فصل پنجم

ترمودینامیک

۴۲ اصطلاحات ترمودینامیک

در این علم، فرایندهای فیزیکی توسط گروهی از **کمیت‌های مشاهده‌پذیر (ماکروسکوپی)** که حتماً شامل دماست، توصیف می‌شوند، بدون آن‌که درگیر رفتار تک‌تک مولکول‌ها شود.

دستگاه

جسمی (در این‌جا گاز) که تحولات آن را بررسی می‌کنیم.

محیط

هر آن‌چه در اطراف دستگاه است.

توجه دستگاه و محیط می‌توانند با یکدیگر **کار** و **انرژی** مبادله کنند.

متغیرهای ترمودینامیکی

کمیت‌های ماکروسکوپی در یک گاز (دستگاه) که شامل فشار (P)، دما (T) و حجم (V) هستند.

تعادل ترمودینامیکی

حالتی که متغیرهای ترمودینامیکی، یک مقدار مشخص دارند و به طور خودبه‌خودی تغییر نمی‌کنند.

فرایند ترمودینامیکی

هنگامی که دستگاه از یک حالت تعادل به حالت تعادل دیگری برود، یک فرایند ترمودینامیکی انجام شده است.

نوع فرایند	ویژگی خاص	قانون اول ترمودینامیک
هم‌فشار	فشار گاز در این فرایند، ثابت است و کار برابر است با: $W = -P\Delta V$	$\Delta U = Q + \cancel{W}^{-P\Delta V}$
هم‌دما	دما در این فرایند، ثابت است. ثابت T $\Rightarrow$ ثابت U $\Rightarrow \Delta U = 0$	$\cancel{\Delta U}^{0} = Q + W$ $\Rightarrow Q = -W$
بی‌دررو	در این فرایند، گرما بین دستگاه و محیط مبادله نمی‌شود. $Q = 0$	$\Delta U = \cancel{Q}^{0} + W$

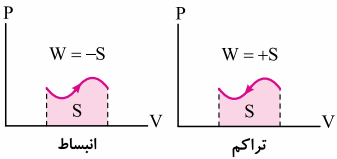
در ادامه، هر یک از این چهار فرایند را به طور مفصل بررسی می‌کنیم.

۴۷ سه نمودار معروف

برای هر یک از چهار فرایندی که در قسمت قبل معرفی کردیم، می‌توانیم سه نمودار معروف رسم کنیم. *(برای بعضی فرایندا هر سه نمودار رسم می‌شه و برای بعضی‌شون نه.)*

نمودار P-V

در این نمودار، فشار (P) برحسب حجم (V) رسم می‌شود.



چیه این نمودار به دردمون می‌خوره؟ همون‌طور که قبلاً گفتیم مساحت زیرش می‌شه اندازهٔ کار (W).

نمودار P-T

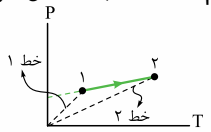
در این نمودار، فشار (P) برحسب دما (T) رسم می‌شود.

چیه این نمودار به دردمون می‌خوره؟ اگه هر نقطهٔ دلخواهی از نمودار رو به مبدأ مختصات وصل کنیم، یه خط به وجود میاد که شیب این خط از معادلهٔ حالت برابر می‌شه با:

$$\text{شیب خط واصل به مبدأ مختصات} = \frac{P}{T}$$

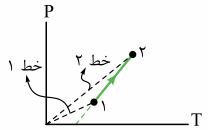
$$\xrightarrow{PV=nRT} \text{شیب} = \frac{P}{T} = \frac{nR}{V}$$

از رابطهٔ بالا می‌توان نتیجه گرفت که **شیب خط واصل هر نقطه به مبدأ مختصات در نمودار $P-T$ با حجم گاز (V) رابطهٔ عکس** دارد.



شیب خط ۲ > شیب خط ۱

$\Rightarrow V_1 > V_2$



شیب خط ۲ < شیب خط ۱

$\Rightarrow V_1 < V_2$

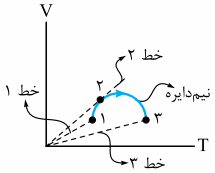
نمودار $V-T$

در این نمودار، حجم (V) برحسب دما (T) رسم می‌شود.

