

추전기

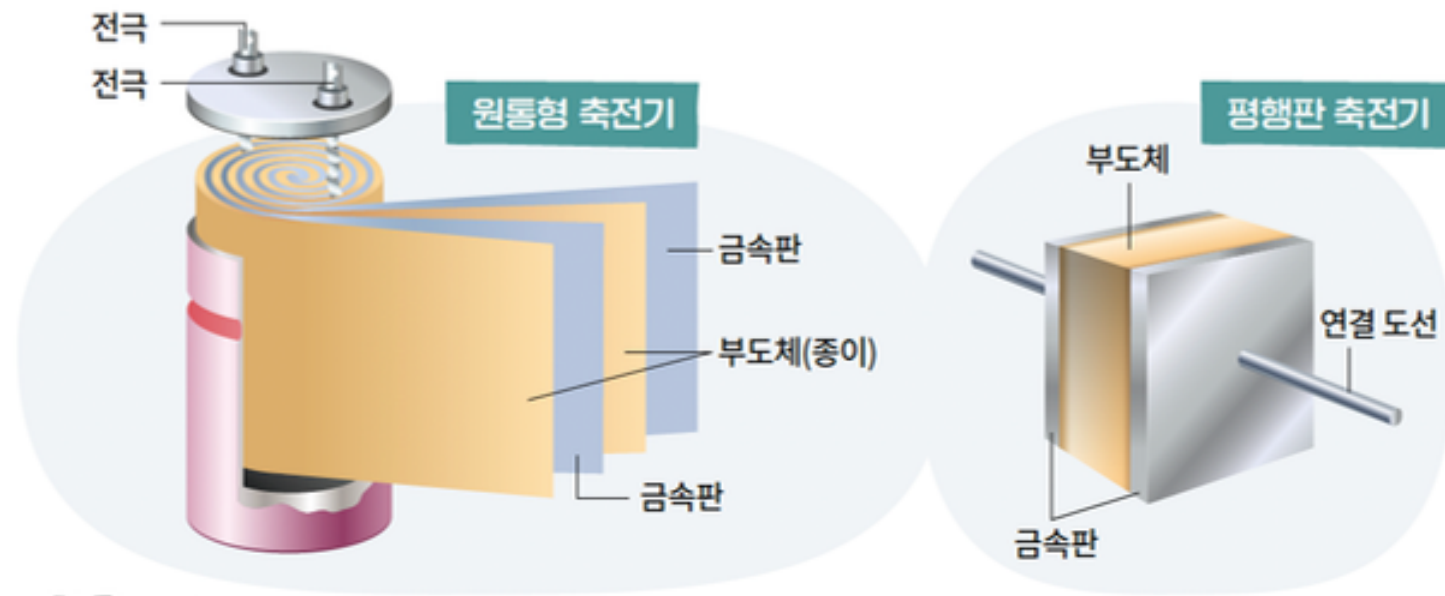


〈물리 상수〉

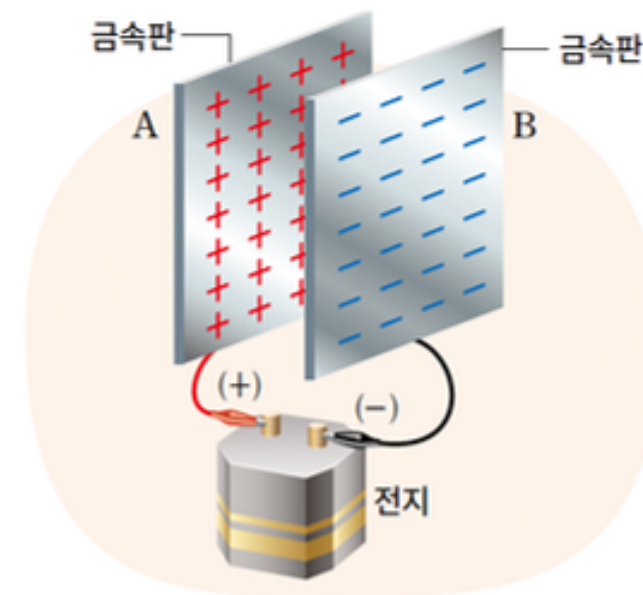
진공 중의 빛의 속력	c	$3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$	플랑크 상수	h	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
중력 상수	G	$6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$			$4.14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$
아보가드로 수	N_A	$6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$	볼츠만 상수	k	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
기체 상수	R	$8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$			$8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$
		$8.21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}$	기본 전하량	e	$1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
진공의 유전율	ϵ_0	$8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$	전자의 질량	m_e	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
진공의 투자율	μ_0	$1.26 \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m/A}$	양성자의 질량	m_p	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
패러데이 상수	F	$9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$	중성자의 질량	m_n	$1.68 \times 10^{-27} \text{ kg}$

