فصل اول
یازدهم

الکتریسیتهٔ ساکن

۶۳ اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی نرده‌ای

$$q = \pm n e$$

q: مقدار بار الکتریکی (C) ← e: بار الکترون (C)

n: تعداد الکترون مبادله شده

تذکر: در رابطهٔ فوق داریم: $e \simeq ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$

- $\frac{q}{e}$ برای یک جسم همواره عددی صحیح است.
- علامت $+$ برای از دست دادن الکترون و علامت $-$ برای گرفتن الکترون است.

۶۴ اصل پایستگی بار الکتریکی

$$\underbrace{q_۱ + q_۲}_{\text{مجموع جبری بار اولیهٔ اجسام}} = \underbrace{q'_۱ + q'_۲}_{\text{مجموع جبری بار اجسام پس از تبادل بار یکدیگر}}$$

تذکر: در این رابطه باید بارها را با علامت جایگذاری کرد.

۶۵ قانون کولن

$$F = k \frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$$

F: نیروی الکتروستاتیکی دو بار بر هم (N)

$|q_۱||q_۲|$: اندازهٔ بارهای الکتریکی (C)

r: فاصلهٔ دو بار از هم (m)

تذکر: k ثابت کولن است:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9\ N.m^2/C^2$$

ε_0 ↓ ضریب گذردهی خلأ $(\simeq 8/85\times10^{-12}\ C^2/N.m^2)$

تکنیک: قانون ۹۰: در رابطهٔ فوق هرگاه مقدار دو بار الکتریکی بر حسب μC و فاصلهٔ دوبار بر حسب cm داده شده باشد، به جای تبدیل واحدها، $k = 90$ قرار می‌دهیم.

نکته: طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که دو بار به هم وارد می‌کنند، هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگر است:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}\ ,\ F_{12} = F_{21}$$

۶۶ نسبت دو نیروی الکتریکی پس از کاستن بار از یکی و افزودن به دیگری

$$\frac{F'}{F} = \left|\frac{(q_1 - x)(q_2 + x)}{q_1 q_2}\right| \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

کاربرد: اگر دو بار در فاصلهٔ r از هم داشته باشیم و مقدار (x) را از یکی کاسته و به دیگری اضافه کنیم، نسبت نیروها در دو حالت از رابطهٔ فوق به دست می‌آید.

نکته: اگر n ذرهٔ باردار در نزدیکی بار نقطه‌ای q_0 داشته باشیم، برای محاسبه برایند نیروهای وارد بر بار q_0 از $\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots$ استفاده می‌کنیم.

تکنیک: اگر دو بار، همنام و هم‌اندازه باشند، نیروی الکتریکی برایند وارد بر بار q در نقطه‌ای وسط فاصلهٔ بین دو بار صفر می‌شود.

۱۲۲ سرعت متوسط در n جابه‌جایی متوالی

برداری

$$v_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \cdots + \Delta x_n}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \cdots + \Delta t_n}$$

تذکر: علامت Δx ها را باید جایگذاری کنید!

۱۲۳ سرعت متوسط در n جابه‌جایی مساوی (در یک جهت) با سرعت‌های متوسط متفاوت

برداری

$$v_{av} = \frac{n}{\frac{1}{v_{1,av}} + \frac{1}{v_{2,av}} + \cdots + \frac{1}{v_{n,av}}}$$

تذکر: همهٔ v ها اندازهٔ سرعت متوسط می‌باشند و مثبت هستند.

۱۲۴ سرعت نسبی دو متحرک نسبت به هم

$$\vec{v}_{\text{نسبی}} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$$

نکته:

- اگر دو متحرک در یک جهت حرکت کنند:

$$v_{\text{نسبی}} = \| v_1 | - | v_2 \|$$

- اگر دو متحرک در خلاف جهت یکدیگر حرکت کنند:

$$v_{\text{نسبی}} = | v_1 | + | v_2 |$$

۱۲۵ معادلهٔ مکان ـ زمان حرکت با سرعت ثابت

$$x = v t + x_0 \Rightarrow \Delta x = vt$$

- x: مکان متحرک (m)
- v: سرعت ثابت متحرک (m / s)
- t: زمان (s)
- x_0: مکان اولیهٔ متحرک (m)

نکته: بردار نیرو و شتاب همیشه هم‌جهت هستند.

اگر سرعت حرکت جسمی ثابت باشد: $a = 0 \Leftrightarrow F_{net} = 0$

قانون سوم نیوتون: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \xrightarrow{\text{اندازه}} F_{12} = F_{21}$

کاربرد: هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی **هم‌اندازه** و **هم‌راستا** اما در خلاف جهت نیروی اول وارد می‌کند.

نکته: نیروهای کنش و واکنش چون به دو جسم متفاوت وارد می‌شوند، قابل برایندگیری نیستند.

۱۳۷ نیروی وزن

جرم جسم (kg)

$\vec{W} = m\vec{g}$

نیروی وزن (N) ← شتاب گرانش $(9/8 m/s^2)$ →

۱۳۸ آسانسور

شتاب رو به بالا $F_N = m(g+a) \Rightarrow F_N > mg$

شتاب رو به پایین $F_N = m(g-a) \Rightarrow F_N < mg$

ساکن یا در حال حرکت با سرعت ثابت $F_N = mg$

طناب آسانسور پاره شود. $F_N = 0$

نکته: اگر شخصی درون آسانسور روی ترازو ایستاده باشد، F_N عددی است که ترازو نشان می‌دهد.

