۱۶۵. (گزینه ۲) در لولهٔ نازک‌تر برایند نیروهای وارد بر جیوه بیشتر می‌شود و چون چسبندگی بین مولکول‌های جیوه بیشتر از نیروی دگرچسبی جیوه با دیوارهٔ لولهٔ مویین است، سطح جیوه در این لوله پایین‌تر قرار می‌گیرد و در لولهٔ ضخیم‌تر بالاتر قرار می‌گیرد.

۱۶۶. (گزینه ۳) نیروی کشش سطحی به دلیل نیروی رباشی بین مولکول‌های سطح مایع است و همین نیرو سبب قطره شدن آب می‌شود و تشکیل حباب آب و صابون نیز به واسطهٔ وجود همین نیروی رباشی بین مولکول‌های مایع در یک سطح است.

۱۶۷. (گزینه ۴) جنس تیغ معمولاً از فولاد است و چگالی بسیار زیادی دارد و می‌دانیم عامل شناور شدن جسم روی آب حجم یا جرم کم جسم نمی‌تواند باشد، بلکه به دلیل کشش سطحی آب است.

۱۶۸. (گزینه ۱)

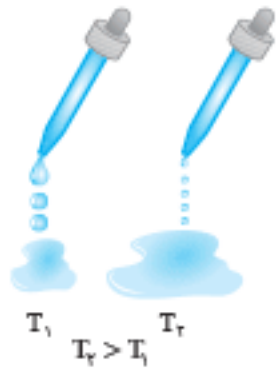
بررسی همهٔ عبارت‌ها الف) درست: ریزگردها به دلیل این که نیروی هم‌چسبی بین آن‌ها ضعیف است توسط بادهای ضعیف می‌توانند به صورت ذرات ریز آب به حرکت درآیند اما قطره‌های ریز آب به دلیل نیروی هم‌چسبی قوی بین مولکول‌های آن به اندازه‌ای درشت می‌شوند که جرم بیشتری نسبت به ریزگردها می‌یابند؛ از این رو بادهای شدید تنها می‌توانند قطره‌های ریز آب را به بالا برانند. توجه داریم که چگالی ریزگردها (که از کانی‌ها و خاک و مواد معدنی مانند سیلیس تشکیل می‌شوند) از آب بیشتر است. ب) نادرست: ماهی کمان‌گیر به‌واسطهٔ نیروی هم‌چسبی قابل ملاحظهٔ مولکول‌های آب می‌تواند آن را به صورت باریکهٔ پرسرعت درآورد. پ) درست.

۱۶۹. (گزینه ۳) قطره شدن آب به دلیل وجود نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است و سبب ایجاد نیروی کشش سطحی قابل ملاحظه‌ای در آب می‌شود.

۱۷۰. (گزینه ۳) اثر گچ روی تخته (یا جوهر و مداد روی صفحهٔ کاغذ)، به دلیل قوی‌تر بودن نیروی دگرچسبی مولکول‌های گچ با مولکول‌های سطح تخته (یا جوهر و مداد با مولکول‌های صفحهٔ کاغذ) از نیروی هم‌چسبی مولکول‌های گچ (یا جوهر و مداد) است.

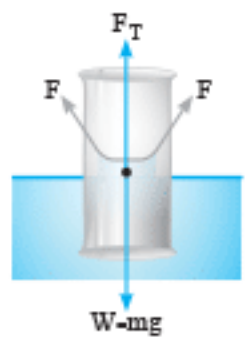
تذکر: شاید گاهی ملاحظه کرده‌اید که اثر گچ روی برخی قسمت‌های تخته، ناچیز و کم‌رنگ است یا اثر جوهر روی برخی کاغذهای روغنی به خوبی انجام نمی‌پذیرد. این به دلیل ماده‌ای است که روی تخته یا کاغذ قرار گرفته و نیروی دگرچسبی را کاهش می‌دهد.

۱۷۱. (گزینه ۱) به هر اندازه‌ای که قطره بزرگ‌تر باشد، وزن بیشتری می‌یابد و بر پوستهٔ سطح کروی آن نیروی بیشتری وارد می‌شود؛ از این‌رو نیروی کشش سطحی بیشتری برای حفظ این پوسته باید وجود داشته باشد. پس اگر کشش سطحی کاهش یابد قطره‌های بزرگ نمی‌توانند تشکیل شوند و قطره‌های مایع کوچک‌تر می‌شوند.



تذکر: افزایش دما یکی از عواملی است که سبب کاهش نیروی کشش سطحی و کوچک‌تر شدن قطره‌های مایع می‌شود.

۱۷۲. (گزینه ۳) در شکل مقابل، برشی دو بُعدی از نیروی دگرچسبی آب با لولهٔ مویین را نشان داده‌ایم. نیروی دگرچسبی مماس بر سطح خمیدهٔ آب درون لوله که بالا رفته است، اثر می‌کند و به طرف بالاست. برایند نیروهای بین‌مولکولی وارد بر آب بالا رفته را با F_T نشان می‌دهیم و این نیروی برایند برابر وزن آب بالا رفتهٔ درون لولهٔ مویین است.



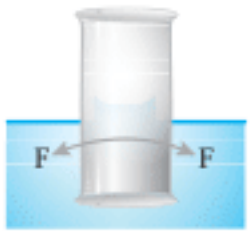
۱۷۳. (گزینه ۱) هر چهار عبارت نادرست هستند.

بررسی همهٔ عبارت‌ها الف) خیس (تر) شدن سطح جسم توسط مایع به سبب بیشتر بودن نیروی دگرچسبی از نیروی هم‌چسبی است. ب) عمق لولهٔ مویین در آب اثری در ارتفاع آب درون لوله ندارد. پ) سطح جیوه در لولهٔ مویین پایین‌تر از سطح جیوهٔ ظرف و به صورت برآمده است. ت) قیراندود کردن (عایق رطوبتی) برای جلوگیری از نفوذ آب و رطوبت انجام می‌شود، یعنی باید نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و سطح را کاهش دهد و به صفر برساند.

۱۷۴. (گزینه ۳) اگر سطح شیشه تمیز باشد، آب با شیشه نیروی دگرچسبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کند و مولکول‌های آب تمایل دارند هرچه بیشتر با شیشه تماس پیدا کنند، از این رو روی شیشه پخش می‌شوند. اما اگر سطح شیشه چرب باشد، چربی سبب کاهش نیروی دگرچسبی می‌شود و مولکول‌های آب به صورت قطره درمی‌آیند. مولکول‌های جیوه هم نیروی هم‌چسبی بیشتری نسبت به دگرچسبی با شیشه دارند و به صورت قطره درمی‌آیند.

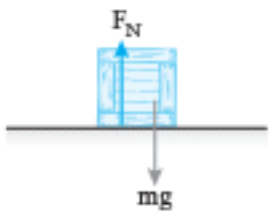
۱۷۵. (گزینه ۱) اگر روغن را ماده‌ای غیرقطبی در نظر بگیریم، روغن با آب که ماده‌ای قطبی است، نمی‌تواند نیروی رباشی قابل ملاحظه‌ای پدید آورد؛ از این رو در سطح بیرونی لوله، نیروی دگرچسبی آب با لوله کمتر از نیروی هم‌چسبی آب می‌شود. درون لوله هم که مانند لولهٔ مویین معمولی آب بالاتر و به صورت فرورفته قرار می‌گیرد.

۱۷۶. (گزینه ۳) تمایل در چسبیدن مولکول‌های جیوه به یکدیگر (نیروی هم‌چسبی) بیشتر از تمایل در چسبیدن آن‌ها به دیوارهٔ لولهٔ مویین (نیروی دگرچسبی) است؛ از این رو در محل تماس جیوه با ظرف، سطح جیوه برآمده خواهد بود.



۱۷۷. (گزینه ۱) ارتفاع آب بالا رفته در لولهٔ مویین به عمق لوله و طول کل لوله بستگی ندارد و اگر عمق لوله $8\,cm$ یا $10\,cm$ باشد به شرطی که جنس لوله و سطح داخلی لوله یکسان باشد، ارتفاع آب در لوله ثابت می‌ماند.

۱۷۸. (گزینه ۲) در حالت اول اندازهٔ نیروی عمودی وارد بر سطح برابر با $m_1 g$ و در حالت دوم اندازه نیروی عمودی وارد بر سطح برابر $(m_1 + m_2)g$ می‌باشد.



m_1: جرم مکعب m_2: جرم جسم

حالت اول: $P_1 = \frac{m_1 g}{A}$

حالت دوم: $P_2 = \frac{(m_1 + m_2)g}{A}$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{m_2 g}{A} = \frac{800}{20 \times 20 \times 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow \Delta P = 2 \times 10^4\,Pa = 20\,kPa$$

تذکر: می‌توانستیم از ابتدا با توجه به این نکته که افزایش فشار در حالت دوم ناشی از وزن جسم $80\,kg$ است. فقط فشار ناشی از آن را حساب کنیم تا اختلاف فشار را به دست آوریم.

۱۷۹. (گزینه ۳)

یادآوری: $1\,(ton) = 1000\,kg, 1\,mm^2 = 10^{-6}\,m^2$ است.

در هر حالت فشار وارد بر سطح مورد نظر را به‌دست می‌آوریم:

الف) $$P = \frac{F}{A} \xrightarrow{F=mg} P = \frac{60 \times 10}{2 \times 20 \times 10^{-4}} \Rightarrow P = 1/5 \times 10^5\,Pa$$

ب) $$P = \frac{F}{A} = \frac{60 \times 1000 \times 10}{2 \times 2} \Rightarrow P = 1/5 \times 10^5\,Pa$$

پ) $$P = \frac{F}{A} = \frac{0/1}{0/5 \times 10^{-6}} \Rightarrow P = 2 \times 10^5\,Pa$$

با مقایسهٔ فشارها می‌توان دریافت در قسمت (پ) فشار بیشتر است.

چـــون F و m ثابت‌انـــد، در نتیجه K مضربی از $t^۲$ است، یعنی انرژی جنبشی جسم برحسب زمان یک سهمی و مطابق شکل است.



۳۹۷. گزینه ۲

گام اول با استفاده از قانون دوم نیوتون، شتاب حرکت جسم را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{net} = ma \Rightarrow ۸ = ۲a \Rightarrow a = ۴ m/s^۲ \quad (۱)$$

گام دوم با استفاده از تعریف شتاب، تندی جسم را در لحظهٔ t محاسبه می‌کنیم:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - \cancel{v_۰}}{t - \cancel{t_۰}} \xrightarrow{(۱)} ۴ = \frac{v}{t} \Rightarrow v = ۴t \quad (۲)$$

گام سوم می‌دانیم انرژی جنبشی جسم از رابطهٔ $K = \frac{۱}{۲}mv^۲$ به‌دست می‌آید، در نتیجه می‌توان نوشت:

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ \xrightarrow{(۲)} ۱۴۴ = \frac{۱}{۲} \times ۲ \times (۴t)^۲$$

$$\xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم.}} ۱۲ = ۴t \Rightarrow t = ۳ s$$

۳۹۸. گزینه ۲

گام اول جسمی به جرم m، مانند شکل روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارد. با وارد شدن نیروی ثابت و افقی F داریم:



قانون دوم نیوتون: $F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m}$

گام دوم از تعریف شتاب استفاده کرده و تندی جسم را پس از مدت زمان t به‌دست می‌آوریم:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - \cancel{v_۰}}{t - \cancel{t_۰}} \Rightarrow v = at \xrightarrow{a = \frac{F}{m}} v = \frac{F}{m}t$$

گام سوم با استفاده از رابطهٔ $K = \frac{۱}{۲}mv^۲$ داریم:

$$K = \frac{۱}{۲}m(\frac{F}{m}t)^۲ \Rightarrow K = \frac{F^۲t^۲}{۲m}$$

رابطهٔ به‌دست آمده، انرژی جنبشی جسم، پس از مدت زمان t است. طبق اطلاعات مسئله می‌دانیم که F و t برای هر دو جسم A و B یکسان است.

گام چهارم در نتیجه می‌توان نوشت:

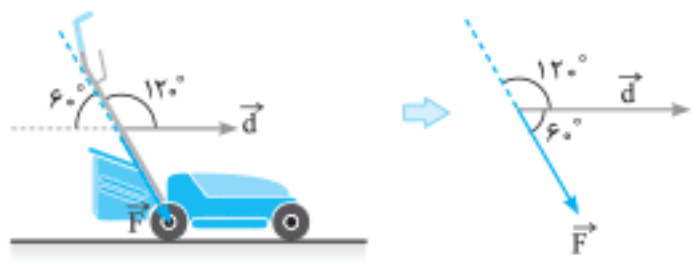
$$\frac{K_B}{K_A} = \frac{\frac{F^۲t^۲}{۲m_B}}{\frac{F^۲t^۲}{۲m_A}} = \frac{m_A}{m_B} \Rightarrow \frac{K_B}{K_A} = \frac{m_A}{m_B}$$

۳۹۹. گزینه ۴ چون گاری در جهت نیرو جابه‌جا شـــده است، در نتیجه زاویهٔ بین نیرو و جابه‌جایی برابر با صفر است ($\theta = ۰^\circ$).

اکنون از تعریف کار استفاده کرده و کار شخص را محاسبه می‌کنیم:

$$W = Fd\cos\theta = ۷۰ \times ۳۰ \times \cos ۰^\circ = ۲۱۰۰ J$$

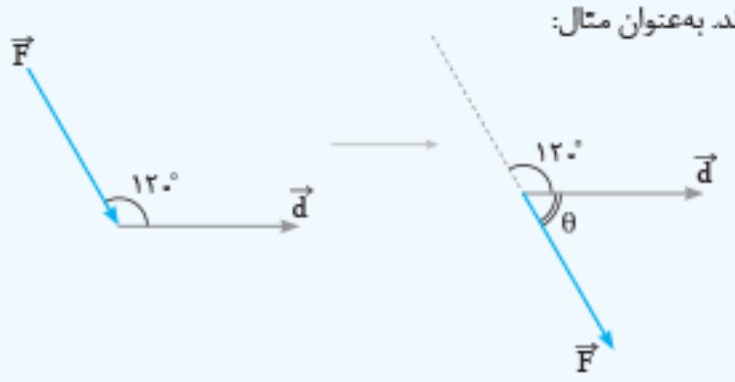
۴۰۰. گزینه ۱ مانند شکل زیر بردارهای $\vec{F}$ و $\vec{d}$ را از یک نقطه رسم می‌کنیم تا زاویهٔ θ مشخص شود. مشاهده می‌کنید که زاویهٔ θ برابر با ۶۰° است.



