

UNIDADE 12. A CORRENTE ELÉCTRICA

- 1. A INTENSIDADE DA CORRENTE.**
- 2. A RESISTENCIA ELÉCTRICA.**
 - 2.1. Lei de Ohm
- 3. XERADORES ELÉCTRICOS E FORZA ELECTROMOTRIZ.**
- 4. APARATOS DE MEDIDA.**
- 5. CIRCUÍTOS ELÉCTRICOS. ASOCIACIÓNS DE RESISTENCIAS.**
 - 5.1. Resistencias en serie.
 - 5.2. Resistencias en paralelo.
 - 5.3. Asociación mixta.
- 6. A ENERXÍA DA CORRENTE ELÉCTRICA**
 - 6.1. Lei de Joule.
 - 6.2. Potencia eléctrica.
 - 6.3. Lei de Ohm xeneralizada

1. A INTENSIDADE DA CORRENTE.

Na unidade anterior vimos que se unimos dous corpos que están a diferente potencial por medio dun condutor, pasan electróns dun ao outro ata que os dous se atopen ao mesmo potencial. Durante ese tempo, que é moi pequeno, estableceuse unha corrente eléctrica transitoria a través do condutor debido a que entre os seus extremos houbo temporalmente unha diferenza de potencial.

En xeral, chamamos corrente eléctrica ao movemento de cargas eléctricas a través dun condutor. Se o movemento das cargas se realiza sempre no mesmo sentido, dicimos que a corrente é continua e se cambia de sentido periodicamente é alterna.

A **intensidade** de corrente eléctrica é a cantidade de carga que atravesa a sección do condutor na unidade de tempo. É dicir:

$$I = q/t$$

Por convenio, o sentido da corrente eléctrica nun condutor é o que vai dende o extremo de maior potencial ao de menor. Dito isto, debemos ter en conta que os electróns se moven en sentido contrario, xa que a súa carga é negativa.

Nesta unidade referirémonos ao movemento de electróns a través de condutores metálicos, aínda que como se verá máis adiante, en química, o transporte de carga eléctrica tamén pode ser debido ao movemento de ións, positivos ou negativos, en medio líquido.

A **unidade** de intensidade eléctrica no SI é o **amperio (A)**, cuxa definición, fundamentada en fenómenos magnéticos que non estudamos neste curso, foi enunciada na Unidade 7. Non obstante, dun modo máis intuitivo podemos dicir que o amperio é a intensidade dunha corrente eléctrica que transporta unha carga dun coulombio nun segundo. Segundo isto, podemos definir tamén o coulombio como a carga que transporta unha corrente dun amperio nun segundo.

Exemplo: Pola sección dun condutor metálico pasan 10^{19} electróns cada minuto. Calcula a intensidade da corrente. Dato: carga electrón = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Como pasan 10^{19} electróns e cada electrón ten unha carga de $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, teremos unha carga total de 1,6 C. Se aplicamos a definición de intensidade e tendo en conta que 1 minuto son sesenta segundos, teremos:

$$I = q / t = 1,6 / 60 = 0,0267 \text{ A} = \underline{\underline{26,7 \text{ mA}}} \text{ (miliamperios)}$$

2. A RESISTENCIA ELÉCTRICA

A resistencia eléctrica dun condutor é a oposición que presenta este ao paso da corrente.

É doado comprobar experimentando con condutores de diferente natureza, lonxitude e sección que a resistencia depende dos seguintes factores:

- ✓ Da natureza do condutor; uns materiais son mellores condutores que outros. Os mellores condutores son os metais e dentro deles a prata aínda que é pouco utilizada debido ao seu elevado prezo. O condutor máis usado industrialmente é o cobre pola súa baixa resistividade, prezo máis accesible e boa ductilidade.
- ✓ É directamente proporcional á súa lonxitude.
- ✓ É inversamente proporcional á súa sección.
- ✓ Aumenta coa temperatura, aínda que esta variación é pequena e de pouca importancia, salvo para aplicacións específicas nas que esta característica sexa especialmente relevante.

Segundo o anterior, a resistencia dun condutor vén dada pola expresión:

$$R = \rho L/S$$

onde ρ é a **resistividade** que depende da natureza do condutor e representa a resistencia dun condutor de 1 m de lonxitude e 1 m² de sección.