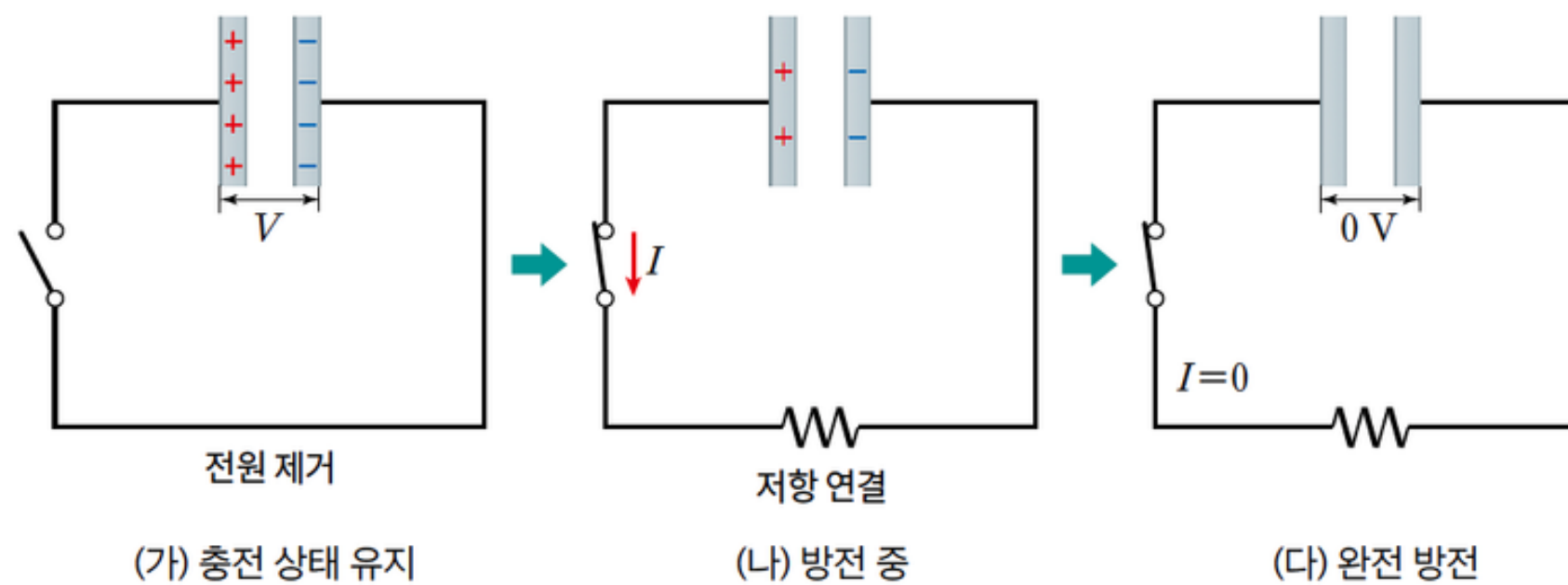
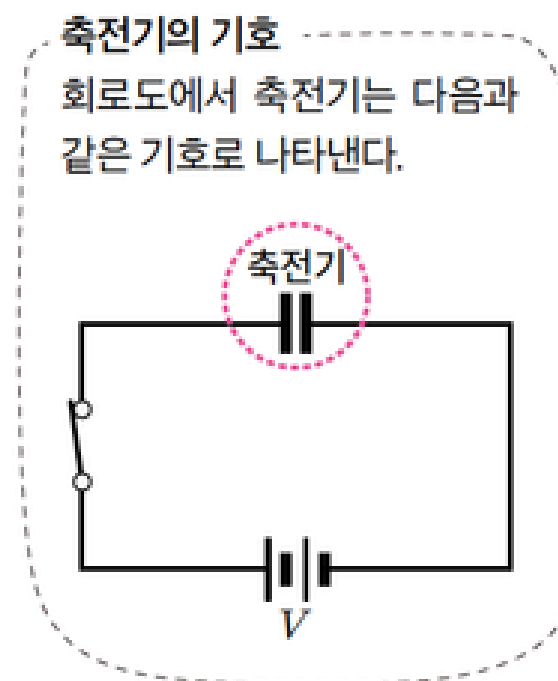
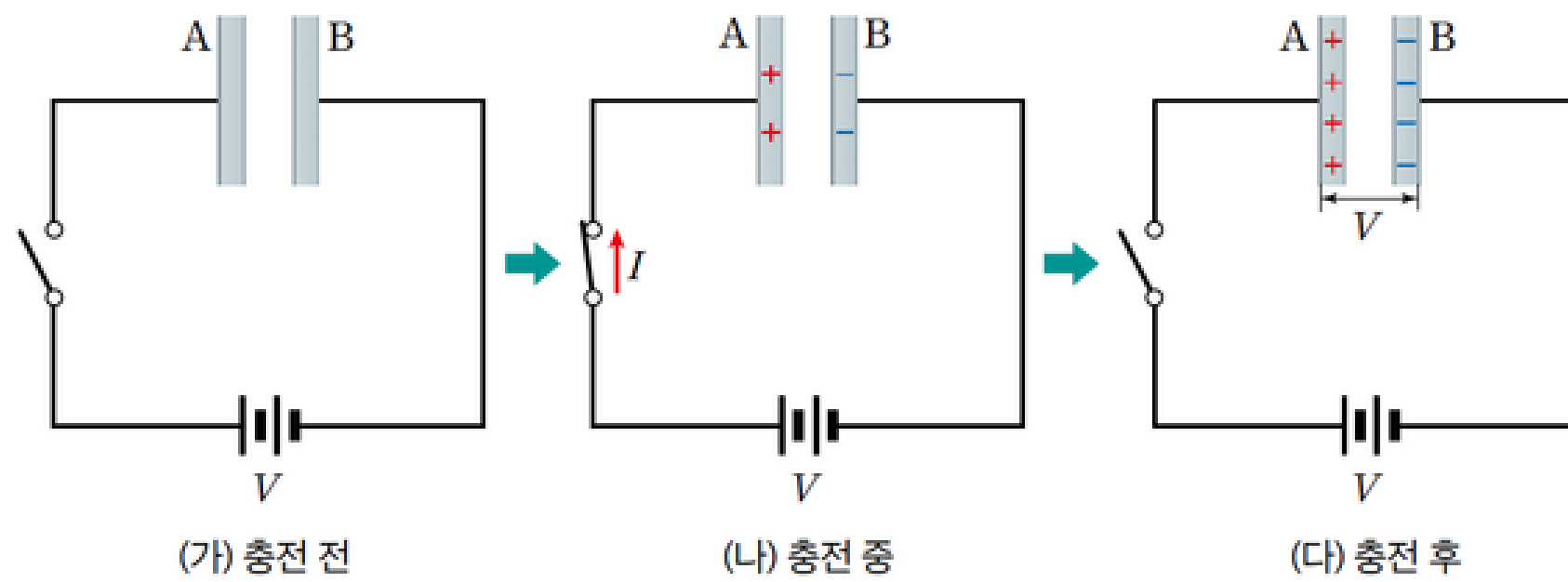
축전기에서 전기 에너지를 저장하는 원리

휴대 전화, 컴퓨터, 모니터 등 우리가 사용하는 대부분의 전기 기구에는 전하를 저장하는 장치인 **축전기**가 들어 있다. 그림 II-18은 축전기의 기본 구조를 나타낸 것이다.



