ARMS
ACADEMY

CIRCUITS I

CH 1

Our Groups

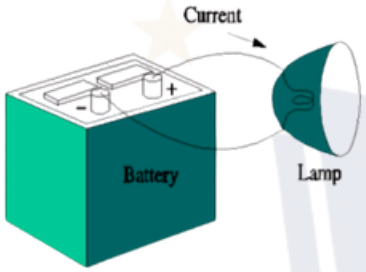
قناة الاكاديمية

Telegram

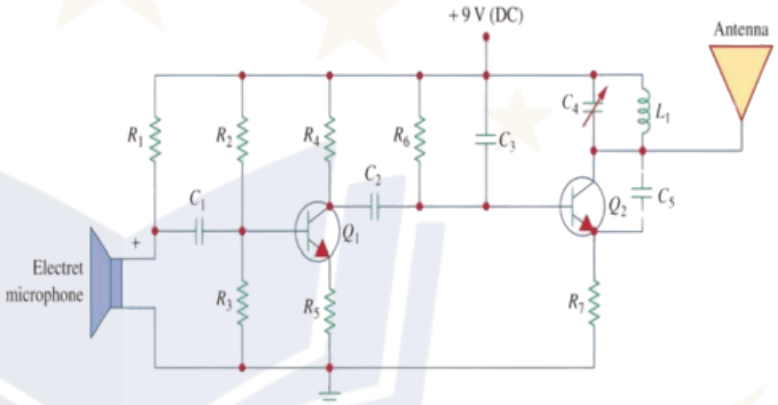
1.1 Introduction: Electric Circuits

An **electric circuit** is an interconnection of electrical elements designed to communicate or transfer energy from one point to another. In circuit analysis, **schematic diagrams** are used. These diagrams use standard symbols to represent electrical components, rather than showing how they look physically.

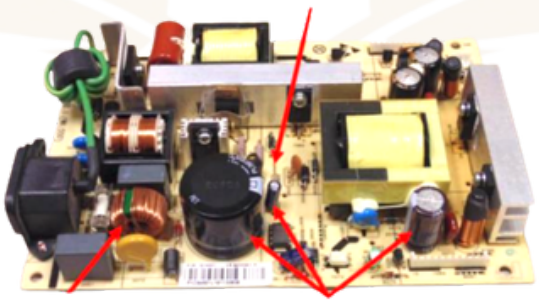
الدائرة الكهربائية هي عبارة عن مجموعة من العناصر الكهربائية المتصلة ببعضها، مصممة للتواصل أو نقل الطاقة من نقطة إلى أخرى. في تحليل الدوائر الكهربائية، تُستخدم المخططات التخطيطية. تستخدم هذه المخططات رموزًا قياسية لتمثيل المكونات الكهربائية، بدلاً من إظهار شكلها المادي.



Simple Electric circuit
(DC battery and lamp)



More complex Electric Circuit
(Amplifier)



A Power Supply from a TV

1.2 System of Units

Electrical measurements require a standard international language for professionals to communicate accurately. **The International System of Units (SI)**, adopted in 1960, is the standard. **SI prefixes** use powers of 10 to relate large and small values more easily.

تتطلب القياسات الكهربائية لغة دولية موحدة لتمكين المختصين من التواصل بدقة. النظام الدولي للوحدات (SI)، الذي اعتُمد عام 1960، هو المعيار المعتمد. تستخدم بادئات النظام الدولي للوحدات قوى العدد 10 لتسهيل الربط بين القيم الكبيرة والصغيرة.

TABLE 1.1

Six basic SI units and one derived unit relevant to this text.

Quantity	Basic unit	Symbol
Length	meter	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Electric current	ampere	A
Thermodynamic temperature	kelvin	K
Luminous intensity	candela	cd
Charge	coulomb	C

TABLE 1.2

The SI prefixes.

