

前期日程

令和6年度入学試験（前期日程）

理科（物理・化学）

（ 医 学 部 ）

———— 解答上の注意事項 ————

- 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- この問題冊子は全部で10ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 解答紙4枚と計算紙1枚は、糊付けされています。「解答始め」の合図があったら、初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 問題は□1から□4まで4問あります。解答は、必ず解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
問題□1と問題□2は解答のみを記入しなさい。
- 解答しない問題がある場合でも、解答紙4枚すべてを提出しなさい。
- 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

1

正の電気量 q と $4q$ を持つ点電荷 1 と 2 が、図のように x 軸上の点 A ($x = d$) と点 B ($x = -d$) にそれぞれ固定されている。クーロンの法則の比例定数を k とする。静電気力以外の力の影響はないとし、電場は x 成分のみを考え、以下の問いに答えよ。

- (1) x 軸上の点 A 以外の点に点電荷 1 がつくる電場を以下の場合に分けて、その点の位置座標 x と k, d, q を用いて表せ。電場の符号にも注意して答えること。
- (i) $x < d$
- (ii) $d < x$
- (2) x 軸上の点に点電荷 1 と 2 がつくる合成された電場を以下の場合に分けて、その点の位置座標 x と k, d, q を用いて表せ。電場の符号にも注意して答えること。
- (i) $x < -d$
- (ii) $-d < x < d$
- (iii) $d < x$

電気量 Q の点電荷 3 を x 軸上で、点電荷 1 と点電荷 2 がつくる合成された電場が 0 になる点に固定した。

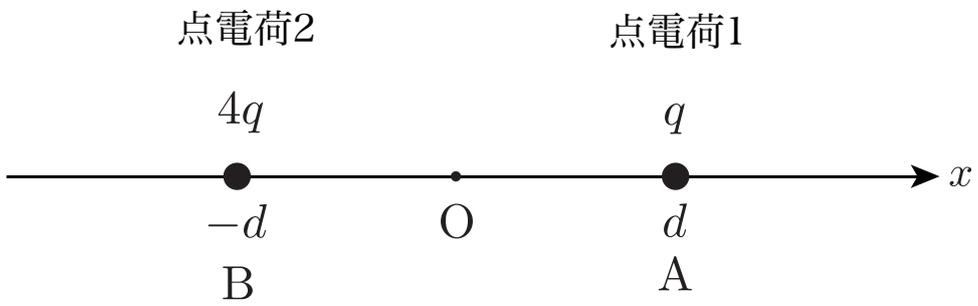
- (3) 点電荷 3 が固定された位置座標を、 d を用いて表せ。
- (4) 点電荷 3 が固定された位置における、点電荷 1 と 2 のそれぞれが作る電位の和を、 k, d, q を用いて表せ。ただし、無限遠点における電位を 0 とする。

点電荷 2 と 3 が A 点につくる合成された電場の大きさを E_1 、点電荷 1 と 3 が B 点につくる合成された電場の大きさを E_2 とする。

- (5) E_1 と E_2 の関係で正しいものを以下の (a) ~ (e) から選び、記号で答えよ。

$$(a) E_2 = \frac{1}{4}E_1 \quad (b) E_2 = \frac{1}{2}E_1 \quad (c) E_2 = E_1 \quad (d) E_2 = 2E_1 \quad (e) E_2 = 4E_1$$