축전기를 전지에 연결하면 전자는 도선을 따라 금속판 A에서 전지의 (+)극 쪽으로 이동하고, 전지의 (-)극에서 금속판 B 쪽으로 이동한다. 따라서 금속판 A는 (+)전하를 띠고 B는 (-)전하를 띤다. 이때 전지가 한 일만큼 축전기에는 전기 에너지가 저장된다. 이와 같이 축전기에 전하와 전기 에너지를 저장하는 것을 충전이라고 한다.





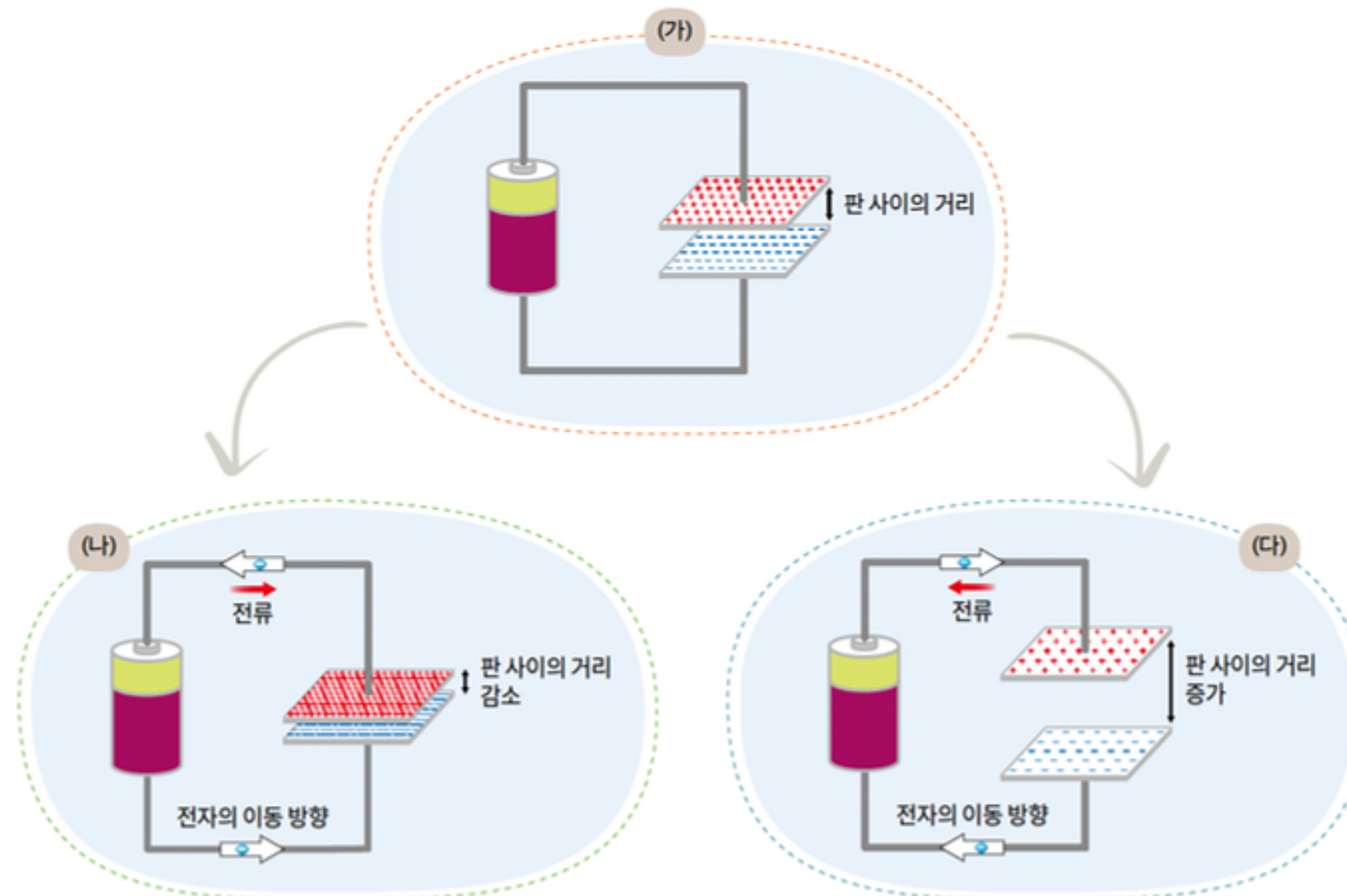
축전기가 연결된 회로에서 전류 변화

(가)와 같이 전지가 연결된 축전기가 완전히 충전되어 있을 때, 그림 (나)와 같이 축전기의 금속판 사이의 거리가 가까워지면 축전기에 더 많은 전하가 저장될 수 있다. 이때 축전기 양단의 전위차가 전지의 전압과 같아질 때까지 회로에는 전지에서 축전기의 (+)극판 쪽으로 전류가 흐른다.