۱۷۸ تراز شدت صوت β

$$\beta = ۱۰\log(\frac{I}{I_۰})$$

I ← شدت صوت ($W/m^۲$)

$I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\ W/m^۲$ ← شدت صوت مرجع

β ↓ (دسی‌بل: dB)

نکته: اگر اختلاف تراز دو شدت صوت را بخواهیم از این رابطه استفاده می‌کنیم:

$$\Delta\beta = ۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱} = ۱۰\log(\frac{A_۲}{A_۱}\times\frac{f_۲}{f_۱}\times\frac{r_۱}{r_۲})^۲$$

تکنیک: هرگاه اختلاف تراز شدت صوت در فاصلهٔ $r_۱$ و $r_۲$ مورد سؤال باشد از رابطهٔ $\Delta\beta = ۱۰\log(\frac{r_۱}{r_۲})$ استفاده می‌کنیم.

فصل چهارم دوازدهم
(ادامهٔ فصل سوم رشتهٔ تجربی)

برهم‌کنش‌های موج

۱۷۹ قانون بازتاب عمومی

$$\theta_i = \theta_r$$

θ_i ↙ زاویهٔ تابش

θ_r ↘ زاویهٔ بازتاب

نکته: زاویهٔ انحراف در بازتاب:

$$D = ۱۸۰^\circ - ۲\theta_i$$

θ_i ↓ زاویهٔ تابش

۱۸۴ رابطهٔ طول موج با پهنای نوارها در آزمایش یانگ

ویژهٔ ریاضی

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

W_2: پهنای نوار در آزمایش دوم
W_1: پهنای نوار در آزمایش اول
λ_2: طول موج نور در آزمایش دوم
λ_1: طول موج نور در آزمایش اول

کاربرد: اگر آزمایش یانگ را برای دو موج با λهای مختلف انجام دهیم، رابطهٔ تناسبی پهنای نوارها و طول موج از این رابطه به دست می‌آید.

۱۸۵ طول موج هماهنگ n اُم

ویژهٔ ریاضی

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad , \quad n = 1, 2, 3, \ldots$$

L: طول تار (m)
n: عدد هماهنگ

کاربرد: برای نقش موج ایستاده‌ای با n شکم استفاده می‌شود.

۱۸۶ بسامدهای تشدیدی تار

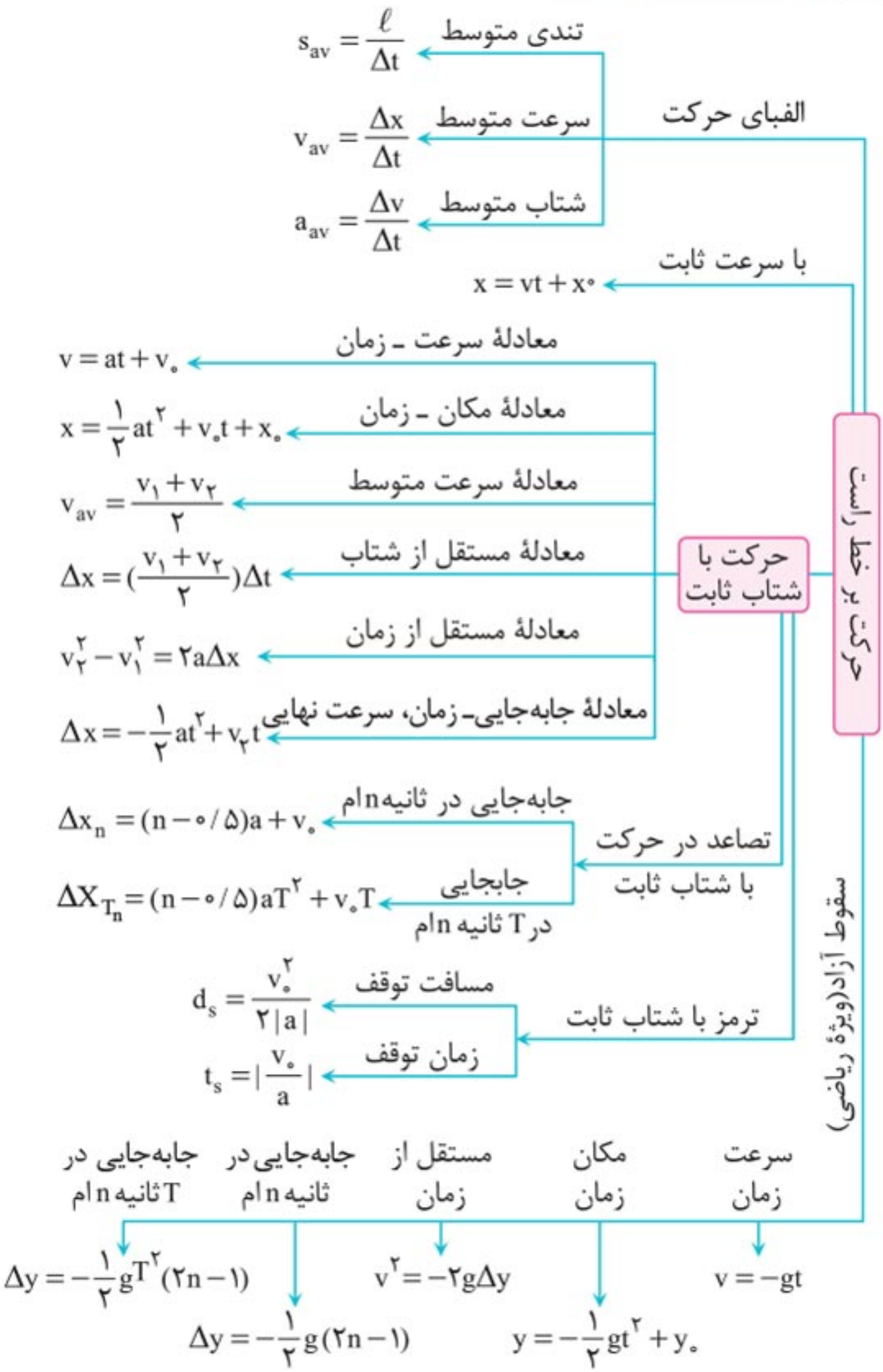
ویژهٔ ریاضی

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{nv}{2L} \quad , \quad n = 1, 2, \ldots$$

نکته: در صورت داشتن نیروی کشش به‌جای تندی انتشار موج، از جایگذاری رابطهٔ $v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}}$ در این رابطه استفاده می‌کنیم.

$$f_n = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F \cdot L}{m}}$$

درخت فرمول‌ها



معادلهٔ حالت

متغیرهای ترمودینامیکی مستقل از یکدیگر نیستند و با هم رابطه دارند. رابطهٔ بین متغیرهای ترمودینامیکی را **معادلهٔ حالت** می‌نامند.