- (6) $E_1 = 0$ のとき、点電荷 3 の電気量 Q を、 q を用いて表せ。



図

2

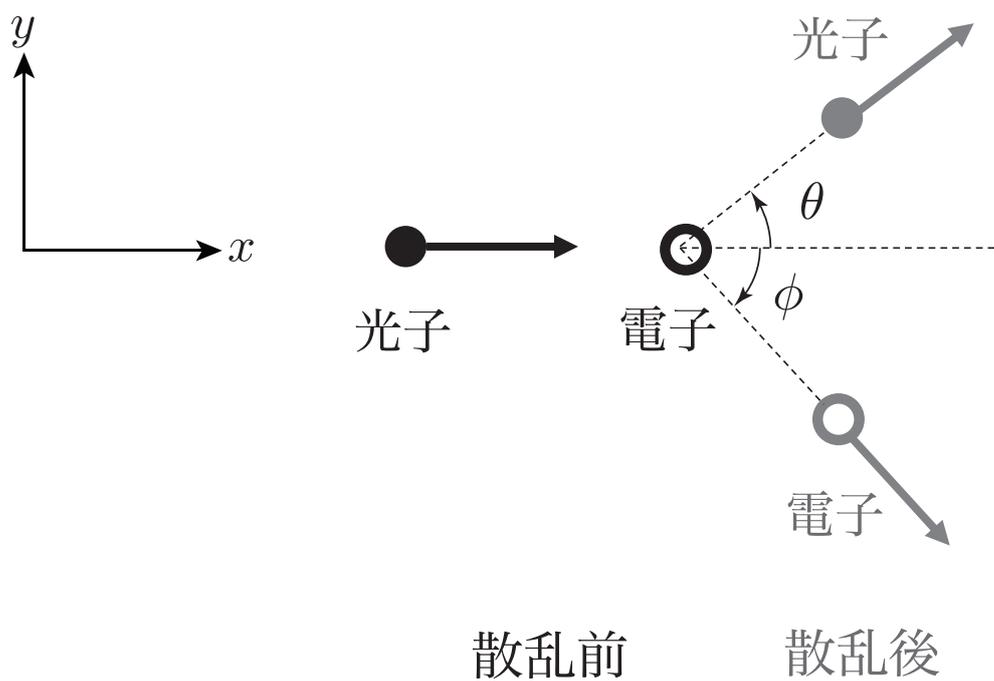
X線を物質に照射すると、散乱されたX線には入射したX線より長い波長の成分が含まれる。波長 λ のX線は、エネルギー $\frac{ch}{\lambda}$ 、運動量の大きさ $\frac{h}{\lambda}$ の光子からなると考えられる。ただし、 c は真空中の光速、 h はプランク定数である。上記のX線の散乱現象は、光子と物質中の電子の散乱として理解できる。このとき、散乱の前後で全エネルギーと全運動量が保存する。

図のように、波長 λ のX線の光子が x 軸に沿って進み、静止している質量 m の電子に衝突した。X線の光子は波長 λ' で x 軸となす角 θ の向きに散乱され、電子は速さ v で x 軸となす角 ϕ の向きに跳ね飛ばされた。ただし、 θ 、 ϕ は、図の矢印の向きを正にとる。また、散乱は図の xy 平面内で起こるとする。

- (1) 散乱前後でのエネルギー保存を表す式を書け。
- (2) 散乱前後での x 軸方向の運動量保存を表す式を書け。
- (3) 散乱前後での y 軸方向の運動量保存を表す式を書け。
- (4) (2), (3)の結果を使い、 $\left(\frac{mv}{h}\right)^2$ を λ , λ' , $\cos\theta$ を用いて表せ。
- (5) (1), (4)の結果を使い、 $\cos\theta$ を λ , λ' , m , c , h を用いて表せ。

ここで、 $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$, $\alpha = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ と定義する。

- (6) (5)の結果を、 $\Delta\lambda$, α , m , c , h を用いて書き換えよ。
- (7) $\Delta\lambda = 1.0 \times 10^{-12}$ m, $\alpha = 6.5 \times 10^{-3}$ のときの $\cos\theta$ を、有効数字2桁で求めよ。ここで、 $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $c = 3.0 \times 10^8$ m/s, $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J·sを用いよ。また、 α の大きさが1に比べて十分小さい場合に成り立つ近似式 $\frac{1}{1+\alpha} \cong 1 - \alpha$ を用いてもよい。



図

化 学

必要があれば，原子量および定数は以下の値を使いなさい。

H 1.00

C 12.0

O 16.0

気体定数 $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

3 メタンとプロパンの燃焼に関する以下の問いに答えなさい。ただし、反応熱は 25°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における値とし、気体の圧力、体積、温度、物質量の関係は理想気体の状態方程式に従うものとする。また、計算においては計算過程も示し、指定がない場合は有効数字3桁で答えなさい。

