ویژگی های فیزیکی مواد

- ویژگی‌های فیزیکی مواد
  - حالت‌های ماده و نیروهای بین مولکولی
    - پلاسما
    - جامد
      - جامد بلورین
        - د ر این نوع جامدات مولکول هادر یك طرح منظم كنار یكدیگر قرار گرفته اند وجسم جامد بلورین ازتكرار این طرح ها حاصل مي شود.
      - جامد بي شكل (آمورف)
        - در این نوع جامدات قرار گرفتن مولكول ها در كنار هم تابع نظم خاصي نيست
    - مایع
      - مولكول ها در مايع ، به طور نامنظم وفشرده در كنار يكديگر قرار دارند وبه سادگي بر روي يكديگر مي لغزند.
      - **پديدهٔ پخش :** توزيع شدن مولكول هاي يك ماده در فضا پخش ناميده مي شود
    - گاز
      - در گازها، مولكول ها به طور كاتوره اي حركت مي كنند وفاصله ي بين مولكول هاي گاز زياد است
    - همچسبی و دگرچسبی
      - نيروي جاذبه ي بين مولكول هاي يك ماده كه باعث قرار گرفتن آنها در كنار يكديگر مي شود هم چسبي يا نيروي چسبندگي ناميده مي شود .اين نيرو ،نوعي نيروي الكتريكي است.
    - کشش سطحی
      - اگر يك سوزن را روي كاغذ قرار داده ودر سطح آب شناور سازيم پس از مدتي به علت جذب آب توسط كاغذ ،كاغذ در آب فرو مي رود وسوزن بر روي آب شناور مي ماند.
  - فشار
    - مفاهیم اولیهٔ فشار
      - در جامدات
        - بزرگی نیروی عمودی وارد بر یکای سطح را فشار وارد بر سطح گویند که یک کمیت نرده‌ای است. $P=\frac{F}{A}$
      - در مایعات
        - فشار مایع به عمق و چگالی مایع بستگی دارد. در مایع ساکن، فشار در نقاط هم‌عمق برابر است. $P=\rho gh+P_0$
    - لوله‌های U شکل
      - یکی از سوالات قطعی کنکور، حتماً درسنامه‌ای که در آزمون قرار دادیم، کامل خوانده شود.
    - فشارسنج ها
      - آزمایش توریچلی
      - فشارسنج جیوه‌ای
    - بالابر هیدرولیکی
  - اصل ارشمیدس و شناوری
    - نیروی شناوری، نیرویی روبه بالا است که به جسم داخل شاره و از طرف شاره وارد می‌شود. مقایسهٔ بین نیروی شناوری و نیروی وزن جسم نشان می‌دهد که جسم در داخل شاره چه وضعیتی خواهد داشت.
      - جسم سقوط می‌کند: $W > F_b$
      - جسم بالا می‌رود: $W < F_b$
      - جسم داخل شاره موجود غوطه‌ور است: $W = F_b$
      - جسم روی سطح شاره شناور است: $W = F_b$
  - شاره در حال حرکت
    - اصل برنولی
      - اصل برنولی برای شاره‌هایی که به‌طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کنند به‌صورت زیر بیان می‌شود: در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد و بالعکس.
    - معادلهٔ پیوستگی
      - اگر شاره‌ای با جریان لایه‌ای و در حالت پایا در حال عبور از لوله‌ای باشد، جرم و مقدار آبی که از هر سطح مقطع لوله می‌گذرد برابر است (بدون توجه به اندازهٔ سطح مقطع لوله)

ویژگی های فیزیکی مواد یا فشار

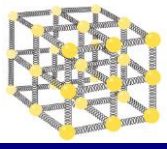
(معمولا ۲ تست تجربی و ۳ تست در ریاضی)

۳-۱-۱ ماده

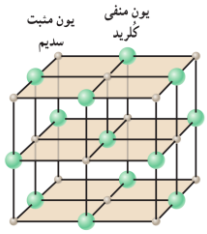
هرچیزی که فضا را اشغال کند (حجم داشته باشد)

نکته: ذره های سازنده ماده همواره در حرکت اند و به یکدیگر نیرو وارد می کنند. حالت ماده به چگونگی حرکت این ذره ها و اندازه نیروی بین آنها بستگی دارد.

۳-۲ حالت های مختلف ماده : ۱) جامد ۲) مایع ۳) گاز

حالتهای مختلف ماده	جامد	۱) اصطلاح های عصر حجر، عصر برنز و عصر آهن ۲) حجم و شکل مشخص دارند. ۳) ذرات جسم جامد به سبب نیروهای الکتریکی که به یکدیگر وارد می کنند ر کنار یکدیگر می مانند. ۴) این ذرات در مکان های معینی نسبت به یکدیگر قرار دارند و در اطراف این مکان ها، نوسان های بسیار کوچکی دارند. ۵) شکل زیر مدلی از ساختار یک جامد را نشان می دهد. فرض می کنند ذرات آن توسط فنرهایی به یکدیگر متصل هستند. اگر این ذرات نسبت به وضعیت تعادل، به هم نزدیک تر یا دورتر شوند ، نیروی کشسانی بین فنرها آنها را به وضع تعادل برمیگرداند و جسم جامد، شکل و اندازه اولیه اش را حفظ می کند.  **انواع جامد**

جامد بلورین



ساختار بلورین نمک

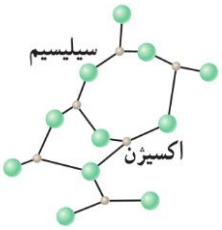
تعریف: اتم ها در طرح های منظمی مثل شکل در کنار هم قرار می گیرند.

مثال: فلز – نمک – الماس – یخ – بیشتر مواد معدنی

چگونگی تشکیل: وقتی مایعی را به آهستگی سرد کنیم، اغلب جامد بلورین تشکیل می شود.

در این فرآیند سردسازی آرام، ذرات سازنده مایع فرصت کافی دارند تا در طرح های منظم خود را مرتب کنند.

جامد بی شکل (آمورف)



ذرات سازنده یک جامد بی شکل

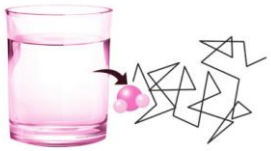
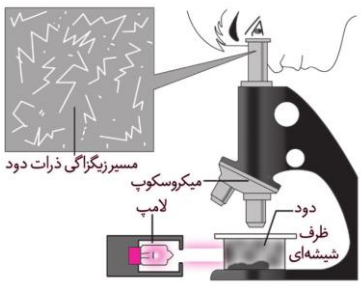
تعریف: اتم ها در طرح های منظمی در کنار هم قرار نمی گیرند.

مثال: شیشه،قیر سرد

چگونگی تشکیل: وقتی مایعی را به سرعت سرد کنیم، معمولاً جامد بی شکل تشکیل می شود.

در این فرآیند سردسازی سریع، ذرات سازنده مایع فرصت کافی ندارند تا در طرح های منظم خود را مرتب کنند. بنابراین در طرح نامنظمی که در حالت مایع داشتند باقی می مانند.

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

	مایع	۱) مولکول های مایع نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند و به صورت نامنظم و نزدیک به یکدیگر قرار دارند. ۲) مایع به راحتی جاری می شود و به شکل ظرف خود در می آید. ۳)حجم مشخصی دارند، اما شکل مشخص ندارند. ۴) فاصله ذرات سازنده مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک آنگستروم می باشد. تفاوت جامد و مایع : نظم و تقارن در چیدمان مولکولی می باشد، نه فاصله ی مولکولی حرکت نامنظم و کاتوره ای مولکول های آب: مولکول های آب حرکت نامنظم یا کاتوره ای یا به زبون خودمون هردمبیلی دارند.  طرحی از حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های آب پدیده پخش در مایع ها: با ریختن نمک در آب: آب شور می شود. با ریختن جوهر در آب: به تدریج رنگ آب تغییر می کند. این ۲ موضوع نشان می دهد که ذرات سازنده ی نمک و جوهر در آب پخش می شوند. دلیل این پخش شدن حرکت کاتوره ای مولکول های آب می باشد. چون در حین حرکتشان با ذرات سازنده ی نمک و جوهر برخورد می کنند و مواد در آب پخش می شوند.
	گاز	۱)ماده ای که شکل مشخصی ندارد. ۲)اتم ها و مولکول های آن آزادانه و با تندی بسیار زیاد(در دمای اتاق حدود ۵۰۰ متر بر ثانیه) به اطراف حرکت و با یکدیگر و با دیواره های ظرفی که در آن قرار دارند برخورد می کنند. ۳)فاصله میانگین مولکول های گاز در مقایسه با اندازه ی آن ها، خیلی بیشتر است. مثلاً اندازه مولکول های هوا بین ۱ تا ۳ آنگستروم است در حالی که فاصله ی میانگین آن ها در شرایط معمولی در حدود ۳۵ آنگستروم است. ۴)نه حجم ثابتی و نه شکل ثابتی حرکت براونی (از اسم رابرت براون گیاه شناس گرفته شده): به حرکت نامنظم و کاتوره ای یا هردمبیلی ذرات دود، حرکت براونی گفته می شود. مشاهده بیشتر توسط میکروسکوپ نشان داد که ذرات دود برخوردهای اندکی با یکدیگر دارند. یعنی علت پخش اونا یک چیزه دیهگه ای هست و اون چیزی نیست جز حرکت کاتوره ای و نامنظم مولکول های هوا که با ذره های دود برخورد می کنند و باعث حرکت زیگزاگی و نامنظم ذرات دود می شوند. 

پخش ذرات در گازها (مثل پخش بوی عطر در اتاق) خیلی سریع تر از پخش ذرات در مایع ها می باشد. چون مولکول های مایع نسبت به گازها به هم دیگر نزدیک تر هستند و مانع حرکت ذرات می شوند.

اطراف کره ی زمین مخلوطی از گازهای نیتروژن ، اکسیژن ، کربن دی اکسید، بخار آب و مقدار کمی گازهای بی اثر (کریپتون، نئون و هلیم) وجود دارد و مولکول های این گازها به صورت کاتوره ای و با تندی زیاد همواره در حرکت اند که باعث پخششون میشه.

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

حال اگه پدیده ی پخش وجود نداشته باشه اون موقع این گازهادیگه با هم مخلوط نمی شن و به صورت لایه لایه روی هم قرار می گیرن و اون گازی که چگالیش از همه بیش تره نزدیک تر به زمین و اون گازی که چگالیش از همه کم تره تو لایه های بالایی قرار می گیره. که در این صورت زندگی عملاً غیرممکن میشه!!

۳-۲-۱ تراکم پذیری

تراکم پذیری	گاز	در اثر افزایش فشار، می توان فاصله ی خیلی زیاد بین مولکول های گاز را کم کرد. بنابراین تراکم پذیرند. به دلیل فاصله ی زیاد بین مولکول ها، نیروهای بین مولکولی ناچیزند.
	مایع	تقریباً تراکم ناپذیرند. نیروهای بین مولکولی قابل ملاحظه اند اما در حدی نیستند که مانع لغزش مولکول ها روی یکدیگر شوند.
	جامد	تراکم ناپذیرند. نیروهای بین مولکولی بسیار قوی می باشند.

۳-۲-۲ خلاصه سه حالت ماده

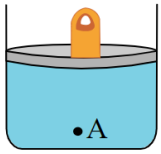
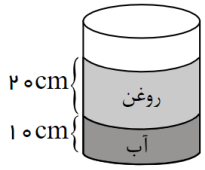
نام حالت	اندازه نیروی بین مولکولی	نوع حرکت ذرات سازنده	فاصله ذرات از یکدیگر	تراکم‌پذیری
جامد (s)	قوی	در جای خود حرکت نوسانی انجام می‌دهند	$\simeq ۱\text{Å}$	تراکم‌ناپذیر
مایع (l)	قوی ولی کمتر از جامدات	بر روی یکدیگر می‌لغزند	$\simeq ۱\text{Å}$	تراکم‌ناپذیر
گاز (g)	ضعیف	آزادانه و کاتوره‌ای به هر طرف حرکت می‌کنند	$\simeq ۳۵\text{Å}$	تراکم‌پذیر

۳-۳ فشار

عمومی ج | م $P=\frac{F_N}{A}$ $P=\frac{mg}{A}$	جامدات	جامدات یکنواخت	$P=\rho gh$
		مخروط	$P=\frac{۱}{۳}\rho gh$
	مایعات	اختلاف فشار بین دو نقطه	$\Delta P=\rho g\Delta h$
		فشار ناشی از یک مایع | پیمانه ای	$P_g=P_M-P_o=P_{fluid}=\rho gh$
		فشار کل (فشار مطلق) | فشار در نقطه فلان! تکمیلی نمودار داره	$P_M=P_o+P_{fluid}+\ldots=P_o+\rho gh+\ldots$
		تبدیل دو مایع به هم	$\rho_۱h_۱=\rho_۲h_۲$
		نکته ۱: فشار حاصل از دو مایع قبل از حل شدن = فشار حاصل از محلول دو مایع	
گاز	گاز سیلندر		$P_A\simeq P_B\simeq P_C\simeq P_D$
	هوا		$P=P_0-\bar{\rho}gh$ $\bar{\rho}$: چگالی متوسط هوا

نکته ۲:

۱) وقتی میگن فشار کل در یک نقطه، یعنی فشار هر چی بالا سرشه رو حسااااب کن!!!

	
$P_A = P_o + \frac{mg}{A} + \rho gh$	$P_{Kaf} = P_o + \rho_w g h_w + \rho_{oil} g h_{oil}$

۲) اگر ظرف محتوی مایع درون آسانسور قرار داده شود و آسانسور با شتاب a حرکت کند، فشار در عمق h این مایع از رابطه ی زیر به دست می آید: $P = P_o + \rho(g \pm a)h$ (تند + بالا + / کند – پایین –)

۳) واحد ها :

واحد های فشار: $1atm = 1bar = 10^5 Pa = 76cmHg = 10mH_2O$ $1mmHg = 1\ torr$	دو چگالی مهم : $\rho_{Water} = 1\frac{gr}{cm^3} = 1000\frac{kg}{m^3}$ $\rho_{Hg} = 13/6\frac{gr}{cm^3} = 13600\frac{kg}{m^3}$

۴) نیرو بپرسن : فشار مربوطه رو در مساحت ضرب کن . پا

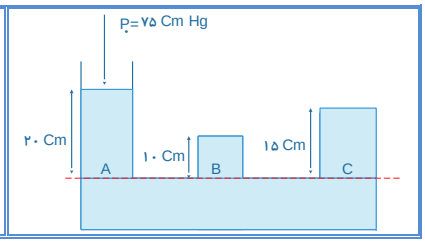
۵) معادل سازی فشار $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$

مثال : فشار در عمق ۴۰ متری آب دریاچه را بر حسب پاسکال و سانتی متر جیوه و متر آب حساب کنید :

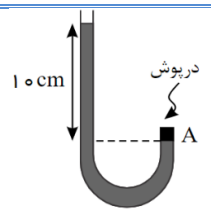
($1atm = 10^5 Pa = 76cmHg = 10mH_2O$)

فشار در عمق ۴۰ متری آب دریاچه بر حسب پاسکال	
فشار در عمق ۴۰ متری آب دریاچه بر حسب متر آب	
فشار در عمق ۴۰ متری آب دریاچه بر حسب سانتی متر جیوه	

۶) در ظرف های مرتبط فشار بر روی هر خط افقی با هم مساوی است، حتی اگر سر یکی از ظرف ها باز و دیگری بسته باشد (به شرطی که جنس مایع یکسان باشد و مایع در حال تعادل باشد). پس هم سطحشو تو همون مایع پیدا کن.

$P_C = ?$ $P_A = P_B = P_C \rightarrow P_C = P_B = P_A = P_o + \rho g h_A = 75 + 20 = 95 CmHg$	

۷) فشار در نقطه زندانی شده

$P_A = ?$ $P_A = P_B \rightarrow P_A = P_B = P_o + \rho g h_A$	

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

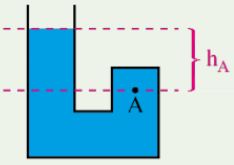
۳-۳-۱ توضیحات تکمیلی فشار مایعات

فشار مایعات

فشار ناشی از مایعی به ارتفاع h و چگالی ρ، از رابطه $P_{\text{مایع}} = \rho gh$ و فشار کل از رابطه $P = \rho gh + P_0$ به دست می‌آید.

نکته:

منظور از h در روابط بالا، فاصلهٔ عمودی نقطه موردنظر از سطح آزاد مایع است، مانند شکل مقابل:



نکته:

به فشار کل، فشار یا فشار مطلق نیز می‌گویند.

نکته:

اگر مایع درون ظرفی با قاعدهٔ ثابت (مانند مکعب، مکعب‌مستطیل، استوانه و ...) قرار داشته باشد، فشار ناشی از آن علاوه بر رابطه $P = \rho gh$ از رابطه مقابل نیز قابل محاسبه است:

$$P_{\text{مایع}} = \frac{mg}{A}$$

در این رابطه، mg، وزن ستون مایع بالای نقطه موردنظر و A، مساحت مقطع ظرف است.

نکته:

برای تبدیل فشار ناشی از h_1 سانتی‌متر مایع به چگالی ρ_1 به $cmHg$، کافی است در رابطه مقابل، $\rho_1 h_1 = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}}$ $h_{\text{جیوه}}$ به دست آید. مثلاً اگر از رابطه بالا، $h_{\text{جیوه}} = 5\,cm$ به دست آمد، یعنی فشار ناشی از h_1 سانتی‌متر برابر با $5\,cmHg$ است. در این رابطه لازم نیست یکاها در SI باشند، همین که یکای ρ ها با هم و یکای hها با هم یکسان باشد کافی است.

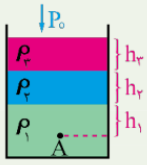
نکته:

همان‌طور که گفتیم، فشار توسط رابطه $P = \rho gh$ برحسب پاسکال به دست می‌آید، پس برای تبدیل فشار $cmHg$ به پاسکال (و برعکس) باید در این رابطه عددگذاری شود، البته اگر چگالی جیوه $13/6 \frac{g}{cm^3}$ باشد، می‌توان از رابطه مقابل نیز استفاده کرد:

$$cmHg \underset{\div 1360}{\overset{\times 1360}{\rightleftarrows}} Pa$$

نکته:

اگر مانند شکل مقابل، چند مایع مختلف درون ظرف باشند و فشار در نقطه A مدنظر باشد، باید فشار ناشی از تک‌تک مایع‌های بالای نقطه A را با فشار هوا جمع کرد، یعنی:



$(\rho_1 > \rho_2 > \rho_3)$

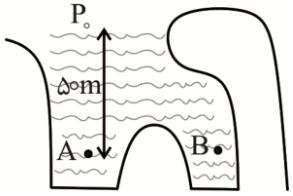
$$P_A = P_1 + P_2 + P_3 + P_0 = \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2 + \rho_3 gh_3 + P_0$$

تذکر مهم:

اگر در شکل بالا، فشار در نقطه A برحسب $cmHg$ خواسته شود، کافی است توسط رابطه $\rho_1 h_1 = \rho_{Hg} h_{Hg}$، فشار تک‌تک مایع‌ها به $cmHg$ تبدیل شده و سپس با فشار هوا جمع شود، البته در این حالت، فشار هوا نیز باید برحسب $cmHg$ باشد.

تست ۱:

در شکل زیر نقاط A و B در عمق یکسان دریاچه قرار دارند. از راست به چپ فشار در نقاط A و B چند کیلو پاسکال است؟ $(P_0 = 10^5\ Pa, \rho = 1040 \frac{kg}{m^3}, g = 10 \frac{N}{kg})$



۱) ۲۶۰ و ۶۲۰

۲) ۶۲۰ و ۶۲۰

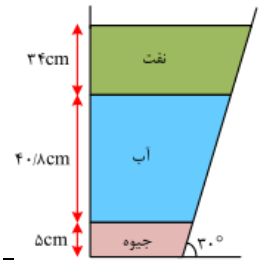
۳) ۲۶۰ و ۲۶۰

۴) ۶۲۰ و ۲۶۰

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۲:

در شکل زیر فشار در کف ظرف چند سانتی‌متر جیوه است؟ (فشار هوا ۶۸ کیلوپاسکال است. چگالی آب ۱ و چگالی جیوه ۱۳/۶ و چگالی نفت ۰/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.)

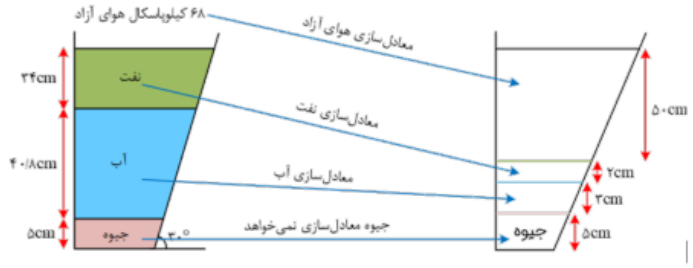


۱) ۶۰

۲) ۸۶

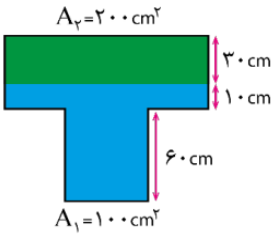
۳) ۹۰

۴) ۹۲



تست ۳:

فشار حاصل از دو مایع مخلوط‌نشدنی به چگالی $۱\frac{g}{cm^۳}$ و $۱/۵\frac{g}{cm^۳}$ در کف ظرف مقابل $P_۱$ است. اگر ظرف را وارونه کنیم، به شکلی که سطح $A_۲$ ، کف ظرف باشد، فشار ناشی از این دو مایع در کف ظرف، $P_۲$ می‌شود. حاصل $\frac{P_۲}{P_۱}$ کدام است؟ (دو سر ظرف بسته و $g = ۹/۸۱\frac{N}{kg}$ است)



۱) $\frac{۲۴}{۲۷}$

۲) $\frac{۱۶}{۱۳}$

۳) $\frac{۳۴}{۳۷}$

۴) $\frac{۳۶}{۳۳}$

تست ۴:

مساحت روزنهٔ خروج بخار آب، روی درب یک زودپز $۴mm^۲$ است. جرم وزنه‌ای که روی این روزنه باید گذاشت تا فشار داخل آن $۲atm$ نگه داشته شود، چند گرم باید باشد؟ (فشار هوای بیرون $۱atm$ و $g = ۱۰\frac{N}{kg}$ است.)

خوشخوان- ۱۳۹۸

۱) ۲۰

۲) ۴۰

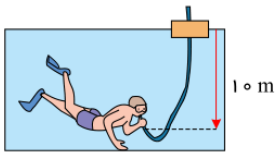
۳) ۶۰

۴) ۸۰

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۵:

غواصی در عمق ۱۰ متری از سطح آب در حال شناست. او توسط لوله‌ای که به هوای آزاد متصل است، نفس می‌کشد. فشار وارد بر قفسه ی سینه‌ی غواص چند برابر فشار هوای درون ریه‌ی اوست؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg}$ و $\pi = ۳$ و $\rho_{آب} = ۱\frac{g}{cm^۳}$, $P_۰ = ۱۰^۵ Pa)$ قلم چی- ۱۳۹۶

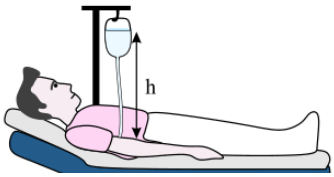


۱) ۱
۲) ۱٫۱
۳) ۲
۴) ۱۰

اگر مساحت پرده گوش شناگر ۱ سانتی متر مربع باشد، بزرگی نیرویی که به پرده گوش شناگر در عمق ۱۰ متری وارد میشود چند نیوتن است؟

تست ۶:

شکل زیر کیسهٔ پلاستیکی حاوی محلولی را نشان می‌دهد که در حال تزریق به بیمار است. قسمت بالای کیسه با سوزن سوراخ شده تا فشار بالای مایع برابر فشار هوای آزاد باشد. اگر فشار پیمانه‌ای خون در سیاهرگ، ۱۲۱۰ پاسکال باشد، حداقل h چند سانتی‌متر باشد تا مایع در بدن بیمار نفوذ کند؟ $(g = ۱۰\ N/kg$ و چگالی محلول $۱۱۰۰\ kg/m^۳$ است.) قلم چی- ۱۳۹۸



۱) ۱۰
۲) ۱۱
۳) ۱۱۰
۴) ۱۰۰

تست ۷:

قطر داخلی یک لیوان استوانه‌ای $۱۰cm$ است. اگر $۵۱۰cm^۳$ آب در آن بریزیم، فشار کل در ته لیوان چند سانتی‌متر جیوه است؟
$(P_۰ = ۷۵cmHg$, $\rho_{Hg} = ۱۳٫۶g/cm^۳$, $\rho_{H_۲O} = ۱g/cm^۳$, $g = ۱۰\frac{N}{kg}$, $\pi = ۳)$

۱) ۷۵٫۲۵
۲) ۷۵٫۵۰
۳) ۷۶
۴) ۷۷

تست ۸:

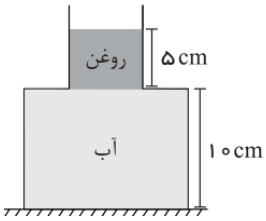
یک زیردریایی در اعماق اقیانوسی درحال حرکت است. به پنجرهٔ آن به شعاع ۲۰ سانتی‌متر، در عمقی که فشار در آن $۱۲ \times ۱۰^۵ Pa$ است، چند نیوتون نیرو وارد می‌شود؟ $(\pi = ۳)$

۱) ۱۲×۱۰^۳
۲) $۱٫۴۴ \times ۱۰$
۳) $۱٫۴۴ \times ۱۰^۵$
۴) $۱٫۴۴ \times ۱۰^۳$

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۹:

در شکل زیر، ظرف از دو قسمت استوانه‌ای تشکیل شده است که سطح مقطع استوانه‌ها $۱۰cm^۲$ و $۵۰cm^۲$ است. نیرویی که از طرف مایع‌ها بر کف ظرف وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ (چگالی روغن و آب به ترتیب $۰/۸\frac{g}{cm^۳}$ و $۱\frac{g}{cm^۳}$ است و $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$) خارج از کشور-۱۳۹۴



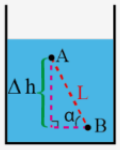
۱) ۵/۴
۲) ۶/۶
۳) ۶
۴) ۷

فشار ناشی از دو مایع ؟ فشار در ته ظرف؟

۳-۳-۲ اختلاف فشار دو نقطه از مایع

اختلاف فشار مایع

درون مایعی به چگالی ρ، دو نقطه A و B را در نظر بگیرید، اگر فاصلهٔ قائم این دو نقطه Δh باشد، اختلاف فشار کل و اختلاف فشار مایع بین دو نقطه با یکدیگر برابر بوده و از رابطه زیر به دست می‌آید:



$\Delta h_{AB} = L\sin\alpha$ و اختلاف ارتفاع قائم $\rightarrow \Delta P_{\text{مایع}} = \Delta P_{\text{کل}} = \rho g \Delta h$

نکته:

اگر ظرف بالا، درون آسانسوری قرار گیرد و آسانسور با شتاب a حرکت کند، در رابطه گفته شده به جای g از g' استفاده می‌کنیم که $(g' = g \pm a)$ است. اگر آسانسور تندشونده به سمت بالا یا کندشونده به سمت پایین حرکت کند، از علامت (+) و در غیر این دو حالت (یعنی کندشونده به سمت بالا یا تندشونده به سمت پایین) از علامت (-) استفاده می‌کنیم.

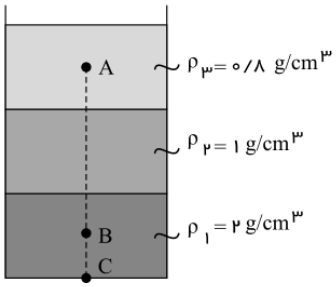
نکته:

اگر بین دو نقطه A و B، بیش از یک مایع باشد، مانند شکل مقابل، دیگر نمی‌توان اختلاف فشار بین دو نقطه را از رابطه گفته شده به دست آورد، در این حالت باید فشار ناشی از مایعاتی که بین دو نقطه A و B قرار دارند با یکدیگر جمع شوند تا اختلاف فشار به دست آید، یعنی:

$\Delta P_{AB} = \rho_۱ g h_۱ + \rho_۲ g h_۲ + \rho_۳ g h_۳$

تست ۱۰:

در شکل زیر، سه مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های مشخص، قرار دارد و ارتفاع هر لایه از مایع‌ها $۲۰cm$ است. اگر $AB = ۴۰cm$ و $BC = ۱۰cm$ باشد، اختلاف فشار بین دو نقطهٔ A و B چند پاسکال است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۱۶۰۰
۲) ۲۶۰۰
۳) ۳۸۰۰
۴) ۴۸۰۰

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۳-۳-۳ نمودار های فشار مایعات

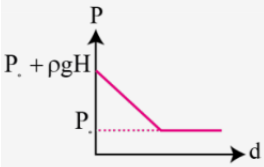
نمودارهای فشار

۱) طبق رابطه $P = \rho gh + P_0$ ، نمودار فشار کل برحسب فاصله از سطح آزاد (h) بصورت خطی مایل است:

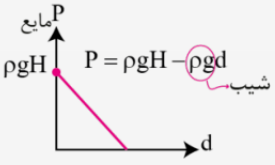
$$P = \rho g\, h + P_0$$
عرض از مبدأ — شیب

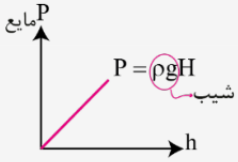
۲) اگر نمودار فشار برحسب فاصله از کف ظرف (d) مدنظر باشد، چون فاصله یک نقطه از کف ظرف برابر با (فاصله از سطح - ارتفاع ظرف) است، پس نمودار مربوطه به صورت مقابل می‌شود:

$$P = \rho g(H - d) + P_0$$
$$= \rho gH + P_0 - \rho gd$$



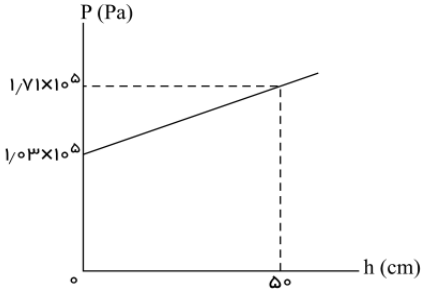
منظور از فشار مایع $P = \rho gh$ است و در این صورت P_0 را در نظر نمی‌گیریم و نمودارها به‌صورت زیر رسم می‌شوند:





تست ۱۱:

شکل زیر، فشار درون یک مایع را برحسب h نشان می‌دهد و h فاصله تا سطح آزاد مایع است. فشار پیمانه‌ای در عمق ۱۰ سانتی‌متری این مایع، چند پاسکال است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$ و چگالی مایع ثابت فرض شود.)



۱) $1{,}34 \times 10^5$

۲) $1{,}166 \times 10^5$

۳) $6{,}8 \times 10^4$

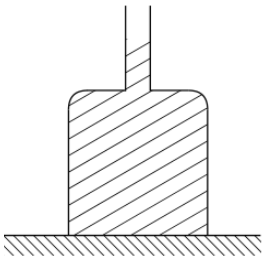
۴) $1{,}36 \times 10^4$

۴-۳-۳ اصل پاسکال

✓ **تغییرات فشار در همه نقاط یک مایع ساکن یکسان است.**

تست ۱۲:

در شکل زیر، ظرف مکعب‌شکلی به ابعاد $10cm$ روی سطح افقی قرار دارد و به سطح بالایی ظرف، لولهٔ قائمی به سطح مقطع $2cm^2$ وصل است و درون آن تا اندازهٔ نشان داده‌شده آب قرار دارد. در این حالت به‌ازای هر قطره آبی به وزن W_1 که به آب درون لوله اضافه شود، به‌ترتیب نیرویی که آب به کف ظرف وارد می‌کند و نیرویی که ظرف به سطح افقی وارد می‌کند، چقدر افزایش می‌یابد؟



۱) W_1 و $50W_1$

۲) W_1 و $100W_1$

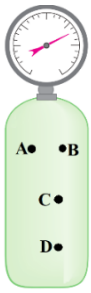
۳) $50W_1$ و $50W_1$

۴) $100W_1$ و $100W_1$

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۳-۴ فشار در گازها

چگالی گازها خیلی کم است؛ بنابراین درارتفاع های نزدیک به هم مقدار ρgh درمقایسه با فشارگازآنقدرکوچک میشود که می توانیم آن را نادیده بگیریم. به همین دلیل درتمام نقاط درون مخزن فشارگاز رایکسان می گیریم.



فشار هوای لاستیک اتومبیل ها را با فشار پیمانه ای اندازه گیری می کنند.

$$P_C = P_A + \rho gh \rightarrow P_C \simeq P_A$$

$$P_A \simeq P_B \simeq P_C \simeq P_D$$

۳-۵ فشار در هوا

بااین که چگالی هواخیلی کم است ولی ارتفاع ستون آن یا همان ارتفاع جوخیلی زیاد است. درواقع زیاد بودن h کوچک بودن ρ راپوشش میدهد و ما نمیتوانیم از ρgh چشم پوشی کنیم.

بنابراین طبق شکل روبرو وقتی به اندازه h از سطح زمین بالا برویم فشارهوا به اندازه ρgh کم می شود.

$P_M = P_0 - \rho gh$	
P_0	P_M
فشارهوادرسطح زمین	فشارهوا در ارتفاع h ازسطح زمین

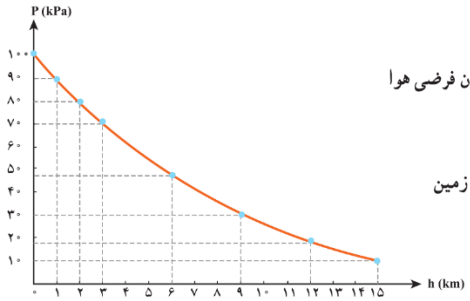
۳-۵-۱ چگالی هوا با ارتفاع تغییر می کند

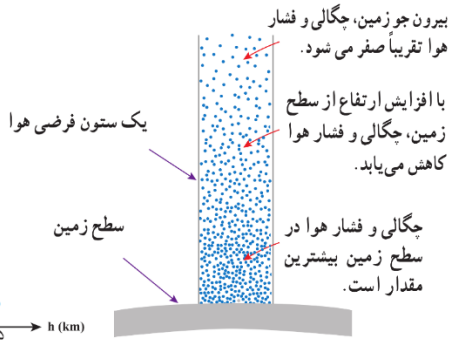
نیروی جاذبه ی زمین باعث میشود که لایه های زیرین هوا نسبت به لایه های بالایی فشرده تر باشند در نتیجه هر چه از سطح زمین فاصله می گیریم وبالا تر میرویم چگالی هواکمتر میشود.

* اگر بخواهیم از فرمول $P = P_0 - \rho gh$ برای محاسبه فشار در ارتفاع h استفاده کنیم به جای p باید چگالی متوسط هوا از سطح زمین تا آن ارتفاع را قرار دهیم.

$$\boxed{P = P_0 - \bar{\rho} gh}$$

$\bar{\rho}$: چگالی متوسط هوا





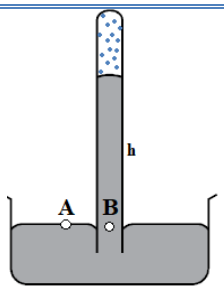
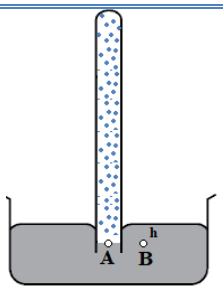
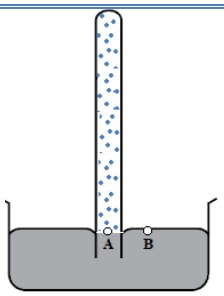
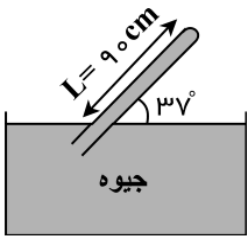
تست ۱۳:

اگر فشار هوا در سطح آزاد دریا ۱ bar باشد، چند درصد جرم هوایی که این فشار را تامین می‌کند در ستون فرضی به سطح مقطع $1m^2$ تا ارتفاع ۹ km از این ستون فرضی قرار دارد؟ (فشار هوا در ارتفاع $9Km = ۳۰KPa$)

۱) ۳۰ ۲) ۲۵ ۳) ۱۰ ۴) ۷۰

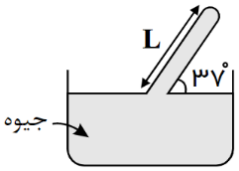
جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۳-۵-۲ بارومتر یا جوسنج (توریچلی)

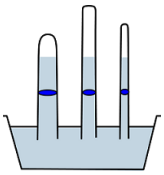
خلاصه حالت های بارومتر			
حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ۴
			
$P_A = P_B \rightarrow P_o = P_{fluid} + P_{gas}$	$P_A = P_B \rightarrow P_{gas} = P_{fluid} + P_o$	$P_A = P_B \rightarrow P_{gas} = P_o$	$P_A = P_B \rightarrow P_o = P_{fluid} + P'$ P' : فشاری است که به انتهای لوله وارد می شود.

نکته ۳:

۱) اگر توریچلی رو کج کردن چی؟ کافیه واسه به دست آوردن ارتفاع قائم یه مثلثات بری. $h = L \sin ۳۷$

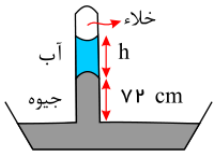


۲) ارتفاع ستون جیوه در آزمایش توریچلّی تابع فشار هوای محلی است که آزمایش در آنجا انجام می‌شود و سطح مقطع لوله تأثیر چندانی ندارد.



تست ۱۴:

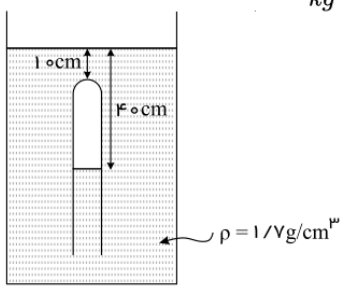
در آزمایش شکل مقابل ارتفاع آب در لوله چقدر است؟ ($\frac{\rho_{جیوه}}{\rho_{آب}} = ۱۴ ، P_۰ = ۷۶\ cm\ Hg$)



۱) $۵۶cm$
۲) $۸۰cm$
۳) $۲۰cm$
۴) $۶۶cm$

تست ۱۵:

در شکل زیر، فشار پیمانه‌ای گاز محبوس در لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟ (چگالی جیوه $= ۱۳٫۶ \frac{g}{cm^۳}$ ، $g = ۱۰ \frac{N}{kg}$)

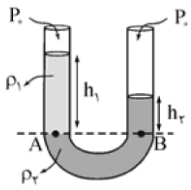


۱) ۵
۲) ۱۲
۳) ۷۱
۴) ۸۱

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۳-۶ لوله های U شکل

۱) اصل هم فشاری نقاط هم تراز درون یک مایع :



اصل هم فشاری نقاط هم تراز به ما میگویدکه به پایین ترین سطح مشترک برید ،

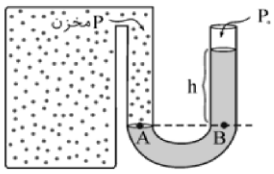
در این صورت فشار هر دونقطه مساوی است.

در ضمن اگر یک نقطه داخل مایع ونقطه ی هم ترازش در سطح همان مایع باشد بازهم این اصل برقرار است.

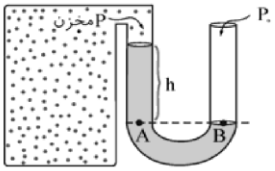
$$P_A = P_B \longrightarrow P_۰ + \rho_۱ g h_۱ = P_۰ + \rho_۲ g h_۲ \longrightarrow \boxed{\rho_۱ h_۱ = \rho_۲ h_۲}$$

نیازی به تبدیل واحد در SI نیست. فقط واحد های دو طرف تساوی یکسان باشد.

۲) مخزن : فشار پیمانه ای مثبت و منفی

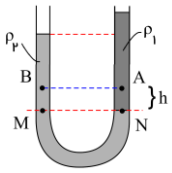


$$P_A = P_B \longrightarrow \boxed{P_{\text{مخزن}} = P_۰ + \rho g h}$$

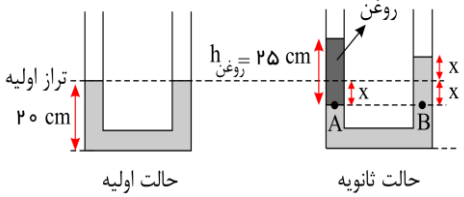


$$P_A = P_B \longrightarrow P_{\text{مخزن}} + \rho g h = P_۰ \longrightarrow \boxed{P_{\text{مخزن}} = P_۰ - \rho g h}$$

۳) در لوله های U شکل هرگاه دو مایع مخلوط نشدنی ریخته شده باشند، مایعی که سطح آزاد پایین تری دارد چگالی بیشتری دارد و در یک سطح تراز فشار نقطه ای که در مایع چگال تر است ، کم تر است.

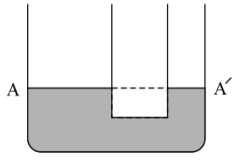


۴) اگر از مایعی در لوله U شکل بریزیم، ارتفاع ستون مایع در دو شاخه برابر است. حال اگر مایع مخلوط نشدنی ۲ را در یکی از شاخه



های لوله U شکل بریزیم، ارتفاع مایع ۱ و سطح تراز فعلی : $\boxed{h_۱ = ۲x}$

۵) اگر مساحت قاعده ها متفاوت باشد: به صورت کلی می دانیم که $\Delta V_۱ = \Delta V_۲$



$$A_A = ۹A_{A'} \rightarrow \Delta V_A = \Delta V_{A'} \rightarrow A_A h_A = A_{A'} h_{A'}$$
$$\rightarrow ۹A_{A'} h_A = A_{A'} h_{A'} \rightarrow ۹h_A = h_{A'}$$

یا بر اساس قطر:

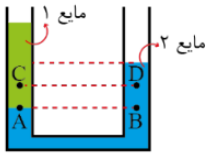
$$D_A = ۳D_{A'} \rightarrow \Delta V_A = \Delta V_{A'} \rightarrow A_A h_A = A_{A'} h_{A'}$$
$$\rightarrow \frac{\pi}{۴} D_A^۲ h_A = \frac{\pi}{۴} D_{A'}^۲ h_{A'} \rightarrow ۹h_A = h_{A'}$$

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۳-۶-۱ تیپ اول سوالات U شکل: ساده

تست۱۶:

در لولهٔ U شکل مقابل، مایع‌ها در حال تعادل هستند. فشار در نقطهٔ A ..... فشار در نقطهٔ B است و فشار در نقطهٔ C ..... فشار در نقطهٔ D است.

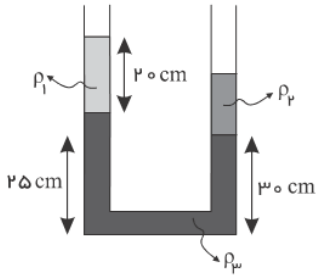


۱) برابر با، کمتر از
۲) کمتر از، بیشتر از
۳) کمتر از، کمتر از
۴) برابر با، بیشتر از

تست۱۷:

در شکل زیر، سه مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های $\rho_۲ = ۲/۴ \frac{g}{cm^۳}$، $\rho_۱ = ۰/۸ \frac{g}{cm^۳}$ و مایع سوم با چگالی $\rho_۳$ به حالت تعادل قرار دارند. اگر سطح مقطع لوله $۲cm^۲$ باشد، جرم مایع سوم چند گرم است؟

۱) ۵۶ ۲) ۴۸ ۳) ۴۲ ۴) ۳۵

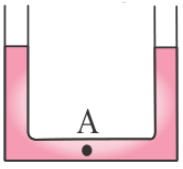


۳-۶-۲ تیپ دوم سوالات U شکل: اضاف کردن یک مایع

تست۱۸: سطح مقطع یکسان

در شکل روبه‌رو، سطح مقطع لوله در هر طرف برابر $۲cm^۲$ است و در لوله جیوه ریخته شده است. اگر در یکی از شاخه‌ها روی جیوه ۳۴ cm آب بریزیم، مطلوبست : (چگالی جیوه و آب به ترتیب $۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳}$, $۱ \frac{g}{cm^۳}$ است.)

مورد ج- خارج از کشور- ۱۳۹۳



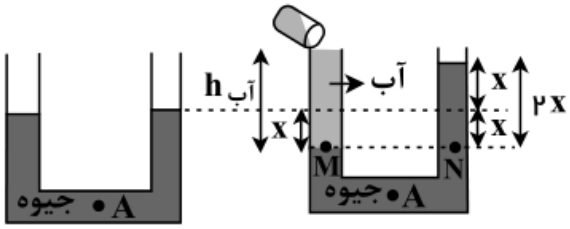
الف: سطح جیوه نسبت به حالت اولیه چند سانتی متر بالاتر می رود؟

ب: ارتفاع جیوه در شاخه سمت راست چند سانتی متر می شود؟ (ارتفاع اولیه جیوه در هر دو شاخه ۲۰ سانتی متر می باشد.)

ج: فشار در نقطه A چند سانتی‌متر جیوه افزایش می یابد؟

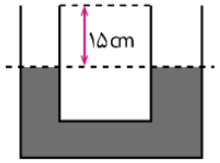
د: سطح جیوه چند سانتی متر از نقطه ی F بالاتر می رود؟

هـ: ..... در یکی از شاخه ها روی جیوه ۶۸ گرم آب بریزیم:



تست ۱۹: سطح مقطع متفاوت

در شکل مقابل، مساحت مقطع لولهٔ سمت راست و چپ به ترتیب $۳\,cm^۲$ و $۱/۵\,cm^۲$ بوده و مایعی به چگالی $۴\frac{g}{cm^۳}$ در لوله در حال تعادل است. از سمت راست مایعی به چگالی $۲\frac{g}{cm^۳}$ به لوله اضافه می‌کنیم تا این لوله کاملاً پر شود. پس از رسیدن به تعادل اختلاف سطح آزاد دو مایع در دو طرف چند سانتی‌متر می‌شود؟



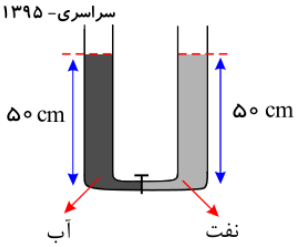
۱) ۱۸
۲) ۱۵
۳) ۹
۴) ۱۲

۳-۶-۳ تیپ سوم سوالات U شکل: باز کردن شیر

تست ۲۰: سطح مقطع یکسان

در شکل روبه‌رو، قطر قاعده‌ی دو استوانه برابرند. اگر شیر ارتباط بین دو طرف را باز کنیم، سطح آب چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ ($\text{چگالی نفت} = ۸۰۰\frac{kg}{m^۳}$ و $\text{چگالی آب}\ ۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$)

سراسری- ۱۳۹۵

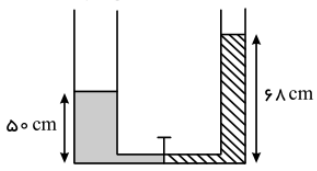


۱) ۱۰
۲) ۵
۳) ۴
۴) ۲٫۵

تست ۲۱: سطح مقطع متفاوت

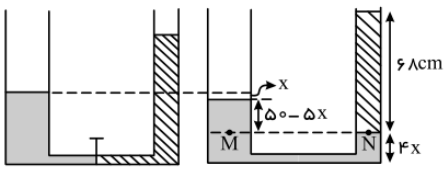
در لولهٔ U شکل زیر، مساحت سطح مقطع شاخهٔ سمت چپ، چهار برابر مساحت سطح مقطع شاخهٔ سمت راست است. اگر در شاخهٔ سمت راست تا ارتفاع ۶۸ سانتی‌متری آب و در شاخهٔ سمت چپ تا ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری جیوه بریزیم و سپس شیر ارتباطی دو لوله باز شود، پس از برقراری تعادل سطح جیوه نسبت به حالت اولیه چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شود؟ ($\rho_{\text{آب}} = ۱\frac{g}{cm^۳}$، $\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳٫۶\frac{g}{cm^۳}$ و سطح مقطع لولهٔ ارتباطی ناچیز است.)