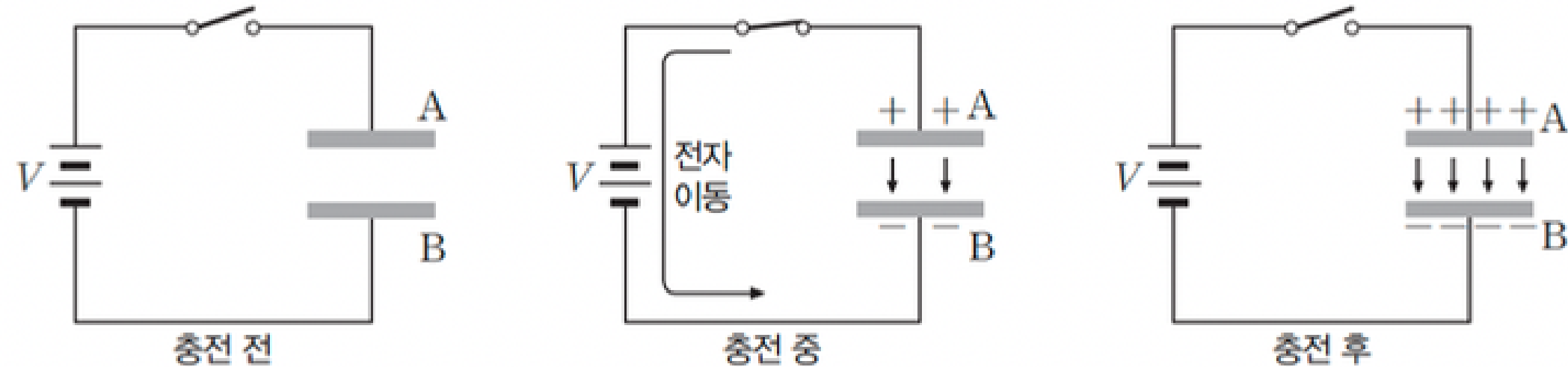
반대로 그림 (다)와 같이 (가)의 상태에서 축전기의 금속판 사이의 거리가 멀어지면 축전기에 저장할 수 있는 전하량이 감소한다. 이때 축전기 양단의 전위차가 전지의 전압과 같아질 때까지 회로에는 축전기의 (+)극판에서 전지 쪽으로 전류가 흐른다.

연계 전자기와양자

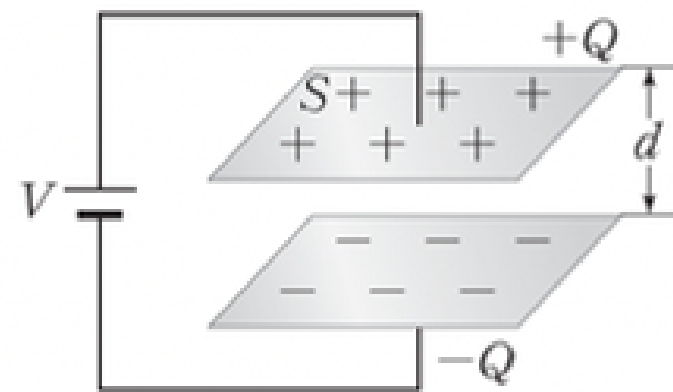
축전기의 특성과 회로에서의 역할을 '전자기적 상호작용' 단원에서 배운다.



축전기의 전기 용량: 축전기에 충전되는 전하량 Q 는 두 극판 사이의 전위차 V 에 비례한다. 이때 비례 상수 C 를 전기 용량이라고 한다. $\Rightarrow Q=CV$
 축전기에 전하를 충전시키면 전하량에 비례해서 축전기에 걸리는 전압은 증가한다.



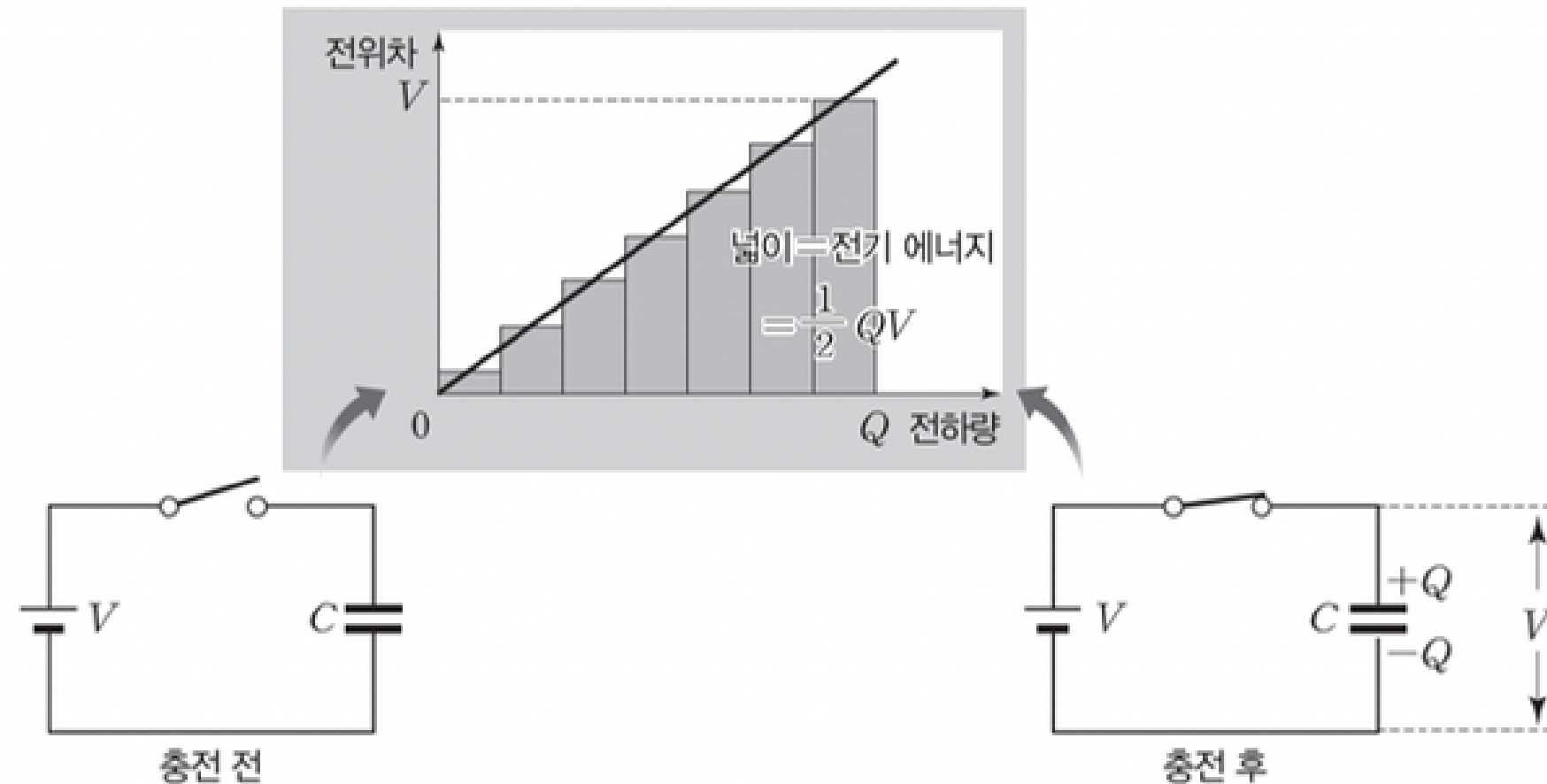
○ 평행판 축전기의 전기 용량 C 는 극판의 면적 S 에 비례하고, 극판 사이의 간격 d 에 반비례한다.