با استفاده از تعریف کار و مقادیر مسئله، کار شخص را محاسبه می‌کنیم:

$$W = Fd\cos\theta = ۱۰۰ \times ۱ \times \cos ۶۰^\circ = ۵۰ J$$

نکته: برای محاسبهٔ زاویهٔ θ، باید بردارهای $\vec{F}$ و $\vec{d}$ از یک نقطه رسم شوند. به‌عنوان مثال:



$$\theta = ۱۸۰^\circ - ۱۲۰^\circ = ۶۰^\circ$$

۴۰۱. گزینه ۲

یادآوری: با افزایش زاویهٔ θ از ۰ تا ۹۰ درجه، $\cos\theta$ کاهش می‌یابد.

گام اول ابتـــدا زوایـــای $\theta_۱$ و $\theta_۲$ را در دو حالت با هم مقایســـه می‌کنیم، همان‌طور که مشاهده می‌کنید $\theta_۱ < \theta_۲$ است، در نتیجه می‌توان نوشت:



$$\theta_۱ < \theta_۲ \xrightarrow{\text{با توجه به یادآوری}} \cos\theta_۱ > \cos\theta_۲$$

گام دوم طبق فرض مسئله، کار انجام شده در هر دو حالت را برابر قرار می‌دهیم:

$$W_۱ = W_۲ \Rightarrow F_۱ \cancel{d} \cos\theta_۱ = F_۲ \cancel{d} \cos\theta_۲ \Rightarrow \frac{F_۱}{F_۲} = \frac{\cos\theta_۲}{\cos\theta_۱}$$

$$\xrightarrow{\cos\theta_۲ < \cos\theta_۱} \frac{F_۱}{F_۲} < ۱ \Rightarrow F_۱ < F_۲$$

اکنون طبق رابطهٔ به‌دست آمده مشخص اســـت که نیرو در حالت دوم (طناب کوتاه‌تر) بزرگ‌تر است.

۴۰۲. گزینه ۴ شما می‌توانید به سه صورت سطل را جابه‌جا کنید.

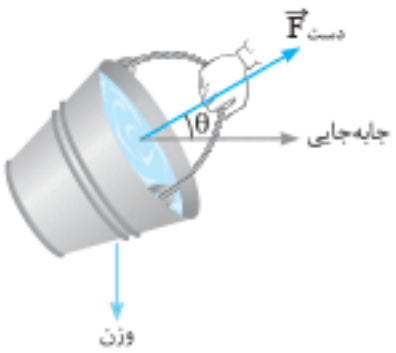
حالت اول اگر با تندی ثابت در راستای افقی حرکت کنید، نیروی دست در خلاف جهت نیروی وزن و عمود بر جابه‌جایی به سطل وارد می‌شود.

در این حالت کار نیروی دست صفر خواهد بود.

مانند شکل روبه‌رو:

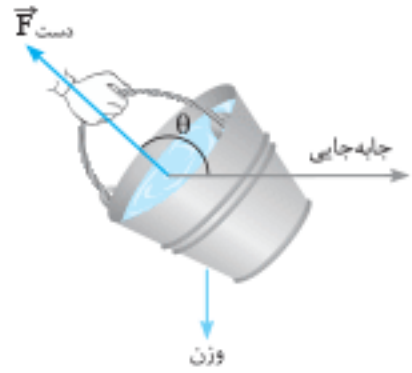


حالت دوم اگر از حال سکون شروع به دویدن در راســـتای افقی کنید، اولاً، برایند نیروی دست و نیروی وزن دیگر صفر نخواهد بود (چـــون دیگر در خلاف هـــم و هم‌اندازه نیستند)، دوماً زاویهٔ نیروی دست و جابه‌جایی دیگر ۹۰° نخواهد بود بلکه کوچک‌تر از ۹۰° است. پس کار نیروی دست مثبت خواهد بود.



حالت سوم اگـــر در هنگام دویدن، ناگهان تندی خـــود را کاهش دهید، مانند شکل روبه‌رو، دیگر برایند نیروی دست و وزن صفر نمی‌شود و همین‌طور

زاویهٔ بین نیروی دســـت و جابه‌جایی بزرگ‌تر از 90° شده و کار نیروی دست، منفی خواهد شد.

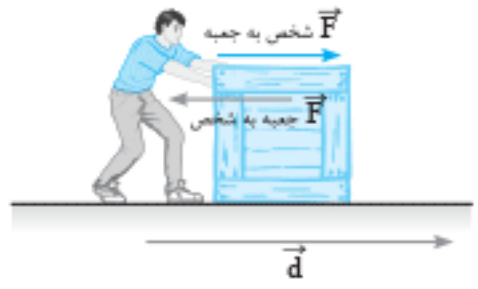


پس کار نیروی دست بستگی به نوع حرکت شما خواهد داشت.

۴۰۳. گزینه ۲

یادآوری: **قانون سوم نیوتون:** نیروهای عمل و عکس‌العمل هم‌اندازه و خلاف جهت هم هستند.

امیدوارم که صورت مســـئله را خوب خوانده باشید. طراح محترم (خودمو میگم!) کار نیرویی که جعبه به شخص وارد می‌کند را از ما می‌خواهد. طبق قانون سوم نیوتون می‌دانیم نیرویی که جعبه به شخص وارد می‌کند با نیرویی که شخص به جعبه وارد می‌کند، هم‌اندازه است:





$$F_{\text{جعبه به شخص}} = F_{\text{شخص به جعبه}} = 100\ N$$

حالا با اســـتفاده از تعریف کار، کار نیرویی که جعبه به شـــخص وارد می‌کند را محاسبه می‌کنیم:

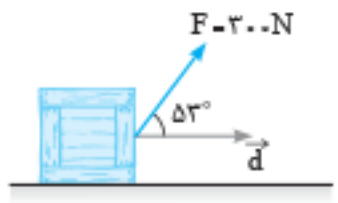
$$W = Fd\cos\theta \xrightarrow[\theta=180^\circ]{F=100N,\ d=5m} W = 100\times5\times\cos180^\circ = -500\ J$$

۴۰۴. گزینه ۲

یادآوری:

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow d = v.\Delta t$$

وضعیت نیرو و جابه‌جایی مانند شـــکل است، مشاهده می‌کنید که $\theta = 53^\circ$ است.



حالا باید از تعریف تندی استفاده کنیم و اندازهٔ جابه‌جایی را محاسبه کنیم:

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow d = v.\Delta t \xrightarrow[\Delta t = 1min = 60s]{v = 4\ m/s} d = 4\times60 = 240\ m$$

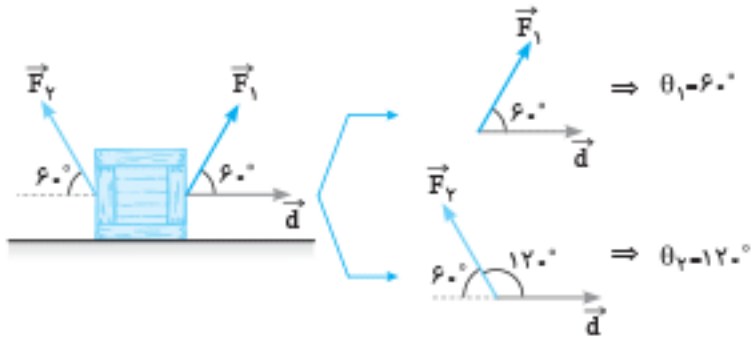
در آخرین مرحله با داشتن F، d و θ می‌توانیم کار را محاسبه کنیم:

$$W = Fd\cos\theta = 300\times240\times\cos53^\circ = 300\times240\times0/6$$
$$\Rightarrow W = 43200\ J$$

طبق خواستهٔ طراح، پاسخ باید برحسب کیلوژول باشد:

$$W = 43200\ J = 43/2\ kJ$$

۴۰۵. گزینه ۴ هدف این ســـؤال محاســـبهٔ صحیح زاویهٔ بین نیرو و جابه‌جایی است. بنابراین ابتدا به سراغ محاسبهٔ زاویهٔ θ می‌رویم، برای این کار کافی است که شکل مناسبی بکشیم:



یادآوری:

$$\cos(90+\alpha) = -\sin\alpha$$
$$\cos(180-\alpha) = -\cos\alpha$$

حالا با استفاده از تعریف کار، نسبت کار $F_۱$ به کار $F_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$W = Fd\cos\theta \Rightarrow \frac{W_۱}{W_۲} = \frac{F_۱ d\cos60^\circ}{F_۲ d\cos120^\circ}$$

$$\Rightarrow \frac{30\times\frac{1}{2}}{20\times\frac{\cos(90^\circ+30^\circ)}{-\frac{1}{2}}} = \frac{\frac{3}{2}}{2\times(-\frac{1}{2})} = -\frac{3}{2}$$

تذکر:

$$\cos(120^\circ) = \cos(90^\circ+30^\circ) = -\sin30^\circ = -\frac{1}{2}$$

۴۰۶. گزینه ۴

نکته: **بیشینهٔ کارا**

از آنجایی که کار به‌صورت $W = Fd\cos\theta$ تعریف شـــده اســـت، کار یک نیرو با اندازهٔ ثابت در جابه‌جایی معین زمانی بیشـــینه اســـت که $\theta = 0$ و $\cos\theta = 1$ باشد. در این وضعیت می‌توان نوشت: $W_{max} = Fd$

یادآوری:

$$-1 \le \cos\theta \le 1\ ,\ -1 \le \sin\theta \le 1$$

طبق نکتهٔ قبل، مشخص است که در حالت اول زاویهٔ بین نیرو و جابه‌جایی برابر با صفر است و کار در این حالت به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W = Fd\cos\theta \xrightarrow[W_{max}]{\theta=0^\circ} W_{max} = Fd\cos0^\circ \Rightarrow 100 = Fd$$

پس از آن‌که زاویهٔ بین $\vec{F}$ و $\vec{d}$، 37° تغییر کند، وضعیت زیر حاصل می‌شود:



اکنون می‌توانیم کار در این حالت را به سادگی محاسبه کنیم:

$$W = Fd\cos\theta = (Fd)\cos37^\circ = 100\times0/8 = 80\ J$$

۴۰۷. گزینه ۴ برای پاســـخ به این سؤال باید محدودهٔ W را مشخص کنیم، طبق تعریف $W = Fd\cos\theta$ است، با فرض ثابت بودن F و d، حداقل و حداکثر W به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\theta = 0^\circ \Rightarrow W_{max} = Fd\cos0^\circ = Fd = 6\times4 = 24\ J$$
$$\theta = 180^\circ \Rightarrow W_{min} = Fd\cos180^\circ = -6\times4 = -24\ J$$
$$\Rightarrow -24 \le W \le 24$$

حالا با دانستن محدودهٔ W، مشخص است که فقط گزینهٔ «۴» $(W = -20\ J)$ می‌تواند پاسخ صحیح باشد.

همچنین گرمای لازم برای تبدیل آب $40^\circ C$ به بخار آب $100^\circ C$ برابر است با:

$$Q' = m'c\Delta\theta' + m'L_V$$

چون گرما در هر دو حالت یکسان در نظر گرفته شده، بنابراین داریم:

$$Q = Q' \Rightarrow mL_F + mc\Delta\theta = m'c\Delta\theta' + m'L_V$$

$$\Rightarrow (0/2\times 336000) + (0/2\times 4200\times 70)$$

$$= (m'\times 4200\times 60) + (m'\times 2268000)$$

$$\Rightarrow (0/2\times 80\times 4200) + (0/2\times 4200\times 70)$$

$$= (m'\times 4200\times 60) + (m'\times 540\times 4200)$$

$$\Rightarrow (0/2\times 80) + (0/2\times 70) = m'(60+540)$$

$$\Rightarrow 600m' = 30 \Rightarrow m' = \frac{1}{20}kg = 50g$$

۸۳۱. (گزینه ۲) ابتدا نمودار تبدیل آب $40^\circ C$ به بخار آب $100^\circ C$ را رسم می‌کنیم:

آب $(40^\circ C)$ $\xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_1 = mc\Delta\theta}$ آب $(100^\circ C)$

آب $(100^\circ C)$ $\xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_2 = mL_V}$ بخار آب $(100^\circ C)$

همان‌طور که در نمودار می‌بینیم گرمای لازم برای افزایش دمای آب برابر Q_1 و گرمای کل برای تبدیل آب $40^\circ C$ به بخار آب $100^\circ C$ برابر $Q_1 + Q_2$ است. بنابراین برای تعیین درصد گرمایی که صرف افزایش دمای آب شده است، باید نسبت $\frac{Q_1}{Q_1+Q_2}$ را به دست آوریم. (دقت کنید، در تمام مراحل جرم ثابت و برابر جرم آب اولیه است.)

$$\text{درصد گرمایی که صرف افزایش دمای آب شده است} = x = \frac{Q_1}{Q_1+Q_2}\times 100$$

$$\Rightarrow x = \frac{mc_{آب}\Delta\theta}{mc_{آب}\Delta\theta + mL_V}\times 100 \xrightarrow[\Delta\theta = 100-40 = 60^\circ C]{L_V = 540c_{آب}}$$

$$x = \frac{c_{آب}\times 60}{c_{آب}\times 60 + c_{آب}\times 540}\times 100 \Rightarrow x = 10\%$$

۸۳۲. (گزینه ۱) بخشی از کل گرمای داده شده به گلیسیرین باید دمای $500g$ گلیسیرین را از $40^\circ C$ به $290^\circ C$ برساند و باقی‌ماندهٔ آن باید نصف جرم گلیسیرین $(250g)$ را به بخار تبدیل نماید. بنابراین می‌توان نوشت:

گلیسیرین $(40^\circ C)$ $\xrightarrow[m=500g]{Q_1 = mc\Delta\theta}$ گلیسیرین $(290^\circ C)$

گلیسیرین $(290^\circ C)$ $\xrightarrow[m'=250g]{Q_2 = m'L_V}$ بخار گلیسیرین $(290^\circ C)$

$$Q_{کل} = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q_{کل} = mc\Delta\theta + m'L_V$$

$$\xrightarrow[m'=0/25kg,\ L_V=974000J/kg]{m=500g=0/5kg,\ c=2400J/kg.^\circ C}$$

$$Q_{کل} = 0/5\times 2400\times \underbrace{(290-40)}_{250} + 0/25\times 974000$$

$$\Rightarrow Q_{کل} = 300000 + 243500 = 543500J$$

$$\xrightarrow{\div 1000} Q_{کل} = 543/5kJ$$

۸۳۳. (گزینه ۴) چون توان گرمایی گرمکن برای تمام مراحل ثابت است، با استفاده از رابطهٔ $P = \frac{Q}{t}$ و طرحوارهٔ زیر، زمان لازم برای تبدیل آب $0^\circ C$ به بخار آب $100^\circ C$ را به دست می‌آوریم. (دقت کنید، جرم در تمام مراحل ثابت و برابر جرم یخ اولیه است.)