منبع قلم چی- ۱۳۹۹



۱) ۱
۲) ۴
۳) ۸
۴) ۹

پاسخ: گزینه ۴



بعد از باز کردن شیر رابط و به تعادل رسیدن دو مایع، اگر سطح جیوه در شاخهٔ سمت چپ به اندازهٔ x پایین بیاید، با توجه به این‌که سطح مقطع شاخهٔ سمت چپ، چهار برابر سطح مقطع شاخهٔ سمت راست است، بنابراین سطح آب در شاخهٔ سمت راست به اندازهٔ $۴x$ بالا می‌رود. حال با توجه به برابری فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع ساکن، داریم:

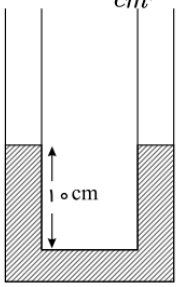
$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} + P_۰ = \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} + P_۰ \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} \Rightarrow ۱۳٫۶ \times (۵۰ - ۵x) = ۱ \times ۶۸ \Rightarrow x = ۹cm$$

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۳-۶-۴ تیپ دوم سوالات U شکل: یکسان شدن سطح آزاد

تست ۲۲:

در شکل زیر، سطح مقطع لوله $2cm^2$ است و در آن آب با چگالی $\rho_1 = 1\frac{g}{cm^3}$ قرار دارد. روی آب، در یک طرف $20cm^3$ مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی $\rho_2 = 0/8\frac{g}{cm^3}$ می‌ریزیم. در لولهٔ مقابل چند سانتی‌متر مکعب مایع مخلوط‌نشدنی دیگری با چگالی $\rho_3 = 0/75\frac{g}{cm^3}$ بریزیم، تا سطح آزاد مایع‌ها در دو شاخهٔ لوله در یک سطح باشد؟



۱) ۸
۲) ۱۲
۳) ۱۲/۸
۴) ۱۶

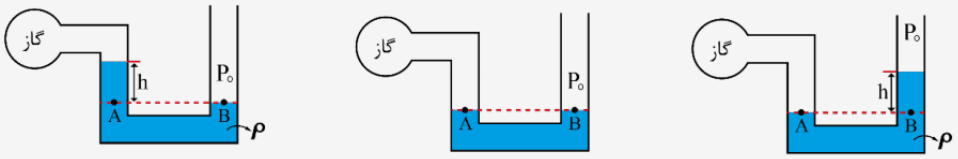
۳-۶-۵ تیپ چهارم سوالات U شکل: مخزن دار

فشار پیمانه‌ای

به اختلاف فشار شاره (گاز یا مایع) با فشار هوا، فشار پیمانه‌ای می‌گویند و با نماد P_g نمایش می‌دهند، یعنی:

$$P_g = P_{\text{شاره}} - P_0$$

با توجه به تعریف بالا، ۳ حالت برای فشار پیمانه‌ای وجود دارد که در ادامه برای فشار پیمانه‌ای گاز در مانومتر بررسی می‌کنیم:



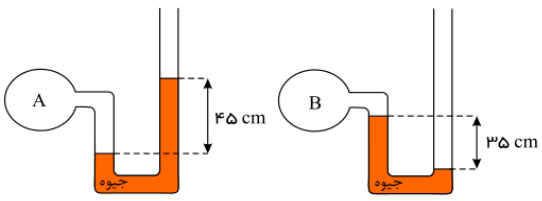
$P_{\text{گاز}} > P_0$ $\quad P_g = P_{\text{گاز}} - P_0 = +\rho gh$

$P_{\text{گاز}} = P_0$ $\quad P_g = P_{\text{گاز}} - P_0 = 0$

$P_{\text{گاز}} < P_0$ $\quad P_g = P_{\text{گاز}} - P_0 = -\rho gh$

تست ۲۳:

اگر فشار هوا در محل آزمایش ۷۵ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار گاز درون مخزن A چند برابر فشار گاز درون مخزن B است؟

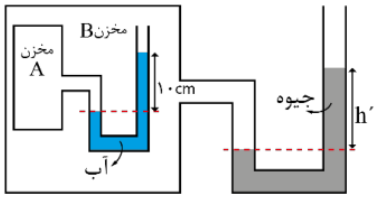


۱) $\frac{9}{7}$
۲) ۲
۳) $\frac{16}{7}$
۴) ۳

تست ۲۴:

در شکل مقابل، فشار هوای محیط $۱۰^۵\,Pa$ است. اگر فشار گاز درون مخزن A، $۱۱۴/۶\,kPa$ باشد، ارتفاع h' در شکل، چند سانتی‌متر است؟

($\rho_{جیوه}=۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}$، $\rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳}$ و $g=۱۰\frac{N}{kg}$ است)



۱) ۲/۵

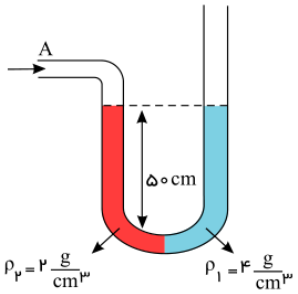
۲) ۵

۳) ۷/۵

۴) ۱۰

تست ۲۵:

در شکل مقابل شخصی از نقطهٔ A به درون لولهٔ U شکل می‌دمد. فشار پیمانه‌ای هوای درون ریهٔ شخص چند کیلوپاسکال است؟



۱) ۲۰۰۰

۲) ۲۰

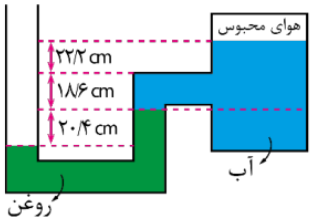
۳) ۱۰۰۰۰

۴) ۱۰

تست ۲۶:

در فشارسنج مقابل، آب و روغن در تعادل قرار دارند. فشار هوای محبوس در مخزن چند سانتی‌متر جیوه است؟

($P_۰=۷۶\,cmHg$ ، $\rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳}$ ، $\rho_{روغن}=۰/۸\frac{g}{cm^۳}$، $\rho_{جیوه}=۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}$)



۱) ۶۸

۲) ۷۱/۸

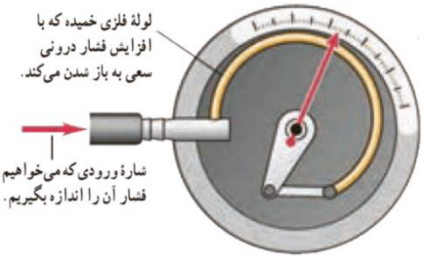
۳) ۷۲/۶

۴) ۶۴/۴

۳-۶-۶ فشار سنج بوردون

عقربه این فشارسنج زمانی حرکت می کند که فشار پیمانه ای تغییر کند. یعنی کار این وسیله نشان داد فشار پیمانه ای شاره است.

دستگاه هایی مثل دستگاه فشارسنج خون وفشارسنج بادلاستیک فشارپیمانه ای را اندازه می گیرند.



جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۳-۷ نیروی شناوری – اصل ارشمیدوس

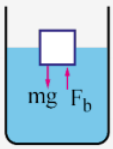
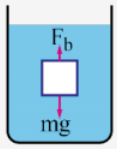
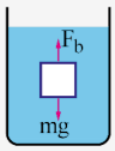
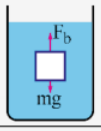
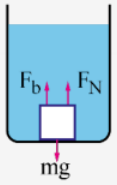
اصل ارشمیدس و شناوری

وقتی جسمی در شاره‌ای قرار می‌گیرد، نیروی وارد بر قسمت پایینی جسم بزرگ‌تر از نیروی وارد بر قسمت بالایی است، اختلاف این دو نیرو برابر با نیرویی رو به بالاست که جسم وارد می‌شود و به آن نیروی شناوری (F_b) می‌گویند.

در بحث شناوری جسم درون شاره (مایع یا گاز) ۲ موضوع مهم است؛

۱- تشخیص حالت جسم توسط مقایسه چگالی جسم و شاره

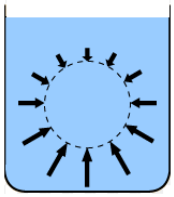
۲- مقایسه نیروی شناوری و وزن مایع در هر حالت. این دو موضوع را در ۵ حالت می‌توانید در جدول زیر ببینید:

وضعیت جسم	توضیح حالت جسم	مقایسهٔ نیروی وزن و نیروی شناوری	مقایسهٔ چگالی‌ها	شکل
شناوری	بخشی از جسم درون مایع و بخشی بیرون مایع است.	$F_b = mg$	$\rho_{جسم} < \rho_{شاره}$	
پایین رفتن	تمام جسم درون مایع است و جسم در حال پایین رفتن است.	$F_b < mg$	$\rho_{جسم} > \rho_{شاره}$	
غوطه‌وری	تمام جسم درون مایع است و جسم در میان مایع ساکن است.	$F_b = mg$	$\rho_{جسم} = \rho_{شاره}$	
بالا رفتن	تمام جسم درون مایع است و جسم در حال حرکت به سمت بالا است.	$F_b > mg$	$\rho_{جسم} < \rho_{شاره}$	
ته‌نشینی	جسم در تماس با کف ظرف است.	$F_b = mg - F_N \rightarrow F_b < mg$	$\rho_{جسم} > \rho_{شاره}$	

نیروی شناوری

توپ توی آب نمیره، علتش نیرویه شناوریه (F_b).

چرا توپ بالا میاد؟



۱) شاره(مایع یاگاز)به سطح جسمی که در داخل آن است به طورعمود نیرو وارد میکند.

۲) هرچه سطح جسم درنقاط عمیق ترشاره باشد این نیرو بزرگتر است.

- **پایین فشار بالاتره، فلش پایینی ها بزرگتره، به این خاطر نیرو بالاسو هستش!**
- **این نیروی بالا سوی خالص را نیروی شناوری گویند.**
- **پس علت وارد شدن نیروی شناوری اختلاف فشار در سطوح بالایی و پایینی جسم می باشد.**

$F_b = \rho V g$	
ρ : چگالی شاره	V : حجم آن قسمتی از جسم که داخل مایع شده یا حجم مایع جابجا شده

اصل ارشمیدوس

طبق این اصل وقتی تمام یابخشی ازجسم درون شاره ای فرو رود ازطرف شاره نیرویی بالاسو برجسم وارد می شود. این نیرو برابر باوزن شاره جابه جاشده توسط جسم است. که وزن آب جابجا شده توسط جسم لزوماً با وزن جسم برابر نیست.

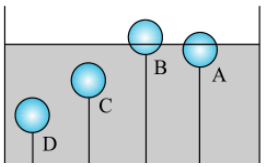
وزن شاره جابه جاشده= F_b

نکته: حجم مایع جابه جاشده برابر حجمی از جسم جامداست که درون مایع فرو رفته.

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۲۷:

در شکل زیر، چهار کرهٔ توخالی سبک همسان توسط نخ به کف ظرف پر از آبی متصل شده و ساکن هستند. اندازهٔ نیروی شناوری وارد بر آن‌ها در کدام گزینه به‌درستی مقایسه شده است؟



قلم چی-۱۳۹۸

۱) $A > B > C > D$

۲) $A = B = C = D$

۳) $D = C > B > A$

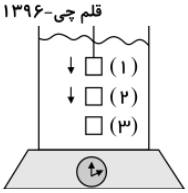
۴) $D = C > A > B$

نکته۴: با قرار دادن جسمی در آب ابتدا نیروی شناوری افزایش می یابد. با فرو رفتن کامل جسم در آب دیگر مقدار نیروی شناوری افزایش نمی یابد و ثابت می ماند.

تست ۲۸:

مطابق شکل زیر، یک ظرف محتوی آب روی باسکولی قرار دارد و باسکول W را نشان می‌دهد. هرگاه یک قطعه آهن که به نخی سبک متصل است را به آرامی وارد ظرف آب کنیم و تا نزدیکی کف ظرف فرو بریم (بدون آن که به کف ظرف بچسبد) در طی این عمل عددی که باسکول نشان می‌دهد چگونه تغییر می‌کند؟

قلم چی-۱۳۹۶



۱) همواره ثابت می‌ماند.

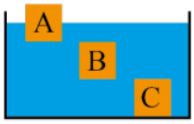
۲) ابتدا افزایش می‌یابد و سپس ثابت می‌ماند.

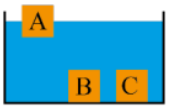
۳) ابتدا کاهش می‌یابد و سپس ثابت می‌ماند.

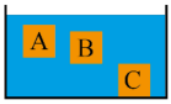
۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

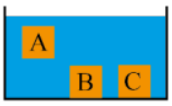
تست ۲۹:

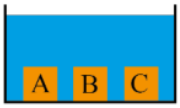
در شکل مقابل، ۳ جسم A، B و C درون مایعی به چگالی $2/23 \frac{g}{cm^3}$ در تعادل قرار دارند. اگر همین ۳ جسم را درون مایعی به چگالی $2/03 \frac{g}{cm^3}$ قرار دهیم، کدام‌یک از حالت‌های زیر ممکن نیست رخ دهد؟



۱)


۲)


۳)


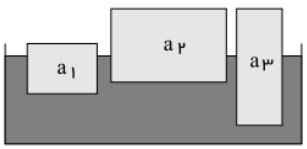
۴)


نکته۵: اگر چگالی جسم ρ_m و چگالی مایع ρ_f باشد و جسم روی مایع شناور باشد، حجم قسمتی از جسم که درون مایع قرار می گیرد V' به حجم کل جسم V از رابطه روبرو محاسبه می شود :

$$\frac{V'}{V} = \frac{\rho'}{\rho}$$

تست ۳۰:

سه جسم a_1، a_2 و a_3 با چگالی‌های متفاوت بر سطح آب شناورند. کدام رابطه بین چگالی آن‌ها درست است؟



۱) $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$

۲) $\rho_1 > \rho_3 > \rho_2$

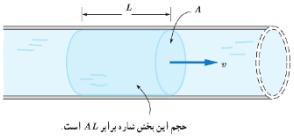
۳) $\rho_3 > \rho_1 > \rho_2$

۴) $\rho_3 > \rho_2 > \rho_1$

پاسخ: گزینه ۲

۱-۷-۳ آهنگ جریان یک شاره درون لوله و معادله پیوستگی

به حجم شاره ای که در واحدزمان ازیک مقطع از لوله میگذرد اهنگ جریان شاره می گوییم. به عبارت دیگر اهنگ جریان شاره نسبت حجم شاره جابه جاشده به زمان جابه جایی است. مثلاً اگر درشکل روبرو حجم AL ازشاره در مدت t جابه جاشده باشد اهنگ جریان شاره ای برابر میشود با:



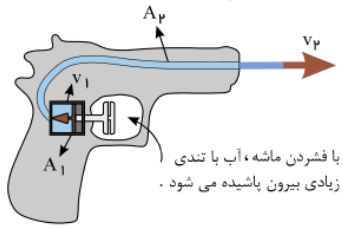
اهنگ جریان شاره = $\frac{Hajme\ share}{time} = \frac{AL}{t} = AV$ واحد آن در SI m^3/s می باشد.

$$A_1L_1 = A_2L_2 \xrightarrow{t_1=t_2} \frac{A_1L_1}{t_1} = \frac{A_2L_2}{t_2} \Rightarrow A_1V_1 = A_2V_2$$

به رابطه بالا معادله پیوستگی می گوییم که برای شاره های **تراکم ناپذیر درست** است.

تست ۳۱:

مطابق شکل، $A_1 = 1cm^2$ و $A_2 = 2mm^2$ است. هنگام فشردن ماشهٔ تفنگ $v_1 = 0/01\frac{m}{s}$ است. تندی آب از تفنگ چند $\frac{m}{s}$ است؟

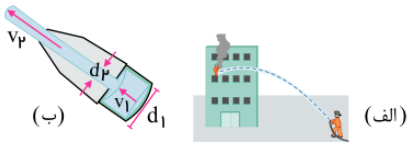


۱) ۰/۵
۲) ۲
۳) ۰/۰۵
۴) ۰/۲

تست ۳۲:

شکل (الف) آتش‌نشانی را در حال خاموش کردن آتش از فاصلهٔ نسبتاً دوری نشان می‌دهد. نمایی بزرگ شده از شیر بسته شده به انتهای لولهٔ آتش‌نشانی در شکل (ب) نشان داده شده است. اگر آب با تندی $v_1 = 1/5\frac{m}{s}$ از لوله وارد شیر شود و قطر ورودی شیر $d_1 = 12/5cm$ و قطر قسمت خروجی آن $d_2 = 2/5cm$ باشد، تندی آب خروجی از شیر چند متر بر ثانیه است؟

قلم چی-۱۳۹۷



۱) ۷/۵
۲) ۲۵
۳) ۴۵
۴) ۳۷/۵

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

فصل چهارم دهم

گرما

دما و دماسنج‌ها

- سلسیوس
- کلوین
- فارنهایت
- دماسنج‌ها
  - دانشمندان برای کارهای علمی، سه دماسنج را به عنوان دماسنج‌های معیار برای اندازه‌گیری گستره‌ی دماهای مختلف پذیرفته‌اند:
    - دماسنج گازی (بر اساس قانون گازها کار می‌کند.)
    - دماسنج مقاومت پلاتینی (بر اساس مقاومت الکتریکی فلز پلاتین کار می‌کند)
    - تف سنج (پیرومتر) (بر اساس مقدار تابش جسم در دماهای مختلف کار می‌کند)

انبساط گرمایی

هنگامی که دمای یک جسم را افزایش می‌دهیم، طول، مساحت و حجم جسم افزایش می‌یابد و جسم منبسط می‌شود، که هر یک از موارد بالا را می‌توان از طریق روابط روبه‌رو به دست آورد:

- تغییر طول: $\Delta \ell = \ell_1 \alpha \Delta\theta$
- طول ثانویه: $\ell_2 = \ell_1(1+\alpha\Delta\theta)$
- تغییر مساحت: $\Delta A = A_1(2\alpha)\Delta\theta$
- مساحت ثانویه: $A_2 = A_1(1+2\alpha\Delta\theta)$
- تغییر حجم: $\Delta v = v_1(3\alpha)\Delta\theta$
- تغییر حجم برای مایعات: $\Delta v = v_1(\beta)\Delta\theta$
- حجم ثانویه: $v_2 = v_1(1+3\alpha\Delta\theta)$ یا $v_2 = v_1(1+\beta\Delta\theta)$
- تغییر چگالی: $\rho_2 = \rho_1(1-3\alpha\Delta\theta)$
- چگالی ثانویه: $\Delta\rho = -\rho_1 3\alpha\Delta\theta$

- انبساط غیرعادی آب: رفتار آب در بازهٔ دمایی صفر تا 4 درجه سانتیگراد رفتاری غیرعادی است. در واقع در این بازهٔ دمایی، با افزایش دما، حجم آب دچار کاهش و چگالی آن دچار افزایش خواهد شد.

اگر ظرفی را پر از یک مایع کنیم و دمای مجموعه را افزایش دهیم هم مایع و هم ظرف هردو دچار انبساط می‌شوند اما چون ضریب انبساط مایعات بیش‌تر از جامدات است پس مقدار انبساط حجمی مایع بیش‌تر از مقدار انبساط حجمی ظرف است پس مقداری مایع از ظرف به بیرون خواهد ریخت.

گرما

- تعریف گرما: می‌دانیم رابطهٔ گرمای مربوط به تغییر دما به‌صورت $Q = mc\Delta T$ است که حاصل‌ضرب mc را ظرفیت گرمایی نامیده و با C نمایش می‌دهیم. پس این رابطه را به فرم $Q = C\Delta T$ نیز می‌توان نوشت.
- دمای تعادل: اگر دو جسم با دماهای متفاوتی را در کنار یکدیگر قرار دهیم گرما از جسم با دمای بیش‌تر به جسم با دمای کم‌تر منتقل می‌شود و این امر آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا دو جسم به دمای مشترکی برسند. در این حالت می‌گوییم دو جسم در تعادل گرمایی بوده و دمایی که دو جسم در آن قرار دارند را دمای تعادل می‌نامیم

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \cdots = 0$$

- گرماسنج: گرماسنج وسیله‌ای است عایق که عموماً از آن برای تعیین گرمای ویژه جسمی با جنس نامعلوم استفاده می‌شود. اگر درون گرماسنج مقداری آب ریخته باشیم و آن‌گاه فلز موردنظر با جرم و دمای اولیهٔ معین را درون این مجموعه قرار دهیم، تا رسیدن به دمای تعادل (که از روی دماسنج تعبیه شده روی گرماسنج عدد آن خوانده می‌شود) می‌توان این‌گونه نوشت

تغییر حالت ماده

تبدیل مایع به جامد : انجماد
تبدیل جامد به مایع : ذوب
تبدیل جامد به بخار : تصعید
تبدیل بخار به جامد : چگالش
تبدیل بخار به مایع : میعان

- تغییر فاز از جامد به مایع (بدون تغییر دما): $Q = +mL_f$
- تغییر فاز از مایع به جامد (بدون تغییر دما): $Q = -mL_f$
- تغییر فاز از مایع به گاز (بدون تغییر دما): $Q = +mL_V$
- تغییر فاز از گاز به مایع (بدون تغییر دما): $Q = -mL_V$

روش های انتقال گرما

- رسانش گرمایی
- همرفت
  - همرفت طبیعی
  - همرفت واداشته
- تابش گرمایی
  - شکار تابش فروسرخ
  - کلم اسکانک

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۱-۴ دما و داستان هاش

تعریف	مقدار سردی و گرمی اجسام را مشخص می کند.	
وسیله اندازه گیری دما	دماسنج	کمیت دماسنجی: هرمشخصه قابل اندازه گیری که با تغییردما تغییرکند. مثلا: تغییر ارتفاع مایع در یک کتری در حال جوش مقیاس های دماسنجی: ۳ مقیاس مهم در پایین
تعبیر مولکولی دما با استفاده از تعریف انرژی درونی	✓ هرجسم ازذره های بیشماری (اتم یامولکول) ساخته شده و هرذره مقداری انرژی دارد. ✓ بخشی از انرژی این ذره به خاطر جرم و سرعت حرکت (انرژی جنبشی) و بخش دیگری به صورت انرژی ذخیره شده درآن (پتانسیل) است. ✓ ازاین تعریف میتوان نتیجه گرفت هرچه ذرات سازنده جسم(جرم) بیشتر و انرژی هرذره زیادتر باشد انرژی درونی آن جسم هم بیشتراست و هرچه انرژی جنبشی ذرات یک ماده بیشتر باشد دمای آن نیز بیشتر است. ✓ در واقع دمای هرجسم متناسب است با میانگین انرژی جنبشی ذرات سازنده آن. نکته ۱: جرم آب دریاچه به مراتب بیشتر ازجرم یک لیوان چای است.به همین دلیل انرژی درونی آب دریاچه از انرژی درونی لیوان چای بیشتر است. نکته۲: انرژی درونی به دمای جسم تعدادذره های تشکیل دهنده آن (جرم جسم) بستگی دارد.	

مقیاس های سنجش دما

سلسیوس $\theta \mid {}^{\circ}C$

نقطه اول: صفر درجه سلسیوس – دمایی که در آن آب خالص در فشار جو متعارف (یک اتمسفر) شروع به یخ زدن می کند

نقطه دوم: ۱۰۰ درجه سلسیوس – دمایی که در آن آب خالص در فشار جو متعارف در حال جوشیدن است.

کلوین $T \mid K$

صفر مطلق: صفر کلوین برابر ۲۷۳/۱۵ – درجه سلسیوس می باشد.

نقطه اول : ۲۷۳ و نقطه دوم : ۳۷۳

$$T = \theta + ۲۷۳ \quad | \quad \Delta T = \Delta\theta$$

فارنهایت $F \mid {}^{\circ}F$

نقطه اول: ۳۲ درجه فارنهایت – دمای یخ زدن آب خالص در فشار جو متعارف

نقطه دوم : ۲۱۲ درجه فارنهایت – دمای جوش آب خالص در فشار جو متعارف

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲ = ۱/۸\theta + ۳۲ \quad | \quad \Delta F = ۱/۸\Delta T = ۱/۸\Delta\theta$$

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۴-۱-۱ یافتن رابطه مقیاس دمایی نامعلوم با استفاده از مقیاس درجه سلسیوس (یا دیگر مقیاس ها)

برای یافتن رابطه مقیاس دمایی خاصی مثل x کافیست از تناسب های زیر استفاده کرد: (رابطه حفظ نکن)

$$\begin{vmatrix}\theta_2\\ x\\ \theta_1\end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix}\theta'_2\\ x'\\ \theta'_1\end{vmatrix} \qquad \frac{\theta_2 - x}{\theta_2 - \theta_1} = \frac{\theta'_2 - x'}{\theta'_2 - \theta'_1}$$

θ_1: دمای نقطه ۱ در مقیاس معلوم | θ_2: دمای نقطه ۲ در مقیاس معلوم | x درجه بندی معلوم

θ'_1: دمای نقطه ۱ در مقیاس مجهول | θ'_2: دمای نقطه ۲ در مقیاس مجهول | x' درجه بندی مجهول

۴-۱-۲ انواع دماسنج

انواع دماسنج	کمیت دماسنجی	اساس کار	کاربرد	توضیحات تکمیلی
مایعی – جیوه ای	طول ستون مایع در لوله	انبساط مایعات	دماسنج آزمایشگاه و پزشکی	بازه سنجش دما بین ۳۹- تا ۳۷۵ درجه سانتی گراد (تکمیلی دارد)
مایعی - الکلی	طول ستون مایع در لوله	انبساط مایعات	دماسنج آزمایشگاه	بازه سنجش دما بین ۱۱۵- تا ۷۹ درجه سانتی گراد (تکمیلی دارد)
دماسنج مایعی بیشینه – کمینه	طول ستون مایع در لوله	بر اساس بیشترین و کمترین دما در یک مدت معین و طبق انبساط مایعات کار می کند	در مراکز پرورش گل وگیاه، باغداری و هواشناسی	اعداد در شاخه سمت راست از پایین به بالا زیاد و در شاخه چپ از پایین به بالا کم میشن! (تکمیلی دارد)
تابشی (تف سنج یا پیرومتر)	شدت تابش گرمایی	براساس آشکارسازی تابش گرمایی خروجی از پوست انسان کارمی کند. (تابش گرمایی)	در پزشکی : تعیین تب مقاصد علمی	معیار است
گازی	فشار گاز	قانون گازها	مقاصد علمی	معیار است
مقاومت پلاتینی	ولتاژ دو سر مقاومت	تغییر مقاومت الکتریکی با تغییر دما	مقاصد علمی	معیار است
ترموکوپل	ولتاژ یا اختلاف پتانسیل	یک مدار الکتریکی است که ولتاژآن باکم یا زیاد شدن دما تغییر میکند.	مدارهای الکترونیکی	از معیار ها گذاشتنش کنار گستره دماسنجی این نوع دماسنج ها به جنس سیم های استفاده شده در آن بستگی دارد. (تکمیلی دارد)
نواری دو فلزه و ترموستات	تغییر طول فلز	اختلاف انبساط طولی فلزات	تنظیم و کنترل دما در دستگاه های صنعتی	(تکمیلی دارد)

۴-۱-۳ تکمیلی دماسنج مایعی

۱) برای اندازه گیری دمای جسم به کمک این نوع دماسنج لازم است که جسم مورد نظر درتماس کامل بامخزن دماسنج باشد.

۲) این دماسنج دقت خیلی زیادی ندارد وبرای اندازه گیری های معمولی دما از آن استفاده میشود.

۳) دقت و حساسیت دماسنج های مایعی به چند عامل بستگی دارد: ۱) قطر لوله ۲) ضخامت لوله ۳) حجم مایع ومخزن

هرچه قطرلوله باریکتر، ضخامت شیشه دیواره دماسنج نازک تر و حجم مخزن مایع بزرگتر باشد دماسنج دقیق تر و حساس تر است.

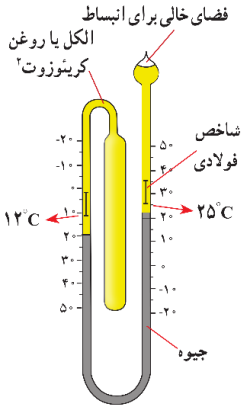
۴) کمّیت دماسنجی، ارتفاع مایع درون لوله دماسنج است؛ زیرا به جز چند مورد استثنا تمام مواد با افزایش دما، منبسط و با کاهش آن منقبض می‌شوند.

۵) این دماسنج ها تازمانی کار میکنند که مایع درون آن ها منجمد یا تبخیر نشود. مثلاً با دماسنج الکلی نمی توانیم دمای آب جوش را اندازه بگیریم. چون نقطه جوش الکل ۷۹°C است و در دمای ۱۰۰°C تبخیر می شود.

۶) در دمای ۴۰- ، دماسنج سلسیوس و فارنهایت یک عدد که ۴۰- درجه سلسیوس (فارنهایت) می باشد را نشان می دهند.

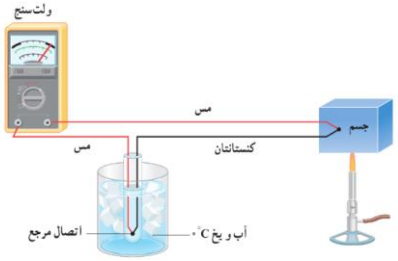
۴-۱-۴ تکمیلی دماسنج بیشینه –کمینه

اعداد در شاخه سمت راست از پایین به بالا زیاد و در شاخه چپ از پایین به بالا کم میشن!



۴-۱-۵ تکمیلی ترموکوپل (به دلیل دقت کمتر ، از معیار ها گذاشتنش کنار ☹)

یک مدار الکتریکی است که ولتاژآن باکم یا زیاد شدن دما تغییر میکند.یک ولت سنج حساس این تغییر ولتاژ را به صورت تغییر دما نشان میدهد پس میتوان گفت که کمیت دماسنجی ترموکوپل ولتاژ یا همان اختلاف پتانسیل است.



طرزکار: به کمک دو سیم رسانای غیرهم جنس (مثلاً مس و کنستانتان) و یک ولت سنج مداری می بندیم. یک طرف این دو سیم به دمای مرجع وصل است برای همین اسم این اتصال را اتصال مرجع می نامیم. دمای اتصال مرجع، دمای مخلوط آب و یخ ۰°C است. درطرف دیگر دوسیم در نقطه ای که می خواهیم دمای آن را بدانیم به هم متصل شده اند به این نقطه اتصال آزمون می گویند. حال به خاطر اختلاف دمای اتصال آزمون و اتصال مرجع بین این دو اتصال اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می شود. با افزایش دمای اتصال آزمون ولتاژدو سر مدار هم تغییر می کند. با چند بار آزمایش می فهمیم که هر دمایی یک ولتاژمخصوص به خود را نشان می دهد. حالا اگر این ولت سنج را بر حسب دما درجه بندی کنیم میتوانیم دمای جسم را اندازه بگیریم.

دماسنج ترموکوپل

کمیت دماسنجی: ولتاژ

- گستره دماسنجی این نوع دماسنج ها به جنس سیم های استفاده شده در آن بستگی دارد. مثلاً در یک نوع که با آلیاژ آلومل و کرومل : از ۲۷۰ - تا ۱۳۷۲ درجه سانتی گراد
- به دلیل جرم کوچک سیم ها در محل اتصال، سرعت اندازه گیری بالایی دارد.
- در مدارهای الکترونیکی قابل استفاده است.

۲-۴ انبساط گرمایی

اگر درِ یک ظرف شیشه‌ای محکم باشد، معمولاً برای باز کردن درِ ظرف روی آن آب داغ می‌ریزیم.

وقتی دو لیوان شیشه‌ای درهم، گیر کرده باشند، با ریختن آب سرد در لیوان داخلی و گذاشتن لیوان بیرونی در آب گرم، می‌توانیم دو لیوان را از هم جدا کنیم.

وقتی دندانپزشک سوراخ دندانی را پر می‌کند، باید ماده پرکننده دندان همان مشخصه‌های انبساط گرمایی دندان را داشته باشد ، زیرا در غیر این صورت، خوردن یک بستنی سرد و در پی آن نوشیدن چای داغ، بسیار دردناک خواهد بود و ممکن است سبب شکستن دندان نیز بشود.

بیشتر اجسام با افزایش دما حجمشان زیاد و با کاهش دما حجمشان کم می‌شود. همان طور که دیدیم این پدیده اساس ساخت بعضی از دماسنج‌هاست. بی توجهی به پدیده انبساط در ساختن پل‌ها، ساختمان‌ها، خط آهن‌ها، خطوط انتقال نیرو، خطوط انتقال سوخت و ... می‌تواند مشکل‌هایی را ایجاد کند.

بیشتر اجسام با افزایش دما منبسط میشوند، یعنی حجم و ابعادشان زیاد میشود که به این پدیده انبساط گرمایی می گویند. توجیه انبساط گرمایی، مبتنی بر دیدگاه میکروسکوپی است. انبساط گرمایی یک جسم پیامد تغییر فاصله بین اتم‌ها یا مولکول‌های تشکیل دهنده آن است.

- ✓ اتم های جامد مثل فنر به هم نیرو وارد می کنند برای همین اتم ها در اطراف مکان های تعادل خود بادامنه کم نوسان می کنند. با بالا رفتن دما انرژی جنبشی و دامنه نوسان این اتم ها افزایش می یابد و باعث می شود که فاصله متوسط بین این اتم ها زیاد شود. نتیجه این اتفاق انبساط گرمایی است.
- ✓ در مایع ها هم با افزایش دما حرکت کاتوره ای اتم ها و مولکول ها بیشتر میشود. این زیاد شدن حرکت باعث دور شدن اتم ها و مولکول ها ازهم میشود و در نتیجه حجم مایع افزایش می یابد.

چند نکته :

۱) در انبساط یک جسم فاصله بین تمام نقاط آن افزایش می یابد . یعنی هر دو نقطه دلخواهی که در یک جسم در نظر بگیرید فاصله بینشان بعد از افزایش دما زیاد می شود.

۲) با افزایش دما تمام ابعاد جسم به یک نسبت افزایش می یابد یعنی جسم ، هر شکلی که باشد بعد از افزایش دما مشابه شکل اولیه خودش خواهد بود. مثلاً در انبساط گرمایی یک قطعه فلز مربعی شکل اگر یک ضلع مربع ۲ برابر شود تمام اضلاع دیگر مربع، ارتفاع، قطر حفره درون مربع ، محیط و به طورکلی فاصله هر دو نقطه دلخواه مشخص نیز ۲ برابر میشود.

۳) مواد مختلف نسبت به تغییر دمای یکسان به یک نسبت منبسط نمیشوند یعنی انبساط گرمایی مواد مختلف باهم فرق دارند. برای همین دندان پزشکان برای پر کردن دندان از ماده ای استفاده میکنند که مشخصه های انبساط گرمایی دندان را داشته باشد.

۴) انبساط هم مانند سایر پدیده های فیزیکی مزایا و معایب خودش را دارد.

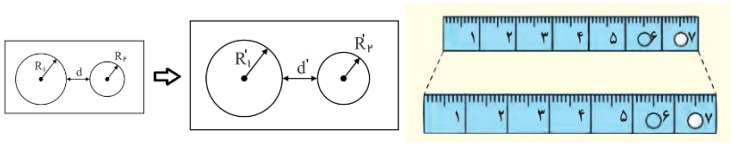
مزایا: انبساط مبنای عملکرد وسیله هایی مثل دماسنج ها و ترموستات ها است.

معایب: انبساط در ساخت پل ها, ساختمان ها , خط اهن ها و خطوط انتقال نیرو وسوخت مشکل ایجاد می کند.

عامل های موثر بر انبساط اجسام

- جنس جسم
- ابعاد اولیه
- تغییرات دما

نکته۳: همه به یک نسبت بزرگ می شوند.



نکته۴: از بست های انبساطی انگشتی برای برطرف کردن مشکل انبساط طولی در پل ها استفاده می شود.

۴-۲-۱ یک داستان مهم | قسمت ۱ | انبساط ها

داستان	نوع ماده	نوع	مقدار نهایی؟ چقدر می شه؟	تغییراتش؟ چقدر کاهش/ افزایش؟	درصد تغییرات
انبساط	جامدات	طولی	$L_2 = L_1(1+\alpha\Delta T)$	$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$	$(\frac{\Delta L}{L_1})\times 100 = (\alpha\Delta T)\times 100$
		سطحی	$A_2 = A_1(1+2\alpha\Delta T)$	$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$	$(\frac{\Delta A}{A_1})\times 100 = (2\alpha\Delta T)\times 100$
		حجمی	$V_2 = V_1(1+\underset{\beta_s}{3\alpha}\Delta T)$	$\Delta V = \underset{\beta_s}{3\alpha} V_1 \Delta T$	$(\frac{\Delta V}{V_1})\times 100 = (\underset{\beta_s}{3\alpha}\Delta T)\times 100$
	مایعات	حجمی	$V_2 = V_1(1+\beta_L\Delta T)$	$\boxed{\Delta V = \beta_L V_1 \Delta T}$	$(\frac{\Delta V}{V_1})\times 100 = (\beta_L\Delta T)\times 100$
		ظاهری	وقتی به ظرف پر از مایع گرما میدیم، مایع به اندازه انبساط ظاهری اش از ظرف بیرون میریزد. $\boxed{\Delta V' = V_1(\beta_L - 3\alpha_S)\Delta T}$		
چگالی	ج/م	نوع نداره	$\boxed{\frac{\rho_2}{\rho_1} = 1-\beta\Delta\theta}$	$\boxed{\Delta\rho = -\rho_1\beta\Delta\theta}$	$(\frac{\Delta\rho}{\rho_1})\times 100 = -\beta\Delta T\times 100$
	گاز	-			

نکته۵: در تمامی روابط انبساط گرمایی واحد های دو طرف معادله برای طول، سطح و حجم باید یکسان باشند و نیازی به SI نیست.

درصد تغییرات حجم = ۳ × درصد تغییرات طول = $\frac{3}{2}$ × درصد تغییرات سطح

درصد تغییرات سطح = ۲ × درصد تغییرات طول

۴-۲-۲ ضریب ها

نوع	ضریب انبساط	توضیحات تکمیلی
طولی	α	افزایش طول میله ای به طول یک متر به ازای افزایش دمای ۱K یا ۱°C است. علاوه برجنس ماده به دما نیز تاحدودی وابسته است. واحد آن $\frac{1}{k}$ یا $\frac{1}{^oC}$ می باشد.
سطحی	2α	واحد آن $\frac{1}{k}$ یا $\frac{1}{^oC}$ می باشد.
حجمی β	جامد : $\beta_s = 3\alpha$	واحد آن $\frac{1}{k}$ یا $\frac{1}{^oC}$ می باشد. $\beta_l > \beta_s \rightarrow \beta_l > 3\alpha$
	مایع : β_l	β_l : افزایش حجم مایعی به حجم یک متر مکعب به ازای افزایش دمای ۱K یا ۱°C است. واحد آن $\frac{1}{k}$ یا $\frac{1}{^oC}$ می باشد.

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

نکته۶: تغییر طول | شعاع | قطر | فاصله بین دو نقطه | محیط : کلا هرچیزی که بین دو نقطه باشد : انبساطش طولیه!

۴-۲-۳ سوالات انبساط طولی

تست ۱:

یک بزرگراه از بخشهای بتنی به طول ۲۵ متر ساخته شده است. این بخش ها در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد، بتن ریزی و عمل آورده شده اند. برای جلوگیری از تاب برداشتن بتن در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد، مهندسان باید چه فاصله ای را بر حسب سانتی متر بین این قطعه ها در نظر بگیرند؟ ($\alpha = ۱۴ \times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{K}$)

۱) ۱/۴ ۲) ۰/۷ ۳) ۲/۱ ۴) ۱

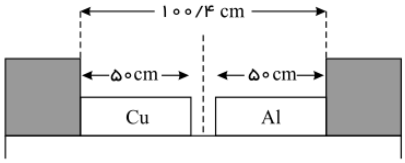
تست ۲:

طول دو میلهٔ مسی و آهنی در دمای صفر درجهٔ سلسیوس، هریک برابر ۰٫۵ متر است. دمای میله‌ها را تا چند درجهٔ سلسیوس افزایش دهیم تا اختلاف طول آن‌ها به ۰٫۳ میلی‌متر برسد؟ (ضریب انبساط طولی مس و آهن در SI به‌ترتیب $۱٫۸ \times ۱۰^{-۵}$ و $۱٫۲ \times ۱۰^{-۵}$ است.)

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۵۰ ۴) ۲۰۰

تست ۳:

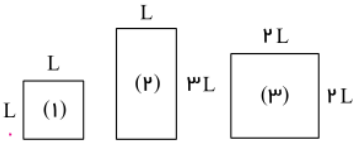
دو میلهٔ مسی و آلومینیمی بین دو دیوارهٔ ثابت قرار دارند. دمای دو میله را چند کلوین بالا بریم تا دو میله به یکدیگر برسند؟ ($\alpha_{Al} = ۲٫۳ \times ۱۰^{-۵} \frac{۱}{K}$ و $\alpha_{\text{مس}} = ۱٫۷ \times ۱۰^{-۵} \frac{۱}{K}$)



۱) ۴۷۰ ۲) ۳۴۷ ۳) ۲۵۰ ۴) ۲۰۰

تست ۴:

شکل زیر سه صفحهٔ فلزی هم‌جنس با اضلاع متفاوت را در یک دما نشان می‌دهد. اگر دمای همهٔ آن‌ها را به اندازهٔ یکسان زیاد کنیم، به ترتیب از راست به چپ ارتفاع و مساحت کدام صفحه نسبت به بقیه بیش‌تر افزایش می‌یابد؟



قلم چی- ۱۳۹۸

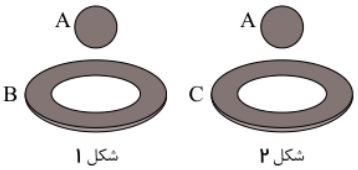
۱) (۳) – (۲)
۲) (۱) – (۲)
۳) (۲) – (۳)
۴) (۳) – (۳)

ج : اگر در هر ۳ تای آنها روزنه کوچک هم اندازه‌ای وجود داشته باشد، افزایش قطر ۳ روزنه در اثر افزایش دمای یکسان را با هم مقایسه کنید.

چون جنس هر ۳ قطعه یکسان است و هر ۳ روزنه هم اندازه هستند، افزایش قطر آنها در اثر افزایش دمای یکسان به یک اندازه است.

تست ۵:

مطابق شکل توپ فلزی از جنس A و حلقه‌های فلزی از جنس B و C می‌باشد و قطر توپ از قطر داخلی حلقه‌ها بزرگ‌تر است. اگر در شکل (۱) توپ و حلقه تا دمای یکسانی سرد شوند، توپ از حلقه عبور می‌کند و در شکل (۲) اگر توپ و حلقه تا دمای یکسانی گرم شوند توپ از حلقه عبور می‌کند. کدام مقایسه در مورد ضریب انبساط طولی صحیح است؟ (دمای اولیهٔ هر سه قطعه یکسان است.) قلم چی- ۱۳۹۸



۱) $\alpha_A > \alpha_B > \alpha_C$

۲) $\alpha_B > \alpha_C > \alpha_A$

۳) $\alpha_B > \alpha_A > \alpha_C$

۴) $\alpha_C > \alpha_A > \alpha_B$

۴-۲-۴ نمودار هرچیزی توی فیزیک !

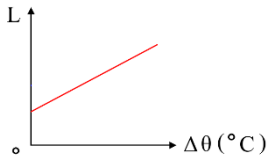
کلاً ممکنه برای هر معادله ای نمودار بگن ! پس یکم ریاضیتو قوی کن!

- ✓ تابع $y = ax$ اگر قرار به رسم باشه و به این صورت رسم بشه که محور عمودی y و محور افقی x باشه، باقی مونده که a باشه ، میشه شیب نمودار.
- ✓ تابع $y = ax + b$ هم همین داستانه با این تفاوت که عرض از مبدا داره و برابر b هستش!

$$L_۲ = L_۱ + L_۱\alpha\Delta T \qquad \Delta L = \alpha L_۱ \Delta T$$

مثلاً اگر بخواهیم نمودار ΔL را بر حسب ΔT رسم کنیم، مابقیش میشه شیب ، یعنی شیب خط : $\alpha L_۱$

یا مثلاً اگر بخواهیم نمودار L را بر حسب ΔT رسم کنیم، $L_۱$ میشه عرض از مبدا و مابقیش میشه شیب ، یعنی شیب خط : $\alpha L_۱$



۴-۲-۵ انبساط خط کش

اگر خط کش را به همراه جسم گرم کنیم، طول خط کش نیز افزایش می یابد و آن چه با خط کش اندازه گیری می کنیم طول واقعی جسم نیست و باید به انبساط خط کش نیز دقت شود.

مثلا با خط کش طول میله مسی شده ۹۰ سانتی متره. اگر دمای خط کش و میله را ۸۰ درجه زیاد کنیم ، خط کش طول میله را چند نشان می دهد؟

۱) طول جدید میله را حساب کن.

۲) هر یک سانتی متر روی خط کش تغییر کرده . پس اندازه یک سانتی متر جدید را روی خط کش حساب کن.

۳) حال طول جدید را بر یکای جدید تقسیم کن.

۴-۲-۶ تکمیلی : دو دماسنج دیگه! کاربرد انبساط طولی هستن!

دماسنج نواری دو فلزه (بی متال)

در این دماسنج دو نوار(تیغه) فلزی با ضریب انبساط متفاوت مثل (برنج و آهن) به شکل یک حلزون به هم جوش یا پرچ داده میشوند.

فلز باضریب انبساط بیشترکمان خارجی و فلز با ضریب انبساط کمتر کمان داخلی را تشکیل میدهد.

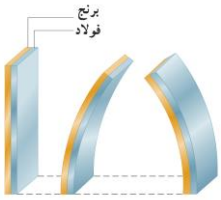
به همین دلیل با افزایش دما نوارحلزونی، حلزونی تر میشود و عقربه ساعت به سمت راست می چرخد.

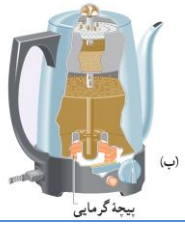
اگر داراکم کنیم عکس این اتفاق می افتد. یعنی عقربه به سمت چپ می چرخد . ازهمین ویژگی یعنی خم شدن نوارها برای اندازه گیری دما و ساختن دماسنج ها استفاده میشود.

دماپا(ترموستات)

مشابه دماسنج نواری دو فلزه, دماپا دوتیغه فلزی با طول یکسان وجنس مختلف مثل (برنج و فولاد) است که به طورکامل به هم متصل شده اند. در هنگام گرم شدن تیغه با ضریب انبساط بیشتر کمان خارجی را تشکیل میدهد.

(ضریب انبساط حرارتی برنج > ضریب انبساط حرارتی فولاد)

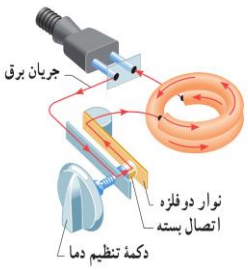


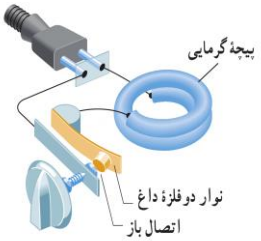


در اثر گرما دادن به تیغه ها	هرچه آلفا بیشتر ← تغییر طول بیشتر در راستای بزرگ تر شدن ← کمان خارجی
در اثر گرما گرفتن از تیغه ها	هرچه آلفا بیشتر ← تغییر طول کمتر در راستای کوچک تر شدن ← کمان داخلی

طرز کار دماپا: دماپا در مدار خیلی از وسیله های الکتریکی مثل یخچال,ابگرمکن و کتری برقی... به کار میرود. کار دماپا قطع و وصل جریان هنگام گرم وسرد شدن مدار است.

در شکل سمت راست با عبور جریان الکتریکی از کتری برقی، نوار دو فلزه گرم و به تدریج خم می شود تا جریان قطع شود. (شکل سمت چپ).