$$C = \epsilon \frac{S}{d} \quad (\epsilon: \text{유전율})$$

축전기에 저장된 전기 에너지

전기 용량이 C 인 축전기에 전압 V 인 전지를 연결하여 충전을 시작하면 축전기 극판의 양단에 전하가 이동하여 대전이 된다.

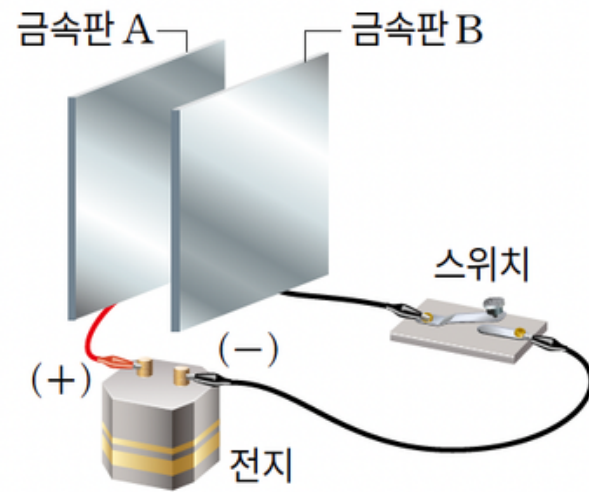


축전기에 저장된 전기 에너지는 전위차 - 전하량 그래프의 밑넓이와 같다.

$$E = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$



그림은 평행한 금속판 A, B로 이루어진 축전기에 전지와 스위치를 연결한 회로를 나타낸 것이다.



스위치를 닫았을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 축전기에는 전기 에너지가 저장된다.
- ㄴ. 금속판 A에는 (-)전하가 모인다.
- ㄷ. 전위는 금속판 A가 금속판 B보다 높다.

- ① ㄴ
- ② ㄱ, ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



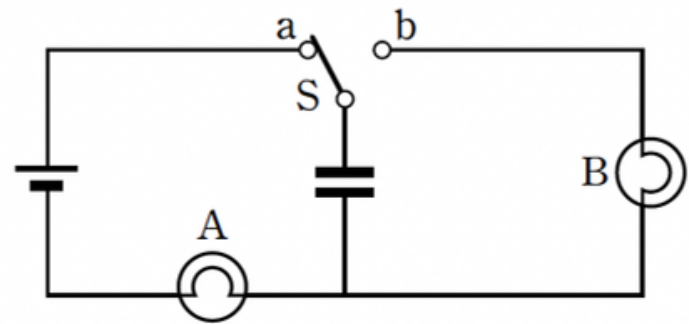
③

ㄱ. 스위치를 닫으면 회로에 전류가 흐르면서 축전기에 전하와 전기 에너지가 저장된다.

ㄴ. A는 전지의 (+)극이 연결되어 있으므로 (+)전하가 모인다.

ㄷ. A에는 (+)전하가, B에는 (-)전하가 모이므로 축전기 사이에는 A에서 B를 향하는 방향으로 전기장이 형성된다. 따라서 전위는 A가 B보다 높다.

그림은 전지와 축전기, 전구 A, B, 스위치 S가 연결된 회로를 나타낸 것으로, S를 a에 연결한 뒤 A에 불이 켜졌다가 잠시 뒤 불이 꺼졌다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- | 보기 |
- ㄱ. 축전기는 충전된 상태이다.
 - ㄴ. A에 불이 꺼진 까닭은 축전기가 방전되었기 때문이다.
 - ㄷ. 이후 S를 b에 연결하면 B에 불이 켜진다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



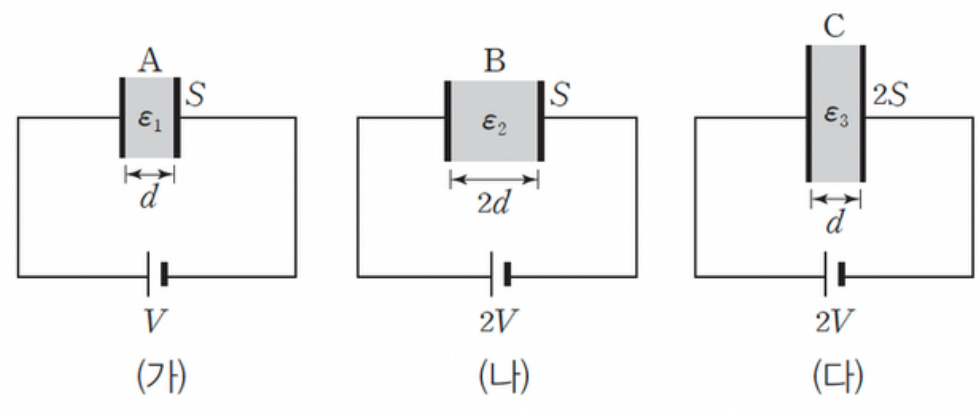
④

ㄱ. S를 a에 연결하면 축전기의 위쪽 금속판에는 (+)전하가, 아래쪽 금속판에는 (-)전하가 모인다.

ㄴ. S를 a에 연결하면 축전기는 전지와 전위차가 같아질 때까지 충전된다. A에 불이 꺼진 까닭은 축전기가 완전히 충전되어 전하가 더 이상 이동하지 않기 때문이다.