چیه این نمودار به دردمون می‌خوره؟ *اگه هر نقطهٔ دلخواهی از نمودار رو به مبدأ مختصات وصل کنیم، یه خط به وجود میاد که شیب این خط از معادلهٔ حالت برابر می‌شه با:*

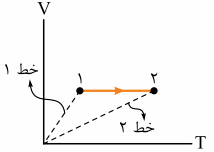
$$\text{شیب خط واصل به مبدأ مختصات} = \frac{V}{T} \xrightarrow{PV=nRT} \text{شیب} = \frac{V}{T} = \frac{nR}{P}$$

از رابطهٔ بالا می‌توان نتیجه گرفت که **شیب خط واصل هر نقطه به مبدأ مختصات در نمودار $V-T$ با فشار گاز (P) رابطهٔ عکس** دارد.



شیب خط ۳ > شیب خط ۱ > شیب خط ۲

$\Rightarrow P_2 < P_1 < P_3$



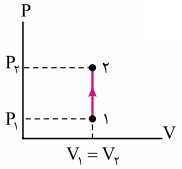
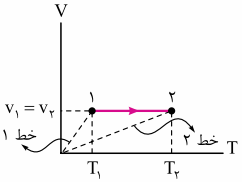
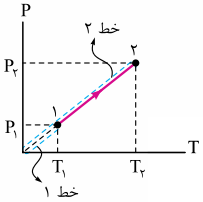
شیب خط ۲ < شیب خط ۱

$\Rightarrow P_1 < P_2$

در این فرایند، حجم گاز ثابت است؛ پس کار محیط روی دستگاه (W) برابر صفر است.

$$W = W' = 0 \xrightarrow{\Delta U = Q + W} \Delta U = Q$$

نمودارهای فرایند هم‌حجم

شکل نمونه	توضیح
	مساحت زیر این نمودار برابر صفر است. به همین دلیل کار نیز برابر صفر می‌شود.
	شیب خط ۲ > شیب خط ۱ $\Rightarrow P_1 < P_2$
	برای فرایند هم‌حجم، این نمودار به صورت خطی است که امتداد آن از مبدأ می‌گذرد. شیب خط ۱ = شیب خط ۲ $\Rightarrow V_2 = V_1$

توجه در تمام نمودارهای جدول

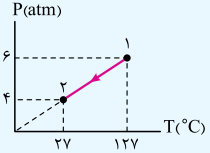
دمای گاز افزایش یافته است ($T_2 > T_1$).

انرژی درونی گاز افزایش یافته است، زیرا: $T_2 > T_1 \Rightarrow U_2 > U_1 \Rightarrow \Delta U > 0$

گاز از محیط گرما گرفته است، زیرا: $Q = \Delta U \xrightarrow{\Delta U > 0} Q > 0$

اگر جهت فلش‌ها در نمودارهای جدول، برعکس شود، تمام موارد گفته‌شده، برعکس می‌شوند.

تست **نمودار $P-T$ برای گاز کاملی مطابق شکل زیر است. اگر انرژی درونی این گاز در نقطهٔ (۲) برابر ۱۲۰۰ J باشد، گاز در طی این فرایند ..... ژول گرما ..... است.**



۱) ۳۰۰ ـ از دست داده

۲) ۴۰۰ ـ از دست داده

۳) ۳۰۰ ـ گرفته

۴) ۴۰۰ ـ گرفته

پاسخ گزینهٔ ۲ این نمودار مربوط به یک فرایند هم‌حجم است که در آن $T_2 < T_1$ است $\Leftarrow U_2 < U_1 \Leftarrow \Delta U < 0$

$Q < 0 \xleftarrow{\Delta U = Q}$ گاز گرما از دست داده است.

نسبت انرژی درونی در نقطهٔ (۲) به (۱) را محاسبه می‌کنیم، فقط باید دقت کنید که دماها باید برحسب کلوین باشند:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{T_2}{T_1} \xrightarrow[T_1 = 127 + 273 = 400\,K]{T_2 = 27 + 273 = 300\,K} \frac{1200}{U_1} = \frac{300}{400} \Rightarrow U_1 = 1600\,J$$

تغییر انرژی درونی برابر است با:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = 1200 - 1600 = -400\,J$$

