

§ A: 公式理解問題

1 <<電気容量>>

解答 $C = E > B = D > A$

解説 極板間距離と面積は電気容量 C に関わってくる($C = \epsilon \frac{S}{d}$)。それぞれのコンデンサーの C の大小関係を考えたうえで、 $Q = CV$ の関係から電位差を考えればよい。

一番電気容量が小さいであろう選択肢 C の電気容量を C と置く。

(そうすると分数にならないので見やすい。)

すると、 $A : 4C$ 、 $B : 2C$ 、 $C : C$ 、 $D : 4C$ 、 $E : 2C$ とそれぞれ電気容量が示せる。

$Q = CV$ は、 $V = \frac{Q}{C}$ と変形でき、これより V を求めると、

$A : V = \frac{Q}{4C}$ 、 $B : V = \frac{Q}{2C}$ 、 $C : V = \frac{Q}{C}$ 、 $D : V = \frac{2Q}{4C}$ 、 $E : V = \frac{2Q}{2C}$ とそれぞれ電位差を出せる。

大きい順に並び替えると、

$C = E > B = D > A$

2 <<電気容量②>>

解答 $D > A = E > B > C$

解説 極板間距離と面積は電気容量 C に関わってくる($C = \epsilon \frac{S}{d}$)。それぞれのコンデンサーの C の大小関係を考えたうえで、 $Q = CV$ の関係から電位差を考えればよい。

一番電気容量が小さいであろう選択肢 C の電気容量を C と置く。

(そうすると分数にならないので見やすい。)

すると、 $A : 4C$ 、 $B : 2C$ 、 $C : C$ 、 $D : 4C$ 、 $E : 2C$ とそれぞれ電気容量が示せる。

$Q = CV$ よりたまる電気量 Q を求めると、

$A : Q = 4CV$ 、 $B : Q = 2CV$ 、 $C : Q = CV$ 、 $D : Q = 8CV$ 、 $E : Q = 4CV$ と電気量を出せる。

大きい順に並び替えると、

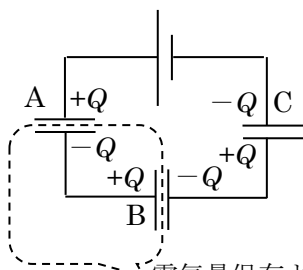
$D > A = E > B > C$

§ B: 概念理解問題

1 <<直列接続①>>

解答 $A = B = C$

解説 電気量の保存より、すべてのコンデンサーでたまる電気量は同じになる。



このように、直列ではたまる電気量が同じになる。

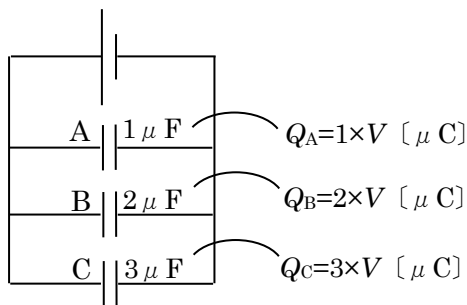
電気量保存より、充電前が 0 なので、この部分の合計は 0 にならないといけない。
⇒よって、たまる電気量 Q は等しい

2 <<並列接続>>

解答 $C > B > A$

解説 並列接続では、すべてのコンデンサーで電位差 V が同じになる。

(キルヒホッフの法則などで考えればすぐわかる!!)



電位差が同じなら、左図のように電気容量が大きいコンデンサーの方が、たまる電気量が大きい。

§ B 概念理解問題 続き

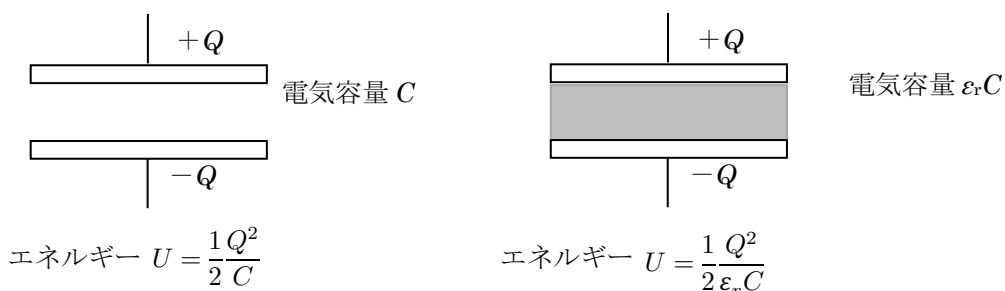
3 <<誘電体の挿入①>>

解答 b

解説 誘電体を入れると、コンデンサーの電気容量は大きくなる。

(比誘電率 ϵ_r のものを挿入したら $C \Rightarrow \epsilon_r C$ に変化する。 ϵ_r は必ず 1 よりも大きい数字なので、電気容量は大きくなる。)

