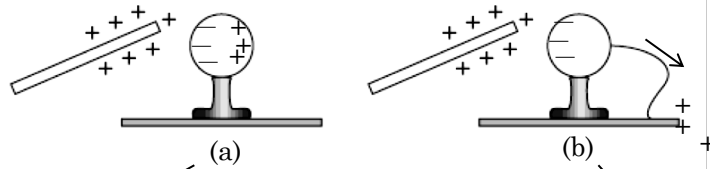


§ A: 公式理解問題

1 <<テーマ>> 静電誘導

解答 イ

解説 球体内に現れる電荷とその動きに関しては以下のようになる。



棒の+の電荷に引きよせられ、-が棒側に現れる。棒の反対側に+が現れる。

地面に接続する（アースする）と、+の電荷が地面に逃げる。-は棒の+に引きよせられているので、逃げられない。

球の棒側にあったマイナスが、棒がなくなることにより、全体に均一に広がる。地面との接続を断つ前に、棒を離してしまうと、-が地面に逃げてしまうので、『帯電していない』状態になるので注意

2 <<テーマ>> 静電気力

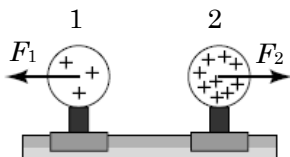
解答 エ

解説 静電気力は、+同士、-同士だと斥力が発生し、+と-だと引力となる。そして働く力

は、 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ となる。（ k はクーロンの法則の比例定数という。この関係は、距離の逆

2乗の関係といたりする。）

ここで、球体には、+同士の斥力が発生しているので、ア、イ、カのような力の働き方はしない。磁石のS極同士のように、互いにしりぞけ合うのだ。



仮に1に帯電している電気量を $+q$ [C] と置くと、2に帯電している電気量は $+3q$ [C] である。このことから、 F_1 、 F_2 を求めると、

$$F_1 = k \frac{q \times 3q}{r^2} \quad F_2 = k \frac{q \times 3q}{r^2}$$

と、両方同じになることがわかる。よって解答は、エ。

電荷が大きい方が、多くの力を受ける。ということではないのだ。

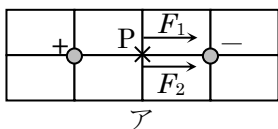
3 《テーマ》 点電荷が作る電場

解答 ア=ウ>エ=オ>イ=キ>カ

解説 『電場』は『+1 [C] 置いたときに受ける力』と定義されている。なので、点 P に+1 [C] を置いて実際に働く力を考えてみればよい。

働く力は、問題 2 で扱ったように $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ で示される。しかし、今、これらの物理量は与えられていないので、計算するには、自分で設定するしかない。今回、+と-の電荷が持つ電気量を+ q 、- q とし、マスの 1 マスを r としてみる。

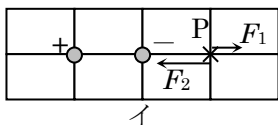
アの状態を見てみると、



図の左の、+の電荷から受ける力を F_1 、
図の右の、-の電荷から受ける力を F_2 とする。
この 2 つは、P に+1 を置いたときは、共に右側に力を受ける。
(+からは斥力、-からは引力を受けるのだ。)
2 力が働くので合力を計算すると、合力は

$F_{\text{合}} = k \frac{2q}{r^2}$ となる。($F_1 = k \frac{q \times 1}{r^2} = k \frac{q}{r^2}$ 、 $F_2 = k \frac{q \times 1}{r^2} = k \frac{q}{r^2}$)
これがアの電場となる(向きは右)

同様にイを考えると、



図の左の、+の電荷から受ける力 F_1 は斥力なので右向き。
図の右の、-の電荷から受ける力 F_2 は引力なので左向き。
この F_2 の方が近い電荷から受けるので大きい。よって合力は左向きになる。2 力が働くので合力を計算すると、合力は

$F_{\text{合}} = F_2 - F_1 = k \frac{q}{r^2} - k \frac{q^2}{4r^2} = k \frac{3q}{4r^2}$ となる。
これがイの電場となる(向きは左)

他もすべてこのように計算すればわかるのだが、少し大変なので、ここからは次のような工夫を試みる。電荷から P までの距離は、1 マスと 2 マスの 2 種類しかないので、電荷から受ける力の大きさは 2 種類しかない。

近いときに受ける力の大きさ $F = k \frac{q}{r^2}$ を $F_{\text{大}}$ とし、

遠いときに受ける力の大きさ $F = k \frac{q^2}{4r^2}$ を $F_{\text{小}}$ としてみる。

すると、アは $F_{\text{合}} = F_{\text{大}} + F_{\text{大}} = 2F_{\text{大}}$ と言える。イは、 $F_{\text{合}} = F_{\text{大}} - F_{\text{小}}$ と言える。

同様に考えると、ウ: $2F_{\text{大}}$ エ: $F_{\text{大}} + F_{\text{小}}$ オ: $F_{\text{大}} + F_{\text{小}}$ カ: $F_{\text{大}} - F_{\text{大}} = 0$ キ: $F_{\text{大}} - F_{\text{小}}$