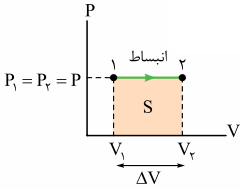
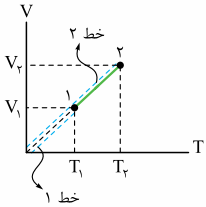
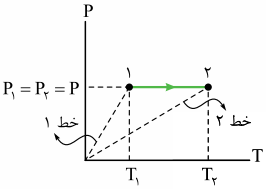
طبق قانون اول ترمودینامیک در فرایند هم‌حجم داریم:

$$\Delta U = Q + \overset{\circ}{\cancel{W}} \Rightarrow \Delta U = Q \Rightarrow Q = -400\,J$$

در این فرایند، فشار گاز (P) ثابت است و داریم:

$$W = -W' = -P\Delta V \xrightarrow{\Delta U = Q + W} \Delta U = Q - P\Delta V$$

نمودارهای فرایند هم‌فشار

شکل نمونه	توضیح
	مساحت زیر این نمودار به شکل مستطیلی با طول ΔV و عرض P است، پس کار برابر است با: $W = -P\Delta V$ در انبساط $\Delta V > 0 \Leftarrow W < 0$ در تراکم $\Delta V < 0 \Leftarrow W > 0$
	برای فرایند هم‌فشار، این نمودار به صورت خطی است که امتداد آن از مبدأ می‌گذرد. شیب خط ۱ = شیب خط ۲ $\Rightarrow P_2 = P_1$
	شیب خط ۱ < شیب خط ۲ $\Rightarrow V_2 > V_1$

توجه در تمام نمودارهای جدول که برای انبساط گاز رسم شده‌اند:

گاز روی محیط کار انجام می‌دهد. $\Leftarrow W < 0$

گاز از محیط گرما می‌گیرد. $\Leftarrow Q > 0$

انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد. $\Leftarrow \Delta U > 0$

اگر نمودارها برای تراکم گاز رسم شوند (جهت فلش‌ها برعکس شود)، تمام موارد گفته‌شده برعکس می‌شوند.

تست **گازی آرمانی به حجم ۲ لیتر در فشار ثابت 10^5 Pa، مقداری گرما به محیط می‌دهد و حجم آن به ۱/۵ لیتر می‌رسد. کار انجام‌شده روی گاز چند ژول است؟** (ریاضی ۱۴۰۱)

۱) -50 ۲) -30

۳) ۳۰ ۴) ۵۰

پاسخ **گزینهٔ ۴** گاز متراکم شده است، پس علامت کار باید مثبت باشد:

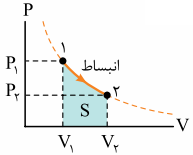
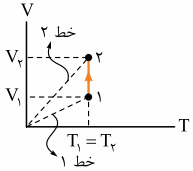
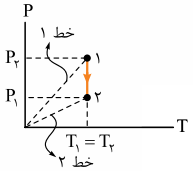
$$\Delta V = V_2 - V_1 = 1/5 - 2 = -0/5\ L = -0/5 \times 10^{-3}\ m^3$$

$$W = -P\Delta V = -10^5 \times (-0/5 \times 10^{-3}) = 50\ J$$

۵۰ فرایند هم‌دما

در این فرایند، دما ثابت است پس تغییر انرژی درونی گاز (ΔU) برابر صفر است.

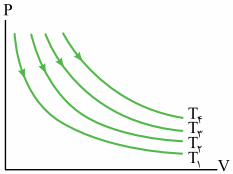
$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{\Delta U = 0} 0 = Q + W \Rightarrow Q = -W$$

شکل نمونه	توضیح
	مساحت زیر این نمودار برابر اندازهٔ کار است، اما به علت منحنی‌بودنِ نمودار، مساحت آن از لحاظ عددی در سطح کنکور بررسی نمی‌شود و فقط به صورت مقایسه یا تحلیل مورد سؤال قرار می‌گیرد. در انبساط $\Leftarrow W<0$ در تراکم $\Leftarrow W>0$
	شیب خط ۱ < شیب خط ۲ $\Rightarrow P_۲ < P_۱$
	شیب خط ۱ < شیب خط ۲ $\Rightarrow V_۲ > V_۱$

توجه در تمام نمودارهای جدول که برای انبساط گاز رسم شده‌اند:

- گاز روی محیط کار انجام می‌دهد. $\Leftarrow W<0$
- گاز از محیط گرما می‌گیرد. $\Leftarrow Q>0$
- انرژی درونی گاز، ثابت است. $\Leftarrow \Delta U=0$

اگر نمودارها برای تراکم گاز رسم شوند (جهت فلش‌ها برعکس شود)، تمام موارد گفته‌شده برعکس می‌شوند.