یخ $(0^\circ C)$ $\xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_1 = mL_F}$ آب $(0^\circ C)$ $\xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_2 = mc\Delta T}$

آب $(100^\circ C)$ $\xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_2 = mL_V}$ بخار آب $(100^\circ C)$

چون برای تبدیل یخ $0^\circ C$ به آب $0^\circ C$، گرمای Q_1 و برای تبدیل آب $0^\circ C$ به بخار آب $100^\circ C$، گرمای $Q_2 + Q_3$ دریافت شده است، می‌توان نوشت:

$$P = \frac{Q_1}{t_1} = \frac{Q_2+Q_3}{t_2} \Rightarrow \frac{mL_F}{t_1} = \frac{mc\Delta\theta + mL_V}{t_2}$$

$$\xrightarrow[c=4/2kJ/kg.^\circ C,\ \Delta\theta=100-0=100^\circ C]{L_F=334kJ/kg,\ L_V=2256kJ/kg,\ t_1=10min}$$

$$\frac{334}{10} = \frac{4/2\times 100 + 2256}{t_2} \Rightarrow t_2 = \frac{2676}{334} = 80/11min$$

$$\Rightarrow t_2 \simeq 80min$$

۸۳۴. (گزینه ۴) دمای مخلوط آب و یخ برابر $0^\circ C$ است. از طرف دیگر چون تمام جرم یخ ذوب نمی‌شود، یعنی باز هم در گرماسنج مخلوط آب و یخ وجود دارد، در نتیجه دمای تعادل $\theta = 0^\circ C$ است، لذا آب اولیه در تبادل گرما شرکت نمی‌کند. بنابراین با توجه به طرحوارهٔ زیر و استفاده از اصل پایستگی انرژی، جرم یخ ذوب‌شده را به دست می‌آوریم:

بخار آب $(100^\circ C)$ $\xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_1 = -m_1L_V}$ آب $(100^\circ C)$

آب $(100^\circ C)$ $\xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_1' = m_1c_{آب}\Delta\theta}$ آب $(0^\circ C)$

یخ $(0^\circ C)$ $\xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_2 = m_2L_F}$ آب $(0^\circ C)$

$$\text{بخار آب}\begin{cases} m_1 = 100g \\ \theta_1 = 100^\circ C \\ c_{آب} = 4200J/kg.^\circ C = 4/2kJ/kg.^\circ C \text{ یا } J/g.^\circ C \\ L_V = 2250kJ/kg \text{ یا } J/g \end{cases}$$

$$\text{یخ}\begin{cases} m_2 = ? \\ \theta_2 = 0^\circ C \\ L_F = 300kJ/kg \end{cases}$$

$$Q_1 + Q_1' + Q_2 = 0 \Rightarrow -m_1L_V + m_1c_{آب}\Delta\theta + m_2L_F = 0$$

$$\Rightarrow -100\times 2250 + 100\times 4/2\times \underbrace{(0-100)}_{-100} + m_2\times 300 = 0$$

$$\Rightarrow 100\times(2250+420) = 300m_2 \Rightarrow m_2 = \frac{2670}{3} \Rightarrow m_2 = 890g$$

۸۳۵. (گزینه ۲) با توجه به طرحوارهٔ زیر، مجموع گرماهای مبادله شده را برابر صفر قرار می‌دهیم و θ را به دست می‌آوریم:

مس $(\theta^\circ C)$ $\xrightarrow{Q=mc\Delta\theta}$ مس $100^\circ C$

آب $100^\circ C$ $\xrightarrow{Q'=m'L_V}$ بخار آب $100^\circ C$

$$\text{مس}\begin{cases} \theta_1 = \theta \\ m = 282g = 282\times 10^{-3}kg \\ c_{مس} = 400\ J/kg.^\circ C \end{cases}$$

$$\text{بخار}\begin{cases} m' = 5g = 5\times 10^{-3}kg \\ L_V = 2256\ kJ/kg = 2256\times 10^3\ J/kg \end{cases}$$

$$Q + Q' = 0 \Rightarrow mc_{مس}\Delta\theta + m'L_V = 0$$

$$\Rightarrow 282\times 10^{-3}\times 400\times\Delta\theta + 5\times 10^{-3}\times 2256\times 10^3 = 0$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = -\frac{5\times 2256}{282\times 10^{-3}\times 400} \Rightarrow \Delta\theta = -100^\circ C$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \xrightarrow[\theta_2=100^\circ C]{\Delta\theta=-100^\circ C} -100 = 100 - \theta \Rightarrow \theta = 200^\circ C$$

آب $(\theta_1^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_1=m_1c\Delta\theta}$ آب $(50^\circ C)$

آب $(20^\circ C) \xleftarrow[\text{تغییر دما}]{Q_2=m_2c\Delta\theta}$ آب $(50^\circ C)$

$$Q_1+Q_2=0 \Rightarrow m_1c(\theta-\theta_1)+m_2c(\theta-\theta_2)=0$$

$$\xrightarrow[m_2=m]{\theta_2=20^\circ C,\ \theta=50^\circ C} m_1c(50-\theta_1)+mc(50-20)=0$$

$$\Rightarrow -m_1c(50-\theta_1)=30mc \Rightarrow m_1(\theta_1-50)=30m \quad (1)$$

برای حالت دوم، جرم آب درون ظرف برابر m_1+m و دمای آن $50^\circ C$ است که با ریختن m گرم آب $20^\circ C$، دمای تعادل آن به $\theta=40^\circ C$ می‌رسد: بنابراین با توجه به طرحوارهٔ زیر می‌توان نوشت:

آب $(50^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_3=m_3c\Delta\theta}$ آب $(40^\circ C)$

آب $(20^\circ C) \xleftarrow[\text{تغییر دما}]{Q_4=m_4c\Delta\theta}$ آب $(40^\circ C)$

$$Q_3+Q_4=0 \Rightarrow m_3c(40-50)+m_4c(40-20)=0$$

$$\xrightarrow[m_4=m]{m_3=m+m_1} (m+m_1)c\times(-10)+mc\times20=0$$

$$\Rightarrow 10(m+m_1)c=20mc \Rightarrow m+m_1=2m \Rightarrow m_1=m \quad (2)$$

از رابطهٔ (1) و (2) نتیجه می‌گیریم:

$$m_1(\theta_1-50)=30m \xrightarrow{m_1=m} m(\theta_1-50)=30m$$

$$\Rightarrow \theta_1-50=30 \Rightarrow \theta_1=80^\circ C$$

۹۷۴. **گزینه ۴** ابتدا طرحواره‌های مربوط به مبادلهٔ گرما در دو حالت را رسم می‌کنیم. برای حالت اول داریم:

یخ $(0^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_1=m_1L_F}$ آب $(0^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_1'=m_1c\Delta\theta}$ آب $(20^\circ C)$

آب $(25^\circ C) \xleftarrow[\text{تغییر دما}]{Q_2=m_2c\Delta\theta}$ آب $(20^\circ C)$

اکنون طرحوارهٔ مبادلهٔ گرما در حالت دوم را رسم می‌کنیم. دقت کنید در این حالت دمای آب $20^\circ C$ و جرم یخ ذوب‌شده به جرم آب اضافه می‌شود.

یخ $(0^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_1=m_1L_F}$ آب $(0^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_1'=m_1c\Delta\theta}$ آب $(\theta^\circ C)$

آب $(20^\circ C) \xleftarrow[\text{تغییر دما}]{Q_2=(m_1+m_2)c\Delta\theta'}$ آب $(\theta^\circ C)$

می‌بینیم مقدار گرمایی که در حالت اول و دوم به یخ $0^\circ C$ داده می‌شود، یکسان است، اما در حالت دوم، یخ ذوب شده در حالت اول به جرم آب اضافه می‌شود. بنابراین با توجه به طرحواره‌ها می‌توان نوشت:

$$\begin{cases}\text{حالت اول} \Rightarrow Q_1+Q_1'+Q_2=0\\ \text{حالت دوم} \Rightarrow Q_1+Q_1'+Q_3=0\end{cases} \Rightarrow Q_3=Q_2$$

$$\xrightarrow[Q_2=m_2c\Delta\theta]{Q_3=(m_1+m_2)c\Delta\theta'} (m_1+m_2)c\Delta\theta'=m_2c\Delta\theta$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta\theta'}{\Delta\theta}=\frac{m_2}{m_1+m_2}<1 \Rightarrow \Delta\theta'<\Delta\theta \xrightarrow{\Delta\theta=5^\circ C} \Delta\theta'<5^\circ C$$

۹۷۵. **گزینه ۳** ابتدا باید مشخص کنیم وقتی آب $294kJ$ گرما از دست می‌دهد (این مقدار گرما به یخ $-5^\circ C$ می‌رسد)، دمای آن‌که همان دمای تعادل است، به چند $^\circ C$ می‌رسد:

$$m=2kg=2000g,\ \theta_1=40^\circ C,\ Q=-294kJ=-294000J$$

$$c_{آب}=4/2J/g.^\circ C$$

$$Q=mc_{آب}(\theta-\theta_1) \Rightarrow -294000=2000\times4/2\times(\theta-40)$$

$$\Rightarrow -35=\theta-40 \Rightarrow \theta=5^\circ C$$

چون دمای تعادل $\theta=5^\circ C$ است، باید کل جرم یخ، ذوب شده و دمای آب حاصل از آن به $5^\circ C$ افزایش یابد. بنابراین اکنون باید معلوم کنیم $294000J$ گرمایی که آب از دست می‌دهد، قادر است چه مقدار یخ $-5^\circ C$ را به آب $5^\circ C$ تبدیل کند:

یخ $(-5^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_1=m_1c_{یخ}\Delta\theta}$ یخ $(0^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_1'=m_1L_F}$

آب $(0^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_1''=m_1c_{آب}\Delta\theta}$ آب $(5^\circ C)$

$$Q_{کل}=Q_1+Q_1'+Q_1''$$

$$\Rightarrow Q_{کل}=m_1c_{یخ}(0-(-5))+m_1L_F+m_1c_{آب}(5-0)$$

$$\xrightarrow[L_F=336000J/kg,\ c_{آب}=4200J/kg.^\circ C]{Q_{کل}=294000J,\ c_{یخ}=2100J/kg.^\circ C}$$

$$294000=m_1\times2100\times5+m_1\times336000+m_1\times4200\times5$$

$$\Rightarrow m_1=0/8kg \xrightarrow{\times1000} m_1=800g$$

۹۷۶. **گزینه ۴** ابتدا باید حداکثر گرمایی که آب از دست می‌دهد (یعنی دمای آن از $20^\circ C$ به $0^\circ C$) برسد و حداکثر گرمایی که یخ می‌گیرد (یعنی از یخ $-10^\circ C$ به آب $0^\circ C$ برسد) را به دست می‌آوریم و آن‌ها را با هم مقایسه می‌کنیم تا معلوم شود آیا دمای تعادل بالای $0^\circ C$ است یا این‌که $0^\circ C$ خواهد بود.

آب $\begin{cases}m_1=5kg\\ c_1=4200J/kg.^\circ C\\ \theta_1=20^\circ C\end{cases}$ یخ $\begin{cases}m_2=1kg\\ c_2=2100J/kg.^\circ C\\ \theta_2=-10^\circ C\\ L_F=336J/g=336000J/kg\end{cases}$

$$Q_{آب}=m_1c_1\Delta\theta=5\times4200\times(0-20)=-420000J$$

$$Q_{یخ}=m_2c_2\Delta\theta+m_2L_F=1\times2100\times(0-(-10))+1\times336000=357000J$$

چون گرمایی که آب از دست می‌دهد، بیشتر از گرمایی است که یخ برای ذوب کامل نیازمند است، بنابراین تمام یخ ذوب می‌شود و در ظرف، $6kg$ آب به وجود می‌آید. تفاوت گرمایی که آب از دست می‌دهد ($|Q_{آب}|=420000J$) و گرمایی که یخ می‌گیرد ($Q_{یخ}=357000J$) باعث افزایش دمای $6kg$ آب می‌شود که به صورت زیر به دست می‌آید:

$$Q=|Q_{آب}|-Q_{یخ}=420000-357000=63000J$$

$$Q=Mc_{آب}\Delta\theta \xrightarrow{M=6kg} 63000=6\times4200\times(\theta-0)$$

$$\Rightarrow \theta=2/5^\circ C$$

بنابراین $6kg$ آب $2/5^\circ C$ خواهیم داشت.

۹۷۷. **گزینه ۳** چون حداقل جرم آب خواسته شده است، یعنی پس از ذوب کامل یخ، نباید دمای آب از $0^\circ C$ بیشتر شود. بنابراین دمای تعادل $\theta=0^\circ C$ است. در این حالت، با توجه به طرحوارهٔ زیر و استفاده از قانون پایستگی انرژی، جرم آب را حساب می‌کنیم: (دقت کنید، چون کل جرم یخ ذوب شده است، جرم یخ ذوب شده برابر جرم یخی است که دمای آن از $-10^\circ C$ به $0^\circ C$ می‌رسد.)