فرایند ترمودینامیکی

هنگامی که دستگاه از یک حالت تعادل به حالت تعادل دیگر می‌رود، می‌گوییم یک **فرایند ترمودینامیکی** انجام شده است.

فرایند هم‌فشار

در این فرایند فشار گاز همواره ثابت و حجم و دمای آن در حال تغییرند.

فرایند هم‌حجم

در این فرایند حجم گاز همواره ثابت و دما و فشار آن در حال تغییرند.

فرایند هم‌دما

در این فرایند گاز با منبع گرما در تماس بوده تا همواره دما در آن ثابت بماند.

فرایند بی‌دررو

در این فرایند به دلیل وجود عایق حرارتی یا سریع انجام شدن فرایند، گاز تبادل گرما نداشته و فقط از راه انجام دادن کار، انرژی را منتقل می‌کند.

فرایند ایستاوار

اگر در طول یک فرایند، دستگاه همواره بسیار نزدیک به حالت تعادل بوده و سریع به تعادل برسد، چنین فرایندی را **فرایند ایستاوار** می‌نامند.

گرما

انرژی‌ای است که به سبب اختلاف دما، بین دو جسم مبادله می‌شود.

منبع گرما

جسمی است که جرم آن در مقابل جرم دستگاهی که با آن تبادل گرما دارد، چنان بزرگ است که می‌تواند مقدار زیادی گرما بگیرد، یا از دست بدهد، بی‌آنکه تغییر دمای محسوسی پیدا کند.

انرژی درونی

انرژی درونی یک ماده با مجموع انرژی‌های اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن ماده برابر است (مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل ذره‌های ماده).

قانون اول ترمودینامیک (قانون پایستگی انرژی)

اگر دستگاه در فرایندی ایستاوار، گرما (Q) بگیرد و کار (W) بر روی آن انجام شود، مجموع آن‌ها با تغییرات انرژی درونی برابر است.

چرخهٔ ترمودینامیکی

فرایندی که در طی آن، دستگاه پس از طی چند فرایند به حالت اولیهٔ خود برمی‌گردد، **چرخهٔ ترمودینامیکی** نامیده می‌شود.

منبع دما بالا

به منبعی که در یک چرخهٔ آرمانی (چرخهٔ بدون اتلاف همراه با فرایندهای ایستاوار) گرمای Q_H از آن گرفته می‌شود، **منبع دما بالا** گفته می‌شود.

منبع دما پایین

منبعی را که دستگاه پس از انجام مقداری کار ($|W|$)، مقداری گرما ($|Q_L|$) به آن می‌دهد، **منبع دماپایین** می‌نامند.

سراب

در روزهای گرم ممکن است برکهٔ آبی در دوردست ببینید که بر روی سطح زمین قرار دارد. اما وقتی به آن محل می‌رسید، آنجا را خشک می‌یابید. به این پدیده **سراب** یا **سراب آبگیر** می‌گویند.

پاشندگی نور

وقتی نور سفید خورشید به وجهی از یک منشور می‌تابد، در عبور از منشور به رنگ‌های مختلفی تجزیه می‌شود، به این پدیده (پخش شدن نور)، **پاشندگی نور** می‌گویند.

پراش موج

ویژهٔ ریاضی

اگر در مسیر انتشار یک موج، مانع یا شکافی قرار دهیم، درصورتی که ابعاد مانع در حدود طول موج باشد، بخشی از موج که از لبهٔ مانع یا شکاف عبور می‌کند، به وضوح به اطراف مانع یا شکاف گسترده می‌شود. به این پدیده **پراش موج** می‌گویند.

نقش پراش

ویژهٔ ریاضی

اگر پراش نوری تکفام از یک شکاف باریک یا لبهٔ تیز را روی پرده مشاهده کنیم، همواره نوارهای تاریک و روشنی موسوم به **نقش پراش** را موازی با لبه‌های شکاف مشاهده می‌کنیم.

اصل برهم‌نهی امواج

ویژهٔ ریاضی

وقتی چندین موج به‌طور همزمان بر ناحیه‌ای از فضا تأثیر بگذارند، اثر خالص آن‌ها برابر مجموع اثرهای مجزای هر یک از آن‌هاست.

تداخل امواج

ویژهٔ ریاضی

به ترکیب و هم‌پوشانی دو یا چند موج که در یک لحظه از یک نقطه عبور می‌کنند، **تداخل** می‌گوییم.

غنی‌سازی اورانیم

ویژهٔ ریاضی

به فرایند افزایشِ درصد یا غلظتِ ایزوتوپ ۲۳۵ اورانیم در یک نمونه، **غنی‌سازی** گفته می‌شود.

نوترون‌های تُند

ویژهٔ ریاضی

نوترون‌های آزادشده در فرایند شکافت ایزوتوپ $^{235}_{92}U$ که انرژی جنبشی زیادی دارند (به‌طور متوسط حدود $2MeV$)، به **نوترون‌های تُند** معروف‌اند.