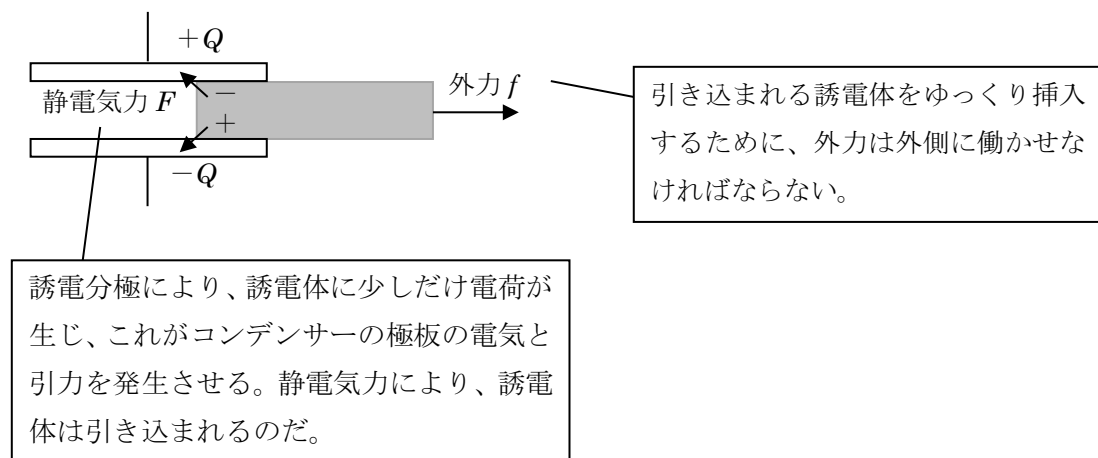
今回、コンデンサーはほかの物に接続されていないので、たまっている電気量は変化しない。このことから考えると、



C よりも $\epsilon_r C$ の方が大きく、分母が増えているので、エネルギーは減ることになる。

こんな考え方もできる(重要)

コンデンサーに誘電体を挿入するとき、外力がする仕事分だけ、エネルギーは増減する。コンデンサーに挿入するときには下図のような力がはたらく。

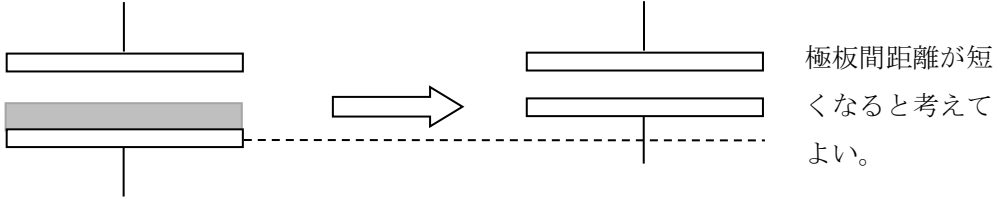


上図のように、外力は挿入する方向とは逆に加えているので、外力のする仕事は負になる。負の仕事をするということは、エネルギーがへるということなのだ。

4 《金属板の挿入》

解答 b

解説 金属板は導線と同じ役割と考える。つまり、極板間距離の半分の金属板を挿入するという事は、



極板間距離と電気容量の関係は $C = \epsilon \frac{S}{d}$ なので、極板間距離が半分になるのであれば、電気容量は $C \rightarrow 2C$ に変化するといえる。よってエネルギーは

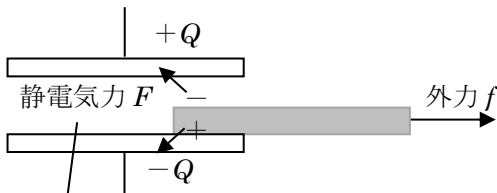
①エネルギー $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

②エネルギー $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon_r C}$ となる。

C よりも $2C$ の方が大きく、分母が増えているので、エネルギーは減ることになる。

こんな考え方もできる(重要)

コンデンサーに金属を挿入するとき、外力がする仕事分だけ、エネルギーは増減する。コンデンサーを挿入するときは、



引き込まれる誘電体をゆっくり挿入するために、外力は外側に働かせなければならない。

静電誘導により、金属板に電荷が生じ、これがコンデンサーの極板の電気と引力を発生させる。静電気力により、金属は引き込まれるのだ。

上図のように、外力は挿入する方向とは逆に加えているので、外力のする仕事は負になる。負の仕事をするということは、エネルギーが減るということなのだ。

5 <<回路内のコンデンサー>>

解答 $C = D = E > B > F > A$

解説 各コンデンサーの電位差がポイントとなる。電池の起電力を V としたら、各コンデンサーの起電力は

$$A: \frac{V}{2}, B: \frac{V}{2}, C: V, D: V, E: V, F: \frac{V}{3} \text{ となる。}$$

*キルヒホッフの法則などを用いて考えてみよう。

また、電気容量がばらばらのコンデンサーをつないだら、違う結果になるので注意。

求めた電位差から、それぞれの回路の X の極板にたまる電気は、電気容量を C とすると、

$$A: -\frac{CV}{2}, B: \frac{CV}{2}, C: CV, D: CV, E: CV, F: -\frac{CV}{3} \text{ となる。}$$

