

SETUP DRILL 11

コンデンサー 設定別ドリル

コンデンサーの設定を6つに分けた。

この分野で差がつくのはただ一点 —— 電池をつないだままか、外したか。

つないだまま= V が一定、外した= Q が一定。どちらが固定されているかを毎回宣言してから式を書く。それだけで大半が解ける。

使い方

1周目 設定の見出しと公式を読んだから5問続けて解く。

2周目 式を書く前に「 V 一定か、 Q 一定か」を紙に書いてから始める。

3周目 見出しを隠して、直列か並列か・ V 固定か Q 固定かを言ってから解く。

真空の誘電率を ϵ_0 とする。

1章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

2章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

3章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

4章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

5章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

6章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

問 題 編

解説は後半にまとめてある。先に見ないこと。

何が一定かを先に決めること。

SETUP 01

平行板コンデンサーの容量

記号の約束

C 電気容量 Q 蓄えられた電気量 V 極板間の電圧 S 極板の面積 d 極板の間隔

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「面積 S 、間隔 d の平行板」
2. → 容量は形だけで決まる（電圧をかける前から決まっている）
3. → Q 、 V を聞かれたら $Q = CV$ でつなぐ

この設定で使う公式

- $C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$
- $Q = CV$
- 極板間の電場： $E = \frac{V}{d}$

1-1 形で決まる ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

面積 S 、間隔 d の平行板コンデンサーに電圧 V をかけた。

1. 電気容量を求めよ。
2. 蓄えられる電気量を求めよ。
3. 極板間の電場を求めよ。

1-2 形を変える ★3周チェック ☐ ☐ ☐

平行板コンデンサーの電気容量について答えよ。

1. 極板の面積を2倍にすると何倍か。
2. 間隔を2倍にすると何倍か。
3. 面積を2倍、間隔を4倍にすると何倍か。

1-3 Q から逆算 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

あるコンデンサーに電圧 V をかけたところ、電気量 Q が蓄えられた。

1. 電気容量を求めよ。
2. 電圧を $3V$ にすると電気量はどうか。
3. 電気量を $\frac{Q}{2}$ にするには電圧をいくらにすればよいか。

1-4 導体をはさむ ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

面積 S 、間隔 d のコンデンサーの極板の間に、厚さ t ($t < d$) の同じ面積の金属板を、極板に平行に入れた。

1. 金属板の内部の電場はいくらか。
2. 電場のある部分の厚さの合計を求めよ。
3. 電気容量を求めよ。

1-5 耐圧 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

面積 S 、間隔 d のコンデンサーがある。極板間の電場が E_0 を超えると放電してしまう。

1. かけられる最大の電圧を求めよ。
2. 蓄えられる最大の電気量を求めよ。

SETUP 02

直列と並列

記号の約束

C_1, C_2 各コンデンサーの容量 C 合成容量

この設定を見分ける手がかり

1. 回路図で**一列に並んでいる** → 直列
2. 回路図で**両端が同じ2点に つながっている** → 並列
3. → 直列は Q が共通、並列は V が共通

この設定で使う公式

- 並列 : $C = C_1 + C_2$ (V 共通、 Q を分け合う)
- 直列 : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ (Q 共通、 V を分け合う)
- 抵抗と**逆の形**になることに注意

2-1 合成 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

電気容量 C のコンデンサー2個について答えよ。

1. 並列につないだときの合成容量を求めよ。
2. 直列につないだときを求めよ。
3. どちらが大きいかな。

2-2 直列の分配 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電気容量 C_1 、 C_2 のコンデンサーを直列につなぎ、全体に電圧 V をかけた。

1. 2つに蓄えられる電気量の関係を述べよ。
2. それぞれの電圧を求めよ。

2-3 並列の分配 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電気容量 C_1 、 C_2 のコンデンサーを並列につなぎ、電圧 V をかけた。