کُندساز نوترون

ویژهٔ ریاضی

به موادی که می‌توان از آن‌ها برای کُند کردنِ نوترون‌های تُند، به منظور افزایش احتمال جذب آن‌ها توسط ایزوتوپ‌های $^{235}_{92}U$ استفاده کرد، **کُندسازِ نوترون** می‌گویند؛ مانند آب معمولی (H_2O)، آب سنگین (D_2O) و گرافیت (اتم‌های کربن).

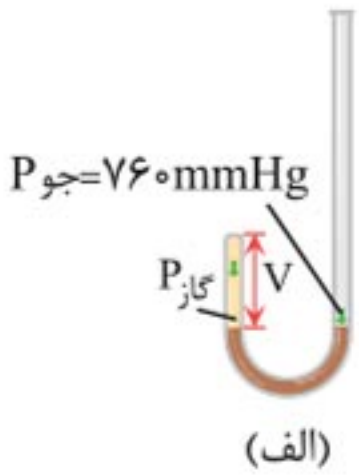
گداخت (همجوشی) هسته‌ای

ویژهٔ ریاضی

نوعی دیگر از واکنش هسته‌ای که منشأ تولید انرژی در ستارگان از جمله خورشید است، **گداخت** یا **همجوشی هسته‌ای** نام دارد که در طی آن دو هستهٔ سبک با یکدیگر ترکیب می‌شوند و هستهٔ سنگین‌تری به‌وجود می‌آورند.

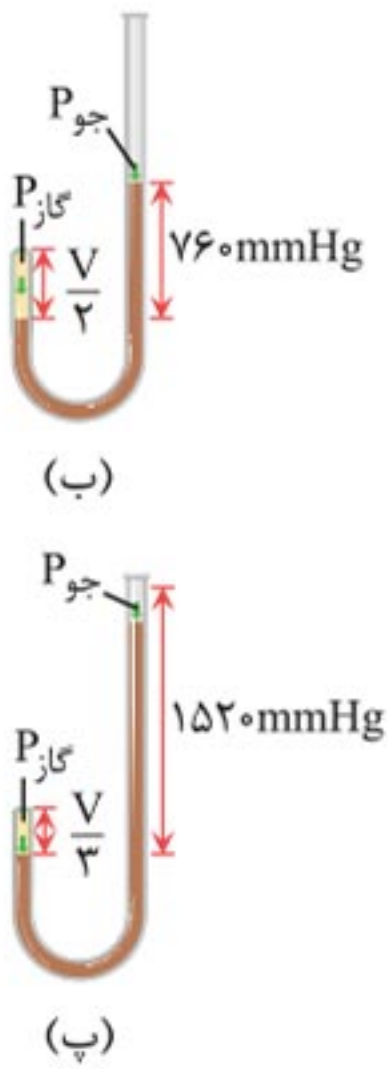
آزمایش بویل

ویژهٔ ریاضی



(الف)

• در ابتدا (شکل الف) گاز در فشار ۱ atm است، ارتفاع ستون جیوه در شاخه‌ها یکسان است و دهانهٔ سمت راست باز است.



(ب)

(پ)

• اگر جیوه به شاخهٔ راست اضافه شود تا اختلاف ارتفاع ۲ شاخه به ۷۶۰ mmHg برسد، فشار گاز به $۲\times۷۶۰=۱۵۲۰\,mmHg$ و حجم گاز به $\frac{V}{۲}$ خواهد رسید (شکل ب).

• اگر باز هم جیوه اضافه کنیم تا اختلاف ارتفاع ۱۵۲۰mmHg گردد، فشار وارد به گاز $۳\times۷۶۰=۲۲۸۰\,mmHg$ و حجم گاز به $\frac{V}{۳}$ می‌رسد. پس حاصل‌ضرب PV ثابت است.

فصل پنجم دهم

ترمودینامیک

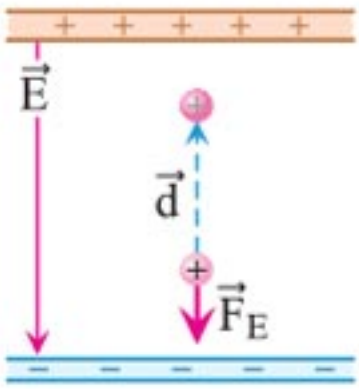
ویژهٔ ریاضی

دستگاه ـ محیط

• آب درون کتری یک **دستگاه** ترمودینامیکی است.

• کتری، سیم گرمکنِ آن و هوا، اجزای **محیط** هستند.

ب اگر خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شود. (مطابق شکل ب)



(ب)

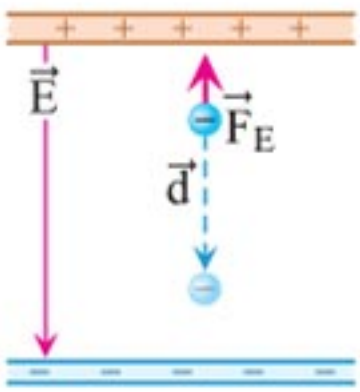
$\Delta K < 0$

$\Delta U_E > 0$

$W_E < 0$

- جابه‌جایی در خلاف جهت میدان پتانسیل افزایش می‌یابد. $\Delta V > 0$

پ اگر ذرهٔ باردار منفی در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود (مطابق شکل پ) به تدریج:



(پ)

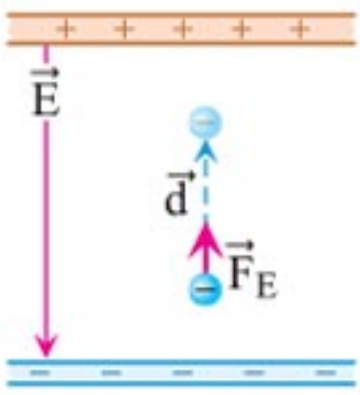
$\Delta K < 0$

$\Delta U_E > 0$

$W_E < 0$

- جابه‌جایی در جهت میدان پتانسیل کاهش می‌یابد. $\Delta V > 0$

ت اگر ذرهٔ باردار منفی خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شود. (مطابق شکل ت)