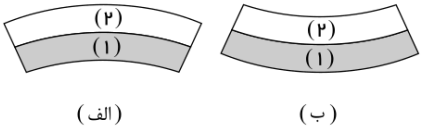




تست ۶:

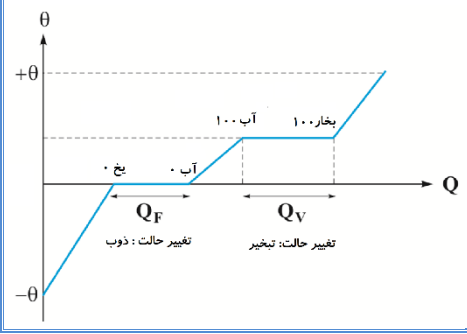
شکل‌های زیر دو تیغهٔ فلزی از جنس آهن و برنج را که به‌طور سرتاسری به‌هم جوش خورده‌اند، نشان می‌دهد. در حالت «الف» به تیغه‌ها گرما داده شده و در حالت «ب» از تیغه‌ها گرما گرفته شده است. جنس تیغهٔ «۱» در حالت «الف» و «ب» به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟

قلم چی- ۱۳۹۷



۱) آهن، برنج
۲) برنج، آهن
۳) آهن، آهن
۴) برنج، برنج

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تعریف	انرژی ایست که به دلیل اختلاف دما بین دوجسم (از جسم گرمتر به جسم سردتر) مبادله میشود.
واحد	گرما (Q) انرژی انتقال یافته است. بنابراین یکای آن ژول (J) است. یکای دیگر گرما کالری است که $1Cal = ۴/۱۸۴J \simeq ۴/۲J$
علت	علت انتقال گرما اختلاف دما است یعنی گرما تازمانی از جسم گرمتر به جسم سردتر منتقل میشود که دمای آنها برابر شود: اگر دمای دوجسم برابر نباشد: گرما ازجسم گرمتر به جسم سردتر منتقل میشود. اگر دمای دوجسم برابر باشد: گرمای خالصی بین دو جسم مبادله نمی شود.
توضیحات	مفهوم گرما به نوعی با مفهوم (انتقال یافتن) و (مبادله شدن) مرتبط شده است و اینظور نیست که که اجسام نوعی انرژی به اسم گرما داشته باشند.
علامت	جسم گرما بگیره : $Q > ۰$ | جسم گرما از دست بده : $Q < ۰$ جسم به اندازه Q گرما بگیره: انرژی درونی اش به اندازه Q زیاد میشه جسم به اندازه Q گرما از دست بده : انرژی درونی اش به اندازه Q کم میشه
بلای ۱ ت دما	در این حالت جسمی به جرم m در اثر مبادله گرمایی (Q) از دمای $\theta_۱$ به $\theta_۲$ می رسد. منظور از جرم در این رابطه ، کل جرم اولیه است. $Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_۲ - \theta_۱)$ c : گرمای ویژه جسم: مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سانتی گراد (یا یک کلوین) افزایش یابد. واحد آن $c:[\frac{J}{Kg.°C}]or[\frac{J}{Kg.K}]$. با تغییر جرم تغییری نمی کند. C : ظرفیت گرمایی: مقدار گرمایی که به یک جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سانتی گراد (یا یک کلوین) افزایش یابد. واحد آن $Q = \underset{C}{mc}\Delta\theta = C(\theta_۲ - \theta_۱) \longleftarrow C:[\frac{J}{°C}]or[\frac{J}{K}]$ اگر حالت مقایسه ای : $\frac{Q_۲}{Q_۱} = \frac{m_۲c_۲\Delta\theta_۲}{m_۱c_۱\Delta\theta_۱} \xleftarrow{m=\rho V} \frac{Q_۲}{Q_۱} = \frac{\rho_۲V_۲c_۲\Delta\theta_۲}{\rho_۱V_۱c_۱\Delta\theta_۱}$ جسم گرما بگیره : $Q > ۰ \Rightarrow \Delta\theta > ۰ \Rightarrow \theta_۲ > \theta_۱$ | از دست بده : $Q < ۰ \Rightarrow \Delta\theta < ۰ \Rightarrow \theta_۲ < \theta_۱$
بلای ۲ ت ح	برای تغییر حالت : $Q = \pm mL_X$ (گرماگیر: + | گرماده: -) (m : میزان جرمی از ماده که تغییرحالت میدهد و لزوماً جرم کل نیست) L_X : گرمای نهان : مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از جسم بدهیم تا در دمای معین تغییر حالت دهد. واحد آن $\frac{J}{Kg}$ می باشد. L_f : گرمای نهان ذوب | L_V : گرمای نهان تبخیر در فرآیندهای ذوب و انجماد: $Q = \pm mL_f$ | درفرایندهای تبخیر و میعان: $Q = \pm mL_v$
میکس ۱و۲	یخ $-\theta$ $\xrightarrow{Q_۱ = mc_{یخ}\Delta\theta}$ یخ صفر $\xrightarrow[\text{ت.ح : ذوب}]{Q_۲ = mL_f}$ آب صفر $\xrightarrow{Q_۳ = mc_{آب}\Delta\theta}$ آب ۱۰۰ $\xrightarrow[\text{ت.ح: تبخیر}]{Q_۴ = mL_V}$ بخار ۱۰۰ $Q_{total} = Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ + Q_۴$ شیب این نمودار $\theta - Q$: عکس ظرفیت گرمایی یعنی $\frac{۱}{C}$ شیب غیرافقی نمودار $\theta - Q$: تغییر دما شیب افقی نمودار $\theta - Q$: تغییر حالت 

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

نکته ۷: تبدیل مهم در محاسبات:

$$\left.\begin{array}{l} c_{ice}=۲۱۰۰=\frac{۱}{۲}A \\ c_{Water}=۴۲۰۰=A \\ l_f=۳۳۶۰۰۰=۸۰A \end{array}\right\}$$

$$L_F=۸۰\times۴۲۰۰\frac{J}{kg} \mid L_V=۵۴۰\times۴۲۰۰\frac{J}{kg} \mid c_w=۴۲۰۰\frac{J}{Kg.^oC} \mid c_i=\frac{۱}{۲}\times۴۲۰۰\frac{J}{Kg.^oC}$$

$$L_F=۸۰\times c_w \quad \mid L_V=۵۴۰\times c_w \quad \mid c_w=c_w \quad \mid c_i=\frac{۱}{۲}\times c_w$$

تست ۷:

ظرفیت گرمایی فلزی در SI برابر ۲۱۰۰ است. اگر یک کیلوگرم از جرم این فلز کم شود، ظرفیت گرمایی آن ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. گرمای ویژهٔ فلز در SI چقدر است؟

۱) ۲۱۰ ۲) ۲۷۰ ۳) ۴۲۰ ۴) ۸۴۰

تست ۸:

اگر ۹۰ درصد گرمایی را که ۸۰۰ گرم آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس از دست می‌دهد تا به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل شود، به یک قطعه یخ صفر درجهٔ سلسیوس بدهیم، چند گرم از یخ ذوب می‌شود؟

$(C_{\text{آب}}=۴۲۰۰\ J/kg\cdot K \text{ و } L_f=۳۳۶۰۰۰\ J/kg)$

۱) ۵۰۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۵۰ ۴) ۴۵

تست ۹:

یک راه برای جلوگیری از سرد شدن بیش از حد یک سالن سربسته در شب هنگام، وقتی که دمای زیر صفر پیش بینی شده است، قرار دادن تشت بزرگ پر از آب در سالن است. اگر جرم آب درون تشت ۱۰۰ کیلوگرم و دمای اولیه ی آن ۱۰ درجه سانتی گراد باشد و همه ی آن به یخ صفر درجه سانتی گراد تبدیل شود، آب چقدر گرما برحسب کیلوژول به محیط پیرامونش می دهد؟

۱) ۳۷۸۰۰ ۲) ۳۰۰۰۰ ۲) ۴۲۰۰ ۴) ۳۳۶۰۰

تست ۱۰: تبخیر سطحی یک مایع به دمای محیط و مایع، مساحت، وزش باد و فشار بستگی دارد.

در یک چاله ۱ کیلوگرم آب صفر درجه سلسیوس قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شود و بقیه آن یخ ببندد، جرم آب یخ زده چند گرم می شود؟ ($L_v = ۲۲۶۸۰۰۰\ J/kg$ و $L_f = ۳۳۶۰۰۰\ J/kg$)

۱) ۶۰۰ گرم ۲) ۸۰۰ گرم ۳) ۶۰ گرم ۴) ۸۰ گرم

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۱۱:

در یک روز زمستانی بخار آب موجود در اتاقی روی شیشه پنجره قطره قطره به شکل مایع آید. اگر دمای شیشه حدود صفر درجه سانتی گراد باشد، برای آنکه ۵۰ گرم آب روی شیشه تشکیل شود، دمای شیشه چند درجه سلسیوس افزایش می یابد؟ (ظرفیت گرمایی شیشه ۱۲/۶ کیلوژول بر کیلوگرم و کرمای نهان تبخیر ۲۲۶۸ ژول بر گرم می باشد)

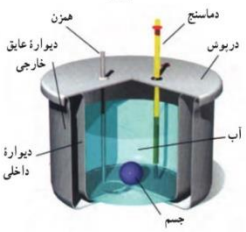
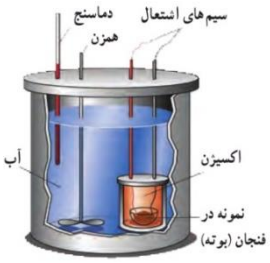
۱) ۹ ۲) ۴/۵ ۳) ۸ ۴) ۴

تست ۱۲:

دمای بدن شخصی به جرم ۵۰ کیلوگرم با تعریق به اندازه ۱/۱ درجه سانتی گراد کاهش یافته است. اگر گرمای نهان تبخیر عرق شخص در دمای بدن (۳۷ درجه سانتی گراد) برابر ۲/۵ میلیون ژول بر کیلوگرم و گرمای ویژه بدن شخص حدود ۳۲۰۰ واحد SI باشد، شخص چند سی سی آب بنوشد تا حجمی از آب را که با عرق کردن از دست داده است جبران کند؟ چگالی آب ۱۰۰ واحد SI است.

۱) ۶۴/۳ ۲) ۷۰/۴ ۳) ۷۳/۸ ۴) ۷۴/۸

۴-۲-۸ گرما سنج

تعریف	گرماسنج که به آن کالری متر نیز می‌گویند شامل ظرفی است درپوش‌دار که به خوبی عایق‌بندی گرمایی شده است. مجموعه ای شامل فلاسک، مخزن و دماسنج است.	(الف) 
محاسبه	این ظرف در آزمایش‌های گرماسنجی مانند تعیین گرمای ویژه اجسام، به کار می‌رود. در گرماسنج مقداری آب با جرم معین می‌ریزیم و پس از هم‌دما شدن آب و گرماسنج، دمای آب را اندازه می‌گیریم. سپس جسمی را که می‌خواهیم گرمای ویژه‌اش را پیدا کنیم و جرم و دمای اولیه آن معلوم است، درون گرماسنج قرار می‌دهیم. آنگاه به کمک همزن آب را به هم می‌زنیم تا مجموعه سریع‌تر به دمای تعادل برسد. $Q_{Water}+Q_{Jesm}+Q_{Garmasanj}=۰\rightarrow m_wc_w(\theta-\theta_{۱w})+m_jc_j(\theta-\theta_{۱j})+C(\theta-\theta_{۱G})=۰$	
بمبی	گرماسنج بمبی نوعی گرماسنج است که از آن برای تعیین ارزش غذایی مواد با اندازه‌گیری انرژی آزاد شده آنها در حین سوختن استفاده می‌شود. نمونه‌ای که جرم آن به دقت اندازه‌گیری شده است در ظرف سربسته‌ای که محتوی اکسیژن است (که اصطلاحاً به آن بم بگفته می‌شود) قرار داده می‌شود. سپس این محفظه در آب یک گرماسنج قرار داده می‌شود و توسط جریان الکتریکی عبوری از یک سیم نازک، نمونه داخل آن سوزانده می‌شود. با اندازه گیری تغییر دمای آب، انرژی حاصل از احتراق ماده موردنظر را به دست می‌آورند که تقریباً معادل انرژی آزاد شده از آن ماده است.	

تست ۱۳:

گرماسنجی مسی به جرم ۱ کیلوگرم مفروض است. درون این گرماسنج ۲ کیلوگرم آب و یک همزن به جرم ۲۰۰ گرم در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد به حالت تعادل قرار دارند. قطعه فلزی به جرم ۰/۵ کیلوگرم و دمای ۷۲ درجه سانتی گراد را به درون گرماسنج می اندازیم و سپس آب درون گرماسنج را توسط همزن، هم می زنیم. پس از برقراری تعادل دمای مجموعه ۱۲ درجه سانتی گراد می شود. گرمای ویژه قطعه فلز در SI چقدر است؟ (گرمای ویژه مس، آب و همزن به ترتیب ۴۰۰، ۴۲۰۰ و ۱۰۰۰ واحد SI می باشد)

۱) ۳۰۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۶۰۰ ۴) ۹۰۰

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۴-۲-۹ توان گرمایی

توان مقدار انرژی در واحد زمان است. گاهی گرمای لازم برای گرم کردن اجسام توسط یک گرمکن با توان P تامین میشود.

بین P و Q رابطه روبرو برقرار است. $P=\frac{Q}{t}\Rightarrow Q=Pt$

ولخرجی یا خساست؟! مسئله این است...	
وسیله گرمایی تمام جونشو وسط میذاره و تمام گرماشو به مایع میده : $Q_{\text{مایع}}=Q_{\text{گرمکن}}$	وسیله گرمایی کم میذاره! یعنی مقداری از گرماشو به مایع میده : $Q_{\text{مایع}}=$ درصد گرمایی که مایع میگیرد $\times Q_{\text{گرمکن}}$ $=\frac{x}{۱۰۰}\times P.t$

نکته۸: اگر نمودار $\theta-t$ بدهند ؛ باید به توان ربطش بدهیم!

نکته۹: در این رابطه برای گرما می توان نوشت : $P=\frac{Q}{t}=\frac{mc\Delta\theta}{t}=\frac{mL_f}{t}=\frac{mL_V}{t}=\frac{mc\Delta\theta+mL_f+\dots}{t}$

تست۱۴:

۲۰۰ گرم یخ با دمای $-۲۰^\circ C$ را درون یک گرمکن با توان $۱۶۸۰\,W$ قرار می‌دهیم. اگر گرمکن را به مدت ۹ ثانیه روشن کنیم، با فرض اینکه تمام گرمای گرمکن به یخ برسد، جرم آب موجود در مجموعه در انتهای این مدت زمان، چند درصد از جرم اولیه یخ است؟

$(L_F=۳۳۶\frac{kJ}{kg}\ ,\ c_{\text{یخ}}=۲۱۰۰\frac{J}{kgK}\ ,\ c_{\text{آب}}=۴۲۰۰\frac{J}{kgK})$

۱) ۱۰
۲) ۲۰
۳) ۱۰۰
۴) در این لحظه هنوز آب در مجموعه وجود ندارد.

تست۱۵:

یک گرمکن با توان گرمایی ثابت، در مدت ۱۰ دقیقه، ۱۰۰ گرم یخ صفر درجه را به آب صفر درجه تبدیل می‌کند. این گرمکن همین آب را تقریباً در مدت چند دقیقه به بخار آب ۱۰۰ درجه تبدیل می‌کند؟

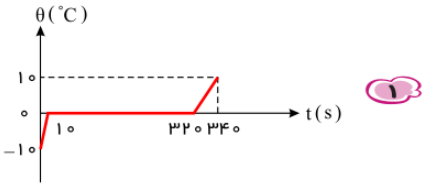
$\left(c=۴/۲\frac{kJ}{kg.^\circ C}\ ,\ L_V=۲۲۵۶\frac{kJ}{kg}\ ,\ L_F=۳۳۴\frac{kJ}{kg}\right)$

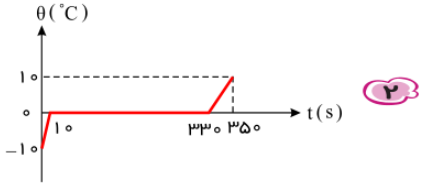
۱) ۴۰
۲) ۲۶
۳) ۵۶
۴) ۸۰

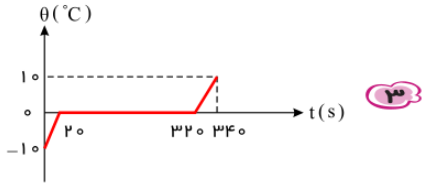
جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

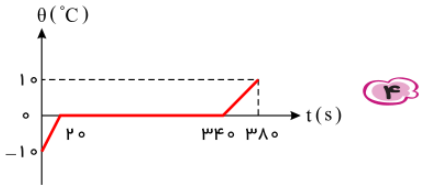
تست ۱۶:

به ۲۰۰g یخ $-10^\circ C$ با آهنگ ثابت ۲۱۰J/s گرما می‌دهیم تا به آب $10^\circ C$ تبدیل شود. کدام نمودار، تغییرات دما را بر حسب زمان درست نشان می‌دهد؟ ($L_f = 336000 J/kg$ و $C_{\text{یخ}} = 2100 J/kg^\circ C$ ، $C_{\text{آب}} = 2C_{\text{یخ}}$) خارج از کشور- ۱۳۹۸

۱)


۲)


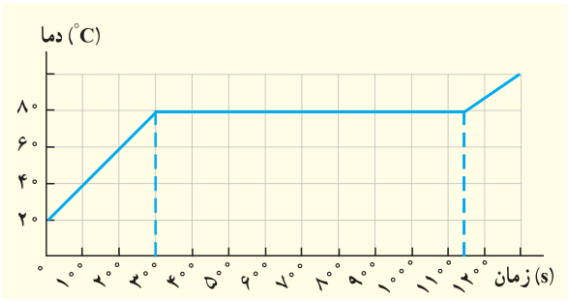
۳)


۴)


تست ۱۷:

نمودار روبرو برای جسم جامدی به جرم ۵۰ گرم می باشد که توسط گرمکنی به توان ۱۰ وات گرم شده است. مدت زمانی که طول می کشد تا این جامد به نقطه ذوب خود برسد چند ثانیه است؟ همچنین گرمای ویژه جامد و گرمای نهان ذوب آن چند واحد SI می باشد؟

۱) ۳۰۰ ، ۱۰۰۰ ، ۱۷۰۰۰۰ ۲) ۸۵۰ ، ۱۷۰۰ ، ۱۸۰۰۰۰ ۳) ۳۰۰ ، ۲۰۰۰ ، ۳۴۰۰۰۰ ۴) ۸۵۰ ، ۳۴۰۰ ، ۱۸۰۰۰۰



تست ۱۸: ترکیب انبساط و گرما

ضریب انبساط طولی میلهٔ A سه برابر ضریب انبساط طولی میلهٔ B و طول میلهٔ B، ۱/۵ برابر طول میلهٔ A می‌باشد. اگر جرم دو میله برابر بوده و به میله‌های A و B به ترتیب گرمای Q و ۲Q بدهیم، تغییر طول میلهٔ A چند برابر تغییر طول میلهٔ B است؟ ($c_A = \frac{1}{2} c_B$)

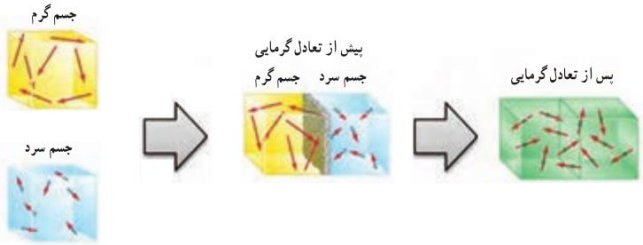
۱) $\frac{9}{2}$ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) $\frac{9}{4}$

۴-۲-۱۰ تبدیل انرژی ها به هم

- اگر انرژی جنبشی به گرما تبدیل شود : $Q = K$
- اگر انرژی پتانسیل گرانشی به گرما تبدیل شود : $Q = U$

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۴-۲-۱۱ یک داستان مهم | قسمت ۳ | تعادل گرمایی (دو دسته دارد: بدون تغییر حالت | با تغییر حالت)

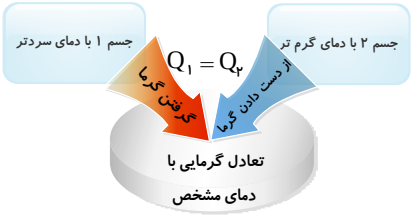


وقتی دو جسم سرد و گرم در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، از دیدگاه میکروسکوپی، آنچه که اتفاق می‌افتد کاهش انرژی‌های پتانسیل و جنبشی مربوط به حرکت‌های کاتوره‌ای اتم‌ها، مولکول‌ها و سایر اجزای میکروسکوپی داخل جسم گرم، و افزایش همین انرژی‌ها در داخل جسم سرد است تا آنکه دو جسم به تعادل گرمایی برسند.

وقتی دو یاچند جسم با دمای متفاوت در کنار هم قرار می گیرند تا جایی که هم دما شوند با هم گرما مبادله می کنند به این حالت تعادل گرمایی گفته میشود و این دمای مشترک را با دمای تعادل (θ_e) می نامند.

- گرما همواره به صورت خودبه خودی از جسم گرمتر به جسم سرد انتقال پیدا میکند.(جسم گرم تر گرما میدهد وجسم سردتر گرما می گیرد)
- برای رسیدن به حالت تعادل بعضی از اجسام گرما می گیرند و بعضی از اجسام گرما از دست می دهند طبق قانون پایستگی انرژی:

$\rightarrow Q_1 = |Q_2|$ گرمایی که اجسام گرم از دست می دهند = گرمایی که اجسام سرد می گیرند



- براساس قانون پایستگی انرژی جمع جبری گرما های مبادله شده بین اجسام درحال تعادل گرمایی برابر صفر است.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots\ldots = 0$$

۴-۲-۱۲ تعادل گرمایی بدون تغییر حالت

در این حالت چون حالت جسم عوض نمیشود فقط با رابطه $Q = mc\Delta\theta$ کار داریم. بنابراین اگر دوجسم با دما وجرم های متفاوت را درکنار هم قرار دهیم به چنین رابطه ای می رسیم.

$$Q_1 = |Q_2| \Rightarrow m_1c_1(\theta_e - \theta_1) = m_2c_2(\theta_2 - \theta_e)$$

- در این حالت جسم گرم با دمای θ_2 گرمای Q_2 را ازدست میدهد و به دمای θ_e $(\theta_e < \theta_2)$ میرسد جسم سرد هم باگرفتن گرمای Q_1 دمای θ_1 به θ_e $(\theta_e > \theta_1)$ می رسد واگر بیشتر دوجسم هم داشته باشیم همین روش را ادامه میدهیم.

$$\underbrace{Q_1 + Q_2 + \ldots\ldots}_{garmai\ k\ ajsame\ sard\ migiran} = \underbrace{|Q_1'| + |Q_2'| + \ldots\ldots}_{garmai\ k\ ajsame\ garm\ az\ dast\ midan}$$

$$\Rightarrow m_1c_1(\theta_e - \theta_1) + m_2c_2(\theta_e - \theta_2) + \ldots\ldots = m_1'c_1'(\theta_1' - \theta_e) + m_2'c_2'(\theta_2' - \theta_e) + \ldots\ldots$$

- رابطه ی سریع برای محاسبه دمای تعادل

این رابطه به شرطی درست است که تغییر حالت نداشته باشیم

$$\theta_e = \frac{m_1c_1\theta_1 + m_2c_2\theta_2 + \ldots\ldots}{m_1c_1 + m_2c_2 + \ldots}$$

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۱۹:

در ظرفی ۸۰۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس وجود دارد. یک قطعه فلز به جرم ۴۲۰ گرم و دمای ۸۴ درجهٔ سلسیوس را درون آب می‌اندازیم. پس از برقراری تعادل، دمای مجموعه چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ (اتلاف گرما ناچیز و $c_{\text{فلز}} = ۴۰۰ \frac{J}{kg.^\circ C}$ و $c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.^\circ C}$ است.)

۱) ۱۰ ۲) ۶ ۳) ۵ ۴) ۴

۴-۲-۱۳ جدول مهم مسائل تعادل

وضعیت تعادل مشخص	دمای تعادل نداریم، تغییر حالت هم نداریم: مثل آب و آب | مثل آب و فلز راه ۱: در تعادل هر ماده حالت خودش را حفظ می کند (تغییر حالت نداریم) و دمای تعادل ؟ : $Q_۱ = \lvert Q_۲ \rvert$ راه ۲: فرمول تستی دمای تعادل
	۱) اگر این کلمات رو دیدی : $\lvert Q_w \rvert = \lvert Q_i \rvert$ ⟷ تمام یخ به طور کامل ذوب ⟷ تعادل : آب صفر ۲) اگر این کلمات رو دیدی : $\lvert Q_w \rvert > \lvert Q_i \rvert$ زوره آب بیشتره ⟷ تعادل : آب θ درجه $(\theta > ۰)$ • دمای آب رو خواستی : باقی زور را حساب کن و حل کن : $Q = \lvert Q_w \rvert - \lvert Q_i \rvert = (m_w + m_i) c_w \theta_e$ • دمای تعادل مشخص بود و مقدار جرمی رو خواستی زورها برابر هم قرار بده. ۳) اگر این کلمات رو دیدی : $\lvert Q_w \rvert < \lvert Q_i \rvert$ زوره یخ بیشتره و همه ی یخ ذوب نمیشه ⟷ (اینقدر یخ ذوب میشه | چقدر آب داریم؟) آب ⟶ $m - baghi(zowb\ nashode)$ یخ ۰ $\xrightarrow{meghdari\ zowb}$ مقدار یخ m $-\theta$ $Q_i = mc_i\Delta\theta + \quad (m - baghi)L_f$ $\lvert Q_w \rvert = \lvert Q_i \rvert$

۴-۲-۱۴ یکی

تست ۲۰:

ظرفی حاوی $۱۰۰g$ یخ صفر درجه‌ی سلسیوس است. حداقل چند گرم آب $۵۰^\circ C$ باید داخل آن بریزیم تا تمام یخ ذوب شود؟ ($L_F = ۳۳۴۰۰۰ \frac{J}{kg}$ و $c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg \cdot K}$ و از مبادله‌ی گرمای آب و یخ با محیط صرف‌نظر کنید.)

۱) ۸۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۴۰ ۴) ۱۶۰

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۴-۲-۱۵ آب بیشتر

تست ۲۱:

درون یک کیلوگرم آب با دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس، چند گرم یخ صفر درجه‌ی سلسیوس بیاندازیم، تا پس از تعادل گرمایی، آب با دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس حاصل شود؟ ($C_{H_2O} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg \cdot K}$ ، $L_F = ۳۳۶ \frac{kJ}{kg}$ ، تبادل گرمایی فقط بین آب و یخ انجام می‌شود)

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۱۲۵ ۴) ۱۷۵

۴-۲-۱۶ یخ بیشتر

تست ۲۲:

حداقل چند گرم یخ $-۲۰^\circ C$ را داخل ۲۰۰ گرم آب صفر درجه بیندازیم تا تمام آب یخ ببندد؟

($c_{\text{یخ}} = ۲۱۰۰ \frac{J}{kg \cdot K}, L_f = ۳٫۳۶ \times ۱۰^۵ \frac{J}{kg}$)

۱) ۱۶۰ ۲) ۳۶۰ ۳) ۱۲۰۰ ۴) ۱۶۰۰

تست ۲۳:

در ظرفی که عایق گرما است، یک قطعه یخ صفر درجه‌ی سلسیوس وجود دارد. اگر ۸۰۰ گرم آب ۵۰ درجه‌ی سلسیوس در ظرف بریزیم، پس از برقراری تعادل گرمایی، ۱۰۰ گرم یخ در ظرف باقی می‌ماند. جرم اولیه‌ی یخ چند گرم بوده است؟ (فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت می‌گیرد. $C_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kgK}$ و $L_F = ۳۳۶۰۰۰ \frac{J}{kg}$)

۱) ۳۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

تست ۲۴:

چند گرم آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس را روی ۴۵۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس بریزیم تا پس از برقراری تعادل گرمایی، ۵۲۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس در ظرف ایجاد شود؟ (اتلاف گرما ناچیز است و $L_f = ۳۳۶۰۰۰ \frac{J}{kg}$ و $C = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg \cdot K}$) سراسری- ۱۳۹۹

۱) ۷۰ ۲) ۲۶۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۳۲۰

۴-۲-۱۷ گرما دادن یا گرفتن

تست ۲۵:

به $۲۰۰g$ یخ $-۱۰^\circ C$، مقداری گرما با آهنگ $۱/۰۵\frac{kJ}{\min}$ به مدت ۱۲ دقیقه می‌دهیم. دمای نهایی چند درجهٔ سلسیوس است؟

$(C_{\text{یخ}} = ۲۱۰۰\frac{J}{kg^\circ C}, L_f = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}, C_{\text{آب}} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg^\circ C})$

۱) صفر ۲) ۵ ۳) ۱۰ ۴) ۱۵

۴-۲-۱۸ فلز بیاد

تست ۲۶:

یک قطعه مس به جرم $۳kg$ با دمای $۱۱/۱^\circ C$ را به داخل ظرف عایق بندی شده‌ای حاوی مخلوط به حالت تعادل رسیده‌ی آب و یخ می‌اندازیم. هنگامی که تعادل مجدد برقرار می‌شود، دمای مس، صفر درجه‌ی سلسیوس است. چند گرم یخ در این فرآیند ذوب شده است؟

$(L_F = ۳۳۳\frac{kJ}{kg} \quad , \quad c_{Cu} = ۴۰۰\frac{J}{kg \cdot K})$

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۴-۳ حفظیات تغییر حالات ماده

گذار از یک حالت (فاز) به یک حالت (فاز) دیگر را یک تغییر حالت (گذار فاز) می‌نامند. تبدیل جامد به مایع را ذوب، تبدیل مایع به بخار را تبخیر و تبدیل مایع به جامد را انجماد و تبدیل بخار به مایع را چگالش بخار به مایع یا میعان می‌نامیم. امکان دارد که تغییر حالت از جامد به بخار و وارون آن از بخار به جامد نیز به طور مستقیم و بدون گذر از حالت مایع صورت گیرد. تغییر حالت از جامد به بخار، تصعید و تغییر حالت وارون آن، یعنی از بخار به جامد چگالش بخار به جامد گفته می‌شود. برای مثال، نفتالین در دمای اتاق به طور مستقیم از جامد به بخار تبدیل می‌شود، یا در صبح‌های بسیار سرد زمستان، برفکی که روی گیاهان و یا روی شیشه پنجره می‌نشیند، بخار آبی است که به طور مستقیم به بلورهای یخ تبدیل شده است.

۴-۳-۱ تغییر حالت جامد- مایع

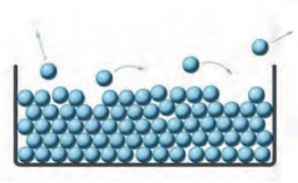
دیدیم که اگر به جسم جامدی گرما دهیم، دمای آن افزایش می‌یابد. اگر عمل گرما دادن را برای جامدهای خالص و بلورین ادامه دهیم، وقتی دمای جسم به مقدار مشخصی برسد، افزایش دما متوقف می‌شود و دما ثابت باقی می‌ماند. در این حالت، جسم شروع به ذوب شدن می‌کند و به مایع تبدیل میشود. این دمای ثابت را نقطه ذوب یا دمای گذار جامد به مایع می‌نامند، که به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد. به استثنای چند مورد خاص، حجم جامدهای بلوری هنگام ذوب شدن افزایش می‌یابد؛ زیرا حجمی که بلور با آرایش منظم مولکول‌ها در حالت جامد اشغال می‌کند، نسبت به این حجم در حالت مایع که آرایش مولکولی نامنظمی دارد، کمتر است. برخلاف جامدهای خالص و بلورین، جامدهای بی شکل مانند شیشه و جامدهای ناخالصی مانند قیر نقطه ذوب کاملاً مشخصی ندارند. در واقع وقتی این مواد را گرم می‌کنیم، پیش از ذوب شدن خمیر یشکل می‌شوند. این مواد در گستره‌ای از دما به تدریج ذوب می‌شوند. معمولاً افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالا رفتن نقطه ذوب جسم می‌شود. اما در برخی مواد مانند یخ، افزایش فشار به کاهش نقطه ذوب می‌انجامد که این در مورد یخ بسیار ناچیز است.

عمل ذوب، فرایندی گرماگیر است؛ یعنی به جسم جامدی که به دمای ذوب خود رسیده باشد باید گرما بدهیم تا به مایع تبدیل شود، زیرا مولکول‌های جامد باید از ساختار صلب قبلی خود رها شوند. این گرما، دمای جسم را تغییر نمی‌دهد؛ بلکه سبب تغییر حالت آن می‌شود. ذوب شدن یک قالب یخ و تبدیل آن به آب مثالی مشهور از این دست است.

انجماد یک مایع و تبدیل آن به یک جامد، عکس فرایند ذوب شدن است و لازمه این فرایند گرفتن گرما از مایع است تا مولکول‌ها بتوانند در یک ساختار جدید قرار گیرند. در اینجا نیز تغییر حالت بدون تغییر دما رخ می‌دهد. گرمای منتقل شده برای تغییر حالت جسم از جامد به مایع یا از مایع به جامد، با جرم جسم نسبت مستقیم دارد.

گرمای نهان ذوب و نقطه ذوب مواد مختلف، متفاوت است .

۴-۳-۲ تغییر حالت مایع بخار



دیدیم که به تبدیل مایع به بخار تبخیر می‌گویند. خشک شدن لباس خیسی که روی بند رخت آویخته شده است، یا خشک شدن سریع یک زمین خیس در هوای گرم تابستان مثال‌هایی از نوعی تبخیر هستند که به آن تبخیر سطحی گفته می‌شود. تا پیش از رسیدن به نقطه جوش مایع، تبخیر به طور پیوسته‌ای از سطح مایع رخ می‌دهد. در پدیده تبخیر سطحی، تندی برخی از مولکول‌های مایع به حدّی می‌رسد که می‌توانند از سطح مایع فرار کنند. تجربه نشان می‌دهد آهنگ رخ دادن این فرایند به عواملی از جمله دما و مساحت سطح مایع بستگی دارد.

وقتی مایعی را روی اجاقی قرار می‌دهیم، با گرم کردن مایع به دمای مشخصی می‌رسیم که در آن حباب‌های گاز از درون مایع بالا میی‌آیند، که نشانه‌ای از آغاز فرایندی موسوم به جوشیدن است. به این دمای مشخص، نقطه جوش می‌گویند. در مورد آب، به محض اینکه حباب‌ها بالا می‌آیند به آب کمی سردتر می‌رسند و پیش از رسیدن به سطح آزاد آب با صدای تیزی فرو می‌پاشند و در آنجا دوباره به مایع تبدیل می‌یشوند. ولی وقتی دمای آب همچنان بالا برود، حباب‌ها می‌توانند بیشتر بالا بروند تا می‌گویند «غلغل کردن» اینکه سرانجام به سطح آزاد آب می‌رسند و در آنجا با صدای دیگری که به آن رسیده است و «جوش کامل» فرو می‌پاشند (شکل ۴-۲۶). در این حالت است که می‌گوییم آب به آهنگ تبخیر به بیشترین مقدار خود می‌رسد. دماسنجی که مخزن آن درون آب قرار دارد دمای ثابتی را نشان می‌دهد که برای آب خالص در فشارجوّ متعارف (۱atm)، ۱۰۰ درجه سانتی گراد است. در جوشیدن، کلّ مایع در فرایند تبخیر شرکت می‌کند. به فرایند تبخیر تا پیش از رسیدن به نقطهٔ جوش تبخیر سطحی و به فرایند تبخیر در نقطه جوش، اصطلاحاً جوشیدن می‌گویند، در حال یکه هر دو فرایند، تبخیرند.

تبدیل بخار به مایع نیز در طبیعت رخ می‌دهد و گاهی قطره‌های مایعی از بخار روی سطوح جامد تشکیل می‌شود. به این پدیده، میعان گفته می‌شود. در واقع میعان، وارون فرایند تبخیر است. بنابراین، بخار گرما از دست می‌دهد و به مایع تبدیل می‌شود. یکی از عواملی که موجب می‌شود در هوایی که رطوبت آن زیاد است، احساس گرمای بیشتری بکنیم، همین میعان بخار آب روی بدنمان است.

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۴-۳-۳ یک سری نکته

- ✓ نقطه انجماد و ذوب یک جسم یکسان است.
- ✓ نقطه جوش و میعان یک جسم یکسان است.
- ✓ ناخالصی:

ناخالصی مثل نمک می تواند سبب کاهش دمای انجماد آب شود و انجماد کامل را تا دمای ۱۸- درجه سانتی گراد پایین ببرد.

ناخالصی باعث کاهش نقطه ذوب می شود. (پاشیدن نمک در روزهای برفی در خیابان ها)

ناخالصی باعث بالا رفتن نقطه جوش می شود.

- ✓ افزایش بخار:

افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالا رفتن نقطه ی ذوب جسم می شود. البته یخ در این مورد استثناست. یعنی افزایش فشار وارد بر یخ نقطه ی ذوب آن را کاهش می دهد.

افزایش فشار باعث بالا رفتن نقطه جوش می شود. (دلیل استفاده از زودپز برای زودتر پختن غذا)

- ✓ بر خلاف جامدهای بلورین، جامدهای بی شکل مثل شیشه و قیر نقطه ذوب کاملاً مشخص ندارند و ابتدا به شکل خمیر در می آیند و در گستره ای از دما و به تدریج ذوب می شوند.
- ✓ معمولاً حجم جامد های بلورین هنگام ذوب افزایش می یابد زیرا حجمی که بلور با آرایش منظم مولکول ها در حالت جامد اشغال می کند در مقایسه با حجم همین مقدار ماده در حالت مایع که دارای آرایش مولکولی نامنظم است کمتر است البته آب و یخ استثناست.
- ✓ نقطه ۳ گانه ، نقطه ای است که در آن سه حالت یخ، آب و بخار در حال تعادلند. دمای این نقطه ۰/۰۱ درجه سانتی گراد است.

- ✓ فشار بخار موجود در نقطه ۳ گانه ۶۱۲ پاسکال است.
- ✓ تفاوت یخ و برف : یخ از انجماد آب ولی برف از چگالش بخار حاصل می شود. در انجماد زمان کافی برای تشکیل بلور وجود دارد اما چگالش برف سریع رخ می دهد.
- ✓ تبخیر سطحی: مایع در هر دمایی تبخیر می شود ، این فرایند را تبخیر سطحی گویند.

آهنگ تبخیر سطحی به عوامل مختلفی مانند دمای مایع و مساحت سطح آن بستگی دارد.

تبخیر سطحی عرق بدن سبب خنک شدن می شود.

- ✓ جوشیدن: با دادن گرما به مایع و بالا رفتن دما، در دمای خاصی حباب های گاز درون مایع شکل می گیرند و از مایع خارج می شوند. به این پدیده جوشیدن مایع و به این دما، نقطه ی جوش می گویند.

دما در حین جوشیدن تغییر نمی کند.

در جوشیدن کل مایع در فرایند تبخیر شرکت می کند.

نقطه جوش با افزایش فشار، بالا می رود، ناخالصی سبب افزایش نقطه جوش می شود.

۴-۳-۴ یک سری حفظیات

۱) در ترموکوپل، کمیت دماسنجی ولتاژ است و گستره‌ی دماسنجی به جنس سیم‌ها بستگی دارد.

۲) در ترموکوپل، جرم کوچک محل اتصال دو سیم در جایی که می‌خواهیم دمایش را اندازه بگیریم سبب می‌شود ترموکوپل، خیلی سریع به تعادل گرمایی برسد ترموکوپل را می‌توان در مدارهای الکتریکی به کار برد.

۳) دانشمندان در کارهای علمی از دماسنج‌های گازی و مقاومت پلاتینی و تف‌سنج (پیرومتر) به‌عنوان دماسنج معیار استفاده می‌کنند.

۴) برای اینکه انبساط پل‌های معلق، سبب تغییر شکل پل نشود، به جای گذاشتن فاصله‌ی خالی بین اجزای پل از بست انبساط انگشتی استفاده می‌کنند.

۵) وقتی یخ، آب می‌شود شبکه‌ی بلوری، از بین می‌رود و آرایش مولکول‌های یکنواخت‌تر می‌شود در نتیجه حجم اشغال شده، کاهش می‌یابد.

۶) چون گرمای ویژه آب از سایر مواد، بیشتر است از آن در دستگاه‌های، گرم‌کننده، خنک‌کننده استفاده می‌کنند.

۷) در آزمایش «جان تیندال» چند گوی فلزی با جرم یکسان، اما از جنس‌های مختلف توسط ریسمان‌هایی در آب در حال جوشیدن آویخته می‌شوند اگر پس از مدتی آنها را از آب خارج کرده و روی یک ورقه پارافین بگذاریم، گوی فلزی که گرمای ویژه، بیشتری دارد گرمای بیشتری با پارافین مبادله می‌کند و پارافین بیشتری را ذوب می‌کند.

۸) از گرماسنج کالری‌متر، برای تعیین گرمای ویژه اجسام استفاده می‌شود.

۹) در جوشیدن، کل مایع در فرآیند تبخیر شرکت می‌کند؛ در حالی‌که در تبخیر سطحی فقط مولکول‌های سطح مایع در فرآیند شرکت می‌کنند.

۱۰) به فرآیند تبخیر تا قبل از رسیدن مایع به نقطه جوش، تبخیر سطحی و به فرایند تبخیر در نقطه جوش اصطلاحاً جوشیدن می‌گویند جوشیدن در دمای ثابت و معین به نام نقطه‌ی جوش رخ می‌دهد اما تبخیر سطحی در هر دمایی رخ می‌دهد.

۱۱) آهنگ تبخیر سطحی و به دما و مساحت سطح مایع بستگی دارد.

۱۲) تبدیل جامد به مایع را ذوب و تبدیل مایع به جامد را انجماد، تبدیل مایع به بخار را تبخیر و تبدیل بخار به مایع را میعان مثل شبنم صبحگاهی روی گیاهان و تبدیل مستقیم از جامد به بخار را تصعید و تبدیل مستقیم از بخار به جامد را چگالش بخار به جامد می‌نامیم.

۱۳) نقطه‌ی ذوب یک جامد بلورین، به جنس جسم، و فشار وارد بر آن بستگی دارد.

۱۴) معمولاً، افزایش فشار، سبب بالا رفتن نقطه‌ی ذوب جسم می‌شود، وجود ناخالصی منجر به کاهش دمای ذوب و انجماد می‌شود.

۱۵) چرا معمولاً؟ چون در برخی از موارد مانند یخ، افزایش فشار منجر به کاهش نقطه ذوب می‌شود.

چون یک استثنای معروف واسه ذوب داریم و آن هم آب است. یعنی در آب اگه فشار زیاد بشه نقطه ذوب آن پایین می‌یاد و در فشار ۱ اتمسفر نقطه ذوب آب می‌دونیم صفر درجه سلسیوس است ولی در فشار بیشتر از ۱ اتمسفر نقطه ذوب (یا انجماد) آب کمتر از صفر یعنی منفی خواهد بود. پس در فشار بالا اگه یخ در دمای ۳- ذوب بشه اصلاً عجیب نیست. راستییی! واسه جوش، استثنایی در کار نیست یعنی بالای کوه که فشار هوا کم هست، نقطه جوش هم کم می‌شود (زیر ۱۰۰) و در زیر آب که فشار هوا زیاد می‌شه دمایجوش هم زیاد میشه (بیشتر از ۱۰۰).

۱۷) در ارتفاعات که فشار هوا کمتر است، نقطه جوش آب کمتر از سطح زمین استو آب با گرفتن گرمای کمتری به جوش می‌آید در نتیجه تخم‌مرغ دیرتر می‌پزد. برای رفع این مشکل، کوهنوردان معمولاً کمی نمک به آب اضافه می‌کنند که سبب بالا رفتن نقطه جوش آب می‌شود. ناخالصی باعث بالا رفتن نقطه جوش می‌شود. یعنی جوشیدن تخم‌مرغ در دمای بالا منجر می‌شه زودتر بپزه.

۱۸) در دیگ زودپز، فشار وارد بر مایعات، بر اثر جمع شدن بخار در بالای آنها افزایش می‌یابد در نتیجه نقطه جوش آنها افزایش می‌یابد و تا رسیدن به نقطه جوش گرمای بیشتری می‌گیرد و غذا زودتر پخته می‌شود.

۱۹) در یک ستون تقطیر، برای جدا کردن اجزای نفت خام از تفاوت نقطه‌ی جوش اجزا استفاده می‌شود اجزایی که مولکول‌های سنگین‌تری دارند نقطه‌ی جوش آنها بالاتر است.

۲۰) گرمای نهان تبخیر هر مایع به جنس و دمای ماده بستگی دارد، با افزایش دما مایع فاصله‌ی بین‌مولکولی افزایش و نیروی چسبندگی بین مولکول‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه گرمای نهان تبخیر کاهش می‌یابد.

۲۱) وقتی ماده‌ای در دمای ثابت تغییر فاز می‌دهد، انرژی جنبشی متوسط ذرات آن ثابت می‌ماند ولی انرژی پتانسیل ذرات و انرژی درونی آن تغییر می‌کند.

۲۲) انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن مثالی از همرفت طبیعی از گرم و سرد شدن بخش‌های مختلف بدن انسان بر اثر گردش جریان خون مثالی از همرفت واداشته است و سیستم خنک‌کننده‌ی اتومبیل هم نمونه‌ای از همرفت واداشته است.

۲۳) انتقال گرما به روش همرفت، می‌تواند در همه شارها (چه مایع و چه گاز) رخ دهد فاصله‌ی متوسط مولکول‌ها در آن بخشی از شاره که با جسم گرم در تماس است، افزایش می‌یابد پس حجم آن قسمت زیاد و چگالی آن قسمت از شاره کم می‌شود به همین دلیل نیروی شناوری که شاره‌ی سردتر اطراف به آن وارد می‌کند سبب بالا رفتن شاره گرمتر می‌شود.

۲۴) در یک منطقه ساحلی، چون روزها زمین ساحل، گرمتر از آب دریا است، هوای گرمتر، بالا رفته و هوای سرد جای آن را می‌گیرد به همین دلیل، نسیمی از دریا، به ساحل می‌وزد، عکس همین پدیده در شب اتفاق می‌افتد (پس در روز از دریا به ساحل و در شب از ساحل به دریا).

۲۵) در فلزات، علاوه بر ارتعاش‌های اتمی، الکترون‌های آزاد نیز در انتقال گرما نقش دارند و نقش این الکترون‌های آزاد از اتم‌ها بیشتر است.

۲۶) اگر ماده‌ی سازنده‌ی یک قفل، ضریب انبساط طولی کمتری نسبت به ماده‌ی سازنده‌ی کلید داشته باشد در تابستان کلید به سختی در قفل فرو می‌رود.

۲۷) دمای نقطه ذوب و انجماد با یکدیگر برابرند و در ماده‌ی خالص دمای نقطه تبخیر و دمای نقطه میعان یکسان است.

۲۸) در آب از ۰ تا ۴ درجه حجم کاهش و چگالی افزایش می‌یابد پس در ۴ درجه حجم آن مینیمم و چگالی آن ماکزیمم است و همین امر باعث می‌شود که آب دریاچه از لایه‌های بالاتر یخ بزند و امکان زیست در لایه‌های پایین‌تر فراهم گردد.

۲۹) در زمستان ترک برداشتن حوض آب به دلیل افزایش حجم آب به صورت غیرعادی است.

۳۰) جیوه فلزی مایع است که رسانای گرمایی خوبی می‌باشد.

۳۱) اجسام تیره بهترین جاذب و تابشگر می‌باشند و اجسام روشن بهترین بازتابش‌کننده هستند به همین دلیل است که: سطح خارجی یخچال‌ها را رنگ روشن و سطح خارجی بخاری‌ها را رنگ تیره انتخاب می‌کنند. چون رنگ روشن گرما را کمتر می‌گیرد و کمتر پس می‌دهد. ولی رنگ تیره هم گیرنده و هم بازتاب‌کننده قوی است.

۳۲) یک میله آهنی و یک خودکار را در معرض نور خورشید قرار دهید پس از مدتی آنها را لمس کنید کدام داغ‌تر هستند؟ (میله) حال آنها را برای مدتی در سایه قرار دهید و سپس آنها را لمس کنید، کدام خنک‌تر هستند؟ (میله)

نتیجه اخلاقی: جسمی که گرما را بهتر جذب می‌کند، بهتر هم از دست می‌دهد.

۳۳) سطح خارجی بخاری‌ها معمولاً تیره‌رنگ هستند چون اجسام تیره در اثر گرم شدن بهتر از اجسام روشن گرما بازتابش می‌کنند.

۳۴) مزیت ترموکوپل و ترمیستوز نسبت به دماسنج‌های معمولی عبارتند از: ۱) کوچکترند ۲) دماهای بالاتر را اندازه‌گیری می‌کنند. ۳) دقیق‌اند و کوچکترین تغییر دما را ثبت می‌کنند.

سوال: کدام گزینه درباره ی فرایند ذوب نادرست است؟

الف) افزایش فشار وارد بر جسم در بیشتر مواد، سبب پایین رفتن نقطهی ذوب میشود.

ب) افزایش فشار بر روی یخ، سبب کاهش اندک نقطهی ذوب آن میشود.

پ) فرآیند ذوب، عملی گرماگیر است.