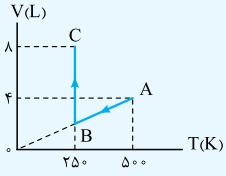


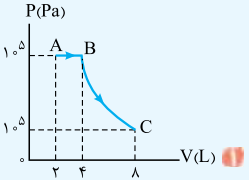
در نمودار $P - V$ برای فرایند هم‌دما، هر چه منحنی بالاتر باشد، دمای آن فرایند بیشتر است.

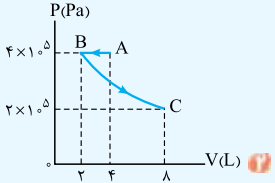
$$T_۴ > T_۳ > T_۲ > T_۱$$

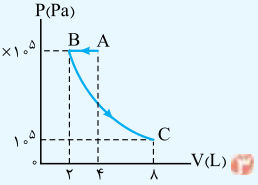
تست نمودار $V - T$ برای ۰/۴ مول گاز آرمانی (کامل) به صورت شکل مقابل است. نمودار $P - V$ مربوط به این دو فرایند کدام است؟ $(R = ۸ \frac{J}{mol.k})$

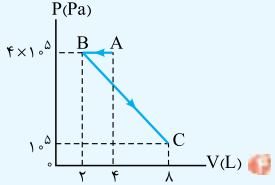
(ریاضی ۹۹)



۱)


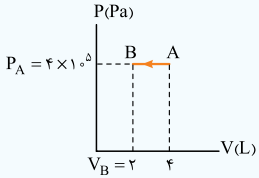
۲)


۳)


۴)


پاسخ گزینهٔ ۳ فرایند AB یک فرایند تراکم هم‌فشار است *(چون از مبدأ مختصات می‌گذرد.)* و نمودار $P - V$ برای آن خطی افقی است

که حجم در آن کاهش می‌یابد و به صورت روبه‌رو رسم می‌شود:

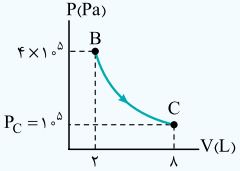


$$P_A V_A = nRT_A \Rightarrow P_A \times (۴\times۱۰^{-۳}) = ۰/۴\times۸\times۵۰۰$$

$$\Rightarrow P_A = ۴\times۱۰^۵ \text{ Pa}$$

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \Rightarrow \frac{۴}{۵۰۰} = \frac{V_B}{۲۵۰} \Rightarrow V_B = ۲\text{ L}$$

فرایند BC یک فرایند انبساط هم‌دما است که نمودار $P-V$ برای آن به صورت مقابل رسم می‌شود:



$$P_C V_C = P_B V_B$$

$$\Rightarrow P_C \times ۸ = ۴\times۱۰^۵ \times ۲$$

$$\Rightarrow P_C = ۱۰^۵ \text{ Pa}$$

۵۱ فرایند بی‌دررو

در این فرایند، گرمایی بین دستگاه و محیط مبادله نمی‌شود $(Q = ۰)$.

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{Q=۰} \Delta U = W$$

توجه فرایند بی‌دررو در دو حالت مرسوم رخ می‌دهد:

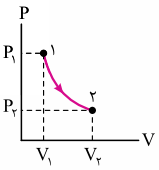
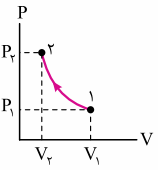
۱) دستگاه عایق‌بندی شده باشد.

۲) فرایند بسیار سریع رخ دهد و فرصت مبادلهٔ گرما وجود نداشته باشد.

نمودار فرایند بی‌دررو

این نمودار مانند نمودار $P-V$ فرایند هم‌دما به صورت منحنی است اما

نسبت به فرایند هم‌دما اندازهٔ شیب آن بیشتر است.