ㄷ. S를 b에 연결하면 축전기가 방전되면서 회로에 전류가 흐르고 B에 불이 켜진다.

그림 (가), (나), (다)는 평행판 축전기 A, B, C가 전압이 각각 $V, 2V, 2V$ 로 일정한 전원에 연결되어 완전히 충전된 모습을 나타낸 것이다. A, B, C의 극판 사이의 간격은 각각 $d, 2d, d$ 이고, 극판의 면적은 각각 $S, S, 2S$ 이며, 극판 사이에 채워진 유전체의 유전율은 각각 $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ 이다.



(가), (나), (다)에서 A, B, C에 저장된 전기 에너지가 모두 같을 때, $\epsilon_1 : \epsilon_2 : \epsilon_3$ 은?

- ① 6 : 2 : 1

② 6 : 3 : 1

③ 8 : 2 : 1

④ 8 : 4 : 1

⑤ 8 : 6 : 1



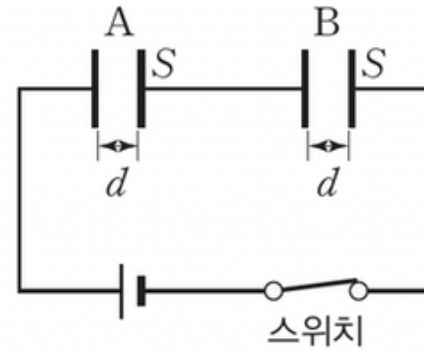
축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기의 전기 용량에 비례하고,
축전기 양단의 전위차의 제곱에 비례한다($E = \frac{1}{2}CV^2$).

㉔ A, B, C에 저장된 전기 에너지가 모두 같으므로

$\frac{1}{2}\left(\epsilon_1 \frac{S}{d}\right)V^2 = \frac{1}{2}\left(\epsilon_2 \frac{S}{2d}\right)(2V)^2 = \frac{1}{2}\left(\epsilon_3 \frac{2S}{d}\right)(2V)^2$ 이다. 따라서

$\epsilon_1 : \epsilon_2 : \epsilon_3 = 8 : 4 : 1$ 이다.

그림은 극판의 면적이 S 이고 극판 사이의 간격이 d 인 동일한 평행판 축전기 A, B와 스위치를 전압이 일정한 전원에 연결하여 A, B를 완전히 충전시킨 모습을 나타낸 것이다. A에 저장된 전기 에너지는 E 이다.



스위치를 연 후 B의 극판 사이의 간격을 조절하여 B에 저장된 전기 에너지가 $2E$ 가 되도록 하였을 때, B의 극판 사이의 간격으로 옳은 것은? (단, 축전기 내부는 진공이다.)

- ① $\frac{1}{8}d$ ② $\frac{1}{6}d$ ③ $\frac{1}{4}d$ ④ $2d$ ⑤ $4d$



축전기의 전기 용량과 전기 에너지

축전기에 충전된 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하고 축전기 양단의 전위차에 비례한다($Q=CV$). 또한 축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기에 충전된 전하량의 제곱에 비례하고 축전기의 전기 용량에 반비례한다($\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$).

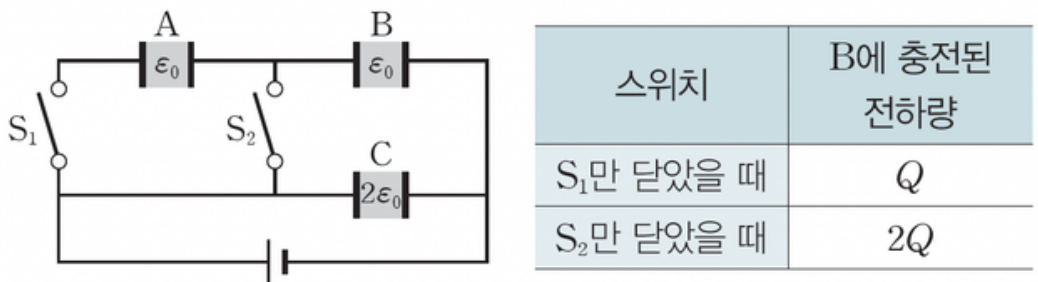
④ A, B는 전기 용량이 같으므로 A, B에 충전된 전하량은 같다.

A에 충전된 전하량을 Q , A의 전기 용량을 C 라 하면 $E=\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

이다. 스위치를 열고 B의 극판 사이의 간격을 변화시켜도 B에 충전된 전하량은 Q 에서 변하지 않으므로 B의 극판 사이의 간격을 조절하여 B에 저장된 전기 에너지가 $2E$ 가 되려면 B의 전기 용량이 $\frac{C}{2}$ 가 되어야 한다. 따라서 B의 극판 사이의 간격은 $2d$ 이다

($C=\epsilon \frac{S}{d}$).

그림과 같이 극판의 면적, 극판 사이의 간격이 같은 평행판 축전기 A, B, C와 스위치 S_1 , S_2 를 전압이 일정한 전원 장치에 연결하였다. A, B, C에 채워진 유전체의 유전율은 각각 ϵ_0 , ϵ_0 , $2\epsilon_0$ 이다. 표는 S_1 또는 S_2 만 닫아 축전기가 완전히 충전되었을 때 B에 충전된 전하량을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- (보기)
- ㄱ. S_1 만 닫았을 때 A에 충전된 전하량은 Q 이다.
 - ㄴ. B 양단의 전위차는 S_1 만 닫았을 때가 S_2 만 닫았을 때의 2배이다.
 - ㄷ. S_1 만 닫았을 때 A에 저장된 전기 에너지는 S_2 만 닫았을 때 C에 저장된 전기 에너지의 8배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



축전기의 전기 용량은 축전기의 극판 사이에 채워진 유전체의 유전율에 비례한다.

