積分法則のまとめ

面積分 $\int_{[閉曲面上]} \vec{E}\cdot\hat{n}\,dS = \sum_{[閉曲面内部]} Q/\varepsilon_0$ ガウスの法則

線積分 $\oint_{[面積の周囲]} \vec{E}\cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt}\int_{面積} \vec{B}\cdot\hat{n}\,dS$ 電磁誘導の法則

面積分 $\int_{[閉曲面上]} \vec{B}\cdot\hat{n}\,dS = 0$ 磁場のガウスの法則

線積分 $\oint_{[面積の周囲]} \vec{B}\cdot d\vec{s} = \mu_0 \sum_{[面積を通る]} I$ アンペールの法則

そろっている

バラバラ?

電場と磁場の対称性を良くする試み

Q_m ：単磁極(モノポール)と

I_m ：磁流[単磁極の流れ]を仮定すると

面積分

$$\int_{[閉曲面上]} \vec{E}\cdot\hat{n}\,dS = \sum_{[閉曲面内部]} Q/\varepsilon_0$$

ガウスの法則

線積分

$$\oint_{[面積の周囲]} \vec{E}\cdot d\vec{s} = \boxed{-\sum_{[面積を通る]} I_m} \boxed{-\frac{d}{dt}\int_{面積} \vec{B}\cdot\hat{n}\,dS}$$

電磁誘導の法則

面積分

$$\int_{[閉曲面上]} \vec{B}\cdot\hat{n}\,dS = \boxed{\sum_{[閉曲面内部]} Q_m}$$

磁場のガウスの法則

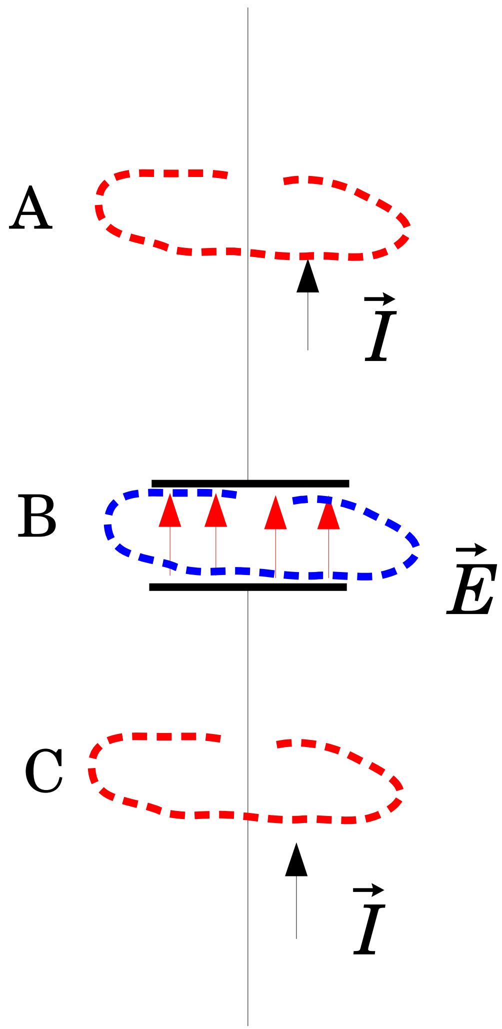
ここは、まだ、対照的でない。

線積分

$$\oint_{[面積の周囲]} \vec{B}\cdot d\vec{s} = \mu_0 \sum_{[面積を通る]} I \quad \boxed{}$$

アンペールの法則

変位電流(マクスウエルの考察)



電流の途中にコンデンサーを置くとき、
A、Cでのアンペールの法則は

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I \quad \cdots(1)$$

と与えられる。
左辺の線積分の位置をAからCまで動かす時、
実際の電流が流れないBで、左辺の値が突然0になるのは不自然。電場が電流に代わって同じ
働きをしているに違いない。