1. 2つの電圧の関係を述べよ。
2. それぞれの電気量を求めよ。
3. 合計の電気量を求めよ。

電気容量 C のコンデンサー2個を並列にしたものに、さらに容量 C のコンデンサー1個を直列につなぎ、全体に電圧 V をかけた。

1. 並列部分の合成容量を求めよ。
2. 全体の合成容量を求めよ。
3. 直列につないだ1個にかかる電圧を求めよ。

電気容量 C のコンデンサーを電圧 V で充電したあと電池を外し、充電されていない容量 C のコンデンサーと並列につないだ。

1. つなぐ前の電気量を求めよ。
2. つないだ後の共通の電圧を求めよ。
3. それぞれの電気量を求めよ。

SETUP 03

電池をつないだまま／外して変える

記号の約束

ε_r 比誘電率

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「電池をつないだまま」 → V が一定
2. 問題文に「電池を外してから」 → Q が一定
3. → 一定のほうを固定して、 $Q = CV$ でもう一方を出す

この設定で使う公式

- V 一定： C が変われば Q が同じ割合で変わる
- Q 一定： C が変われば V が逆の割合で変わる
- 誘電体を入れる： C が ε_r 倍

3-1 つないだまま ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

電圧 V の電池につないだままのコンデンサー（容量 C ）の極板間隔を、 d から $2d$ に広げた。

1. 電気容量はどうなるか。
2. 電圧はどうなるか。
3. 電気量はどうなるか。

3-2 外してから ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

容量 C のコンデンサーを電圧 V で充電してから電池を外し、極板間隔を d から $2d$ に広げた。

1. 電気量はどうか。
2. 電気容量はどうか。
3. 電圧はどうか。

3-3 電場はどうか ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

前の2問それぞれについて、極板間の電場の変化を考える。

1. 電池をつないだまま間隔を2倍にしたとき、電場は何倍か。
2. 電池を外して間隔を2倍にしたとき、電場は何倍か。
3. どちらが直感的か。

3-4 誘電体 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

容量 C のコンデンサーの極板間を、比誘電率 ϵ_r の誘電体で満たす。

1. 電気容量はどうなるか。
2. 電池をつないだままのとき、電気量は何倍か。
3. 電池を外してからのとき、電圧は何倍か。

3-5 半分だけ入れる ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

面積 S 、間隔 d のコンデンサーの左半分だけに、比誘電率 ϵ_r の誘電体を極板間いっぱい詰めた。

1. この構造は何のつなぎ方とみなせるか。
2. 電気容量を求めよ。

SETUP 04

蓄えられるエネルギー

記号の約束

U 蓄えられる静電エネルギー

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「静電エネルギー」「した仕事」「発生する熱」
2. → 3つの形の式は同じもの。分かっている量で選ぶ
3. → 熱を聞かれたら電池がした仕事との差を取る

この設定で使う公式

- $U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$
- V 一定なら $\frac{1}{2}CV^2$ 、 Q 一定なら $\frac{Q^2}{2C}$ が便利
- 電池がした仕事： $W = QV$ (U の2倍)

4-1 3つの形 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

容量 C 、電圧 V 、電気量 Q のコンデンサーについて答えよ。

1. C と V で表せ。
2. Q と C で表せ。
3. Q と V で表せ。

4-2 間隔を変える ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

容量 C 、電気量 Q に充電したコンデンサーの電池を外し、極板間隔を2倍にした。

1. どの形の式を使うのが便利か。
2. エネルギーは何倍になるか。
3. 増えた分はどこから来たか。

4-3 つないだままで ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電圧 V の電池につないだまま、容量 C のコンデンサーの極板間隔を2倍にした。