ت)گرمایی که جسم جامد در نقطهی ذوب خود میگیرد تا به مایع تبدیل شود، سبب تغییر دمای آن نمیشود.

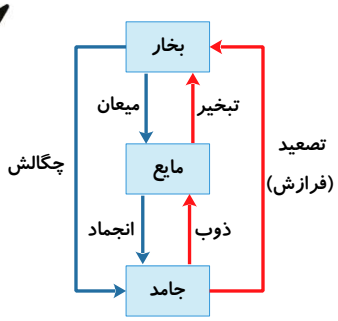
(الف) نادرست است. در اکثر مواد افزایش فشار سبب افزایش نقطه ی ذوب میشود

۴-۳-۵ تکمیلی بلای ۱ | گرمایی که فقط باعث تغییر دما میشه

منظور از ظرفیت، این نیست که جسم، توانایی محدودی در مبادله گرما دارد؛ بلکه تا وقتی که اختلاف دما باشد، مبادله گرما ادامه می‌یابد. مقادیر زیاد آب، مانند آب دریاچه‌ها و دریاها، نوسان‌های دمای هوای اطراف خود را متعادل می‌کند؛ زیرا اگر مقدار آب زیاد باشد، می‌تواند گرمای زیادی از محیط بگیرد یا اینکه به محیط بدهد، بی آنکه دمای خودش تغییر محسوسی بکند.

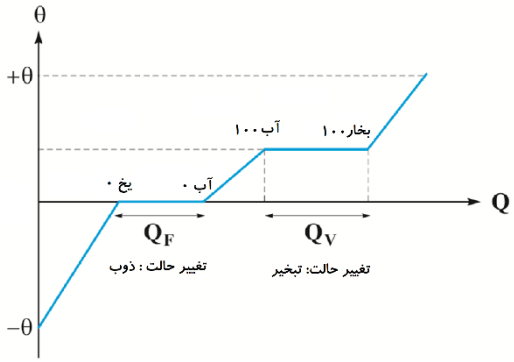
ظرفیت گرمایی اجسامی که از یک نوع مادّه ساخته شده‌اند متناسب با جرم آنهاست.

۴-۳-۶ تکمیلی بلای ۲ | گرمایی که باعث تغییر حالت میشه



۴-۳-۷ تکمیلی بلای ۳ | گرمایی که هم باعث تغییر دما میشه و هم تغییر حالت! یعنی میکس دو حالت قبل

داستان های نمودار $\theta - Q$



$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow \Delta\theta = \frac{1}{mc}Q \xrightarrow{mc=C} \Delta\theta = \frac{1}{C}Q$$

$$\rightarrow \theta - \theta_o = \frac{1}{C}Q \rightarrow \theta = \frac{1}{C}Q + \theta_o$$

پس عرض از مبدا نمودار $\theta - Q$ برابر θ_o و شیب نمودار عکس ظرفیت گرمایی یعنی $\frac{1}{C} = \frac{1}{mc}$

از آنجا که در تبادل گرما، ظرفیت گرمایی جسم تغییر نمی کند، نمودار $\theta - Q$ خط شیبداری است که شیب آن برابر عکس ظرفیت گرمایی جسم است و هرچه ظرفیت گرمایی جسم بیشتر باشد، شیب نمودار $\theta - Q$ آن کم تر است. واضح است ! هرچه ظرفیت گرمایی جسم بزرگ تر باشد، دمای آن، در اثر جذب گرمای معینی ، کم تر تغییر می کند. لذا شیب تغییرات دما بر حسب گرما، کم تر می شود. (ظرفیتش بیشتره دیگه!)

شیب غیرافقی نمودار $\theta - Q$: تغییر دما | شیب افقی نمودار $\theta - Q$: تغییر حالت

- ✓ اگر دمای آب برابر دمای نقطه جوش آن باشد، آب بخار نمی شود، زیرا آب در نقطه ی جوشش هنگامی می جوشد و بخار می شود که گرما دریافت کند.
- ✓ هنگام جوشیدن آب دمای آن بالا نمی رود، در تمام مدت عمل تبخیر و جوشیدن، دمای مایع ثابت و برابر نقطه ی جوش مایع است.

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۴-۳-۸ این ثابت ها

گرمای ویژه (c)	مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سانتی گراد (یا یک کلوین) افزایش یابد. واحد آن $c:[\frac{J}{Kg.^\circ C}]or[\frac{J}{Kg.K}]$ با تغییر جرم تغییری نمی کند. **فقط به جنس ماده سازنده جسم بستگی دارد و برای هرماده عددی مشخص است.**
ظرفیت گرمایی ($C=mc$)	مقدار گرمایی که به یک جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سانتی گراد (یا یک کلوین) افزایش یابد. واحد آن $C:[\frac{J}{^\circ C}]or[\frac{J}{K}]$ **علاوه بر جنس به جرم ماده سازنده هم بستگی دارد و بسته به جرم ماده تغییر می کند.**
گرمای نهان ذوب (L_f)	مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از جسم بدهیم تا در دمای معین ذوب دهد. واحد آن $\frac{J}{Kg}$ می باشد. فقط به جنس جسم بستگی دارد.
گرمای نهان تبخیر (L_V)	مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از جسم بدهیم تا در دمای معین بخار دهد. واحد آن $\frac{J}{Kg}$ می باشد. با کاهش دما به دلیل محکمتر شدن پیوند مولکول های مایع، L_V افزایش می یابد. L_V به جنس و دما بستگی دارد. ✓ **هرچه دمای مایع بالاتر باشد (L_V) آن کمتر است یعنی با افزایش دما L_V کاهش می یابد زیرا با افزایش دما انرژی جنبشی متوسط مولکول ها زیاد میشود و در نتیجه مولکول ها خودشان پر انرژی هستند و برای جدا شدن از مایع انرژی کمتری باید دریافت کنند.**
توضیحات مشترک (L_f) و (L_V)	✓ **گرمای نهان ذوب (L_f) به جنس ماده بستگی دارد اما گرمای نهان تبخیر (L_V) به جنس ماده و دمای آن بستگی دارد. چون فرایند ذوب و انجماد فقط در دمای ذوب رخ می دهند اما تبخیر و میعان ممکن است در هردمایی رخ بدهند.** ✓ **تبدیل مایع به بخار انرژی بیشتری می خواهد تا تبدیل جامد به مایع به همین دلیل گرمای نهان تبخیر (L_V) یک ماده همیشه بزرگتر از گرمای نهان ذوب (L_f) آن ماده است.**
گرمای ویژه مولی (c_m)	گرمای ویژه ی مولی مقدار گرمایی است که باید به یک مول از ماده بدهیم تا درشرایط فیزیکی تعیین شده دمایش ۱° افزایش یابد. یکای گرمای ویژه مولی J/mol.K است. و از رابطه $c_m=\frac{C}{n}$ نتیجه می گیریم که گرمای ویژه ی مولی ظرفیت گرمایی یک مول ماده است.

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

فصل اول فیزیک یازدهم

الکتریسیتهٔ ساکن

بار الکتریکی
1) بار الکتریکی مثبت که منشأ آن پروتون‌ها هستند.
2) بار الکتریکی منفی که منشأ آن الکترون‌ها هستند.

پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی
پایستگی: بار الکتریکی خود به خود به وجود نمی‌آید و خود به خود از بین نمی‌رود! بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.

اصل کوانتیده بودن: کم‌ترین باری که یک جسم می‌تواند داشته باشد به اندازهٔ بار یک الکترون است. این مقدار را «بار بنیادی» می‌گویند.

بار الکتریکی یک جسم، مضرب درستی از بار بنیادی (e) است:
$q = \pm ne \quad ; \quad n = 0, 1, 2, 3, \ldots$

روش باردار کردن اجسام
به سه روش می : 1) مالش 2) تماس 3) القا

الکتروسکوپ (برق‌نما)
الکتروسکوپ وسیله‌ای آزمایشگاهی است که از یک رسانای یکپارچه شامل کلاهک فلزی، میلهٔ فلزی و تیغه سبک و فلزی ساخته شده که بدون اتصال الکتریکی روی پایه‌ای عایق و درون محفظه‌ای شیشه‌ای و شفاف قرار گرفته است. اگر الکتروسکوپ باردار باشد، تیغه‌های فلزی آن از هم دور می‌شوند.

قانون کولن
دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 که در فاصلهٔ r از یکدیگر قرار دارند، بر هم نیروی الکتریکی وارد می‌کنند که این نیرو بین بارها از نوع کشش و واکنش است یعنی با اندازه‌های یکسان و جهت‌های مخالف هم.

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \quad (N) \rightarrow \text{ثابت کولن } k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$$

صفر شدن نیروی برآیند در راستا
اگر دو بار هم‌نام باشند در نقطه‌ای مابین دو بار و نزدیک بار کوچک
2) اگر دو بار ناهم‌نام باشند در نقطه‌ای خارج دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر

میدان الکتریکی
هر بار الکتریکی در فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که به موجب آن به هر بار دیگری که در آن فضا باشد، نیروی الکتریکی وارد می‌کند. این خاصیت، میدان الکتریکی نام دارد.

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \quad \frac{N}{C} \rightarrow \text{اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ } r \text{ از } q$$

اگر بار الکتریکی وارد میدان بار الکتریکی دیگر شود به آن نیرویی وارد می‌شود که از رابطه رو به رو به دست می‌آید:
$$F = E|q.|$$

خطوط میدان الکتریکی
خط‌های میدان در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار مثبت واقع در آن نقطه است.
خطوط میدان الکتریکی به صورت شعاعی، از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود.
میدان الکتریکی کمیتی برداری است و میدان الکتریکی در هر نقطه، برداری مماس بر خط میدان عبوری از آن نقطه و هم‌جهت با خط میدان است.
میزان تراکم خطوط میدان الکتریکی، نشان‌دهندهٔ بزرگی میدان است. هر جا خطوط میدان به یکدیگر نزدیک‌تر و فشرده‌تر و پرتراکم‌تر باشند میدان در آن ناحیه بزرگ‌تر است و بالعکس.
خطوط میدان، یکدیگر را قطع نمی‌کنند یعنی از هر نقطه از فضا یک خط میدان می‌گذرد که همان میدان الکتریکی برآیند است.
تعداد خط‌های میدان الکتریکی که از یک بار الکتریکی خارج یا به آن داخل می‌شوند، با اندازهٔ آن بار متناسب است. خط میدان در نزدیکی بار بزرگ‌تر، خمیدگی کمتری دارد.

کار نیروی الکتریکی
فرض کنید ذره‌ای با بار الکتریکی q در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ به اندازهٔ $\vec{d}$ جابه‌جا شود. نیروی الکتریکی وارد بر بار $F_E = E|q|$ و کاری که نیروی الکتریکی روی بار انجام می‌دهد برابر است با:
$$W_E = E|q|d\cos\theta$$

نکته: طبق قضیهٔ کار و انرژی، کار کل انجام شده روی یک جسم برابر تغییر انرژی جنبشی آن است:
$$W_t = \Delta k$$

انرژی و اختلاف پتانسیل الکتریکی
انرژی پتانسیل الکتریکی
تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در یک جابه‌جایی، همواره برابر با منفی کار نیروی الکتریکی وارد بر آن بار در آن جابه‌جایی است.

$$AU_E = -W_E \Rightarrow \Delta U_E = -E|q|d\cos\theta$$

نکته: اگر جهت جابه‌جایی بار، در خلاف تمایل حرکت بار باشد، آن‌گاه $W_E < 0$ و انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد $(\Delta u_E > 0)$
و اگر جهت جابه‌جایی بار، مطابق تمایل حرکت بار باشد آن‌گاه $W_E > 0$ و انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد. $(\Delta u_E < 0)$

اختلاف پتانسیل الکتریکی
به تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یکای بار الکتریکی در جابه‌جایی بین دو نقطه از میدان الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌گویند (تعریف کمی) و از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\Delta V_E = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-W_E}{q} \Rightarrow |\Delta V_E| = |E|\,|d_{\parallel}| \quad \begin{cases} d_{\parallel} \text{ در جهت میدان باشد} \rightarrow \Delta V = -E\,|d_{\parallel}| \\ d_{\parallel} \text{ در خلاف جهت میدان باشد} \rightarrow \Delta V = +E\,|d_{\parallel}| \end{cases}$$

باتری
هر باتری از دو پایانه تشکیل شده است، یکی مثبت و دیگری منفی. هنگامی که می‌گوییم باتری ۱۲ ولت است یعنی پتانسیل الکتریکی پایانهٔ مثبت (V_+) به اندازهٔ ۱۲ ولت از پتانسیل الکتریکی پایانهٔ منفی (V_-) بیشتر است.

توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا
اگر به جسم نارسانا و رسانای منزوی (جسمی که با فضای اطراف خود، بار الکتریکی مبادله نمی‌کند) بار الکتریکی بدهیم، بار به صورت زیر پخش می‌شود:

1) جسم نارسانا: بار داده شده به جسم نارسانا در همان محل باقی می‌ماند.
2) جسم رسانای منزوی: بار داده شده به جسم رسانای منزوی، فقط روی سطح خارجی رسانا پخش می‌شود و هیچ باری داخل جسم رسانا باقی نمی‌ماند و این ربطی به توپر یا تو خالی بودن جسم رسانا ندارد.

خازن
رابطهٔ مداری خازن
$$C = \frac{q}{V} \quad \text{یا} \quad q = CV \quad \text{یا} \quad V = \frac{q}{C}$$

عوامل موثر بر ظرفیت خازن
$$C = \frac{K\varepsilon_0 A}{d}$$

انرژی ذخیره شده در خازن
$$U = \frac{1}{2}CV^2 \quad \text{یا} \quad U = \frac{1}{2}qV \quad \text{یا} \quad U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$$

تحلیل میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن
اگر خازن به مولد وصل است حتماً از رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ حل کنید زیرا V ثابت است
اگر خازن شارژ شده را از باتری جدا کنند از رابطهٔ $E = \frac{q}{K\varepsilon_0 A}$ حل کنید زیرا q ثابت است

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

الکتریسیته ساکن

۵-۱ خاصیت الکتریکی (کهربایی)

با شانه پلاستیکی موهاتو شانه کن! شانه رو ببر نزدیک خرده های کاغذ! چی میشه؟!

موارد مهم منشا الکتریکی در کتاب

- آذرخش – درخشش لامپ کوچک
- انچه سبب پیوند اتم ها به شکل مولکول می شود
- پیام های عصبی در دستگاه اعصاب
- چسبیدن نوار سلوفان بر روی ظروف
- بالا رفتن مارمولک از دیوار

واژه الکتریسیته از واژه یونانی الکترون[1] به معنای کهربا گرفته شده است.

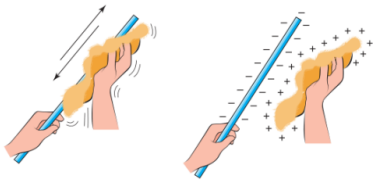
۵-۲ بار الکتریکی

مالش { میله شیشه ای / پارچه ابریشمی } e

مالش { میله پلاستیکی / پارچه پشمی } e

وقتی دو جسم با یکدیگر مالش داده می شوند.

۱) هر دوی آن ها دارای بار الکتریکی می شوند.



۲) بر یکدیگر نیرو وارد می کنند.

میله های با بار هم نام : همدیگر را دفع و میله های با بار غیرهم نام : همدیگر را جذب

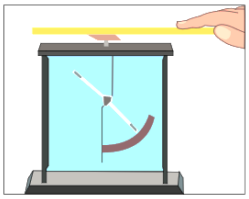
الف) وقتی دو میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

ب) وقتی دو میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

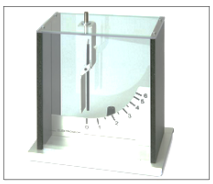
ب) وقتی میلهٔ پلاستیکی مالش داده شده با پارچهٔ پشمی را به میلهٔ شیشه‌ای مالش داده شده با پارچهٔ ابریشمی نزدیک کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.

۵-۲-۱ تعیین نوع بار جسم

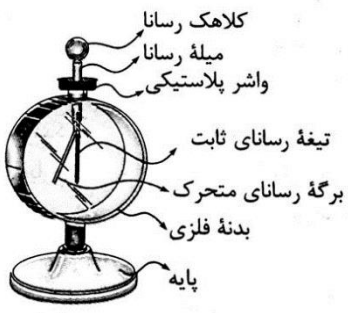
نوع باری که دو جسم در اثر مالش پیدا می کنند به جنس آن ها بستگی دارد. باردار بودن و تعیین نوع بار توسط برق نما تعیین می شود.



ب) جسم باردار را به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک کرده یا تماس داده‌ایم



الف) تصویر از یک الکتروسکوپ درجه‌بندی شده بدون بار



[1] Elektron

جمع بندی به سبک مهندس علی عاقلی

۵-۲-۲ کاربرد های برق نما (الکتروسکوپ)

باردار کردن الکتروسکوپ، به دو روش القا و تماس انجام می شود.

- در روش القا : بار الکتروسکوپ مخالف بار جسم القا کننده می شود.
- در روش تماس: بار الکتروسکوپ هم نام بار جسم رسانا می شود.

۱) تشخیص وجود بار الکتریکی در یک جسم (باید الکتروسکوپ بدون بار باشه!)	جسم را به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک می کنیم، اگر با نزدیک شدن جسم ، (مستقل از نوع بار جسم) برگه ها از هم فاصله گرفتند یعنی جسم باردار است. (علت : جابجایی بارهای هم نام با جسم از کلاهک به برگه و تیغه است. هم نام شدن بار برگه و تیغه سبب دور شدن برگه از تیغه می شود.) جمع بندی ۱: برگه ها از هم فاصله گرفتند یعنی جسم باردار است.
۲) تشخیص نوع بار جسم (باید بار الکتروسکوپ مشخص باشه! یعنی از قبل ورقه ها از هم فاصله داشته باشن.)	جسمی را با بار نامعلوم از فاصله نسبتاً دور، به آرامی به کلاهک الکتروسکوپی که بار آن مشخص است نزدیک می کنیم: ✓ هم نام با الکتروسکوپ: اگر برگه شروع به دور شدن از تیغه کرد و با نزدیک شدن جسم هم چنان دور شد. () ✓ مخالف با الکتروسکوپ: اگر بار جسم کمتر از بار الکتروسکوپ باشه، ورق ها به هم نزدیک میشن. ولی اگر بار جسم بیشتر از بار الکتروسکوپ باشه، ورق ها از هم دور میشن! (که شما حالت بالا رو بدونین کافیه.) جمع بندی۲: پس اگه هم نام باشن : زاویه بین ورقه ها زیاد یا دور میشن از هم ! جمع بندی۳: پس اگه نا هم نام باشن : زاویه بین ورقه ها کم یا نزدیک میشن به هم !
۳) تشخیص رسانا یا نارسانا بودن جسم (باید الکتروسکوپ باردار باشه!)	کافیست سر جسم رسانا را بدون دستکش یا وسیله عایقی در دست بگیریم و به سر الکتروسکوپ باردار تماس دهیم. اگر جسم رسانا باشد، برگه رسانا خیلی سریع به تیغه می چسبد. (علت: بدن ما رسانای الکتریکی است و بار از طریق جسم و بدن ما به زمین منتقل می شود و الکتروسکوپ خنثی می شود.). اما برای جسم نارسانا زاویه بین برگه و تیغه تغییری نمی کند. جمع بندی۴: اگر جسم رسانا باشد، برگه رسانا خیلی سریع به تیغه می چسبد.

۵-۲-۳ یکای بار الکتریکی

۱) یک کمیت فیزیکی با حرف q نشونش میدن .

۲) یکای آن در SI کولن (C) می باشد. (یک کولن بار بزرگی است (باری که از آذرخش یا صاعقه به زمین منتقل می شود ۱۰ استا))

۵-۲-۴ ساختار اتم

اتم	ذره		نوع بار	مقدار بار بر حسب کولن	جرم بر حسب کیلوگرم (نیازی به حفظ کردن نیست)
	اطراف هسته	الکترون	منفی	$q_e = -e = -1/6\times10^{-19}$	$m_e = 9/11\times10^{-31}$
	هسته	پروتون	مثبت	$q_p = +e = +1/6\times10^{-19}$	$m_p = 1/673\times10^{-27}$
		نوترون	خنثی	$q_n = 0$	$m_n = 1/675\times10^{-27}$

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

مقدار $1/6\times10^{-19}C$ را بار بنیادی (پایه) گوییم و با e نشان می دهیم. (اندازه گیری بار الکتریکی توسط رابرت میلیکان انجام شد)

در مالش : الکترون ها تولید نمی شوند و یا از بین نمی روند، بلکه صرفا از جسمی به جسم دیگر منتقل می شوند.

(الکترون از دست بدهد: بارش مثبت / الکترون دریافت کند: بارش منفی می شود)

در یک جسم	تعداد پروتون بیشتر از الکترون ($n_p > n_e$)	بار جسم مثبت $\longrightarrow q>0$
	تعداد الکترون بیشتر از پروتون ($n_e > n_p$)	بار جسم منفی $\longrightarrow q<0$
	تعداد پروتون برابر الکترون ($n_e = n_p$)	بار جسم خنثی $\longrightarrow q=0$

۵-۲-۵ سری تریبوالکتریک (برطرف کننده دغدغه ما در مورد انتقال بار الکتریکی) – حفظ نشود!

در این جدول مواد بالاتر الکترون میدن! (مواد پایین تر، الکترون میخوان!)

مثلاً مالش نایلون با تفلون : الکترون از نایلون به تفلون منتقل می شود.

سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)

انتهای مثبت سری

موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچهٔ کتان
کهربا
برنج، نقره
پلاستیک، پلی اتیلن
لاستیک
تفلون

انتهای منفی سری

۵-۲-۶ دو اصل در مورد بارهای الکتریکی

۱) اصل اول: اصل پایستگی بار:

مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است . یعنی بار می تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

یعنی اگر اجسام A و B و C بارهای q_A, q_B, q_C داشته باشند و با هم تبادل الکترون کنند، پس از تبادل، بار آن ها q'_A, q'_B, q'_C شد :

$$q_A + q_B + q_C = q'_A + q'_B + q'_C$$

دستگاه منزوی : دستگاهی که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد.

۲) اصل دوم : اصل کوانتیده بودن بار:

در تجربه هایی مثل مالش، اگر جسم خنثی الکترون بگیرد یا از دست بدهد، همواره بار الکتریکی مشاهده شده ی جسم، مضرب درستی از بار بنیادی (پایه) است.

$q=+ne$ جسم خنثی n تا الکترون از دست بدهد.	$q=\pm ne$ $n=0,1,2,\cdots$
$q=-ne$ جسم خنثی n تا الکترون بگیرد.	

در این رابطه $\pm n$ مضرب صحیح و e مقدار ثابت بار می باشد.

جمع بندی۵: هر وقت گفت چند الکترون ، یاد $q=\pm ne$ بیفت!

تست ۱:

بار الکتریکی یک جسم باردار کدام یک از مقادیر زیر نمی‌تواند باشد؟

۱) $3/2\times10^{-19}\,C$ ۲) $4/4\times10^{-19}\,C$ ۳) $6/4\times10^{-19}\,C$ ۴) $8\times10^{-19}\,C$

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۵-۲-۷ رسانش الکتریکی

اجسام از نظر توانایی عبور دادن بارهای الکتریکی به سه دسته تقسیم می شوند:

۵-۳ روش های باردار کردن اجسام

روش	برای اجسام	توضیحات
مالش (q هم اندازه اما ناهم نام)	نارسانا و رسانا (نارسانا بهتره)	• در اثر مالش سطح دو جسم به هم و به دنبال آن گرمای (انرژی) ایجاد شده تعدادی الکترون از سطح یک جسم کنده می شوند و به سطح جسم دیگر می چسبند. بر اساس جدول تریبوالکتریک می تونیم بفهمیم کی منفی شده کی مثبت! • هم برای اجسام رسانا و هم اجسام نارسانا • این روش بهترین روش برای باردار کردن اجسام نارسانا است. (برای اجسام رسانا روش های بهتری وجود دارد) • در اجسام نارسانا، بارهای الکتریکی فقط در محل تماس (مالش) مستقر می شوند (علت: بارها در اجسام نارسانا جابجا نمی شوند)
تماس	رسانا	• تماس دو جسم رسانا به هم، راه را برای انتقال بین دو جسم باز می کند. • تماس جسم رسانای باردار با جسم رسانای خنثی : جسم رسانای خنثی باری هم نام جسم باردار پیدا میکند. • طبق اصل پایستگی بارهای الکتریکی، مجموع بار الکتریکی دو جسم قبل و بعد از تماس با هم برابر است. $q_1+q_2=q_1'+q_2'$ • بر اثر تماس دو کره فلزی مشابه باهم، بار الکتریکی بعد از تماس به صورت مساوی بین دو کره تقسیم می شود. یعنی: بارها بعد تماس برابر میانگین بارها قبل تماس . $q_1'=q_2'=\frac{q_1+q_2}{2}$ • تماس مستقیم دو جسم با هم، تماس دو کره رسانا توسط رسانای دیگر از جمله مثال های باردار کردن به این روش می باشد.

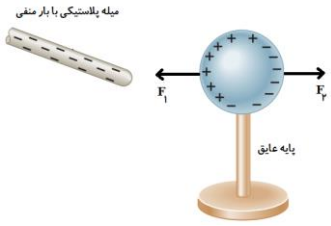
جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

القا (واژه ی نزدی ک کردن)

رسانا

اگر یک میله پلاستیکی ای با بار منفی را به یک کره فلزی خنثی نزدیک کنیم، پروتون ها درون کره فلزی به طرف میله پلاستیکی جذب می شوند.

پس بار یک سمت کره فلزی منفی و بار طرف دیگر مثبت می شود.



در واقع القای الکتریکی: جابجایی بار الکتریکی درون یک جسم در اثر نیروی جاذبه یا دافعه الکتریکی است.

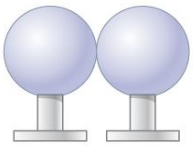
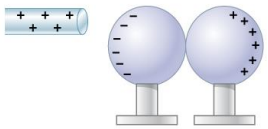
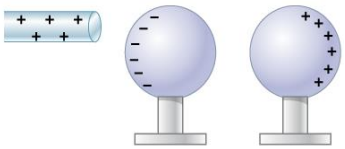
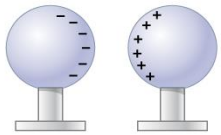
در این پدیده نیازی به برقراری تماس بین دو جسم نیست.

در این پدیده همیشه جسم القا کننده و جسم القا شونده همدیگر را جذب می کنند،

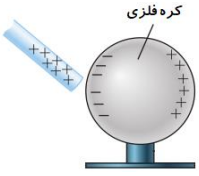
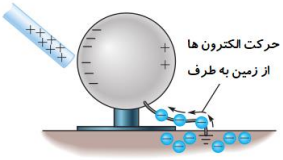
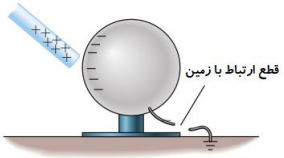
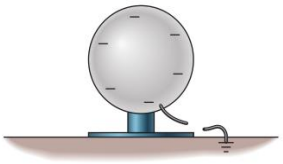
بنابراین نیروی جاذبه الکتریکی بین میله و سمت چپ کره ($\vec{F}_1$) از نیروی دافعه بین میله و سمت راست کره ($\vec{F}_2$) بیشتر است.

باردار کردن با روش القا به ۲ روش انجام می شود.

روش ۱

مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۴
تماس دو کره خنثی رسانای A و B به هم 	نزدیک کردن میله شیشه ای باردار به کره A 	کره ها را از هم دور می کنیم (همچنان میله نزدیک A) 	دور کردن میله 

روش ۲ :

مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۴
نزدیک کردن میله شیشه ای به کره 	انتقال بارهای منفی از زمین به کره، با وصل کردن کره به زمین 	قطع ارتباط و به دام انداختن الکترون های افزوده شده به کره 	دور کردن میله نتیجه: بار کره مخالف بار میله 

۴-۵ دافعه یا جاذبه های کنکور یک بار برای همیشه ! الله اکبر

نوع نیرو	شرایط	جاذبه یا دافعه؟!
نیرویی که دو بار الکتریکی به هم وارد می کنن	بار ها هم نام باشن	نیروی دافعه
	بارها ناهم نام باشن	نیروی جاذبه
نیروی گرانشی بین دو جسم (دینامیک دوازدهم)	همیشه از جنس جاذبه هستش	
نیرویی که دو سیم به هم وارد می کنن (مغناطیس یازدهم)	دو سیم همسو باشن	نیروی جاذبه
	دو سیم نا همسو باشن	نیروی دافعه

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

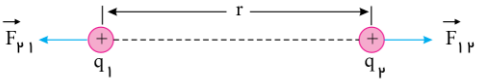
۱-۴-۵ خود قانون کولن

	اصلی : بارها بر حسب کولن و فاصله متر	۹۰ : بارها بر حسب میکروکولن و فاصله سانتی متر	مقایسه ای
رابطه	$F = K\frac{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}$	$F = 9\cdot\frac{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}$	$F\alpha\frac{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}\rightarrow\frac{F'}{F}=\frac{\lvert q_1'\rvert\lvert q_2'\rvert}{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}\times(\frac{r}{r'})^2$

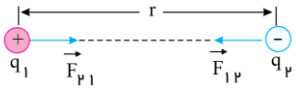
F بر حسب نیوتن و $K=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2}$ می باشد.

نکته ها

الف) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی همنام، دافعه است. (خارج فاصله)



ب)نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهمنام، جاذبه است. (بینشون)

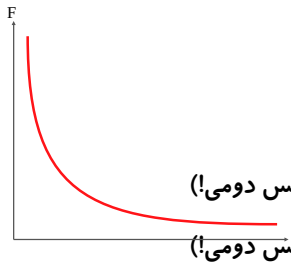


این نیروها که دو بار نقطه ای برهم اثر می دهند:

۱) در راستای خط مستقیم بین آنهاست.

۱) هم اندازه اند. $\longleftarrow \lvert\vec{F}_{12}\rvert=\lvert\vec{F}_{21}\rvert=F$ (بر اساس قانون ۳ نیوتن)

۲) در خلاف جهت هم اند. $\longleftarrow \vec{F}_{12}=-\vec{F}_{21}$ (بر اساس قانون ۳ نیوتن)



$\vec{F}_{12}$: نیرویی که بار نقطه ای q_1 به بار نقطه ای q_2 وارد می کند. (اندیس اولی به اندیس دومی!)

$\vec{F}_{21}$: نیرویی که بار نقطه ای q_2 به بار نقطه ای q_1 وارد می کند. (اندیس اولی به اندیس دومی!)

۲-۴-۵ کولنی که اینقدر از این بار روی اون بار بگذاریم!

نکته ۶:

دو بار مساوی و هم نام q در فاصله ی r از یکدیگر قرار دارند. مقدار x از یکی از بارها برداشته ($q-xq$) و بر روی بار دیگر می گذاریم، ($q+xq$) در این صورت نسبت نیروی جدید به نیروی قبلی از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$\frac{F_2}{F_1}=\frac{q_1'q_2'}{qq}=\frac{(q-xq)(q+xq)}{qq}=\frac{q^2-x^2q^2}{q^2}\rightarrow\boxed{\frac{F_2}{F_1}=(1-x^2)}\xrightarrow{\text{with r}}\boxed{\frac{F_2}{F_1}=(1-x^2)\times(\frac{r_1}{r_2})^2}$$

دو بار مساوی و نا هم نام q در فاصله ی r از یکدیگر قرار دارند. مقدار x از یکی از بارها برداشته ($q-xq$) و بر روی بار دیگر می گذاریم، ($-q+xq$)در این صورت نسبت نیروی جدید به نیروی قبلی از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$\frac{F_2}{F_1}=\frac{q_1'q_2'}{qq}=\frac{\lvert(q-xq)\rvert\lvert(-q+xq)\rvert}{qq}=\frac{(q-xq)^2}{q^2}\rightarrow\boxed{\frac{F_2}{F_1}=(1-x)^2}\xrightarrow{\text{with r}}\boxed{\frac{F_2}{F_1}=(1-x)^2\times(\frac{r_1}{r_2})^2}$$

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

نکته۷: طبق نکته ریاضیاتی می دانیم هرگاه مجموع دو کمیت ثابت باشد، حاصل ضربشان وقتی بیشینه می شود که دو مقدار با هم برابر باشند. (طبق پایستگی بار مجموع دو بار همواره ثابت است، بنابراین نیروی بین دو بار زمانی بیشینه می شود که بارها برابر باشند.)

$۵+۵=۱۰ \rightarrow ۵\times۵=۲۵$

$۴+۶=۱۰ \rightarrow ۴\times۶=۲۴$

نکته۸: اگر دو ذره به هم نیرو وارد کنن و شتاب بگیرن : $\boxed{F_{۱۲}=F_{۲۱} \rightarrow m_۲a_۲=m_۱a_۱}$

تست۲:

دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲(q_۱>q_۲)$ در فاصله‌ی r یکدیگر را با نیروی F دفع می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار $q_۱$ را به $q_۲$ منتقل کنیم و همچنین فاصله‌ی بین دو بار ۵۰ درصد افزایش یابد، اندازهٔ نیرویی که دو بار به هم وارد می‌کنند، تغییری نمی‌کند. $\left|\frac{q_۲}{q_۱}\right|$ کدام است؟

۱) $\frac{۸}{۳۰}$ ۲) $\frac{۳}{۸}$ ۳) $\frac{۱}{۸}$ ۴) $\frac{۳}{۱۶}$

تست۳:

مطابق شکل زیر، بارهای الکتریکی مثبت و هم اندازهٔ q در جای خود ثابت شده‌اند و به یکدیگر نیروی الکتریکی به بزرگی F وارد می‌کنند.

اگر تعدادی الکترون از جسم A به جسم B منتقل کنیم تا بار جسم B برابر $-۲q$ شود، در این صورت بزرگی نیرویی که دو ذره به هم وارد می‌کنند، چند برابر F می‌شود؟

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

تست۴:

مطابق شکل زیر، درون یک لوله بدون اصطکاک دو گلولهٔ کوچک، نارسانا و مشابه A و B به جرم $۴۰g$ و با بار الکتریکی $q\ (q>۰)$ در فاصلهٔ $۱۲cm$ از هم قرار دارند، به‌طوری که گلولهٔ بالایی معلق مانده است. تعداد الکترون‌های کنده شده از هر گلوله کدام است؟ ($k=۹\times۱۰^{۹}\frac{N\cdot m^{۲}}{C^{۲}}$ ، $e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ ، $g=۱۰\frac{N}{kg}$ و از تمامی نیروهای اصطکاک درون لوله صرف‌نظر کنید.)

۱) ۵×۱۰^{۱۳} ۲) ۵×۱۰^{۱۲} ۳) ۸×۱۰^{۷} ۴) ۸×۱۰^{۱۲}

-قلم چی-۱۳۹۷

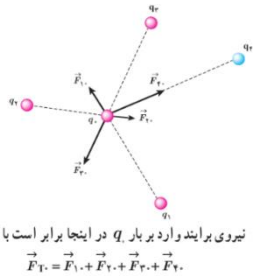
۵-۵ برآیند نیروهای الکتریکی

اگر n ذره باردار داشته باشیم:

$$\vec{F}_{T.} = \vec{F}_{1.} + \vec{F}_{2.} + \vec{F}_{3.} + ... + \vec{F}_{n.}$$

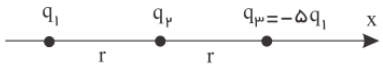
$F_{n.}$: نیرویی که بار q_n به $q.$ وارد می کند.

$F_{T.}$: نیروی خالص (کل) وارد شده بر بار $q.$



تست ۵:

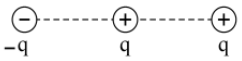
در شکل زیر سه ذرهٔ باداری روی محور x قرار دارند و به بار q_2 نیروی الکتریکی خالص F وارد می‌شود. اگر بار q_3 روی محور x به اندازهٔ $\frac{4r}{5}$ به بار q_2 نزدیک شود، نیروی خالص وارد بر بار q_2 چند برابر F می‌شود؟



۱) ۲۵
۲) ۲۱
۳) $\frac{13}{3}$
۴) $\frac{25}{6}$

تست ۶:

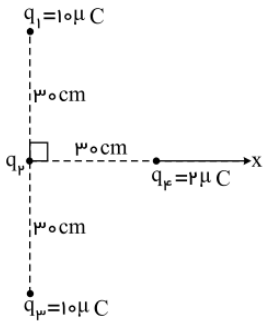
بارهای الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل زیر، روی خط راست قرار دارند و فاصلهٔ بین بارهای مجاور، برابر است. اندازهٔ نیروی الکتریکی خالص وارد بر یکی از بارها، بزرگ‌ترین و اندازهٔ نیروی الکتریکی خالص وارد بر یکی دیگر از بارها، کوچک‌ترین است. نسبت بزرگی این دو نیرو، چقدر است؟



۱) $\frac{3}{2}$
۲) $\frac{8}{5}$
۳) $\frac{5}{2}$
۴) $\frac{8}{3}$

تست ۷:

چهار ذرهٔ باردار، مطابق شکل قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_4 برابر $\vec{F_T} = [(\sqrt{2}-2)N]\vec{i}$ باشد، q_2 چند میکروکولن است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

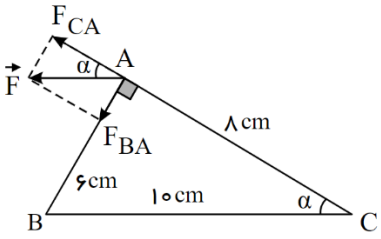


۱) -10
۲) -5
۳) 5
۴) 10

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

نکته ۹: این شکل ها که برآیند نیروها بر هم عمودند ، کافیه از مثلثات بری ! برای مثال در شکل زیر نیروی برایند موازی ضلع ۱۰ سانتی متری است. اگر برایند بر وتر عمود بود: نسبت ضلع ها میشه نسبت بارها

اگر برایند با وتر موازی بود: نسبت ضلع ها به توان ۳ میشه نسبت بارها



اگر حرف از برآیند (وتر بزنن) : سراغ سینوس یا کسینوس برو

$$\sin\alpha = \frac{F_{BA}}{F} = \frac{۶}{۱۰}$$

$$\cos\alpha = \frac{F_{CA}}{F} = \frac{۸}{۱۰}$$

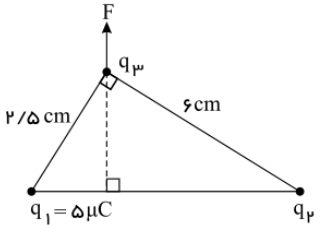
اگر حرفی از وتر نزنن : سراغ تانژانت یا کتانژانت.

$$\tan\alpha = \frac{F_{BA}}{F_{CA}} = \frac{۶}{۸}$$

$$\cot\alpha = \frac{F_{CA}}{F_{BA}} = \frac{۸}{۶}$$

تست ۸:

دو ذرهٔ باردار $q_۱$ و $q_۲$ مطابق شکل زیر قرار دارند. نیروی الکتریکی خالص (برایند) ناشی از دو ذره به ذرهٔ باردار $q_۳$ برابر $\vec{F}$ است. $q_۲$ چند میکروکولن است؟



۱) ۱۰۸

۲) ۲۴

۳) ۱۲

۴) ۶

۱-۵-۵ یافتن محل دقیق تعادل بار $q_۳$ (وقتی برآیند نیروهایی الکتریکی وارد بر یکی از بارها صفر شود)

لازمه این داستان ۴ شرط می باشد: (فرض $|q_۲| > |q_۱|$)

۱) نیروهای وارد بر بار $q_۳$ در یک راستا باشند.

۲) باید $F_{۱۳}, F_{۲۳}$ هم اندازه باشند

۳) ($r_{۱۳}$: فاصله بار ۱ از بار ۳ و $r_{۲۳}$: فاصله بار ۲ از ۳)

$$F_{۱۳} = F_{۲۳} \rightarrow \frac{Kq_۱q_۳}{r_{۱۳}^۲} = \frac{Kq_۲q_۳}{r_{۲۳}^۲} \rightarrow \boxed{\frac{q_۱}{q_۲} = (\frac{r_{۱۳}}{r_{۲۳}})^۲}$$

۴) اگر دو بار ۱ و ۲ هم نام باشند، بار ۳ در بین آن ها و نزدیک به بار کوچکتر

۵) اگر دو بار ۱ و ۲ ناهم نام باشند، بار ۳ در خارج فاصله ی بین آن ها و نزدیک به بار کوچکتر

نکته ۱۰: بار کوچکتر از نظر اندازه!!!! یعنی کاری به علامت بار نداشته باشیم! (بین ۱۰- و ۵ : ۵ کوچکتر است)

نکته ۱۱: یافتن محل بار ۳:

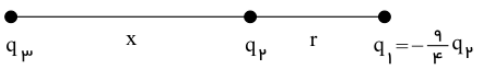
$$x = \frac{r}{\sqrt{\left|\frac{Q}{q}\right|} \pm ۱} \quad , \quad |Q| > |q|$$

- : دو بار غیر هم نام باشند	+ : دو بار هم نام باشند	x: فاصله از بار کوچکتر	r: فاصله بین دو بار

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۹:

در شکل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هریک از بارهای الکتریکی صفر است. نسبت‌های $\frac{x}{r}$ و $\frac{q_3}{q_2}$ به‌ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟



۱) $9، \frac{3}{2}$

۲) $-9، \frac{3}{2}$

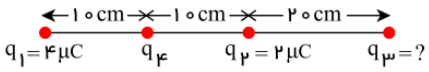
۳) $9، 2$

۴) $-9، 2$

پاسخ: گزینه ۴

تست ۱۰:

در شکل روبه‌رو، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 برابر صفر است. بار q_3 چند میکروکولن است؟ سراسری- ۱۳۹۱



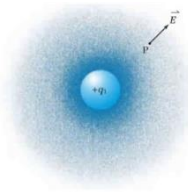
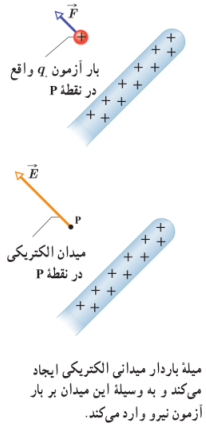
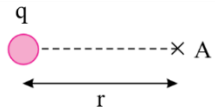
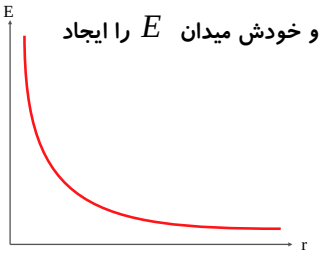
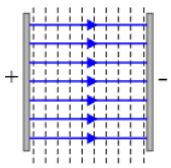
۱) ۱۸

۲) ۸

۳) -8

۴) -18

۲-۵-۵ میدان الکتریکی (میدان باعث میشه تا بارها به هم نیرو وارد کنن. مثل گرانشی دینامیک!)

انواع میدان الکتریکی	روابط
میدان الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف یک جسم باردار یا ذره باردار  $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}$ هر وقت رابطه به صورت برداری نوشته بشه، علامت q را بذار!	برای تعیین میدان الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف یک جسم باردار، نخست یک بار کوچک و مثبت q_0 موسوم به بار آزمون را در آن نقطه در نظر می‌گیریم. میدان الکتریکی یک کمیت برداری است و جهت آن همان جهت نیروی وارد شده بر بار آزمون است. در رابطه بالا، q_0 باری است که در داخل میدان E قرار گرفته است و خودش میدان E را ایجاد نکرده! $\vec{E}$ همواره همراستا با بردار $\vec{F}$ است. چون بار q_0 مثبت است و جهت ها یکی می شود. جهت و اندازه میدان الکتریکی مستقل از اندازه و نوع بار q_0 است که در آن میدان قرار دارد.  میلهٔ باردار میدانی الکتریکی ایجاد می‌کند و به وسیلهٔ این میدان بر بار آزمون نیرو وارد می‌کند.
میدان الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف ذره باردار  $\vec{E}=K\frac{\lvert q\rvert}{r^2}$ $\vec{F}=\vec{E}q_0$	در رابطه $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}$، q_0 باری است که در داخل میدان E قرار گرفته است و خودش میدان E را ایجاد نکرده! در رابطه $\vec{E}=K\frac{\lvert q\rvert}{r^2}$، q باری است که میدان E را ایجاد کرده است!  مقایسه ای برای یک بار در دو مکان مختلف: $\frac{\vec{E}_2}{\vec{E}_1}=\frac{r_1^2}{r_2^2}=(\frac{r_1}{r_2})^2$ میدان ناشی از هر بار به اندازه بار آزمون بستگی ندارد.
میدان ناشی از دو صفحه باردار (میدان یکنواخت)  	۱) میدان از مثبت به منفی ۲) فرمولش: $E=\frac{\Delta V}{d}=\frac{V}{d}$ ۳) مقایسه ای برای دو نقطه مختلف : (چون یکنواخته و E ثابته!) $E=\frac{\Delta V_1}{d_1}=\frac{\Delta V_2}{d_2}$ ۴) اگر باری بین دو صفحه معلق بود: $F_E=mg\rightarrow Eq=mg\rightarrow\frac{\Delta V}{d}q=mg$ ۵) هروقت بحث اختلاف پتانسیل، نیروی الکتریکی و فاصله شد : $F=Eq\xrightarrow{E=\frac{\Delta V}{d}}F=\frac{\Delta V}{d}q$ ۶) بزرگی این نیرو : $\vec{F}=\lvert q\rvert\vec{E}$ جهت این نیرو : اگر بار مثبت باشد، در جهت میدان و اگر بار منفی باشد در خلاف جهت میدان است.

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

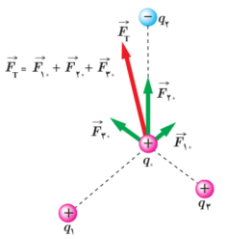
تست ۱۱:

اگر اندازهٔ میدان الکتریکی حاصل از یک بار الکتریکی نقطه‌ای در ۳۰ سانتی‌متری آن، $۱/۶ \times ۱۰^{۴} \frac{N}{C}$ کمتر از اندازهٔ میدان الکتریکی در ۱۰ سانتی‌متری آن باشد، اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ یک متری آن ذرهٔ باردار چند نیوتن بر کولن است؟

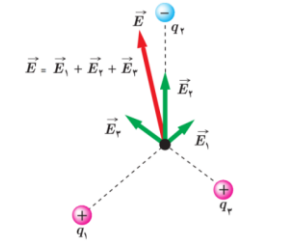
۱) ۹۰ ۲) ۱۲۰ ۳) ۱۸۰ ۴) ۲۴۰

۵-۶ برآیند میدان های الکتریکی

$$\frac{\vec{F}_{T.}}{q.} = \frac{\vec{F}_{۱.}}{q.} + \frac{\vec{F}_{۲.}}{q.} + \frac{\vec{F}_{۳.}}{q.} + \ldots \rightarrow \boxed{\vec{E}_T = \vec{E}_۱ + \vec{E}_۲ + \vec{E}_۳ + \ldots}$$



الف) نیروی $\vec{F}_T$ ، نیروی برایند وارد بر بار آزمون $q.$ است.

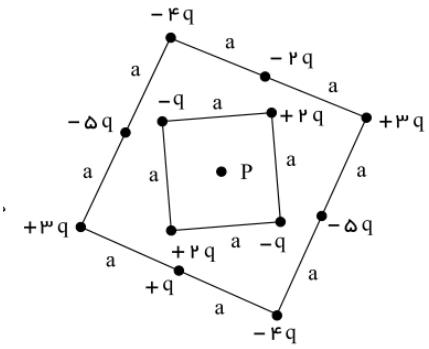


ب) میدان الکتریکی $\vec{E}$ در محل بار آزمون، جمع برداری میدان‌های $\vec{E}_۱$ ، $\vec{E}_۲$ و $\vec{E}_۳$ در محل این بار است.

میدان در هرجا خواستن: در آن جا بار آزمون بگذار!!!