(ت)

$\Delta K > 0$

$\Delta U_E < 0$

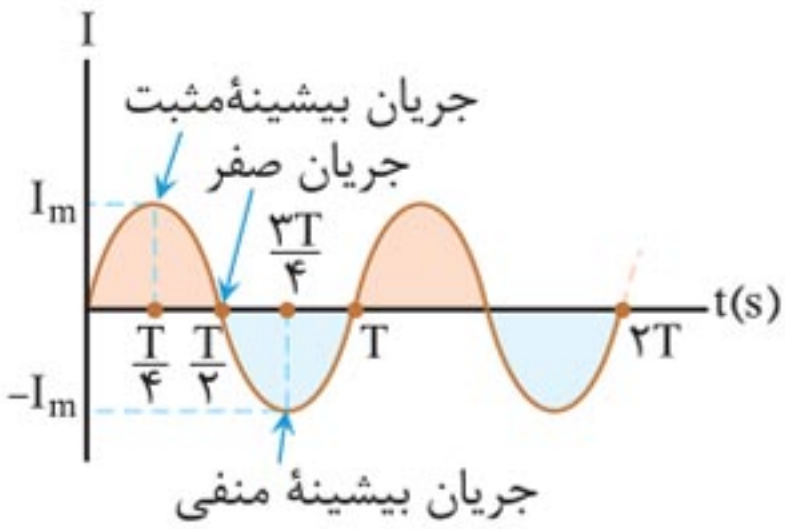
$W_E > 0$

- جابه‌جایی در خلاف جهت میدان پتانسیل افزایش می‌یابد. $\Delta V > 0$

آزمایش فاراده

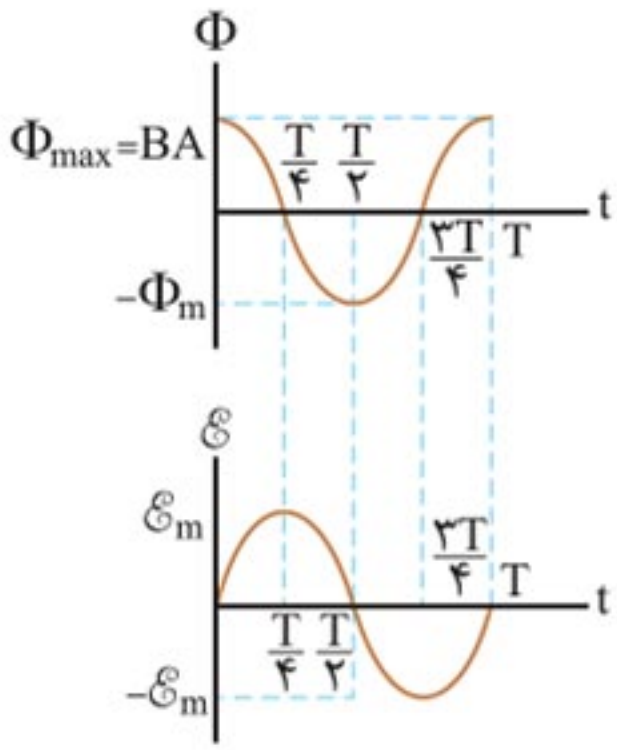
- یک گوی باردار را وارد ظرف می‌کنیم (الف) گوی را با کف ظرف تماس می‌دهیم و بعد درپوش فلزی را می‌بندیم (ب)، درپوش فلزی را با دسته عایق برمی‌داریم و گوی را از ظرف خارج

نمودار جریان القایی متناوب



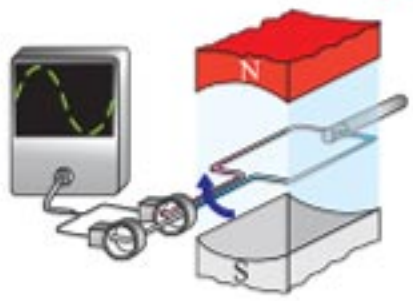
- نمودار تغییرات جریان متناوب سینوسی بر حسب زمان:
- مثبت و منفی شدن جریان در نمودار، به معنای تغییر جهت با گذشت زمان است.

نمودار شار و نیروی محرکه گذرنده از پیچهٔ دوار در یک دورهٔ تناوب

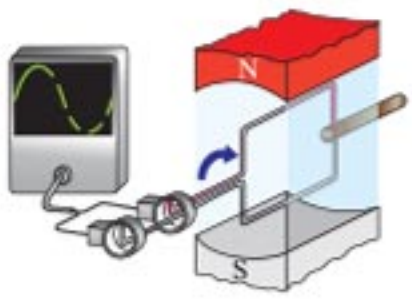


- در لحظاتی که سطح پیچه بر راستای خطوط میدان عمود است، شار عبوری از پیچه بیشینه است.
- در لحظاتی که سطح پیچه هم‌راستا با خطوط میدان است، شار عبوری از پیچه صفر است.

تولید جریان متناوب سینوسی در یک مولد صنعتی



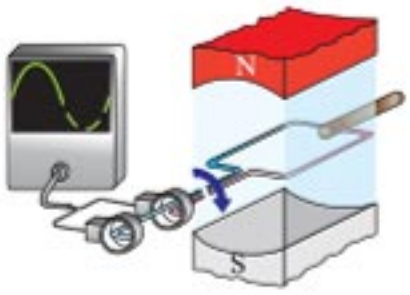
(الف)



(ب)

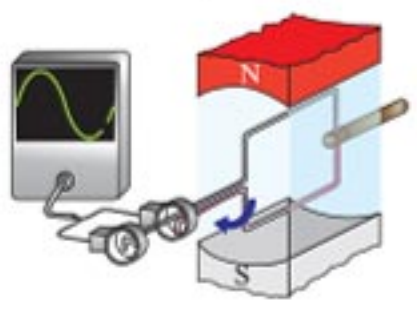
۱ در $t = 0$، سطح پیچه بر میدان مغناطیسی عمود است و جریانی در مدار وجود ندارد.

