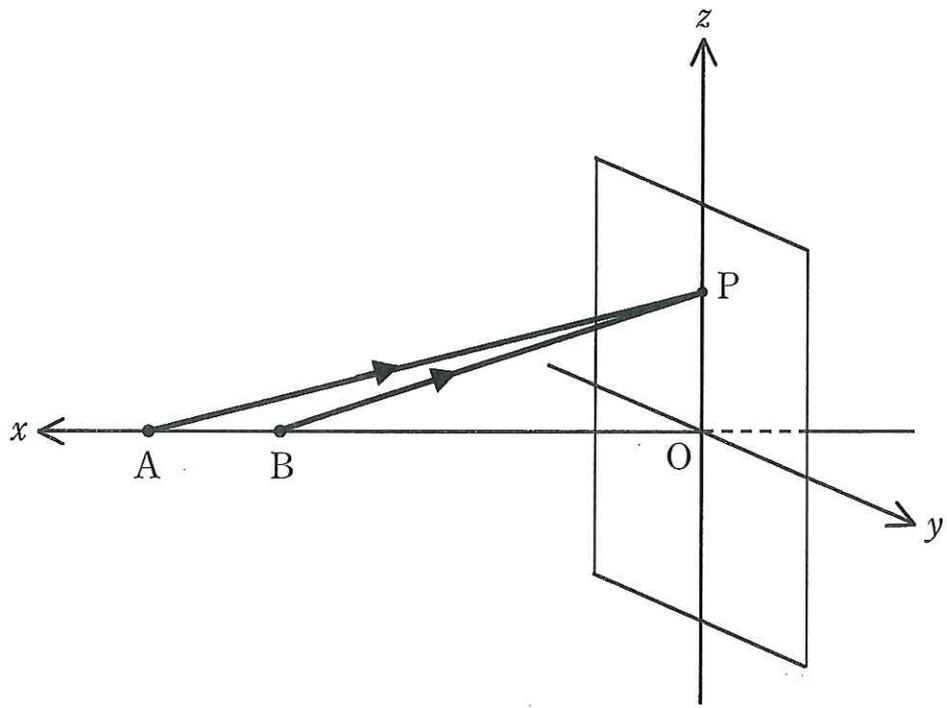


图 4