تست ۱۲:

شکل زیر دو آرایه مربعی از ذرات باردار را نشان می‌دهد. مربع‌ها که در نقطه P هم‌مرکزند، هم‌ردیف نیستند، بزرگی میدان الکتریکی در نقطه P کدام است؟



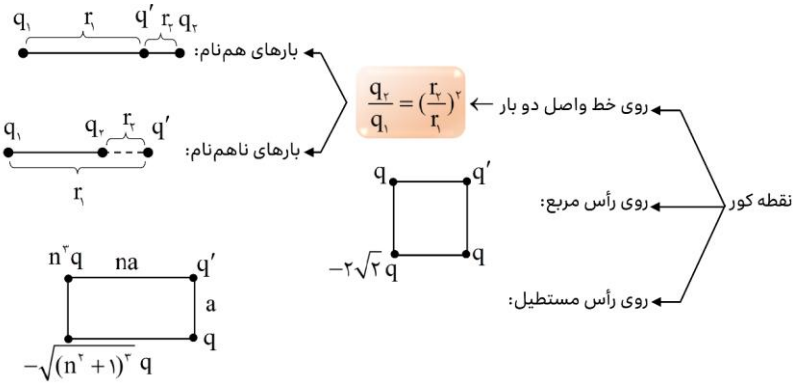
۱) $۳\frac{kq}{a^۲}$

۲) $\sqrt{۵}\frac{kq}{a^۲}$

۳) $\frac{kq}{a^۲}$

۴) صفر

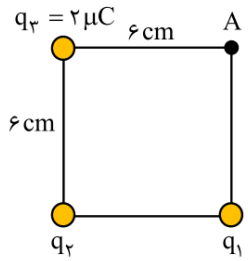
نکته ۱۲:



جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۱۳:

مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای روی رأس‌های یک مربع قرار دارند و میدان الکتریکی خالص در رأس چهارم (A) برابر صفر است. بزرگی میدان الکتریکی خالص در مرکز مربع چند واحد SI است؟ $\left(k = 9\times10^{9}\ \frac{N\cdot m^2}{C^2}\right)$



۱) 2×10^{7}

۲) $2\sqrt{2}\times10^{7}$

۳) 2×10^{6}

۴) $2\sqrt{2}\times10^{6}$

تست ۱۴:

مطابق شکل زیر، دو ذرهٔ باردار $q_1 = -2q$ و $q_2 = 6q$ در فاصلهٔ $3r$ از هم قرار دارند و بزرگی میدان الکتریکی خالص (برایند) ناشی از دو ذره در نقطهٔ O برابر E_1 است. اگر ۵۰ درصد از بار q_2 به q_1 منتقل شود، بزرگی میدان الکتریکی خالص (برایند) در نقطهٔ O برابر E_2 می‌شود. $\frac{E_2}{E_1}$ کدام است؟

۱) $\frac{1}{14}$

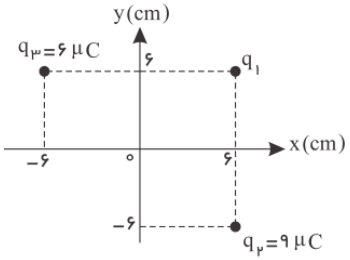
۲) $\frac{1}{6}$

۳) $\frac{1}{4}$

۴) $\frac{1}{2}$

تست ۱۵:

مطابق شکل زیر، سه بار نقطه‌ای در صفحهٔ xy قرار دارند و بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ O (مبدأ مختصات) در SI، برابر $6/25\times10^{6}\ \frac{N}{C}$ است. $|q_1|$ چند میکروکولن است؟ $(k = 9\times10^{9}\ \frac{Nm^2}{C^2})$



۱) ۲

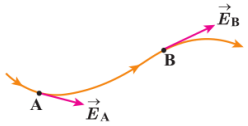
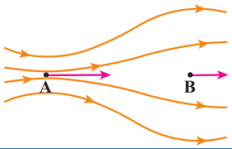
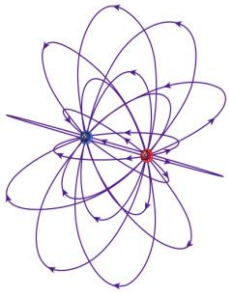
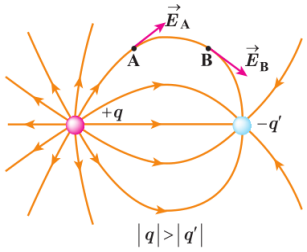
۲) ۳

۳) ۴

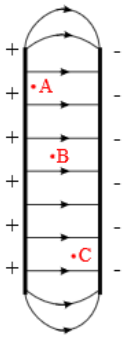
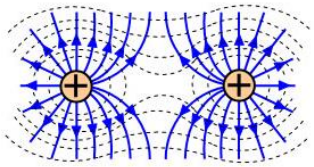
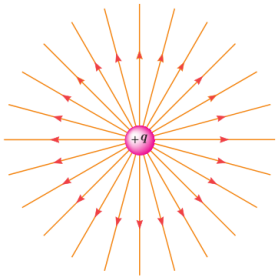
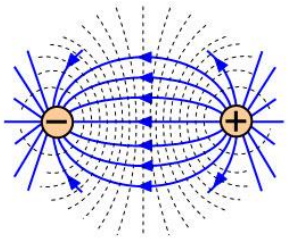
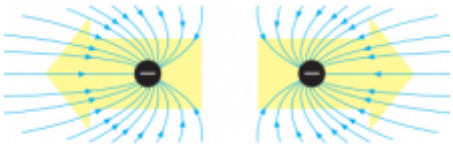
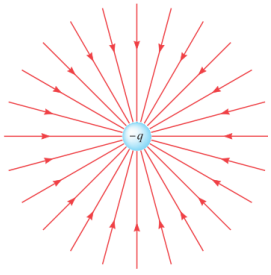
۴) ۵

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

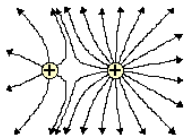
۵-۶-۱ خطوط میدان الکتریکی

ویژگی های این خطوط	
۱) در هر نقطه بردار میدان الکتریکی مماس بر خط میدان الکتریکی و در همان جهت	
۲) هر چه خطوط در یک منطقه متراکم‌تر باشند میدان الکتریکی در آن ناحیه بیشتر است. (میدان در اطراف A بیشتر از B است)	
۳) از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند.	
۴) خطوط میدان هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند خطوط میدان الکتریکی در فضا وجود دارند بنابراین طرح و تجسمی سه بعدی دارند.	

۵-۶-۲ شکل و شمایل انواع خطوط میدان

میدان یکنواخت	دو بار نقطه ای هم نام مثبت	بار نقطه ای مثبت
 $\vec{E}_A = \vec{E}_B = \vec{E}_C$		
دو بار نقطه ای نا هم نام	**دو بار نقطه ای هم نام منفی**	**بار نقطه ای منفی**
		

۵-۶-۳ متقارن بودن یا نبودن خطوط



اگر بارهای الکتریکی از نظر اندازه یکسان باشند شکل‌های مربوط به خطوط میدان الکتریکی کاملاً متقارن خواهند بود.

اگر اندازه‌ی دوبار الکتریکی یکسان نباشد خطوط میدان نیز نامتقارن خواهند شد ولی قوانین شخصی برای رسم خطوط میدان در این حالت وجود دارد. که عبارت‌اند از:

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۱) خطوط میدان همیشه از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود.

۲) تعداد خطوطی که به بار بزرگ‌تر وارد یا از آن خارج می‌شود با تعداد خط‌های مربوط به بار کوچک‌تر (از نظر اندازه) یکسان نیست.

۳) خطوط میدان در اطراف بار دارای اندازه‌ی بزرگ‌تر متراکم‌تر هستند بنابراین خطوط در اطراف بار بزرگتر دارای انحنای کم‌تری هستند و در اطراف بار دارای اندازه‌ی کوچک‌تر، انحنای خطوط بیشتر است.

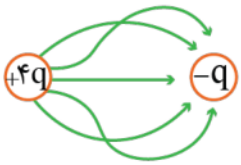
تست ۱۶:

با توجه به بارهای نشان داده شده کدام گزینه می‌تواند به درستی خطوط میدان الکتریکی مربوط به ذرات باردار را نشان دهد؟

۱)

۲)

۳)

۴) 

۵-۷ یادآوری از کار و انرژی

اگر به جسمی نیرو وارد شود و جسم جابجا شود، آن نیرو بر روی جسم کار انجام داده است. مقدار این کار:	$W = Fd\cos\theta$
اگر بر جسمی همزمان چند نیرو اثر کند، کار نیروی خالص یا کار برآیند نیروها برابر است با جمع جبری کارهای یکایک نیروهای وارده بر جسم	$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$
نیروی خالص وارد بر جسم (یا همان برآیند نیروها) انرژی جنبشی جسم را تغییر می دهد، به طوریکه داریم:	$W_T = \Delta K$ $K = \frac{1}{2}mv^2$
نیروهایی مثل وزن، کشسانی فنر و نیروی الکتریکی، انرژی پتانسیل جسم را تغییر می دهند(نیروهای پایستار)، به طوری که کار این نیروها برابر است با:	$W_E = -\Delta U_E \quad , \quad W_g = -\Delta U_g$
نیروهایی مثل اصطکاک، مقاومت هوا و نیرویی که دست ما وارد می کند، انرژی مکانیکی جسم را تغییر می دهند.	$W' = \Delta E$
تغییرات انرژی مکانیکی برابر است با مجموع تغییرات انرژی جنبشی و تغییرات انرژی پتانسیل	$\Delta E = \Delta U + \Delta K$
اصل پایستگی انرژی مکانیکی: تعریف ۱: اگر بر جسمی فقط نیروهایی مثل نیروی گرانش، کشسانی فنر یا نیروی الکتریکی اثر کند، انرژی مکانیکی جسم پایسته می ماند (یعنی E تغییری نمی کند) تعریف کمکی: اگر اتلاف نباشد، تغییرات انرژی مکانیکی صفر است.	$\Delta E = 0 \rightarrow \Delta U + \Delta K = 0$ $\rightarrow \Delta U = -\Delta K$
واژه های حال سکون ، رها شدن یعنی:	سرعت اولیه صفر است $V_0 = 0$

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۵-۸ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و ارتباطش با میدان الکتریکی و انرژی جنبشی و دوستان دیگر

$$\Delta U = q \times \Delta V$$

جابه جایی ذره باردار مثبت در جهت میدان ⟶ (+) × (−) = (−) ⟵ انرژی پتانسیل ذره کاهش می‌یابد

جابه جایی ذره باردار مثبت درخلاف جهت میدان ⟶ (+) × (+) = (+) ⟵ انرژی پتانسیل ذره افزایش می‌یابد

جابه جایی ذره باردار منفی در جهت میدان ⟶ (−) × (−) = (+) ⟵ انرژی پتانسیل ذره افزایش می‌یابد

جابه جایی ذره باردار منفی درخلاف جهت میدان ⟶ (−) × (+) = (−) ⟵ انرژی پتانسیل ذره کاهش می‌یابد

نوع بار	نوع حرکتش	تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی	کار میدان ها
بار مثبت	بره سمت صفحه مثبت: دوست نداره بره، باید با زور و اجبار بره	با زور و اجبار: $U\uparrow \leftarrow \Delta U>0 \leftarrow K\downarrow$	$\Delta U_E=-W_E$ $W_E<0$
	بره سمت صفحه منفی : خودش میره، میدان میبرش، میدان روش کار انجام میده. (W_E)	خودبخودی- بدون زور: $U\downarrow \leftarrow \Delta U<0 \leftarrow K\uparrow$	$\Delta U_E=-W_E$ $W_E>0$
بار منفی	بره سمت صفحه مثبت: خودش میره، میدان میبرش، میدان روش کار انجام میده. (W_E)	خودبخودی- بدون زور: $U\downarrow \leftarrow \Delta U<0 \leftarrow K\uparrow$	$\Delta U_E=-W_E$ $W_E>0$
	بره سمت صفحه منفی : دوست نداره بره، باید با زور و اجبار بره	با زور و اجبار: $U\uparrow \leftarrow \Delta U>0 \leftarrow K\downarrow$	$\Delta U_E=-W_E$ $W_E<0$

۵-۸-۱ رابطه

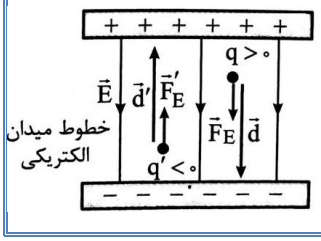
$$\Delta U_E=-W_E=-\Delta K=-(K_2-K_1)=-\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)=-|q|Ed\cos\theta=W_{ext}$$

θ: زاویه بین F_E و جابجایی d می باشد : (جابجایی ها یا هم راستا یا عمود)

d: جابجایی بر حسب متر

$\Delta U_E, W_E, \Delta K$: بر حسب ژول

این رابطه مستقل از علامت بار می باشد....

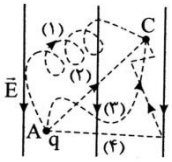


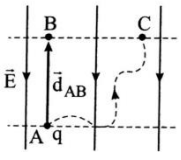
نکته۱۳:

کار میدان و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q به مسیر حرکت وابسته نیست و فقط به نقطه های ابتدا و انتهای مسیر بستگی دارد.

میدان فقط وقتی کار انجام می دهد که جابجایی، یک مولفه موازی با خطوط میدان داشته باشد.

بار منفی q از هر مسیری از A به C برود، کار میدان و تغییرات انرژی پتانسیلش برابر $\Delta U_{AC}=-W_{AC}=-|q|Ed_{AB}$





جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۵-۹ اختلاف پتانسیل الکتریکی، عامل شارش بار

تعریف	تغییرات انرژی پتانسیل انرژی الکتریکی یک ذره‌ی باردار به اندازه بار الکتریکی آن بستگی دارد: $\Delta U_E \alpha \lvert q \rvert$ نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به بار ذره ($\frac{\Delta U_E}{q} = -Ed\ \mathrm{Cos}\,\theta$)مستقل از نوع و اندازه‌ی بار الکتریکی خواهند بود.
فرمول	این نسبت را اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه می‌نامند و با ΔV نشان می دهند. $\Delta V = V_۲ - V_۱ = \frac{\Delta U_E}{q} = -Ed\,\mathrm{Cos}\,\theta \rightarrow \begin{cases} \boxed{\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-W_E}{q} = \frac{-\Delta K}{q}} \\ \boxed{\Delta V = -Ed\,\mathrm{Cos}\,\theta} \end{cases}$ • مهم مهم مهم : در این رابطه علامت بار قرار داده شود. • $V_۱$ پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی اول یا مبدأ حرکت بار و $V_۲$ پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی دوم یا مقصد حرکت بار است. این کمیت جزء ویژگی‌های هر نقطه از میدان محسوب می‌شود. • یکای ΔV، ژول بر کولن است و با نماد V نشان داده می‌شود. $\frac{J}{C}$ • اگر مسئله شکل داشت؟ برای فهمیدن علامت نهایی از تغییرات که در قسمت بعد گفته می شود استفاده کنیم!

۵-۹-۱ اشتباه نکنیم!

۱) پتانسیل الکتریکی مستقل از بار q می باشد، پس عبارت پتانسیل الکتریکی بار q غلط است. (اختلاف پتانسیل الکتریکی را به دو نقطه نسبت می دهند) . بنابراین جمله پتانسیل الکتریکی نقطه ۱ صحیح می باشد. پس پتانسیل الکتریکی از ویژگی های نقاط میدانه!

۲) انرژی پتانسیل الکتریکی وابسته به بار q می باشد. (عبارت انرژی پتانسیل بار q در نقطه ۱صحیح می باشد.) . پس انرژی پتانسیل از ویژگی های بار الکتریکی هستش!

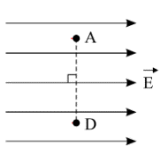
۵-۹-۲ تغییرات پتانسیل الکتریکی

نوع حرکت	نوع بار	تغییرات پتانسیل الکتریکی
در جهت میدان (از سمت صفحه مثبت به سمت صفحه منفی)	هرچی	کاهش $\boxed{V \downarrow}$
در خلاف جهت میدان (از سمت صفحه منفی به سمت صفحه مثبت)	هر چی	افزایش $\boxed{V \uparrow}$

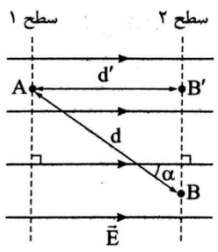
نتیجه گیری ۱: واضح است که پتانسیل الکتریکی نقاطی از میدان که به بارهای مثبت نزدیک‌تر باشد بیشتر خواهد بود. به بیان دیگر اگر در جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می‌یابد و اگر در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی نقاط افزایش می‌یابد و مستقل از نوع بار می باشد.

نتیجه گیری ۲: پتانسیل صفحه مثبت بیشتر است.

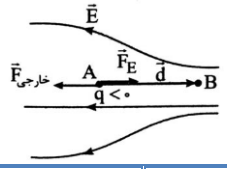
۵-۹-۳ نکاتش

نقاط هم پتانسیل 	به مکان هندسی نقاطی که پتانسیل یکسانی دارند، سطح هم پتانسیل گفته می‌شود. بنابراین تمام نقاطی که روی خط عمود بر خطوط میدان الکتریکی قرار دارند، یک سطح هم پتانسیل را تشکیل می‌دهند و دارای پتانسیل الکتریکی یکسانی هستند. (نقاطی که فاصله یکسانی از صفحه مثبت یا منفی دارند.)
پتانسیل زمین	پتانسیل الکتریکی زمین را برابر صفر می گیرند. (نقطه زمین)
پتانسیل یک نقطه	اگر برای انرژی پتانسیل الکتریکی یک مرجع انتخاب کنیم که در آن بتوان انرژی پتانسیل الکتریکی ذره و پتانسیل الکتریکی را صفر در نظر گرفت می‌توان نوشت: (همان طور که برای انرژی پتانسیل

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

	گرانشی یک سطح مرجع در نظر می گیریم) $V_A - V_{Source} = \frac{U_A - U_{Source}}{q} \xrightarrow[U_{Source}=0]{V_{Source}=0} V_A = \frac{U_A}{q} \rightarrow \boxed{V = \frac{U}{q}}$ که در آن V پتانسیل الکتریکی هر نقطه از میدان می‌باشد و وقتی می گویند پتانسیل الکتریکی نقطه A مثلاً ۲۰- ولت است، یعنی اختلاف پتانسیل الکتریکی نقطه A با نقطه مرجع ۲۰- ولت است.
بین دو نقطه	برای یافتن اختلاف پتانسیل بین دو نقطه ی A و B ، کافیست اختلاف پتانسیل بین دو نقطه ی A و B' را به دست آوریم. زیرا روی یک سطح هم پتانسیل قرار دارند و پتانسیل یکسان دارند.  $E = \frac{\Delta V}{d'} = \frac{V_B - V_A}{d'} = \frac{V_{B'} - V_A}{d'}$ $d' = d\cos\alpha$
دو سر باطری	عبارتست از اختلاف پتانسیل پایانه‌ی مثبت باتری با پایانه‌ی منفی آن یعنی $\Delta V = V_+ - V_-$: که در آن V_+ پتانسیل پایانه‌ی مثبت باتری و V_- پتانسیل پایانه‌ی منفی باتری می‌باشد. اختلاف پتانسیل دو سر باتری روی آن نوشته می‌شود نه پتانسیل پایانه‌ی مثبت باتری.

۵-۹-۴ یک مثال کلی



کمیت	حرکت از A تا B	علت
اندازه میدان الکتریکی E	زیاد می شود	تراکم خطوط میدان از A تا B بیشتر می شود.
اندازه نیروی الکتریکی F_E	زیاد می شود	طبق $\uparrow F_E = \uparrow Eq$
انرژی پتانسیل الکتریکی بار q	کم می شود	بار منفی خودش به سمت قطب مثبت می رود ← خودبخودی ← کم می شود.
کار میدان الکتریکی W_E	مثبت می شود	میدان کار مثبت روی بار انجام می ده! $-W_E = \Delta U_E < 0 \rightarrow W_E = \Delta U_E > 0$
کار نیروی خارجی بر روی بار q	در حرکت از A به چپ : منفی می شود	$W_E = -W_{External}$
پتانسیل الکتریکی	زیاد می شود	خلاف بری، زیاد جریمه میشی!

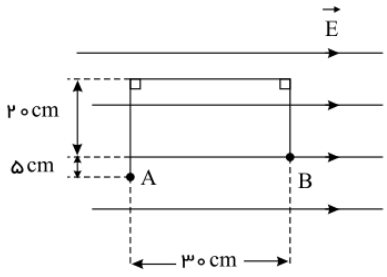
۵-۹-۵ کار انجام شده توسط نیروی خارجی (در صورتی که حرکت سرعت ثابت باشد: $\Delta U_E = W_{External} = -W_E$ (رشته ریاضی))

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-W_E}{q} = \frac{W_{External}}{q}$$

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

چند آیتمی ۱:

در شکل زیر، در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۱۰^{۵}\frac{N}{C}$، بار نقطه‌ای $q = -۵\mu C$ از طریق مسیر نشان داده شده از نقطهٔ A به نقطهٔ B منتقل شده است.



الف: در این انتقال انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره باردار چند ژول تغییر می کند ؟

ب: کار انجام شده در این جابجایی ؟

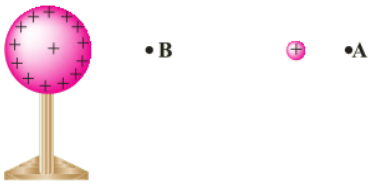
ج: اگر بار در نقطه B تغییر جهت دهد، تندی بار در نقطه A را حساب کنید؟

د: اگر جرم ذره ۱ گرم باشد، انرژی جنبشی در A ؟

ه: نیروی وارد بر بار q ؟

چند آیتمی ۲:

در شکل زیر ذرّه باردار مثبت و کوچکی را از حالت سکون، از نقطه Aبه سمت کره باردار که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم و در نقطه B قرار می‌دهیم.



(الف) در این جابه جایی، کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟

(ب) کاری که ما در این جابه جایی انجام می‌دهیم مثبت است یا منفی؟

(پ) انرژی پتانسیل ذرّه باردار در این جابه جایی چگونه تغییر می‌کند؟

(ت) پتانسیل نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.

تست ۱۷:

در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره‌ی بارداری به جرم ۰٫۱ گرم، از نقطه‌ای به پتانسیل الکتریکی $+۱۰۰$ ولت از حال سکون به حرکت در می‌آید و با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه به نقطه‌ی دیگری به پتانسیل الکتریکی -۱۰۰ ولت می‌رسد. اگر در این مسیر نیروی موثر بر ذره فقط حاصل از میدان الکتریکی باشد، بار الکتریکی ذره چند میکروکولن است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۵

۱) ۲٫۵ ۲) ۴ ۳) ۲۵ ۴) ۴۰

تست ۱۸:

در صفحهٔ xoy خطوط میدان الکتریکی یکنواخت، هم‌راستای محور x است و پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ای به مختصات $\begin{vmatrix} ۴cm \\ ۳cm \end{vmatrix}$ برابر $-۵V$ و در مبدأ مختصات برابر $۱۵V$ است. بزرگی میدان الکتریکی چند نیوتون بر کولن است و جهت آن کدام است؟

۱) ۴۰۰، در جهت محور ۲) ۴۰۰، خلاف جهت محور ۳) ۵۰۰، در جهت محور ۴) ۵۰۰، خلاف جهت محور

تست ۱۹:

یک الکترون به جرم $۱۰^{-۳۰} kg$ و بار الکتریکی $-۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ در میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۱۲۵ \frac{N}{C}$ از حالت سکون رها می‌شود و تحت اثر میدان الکتریکی، $۱۰ cm$ جابه‌جا می‌شود. زمان این جابه‌جایی چند نانوثانیه است و در این مدت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی این الکترون، چند الکترون‌ولت است؟

۱) $+۱۲٫۵, ۱۰۰$ ۲) $-۱۲٫۵, ۱۰۰$ ۳) $-۱۲٫۵, ۴۰$ ۴) $+۱۲٫۵, ۴۰$

۵-۱۰ میدان الکتریکی در داخل رساناها

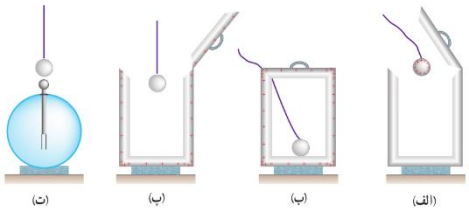
ابتدا باید این حقیقت را دانست که بار الکتریکی همواره روی خارجی ترین سطح رساناها پراکنده می‌شود.چرا؟ الان میگم!

این موضوع را نخست آقای بنیامین فرانکلین و سپس مایکل فاراده مورد آزمایش قرار دادند.

۵-۱۰-۱ توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا – آزمایش فاراده

۱) ظرف رسانا با در پوش فلزی روی یک پایه عایق (ابتدا ظرف بدون بار است.)

۲) گوی فلزی که از نخ عایقی آویزان است را باردار می کنیم، سپس وارد ظرف می کنیم.



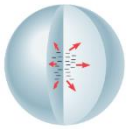
۳) تماس گوی با ظرف و بستن درپوش فلزی

۴) برداشتن درپوش فلزی با دسته عایق

۵) خارج کردن گلوله فلزی از ظرف و نزدیک کردن به الکتروسکوپ ← مشاهده می شود که عقربه الکتروسکوپ تکان نمی خورد

۶) اگر ظرف را به الکتروسکوپ نزدیک کنیم ← مشاهده می شود که عقربه های الکتروسکوپ از هم فاصله می گیرند.

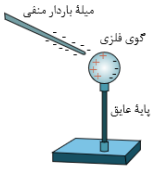
نتیجه گیری:



بار اضافی داده شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع می شود.

آزمایش‌های دقیق نشان می‌دهند که پراکنده شدن بار الکتریکی روی سطح خارجی یک رسانا در زمانی از مرتبه‌ی $۱۰^{-۹} s$ است. اگر این میدان در داخل رسانا صفر نشود بر الکترون‌های آزاد داخل رسانا نیروی الکتریکی $F = qE$ وارد می‌شد و سبب ایجاد جریان الکتریکی در داخل رسانا می‌شد که این اختلاف تعادل حاکم بر اجسام باردار است. (رشته ریاضی)

یادآوری این نکته ضروری است که با نزدیک کردن یک بار الکتریکی به یک کره‌ی فلزی بارهای همنام بار خارجی، دفع شده به دورترین نقطه‌ی ممکن در رسانا می‌روند و بارهای ناهمنام بار خارجی، برجای می‌مانند. این موضوع که در واقع تفکیک بار الکتریکی روی سطح رسانای موجود ایجاد بارهای القایی مثبت و منفی در دو طرف رسانا می‌شود. در چنین حالتی در حالی که هنوز بار خارجی نزدیک کره‌ی فلزی است می‌توان با ایجاد تماس انگشت به سطح کره در یک مدت زمان کوتاه یا اتصال آن به زمین برای یک لحظه‌ی کوتاه، بار الکتریکی همنام بار خارجی را به دورترین نقطه (بدن خود یا زمین) انتقال داده و کره‌ی فلزی دارای بار ناهمنام با بار خارجی می‌گردد. (روش القا برای باردار کردن رسانا)



۵-۱۰-۲ رسانای خنثی در میدان الکتریکی (ریاضی)

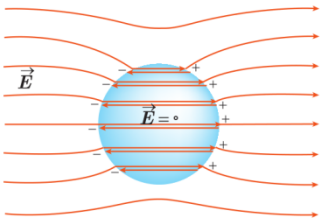
می‌دانیم که با قرارگیری یک رسانا در یک میدان الکتریکی به الکترون‌های آزاد آن نیرو وارد شده و بر اساس پدیده‌ی القای بار الکتریکی، تفکیک بارهای منفی و مثبت روی سطح رسانا صورت می‌گیرد.

با دقت در جهت میدان خارجی و میدان الکتریکی که بدلیل بارهای القایی روی سطح رسانا (از مثبت به منفی و در خلاف جهت میدان اصلی) ایجاد می‌شود می‌توان دریافت که برآیند میدان الکتریکی یا میدان الکتریکی خالص درون رسانا که از جمع برداری این دو میدان بدست می‌آید برابر صفر خواهد بود.

بنابراین کار نیروی الکتریکی در هر جابجایی دلخواهی در داخل رسانا صفر است در نتیجه می‌توان گفت که همه‌ی نقاط رسانا پتانسیل یکسانی دارند:

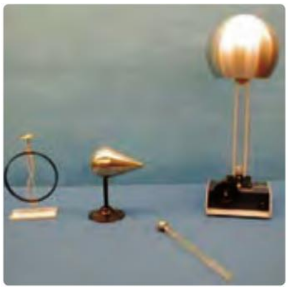
$$F_E = 0 \Rightarrow \Delta U_E = -W_E = 0$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = 0 \Rightarrow V_2 - V_1 = 0 \Rightarrow V_1 = V_2$$



یک گوی رسانای خنثی در میدان الکتریکی خارجی. میدان الکتریکی خارجی باعث جدا شدن بارهای مثبت و منفی در دو وجه رسانا شده است، به‌طوری‌که میدان حاصل از این بارها، میدان خارجی در داخل رسانا را خنثی می‌کند. (توجه کنید که دو خط هر جفت خطوط میدان نشان داده شده در داخل رسانا منطبق برهم‌اند و برای آنکه دیده شوند، با فاصلهٔ اندکی از هم رسم شده‌اند.)

۵-۱۱ چگونگی توزیع بار روی سطح خارجی یک جسم رسانای باردار



۱) یک جسم رسانای دوکی شکل را روی پایه عایق قرار دهید.

۲) آن را با تماس با کلاهک مولد وان دو گراف باردار کنید.

۳) گلوله فلزی را که به دسته ای عایق متصل است با بخش پهن دوک تماس دهید.

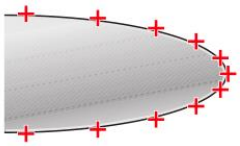
۴) سپس گلوله را به سر الکتروسکوپ تماس دهید.

همین آزمایش را پس از خنثی کردن الکتروسکوپ و گوی فلزی با تماس با دستتان، با نوک تیز دوک انجام دهید.

نتیجه گیری:

۱) انحراف صفحه های الکتروسکوپ با نوک تیز دوک > انحراف صفحه های الکتروسکوپ با بخش پهن دوک.

۲) تراکم بار و چگالی سطحی بار (رشته ریاضی) در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار از نقاط دیگر آن بیشتر است.



۵-۱۱-۱ چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا (فرمولش رشته ریاضی)

برای اینکه بتوانیم تراکم بار الکتریکی در بخش های مختلف سطح یک جسم را با هم مقایسه کنیم کمیتی به نام چگالی سطحی بار را تعریف می کنیم.

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

نسبت بار الکتریکی موجود در سطح رسانا به مساحت سطح آن، چگالی سطحی بار الکتریکی نامیده می‌شود

A: مساحت سطحی که بار روی آن پخش شده	Q: بار الکتریکی موجود در آن سطح	σ: چگالی سطحی بار بر حسب $\frac{C}{m^2}$

باید توجه کرد که بزرگ بودن چگالی سطحی در نقاط نوک‌تیز به معنای زیادتر بودن بار الکتریکی در این نقاط نیست بلکه نشان می‌دهد در این نقاط نسبت بار الکتریکی موجود به مساحت سطح رساناها در این نقاط بیشتر است.

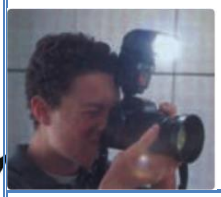
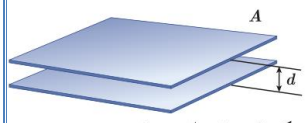
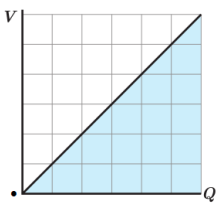
تست ۲۰:

وقتی ماهواره‌ای به دور زمین می‌چرخد بر اثر عبور از فضای اطراف زمین باردار می‌شود. این بارها ممکن است موجب آسیب رساندن به قطعات الکترونیکی ماهواره شود. فرض کنید ماهواره‌ای در اثر عبور از یکی از لایه‌های جو دارای بار الکتریکی ۲ کولن شود. این ماهواره، مکعبی به ضلع ۴۰ سانتی متر است. چگالی سطحی بار الکتریکی روی سطح این ماهواره را محاسبه کنید.

۱) ۲ نانو کولن بر متر مربع ۲) ۴ نانو کولن بر متر مربع ۳) ۶ نانو کولن بر متر مربع

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۵-۱۲ خازن

تعریف	خازن وسیله‌ای است که می‌تواند بار الکتریکی و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند.
مثال	باتری های یک دوربین با باردار کردن یک خازن، انرژی را در خازن فلاش دوربین ذخیره می کنند. به چه صورت؟ باتری ها معمولاً می توانند انرژی را فقط با آهنگ نسبتاً کمی به مدار بدهند که این آهنگ برای گسیل نور از فلاش دوربین بسیار کم است، اما وقتی خازن باردار می شود، می تواند انرژی را با آهنگ بسیار زیادی برای فلاش زدن آماده کند. 
تفاوت اصلی باتری‌ها با خازن‌ها	باتری‌ها انرژی را با آهنگ نسبتاً کمی به مدار می‌دهند در حالیکه خازن‌ها می‌توانند با تخلیه‌ی ناگهانی بار الکتریکی انرژی را با آهنگ زیاد در مدار وارد کنند.
استفاده های خازن	این ویژگی سبب استفاده‌های گوناگونی برای خازن می‌شود از جمله کاربرد در فلاش دوربین‌ها، البته خازن‌ها در مدارهای الکترونیک از جمله رادیو، تلوزیون، رایانه، گوشی‌های تلفن همراه و ... کاربرد دارند. شکل زیر انواع خازن در یک مدار تقویت کننده (آمپلی فایر) را نشان می دهد.
شکل انواع خازن	انواع خازن خازن ها در یک مدار تقویت کننده (آمپلی فایر)
خازن تخت نماد انواع خازن	بطور معمول خازن‌ها شامل دو رسانا هستند که به فاصله‌ی مشخص از هم قرار دارند. یکی از انواع آن‌ها خازن تخت نامیده می‌شود که شامل دو صفحه‌ی رسانا می‌باشد که بطور موازی باهم واقع شده‌اند و بین آن‌ها یک عایق (در بسیاری از موارد هوا) وجود دارد. فاصله d در برابر ابعاد صفحه ها ناچیز است.  یک خازن تخت، از دو صفحه با مساحت A ساخته شده است که به فاصلهٔ d از هم قرار گرفته‌اند. $\dashv\vdash$
ظرفیت خازن (واحد : فاراد)	به بار و اختلاف پتانسیل بستگی ندارد $C=\frac{Q}{V}$ به عوامل ساختمانی بستگی دارد $C_0=\varepsilon_0\frac{A}{d}\rightarrow C=\kappa C_0\xrightarrow{C_0=\varepsilon_0\frac{A}{d}}\boxed{C=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}}$
تیپ مسائل	مسائل V ثابت: اگر دو صفحه خازنی را به اختلاف پتانسیل ثابت V (مثلا دو پایانه یک باتری) وصل کنیم و سپس بدون جدا کردن خازن از باتری در ساختمانش تغییری ایجاد کنیم، در تمامی مراحل V ثابت است. مسائل Q ثابت : اگر دو صفحه خازنی را با اختلاف پتانسیل ثابت V (مثلا دو پایانه یک باتری) شارژ کنیم و سپس از باتری جدا کنیم، بار الکتریکی در آن حبس می شود. بنابراین اگر در ساختمانش تغییری ایجاد کنیم، در تمامی مراحل Q ثابت است.
میدان در خازن	اگر بار بدن: $E=\frac{\Delta V}{d}$ اگر ولتاژ بدن: $E=\frac{\Delta V}{d}$
انرژی	$U=\begin{cases}U=\frac{1}{2}QV\\U=\frac{1}{2}CV^2\\U=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}\end{cases}$ $\Delta U=\frac{1}{2C}(q_2^2-q_1^2)$ و .... $\boxed{P=\frac{U}{t}}$  شیب نمودار $V-Q$: $\frac{1}{C}$ و مساحت نمودار انرژی پتانسیل الکتریکی یا انرژی ذخیره شده در خازن

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۲۱:

اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ یک خازن ۸ میکروفارادی، یک ولت تغییر کند، تعداد الکترون‌های هر صفحه، چقدر تغییر می‌کند؟ $(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$

۱) ۵×۱۰^{۱۹} ۲) ۲×۱۰^{۱۹} ۳) ۵×۱۰^{۱۳} ۴) ۲×۱۰^{۱۳}

تست ۲۲:

یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است. پس از مدتی، در حالی که خازن همچنان به باتری متصل است، فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را دو برابر می‌کنیم. کدام موارد زیر درست است؟

الف- میدان الکتریکی میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

ب- اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

پ- ظرفیت خازن دو برابر می‌شود.

ت- بار روی صفحه‌ها نصف می‌شود.

۱) الف و ب ۲) الف و ت ۳) ب و ت ۴) پ و ت

پاسخ: گزینه ۲ خازن پیوسته به باتری وصل است. بنابراین اختلاف پتانسیل صفحات خازن ثابت می‌ماند:

تست ۲۳:۵

چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

۱) هنگامی که می‌گوییم بار الکتریکی یک خازن $۱۲۰\mu C$ است؛ یعنی بار یک صفحه $+۱۲۰\mu C$ و بار صفحهٔ دیگر $-۱۲۰\mu C$ است.

۲) یک خازن تا زمانی شارژ می‌شود که پتانسیل الکتریکی دو صفحهٔ آن برابر شود.

۳) یک فاراد معادل است با (کولن × ولت)

۴) ظرفیت الکتریکی یک خازن با بار ذخیره‌شده در آن رابطهٔ مستقیم دارد.

۵) کاهش اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن، باعث کاهش ظرفیت خازن می‌شود.

۶) اگر خازن شارژ شده‌ای را از باتری جدا کنیم، با برداشتن دی‌الکتریک از بین صفحات خازن، میدان الکتریکی بین صفحات خازن افزایش می‌یابد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

چند آیتمی۳:

اگر ظرفیت خازن دستگاه رفع لرزش بطن ۱۱ میکرو فاراد باشد و با ولتاژ ۶ کیلو ولت شارژ شود و سپس تمام انرژی آن از طریق کفشک ها به درون بدن بیمار تخلیه شود :

الف: چقدر انرژی در بدن بیمار تخلیه شده است؟

ب: چه مقدار بار الکتریکی از بدن بیمار عبور کرده است؟

پ: اگر تخلیه انرژی تقریباً در مدت ۲ میلی ثانیه صورت پذیرفته باشد، این انرژی با چه توان متوسطی در بدن بیمار تخلیه می شود؟

$$U = \frac{۱}{۲}CV^۲ = \frac{۱}{۲}(۱۱/۰\times۱۰^{-۶}\mathrm{F})(۶/۰۰\times۱۰^{۳}\mathrm{V})^۲ = ۱۹۸\mathrm{J}$$

$$Q = CV \Rightarrow Q = (۱۱/۰\times۱۰^{-۶}\mathrm{F})\,(۶/۰۰\times۱۰^{۲}\mathrm{V}) = ۶/۶۰\times۱۰^{-۲}\mathrm{C}$$

$$\overline{P} = \frac{U}{t} = \frac{۱۹۸\mathrm{J}}{۲/۰۰\times۱۰^{-۳}\mathrm{s}} = ۹۹/۰\mathrm{kW}$$

تست ۲۴:

اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن را ۱٫۵ برابر می‌کنیم، درنتیجه $۲۰\mu C$ بر بار ذخیره‌شده در آن اضافه می‌شود و انرژی آن نیز $۲۰۰\mu J$ افزایش می‌یابد. ظرفیت خازن چند میکرو فاراد است؟

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

پاسخ: گزینه ۱

تست ۲۵: تیپ کندن بار

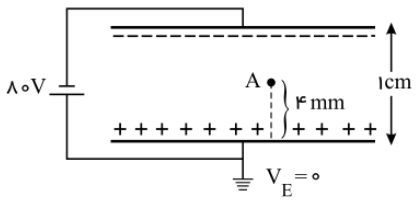
ظرفیت خازنی $۱۲\mu F$ و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ آن $V_۱$ است. اگر $-۶\mu C$ بار الکتریکی را از صفحهٔ منفی آن به صفحهٔ مثبت آن انتقال دهیم، انرژی ذخیره شده در آن $۲۸٫۵\mu J$ کاهش می‌یابد. $V_۱$ چند ولت است؟

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

۱-۱۲-۵ سوالات بین صفحات خازن

تست ۲۶:

دو صفحهٔ رسانای موازی با ابعاد بزرگ را مطابق شکل زیر به یک باتری وصل کرده‌ایم، پتانسیل نقطهٔ A چند ولت است؟



۱) -۴۸
۲) -۳۲
۳) $+۳۲$
۴) $+۴۸$

پاسخ: گزینه ۲ میدان الکتریکی بین صفحاتِ خازن همه‌جا باهم برابر است:

$$\begin{cases} E = \dfrac{V_+ - V_-}{۱۰mm} = \dfrac{V_+ - V_A}{۴mm} \Rightarrow \dfrac{۰ - V_-}{۵} = \dfrac{۰ - V_A}{۲} \Rightarrow \dfrac{۸۰}{۵} = \dfrac{-V_A}{۲} \\ \text{اختلاف پتانسیل صفحات خازن} = ۸۰V = V_+ - V_- = ۰ - V_- \end{cases} \Rightarrow V_A = -۳۲V$$

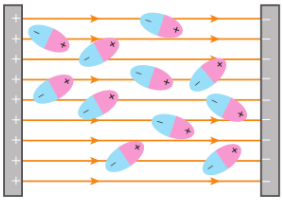
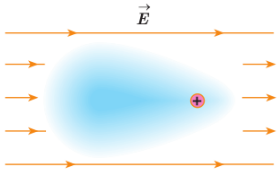
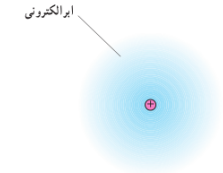
جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۵-۱۲-۲ انواع دی الکتریک (رشته ریاضی)

۱) قطبی : مثل آب، NH_3، HCL

۲) غیر قطبی : مثل متان، بنزن و ...

نکته: خازنی را توسط یک باتری باردار می کنیم / سپس از باتری جدا می کنیم / داخل خازن را با یک دی الکتریک پر می کنیم.

اگر قطبی اگر غیرقطبی	اگر دی الکتریک قطبی باشد: سر منفی مولکول های دو قطبی به طرف صفحه مثبت و سر مثبت آن ها به طرف صفحه منفی کشیده می شود و در نتیجه این مولکول های دو قطبی می کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن هم ردیف کنند.  ب) در حضور میدان الکتریکی، مولکول‌های قطبی می‌کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی خارجی هم‌ردیف کنند. الف) در نبود میدان الکتریکی، سمت‌گیری مولکول‌های دوقطبی نامنظم است.
	اگر دی الکتریک غیر قطبی باشد: دی الکتریک بر اثر القا قطبیده می شود. یعنی میدان الکتریکی اعمال شده باعث می شود که ابر الکترونی مولکول های دی الکتریک در خلاف جهت میدان جابجا شود و به این ترتیب مرکز بارهای مثبت و منفی مولکول ها از هم جدا شده و اصطلاحاً مولکول ها قطبیده شوند.  ب) در حضور میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می شوند و ابر الکترونی در خلاف جهت میدان جابه جا می شود.  الف) درنبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی برهم منطبق‌اند.

با کمی دقت در شکل و نحوه‌ی قرارگیری مولکول‌های قطبیده شده درون میدان الکتریکی بین صفحات خازن می‌توان فهمید که میدان الکتریکی کوچکی که درون هر دو قطبی و یا هر اتم قطبیده بوجود می‌آید (از قطب مثبت به منفی) درست در خلاف جهت میدان الکتریکی اصلی موجود بین صفحات خازن است.

به عبارت دیگر قرار گرفتن دی الکتریک بین صفحات خازن، میدان الکتریکی خالص بین صفحات را کاهش می‌دهد و به این ترتیب این امکان بوجود می‌آید که بتوان بار الکتریکی بیشتری روی صفحات خازن ذخیره کرد و بین دو صفحه جرقه یا تخلیه‌ی الکتریکی رخ ندهد. این، یعنی افزایش ظرفیت خازن.

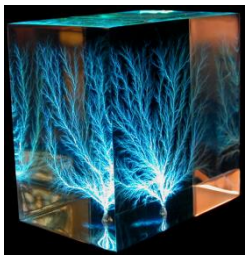
۵-۱۲-۳ افزایش ظرفیت خازن با کمک دی الکتریک

وقتی فضای بین صفحه های خازن شارژ شده ای را با دی الکتریک پر می کنیم، ابتدا میدان الکتریکی بین صفحه ها کاهش می یابد:

	باتری	بار	ولتاژ	ظرفیت افزایش
کاهش میدان الکتریکی	خازن از باتری جدا شود	ثابت می ماند	$\downarrow E = \frac{\downarrow V}{d}$	$\uparrow C = \frac{Q}{\downarrow V}$
	خازن به باتری وصل باشد	بار آنقدر زیاد می شود که E و V به مقدار اولیه می رسند.	ثابت	$\uparrow C = \frac{\uparrow Q}{V}$

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۵-۱۳ فروریزش الکتریکی



هنگامیکه بین دو صفحه‌ی خازن یک دی الکتریک قرار می‌گیرد علاوه بر آنکه

- ظرفیت خازن افزایش می‌یابد، (ظرفیت معده ...)
- حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن نیز افزایش می‌یابد. (غذای ....)

شرح داستان :

۱) با افزایش اختلاف پتانسیل دو سر خازن

۲) به الکترون‌های اتم‌های ماده‌ی دی الکتریک نیروی بزرگی در خلاف جهت میدان الکتریکی وارد می‌شود

۳) که اگر این اختلاف پتانسیل به قدر کافی بزرگ باشد

۴) الکترون‌های اتم‌های ماده‌ی دی الکتریک کنده شده

۵) و مسیرهای رسانایی درون دی الکتریک ایجاد می‌کنند که به آن‌ها نقش‌های لیچنبرگ گفته می‌شود.

۶) این مسیرهای رسانا سبب تخلیه خازن می شوند.

- فروریزش الکتریکی در عایق بین دو صفحه‌ی خازن معمولاً با جرقه همراه است و در بیشتر مواقع سبب سوختن خازن می‌شود.
- معمولاً خازن‌ها با ظرفیت و حداکثر اختلاف پتانسیل قابل تحمل‌شان مشخص می‌شوند.

تمرین ۳۱: دو صفحه خازن تخت بارداری را به هم وصل می‌کنیم. در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود. حال اگر دوباره صفحات را به همان اندازه باردار کنیم ولی فاصله آنها را دو برابر کنیم و سپس دو صفحه را به هم وصل کنیم، آیا جرقه حاصل بزرگ‌تر از قبل می‌شود، یا کوچک‌تر و یا تغییری نمی‌کند؟ توضیح دهید.

هر قدر انرژی ذخیره شده در خازن بیشتر باشد، در زمان اتصال صفحات جرقه بزرگ‌تری پدید می‌آید. اگر فاصله صفحات را دو برابر کنیم ظرفیت خازن نصف می‌شود. با توجه به رابطه‌ی $U=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ و ثابت بودن بار روی صفحات نرژی ذخیره شده در خازن دو برابر می‌شود. بنابراین در زمان اتصال صفحات جرقه بزرگ‌تری پدید می‌آید.

مثال۴: می‌دانیم که انرژی مصرف شده توسط باتری برای شارژ خازن از رابطه‌ی $U=QV_{battery}$ بدست می‌آید و انرژی ذخیره شده در خازن نصف این مقدار یعنی $U=\frac{1}{2}CV^2$ است. آیا اصل پایستگی انرژی نقض شده است؟

خیر. نیمی از انرژی مربوط به باتری در این جابجایی بار تلف شده است زیرا با جابجایی هر بار الکتریکی به صفحه‌ی همنام خودش بردن بار بعدی با مقاومت و دافعه مواجه خواهد شد.

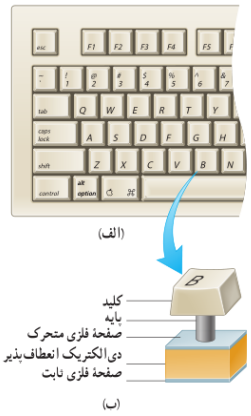
مثال۵: طرز کار یک دستگاه فتوکپی را توضیح دهید. (رشته ریاضی)

دستگاه فتوکپی براساس نیروهای جاذبه‌ی الکتریکی کار می‌کنند. نور بازتابیده از سطح کاغذ اصلی در نقاطی که دارای نوشته یا تصویر است روی استوانه‌ی بزرگی که درام نامیده می‌شود بار الکتریکی مثبت ایجاد می‌کند و کاغذ سفید با چرخش به دور این استوانه در همان نقاط دارای این بار مثبت می‌شود. سپس این کاغذ باردار از جلوی پودر سیاه‌رنگی به نام تونر که دارای بار منفی شده است عبور داده می‌شود و این پودرها روی نقاط باردار صفحه‌ی کاغذ قرار می‌گیرند و در نهایت با عبور کاغذ از یک اتوی داغ این پودر روی صفحه تثبیت شده و کاغذ کپی از دستگاه خارج می‌شود.

