

## مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

## میزه ی فیزیک - بخش اندازه گیری



## ۱- اندازه گیری و کمیت

در محیط پیرامون ما برخی از ویژگی‌ها مانند زیبایی یا مهربانی قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند. اما برای برخی از ویژگی‌ها مانند سنگینی و سبکی و یا بلندی و کوتاهی می‌توان یک روش اندازه‌گیری مورد توافق همگان تعریف کرد و آن‌ها را اندازه‌گیری کرد. ویژگی‌ای که بر اساس ارائه‌ی یک روش اندازه‌گیری مورد توافق همگان قابل اندازه‌گیری است **کمیت** نامیده می‌شود.

## ۲- یکای (واحد) اندازه‌گیری

مقدار مشخصی از هر کمیت را به عنوان مقیاس اندازه‌گیری آن کمیت انتخاب می‌کنند که به آن یکا یا واحد اندازه‌گیری آن کمیت گفته می‌شود. اندازه‌گیری هر کمیت به این صورت انجام می‌شود که مقدار آن کمیت چند برابر مقداری است که به عنوان یکا یا واحد اندازه‌گیری برای آن کمیت در نظر گرفته شده است. برای آن که رقم‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های مختلف یک کمیت با هم یکی باشند، دانشمندان توافق کرده‌اند که برای هر کمیت یکای معینی تعریف کنند. یکای هر کمیت باید به گونه‌ای انتخاب شود که در شرایط فیزیکی تعیین شده تغییر نکند و همواره در دسترس باشد. مجموعه یکاهای مورد توافق بین‌المللی را به اختصار یکاهای SI می‌نامند. SI حروف اول واژه‌ی فرانسوی Systeme International به معنای دستگاه بین‌المللی است.

## ۳- یکاهای اصلی و فرعی

آن دسته از کمیت‌هایی را که یکاهای آن‌ها به طور مستقل و بدون رابطه با سایر یکاهای دیگر تعریف می‌شود **کمیت اصلی** و یکاهای آن‌ها را **یکای اصلی** می‌نامند. سایر کمیت‌ها را که یکاهای آن‌ها با کمک رابطه‌ی آن‌ها با کمیت‌های دیگر و با استفاده از یکاهای دیگر تعریف می‌شود **کمیت فرعی** و یکاهای آن‌ها را **یکای فرعی** می‌نامند. طول، جرم، زمان، دما و شدت جریان الکتریکی از جمله کمیت‌های اصلی در SI هستند. نیرو، اندازه حرکت، کار و میدان الکتریکی از جمله کمیت‌های فرعی در SI هستند.

## ۴- تعریف یکای طول در SI

یکای طول در SI متر نام دارد و آن را با نماد m نشان می‌دهند. برای این یکا نمونه‌ی استاندارد ساخته شده است که در موزه‌ی سور پاریس نگهداری می‌شود. این نمونه میله‌ای است از جنس آلیاژ پلاتین و ایریدیوم با دو علامت روی آن که فاصله‌ی بین آن‌ها در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس به طور دقیق برابر طول توافق شده‌ی بین‌المللی برای یک متر است. در موسسه‌های استاندارد هر کشور نمونه‌هایی مشابه با این نمونه‌ی استاندارد تهیه و نگهداری می‌شود.

## ۵- تعریف یکای جرم در SI

یکای جرم در SI کیلوگرم نام دارد و آن را با نماد kg نشان می‌دهند. برای این یکا نمونه‌ی استاندارد به صورت استوانه‌ای از جنس آلیاژ پلاتین و ایریدیوم ساخته شده است که در موزه‌ی سور فرانسه نگهداری می‌شود. در موسسه‌های استاندارد همه‌ی کشورها نمونه‌هایی مشابه با این نمونه‌ی استاندارد را تهیه و نگهداری می‌کنند.

## ۶- تعریف یکای زمان در SI

یکای زمان در SI ثانیه نام دارد و آن را با نماد s نشان می‌دهند. طبق تعریف اولیه و قدیمی یک ثانیه برابر  $\frac{1}{۸۶۴۰۰}$  یک شبانه‌روز است.

## مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

## میزه ی فیزیک - بفش اندازه گیری



-۷

## یکای مناسب برای کمیت‌های خیلی بزرگ و خیلی کوچک

در SI پیشوندهایی برای یکاها تعریف کرده‌اند که با اضافه کردن آن‌ها به یکای هر کمیت می‌توان یکاهای بزرگ‌تر و کوچک‌تری را برای اندازه‌گیری مقدارهای خیلی بزرگ و خیلی کوچک به وجود آورد. این یکاها در جدول زیر آورده شده‌اند.

| پیشوند | مضرب       | نماد  | پیشوند | مضرب      | نماد |
|--------|------------|-------|--------|-----------|------|
| دسی    | $10^{-1}$  | d     | دکا    | $10$      | da   |
| سانتی  | $10^{-2}$  | c     | هکتو   | $10^2$    | h    |
| میلی   | $10^{-3}$  | m     | کیلو   | $10^3$    | k    |
| میکرو  | $10^{-6}$  | $\mu$ | مگا    | $10^6$    | M    |
| نانو   | $10^{-9}$  | n     | گیگا   | $10^9$    | G    |
| پیکو   | $10^{-12}$ | p     | ترا    | $10^{12}$ | T    |

-۸

## نمادگذاری علمی

در اندازه‌گیری مقدارهای بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک به اعدادی برخورد می‌کنیم که به علت تعداد زیاد صفر در سمت راست آن اعداد و یا تعداد زیاد صفر بعد از ممیز آن اعداد در نمایش و خواندن آن‌ها با مشکل مواجه می‌شویم و در نتیجه احتمال اشتباه افزایش پیدا می‌کند و نوشتن و محاسبه آن‌ها دشوار است. این اعداد را با استفاده از روشی که آن را نمادگذاری علمی می‌نامند نمایش می‌دهند تا هم در نمایش و هم در محاسبه سهولت ایجاد شود.

در نمادگذاری علمی هر مقدار را به صورت حاصل ضرب عددی بین ۱ و ۱۰ و ضرب توان صحیحی از ۱۰ می‌نویسند.

مثال ۱ : جرم یک الکترون بر حسب کیلوگرم برابر  $9.109 \times 10^{-31}$  است که آن را به صورت  $9.109 \times 10^{-31}$  نشان می‌دهند.

مثال ۲ : فاصله‌ی زمین تا خورشید بر حسب متر حدود  $150,000,000,000$  است که آن را به صورت  $1.5 \times 10^{11}$  نشان می‌دهند.

## مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

## جزوه ی فیزیک - بخش اندازه گیری



## دقت اندازه گیری

-۹

کمترین مقداری را که یک وسیله ی اندازه گیری می تواند اندازه بگیرد دقت اندازه گیری آن وسیله می نامند. یک وسیله ی اندازه گیری نمی تواند مقداری را که کمتر از دقت اندازه گیری آن است اندازه گیری کند. بنابراین نتیجه ی اندازه گیری توسط یک وسیله ی اندازه گیری باید همواره مضرب درستی از دقت اندازه گیری آن وسیله باشد. مثال ۱: در اندازه گیری طول با خط کشی که بر حسب میلی متر درجه بندی شده است، اگر نتیجه ی اندازه گیری بر حسب میلی متر بیان شود باید حتما عدد صحیح باشد. مثال ۲: در اندازه گیری جرم با ترازویی که کمترین درجه بندی آن برابر ۲۵۰ گرم است، اگر نتیجه ی اندازه گیری بر حسب گرم بیان شود باید حتما بر ۲۵۰ بخش پذیر باشد. مثال ۳: در اندازه گیری حجم مایع با پیمانه ای که حجم آن برابر ۵ سی سی است، اگر نتیجه ی اندازه گیری بر حسب سی سی بیان شود باید حتما بر ۵ بخش پذیر باشد. مثال ۴: اگر طول جسمی ۱۵۵ میلی متر و با خط کشی که دقت آن ۱ cm است، طول آن را اندازه بگیریم مقدار اندازه گیری شده برابر ۱۵ cm خواهد بود چرا که این خط کش مقادیر کوچک تر از ۱ cm را نمی تواند اندازه بگیرد.

## ۱۰- تبدیل یکای طول :

فرض کنید می خواهیم مقدار یک طول را که بر حسب میکرومتر بیان شده است بر حسب هکتومتر بیان کنیم. برای این کار باید ببینیم هر یک میلی متر چند هکتومتر است.

$$1 \text{ mm} = ? \text{ hm}$$

(۱) روش اول :

$$\begin{cases} 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m} \\ 1 \text{ hm} = 10^2 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \frac{1 \text{ mm}}{1 \text{ hm}} = \frac{10^{-3} \text{ m}}{10^2 \text{ m}} = 10^{-5} \Rightarrow 1 \text{ mm} = 10^{-5} \text{ hm}$$

(۲) روش دوم :

$$1 \text{ mm} = x \text{ hm} \Rightarrow 1 \times 10^{-3} \text{ m} = x \times 10^2 \text{ m} \Rightarrow 10^{-3} = x \times 10^2 \Rightarrow x = 10^{-5}$$

## مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

## جزوه ی فیزیک - بخش اندازه گیری



## ۱۱- تبدیل یکای مساحت :

فرض کنید می‌خواهیم مقدار یک مساحت را که برحسب کیلومتر مربع بیان شده است برحسب دسی‌متر مربع بیان کنیم. برای این کار باید ببینیم هر یک کیلومتر مربع چند دسی‌متر مربع است.

$$1 \text{ km}^2 = ? \text{ dm}^2$$

توجه کنید که منظور از مساحت یک کیلومتر مربع  $(1 \text{ km}^2)$  مساحت یک مربع به ضلع یک کیلومتر است که این مساحت برابر  $10^6 \text{ m}^2 = 1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  به دست می‌آید. به عبارت دیگر منظور از  $\text{km}^2$  دقیقاً  $(\text{km})^2$  است و نباید آن را  $k(\text{m}^2)$  یا  $10^3 \text{ m}^2$  فرض کرد. (۱) روش اول :

$$\begin{cases} 1 \text{ km} = 10^3 \text{ m} \\ 1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ dm}} = \frac{10^3 \text{ m}}{10^{-1} \text{ m}} = 10^4 \Rightarrow \left( \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ dm}} \right)^2 = 10^8$$

$$\Rightarrow \frac{1 \text{ km}^2}{1 \text{ dm}^2} = 10^8 \Rightarrow 1 \text{ km}^2 = 10^8 \text{ dm}^2$$

(۲) روش دوم :

$$1 \text{ km}^2 = x \text{ dm}^2 \Rightarrow 1 \times (10^3 \text{ m})^2 = x \times (10^{-1} \text{ m})^2 \Rightarrow 10^6 \text{ m}^2 = x \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow 10^6 = x \times 10^{-2} \Rightarrow x = 10^8$$

## ۱۲- تبدیل یکای حجم :

فرض کنید می‌خواهیم مقدار یک حجم را که برحسب دکامترمکعب بیان شده است برحسب گیگامترمکعب بیان کنیم. برای این کار باید ببینیم هر یک دکامترمکعب چند گیگامترمکعب است.