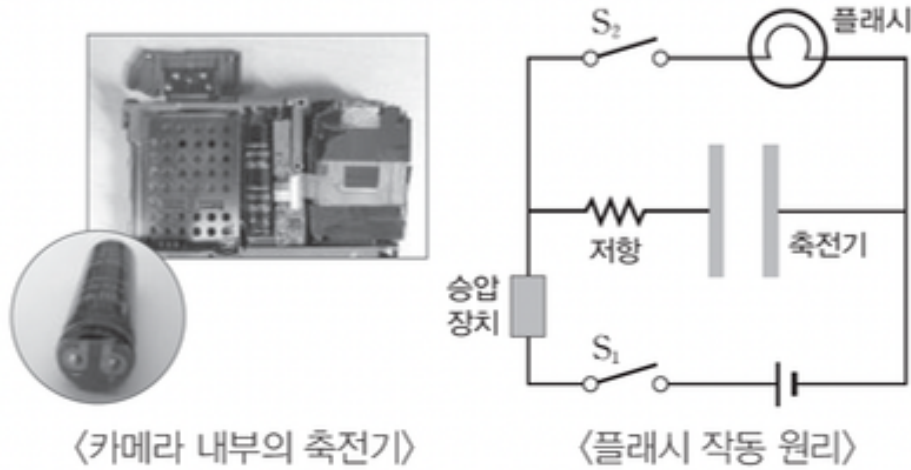
㉠. A, B는 극판의 면적, 극판 사이의 간격, 축전기에 채워진 유전체의 유전율이 같으므로 축전기의 전기 용량은 A와 B가 같다. 따라서 S_1 만 닫았을 때 A에 충전된 전하량은 B에 충전된 전하량과 같은 Q 이다.

✕. 축전기에 충전되는 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하고 축전기 양단의 전위차에 비례한다($Q=CV$). 따라서 B 양단의 전위차는 S_1 만 닫았을 때가 S_2 만 닫았을 때의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

✕. A와 C는 극판의 면적, 극판 사이의 간격이 같고 유전체의 유전율은 C가 A의 2배이므로 축전기의 전기 용량은 C가 A의 2배이다. A, B는 전기 용량이 같고 S_1 만 닫았을 때 A, B는 충전된 전하량이 같으므로 B 양단의 전위차를 V 라 하면 A 양단의 전위차도 V 이다. 또한 S_2 만 닫았을 때 B 양단의 전위차는 $2V$ 이므로 C 양단의 전위차도 $2V$ 이다. 따라서 S_1 만 닫았을 때 A에 저장된 전기 에너지는 S_2 만 닫았을 때 C에 저장된 전기 에너지의 $\frac{1}{8}$ 배이다($E=\frac{1}{2}CV^2$).

다음은 카메라 플래시에 대한 설명이다.

카메라 내부의 축전기가 연결된 회로에서는 사진을 찍기 전 스위치 S_1 이 닫혀 축전기가 전원 장치로부터 전기 에너지를 공급받아 완전히 충전된다. 이후 S_1 이 열리고 카메라의 셔터를 누르면 스위치 S_2 가 닫히게 되어 ㉠축전기에 저장된 전기 에너지가 한꺼번에 방전되며 짧은 시간 동안 카메라 플래시는 강한 빛을 낼 수 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

(보기)

- ㄱ. S_1 이 닫혀 축전기가 충전되는 동안, 축전기 내부의 전기장의 세기는 감소한다.
- ㄴ. 축전기가 충전되는 동안 저항에 흐르는 전류의 방향은 축전기가 방전되는 동안 저항에 흐르는 전류의 방향과 서로 같다.
- ㄷ. 축전기 양단의 전위차가 일정할 때, 축전기의 전기 용량이 클수록 ㉠은 크다.



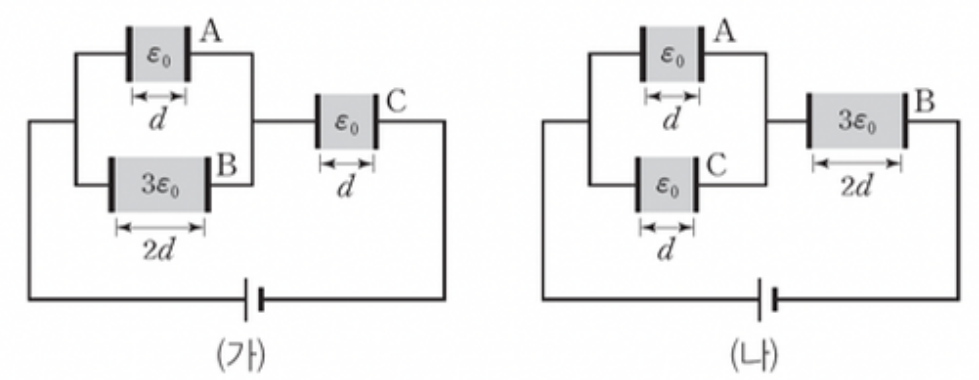
축전기가 충전되는 동안 전하량이 증가하므로 축전기 내부의 전기장의 세기는 증가한다. 또한 축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기 양단의 전위차가 일정할 때, 축전기의 전기 용량에 비례한다($E = \frac{1}{2}CV^2$).

✕. S_1 이 닫혀 축전기가 충전되는 동안 축전기에 충전되는 전하량이 증가하므로 축전기 내부의 전기장의 세기는 증가한다.

✕. 전위가 높은 곳에서 전위가 낮은 곳으로 전류가 흐르므로 축전기가 충전되는 동안 저항에는 오른쪽 방향으로 전류가 흐르게 되고, 충전되는 동안 축전기의 왼쪽 극판이 오른쪽 극판보다 전위가 높아지게 된다. 반대로 축전기가 방전되는 동안은 전위가 높은 축전기의 왼쪽 극판에서 전위가 낮은 오른쪽 극판으로 전류가 흐르므로 축전기가 방전되는 동안 저항에는 왼쪽 방향으로 전류가 흐르게 된다. 따라서 축전기가 충전되는 동안 저항에 흐르는 전류의 방향은 축전기가 방전되는 동안 저항에 흐르는 전류의 방향과 서로 반대이다.

㉠. 축전기 양단에 걸리는 전압이 일정할 때, 축전기의 전기 용량이 클수록 축전기에 저장된 전기 에너지는 크다.