	تراکم بی‌دررو	انبساط بی‌دررو
شکل		
توضیح	محیط روی گاز، کار انجام می‌دهد، زیرا: $V_2 < V_1 \xleftarrow{\Delta V<0} W>0$ انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد، زیرا: $W>0 \xleftarrow{\Delta U=W} \Delta U>0$	گاز روی محیط کار انجام می‌دهد، زیرا: $V_1 < V_2 \xleftarrow{\Delta V>0} W<0$ انرژی درونی گاز کاهش می‌یابد، زیرا: $W<0 \xleftarrow{\Delta U=W} \Delta U<0$

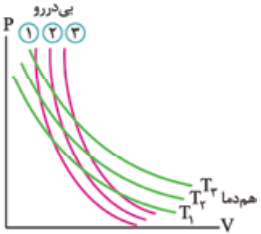
تست **در کدام فرایند، کار انجام‌شده روی گاز مثبت است و انرژی درونی گاز کاهش می‌یابد؟** (ریاضی ۱۴۰۲)

۱) تراکم هم‌فشار
۲) تراکم بی‌دررو
۳) انبساط هم‌فشار
۴) انبساط بی‌دررو

پاسخ گزینهٔ ۱

فرایند	نوع	کار (W)	تغییر انرژی درونی (ΔU)
هم‌فشار	تراکم	$W>0$	$\Delta U<0$
	انبساط	$W<0$	$\Delta U>0$
بی‌دررو	تراکم	$W>0$	$\Delta U>0$
	انبساط	$W<0$	$\Delta U<0$

مقایسهٔ فرایند هم‌دما با بی‌دررو



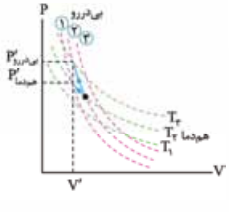
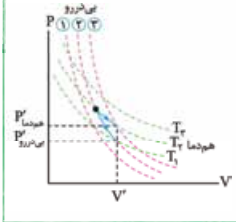
در شکل مقابل، سه نمودار هم‌دما و سه نمودار بی‌دررو در یک شکل رسم شده‌اند.

(کلاً شیب بی‌دررو از هم‌دما بیشتره.)

در ادامه یه تیپ معروف از کاربرد نمودار روبه‌رو رو براتون آوردیم که معمولاً مشکل بچه‌هاس.

طراح می‌گه: «گاز رو یه بار با بی‌دررو و یه بار با هم‌دما تا فلان حجم، منبسط یا متراکم می‌کنیم.»

این جمله یعنی: هم‌دما و بی‌دررو از یه نقطه شروع می‌شن و در نهایت به یه حجم یکسان (V') می‌رسن. مثلاً ما نقطهٔ شروع رو محل تقاطع نمودار شمارهٔ (۲) بی‌دررو و شمارهٔ (۲) هم‌دما در نظر می‌گیریم.

حالت	تراکم	انبساط
شکل		
فشار نهایی	$P'_{\text{بی‌دررو}} < P'_{\text{هم‌دما}}$	$P'_{\text{بی‌دررو}} > P'_{\text{هم‌دما}}$
اندازهٔ کار	$\lvert \frac{\text{مساحت}}{\text{زیر بی‌دررو}} \rvert < \lvert \frac{\text{مساحت}}{\text{زیر هم‌دما}} \rvert$ $\lvert W_{\text{بی‌دررو}} \rvert < \lvert W_{\text{هم‌دما}} \rvert$	$\lvert \frac{\text{مساحت}}{\text{زیر بی‌دررو}} \rvert > \lvert \frac{\text{مساحت}}{\text{زیر هم‌دما}} \rvert$ $\lvert W_{\text{بی‌دررو}} \rvert > \lvert W_{\text{هم‌دما}} \rvert$

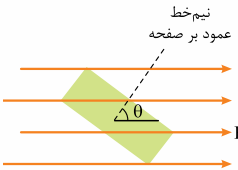
۱۰۳ شار مغناطیسی

$\Phi = BA\cos\theta$

B: میدان مغناطیسی برحسب تسلا (T)

A: مساحت صفحه برحسب متر مربع (m^2)

θ: زاویهٔ میدان مغناطیسی و نیم‌خط عمود بر صفحه

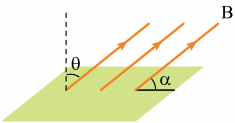


Φ: شار مغناطیسی برحسب وِبِر (Wb)

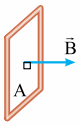
- کمیتی فرعی و نرده‌ای است.
- در SI برحسب وبر (Wb) اندازه‌گیری می‌شود. $1\ Wb = 1\ T.m^2$

توجه زاویهٔ خود صفحه با میدان مغناطیسی α، متمم θ است.