A unidade de resistencia eléctrica é o ohmio (Ω) que definiremos un pouco máis adiante, cando coñezamos a lei de Ohm.

Exemplo: Calcula a resistencia dun fío de cobre de 10 m de lonxitude e 2 mm de diámetro. Dato: resistividade do cobre = $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega m$

Sección do fío (Área dun círculo): $S = \pi r^2 = \pi (1 \cdot 10^{-3})^2 = 3,14 \cdot 10^{-6} m^2$; sabendo que o radio é a metade do diámetro e que debemos pasar os mm a m.

$$\text{Logo: } \underline{R} = \rho L/S = 1,7 \cdot 10^{-8} (10 / 3,14 \cdot 10^{-6}) = \underline{\underline{0,054 \Omega}}$$

2.1. Lei de Ohm

Polo que vimos ata agora, as cargas eléctricas móvense debido a unha diferenza de potencial. É lóxico pensar que canto maior sexa esta, maior será a cantidade de carga que se move por unidade de tempo e polo tanto, maior será a intensidade da corrente. Por outra parte, canto maior sexa a resistencia que presenta o condutor, menor será a intensidade da corrente que circula por el.

Foi Georg Simon Ohm quen, en 1826, deu a coñecer o resultado das súas investigacións sobre a relación existente entre as tres magnitudes que acabamos de citar, enunciando a lei que leva o seu nome:

A intensidade de corrente que atravesa un condutor é directamente proporcional á diferenza de potencial entre os seus extremos e inversamente proporcional á resistencia deste.

Expresado matematicamente: $I = (V - V') / R$ ou sinxelamente $I = V / R$

Se nesta expresión despregamos $R = V / I$ podemos obter a definición de ohmio:

$$1 \text{ ohmio} = 1 \text{ voltio} / 1 \text{ Amperio}$$

O que equivale a dicir que un ohmio é a resistencia que presenta un condutor que, baixo a diferenza de potencia dun voltio, é percorrido pola intensidade dun amperio.

Exemplo: *¿Cal será o valor da intensidade que circula pola resistencia dunha estufa eléctrica, o valor da cal é de 40Ω , se se conecta a unha tensión de 220 V?*

$$I = V / R; \quad I = 220 / 40 = 5,5 \text{ A}$$

3. XERADORES ELÉCTRICOS E FORZA ELECTROMOTRIZ

Para conseguir que a corrente eléctrica se manteña é necesario que exista unha diferenza de potencial (ddp) ou tensión entre os extremos do condutor. A medida que circulan as cargas polo condutor vaise reducindo a diferenza de potencial, ata chegar a anularse. Neste momento alcanzouse o equilibrio electrostático.

Se se quere manter de forma indefinida a corrente, hai que impedir que a diferenza de potencial se anule; para iso utilízanse uns dispositivos denominados **xeradores de corrente eléctrica**.

Os xeradores eléctricos transforman diversos tipos de enerxía en enerxía eléctrica. Algúns exemplos son: as pilas ou baterías, os xeradores electromagnéticos ou os paneis solares.



Pila



Panel solar



Xerador electromagnético

A magnitude que mide a capacidade dun xerador eléctrico para subministrar enerxía eléctrica é a **forza electromotriz (fem)**

$$\varepsilon = W / q = W / I t$$

Onde ε é a forza electromotriz, W o traballo realizado polo xerador; I a intensidade que circula polo condutor e t o tempo que tarda en realizarse o traballo.

Exemplo: Cando se conecta un conductor a un xerador de 9 V de fem circula por el unha intensidade de corrente de 3 mA. Calcula:

a) A carga que pasa por minuto.

b) A enerxía subministrada polo xerador nese tempo.

a) A carga nun minuto (60 s) é : $q = I t = (3 \cdot 10^{-3}) \cdot 60 = 0,18 \text{ C}$

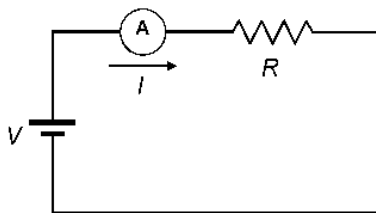
b) A enerxía subministrada é:

$$\varepsilon = W / q ; \quad W = \varepsilon q = 9 \cdot 0,18 = 1,62 \text{ J}$$