1. エネルギーは何倍になるか。
2. 電池がした仕事はいくらか。
3. 外力がした仕事はいくらか。

4-4 充電の熱 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

起電力 V の電池で、容量 C のコンデンサーを抵抗を通して充電した。

1. 電池がした仕事を求めよ。
2. コンデンサーに蓄えられたエネルギーを求めよ。
3. 抵抗で発生した熱を求めよ。

4-5 つなぎ替えの熱 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

容量 C を電圧 V で充電して電池を外し、充電されていない容量 C と並列につないだ。

1. つなぐ前のエネルギーを求めよ。
2. つないだ後のエネルギーを求めよ。
3. 失われたエネルギーはどこへ行ったか。

SETUP 05

回路の中のコンデンサー

記号の約束

R 抵抗 I 電流

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「十分に時間がたった後」「定常状態」
2. → コンデンサーには電流が流れない（枝を切ったのと同じ）
3. → まず抵抗だけの回路として解き、あとで電位差を読む

この設定で使う公式

- 定常状態：コンデンサーの枝の電流は 0
- コンデンサーの電圧＝両端の点の電位差
- スイッチを入れた直後：電圧 0（導線と同じ）

5-1 定常状態 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

起電力 V の電池に抵抗 R とコンデンサー C を直列につなぎ、十分に時間がたった。

1. 流れる電流はいくらか。
2. 抵抗にかかる電圧はいくらか。
3. コンデンサーの電圧を求めよ。

起電力 V の電池に抵抗 R_1 と R_2 を直列につなぎ、 R_2 と並列に容量 C のコンデンサーをつないだ。十分に時間がたったときを考える。

1. 回路に流れる電流を求めよ。
2. コンデンサーにかかる電圧を求めよ。
3. 蓄えられる電気量を求めよ。

5-3 直後と十分後 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

充電されていない容量 C のコンデンサーと抵抗 R を直列につなぎ、起電力 V の電池につないでスイッチを入れた。

1. 直後の電流を求めよ。
2. 十分に時間がたった後の電流を求めよ。
3. その間、コンデンサーの電圧はどう変わるか。

5-4 スイッチ操作 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

容量 C_1 を電圧 V で充電したあと電池から切り離し、充電されていない C_2 と並列につないだ。

1. 立式の柱になる法則を答えよ。
2. 共通の電圧を求めよ。
3. C_2 に移った電気量を求めよ。

コンデンサーを含む回路の問題を解く手順を答えよ。

1. 最初に確認すること何か。
2. 定常状態でコンデンサーをどう扱うか。
3. 電池が切り離されているときの柱は何か。

SETUP 06

極板間の電場と、極板が引き合う力

記号の約束

E 極板間の電場 F 極板が引き合う力

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「極板を引き離すのに必要な力」「極板が引き合う力」
2. → 1枚の極板がつくる電場は $\frac{E}{2}$ (合計が E だから)
3. → 自分がつくる電場からは力を受けない

この設定で使う公式

- 極板間の電場 : $E = \frac{V}{d} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$
- 1枚がつくる電場 : $\frac{E}{2}$
- 引き合う力 : $F = Q \cdot \frac{E}{2} = \frac{Q^2}{2\epsilon_0 S}$

6-1 電場を Q で ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

面積 S 、間隔 d のコンデンサーに電気量 Q が蓄えられている。

1. 電圧を求めよ。
2. 極板間の電場を求めよ。
3. 電場は d によるか。

6-2 1枚あたり ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

平行板コンデンサーの極板間の電場を E とする。

1. この E は何と何の合計か。
2. 1枚の極板がつくる電場はいくらか。
3. 極板の外側の電場はどうなっているか。

6-3 引き合う力 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電気量 Q が蓄えられた、面積 S のコンデンサーの極板が引き合う力を求めたい。

1. なぜ $F = QE$ としてはいけないのか。
2. 正しい力を求めよ。

6-4 仕事と一致 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電気量 Q で充電し電池を外したコンデンサーの極板間隔を、 d から $d + \Delta d$ に広げた。

