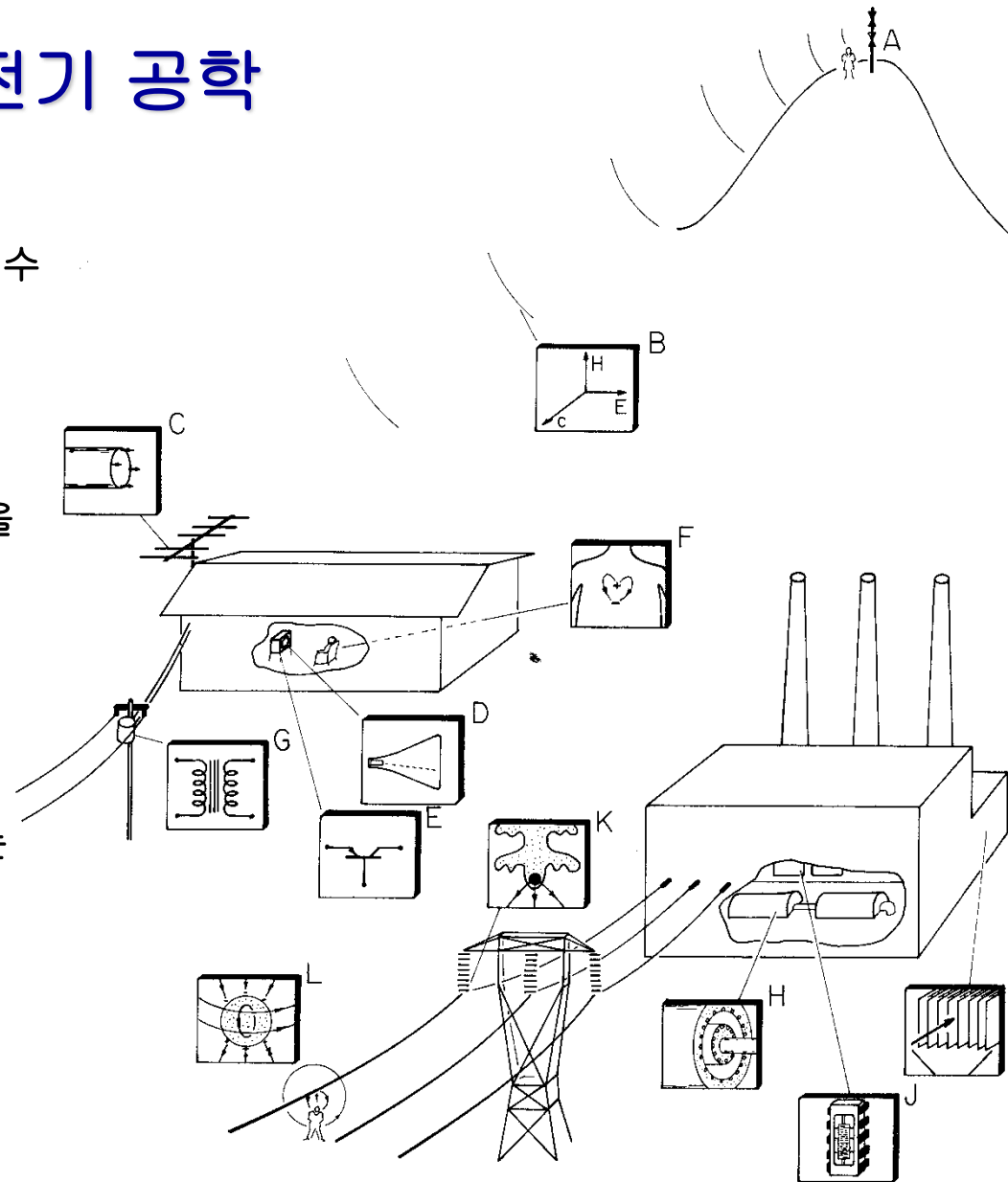


전기 공학

- 전기공학은 전력을 발생시키고 이를 수송하며 각 사용자가 이를 유용하게 쓸 수 있도록 하는 학문 분야이다.
- 그림에서 보는 바와 같이 발전소의 발전기(대개는 동기기(同期機))가 발전을 하여 이것을 삼상(三相)으로 송전한다. 이것은 변전소와 배전소를 거쳐 단상(單相)으로 가정에 공급된다.
- 가정에서는 전자파(電磁波)로 수송되는 TV신호를 받아 TV를 볼 수 있다. TV에는 트랜지스터, Op Amp(Operational Amplifier), 인덕터, 커패시터 등의 회로소자를 사용하고 있다.



http://web.mit.edu/6.013_book/www/chapter3/3.5.html

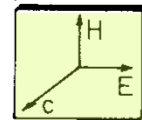
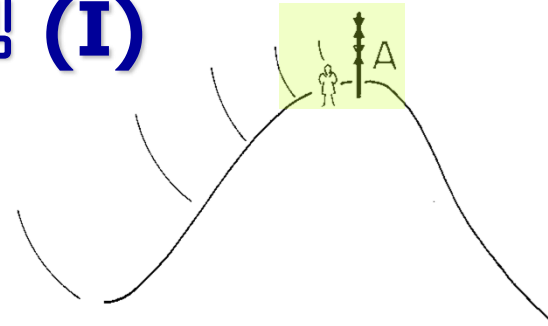
전기 시스템 (I)

A : TV signal : 주파수 60 - 400 MHz

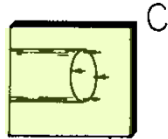
파장 .
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{f \text{ 1/s}}$$

Ch2 : 60 MHz 파장 = 5 m

Ch54 : 1,500 MHz 파장 = 0.2 m



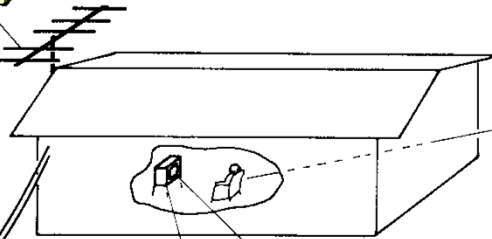
B : 전자파의 형태로 전파.



C : 전자파가 안테나에서 전하와 전류를 유도.



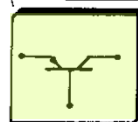
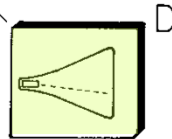
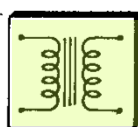
F : TV를 보는 사람의 심장에도 전류가 흐르고 있음.



D : 전자가 전계에 의해 가속이 되어 CRT면을 때려서 빛을 발함

E : 트랜지스터 내의 전자와 정공(正孔)의 움직임으로 신호를 처리

G : 집으로 들어오는 전압은 변압기에 의해 강압(降壓)됨.

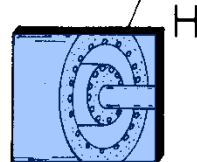
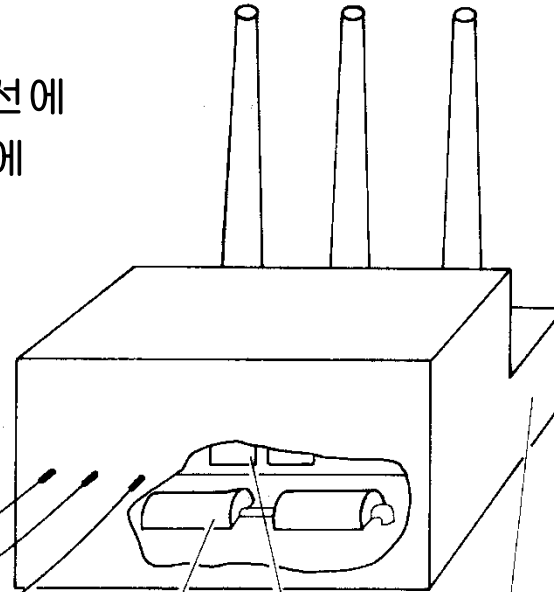
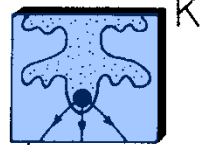
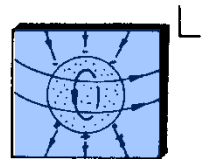


http://web.mit.edu/6.013_book/www/chapter3/3.5.html

전기 시스템 (IV)

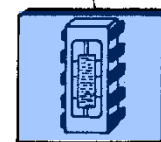
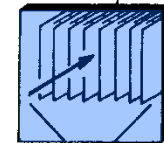
K : 만들어진 전력은 삼상(三相) 회선에 의해서 수송되며, 이 선들은 절연체에 의해 송전탑으로부터 절연되고 있음

L : 송전선 아래에 사람이 서 있는 경우, 송전선의 전압과 전류가 만들어 내는 전기와 자계의 영향을 받을 수 있음



H : 동기 발전기에 의해서 전력이 만들어짐.

I : 화력발전소에서 발생하는 미진(微塵)을 정전력으로 포집(捕集)하는 집진기(集塵機).



J : 조정실의 컴퓨터에 의해 전력이 분배되고 제어 되어짐.

http://web.mit.edu/6.013_book/www/chapter3/3.5.html

Scientific Notation

- Scientific notation

$$150,000 \rightarrow 1.5 \times 10^5$$

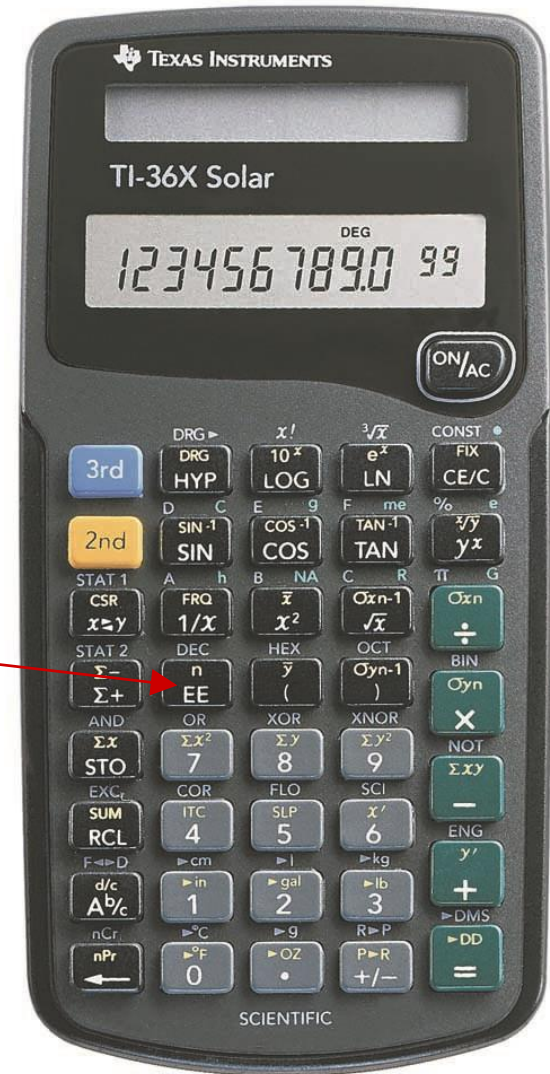
$$0.00022 \rightarrow 2.2 \times 10^{-4}$$

Base Exponent

 ↘ 10^x ↖

- Scientific notation on a calculator
EE key in calculator
- Example
Enter 23,560 in scientific notation using EE key.
solution)

2 . 3 5 6 0 EE 4 ➡ 2.3560E4



Engineering Notation

- **Engineering notation**
The power-of-ten exponent must be a multiple of three.