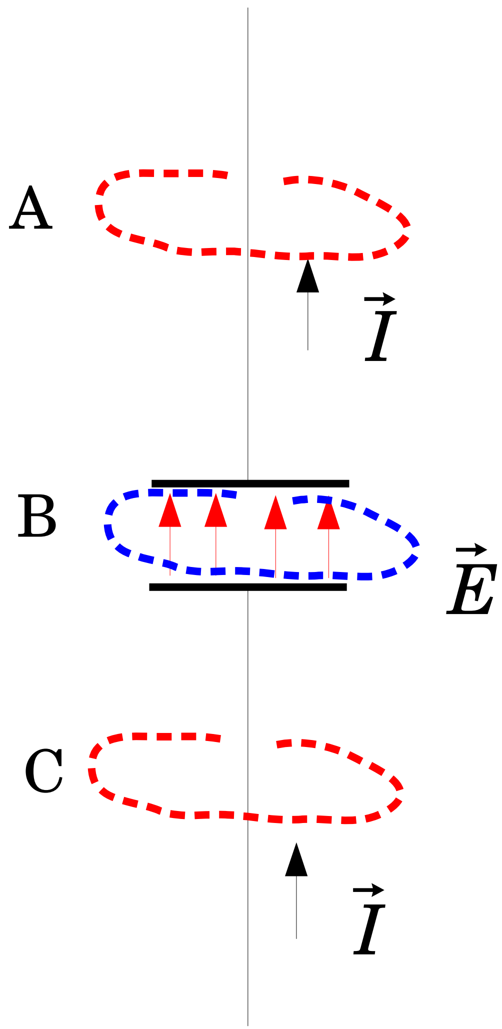
コンデンサーでは $I = \dfrac{dQ}{dt} = \dfrac{d}{dt}\left(\varepsilon_0 E S\right)$

が成り立つので、電流に代わり、

$$\varepsilon_0 \frac{d}{dt}\left(E S\right)$$

が電流の働きをする。

変位電流(マクスウエルの考察)II



コンデンサーの周囲のアンペールの法則は

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{s} = \mu_0 \left[\varepsilon_0 \frac{d}{dt}(ES) \right] \quad \ldots(2)$$

となる。

したがって、A、B、Cすべての点で成り立つのは、(1)と合わせて、

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{d}{dt}(ES) \quad \ldots(3)$$

である。

対称性を持つ積分方程式たち

電場の面積分

$$\int_{[\text{閉曲面上}]} \vec{E}\cdot\hat{n}\,dS = \boxed{\sum_{[\text{閉曲面内部}]} Q/\varepsilon_0}$$

(電場のガウスの法則)

線積分

$$\oint_{[\text{面積の周囲}]} \vec{E}\cdot d\vec{s} = \boxed{-\sum_{[\text{面積の中を通る}]} I_m} \boxed{-\frac{d}{dt}\int_{\text{面積}} \vec{B}\cdot\hat{n}\,dS}$$

(電磁誘導の法則)

磁場の面積分

$$\int_{[\text{閉曲面上}]} \vec{B}\cdot\hat{n}\,dS = \boxed{\sum_{[\text{閉曲面内部}]} Q_m}$$

(磁場のガウスの法則)

線積分

$$\oint_{[\text{面積の周囲}]} \vec{B}\cdot d\vec{s} = \mu_0 \boxed{\sum_{[\text{面積の中を通る}]} I} + \varepsilon_0\mu_0 \boxed{\frac{d}{dt}\int_{\text{面積}} \vec{E}\cdot\hat{n}\,dS}$$

(アンペール・マクスウエルの法則)

電場の面積分に関係

電荷に関係する

電流に関係する

磁場の面積分に関係

単磁極と、磁流はまだ見つかっていない。

マクスウエルの方程式の積分型

電場の
面積分

$$\int_{[\text{閉曲面上}]} \vec{E}\cdot\hat{n}\,dS = \sum_{[\text{閉曲面内部}]} Q/\varepsilon_0$$