1. エネルギーの増加を求めよ。
2. それを Δd で割ると何になるか。
3. 前問の答えと一致するか。

6-5 総まとめ ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

コンデンサーの問題で最初に確認すべきことを整理せよ。

1. 電池がつながっているとき固定される量は何か。
2. 電池を外したとき固定される量は何か。
3. どちらでも変わらないものは何か。

解 説 編

各問の冒頭に V 一定か Q 一定かを書いてある。

設定 1 平行板コンデンサーの容量

1-1 公式のまま

■(1) $C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$

■(2) $Q = CV = \frac{\varepsilon_0 SV}{d}$

■(3) $E = \frac{V}{d}$

容量は形だけで決まる (V も Q も入っていない)。

答 (1) $\varepsilon_0 \frac{S}{d}$ (2) $\frac{\varepsilon_0 SV}{d}$ (3) $\frac{V}{d}$

1-2 比を読む

■(1) S に比例するので 2倍

■(2) $\frac{1}{d}$ に比例するので $\frac{1}{2}$ 倍

■(3) $2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$ 倍

広くて薄いほど容量が大きい。

答 (1) 2倍 (2) 1/2 倍 (3) 1/2 倍

1-3 $Q = CV$ を回す

■(1) $C = \frac{Q}{V}$

■(2) C は変わらないので $Q' = C(3V) = 3Q \rightarrow$ **3倍**

■(3) $V' = \frac{V}{2}$

C は形で決まるので、電圧を変えても C は動かない。

動くのは Q と V のほう。

答 (1) $\frac{Q}{V}$ (2) $3Q$ (3) $\frac{V}{2}$

1-4 間隔が減る

■(1) 0 (導体内部の電場は0)。

■(2) $d - t$

■(3) 電場のある距離が $d - t$ に減ったので、間隔が $d - t$ のコンデンサーと同じ

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d - t}$$

容量は増える。金属板の位置 (どこに入れるか) にはよらない。

答 (1) 0 (2) $d - t$ (3) $\frac{\epsilon_0 S}{d - t}$

1-5 E の上限から

■(1) $E = \frac{V}{d} \leq E_0$

$$V \leq E_0 d$$

■(2) $Q = CV \leq \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot E_0 d = \epsilon_0 S E_0$

d が消える —— 間隔を広げても、蓄えられる最大の電気量は増えない。

増えるのは耐えられる電圧のほう。

答 (1) $E_0 d$ (2) $\epsilon_0 S E_0$

設定 2 直列と並列

2-1 式を選ぶ

■(1) $C + C = 2C$

■(2) $\frac{1}{C'} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{2}{C} \rightarrow C' = \frac{C}{2}$

■(3) 並列。

並列は「極板の面積が増えた」、直列は「間隔が広がった」のと同じ。

答 (1) $2C$ (2) $\frac{C}{2}$ (3) 並列

2-2 Q が共通

■(1) 等しい。

つなぎ目の部分は孤立していて、全体の電気量が0のまま
片方に $+Q$ 、他方に $-Q$ が現れるため。

■(2) $V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$ より $Q = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} V$
 $V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{C_2 V}{C_1 + C_2}$ 、 $V_2 = \frac{C_1 V}{C_1 + C_2}$

容量の小さいほうに大きな電圧がかかる。

答 (1) 等しい (2) $V_1 = \frac{C_2 V}{C_1 + C_2}$ 、 $V_2 = \frac{C_1 V}{C_1 + C_2}$

2-3 V が共通

■(1) どちらも V で等しい (同じ2点の間にあるため)。

■(2) $Q_1 = C_1 V$ 、 $Q_2 = C_2 V$

■(3) $Q = (C_1 + C_2) V$

容量の大きいほうに多くの電気量がたまる。

直列とちょうど逆になる。

答 (1) どちらも V (2) $C_1 V$ 、 $C_2 V$ (3) $(C_1 + C_2) V$

2-4 内側から縮める

■(1) $2C$

■(2) $2C$ と C の直列

$$\frac{1}{C_{\text{全}}} = \frac{1}{2C} + \frac{1}{C} = \frac{3}{2C} \rightarrow C_{\text{全}} = \frac{2C}{3}$$