$$1 \text{ dam}^3 = ? \text{ Gm}^3$$

توجه کنید که منظور از حجم یک دکامترمکعب  $(1 \text{ dam}^3)$  حجم یک مکعب به ضلع یک دکامتر است که این حجم برابر  $10^3 \text{ m}^3 = 10 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 1 \text{ dam} \times 1 \text{ dam} \times 1 \text{ dam}$  به دست می‌آید. به عبارت دیگر منظور از  $\text{dam}^3$  دقیقاً  $(\text{dam})^3$  است و نباید آن را  $\text{da}(\text{m}^3)$  یا  $10 \text{ m}^3$  فرض کرد. (۱) روش اول :

$$\begin{cases} 1 \text{ dam} = 10 \text{ m} \\ 1 \text{ Gm} = 10^9 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \frac{1 \text{ dam}}{1 \text{ Gm}} = \frac{10 \text{ m}}{10^9 \text{ m}} = 10^{-8} \Rightarrow \left( \frac{1 \text{ dam}}{1 \text{ Gm}} \right)^3 = 10^{-24}$$

$$\Rightarrow \frac{1 \text{ dam}^3}{1 \text{ Gm}^3} = 10^{-24} \Rightarrow 1 \text{ dam}^3 = 10^{-24} \text{ Gm}^3$$

(۲) روش دوم :

$$1 \text{ dam}^3 = x \text{ Gm}^3 \Rightarrow 1 \times (10 \text{ m})^3 = x \times (10^9 \text{ m})^3 \Rightarrow 10^3 \text{ m}^3 = x \times 10^{27} \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow 10^3 = x \times 10^{27} \Rightarrow x = 10^{-24}$$

مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

مزه ی فیزیک - بخش اندازه گیری

۱۳- ۲- چگالی:

اگر از شما بپرسند که چوب سنگین تر است یا آهن، احتمالاً پاسخ شما آهن است. اما آیا یک میخ آهنی کوچک از تنه ی یک درخت سنگین تر است؟ منظور شما از این که آهن سنگین تر از چوب است، این بوده که اگر دو حجم مساوی از آهن و چوب برداریم، جرم آهن بیش تر خواهد بود. کمیت چگالی هم این موضوع را بررسی می کند. جرم یک واحد از حجم (مثلاً جرم یک سانتی متر مکعب) از هر ماده را جرم حجمی و یا چگالی آن ماده می نامند و با نماد  $\rho$  نمایش می دهند. بنابراین اگر جسمی با حجم  $V$  دارای جرم  $m$  باشد، می توان نتیجه گرفت که یک واحد از حجم

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ است. بنابراین:}$$

یکای SI چگالی  $\frac{kg}{m^3}$  است ولی واحدهای دیگری چون  $\frac{g}{cm^3}$ ،  $\frac{kg}{lit}$  و ... نیز کاربرد فراوانی دارند.

مثال: یک گلوله ی ۱۰۰ گرمی از فلزی به چگالی  $\frac{4}{cm^3}$  را درون یک لیوان پر از مایعی به چگالی  $\frac{0.8}{cm^3}$  می اندازیم. چه جرمی از مایع بیرون می ریزد؟

$$\rho = \frac{m}{V} \xrightarrow{\text{برای گلوله}} \frac{4}{cm^3} = \frac{100}{V_1} \Rightarrow V_1 = 25 cm^3$$

حجم مایعی که بیرون می ریزد، برابر حجم گلوله است. بنابراین  $V_2 = 25 cm^3$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{0.8}{cm^3} = \frac{m}{25} \Rightarrow m = 0.8 \times 25 = 20 g$$

جرم مایعی که بیرون می ریزد ۲۰g است.

• چگالی یک مخلوط و یا یک آلیاژ، نسبت جرم مخلوط به حجم آن می باشد:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

مثال:  $100 cm^3$  از مایعی به چگالی  $\frac{1}{cm^3}$  را با  $100 cm^3$  از مایعی به چگالی  $\frac{2}{cm^3}$  مخلوط می کنیم. چگالی مخلوط چقدر می شود؟

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow \begin{cases} m_1 = 1 \times 100 = 100 g \\ m_2 = 2 \times 100 = 200 g \end{cases}$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{100 + 200}{100 + 100} = \frac{300}{200} = 1.5 \frac{g}{cm^3}$$

مثال:  $100 g$  از مایعی به چگالی  $\frac{1}{cm^3}$  را با  $100 g$  از مایعی به چگالی  $\frac{2}{cm^3}$  مخلوط می کنیم. چگالی مخلوط چقدر می شود؟

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow \begin{cases} V_1 = \frac{100}{1} = 100 cm^3 \\ V_2 = \frac{100}{2} = 50 cm^3 \end{cases}$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{100 + 100}{100 + 50} = \frac{200}{150} = \frac{4}{3} \frac{g}{cm^3}$$

مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

جزوه ی فیزیک - بخش بردار



کمیت های فیزیکی

-۱

**کمیت های نرده ای :** کمیت هایی هستند که برای مشخص شدن آنها بیان یک عدد که اندازه یا مقدار آن کمیت می باشد، با یکای معین کافی است.  
کمیت هایی مثل طول ، مساحت ، حجم ، جرم ، زمان ، چگالی و دما و جریان الکتریکی نرده ای هستند.  
**کمیت های برداری :** کمیت هایی هستند که برای مشخص شدن آنها بیان یک عدد با یکای معین کافی نیست و باید راستا و سوی این کمیت ها مشخص شود. به عبارت دیگر این کمیت ها دارای اندازه و جهت می باشند.  
کمیت هایی مثل جابه جایی ، سرعت و نیرو برداری هستند.

بردارهای برابر

-۲

دو بردار در صورتی با هم برابرند که دارای اندازه ، راستا و سوی یکسانی باشند.

بردارهای قرینه

دو بردار در صورتی قرینه ی یکدیگرند که دارای اندازه و راستا یکسانی باشند و سوی آنها متفاوت است.

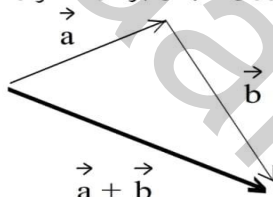
زاویه یک بردار

زاویه ای است که این بردار در جهت مثلثاتی با راستای مثبت محور طول ها (x ها) می سازد.

جمع دو بردار با استفاده از روش مثلث

-۳

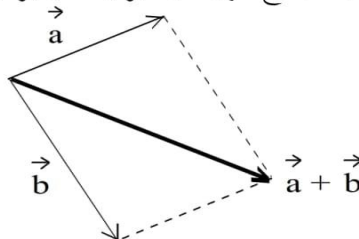
در این روش برای محاسبه ی  $\vec{a} + \vec{b}$  ، مطابق شکل زیر ابتدای بردار  $\vec{b}$  را روی انتهای بردار  $\vec{a}$  قرار می دهیم. برداری که ابتدای آن روی ابتدای بردار  $\vec{a}$  و انتهای آن روی انتهای بردار  $\vec{b}$  قرار دارد برآیند دو بردار است.



جمع دو بردار با استفاده از روش متوازی الاضلاع

-۴

در این روش برای محاسبه ی  $\vec{a} + \vec{b}$  ، مطابق شکل زیر ابتدای بردارهای  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  را روی هم قرار می دهیم. متوازی الاضلاعی رسم می کنیم که بردارها دو ضلع مجاور آن را تشکیل می دهند. برداری که ابتدای آن روی ابتدای بردارها و انتهای آن روی راس مقابل متوازی الاضلاع قرار دارد برآیند دو بردار است.

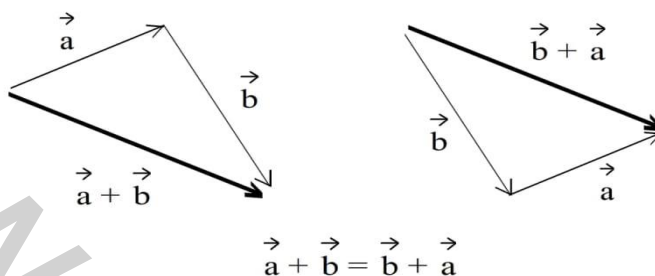


مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

جزوه ی فیزیک - بخش بردار

-۵

نمایش خاصیت جابه جایی جمع برداری (با استفاده از روش مثلث)



-۶

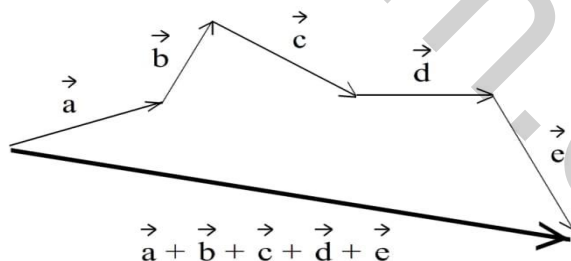
نمایش بزرگی (اندازه ی) بردار

برای نمایش بزرگی (اندازه ی) بردار  $\vec{X}$  از نماد  $|\vec{X}|$  یا  $X$  استفاده می شود.  
توجه : برای نمایش بزرگی (اندازه ی) بردار  $\vec{X} + \vec{Y}$  باید از نماد  $|\vec{X} + \vec{Y}|$  استفاده کنیم و نمی توانیم از نماد  $X + Y$  استفاده کنیم. زیرا نماد  $X + Y$  به معنای مجموع بزرگی های (اندازه های) بردارهای  $\vec{X}$  و  $\vec{Y}$  است و به عبارت دیگر  $X + Y$  برابر  $|\vec{X}| + |\vec{Y}|$  است.

-۷

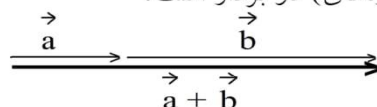
جمع چند بردار

برای جمع کردن چند بردار مانند بردارهای  $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}, \vec{d}$  و  $\vec{e}$  می توانیم به این ترتیب عمل کنیم که مطابق شکل زیر از انتهای بردار اول، برداری مساوی بردار دوم و از انتهای بردار دوم، برداری مساوی بردار سوم و همین طور تا آخر . . . رسم می کنیم. مطابق شکل زیر برداری که ابتدای آن روی ابتدای بردار اول و انتهای آن روی انتهای بردار آخر قرار دارد برآیند بردارها است.



۸- بردارهای هم راستا و هم سو :

اگر بردارهای  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  هم راستا و هم سو باشند، برای بزرگی (اندازه ی) جمع دو بردار داریم :  
 $|\vec{a} + \vec{b}| = |\vec{a}| + |\vec{b}|$  یا  $a + b = |a + b|$   
یعنی بزرگی (اندازه ی) جمع دو بردار هم راستا و هم سو برابر جمع بزرگی های (اندازه های) دو بردار است.



در این حالت جمع دو بردار هم سو است.

مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

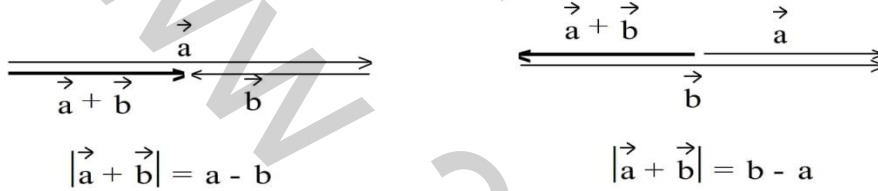
جزوه ی فیزیک - بخش بردار



۹- بردارهای هم راستا و ناهم سو :

اگر بردارهای  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  هم راستا و ناهم سو باشند، برای بزرگی (اندازه ی) جمع دو بردار داریم :

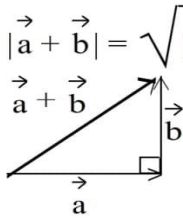
یعنی بزرگی (اندازه ی) جمع دو بردار هم راستا و ناهم سو برابر قدرمطلق تفریق بزرگی های (اندازه های) دو بردار است. در این حالت جمع دو بردار با برداری که بزرگی اش بزرگ تر است، هم سو خواهد بود.



۱۰- بردارهای عمود بر هم :

اگر بردارهای  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  بر هم عمود باشند، برای بزرگی (اندازه ی) جمع دو بردار داریم :

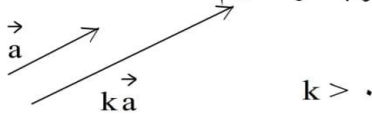
یا  $|\vec{a} + \vec{b}| = \sqrt{a^2 + b^2}$  یا  $|\vec{a} + \vec{b}| = \sqrt{|\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2}$



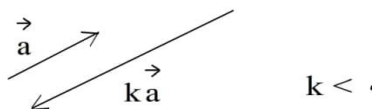
ضرب عدد در بردار

۱۱-

ضرب عدد مثبت در بردار : وقتی برداری را در عدد مثبتی ضرب می کنیم، راستا و سوی آن تغییر نمی کند و تنها بزرگی بردار در آن عدد ضرب می شود. اگر فرض کنیم عدد مثبت  $k$  در بردار  $\vec{a}$  ضرب شود داریم:



ضرب عدد منفی در بردار : وقتی برداری را در عدد منفی ضرب می کنیم، راستای آن تغییر نمی کند و سوی آن عکس می شود و بزرگی بردار در قدرمطلق آن عدد ضرب می شود. اگر فرض کنیم که عدد منفی  $k$  در بردار  $\vec{a}$  ضرب شود، داریم:



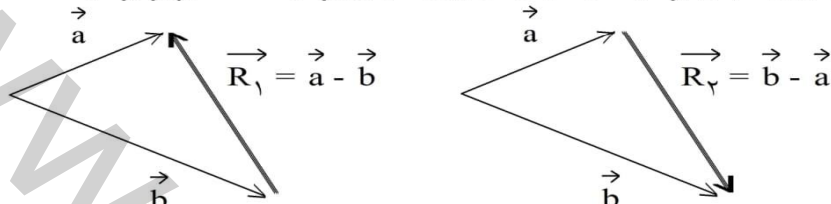
مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

جزوه ی فیزیک - بخش بردار

-۱۲

تفریق دو بردار

برای به دست آوردن تفریق دو بردار  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  مطابق شکل های زیر ابتدای بردارها را روی هم قرار می دهیم. برداری که ابتدای آن روی انتهای بردار  $\vec{b}$  و انتهای آن روی انتهای بردار  $\vec{a}$  است برابر بردار  $\vec{a} - \vec{b}$  است.



$$\Rightarrow \text{روش مثلث برای جمع دو بردار} \quad \begin{cases} \vec{b} + \vec{R}_1 = \vec{a} \Rightarrow \vec{R}_1 = \vec{a} - \vec{b} \\ \vec{a} + \vec{R}_2 = \vec{b} \Rightarrow \vec{R}_2 = \vec{b} - \vec{a} \end{cases}$$

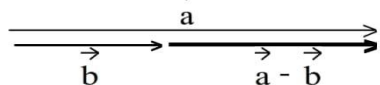
با توجه به شکل های بالا نتیجه گرفته می شود تفریق دو بردار خاصیت جابه جایی ندارد. یعنی:  $(\vec{a} - \vec{b}) \neq (\vec{b} - \vec{a})$ . هم چنین با توجه به شکل های بالا نتیجه گرفته می شود بردارهای  $\vec{a} - \vec{b}$  و  $\vec{b} - \vec{a}$  قرینه اند و  $|\vec{a} - \vec{b}| = |\vec{b} - \vec{a}|$ .

۱۳- بردارهای هم راستا و هم سو :

اگر بردارهای  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  هم راستا و هم سو باشند، برای بزرگی (اندازه ی) تفریق دو بردار داریم :

$$|\vec{a} - \vec{b}| = |\vec{b} - \vec{a}| = ||\vec{a}| - |\vec{b}|| \quad \text{یا} \quad |\vec{a} - \vec{b}| = |\vec{b} - \vec{a}| = |a - b|$$

یعنی بزرگی (اندازه ی) تفریق دو بردار هم راستا و هم سو برابر قدر مطلق تفریق بزرگی های (اندازه های) دو بردار است.

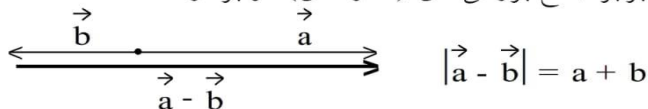


۱۴- بردارهای هم راستا و ناهم سو :

اگر بردارهای  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  هم راستا و ناهم سو باشند، برای بزرگی (اندازه ی) تفریق دو بردار داریم :

$$|\vec{a} - \vec{b}| = |\vec{b} - \vec{a}| = |a| + |b| \quad \text{یا} \quad |\vec{a} - \vec{b}| = |\vec{b} - \vec{a}| = a + b$$

یعنی بزرگی (اندازه ی) تفریق دو بردار هم راستا و ناهم سو برابر جمع بزرگی های (اندازه های) دو بردار است.

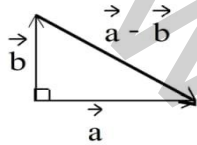


جزوه ی فیزیک - بخش بردار

۱۵- بردارهای عمود بر هم :

اگر بردارهای  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  بر هم عمود باشند، برای بزرگی (اندازه ی) تفریق دو بردار داریم :

$$|\vec{a} - \vec{b}| = |\vec{b} - \vec{a}| = \sqrt{|\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2} \quad \text{یا} \quad |\vec{a} - \vec{b}| = |\vec{b} - \vec{a}| = \sqrt{a^2 + b^2}$$



۱۶- بیشینه و کمینه ی بزرگی (اندازه ی) جمع دو بردار

برآیند دو بردار وقتی بیشترین بزرگی (اندازه) را دارد که بردارها هم راستا و هم سو باشند. بنابراین بیشینه ی بزرگی (اندازه ی) جمع دو بردار  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  برابر  $a + b$  است.

هم چنین برآیند دو بردار وقتی کمترین بزرگی (اندازه) را دارد که بردارها هم راستا و ناهم سو باشند. بنابراین کمینه ی بزرگی (اندازه ی) جمع دو بردار  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  برابر  $|a - b|$  است.

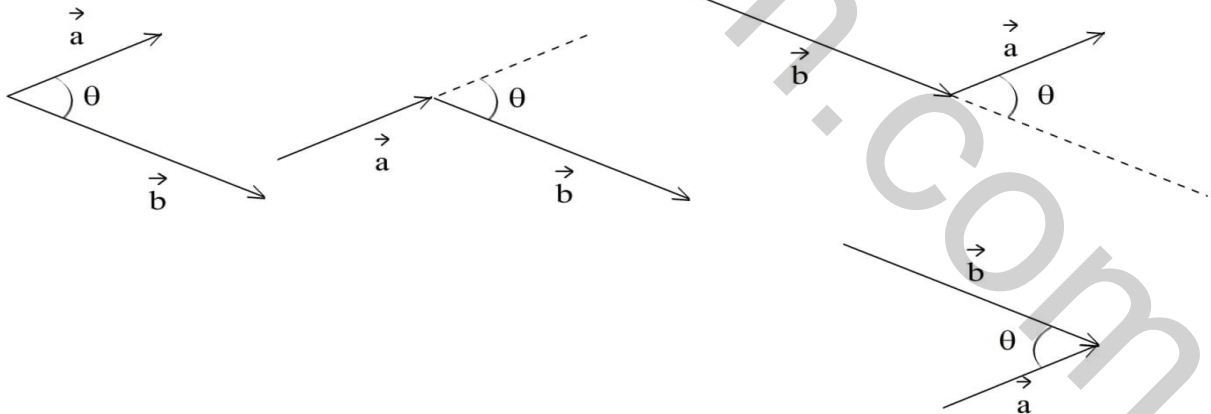
یعنی برای بردارهای  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  همواره داریم :

$$|a - b| \leq |\vec{a} + \vec{b}| \leq a + b$$

زاویه ی دو بردار

زاویه ی بین دو بردار هنگامی معلوم می شود که ابتدای دو بردار روی هم قرار بگیرند. در شکل های زیر زاویه ی بین دو بردار  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  در حالت های مختلف نشان داده شده است. این زاویه، زاویه ای است بین صفر تا  $180^\circ$  درجه.

$$0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$$



۱۸- بزرگی اندازه ی برآیند دو بردار در حالت کلی

بزرگی برآیند دو بردار  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  که زاویه ی بین آنها  $\theta$  است از رابطه ی زیر به دست می آید.

$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} \Rightarrow R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$

مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

جزوه ی فیزیک - بخش بردار



بزرگی اندازه ی تفریق دو بردار در حالت کلی

-۱۹

بزرگی تفریق دو بردار  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  که زاویه ی بین آنها  $\theta$  است از رابطه ی زیر به دست می آید.

$$\vec{r} = \vec{a} - \vec{b} \Rightarrow r = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta}$$

بزرگی اندازه ی برآیند دو بردار هم اندازه

-۲۰

بزرگی برآیند دو بردار  $\vec{x}$  و  $\vec{y}$  که زاویه ی بین آنها  $\theta$  است و اندازه ی یکسان  $a$  دارند، به صورت زیر به دست می آید.

$$\vec{R} = \vec{x} + \vec{y} \Rightarrow R = \sqrt{x^2 + y^2 + 2xy \cos \theta} = \sqrt{a^2 + a^2 + 2aa \cos \theta}$$

$$\Rightarrow R = \sqrt{2a^2 + 2a^2 \cos \theta} = a\sqrt{2(1 + \cos \theta)} = a\sqrt{2\left(2 \cos^2 \frac{\theta}{2}\right)}$$

$$\Rightarrow R = 2a \cos \frac{\theta}{2}$$

بزرگی اندازه ی تفریق دو بردار هم اندازه

-۲۱

بزرگی تفریق دو بردار  $\vec{x}$  و  $\vec{y}$  که زاویه ی بین آنها  $\theta$  است و اندازه ی یکسان  $a$  دارند، به صورت زیر به دست می آید.

$$\vec{r} = \vec{x} - \vec{y} \Rightarrow r = \sqrt{x^2 + y^2 - 2xy \cos \theta} = \sqrt{a^2 + a^2 - 2aa \cos \theta}$$