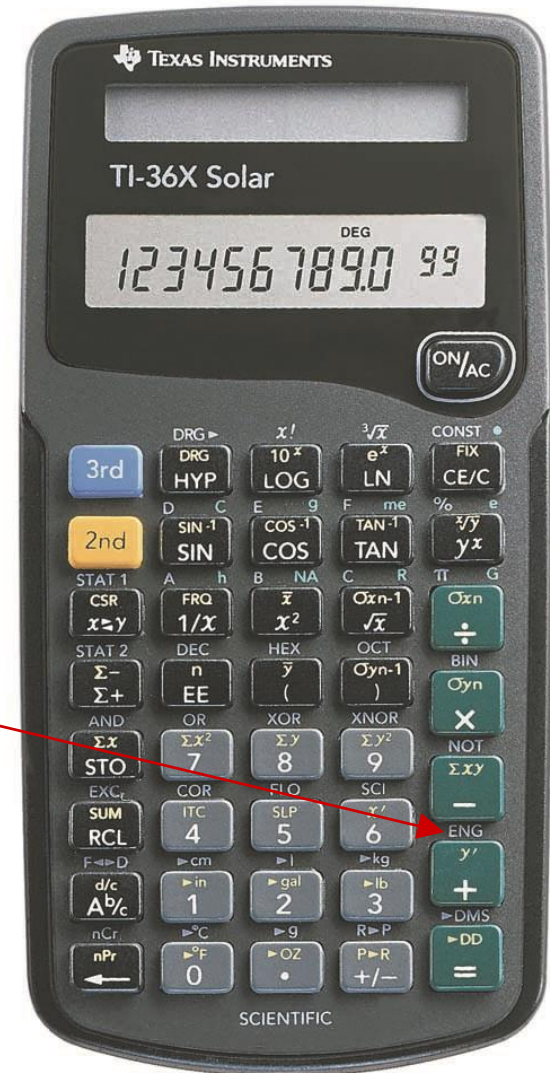
$$33,000 \rightarrow 33 \times 10^3$$

$$0.045 \rightarrow 45 \times 10^{-3}$$

- **Engineering notation on a calculator**
- **Automatically convert any decimal number entered into scientific notation or engineering notation.**
- **Example**
Enter 51,200,000 in engineering notation using EE key
solution)

5	1	.	2	EE	6
---	---	---	---	----	---

 $51.2\text{E}6$



Systems of Units

- 1960년 General Conference of Weights and Measures 에서 SI units 를 정했다.
- SI units (Syste'me International (in French))

Table 1.4-1 SI Base Units

QUANTITY	SI UNIT	
	NAME	SYMBOL
Length	meter	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Electric current	ampere	A
Thermodynamic temperature	kelvin	K
Amount of substance	mole	mol
Luminous intensity	candela	cd

Richard C. Dorf and James A. Svoboda, Introduction to Electric Circuits, 6th edition, John Wiley and Sons, 2003, p. 12

Derived Units in SI

- 기본 단위들을 조합하면 유도 단위를 나타낼 수 있다.

예: $C = A \cdot s$, $W = J/s$

Table 1.4-2 Derived Units in SI

QUANTITY	UNIT NAME	FORMULA	SYMBOL
Acceleration—linear	meter per second per second	m/s^2	
Velocity—linear	meter per second	m/s	
Frequency	hertz	s^{-1}	Hz
Force	newton	$kg \cdot m/s^2$	N
Pressure or stress	pascal	N/m^2	Pa
Density	kilogram per cubic meter	kg/m^3	
Energy or work	joule	$N \cdot m$	J
Power	watt	J/s	W
Electric charge	coulomb	$A \cdot s$	C
Electric potential	volt	W/A	V
Electric resistance	ohm	V/A	Ω
Electric conductance	siemens	A/V	S
Electric capacitance	farad	C/V	F
Magnetic flux	weber	$V \cdot s$	Wb
Inductance	henry	Wb/A	H

Richard C. Dorf and James A. Svoboda, Introduction to Electric Circuits, 6th edition, John Wiley and Sons, 2003, p. 13

Units, SI Prefixes and Variables Notation

- 사람의 이름을 딴 단위는 대문자로 쓴다.
- 기호 다음에 마침표(**period**)를 찍지 않고, 기호에 복수형은 쓰지 않는다.
- 단위는 정자체(正字體)로 쓰고, 숫자와 단위 사이는 띄어쓰기를 한다.
예: **100 m (o)**, **100 m (x)**, **100m (x)**.

- 변수 표현법
- 변수는 기울임체로 쓴다.
- 윗첨자와 아래 첨자의 경우, 숫자는 정자체로, 알파벳은 기울임체로 쓴다.
예: v_x , v_1 , **100 V**(여기서 **V**는 단위임).

Table 1.4-3 SI Prefixes

MULTIPLE	PREFIX	SYMBOL
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f

- **1000**을 의미하는 **k**는 소문자.
- **1/100**을 의미하는 **c**는 소문자.

Resolution, Precision and Accuracy (I)

<http://sports.chosun.com/news/news.htm?id=201207290100240510020358&ServiceDate=20120729> (Feb 2, 2015)



London 올림픽의 기보배 선수

양궁에서의 **resolution**은 1점.
그럼, **precision** 과 **accuracy** 는?



<http://www.sportskeeda.com/general-sports/archery-deepika-kumari-saves-the-day-for-india> (Feb 2, 2015)

과녁에서 점수를 확인하는 심판

Resolution, Precision and Accuracy (II)

Resolution:

the smallest detectable incremental change of input parameter that can be detected

Precision:

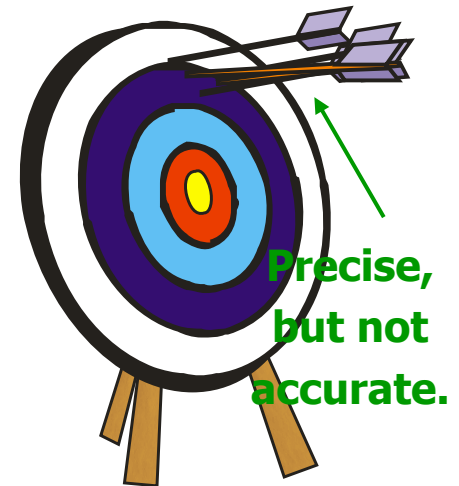
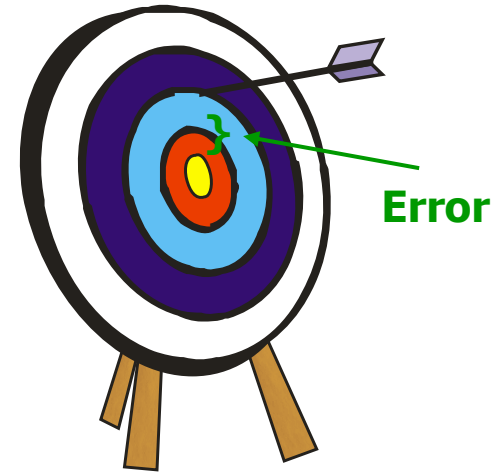
the degree of reproducibility of a measurement (repeatability, reproducibility)

Accuracy:

the max. difference between the actual value and the measured value

-It is possible to have a **precise** measurement in which a series of readings are not scattered, but each measurement is **inaccurate** because of an instrument error. For example, a meter may be out of calibration and produce **inaccurate** but consistent (**precise**) results.

- However, it is not possible to have an **accurate** instrument unless it is also **precise**.



Significant Digits

- The digits in a measured number that are known to be correct are called **significant digits**.
- 유효숫자들의 적절한 수 사용은 실험값의 기록에 있어서 정확도를 높이는 방법이다.
- 측정에서 보다 높은 정밀도를 얻는 방법은 유효숫자의 수를 많게 하는 것.
- 예를 들면, 길이측정에 있어서 **25.55 mm** 는 유효숫자가 **4**개임.
반면에 **25.5**나 **25.6**은 단지 **3**개의 유효숫자를 가지게 된다. 세 가지의 각각의 값들에 있어서, 마지막 자리 수는 실험에서의 근사치를 반영한다.
- 일반적으로, 확실한 값으로 알려져 있는 자리 수와 첫 번째 근사 자리는 유효숫자들로 알려져 있다.
- 유효숫자의 수는 소수점 자리의 위치와 관계되지 않는다. 더욱이 단지 소수점 자리를 말하는데 사용되는 “0”들은 유효숫자가 아니다.
- 예를 들면, **1706**, **170.6**, **17.06** 그리고 **0.001706** 모두 유효숫자가 **4**개임.
- **1,540**을 표현 할 때, **0** 이 유효숫자 인지 아닌지 분명하지 않다.
- 유효숫자 표기법은 이를 분명하게 하는 데 사용된다. 유효숫자가 **4**개인 경우, **1.540×10^3** 과 같이 표현한다. 유효숫자가 **3**개인 경우, **1.54×10^3** 과 같이 표기한다.

Calculation of Measured Numbers

- 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈으로 측정된 값은 포함하고 있는 자리 수를 주의해야 한다.
- 수학적 계산에 의해서 유효숫자들의 수가 증가하지는 않지만 감소할 수는 있다.
- 덧셈 또는 뺄셈

결과에서 소수점 자리 수는 소수점 위치의 수 중에 가장 작은 수가 결정 한다.

a) $145.23 + 22.6 = 167.83 \Rightarrow 167.8$

b) $145.23 - 22.6 = 122.63 \Rightarrow 122.6$

c) $3.421 \times 10^2 + 4.2 \times 10^2 = 7.621 \times 10^2 \Rightarrow 7.6 \times 10^2$

d) $3.421 \times 10^3 + 4.2 \times 10^2 = (3.421 + 0.42) \times 10^3 \Rightarrow 3.84 \times 10^3$

- 곱셈 또는 나눗셈

결과에서 유효숫자의 수는 최소 유효숫자를 가지고 있는 수이다.

a) $3.27 \times 1.2 = 3.924 \Rightarrow 3.9$ b) $4764/3.82 = 121.623 \Rightarrow 122$

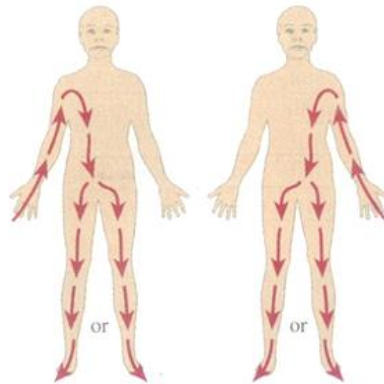
- 변수를 이용한 곱셈 또는 나눗셈

변수는 유효숫자의 무한한 수 또는 무한한 정밀도를 가지고 있는 것으로 다루어야 한다.

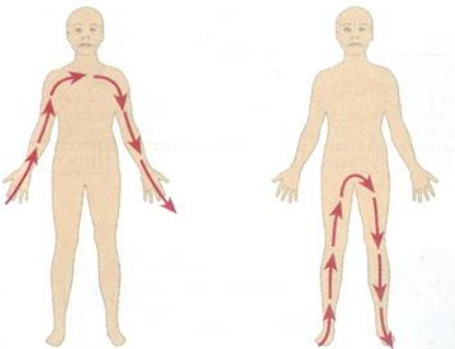
a) $2 \Delta D = 2 \times 3.33 = 6.66$ b) $1/2 (12.8) = 6.40$

Electrical Shock

- **Current** through your body, not the voltage, is the cause of **electrical shock**.
- Resistance of the human body is typically between $10\text{ k}\Omega$ and $50\text{ k}\Omega$ and depends on the two points between which is measured.
- For example, if you have a resistance of $10\text{ k}\Omega$ between two given points on your body, 90 V across those two points will produce enough current (9 mA) to cause painful shock.



Touch/step potential



Touch or step potential

- **Physical effects of electrical current.**
Values vary depending on body mass.