■(3) 直列なので Q 共通。 $Q = \frac{2C}{3}V$

$$V_{\text{単}} = \frac{Q}{C} = \frac{2V}{3}$$

内側の並列からまとめるのが手順。

答 (1) $2C$ (2) $\frac{2C}{3}$ (3) $\frac{2V}{3}$

2-5 電気量が保存する

■(1) $Q = CV$

■(2) 電池を外してあるので電気量の合計が保存する。

並列なので電圧は共通

$$CV = (C + C)V' \rightarrow V' = \frac{V}{2}$$

■(3) それぞれ $C \cdot \frac{V}{2} = \frac{CV}{2}$

電池がない回路では、孤立した部分の電気量の合計が変わらない。

これが立式の柱になる。

答 (1) CV (2) $\frac{V}{2}$ (3) それぞれ $\frac{CV}{2}$

設定 3 電池をつないだまま／外して変える

3-1 V 一定

■(1) $C \propto \frac{1}{d}$ なので $\frac{1}{2}$ 倍

■(2) 電池につないだままなので V のまま変わらない

■(3) $Q = CV$ で C が半分、 V そのままなので $\frac{1}{2}$ 倍

電気量が減った分は電池に戻っていく。

答 (1) $1/2$ 倍 (2) 変わらない (3) $1/2$ 倍

3-2 Q 一定

■(1) 電池を外したので行き場がなく Q のまま変わらない

■(2) $\frac{1}{2}$ 倍

■(3) $V = \frac{Q}{C}$ で Q そのまま、 C が半分なので 2倍

同じ操作でも、電池の有無で答えが正反対になる。

ここが最大の分かれ道。

答 (1) 変わらない (2) $1/2$ 倍 (3) 2倍

3-3 E を追う

■(1) $E = \frac{V}{d}$ で V 一定、 d が2倍 $\rightarrow \frac{1}{2}$ 倍

■(2) V が2倍、 d が2倍 $\rightarrow$ 1倍 (変わらない)

■(3) (2) のほう。電気量が変わっていないので、

極板の上の電荷の密度が同じ＝電場も同じ、と考えられる。

Q 一定なら E も一定は覚えておくと速い。

答 (1) $1/2$ 倍 (2) 変わらない (3) (2) : Q 一定なら E も一定

3-4 C が ε_r 倍

■(1) ε_r 倍 ($C' = \varepsilon_r C$)

■(2) V 一定なので $Q = CV$ より ε_r 倍

■(3) Q 一定なので $V = \frac{Q}{C}$ より $\frac{1}{\varepsilon_r}$ 倍

誘電体を入れると誘電分極が起きて内部の電場が弱まり、

同じ電圧でより多くの電荷を蓄えられるようになる。

答 (1) ε_r 倍 (2) ε_r 倍 (3) $\frac{1}{\varepsilon_r}$ 倍

3-5 並列とみなす

■(1) 面積 $\frac{S}{2}$ のコンデンサー2個の並列。

上下の極板がそれぞれ共通なので、電圧が同じ＝並列。

$$\begin{aligned}\text{■(2)} \quad C &= \frac{\varepsilon_0(S/2)}{d} + \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0(S/2)}{d} \\ C &= \frac{\varepsilon_0 S(1 + \varepsilon_r)}{2d}\end{aligned}$$