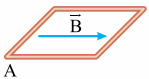
$\theta = 90^\circ - \alpha$



اگر صفحه، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار بگیرد، شـار عبوری از آن بیشینه است. *(انگار صفحه تور ماهی‌گیریه و خطوط میدان ماهی هستن.)*



و اگر صفحه، موازی با خطوط میدان مغناطیسی باشد، شار عبوری از آن صفر است.



$\Phi = 0$

تست حلقه‌ای به مساحت $200\,cm^2$ درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B = 0/004\,T$ قرار دارد و خطوط میدان با سطح حلقه، زاویهٔ ۶۰ درجه می‌سازند. شار مغناطیسی که از حلقه می‌گذرد، چند وبر است؟ (سراسری ریاضی ۹۹)

۱) 2×10^{-3} ۲) 4×10^{-5} ۳) $4\sqrt{3}\times10^{-3}$ ۴) $4\sqrt{3}\times10^{-5}$

پاسخ گزینهٔ ۴

$$\theta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

$$\Phi = BA\cos\theta = (0/004)(200\times10^{-4})\cos30^\circ = 4\sqrt{3}\times10^{-5}\ Wb$$

تغییر شار مغناطیسی

شار مغناطیسی با تغییر سه چیز، تغییر می‌کند:

۱) تغییر میدان مغناطیسی $\Delta\Phi = (\Delta B)A\cos\theta$

۲) تغییر مساحت $\Delta\Phi = B(\Delta A)\cos\theta$

۳) تغییر زاویه $\Delta\Phi = BA(\Delta\cos\theta) = BA(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$

توجه آهنگ هر کمیت یعنی $\frac{\text{تغییر کمیت}}{\text{زمان}}$.

مثلاً: آهنگ تغییر شار: $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

آهنگ تغییر میدان مغناطیسی: $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ و آهنگ تغییر مساحت: $\frac{\Delta A}{\Delta t}$.

۱۰۴ قانون القای فاراده

تغییر شار مغناطیسی ($\Delta\Phi$) باعث تولید **نیروی محرکهٔ القایی متوسط (ε_{av})** و در نتیجه **جریان الکتریکی القایی متوسط** (I_{av}) می‌شود که هر دو با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب هستند.

$$\varepsilon_{av} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

N : تعداد حلقه‌ها

$\Delta\Phi$: تغییر شار مغناطیسی برحسب وبر (Wb)

Δt : تغییر زمان برحسب ثانیه (s)

ε_{av} : نیروی محرکهٔ القایی برحسب ولت (V)

توجه از رابطهٔ صفحهٔ قبل می‌توان گفت:

$$1\,V = 1\,\frac{Wb}{s}$$

ولت — وبر — ثانیه

تست **سیمی را به شکل حلقه‌ای به شعاع $10\,cm$ در می‌آوریم و آن را روی یک سطح افقی قرار می‌دهیم. میدان مغناطیسی یکنواختی که با سطح قاب زاویهٔ ۳۰ درجه می‌سازد، در مدت ۱۵/۷ میلی‌ثانیه از ۶۰۰۰ گاوس به صفر کاهش می‌یابد. نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه چند ولت است؟** (سراسری ریاضی ۱۴۰۲)

۱) $0/6\sqrt{3}$ ۲) $0/6$ ۳) $1/2\sqrt{3}$ ۴) $1/2$

پاسخ گزینهٔ ۲

مساحت حلقه:

$$A = \pi r^2 = 3/14\times10^{-2} = 314\,cm^2$$

$$= 314\times10^{-4}\,m^2 = 3/14\times10^{-2}\,m^2$$

زاویهٔ سطح قاب با میدان 30° است؛ پس زاویهٔ نیم‌خط عمود بر صفحه با میدان 60° است، پس تغییر شار مغناطیسی برابر می‌شود با:

$$\Delta\Phi = (\Delta B)A\cos\theta \xrightarrow[\theta=60^\circ]{B_1=6000\times10^{-4}\,T\,,\,B_2=0}$$

$$\Delta\Phi = (0-6000\times10^{-4})(3/14\times10^{-2})\cos60^\circ$$

$$= (-0/6)(3/14\times10^{-2})(\tfrac{1}{2}) = -0/3\times3/14\times10^{-2}\,Wb$$

نیروی محرکهٔ القایی متوسط در مدت $\Delta t = 15/7\,ms = 15/7\times10^{-3}\,s$ برابر می‌شود با:

$$\varepsilon_{av} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -1\times\frac{-0/3\times3/14\times10^{-2}}{15/7\times10^{-3}} = 0/6\,V$$