Multiplier	Prefix	Symbol
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^{9}	giga	G
10^{6}	mega	M
10^{3}	kilo	k
10^{2}	hecto	h
10	deka	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

1.3 Charge and Current

Charge (Q): An electrical property of the atomic particles of which matter consists. Measured in **Coulombs (C)**.

الشحنة (Q): خاصية كهربائية للجسيمات الذرية التي تتكون منها المادة. تُقاس بالكولوم (C).

- **Law of Conservation of Charge:** Charge cannot be created or destroyed, only transferred.
- The charge of a proton is positive and equal to **1.602×10^{-19} C**.
- The charge of an electron is negative and equal to **-1.602×10^{-19} C**.
- One Coulomb is quite large, equivalent to **6.24×10^{18}** electrons

قانون حفظ الشحنة: لا يمكن خلق الشحنة أو إفناؤها، بل تنتقل فقط.
شحنة البروتون موجبة وتساوي 1.602×10^{-19} كولوم.
شحنة الإلكترون سالبة وتساوي -1.602×10^{-19} كولوم.
الكولوم الواحد كبير جدًا، ويعادل 6.24×10^{18} إلكترون.

1.3 Charge and Current

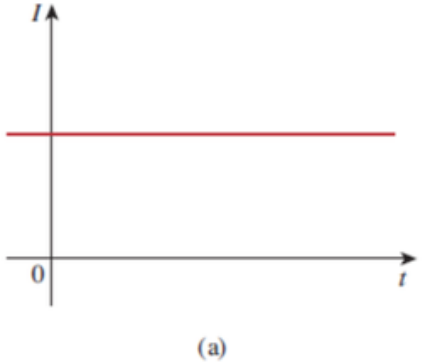
Current (I): The time rate of change (flow) of charge. Measured in **Amperes (A)**.

التيار (I): معدل تغير الشحنة مع الزمن (تدفقها). يُقاس بالأمبير (A).

$$i = \frac{dq}{dt} \qquad Q = \int_{t_0}^{t} i \, \mathrm{dt}$$

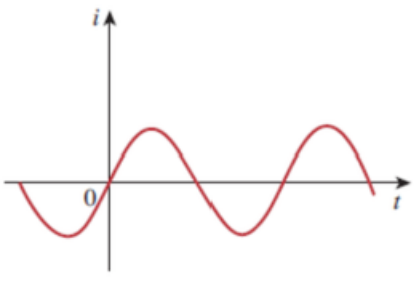
- **Direction Convention:** Introduced by Benjamin Franklin, the conventional current direction follows the movement of positive charges, which is opposite to the flow of negative electrons.
- **Direct Current (DC):** A current that remains constant with time (represented by uppercase I).
- **Alternating Current (AC):** A current that varies sinusoidally with time (represented by lowercase i).

اصطلاح اتجاه التيار: وضع بنجامين فرانكلين هذا الاصطلاح، حيث يتبع اتجاه التيار حركة الشحنات الموجبة، وهو عكس اتجاه حركة الإلكترونات السالبة.
التيار المستمر (DC): تيار يبقى ثابتًا مع الزمن (يرمز له بالحرف I الكبير).
التيار المتردد (AC): تيار يتغير بشكل جيبي مع الزمن (يرمز له بالحرف i الصغير).



(a)

Figure 1.4
Two common types of current: (a) direct current (dc), (b) alternating current (ac).



(b)

1.4 Voltage

Voltage (V): Also known as potential difference, the energy required to move a unit charge through an element. Measured in Volts (V).

الجهد الكهربائي (V): يُعرف أيضًا بفرق الجهد، وهو الطاقة اللازمة لنقل شحنة كهربائية مقدارها وحدة واحدة عبر عنصر ما. يُقاس بالفولت (V).

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

- **Key Rule:** Electric voltage is always measured across a circuit element, whereas electric current is measured through it.
- **Voltage Drop & Rise:** $V_{ab} = -V_{ba}$. A voltage drop from a to b is equivalent to a voltage rise from b to a.

القاعدة الأساسية: يُقاس الجهد الكهربائي دائمًا عبر عنصر الدائرة، بينما يُقاس التيار الكهربائي خلاله.