横に分けたら並列、縦（厚み方向）に分けたら直列。

答 (1) 並列 (2) $\frac{\varepsilon_0 S(1 + \varepsilon_r)}{2d}$

設定 4 蓄えられるエネルギー

4-1 使う量で選ぶ

■(1) $U = \frac{1}{2}CV^2$

■(2) $U = \frac{Q^2}{2C}$

■(3) $U = \frac{1}{2}QV$

$Q = CV$ で行き来できる同じ式。

何が一定かに合わせて選ぶ。

答 $\frac{1}{2}CV^2$ 、 $\frac{Q^2}{2C}$ 、 $\frac{1}{2}QV$

4-2 Q 一定で選ぶ

■(1) Q が一定なので $U = \frac{Q^2}{2C}$

■(2) C が $\frac{1}{2}$ 倍なので 2倍

■(3) 極板を引き離すためにした外力の仕事。

極板どうしは引き合っているんで、離すには仕事要る。

その分がエネルギーとして蓄えられた。

答 (1) $\frac{Q^2}{2C}$ (2) 2倍 (3) 極板を離す外力の仕事

4-3 V 一定で選ぶ

■(1) V 一定なので $U = \frac{1}{2}CV^2$ 。 C が半分で $\frac{1}{2}$ 倍
エネルギーは $\frac{1}{2}CV^2$ から $\frac{1}{4}CV^2$ に減る。

■(2) 電気量が CV から $\frac{CV}{2}$ に減る (電池に戻る) ので
 $W_{\text{電池}} = \Delta Q \cdot V = -\frac{CV^2}{2}$ (受け取っている)

■(3) エネルギー収支より

$\Delta U = W_{\text{電池}} + W_{\text{外力}}$
 $-\frac{1}{4}CV^2 = -\frac{1}{2}CV^2 + W_{\text{外力}} \rightarrow W_{\text{外力}} = \frac{1}{4}CV^2$
外力は正の仕事をしている (やはり引き離しているのが当然)。

答 (1) $1/2$ 倍 (2) $-\frac{CV^2}{2}$ (3) $\frac{1}{4}CV^2$

4-4 半分为熱になる

■(1) 運んだ電気量は $Q = CV$ 、電位差は V
 $W = QV = CV^2$

■(2) $U = \frac{1}{2}CV^2$

■(3) 差が熱になる

$W - U = \frac{1}{2}CV^2$
電池がした仕事のちょうど半分为熱になる。
抵抗の値によらないのが面白いところ。

答 (1) CV^2 (2) $\frac{1}{2}CV^2$ (3) $\frac{1}{2}CV^2$

4-5 減った分が熱

■(1) $U_1 = \frac{1}{2}CV^2$

■(2) 共通電圧は $\frac{V}{2}$ 、容量は $2C$
 $U_2 = \frac{1}{2}(2C)\left(\frac{V}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}CV^2$

■(3) 差 $\frac{1}{4}CV^2$ が導線の抵抗での発熱 (と電磁波) になって失われた。
電気量は保存するがエネルギーは保存しない。
力学の「合体する衝突」とまったく同じ構造。

答 (1) $\frac{1}{2}CV^2$ (2) $\frac{1}{4}CV^2$ (3) 導線での発熱

設定 5 回路の中のコンデンサー

5-1 枝を切って考える

■(1) 0。コンデンサーは充電が終わると電流を通さない。

■(2) $RI = 0 \rightarrow 0$

■(3) 電池の電圧がそのままかかる

$V_C = V$ 、電気量は $Q = CV$

定常状態では抵抗での電圧降下が0になるのがポイント。

答 (1) 0 (2) 0 (3) V

5-2 電位差を読む

■(1) コンデンサーの枝には流れないので、 R_1 、 R_2 の直列とみなせる

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

■(2) R_2 にかかる電圧と同じ

$$V_C = R_2 I = \frac{R_2 V}{R_1 + R_2}$$

■(3) $Q = \frac{CR_2 V}{R_1 + R_2}$

まず抵抗だけの回路を解き、そのあと電位差を読むのが手順。

答 (1) $\frac{V}{R_1 + R_2}$ (2) $\frac{R_2 V}{R_1 + R_2}$ (3) $\frac{CR_2 V}{R_1 + R_2}$