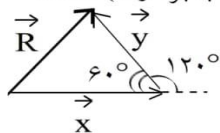
$$\Rightarrow r = \sqrt{2a^2 - 2a^2 \cos \theta} = a\sqrt{2(1 - \cos \theta)} = a\sqrt{2\left(2 \sin^2 \frac{\theta}{2}\right)}$$

$$\Rightarrow r = 2a \sin \frac{\theta}{2}$$

-۲۲- نکته: اندازه ی برآیند دو بردار هم اندازه با  $a$  که زاویه ی بین آنها  $90^\circ$  درجه است برابر  $\sqrt{2}a$  است.

$$R = 2a \cos \frac{\theta}{2}, \theta = 90^\circ \Rightarrow R = 2a \times \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow R = \sqrt{2}a$$

-۲۳- نکته: اندازه ی برآیند دو بردار هم اندازه با  $a$  که زاویه ی بین آنها  $120^\circ$  درجه است برابر  $a$  (هم اندازه با بردارها) است.



$$R = 2a \cos \frac{\theta}{2}, \theta = 120^\circ \Rightarrow R = 2a \times \frac{1}{2} = a$$

مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

جزوه ی فیزیک - بخش بردار



۲۴- نکته: اندازه ی برآیند دو بردار هم اندازه با  $a$  که زاویه ی بین آنها  $۶۰^\circ$  درجه است برابر  $\sqrt{3}a$  است.

$$R = 2a \cos \frac{\theta}{2}, \quad \theta = 60^\circ \Rightarrow R = 2a \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}a$$

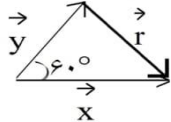
۲۵- نکته: اندازه ی تفریق دو بردار هم اندازه با  $a$  که زاویه ی بین آنها  $۹۰^\circ$  درجه است برابر  $\sqrt{2}a$  است.

$$R = 2a \sin \frac{\theta}{2}, \quad \theta = 90^\circ \Rightarrow R = 2a \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}a$$

۲۶- نکته: اندازه ی تفریق دو بردار هم اندازه با  $a$  که زاویه ی بین آنها  $۱۲۰^\circ$  درجه است برابر  $\sqrt{3}a$  است.

$$R = 2a \sin \frac{\theta}{2}, \quad \theta = 120^\circ \Rightarrow R = 2a \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}a$$

۲۷- نکته: اندازه ی تفریق دو بردار هم اندازه با  $a$  که زاویه ی بین آنها  $۶۰^\circ$  درجه است برابر  $a$  (هم اندازه با بردارها) است.

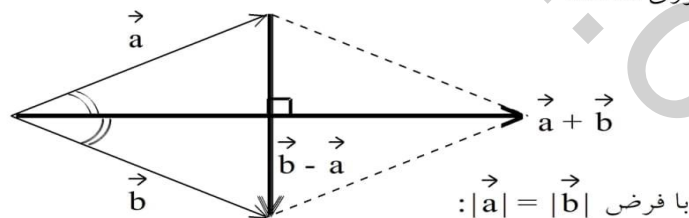


$$R = 2a \sin \frac{\theta}{2}, \quad \theta = 60^\circ \Rightarrow R = 2a \times \frac{1}{2} = a$$

خواص جمع و تفریق بردارهای هم اندازه

۲۸-

با توجه به شکل زیر جمع بردارهای هم اندازه در راستای نیم سازه بردارها قرار می گیرد و جمع و تفریق بردارهای هم اندازه بر هم عمود هستند. زیرا متوازی الاضلاعی که بردارها با یکدیگر می سازند لوزی است و قطرهای لوزی بر هم عمود و نیم سازه زاویه های لوزی هستند.



مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک دهم ریاضی اندازه گیری

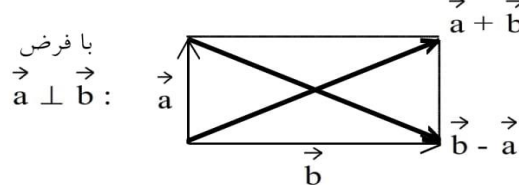
جزوه ی فیزیک - بخش بردار



-۲۹

خواص جمع و تفریق بردارهای عمود بر هم

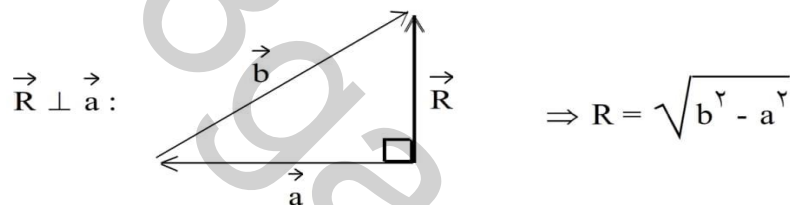
با توجه به شکل زیر جمع و تفریق بردارهای عمود بر هم، هم اندازه هستند. زیرا متوازی الاضلاعی که بردارها تشکیل می دهند مستطیل است و قطره های مستطیل هم اندازه اند.



-۳۰

عمود بودن برآیند بردارها بر یکی از بردارها

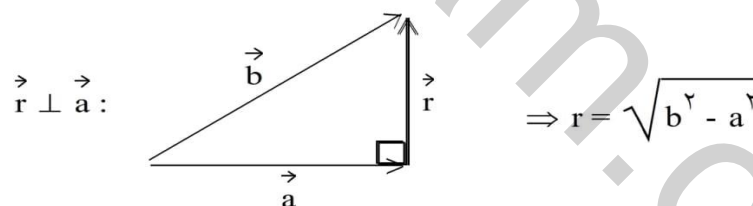
اگر برآیند دو بردار  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  را  $\vec{R}$  فرض کنیم و  $\vec{R}$  بر بردار  $\vec{a}$  عمود باشد، با توجه به شکل زیر داریم :



-۳۱

عمود بودن تفریق بردارها بر یکی از بردارها

اگر تفریق دو بردار  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  را  $\vec{r}$  فرض کنیم و  $\vec{r}$  بر بردار  $\vec{a}$  عمود باشد، با توجه به شکل زیر داریم :

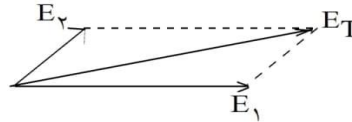


جزوه ی فیزیک - بخش بردار



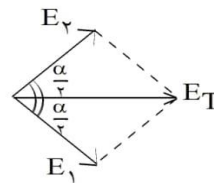
-۳۲

برآیند نیروها و میدان های الکتریکی



$$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\alpha} \leftarrow \text{برآیند دو میدان الکتریکی } E_1 \text{ و } E_2 \text{ که با هم زاویه ی } \alpha \text{ می سازند}$$

$$E_T = 2E_1\cos\frac{\alpha}{2} \leftarrow \text{اگر بزرگی } E_1 \text{ و } E_2 \text{ برابر باشد}$$



-۳۳

اگر بزرگی  $E_1$  و  $E_2$  مساوی نباشد، میدان الکتریکی برآیند نزدیک به میدان بزرگتر می شود و اگر بزرگی  $E_1$  و  $E_2$  مساوی باشد، میدان الکتریکی برآیند نیمساز زاویه ی بین آنها می باشد.

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow \text{اگر میدان های الکتریکی هم امتداد باشند.}$$

$E_T = |E_1| + |E_2|$

$E_T = |E_2| - |E_1|$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

## ۱- انرژی جنبشی

به انرژی اجسام متحرک (که صرفاً به خاطر حرکت باشد) انرژی جنبشی می‌گویند. هر جسم متحرکی علاوه بر انرژی‌های دیگر (شیمیایی، پتانسیل گرانشی و ....) که ممکن است آن‌ها را داشته باشد، دارای انرژی جنبشی نیز می‌باشد.

اندازه‌ی انرژی جنبشی با استفاده از رابطه‌ی مقابل محاسبه می‌شود:

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

در این رابطه  $m$  جرم جسم متحرک بر حسب کیلوگرم و  $V$  سرعت آن بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد. بدین ترتیب  $k$  بر حسب ژول به دست می‌آید که بیانگر مقدار انرژی جنبشی متحرک است.

## ۲- انرژی شیمیایی

بدن ما برای انجام فعالیت‌های روزانه و رشد و نمو خود نیاز به انرژی دارد. خودروهایی که ما را جابه‌جا می‌کنند نیاز به انرژی دارند. این انرژی از طریق غذا و سوخت تأمین می‌شود. این انرژی در طی یک فرآیند (واکنش) شیمیایی به انرژی قابل استفاده برای ما و .... تبدیل می‌گردد.

در مولکول‌های مواد مقداری انرژی ذخیره شده است که صرفاً طی یک فرآیند شیمیایی آزاد می‌شود. به این انرژی، انرژی شیمیایی گفته می‌شود. یکای انرژی شیمیایی کیلوژول بر گرم  $\left(\frac{KJ}{g}\right)$  است که مصرف مقدار انرژی شیمیایی ذخیره شده در یک گرم غذا یا سوخت می‌باشد. اگر این انرژی را با  $e$  نشان دهیم مقدار انرژی ذخیره شده در  $m$  گرم ماده شیمیایی (غذا یا سوخت) به کمک رابطه‌ی مقابل محاسبه می‌شود.

$$E = m.e$$

$e$  انرژی شیمیایی ذخیره شده در یک گرم ماده  $\left(\frac{KJ}{g}\right)$  و  $m$  مقدار ماده بر حسب گرم  $(g)$  می‌باشد. در این صورت  $E$  انرژی شیمیایی کل ماده بر حسب  $KJ$  می‌باشد. مقدار  $e$  برای تعدادی از غذاها و سوخت‌های معمولی در جدول ۱ - ۱ کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه آمده است.

## ۳- آهنگ مصرف انرژی

ما برای انجام فعالیت‌های مختلف نیازمند صرف انرژی هستیم. کسی که به مدت ده دقیقه پیاده‌روی کند و کسی که همین مدت بدود به یک اندازه انرژی مصرف نمی‌کند. به انرژی مصرف شده برای یک فعالیت در یک مدت زمان معین (مثلاً یک دقیقه) آهنگ مصرف انرژی گفته می‌شود. یکای آهنگ مصرف انرژی کیلوژول بر دقیقه است و با نماد  $\frac{KJ}{min}$  نمایش داده می‌شود. ما در مباحث این بخش آهنگ مصرف انرژی را با  $P$  نشان می‌دهیم. انرژی مصرف‌شده‌ی  $(E)$  برای انجام یک فعالیت در مدت زمان  $t$  (بر حسب دقیقه) با رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$E = p.t$$

مقدار  $p$  برای بعضی از فعالیت‌های روزانه در جدول ۱ - ۲ کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه آمده است.

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

## ۴- انرژی درونی

به مجموع انرژی ذرات تشکیل دهنده ی ماده انرژی درونی گفته می شود. این انرژی غالباً به صورت گرما ظاهر می شود. باید توجه داشته باشید که انرژی شیمیایی یا .... نیز در ذرات مواد است ولی به آن ها انرژی درونی گفته نمی شود. وقتی توپی در حال حرکت بعد از مدتی متوقف می شود، انرژی جنبشی آن به انرژی درونی تبدیل شده است. وقتی دست های خود را مالش می دهید بعد از مدت کوتاهی احساس گرما می کنید. علت این امر این است که انرژی شما به انرژی درونی تبدیل شده است. اگر به دو ذره با انرژی متفاوت نگاه کنید، مشاهده می کنید که ذره ی دارای انرژی درونی بیشتر، دارای جنب و جوش بیشتری است.