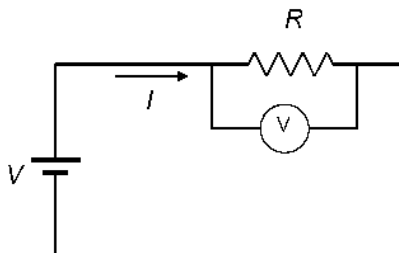
4. APARATOS DE MEDIDA

Tanto no deseño como no control do funcionamento de calquera circuío eléctrico é necesario coñecer o valor das magnitudes que interveñen: a intensidade, a tensión ou diferenza de potencial e a resistencia. Para iso utilízanse o amperímetro, o voltímetro e o óhmetro ou ohmímetro, aínda que actualmente existe outro instrumento máis versátil que substitúe os tres: o polímetro.

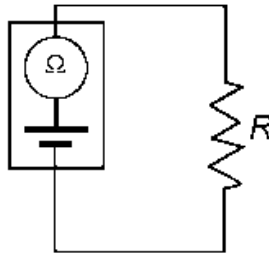
Amperímetro: Utilízase para medir a intensidade de corrente, para iso **móntase en serie no circuío**, ou rama deste, segundo a intensidade que queiramos coñecer. Este instrumento debe ter unha resistencia interna moi pequena, xa que pola contra alteraría a intensidade da corrente, cousa que se debe evitar, dentro do posible, en toda medida.



Voltímetro: Utilízase para medir a diferenza de potencial entre dous puntos dun circuío. **Móntase en paralelo co elemento ou elementos** dos cales queiramos coñecer a diferenza de potencial entre os extremos. Este instrumento debe ter unha resistencia interna moi grande, xa que pola contra grande parte da corrente se derivaría polo seu interior alterando a medida.



Óhmetro: Leva unha pila interna, que establece unha corrente a través da resistencia que se quere medir e está calibrado de modo que o valor da lectura coincida co valor da resistencia á que se conecta.



Polímetro: É un instrumento moi versátil que pode substituír aos tres anteriores xa que pode utilizarse para medir resistencias, intensidades e voltaxes tanto en corrente continua como alterna. Internamente está formado por unha pila e unha rede de resistencias que se asocian segundo a magnitude a medir e a escala seleccionada. Hainos analóxicos e dixitais; os primeiros teñen varias escalas graduadas que permiten a lectura segundo a opción e rango seleccionados. Os dixitais son máis fáciles de utilizar xa que ofrecen a lectura directa polo que están a substituír os analóxicos.

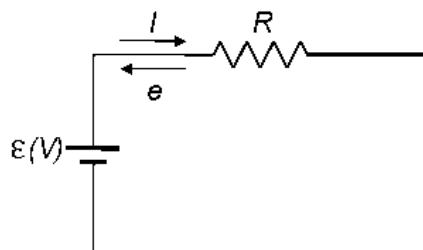


5. CIRCUÍTOS ELÉCTRICOS. ASOCIACIÓNS DE RESISTENCIAS

Un circuío eléctrico é un conxunto de dispositivos onde se establece unha corrente eléctrica. Un circuío sinxelo consta de:

- ✓ **Xeradores:** que subministran enerxía eléctrica as cargas que percorren o circuío.
- ✓ **Receptores:** que son os dispositivos que consumen enerxía eléctrica e que a transforman noutra forma de enerxía (mecánica se é un motor, luminosa se é unha lámpada, térmica se é unha resistencia etc.).
- ✓ **Condutores de conexión:** que conectan os distintos compoñentes.

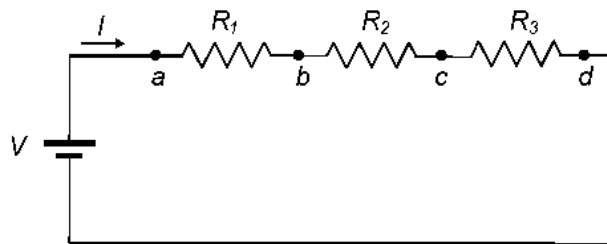
Un circuío sinxelo sería como o da figura, onde temos un xerador, unha resistencia e os fíos conductores que os conectan



Nos circuitos eléctricos, as resistencias poden asociarse en serie e en paralelo. É conveniente saber calcular a resistencia equivalente a un conxunto de resistencias asociadas, é dicir, o valor da resistencia única que pode substituír ao conxunto delas sen que os valores doutras partes do circuito varíen.