5-3 2つの極端

■(1) 直後は $Q = 0$ なので $V_C = 0$ 。導線と同じ

$$I_0 = \frac{V}{R} \quad (\text{このとき電流が最大})$$

■(2) 0

■(3) 0 から V へだんだん増える。

電流はその逆で、最大から 0 へ減っていく。

「直後は導線、十分後は断線」と覚える。

答 (1) $\frac{V}{R}$ (2) 0 (3) 0 から V まで増える

5-4 電気量保存

■(1) 孤立部分の電気量の保存。

■(2) $C_1 V = (C_1 + C_2) V' \rightarrow V' = \frac{C_1 V}{C_1 + C_2}$

■(3) $Q_2 = C_2 V' = \frac{C_1 C_2 V}{C_1 + C_2}$

電池が切れている回路は電気量保存、つながっている回路は電圧を追う。

答 (1) 電気量の保存 (2) $\frac{C_1 V}{C_1 + C_2}$ (3) $\frac{C_1 C_2 V}{C_1 + C_2}$

5-5 手順を言う

■(1) 電池がつながっているか、切り離されているか。

つながっていれば V が決まり、切り離されていれば Q が決まる。

■(2) 電流を通さない枝（断線）として扱い、

まず抵抗だけの回路を解いてから電位差を読む。

■(3) 電気量の保存。

この3つで、コンデンサー回路の大半は片づく。

答 (1) 電池の有無 (2) 断線として扱う (3) 電気量の保存

設定 6 極板間の電場と、極板が引き合う力

6-1 C を経由する

■(1) $V = \frac{Q}{C} = \frac{Qd}{\epsilon_0 S}$

■(2) $E = \frac{V}{d} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$

■(3) よらない。

d が約分で消える。電荷の密度だけで決まる。

設定3(3) で「 Q 一定なら E 一定」と言ったのはこの式のこと。

答 (1) $\frac{Qd}{\epsilon_0 S}$ (2) $\frac{Q}{\epsilon_0 S}$ (3) よらない

6-2 半分になる理由

■(1) 正極板がつくる電場と、負極板がつくる電場の合計。

■(2) 2枚が対称なので、それぞれ $\frac{E}{2}$

■(3) 外側では2枚の電場が逆向きになって打ち消し、0。

内側では同じ向きなので $\frac{E}{2} + \frac{E}{2} = E$ 。

内側で強め合い、外側で消えるのが平行板の特徴。

答 (1) 2枚がつくる電場の合計 (2) $\frac{E}{2}$ (3) 0

6-3 自分の分は除く

■(1) E にはその極板自身がつくる電場が含まれているから。

自分がつくった電場から自分が力を受けることはない。

■(2) 相手がつくる電場だけを使う

$$F = Q \cdot \frac{E}{2} = \frac{Q^2}{2\epsilon_0 S}$$

QE と書くと2倍になってしまう。頻出のひっかけ。

答 (1) 自分がつくる電場を含むから (2) $\frac{Q^2}{2\epsilon_0 S}$

6-4 エネルギーで検算

$$\blacksquare(1) U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{Q^2 d}{2\epsilon_0 S}$$

$$\Delta U = \frac{Q^2 \Delta d}{2\epsilon_0 S}$$

$$\blacksquare(2) \frac{\Delta U}{\Delta d} = \frac{Q^2}{2\epsilon_0 S}$$

仕事=力×距離 なので、これは力。

■(3) 一致する。

$\frac{E}{2}$ を使ったのが正しかったことの裏づけになる。

答 (1) $\frac{Q^2 \Delta d}{2\epsilon_0 S}$ (2) 力 (3) 一致する

6-5 何を固定するか

■(1) V (電圧)

■(2) Q (電気量)

■(3) C の決まり方。

$C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$ (誘電体があれば ϵ_r 倍) は

形と材質だけで決まり、電池の有無に関係しない。

C を先に出し、次に固定された量、最後にもう一方の順。

答 (1) V (2) Q (3) C の決まり方 (形と材質だけで決まる)