그림 (가)는 극판의 면적이 서로 같고 극판 사이의 간격이 각각 $d, 2d, d$ 인 평행판 축전기 A, B, C를 전압이 일정한 전원에 연결하여 완전히 충전시킨 모습을, (나)는 (가)에서 B와 C의 위치를 바꾸어 완전히 충전시킨 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 A, B, C에 채워진 유전체의 유전율은 각각 $\epsilon_0, 3\epsilon_0, \epsilon_0$ 이고, B에 저장된 전기 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- (보기)
- ㄱ. 축전기의 전기 용량은 A가 B의 $\frac{2}{3}$ 배이다.
 - ㄴ. B에 충전된 전하량은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
 - ㄷ. C에 저장된 전기 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



(가)에서는 A와 B 양단의 전위차가 같고, (나)에서는 A와 C 양단의 전위차가 같다.

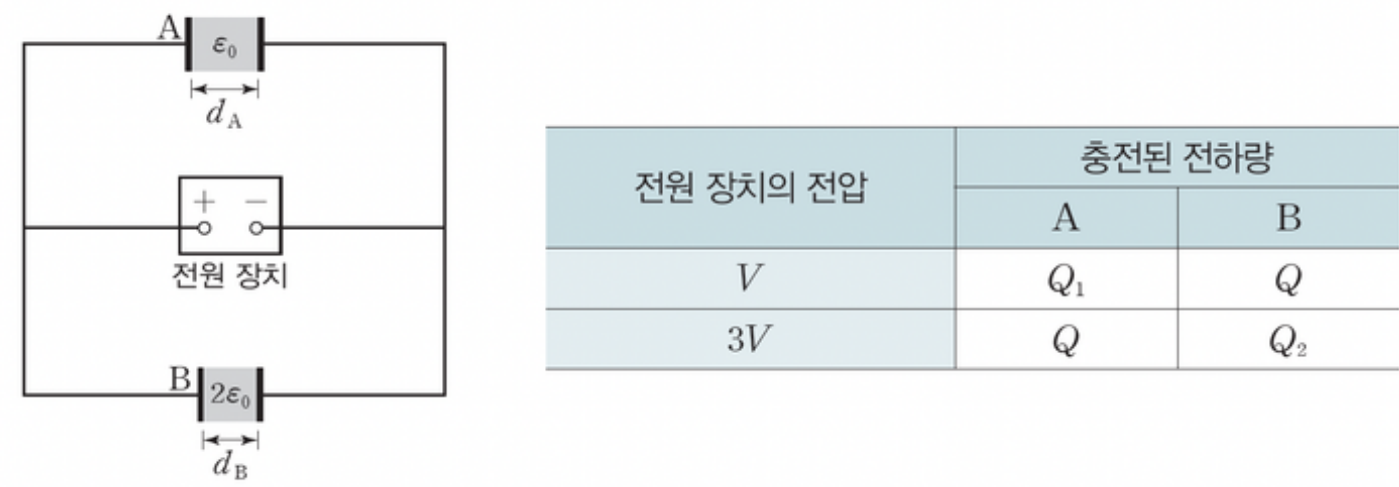
㉠. A, B의 극판의 면적을 S 라 하면, A와 B의 전기 용량은 각각 $\epsilon_0 \frac{S}{d}$, $3\epsilon_0 \frac{S}{2d}$ 이므로 축전기의 전기 용량은 A가 B의 $\frac{2}{3}$ 배이다.

✕. B에 저장된 전기 에너지가 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 B 양단의 전위차도 (가)에서가 (나)에서보다 작다($E = \frac{1}{2}CV^2$).

축전기에 충전되는 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하고 축전기 양단의 전위차에 비례하므로 B에 충전된 전하량은 (가)에서가 (나)에서보다 작다($Q = CV$).

✕. B 양단의 전위차가 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 C 양단의 전위차는 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 따라서 C에 저장된 전기 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다($E = \frac{1}{2}CV^2$).

그림과 같이 극판의 면적이 같은 평행판 축전기 A, B를 전원 장치에 연결하여 완전히 충전하였다. A, B는 극판 사이의 간격이 각각 d_A, d_B 이고, A, B에 채워진 유전체의 유전율은 각각 $\epsilon_0, 2\epsilon_0$ 이다. 표는 전원 장치의 전압이 각각 $V, 3V$ 일 때 A, B에 충전된 전하량을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

(보기)

ㄱ. $d_A = \frac{3}{2}d_B$ 이다.
 ㄴ. $Q_2 = 3Q_1$ 이다.
 ㄷ. 전원 장치의 전압이 V 일 때 A에 저장된 전기 에너지는 전원 장치의 전압이 $3V$ 일 때 B에 저장된 전기 에너지의 $\frac{1}{27}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



축전기에 충전되는 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하고, 축전기 양단의 전위차에 비례한다($Q=CV$).

㉠. 전원 장치의 전압이 $3V$ 일 때 A에 충전된 전하량은 전원 장치의 전압이 V 일 때 B에 충전된 전하량과 같으므로 A, B의 전기 용량을 각각 C_A , C_B 라 하면 $C_A(3V)=C_BV$ 에서 $C_B=3C_A$ 이다. A, B의 극판의 면적을 S 라 하면

$$2\epsilon_0\frac{S}{d_B}=3\times\epsilon_0\frac{S}{d_A}\text{에서 }d_A=\frac{3}{2}d_B\text{이다.}$$

㉡. $C_B=3C_A$ 이므로 $Q_1=\frac{1}{3}Q$ 이고 $Q_2=3Q$ 이다. 따라서 $Q_2=9Q_1$ 이다.

㉢. 전원 장치의 전압이 V 일 때 A에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}C_AV^2$ 이고, 전원 장치의 전압이 $3V$ 일 때 B에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}(3C_A)(3V)^2$ 이므로 전원 장치의 전압이 V 일 때 A에 저장된 전기 에너지는 전원 장치의 전압이 $3V$ 일 때 B에 저장된 전기 에너지의 $\frac{1}{27}$ 배이다.