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

مثال۶: برخی از صفحه کلیدهای رایانه (شکل الف) بر مبنای تغییر ظرفیت خازن عمل می کنند. هر کلید این صفحه به یک سر پایه ای نصب شده است که سر دیگر آن به یک صفحه فلزی متحرک متصل است. این صفحه ی فلزی خود توسط یک دی الکتریک انعطاف پذیر از صفحه ی فلزی ثابتی جدا شده است و درواقع این دو صفحه یک خازن تخت را تشکیل می دهند (شکل ب). با فشار دادن کلید، صفحه متحرک به صفحه ثابت نزدیک می شود و ظرفیت خازن افزایش می یابد. این تغییر ظرفیت به صورت سیگنالی الکتریکی توسط مدارهای الکتریکی رایانه آشکار می شود و بدین ترتیب مشخص می شود که کدام کلید فشار داده شده است.

اگر فاصله‌ی بین صفحه‌ها در حالت عادی $5\times10^{-3}m$ و پس از فشردن $0.15\times10^{-3}m$ شوند و مساحت صفحه‌ها $9.5\times10^{-5}m^2$ باشند و دی الکتریک بین صفحات نیز دارای ثابت دی الکتریک 3.5 باشند تغییر ظرفیت خازن یک کلید با فشردن چقدر خواهد بود؟



$$C_1=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}=3.5\times(8.85\times10^{-12})\frac{9.5\times10^{-5}}{5\times10^{-3}}=0.589\times10^{-12}F=0.589pF$$

پس از فشردن کلید:

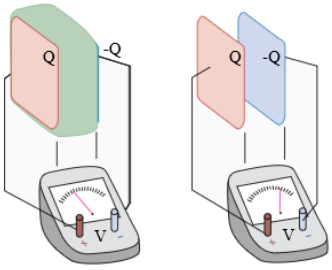
$$C_2=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}=3.5\times(8.85\times10^{12})\frac{9.5\times10^{-5}}{0.15\times10^{-3}}=19.6\times10^{-12}F=19.6pF$$

بنابراین تغییرات این ظرفیت عبارتست از:

$$\Delta C=C_2-C_1=19.6pF-0.589pF=19pF$$

یعنی ظرفیت خازن $19pF$ افزایش یافته است.

مثال۷: یک خازن که بین صفحات آن هواست به باتری متصل شده است. اگر پس از شارژ کامل از باتری جدا شده و بین صفحات آن دی الکتریک قرار دهیم اختلاف پتانسیل دو سر آن چگونه تغییر خواهد کرد؟



پس از جدا کردن خازن از باتری بار الکتریکی خازن ثابت می‌ماند و اندازه‌ی آن عبارتست از: $Q=C_0\cdot V\Rightarrow=\frac{Q}{C_0}$

با قرار دادن دی الکتریک بین صفحات خازن، ظرفیت آن افزایش می‌یابد و Q ثابت است بنابراین داریم:

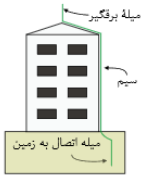
$$Q=(\kappa C_0)V'\Rightarrow V'=\frac{Q}{\kappa C_0}$$

یعنی V' از V کوچک‌تر است یعنی $\frac{1}{\kappa}$ برابر شده است.

مثال۸: میکروفون خازنی شکل مقابل چگونه کار می‌کند؟

در یک میکروفون خازنی با ارتعاش صفحه‌ی متحرک (دیافراگم) خازن بر اثر صدای شخص، فاصله‌ی صحنه‌های خازن تغییر می‌کند و به این ترتیب ظرفیت خازن تخت عوض شود و یک سیگنال الکتریکی ایجاد می‌شود که به تقویت کننده فرستاده می‌شود.

مثال۹: برق‌گیرهای ساختمان‌ها چگونه آن‌ها را از آذرخش در امان نگه می‌دارند؟

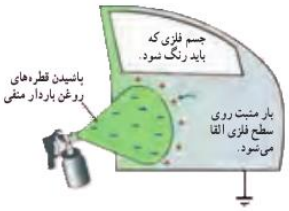


برق‌گیرها از یک میله‌ی بلند که بالای ساختمان نصب شده‌اند و با یک کابل قوی به صفحات رسانا در اعماق زمین متصل شده‌اند ساخته می‌شوند.به این ترتیب چون تخلیه‌ی الکتریکی از نقاط نوک‌تیز رساناها صورت می‌گیرد، بار الکتریکی موجود در آذرخش بجای برخورد به ساختمان به میله‌ی برق‌گیر برخورد کرده و از طریق ایم مسیر به زمین منتقل می‌شود و ساختمان از آسیب حفظ می‌شود.

فنّاوری و کاربرد

یکی از کاربردهای صنعتی پدیدهٔ القای بار الکتریکی، رنگ‌پاشی الکتروستاتیکی است (شکل ۱ـ۳۲ـ الف). در نوعی از این روش رنگ‌پاشی، سطح فلزی‌ای که قرار است رنگ شود به زمین متصل می‌شود. از طرفی قطره‌های ریز رنگ هنگام خروج از دهانهٔ رنگ‌پاش باردار می‌شوند. با نزدیک شدن قطره‌های رنگ به هدف فلزی، بارهای القایی با علامت مخالف بر روی فلز ظاهر می‌شوند و به این ترتیب، قطره‌ها را به سطح فلز جذب می‌کنند (شکل ۱ـ۳۲ـ ب). این روش رنگ‌پاشی، پاشیده شدن رنگ از افشانهٔ قطره‌ها را کاهش می‌دهد و رنگ یکنواختی بر سطح جسم فلزی ایجاد می‌کند.

الف) تصویری از رنگ‌پاشی الکتروستاتیکی



ب) اساس این رنگ‌پاشی مبتنی بر پدیدهٔ القای بار الکتریکی است.

شکل ۱ـ ۳۲

مثال ۱۰: در شکل مقابل شخصی را در داخل یک قفس فاراده می‌بینید.

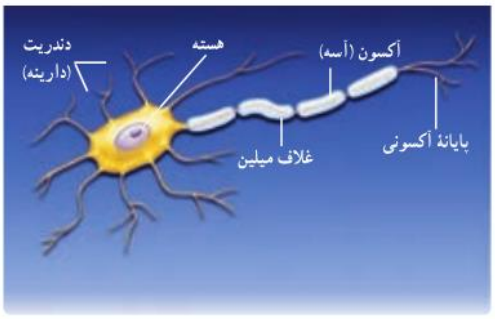
الف) در مورد قفس فاراده و کاربردهایش توضیح دهید.

ب) چرا معمولاً شخصی که در داخل اتومبیل یا هواپیماست از خطر آذرخش در امان است؟

الف) یک توری فلزی که از شبکه‌های بافته شده با سیم بوجود آمده باشد قفس فاراده نامیده می‌شود. از این وسیله برای حفاظت در برابر میدان‌های الکتریکی و یا در برابر عبور بار الکتریکی استفاده می‌شود. چون بار الکتریکی از خارجی‌ترین سطح رسانا می‌گذرد و درون این قفس فلزی میدان الکتریکی وجود ندارد شخص از تخلیه‌ی الکتریکی در امان مانده است و جریان الکتریکی از خارجی‌ترین سطح این قفس به زمین منتقل می‌شود. از این طرح می‌توان برای حفاظت کردن وسایل آزمایشگاهی دقیق و یا ساختمان‌های حساس استفاده کرد. چرا که با قفس فارادی حتی می‌توان از ورود و خروج امواج الکترومغناطیسی به ساختمان‌ها جلوگیری کرد.. (به عنوان مثال وقتی شما با خودرویی با رادیویی روشن وارد یک تونل می‌شوید که با شبکه‌هایی از میلگرد ساخته شده باشد، رادیو از کار می‌افتد دلیل این امر حذف شدن میدان الکتریکی و مختل شدن کار گیرنده‌ی رادیوست)

ب) شخص داخل اتومبیل و هواپیما در واقع در یک قفس فاراده قرار دارد.

فعالیت ۱ـ ۵



عمل مغز اساساً برمبنای کنش‌ها و فعالیت‌های الکتریکی است. سیگنال‌های عصبی چیزی جز عبور جریان‌های الکتریکی نیست. مغز این سیگنال‌ها را دریافت می‌کند و اطلاعات به‌صورت سیگنال‌های الکتریکی در امتداد اعصاب گوناگون منتقل می‌شوند. هنگام انجام هر عمل خاصی، سیگنال‌های الکتریکی زیادی تولید می‌شوند. این سیگنال‌ها حاصل کنش الکتروشیمیایی در یاخته‌های عصبی موسوم به نورون هستند. دربارهٔ چگونگی کار نورون‌ها تحقیق و به کلاس گزارش کنید.

مثال۱۱: اختلاف پتانسیل الکتریکی پایانه‌های یک باتری ۱۲ ولت است. اگر بار $-۵۰\ C$ از پایانه‌ی مثبت به پایانه‌ی منفی باتری جابجا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چقدر تغییر می‌کند؟

$$\Delta U = q \cdot \Delta V = q(V_{\text{مقصد}} - V_{\text{مبدا}}) \Rightarrow \Delta U = q(V_- - V_+)$$

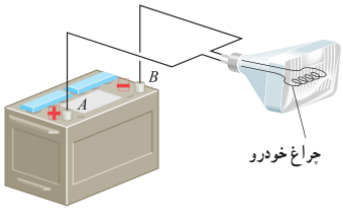
باید توجه کرد که برای یک باتری ۱۲ ولتی اختلاف پتانسیل بصورت $(V_+ - V_-)$ داده شده است. پس می‌توان نوشت:

$$V_+ - V_- = ۱۲ \Rightarrow V_- - V_+ = -۱۲V$$

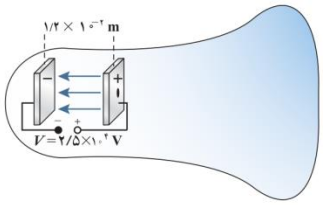
اکنون می‌توان نوشت:

$$\Delta U = q(V_- - V_+) = (-۵۰) \times (-۱۲) = ۶۰۰J$$

یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی ۶۰۰ ژول افزایش یافته است (می‌توان حدس زد باتری در حال شارژ شدن بوده است.)



مثال۱۲: در تلویزیون‌های قدیمی از لامپ پرتو – کاتدی یا CRT استفاده می‌شد. اساس کار این لامپ‌ها ایجاد یک میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه‌ی باردار و شتاب دادن الکترون‌ها و سپس برخورد آن‌ها با صفحه‌ی نمایشگر بود. با توجه به شکل زیر بزرگی میدان را محاسبه کنید:



$$E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{۲/۵\times۱۰^{۴}\text{V}}{۱/۲\times۱۰^{-۲}\text{m}} = ۲/۰۸\times۱۰^{۶}\,\text{V/m} \approx ۲/۱\text{MV/m}$$

مثال۱۳: در مورد نحوه‌ی عملکرد رسوب دهنده‌های الکترواستاتیکی (ESP) که دود و غبار را از گازهای خروجی دودکش کارخانه‌ها جدا می‌کنند توضیح دهید.

در ساختمان داخلی رسوب دهنده‌های الکترواستاتیک دو الکترود وجود دارد که به قطب‌های مثبت و منفی یک مولد متصل هستند. یکی از الکترودها در قسمت پایین‌تر به یک توری متصل است که هنگام عبور دود از این توری ذرات غبار را باردار می‌کند (عمدتاً بار منفی) و الکترود دیگر که دارای بار مخالف است (مثلاً بار مثبت) بالاتر و نزدیک به دهانه‌ی خروج گازها به صفحاتی متصل است که ذرات گرد و غبار باردار را به خود جذب می‌کند و به این ترتیب از آلاینده‌های گازهای خروجی کارخانه می‌کاهد.

مثال۱۴ (رشته ریاضی): اگر در این آزمایش جرم یک قطره روغن $۸.۲\times۱۰^{-۱۵}kg$ و میدان الکتریکی دارای اندازه‌ی $۱۰^{۵}\frac{N}{C}$ روبه پایین باشد تعداد الکترون‌هایی که قطره بدست آورده یا از دست داده است چقدر بوده است.

چون نیروی وزن رو به پایین است و برای معلق ماندن قطره نیروی الکتریکی باید رو به بالا باشد پس با توجه به جهت میدان که رو به پایین است بار قطره نمی‌تواند مثبت باشد. (چون در آن صورت نیروی الکتریکی وارد بر قطره هم روبه پایین می‌شد و قطره بجای معلق شدن به پایین حرکت می‌کند)

بنابراین بار قطره‌ی روغن حتماً منفی و شامل تعدادی الکترون است:

$$\text{وزن قطره = نیروی الکتریکی} \Rightarrow E \cdot |q| = mg \Rightarrow |q| = \frac{mg}{E} = \frac{۸/۲ \times ۱۰^{-۱۵} \times ۹/۸}{۱ \times ۱۰^{۵}} = ۸ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

اکنون با استفاده از رابطه‌ی $|q| = ne$ می‌توان نوشت:

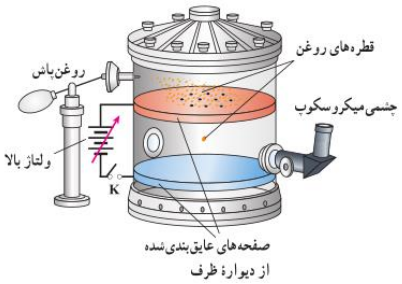
$$n = \frac{۸ \times ۱۰^{-۱۹}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۵$$

یعنی قطره‌ی روغن ۵ الکترون بدست آورده است.

مثال۱۵ (رشته ریاضی): می‌دانیم که بار الکتریکی مضرب درستی از بار بنیادی e است و از رابطه‌ی $q = \pm ne$ پیروی می‌کند. آقای رابرت میلیکان دانشمند آمریکایی در اوایل قرن بیستم با انجام آزمایشی که معروف به آزمایش قطره – روغن میلیکان این موضوع را نشان داد .

در این آزمایش قطرات ریز روغن که باردار شده‌اند به داخل میدان الکتریکی یکنواخت پاشیده می‌شوند و در اثر نیروی الکتریکی روبه بالایی که به آن‌ها وارد می‌شود و تحت تأثیر وزنشان، درون میدان الکتریکی به حالت معلق در می‌آیند. میلیکان با برابر قرار دادن نیروی وزن با نیروی الکتریکی وارد بر قطره

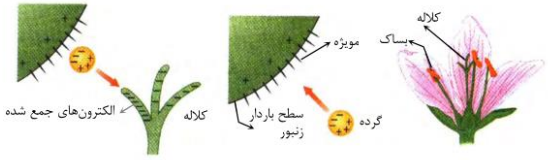
روغن‌ها و با تکرار بسیار زیاد نشان داد که این قطرات یا بار e یا مضربی از آنرا دارا هستند.



فعالیت ۱ـ ۳

تولیدمثل برخی از گل‌ها به زنبورهای عسل وابسته است. گرده‌ها به واسطهٔ میدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می‌شوند. در این باره تحقیق کنید.

زنبورهای عسل معمولاً در حین پرواز دارای بار مثبت می‌شوند و وقتی به گردهٔ بدون باری روی بساک یک گل (شکل الف) می‌رسند که از لحاظ الکتریکی خنثی است، میدان الکتریکی آن‌ها روی گردهٔ بارهای مثبت و منفی ایجاد می‌کند، به طوری که آن سمت گرده که به طرف زنبور است باردار منفی می‌شود و به این ترتیب گرده به سوی زنبور کشیده می‌شود (شکل ب). گرده‌ها روی مویژه‌های ریز زنبور قرار می‌گیرند و سپس وقتی زنبور در اطراف کلالهٔ گل دیگری پرواز می‌کند، بارهای منفی را بر روی کلاله القا می‌کند. هرگاه نیروی الکتریکی وارد از کلاله بزرگتر از نیروی الکتریکی وارد از زنبور بر گرده باشد، گرده به سمت کلالهٔ گل کشیده می‌شود (شکل پ) و گرده افشانی صورت می‌گیرد.



الف) اجزای بساک و کلالهٔ یک گل

ب) بر اثر حضور زنبور، روی گردهٔ نزدیک بساک، بار القا شده است.

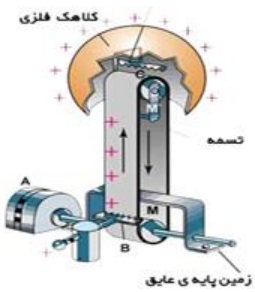
پ) الکترون‌هایی که در نوک کلاله جمع شده‌اند، گرده را جذب می‌کنند.

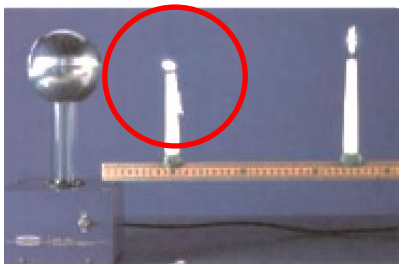
۱-۱۳-۵ وان دوگراف

اگر به کمک یک وان دوگراف و یک شمع روشن که در فواصل مختلف از وان دوگراف قرار داده می‌شود این آزمایش ر ا انجام دهیم مشاهده می‌کنیم که در فاصله‌ی کم شعله‌ی شمع به دلیل جذب شدن یون‌های درون شعله به سمت وان دوگراف کشیده می‌شود ولی به محض افزایش فاصله (به دلیل کاهش شدید میدان الکتریکی) این انحراف در شعله‌ی شمع مشاهده نخواهد شد.

وان دوگراف وسیله‌ای است که با استفاده از یک تسمه‌ی متحرک و روش مالش، بار الکتریکی را بر روی یک کلاهک فلزی تو خالی جمع می‌کند و از آن برای انجام آزمایش‌های الکتریسیته‌ی ساکن استفاده می‌شود.

نکته مهم این مولد: با چرخاندن تسمه لاستیکی آن با روش مالش، کلاهک فلزی آن باردار می شود. بعضی از این مولد ها برای ایجاد بار منفی و بعضی برای ایجاد بار مثبت ساخته شده اند.





جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

جریان الکتریکی

الکترون‌ها چه در غیاب میدان و چه در حضور میدان به‌طور زیگزاگ و اتفاقی حرکت می‌کنند، اما در غیاب میدان، برآیند حرکت زیگزاگی الکترون‌های آزاد در هر مقطع دلخواهی از رسانا صفر است ولی در حضور میدان، میدان الکتریکی به حرکت کاتوره‌ای الکترون‌ها جهت می‌دهد و باعث می‌شود الکترون‌ها با سرعت متوسطی به نام «سرعت سوق» در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شوند

جریان الکتریکی متوسط

بار شارش شده در واحد زمان را شدت جریان الکتریکی متوسط می‌گویند. اگر بار خالص Δq در مدت Δt از مقطعی از رسانا عبور کند، جریان الکتریکی متوسط آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}$$

نمودار بار الکتریکی-زمان

شیب خط مماس بر نمودار $q-t$ در هر لحظه از زمان، برابر جریان الکتریکی در همان لحظه است.

نمودار جریان-زمان

در نمودار جریان-زمان، مساحت ناحیهٔ بین نمودار و محور زمان، نشان‌دهندهٔ بار خالص عبوری می‌باشد. مساحت‌های بالای محور زمان را مثبت و مساحت‌های زیر محور زمان را منفی می‌گیریم.

مقاومت الکتریکی و قانون اهم

مقاومت الکتریکی قطعه را به صورت نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به شدت جریان عبوری از رسانا تعریف می‌کنند و با نماد R نشان داده می‌شود و یکای آن «ولت بر آمپر (اهم Ω)» است.

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

عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$، رابطهٔ ساختاری مقاومت است:

L: طول رسانا برحسب متر (m) و A: سطح مقطع رسانا برحسب متر مربع (m^2)

ρ: مقاومت ویژهٔ رسانا برحسب اهم متر (Ωm) که فقط به جنس رسانا بستگی دارد (البته در دمای ثابت).

اگر چگالی دادند:

m: جرم رسانا (kg) و ρ': چگالی $(\frac{kg}{m^3})$

$$R=\rho\rho'\frac{L^2}{m}$$

نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها

نیروی محرکهٔ الکتریکی

کاری که منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانهٔ با پتانسیل کم‌تر به پایانهٔ با پتانسیل بیش‌تر ببرد، اصطلاحاً نیروی محرکهٔ الکتریکی(emf) نامیده و با رابطهٔ روبرو تعریف می‌شود:

$$\varepsilon=\frac{\Delta U}{\Delta q}$$

محاسبهٔ اختلاف پتانسیل دو نقطه از مدار

اگر جریان الکتریکی I در مدار برقرار باشد، از نقطهٔ اول شروع می‌کنیم و با رعایت پروتکل‌های زیر به مقصد می‌رسیم:

۱) اگر در جهت جریان I از مقاومت عبور کنیم، افت پتانسیل خواهیم داشت: (چون جریان الکتریکی از پتانسیل بیش‌تر به کم‌تر است.)

۲) اگر در خلاف جهت جریان I از مقاومت عبور کنیم، افزایش پتانسیل خواهیم داشت:

۳) هنگامی‌که به یک باتری می‌رسیم بدون توجه به جهت جریان، فقط به پایانه‌ها توجه می‌کنیم. اگر از پایانهٔ مثبت مولد خارج شویم $+\varepsilon$ و اگر از پایانهٔ منفی مولد خارج شویم $-\varepsilon$.

مدار تک حلقه

در مدار تک حلقه، جریان حلقه برابر است با نیروی محرکهٔ باتری تقسیم بر مجموع تمام مقاومت‌های الکتریکی حلقه (مقاومت معادل حلقه به اضافهٔ مقاومت درونی مولد):

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\quad ,R_{eq}=\text{مقاومت معادل حلقه}$$

توان در مدارهای الکتریکی

انرژی گرمایی مصرفی

اگر اندازهٔ انرژی گرمایی مصرفی را با U نشان دهیم، آن‌گاه:

$$\boxed{U=qV}\ ,\ \boxed{U=VIt}\xrightarrow{V=RI}\boxed{U=RI^2t}\xrightarrow{I=V/R}\boxed{U=\frac{V^2}{R}t}$$

روابط توان مصرفی

روابط توان مصرفی در مقاومت R:

$$P=\frac{u}{t}\begin{cases}u=VIt & \Rightarrow P=VI(w)\\ u=RI^2t & \Rightarrow P=RI^2(w)\\ u=\frac{V^2}{R}t & \Rightarrow P=\frac{V^2}{R}(w)\end{cases}$$

ولت سنج ایده‌آل

وسیله‌ای برای اندازه‌گیری ولتاژ یا همان اختلاف پتانسیل دو سر عنصر است و به صورت موازی با عنصر بسته می‌شود. مقاومت داخل ولت‌سنج ایده‌آل، خیلی‌خیلی بزرگ است و جریانی از ولت‌سنج ایده‌آل عبور نمی‌کند.

آمپرسنج ایده‌آل

وسیله‌ای برای اندازه‌گیری جریان عبوری از عنصر است و به صورت متوالی با عنصر بسته می‌شود. مقاومت داخل آمپرسنج ایده‌آل خیلی‌خیلی ناچیز و تقریباً صفر است (چرا؟)؛ بنابراین مثل یک سیم بدون مقاومت است.

ترکیب مقاومت‌ها

سری یا متوالی

جریان مقاومت‌های سری، همگی با هم برابر بوده و برابر با جریان کل مدار است؛ پس:

$$I_1=I_2=\cdots=I_n=I_T$$

جمع ولتاژ تک‌تک مقاومت‌های سری برابر با ولتاژ کل مدار است:

$$V_T=V_1+V_2+\cdots+V_n\xrightarrow{V=RI}R_TI_T=R_1I_1+R_2I_2+\cdots+R_nI_n\xrightarrow{I_1=I_2=\cdots=I_T=I}R_T=R_1+R_2+\cdots+R_n$$

موازی

ولتاژ مقاومت‌های موازی همگی با هم برابر بوده و برابر با ولتاژ کل مدار است:

$$V_1=V_2=\cdots=V_n=V_T$$

جمع جریان تک‌تک مقاومت‌های موازی، برابر با جریان کل مدار است:

$$I_T=I_1+I_2+\cdots+I_n\xrightarrow{I=\frac{V}{R}}\frac{V_T}{R_T}=\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}+\cdots+\frac{V_n}{R_n}\xrightarrow{V_1=V_2=\cdots=V_n=V_T}$$

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots+\frac{1}{R_n}\xrightarrow{\text{برای دو مقاومت موازی}}R_T=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$$

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

(معمولا ۳ تست تجربی و ۴ تست در ریاضی)

۶-۱ یک جدول

بار و جریان

$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ (مساحت محصور I-t : بار شارش شده) | واحد جریان : آمپر

$\left.\begin{matrix}\Delta q = \bar{I}\Delta t \\ \Delta q = ne\end{matrix}\right\} \rightarrow \boxed{\bar{I}\Delta t = ne}$

یکای دیگر بار

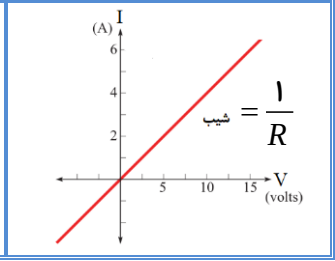
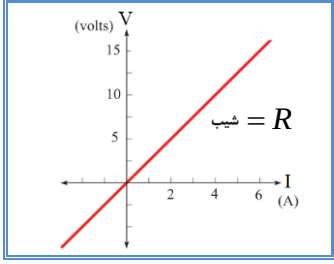
یکای دیگر بار الکتریکی (آمپر ثانیه $A.s$) :

$\boxed{\Delta q = \bar{I} \times \Delta t} \rightarrow \boxed{۱\ C = ۱\ A.s}$

$۱Ah = ۳۶۰۰\ A.s = ۳۶۰۰\ C$

قانون اهم و رسانای اهمی

$\boxed{R = \frac{V}{I}}$ (در دمای ثابت : $V \alpha I$)

نمودار I بر حسب V	نمودار V بر حسب I
	

در یک دمای معین، اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانا را تغییر دهیم، جریان هم به همان میزان تغییر می کند و نسبت $\frac{V}{I}$ آن که نشان دهنده مقاومت می باشد، تغییر نمی کند. یعنی با تغییر ولتاژ مقاومتشان ثابت می ماند و R همیشه ثابت است. (مثل خازن !)

امااااا همه ی رسانا ها با تغییر ولتاژ مقاومتشان ثابت نمی ماند و تغییر می کند و از قانون اهم تبعیت نمی کنند.

عوامل موثر بر مقاومت :

$\boxed{R = \rho\frac{L}{A} = \rho\frac{L}{\pi r^۲} = \rho\frac{۴L}{\pi d^۲}}$

اگر جرم و حجم سیم ثابت ($\rho = \frac{m}{V}$) باشد با در نظر گرفتن یکی از متغیرها تناسب های زیر برقرار است.

(کشیدن و .....)

$R \alpha L^۲$, $R \alpha \frac{۱}{A^۲}$, $R \alpha \frac{۱}{d^۴}$, $R \alpha \frac{۱}{r^۴}$

وقتی چگالی و جرم هم میدن :

$\boxed{R = \rho\rho\frac{L^۲}{m}}$

رسانای غیر اهمی

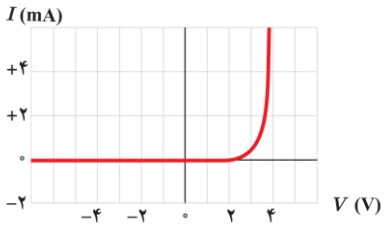
تمامی رساناهایی که از قانون اهم تبعیت نمی کنند. LED ها و انواع دیگر دیودها

با افزایش ولتاژ مثبت:

۱) جریان زیاد می شود، اما رابطه I و V خطی نیست.

۲) شیب نمودار، یعنی $\frac{۱}{R}$ زیاد می شود: پس R کم می شود.

مقاومت رسانای غیراهمی به ولتاژ بستگی دارد.



جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تغییر مقاومت سیم بر اساس دما	مقاومت ویژه ژرمانیم و سیلیسیم بین مقاومت ویژه رسانا ها و نارسانا هاست، به این دسته از مواد نیم رسانا گویند. مقاومت ویژه ی رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می شود. مقاومت ویژه ی نیم رساناها با افزایش دما کاهش می یابد. $\Delta R = R_1 \alpha \Delta\theta \rightarrow R_2 = R_1(1+\alpha\Delta\theta)$ α: ضریب دمایی مقاومت ویژه که برای رساناها مثبت و برای نیم رساناها و نارساناها منفی است. در برخی مواد مثل: جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می کند و در دماهای پایین تر، همچنان صفر می ماند. که به این پدیده ابر رسانایی گویند.
تغییر مقاومت ویژه با دما (رابطه رشته ریاضی)	$\rho = \rho_0[1+\alpha(T-T_0)] \rightarrow \boxed{\Delta\rho = \rho_0\alpha\Delta T}$

T_0	ρ_0	α
دمای مرجع (معمولاً دمای اتاق) (دمای اتاق: ۲۰ درجه سانتی گراد یا ۲۹۳ کلوین) و T دمای رسانا است	مقاومت ویژه در دمای مرجع	ضریب دمایی مقاومت ویژه

تست ۱:

دو رسانای فلزی از یک مادهٔ یکسانی ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند. رسانای A سیم توپری به شعاع $4mm$ و رسانای B، لولهٔ توخالی به شعاع خارجی $5mm$ و شعاع داخلی $3mm$ است. مقاومت رسانای A چندبرابر مقاومت رسانای B است؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۱ ۴) ۴

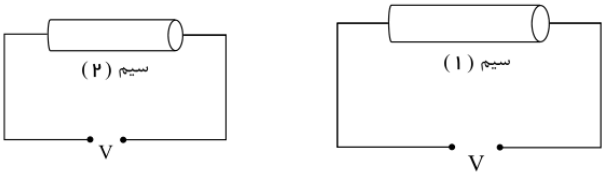
پاسخ: گزینه ۳ چون از یک جنس هستند ρ برابری دارند.

$$R_A = \rho\frac{L}{A_A} \qquad R_B = \rho\frac{L}{A_B}$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{A_B}{A_A} = \frac{\pi(4)^2}{\pi((5)^2-(3)^2)} = \frac{16}{16} = 1$$

تست ۲:

درمدارهای زیر، سیم‌های (۱) و (۲) دارای جنس یکسان هستند و هردو به اختلاف پتانسیل یکسانی متصل شده‌اند. اگر طول و شعاع مقطع سیم (۱) دوبرابر طول و شعاع مقطع سیم (۲) باشد، در هر دقیقه تعداد الکترون‌های عبوری از مقطع سیم (۱) چند برابر تعداد الکترون‌های عبوری از مقطع سیم (۲) است؟



۱) ۴

۲) $\frac{1}{4}$

۳) ۲

۴) $\frac{1}{2}$

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

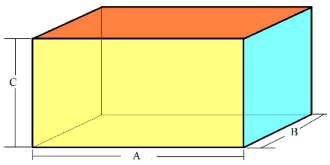
تست ۳:

مقاومت الکتریکی سیمی ۶Ω است. $\frac{۳}{۴}$ سیم را بریده و کنار می‌گذاریم و $\frac{۱}{۴}$ باقی‌مانده را از دستگاهی عبور می‌دهیم تا آن را یکنواخت نازک کرده و طولش را به طول سیم اولیه برساند. با ثابت ماندن دما، مقاومت سیم جدید چند اهم می‌شود؟

۱) ۹ ۲) ۱۲ ۳) ۱۸ ۴) ۲۴

نکته ۱:

اگر مکعبی رسانا و همگن مطابق شکل زیر داشته باشیم به صورتی که بدانیم $A > B > C$، در آن صورت خواهیم داشت :

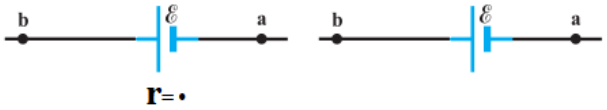


$$\frac{R_{max}}{R_{min}} = (\frac{A}{C})^۲$$

۱-۱-۶ انواع منبع نیروی محرکه الکتریکی

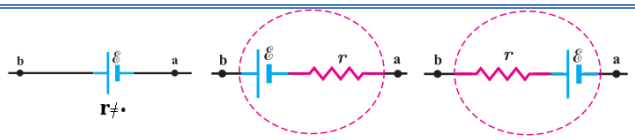
آرمانی

$$\left.\begin{matrix}\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q} \\ V = \frac{\Delta U}{\Delta q}\end{matrix}\right\} \xrightarrow{Ideal: \Delta W = \Delta U} \varepsilon = V$$



واقعی

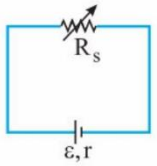
$$\left.\begin{matrix}\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q} \\ V = \frac{\Delta U}{\Delta q}\end{matrix}\right\} \xrightarrow{\Delta U < \Delta W} V < \varepsilon$$

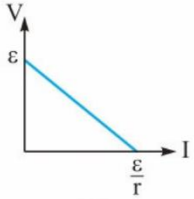


افت پتانسیل در مقاومت درونی r $= Ir \rightarrow \varepsilon - V = Ir \xrightarrow{V=IR} \varepsilon - IR = Ir \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

نکته ۲:

اگر مکعبی رسانا و همگن مطابق شکل زیر داشته باشیم به صورتی که بدانیم $A > B > C$، در آن صورت خواهیم داشت :





$$\rightarrow \begin{cases} I = ۰ \rightarrow V = \varepsilon \\ V = ۰ \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r} \end{cases}$$

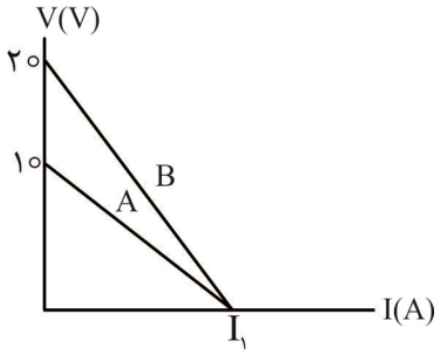
بنابراین مشخص است که بیشترین مقدار جریان برابر با $\frac{\varepsilon}{r}$ می باشد . $I_{max} = \frac{\varepsilon}{r}$

نکته۳: تفاوت باتری نو و کهنه در مقاومت درونی آن هاست. هرچه باتری فرسوده تر باشد، مقاومت درونی آن بیشتر

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

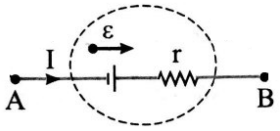
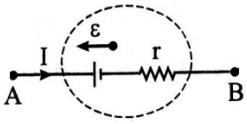
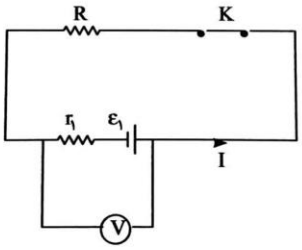
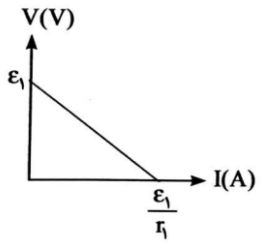
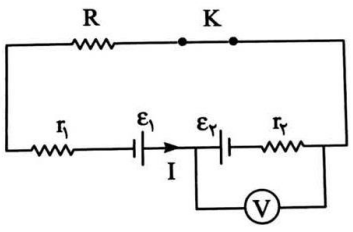
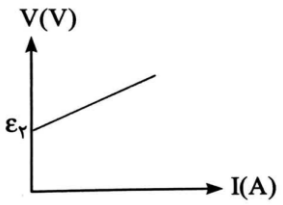
تست ۴:

نمودار تغییرات $V-I$ دو باتری واقعی A و B به صورت مقابل است. اگر هر کدام از این باتری‌ها را به طور جداگانه به مقاومت الکتریکی 3Ω متصل کنیم، جریان الکتریکی عبوری از باتری A، $\frac{5}{8}$ برابر جریان الکتریکی عبوری از باتری B خواهد شد. به ترتیب، مقاومت داخلی باتری B چند اهم و مقدار I_1 چند آمپر است؟



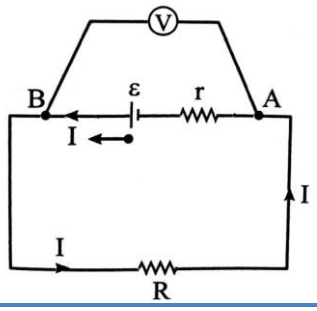
۱) ۲، ۱۰
۲) ۱، ۱۰
۳) ۱، ۲۰
۴) ۲، ۲۰

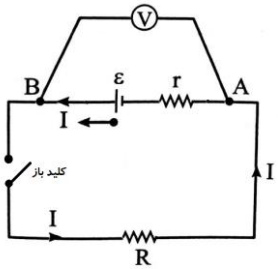
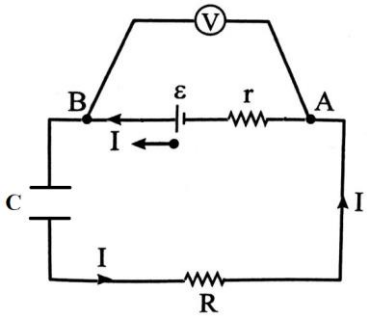
۲-۱-۶ دو حالت برای باتری ها

باتری در حال دشارژ (باتری محرک)	باتری در حال شارژ(باتری ضد محرک)
پیکانه هم جهت جریان  یعنی جریان از پایانه مثبت خارج می شود $V_B - V_A = \varepsilon - Ir$	پیکانه خلاف جهت جریان  یعنی جریان از پایانه منفی خارج می شود $V_B - V_A = -\varepsilon - Ir$
به مدار انرژی می دهد و انرژی خودش هدر می رود (تخلیه انرژی – دشارژ)	از مدار انرژی می گیرد و انرژی خودش زیاد می شود (پر شدن انرژی – شارژ)
نیروی محرکه این باتری پتانسیل الکتریکی مدار را افزایش می دهد.	نیروی محرکه این باتری پتانسیل الکتریکی مدار را کاهش می دهد.
 $\lvert V \rvert = \varepsilon - Ir$  با توجه به این نمودار با افزایش جریان، اختلاف پتانسیل دو سر باتری در حال تخلیه کم می شود.	 $\lvert V \rvert = \varepsilon + Ir$  با توجه به این نمودار با افزایش جریان، اختلاف پتانسیل دو سر باتری در حال شارژ زیاد می شود.

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۳-۱-۶ مدار تک حلقه با یک باتری



جهت جریان	جهت جریان از قطب مثبت شروع می شود.
فرمول جریان در حلقه	یک دور کامل در حلقه بزن و KVL بنویس. از نقطه A تا خودش: $V_A - Ir + \varepsilon - IR = V_A \rightarrow \boxed{I = \frac{\varepsilon}{R+r}}$
اختلاف پتانسیل	دو سر باتری : حرکت از A تا B : $V_A - Ir + \varepsilon = V_B \rightarrow V_B - V_A = \varepsilon - Ir \rightarrow \boxed{V = \varepsilon - Ir}$ $\boxed{V = \varepsilon - Ir = R_T I = \frac{R_T \varepsilon}{R_T + r}}$ دو سر مقاومت R : حرکت از B تا A : $V_B - IR = V_A \rightarrow \boxed{V_A - V_B = -IR}$
پتانسیل زمین	یادتونه که گفتیم پتانسیل زمین با اون نمادش صفره؟ توی مداری که این نماد بود، یعنی اونجا پتانسیلش صفره!
هرچه باتری فرسوده تر V کم تر و I کم تر.	هرچه باتری فرسوده تر باشد، مقاومت درونی آن بیشتر است. $I = \frac{\varepsilon}{R+r} \rightarrow r \uparrow \rightarrow I \downarrow \xrightarrow{V=IR} V \downarrow$ پس هرچه فرسوده تر، V کم تر و I کم تر.
کلید باز به صورت متوالی با منبع = $V = \varepsilon$	اگر کلید باز به صورت متوالی (پشت سر هم –سری) با منبع باشد، جریانی از مدار عبور نمی کند ($I = 0$). بنابراین طبق رابطه $V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I=0} \boxed{V = \varepsilon}$، یعنی ولتاژ دو سر باتری برابر نیروی محرکه باتری می شود و ولت سنج نیروی محرکه باتری را نشان می دهد. 
خازن پر به صورت متوالی با منبع = $V = \varepsilon$	اگر خازن پر به صورت متوالی (پشت سر هم –سری) با منبع باشد، جریانی از مدار عبور نمی کند ($I = 0$). بنابراین طبق رابطه $V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I=0} \boxed{V = \varepsilon}$، یعنی ولتاژ دو سر باتری برابر نیروی محرکه باتری می شود و ولت سنج نیروی محرکه باتری را نشان می دهد. 

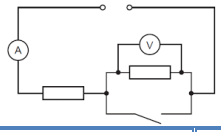
نکته۴: خازن پر مثل کلید باز و مثل ولت سنج آرمانی و دیود برعکس

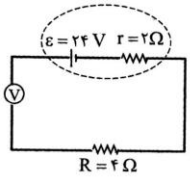
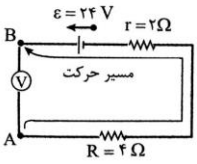
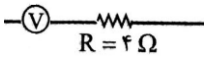
جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۴-۱-۶ عبور از منبع نیروی محرکه واقعی (هم مقاومت داریم و هم منبع نیروی محرکه)

منبع مولد (مستقل از جهت جریان)	حرکت از مثبت به منفی، اپسیلون کم
	حرکت از منفی به مثبت، اپسیلون زیاد
مقاومت یا مقاومت درونی (وابسته به جهت جریان)	هم جهت جریان بریم، کم کنیم
	خلاف جهت جریان بریم، زیاد کنیم

۶-۲ آمپر سنج و ولت سنج آرمانی



آمپر سنج آرمانی	ولت سنج آرمانی (مثل سد آب می مونه، جریان ازش عبور نمی کنه)
• وسیله ای برای اندازه گیری جریان الکتریکی در مدار می باشد. • کار آمپرسنج سنجش جریانی است که از آن می گذرد پس به صورت متوالی (سری) با باتری یا مقاومت بسته می شود.	• وسیله ای برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل (ولتاژ) در مدار می باشد. • به صورت موازی به همان دو نقطه ای که اختلاف پتانسیلش را میخواهیم وصل می کنیم.
• آمپرسنج های در مدار ها همگی آرمانی (ایده آل) هستند. (نگفت آرمانی، آرمانی بگیر) • ویژگی آمپرسنج آرمانی : مقاومتش صفر است و همیشه اختلاف پتانسیل دو سرش صفر است و جریان از آن عبور می کند. • آمپر سنج آرمانی مشابه سیم بدون مقاومت عمل می کند	• ولت سنج های در مدار ها همگی آرمانی (ایده آل) هستند. (نگفت آرمانی، آرمانی بگیر) • ویژگی ولت سنج آرمانی : مقاومتش بی نهایت است و جریان از آن عبور نمی کند. • ولت سنج آرمانی مثل کلید باز مثل خازن پر و دیود برعکس عمل می کند.
اگر آمپرسنج آرمانی را به صورت موازی با مقاومت ببندیم، آمپرسنج مثل سیم بدون مقاومت عمل کرده و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را صفر می کند و مقاومت را از مدار حذف می کند.	۱) اتصال موازی ولت سنج با باتری محرک یا مولد : $V = \varepsilon - Ir$ ۲) اتصال موازی ولت سنج با باتری ضد محرک یا ضد مولد : $V = \varepsilon + Ir$ ۳) اتصال متوالی با باتری:   $V_A - RI - rI + \varepsilon = V_B$ $V_B - V_A = \varepsilon - I(R+r)$ $V_B - V_A = \varepsilon = 24v$ ۴) اتصال متوالی با مقاومت : ولت سنج مثل کلید باز جلوی عبور جریان مدار را می گیرد ($I = 0$) و طبق رابطه ($V = IR$) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را صفر می کند. (مقاومت ها باعث افت پتانسیل مدار نمی شوند.) 

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

نکته۵: خوانده ولت سنج

ولت سنج موازی با باتری	$V=\varepsilon-Ir$
ولت سنج سری با باتری	$V=\varepsilon-I(R+r)$
ولت سنج موازی با باتری و وصل به دو سر خودش	$V=\varepsilon-Ir=0$
ولت سنج سری با باتری و آمپرسنج موازی با باتری	$V=\varepsilon-I(R+r)$

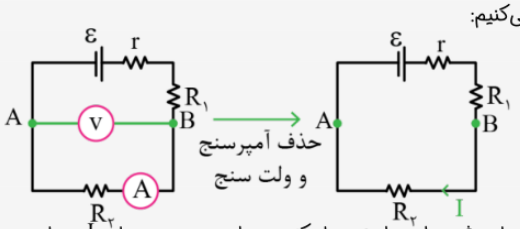
ولت‌سنج و آمپرسنج آرمانی

در سؤالاتی که عدد آمپرسنج یا ولت‌سنج آرمانی پرسیده می‌شود، برای راحتی می‌توانیم به صورت زیر عمل کنیم:

۱) آمپرسنج را از مدار حذف کرده و به جای آن سیم قرار می‌دهیم.

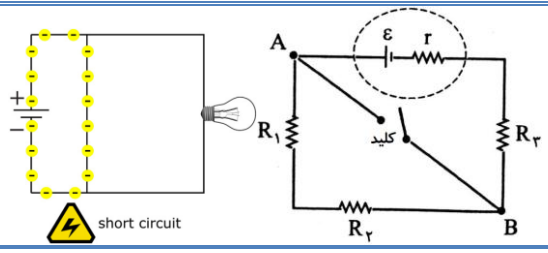
۲) ولت‌سنج را از مدار حذف کرده و سیم‌های شاخهٔ آن را پاک می‌کنیم.

به عنوان مثال مدار زیر را به صورت مقابل ساده می‌کنیم:



پس از حذف آمپرسنج و ولت‌سنج می‌توانیم مدار ساده شده را به راحتی حل کنیم. در این صورت جریان I همان عدد آمپرسنج است و اختلاف پتانسیل نقاط A و B (دو سر ولت‌سنج) برابر عدد ولت‌سنج می‌باشد. برای محاسبهٔ اختلاف پتانسیل نقاط می‌توان از تکنیک پتانسیل‌نویسی استفاده کرد.

۱-۲-۶ اتصال کوتاه



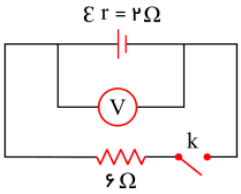
تعریف	وقتی دو نقطه از مدار با سیم بدون مقاومت به هم وصل باشند، یعنی آن دو نقطه از مدار را اتصال کوتاه کرده ایم. در شکل راست اگر کلید را ببندیم، بین A و B اتصال کوتاه می شود.
علت	سیم بدون مقاومت یعنی : $R=0$ ، پس طبق رابطه $V=IR \xrightarrow{R=0} V=0$ یعنی همیشه اختلاف پتانسیل دو سر سیم بدون مقاومت صفر است و به هر دو نقطه ای که وصل شود، اختلاف پتانسیل آن دو نقطه را نیز صفر می کند.
نکته ۱	مقاومت یا مقاومت هایی که بین ۲ نقطه اتصال کوتاه قرار دارند از مدار حذف می شوند. در شکل بالا مقاومت ۱ و ۲ با بستن کلید حذف می شوند.
نکته۲	آمپرسنج آرمانی هم مثل سیم بدون مقاومت می باشد. مقاومت موازی با آمپرسنج آرمانی : اتصال کوتاه

هرگاه دو سر یک مقاومت هم نام شد، آن مقاومت اتصال کوتاه شده است و آن را حذف می کنیم. یا مقاومتی که جریان ندارد، حذف می شود.

تست۵:

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

در شکل داده شده وقتی کلید باز است ولت سنج $12V$ را نشان می‌دهد. اگر کلید بسته شود ولت سنج چه عددی را نشان می‌دهد؟



۱) $9V$

۲) $18V$

۳) $4V$

۴) باید ε معلوم باشد.