انخفاض وارتفاع الجهد: Vab = -Vba. انخفاض الجهد من النقطة أ إلى النقطة ب يُعادل ارتفاع الجهد من النقطة ب إلى النقطة أ.

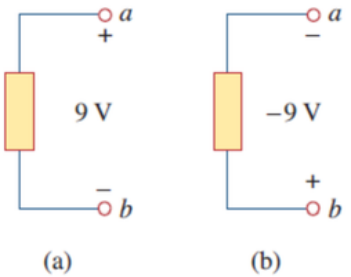


Figure 1.7
Two equivalent representations of the same voltage v_{ab}: (a) Point *a* is 9 V above point *b*; (b) point *b* is −9 V above point *a*.

1.4 Voltage

- **Types of Voltage:**
  - **DC (Direct Current):** Constant voltage, represented by V (typically from a battery).
  - **AC (Alternating Current):** Sinusoidally time-varying voltage, represented by v (typically from a generator).

أنواع الجهد:التيار المستمر (DC): جهد ثابت، يُرمز له بـ V (عادةً من بطارية).
التيار المتردد (AC): جهد متغير مع الزمن بشكل جيبي، يُرمز له بـ v (عادةً من مولد كهربائي).

1.5 Power and Energy

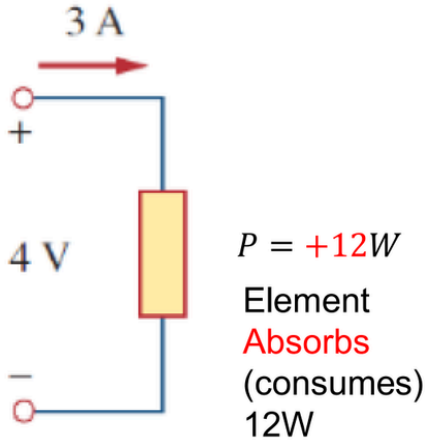
Power (P): The time rate of expending or absorbing energy.

القدرة (P): معدل استهلاك أو امتصاص الطاقة مع مرور الوقت.

$$P = \frac{dW}{dt} = V \times I$$

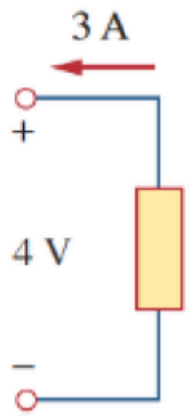
- **Passive Sign Convention:**
  - **Absorbing:** Current enters the positive (+) terminal (p = +vi).
  - **Supplying:** Current enters the negative (-) terminal (p = -vi).
- **Law of Conservation of Energy:** The sum of all powers in a circuit equals zero (Σ p = 0)

اصطلاح الإشارة السلبي:
الامتصاص: يدخل التيار من الطرف الموجب (+) (p = +vi).
التزويد: يدخل التيار من الطرف السالب (-) (p = -vi).
قانون حفظ الطاقة: مجموع جميع القدرات في الدائرة يساوي صفرًا (Σ p = 0).



$P = +12W$

Element
Absorbs
(consumes)
12W



$P = -12W$

Element
Produces
(supplies)
12W

1.5 Power and Energy

Energy (W): The capacity to do work.

الطاقة (واط): القدرة على القيام بعمل.

$$E = \int_{t_0}^{t} P \, \mathrm{dt}$$

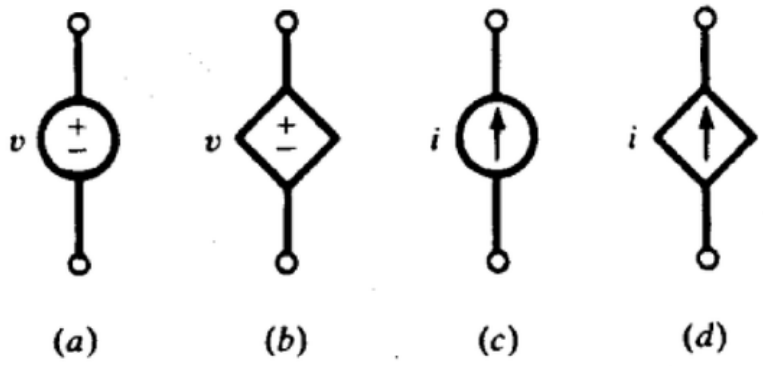
1.6 Circuit Elements

There are 5 ideal basic elements categorized into Active and Passive.