یخ $\begin{cases}m_1=200g\\ \theta_1=-10^\circ C\\ c_1=2/1J/g.^\circ C=0/5cal/g.^\circ C\\ L_F=336J/g=80cal/g\end{cases}$

آب $\begin{cases}m_2=?\\ c_2=4/2J/g.^\circ C=1cal/g.^\circ C\\ \theta_2=20^\circ C\end{cases}$

یخ $(-10^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر دما}]{Q_1=m_1c_1\Delta\theta}$ یخ $(0^\circ C) \xrightarrow[\text{تغییر حالت}]{Q_1'=m_1L_F}$ آب $(0^\circ C)$

آب $(20^\circ C) \xleftarrow[\text{تغییر دما}]{Q_2=m_2c_2\Delta\theta}$ آب $(0^\circ C)$

$$Q_1+Q_1'+Q_2=0 \Rightarrow m_1c_1(\theta-\theta_1)+m_1L_F+m_2c_2(\theta-\theta_2)=0$$

حالا ثابت می‌کنیم کسر بالا بزرگ‌تر از یک و کوچک‌تر از ۲ است:

$$۲۷۳+\theta<۲۷۳+۲\theta<۲\times(۲۷۳+\theta) \xrightarrow{\text{سه طرف را به } ۲۷۳+\theta \text{ تقسیم می‌کنیم}}$$

$$\frac{۲۷۳+\theta}{۲۷۳+\theta}<\frac{۲۷۳+۲\theta}{۲۷۳+\theta}<\frac{۲(۲۷۳+\theta)}{۲۷۳+\theta} \Rightarrow ۱<\frac{۲۷۳+۲\theta}{۲۷۳+\theta}<۲$$

پس انرژی درونی گاز کمتر از دو برابر افزایش می‌یابد.

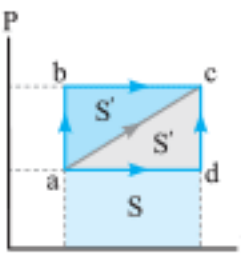
۱۱۹۲. گزینه ۴ همان‌طور که در درسنامه مطرح شد، در فرایند هم‌فشار علامت $Q, \Delta U$ یکی بوده و مخالف علامت W است و همچنین اندازهٔ Q بزرگ‌تر از اندازه‌های $\Delta U, W$ است. این ویژگی‌ها فقط در نمودار گزینهٔ «۴» مشاهده می‌شود.

۱۱۹۳. گزینه ۲ حاصل‌ضرب فشار و حجم گاز در نقاط A و D یکسان است. پس دمای گاز در این دو نقطه برابر است. بنابراین تغییر انرژی درونی گاز در کل فرایند A تا D برابر صفر است. پس:

$$\Delta U_{AD}=W_{AD}+Q_{AD} \xrightarrow{\Delta U_{AD}=۰} ۰=W_{AD}+Q_{AD}$$

$$\Rightarrow Q_{AD}=-W_{AD} \Rightarrow \frac{Q_{AD}}{W_{AD}}=-۱ \Rightarrow m=-۱$$

۱۱۹۴. گزینه ۲



گام اول کار انجام شده روی گازها را در هر سه فرایند برحسب مساحت زیر نمودار، به دست می‌آوریم:

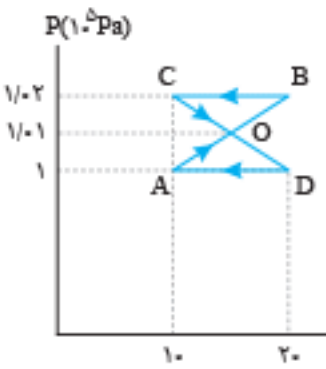
$$W=-(\text{مساحت زیر نمودار}) \Rightarrow \begin{cases} W_{abc}=-(S+S'+S') \\ W_{ac}=-(S+S') \\ W_{ad}=-S \end{cases}$$

گام دوم قانون اول ترمودینامیک را برای سه فرایند اعمال می‌کنیم. می‌دانیم که تغییر انرژی درونی گاز در سه فرایند یکسان است.

$$\Delta U=Q+W \rightarrow Q=\Delta U-W \rightarrow \begin{cases} Q_{abc}=\Delta U+S+۲S' \\ Q_{ac}=\Delta U+S+S' \\ Q_{adc}=\Delta U+S \end{cases}$$

روابط بالا در رابطهٔ $Q_{ac}=\frac{Q_{abc}+Q_{adc}}{۲}$ صدق می‌کنند.

۱۱۹۵. گزینه ۳ این نمودار در واقع از دو چرخهٔ ساعتگرد AOD و چرخهٔ پادساعتگرد BCO تشکیل شده است.



$$|W_{AOD}|=S_{AOD}$$

$$=\frac{[(۱/۰۱-۱)\times(۲۰-۱۰)]\times۱۰۰}{۲}=۵$$

$$\xrightarrow{\text{چرخه ساعتگرد}} W_{AOD}=-۵J$$

$$|W_{BCO}|=S_{BCO}=\frac{[(۱/۰۲-۱/۰۱)\times(۲۰-۱۰)]\times۱۰۰}{۲}=۵$$

$$\xrightarrow{\text{چرخه پادساعتگرد}} W_{BCO}=۵J \Rightarrow W_{\text{چرخه}}=-۵+۵=۰J \Rightarrow Q_{\text{چرخه}}=۰J$$

تذکر: بدون محاسبه هم با توجه به اینکه ارتفاع و قاعدهٔ دو مثلث با هم برابر است می‌توان نتیجه گرفت که مساحت دو مثلث با هم برابر است.

۱۱۹۶. گزینه ۴

گام اول BC یک فرایند هم فشار است، می‌دانیم در فرایند هم فشار حجم گاز با دمای آن متناسب است. پس:

$$\frac{V_C}{V_B}=\frac{T_C}{T_B} \Rightarrow \frac{V_C}{۳}=\frac{۸۰۰}{۶۰۰} \Rightarrow V_C=۴L$$

گام دوم فرایند AD هم، هم فشار است. شبیه گام اول، این بار دمای نقطهٔ D را به دست می‌آوریم. حجم گاز در نقاط D و C برابر $۴L$ است.

$$\frac{V_D}{V_A}=\frac{T_D}{T_A} \Rightarrow \frac{۴}{۳}=\frac{T_D}{۳۰۰} \Rightarrow T_D=۴۰۰K$$

گام سوم حالا برای به دست آوردن کار انجام شده روی گاز در طی هر چرخه، کار انجام شده را در تک‌تک فرایندها به دست آورده و با هم جمع می‌کنیم. فرایندهای AB و CD هم‌حجم هستند. پس: $W_{AB}=۰ \quad , \quad W_{CD}=۰$

در فرایندهای هم‌فشار BC و DA هم از رابطهٔ $W=-nR\Delta T$ استفاده می‌کنیم:

$$W_{BC}=-nR\Delta T_{BC}=-۲\times۸\times(۸۰۰-۶۰۰)=-۳۲۰۰J$$

$$W_{DA}=-nR\Delta T_{DA}=-۲\times۸\times(۳۰۰-۴۰۰)=+۱۶۰۰J$$

$$W_{\text{چرخه}}=W_{AB}+W_{BC}+W_{CD}+W_{DA}$$

$$\Rightarrow W_{\text{چرخه}}=۰+(-۳۲۰۰)+۰+۱۶۰۰=-۱۶۰۰J$$

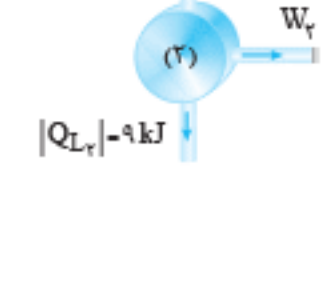
۱۱۹۷. گزینه ۴ با توجه به این‌که در یک چرخهٔ کامل و نیز در فرایند هم‌دما، تغییرات انرژی درونی صفر است، داریم:

$$\Delta U_{\text{چرخه}}=\Delta U_{ab}+\Delta U_{bc}+\Delta U_{ca}$$

$$\xrightarrow[bc:\text{فرایند هم‌دما} \rightarrow \Delta U_{bc}=۰]{\Delta U_{\text{چرخه}}=۰} \Delta U_{ab}=-\Delta U_{ca}$$

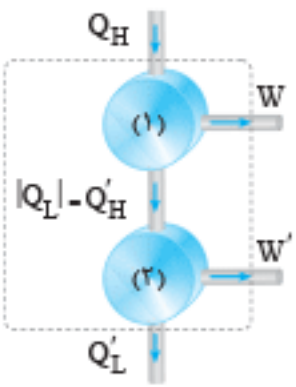
$$\Rightarrow \frac{\Delta U_{ab}}{\Delta U_{ca}}=-۱ \Rightarrow m=-۱$$

برای مقایسهٔ کار می‌توانیم نمودار $P-V$ این چرخه را رسم کنیم. چون در نمودار $P-V$، مساحت زیر نمودار برابر با قدرمطلق کار انجام شده است، داریم:



$$|W_{ab}|<|W_{bc}| \Rightarrow \frac{|W_{ab}|}{|W_{bc}|}<۱ \Rightarrow x<۱$$

۱۱۹۸. گزینه ۳



گام اول در طرح‌وارهٔ شکل روبه‌رو، $|W'|$ و $|W|$ را برحسب Q_H به دست می‌آوریم:

$$\text{در ماشین گرمایی (۱)}: \eta_۱=\frac{|W|}{Q_H}$$

$$\Rightarrow \frac{۵۰}{۱۰۰}=\frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow |W|=\frac{۱}{۲}Q_H$$

$$\Rightarrow |Q_L|=Q_H-|W|=\frac{۱}{۲}Q_H$$

یعنی:

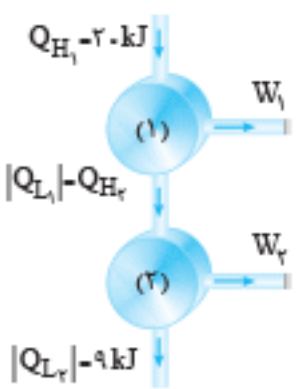
$$Q'_H=|Q_L|=\frac{۱}{۲}Q_H$$

$$\text{در ماشین گرمایی (۲)}: \eta_۲=\frac{|W'|}{Q'_H} \Rightarrow \frac{۴۰}{۱۰۰}=\frac{|W'|}{\frac{۱}{۲}Q_H} \Rightarrow |W'|=\frac{۲}{۱۰}Q_H$$

گام دوم اگر به کل مجموعه دقت کنیم، متوجه می‌شویم که با دریافت Q_H کاری به اندازهٔ $|W|+|W'|$ انجام شده است. پس:

$$\eta=\frac{|W|+|W'|}{Q_H}=\frac{\frac{۱}{۲}Q_H+\frac{۲}{۱۰}Q_H}{Q_H}=\frac{۷}{۱۰}=۷۰٪$$

۱۱۹۹. گزینه ۲ همان‌طور که در طرح‌وارهٔ روبه‌رو می‌بینید، گرمای خروجی از ماشین گرمایی اول وارد ماشین گرمایی دوم می‌شود. پس در شکل روبه‌رو $|Q_{L_۱}|$ را حساب می‌کنیم:



$$\eta_۱=۱-\frac{|Q_{L_۱}|}{Q_{H_۱}} \Rightarrow \frac{۴۰}{۱۰۰}=۱-\frac{|Q_{L_۱}|}{۲۰}$$

$$\Rightarrow |Q_{L_۱}|=۱۲kJ$$

رابطه A باید برحسب m^2 باشد:

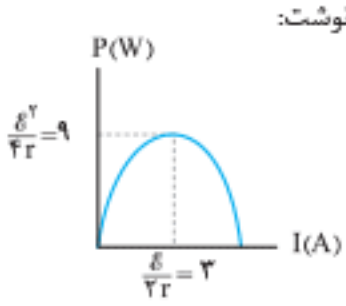
$$A = ۰/۵mm^۲ \xrightarrow{۱mm^۲=۱۰^{-۶}m^۲} A = ۰/۵\times۱۰^{-۶}m^۲ = ۵\times۱۰^{-۷}m^۲$$

$$R = \rho\frac{L}{A} \xrightarrow[R=۲۲\Omega]{\rho=۲/۵\times۱۰^{-۷}\Omega m} ۲۲ = ۲/۵\times۱۰^{-۷}\times\frac{L}{۵\times۱۰^{-۷}}$$

$$\Rightarrow ۲۲ = \frac{L}{۲} \Rightarrow L = ۴۴m$$

۱۷۵۷. (گزینه ۱)

گام اول با توجه به نمودار داده‌شده می‌توان نوشت:



$$\left.\begin{array}{l} P_{max} = \frac{\mathscr{E}^۲}{۴r} = ۹ \\ \frac{\mathscr{E}}{۲r} = ۳ \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{\frac{\mathscr{E}^۲}{۴r}}{\frac{\mathscr{E}}{۲r}} = \frac{۹}{۳} = ۳$$

$$\Rightarrow \frac{\mathscr{E}}{۲} = ۳ \Rightarrow \mathscr{E} = ۶V$$

گام دوم با استفاده از رابطهٔ $P_{max} = \frac{\mathscr{E}^۲}{۴r}$، مقاومت درونی مولد را حساب می‌کنیم:

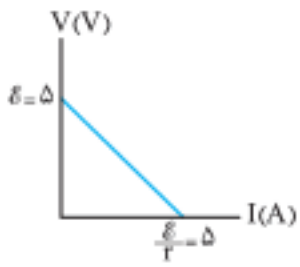
$$P_{max} = \frac{\mathscr{E}^۲}{۴r} \Rightarrow ۹ = \frac{۳۶}{۴r} \Rightarrow r = ۱\Omega$$

گام سوم با استفاده از رابطهٔ توان خروجی مولد می‌توان نوشت:

$$P = \mathscr{E}I - rI^۲ \xrightarrow{I=۱A} P = (۶\times۱) - (۱\times۱) \Rightarrow P = ۵W$$

۱۷۵۸. (گزینه ۴)

گام اول با توجه به داده‌های روی شکل، نیروی محرکه و مقاومت درونی مولد را به‌دست می‌آوریم:



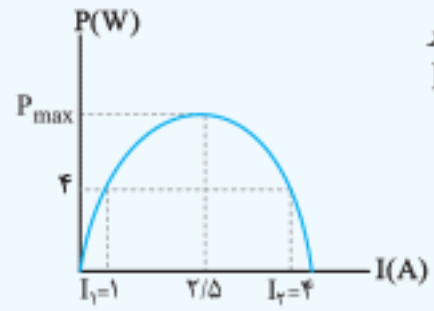
$$\begin{cases} \mathscr{E} = ۵V \\ \frac{\mathscr{E}}{r} = ۵ \Rightarrow r = ۱\Omega \end{cases}$$

گام دوم با استفاده از رابطهٔ $P = \mathscr{E}I - rI^۲$، جریان الکتریکی را به‌دست می‌آوریم:

$$P = \mathscr{E}I - rI^۲ \xrightarrow[r=۱\Omega]{P=۴W\ ,\ \mathscr{E}=۵V} ۴ = ۵I - I^۲ \Rightarrow I^۲ - ۵I + ۴ = ۰$$

$$\Rightarrow (I-۱)(I-۴) = ۰ \Rightarrow \begin{cases} I_۱ = ۱A \\ I_۲ = ۴A \end{cases}$$

تذکر: می‌دانیم مطابق نمودار شکل مقابل به ازای دو جریان $I_۱$, $I_۲$ مقدار خروجی P یکسان می‌شود.