並び替えると、ア = ウ > エ = オ > イ = キ > カ となる。

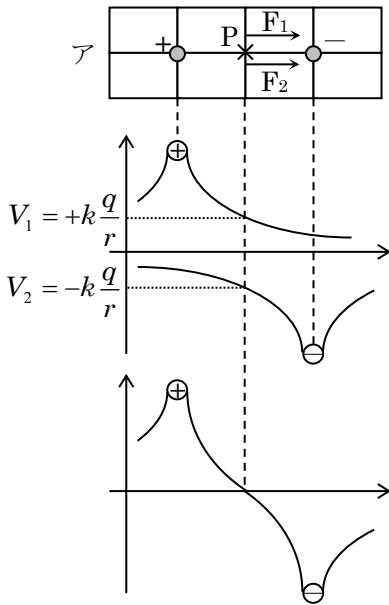
$$(2F_{\text{大}}) \quad \vdots \quad (F_{\text{大}} + F_{\text{小}}) \quad \vdots \quad (F_{\text{大}} - F_{\text{小}}) \quad \vdots \quad (0)$$

4 《テーマ》 点電荷が作る電位

解答 カ > エ > キ > ア = ウ > イ > オ

解説 『電位』は『電氣的な高さ』の事であるが、定義は『1 [C] を1 [J] の仕事で持ち上げた高さが1 [V]』というものになる。ここから $W=qV$ という式が生まれるが、今回はそれは関係ない。それとは別に、点電荷の周りの電位は $V = k\frac{q}{r}$ で示される。これを使って計算していく。問題4と同じく、電気量を q 、1 マスを r として計算してみよう。

アの状態を見てみると、



図の左の、+の電荷は、山を作り、 $V_1 = +k\frac{q}{r}$ 、(正の高さ)

図の右の、-の電荷は、谷を作り、 $V_2 = -k\frac{q}{r}$ 、(正の高さ)

となる。山と谷をイメージした図は左図参照。

2つの電位は、単純に足し算して求まり、今回は

$$V_1 + V_2 = (+k\frac{q}{r}) + (-k\frac{q}{r}) = 0$$

となり、高さは0となる。合成された電位のグラフを書くと、3段目のような図になる。点Pの電位は0なのだ。

電位の計算では、正負を気にしなきゃダメ!!

同様に、イの電位を出すと、 $V = k\frac{q}{2r} + (-k\frac{q}{r}) = -k\frac{q}{2r}$ となる。

(高さはマイナスで、0より小さい。)

他の選択肢でもこのようにやっていけばよいが、計算が大変なので、1マス離れの電荷が作る電位を $V_{大}$ 、2マス離れの電荷が作る電位を $V_{小}$ として計算をしてみる。以下の計算式は『図の左側の電荷が作る電位+右側の電荷が作る電位』と計算しているのでしっかり見比べてほしい。

ア: $V_{大} + (-V_{大}) = 0$ イ: $V_{小} + (-V_{大})$ ウ: $V_{大} + (-V_{大}) = 0$

エ: $V_{小} + V_{大}$ オ: $(-V_{小}) + (-V_{大})$ カ: $V_{大} + V_{大}$ キ: $(-V_{小}) + V_{大}$

高い順に並べ替えると、

$$\begin{array}{cccccccc} \text{カ} & > & \text{エ} & > & \text{キ} & > & \text{ア} = \text{ウ} & > & \text{イ} & > & \text{オ} \\ V_{大} + V_{大} & \vdots & V_{小} + V_{大} & \vdots & (-V_{小}) + V_{大} & \vdots & 0 & \vdots & V_{小} + (-V_{大}) & \vdots & (-V_{小}) + (-V_{大}) \end{array}$$

となる。電場と違い、正負で示すパラメータなので注意しよう。

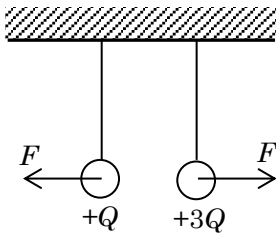
§ B: 概念理解問題

1 《テーマ》 静電気力

解答 (a)

解説 静電気力は、+同士、-同士だと斥力が発生し、+と-だと引力となる。そして働く力は、

$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ となるので、球に働く力を作図すると、



左図のようになる。

このとき、球同士の距離を r と置くと、働く力 F は、

どちらも同じ大きさで、 $F = k \frac{Q \times 3Q}{r^2} = k \frac{3Q^2}{r^2}$ となる。

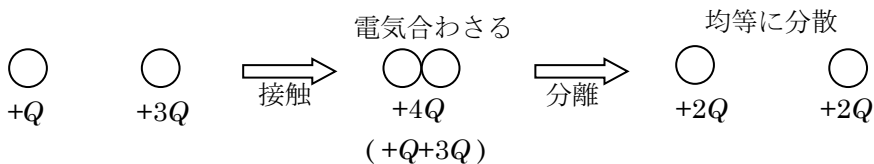
同じ大きさの力が働くので、開き具合も同じである。

よって解答は(a)。

2 《テーマ》 電気量の保存

解答 (ウ)