(۱ و ۵)

۱۰۵ جریان القایی متوسط

جریان القایی متوسط (I_{av}) را می‌توان از قانون اُهم محاسبه کرد:

$$I=\frac{V}{R} \xrightarrow{V=\varepsilon_{av}} I_{av}=\frac{\varepsilon_{av}}{R}=-\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

توجه هر چه آهنگ تغییر شار مغناطیسی $(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t})\uparrow \Rightarrow \varepsilon\uparrow \Rightarrow I\uparrow$

یادآوری از فصل الکتریسیتهٔ جاری، بار القایی شارش‌شده برابر می‌شود با:

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta q}{\cancel{\Delta t}}=\frac{-N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\cancel{\Delta t}} \Rightarrow \Delta q=-\frac{N}{R}\Delta\Phi$$

تست **پیچه‌ای دارای ۲۰۰ حلقه است و شار مغناطیسی ۰/۰۵ وبر از آن می‌گذرد. دو سر این پیچه به هم وصل است. اگر این شار مغناطیسی با آهنگ ثابتی کاهش یافته و به صفر برسد و مقاومت الکتریکی پیچه ۱۰ Ω باشد، چند کولن بار الکتریکی در آن شارش پیدا می‌کند؟** (سراسری ریاضی ۹۷)

۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۱ ۳) ۱ ۴) ۱۰

پاسخ گزینهٔ ۳

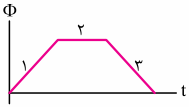
$$\Delta\Phi=\Phi_2-\Phi_1=0-0/05=-0/05\ \text{Wb}$$

$$\Delta q=\frac{-N\Delta\Phi}{R} \Rightarrow \Delta q=\frac{-200\times(-0/05)}{10}=1\ \text{C}$$

۱۰۶ نمودارهای مهم

نمودار شار بر حسب زمان ($\Phi-t$)

شار گذرنده از یک سطح بسته در ۳ مرحله مطابق شکل مقابل رسم شده است:

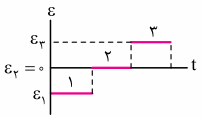


۲. نمودار نیروی محرکه ـ زمان (ε ـ t)

می‌خواهیم از روی نمودار $\Phi - t$ نمودار $\varepsilon - t$ را رسم کنیم.

$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \text{شیب نمودار } \Phi - t$$

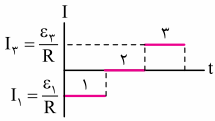
یعنی برای محاسبهٔ ε باید $(-N)$ را در شیب نمودار $\Phi - t$ ضرب کنیم:



۳. نمودار جریان ـ زمان (I ـ t)

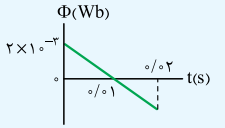
می‌خواهیم از روی نمودار $\varepsilon - t$، نمودار $I - t$ را رسم کنیم. $I = \frac{\varepsilon}{R}$

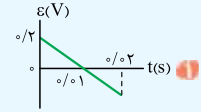
یعنی برای محاسبهٔ I، محور قائم نمودار $\varepsilon - t$ را بر مقاومت (R) تقسیم می‌کنیم:

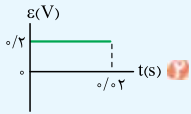


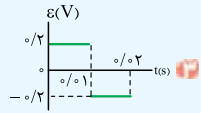
نوجه قیافهٔ نمودارهای $\varepsilon - t$ و $I - t$ شبیه به هم است.