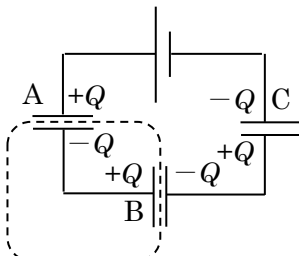
正負に気をつけて大きい順に並び替えると、

$$C = D = E > B > F > A$$

6 <<直列接続②>>

解答 $A > B > C$

解説 電気量の保存より、すべてのコンデンサーでたまる電気量は同じになる。



このように、直列ではたまる電気量が同じになる。

電気量保存より、この部分の合計は 0 にならないといけない。(充電前が 0 なので)
 ⇒よって、たまる電気量 Q は等しい

電気量が等しいことから、それぞれの電位差 V_A, V_B, V_C を求めると、 $Q = CV$ より

$$Q = 1 \times V_A \Rightarrow V_A = Q$$

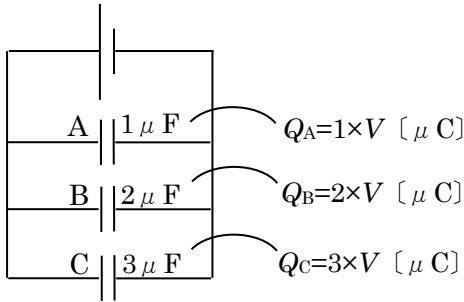
$$Q = 2 \times V_B \Rightarrow V_B = \frac{Q}{2}$$

$$Q = 3 \times V_C \Rightarrow V_C = \frac{Q}{3} \quad \text{これを大きい順に並び替えると、} A > B > C \text{ となる。}$$

7 <<並列接続②>>

解答 $C = B = A$

解説 並列接続では、すべてのコンデンサーで電位差 V が同じになる。
(キルヒホッフの法則などで考えればすぐわかる!!)



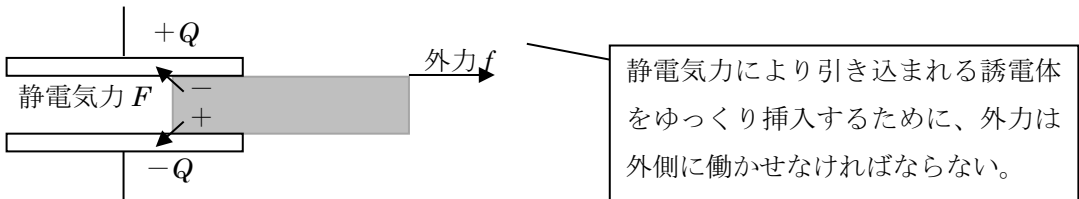
電位差が同じなので
 $A = B = C$

8 <<誘電体の挿入②>>

解答 a

解説

コンデンサーを挿入するとき、誘電体の表面には誘電分極により電荷が現れる。
その電荷と極板の電荷による静電気力が働き、引力が発生し、誘電体は引き込まれる。



また、ゆっくり挿入する際、挿入する方向と逆側に外力を働かせるため、外力は負の仕事を行う。外力が負の仕事を行うということは、コンデンサーのエネルギーが減ることになる。

9 <極板間引力とエネルギー>

解答

a

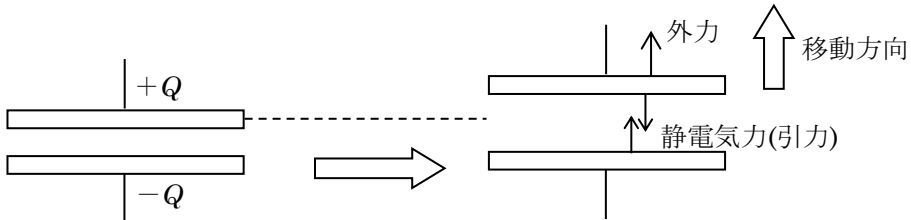
解説

考え方は2通りある。

考え方① 外力がする仕事 = コンデンサーのエネルギーの変化

考え方② 極板間距離が広がることによる電気容量の変化 ⇒ エネルギーの再計算
 どちらの方法でもできるようになっておこう。

① 外力がする仕事 = コンデンサーのエネルギーの変化



極板には、+と-の電荷がたまっているので、引力が発生する。引き離すには、引き離す方向に外力を加える必要がある。

力の向きと運動方向が同じなので、外力の仕事は正。よってエネルギーは増える。

② 変化する電気容量による、エネルギーの再計算

極板間距離と電気容量の関係は $C = \epsilon \frac{S}{d}$ なので、極板間距離が大きくなるのであれば、電気容量は最初の C よりも小さくなるわかる。これを C' と置く。極板が他のものと接続されていないのであれば、電気量 Q は変化しないのでエネルギーを計算すると、

$$\text{① 前} \text{ エネルギー } U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

$$\text{② 後} \text{ エネルギー } U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C'}$$

C よりも C' の方が小さく、分母が小さくなっているといえるので、エネルギーは増えている。

