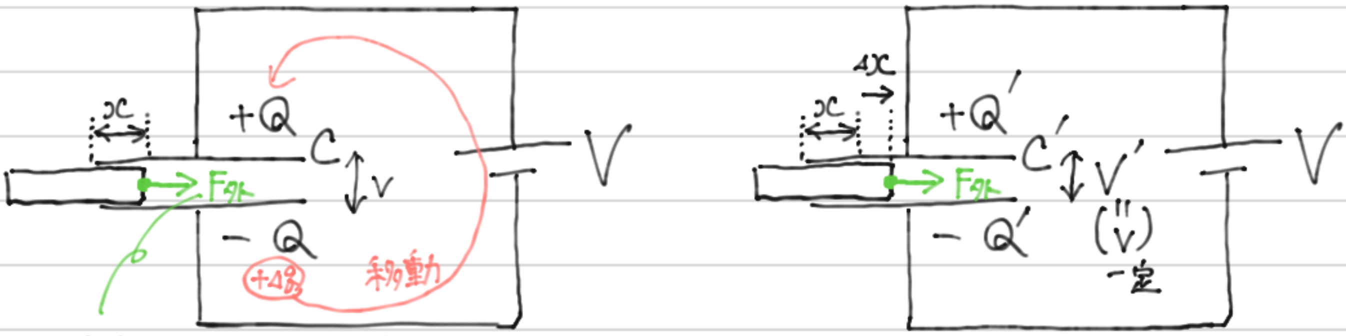
275 電池をつないで変化させているので、Qは変化していくことに注意



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

$$(\text{コンデンサーのエネルギーの変化}\ \Delta U) = U' - U = \frac{1}{2}C'V^2 - \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}(C'-C)V^2$$

$$(\text{電池がした仕事}\ W_{電}) = \Delta q V = (Q'-Q)V = (C'V - CV)V = (C'-C)V^2$$

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

エネルギー収支の式にすると、

$$\Delta U = W_{電} + W_{外}$$

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

$\boxed{275}$ 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

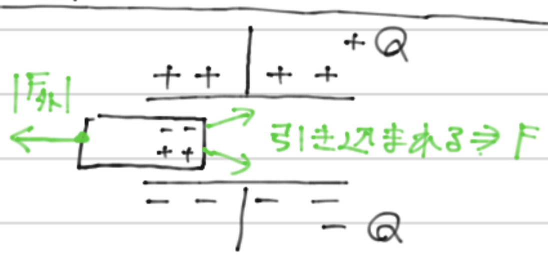
$$\frac{1}{2}(C'-C)\frac{V^2}{\Delta x}$$

(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.

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

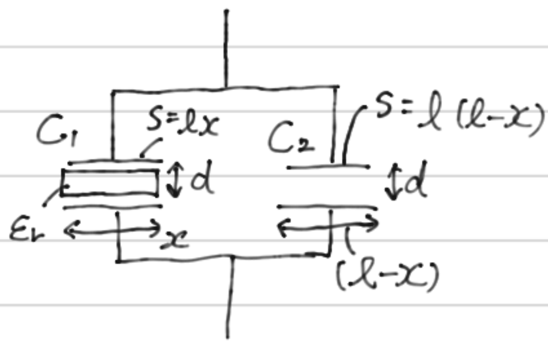
(正の向き)

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



$$C = C_1 + C_2$$

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

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

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

275 (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.