（電場のガウスの法則）

線積分

$$\oint_{[\text{面積の周囲}]} \vec{E}\cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt}\int_{\text{面積}} \vec{B}\cdot\hat{n}\,dS$$

（電磁誘導の法則）

磁場の
面積分

$$\int_{[\text{閉曲面上}]} \vec{B}\cdot\hat{n}\,dS = 0$$

（磁場のガウスの法則）

線積分

$$\oint_{[\text{面積の周囲}]} \vec{B}\cdot d\vec{s} = \mu_0 \sum_{[\text{面積を通る}]} I \quad \boxed{+\varepsilon_0\mu_0\frac{d}{dt}\int_{\text{面積}} \vec{E}\cdot\hat{n}\,dS}$$

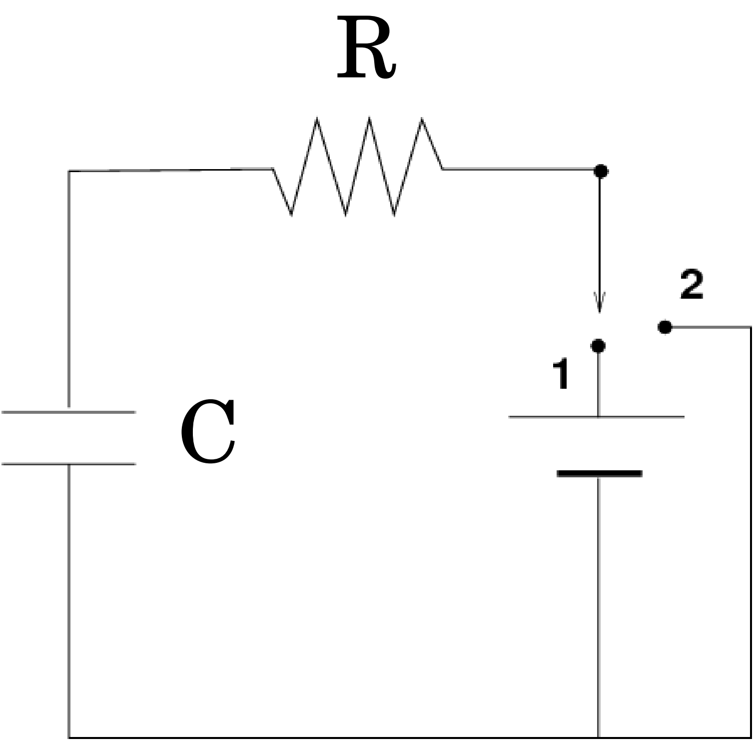
（アンペール・マクスウエルの法則）

通常、まだ見つかっていない単磁極、磁流の項は書かない。

今日の問題、

コンデンサーを含む回路。

$$I=\frac{dQ}{dt}$$ に注意



1、スイッチ1では、次の微分方程式が成り立つ。

$$RI+\frac{Q}{C}=E$$ または、 $$R\frac{dQ}{dt}+\frac{Q}{C}=E$$

このまま、電荷の移動が無くなるまで放置する。

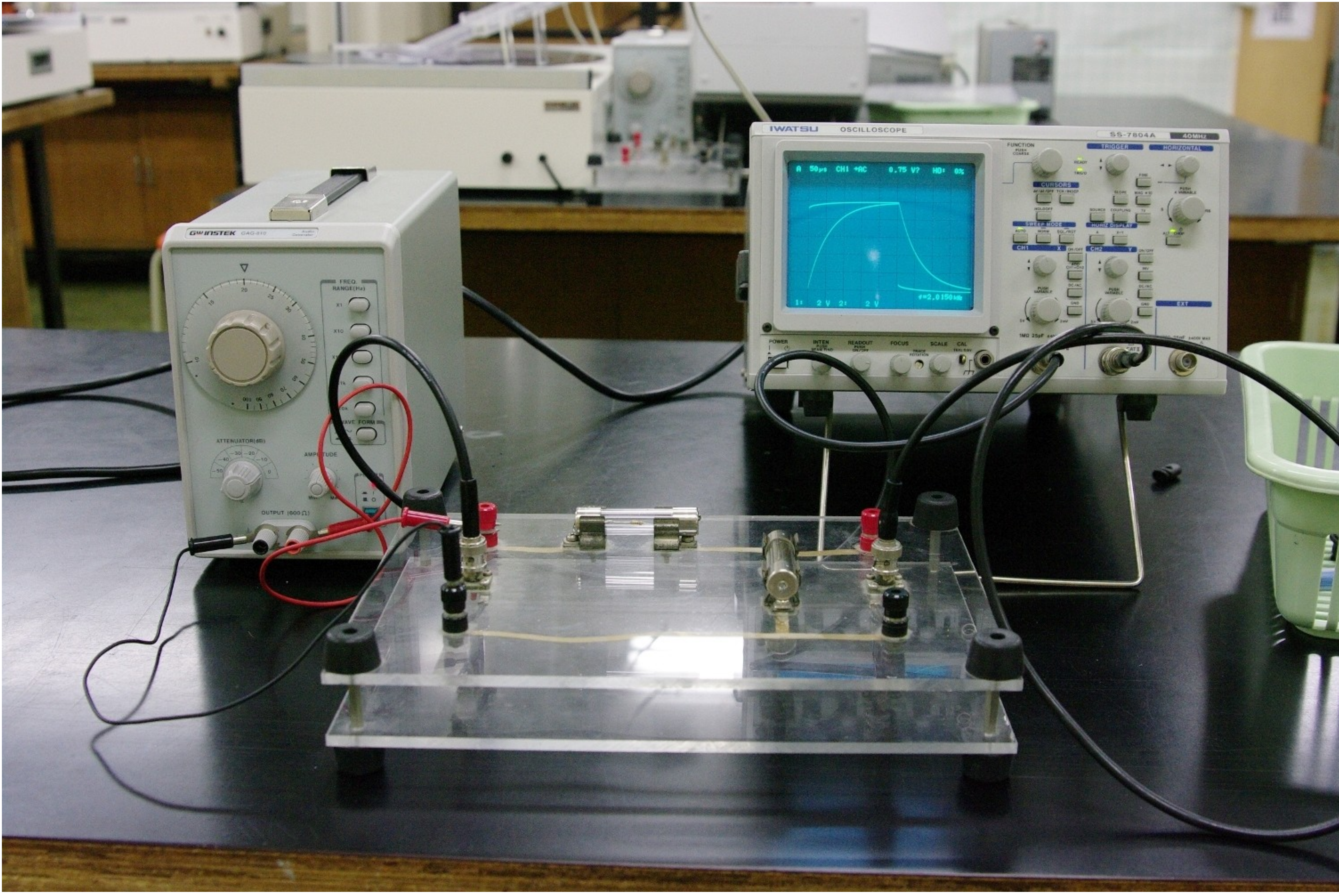