## ۵- قانون پایستگی انرژی

طبق قانون پایستگی انرژی، انرژی مواد از بین نمی رود و خود به خود به وجود نمی آید، بلکه همواره پایسته است. انرژی یک جسم ممکن است به جسم دیگری منتقل شود ولی از بین نمی رود. یک امکان دیگر نیز وجود دارد. ممکن است انرژی یک جسم تغییر حالت دهد. به عنوان مثال وقتی شما دست های خود را روی هم می کشید، انرژی جنبشی دست های شما به انرژی درونی تبدیل می شود. همین اتفاق در مورد توپی که بعد از مدتی می ایستد نیز رخ می دهد.

## ۶- انرژی پتانسیل گرانشی

جسمی که بالاتر از سطح زمین قرار دارد اگر رها شود، به سطح زمین می رسد. این جسم در سطح زمین دارای انرژی جنبشی است. البته مقداری نیز به انرژی درونی خود و محیط افزوده است. طبق قانون پایستگی انرژی این دو انرژی (جنبشی و درونی) نباید به خودی خود به وجود آمده باشد. از طرفی این انرژی در جسم مشابهی که روی زمین قرار دارد وجود ندارد. پس نتیجه می گیریم که انرژی موجود در جسم به خاطر ارتفاع آن در جسم وجود داشته است. **جسمی که در ارتفاع بالاتر از سطح زمین قرار دارد دارای نوعی از انرژی است که به انرژی پتانسیل گرانشی معروف است.** این انرژی می تواند آزاد شود و به انرژی جنبشی و به دنبال آن به انواع دیگر انرژی تبدیل شود. انرژی آب پشت سدها که در نیروگاه های برق آبی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود مثال بارزی از انرژی پتانسیل گرانشی است.

مقدار انرژی پتانسیل گرانشی جسمی به جرم  $m$  که در ارتفاع  $h$  از یک سطح پتانسیل صفر مانند زمین قرار دارد به کمک رابطه ی مقابل به دست می آید.  

$$U = mgh$$
در این رابطه  $U$  انرژی پتانسیل گرانشی بر حسب ژول و  $g$  شتاب جاذبه گرانشی با مقدار  $10$  می باشد. مقادیر  $m$  و  $h$  باید به ترتیب بر حسب کیلوگرم و متر جاگذاری شوند.

## مبحث: درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

## ۷- مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی

ما معمولاً انرژی پتانسیل گرانشی جسمی را که در سطح زمین قرار دارد صفر فرض می‌کنیم. ولی لزوماً سنگی که از سطح زمین در چاهی سقوط می‌کند دارای انرژی پتانسیل گرانشی است؛ چرا که وقتی به ته چاه می‌رسد دارای سرعت و در نتیجه دارای انرژی جنبشی است. به دو شکل می‌توان با این مسئله برخورد کرد. اول این که فرض کنیم انرژی پتانسیل گرانشی در ته چاه صفر است و در نتیجه انرژی پتانسیل گرانشی جسم در سطح زمین مقداری مثبت دارد. با سقوط جسم انرژی پتانسیل گرانشی آن تا صفر کاهش می‌یابد. و در نتیجه انرژی جنبشی افزایش می‌یابد. برخورد دوم این که فرض کنیم انرژی پتانسیل جسم در سطح زمین صفر باشد در نتیجه‌ی این فرض انرژی پتانسیل گرانشی جسم در ته چاه منفی است. این بار انرژی پتانسیل گرانشی جسم از مقدار صفر به مقداری منفی کاهش یافته است که باز هم نتیجه‌ی این کاهش، افزایش انرژی جنبشی جسم است. همان‌طور که مشاهده شده مقدار انرژی پتانسیل گرانشی (مثبت، منفی یا صفر بودن آن) مهم نیست بلکه تغییرات آن مهم است.

کاهش انرژی پتانسیل گرانشی با افزایش انرژی جنبشی و افزایش آن با کاهش انرژی جنبشی همراه است. مجموع تغییرات انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی صفر است.

اگر انرژی پتانسیل کشسانی نیز در سیستم وجود داشته باشد مجموع تغییرات انرژی‌های پتانسیل گرانشی و کشسانی و انرژی جنبشی برابر صفر است. به این قانون، قانون پایستگی انرژی مکانیکی می‌گویند. انرژی مکانیکی شامل انرژی پتانسیل گرانشی، انرژی پتانسیل کشسانی و انرژی جنبشی می‌باشد. در اکثر مسائل مربوط به انرژی مکانیکی تغییرات انرژی‌های پتانسیل و جنبشی مهم است نه مقادیر آنها.

## ۸- انرژی پتانسیل کشسانی

انرژی پتانسیل کشسانی به انرژی ذخیره شده در فنر می‌گویند. وقتی شما فنری را می‌فشارید یا می‌کشید برای انجام این کار انرژی مصرف می‌کنید. این انرژی می‌تواند در فنر ذخیره شود و در موقع نیاز با آزاد کردن آن، از آن استفاده نمایید ساعت‌ها و اسباب‌بازی‌های کوکی مثال‌هایی از ابزارهایی هستند که در آنها این انرژی وجود دارد. نکته‌ی قابل توجه این است که هر جسمی که بتواند تغییر شکل دهد و این تغییر شکل با حذف عامل تغییر، برگشت نماید نقش یک فنر را دارد. به عنوان نمونه اکثر قطعات لاستیکی، کش‌ها، فنرهای خودرو، فنرهای ماریچی و ..... می‌توانند در این مبحث مورد بررسی قرار گیرند. در تمام این ابزارها با اعمال نیرو، انرژی در جسم ذخیره می‌شود و با حذف عامل تغییر شکل جسم کشسان به حالت اولیه برمی‌گردد. در مقابل جسم کشسان، جسم مومسان قرار دارد که تمام انرژی دریافتی را به انرژی درونی تبدیل می‌کند. و برای برگشت به وضعیت اولیه نیاز به صرف انرژی است. مثال این مورد خمیر، گل، موم و .... می‌باشد.

## ۹- منابع انرژی

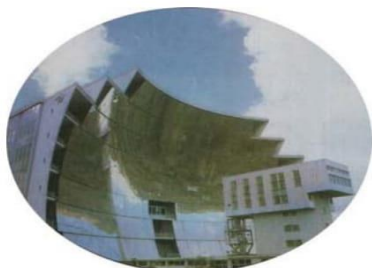
به هر چیزی که بتواند انرژی مورد نیاز ما را تأمین کند منبع انرژی گفته می‌شود. ذخیره‌ی منابع انرژی با مصرف آنها کاهش می‌یابد. این مخازن باید انرژی از دست رفته را جبران نمایند. ولی ممکن است این انرژی قابل بازیافت نباشد. بر اساس همین مسئله منابع انرژی به دو گروه تقسیم می‌شوند.

**الف) منابع تجدید ناپذیر انرژی:** انرژی این منابع یا قابل بازیابی نیست یا میلیون‌ها سال طول می‌کشد که این انرژی مصرف شده بازسازی شود. در این منابع مقدار مصرف همواره بیش از تولید است. از این‌رو این منابع روزی پایان خواهد یافت.

**ب - منابع تجدیدپذیر انرژی:** این منابع دارای انرژی‌هایی هستند که به راحتی قابل بازیابی است. این منابع مانند نور خورشید، انرژی گیاهان، باد و .... در دوره‌های زمانی خاصی قابل بازیابی است. در صورتی که مقدار مصرف انرژی از این منابع با مقدار انرژی بازیابی شده برابر باشد، ذخیره‌ی انرژی این منابع ثابت می‌ماند.

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی

### جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی



#### ۱۰- انرژی خورشیدی

انرژی خورشید تقریباً تأمین کننده ی تمام انرژی های مورد استفاده ی ما است. مثلاً گیاهان با دریافت انرژی خورشید این انرژی را در میوه ی خود ذخیره می کنند و از آن برای فعالیت های روزانه استفاده می کنند. ....

ما انرژی خورشید را به سه شکل عمده استفاده می کنیم:

۱- **صفحات خورشیدی:** این صفحات در آب گرم کن های با دماهای پایین (حداکثر  $70^{\circ}\text{C}$ ) به کار برده می شود.

۲- **آینه های مقعر:** این آینه ها در کوره های خورشیدی برای تولید دماهای بالا مانند  $3000^{\circ}\text{C}$  و بالاتر به کار برده می شود.

۳- **سلول های خورشیدی:** این سلول ها انرژی خورشید را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند.

#### ۱۱- انرژی باد

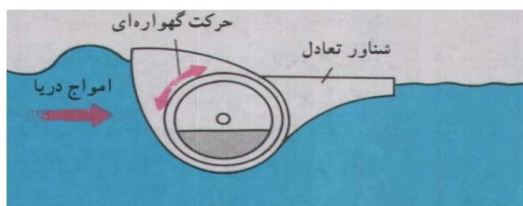
باد یکی از منابع عظیم انرژی های تجدیدپذیر می باشد. برای استفاده از این انرژی توربین هایی با پره هایی بلند (حدود ۳۰ متر) در مسیر باد در فاصله های زیاد از هم قرار می گیرند و مولدهای برق را به کار می اندازند.

#### ۱۲- انرژی امواج دریا

از افت و خیز دریا می توان برای به کار انداختن مولدهای الکتریسیته استفاده نمود. یکی از مزایای استفاده از امواج دریا این است که دیگر امواج دریا موجب آسیب به سواحل نخواهند شد، چرا که قبل از رسیدن به ساحل انرژی خود را از دست داده اند.

طبق آمار به دست آمده انرژی حاصل از امواج در سواحل بریتانیا در هر یک سال می تواند  $\frac{1}{3}$  انرژی مصرفی سالانه

بریتانیا را تأمین نماید.



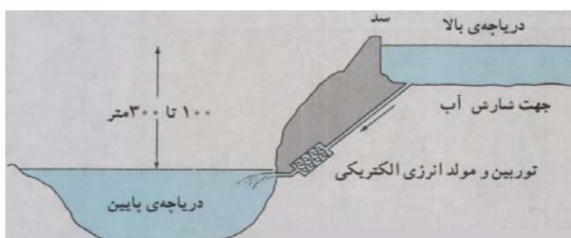
#### ۱۳- انرژی جزر و مد:

جزر و مد بدین شکل است که ارتفاع آب دریا در هر شبانه روز دو بار بالا آمده و دوبار به ارتفاع قبلی برمی گردد. این تغییر ارتفاع حداقل ۴ متر می باشد. از این تغییر ارتفاع به شکل های مختلف استفاده می شود. مثلاً آب بالا آمده را در مخازن ذخیره کرده از انرژی پتانسیل گرانشی آن استفاده می کنند. روش دیگر این است که آب بالا آمده وارد مخازنی از هوا می شود که تحت اثر فشار هوای مخزن بیرون رانده شده، یک توربین را به حرکت در می آورد.