۱۷۵۹. (گزینه ۳) چون به ازای $R = r = ۳\Omega$ توان خروجی مولد به بیشینهٔ مقدار خود می‌رسد، بنابراین وقتی مقاومت رئوستا را از ۱Ω به ۳Ω می‌رسانیم توان خروجی مولد شروع به افزایش می‌کند به طوری که به ازای $R = ۳\Omega$، به حداکثر مقدار خود می‌رسد؛ پس از آن وقتی مقاومت از ۳Ω بیشتر می‌شود، توان خروجی مولد شروع به کاهش می‌کند.

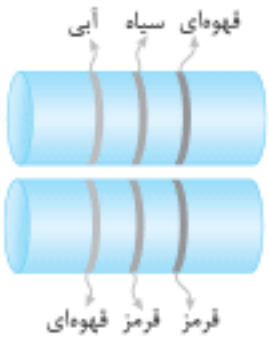
۱۷۶۰. (گزینه ۱) به دو نکتهٔ زیر دقت کنید:

(۱) مقاومت معادل دو مقاومت متوالی، از بزرگ‌ترین مقاومت، بزرگ‌تر است.

(۲) مقاومت معادل دو مقاومت موازی، از کوچک‌ترین مقاومت، کوچک‌تر است.

بنابراین $R_{eq_۱} > R_۱ > R_۲ > R_{eq_۲}$ است.

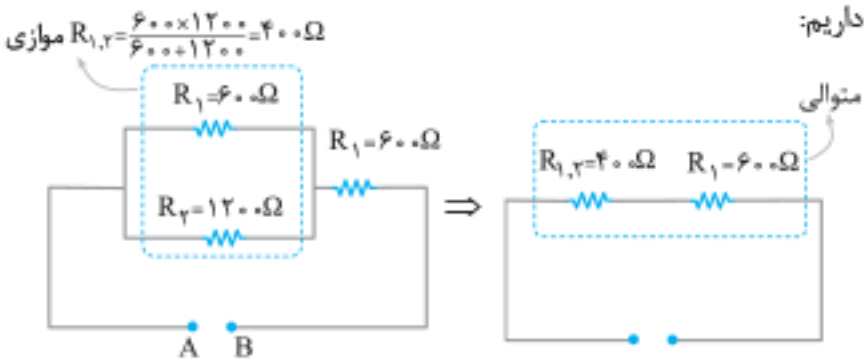
۱۷۶۱. (گزینه ۳) ابتدا مقاومت الکتریکی هرکدام از مقاومت‌های ترکیبی مدار را با استفاده از رابطهٔ $R = \overline{ab}\times۱۰^n$ حساب می‌کنیم:



$$R_۱ = ۶۰\times۱۰^۱ = ۶۰۰\Omega$$

$$R_۲ = ۱۲\times۱۰^۲ = ۱۲۰۰\Omega$$

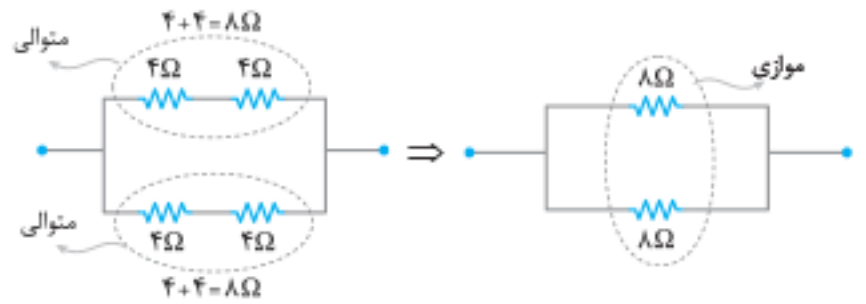
در نتیجه مداری مطابق شکل زیر داریم که در آن مقاومت معادل دو مقاومت موازی، $R_۱$, $R_۲$ با مقاومت $R_۱$ به صورت متوالی بسته شده است. بنابراین داریم:



$$R_{AB} = R_{۱,۲} + R_۱ = ۴۰۰ + ۶۰۰ = ۱۰۰۰\Omega$$

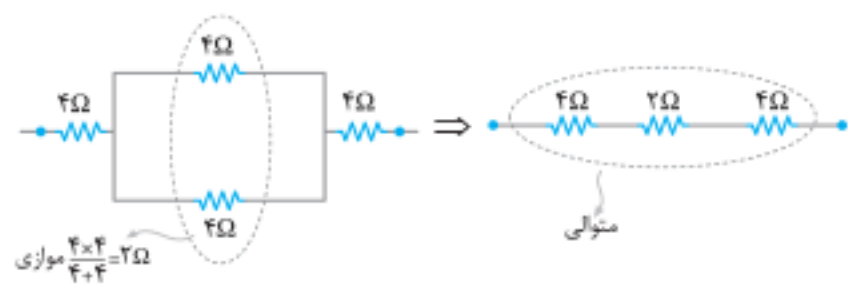
۱۷۶۲. (گزینه ۲) ابتدا مقاومت معادل هر یک از شکل‌ها را به‌دست می‌آوریم. سپس نسبت آن‌ها را حساب می‌کنیم:

شکل (۱): در این شکل، مقاومت‌های شاخهٔ بالا با هم متوالی و مقاومت‌های شاخهٔ پایین نیز با هم متوالی و مقاومت معادل آن‌ها با هم موازی‌اند.



$$R_۱ = \frac{۸\times۸}{۸+۸} \Rightarrow R_۱ = ۴\Omega$$

شکل (۲): در این شکل دو شاخهٔ موازی داریم که مقاومت معادل آن‌ها با مقاومت‌های ۴Ω متوالی‌اند. بنابراین داریم:



$$R_۲ = ۴+۲+۴ \Rightarrow R_۲ = ۱۰\Omega$$

در نهایت نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{۱۰}{۴} = \frac{۵}{۲}$$

۱۷۶۳. (گزینه ۳) مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۳$ با هم موازی‌اند و مقاومت معادل آن‌ها با مقاومت $R_۱$ متوالی است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

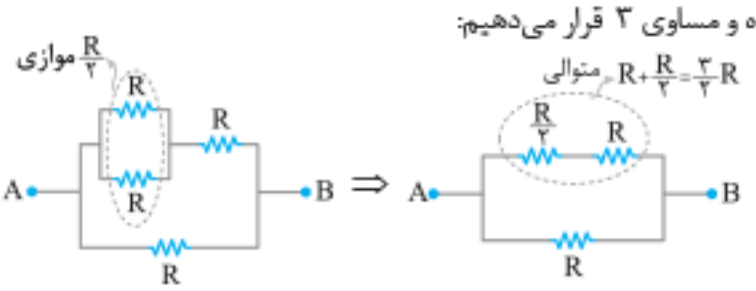
$$R_{eq} = R_۱ + \frac{R_۲R_۳}{R_۲+R_۳} \xrightarrow[R_۲=۱۲\Omega]{R_{eq}=۱۲\Omega\ ,\ R_۱=۶\Omega}$$

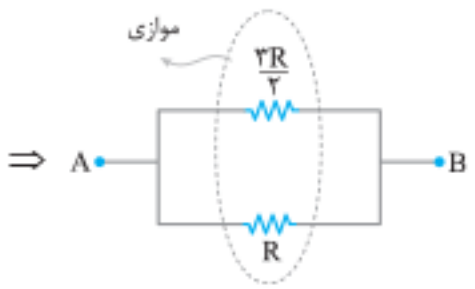
$$۱۲ = ۶ + \frac{۱۲R_۳}{۱۲+R_۳} \Rightarrow ۶ = \frac{۱۲R_۳}{۱۲+R_۳} \Rightarrow ۱ = \frac{۲R_۳}{۱۲+R_۳}$$

$$\Rightarrow ۲R_۳ = ۱۲ + R_۳ \Rightarrow R_۳ = ۱۲\Omega$$

۱۷۶۴. (گزینه ۲) ابتدا مقاومت معادل مقاومت‌های موازی و یا متوالی هر قسمت را

به‌دست می‌آوریم و با رسم یک شکل ساده بعد از هر محاسبه، در آخر به مجموعه‌ای از مقاومت‌های موازی یا متوالی می‌رسیم. در این حالت مقاومت معادل را به‌دست آورده و مساوی ۳ قرار می‌دهیم:





$$R_{eq}=\frac{\frac{۳R}{۲}\times R}{\frac{۳R}{۲}+R}\xrightarrow{R_{eq}=۳\Omega}۳=\frac{\frac{۳R}{۲}\times R}{\frac{۵R}{۲}}\Rightarrow ۳=\frac{۳R}{۵}\Rightarrow R=۵\Omega$$

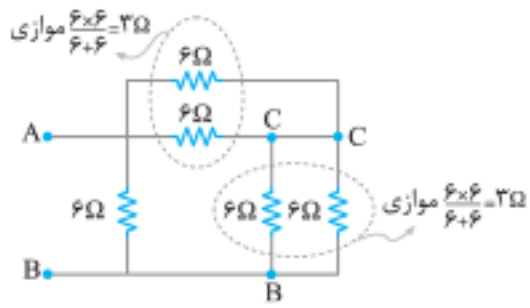
۱۷۶۵. **گزینه ۱** مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ با هم موازی‌اند و مقاومت معادل آن‌ها با مقاومت $R_۳$ به‌صورت متوالی بسته شده است: بنابراین می‌توان نوشت:

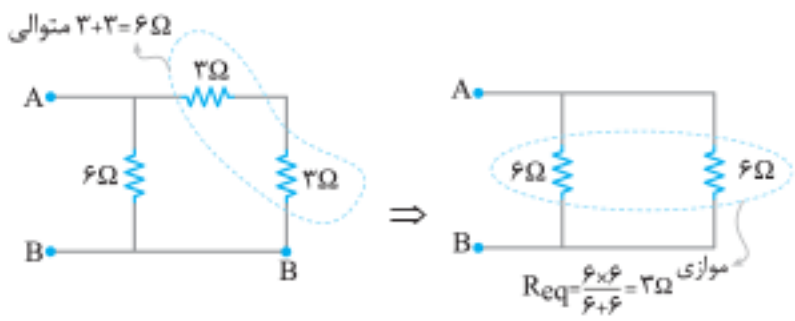
$$R_{eq}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}+R_۳\xrightarrow{R_{eq}=R_۱}R_۱=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}+R_۳$$

$$\Rightarrow R_۳=R_۱-\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}\Rightarrow R_۳=\frac{R_۱^۲+R_۱R_۲-R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}$$

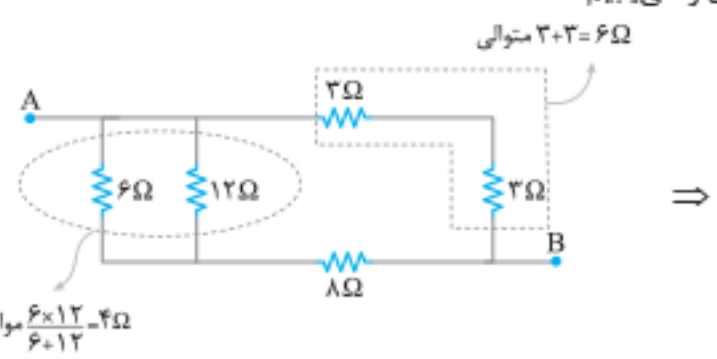
$$\Rightarrow R_۳=\frac{R_۱^۲}{R_۱+R_۲}$$

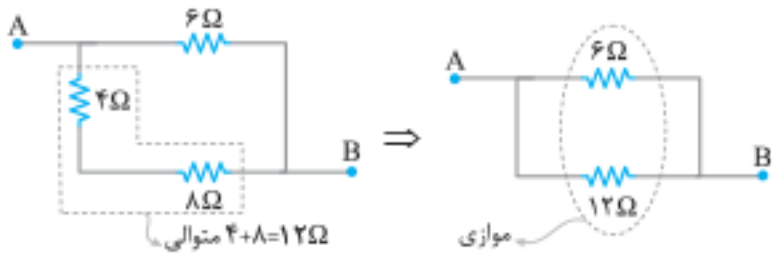
۱۷۶۶. **گزینه ۲** مدار را مرحله به مرحله ساده کرده و مقاومت معادل را در نهایت مطابق زیر محاسبه می‌کنیم:





۱۷۶۷. **گزینه ۲** مدار را مرحله به مرحله ساده می‌کنیم و در نهایت مقاومت معادل را می‌یابیم:

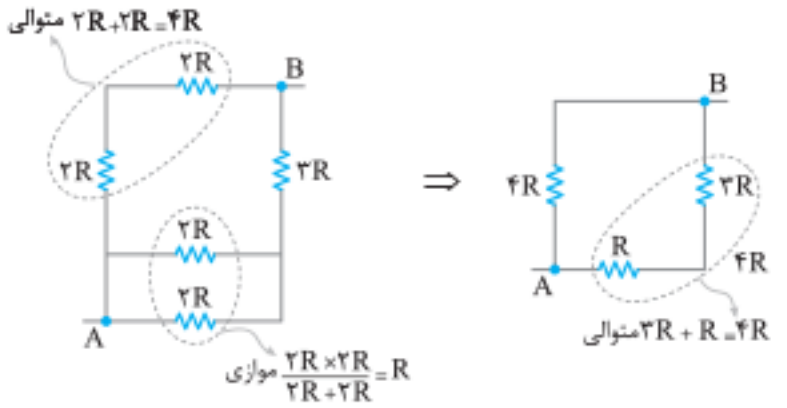




بنابراین دو مقاومت ۶Ω و ۱۲Ω موازی هستند و مقاومت معادل کل مدار برابر است با:

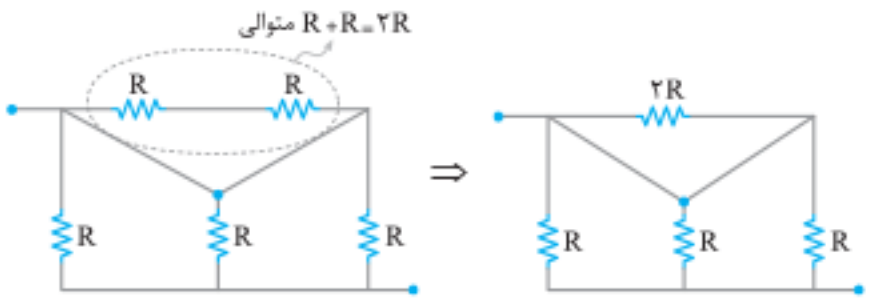
$$R_{eq}=\frac{۱۲\times۶}{۱۲+۶}=۴\Omega$$

۱۷۶۸. **گزینه ۳** با توجه به شکل می‌توان مقاومت معادل مدار را حساب کرد:

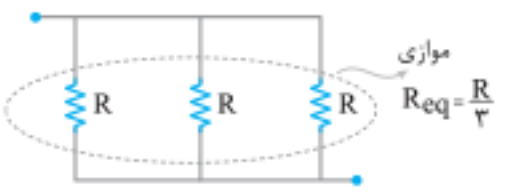


$$\Rightarrow R_{eq}=\frac{۴R}{۲}\Rightarrow R_{eq}=۲R$$

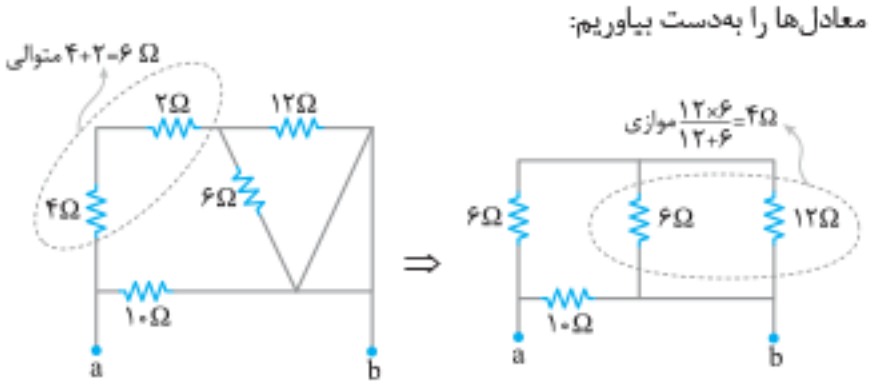
۱۷۶۹. **گزینه ۱** ابتدا مدار را به مطابق شکل با محاسبهٔ مقاومت معادل دو مقاومت متوالی شاخهٔ بالا ساده می‌کنیم:



با توجه به اینکه دو سر مقاومت ۲R در شاخهٔ بالای مدار با سیم به هم وصل شده است، مقاومت ۲R اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شود. بنابراین داریم:



۱۷۷۰. **گزینه ۱** ابتدا خوب مدار را نگاه کنید. دو سر مقاومت ۵Ω با یک سیم به هم وصل شده است. بنابراین این مقاومت اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شود. حالا کافی است مدار ساده شده را رسم کرده و مرحله به مرحله مقاومت معادل‌ها را به‌دست بیاوریم:



۱۹۸۱. گزینه ۱

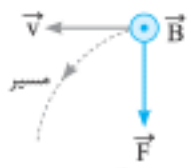
بررسی همهٔ گزینه‌ها **گزینهٔ «۱»:** درست: طبق رابطهٔ $F=|q|vB\sin\theta$ اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر هر ذره یکسان است (اندازهٔ بار الکتریکی الکترون و پروتون با هم برابر است.) **گزینهٔ «۲»:** نادرست: باتوجه به قانون دوم نیوتون $F=ma\Rightarrow a=\frac{F}{m}$ و باتوجه به اینکه اندازهٔ F وارد بر هر دو ذره یکسان است، هر ذره‌ای که جرم بیشتری داشته باشد، شتاب کمتری می‌گیرد و در نتیجه انحراف آن کمتر است. بنابراین چون جرم پروتون از الکترون بیشتر است، میزان انحراف پروتون کمتر است. **گزینهٔ «۳»:** نادرست: چون بار الکترون منفی و بار پروتون مثبت است، نیروی مغناطیسی وارد بر آنها در دو سوی مخالف است.

۱۹۸۲. گزینه ۳

یادآوری: مسیر حرکت ذره، منحنی‌ای است که به بردار سرعت $(\vec{v})$ مماس است و به سمت بردار نیرو $(\vec{F})$ منحرف می‌شود.

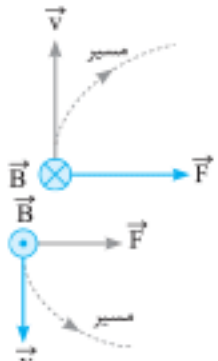
باتوجه به اینکه بار الکترون منفی است، از قاعدهٔ دست چپ استفاده می‌کنیم و تک تک گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

گزینهٔ «۱»: درست:

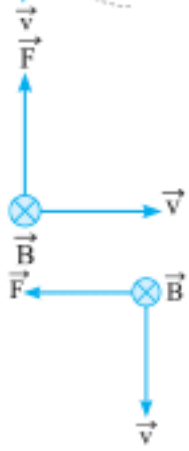


گزینهٔ «۲»: درست: چون بار در راستای خطوط میدان حرکت کرده و آنها را قطع نکرده است، به آن نیرویی اثر نمی‌کند و از مسیر حرکت خود منحرف نمی‌شود.

گزینهٔ «۳»: نادرست:



گزینهٔ «۴»: درست:



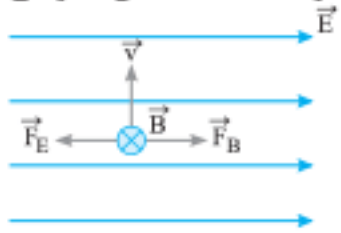
۱۹۸۳. گزینه ۳ ذرهٔ (۱) به سمت راست در حال حرکت است، اما رفته رفته به سمت بالا منحرف می‌شود؛ در نتیجه نیروی مغناطیسی وارد بر آن به سمت بالاست. با استفاده از قاعدهٔ دست راست نیز همین جهت برای F به‌دست می‌آید. پس بار ذرهٔ (۱) مثبت است. ذرهٔ (۲) به سمت پایین حرکت می‌کند، اما به سمت چپ منحرف می‌شود؛ یعنی $\vec{F}$ به سمت چپ است. با استفاده از قاعدهٔ دست راست جهت به‌دست آمده برای F به سمت راست است. پس بار ذرهٔ (۲) منفی است. ذرهٔ (۳) بدون انحراف به مسیرش ادامه می‌دهد؛ بنابراین ذره بدون بار است.

۱۹۸۴. گزینه ۲ می‌دانیم که نیروی مغناطیسی همواره بر بردار سرعت عمود است. بنابراین کار انجام شده توسط این نیرو در هر جابه‌جایی همواره صفر است. باتوجه به فرض سؤال (تنها نیروی وارد بر ذره نیروی مغناطیسی است.) کار انجام شده صفر است. طبق قضیهٔ کار و انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$W_t=K_2-K_1\xrightarrow{W_t=}K_2=K_1\Rightarrow\frac{1}{2}mv_2^2=\frac{1}{2}mv_1^2\Rightarrow v_2=v_1$$

بنابراین تندی ذره همواره برابر $10^6\ m/s$ خواهد بود.

۱۹۸۵. گزینه ۴ نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ یعنی به طرف چپ است؛ بنابراین برای این‌که الکترون از مسیر خود منحرف نشود، باید نیروی مغناطیسی به طرف راست باشد تا اثر نیروی الکتریکی را خنثی کند. در نتیجه طبق قاعدهٔ دست چپ، چهار انگشت باید در جهت $\vec{v}$ و انگشت شست در جهت $\vec{F}_B$ باشد که در نتیجه کف دست در جهت داخل صفحه خواهد بود و این یعنی میدان مغناطیسی باید عمود بر صفحه و به سمت داخل (درون‌سو ⊗) باشد.

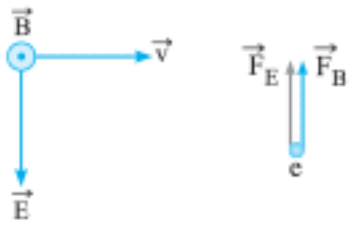


۱۹۸۶. گزینه ۲

یادآوری: جهت نیروی الکتریکی وارد بر بار $q<0$ خلاف جهت $\vec{E}$ است و برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکترون از قاعدهٔ دست چپ استفاده می‌کنیم.

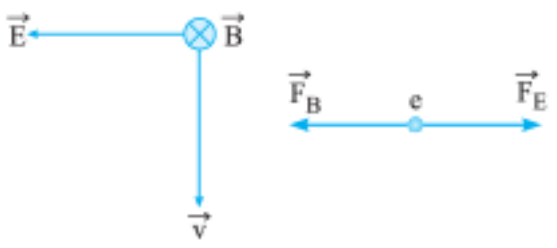
برای اینکه الکترون مسیر مستقیم حرکت خود را حفظ کند، باید نیروهای $\vec{F}_B$ و $\vec{F}_E$ در تعادل باشند.

گزینهٔ «۱»: نادرست:



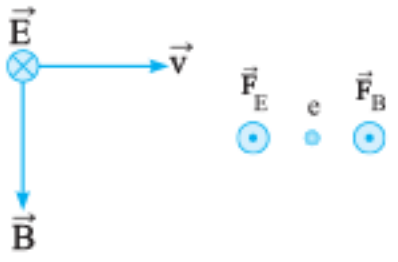
تعادل ندارد.

گزینهٔ «۲»: درست:



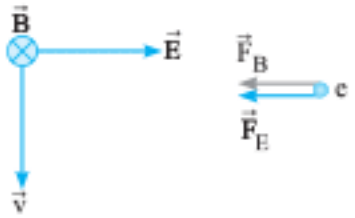
تعادل دارد.

گزینهٔ «۳»: نادرست:



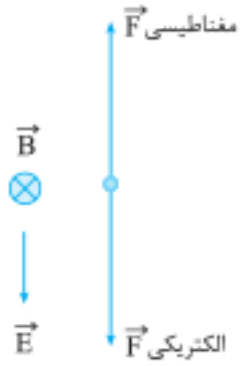
تعادل ندارد.

گزینهٔ «۴»: نادرست:



تعادل ندارد.

۱۹۸۷. گزینه ۱ شرط این‌که ذره از مسیر خود منحرف نشود این است که نیروی الکتریکی و مغناطیسی هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگر باشند:

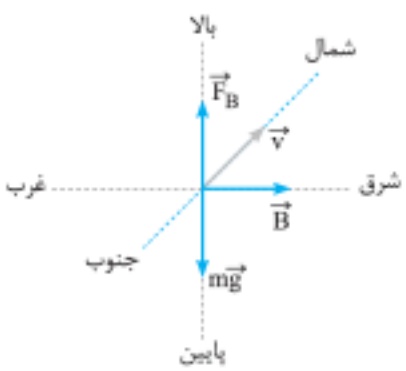


$$F_{\text{مغناطیسی}}=F_{\text{الکتریکی}}$$

$$\Rightarrow|q|vB\sin\theta=E|q|\xrightarrow{\theta=90^\circ}E=vB$$

$$\Rightarrow v=\frac{E}{B}\Rightarrow v=\frac{400}{0/2}=2000\,m/s=2\,km/s$$

۱۹۸۸. گزینه ۴ نیروی وزن مطابق شکل به سمت پایین است؛ بنابراین نیروی مغناطیسی باید به سمت بالا باشد تا نیروی وزن را خنثی کند. دقت کنید که چون بار منفی است از قاعدهٔ دست چپ استفاده کرده‌ایم.