5.1 Resistencias en serie

Para asociar varias resistencias en serie, conéctase unha a continuación da outra, do modo seguinte:



Nesta situación, circula a mesma intensidade por todas as resistencias, xa que só existe un camiño. Non obstante, entre os extremos de cada unha delas haberá unha diferenza de potencial que podemos calcular pola lei de Ohm:

$$V_{ab} = I R_1 ; V_{bc} = I R_2 ; V_{cd} = I R_3$$

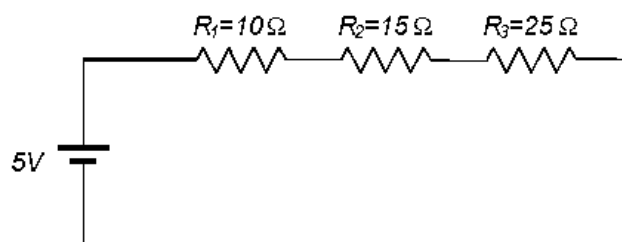
$V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} = I R_1 + I R_2 + I R_3$ e como $V_{ad} = I R_t$; onde R_t é a resistencia total equivalente, temos:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

En xeral:

$$R_t = \sum R_i$$

Exemplo: Calcular a intensidade que circula polo circuito da figura e a diferenza de potencial existente entre os extremos de cada unha das resistencias.

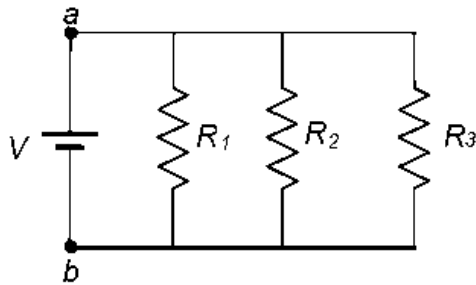


Aplicando $R_t = \Sigma R_i$, temos: $R_t = 10 + 15 + 25 = 50 \, \Omega$

Polo tanto, a intensidade será: $I = V / R_t = 5 / 50 = 0,1 \, A$

5.2 Resistencias en paralelo

Para asociar varias resistencias en paralelo, conéctanse todas a dous puntos únicos do circuito, do modo seguinte:



Neste caso, a diferenza de potencial entre os extremos de todas elas é a mesma. Porén, por cada unha delas circulará unha intensidade, segundo o valor de cada unha, que podemos calcular pola lei de Ohm:

$$I_1 = V_{ab} / R_1 \quad ; \quad I_2 = V_{ab} / R_2 \quad ; \quad I_3 = V_{ab} / R_3$$

A intensidade total (I) que circula polo circuito é a suma das intensidades parciais polo que teremos:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad ; \quad V_{ab} / R_t = V_{ab} / R_1 + V_{ab} / R_2 + V_{ab} / R_3$$

Polo tanto, temos:

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

En xeral:

$$1/R_t = \Sigma 1/R_i$$

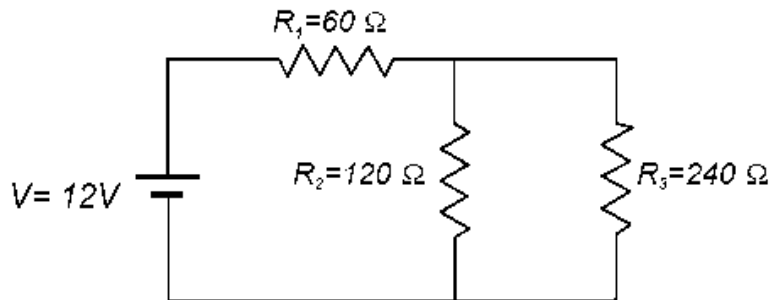
Se nos fixamos nesta expresión podemos comprobar que o valor de resistencia equivalente é menor que o de calquera das que forman a asociación.