전류 (mA) 물리적인 영향

0.4	약간 느낌
1.1	인지의 역치
1.8	아픔을 느끼지 않는 쇼크. 근육 조절에 영향이 없음
9	고통스러운 쇼크, 근육 조절에 영향이 없음
16	고통스러운 쇼크, 역치를 넘어섬
23	심한 고통의 쇼크, 근육 수축, 호흡 곤란
75	심실 세동(細動)의 역치
235	5초 이상 동안 치명적인 심실 세동에 영향을 줌
4,000	심장 마비 (심실의 세동이 멈춤)
5,000	생체조직 화상

Safety Precautions (I)

1. 전원과의 접촉을 피할 것. 회로 작업을 하기 전에 전력을 차단할 것.
2. 혼자 작업하지 말 것.
3. 피곤할 때나 졸음이 오는 약을 복용한 후 작업하지 말 것.
4. 시계, 금속 반지, 금속 팔찌 등을 착용하지 말 것.
5. 기기의 작업 순서나 위험성을 인지하기 전에는 작업하지 말 것.
6. 삼선 전력선을 사용할 것.(즉, 접지 선을 사용할 것)
7. 전력선이 양호한 상태인지 확인하고 접지 핀을 휘게 하거나 없애지 말 것.
8. 사용하는 도구의 절연을 확인할 것.
9. 도구를 적절히 사용하고 작업장을 깨끗이 할 것.
10. 납땜을 하거나 와이어를 절단할 때 보호용 안경을 착용할 것.
11. 회로에 있는 부품을 만질 때, 반드시 전원을 차단하고 캐패시터를 방전시킬 것.
12. 비상 전원차단기와 비상구의 위치를 파악할 것.
13. 중간 잠금 스위치와 같은 안전 소자를 무시하거나 함부로 고치지 말 것.
14. 항상 마른 신발을 신고 있고, 금속이나 젖은 바닥 위에 서서 작업하지 말 것.
15. 젖은 손으로 계기를 동작시키지 말 것.

Safety Precautions (II)

- 16. 회로가 꺼져있다고 믿지 말 것. 작업하기 전에 신뢰성 있는 계기로 다시 한번 점검할 것.
- 17. 회로 시험 중에 필요한 전류보다 많은 전류가 공급되는 것을 막기 위하여 전기전자 전원에 전류제한기(예를 들면, **fuse** 등)를 사용할 것.
- 18. 캐패시터와 같은 소자는 전원을 차단한 후 긴 시간이 지나도 막대한 에너지를 저장할 수 있다. 작업하기 전에 반드시 방전시킬 것.
- 19. 회로를 구성할 때 전압이 높다고 생각되는 곳을 가장 나중에 연결할 것.
- 20. 전원 단자와 접촉하지 않도록 할 것.
- 21. 절연된 전선을 사용하고 절연 덮개가 있는 커넥터나 클립을 사용할 것.
- 22. 전선이나 도체를 가능한한 짧게 할 것. 분극성 소자(캐패시터)를 적절히 연결할 것.
- 23. 모든 불안정한 상황을 보고할 것.
- 24. 작업장이나 실험실의 행동규칙을 숙지하고 따를 것. 기기 근처에 음료와 음식을 두지 말 것.
- 25. 감전된 사람을 도체로부터 떨어뜨릴 수 없다면, 전원을 즉시 차단할 것. 만약 전원을 차단할 수 없으면, 절연체를 이용하여 그 사람을 도체로부터 떨어뜨릴 것.

전하

전하의 중요 특성

(1) **positive, negative** 극성을 갖고 있다.

(2) 전자 전하의 정수배(**$-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$**)

(3) 전기적 효과를 발생시킨다.

- 전하가 분리되면 전압이 발생, 전하가 흐르면 전류 발생.
- 전하량은 전자 전하량의 정수배로 불연속하지만 워낙 작은 양 (**$-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$**) 이 굉장히 많으므로(예: **20 °C** 구리의 경우 전자 밀도 **10^{23} 개/cm^3**) 연속적이라고 본다.

전류

전류

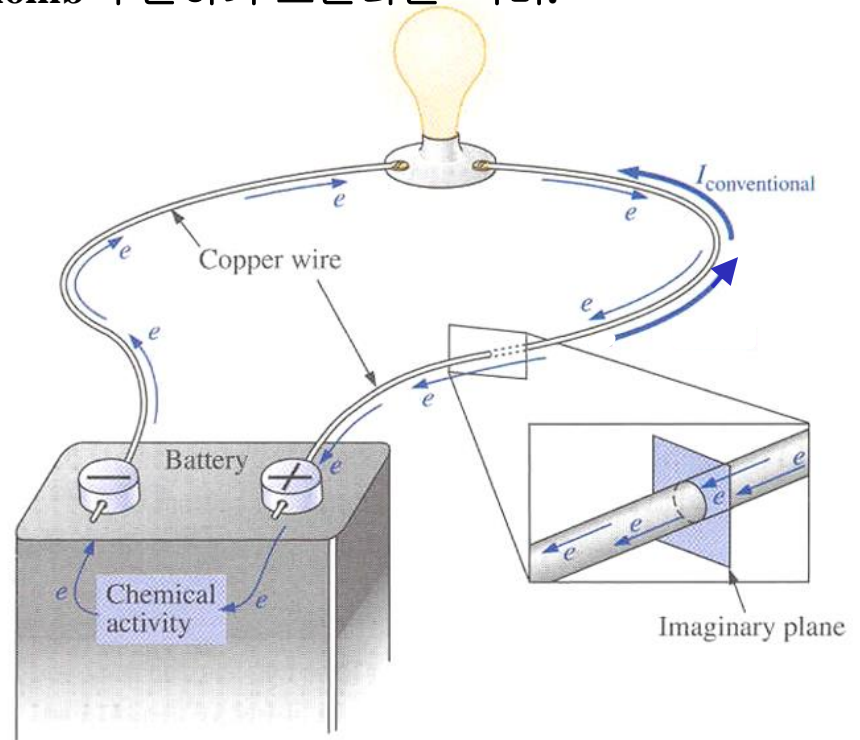
정의 : 단위 시간당 전하의 알짜 흐름.

단위 : C/s = A (amperes)

$$i = \frac{dq}{dt}$$

1 A는 1 초에 1 coulomb의 전하가 흐른다는 의미.

Basic electric circuit



Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 34, Figure 2.7

전압

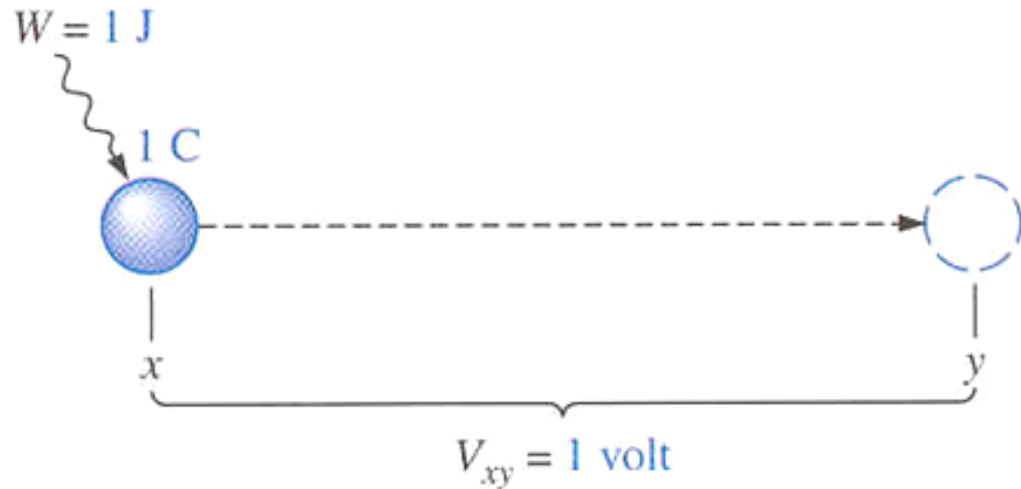
전압

정의 : 전하를 분리시키는 데 드는 단위 전하 당 에너지.

단위 : $\text{J/C} = \text{V (volts)}$

$$v = \frac{dW}{dq}$$

1 V는 **1 Joule**의 에너지로 **1 coulomb**의 전하를 분리시켰다는 의미.



Defining the unit of measurement for voltage

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 37, Figure 2.10

에너지와 Power

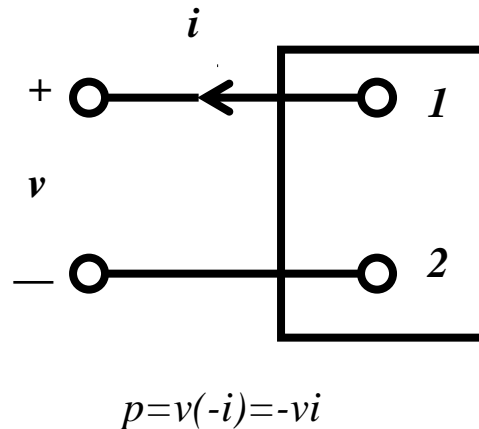
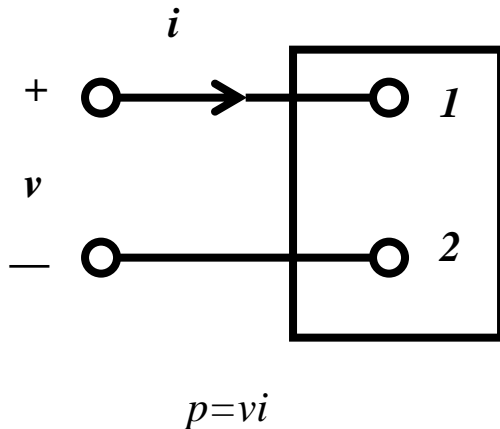
$$p(t) = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = vi$$

Power : positive

상자 안의 회로에
에너지가 전달됨.

Power : negative

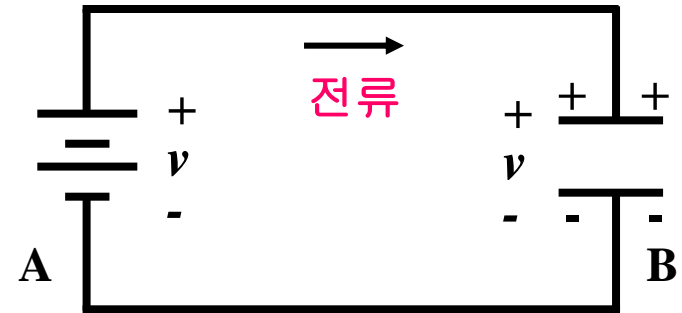
상자 안의 회로로부터
에너지가 나옴.



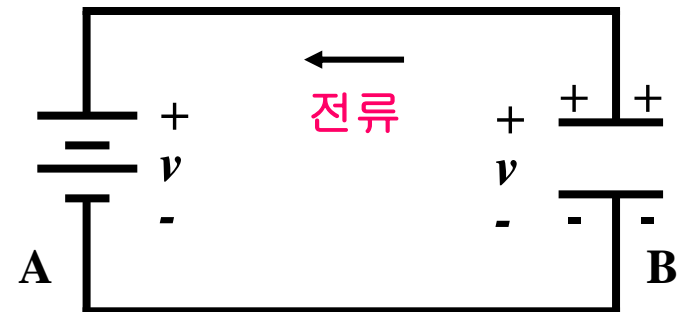
Passive reference configuration

충방전과 에너지 흐름

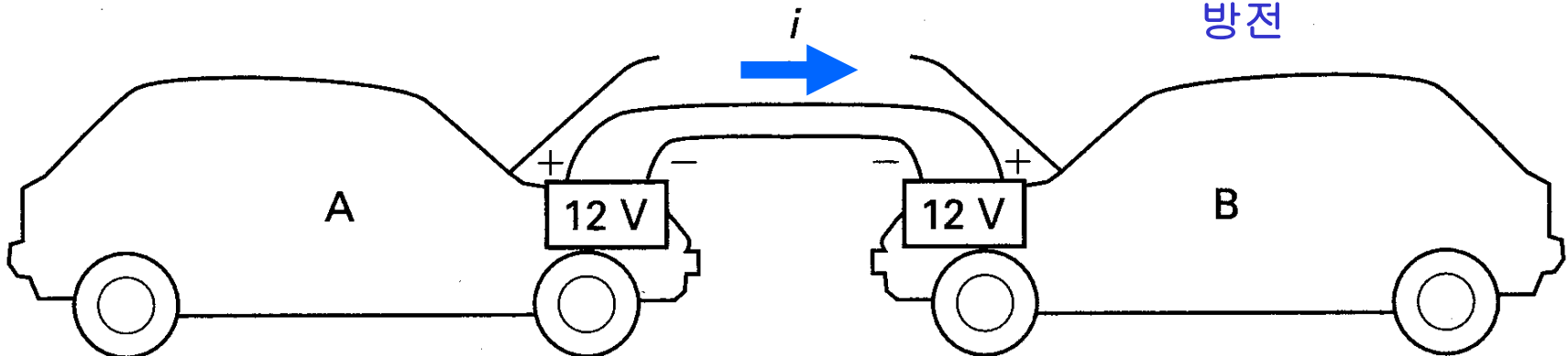
- 축전지도 커패시터다. 커패시터는 에너지를 저장하기도 하고 방출하기도 한다. 커패시터에 에너지가 충전될 때에는 전류가 흘러들어와서 전하가 축적되며, 전압이 상승한다.
- 방전시에는 전류가 커패시터로부터 흘러나가 축적된 전하가 줄어들며 전압이 떨어지게 된다.
- 자동차의 축전지를 충전하는 것도 같은 원리이다. 충방전 시의 에너지 흐름에 대해서 생각해 보자.



