

آزمون حضوری
شماره دو

رشته ریاضی



تجربې | ریاضی | انسانی

ویژه کنکور
۱۴۰۳

مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

| نام درس | مباحث | از صفحه | تا صفحه | مؤلف | ویراستار |
|---------|--|---------|---------|---------------------------|--------------------------|
| فیزیک | زوج درس دهم: فصل سوم + فصل چهارم صفحه ۵۳ تا ۱۱۷ زوج درس یازدهم: فصل دوم صفحه ۴۵ تا ۸۲ | ۲ | ۲۷ | نوید شاهی - داوود پاشا | امین امینی - نرجس تیمناک |



فیزیک دهم

۱- انرژی جنبشی -

انرژی جنبشی جسمی با جرم m که با سرعت v حرکت می‌کند، از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

(kg) (m/s)
↓ ↓
(J)

نکته

$$\Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$$

رابطه تغییرات انرژی جنبشی:

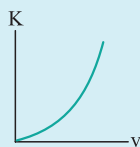
نکته

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$$

نسبت انرژی جنبشی‌ها:

نکته

نمودار انرژی جنبشی بر حسب سرعت:



۲- کار انجام‌شده توسط نیروی ثابت -

مقدار کار از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

$$W = F d \cos \theta$$

زاویه بین d, F نیرو (N)
↓ ↓
جابه‌جایی (m) کار (J)

نکته

| | | | |
|------------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------|
| $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ | $\theta = 90^\circ$ | $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ | علامت کار |
| $W < 0$ | $W = 0$ | $W > 0$ | |
| | | | شکل نمونه |

نکته

مسائل ترکیبی قانون دوم نیوتون و کار: در بعضی مسائل نیرو مستقیم بیان نمی‌شود.

$$F = ma \xrightarrow[\text{رابطه کار}]{\text{جای‌گذاری } F \text{ در}} W = F d \cos \theta$$

↓
 ma

مرحله ۱



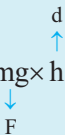
نکته

نیرو و جابه‌جایی برحسب بردارهای یک‌ه:

$$\left. \begin{aligned} \vec{F} &= F_x \vec{i} + F_y \vec{j} \\ d &= d_x \vec{i} + d_y \vec{j} \end{aligned} \right\} W = \vec{F} \cdot \vec{d} = (F_x \cdot d_x) + (F_y \cdot d_y)$$

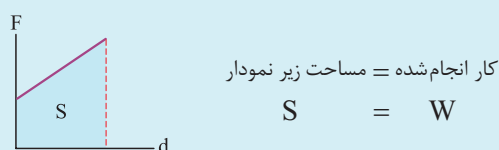
نکته

کار نیروی وزن:

$$W = Fd \cos \theta \Rightarrow W_{mg} = mg \times h \times \cos(\theta \text{ یا } 180^\circ)$$


نکته

نمودار نیرو برحسب جابه‌جایی:



نکته

روش‌های محاسبه کار کل انجام شده (W_t)

| روابط | قضیه کار و انرژی جنبشی | محاسبه کار تک‌تک نیروها | برایندگیری بین نیروها |
|---|--------------------------------------|--|---|
| $W_t = \Delta K = \frac{1}{2} m(v_f^2 - v_i^2)$ | $W_t = W_1 + W_2 + \dots$ | $W_t = F_t d \cos \theta$ | ابتدا بین تمامی نیروهای وارد شده برایندگیری می‌کنیم و برایند نیرو را جای‌گذاری می‌کنیم. |
| توضیحات | هر آنچه نیاز است، در رابطه عیان است. | اگر چند نیرو به جسم وارد شوند، کار هر نیرو را جداگانه حساب می‌کنیم و در آخر با هم جمع می‌کنیم. | |

۳- کار و انرژی پتانسیل

(J) (kg) (m)

$$U = m g h$$

شتاب گرانشی زمین (N/kg)

$$U_E = |q| E d \cos \theta$$

انرژی پتانسیل گرانشی:

انرژی پتانسیل الکتریکی:

انرژی پتانسیل فنر

انرژی پتانسیل یا انرژی ذخیره‌ای نمونه‌های متنوعی دارد

نکته

انرژی پتانسیل برخلاف انرژی جنبشی ویژگی یک سامانه است.

نکته

$$\Delta U = -W_{\text{وزن}}$$

رابطه انرژی پتانسیل گرانشی و کار نیروی وزن:



نکته

علامت انرژی پتانسیل گرانشی } جابه جایی به سمت زمین $\Delta U < 0$
 جابه جایی به سمت آسمان $\Delta U > 0$

۴- پایستگی انرژی مکانیکی -

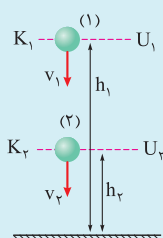
به مجموع انرژی های پتانسیل و جنبشی یک جسم، انرژی مکانیکی می گویند.

انرژی جنبشی (J) \uparrow
 $E = K + U$
 \downarrow انرژی پتانسیل (J) انرژی مکانیکی (J)

نکته

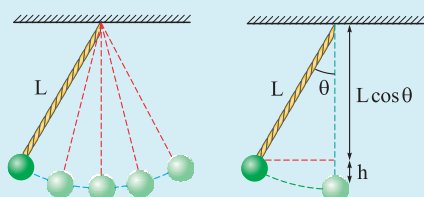
پایستگی انرژی مکانیکی: اگر نیروهای اتلافی نباشند، انرژی مکانیکی در تمامی نقاط یکسان و پایسته است.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \Rightarrow \Delta U + \Delta K = 0$$



نکته

بررسی اختلاف ارتفاع در حرکت آونگ:



$$h = L - L \cos \theta \Rightarrow h = L(1 - \cos \theta)$$

۵- کار و انرژی درونی -

انرژی درونی: مجموع انرژی های ذرات تشکیل دهنده یک جسم

نکته

محاسبه انرژی تلف شده:

$$E_2 - E_1 = W_f \text{ یا } \Delta K + \Delta U = W_f$$

\downarrow انرژی تلف شده (J)

قانون پایستگی انرژی: در یک سامانه منزوی، مجموع کل انرژی ها پایسته می ماند، انرژی به وجود نمی آید و از بین هم نمی رود، فقط از حالتی به حالت دیگر تبدیل می شود.

۶- توان و بازده -

توان (P): کمیتی نرده ای که آهنگ انجام کار را نشان می دهد.

کار انجام شده (J) \uparrow
 \bar{P} یا $P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$
 \downarrow توان متوسط (W) \downarrow مدت زمان
 انجام کار (s)

مروارنه آزمون آزمایشی خیلی سبز



نکته

یکای توان: $\frac{J}{s}$ که وات (W) نام گذاری کرده اند.

نکته

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

اسب بخار

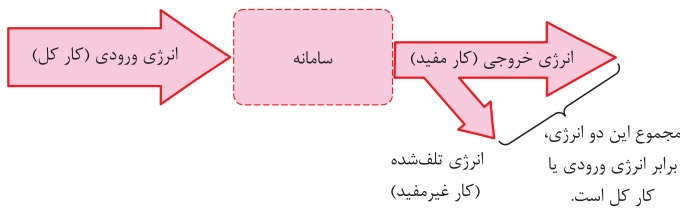
نکته

رابطه توان و تندی:

$$P_{av} = \frac{W}{t} = \frac{F d}{t} \xrightarrow{\frac{d}{t} = v_{av}} P_{av} = F v_{av}$$

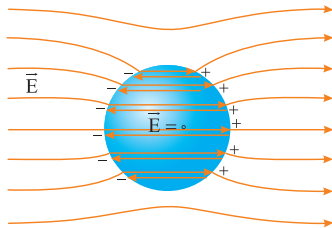
تندی ثابت = تندی متوسط حرکت جسم

تذکر در رابطه بالا، تندی جسم باید ثابت باشد.
بازده (Ra): نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی



$$Ra = \frac{\text{انرژی خروجی (کار مفید)}}{\text{انرژی ورودی (کار کل)}} \times 100 = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{ورودی}}} \times 100 \quad (\text{درصد بازده})$$

رسانای خنثی در میدان الکتریکی خارجی



- میدان الکتریکی خارجی باعث جداسدن بارهای مثبت و منفی در دو وجه رسانا شده به طوری که میدان حاصل از این بارها میدان خارجی در داخل رسانا را خنثی می کند و میدان الکتریکی خالص در داخل رسانا برابر صفر می شود.
- همه نقاط داخل و روی سطح رسانا پتانسیل یکسانی دارند.