هناك 5 عناصر أساسية مثالية مصنفة إلى عناصر فعالة وعناصر سلبية.

- **Active Elements (Sources):**
  - **Independent Sources:** Provide a specified voltage or current that is completely independent of the rest of the circuit.
  - **Dependent Sources:** Sources whose values depend on a voltage or current elsewhere in the circuit.

العناصر الفعالة (المصادر):
المصادر المستقلة: توفر جهدًا أو تيارًا محددًا بشكل مستقل تمامًا عن بقية الدائرة.
المصادر التابعة: مصادر تعتمد قيمها على جهد أو تيار في مكان آخر من الدائرة.



1.6 Circuit Elements

- **Passive Elements:**
  - **Resistor (R):** Opposes the flow of current. Conductance is the opposite of resistance. Its value can be determined by colored stripes (4-band or 5-band code).

$$R = \frac{V}{I}$$

  - **Capacitor (C):** Stores energy in an electric field.

$$C = \frac{q}{V}$$

  - **Inductor (L):** Stores energy in a magnetic field.

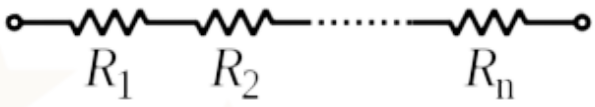
$$L = \frac{V}{di/dt}$$

العناصر السلبية:
المقاوم (R): يعيق مرور التيار الكهربائي. الموصلية هي عكس المقاومة، ويمكن تحديد قيمتها بواسطة أشرطة ملونة (رمز رباعي أو خماسي الأشرطة).
المكثف (C): يخزن الطاقة في مجال كهربائي.
المحث (L): يخزن الطاقة في مجال مغناطيسي.

1.6 Circuit Elements

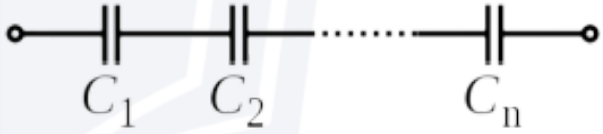
- **Passive Elements:**
  - **Resistor (R):** Opposes the flow of current. Conductance is the opposite of resistance. Its value can be determined by colored stripes (4-band or 5-band code).

$$R = \frac{V}{I}$$



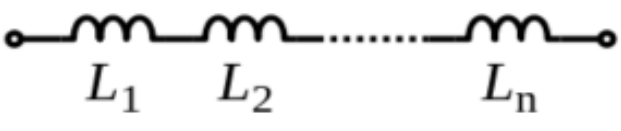
  - **Capacitor (C):** Stores energy in an electric field.

$$C = \frac{q}{V}$$



  - **Inductor (L):** Stores energy in a magnetic field.

