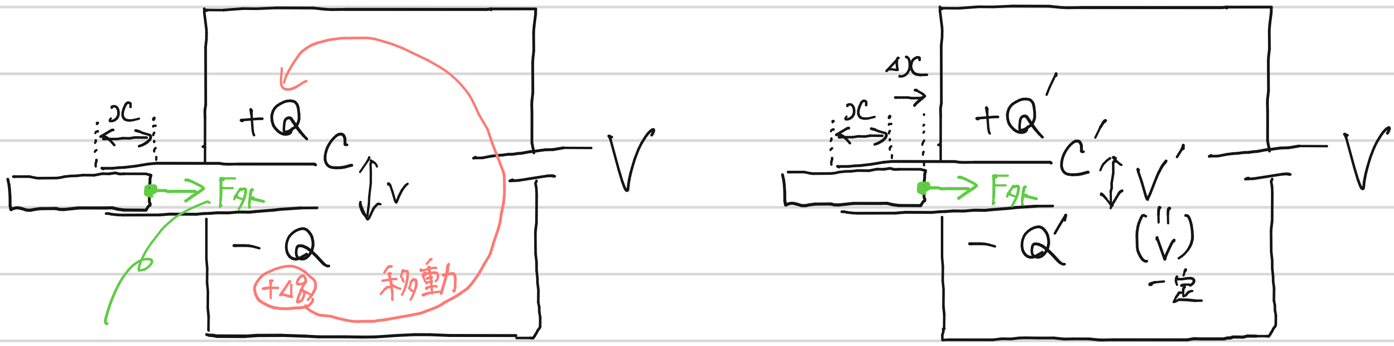
$\boxed{259}$ 電池をつないで変化させているので、Qは変化していくことに注意



本来は極板から受ける静電気力が引き込む向きにはたらくので F外 は x軸負の向き(左)なのだが、問題でこの向きに指定されているのでこう書く。

上図のように文字をおくと

(コンデンサーのエネルギーの変化 ΔU) $= U' - U$

$$= \frac{1}{2}C'V^2 - \frac{1}{2}CV^2$$

$$= \frac{1}{2}(C' - C)V^2$$

(電池がした仕事 $W_{電}$) $= \Delta Q V$

$$= (Q' - Q)V$$

$$= (C'V - CV)V$$

$$= (C' - C)V^2$$

(外力がした仕事 $W_{外}$) $= F_{外} \cdot \Delta x$

エネルギー収支の式にすると、

$$\Delta U = W_{電} + W_{外}$$

$$\underline{\frac{1}{2}(C' - C)V^2 = (C' - C)V^2 + F_{外} \cdot \Delta x}$$ //

259 続き

エネルギー収支の式を $F_{外}$ について解いて、

$$F_{外} = \left\{ \frac{1}{2}(C'-C)V^2 - (C'-C)V^2 \right\} \cdot \frac{1}{\Delta x}$$

$$= -\frac{1}{2}(C'-C)\frac{V^2}{\Delta x}$$

誘電体を入れると、電気容量は大きくなるので（$C' > C$）となり、

$F_{外}$ は負 $_{//}$ とわかる。

大きさは上式より

$$\underline{\frac{1}{2}(C'-C)\frac{V^2}{\Delta x}}_{//}$$

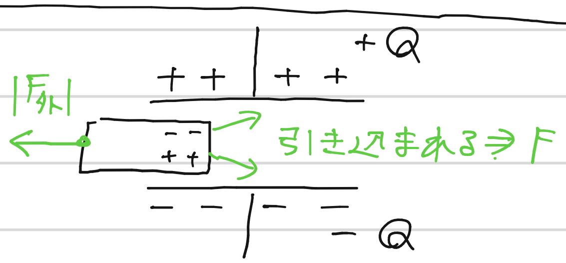
(2) ゆっくり ⟶ 加速度 0 ⟶ 力はつりあっている

という関係から、

$$F = |F_{外}| = \underline{\frac{1}{2}(C'-C)\frac{V^2}{\Delta x}}_{//}$$

（正の向き）$_{//}$

誘電分極で誘電体に
異符合の電荷が表れるので
引きこまれるのだ（重要）



(3)

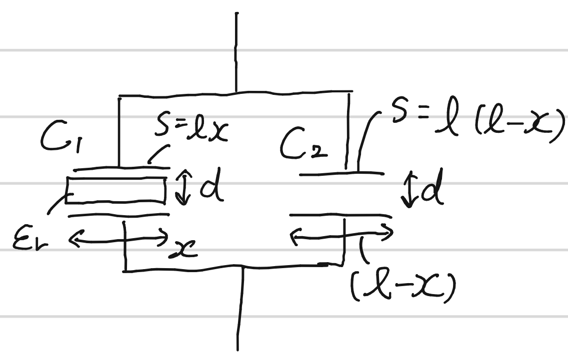
(a) 右図のように書けて、並列の合成公式を用いると

$$C = C_1 + C_2$$

$$= \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{lx}{d} + \varepsilon_0 \frac{l(l-x)}{d}$$

$$= \frac{\varepsilon_0 l}{d}\left\{ \varepsilon_r x + (l-x) \right\}$$

$$= \underline{\frac{\varepsilon_0 l}{d}\left\{ (\varepsilon_r - 1)x + l \right\}}_{//}$$



259 (3) 続き

(b)

(a)と同様に C' を求めると

$$C' = C_1' + C_2'$$

$$= \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{l(x+\Delta x)}{d} + \varepsilon_0 \frac{l\{l-(x+\Delta x)\}}{d}$$

$$= \frac{\varepsilon_0 l}{d}\left[\varepsilon_r\{x+\Delta x\} + \{l-(x+\Delta x)\}\right]$$

$$= \frac{\varepsilon_0 l}{d}\left\{(\varepsilon_r - 1)(x+\Delta x) + l\right\}$$

よって

$$\Delta C = C' - C$$

$$= \frac{\varepsilon_0 l}{d}\left\{(\varepsilon_r - 1)(x+\Delta x) + l\right\} - \frac{\varepsilon_0 l}{d}\left\{(\varepsilon_r - 1)x + l\right\}$$

$$= \underline{\frac{\varepsilon_0 l}{d}(\varepsilon_r - 1)\Delta x}_{\,//}$$

(C) (2) より

$$F = \frac{1}{2}(C' - C)\frac{V^2}{\Delta x}$$

(b) で求めた $(C' - C)$ を代入して

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 l}{d}(\varepsilon_r - 1)\Delta x \cdot \frac{V^2}{\Delta x}$$

$$= \underline{\frac{\varepsilon_0 l}{2d}(\varepsilon_r - 1)V^2}_{\,//}$$

↳ x によらないことが分かる。