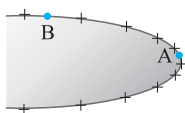
چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا

بار الکتریکی موجود در آن سطح برحسب کولن (C) $\rightarrow \sigma = \frac{Q}{A}$ ← چگالی سطحی بار برحسب کولن بر متر مربع (C/m^2) مساحت سطحی که بار روی آن توزیع شده برحسب متر مربع (m^2)

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

رابطه چگالی سطحی بار الکتریکی برای کره رسانا:

نحوه توزیع بار الکتریکی روی سطح رسانا



- تراکم بار و چگالی سطحی بار در نقاط تیز سطح رسانا بیشتر از نقاط دیگر است. $\sigma_A > \sigma_B$
- خطوط میدان الکتریکی در نقاط تیز متراکم تر و در نتیجه اندازه میدان الکتریکی در این نقاط بیشتر است.

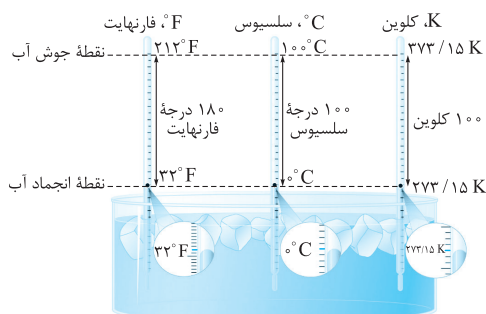


دما و دماسنجی

دما: کمیتی اصلی، نشان دهنده میزان سردی و گرمی اجسام، متناسب با انرژی جنبشی ذرات سازنده.

کمیت دماسنجی: مشخصه‌ای که با دما «تغییر» می‌کند و قابلیت «اندازه‌گیری» دارد و از تغییر آن به تغییر دما پی می‌بریم.

مقیاس‌های دما



سلسیوس «θ»: نماد یکاها «°C»

کلون «T»: یکای دما در SI و با نماد «K» $T = \theta + ۲۷۳$

فارنهایت «F»: نماد یکاها «°F» $F = \frac{9}{5}\theta + ۳۲$

نکته

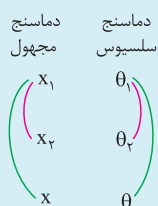
$$\Delta F = \frac{9}{5} \Delta \theta, \Delta \theta = \Delta T$$

رابطه تغییرات دما در مقیاس‌های دما:

نکته

اگر دماسنج دماهای θ_1 و θ_2 را به ترتیب x_1 و x_2 و دمای θ را نشان دهد، خواهیم داشت:

$$\frac{\theta - \theta_1}{x - x_1} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{x_2 - x_1}$$



نکته

| کمیت دماسنجی | دماسنج |
|-----------------------|-----------------|
| ارتفاع مایع درون لوله | جیوه‌ای و الکلی |
| ولتاژ | ترموکوپل |
| مقاومت الکتریکی | مقاومت پلاتینی |
| حجم یا فشار گاز | گازی |

دماسنج‌های معیار

| نام دماسنج | اساس کار |
|----------------|---|
| گازی | قانون گازهای کامل «تغییرات حجم یا فشار گاز» |
| مقاومت پلاتینی | تغییرات مقاومت الکتریکی فلز پلاتینی |
| تفسنج | اندازه‌گیری مشخصه‌های تابش گرمایی |

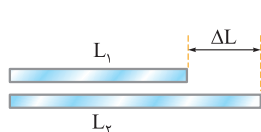
ترموکوپل

دماسنجی که براساس تغییر ولتاژ، تغییر دما را اندازه می‌گیرد. در ساختمان آن از دو سیم فلزی غیر هم‌جنس استفاده شده است. جزء دماسنج‌های معیار محسوب نمی‌شود. دمای جسم را سریع اندازه‌گیری می‌کند و در صنعت و وسایل گرمایی و سرمایشی کاربرد دارد.



انبساط گرمایی

– انبساط طولی –

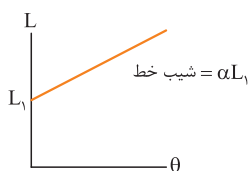


ضریب انبساط طولی که به میله بستگی دارد. $(K)^{-1}$
 تغییرات دمایی برحسب کلوین یا سلسیوس $\rightarrow \Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta$: تغییر طول میله
 ↑
 طول اولیه

توجه یکای L_1 ، L_2 و ΔL کافی است یکسان باشند.

توجه ضریب انبساط طولی اندکی به دما وابسته است که چشم‌پوشی می‌کنیم.

نمودار انبساط طولی

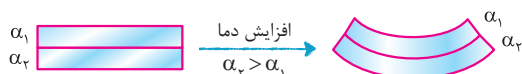


نکته

$$\text{درصد تغییر طول} = \frac{\Delta L}{L_1} \times 100 = \alpha \Delta \theta \times 100$$

درصد تغییر طول:

دو موضوع در کتاب درسی

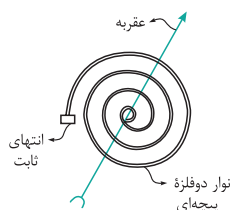


۱) دمپا (ترموستات):

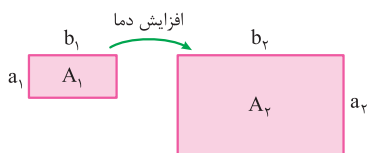
فلزی که انبساط طولی بیشتری دارد، با تغییر دما، تغییرات طولی بیشتری پیدا می‌کند. با خم‌شدن نوارها اتصال مداری که دمپا در آن است قطع یا وصل می‌شود و دما کنترل می‌شود.

۲) نوار منبع دوفلزه (بی‌مثال):

یک سر این نوار دوفلزه ثابت است و انتهای دیگر آن به عقربه‌ای متصل است. در اثر تغییر دما، انحنای نوار تغییر کرده و عقربه می‌چرخد.



انبساط سطحی



$$\Delta A = A_1 (2\alpha) \Delta \theta$$

ضریب انبساط طولی

$$A_2 = A_1 (1 + (2\alpha) \Delta \theta)$$

$$\text{درصد تغییر مساحت} = \frac{\Delta A}{A_1} \times 100 = (2\alpha) \Delta \theta \times 100$$

توجه یکای A_1 ، A_2 و ΔA کافی است یکسان باشند.

انبساط حجمی

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta \theta$$

ضریب انبساط حجمی ($\beta \approx 3\alpha$)

$$V_2 = V_1 (1 + \beta \Delta \theta)$$

$$\text{درصد تغییر حجم ماده} = \frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = \beta \Delta \theta \times 100$$



توجه مایعات فقط ضریب انبساط حجمی (β) دارند.

توجه یکای V_1 ، V_2 و ΔV ، کافی است یکسان باشند.

نکته

انبساط ظاهری: $\Delta V_{\text{ظرف}} - \Delta V_{\text{مایع}} = \Delta V_{\text{ظاهری}}$

رابطه تغییر چگالی با تغییر دما

تغییر چگالی: $\Delta \rho = -\rho_1 \beta \Delta \theta$

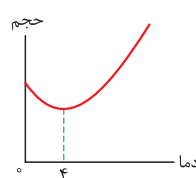
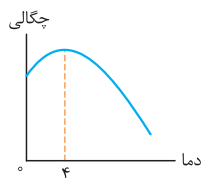
درصد تغییر چگالی: $\frac{\Delta \rho}{\rho_1} \times 100 = -\beta \Delta \theta \times 100$

نکته

اگر در اثر افزایش دمای معین، طول جسمی X درصد افزایش یابد، مساحت آن $2X$ درصد، حجم آن $3X$ درصد افزایش و چگالی آن $3X$ درصد کاهش می‌یابد.