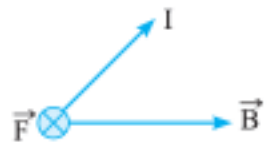


۲۰۱۵. **گزینه ۳** می‌دانیم درحالتی که بار از مسیر خود منحرف نشود و در تعادل باشد، می‌توانیم از رابطهٔ $E = vB$ استفاده کنیم:

$$E = vB \xrightarrow{E=\frac{V}{d}} \frac{V}{d} = vB \xrightarrow[B=۵\times۱۰^{-۲}G=۰/۵T]{V=۲۴V,d=۰/۰۶m}$$

$$\frac{۲۴}{۰/۰۶} = ۰/۵v \Rightarrow v = ۸۰۰\,m/s$$

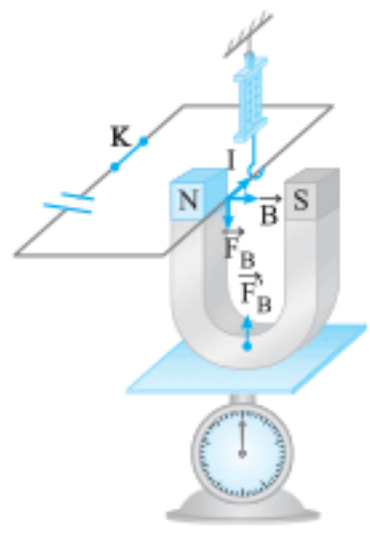
۲۰۱۶. **گزینه ۱** ابتدا با توجه به قاعدهٔ دست راست، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان را تعیین می‌کنیم:



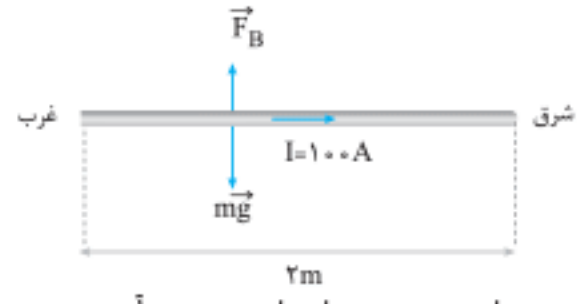
حال با استفاده از رابطهٔ $F = BI\ell\sin\theta$ داریم:

$$B = ۸۰۰G = ۸\times۱۰^{-۲}T,\ \theta = ۳۰^\circ,\ \ell = ۰/۴m,\ I = ۴A$$
$$F = BI\ell\sin\theta = ۸\times۱۰^{-۲}\times۴\times۰/۴\times\sin۳۰^\circ = ۶/۴\times۱۰^{-۲}N$$
$$\Rightarrow F = ۶۴mN$$

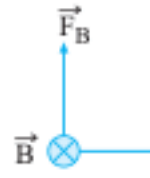
۲۰۱۷. **گزینه ۲** با بسته شدن کلید، جریان در مدار مطابق شکل برقرار می شود. با توجه این‌که جهت میدان در خارج از آهنربا از قطب N به سمت S است، با قاعدهٔ دست راست، جهت $\vec{F}_B$ به سمت پایین به‌دست می‌آید: درنتیجه نیروسنج عدد بیشتری را نشان می‌دهد این نیرو بر اثر میدان مغناطیسی حاصل از آهنربا بر سیم حامل جریان وارد شده است: بنابراین واکنش این نیرو ($\vec{F}_B$) با جهت مخالف $\vec{F}_B$ به سمت بالا به آهنربا وارد می‌شود. در نتیجه ترازو عدد **کمتری** را نشان خواهد داد.



۲۰۱۸. **گزینه ۲** مطابق شکل، برای این‌که سیم معلق بماند، باید نیرویی به سمت بالا به سیم وارد شود که برابر با نیروی وزن سیم است.



مطابق قاعدهٔ دست راست جهت میدان را به‌دست می‌آوریم:



با توجه به تعادل سیم داریم:

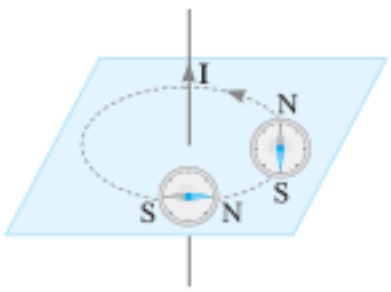
$$F_B = mg \Rightarrow BI\ell\sin\theta = mg$$
$$\Rightarrow B\times۱۰۰\times۲\times\sin۹۰^\circ = ۲\times۰/۱\times۱۰$$
$$\Rightarrow B = \frac{۲}{۲۰۰} = ۰/۰۱T$$

۲۰۱۹. **گزینه ۱** در مرحلهٔ اول با استفاده از قاعده دست راست، جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان I به‌صورت ساعتگرد است (رد **گزینه‌های «۲»** و **«۴»**). همچنین می‌دانیم هرچقدر فاصلهٔ یک نقطه از سیم راست حامل جریان بیشتر شود، اندازهٔ میدان مغناطیسی حاصل از سیم در آن نقطه کاهش می‌یابد: در نتیجه تراکم خطوط میدان که نشان دهندهٔ بزرگی میدان در آن نقطه است باید با دور شدن از سیم کاهش یابد: یا به عبارت دیگر فاصلهٔ دایره‌های هم‌مرکز رفته رفته افزایش یابد، که این ویژگی تنها در **گزینهٔ «۱»** وجود دارد.

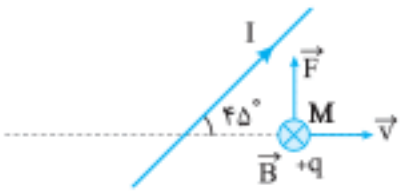
۲۰۲۰. **گزینه ۱**

یادآوری: ۱ جهت جریان در مدار از قطب مثبت باتری به سمت قطب منفی است. ۲ قطب N عقربهٔ مغناطیسی در هر نقطه، معرف جهت خطوط میدان در آن نقطه است.

با استفاده از قاعدهٔ دست راست، اگر انگشت شست دست راست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت خم شدن چهار انگشت، جهت خطوط میدان در اطراف سیم را نشان می‌دهد. بنابراین مطابق شکل، **گزینهٔ «۱»** درست است.



۲۰۲۱. **گزینه ۲** ابتدا جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان را در محل بار نقطه‌ای $+q$ (نقطهٔ M) با استفاده از قاعدهٔ دست راست تعیین می‌کنیم.

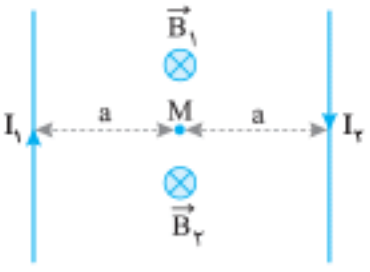


سپس با استفاده از قاعدهٔ دست راست برای بار متحرک مثبت در میدان مغناطیسی $\vec{B}$، جهت نیروی مغناطیسی را مطابق شکل تعیین می‌کنیم. همانطور که مشاهده می‌کنیم این نیرو روی صفحه بوده و بر راستای حرکت بار عمود است. بنابراین این نیرو با راستای جریان سیم زاویهٔ ۴۵° می‌سازد.

۲۰۲۲. **گزینه ۳** سیم‌ها در صفحهٔ کاغذ واقع هستند، بنابراین میدان در یک طرف آنها درون‌سو و در طرف دیگر برون‌سو خواهد بود. طبق قاعدهٔ دست راست در نقطهٔ a، هر دو میدان برون‌سو هستند: بنابراین میدان برایند نیز **برون‌سو** خواهد بود. در نقطهٔ b، دو میدان در خلاف جهت یکدیگر هستند. همچنین باتوجه به فاصلهٔ مساوی نقطهٔ b از دو سیم و جریان‌های مساوی دو سیم، میدان‌ها با یکدیگر هم‌اندازه هستند: بنابراین برایند آن‌ها **صفر** خواهد شد. در نقطهٔ c، هر دو میدان درون‌سو بوده و برایند آن‌ها نیز **درون‌سو** خواهد بود.



۲۰۲۳. **گزینه ۴** با استفاده از قاعدهٔ دست راست، جهت میدان مغناطیسی ناشی از جریان هر سیم را در وسط فاصلهٔ بین دو سیم تعیین می‌کنیم. همان‌طور که مشاهده می‌کنیم، میدان‌های حاصل دو سیم در نقطهٔ M هم‌جهت و درون‌سو هستند.

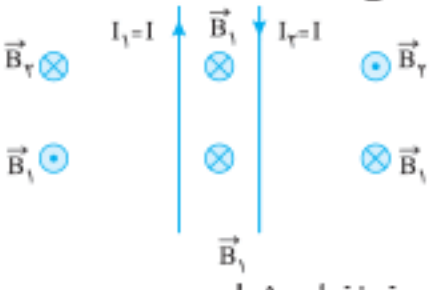


چون دو سیم جریان یکسانی دارند و فاصلهٔ آنها تا نقطهٔ M برابر است، اندازهٔ میدان مغناطیسی حاصل از آنها نیز در نقطهٔ M یکسان است $(B_۱ = B_۲ = ۲\times۱۰^{-۴})$. بنابراین داریم:

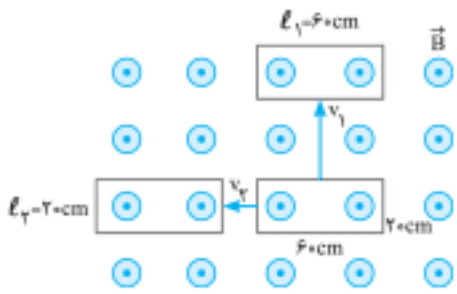
$$\vec{B}_{کل} = \vec{B}_۱ + \vec{B}_۲ \xrightarrow{B_۱=B_۲=۲\times۱۰^{-۴}T} B_{کل} = ۲\times(۲\times۱۰^{-۴})$$
$$\Rightarrow B_{کل} = ۴\times۱۰^{-۴}T$$

۲۰۲۴. **گزینه ۳** در حل این تست باید خیلی با احتیاط عمل کنید.

۱ همان‌طور که مشاهده می‌کنید با تعیین جهت میدان حاصل از دو سیم در نواحی مختلف، متوجه می‌شویم که در فاصلهٔ بین دو سیم دو میدان هم‌جهت بوده و میدان مغناطیسی خالص در این ناحیه هیچگاه صفر نخواهد شد!

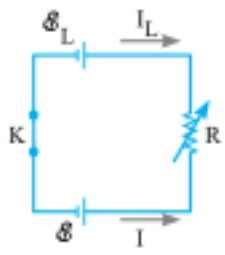


روش دوم می‌توانیم از رابطهٔ $|\mathscr{E}| = B\ell v$ نیز برای حل این سؤال استفاده کنیم. دقت کنید که در این رابطه مطابق شکل $\ell_1 = ۶۰cm$ و $\ell_2 = ۲۰cm$ است.

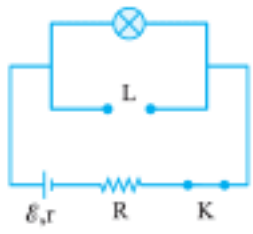


$$\left|\frac{\overline{\mathscr{E}_1}}{\overline{\mathscr{E}_2}}\right| = \frac{B_1}{B_2} \times \frac{\ell_1}{\ell_2} \times \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{۳}{۲} = \frac{۶۰}{۲۰} \times \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{۱}{۲}$$

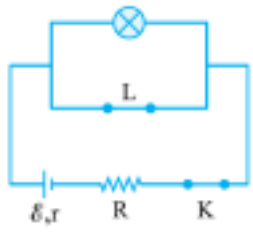
۲۲۶۳. گزینه ۴ مطابق شکل مشاهده می‌کنید که نیروی محرکهٔ خودالقاوری درخلاف جهت نیروی محرکهٔ مولد است و این یعنی نیروی محرکهٔ خودالقاوری تمایل به کاهش جریان مدار دارد. درنتیجه طبق قانون لنز، مشخص است که جریان مدار در حال افزایش بوده است که القاگر با این افزایش جریان مخالفت کرده است. بنابراین یا در لحظهٔ وصل کلید بوده است یا با بسته‌بودن کلید مقاومت رئوستا کاهش یافته است.



۲۲۶۴. گزینه ۳ می‌دانیم هرگاه جریان عبوری از القاگر بخواهد به‌طور ناگهانی تغییر کند، القاگر مقاومت بسیار زیادی از خود نشان داده (مانند یک کلید باز عمل می‌کند). بنابراین در لحظهٔ وصل کلید، القاگر مانند یک کلید باز عمل کرده و لامپ در مدار تک حلقهٔ حاصل شکل مقابل روشن می‌شود.



در مرحلهٔ بعد با ثابت‌شدن جریان، القاگر مانند یک رسانا عمل کرده و چون در این تست مقاومت آن صفر است، مانند اتصال کوتاه عمل کرده و دو سر لامپ اتصال کوتاه شده و لامپ خاموش می‌شود.



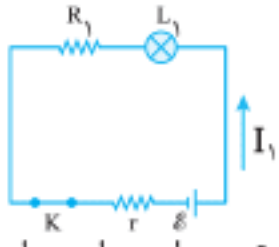
پس لامپ در ابتدا روشن شده و به تدریج خاموش می‌شود.

۲۲۶۵. گزینه ۴

۱ با بسته‌شدن کلید K، جریان عبوری از سیملوله شروع به افزایش می‌کند و طبق قانون لنز، سیملوله با ایجاد نیروی محرکه‌ای در خلاف جهت نیروی محرکهٔ مولد، مانع تغییر سریع جریان می‌شود و جریان مدار آرام‌آرام افزایش می‌یابد. درنتیجه روشنایی لامپ آرام‌آرام زیاد می‌شود.

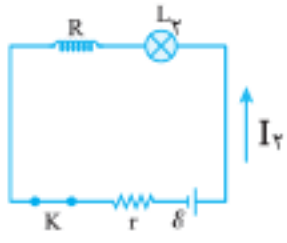
۲ با بازشدن کلید K جریان سیملوله شروع به کاهش می‌کند و درنتیجه طبق قانون لنز، سیملوله با کاهش جریان مخالفت کرده و در آن نیروی محرکهٔ خودالقاوری ایجاد می‌شود که هم‌جهت با نیروی محرکهٔ باتری است و درنتیجه ولتاژ دو سر لامپ افزایش می‌یابد و بلافاصله پس از باز شدن کلید، روشنایی لامپ زیاد شده و سپس آرام‌آرام خاموش می‌شود.

۲۲۶۶. گزینه ۲ **مدار۱:** این مدار یک مدار مقاومتی ساده است و با وصل کلید جریان عبوری از مدار به سادگی قابل محاسبه است.



$$I_1 = \frac{\mathscr{E}}{R_1 + r + R_{L_1}}$$

مدار۲: با یک مدار شامل مقاومت و القاگر روبه‌رو هستیم. در این مدار پس از بستن کلید به دلیل تغییر ناگهانی جریان عبوری از القاگر، در آن اثر خودالقاوری به وجود آمده و مانند یک مقاومت بسیار بزرگ (کلید باز) عمل می‌کند (I_2 بسیار کوچک است) و با گذشت زمان، اثر خودالقاوری القاگر کاهش یافته و درنهایت از بین می‌رود. در این لحظه جریان مدار (۲) نیز از قوانین مدار به دست می‌آید.