충전



방전



Ideal Voltage Source

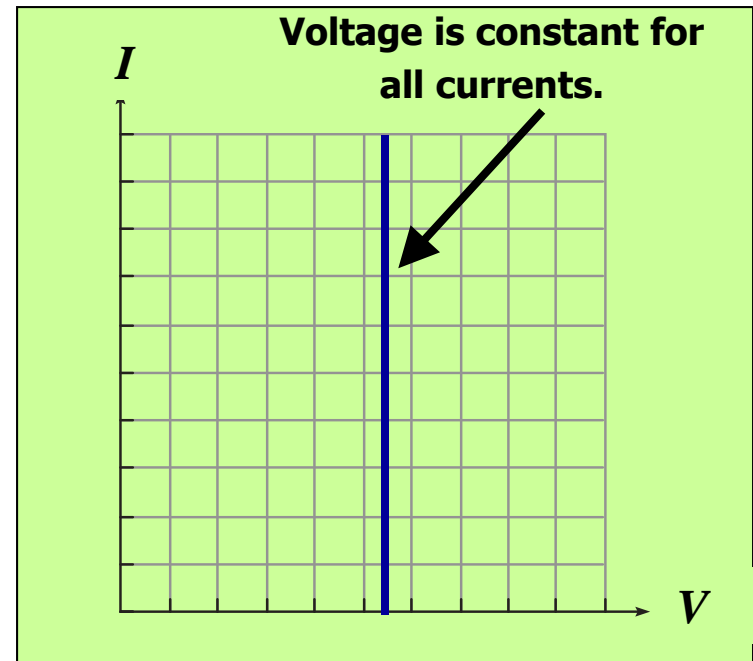
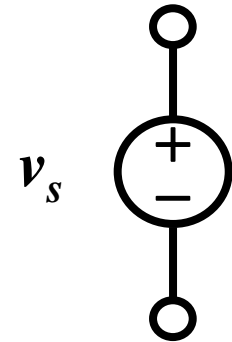
Ideally, a voltage source can provide a constant voltage for any current required by a circuit.

The IV curve for an ideal voltage source has a constant voltage for all current.

In practice, ideal sources do not exist, but they can be closely approximated by actual sources.

- **Dc voltage sources**

- (1) Batteries (chemical action)
- (2) Solar cells (photovoltaic effect)
- (3) Generators (electromechanical)
- (4) Power supplies (rectification)
- (5) Thermocouples (Seebeck effect)
- (6) Piezoelectric sensors (piezoelectric effect)



IV characteristics of an ideal voltage source

Batteries

Four basic components

- **positive electrode**: a deficiency of electrons due to chemical reaction
- **negative electrode**: a surplus of electron due to chemical reaction
- **electrolyte**: the electrolyte provides a mechanism for charge flow between positive and negative electrodes
- **separator**: the separator electrically isolates the positive and negative electrodes.

The materials used in a battery cell determine the voltage it produces.

Lead-acid cell (2.05 V): a potential of -1.685 V at the positive electrode, a potential of +0.365 V at the negative electrode.

A commercial lead-acid cell: 2.15 V
(acid concentration)

Nickel-cadmium cells: 1.2 V.

Lithium cells: 4 V.

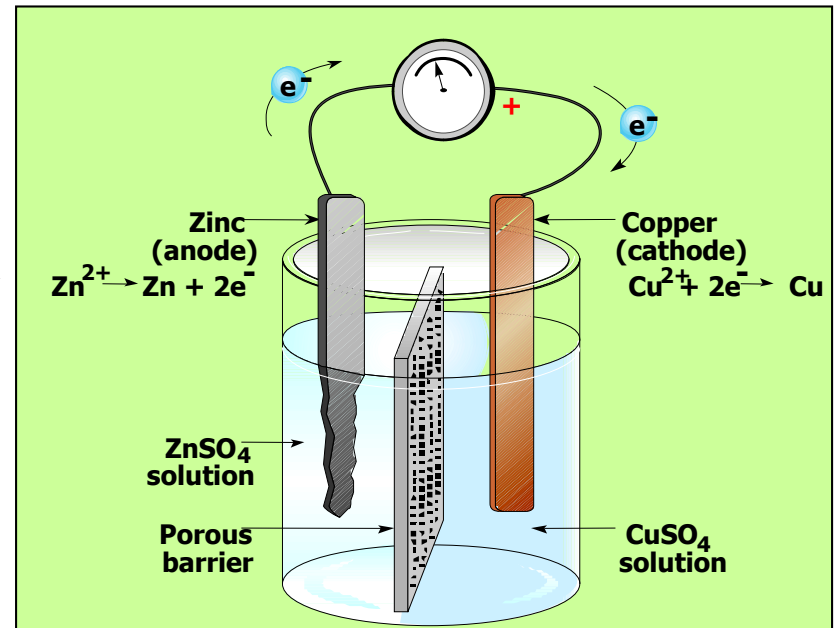


Diagram of a battery cell

Thomas L. Floyd and David M. Buchla, Electronics Fundamentals: Circuits, Devices, and Applications, Prentice Hall, p. 31, Figure 2.10

Types of Batteries

Alkaline-MnO₂

Primary battery, palm-type computers, photographic equipment, toys, radios and recorders.

Lithium-MnO₂

Primary battery, photographic and electronic equipment, smoke alarms, personal organizers, memory backup and communication equipment.

Zinc air

Primary battery, hearing aids, medical monitoring instruments, pagers and other frequency-use applications.

Silver oxide

Primary battery, watches, photographic equipment, hearing aids, and electronics requiring high-capacity batteries.

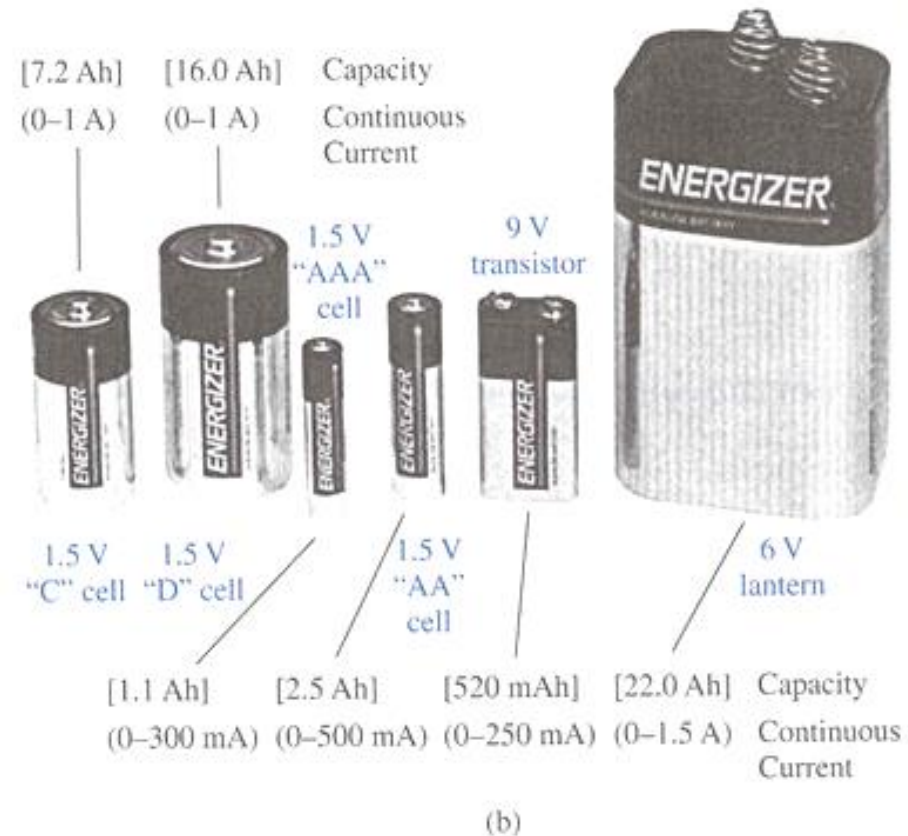
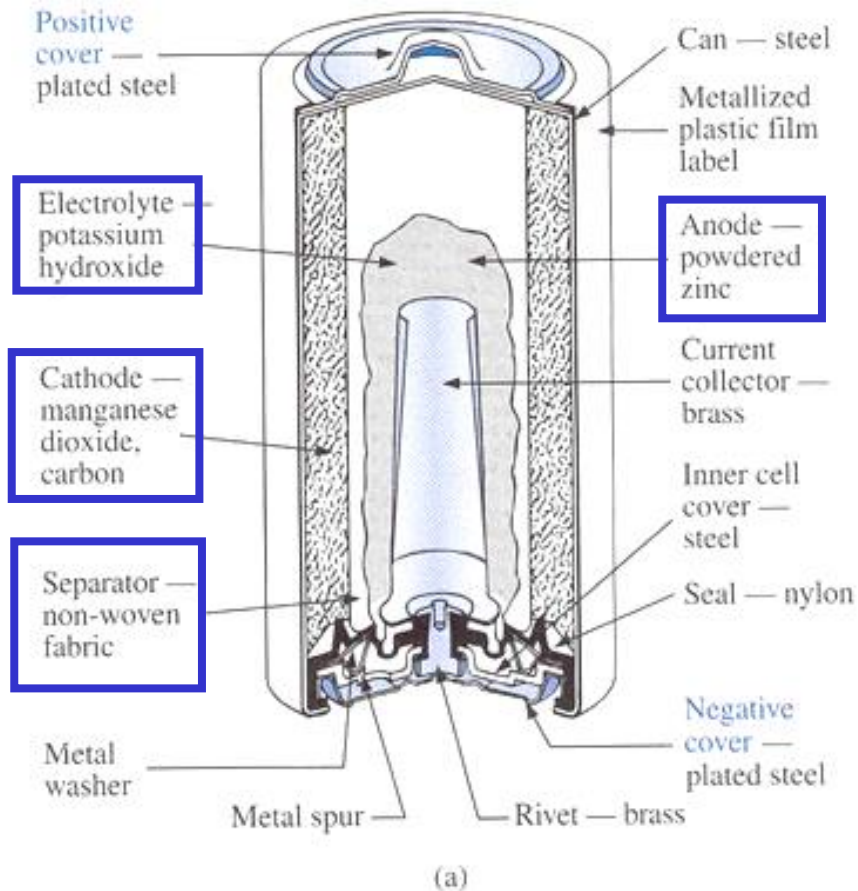
Nickel-metal hydride

Secondary battery, portable computers, cell phones, camcorders, and other portable consumer electronics.