5.3 Asociación mixta

Neste caso podemos atopar no mesmo circuito resistencias asociadas en serie e en paralelo. Para resolvelo, vanse agrupando resistencias en serie ou en paralelo, do modo que vexamos máis axeitado, e calculando a súa resistencia equivalente. A continuación substitúense as resistencias que agrupamos polo seu equivalente, e

continuamos así, ata que todas as resistencias que queden estean en serie ou en paralelo e por último calculamos a súa resistencia equivalente que será a total do circuíto. Vexámolo cun **exemplo**.

Calcular a resistencia equivalente do circuíto da figura e a intensidade que circula por cada unha das resistencias.

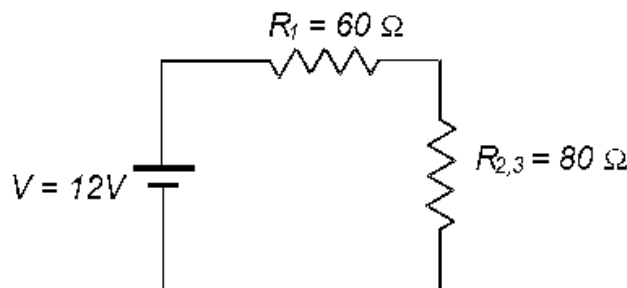


Solución:

Podemos observar que as resistencias R_2 e R_3 están asociadas en paralelo, achando a súa resistencia equivalente, obtemos:

$$1/R_{2,3} = 1/R_2 + 1/R_3 = 1/120 + 1/240 \Rightarrow 1/R_{2,3} = 3/240 \Rightarrow R_{2,3} = 80 \Omega$$

O circuíto equivalente sería:



$$R_t = R_1 + R_{2,3} = 60 + 80 = 140 \Omega$$

Co que temos a resistencia equivalente do circuíto; aplicando a lei de Ohm, poderemos coñecer a intensidade total

$$I = V / R_t = 12 / 140 = 0,086 \text{ A}$$

Pola resistencia R_1 pasa toda a corrente, xa que está en serie co xerador, polo cal,

$$I = I_1 = 0,086 \text{ A}$$

Ao pasar a corrente por R_2 e R_3 bifúrcase, tendo que cumprirse que $I_2 R_2 = I_3 R_3$

xa que ao estar en paralelo, a diferenza de potencial entre os seus extremos ten que ser igual.

Por outra parte $I_2 + I_3 = I$ xa que aínda que a corrente se bifurque, a suma das fraccións deberá ser igual á intensidade total. Así pois temos un sistema de dúas ecuacións:

$$I_2 R_2 = I_3 R_3$$

$$I_2 + I_3 = I$$

Substituíndo:

$$120 I_2 = 240 I_3$$

$$0,086 = I_2 + I_3$$

E resolvendo o sistema:

$$I_2 = 2 I_3$$

$$0,086 = 2I_3 + I_3 \rightarrow \underline{I_3 = 0,029 \text{ A} ; I_2 = 0,057 \text{ A}}$$

6. A ENERXÍA DA CORRENTE ELÉCTRICA

Se conectamos unha resistencia aos bornes dun xerador estableceuse unha corrente eléctrica que transportará cargas ao longo do circuíto e realizarase un traballo, a custa da enerxía achegada polo xerador, que se manifestará en forma de calor producida na resistencia. O valor deste traballo será: $W = q \cdot V$

Por outra parte sabemos que $q = I \cdot t$

Substituíndo: $W = I \cdot t \cdot V$

Segundo a lei de Ohm: $V = I \cdot R$

Substituíndo: $W = I^2 \cdot R \cdot t$

6.1. Lei de Joule

As resistencias converten en calor a enerxía que reciben. Se na ecuación anterior, expresamos o traballo en calorías, tendo en conta o equivalente mecánico da calor (1 xulio = 0,24 calorías), temos: $W = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$ que é a expresión da lei de Joule, publicada en 1841.

6.2 Potencia eléctrica

Na Unidade 4 vimos que a potencia é unha medida da velocidade coa que se desenvolve o traballo:

$$P = W / t$$

Recordemos tamén que a unidade de potencia no SI é o Vatio e que existe unha unidade de potencia moi utilizada industrialmente que é o cabalo de vapor (CV ou HP) que equivale a 735 vatios.