انبساط غیرعادی آب

| دما | $0^\circ\text{C} \leq \theta < 4^\circ\text{C}$ | $\theta = 4^\circ\text{C}$ | $\theta > 4^\circ\text{C}$ |
|-------|---|----------------------------|--------------------------------|
| حجم | با افزایش دما، کاهش می‌یابد. | کم‌ترین مقدار | با افزایش دما، افزایش می‌یابد. |
| چگالی | با افزایش دما، افزایش می‌یابد. | بیشترین مقدار | با افزایش دما، کاهش می‌یابد. |



گرما (Q)

نوعی انرژی که از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین‌تر منتقل می‌شود. (یکا: ژول (J))

تغییر دما در اثر مبادله گرما

تغییرات دما ($^\circ\text{C}$ یا K) گرما (J)
 $Q = C \times \Delta \theta$ استفاده از ظرفیت گرمایی
 ظرفیت گرمایی (J/K)

گرمای ویژه ($\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$)
 $Q = m c \times \Delta \theta$ استفاده از گرمای ویژه
 جرم جسم (kg)

| ظرفیت گرمایی (C) | گرمای ویژه (c) |
|--|---|
| مقدار گرمایی که جسم می‌گیرد تا دمای آن 1 K افزایش یابد. | مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از جسم داده می‌شود تا بدون تغییر حالت دمای آن 1 K افزایش یابد. |
| به جنس و جرم بستگی دارد. | فقط به جنس بستگی دارد. |
| J / K | $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ یا $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ |



تفاوت تغییر سطحی و جوشیدن

| نوع تغییر | ویژگی |
|------------|---|
| تغییر سطحی | (۱) در هر دمایی به جز نقطه جوش رخ می‌دهد. (۲) فقط مولکول‌های سطحی مایع در آن مشارکت دارند. |
| جوشیدن | (۱) فقط در نقطه جوش رخ می‌دهد. (۲) تمامی مولکول‌های مایع در آن مشارکت دارند. (۳) حباب‌هایی از کف ظرف به بالا می‌آیند. |

توجه هنگام تبخیر سطحی دمای جسم کاهش می‌یابد.

عوامل مؤثر بر آهنگ تغییر سطحی

| عوامل مؤثر | نحوه تغییر آهنگ تبخیر سطحی |
|--|----------------------------|
| (۱) افزایش مساحت سطح مایع (۲) افزایش دمای محیط | افزایش |
| (۱) افزایش فشار وارد بر سطح مایع (۲) افزایش میزان بخار مایع در محیط | کاهش |

محاسبه گرمای لازم برای تغییر حالت

| رابطه | $Q = mL_V$ | $Q = mL_V$ | $Q = -mL_F$ | $Q = mL_F$ |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| نوع تغییر حالت ماده | جامد به مایع | مایع به جامد | مایع به جامد | جامد به مایع |
| | گاز به مایع | مایع به گاز | مایع به جامد | جامد به مایع |

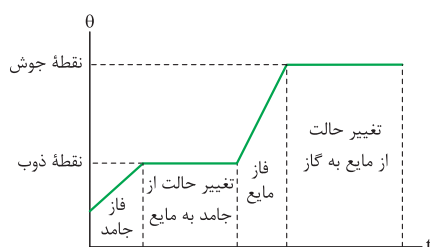
در روابط جدول بالا، m ، جرم جسم برحسب کیلوگرم است.

نکته

- گرمای نهان ذوب نام دارد.
- L_F (الف) یکا: J/kg
- به جنس جسم بستگی دارد.
- گرمای نهان تبخیر نام دارد.
- L_V (ب) یکا: J/kg
- به جنس و دمای مایع بستگی دارد (با افزایش دمای مایع L_F کم می‌شود).

نمودار تغییرات دما برحسب زمان

هنگام تغییر حالت، دمای جسم ثابت می‌ماند.





انتقال گرما

| | | |
|--|--------------|---------------------|
| <p>(۱) در هر سه حالت ماده رخ می‌دهد. اما در گازها بسیار ناچیز است.</p> <p>(۲) شیوه انتقال: افزایش ارتعاشات اتم‌های گرماگرفته و گسترش ارتعاشات به اتم‌های مجاور</p> <p>(۳) در رساناها سهم الکترون‌های آزاد در رسانش گرمایی، بیشتر از خود اتم‌هاست.</p> | رسانش گرمایی | روش‌های انتقال گرما |
| <p>(۱) فقط در شاره رخ می‌دهد.</p> <p>(۲) شیوه انتقال: جابه‌جایی قسمتی از شاره که گرما گرفته، به قسمت‌های سردتر.</p> <p>(۳) دو نوع طبیعی و واداشته دارد:</p> <p>الف) همرفت طبیعی: جابه‌جایی مایع به دلیل اختلاف چگالی است. (مثل انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن)</p> <p>ب) جابه‌جایی مایع به وسیله تلمبه رخ می‌دهد. (مثل گردش خون و سیستم خنک‌کننده خودرو)</p> <p>(۴) در اثر جریان همرفت، در روز نسیم از دریا به ساحل و در شب، نسیم از ساحل به دریا است.</p> | همرفت | |
| <p>(۱) در هر سه حالت ماده رخ می‌دهد.</p> <p>(۲) شیوه انتقال: گسیل امواج الکترومغناطیسی (هر جسمی در هر دمایی از خود موج الکترومغناطیسی گسیل می‌کند).</p> <p>(۳) تابش گرمایی در دماهای زیر 500°C، به صورت فروسرخ است.</p> <p>(۴) اجسام صاف و صیقلی و روشن تابش‌کننده‌های خوبی نیستند.</p> <p>(۵) اجسام ناصاف و مات و تیره تابش‌کننده‌های خوبی هستند.</p> <p>(۶) نمونه: کلم اسکانک و شکار توسط مار زنگی با تابش فروسرخ</p> | تابش گرمایی | |

نکته

دو نوع تفسنج داریم

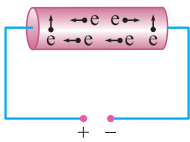

- تفسنج تابشی
- تفسنج نوری (دماسنج معیار)



بخش ۱: جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی

جریان الکتریکی -

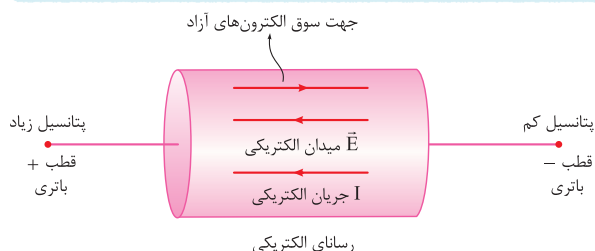
آهنگ شارش بار الکتریکی خالص در یک رسانا

| | |
|---|--|
| دو سر رسانا اختلاف پتانسیل الکتریکی برقرار شده است. | دو سر رسانا اختلاف پتانسیل الکتریکی برقرار نشده است. |
| الکترون‌ها ضمن حفظ حرکت کاتوره‌ای خود به سمت پتانسیل بیشتر سوق پیدا می‌کنند. | حرکت الکترون‌ها فقط کاتوره‌ای است؛ در همه جهت‌ها، با تندی زیاد (10^6 m/s). |
| بار خالص عبوری از هر مقطع رسانا صفر نیست. | بار خالص عبوری از هر مقطع رسانا صفر است. |
|  |  |
| جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. | جریان الکتریکی ایجاد نمی‌شود. |

نکته

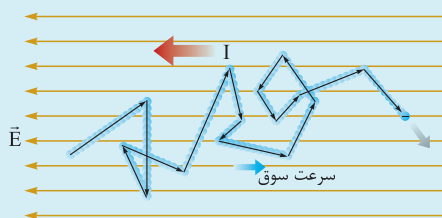
جریان الکتریکی ناشی از شارش بارهای متحرک است، اما همه بارهای متحرک جریان ایجاد نمی‌کنند (باید بار خالص عبوری از سطح مقطع رسانا غیرصفر باشد تا جریان ایجاد شود).

جهت جریان الکتریکی:



نکته

مسیر حرکت الکترون‌ها در حضور اختلاف پتانسیل الکتریکی (و میدان الکتریکی درون رسانا) به صورت شکل زیر زیگزاگی است.



نکته

هنگام برقراری اختلاف پتانسیل، الکترون‌ها هم‌چنان به این طرف و آن طرف می‌روند، اما برآیند حرکت آن‌ها در خلاف جهت میدان (به سمت پتانسیل بیشتر) است. در این حالت به سرعت پیشروی الکترون‌ها در خلاف جهت میدان، سرعت سوق می‌گوییم. سرعت سوق خیلی کوچک (10^{-4} m/s یا 10^{-5} m/s) است.

نکته

سرعت حرکت هر الکترون: زیاد (در حدود 10^6 m/s)

سرعت سوق الکترون‌ها: کم (در حدود 10^{-4} m/s یا 10^{-5} m/s)

مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز



جریان الکتریکی متوسط: بار خالص عبوری از مقطع رسانا در واحد زمان

جریان الکتریکی متوسط (آمپر: A)

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \begin{matrix} \uparrow \\ \text{بار خالص عبوری} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \rightarrow \\ \text{توانیه (S): زمان} \end{matrix}$$

جریان الکتریکی: نرده‌ای، اصلی (آمپر جزء یکاهای اصلی است).