Lead-acid

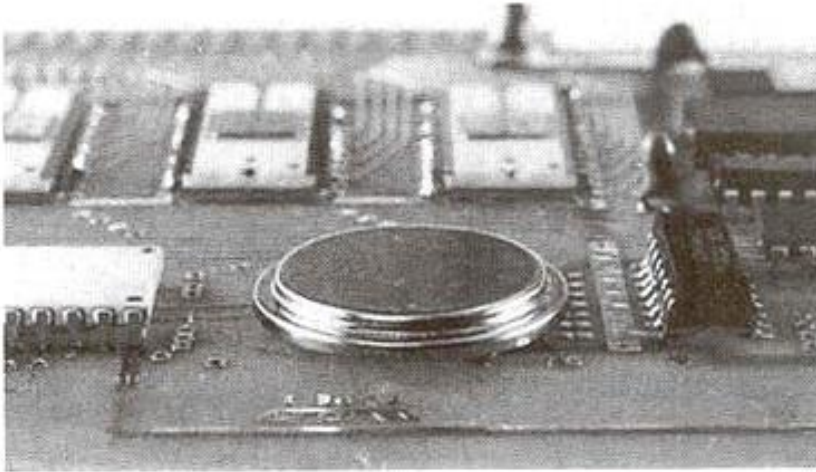
Secondary battery, automotive, marine, and other similar applications.

Alkaline Primary Cells



(a) Cutaway of cylindrical Energizer® alkaline cell; (b) Eveready® Energizer primary cells.

Lithium-Iodine Primary Cells



(a) Lithiode™ lithium-iodine cell
2.8 V, 870 mAh
Long-life power sources with printed circuit
board mounting capability

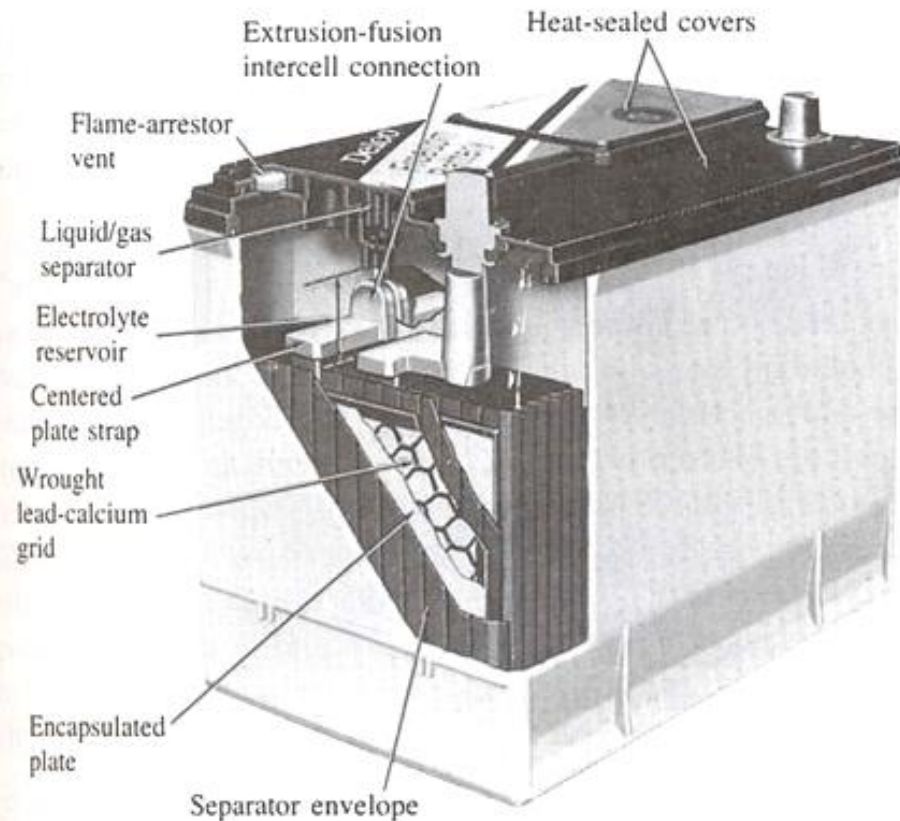


(b) Lithium-iodine pacemaker cell
2.8 V, 2.0 Ah

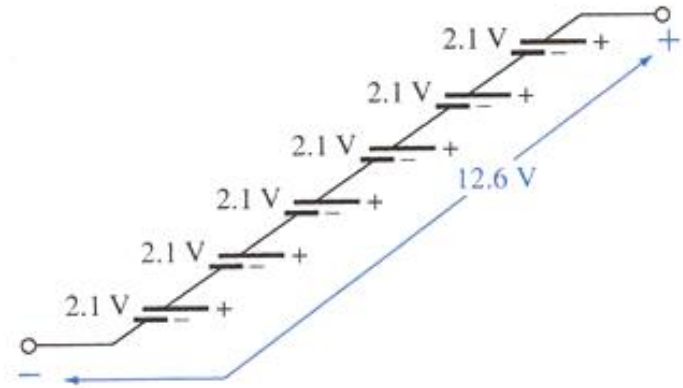
Lithium-Iodine primary cells

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 40, Figure 2.13

Lead-Acid Secondary Cell



- electrolyte : sulfuric acid
- electrodes : spongy lead and lead peroxide.
- electrons: spongy lead \rightarrow lead peroxide during discharge.

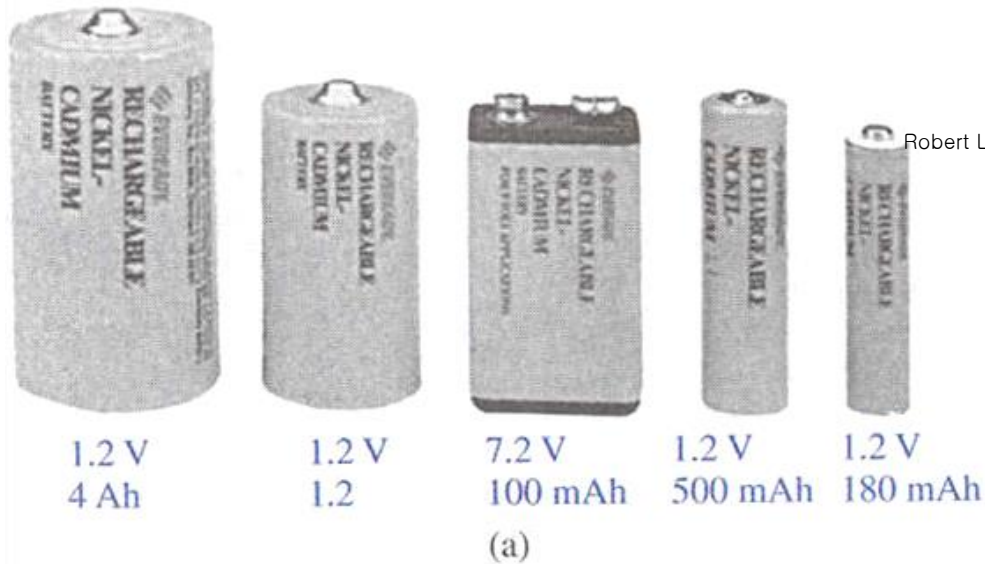


Maintenance-free 12-V (actually 12.6-V) lead-acid battery

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 41, Figure 2.14

- 방전량은 **specific gravity**를 측정하면 알 수 있다. **1.28 ~ 1.30** 이면 정상이고, **1.1** 정도이면 충전해야 한다.
- 충전하기 위해서는 **dc current source** 가 필요하다.

Nickel-Cadmium Secondary Cell



Eveready® BH 500 cell
1.2 V, 500 mAh

App: Where vertical height is severe limitation

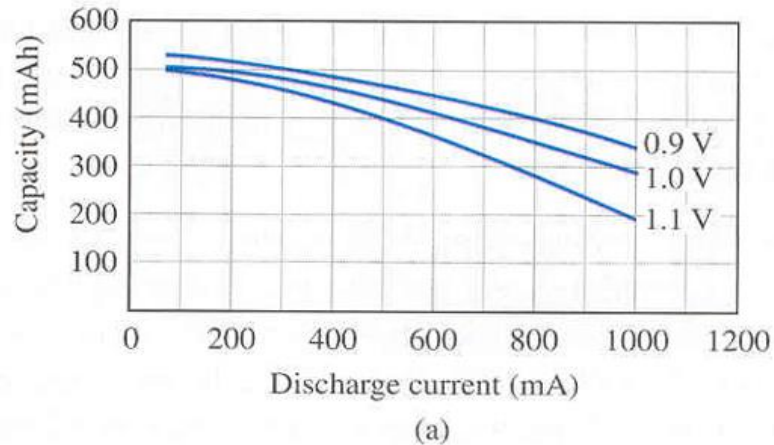
(b)

Rechargeable nickel-cadmium batteries.

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 42, figure 2.15

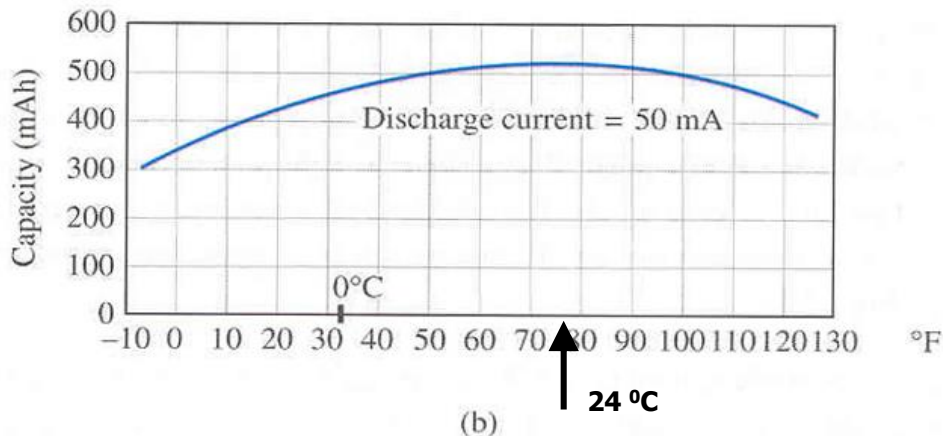
- **1000 charge/discharge cycles.**
- **Ni-Cad battery**를 사용해야 하는 기구에 일차 건전지를 사용하면 안된다.
- 이차 전지는 **1.2 V** 이나, 일차 전지는 **1.5 V** 이며, 이차 전지를 사용하는 기구는 내부에 충전하는 회로를 갖고 있기도 하기 때문이다.
- **Ni-Cad battery** 는 충전할 때 거의 단자 전압이 변하지 않으면서 정 전류원으로 충전한다.
- 그러나, **lead-acid battery** 는 **battery**의 상태에 따라 전류량이 변하는 정전압원에 의해서 충전된다.

Ampere-Hour Rating



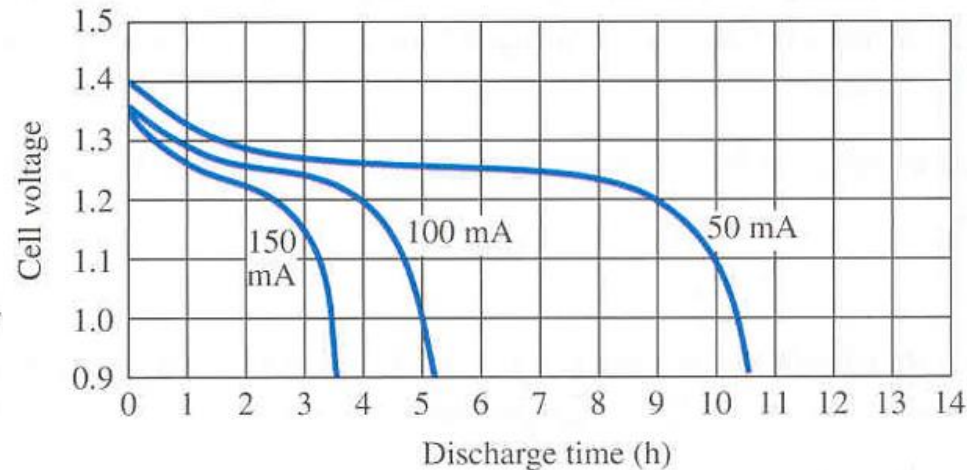
- **Battery**의 용량 정격은 **Ah** 또는 **mAh**로 표시.
- 전류량이 많아지면 줄고, 상온보다 높거나 낮으면 준다.
- 단자 전압은 방전시간이 길어지면 줄어든다.

$$\text{Life(hours)} = \frac{\text{ampere-hour rating(Ah)}}{\text{amperes drawn(A)}}$$



Eveready® BH 500 cell characteristics:
(a) capacity versus discharge current;
(b) capacity versus temperature.