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی



## ۱۴- انرژی برق آبی

در این روش آب را در پشت سد در یک دریاچه در ارتفاع نگه می‌دارند و با پایین آمدن آب و سرازیر شدن آن به دریاچه ی پایین دست انرژی پتانسیل گرانشی آب را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند.

## ۱۵- انرژی زمین گرمایی

در این روش آب سرد را با فشار زیاد به اعماق زمین می‌فرستند و در فاصله ی نسبتاً دوری (حدود ۱ km) آب گرم شده را به بالا می‌کشند. بدین ترتیب انرژی گرمایی اعماق زمین قابل استفاده می‌شود.  
انرژی زمین گرمایی در صورتی تجدیدپذیر محسوب می‌شود که انرژی برداشت شده با انرژی تولید شده توسط واکنش‌های هسته‌ای زمینی برابر باشد. در ضمن باید مقدار آب تزریق شده و آب خارج شده برابر باشد.

## ۱۶- سوخت‌های گیاهی (بیومس)

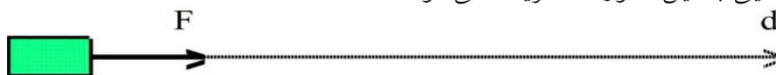
با تخمیر پسماندهای گیاهی می‌توان موادی مانند الکل (اتانول) و گاز متان را به دست آورد. هم‌چنین زیست گاز که مخلوطی از متان و کربن‌دی‌اکسید است و انرژی آن حدود ۷۰٪ انرژی گاز طبیعی است، از سوخت‌های گیاهی است.

## مفهوم کار در فیزیک

۱۷-

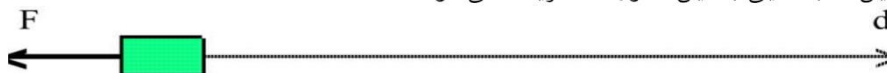
اگر به جسمی نیرو وارد شود و جسم در راستای آن نیرو جابه‌جا شود، آن نیرو کار انجام داده است. اگر جسم در جهت نیروی وارد بر آن جابه‌جا شود، آن نیرو باعث افزایش سرعت جسم و در نتیجه افزایش انرژی جنبشی جسم می‌شود و اگر جسم در خلاف جهت نیروی وارد بر آن جابه‌جا شود، آن نیرو باعث کاهش سرعت جسم و در نتیجه کاهش انرژی جنبشی جسم می‌شود. به عبارت دیگر نیروی وارد بر جسم هنگامی کار انجام می‌دهد که باعث تغییر انرژی جنبشی جسم شود. اگر جابه‌جایی جسم در راستای نیرو نباشد و هم‌چنین اگر چند نیرو به جسم وارد شود را کمی جلوتر بررسی خواهیم کرد.

۱۸- (۱) اگر جسمی به اندازه ی  $d$  جابه‌جا شود و نیروی ثابت  $F$  در جهت جابه‌جایی جسم به آن وارد شده باشد، کار نیروی  $F$  در این جابه‌جایی به این صورت تعریف می‌شود.



$$W = + Fd \quad \text{کار نیروی } F$$

۱۹- (۲) اگر جسمی به اندازه ی  $d$  جابه‌جا شود و نیروی ثابت  $F$  در خلاف جهت جابه‌جایی جسم به آن وارد شده باشد، کار نیروی  $F$  در این جابه‌جایی به این صورت تعریف می‌شود.



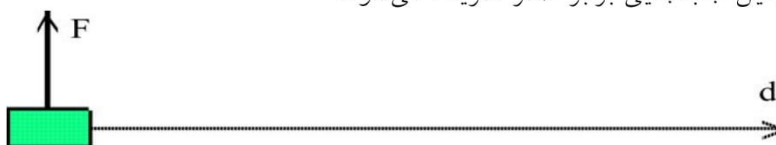
$$W = - Fd \quad \text{کار نیروی } F$$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

۲۰- (۳) اگر جسمی به اندازه ی  $d$  جابه جا شود و نیروی ثابت  $F$  در راستایی عمود بر جابه جایی جسم به آن وارد شده باشد، کار نیروی  $F$  در این جابه جایی برابر صفر تعریف می شود.



$$W = 0 \text{ : کار نیروی } F$$

کار یک کمیت نرده ای است و یکای آن  $N.M$  است که ژول نامیده می شود. این یکا را با نماد  $J$  نمایش می دهیم.

## محاسبه ی کار در حالت کلی با کمک حالت های خاص

-۲۱

فرض کنید مطابق شکل جسمی به اندازه ی  $d$  جابه جا شود و نیروی ثابت  $F$  در جهتی که با جابه جایی جسم زاویه ی  $\theta$  تشکیل می دهد به آن وارد شده باشد.



به جای نیروی  $F$  دو نیروی  $F_x$  و  $F_y$  را جایگزین می کنیم که برآیند آنها مطابق شکل زیر برابر نیروی  $F$  است.

$$\begin{aligned} \sin \theta = \frac{F_y}{F} &\Rightarrow F_y = F \sin \theta \\ \cos \theta = \frac{F_x}{F} &\Rightarrow F_x = F \cos \theta \end{aligned}$$

$$F \text{ کار نیروی } = F_x \text{ کار نیروی } + F_y \text{ کار نیروی } \Rightarrow W_F = W_{F_x} + W_{F_y}$$

$$\begin{cases} F_x \text{ نیروی هم جهت با جابه جایی است} \Rightarrow W_{F_x} = + F_x d \\ F_y \text{ نیروی بر جابه جایی عمود است} \Rightarrow W_{F_y} = 0 \end{cases} \Rightarrow W_F = F_x d = F d \cos \theta$$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

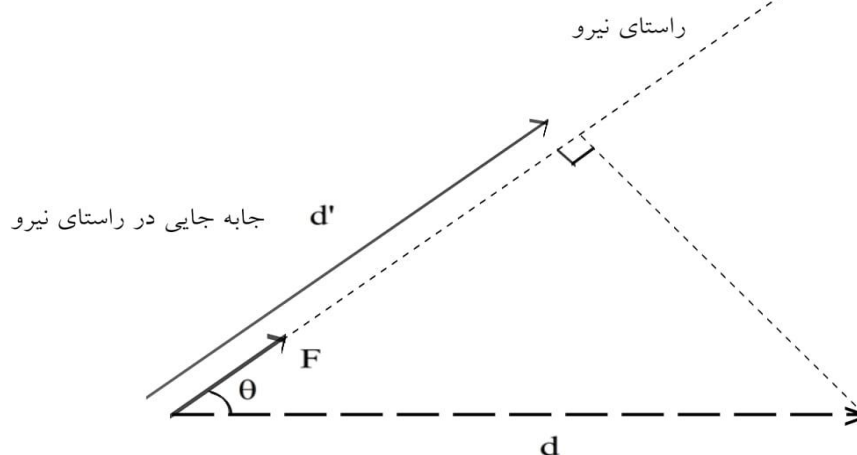
-۲۲

## تعریف کار در حالت کلی

فرض کنید مطابق شکل جسمی به اندازه ی  $d$  جابه جا شود و نیروی ثابت  $F$  در جهتی که با جابه جایی جسم زاویه ی  $\theta$  تشکیل می دهد به آن وارد شده باشد.



« کار هر نیرو برابر ضرب آن نیرو در جابه جایی در راستای آن نیرو تعریف می شود. »  
با توجه به شکل زیر که در آن جابه جایی جسم در راستای نیرو نشان داده شده است داریم :



$$\begin{cases} W_F = F d' \\ \cos \theta = \frac{d'}{d} \Rightarrow d' = d \cos \theta \end{cases} \Rightarrow W_F = F d \cos \theta$$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

## کار نیروی وزن

برای محاسبه ی کار نیروی وزن در حالت کلی از تعریف کار استفاده می کنیم. کار نیروی وزن برابر است با نیروی وزن ضرب در جابه جایی در راستای نیروی وزن. راستای نیروی وزن راستای قائم است و طبق شکل های زیر جابه جایی در راستای قائم برابر تغییر ارتفاع است.

(۲)

(۳)

۲۳- (۱) اگر جسم در راستای افقی جابه جا شود :  
تغییر ارتفاع جسم و در نتیجه جابه جایی در راستای نیروی وزن صفر است. بنابراین کار نیروی وزن صفر است.

۲۴- (۲) اگر ارتفاع جسم به اندازه ی  $h$  کاهش یابد (جسم پایین بیاید) :  
جابه جایی جسم در راستای وزن (راستای قائم) برابر  $h$  و هم جهت با نیروی وزن است.

$$\Rightarrow W_{mg} = + mgh$$

که البته این کار برابر با تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم نیز می باشد. (با فرض این که سطح زمین دارای پتانسیل صفر گرانشی است)

۲۵- (۳) اگر ارتفاع جسم به اندازه ی  $h$  افزایش یابد (جسم بالا برود) :  
جابه جایی جسم در راستای وزن (راستای قائم) برابر  $h$  و در خلاف جهت نیروی وزن است.

$$\Rightarrow W_{mg} = - mgh$$

که البته این کار برابر با تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم نیز می باشد. (با فرض این که سطح زمین دارای پتانسیل صفر گرانشی است)

۲۶- (۳) حالت کلی :

اگر ارتفاع جسم از سطح زمین از  $h_1$  به  $h_2$  برسد و تغییر ارتفاع جسم  $\Delta h = h_2 - h_1$  باشد.

$$\Rightarrow W_{mg} = - mg\Delta h$$

اگر ارتفاع جسم تغییر نکند :

$$\Delta h = 0 \Rightarrow W_{mg} = 0$$

اگر ارتفاع جسم به اندازه ی  $h$  کاهش یابد :

$$\Delta h = - h \Rightarrow W_{mg} = - mg(- h) = + mgh$$

اگر ارتفاع جسم به اندازه ی  $h$  افزایش یابد :

$$\Delta h = + h \Rightarrow W_{mg} = - mg(+ h) = - mgh$$

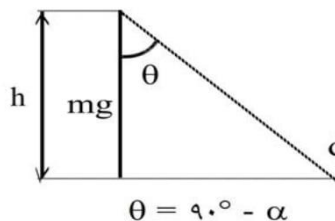
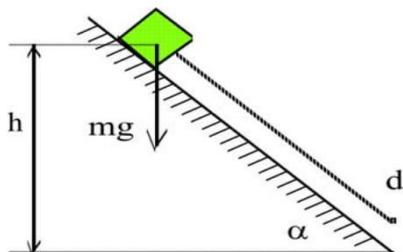
مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

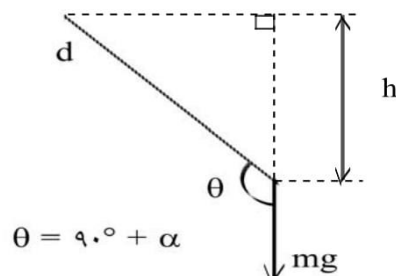
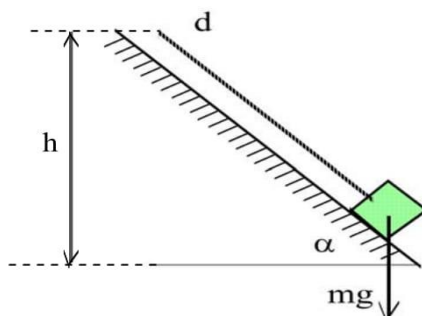
کار نیروی وزن در سطح شیبدار