۲ پیچه در $t = 0$ تا $t = \frac{T}{4}$، یک چهارم دور می‌چرخد. در این مرحله جریان از صفر به بیشینهٔ مثبت می‌رسد.



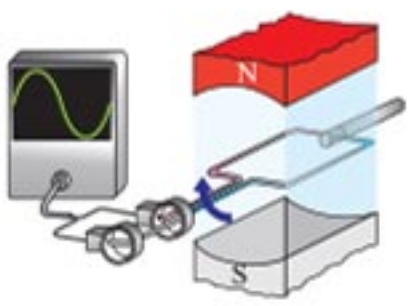
(پ)

۳ در $t=\frac{T}{4}$، تا $t=\frac{T}{2}$، پیچه یک ربع دور دیگر می‌چرخد و جریان از مقدار بیشینهٔ مثبت به صفر می‌رسد.



(ت)

۴ در حین این چرخش از $t=\frac{T}{2}$ تا $t=\frac{3T}{4}$، جریان از مقدار صفر به مقدار بیشینهٔ منفی خود می‌رسد.



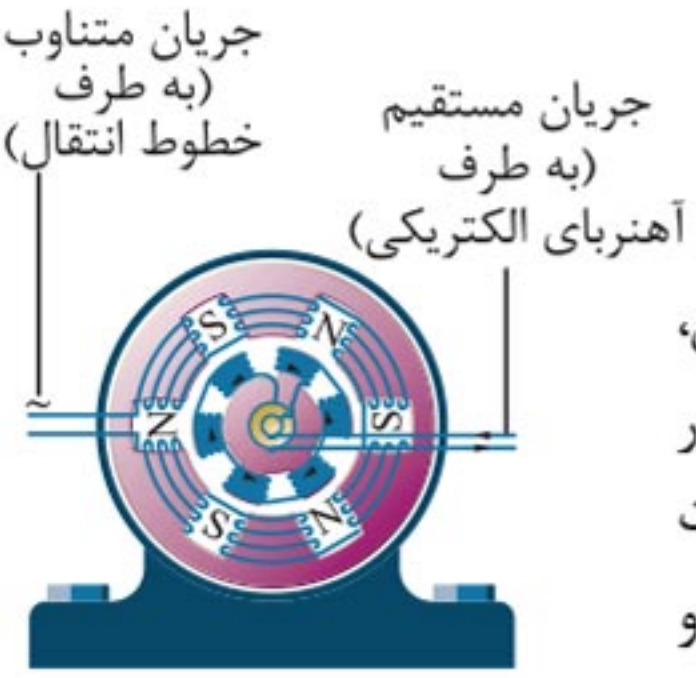
(ث)

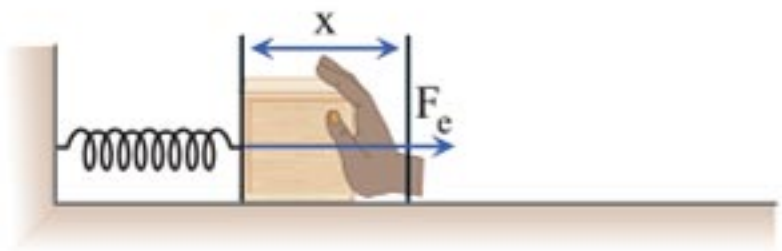
۵ از $t=\frac{3T}{4}$ تا $t=T$، پیچه یک ربعِ دورِ دیگر چرخیده و جریان از مقدار بیشینهٔ منفی به صفر می‌رسد و یک چرخهٔ کامل طی می‌شود.

(در شکل‌ها حتماً به نحوهٔ قرارگیری پیچه در هر مرحله و نمودار جریان متناوب سینوسی سمت چپ آن دقت کنید.)

مولدهای صنعتی جریان متناوب

- در مولدهای صنعتی، پیچه‌ها ساکن‌اند و آهنربای الکتریکی در آن‌ها می‌چرخد.
- در نیروگاه‌های تولید برق ایران، آهنربای الکتریکی در هر ثانیه ۵۰ دور درون پیچه می‌چرخد که این کمیت را بسامد برق تولید شده می‌نامند و به‌صورت ۵۰ HZ بیان می‌شود.

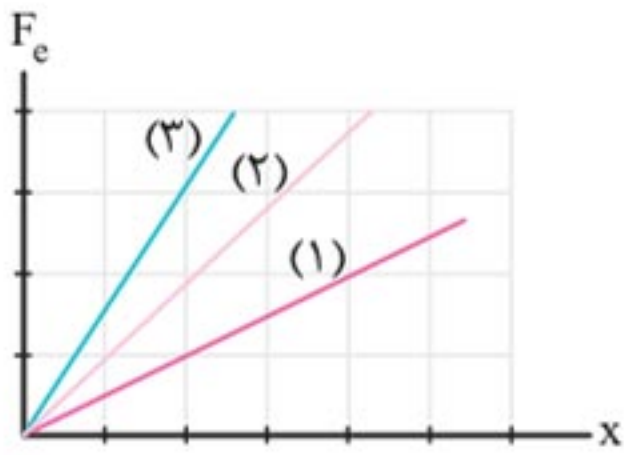




(پ)

- هنگامی که فنر را کشیده (ب) یا فشرده کرده‌ایم (پ)، نیروی کشسانی به سمت نقطهٔ تعادل بر جسم وارد می‌شود.
- هرچه فنر را بیشتر بکشیم یا فشرده کنیم، نیروی کشسانی فنر بیشتر می‌شود.