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 44, Figure 2.18



Eveready® BH 500 cell discharge curves.

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 44, Figure 2.19

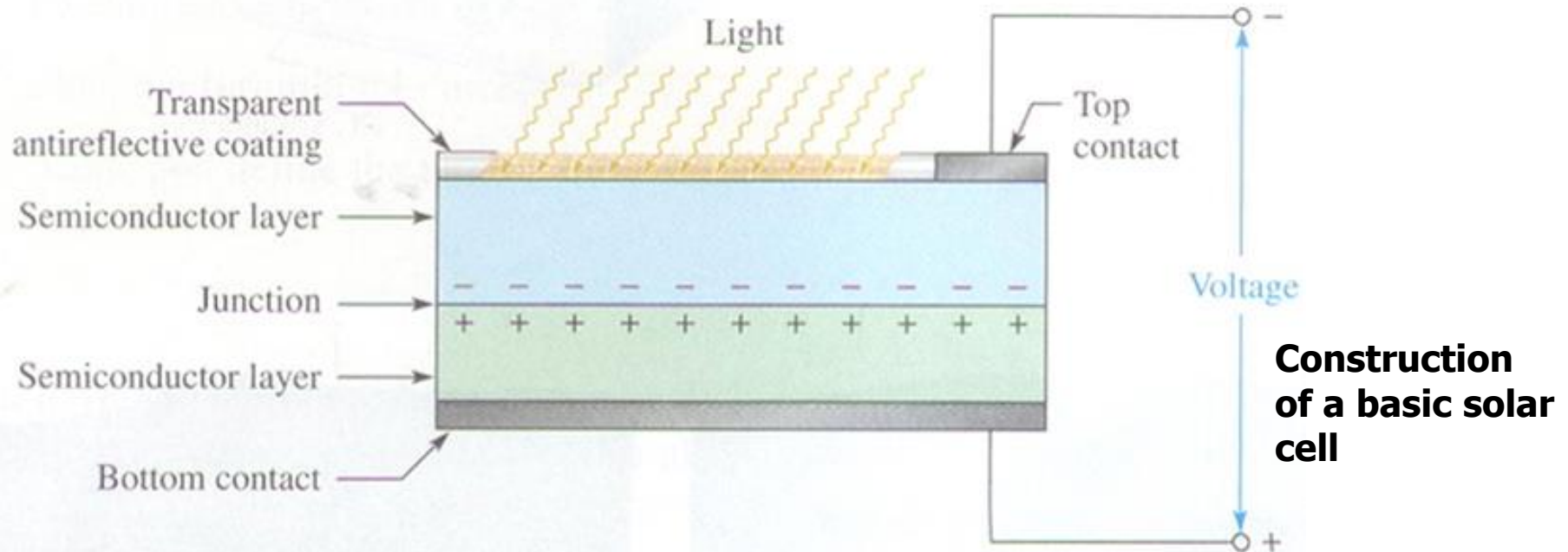
Solar Cells

Photovoltaic effect

A basic solar cell consists of two layers of different types of semiconductive materials joined together to form a junction

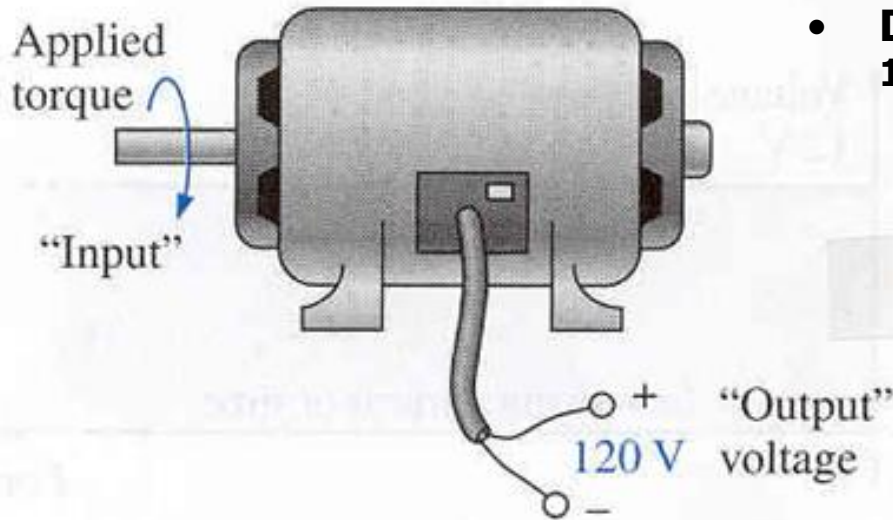
When one layer is exposed to light, many electron acquire enough energy to break away from their parent atoms and cross the junction.

This process forms negative ions on one side of the junction and positive ions on the other and thus a potential difference (voltage) is developed.



Thomas L. Floyd and David M. Buchla, Electronics Fundamentals: Circuits, Devices, and Applications, Prentice Hall, p. 33, Figure 2.13

Dc Voltage Generators



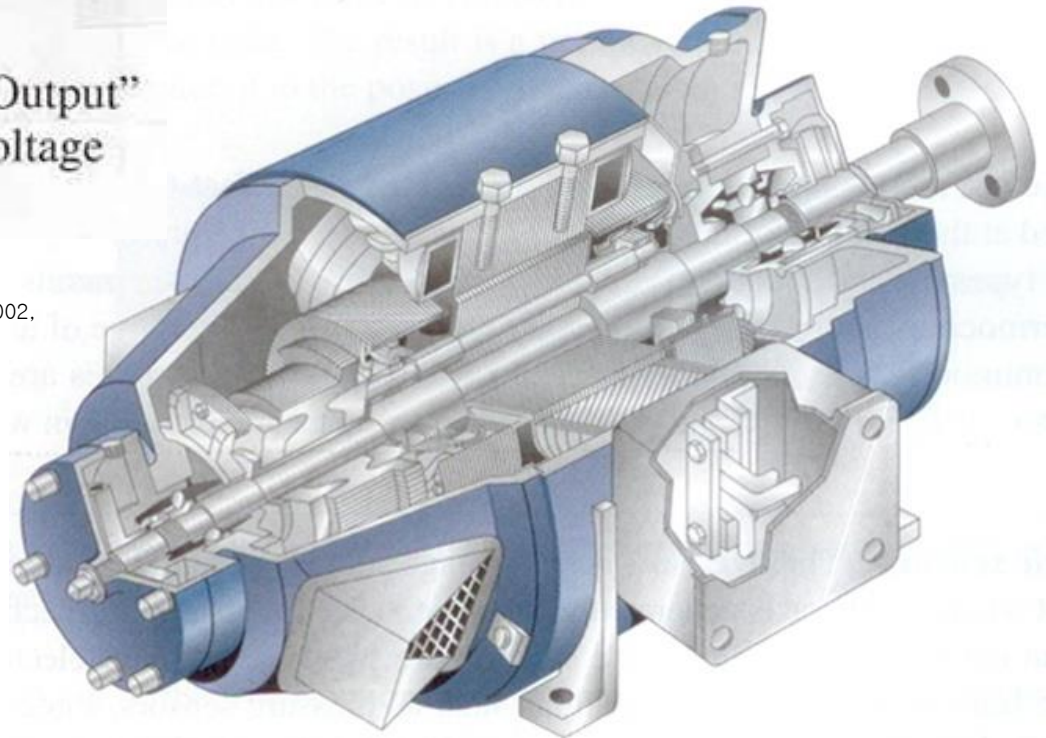
dc generator

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 45, Figure 2.20

- **Dc generators :**
120 V or 240 V

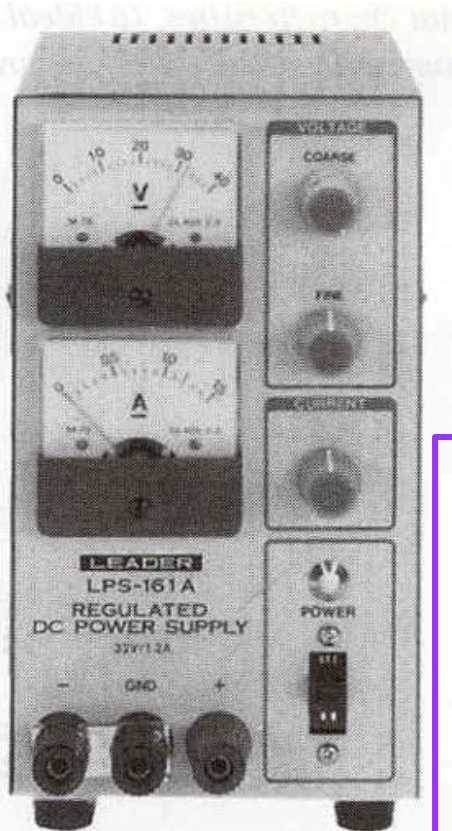
Cutaway view of a dc voltage generator

Thomas L. Floyd and David M. Buchla, Electronics Fundamentals: Circuits, Devices, and Applications, Prentice Hall, p. 33, Figure 2.14