فرض می کنیم یک جسم با جرم  $m$  روی یک سطح شیبدار که با افق زاویه ی  $\alpha$  دارد، به اندازه ی  $d$  جابه جا می شود.  
۲۷- اگر جسم روی سطح شیبدار پایین برود :



$$h = d \sin \alpha$$

۲۸- اگر جسم روی سطح شیبدار بالا برود :



$$W_{mg} = mgd \cos \theta = mgd \cos (90^\circ + \alpha) = -mgd \sin \alpha = -mgh$$

$$h = d \sin \alpha$$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی

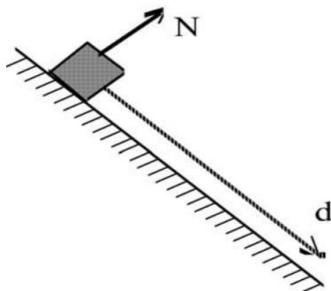


## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

-۲۹

## کار نیروی عمودی سطح در دو حالت خاص

به شکل‌های زیر توجه کنید که در آن اجسام روی سطح افقی و سطح شیب‌دار به اندازه‌ی  $d$  جابه‌جا می‌شوند. اگر سطح افقی و سطح شیب‌دار ساکن باشند، اجسام تنها در راستای سطوح جابه‌جا می‌شوند و نیروی عمودی سطح بر بردار جابه‌جایی اجسام عمود است. یعنی جابه‌جایی اجسام در راستای عمود بر سطح صفر است. بنابراین کار نیروی عمودی سطح در جابه‌جایی اجسام صفر است.

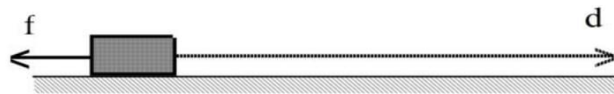
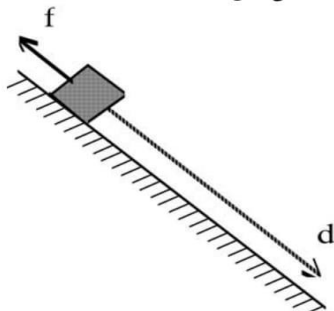


$$\vec{N} \perp \vec{d} \Rightarrow W_N = 0$$

-۳۰

## کار نیروی اصطکاک

به شکل‌های زیر توجه کنید که در آن اجسام روی سطح افقی و سطح شیب‌دار به اندازه‌ی  $d$  جابه‌جا می‌شوند. اگر سطح افقی و سطح شیب‌دار ساکن باشند، اجسام تنها در راستای سطوح جابه‌جا می‌شوند و بردار جابه‌جایی اجسام و نیروی اصطکاک هم‌راستا و ناهم‌سو هستند. یعنی با یک‌دیگر زاویه‌ی  $180^\circ$  درجه تشکیل می‌دهند.



$$\text{در هر دو حالت} \begin{cases} W_f = fd \cos \theta \\ \theta = 180^\circ \end{cases} \Rightarrow W_f = -fd$$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

## کشیدن جسم روی سطح افقی با نیروی افقی

جسمی به جرم  $m$  روی یک سطح افقی که ضریب اصطکاک آن با جسم  $\mu$  است، با نیروی افقی  $F$  کشیده می شود و جسم به اندازه ی  $d$  روی سطح افقی جابه جا می شود.

۳۱- محاسبه ی کار هر یک از نیروهای وارد بر جسم :

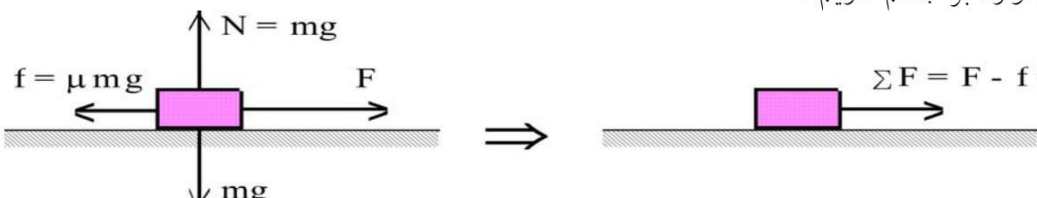
$$\begin{aligned} W_F &= Fd \cos(0^\circ) = +Fd \\ \begin{cases} W_f &= Fd \cos(180^\circ) = -fd \\ f &= \mu N \\ N &= mg \end{cases} \Rightarrow f = \mu mg \Rightarrow W_f = -\mu mgd \\ W_{mg} &= mgd \cos(90^\circ) = 0 \\ W_N &= Nd \cos(90^\circ) = 0 \end{aligned}$$

۳۲- محاسبه ی مجموع کارهای انجام شده روی جسم :

$$\Sigma W = W_F + W_f + W_{mg} + W_N = +Fd - \mu mgd + 0 + 0 = (F - \mu mg)d$$

۳۳- محاسبه ی کار برآیند نیروهای وارد بر جسم :

با توجه به نیروهای وارد بر جسم داریم :



$$W_{\Sigma F} = \Sigma Fd \cos(0^\circ) = + \Sigma Fd = (F - \mu mg)d$$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی

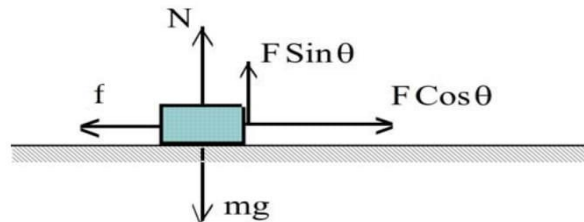


## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

## کشیدن جسم روی سطح افقی با نیروی مایل

جسمی به جرم  $m$  روی یک سطح افقی که ضریب اصطکاک آن با جسم  $\mu$  است، با نیروی  $F$  که با افق زاویه ی  $\theta$  تشکیل می دهد کشیده می شود و جسم به اندازه ی  $d$  روی سطح افقی جابه جا می شود.

می توانیم نیروی  $F$  را تجزیه کنیم. یعنی آن را مطابق شکل زیر به صورت یک نیروی افقی  $F \cos \theta$  و یک نیروی عمودی  $F \sin \theta$  در نظر بگیریم.



۳۴- محاسبه ی کار هر یک از نیروهای وارد بر جسم :

$$\begin{aligned}
 W_F &= Fd \cos \theta \\
 \begin{cases} W_f = Fd \cos(180^\circ) = -fd \\ f = \mu N \\ N = mg - F \sin \theta \end{cases} &\Rightarrow f = \mu (mg - F \sin \theta) \Rightarrow W_f = -\mu (mg - F \sin \theta) d \\
 W_{mg} &= mgd \cos(90^\circ) = 0 \\
 W_N &= Nd \cos(90^\circ) = 0
 \end{aligned}$$

۳۵- محاسبه ی مجموع کارهای انجام شده روی جسم :

$$\begin{aligned}
 \Sigma W &= W_F + W_f + W_{mg} + W_N \\
 \Rightarrow \Sigma W &= +Fd \cos \theta - \mu (mg - F \sin \theta) d + 0 + 0 = (F(\cos \theta + \mu \sin \theta) - \mu mg) d
 \end{aligned}$$



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

۳۶- محاسبه ی کار برآیند نیروهای وارد بر جسم :  
با توجه به نیروهای وارد بر جسم داریم :

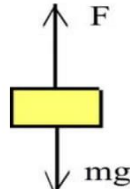
$$\begin{cases} \Sigma F = F \cos \theta - f \\ f = \mu N = \mu (mg - F \sin \theta) \end{cases} \Rightarrow \Sigma F = F \cos \theta - \mu (mg - F \sin \theta)$$

$$\Rightarrow \Sigma F = F (\cos \theta + \mu \sin \theta) - \mu mg$$

$$W_{\Sigma F} = \Sigma F d \cos(\cdot) = + \Sigma F d = (F (\cos \theta + \mu \sin \theta) - \mu mg) d$$

حرکت جسم در راستای قائم

به جسمی به جرم  $m$  نیروی قائم  $F$  وارد می شود و جسم در راستای قائم به اندازه ی  $h$  جابه جا می شود.  
۳۷- اگر جهت نیروی  $F$  به سمت بالا باشد و جسم به سمت بالا حرکت کند :



محاسبه ی کار هر کدام از نیروهای وارد بر جسم :

$$W_F = F h \cos(\cdot) = + F h$$

$$W_{mg} = mgh \cos(180^\circ) = - mgh$$

محاسبه ی مجموع کارهای انجام شده روی جسم :

$$\Sigma W = W_F + W_{mg} = + F h - mgh = (F - mg) h$$

محاسبه ی کار برآیند نیروهای وارد بر جسم :

$$\Rightarrow \Sigma F = + F - mg$$

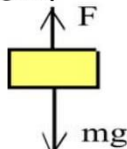
$$W_{\Sigma F} = \Sigma F h \cos(\cdot) = \Sigma F h = (F - mg) h$$

مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

۳۸- اگر جهت نیروی  $F$  به سمت بالا باشد و جسم به سمت پایین حرکت کند :



محاسبه ی کار هر کدام از نیروهای وارد بر جسم :

$$W_F = Fh \cos(180^\circ) = -Fh$$

$$W_{mg} = mgh \cos(0^\circ) = +mgh$$

محاسبه ی مجموع کارهای انجام شده روی جسم :

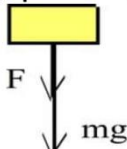
$$\Sigma W = W_F + W_{mg} = -Fh + mgh = (mg - F)h$$

محاسبه ی کار برآیند نیروهای وارد بر جسم :

$$\Sigma F = +mg - F \Rightarrow \text{اگر جهت مثبت را پایین فرض کنیم.}$$

$$W_{\Sigma F} = \Sigma Fh \cos(0^\circ) = \Sigma Fh = (mg - F)h$$

۳۹- اگر جهت نیروی  $F$  به سمت پایین باشد و جسم به سمت پایین حرکت کند :



محاسبه ی کار هر کدام از نیروهای وارد بر جسم :

$$W_F = Fh \cos(0^\circ) = +Fh$$

$$W_{mg} = mgh \cos(0^\circ) = +mgh$$

محاسبه ی مجموع کارهای انجام شده روی جسم :

$$\Sigma W = W_F + W_{mg} = +Fh + mgh = (F + mg)h$$

محاسبه ی کار برآیند نیروهای وارد بر جسم :

$$\Sigma F = +F + mg \Rightarrow \text{اگر جهت مثبت را پایین فرض کنیم.}$$

$$W_{\Sigma F} = \Sigma Fh \cos(0^\circ) = \Sigma Fh = (F + mg)h$$

مجموع کارهای انجام شده روی جسم و کار برآیند نیروها

۴۰-

کار برآیند نیروهای وارد بر جسم را همواره می توان با جمع کردن کار هر یک از نیروهای وارد بر جسم به دست آورد. یعنی کار برآیند نیروها با مجموع کارهای انجام شده روی جسم برابر است.

$$W_T = \Sigma W$$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

## رابطه ی کار و انرژی جنبشی در حرکت روی خط راست با شتاب ثابت

برآیند نیروهای وارد بر یک جسم با جرم  $m$  ثابت و به اندازه ی  $F_x$  است و جسم روی خط راست حرکت می کند. فرض می کنیم سرعت جسم در جابه جایی  $d$  از  $V_x$  به  $V_y$  برسد.