最終的にコンデンサーに蓄えられる電荷 Q_0

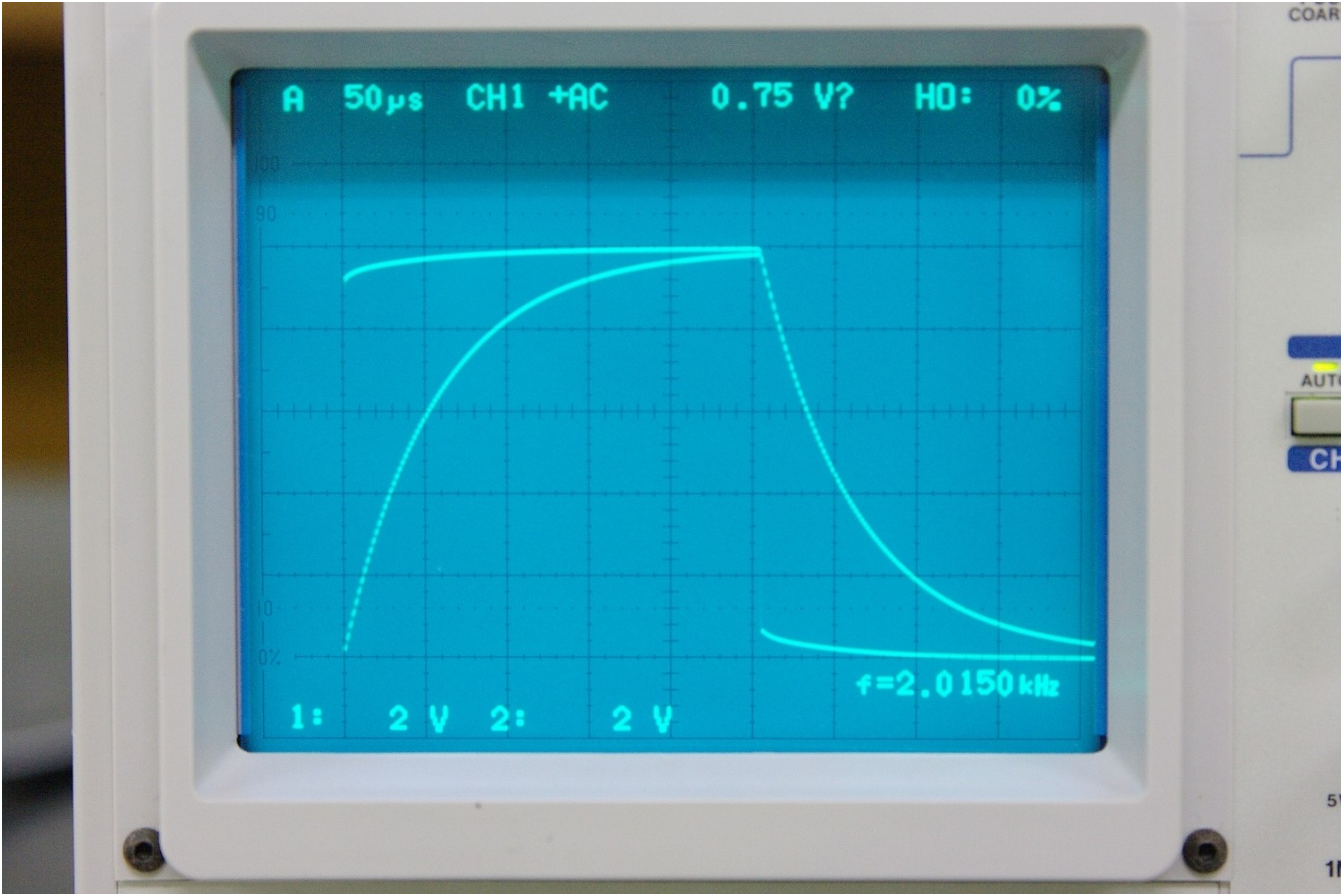
を求めよ。

2、スイッチ2では、次の微分方程式が成り立つ。

$$RI+\frac{Q}{C}=0$$ または、 $$R\frac{dQ}{dt}+\frac{Q}{C}=0$$

時刻 t=0 で、スイッチを1から、2に切り替えたとして、コンデンサーに蓄えられた電荷Qの時間変化を示せ。


GWINSTEK
IWATSU
OSCILLOSCOPE
SS-7804A
40MHz



A 50μs CH1 +AC 0.75 V? HO: 0%
100
90
10
0%
f=2.0150kHz
1: 2 V 2: 2 V
COAR
AUTO
CH