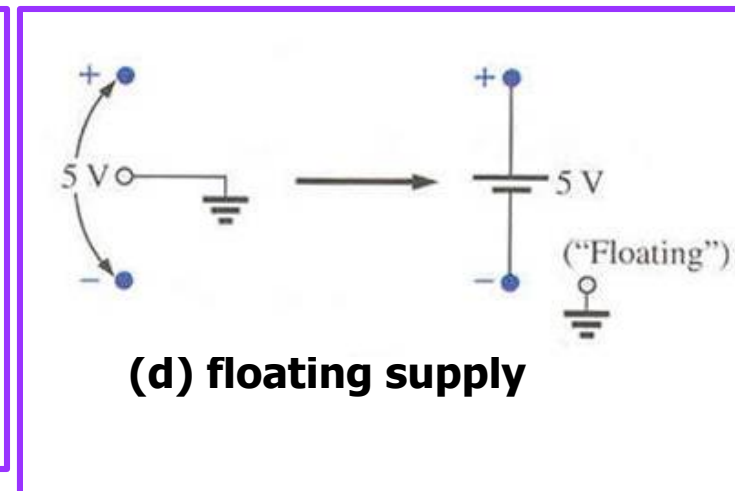
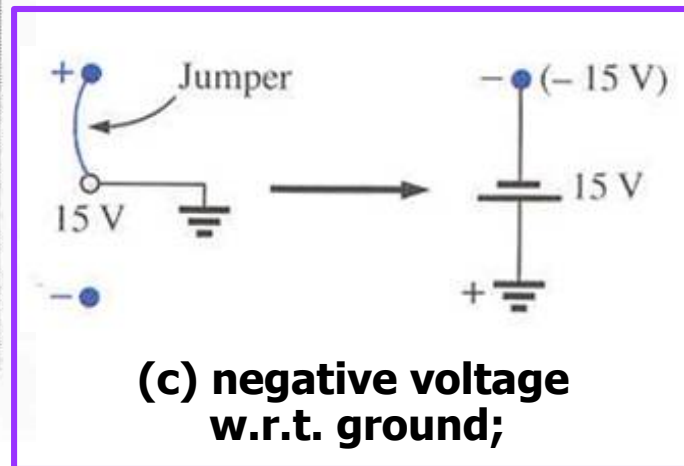
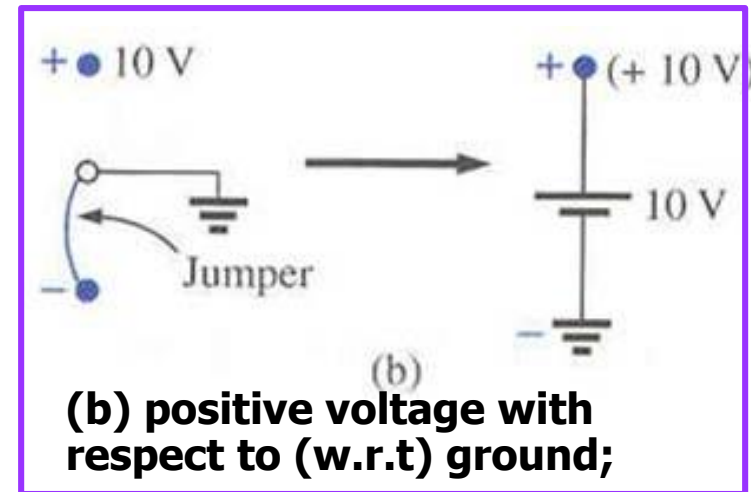
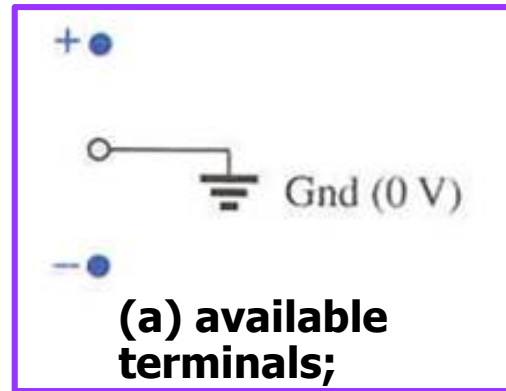


Electronic Power Supplies

- Power Supplies : Rectification and filtering



dc laboratory supply



Thermocouples and Piezoelectric Sensors

Thermocouples

- Thermoelectric type of voltage source that is commonly used to sense temperature.
- A thermocouple is formed by the junction of two dissimilar metals.
- **Seebeck effect** : the voltage generated at the junction of the metals as a function of temperature.
- K type : chromel and alumel
- E, J, N, B, R and S.
- Wire and probe form.

Piezoelectric Sensors

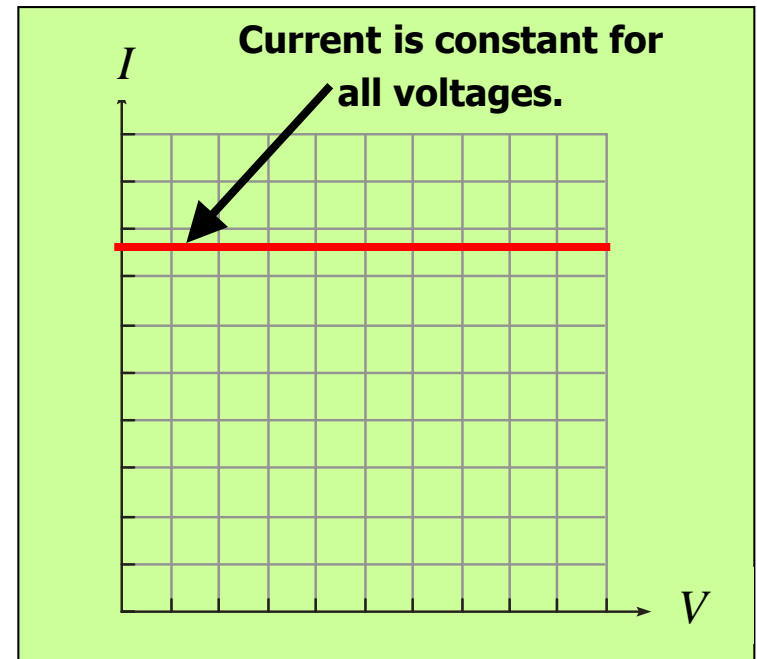
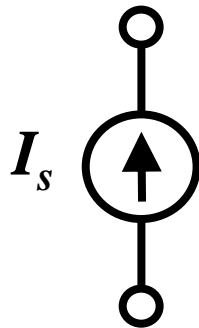
- **Piezoelectric effect**: A voltage is generated when a piezoelectric material is mechanically deformed by an external force.
- Quartz and ceramic
- Pressure sensors, force sensors, accelerometers, microphones, ultrasonic devices.

Ideal Current Source

Ideally, a current source can provide a constant voltage in any load.

The I/V curve for an ideal current source has a constant current for all voltage.

In practice, ideal current sources do not exist, but they can be closely approximated by actual sources.



I/V characteristics of an ideal current source

Thomas L. Floyd and David M. Buchla, *Electronics Fundamentals: Circuits, Devices, and Applications*, Prentice Hall, p. 36, Figure 2.19

Current Sources: Transistors Circuits

In most transistor circuits, **the transistor** acts as a current source.

The flat part of graph indicates where the transistor current is constant over a range of voltages.

The constant-current region is used to form a constant-current source.



Characteristic curve of a transistor showing the constant-current region

Thomas L. Floyd and David M. Buchla, Electronics Fundamentals: Circuits, Devices, and Applications, Prentice Hall, p. 37, Figure 2.21

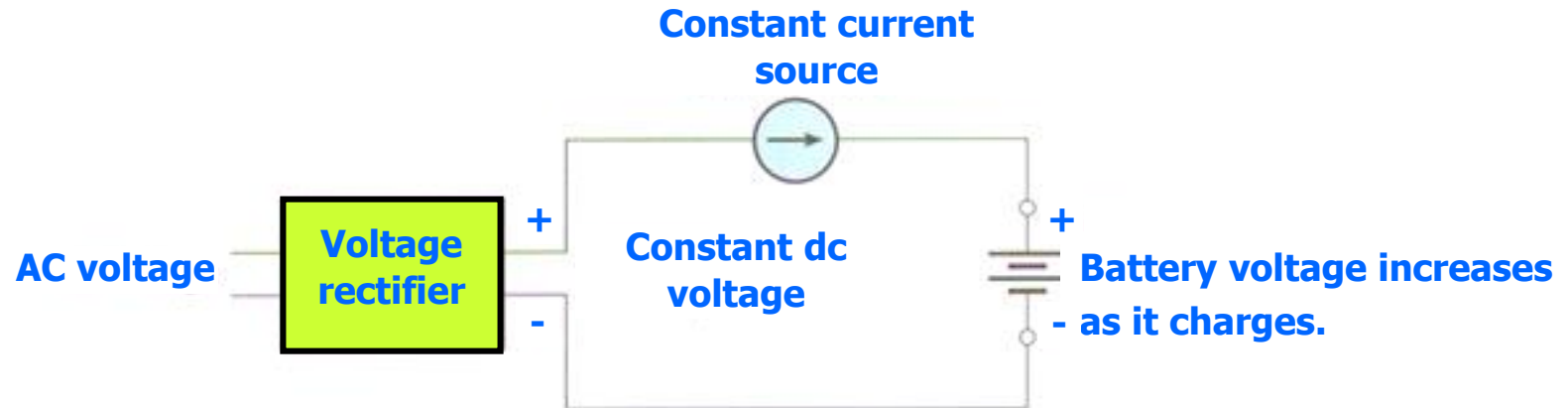
Constant-Current Battery Chargers

The rectifier is a circuit that acts as a dc voltage source by converting the ac voltage from a standard wall outlet to a dc voltage.

This voltage is effectively applied **in parallel with a battery** and **in series with a constant-current source**.

The battery voltage is initially low but increases over time due to the constant charging current.

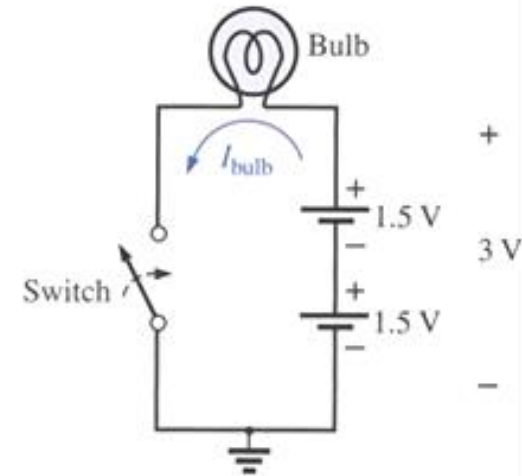
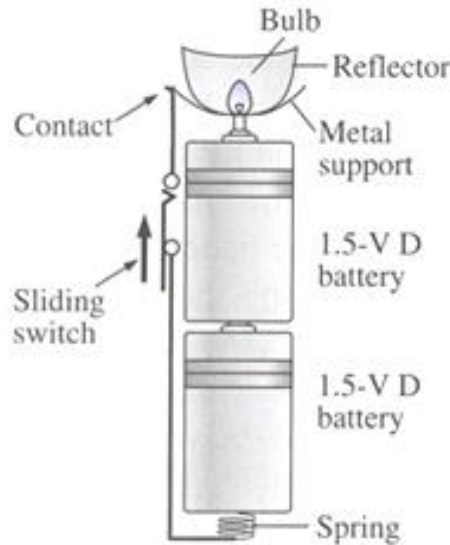
$$V_{\text{constant current source}} = V_{\text{constant dc voltage source}} - V_{\text{battery}}$$



Battery charger as an example of a current source application

Thomas L. Floyd and David M. Buchla, Electronics Fundamentals: Circuits, Devices, and Applications, Prentice Hall, p. 37, Figure 2.22

Applications - Flashlight



(b)



(a) Eveready® D cell flashlight;

(b) electrical schematic of flashlight of part (a);

(c) Duracell® Powercheck™ D cell battery

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 51, Figure 2.29

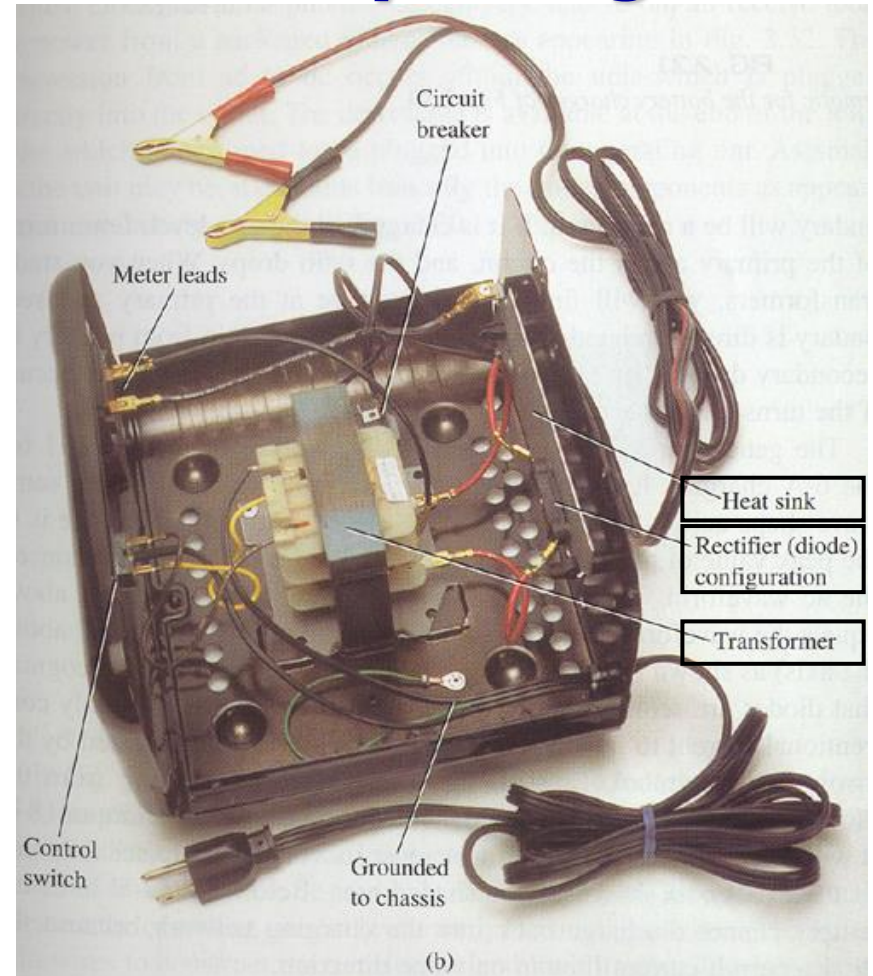
- **Battery : 16 Ah**
- **Bulb : 2.5 V, 300 mA, 30 hours.**
- **Bulb 보다 battery 를 자주 교체하는 이유**
 (1) leakage current
 (2) 연속사용이 아님
 - **bulb: cool down 효과**
 - **battery: initial surge current**
- **Battery 는 대개 1.2 ~ 1.3 V 에서 동작.**
- **0.9 V 이하에서는 교체해야 함.**