نکته

کولن برابر آمپر ثانیه (A.s) است. ثانیه \times آمپر = کولن, $C = A.s$ $\xrightarrow{\text{جای‌گذاری یکاها}}$ $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = I \Delta t$

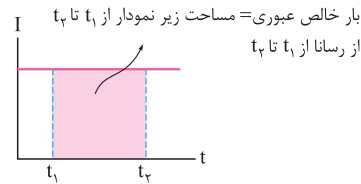
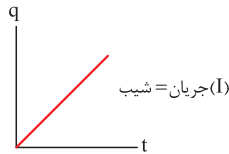
نکته

آمپر ساعت (Ah) از یکاهای بار الکتریکی و برابر 3600 C است.

| | | |
|----------------|--|--|
| کولن (C) | $A \leftarrow I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow C$ $\rightarrow s$ | بار عبوری در مدت s ، وقتی جریان A است. |
| آمپر ساعت (Ah) | $A \leftarrow I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow Ah$ $\rightarrow h$ | بار عبوری در مدت h ، وقتی جریان A است. |

آمپر ساعت باتری: حداکثر باری که باتری از مدار عبور می‌دهد تا به طور ایمن تخلیه شود.

جریان مستقیم: جریانی که اندازه و جهت آن در طی زمان ثابت است.



اختلاف پتانسیل یا ولتاژ دو سر رسانا (ولت: V)

$$R = \frac{V}{I} \quad \begin{matrix} \uparrow \\ \text{جریان عبوری از رسانا (آمپر: A)} \\ \downarrow \\ \text{مقاومت الکتریکی (اوم: \Omega)} \end{matrix}$$

مقاومت الکتریکی

نشان‌دهندهٔ ممانعت اتم‌های رسانا در برابر عبور الکترون‌های آزاد است.

نماد در مدار:

قانون اهم: مقاومت الکتریکی برخی رساناها در دمای معین، ثابت است و به اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن بستگی ندارد.

رسانای اهمی و غیراهمی:

| رسانای اهمی (مقاومت اهمی) | رسانای غیراهمی (مقاومت غیراهمی) | از قانون اهم |
|------------------------------------|--|--|
| پیروی می‌کند. | پیروی نمی‌کند. | مقاومت الکتریکی آن در دمای معین |
| ثابت است. | ثابت نیست. | مقاومت الکتریکی آن به اختلاف پتانسیل دو سرش |
| بستگی ندارد. | بستگی دارد. | نمونه |
| فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی | دیود نورگسیل (LED) | نمودار اختلاف پتانسیل دو سر آن بر حسب جریان عبوری از آن (I - V) و برعکس (یعنی V - I) |
| خط راست گذرا از مبدأ است. | هر شکلی جز خط راست گذرا از مبدأ می‌تواند باشد. مثل شکل زیر: نمودار دیود نورگسیل (LED) | |
| | | |



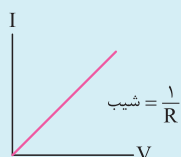
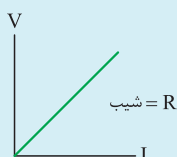
نکته

چند نکته دربارهٔ رساناهای اهمی:

- ۱) با تغییر ولتاژ (V) دو سر یا جریان (I) عبوری از آن‌ها، مقاومت الکتریکی شان تغییری نمی‌کند.
- ۲) جریان عبوری از آن‌ها با اختلاف پتانسیل دو سرشان متناسب است: $I \propto V \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{V_2}{V_1}$ (با ثابت R)
- ۳) اگر اختلاف پتانسیل به اندازه ΔV تغییر کند، جریان به اندازه ΔI تغییر می‌کند، که:

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

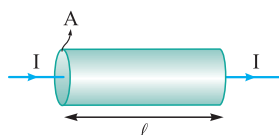
↓
مقاومت الکتریکی



۴) نمودار!

عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی رسانای اهمی -

در دمای معین مقاومت الکتریکی رسانا به طول (ℓ)، سطح مقطع (A) و جنس (یعنی مقاومت ویژه: ρ) آن بستگی دارد:



مقاومت الکتریکی (اهم: Ω)

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

↑
طول رسانا (m: متر)

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

↓
مساحت مقطع رسانا (m^2 : متر مربع)

مقاومت ویژه (اهم‌متر: $\Omega \cdot m$)

طول بیشتر رسانا \rightarrow تعداد بیشتر برخورد الکترون‌های آزاد به اتم‌های رسانا $\rightarrow R \uparrow$

مساحت مقطع بیشتر رسانا \rightarrow فضای بیشتر برای عبور الکترون آزاد $\rightarrow R \downarrow$

نکته

وابسته به ساختار اتمی و دمای رسانا

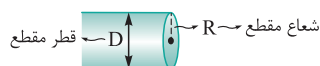
برای هر ماده در دمای معین عدد ثابتی است.

مقاومت ویژه

هر چه کم‌تر باشد، جسم رساناتر است.

مثل ژرمانیم و سیلیسیم

$$\rho_{\text{رسانا}} < \rho_{\text{نیم‌رسانا}} < \rho_{\text{نا رسانا}}$$



یادآوری: مساحت مقطع دایره‌ای سیم‌ها: $A = \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4}$

رابطهٔ نسبیتی: $\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{\ell_2}{\ell_1} \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$ (سیم با مقطع دایره‌ای: قطر سیم‌ها: D)

نکته

اگر با ثابت ماندن حجم (یا جرم) سیم، ابعاد آن عوض شود:

$$R \propto \ell^2 \text{ یا } R \propto \frac{1}{A^2} \text{ یا } R \propto \frac{1}{D^4}$$

اگر با ثابت ماندن حجم سیم، آن را آن قدر بکشیم تا طولش ۲ برابر شود، مقاومت آن $2^2 = 4$ برابر می‌شود.

اگر سیمی را ذوب کرده و با همان ماده، سیمی با قطر ۲ برابر بسازیم مقاومت آن $\frac{1}{2^4} = \frac{1}{16}$ برابر می‌شود.

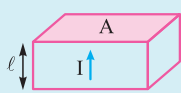
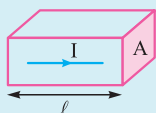
مثلاً

نکته

ℓ : موازی جریان عبوری

A : عمود بر جریان عبوری

اگر جسم رسانا به صورت مکعب مستطیل باشد:



– اثر دما روی مقاومت الکتریکی –

رابطه تغییر مقاومت ویژه با تغییر دما

ضریب دمایی مقاومت ویژه
ویژه $(\frac{1}{K} \text{ یا } \frac{1}{^{\circ}C})$

تغییر مقاومت ویژه
(اهم‌متر: $\Omega.m$)

$$\Delta \rho = \rho_0 \alpha \Delta \theta$$

تغییرات دما
(K یا $^{\circ}C$)

مقاومت ویژه اولیه
(اهم‌متر: $\Omega.m$)

رابطه تغییر مقاومت با تغییر دما

تغییر مقاومت (اهم: Ω)

$$\Delta R = R_0 \alpha \Delta \theta$$

مقاومت اولیه (اهم: Ω)

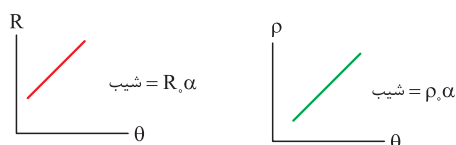
نکته

چند نکته درباره دو رابطه بالا:

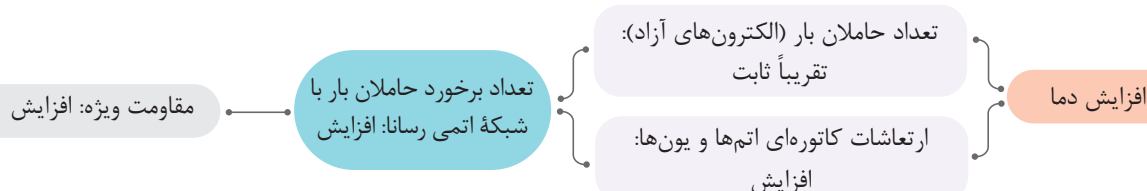
- تغییرات دما برحسب درجه سلسیوس و کلوین یکسان است.
- تغییر دما ($\Delta \theta$) برابر $\Delta \theta = \theta - \theta_0$ است که به θ_0 دمای مرجع می‌گوییم (معمولاً دمای مرجع، دمای اتاق است).
- برای پیدا کردن مقاومت ویژه یا مقاومت در حالت ثانویه داریم:

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta \theta), \rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

نمودار مقاومت و مقاومت ویژه برحسب دما

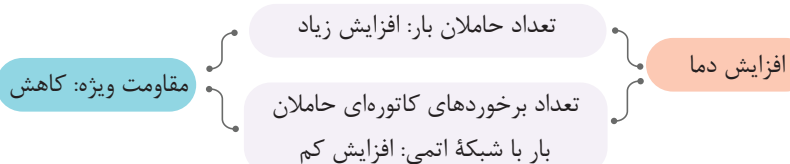


اثر دما روی مقاومت ویژه رساناها





اثر دما روی مقاومت ویژه نیم رساناها



نکته

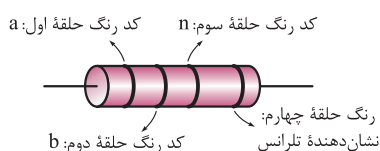
در دماهای پایین تعداد حاملان بار نیم رساناها ناچیز است و نیم رسانا مانند یک نارسانا رفتار می‌کند.