$$L = \frac{V}{di/dt}$$

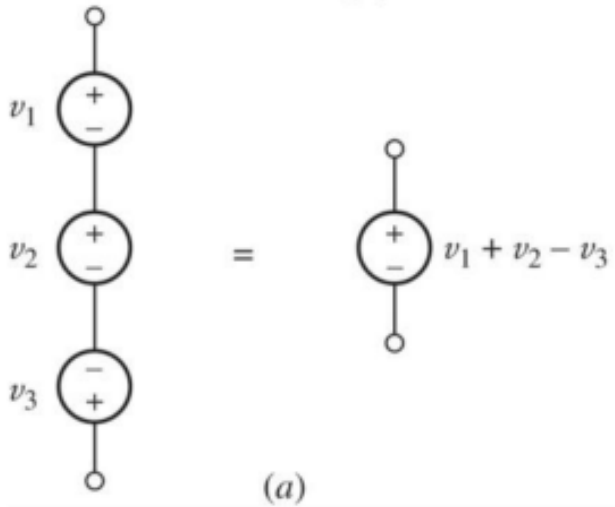


العناصر السلبية:
المقاوم (R): يعيق مرور التيار الكهربائي. الموصلية هي عكس المقاومة، ويمكن تحديد قيمتها بواسطة أشرطة ملونة (رمز رباعي أو خماسي الأشرطة).
المكثف (C): يخزن الطاقة في مجال كهربائي.
المحث (L): يخزن الطاقة في مجال مغناطيسي.

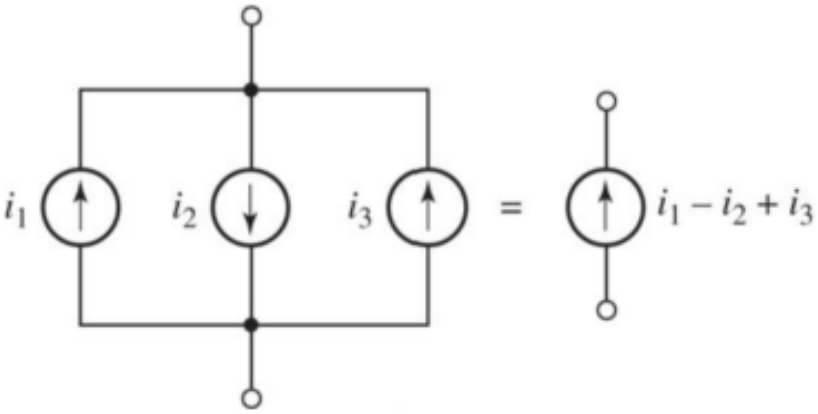
1.6 Circuit Elements

- **Combining Sources:**
  - Voltage sources connected in **series** can be algebraically combined into a single equivalent voltage source.
  - Current sources connected in **parallel** can be algebraically combined into a single equivalent current source.

دمج المصادر:
يمكن دمج مصادر الجهد الموصولة على التوالي جبريًا في مصدر جهد مكافئ واحد.
ويمكن دمج مصادر التيار الموصولة على التوازي جبريًا في مصدر تيار مكافئ واحد.



(a)



Practice

ARMS ACADEMY

1.1 One millivolt is one millionth of a volt.

(a) True (b) False

1.2 The prefix micro stands for:

(a) 10^{6} (b) 10^{3} (c) 10^{-3} (d) 10^{-6}

1.3 The voltage 2,000,000 V can be expressed in powers of 10 as:

(a) 2 mV (b) 2kV (c) 2MV (d) 2GV

1.4 A charge of 2 C flowing past a given point each second is a current of 2 A.

(a) True (b) False

1.5 The unit of current is:

(a) coulomb (b) volt (c) ampere (d) joule

1.6 A 4-A current charging a dielectric material will accumulate a charge of 24 C after 6 s.

(a) True (b) False

Examples

ARMS ACADEMY

1. **How much charge is represented by 4,600 electrons?**

Solution:

One is = **-1.602 x 10^{-19} C**

Hence, **4,600** electrons:

-1.602 x 10^{-19} C x 4,600 electrons = **-7.369 x 10^{-16} C**

2. **The total charge entering a terminal is given by q = 5t sin 4πt mC. Calculate the current at t = 0.5 s.**

Solution:

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(5tsin4\pi tmC) \qquad q = 5tsin4\pi tmC$$

$$= (5sin4\pi t + 20\pi tcos4\pi t)mA$$

Use the calculator to find the derivative

At t = 0.5s

$$i = 5sin2\pi + 10\pi cos2\pi$$

Substitute

$$= 0 + 10\pi = 31.42mA$$

Examples

ARMS ACADEMY

3. **Determine the total <u>charge</u> entering a terminal between t = 1 s and t = 2 s if the current passing the terminal is i = (3t² - t) A.**