Applications – 12 V Car Battery Charger



Battery charger:
(a) external appearance

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 53, Figure 2.30(a)

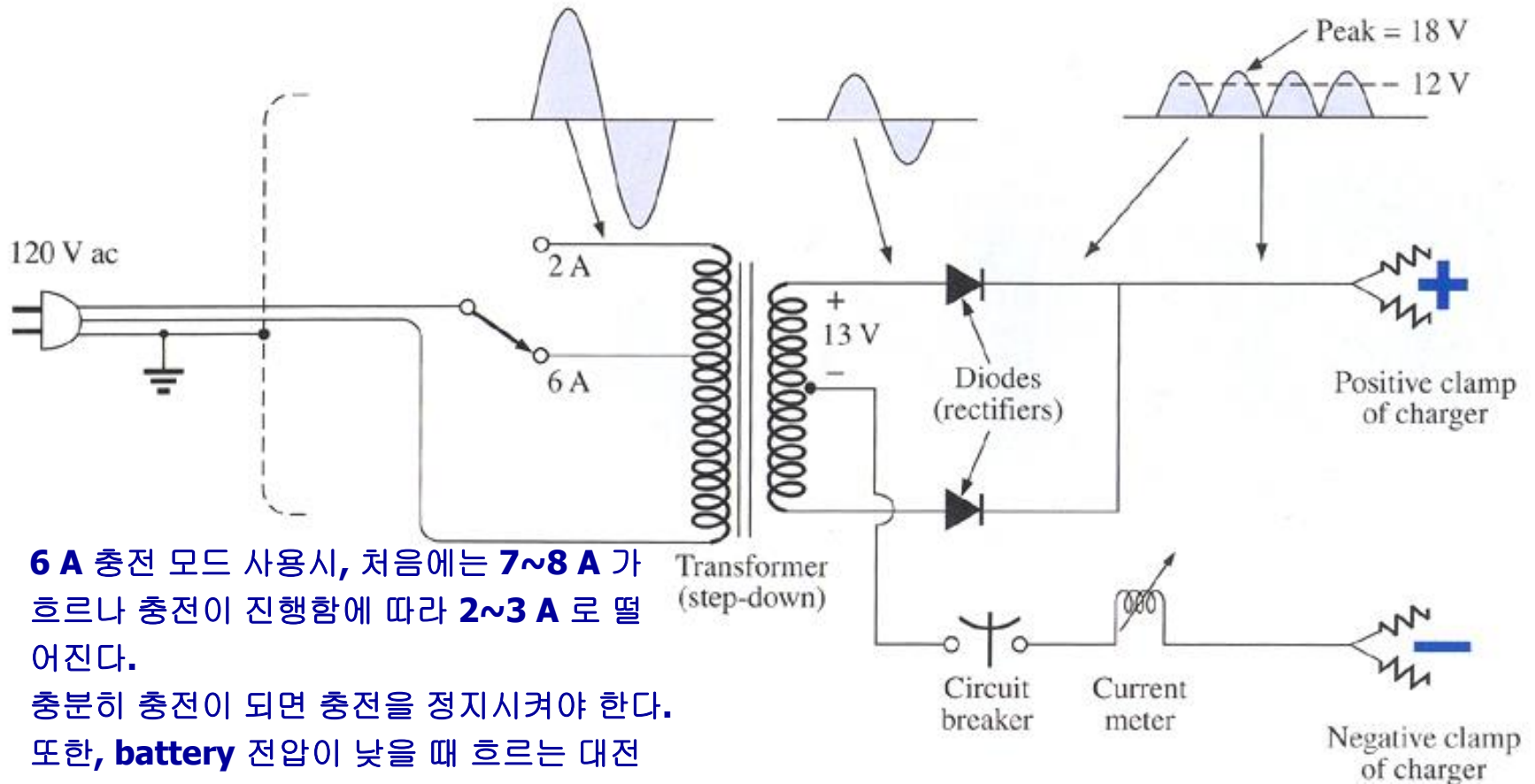


Battery charger:
(b) internal construction

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 53, Figure 2.30(b)

Applications – 12 V Car Battery Charger Circuit

- 12 V 이상일 때 충전.
- 12 V 이하에서는 **diode** 때문에 방전이 안됨.

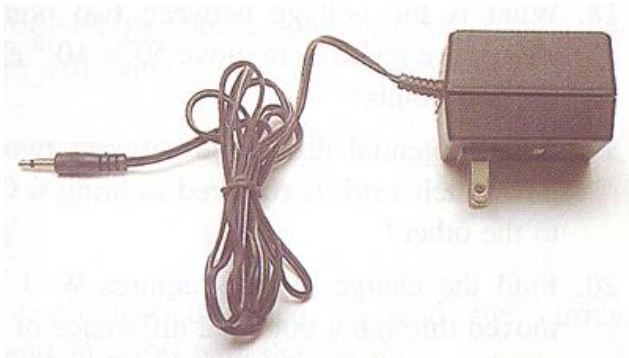


- 6 A 충전 모드 사용시, 처음에는 7~8 A 가 흐르나 충전이 진행함에 따라 2~3 A 로 떨어진다.
- 충분히 충전이 되면 충전을 정지시켜야 한다.
- 또한, **battery** 전압이 낮을 때 흐르는 대전류를 차단시켜야 한다.

Electrical schematic for the battery charger of Fig.2. 30

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 54, Figure 2.31

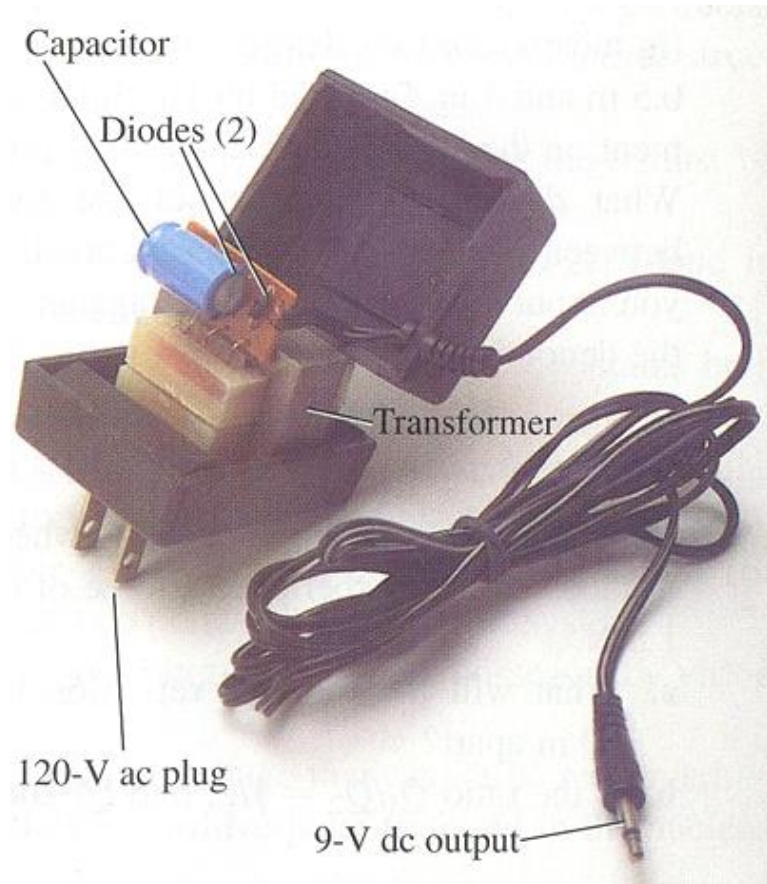
App. – Answer Machines/Phones dc Supply



Answering machine/phone 9-V dc supply

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 55, Figure 2.32

- **9 V, 200 mA.**
- **Regulator chip** 을 수신단에 설치.
- 이유
 - 발생 열 분리
 - 잡음과 진동을 줄이기 위해 부하 가까이 설치.

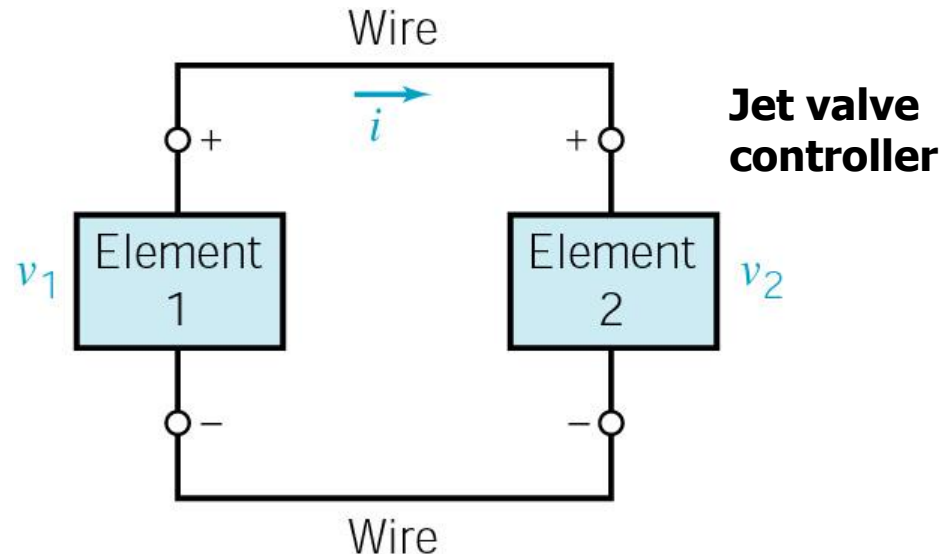


Internal construction of the 9-V dc supply of Fig. 2.32

Robert L. Boylestad, Introductory Circuit Analysis, 10th edition, Prentice Hall, 2002, p. 55, Figure 2.33

Jet Valve Controller

- 작은 실험용 우주 로켓에서 그림과 같이 두 개의 회로 소자로 회로를 구성하여 1분간 jet valve 제어기에 에너지를 전달한다. 1분간 40 mJ을 전달하는 배터리(회로소자 1)를 골라야 한다.
- $i(t) = D e^{-t/60}$ mA for $t \geq 0$ 이고, 소자 2 에 걸리는 전압은 $v_2(t) = B e^{-t/60}$ V for $t \geq 0$ 이다.
- 전류의 크기 D 가 최대 1 mA 로 제한되어 있다면, B 는 얼마이어야 하나?
- 요구되는 배터리는 어떤 것인가?



Richard C. Dorf and James A. Svoboda, Introduction to Electric Circuits, 8th edition, John Wiley and Sons, 2010, p. 14