نکته

ضریب دمایی مقاومت ویژه (α) نیم رساناها منفی است ($\alpha < 0$ نیم رسانا).

مقاومت‌های ترکیبی (کرنی) -

- معمولاً از کربن، برخی نیم رساناها و لایه‌های نازک فلزی ساخته می‌شوند.
 - در اندازه‌های خاص استاندارد تولید می‌شوند.
- محاسبه مقاومت:



مقاومت الکتریکی (اوم: Ω)

$$R = ab \times 10^n$$

عدد دورقمی
با دهگان a و یکان b

| رنگ | عدد | ضریب | تولانس |
|---------|-----|-----------|--------|
| سیاه | ۰ | ۱ | |
| قهوه‌ای | ۱ | 10^1 | |
| قرمز | ۲ | 10^2 | |
| نارنجی | ۳ | 10^3 | |
| زرد | ۴ | 10^4 | |
| سبز | ۵ | 10^5 | |
| آبی | ۶ | 10^6 | |
| بنفش | ۷ | 10^7 | |
| خاکستری | ۸ | 10^8 | |
| سفید | ۹ | 10^9 | |
| طلایی | | 10^{-1} | ۵٪ |
| نقره‌ای | | 10^{-2} | ۱۰٪ |
| بی‌رنگ | | | ۲۰٪ |

نکته

- حلقه چهارم طلایی، نقره‌ای یا بی‌رنگ است که درصد انحراف مجاز از مقدار محاسبه شده را نشان می‌دهد.
- مقاومت را طوری باید گرفت که حلقه تولانس (که در فاصله بیشتری از بقیه حلقه‌ها قرار دارد) سمت راست باشد.
- حلقه سوم هم می‌تواند به رنگ طلایی یا نقره‌ای باشد.

مقاومت‌های پیچ‌ای -

- شامل پیچ‌های از سیم نازک از جنس آلیاژی مثل نیکروم و منگانه
- کاربرد: به دست آوردن مقاومت‌های پایین بسیار دقیق و توان‌های بالا





مقاومت‌های خاص -

| نام مقاومت | نماد یا نمادها در مدار | تصویر | نکات و کاربرد |
|-----------------------|------------------------|-------|---|
| رئوستا | | | <p>(۱) رئوستا یک مقاومت متغیر پیچهای است.</p> <p>(۲) اگر ورودی جریان به رئوستا محل اتصال A و خروجی جریان از رئوستا اتصال B باشد، با حرکت لغزنده به سمت B، مقاومت رئوستا افزایش می‌یابد.</p> |
| پتانسیومتر | | | <p>(۱) در مدارهای الکترونیکی همانند رئوستا به عنوان یک مقاومت متغیر به کار می‌رود.</p> <p>(۲) اگر ورودی جریان به پتانسیومتر محل اتصال A و خروجی جریان از پتانسیومتر B باشد، با حرکت لغزنده در جهت ساعتگرد، مقاومت پتانسیومتر افزایش می‌یابد.</p> |
| ترمیستور | | | <p>(۱) بستگی مقاومت الکتریکی ترمیستور به دما با مقاومت‌های الکتریکی معمولی تفاوت دارد.</p> <p>(۲) اغلب به عنوان حسگر دما در مدارهای حساس به دما، مانند زنگ خطر آتش، دماپاها و دماسنج‌ها استفاده می‌شود.</p> <p>(۳) در ابعاد کوچک ساخته می‌شوند.</p> |
| مقاومت‌های نوری (LDR) | | | <p>(۱) مقاومت الکتریکی LDR به نور تابیده‌شده به آن بستگی دارد و با افزایش شدت نور، مقاومت آن کم می‌شود.</p> <p>(۲) از LDR در چشم‌های الکترونیکی، دزدگیرها، کنترل‌کننده‌های خودکار و چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها استفاده می‌شود.</p> <p>(۳) نمودار مقاومت برحسب روشنایی یک LDR به صورت زیر است:</p> |
| دیود | | | <p>(۱) جریان را تنها از یک سو عبور می‌دهد و به همین دلیل اغلب یکسوکنندهٔ جریان نامیده می‌شود.</p> <p>(۲) پیکان در نماد دیود، جهتی را نشان می‌دهد که جریان می‌تواند از آن عبور کند.</p> <p>(۳) از دیود در مدارهای یکسوکننده برای تبدیل جریان‌های متناوب به جریان‌های مستقیم استفاده می‌شود.</p> |



| نام مقاومت | نماد یا نمادها در مدار | تصویر | نکات و کاربرد |
|---------------------|------------------------|-------|---|
| دیود نور گسیل (LED) | | | <p>(۱) در این دیودها از نیم رساناهایی استفاده می‌شود که انرژی الکتریکی را به نور تبدیل می‌کنند.</p> <p>(۲) LEDها در مقایسه با لامپ‌های روشنایی معمولی، توان الکتریکی کمی مصرف می‌کنند و در عوض، نور قابل ملاحظه‌ای تولید می‌کنند و عمر طولانی‌تری دارند.</p> <p>(۳) در چراغ‌های خودرو، روشنایی منازل و تابلوهای تبلیغاتی از LED استفاده می‌شود.</p> <p>(۴) برای روشن شدن LED، پایۀ بلند آن باید به قطب مثبت باتری و پایۀ کوتاه آن باید به قطب منفی باتری وصل شود.</p> |

بخش ۲: مدار تک حلقه

– نیروی محرکه الکتریکی (ϵ یا emf) –

کار انجام شده توسط منبع نیروی محرکه (همان باتری!) روی واحد بار الکتریکی مثبت برای انتقال آن از پایانه \ominus (با پتانسیل کم‌تر) به پایانه \oplus (با پتانسیل بیشتر):

$$\epsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q}$$

↑
نیروی محرکه (ژول: J)
↓
کار انجام شده توسط منبع

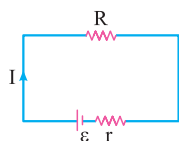
↓
نیروی محرکه (کولن: C)
↓
نیروی محرکه (ولت: V)

● رابطه بالا نتیجه‌ای از رابطه $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ است.

انواع منبع نیروی محرکه (باتری)

| مقاومت درونی | نماد در مدار | اختلاف پتانسیل دو سر |
|----------------------|--------------|------------------------------------|
| ندارد. ($r = 0$) | | $V_{\text{باتری}} = \epsilon$ |
| دارد. ($r \neq 0$) | | $V_{\text{باتری}} = \epsilon - rI$ |

– محاسبه جریان در مدار تک حلقه (با یک باتری و یک مقاومت) –



$$I = \frac{\epsilon}{r + R}$$

↑
نیروی محرکه منبع (باتری) (ولت: V) مدار (آمپر: A)

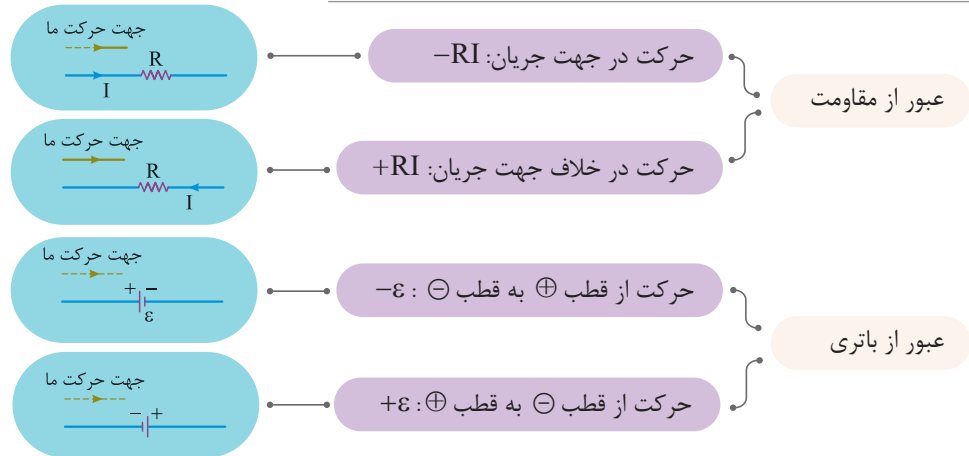
↑
مقاومت خارجی (اهم: Ω)

↓
مقاومت درونی (اهم: Ω)

● جریان از پایانه \oplus باتری خارج می‌شود.



