本 2024

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

1. 「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。
2. 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。
3. 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。
4. 問題は $\boxed{1}$ から $\boxed{4}$ 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 $\boxed{1}$ と問題 $\boxed{2}$ は解答のみを記入しなさい。
5. 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。
6. 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。

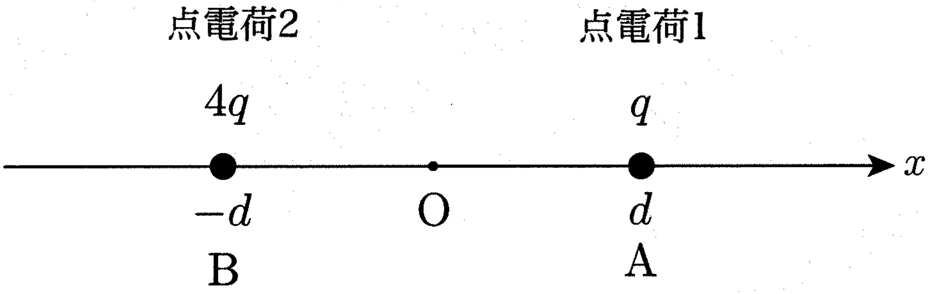
(4) 点電荷 3 が固定された位置における，点電荷 1 と 2 のそれぞれが作る電位の和を，k, d, q を用いて表せ。ただし，無限遠点における電位を 0 とする。

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) $E_2 = \dfrac{1}{4}E_1$　(b) $E_2 = \dfrac{1}{2}E_1$　(c) $E_2 = E_1$　(d) $E_2 = 2E_1$　(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$\dfrac{ch}{\lambda}$，運動量の大きさ$\dfrac{h}{\lambda}$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。

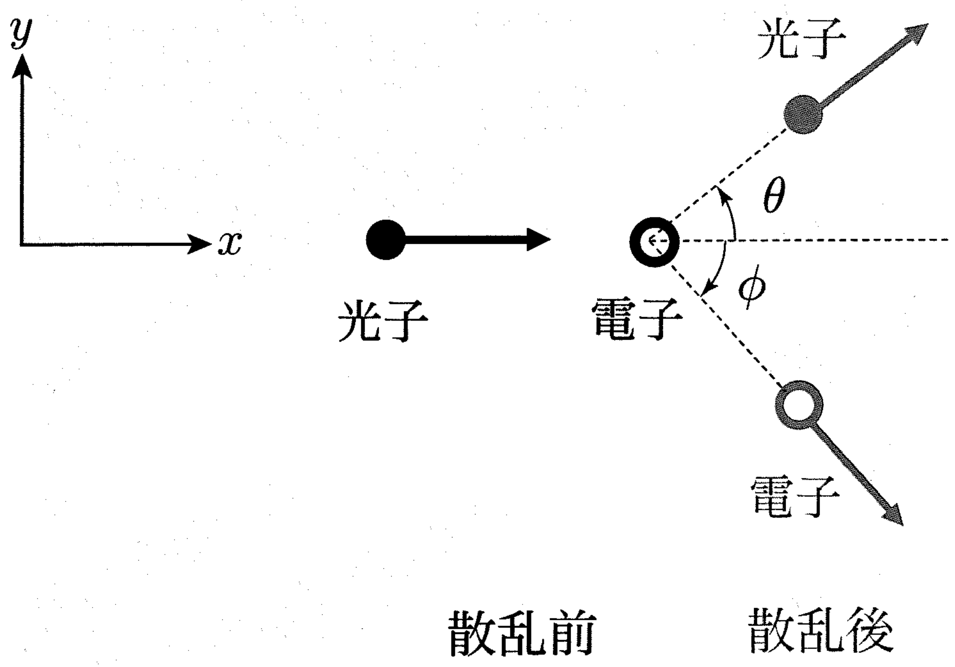
(4)　(2)，(3)の結果を使い，$\left(\dfrac{mv}{h}\right)^2$を$\lambda$，$\lambda'$，$\cos\theta$を用いて表せ。

(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，$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$，$\alpha = \dfrac{\Delta\lambda}{\lambda}$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)　$\Delta\lambda = 1.0 \times 10^{-12}\,\mathrm{m}$，$\alpha = 6.5 \times 10^{-3}$のときの$\cos\theta$を，有効数字2桁で求めよ。ここで，$m = 9.1 \times 10^{-31}\,\mathrm{kg}$，$c = 3.0 \times 10^{8}\,\mathrm{m/s}$，$h = 6.6 \times 10^{-34}\,\mathrm{J{\cdot}s}$を用いよ。また，$\alpha$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$\dfrac{1}{1+\alpha} \fallingdotseq 1 - \alpha$を用いてもよい。



図