Acabamos de ver que o traballo realizado no circuíto é $W = I^2 \cdot R \cdot t$, se substituímos este valor na expresión anterior, obtemos a expresión da potencia eléctrica:

$$P = I^2 \cdot R$$

Tamén podemos obter a expresión da potencia en función da diferenza de potencial e da intensidade:

Pola lei de Ohm, sabemos que $R = V / I$ e substituíndo na ecuación $P = I^2 \cdot R$, temos:

$$P = I \cdot V$$

Habitualmente, as compañías eléctricas miden e facturan o consumo de enerxía eléctrica en quilovatios•hora (Kw•h) que é a unidade na que miden os contadores. En efecto é unha medida de enerxía xa que é o produto da potencia polo tempo que se utilizou. A equivalencia en xulios de 1 Kw •h é:

$$1 \text{ Kw h} = 1000 \text{ w} \cdot 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ w s} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

Exemplo: Unha lámpada de incandescencia leva a indicación 220 V , 100 W. Calcula a súa resistencia eléctrica e a enerxía que consome cada hora de funcionamento.

A resistencia será: $P = I^2 \cdot R \rightarrow R = V^2 / P$ xa que $V = IR$. Así:

$$R = V^2 / P = 220^2 / 100 = 484 \, \Omega$$

A enerxía consumida: $E = P t = 100 \cdot 3600 = 360\,000 \text{ J} = 3,6 \cdot 10^5 \text{ J}$

6.3 Lei de Ohm xeneralizada

En todo circuíto eléctrico cúmprese a lei de conservación da enerxía, de modo que a enerxía entregada polo xerador é igual á enerxía consumida no circuíto. É dicir:

$$E_{\text{xerador}} = E_{\text{receptores}} + E_R + E_r + E_{r'}$$

Onde E_{xerador} es a enerxía achegada polo xerador;
 $E_{\text{receptores}}$, a transformada por os receptores;

E_R , a disipada en forma de calor polas resistencias do circuíto;
 E_r , a disipada pola resistencia interna do xerador e
 $E_{r'}$, a disipada polas resistencias internas dos receptores.

Substituíndo o valor destas enerxías teremos:

$$\varepsilon I t = \varepsilon' I t + I^2 R t + I^2 r t + I^2 r' t$$

Dividindo por $I t$ en ambos os membros:

$$\varepsilon = \varepsilon' + I R + I r + I r'$$

Agrupando termos e sacando factor común:

$$\varepsilon - \varepsilon' = I (R + r + r')$$

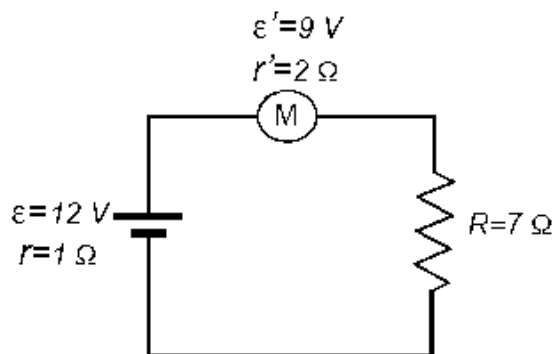
Despexando:

$$I = (\varepsilon - \varepsilon') / (R + r + r')$$

Expresión que constitúe a lei de Ohm xeneralizada: a intensidade é igual ao cociente da suma alxébrica das forzas electromotrices e contraelectromotrices entre a suma das resistencias óhmicas.

En realidade é unha reformulación do principio de conservación da enerxía aplicado a sistemas pechados.

Exemplo: No circuíto da figura, achar a intensidade da corrente e a diferenza de potencial entre os bornes do motor



Solución:

Aplicando a lei de Ohm xeneralizada

$$I = (\varepsilon - \varepsilon') / (R + r + r')$$

$$I = 12 - 9 / 7 + 2 + 1 = 3 / 10 = 0,3 \text{ A}$$

A diferenza de potencial entre os bornes do motor será: $V' = \varepsilon' + r' I = 9 + 2 \cdot 0,3 = 9,6 \text{ V}$