پاسخ: گزینه ۱

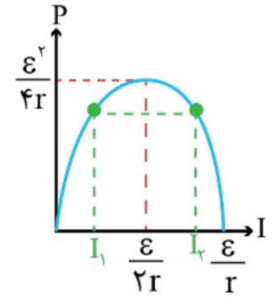
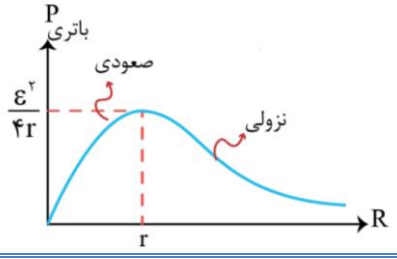
کلید باز است: $I = 0 \Rightarrow V = \varepsilon - \not{Ir}^{0} = \varepsilon = 12V$

کلید بسته است: $V = \frac{\varepsilon R}{R+r} \Rightarrow V = \frac{12 \times 6}{6+2} = 9V$

۶-۲-۲ توان به صورت خلاصه

توان	مقاومت		مصرفی: $P = VI = \frac{V^2}{R} = RI^2$
	باتری	مولد	خروجی: $P = \varepsilon I - rI^2$
			تولیدی: $P = \varepsilon I$
			هدر رفته (توان مصرفی در مقاومت داخلی باتری): $P = rI^2$
		ضد مولد	ورودی: $P = I\varepsilon + I^2 r$

۶-۲-۱ نمودار توان خروجی باتری بر حسب جریان عبوری از آن

بر حسب جریان عبوری از آن	بر حسب مقاومت الکتریکی (دو سر یک رئوستا به باتری وصل بشه)
$P = -rI^2 + \varepsilon I$	$P = RI^2 = R(\frac{\varepsilon}{R+r})^2$
	
ریشه اول : جریان صفر : $I = \frac{\varepsilon}{R+r} \xrightarrow[\infty]{} 0 = \frac{\varepsilon}{R+r} \rightarrow R = \infty$	قسمت اول : قبل از قله $R \ll r \rightarrow R+r \simeq r \rightarrow P = R(\frac{\varepsilon}{r})^2 = \frac{R\varepsilon^2}{r^2} \Rightarrow P \alpha R$
ریشه دوم : جریان $\frac{\varepsilon}{r}$: $I = \frac{\varepsilon}{R+r} \xrightarrow{R=0} I = \frac{\varepsilon}{r}$	قسمت دوم : بعد از قله $R \gg r \rightarrow R+r \simeq R \rightarrow P = R(\frac{\varepsilon}{R})^2 = \frac{\varepsilon^2}{R} \Rightarrow P \alpha \frac{1}{R}$
هرچقدر جریان بیشتر می شود (حرکت به سمت راست)، مقاومت کمتر	

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

می شود. یعنی قبل قله $R >> r$ و بعد از قله $R << r$.	
توان مصرفی در مقاومت خارجی R (یا توان خروجی باتری) هنگامی ماکزیمم است که مقاومت خارجی با مقاومت داخلی برابر باشد($R = r$). در این حالت توان برابر $P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ می باشد.	

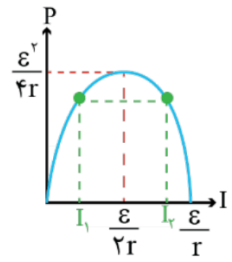
۶-۲-۲ بازده باتری

نسبت توان خروجی (توان مفید) به کل توان تولیدی

$$Ra = \frac{\varepsilon I - rI^2}{\varepsilon I} \times 100 = \frac{\varepsilon - rI}{\varepsilon} \times 100 = \frac{R_T}{R_T + r} \times 100$$

۶-۲-۳ نکات تکمیلی توان

۱) اگر به ازای دو مقدار متفاوت R_1 و R_2 مقدار توان خروجی مولد یکسان شود، رابطه روبرو برقرار است: $r = \sqrt{R_1 R_2}$



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

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

۲) توان مصرفی در مقاومت R هنگامی ماکزیمم است که R=r باشد. که در این حالت توان برابر $P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ می باشد و بازده ماکزیمم نیست بلکه ۵۰ درصد است.

۳) انرژی مصرفی در مقاومت : $\Delta U = P\Delta t$ بنابراین با توجه به این رابطه : $1kWh = 36 \times 10^5 W.s = 36 \times 10^5\ j$

۴) روی وسایل الکتریکی دو عدد داریم:

- ✓ ۱۰۰W: توان اسمی وسیله الکتریکی وقتی که وسیله روشن است!
- ✓ ۲۲۰V : ولتاژ اسمی وسیله الکتریکی

یعنی چی این اسمی ها؟ یعنی اگر این وسیله به اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت وصل شود، توان مصرفی آن ۱۰۰ وات می شود.

اگه مقاومت الکتریکی وسیله را ثابت فرض کنیم، طبق $P = \frac{V^2}{R}$ ، توان مصرفی با مجذور اختلاف پتانسیل رابطه مستقیم دارد. پس اگر وسیله موردنظر را به ولتاژی کمتر از ولتاژ اسمی وصل کنیم، توان مصرفی آن نیز کمتر از توان اسمی خواهد شد. برای مثال اگر به ولتاژ ۱۱۰ وصل کنیم توان مصرفی آن ، ۲۵ خواهد شد.

$$P \alpha V^2 \rightarrow \frac{P_m}{P_e} = (\frac{V_m}{V_e})^2$$

۵) توان مصرفی در مقاومت R هنگامی ماکزیمم است که $R_T = r$ باشد. که در این حالت توان برابر $P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ می باشد و بازده ماکزیمم نیست بلکه ۵۰ درصد است.

۶) نور لامپ بستگی به توان مصرفی آن دارد. بنابراین برای افزایش توان (نور) یا لامپ رو به ولتاژ بیشتری وصل کن یا جریان بیشتری ازش رد شه!

۷) اگر بار از مقاومت عبور کند، انرژی به انرژی گرمایی تبدیل میشه و باعث افزایش دما میشه! حالا انرژی های مد نظر رو خواستی کافیه توان رو در زمان ضرب کنی :

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

$$U = P.t \begin{cases} U = \frac{V^2}{R}t \\ U = RI^2 t \\ U = IVt \end{cases}$$

درسنامه:

در این درسنامه به بررسی سؤالاتی می‌پردازیم که در آن‌ها مقدار یک مقاومت تغییر می‌کند یا کلیدی باز یا بسته می‌شود و اثر این تغییرات بر مقادیر ولت‌سنج‌ها و آمپرسنج‌ها و یا نور لامپ‌ها از ما پرسیده می‌شود. برای حل این نوع از سؤالات می‌توانیم گام‌های زیر را طی کنیم.

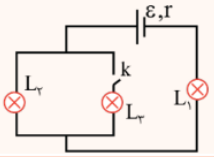
۱) تعیین می‌کنیم مقاومت معادل مدار چگونه تغییر کرده است.

۲) با توجه به نتیجهٔ گام قبل، تعیین می‌کنیم جریان خروجی از باتری چگونه تغییر می‌کند.

۳) با مشخص شدن تغییرات جریان باتری، تغییر نور برخی از لامپ‌ها و یا تغییرات اعداد برخی از ولت‌سنج‌ها و آمپرسنج‌های مدار مشخص می‌شود. برای تعیین تغییرات نور لامپ‌های دیگر و مقادیر سایر ولت‌سنج‌ها و آمپرسنج‌ها ولتاژ باتری را بررسی می‌کنیم.

برای آن‌که روش بالا به‌طور کامل واضح شود، دو مثال زیر را حل می‌کنیم. مثال اول مربوط به نور لامپ‌ها است و مثال دوم مربوط به تغییرات اعداد ولت‌سنج و آمپرسنج است.

مثال ۱:



در مدار مقابل با بستن کلید k، نور لامپ‌های L_1 و L_2 چگونه تغییر می‌کند؟

پاسخ: برای حل این سؤال گام‌های زیر را طی می‌کنیم.

گام ۱: با بستن کلید k، دو لامپ با هم موازی می‌شوند و در نتیجه مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد.

گام ۲: با کاهش مقاومت مدار، جریان خروجی از باتری زیاد می‌شود. چون جریان باتری به طور کامل از لامپ L_1 می‌گذرد، با افزایش جریان، نور لامپ L_1 هم زیاد می‌شود.

گام ۳: جریان کل مدار زیاد شده است، ولی این جریان با بسته شدن کلید باید بین دو لامپ L_2 و L_3 تقسیم شود، بنابراین با کمک جریان نمی‌توانیم تغییرات نور لامپ L_2 را بررسی کنیم. برای این کار از تغییرات ولتاژ باتری در مدار کمک می‌گیریم.

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI^{\uparrow} \rightarrow V_{\text{باتری}} \downarrow$$

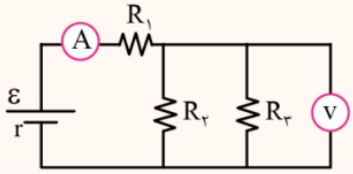
$$\downarrow V_{\text{باتری}} = V_{L_1}^{\uparrow} + V_{L_2} \rightarrow V_{L_2} \downarrow$$

بنابراین نور لامپ L_2 با کاهش ولتاژ آن کم شده است. راه‌حل این مثال را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

$$k \text{ بستن کلید} \rightarrow R_t \downarrow \Rightarrow I_t \uparrow \Rightarrow L_1 \text{ پرنورتر}$$

$$I_t \uparrow \Rightarrow V_{\text{باتری}} \downarrow \Rightarrow V_{L_2} \downarrow \Rightarrow L_2 \text{ کم‌نورتر}$$

مثال ۲:



در مدار مقابل با افزایش مقاومت R_2، مقادیری که ولت‌سنج و آمپرسنج ایده‌آل اندازه می‌گیرند چگونه تغییر می‌کند؟

با توجه به مثال قبل به‌طور خلاصه می‌توان نوشت:

$$\uparrow R_2 \Rightarrow \uparrow R_t \Rightarrow \downarrow I_t \Rightarrow \text{جریان آمپرسنج کم می‌شود}$$

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI^{\downarrow} \Rightarrow \uparrow V_{\text{باتری}}$$

$$\uparrow V_{\text{باتری}} = V_{R_1}^{\downarrow} + V_{R_2} \Rightarrow \uparrow V_{R_2} \rightarrow \text{ولتاژ ولت‌سنج زیاد می‌شود}$$

دقت کنید که ولتاژ دو سر مقاومت R_3 همان ولتاژی است که ولت‌سنج اندازه می‌گیرد.

تست ۶:

رشته‌های التهابی دو لامپ L_1 و L_2 هر دو تنگستن و هم طول‌اند، فقط سیم تنگستن مربوط به L_1 ضخیم‌تر است. اگر هر دو را به برق ۲۲۰ ولت وصل کنیم، لامپ ..... با نور بیش‌تری روشن می‌شود، چون مقاومت الکتریکی آن ..... است.

۱) L_1، بیش‌تر ۲) L_1، کم‌تر ۳) L_2، کم‌تر ۴) L_2، بیش‌تر

پاسخ: گزینه ۲ بنابر رابطه‌ی $R=\rho\frac{L}{A}$، مقاومت لامپ L_1 کم‌تر از لامپ L_2 است و بنابر رابطه‌ی $P=\frac{V^2}{R}$، توان مصرفی آن بالاتر است، لذا لامپ L_1 با نور بیش‌تری روشن می‌شود، چون مقاومت الکتریکی کم‌تری دارد.

تست ۷:

وقتی دو سر یک وسیلهٔ برقی خانگی را به اختلاف پتانسیل $200V$ وصل کنیم جریان $8A$ از آن می‌گذرد. اگر این وسیله روزانه ۵ ساعت کار کند و بهای برقی مصرفی به‌ازای هر کیلووات ساعت ۶۰ تومان باشد هزینهٔ ۱ ماه استفاده از این وسیله چقدر است؟

۱) ۱۴۴۰۰ ۲) ۱۲۰۰۰ ۳) ۴۸۰ ۴) ۲۴۰

پاسخ: گزینه ۱

$$P=VI=200\times 8=1600W$$

$$\text{ماه ۱} \rightarrow \text{هر ماه از چند ساعت تشکیل شده است} \quad \text{ماه ۱}\times\frac{\text{روز ۳۰}}{\text{ماه ۱}}\times\frac{\text{ساعت ۵}}{\text{روز ۱}}=150h$$

$$W=P\times t=(1/6kW)\times(150h)=240kWh$$

مبلغ پرداختی : $240kwh\times 60=14400$ تومان

تست ۸:

روی یک لامپ الکتریکی اعداد ($220V$ و $200W$) نوشته شده است. لامپ را به اختلاف پتانسیل $110V$ وصل می‌کنیم. اگر این لامپ به مدت ۴ ساعت در روز روشن باشد و بهای هر کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی مصرفی ۵۰۰ ریال باشد، بهای انرژی الکتریکی مصرف شده در مدت ۳۰ روز چند تومان است؟ (مقاومت لامپ ثابت است)

۱) ۷۵۰ ۲) ۳۰۰ ۳) ۶۰۰۰ ۴) ۱۲۰۰۰

پاسخ: گزینه ۲

$$P=\frac{V^2}{R}\xrightarrow{R_1=R_2}\frac{P_2}{P_1}=(\frac{V_2}{V_1})^2\Rightarrow\frac{P_2}{P_1}=(\frac{110}{220})^2=\frac{1}{4}\Rightarrow P_2=\frac{1}{4}P_1\xrightarrow{P_1=200W}P_2=\frac{1}{4}\times 200=50W=0/05kW$$

$$U=P\times t\Rightarrow U=0/05\times(4\times 30)=6kW$$

هزینه‌های مصرفی : $6\times 500=3000$ ریال $=300$ تومان

تست ۹:

ولت‌سنجی آرمانی، اختلاف پتانسیل دو سر یک باتری را که به مداری وصل نیست، ۱۲ ولت نشان می‌دهد. حال اگر یک مقاومت ۸ اهمی را به دو سر آن ببندیم، ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را ۹/۶ ولت نشان می‌دهد. مقاومت درونی باتری چند اهم است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینه ۲

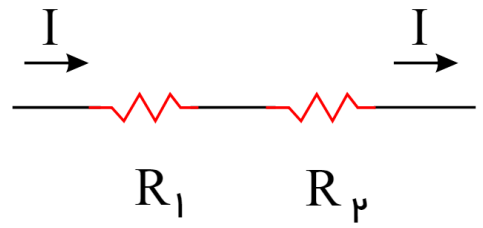
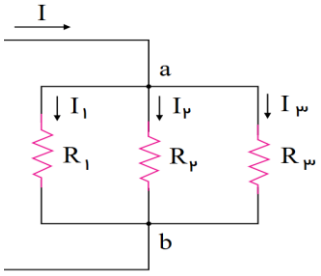
$$\begin{cases}\mathcal{E}=12V\\ V=9/6V_1\\ R=8\Omega\end{cases}\rightarrow V=\mathcal{E}-rI=\mathcal{E}-r(\frac{\mathcal{E}}{r+R})=\frac{\mathcal{E}R}{r+R}\rightarrow 9/6=\frac{12\times 8}{r+8}\rightarrow 9/6r+8\times 9/6=8\times 12\rightarrow 9/6r=8\underbrace{(12-9/6)}_{2/4}\rightarrow \boxed{r=2\Omega}$$

۶-۲-۴ جریان برای چند مولدی ها (رشته ریاضی)

$$I=\frac{\sum\varepsilon_{qavia}-\sum\varepsilon_{zaiefa}}{\sum R+\sum r}$$

$\sum\varepsilon$: جمع جبری نیروهای محرکه با توجه به علامت آن ها	$\sum R$: جمع جبری مقاومت های بیرونی	$\sum r$: جمع جبری مقاومت های درونی

۶-۲-۵ خلاصه ی به هم بستن مقاومت ها

ویژگی	متوالی (سری – پشت سر هم)	موازی
آرایش		
توضیح	اگر فقط یک سر دو مقاومت با سیم متصل به هم متصل باشند و بین آن ها هیچ انشعابی نباشد	دو سر یک مقاومت مستقیماً به دو سر یک مقاومت دیگر متصل باشد
جریان	یک آبراه $I_{Total}=I_{Equal}=I_۱=I_۲$	چند آبراه $I_{Total}=I_{Equal}=I_۱+I_۲+I_۳$
ولتاژ	چند ارتفاع $V_{Equal}=V_۱+V_۲$	یک ارتفاع $V_{Total}=V_{Equal}=V_۱=V_۲=V_۳=V$
رابطشون!	$P\alpha V\alpha R$	$P\alpha I\alpha\frac{۱}{R}$
توان	$P_{Equal}=P_۱+P_۲+\dots$	$P_{Equal}=P_۱+P_۲+\dots$
R_{eq}	$R_{eq}=R_۱+R_۲$	$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}$
R_{eq} دو مقاومت	خب معلومه دیگه	ضربشون به جمعشون $R_{۱۲}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}$ یکی $R_۱$ و دیگری $R_۲=nR_۱$ $R_{eq}=\frac{R_۲}{n+۱}=\frac{nR_۱}{n+۱}$ ✗
R_{eq} در مقایسه با بقیه!	مقاومت معادل از همه ی مقاومت ها، حتی بزرگترین مقاومت ، بزرگتر است.	مقاومت معادل از همه ی مقاومت ها، حتی کوچترین مقاومت ، کوچکتر است.
n تا مشابه	$R_{eq}=nR$	$R_{eq}=\frac{R}{n}$
جمله	مقاومت سری همه چی مستقیمه	مقاومت موازی همه چی وارونه
اثر افزایش / کاهش مقاومت بر R_{eq}	اگر یکی از مقاومت های موجود در مدار که از آن جریان عبور می کند، زیاد (یا کم) شود. مقاومت معادل مدار نیز زیاد (یا کم) می شود. و به نوع اتصال آن مقاومت به سایر مقاومت ها بستگی ندارد.	
اضافه شدن مقاومت	اگر مقاومتی به صورت سری به مجموعه ای از مقاومت ها وصل شود، مقاومت معادل آن ها افزایش می یابد. اگر مقاومتی به صورت موازی به مجموعه ای از مقاومت ها وصل شود، مقاومت معادل آن ها کاهش می یابد.	

تست ۱۰:

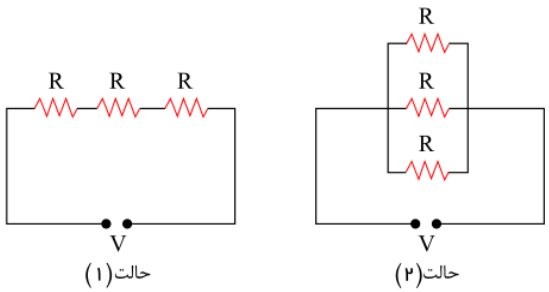
اگر ۳ مقاومت الکتریکی مشابه را به طور متوالی به هم ببندیم و دو سر مجموعه را به اختلاف پتانسیل ثابت وصل کنیم، توان مصرفی کل مدار ۹۰ وات می شود. اگر همان مقاومت ها را به طور موازی به همان اختلاف پتانسیل وصل کنیم، توان کل مدار چند وات می شود؟

۱) ۳۰ ۲) ۲۷۰ ۳) ۵۶۰ ۴) ۸۱۰

پاسخ: گزینه ۴ با مقایسه‌ی دو حالت و با توجه به یکسان بودن منبع ولتاژ در دوحالت می‌توان نوشت:

$$P=\frac{V^2}{R_T}\Rightarrow\frac{P_2}{P_1}=\frac{R_{T_1}}{R_{T_2}}=\frac{3R}{\frac{R}{3}}=9\Rightarrow P_2=9P_1$$

$$P_1=90W\Rightarrow P_2=810W$$



۶-۲-۶ ترکیب مقاومت ها

نکته ۱

برای حل کردن مسأله‌های مقاومت معادل :

- همیشه از یک گوشه از مدار که می‌توانید ۲ مقاومت سری و یا دو مقاومت موازی پیدا کنید شروع به ساده کردن مدار کنید.
- هر بار با کشیدن شکل جدید دوباره مقاومت‌های سری و موازی را پیدا کنید.

نکته ۲

آنچه بسیار مهم است تشخیص درست مقاومت‌های سری و یا مقاومت‌های موازی است .

- بین مقاومت‌های سری انشعابی وجود ندارد و از آن‌ها یک جریان الکتریکی عبور می‌کند.
- در مورد مقاومت‌های موازی باید دقت کرد که سر اول آن‌ها فقط با سیم به‌هم وصل شده و سر دوم آن‌ها نیز فقط با سیم به‌هم متصل است. یعنی سر اول آن‌ها هم پتانسیل هستند و سر دوم آن‌ها نیز باهم متصل هستند به این ترتیب ولتاژ دو سر مقاومت‌های موازی برابر است.

مثال:

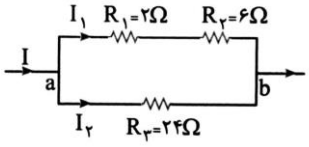
زمانی اتصال دو مقاومت سری است که یک سر آن ها (بدون ایجاد گره و انشعاب جریان از سرهای مشترک) به هم وصل باشند و جریانشون یکی باشه!

در شکل الف مقاومت ۱ و ۳ سری نیستن (گره ی a نمیگذاره)

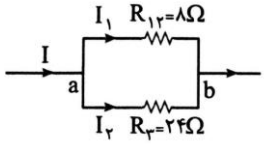
در شکل الف مقاومت ۲ و ۳ سری نیستن (گره ی b نمیگذاره)

اما بین ۱ و ۲ هیچ گره ای نیست و جریانشون هم یکیه! پس سری هستن.

مقاومت معادل ۱ و۲ و مقاومت ۳ سرهای مشترک دارند (a,b). پس موازین



(الف)

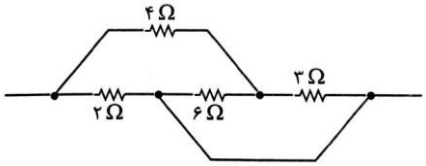


(ب)

تاکتیک نام گذاری

مرحله ۱:

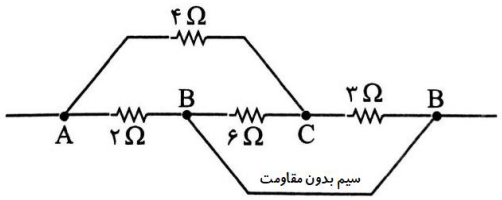
شناسایی سیم های بدون مقاومت



مرحله ۲:

نام گذاری گره ها (محلی که حداقل ۳ انشعاب دارد)

در این مرحله، پتانسیل الکتریکی در دو سر سیم بدون مقاومت یکسان است، پس هر دو سر آن یک اسم دارد.



مرحله ۳:

گره های ابتدا ، انتها و میانی را به ترتیب در شکل جدید رسم کنیم.

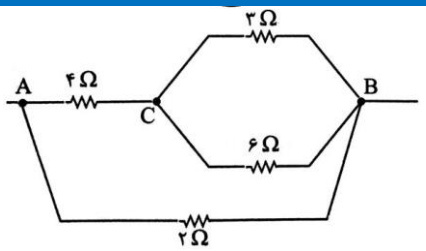
مرحله ۴:

مقاومت ها را بین گره ها قرار دهیم.

بین A و C : ۴ اهمی

بین A و B : ۲ اهمی

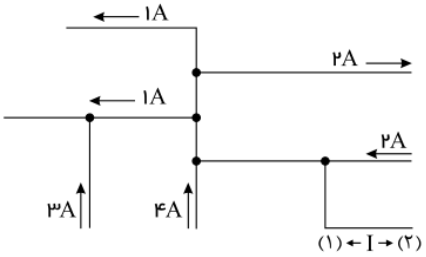
بین C و B : ۶ اهمی و ۳ اهمی (طبق نکته ۲ چون در شکل قبل C بین ۶ و ۳ می باشد ، پس این دو سری نیستند.)



مقاومت هایی که دو سر آن ها با یک سیم به هم متصل شوند، اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می شوند.

در اتصال موازی، اگر یکی از شاخه ها اتصال کوتاه شود، بقیه ی مقاومت های موازی نیز اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می شوند.

شکل زیر، بخشی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. بزرگی جریان I، چند آمپر و جهت جریان کدام است؟



۱) $(۲), ۲$

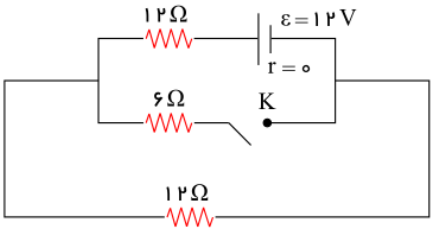
۲) $(۱), ۲$

۳) $(۲), ۶$

۴) $(۱), ۶$

تست ۱۱:

در مدار روبه‌رو، با بستن کلید، توان مصرفی مدار چگونه تغییر می‌کند؟



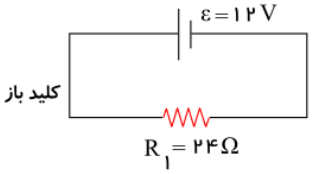
۱) ۳ وات کم می‌شود.

۲) ۳ وات زیاد می‌شود.

۳) ۶ وات زیاد می‌شود.

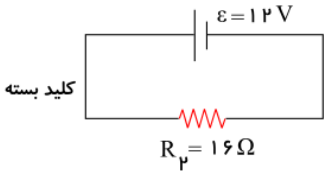
۴) ۶ وات کم می‌شود.

پاسخ: گزینه ۲ در حالت کلید باز، مقاومت ۶Ω از مدار خارج است و مقاومت کل برابر با $۱۲ + ۱۲ = ۲۴\Omega$ می‌باشد:



$$\Rightarrow I_۱ = \frac{۱۲}{۲۴} = ۰/۵A$$

در حالت کلید بسته، مقاومت ۶Ω و ۱۲Ω با یکدیگر موازی هستند که معادل آن‌ها برابر با $\frac{۶ \times ۱۲}{۶ + ۱۲} = ۴\Omega$ می‌باشد و مقاومت کل برابر با $۱۲ + ۴ = ۱۶\Omega$ می‌باشد:



$$\Rightarrow I_۲ = \frac{۱۲}{۱۶} = \frac{۳}{۴} = ۰/۷۵A$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P'_۱ = I_۱^۲ R_۱ = \frac{۱}{۴} \times ۲۴ = ۶W \\ P'_۲ = I_۲^۲ R_۲ = \frac{۹}{۱۶} \times ۱۶ = ۹W \end{cases} \Rightarrow \Delta P = ۳W > ۰$$

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۱۲:

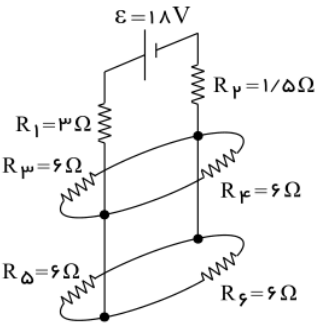
در شکل مقابل چه جریانی از باتری می‌گذرد؟

۱) $۲A$

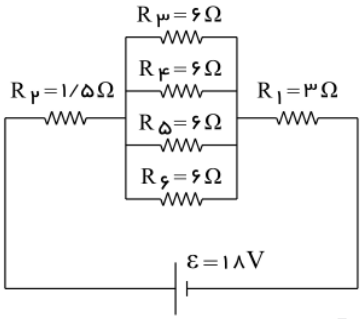
۲) $۳A$

۳) $۴A$

۴) $۵A$



پاسخ: **گزینه ۲** ابتدا باید مدار را ساده‌سازی کرده و از حالت ۳ بعدی خارج کرد:



$$(R_۳ \parallel R_۴ \parallel R_۵ \parallel R_۶) \xrightarrow{\text{موازی‌اند.}} R_{t_۱} = \frac{۳}{۲}\Omega$$

$$(R_{t_۱}, R_۲, R_۱) \xrightarrow{\text{سری‌اند.}} R_T = ۶\Omega$$

$$I_{\text{مدار}} = \frac{\varepsilon}{R_T + r} = \frac{۱۸}{۶} = ۳A$$

تست ۱۳:

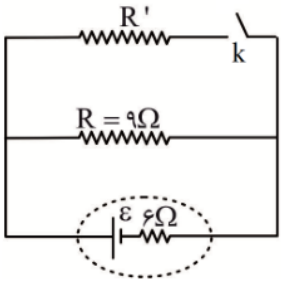
در مدار شکل مقابل با بستن کلید k، توان خروجی مولد، تغییری نمی‌کند. مقدار R' چند اهم است؟

۱) ۱۸

۲) ۷/۲

۳) ۶

۴) ۴



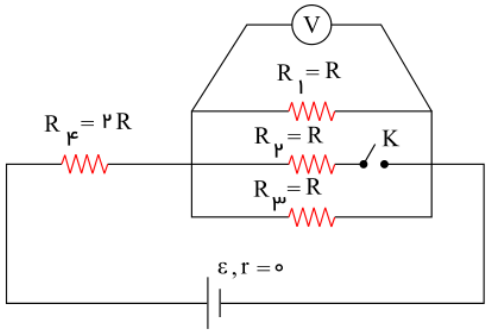
میان مقاومت معادل بیرون باتری در دو حالت که توان خروجی مولد برابر است با مقاومت داخلی باتری، رابطه زیر برقرار است:

$$r^۲ = R_{eq(۱)} \times R_{eq(۲)} \rightarrow ۳۶ = ۹R_{eq(۲)} = ۴\Omega$$

$$R_{eq(۲)} = \frac{RR'}{R+R'} \rightarrow ۴ = \frac{۹R'}{۹+R'} \rightarrow ۹R' = ۳۶ + ۴R' \rightarrow ۵R' = ۳۶ \rightarrow R' = \frac{۳۶}{۵} = ۷/۲\Omega$$

تست ۱۴:

در مدار شکل زیر اگر کلید k باز باشد ولت‌سنج ایده‌آل مقدار V را نشان می‌دهد و اگر کلید k بسته شود ولت‌سنج مقدار V' را نشان می‌دهد. $\frac{V}{V'}$ کدام است؟



۱) $\frac{۴}{۳}$

۲) $\frac{۳}{۴}$

۳) $\frac{۵}{۷}$

۴) $\frac{۷}{۵}$

پاسخ: گزینه ۴ اگر کلید k باز باشد مقاومت $R_۲$ از مدار حذف می‌شود.

$$R_{۱,۳} = \frac{R \times R}{R + R} = \frac{R^۲}{۲R} = \frac{R}{۲}$$

$$R_T = R_{۱,۳} + R_۴ = \frac{R}{۲} + ۲R = \frac{۵R}{۲}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{\varepsilon}{\frac{۵R}{۲}} = \frac{۲\varepsilon}{۵R} \Rightarrow V = RI \Rightarrow V = \frac{R}{۲} \times \frac{۲\varepsilon}{۵R} = \frac{\varepsilon}{۵}$$

اگر کلید k بسته شود:

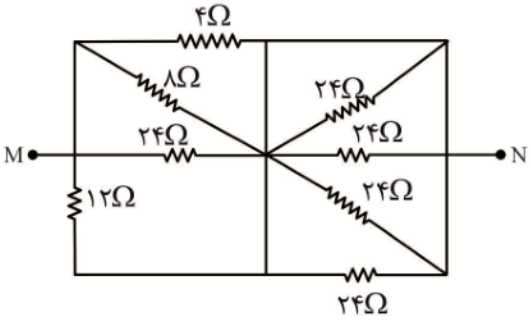
$$\frac{۱}{R_{۱,۲,۳}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} = \frac{۱+۱+۱}{R} = \frac{۳}{R} \Rightarrow R_{۱,۲,۳} = \frac{R}{۳}$$

$$R_T = R_{۱,۲,۳} + R_۴ = \frac{R}{۳} + ۲R = \frac{۷R}{۳}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{\varepsilon}{\frac{۷R}{۳}} = \frac{۳\varepsilon}{۷R} \Rightarrow V' = RI \Rightarrow V' = \frac{R}{۳} \times \frac{۳\varepsilon}{۷R} = \frac{\varepsilon}{۷} \Rightarrow \frac{V}{V'} = \frac{\frac{\varepsilon}{۵}}{\frac{\varepsilon}{۷}} = \frac{۷}{۵}$$

تست ۱۵:

مقاومت معادل مدار مقابل میان نقاط M و N، چند اهم است؟



۱) ۲

۲) ۸

۳) ۱۴

۴) ۲۶

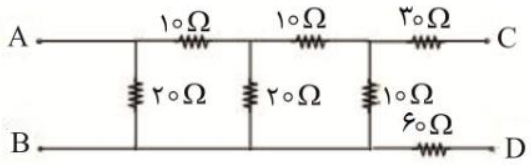
با کمی دقت متوجه می‌شویم که دو سر چهار مقاومت ۲۴Ω سمت راست دارای یک پتانسیل الکتریکی هستند. این یعنی اختلاف پتانسیل مقاومت‌ها، صفر است و در نتیجه جریان الکتریکی از آنها عبور نمی‌کند و از مدار حذف می‌شوند. چهار مقاومت سمت چپ با یکدیگر موازی هستند:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{۲۴} + \frac{۱}{۸} + \frac{۱}{۴} = \frac{۲+۱+۳+۶}{۲۴} = \frac{۱۲}{۲۴} = \frac{۱}{۲} \rightarrow R_{eq} = ۲\Omega$$

تست ۱۶:

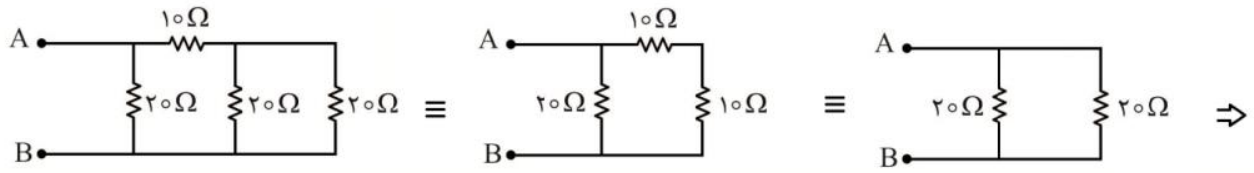
جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

در مدار شکل مقابل، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ **A** و **B** چند اهم است؟



۱) ۱۰
۲) $\frac{۲۰}{۳}$
۳) ۱۵
۴) ۲۰

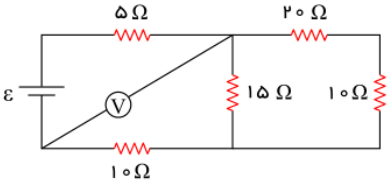
با توجه به شکلِ مدار داده شده، دو مقاومت متصل به نقاط **C** و **D** در مدار قرار ندارند بنابراین حذف می‌شوند. در این صورت داریم:



$$R_{eq}=\frac{۲۰}{۲}=۱۰\,\Omega$$

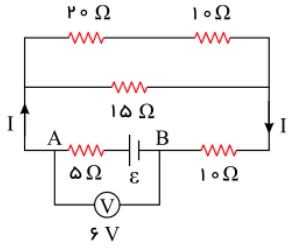
تست ۱۷:

در مدار زیر، ولت‌سنج آرمانی ۶ ولت را نشان می‌دهد. ولتاژ دو سر مولد چند ولت است؟



۱) ۳٫۰
۲) ۴٫۵
۳) ۵٫۰
۴) ۷٫۵

پاسخ: گزینه ۴ روش اول: مدار معادل به شکل زیر است:

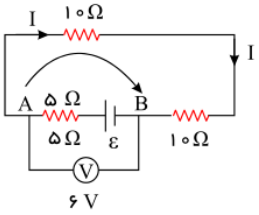


$$R_{eq}=\frac{۳۰\times ۱۵}{۳۰+۱۵}=\frac{۴۵۰}{۴۵}=۱۰$$

$$\rightarrow I=\frac{\varepsilon}{۱۵+۱۰}\rightarrow V_{AB}=\varepsilon-۵I$$

$$\rightarrow ۶=\varepsilon-۵(\frac{\varepsilon}{۲۵})=\varepsilon-\frac{\varepsilon}{۵}=\frac{۴}{۵}\varepsilon\rightarrow \boxed{\varepsilon=\frac{۳۰}{۴}=۷٫۵V}$$

روش دوم:



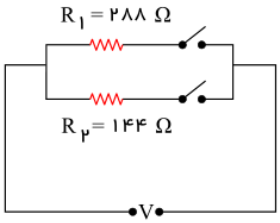
$$V_A=-۱۰I-۱۰I=V_B\rightarrow V_{AB}=۲۰I\rightarrow ۶=۲۰I\rightarrow \boxed{I=۰٫۳A}$$

$$I=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}\rightarrow \frac{۳}{۱۰}=\frac{\varepsilon}{۲۵}\rightarrow \varepsilon=\frac{۷۵}{۱۰}=\boxed{۷٫۵V}$$

تست ۱۸:

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

در مدار زیر، با بستن هر دو کلید یا یکی از آن‌ها می‌توان سه توان مصرفی در مدار ایجاد کرد. نسبت بیشترین توان مصرفی مدار به کمترین توان مصرفی کدام است؟



۱) ۱٫۵
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

پاسخ: گزینه ۳ اگر کلید بالایی بسته شود:

$$P_۱ = \frac{V^۲}{R_۱} = \frac{V^۲}{۲۸۸} \quad (۱)$$

اگر کلید پایینی فقط بسته شود:

$$P_۲ = \frac{V^۲}{R_۲} = \frac{V^۲}{۱۴۴} \quad (۲)$$

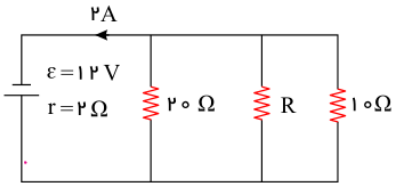
اگر هر دو کلید بسته شوند:

$$\begin{cases} P_۳ = \frac{V^۲}{R_{eq}} = \frac{V^۲}{۹۶} \quad (۳) \\ R_{eq} = \frac{۲۸۸ \times ۱۴۴}{۲۸۸ + ۱۴۴} = \frac{۲ \times ۱۴۴ \times ۱۴۴}{۲ \times ۱۴۴ + ۱۴۴} = \frac{۲ \times ۱۴۴ \times \cancel{۱۴۴}}{۳ \times \cancel{۱۴۴}} = ۹۶ \end{cases}$$

$$(۱), (۲), (۳) \rightarrow P_۱ < P_۲ < P_۳ \rightarrow \frac{P_۳}{P_۱} = \frac{\frac{V^۲}{۹۶}}{\frac{V^۲}{۲۸۸}} = \frac{۲۸۸}{۹۶} = ۳$$

تست ۱۹:

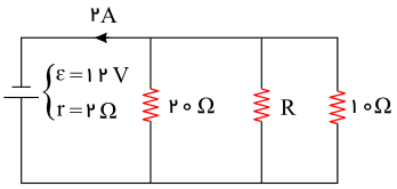
در شکل زیر، در مقاومت R در هر دقیقه چند ژول انرژی مصرف می‌شود؟



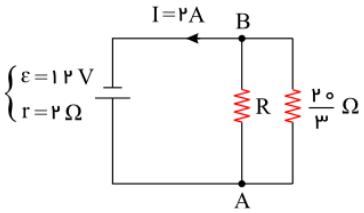
۱) ۶۴۸
۲) ۵۲۶
۳) ۴۷۲
۴) ۳۸۴

پاسخ: گزینه ۴

معادل ۲ مقاومت ۱۰Ω و ۲۰Ω را R' می‌نامیم. بنابراین داریم:



$$R' = \frac{۲۰ \times ۱۰}{۲۰ + ۱۰} = \frac{۲۰۰}{۳۰} = \frac{۲۰}{۳}\Omega$$



$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \Rightarrow ۲ = \frac{۱۲}{۲ + R_{eq}} \Rightarrow R_{eq} = ۴\Omega \Rightarrow R_{eq} = ۴ = \frac{R \times \frac{۲۰}{۳}}{R + \frac{۲۰}{۳}}$$

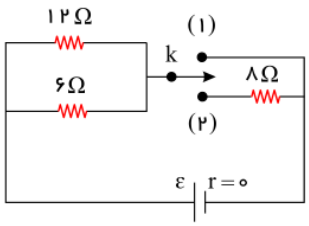
$$\Rightarrow ۴R + \frac{۸۰}{۳} = \frac{۲۰}{۳}R \Rightarrow \frac{۲۰R}{۳} - ۴R = \frac{۸۰}{۳} \Rightarrow \frac{۸R}{۳} = \frac{۸۰}{۳} \Rightarrow R = ۱۰\Omega$$

$$V_{AB} = \Delta V_{\text{بیرونی}} = \varepsilon - rI = ۱۲ - ۲ \times ۲ = ۸V \Rightarrow P_R = \frac{V_{AB}^۲}{R} = \frac{۸^۲}{۱۰} = ۶٫۴W \quad \Rightarrow \quad U_R = P_R \times \Delta t = ۶٫۴ \times ۶۰ = ۳۸۴J \Rightarrow U_R = ۳۸۴J$$

تست ۲۰:

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

در مدار شکل زیر، ابتدا کلید در حالت (۱) قرار دارد و توان خروجی باتری P_1 است. اگر کلید در حالت (۲) قرار گیرد، توان خروجی باتری P_2 می‌شود. $\frac{P_2}{P_1}$ چقدر است؟



۱) ۲

۲) $\frac{۲}{۳}$

۳) $\frac{۱}{۲}$

۴) $\frac{۱}{۳}$

پاسخ: گزینه ۴ می‌دانیم توان خروجی باتری از رابطهٔ: $P = \varepsilon I - rI^2$ محاسبه می‌شود که برابر با توان مصرفی مقاومت‌های خارجی مدار یعنی: $P_{R_{eq}} = R_{eq}I^2 = \frac{V^2}{R_{eq}}$ است. (در صورتی که یک باتری داشته باشیم.)

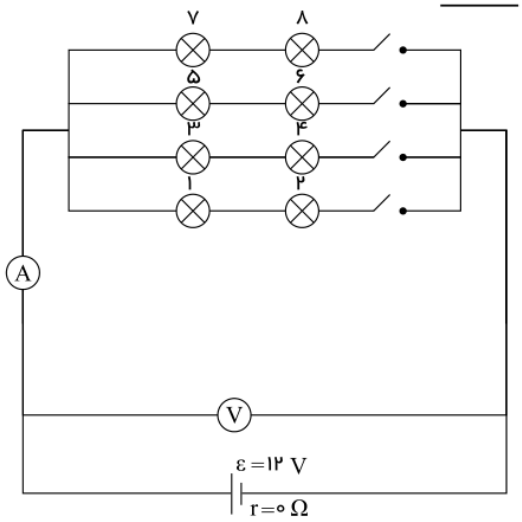
$$V = \varepsilon \begin{cases} P_1 = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{\varepsilon^2}{۴} \text{ و } R_{eq} = \frac{۶ \times ۱۲}{۶ + ۱۲} = ۴\Omega \\ P_2 = \frac{V^2}{R'_{eq}} = \frac{\varepsilon^2}{۱۲} \text{ و } R'_{eq} = ۱۲\Omega \end{cases}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{\varepsilon^2}{۱۲}}{\frac{\varepsilon^2}{۴}} = \frac{۴}{۱۲} = \frac{۱}{۳} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{۱}{۳}$$

۶-۲-۷ تیپ سوالات تغییرات

تست ۲۱:

در مدار شکل زیر ۸ لامپ مشابه وجود دارد. کلیدها یکی پس از دیگری بسته می‌شود. به‌ترتیب از راست به چپ اعدادی که ولت‌سنج و آمپرسنج نشان می‌دهد و شدت نور لامپ شمارهٔ ۴ چگونه تغییر می‌کند؟



۱) افزایش می‌یابد. - کاهش می‌یابد. - تغییر نمی‌کند.

۲) ثابت می‌ماند. - ثابت می‌ماند. - افزایش می‌یابد.

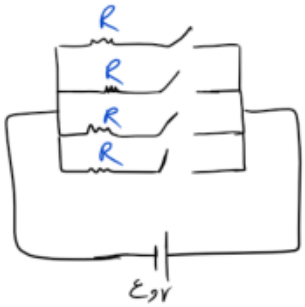
۳) ثابت می‌ماند. - افزایش می‌یابد. - تغییر نمی‌کند.

۴) کاهش می‌یابد. - ثابت می‌ماند. - کاهش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۳ با بستن کلیدها مقاومت معادل کاهش می‌یابد و جریان طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ افزایش می‌یابد، پس آمپرسنج عدد بیشتری نشان می‌دهد ولی از آنجا که مقاومت روی مولد صفر است، پس افت پتانسیل برابر صفر بوده و اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر ε است. در این صورت عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد تغییر نمی‌کند. چون اختلاف پتانسیل دو سر هر شاخه با اختلاف پتانسیل ۲ سر مولد برابر است؛ بنابراین جریانی که از هر شاخه می‌گذرد تغییر نمی‌کند و درنتیجه نور لامپ ثابت می‌ماند.

تست ۲۲:

سوال: در شکل مقابل، تعدادی مقاومت R به صورت موازی به هم وصل شده‌اند. با بستن کلیدها یکی پس از دیگری توان تولیدی مولد ——— و توان مصرفی هر مقاومت ——— می‌یابد.



۱) کاهش - افزایش
۲) افزایش - کاهش
۳) کاهش - نیز کاهش
۴) افزایش - نیز افزایش

پاسخ: با بستن هر کلید، یک مقاومت به صورت موازی به مدار اضافه و یا حذف می‌شود، مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد. در نتیجه بنابر رابطه‌ی $I=\frac{\varepsilon}{R_{T}+r}$، شدت جریان مدار افزایش و بنابر رابطه‌ی $V=\varepsilon-Ir$ ولت دو سر مدار کاهش می‌یابد. با افزایش شدت جریان طبق رابطه‌ی $P=\varepsilon I$، توان تولیدی مولد افزایش می‌یابد و با کاهش ولتاژ دو سر مدار، طبق رابطه $P=\frac{V^2}{R}$، توان مصرفی برای هر مقاومت کاهش می‌یابد.

۳-۶ سهم دهی در مدارها برای حل مدارها

سهم دهی ولتاژ در مقاومت های سری

در مقاومت های سری داشتیم: جریان یکسان بود و $V \alpha R$

روش :

۱) به کمترین مقاومت ولتاژ V را می دهیم.

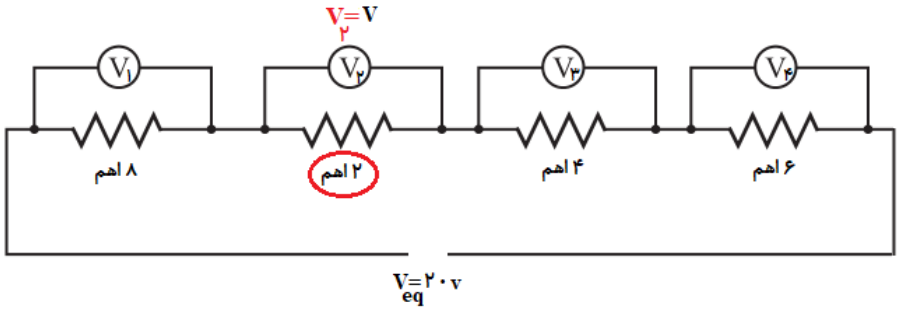
۲) ولتاژ مقاومت های دیگر را با توجه به نسبت مقاومتشان با کم ترین مقاومت می نویسیم.

۳) رابطه ولتاژ در هر سهم :

$$V = \frac{V_{eq}}{\text{جمع نسبت سهم ها}}$$

۴) یافتن سهم هر مقاومت

مثال:



۱و۲) در مدار بالا کمترین مقاومت ، ۲ اهم می باشد. ولتاژ آن را مقدار V قرار می دهیم و برای بقیه داریم:

$$R \xrightarrow{R\alpha V} V \rightarrow \begin{cases} R: ۲\Omega \xrightarrow{\times ۲} ۴\Omega \\ \downarrow \quad\quad \downarrow \\ V: \boxed{V} \xrightarrow{\times ۲} \boxed{۲V} \end{cases}$$

$$R \xrightarrow{R\alpha V} V \rightarrow \begin{cases} R: ۲\Omega \xrightarrow{\times ۳} ۶\Omega \\ \downarrow \quad\quad \downarrow \\ V: V \xrightarrow{\times ۳} \boxed{۳V} \end{cases}$$

$$R \xrightarrow{R\alpha V} V \rightarrow \begin{cases} R: ۲\Omega \xrightarrow{\times ۴} ۸\Omega \\ \downarrow \quad\quad \downarrow \\ V: V \xrightarrow{\times ۴} \boxed{۴V} \end{cases}$$

پس ولتاژ باید به نسبت ۱ و ۲ و ۳ و ۴ بین مقاومت ها تقسیم شود.