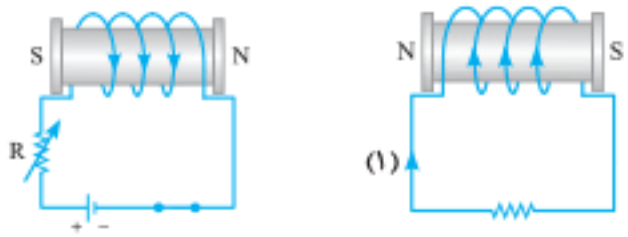
$$I_2 = \frac{\mathscr{E}}{R + r + R_{L_2}}$$

$$\left.\begin{array}{c} R = R_1 \\ \text{لامپ‌ها مشابه: } R_{L_1} = R_{L_2} \end{array}\right\} \Rightarrow I_1 = I_2$$

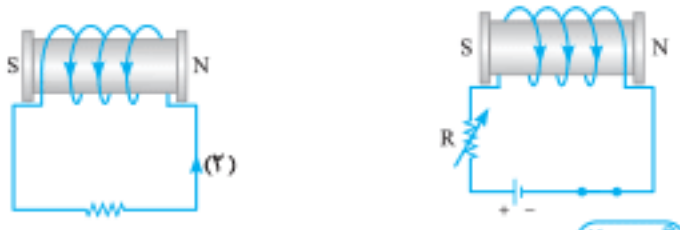
فقط دقت کنیم که I_2 به تدریج زیاد شده و در نتیجه نور لامپ L_2 نیز به‌تدریج زیاد شده ولی درنهایت نور آن با لامپ L_1 برابر می‌شود.

۲۲۶۷. گزینه ۲

گام اول وصل کلید معادل افزایش شار است ⇐ ایجاد نیروی دافعه بین دو سیم‌پیچ ⇐ ایجاد قطب همنام در سیملولهٔ سمت راست: با استفاده از قاعدهٔ دست راست جریان القایی در جهت (۱) به دست می‌آید.



گام دوم افزایش مقاومت R معادل کاهش شار است ⇐ ایجاد نیروی جاذبه بین دو سیم‌پیچ ⇐ ایجاد قطب ناهمنام در سیملولهٔ سمت راست: با استفاده از قاعدهٔ دست راست، جریان القایی در جهت (۲) به دست می‌آید.

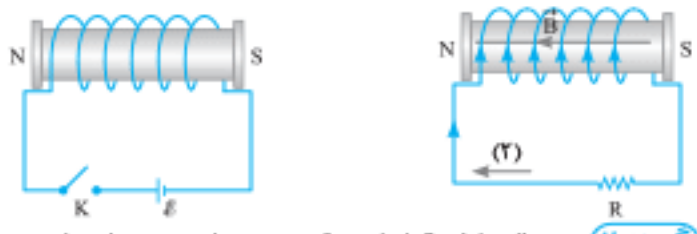


۲۲۶۸. گزینه ۲

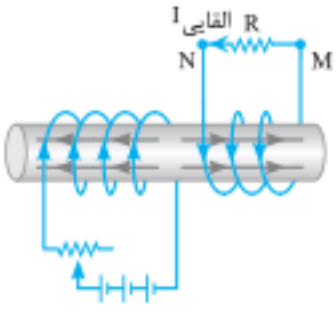
گام اول می‌دانیم که وصل کلید معادل افزایش شار است. بنابراین بین دو سیم‌پیچ نیروی دافعه ایجاد می‌شود: یعنی در سیملولهٔ سمت راست قطب همنام با سیملولهٔ سمت چپ به‌وجود می‌آید. درنتیجه با استفاده از قاعدهٔ دست راست مطابق شکل، جهت جریان در جهت (۱) خواهد بود.



گام دوم قطع کلید معادل کاهش شار است. لذا بین دو سیم‌پیچ نیروی جاذبه‌ای طبق قانون لنز ایجاد می‌شود تا از این کاهش شار جلوگیری کند. بنابراین مطابق شکل قطب ناهمنام با سیملولهٔ سمت چپ به وجود آمده و با استفاده از قاعدهٔ دست راست، جهت جریان این بار در جهت (۲) به دست می‌آید.



۲۲۶۹. گزینه ۲ در حالت اول، قبل از حرکت رئوستا، تغییر شار نداریم، درنتیجه جریان القایی صفر است ($I_1 = ۰$). در حالت دوم، با حرکت لغزندهٔ رئوستا به سمت چپ، مقاومت کاهش یافته و جریان در سیملولهٔ سمت چپ افزایش می‌یابد که این معادل افزایش شار عبوری از سیملولهٔ سمت راست است. بنابراین، مطابق شکل، جریان در سیملولهٔ سمت راست به گونه‌ای است که با این افزایش شار مخالفت کند.



۲۲۷۰. گزینه ۱ ابتدا با استفاده از قاعدهٔ دست راست، مطابق شکل قطب‌های مغناطیسی سیملوله را تعیین می‌کنیم: (دقت کنید که طبق قرارداد، جریان از قطب مثبت باتری خارج می‌شود). با توجه به افزایش مقاومت رئوستا، جریان I کاهش یافته و درنتیجه شار عبوری از حلقه کاهش می‌یابد. بنابراین طبق قانون لنز، جریان القایی در حلقه باید در جهتی باشد تا با این کاهش شار مخالفت کند. درنتیجه مطابق شکل در سمت سیملوله قطب ناهمنام ایجاد شده و طبق قاعدهٔ دست راست جهت جریان در جهت (۱) خواهد بود.

۲۴۲۴. (گزینه ۴)

روش اول **گام اول** با توجه به رابطهٔ اختلاف پتانسیل دو سر مولد و توان خروجی مولد داریم:

به ازای جریان‌های I_1 و I_2، توان خروجی یکسان است:

$$\left.\begin{matrix} V_{\text{باتری}} = \varepsilon - Ir \\ P_{\text{خروجی باتری}} = IV_{\text{باتری}} \end{matrix}\right\} \Rightarrow P_{\text{خروجی باتری}} = \varepsilon I - rI^2 \begin{matrix} \xrightarrow{I_1 = 3A} P_1 = 3\varepsilon - 9r \\ \xrightarrow{I_2 = 5A} P_2 = 5\varepsilon - 25r \end{matrix}$$

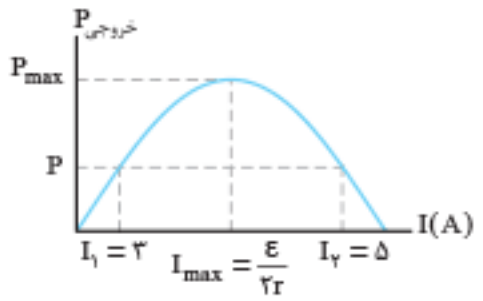
$$P_1 = P_2 \Rightarrow 3\varepsilon - 9r = 5\varepsilon - 25r \Rightarrow 16r = 2\varepsilon \Rightarrow \frac{\varepsilon}{r} = 8A$$

گام دوم ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد. با توجه به فرض سؤال داریم:

$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{V=0} I = \frac{\varepsilon}{r} = 8A$$

توجه: چون اختلاف پتانسیل دو سر باتری صفر است، $R = 0$ است.

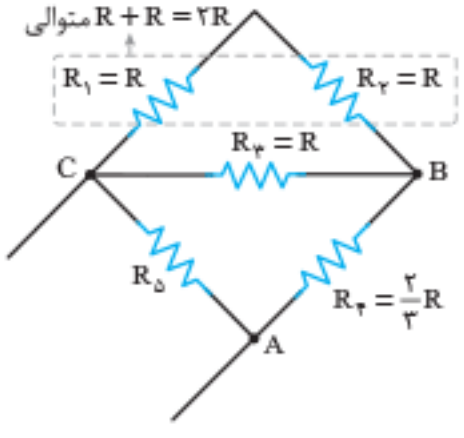
روش دوم اگر نمودار توان خروجی مولد را برحسب جریان عبوری از آن رسم کنیم، در حالتی که به‌ازای دو جریان I_1 و I_2 توان خروجی مولد یکسان باشد، داریم:

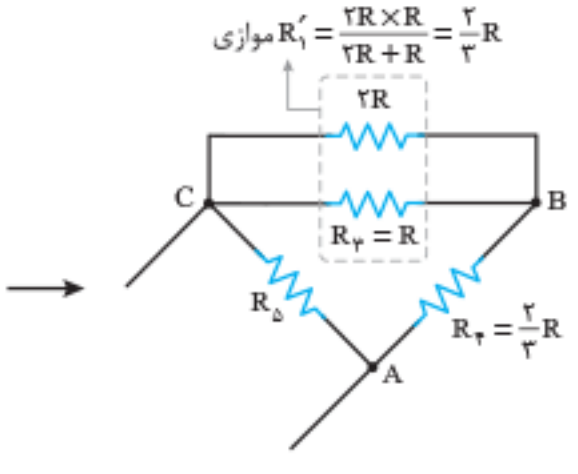


$$\begin{cases} I_{max} = \dfrac{I_1 + I_2}{2} = \dfrac{3+5}{2} = 4A \\ I_{max} = \dfrac{\varepsilon}{2r} \end{cases} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{2r} = 4 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r} = 8A$$

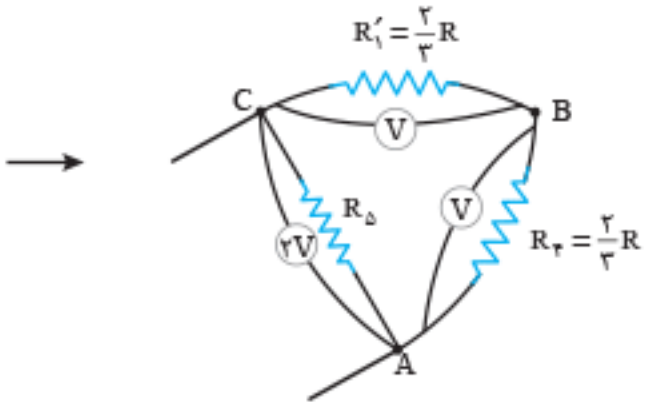
۲۴۲۵. (گزینه ۳)

گام اول ابتدا مدار بین دو گرهٔ B و C را ساده می‌کنیم:





گام دوم



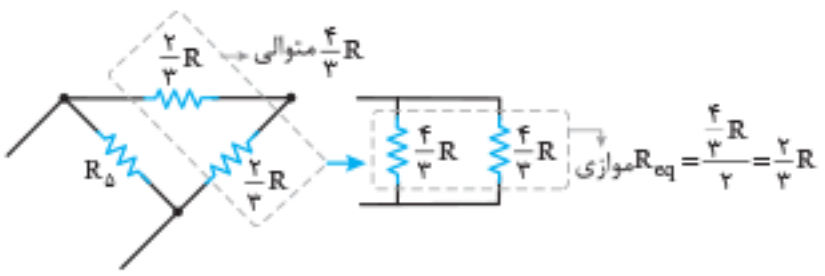
اگر ولتاژ دو سر R'_1 را V در نظر بگیریم، با توجه به این‌که $R_4 = R'_1$ است و با هم متوالی‌اند، ولتاژ دو سر مقاومت R_4 نیز V می‌شود و ولتاژ دو سر R_5، $2V$ می‌شود.

$$V_{R_5} = V_{R'_1} + V_{R_4} = V + V = 2V$$

$$P_3 = \frac{1}{3}P_5 \Rightarrow \frac{V_3^2}{R_3} = \frac{1}{3}\frac{V_5^2}{R_5} \Rightarrow \frac{V^2}{R} = \frac{1}{3} \times \frac{(2V)^2}{R_5}$$

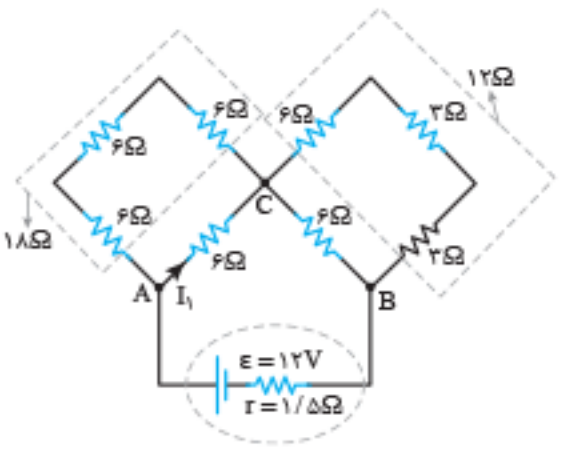
$$\Rightarrow R_5 = \frac{4}{3}R$$

گام سوم حال مقاومت معادل را حساب می‌کنیم:



۲۴۲۶. (گزینه ۳)

گام اول مقاومت معادل مدار را محاسبه می‌کنیم. بین دو گرهٔ A و C، سه مقاومت ۶اهمی متوالی هستند و مقاومت معادل آن‌ها 18Ω است و بین دو گرهٔ C و B، دو مقاومت ۳ اهمی و مقاومت ۶اهمی متوالی هستند و مقاومت معادل آن‌ها 12Ω است.



بین دو گرهٔ A و C، مقاومت ۱۸اهمی و ۶اهمی موازی هستند؛ بنابراین:

$$R'_1 = \frac{18 \times 6}{18+6} \Rightarrow R'_1 = 4/5\Omega$$

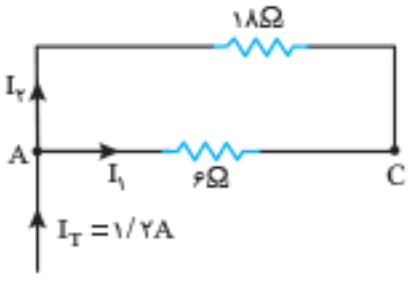
همچنین بین دو گرهٔ B و C، مقاومت ۱۲اهمی و ۶اهمی موازی هستند؛ بنابراین:

$$R'_2 = \frac{6 \times 12}{6+12} = 4\Omega \Rightarrow R_{eq} = R'_1 + R'_2 = 8/5\Omega$$

گام دوم جریان کل را محاسبه می‌کنیم:

$$I_T = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{12}{8/5 + 1/5} = 1/2A$$

گام سوم حالا با استفاده از قاعدهٔ تقسیم جریان، مقدار I_1 را محاسبه می‌کنیم:



$$I_1 = \frac{18}{18+6} \times 1/2 = 0/9A$$