- (1) メタン CH_4 (気)およびプロパン C_3H_8 (気)の完全燃焼を表す熱化学方程式をそれぞれ答えなさい。ただし、 CH_4 (気)および C_3H_8 (気)の燃焼熱はそれぞれ 891 kJ/mol 、 2219 kJ/mol とする。
- (2) C_3H_8 (気)の生成熱を求めなさい。ただし、炭素C(黒鉛)および水素 H_2 (気)の燃焼熱はそれぞれ 394 kJ/mol 、 286 kJ/mol とする。
- (3) 容積の変化しない容器A(容積 2.50 L)に CH_4 と C_3H_8 の混合気体を入れて温度を 27°C に保ったところ、圧力が $1.20 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。混合気体の物質量を答えなさい。
- (4) 容積の変化しない容器Bに酸素 O_2 を入れて 27°C に保ったところ、内部の圧力が $5.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。この容器Bを前問(3)の容器Aとコック付き細管で接続し、コックを開けて 27°C で放置した。内部の気体が完全に混合した後、容器内の点火装置を用いて CH_4 および C_3H_8 を完全燃焼させ、再び 27°C に戻した。なお、コック付き細管の容積は無視できるものとする。
 - (a) 燃焼後の容器内には 8.80 g の二酸化炭素 CO_2 が存在していた。燃焼前の容器内に存在していた① CH_4 および② C_3H_8 の物質量をそれぞれ答えなさい。
 - (b) 燃焼後の容器内には 4.48 g の O_2 が存在していた。容器Bの容積を有効数字2桁で答えなさい。
 - (c) 燃焼後の容器内の圧力を答えなさい。ただし、 27°C における水 H_2O の飽和蒸気圧は $3.60 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。また、容器内に液体が存在する場合、液体の体積および液体への気体の溶解は無視できるものとする。

4 有機化合物に関する次の文章を読んで以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては計算式も書きなさい。有効数字は3桁とする。

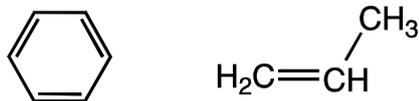
組成式 CH で示すことができる化合物 A は、不飽和炭化水素で、分子に含まれる原子がすべて一直線上にある構造をしている。無色・無臭の気体である化合物 A は、メタンを高温にする（熱分解）、もしくは に水を作用させることで得ることができる。また、化合物 A を赤熱した に触れさせることでベンゼンを得ることができる。アンモニア性硝酸銀水溶液に化合物 A を通じると と呼ばれる化合物 B の白色沈殿が生じるが、この反応は化合物 A の検出に使われる。

化合物 A は付加反応を起こしやすく、硫酸水銀(II)を触媒として水を付加させると不安定な中間生成物である を経て化合物 C が生成する。化合物 C を酸化すると化合物 D が生成する。化合物 D を化合物 A に付加させると化合物 E が生成し、化合物 E を付加重合させた後に水酸化ナトリウム水溶液でけん化すると水溶性の高分子化合物である を得ることができる。さらに、分子量が化合物 C と化合物 D より小さい化合物 F を用いて、 のヒドロキシ基の一部をアセタール化すると水に不溶な合成繊維である ができる。

化合物 A ~ F のなかには、①ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液と反応させると特有の臭気をもつ化合物 G が黄色沈殿として生じるものがあった。

なお、構造式は例にならって示しなさい。

(構造式の例)



(1) ~ にあてはまる化合物もしくは物質の名称をそれぞれ書きなさい。

- (2) 化合物 A ~ G の構造式を書きなさい。
- (3) 化合物 A ~ F のうち、下線部①に該当する化合物をすべて書きなさい。
- (4) 0.500 g の を溶媒に溶かし 100 mL にした溶液を調製し、27°Cでの浸透圧を測定したところ 277 Pa であった。また、調製した溶液に電解質は含まれていなかった。 の一分子あたりに含まれるヒドロキシ基の数は幾つになるか答えなさい。ここでは を単一の重合度をもつ化合物と見なしてよい。
- (5) 化合物 F の水溶液を用いて、 のヒドロキシ基を 40%アセタール化した を 58.0 g つくった。用いた の質量を答えなさい。