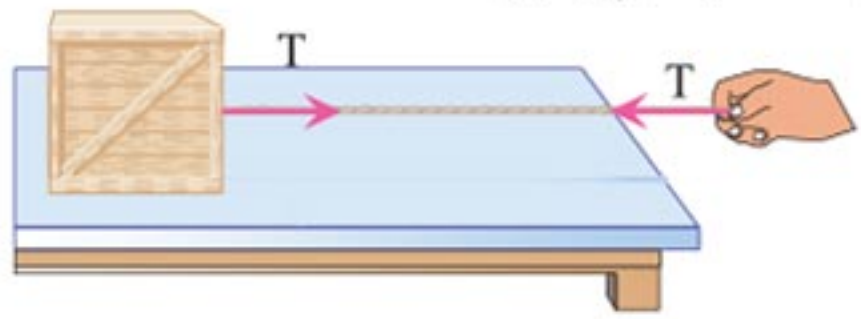
نمودار نیروی کشسانی فنر بر حسب تغییر طول



- نمودار $F_e - x$ برای سه فنر مطابق شکل است. دقت کنید که شیب این خط برابر ثابت فنر است و هرچقدر ثابت فنر بزرگ‌تر باشد، این شیب بیشتر و فنر سخت‌تر است. $(k_1 < k_2 < k_3)$

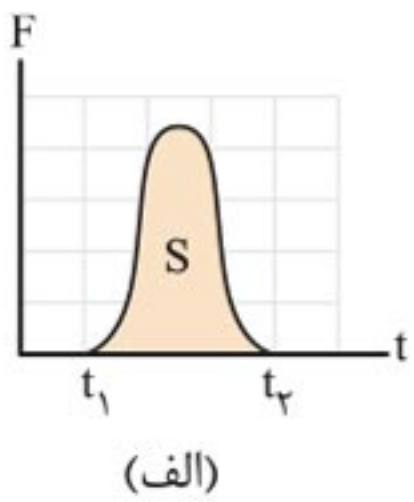
نیروی کشش طناب

- وقتی جسمی را مطابق شکل با طنابی متصل به آن می‌کشیم، طناب با نیرویی که به آن **کشش طناب** می‌گویند و جهت آن از طرف جسم به سمت بیرون و در راستای طناب است، جسم را می‌کشد.



- اگر از جرم طناب صرف‌نظر شود، این نیرو در کل طناب مقدار ثابتی است.

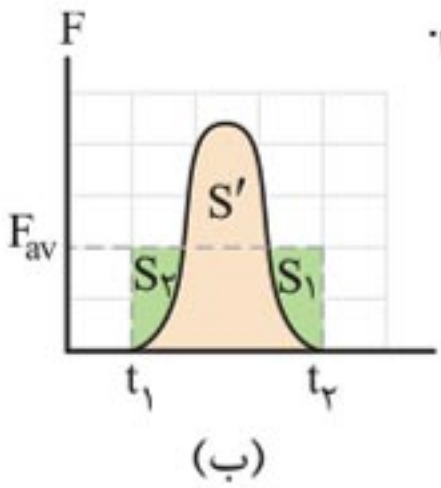
نمودار $F - t$ و محاسبهٔ تغییر تکانه



(الف)

- این نمودار نیروی وارد بر جسم در هر لحظه را نشان می‌دهد.
- مطابق شکل (الف) مساحت محصور بین نمودار $F - t$ و محور زمان برابر با تغییر تکانهٔ جسم است. $(\Delta p = S)$

- اگـر نیروی خالص وارد بر جسـم ثابت نباشـد، در مدت زمـان اثر نیرو از نیروی خالص متوسط (F_{av}) استفاده می‌کنیم.



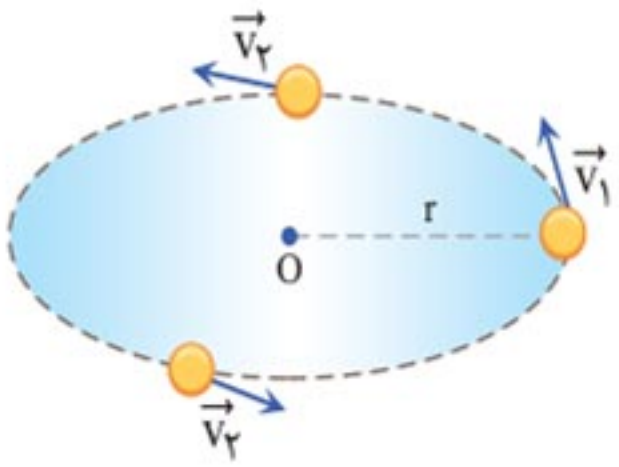
(ب)

- مطابـق شـکل (ب)، می‌تـوان سـطح مسـتطیل مربوط به نیروی خالص متوسـط را برابـر بـا تغییـر تکانـه در نظـر گرفـت $(S' = S_۱ + S_۲)$؛ پس $\Delta p = F_{av}.\Delta t$.