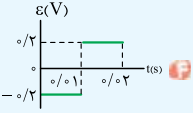
تست **نمودار شار مغناطیسی که از یک حلقه می‌گذرد، در شکل مقابل، نشان داده شده است. نمودار نیروی محرکهٔ القایی در این مدت کدام است؟** (تجربی خارج ۹۹)



۱)


۲)


۳)


۴)


پاسخ گزینهٔ ۲ نمودار $\Phi - t$ به صورت خطی با شیب ثابت و منفی است؛ پس برای محاسبهٔ نمودار $\varepsilon - t$ باید شیب آن را در $(-N)$ ضرب کنیم که تبدیل به عددی ثابت و مثبت می‌شود؛ پس با *نگاه می‌گیم* که گزینهٔ (۲) پاسخ صحیح است و نیازی به حل نیست، اما برای دل شما محاسبه هم می‌کنیم:

$$\text{شیب } \Phi - t = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0 - 2\times10^{-3}}{0/01} = -0/2$$

$$\varepsilon = -N \times (\text{شیب } \Phi - t) = -1 \times (-0/2) = 0/2\ V$$

۱۰۷ قانون لنز یا ساز مخالف

قانون لنز

جریان القایی در جهتی ایجاد می‌شود که با تغییر شار مخالفت کند.

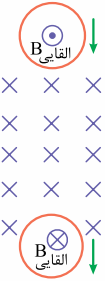
شار تغییر می‌کنه ← باتری القایی ایجاد می‌شه ← جریان القایی ایجاد می‌شه ← میدان مغناطیسی القایی ایجاد و با قاعدهٔ دست راست جهت اون تعیین می‌شه.

قاعدهٔ کلی

- اگر شار در حال کاهش باشد ← میدان القایی با میدان اصلی هم‌جهت است.
- اگر شار در حال افزایش باشد ← میدان القایی در خلاف جهت میدان اصلی است.

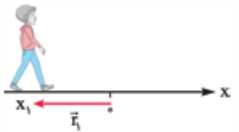
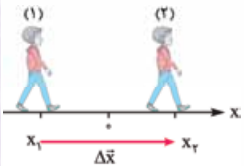
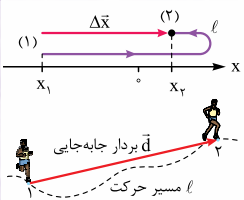
تیپ ۱. وارد یا خارج کردن حلقه در میدان:

- حلقه به میدان وارد شود: جهت میدان القایی در حلقه، خلاف جهت میدان خارجی است.
- حلقه از میدان خارج شود: جهت میدان القایی در حلقه، در جهت میدان خارجی است.



۱۱۳ مسافت و جابه‌جایی

هر چیزی که از جنس طول باشد، در SI برحسب متر (m) اندازه‌گیری می‌شود، مثل مسافت و ...

کمیت	نماد	شکل نمونه	تعریف
بردار مکان روی محور x (برداری)	$\vec{r}$		برداری که مبدأ را به محل متحرک وصل می‌کند. $\vec{r}_1 = x_1\vec{i}$
بردار جابه‌جایی روی محور x (برداری)	$\Delta\vec{x}$ یا $\vec{d}$		تغییر بردار مکان متحرک، بردار جابه‌جایی است؛ یعنی برداری که محل شروع را به پایان وصل می‌کند. $\Delta\vec{x} = (x_2 - x_1)\vec{i}$
مسافت (نرده‌ای)	ℓ		طول مسیر حرکت متحرک

۱ اندازهٔ جابه‌جایی همواره کوچک‌تر یا مساوی مسافت است. $(\Delta x \leq \ell)$

۲ جابه‌جایی به مسیر حرکت بستگی ندارد و فقط نقطهٔ شروع و پایان در آن مهم است، اما مسافت به مسیر حرکت وابسته است.

۱۱۴ تندی و سرعت

سرعت و تندی دو کمیت متفاوت‌اند. انواع آن‌ها را ببینید:

کمیت	نوع	نماد	تعریف	رابطه
تندی (نرده‌ای)	لحظه‌ای	s	سریع یا آهسته رفتن در هر لحظه	—
	متوسط	s_{av}	مسافت طی‌شده در واحد زمان	$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t}$
سرعت (برداری)	لحظه‌ای	v	همان تندی لحظه‌ای به همراه جهت	$v = s$
	متوسط	v_{av}	جابه‌جایی در واحد زمان	$v_{av} = \frac{\Delta x \text{ یا } d}{\Delta t}$

Δt: تغییر زمان برحسب ثانیه (s)

توجه یکای تندی و سرعت در SI برحسب متر بر ثانیه (m/s) است اما کیلومتر بر ساعت (km/h) **یکای پرکاربرد** آن است.

$$\frac{km}{h} \underset{\times \frac{۳۶}{۱۰}}{\overset{\times \frac{۱۰}{۳۶}}{\rightleftarrows}} \frac{m}{s}$$