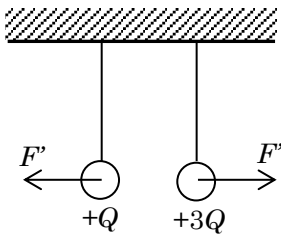
解説 電荷をもつ導体球を接触させると、電気は均等に分散される。今回は、



となる。つまり、電気量+2Qを持った球同士で静電気力が働くことになる。

このときの静電気力の大きさ F' は $F' = k \frac{2Q \times 2Q}{r^2} = k \frac{4Q^2}{r^2}$ となる。

問題1のときに比べて働く力は大きくなるのだ!!



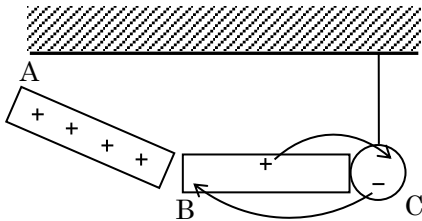
どちらの球も働く静電気力が大きくなるので、解答は

(ウ) どちらの糸も角度が大きくなる。となる。

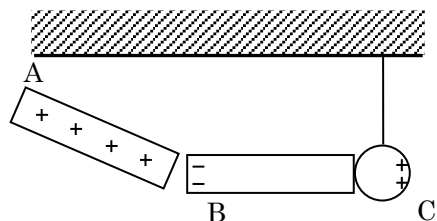
3 《テーマ》 静電誘導

解答 (イ)

解説 導体には自由電子があり、自由電子は接触した導体間も移動できる。なので、下図左のように、棒にあるプラスは球の右側まで移動し、球にあるマイナスは、棒の左側まで移動してしまう。(図には書いていないが、棒のマイナスは棒の左側に、球のプラスは球の右側に移動している。)

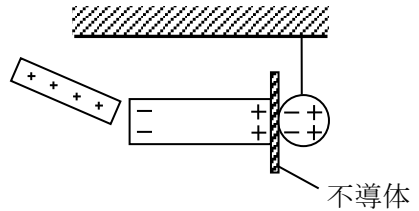


接触している導体同士なら、
物体間も移動する!!



移動完了!!

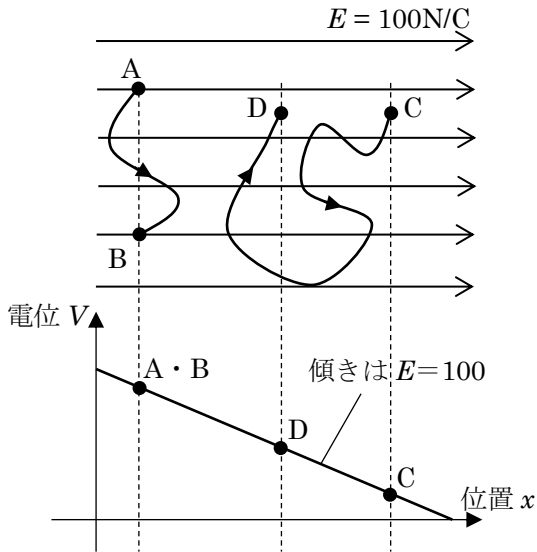
よって解答は、(イ) B はマイナスに帯電する。となる。
棒と球の間に不導体の板を挟むと、物質を越えた電荷の移動は起こらず右図のようになる。



4 《テーマ》 電位と電場と仕事

解答 (1) 0 J (2) -116 J (有効数字を考慮するなら、 -1.2×10^2 J)

解説 電場の様子を、電気的な高さ(電位)に頭の中でイメージできるかが大切である。電場は、電位の高いところから低いところに向かって発生し、電位の傾きが急なほど電場 E が大きくなるといえる。今回の設定では、電場が一様なので、傾きが一様な斜面をイメージしよう。



左図のように、電場と斜面のかかわりを関連付けよう。すると、 $A \rightarrow B$ の経路は、最初と最後で、電位が変わっていないので、仕事は0とわかる。

$C \rightarrow D$ は距離が 0.58 m 離れていることと、電場 E が斜面の傾きであり 100 N/C であることから、 $0.58 \text{ m} \times 100 \text{ N/C} = 58 \text{ V}$ と電位差を出せる。

* 電場の単位は [N/C] と [V/m] の2種類ある。

* この計算は $V = Ed$ の公式のことである。

電位差が分かったので、 $W = qV$ で計算して、

$$W = 2.0 \text{ C} \times 58 \text{ V} = 116 \text{ J}$$

電荷が負のとき、 $C \rightarrow D$ に電荷が移動する際は、静電気力は移動の向きと同じで正の仕事をして、外力は移動の向きと逆向きで負の仕事をすると考えられるので、外力による仕事は負であるといえる。

よって、解答は-116 J