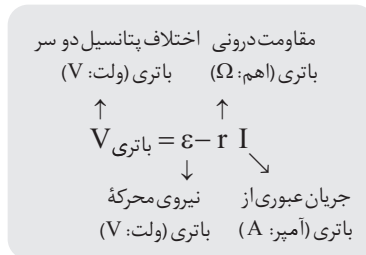
حرکت در مدار برای تعیین اختلاف پتانسیل دو نقطه



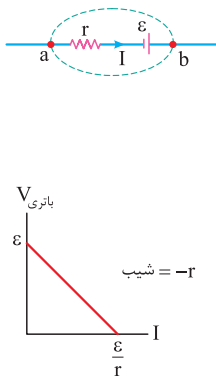
هنگام عبور از باتری جهت جریان اهمیت ندارد.

اختلاف پتانسیل دو سر باتری ($V_{\text{باتری}}$)

منظور از $V_{\text{باتری}}$ اختلاف پتانسیل دو نقطه a و b ($V_b - V_a$) در شکل زیر است:



نمودار $V_{\text{باتری}} - I$



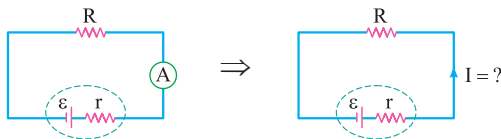
آمپرسنج

• وسیله‌ای برای نشان دادن جریان عبوری از یک شاخه از مدار

• نماد: A

• مقاومت الکتریکی: بسیار کم \leftarrow مقاومت آمپرسنج آرمانی: صفر

• در مدار می‌توان آن را به سیم بدون مقاومت تبدیل کرد.



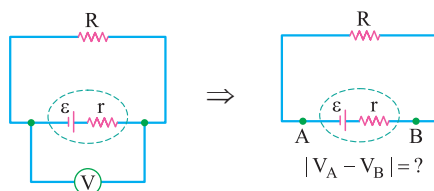
ولتسنج

• وسیله‌ای برای نشان دادن اختلاف پتانسیل دو نقطه در مدار

• نماد: V

• مقاومت الکتریکی: بسیار زیاد \leftarrow مقاومت ولتسنج آرمانی: بی‌نهایت (ولتسنج آرمانی اجازه عبور جریان از شاخه خود را نمی‌دهد).

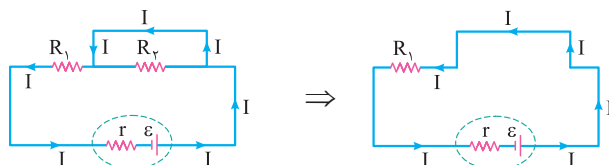
• در مدار می‌توان آن را حذف و اختلاف پتانسیل دو نقطه‌ای که به آن دو وصل شده است را محاسبه کرد.





اتصال کوتاه

اتصال دو سر یک قطعه از مدار با سیم بدون مقاومت \leftarrow عدم عبور جریان از آن قطعه \leftarrow حذف قطعه از مدار

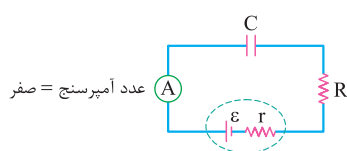


نکته

اگر دو سر قطعه‌ای در مدار با آمپرسنج آرمانی به هم وصل باشد، قطعه دچار اتصال کوتاه می‌شود.

حضور خازن پرشده در مدار

خازن پرشده اجازه برقراری جریان در شاخه خود را نمی‌دهد.



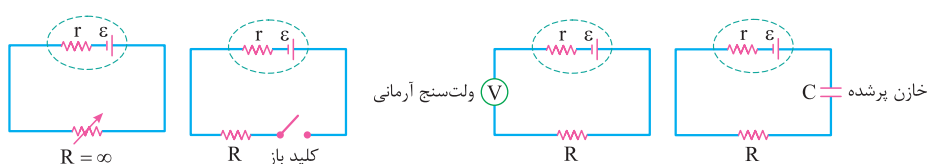
حضور کلید k در مدار

با قطع و وصل کلید، مدار در دو حالت مختلف باید بررسی شود.

بررسی دو حالت خاص در مدار تک حلقه

الف) وقتی جریان عبوری از باتری صفر است:

$$I = 0 \quad V_{\text{باتری}} = \epsilon$$

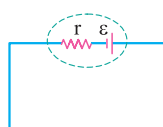


مثل مدارهای مقابل:

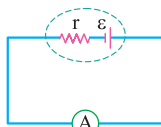
ب) وقتی مقاومت خارجی مدار صفر است:

$$I = \frac{\epsilon}{r} \quad V_{\text{باتری}} = 0$$

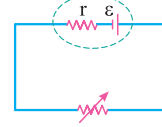
مثل مدارهای زیر:



اتصال دو سر باتری به هم با سیم بدون مقاومت



آمپرسنج آرمانی



مقدار مقاومت متغیر: صفر

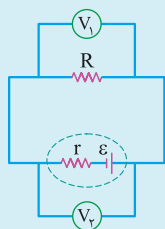
نکته

افت پتانسیل در مقاومت = اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت در مدار RI

افت پتانسیل در باتری = افت پتانسیل در مقاومت درونی باتری rI



نکته

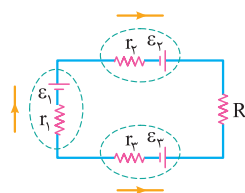


در مدار شکل روبه‌رو اختلاف پتانسیل دو سر باتری با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت خارجی برابر است.

عدد ولت‌سنج‌های V_1 و V_2 برابر است: $V_2 = V_R = V_{\text{باتری}}$

یعنی $\varepsilon - rI = RI$ است.

– مدار تک‌حلقه با چند باتری –



جریان در مدار تک‌حلقه با چند باتری:

الف) جهت جریان: نیروی محرکه باتری‌های هم‌جهت را با هم جمع می‌کنیم. جریان در مدار در جهتی است که باتری‌های قوی‌تر تعیین می‌کنند. در مدار روبه‌رو ε_1 و ε_2 هم‌جهت و در خلاف جهت ε_3 است. اگر $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 > \varepsilon_3$ باشد، جریان ساعتگرد و اگر $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 < \varepsilon_3$ باشد، جریان پادساعتگرد خواهد بود.

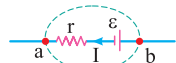
جمع جبری نیروهای محرکه
جمع مقاومت‌های درونی و خارجی

$$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3}{r_1 + r_2 + r_3 + R}$$

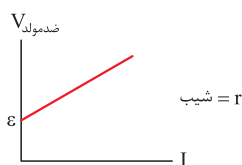
(ب) اندازه جریان:

مولد در حال شارژ (ضدمولد!)

اگر جریان به شکل زیر از پایانه \ominus مولد خارج شود، مولد در حال دریافت انرژی از مدار است (مثل باتری در حال شارژ).



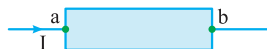
$$V_{\text{ضدمولد}} = \varepsilon + rI$$



نمودار اختلاف پتانسیل دو سر مولد در حال شارژ برحسب جریان عبوری از آن:

بخش ۳: توان الکتریکی

– توان الکتریکی یک وسیلهٔ رسانا –



توان الکتریکی
(وات: W)

$$P = VI$$

جریان عبوری از اختلاف پتانسیل دو سر رسانا،
رسانا (آمپر: A) یعنی $|V_a - V_b|$ (ولت: V)

این رابطه برای هر وسیلهٔ رسانایی قابل استفاده است.