۱) ولتاژ در هر سهم:

$$V = \frac{V_{eq}}{۱+۲+۳+۴} = \frac{۲۰}{۱۰} = ۲$$

۲) سهم هر مقاومت:

سهم ۲ اهمی: $V = ۱\times ۲ = ۲$

سهم ۴ اهمی: $۲V = ۲\times ۲ = ۴$

سهم ۶ اهمی: $۳V = ۳\times ۲ = ۶$

سهم ۸ اهمی: $۴V = ۴\times ۲ = ۸$

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

سهم دهی جریان در مقاومت های موازی

در مقاومت های موازی داشتیم: ولتاژ یکسان بود و $R\alpha\frac{۱}{I}$

روش :

۱) به بزرگترین مقاومت جریان I را می دهیم.

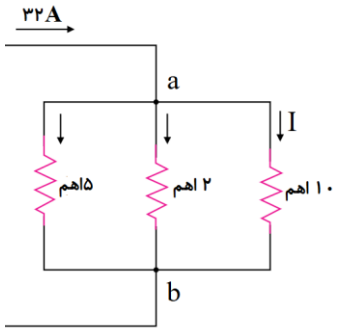
۲) جریان بقیه مقاومت ها را با نسبت عکس مقاومت بزرگتر می نویسیم.

۳) رابطه ولتاژ در هر سهم :

$$I = \frac{I_T}{\text{جمع نسبت سهم ها}}$$

۴) یافتن سهم هر مقاومت

مثال:



۱و۲) در مدار بالا بزرگترین مقاومت ، ۱۰ اهم می باشد. جریان آن را مقدار I قرار می دهیم و برای بقیه داریم:

$$R \xrightarrow{R\alpha\frac{۱}{I}} I \rightarrow \begin{cases} R: ۱۰\Omega \xrightarrow{\div ۵} ۲\Omega \\ \downarrow \qquad\qquad \downarrow \\ I: \boxed{I} \xrightarrow{\times ۵} \boxed{۵I} \end{cases}$$

$$R \xrightarrow{R\alpha\frac{۱}{I}} I \rightarrow \begin{cases} R: ۱۰\Omega \xrightarrow{\div ۲} ۵\Omega \\ \downarrow \qquad\qquad \downarrow \\ I: I \xrightarrow{\times ۲} \boxed{۲I} \end{cases}$$

پس جریان باید به نسبت ۱ و ۵ و ۲ بین مقاومت ها تقسیم شود.

۳) جریان در هر سهم:

$$I = \frac{I_T}{۱+۲+۵} = \frac{۳۲}{۸} = ۴$$

۴) سهم هر مقاومت:

سهم ۱۰ اهمی: $I = ۱\times ۴ = ۴$

سهم ۲ اهمی: $۵I = ۵\times ۴ = ۲۰$

سهم ۵ اهمی: $۲I = ۲\times ۴ = ۸$

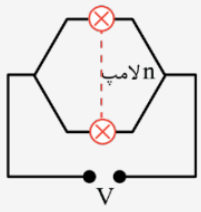
کلید در مدار: ۱) اضاف کردن مقاومت ۲) حذف مقاومت ۳) نوع بستن را عوض می کند.

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

درسنامه:

اگر چند لامپ مشابه به یک منبع ولتاژ وصل شوند، توان مصرفی در هر لامپ و مجموعه را بررسی می‌کنیم:

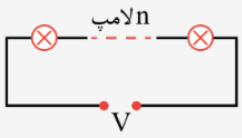
۱) حالت موازی: مطابق شکل مقابل، در این حالت ولتاژ همهٔ لامپ‌ها برابر V است و می‌توان نوشت:



$$P = \frac{V^2}{R} \quad : \text{توان هر لامپ}$$

$$P_{کل} = n \times P = \frac{nV^2}{R} \quad : \text{توان مجموعه}$$

۲) حالت متوالی: در این حالت ولتاژ V بین لامپ‌ها تقسیم می‌شود و به هر یک ولتاژ $\frac{V}{n}$ می‌رسد، بنابراین داریم:

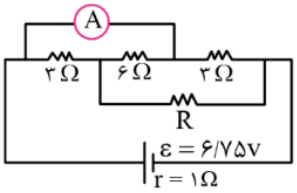


$$P = \frac{(\frac{V}{n})^2}{R} = \frac{V^2}{n^2R} \quad : \text{توان هر لامپ}$$

$$P_{کل} = n \times P = \frac{V^2}{nR} \quad : \text{توان مجموعه}$$

تست ۲۳:

در مدار شکل مقابل، مقاومت معادل مدار 2Ω است. آمپرسنج آرمانی چند آمپر را نشان می‌دهد؟



۱) ۰/۲۵

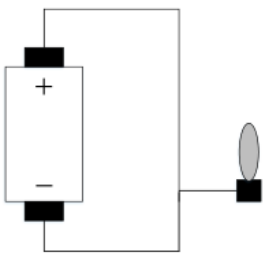
۲) ۰/۷۵

۳) ۱/۵

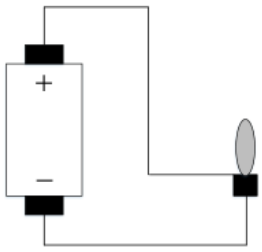
۴) ۱/۷۵

برای بدست آوردن جریان سیم دارای آمپرسنج، باید ابتدا مدار را حل کرده و جریان همه مقاومت‌ها را بدست آورده و در یکی از دو سر سیم دارای آمپرسنج I' قانون گره جریان‌ها را نوشت.

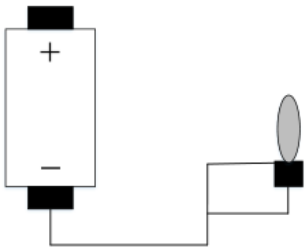
در چه تعداد از شکل‌های زیر، لامپ روشن نمی‌شود؟



الف)



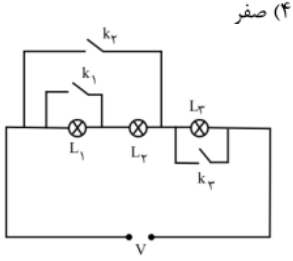
ب)



پ)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

چه تعداد از عبارت‌های زیر در مورد مدار مقابل صحیح است؟



الف) اگر فقط کلید k_3 بسته شود، لامپ‌های L_1 و L_2 روشن خواهد ماند و L_3 خاموش می‌شود.

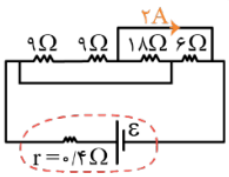
ب) اگر کلیدهای k_2 و k_3 همزمان بسته شوند، فقط لامپ L_1 روشن می‌ماند.

ج) اگر کلیدهای k_1 و k_2 همزمان بسته شوند، فقط لامپ L_3 روشن خواهد ماند.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

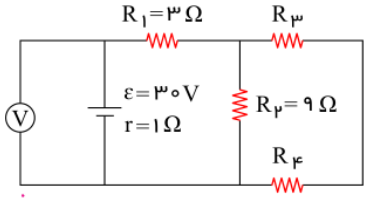
در مدار شکل مقابل، نیروی محرکه باتری چند ولت است؟



۱) ۱۰
۲) ۲۰
۳) ۲۴
۴) ۴۰

تست ۲۴:

در مدار زیر، اگر ولت‌سنج آرمانی ۲۷ ولت را نشان دهد و توان مصرفی مقاومت R_4 برابر ۶ وات باشد، اندازهٔ مقاومت R_3 چند اهم است؟

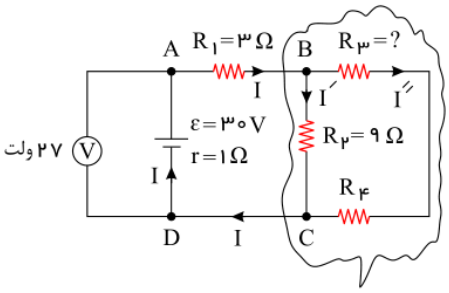


۱) ۶
۲) ۹
۳) ۱۲
۴) ۱۸

پاسخ: گزینه ۳

$$V=\varepsilon-rI \Rightarrow ۲۷=۳۰-۱\times I \Rightarrow I=۳A \Rightarrow \frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}=۳ \Rightarrow \frac{۳۰}{۱+R_{eq}}=۳$$

$$\Rightarrow R_{eq}=۹\Omega$$



$$R_{eq}=R_۱+R' \rightarrow ۹=۳+R' \rightarrow R'=۶\Omega$$

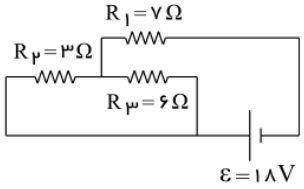
$$V_{BC}=\left(\frac{R'}{R_۱+R'}\right)\times ۲۷=\left(\frac{۶}{۳+۶}\right)\times ۲۷=۱۸V \rightarrow I'=\frac{V_{BC}}{R_۲}=\frac{۱۸}{۹}=۲A$$

$$I''=I-I'=۳-۲=۱A \Rightarrow P_{R_۴}=R_۴I''^۲ \Rightarrow ۶=R_۴\times ۱^۲ \Rightarrow R_۴=۶\Omega$$

$$\begin{cases} R'=۶\Omega \\ R'=\dfrac{R_۲R_{۳,۴}}{R_۲+R_{۳,۴}} \end{cases} \Rightarrow ۶=\frac{۹R_{۳,۴}}{۹+R_{۳,۴}} \Rightarrow R_{۳,۴}=۱۸\Omega=R_۳+R_۴=R_۳+۶ \Rightarrow R_۳=۱۲\Omega$$

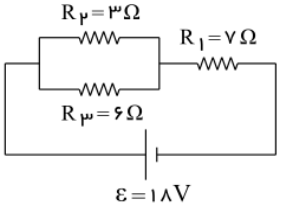
تست ۲۵:

در شکل زیر چه جریانی از مقاومت ۳ اهمی می‌گذرد؟



۱) $\frac{۴}{۳}A$
۲) $\frac{۲}{۳}A$
۳) $۲A$
۴) $۱A$

پاسخ: گزینه ۱ ابتدا باید مدار را کمی ساده‌سازی کنیم:



$$(R_۲ \parallel R_۳) \xrightarrow{\text{موازی‌اند}} R_{t_۱}=۲\Omega$$

$$(R_{t_۱}, R_۱) \xrightarrow{\text{سری‌اند}} R_T=۹\Omega$$

$$I_{\text{مدار}}=\frac{\varepsilon}{R_T+r}=\frac{۱۸}{۹}=۲A$$

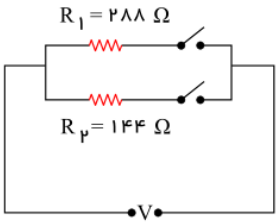
$$R_{t_۱}=۲\Omega \rightarrow I=۲A \rightarrow V_{t_۱}=۲\times ۲=۴V$$

$$V_۲=۴V \rightarrow R_۲=۳\Omega \rightarrow I_۲=\frac{۴}{۳}A$$

چون دو مقاومت $R_۲$ و $R_۳$ موازی‌اند بنابراین ولتاژ آن‌ها با ولتاژ مقاومت معادل $(R_{t_۱})$ برابر است.

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

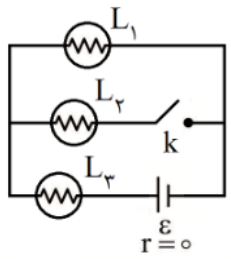
در مدار زیر، با بستن هر دو کلید یا یکی از آن‌ها می‌توان سه توان مصرفی در مدار ایجاد کرد. نسبت بیشترین توان مصرفی مدار به کمترین توان مصرفی کدام است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۸



۱) ۱٫۵
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

تست ۲۶:

اگر کلید k در مدار روبه‌رو بسته شود، نور لامپ‌های L_1 و L_3 چگونه تغییر می‌کند؟ (لامپ‌ها مشابه هستند.)



۱) هر دو لامپ پرنورتر می‌شوند.
۲) هر دو لامپ کم‌نورتر می‌شوند.
۳) لامپ L_3 پرنورتر و لامپ L_1 کم‌نورتر می‌شود.
۴) لامپ L_3 کم‌نورتر و لامپ L_1 پرنورتر می‌شود.

وقتی کلید باز است:

$$I_1 = I_3 = \frac{\varepsilon}{2R} = \frac{1}{2} \times \frac{\varepsilon}{R}$$

وقتی کلید بسته می‌شود، مقاومت معادل لامپ‌های (۱) و (۲) برابر $\frac{R}{2}$ خواهد شد و داریم:

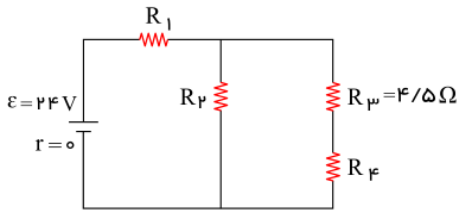
$$I'_3 = \frac{\varepsilon}{R + \frac{R}{2}} = \frac{2}{3} \times \frac{\varepsilon}{R} > I_1$$

$$I'_1 = I'_2 = \frac{1}{2} I'_3 = \frac{1}{3} \times \frac{\varepsilon}{R} < I_1$$

بنابراین نور لامپ (۳) افزایش یافته و نور لامپ (۱) کاهش می‌یابد.

تست ۲۷:

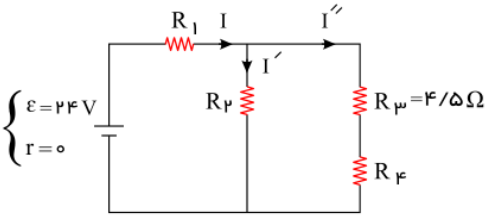
در مدار زیر، توان مصرفی هریک از مقاومت‌ها یکسان است. جریان عبوری از مقاومت R_2 چند آمپر است؟



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

پاسخ: گزینه ۱

$$P_{R_3}=P_{R_4}\Rightarrow R_3I''^2=R_4I''^2\Rightarrow R_4=R_3=4/5\Omega \quad (1)$$



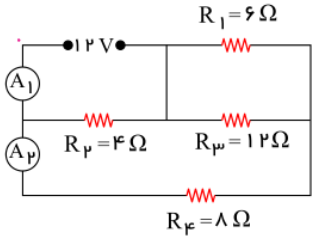
$$\begin{cases} P_{R_2}=P_{R_3}\Rightarrow \dfrac{V_{R_2}^2}{R_2}=\dfrac{V_{R_3}^2}{R_3}\xrightarrow{(*)}\dfrac{4}{R_2}=\dfrac{1}{4/5}\Rightarrow R_2=18\Omega \quad (2)\\ V_{R_2}=V_{R_3}+V_{R_4}=2V_{R_3} \quad (*)\end{cases}$$

$$R_2=2R_{3,4}\Rightarrow \begin{cases} I''=2I'\Rightarrow P_{R_1}=P_{R_3}\Rightarrow R_1I^2=R_3(I'')^2\\ I=I'+I''=\dfrac{3}{2}I''\end{cases} \Rightarrow R_1(\frac{3}{2}I'')^2=4/5I''^2\Rightarrow \frac{9}{4}R_1=4/5\Rightarrow R_1=2\Omega \quad (3)$$

$$(1)\text{ و }(2)\text{ و }(3)\Rightarrow R_{eq}=2+\frac{9\times 18}{9+18}=2+\frac{9\times 18}{27}=8\Omega\Rightarrow I=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}=\frac{24}{0+8}=3A\Rightarrow I'=(\frac{R_{3,4}}{R_{3,4}+R_2})I=(\frac{9}{9+18})\times 3=1A$$

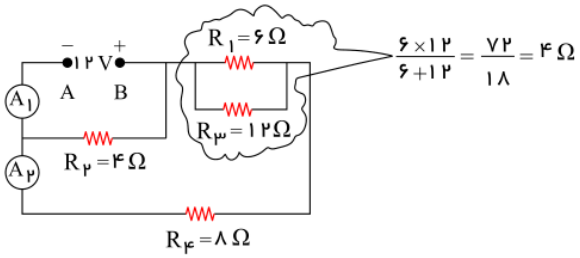
تست ۲۸:

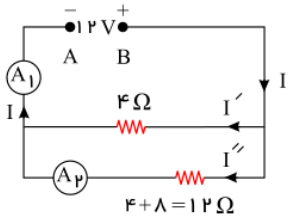
در مدار زیر، آمپرسنج‌های آرمانی A_1 و A_2 به‌ترتیب چند آمپر را نشان می‌دهند؟



۱) ۳ و ۱
۲) ۳ و ۱/۵
۳) ۴ و ۱
۴) ۴ و ۱/۵

پاسخ: گزینه ۳ کافی است کمی مقاومت R_3 را جابه‌جا کنیم:





$$I=\frac{V_{AB}}{R_{eq}}=\frac{12}{\frac{4\times 12}{4+12}}=\frac{12}{3}=4A$$

$$I''=(\frac{4}{4+12})\times 4=1A$$

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

تست ۲۹:

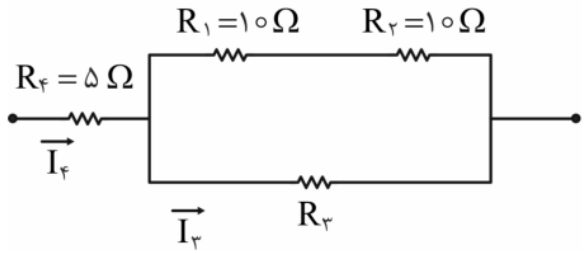
در شکل زیر اگر جریان گذرنده از مقاومت $R_۴$ سه برابر جریان عبوری از مقاومت $R_۳$ باشد، کدام مورد زیر درست است؟ ($R_۴ = ۵\Omega$ $R_۲ = ۱۰\Omega$ $R_۱ = ۱۰\Omega$)

۱) $P_۲ = P_۳$

۲) $P_۲ = ۲P_۳$

۳) $P_۳ = ۴P_۲$

۴) $P_۳ = ۶P_۲$



$$I_۴ = I_۱ + I_۳ = ۳I_۳ \rightarrow I_۱ = ۲I_۳$$

از طرفی:

$$V_{۱,۲} = V_۳ \rightarrow R_{۱,۲}I_۱ = R_۳I_۳ \rightarrow ۲۰I_۱ = R_۳I_۳ \xrightarrow{I_۱ = ۲I_۳} R_۳ = ۴۰\Omega$$

حال می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} P_۳ = ۴۰I_۳^{۲} \\ P_۲ = ۱۰I_۲^{۲} \end{cases} \xrightarrow{I_۲ = I_۱ = ۲I_۳} P_۳ = P_۲$$

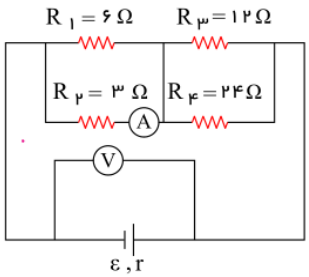
در مدار زیر، اگر به‌جای مقاومت ۳اهمی، مقاومت ۶اهمی قرار دهیم، اعدادی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند، به‌ترتیب چه تغییری می‌کنند؟

۱) افزایش - کاهش

۲) کاهش - افزایش

۳) کاهش - کاهش

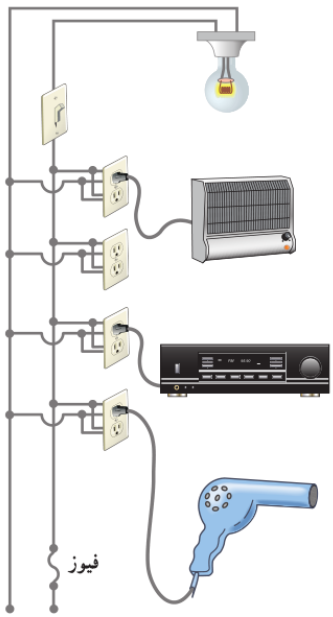
۴) افزایش - افزایش



یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰W، یک بخاری برقی ۲۰۰۰W، یک دستگاه پخش‌صوت ۲۰۰W، و یک سشوار (موخشک‌کن) ۲۲۰۰W مطابق شکل به پریزهای یک مدار سیم‌کشی خانگی ۲۲۰V وصل شده است.

الف) اگر فیوز شکل ۱۵A باشد، یعنی حداکثر بتواند جریان ۱۵A را تحمل کند، آیا فیوز خواهد پرید؟

ب) نشان دهید توان الکتریکی مصرفی مقاومت معادل برابر با مجموع توان‌های الکتریکی مصرفی در هریک از آنهاست.



پاسخ : الف) همان‌طور که در شکل می‌بینیم در سیم‌کشی منازل همهٔ مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. بنابراین، جریان کل عبوری از فیوز برابر با مجموع جریان‌های عبوری از هریک از مصرف‌کننده‌هاست. با استفاده از رابطهٔ $I = P/V$ جریان عبوری از هریک از این چهار مصرف‌کننده را به‌دست می‌آوریم. بنابراین، به ترتیب داریم :

$$I_{\text{لامپ}} = \frac{P_{\text{لامپ}}}{V} = \frac{۱۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۰/۴۵۵\,\text{A}$$

$$I_{\text{بخاری}} = \frac{P_{\text{بخاری}}}{V} = \frac{۲۰۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۹/۰۹\,\text{A}$$

$$I_{\text{پخش}} = \frac{P_{\text{پخش}}}{V} = \frac{۲۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۰/۹۰۹\,\text{A}$$

$$I_{\text{سشوار}} = \frac{P_{\text{سشوار}}}{V} = \frac{۲۲۰۰\,\text{W}}{۲۲۰\,\text{V}} = ۱۰/۰\,\text{A}$$

بنابراین، جریان کل عبوری از فیوز برابر است با

$$I_{\text{فیوز}} = I_{\text{کل}} = I_{\text{لامپ}} + I_{\text{بخاری}} + I_{\text{پخش}} + I_{\text{سشوار}}$$
$$= ۰/۴۵۵\text{A} + ۹/۰۹\text{A} + ۰/۹۰۹\text{A} + ۱۰/۰\text{A} = ۲۰/۵\text{A}$$

چون فیوز ۱۵A است. بنابراین، فیوز خواهد پرید. در اغلب منازل چند مدار سیم‌کشی جداگانه داریم که هریک فیوز مربوط به خود را دارد. برای اینکه بتوانیم به‌طور هم‌زمان از چند وسیلهٔ برقی استفاده کنیم، باید وسایل برقی را به‌طور هم‌زمان به یک مدار وصل نکنیم و مدارهای دیگر را نیز به‌کار گیریم.

ب) دیدیم که همهٔ مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. بنابراین، مقاومت معادل مصرف‌کننده‌های شکل از رابطهٔ ۲ــ۱۱ به‌دست می‌آید. بنابراین، برای محاسبهٔ مقاومت لازم است مقاومت هریک از وسیله‌ها را به‌طور جداگانه محاسبه کنیم. مقاومت هر مصرف‌کننده با استفاده از رابطهٔ $P = \frac{V^۲}{R}$ به‌دست می‌آید. بنابراین، به ترتیب داریم :

$$R_{\text{لامپ}} = \frac{V^۲}{P_{\text{لامپ}}} = \frac{(۲۲۰\,\text{V})^۲}{۱۰۰\,\text{W}} = ۴۸۴\,\Omega$$

$$R_{\text{بخاری}} = \frac{V^۲}{P_{\text{بخاری}}} = \frac{(۲۲۰\,\text{V})^۲}{۲۰۰۰\,\text{W}} = ۲۴/۲\,\Omega$$

$$R_{\text{پخش}} = \frac{V^۲}{P_{\text{پخش}}} = \frac{(۲۲۰\,\text{V})^۲}{۲۰۰\,\text{W}} = ۲۴۲\,\Omega$$

$$R_{\text{سشوار}} = \frac{V^۲}{P_{\text{سشوار}}} = \frac{(۲۲۰\,\text{V})^۲}{۲۲۰۰\,\text{W}} = ۲۲/۰\,\Omega$$

پس مقاومت معادل چنین محاسبه می‌شود :

$$\frac{۱}{R_{\text{eq}}} = \frac{۱}{R_{\text{لامپ}}} + \frac{۱}{R_{\text{بخاری}}} + \frac{۱}{R_{\text{پخش}}} + \frac{۱}{R_{\text{سشوار}}} =$$
$$= \frac{۱}{۴۸۴\,\Omega} + \frac{۱}{۲۴/۲\,\Omega} + \frac{۱}{۲۴۲\,\Omega} + \frac{۱}{۲۲/۰\,\Omega} = ۰/۰۹۳۰\,\Omega^{-۱}$$

و در نتیجه $R_{\text{eq}} = ۱۰/۷۵\,\Omega \approx ۱۰/۸\,\Omega$. بنابراین، توان مصرفی مقاومت معادل چنین می‌شود :

$$P_{R_{\text{eq}}} = \frac{V^۲}{R_{\text{eq}}} = \frac{(۲۲۰\,\text{V})^۲}{۱۰/۷۵\,\Omega} = ۴/۵۰\,\text{kW}$$

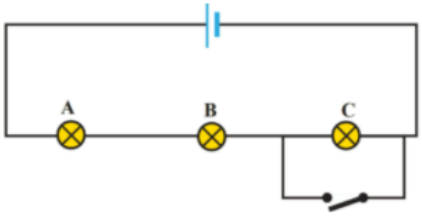
اکنون می‌خواهیم این نتیجه را با مجموع توان‌های هریک از مصرف‌کننده‌ها مقایسه کنیم.

مجموع توان مصرف‌کننده‌ها برابر است با

$$P_{\text{کل}} = P_{\text{لامپ}} + P_{\text{بخاری}} + P_{\text{پخش}} + P_{\text{سشوار}} = ۱۰۰\,\text{W} + ۲۰۰۰\,\text{W} + ۲۰۰\,\text{W} + ۲۲۰۰\,\text{W} = ۴۵۰۰\,\text{W}$$

که همان توان مصرفی مقاومت معادل است.

لامپ‌های A، B و C در شکل زیر همگی یکسان‌اند. با بستن کلید، کدام یک از تغییرات زیر در اختلاف پتانسیل رخ می‌دهد؟ (ممکن است بیش از یک پاسخ درست باشد).



الف) اختلاف پتانسیل دو سر A و B تغییر نمی‌کند. نادرست

ب) اختلاف پتانسیل دو سر C و به اندازهٔ 50% کاهش می‌یابد. نادرست

پ) هر یک از اختلاف پتانسیل‌های A و B به اندازهٔ 50% افزایش می‌یابد. درست

ت) اختلاف پتانسیل دو سر C به صفر کاهش می‌یابد. درست

تست ۳۰: ر

المنت یک اجاق برقی طولی برابر $1/2m$ دارد و سطح مقطع آن $0/9 \times 10^{-6} m^2$ می‌باشد. مقاومت ویژهٔ این ماده در دمای $300^\circ C$ برابر $6 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$ و ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آن $\alpha = 2 \times 10^{-3} K^{-1}$ است. مقاومت این سیم در دمای $400^\circ C$ چند اهم است؟

۱) ۸۶ ۲) ۹۰ ۳) ۹۶ ۴) ۹۶/۵

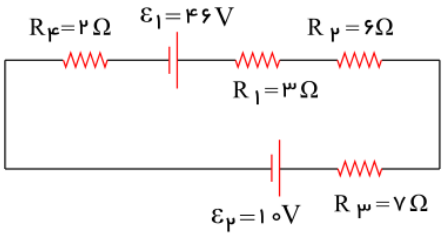
پاسخ: گزینه ۳

$$\rho = \rho_0 \left[1 + \alpha(T - T_0)\right] = 6 \times 10^{-5} \left[1 + 2 \times 10^{-3} \times (400 - 300)\right] = 7/2 \times 10^{-5}$$

$$R = \rho \frac{L}{A} = 7/2 \times 10^{-5} \times \frac{1/2}{0/9 \times 10^{-6}} = 96\Omega$$

تست ۳۱: ر

در مدار شکل زیر انرژی مصرف‌شده در R_1 در مدت ۵ ثانیه چقدر است؟



۱) $24J$

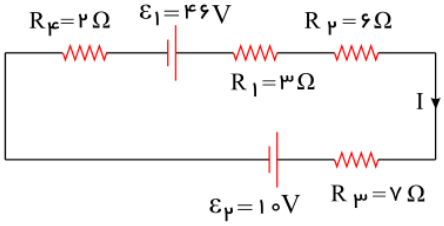
۲) $3600J$

۳) $12J$

۴) $60J$

پاسخ: گزینه ۴ ابتدا باید جریان مدار را محاسبه کنیم.

جریان فرضی I را در نظر می‌گیریم:



$$-2I + \varepsilon_1 - 3I - 6I - 7I - \varepsilon_2 = 0$$

$$\rightarrow 18I = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \rightarrow I = \frac{36}{18}$$

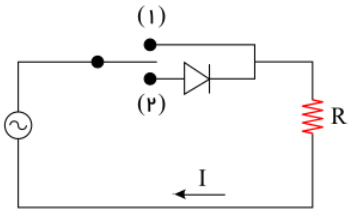
$I = 2A \leftarrow$ جهت جریان فرضی درست است.

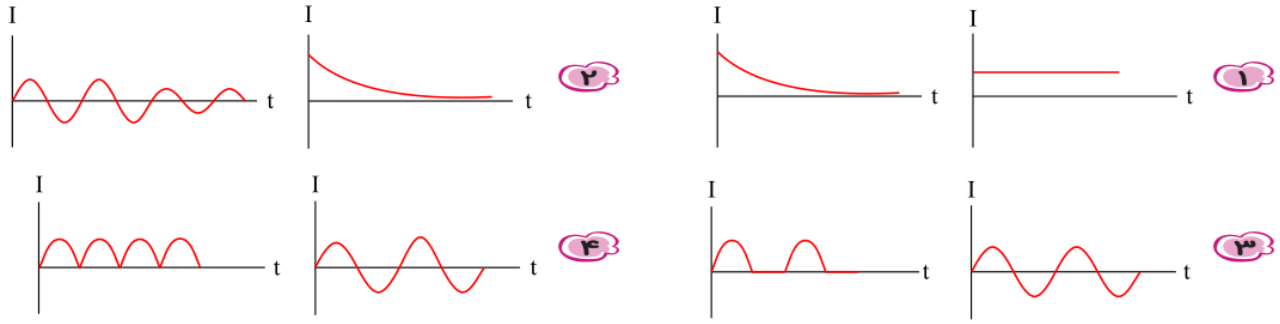
$$W = R_1 I^2 t = 3 \times (2)^2 \times 5 = 60J$$

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

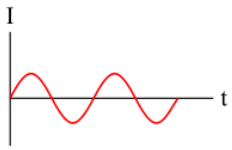
تست ۳۲: ر

در شکل زیر، ابتدا کلید در حالت (۱) قرار می‌گیرد و سپس در حالت (۲) قرار می‌گیرد. نمودار جریان الکتریکی به ترتیب به کدام صورت خواهد بود؟

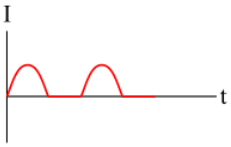




پاسخ: **گزینه ۳** در مدار یک مولد جریان متناوب قرار دارد. هنگام اتصال کلید m در حالت (۱) دیود نقشی در مدار نداشته و نمودار $(I-t)$ به شکل



خواهد بود. ولی هنگامی که کلید در وضعیت (۲) قرار دارد، دیود فقط در جهت ساعتگرد اجازهٔ عبور جریان را از خود می‌دهد. و در مواقعی که مولد جهت جریان را وارونه می‌کند، دیود اجازهٔ عبور جریان را از خود نمی‌دهد (با تقریب بسیار خوبی!) یعنی نمودار $(I-t)$ به صورت



خواهد شد.

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

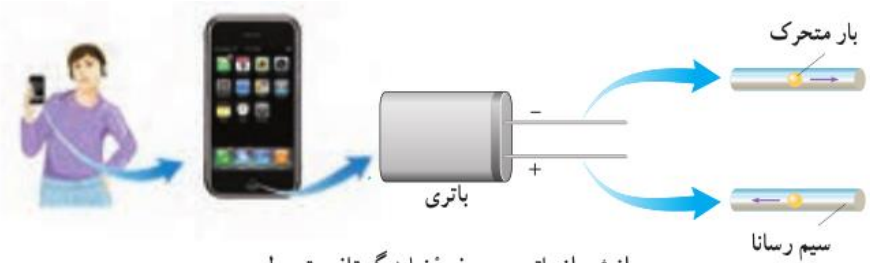
۶-۴ تکمیلی الکتریسیته جاری

وجود اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از یک رسانا، موجب ایجاد شارش بارها بین آن دو نقطه و به وجود آمدن جریان الکتریکی بین آن دو نقطه از رسانا می شود.

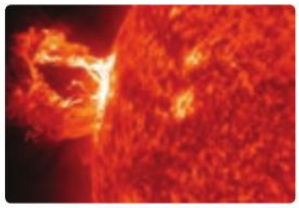
پس عامل ایجاد جریان الکتریکی وجود اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن دو نقطه است.

۶-۴-۱ کاربردهایی از جریان الکتریکی

- انرژی مورد نیاز صفحه نمایشگر تلفن همراه توسط یک باتری تامین می شود. انرژی الکتریکی از طریق مسیرهای رسانایی که در آن ها بارهای الکتریکی در جریان اند به نمایشگر تلفن همراه می رسد.



انرژی از باتری به صفحهٔ نمایشگر تلفن، توسط بارهایی که از سیم های رسانا می‌گذرند، منتقل می‌شود.



فوران عظیمی از الکترون‌ها و یون‌ها که از سطح خورشید پرتاب می‌شوند.

- مهندسان برق با دستگاه های الکتریکی زیادی از قبیل مولد های برق و دستگاه های ذخیره اطلاعات سر و کار دارند.
- مهندسان مخابرات نگران اختلالات ناشی از فوران های خورشیدی هستند.
- فیزیولوژیست ها و مهندسان پزشکی با جریان های الکتریکی در رشته های عصبی سر و کار دارند.

۶-۴-۲ حاملان بار الکتریکی

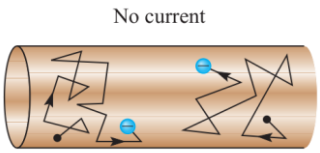
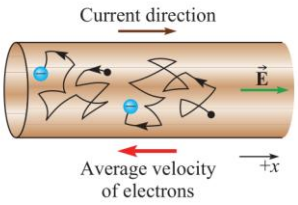
ذره های بارداری که می توانند در ماده حرکت کنند. پس :

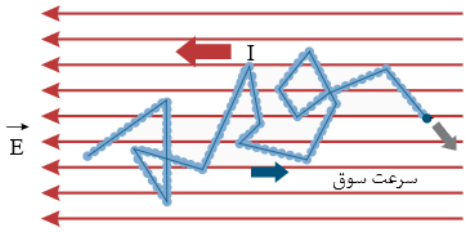
۱) ذره باردار باشد،
۲) حرکت انتقالی داشته باشد.

} پس حاملان بار الکتریکی در فلزات ⟵ الکترون های آزاد

(پروتون ها به علت عدم حرکت، نمی توانند حامل بار باشند.)

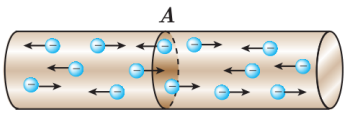
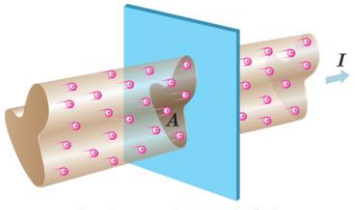
۶-۵ تعریف کیفی جریان الکتریکی

حرکت کاتوره ای (زیگزاگی) در نبود میدان الکتریکی خارجی	الکترون ها دائما در حال ورجه وورجه شدن هستن یک حرکت بی هدف در همه جهات سریع با تندی هایی در مرتبه $۱۰^{۶}\ \frac{m}{s}$ دائمی (در داخل میدان و در خارج میدان)	
حرکت کاتوره ای (زیگزاگی) تحت تاثیر میدان الکتریکی خارجی	میدانیم که میدان از مثبت به منفی است. بنابراین به الکترون ها در خلاف جهت میدان نیرو وارد می شود. این نیرو سبب می شود که همزمان که حرکت کاتوره ای انجام می دهند، در خلاف جهت میدان به آهستگی سوق داده شوند. این حرکت دسته جمعی و جهت دار الکترون ها با سرعت متوسط کمی انجام می شود که به آن سرعت سوق[۱] گویند. اندازه سرعت سوق در یک رسانای فلزی از مرتبه $۱\frac{mm}{s}$ است.	



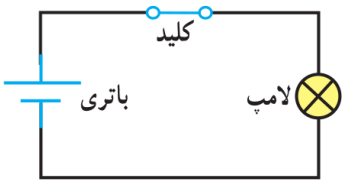
۱-۵-۶ هر مجموعه ای از بار های متحرک جریان الکتریکی ایجاد می کنند؟

- برای اینکه جریان الکتریکی داشته باشیم، باید یک انتقال خالص بار از یک سطح مقطع معین رخ دهد. (مجموعه ۱)
- برای این منظور نیاز به ابزاری مانند باتری داریم تا با ایجاد یک میدان الکتریکی، بارها را در جهت معینی به حرکت در آورد.

مجموعه ۱	عدم وجود باتری حرکت کاتوره ای	 در نبود اختلاف پتانسیل، شارش بار خالصی از مقطع معیّن A سیم، نداریم.
مجموعه ۲	وجود باتری (حرکت کاتوره ای و حرکت در خلاف جهت میدان)	 باریکه‌ای از بارهای مثبت از سطح مقطع A می‌گذرند و جریان I را ایجاد می‌کنند.

۲-۵-۶ حرکت کاتوره ای و حرکت در خلاف جهت میدان در یک مدار ساده

سیمی را در یک مدار الکتریکی به شکل روبرو در نظر بگیرید. (مدار ساده : لامپ- کلید – باتری – سیم)

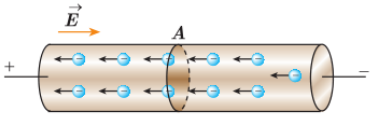


---

[۱] Drift Velocity

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

اختلاف پتانسیل در دو سر سیم و میدانی الکتریکی درون آن ایجاد می شودو باعث حرکت الکترون های آزاد و ایجاد جریان می شود. (شکل زیر)



در حضور اختلاف پتانسیل، شارش بار خالص از مقطع A سیم، دیگر برابر صفر نیست.

پس لازمه جریان الکتریکی :

۱) حضور حاملان بار (الکترون های آزاد)

۲) وجود میدان الکتریکی خارجی

۶-۶ انواع مقاومت

پیچه ای

شامل پیچه ای از یک سیم نازک اند که معمولاً جنس آن ها از آلیاژهایی مانند نیکروم یا منگانین است. این مقاومت ها برای به دست آوردن مقاومت های پایین بسیار دقیق و همچنین توان های بالا ساخته می شوند. بیشینه ی توان الکتریکی که این مقاومت ها می توانند تحمل کنند، بی آنکه بسوزند روی آن ها نوشته شده است.

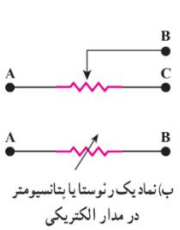
تصویری از یک مقاومت پیچه‌ای

نمونه‌ای از ساختار یک مقاومت پیچه‌ای

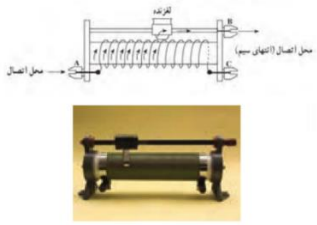
نوع مشهور پیچه ای رئوستاست که یک نوع مقاومت متغیر است. در مدارهای الکترونیکی وسیله ای به نام پتانسیومتر به نوعی همان نقش را انجام می دهد.

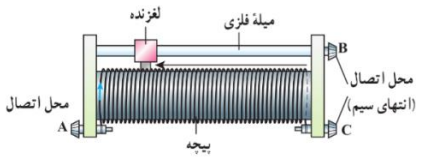
رئوستا:

معمولاً در آزمایشگاه برای تنظیم و کنترل جریان از یک مقاومت متغیر استفاده می کنند. این وسیله رئوستا نام دارد. این وسیله از یک سیم دراز با مقاومت ویژه ی نسبتاً زیاد (تنگستن) تشکیل می شود. این سیم روی استوانه ای نارسانا پیچیده شده است. با استفاده از یک دکمه ی لغزنده که روی ریلی در بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در تماس است، می توان قسمت های دلخواه از سیم را در مسیر جریان قرار داده و مقاومت را به دلخواه تغییر داد. به این ترتیب می توان جریان در مدار را کنترل کرد. برای استفاده از رئوستا ابتدا آن را با بیشترین مقدار مقاومت در مدار قرار می دهند. سپس با لغزنده، مقاومت مناسب را برای جریان مورد نظر تنظیم می کنند.

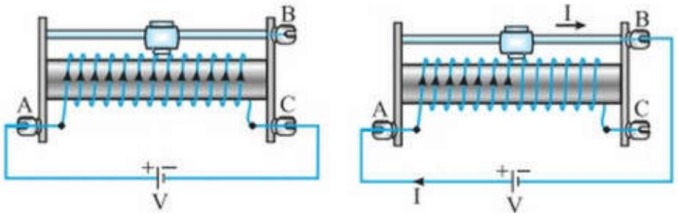


ب) نماد یک رئوستا یا پتانسیومتر در مدار الکتریکی



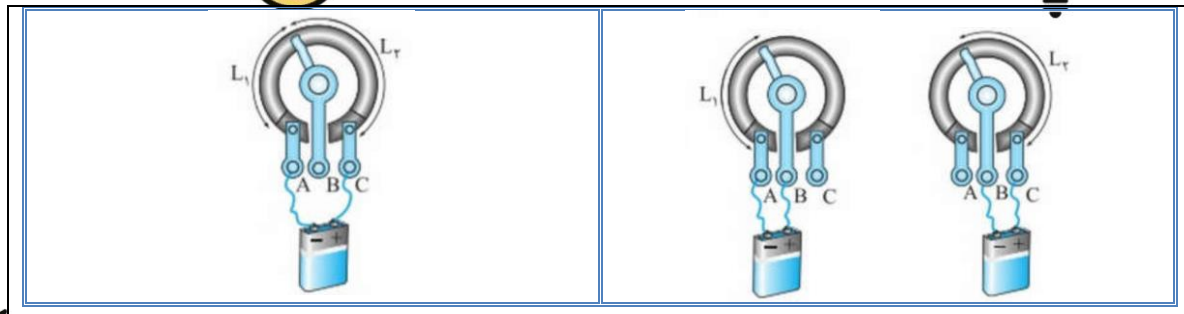


الف) طرحی از ساختار یک رئوستا



در شکل سمت چپ که پایانه های A و C از رئوستا به مدار متصل هستند، رئوستا با بیشترین مقاومت در مدار قرار می گیرد و در این حالت حرکت لغزنده تغییری در مقاومت رئوستا ایجاد نمی کند.

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی



در مدارهای الکترونیکی وسیله ای به نام پتانسیومتر نقش رئوستا را دارد. رئوستا به صورت دیگری از جمله به شکل دایره ای ساخته می شود. در این صورت لغزنده به صورت عقربه ای در مرکز دایره قرار می گیرد. در این مدار با حرکت عقربه در جهت ساعتگرد، طولی از مقاومت که در مدار قرار می گیرد، افزایش یافته و در نتیجه مقاومت پتانسیومتر افزایش می یابد.

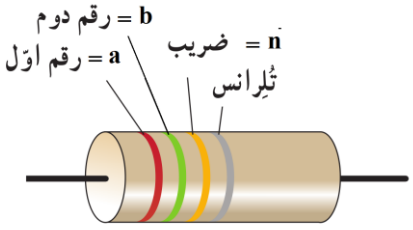
در شکل سمت چپ اگر پایانه های A و C به مدار متصل باشند، پتانسومتر با بیشترین مقاومت در مدار قرار می گیرد و در این حالت حرکت عقربه تغییری در مقاومت پتانسیومتر ایجاد نمی کند.

ترکیبی

معمولاً از کربن، برخی نیم رساناها و یا لایه های نازک فلزی ساخته شده اند. مقاومت های ترکیبی را در اندازه های خاص استانداردی تولید می کنند. مقدار این مقاومت ها یا روی آن ها نوشته شده است یا عمدتاً به صورت کد رنگی نشان داده می شود که با ۳ یا ۴ حلقه رنگی روی آن ها مشخص شده است. هر رنگ معرف عددی است و مقدار مقاومت به صورت زیر به دست می آید:

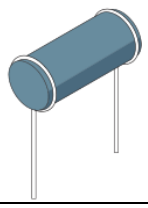
- ✓ دو حلقه ی اول (از آن طرفی که به یک سر مقاومت نزدیک تر است) رقم اول و دوم را نشان می دهد.
- ✓ حلقه ی سوم ضریب را نشان می دهد.
- ✓ حلقه ی چهارم که یک حلقه ی طلایی (۵ درصد) یا نقره ای (۱۰ درصد) است تلرانس را نشان می دهد و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت را بر حسب درصد مشخص می کند. نبود نوار چهارم (بی رنگ) به این معناست که تلرانس ۲۰ درصد است.

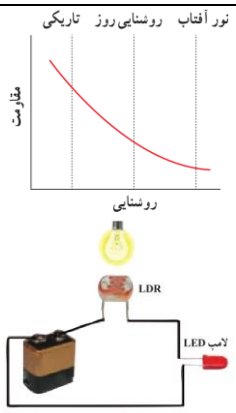
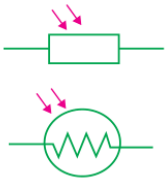
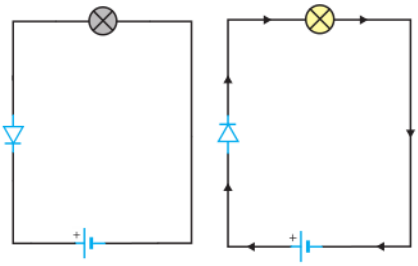
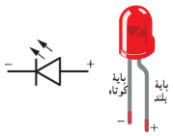
برای خواندن حلقه های رنگی مقاومت را طوری در دست می گیریم که حلقه ی تلرانس در سمت راست قرار بگیرد.



$$R = \overline{ab} \times ۱۰^{n}$$

مقاومت های خاص و دیود ها

نام مقاومت	نماد در مدار الکتریکی	ویژگی	انواع	کاربرد
ترمیستور (برگرفته از Thermal Sensetive Resistor) دو نوع NTC و PTC		نوعی از مقاومت است که بستگی مقاومت الکتریکی آن به دما با مقاومت های الکتریکی معمولی تفاوت دارد. نوعی از این مقاومت ها از جنس نیم رسانای خالص، مانند سیلیسیم هستند که با افزایش شدت نور تابیده شده، بر تعداد حامل های بار الکتریمی آنها افزوده شده و در نتیجه از مقاومت آنها کاسته می شود. مقاومت الکتریکی چنین LDR هایی را بر حسب روشنایی (یکای روشنایی: LUX) نشان می دهد.	مهره ای : دیسکی: میله ای: 	حسگر دما زنگ خطر آتش دماپاها دماسنج ها

				
نوری (LDR) Light) Dependent (Resistor		نوعی از مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده شده به آن بستگی دارد به طوری که با افزایش شدت نور، مقاومت آن کم می شود.		چشم های الکترونیکی دزدگیرها کنترل کننده های خودکار چراغ های روشنایی خیابان ها
دیودها		قطعه ای است که هرگاه در مدار قرار می گیرد، جریان را تنها از یک سو عبور می دهد و مقاومت آن در یک سو ناچیز است و به آن یکسو کننده گویند. پیکان در این نماد جهتی را نشان می دهد که جریان می تواند از دیود عبور کند. 	دیود نور گسیل (LED) (Light Emitting Diode)  در این نوع دیودها از نیم رساناهایی استفاده می شود که با عبور جریان از آنها ، LED از خود نور گسیل می کند و مقداری از انرژی الکتریکی به نور تبدیل می شود. بسته به نوع نیم رسانای به کار رفته، رنگ نور گسیل شده از LED می تواند از فروسرخ تا فرابنفش باشد. رنگ نخستین LED ها قرمز و زرد بودند. LED ها در مقایسه با لامپ های روشنایی معمولی، توان الکتریکی کمی مصرف کرده و در عوض نور قابل ملاحظه ای دارند. این LED ها در مقایسه با لامپ های رشته ای عمر طولانی تری دارند و به دلیل نداشتن رشته انرژی گرمایی زیادی تولید نمی کنند.	تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم. از دیودهای نور گسیل (LED) در چراغ خودروها، روشنایی منازل ، تابلوهای تبلیغاتی و نمایشگرهای LED استفاده می شود.

جمع بندی به سبک مهندس
علی عاقلی