حرکت دایره‌ای یکنواخت

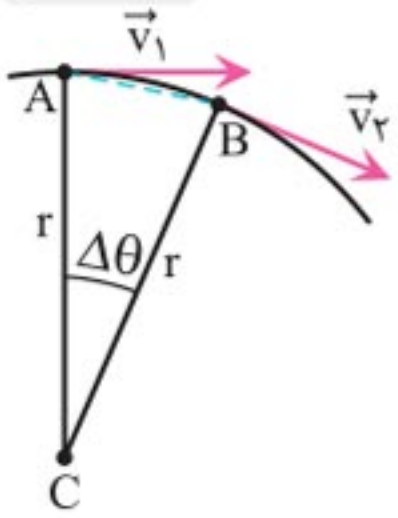
ویژهٔ ریاضی

- بردار سرعت ذره $(\vec{v})$ همواره مماس بر مسیر حرکت دایره‌ای است.
- در ایـن حرکـت تنـدی ذره ثابت اسـت $(v_۱ = v_۲ = v_۳ = ...)$؛ اما جهت حرکت همواره تغییر می‌کند، پس این حرکت شتابدار است.
- چرخـش ماهواره‌هـا بـه دور زمین یـا حرکت الکترون‌ها به دور هسـته نمونه‌هایی از حرکت دایره‌ای یکنواخت هستند.



شتاب مرکزگرا

ویژهٔ ریاضی

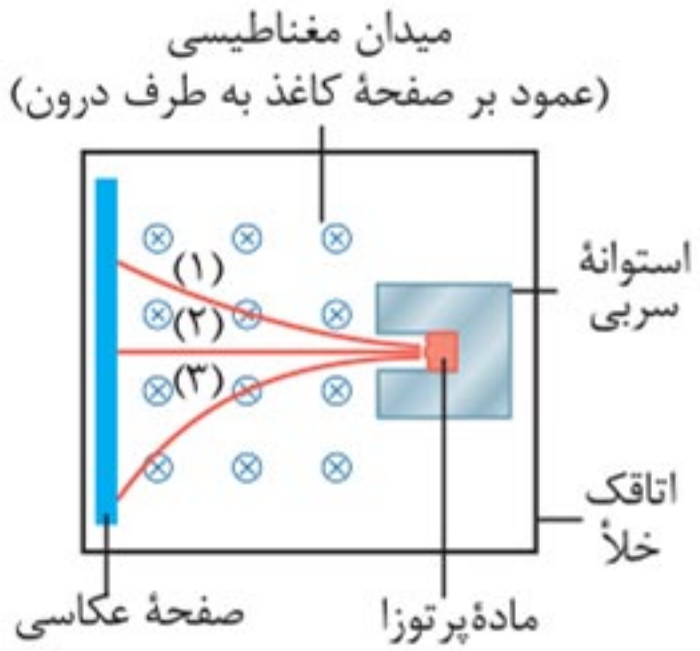


(الف)

- شـکل (الف) بردارهـای سـرعت متحرک در نقطه‌های A و B را نشان می‌دهد.

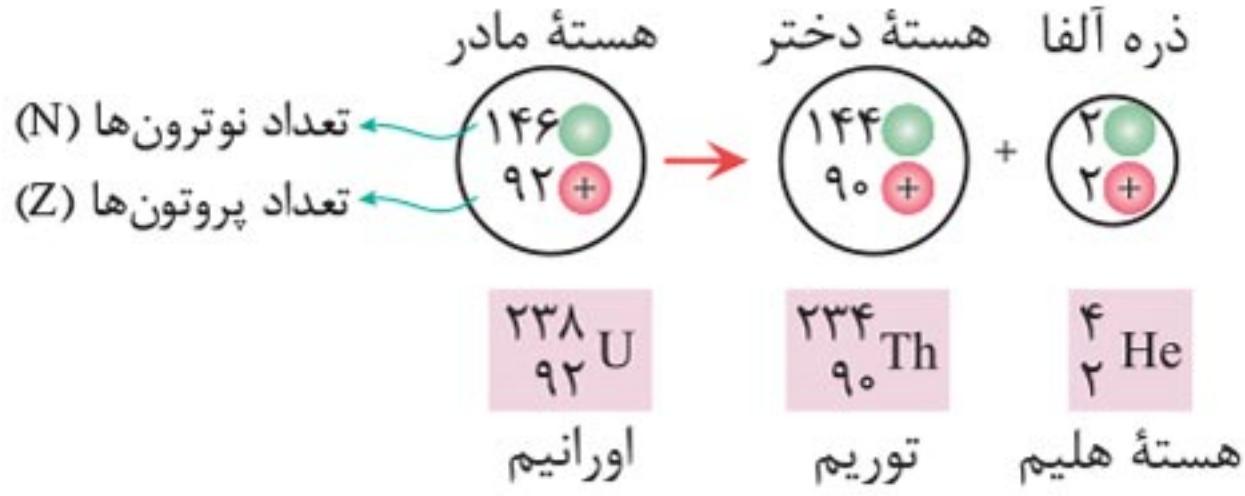
آزمایش مشاهدهٔ سه نوع پرتوزایی طبیعی

- در این آزمایش، قطعه‌ای از مادهٔ پرتوزا در یک استوانهٔ سربی قرار گرفته و در یک محفظهٔ خلأ قرار داده می‌شود و با برقراری میدان مغناطیسی یکنواخت، مسیر حرکت پرتوها (خطوط قرمزرنگ) را روی صفحهٔ عکاسی مشاهده می‌کنند.
- ذرهٔ (۲) در میدان منحرف نشده، پس بدون بار است (γ).
- مسیر حرکت ذرهٔ (۱)، مطابق قاعدهٔ دست چپ تعیین می‌شود، پس ذره با بار منفی است (β^-).
- مسیر حرکت ذرهٔ (۳)، مطابق قاعدهٔ دست راست است، پس ذره بار مثبت دارد (α).



واپاشی α

- شکل، واپاشی α برای اورانیم ۲۳۸ به‌طور طبیعی را نشان می‌دهد.
- هستهٔ مادرِ ناپایدار (اورانیم ۲۳۸)، ذرهٔ α ($^{4}_{2}He$) گسیل می‌کند و هستهٔ دختر که هستهٔ متفاوتی است (توریم) به‌وجود می‌اید.
- ذرهٔ α کوتاه‌بُرد، سنگین و دارای بار مثبت است.



تصاویر