● اگر جریان عبور از رسانا از پتانسیل {بیشتر به کمتر} باشد، انرژی الکتریکی {وارد رسانا} می‌شود. {کمتر به بیشتر}

انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی (ژول: J)

$$U = Pt$$

توان الکتریکی (وات: W) زمان (ثانیه: s)



نکته

کیلووات ساعت (kWh) از یکاهای انرژی و معادل 3.6×10^6 J است. گاهی بهتر است از یکاهای زیر استفاده کنیم:

کیلووات ساعت (kWh)

$$U = P t$$

↑
↓ ↘
کیلووات ساعت
(kW) (h)

توان الکتریکی مقاومت (توان مصرفی مقاومت) -

$$P = RI^2 = VI = \frac{V^2}{R}$$

↓
توان مصرفی مقاومت (وات: W)

R: مقاومت الکتریکی برحسب اهم (Ω)

V: اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت برحسب ولت (V)

I: جریان عبوری از مقاومت برحسب آمپر (A)

تذکر با توجه به داده‌های تست از یکی از رابطه‌های بالا استفاده می‌کنیم.

نکته

مقاومت‌ها توان الکتریکی را دریافت و آن را به سایر انرژی‌ها (مثل گرما) تبدیل می‌کنند.

توان اسمی (P_s)، ولتاژ اسمی (V_s)

این دو عدد روی وسیله‌های برقی حک می‌شوند.

ولتاژ اسمی (V_s): ولتاژ مناسب برای وسیله (وسیله می‌تواند به ولتاژ دیگری وصل شود. ولتاژ واقعی وسیله را با V نشان می‌دهیم).

$V = V_s$ ← وسیله با توان بیشینه یعنی همان توان اسمی (P_s) کار می‌کند.

$V < V_s$ ← توان مصرفی وسیله از توان اسمی آن کم‌تر خواهد بود.

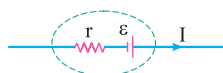
$V > V_s$ ← وسیله آسیب می‌بیند.

نکته

اگر وسیله به جای ولتاژ اسمی (V_s) به ولتاژ دیگری (V) وصل شود، توان آن (با فرض ثابت بودن مقاومت وسیله) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{P}{P_s} = \left(\frac{V}{V_s}\right)^2$$

توان منبع نیروی محرکه (باتری) -



$\mathcal{E}I$: توان تولیدی: توان کل: توان تولیدی

rI^2 : توان تلف: توان مصرفی: توان غیرمفید: توان تلف شده

$\mathcal{E}I - rI^2$: توان مفید: توان خروجی

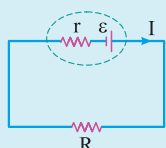
برای باتری شکل روبه‌رو سه توان تعریف می‌شود:

\mathcal{E} : نیروی محرکه باتری برحسب ولت (V)، r : مقاومت درونی باتری برحسب اهم (Ω)، I: جریان عبوری از باتری برحسب آمپر (A)

تذکر در واقع باتری توان $\mathcal{E}I$ را تولید می‌کند، توان rI^2 را خودش مصرف می‌کند و بقیه، یعنی توان $\mathcal{E}I - rI^2$ را به مدار می‌دهد.

نکته

در مدار زیر طبق قانون پایستگی انرژی:



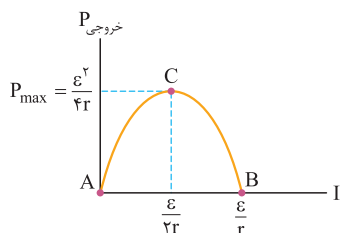
توان مصرفی مقاومت خارجی = توان خروجی باتری

$$P_{\text{خروجی}} = P_R$$

$$\mathcal{E}I - rI^2 = RI^2$$

نمودار توان خروجی باتری بر حسب جریان

طبق رابطه $P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2$ ، نمودار $P_{\text{خروجی}} - I$ به شکل سهمی مقابل است:

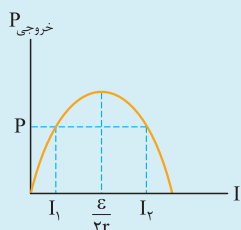


بررسی سه نقطه مهم در نمودار:

| نقطه | جریان | توان خروجی | توضیح |
|------|--------------------------|---|---|
| A | صفر | صفر | باتری اصلاً انرژی تولید نمی‌کند! |
| B | $\frac{\varepsilon}{r}$ | صفر | دو سر باتری با سیم بدون مقاومت به هم وصل است. مصرف‌کننده‌ای وجود ندارد. باتری هر چه تولید می‌کند، خودش مصرف می‌کند. |
| C | $\frac{\varepsilon}{2r}$ | $P_{\text{max}} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ | وقتی ایجاد می‌شود که مقاومت خارجی و درونی برابر باشد ($r = R$). |

نکته

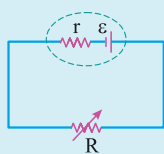
با توجه به تقارن سهمی، اگر به ازای جریان‌های متمایز I_1 و I_2 ، توان خروجی باتری یکسان باشد داریم:



$$\frac{\varepsilon}{2r} = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

نکته

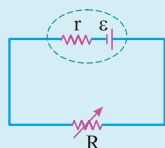
در مدار شکل زیر، هر چه مقدار مقاومت خارجی به مقدار مقاومت درونی باتری نزدیک‌تر باشد، توان خروجی باتری بیشتر است. مثلاً اگر $r = 5 \Omega$ باشد:



| تغییرات مقاومت خارجی | چگونگی تغییر توان خروجی | دلیل |
|-----------------------------|-------------------------|--|
| از 1Ω به 4Ω | افزایش | R به r نزدیک می‌شود. |
| از 6Ω به 8Ω | کاهش | R از r دور می‌شود. |
| از 2Ω به 6Ω | ابتدا افزایش و سپس کاهش | R ابتدا به r نزدیک و سپس از آن دور می‌شود. |

نکته

در مدار شکل زیر اگر به ازای دو مقدار R_1 و R_2 برای مقاومت متغیر، توان خروجی باتری یکسان باشد، داریم:



$$r_1 r_2 = R^2$$

– توان ورودی مولد در حال شارژ –

اگر باتری در مداری باشد و جریان از پایانه منفی آن خارج شود، نه تنها انرژی الکتریکی از آن خارج نمی‌شود، بلکه به آن وارد می‌شود (باتری در حال شارژ است، ضدمولد!)





در این حالت:

این جزء در باتری این جزء از توان در
تلف می شود. باتری ذخیره می شود.

$$P_{\text{ورودی}} = \varepsilon I + rI^2$$

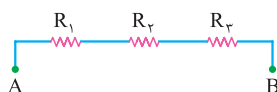
توان وارد شده به باتری در حال شارژ

ε : نیروی محرکه باتری بر حسب ولت (V)، r : مقاومت درونی باتری بر حسب اهم (Ω)، I : جریان عبوری از باتری بر حسب آمپر (A)

بخش ۴: ترکیب مقاومت ها

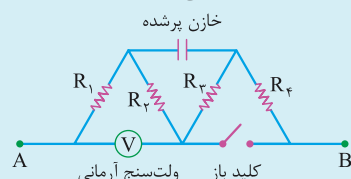
– (الف) مقاومت های متوالی (سری) –

دو مقاومت متوالی اند، اگر یک سر مشترک داشته باشند و از این سر مشترک انشعاب مفید دیگری خارج نشود.



نکته

کلید باز، سیمی که به نقطه دیگر مدار متصل نیست، ولت سنج آرمانی و خازن پر شده انشعاب مفید محسوب نمی شوند. در شکل زیر مقاومت ها متوالی اند.