Solution:

$$Q = \int_{t=1}^{2} i\,\mathrm{dt} = \int_{1}^{2} (3t^2 - t)\,\mathrm{dt} \qquad i = 3t^2 - t$$

$$= \left(t^3 - \frac{t^2}{2}\right)\Bigg|_1^2 \qquad \text{Use the calculator to find the integral}$$

$$= (8 - 2) - \left(1 - \frac{1}{2}\right) = 5.5\ \mathrm{C} \qquad \text{Substitute}$$

Examples

4. **An energy source forces a constant current of 2 A for 10 s to flow through a light bulb. If 2.3 kJ is given off in the form of light and heat energy, calculate the <u>voltage drop</u> across the bulb.**

Solution:

$\Delta q = i\Delta t = 2 \times 10 = 20C$ The total charge

$V = \frac{\Delta w}{\Delta q} = \frac{2.3 \times 10^3}{20} = 115V$ The voltage drop

Examples

ARMS ACADEMY

5. **Find the power delivered to an element at t = 3 ms if the current entering its positive terminal is i = 5 cos 60π t A, and the voltage is: (a) v = 3(I), (b) v = 3 di/dt.**

Solution: (a)

$V = 3I$ — Replace (I) with the current

$V = 15\cos(60\pi t)\ \text{V}$ — The volt

$P = VI = (15\cos(60\pi t))(5\cos(60\pi t))$ — Replace the values in the law

$P = 75\cos^2(60\pi t)\ \approx 53.49W$ — Change the answer with the calculator

Solution: (b)

$\frac{di}{dt} = -300\pi\sin(60\pi t)\ \text{A/s}$ — Use the calculator to fide the derivative of (I)

$V = 3(-300\pi\sin(60\pi t))$ — V = 3 di/dt

$V = -900\pi\sin(60\pi t)\ \text{V}$ — The volt

$P = -4500\pi\sin(0.18\pi)\cos(0.18\pi)$ — P = V I

Examples

ARMS ACADEMY

6. **How much energy does a 100-W electric bulb consume in two hours?**

Solution:

$W = Pt$ The wat law

$= 100(W) \times 2(h) \times 60(min/h) \times 60(s/min)$

$W = 720,000J = 720kJ$ The energy in joule

Examples

ARMS ACADEMY

7. **A homeowner consumes 700 kWh in January. Determine the electricity bill for the month using the following residential rate schedule:**

Base monthly charge of $12.00.
First 100 kWh per month at 16 cents/kWh.
Next 200 kWh per month at 10 cents/kWh.
Over 300 kWh per month at 6 cents/kWh.

Solution:

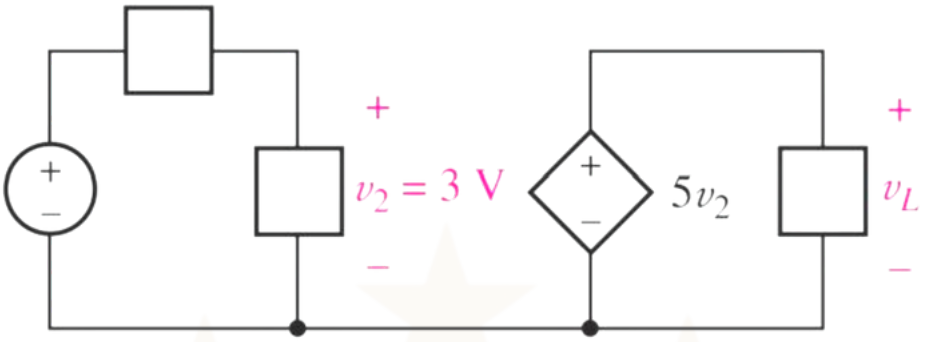
We calculate the electricity bill as follows:

Base monthly charge = $12.00
First 100 kWh: $0.16/kWh = $16.00
Next 200 kWh: $0.10/kWh = $20.00
Remaining 400 kWh: $0.06/kWh = $24.00
Total charge = $72.00

Examples

ARMS ACADEMY

8. **Find the voltage V_L in the circuit below.**



Solution:

$V_L = 5V_2$ Parallel

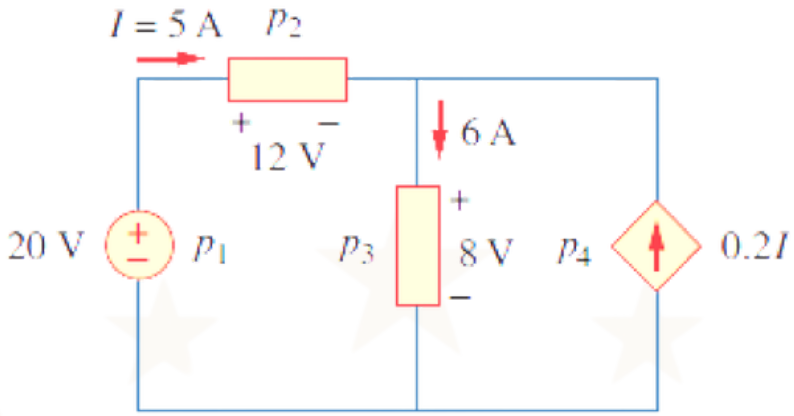
$V_2 = 3V$

$V_L = 5\,(3) = 15V$ The volt

Examples

ARMS ACADEMY

9. **Calculate the power supplied or absorbed by each element in the following circuit.**



Solution:

$$P = VI$$ Power law

P_1 = 20(-5) = -100W (Supplied)
P_2 = 12(5) = +60W absorbed
P_3 = 8(6) = +48W absorbed
P_4 = 8(-0.2(I)) = 8(-0.2x5) = -8W (Supplied)

Homework

ARMS ACADEMY

1. **Calculate the amount of charge represented by six million protons.**

Answer: $+9.612 \times 10^{-13} C$

2. **If in Example 2, q = (10 - 10e^{-2t}) mC. find the current at t = 1.0 s.**

Answer: $+9.612 \times 10^{-13} C$

3. **The current flowing through an element is**

$$i(t) = \begin{cases} 4\ \text{A}, & 0 < t < 1 \\ 4t^2\ \text{A}, & t > 1 \end{cases}$$

Calculate the charge entering the element from t = 0 to t = 2 s.

Answer: $13.333 C$

4. **To move charge q from point a to point b requires -30 J. Find the voltage drop V_{ab} if: (a) q = 6 C, (b) q = -3 C.**

Answer: (a) -5 V. (b) 10 V.

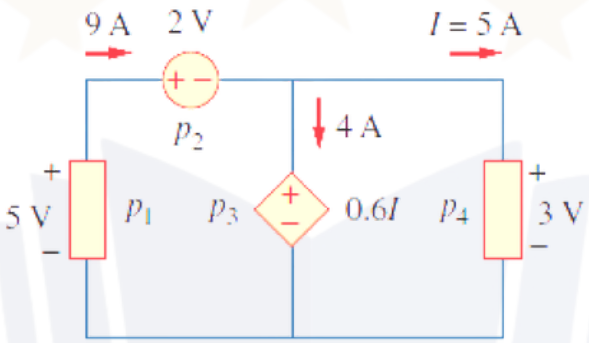
Homework

ARMS ACADEMY

5. **A stove element draws 15 A when connected to a 240V line. How long does it take to consume 180 kJ?**

Answer: 50 s

6. **Compute the power absorbed or supplied by each component of the circuit.**



Answer: $p = -45W, p2 = 18W, p3 = 12W, p4 = 15W.$

ARMS
ACADEMY

CIRCUITS I

CH 1

استثمر في تعليمك اليوم ،لتحصد ثمار ذلك غداً

Our Groups

قناة الاكاديمية

Telegram