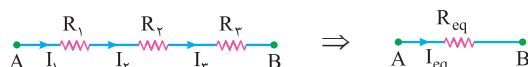
رابطه بین مقاومت های متوالی و معادلشان

جریان الکتریکی: $I_1 = I_2 = I_3 = I_{eq}$

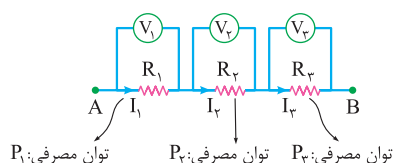
توان مصرفی: $P_1 + P_2 + P_3 = P_{eq}$

اختلاف پتانسیل: $V_1 + V_2 + V_3 = V_{eq} = V_{AB}$

مقاومت الکتریکی: $R_1 + R_2 + R_3 = R_{eq}$



روابط بین چند مقاومت متوالی

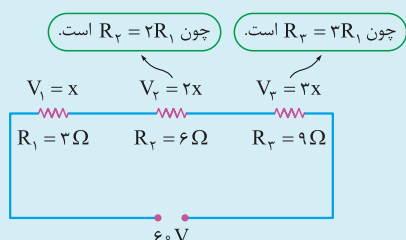


$$V \propto R \Rightarrow \text{مثلاً: } \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$P \propto R \Rightarrow \text{مثلاً: } \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

نکته

برای تقسیم ولتاژ بین چند مقاومت متوالی، ولتاژ مقاومت کوچک تر را X می گیریم و ولتاژ مقاومت های دیگر را بر حسب X به دست می آوریم؛ سپس به کمک داشتن ولتاژ دو سر مجموعه مقاومت ها، X را به دست می آوریم.



$$x + 2x + 3x = 60 \Rightarrow x = 10 \Rightarrow \begin{cases} V_1 = 10 \text{ V} \\ V_2 = 20 \text{ V} \\ V_3 = 30 \text{ V} \end{cases}$$

۱ اگر از میان چند لامپ سری، یکی بسوزد، سایر لامپها خاموش می شوند (مدار قطع می شود).

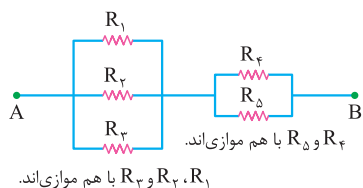
۲ مقاومت معادل چند مقاومت متوالی از تک تک آنها بزرگ تر است.

۳ اگر n مقاومت R اهمی، متوالی باشند:

$$R_{eq} = nR$$

ب- مقاومت های موازی

دو مقاومت موازی اند، اگر دوسرشان به هم وصل باشد.



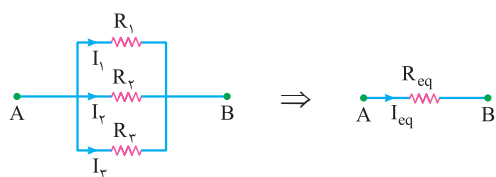
رابطه بین مقاومت های موازی و معادلشان

اختلاف پتانسیل: $V_1 = V_2 = V_3 = V_{eq} = V_{AB}$

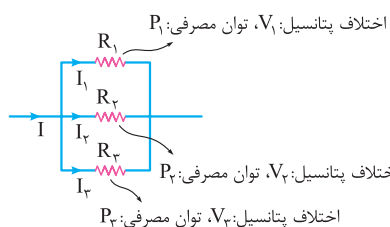
توان مصرفی: $P_1 + P_2 + P_3 = P_{eq}$

جریان الکتریکی: $I_1 + I_2 + I_3 = I_{eq}$

مقاومت الکتریکی: $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_{eq}}$



رابطه بین چند مقاومت موازی

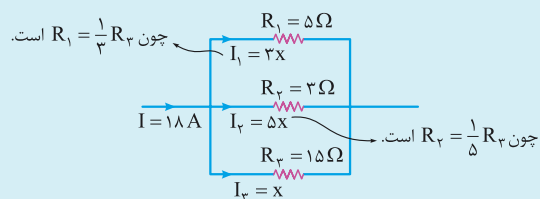


$$I \propto \frac{1}{R} \Rightarrow \text{مثلاً } \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$P \propto \frac{1}{R} \Rightarrow \text{مثلاً } \frac{P_2}{P_3} = \frac{R_3}{R_2}$$

نکته

۱ برای تقسیم جریان بین چند مقاومت موازی، جریان عبوری از مقاومت بزرگ تر را X در نظر می گیریم و جریان عبوری از مقاومت های دیگر را برحسب X به دست می آوریم؛ سپس به کمک داشتن جریان کل (مجموع جریان ها)، X را حساب می کنیم.



$$3X + X + 5X = 18 \Rightarrow X = 2 \Rightarrow \begin{cases} I_3 = 2 \text{ A} \\ I_2 = 10 \text{ A} \\ I_1 = 6 \text{ A} \end{cases}$$

۲ اگر از میان چند لامپ موازی، یکی بسوزد، سایر لامپها خاموش نمی شوند (مدار قطع نمی شود).

۳ مقاومت معادل چند مقاومت موازی از تک تک آنها کوچک تر است.

۴ اگر n مقاومت R اهمی، موازی باشند:

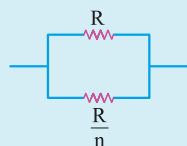
$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\text{ضرب}}{\text{جمع}}$$

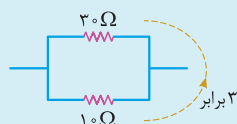
۵ اگر مقاومت های R_1 و R_2 موازی باشند:



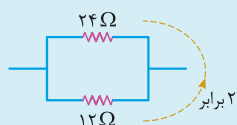
۶ اگر از دو مقاومت موازی، یکی مضربی از دیگری باشد، مقاومت معادل برابر است با $\frac{\text{مقاومت بزرگتر}}{\text{ضریب} + 1}$.



$$R_{eq} = \frac{R}{n+1}$$



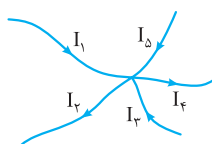
$$3 \text{ برابر} \Rightarrow R_{eq} = \frac{30}{3+1} = 7.5 \Omega$$



$$2 \text{ برابر} \Rightarrow R_{eq} = \frac{24}{2+1} = 8 \Omega$$

قاعده انشعاب

مجموع جریان‌های خروجی از نقطه انشعاب = مجموع جریان‌های ورودی به هر نقطه انشعاب

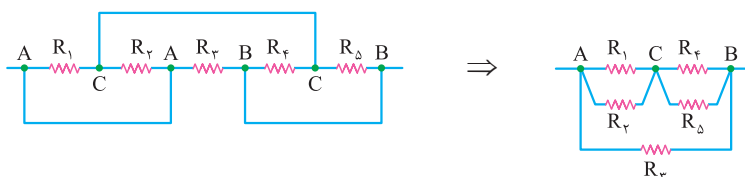


$$\vec{I}_1 + \vec{I}_3 + \vec{I}_5 = \vec{I}_2 + \vec{I}_4$$

تذکر قاعده انشعاب: نتیجه‌ای از اصل پایستگی بار الکتریکی

روش نقطه‌گذاری

انشعاب‌های مدار داده‌شده را نام‌گذاری می‌کنیم (A، B، C، ...) و به کمک این نقاط مدار ساده‌شده را رسم می‌کنیم.



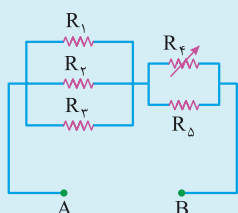
تذکر

(۱) انشعاب‌هایی که با سیم بدون مقاومت به هم وصل‌اند، اسم یکسانی دارند.

(۲) در مدار داده‌شده به این توجه می‌کنیم که دو سر هر مقاومت به چه نقاطی متصل است و در مدار جدید هم بین همان دو نقطه رسم می‌کنیم.

نکته

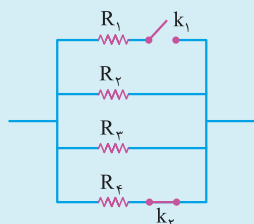
۱ اگر مقدار یکی از مقاومت‌های مدار افزایش (یا کاهش) یابد، مقاومت معادل مدار حتماً افزایش (یا کاهش) می‌یابد.



$$R_4: \uparrow \Rightarrow R_{eq}: \uparrow$$

$$R_4: \downarrow \Rightarrow R_{eq}: \downarrow$$

۲ اگر $\left\{ \begin{matrix} \text{به} \\ \text{از} \end{matrix} \right\}$ چند مقاومت موازی، یک مقاومت موازی دیگر $\left\{ \begin{matrix} \text{افزافه} \\ \text{کم} \end{matrix} \right\}$ شود، مقاومت معادل $\left\{ \begin{matrix} \text{کاهش} \\ \text{افزایش} \end{matrix} \right\}$ می‌یابد.



k_1 وصل کلید $\Rightarrow R_{eq} \downarrow$

k_2 قطع کلید $\Rightarrow R_{eq} \uparrow$

نکته

فیوز: قطعه‌ای در مدار که اگر جریان عبوری از آن از حد معینی بیشتر باشد، مدار را قطع می‌کند. جریان بیشینه عبوری از هر فیوز مقدار معینی است؛ مثلاً اگر جریان عبوری از یک فیوز 15 A ، بیشتر از 15 A شود، فیوز مدار را قطع می‌کند.