۴۱- اگر جسم در جهت برآیند نیروهای وارد بر آن حرکت کند :

$$\Sigma F = +F_x \Rightarrow ma = +F_x \Rightarrow a = +\frac{F_x}{m}$$

$$\begin{cases} V_y^2 - V_x^2 = 2a\Delta x \\ \Delta x = d \text{ و } a = +\frac{F_x}{m} \end{cases} \Rightarrow V_y^2 - V_x^2 = 2\left(+\frac{F_x}{m}\right)d$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV_y^2 - \frac{1}{2}mV_x^2 = +F_x d \Rightarrow K - K_x = W$$

کار انجام شده روی جسم برابر تغییر انرژی جنبشی جسم است.

$$K - K_x = \Delta K \Rightarrow \Delta K = W$$

۴۲- اگر جسم در خلاف جهت برآیند نیروهای وارد بر آن حرکت کند :

$$\Sigma F = -F_x \Rightarrow ma = -F_x \Rightarrow a = -\frac{F_x}{m}$$

$$\begin{cases} V_y^2 - V_x^2 = 2a\Delta x \\ \Delta x = d \text{ و } a = -\frac{F_x}{m} \end{cases} \Rightarrow V_y^2 - V_x^2 = 2\left(-\frac{F_x}{m}\right)d$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV_y^2 - \frac{1}{2}mV_x^2 = -F_x d \Rightarrow K - K_x = W$$

کار انجام شده روی جسم برابر تغییر انرژی جنبشی جسم است.

$$K - K_x = \Delta K \quad \Delta K = W$$

## قضیه ی کار و انرژی

۴۳-

« کار برآیند نیروهای وارد بر روی یک جسم در یک جابه جایی

برابر است با تغییر انرژی جنبشی جسم در آن جابه جایی. »

اگر کار برآیند نیروها مثبت باشد، انرژی جنبشی جسم افزایش می یابد و اگر کار برآیند نیروها منفی باشد، انرژی جنبشی جسم کاهش می یابد و اگر کار برآیند نیروها صفر باشد، انرژی جنبشی تغییر نمی کند.

$$\Delta K = W$$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

-۴۴

## مفهوم انرژی پتانسیل گرانشی

فرض کنید که یک جسم فقط تحت اثر نیروی وزن خود (نیروی گرانشی) قرار دارد. اگر جسم را به سمت بالا پرتاب کنیم و جسم از زمین دور شود، انرژی جنبشی آن کاهش می‌یابد. این انرژی کجا رفته است؟ هم‌چنین هنگام بازگشت وقتی جسم به زمین نزدیک شود، انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد. این انرژی از کجا آمده است؟ برای توجیه این پدیده می‌توان گفت که هنگام دور شدن جسم از زمین، کاهش انرژی جنبشی جسم به صورت دیگری از انرژی تبدیل می‌شود که دیده نمی‌شود و به صورت مخفی ذخیره می‌شود و هنگام نزدیک شدن جسم به زمین انرژی ذخیره شده آزاد می‌شود و باعث افزایش انرژی جنبشی جسم می‌شود. این تغییر انرژی به دلیل اثر نیروی وزن (نیروی گرانشی) و کار انجام شده توسط آن روی جسم به وجود می‌آید.

« به انرژی‌ای که به دلیل اثر نیروی گرانشی روی اجسام به طور مخفی در اجسام وجود دارد، انرژی پتانسیل گرانشی می‌گویند و آن را با  $U$  نشان می‌دهند. »

## رابطه ی انرژی پتانسیل گرانشی و کار نیروی وزن

فرض کنید جسمی که تنها تحت اثر نیروی وزن خود (نیروی گرانشی) قرار دارد، جابه‌جا شود و کار انجام شده روی آن توسط نیروی وزن (نیروی گرانشی) برابر  $W_{mg}$  باشد. هم‌چنین فرض می‌کنیم در این جابه‌جایی انرژی پتانسیل گرانشی از  $U_1$  به  $U_2$  تغییر کند.

۴۵- (۱) اگر جسم از زمین دور شود،  $W_{mg}$ ، کار انجام شده توسط نیروی وزن (نیروی گرانشی) روی آن منفی است و انرژی جنبشی جسم به اندازه ی  $|W_{mg}|$  کاهش می‌یابد و این مقدار به صورت انرژی پتانسیل گرانشی ذخیره می‌شود. یعنی انرژی پتانسیل گرانشی به اندازه ی  $|W_{mg}|$  افزایش یافته است.

$$\begin{cases} U = U_1 + |W_{mg}| \\ W_{mg} < 0 \Rightarrow |W_{mg}| = -W_{mg} \end{cases} \Rightarrow U = U_1 - W_{mg} \Rightarrow \Delta U = -W_{mg}$$

« کار نیروی وزن (نیروی گرانشی) برابر قرینه ی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است. »

۴۶- (۲) اگر جسم به زمین نزدیک شود،  $W_{mg}$ ، کار انجام شده توسط نیروی وزن (نیروی گرانشی) روی آن مثبت است و انرژی جنبشی جسم به اندازه ی  $W_{mg}$  افزایش می‌یابد و این مقدار از آزاد شدن انرژی پتانسیل گرانشی ایجاد می‌شود. یعنی انرژی پتانسیل گرانشی به اندازه ی  $W_{mg}$  کاهش یافته است.

$$\Rightarrow U = U_1 - W_{mg} \Rightarrow \Delta U = -W_{mg}$$

« کار نیروی وزن (نیروی گرانشی) برابر قرینه ی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است. »

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

-۴۷

## تعریف کمی انرژی پتانسیل گرانشی

فرض کنید جسمی را با سرعت ثابت جابه‌جا کنیم. اگر کار نیروی وزن جسم برابر  $W_{mg}$  و کاری که ما برای جابه‌جایی جسم با سرعت ثابت انجام می‌دهیم برابر  $W$  باشد، داریم :

قضیه کار و انرژی

می‌دانیم که کار انجام شده توسط نیروی وزن (نیروی گرانشی) برابر قرینه‌ی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است.

$$W_{mg} = -\Delta U \Rightarrow W = \Delta U$$

کاری که ما برای جابه‌جایی جسم با سرعت ثابت انجام می‌دهیم برابر تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است.

\* \* \*

انرژی پتانسیل گرانشی جسم در هر نقطه به طور مطلق قابل محاسبه نیست و انرژی پتانسیل گرانشی به طور نسبی محاسبه می‌شود. معمولاً انرژی پتانسیل گرانشی اجسام نسبت به سطح زمین محاسبه می‌شود. (پتانسیل صفر) اگر یک جسم از سطح زمین با سرعت ثابت به یک نقطه منتقل شود، انرژی پتانسیل آن به اندازه‌ی کاری که ما انجام می‌دهیم تغییر می‌کند.

« انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم در یک نقطه نسبت به زمین برابر است با کاری که انجام می‌دهیم تا جسم را با سرعت ثابت از سطح زمین تا نقطه‌ی یاد شده منتقل کنیم. »

-۴۸

## محاسبه‌ی انرژی پتانسیل گرانشی

اگر یک جسم از سطح زمین با سرعت ثابت به ارتفاع  $h$  از سطح زمین منتقل شود، انرژی پتانسیل آن به اندازه‌ی کاری که ما انجام می‌دهیم ( $W$ ) تغییر می‌کند. هم‌چنین طبق قضیه‌ی کار و انرژی کل کار انجام شده روی جسم به دلیل ثابت بودن سرعت صفر است.

$$\begin{cases} \Delta U = W \\ W + W_{mg} = 0 \Rightarrow \Delta U = -W_{mg} = -(-mgh) = mgh \end{cases}$$

اگر انرژی پتانسیل گرانشی جسم را در سطح زمین صفر فرض کنیم، انرژی پتانسیل گرانشی جسم در ارتفاع  $h$  از سطح زمین برابر  $mgh$  است.

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



### جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

-۴۹

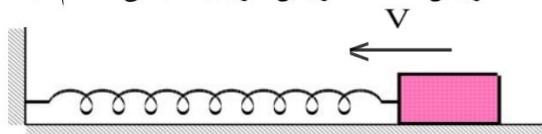
#### مفهوم انرژی پتانسیل کشسانی

در شکل زیر جسم بر روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارد و به یک سر فنری که سر دیگر آن ثابت شده است وصل است. جسم ساکن است و فنر طول طبیعی خود را دارد.

O

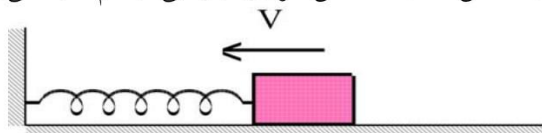
جسم را می کشیم تا طول فنر افزایش یابد و سپس آن را رها می کنیم. جسم یک حرکت نوسانی (رفت و برگشت) انجام می دهد که این حرکت به این صورت تشریح می شود :

(۱) مطابق شکل زیر وقتی که طول فنر از طول طبیعی آن بیش تر است و طول فنر در حال کاهش است، سرعت جسم و در نتیجه انرژی جنبشی آن در حال افزایش است. افزایش انرژی جنبشی جسم از کجا تامین می شود؟



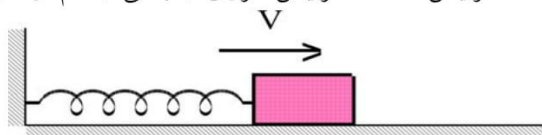
O

(۲) مطابق شکل زیر وقتی که طول فنر از طول طبیعی آن کم تر است و طول فنر در حال کاهش است، سرعت جسم و در نتیجه انرژی جنبشی آن در حال کاهش است. کاهش انرژی جنبشی جسم کجا می رود؟



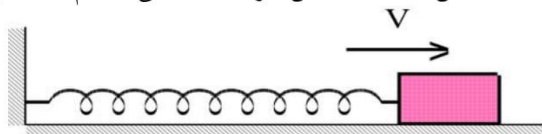
O

(۳) مطابق شکل زیر وقتی که طول فنر از طول طبیعی آن کم تر است و طول فنر در حال افزایش است، سرعت جسم و در نتیجه انرژی جنبشی آن در حال افزایش است. افزایش انرژی جنبشی جسم از کجا تامین می شود؟



O

(۴) مطابق شکل زیر وقتی که طول فنر از طول طبیعی آن بیش تر است و طول فنر در حال افزایش است، سرعت جسم و در نتیجه انرژی جنبشی آن در حال کاهش است. کاهش انرژی جنبشی جسم کجا می رود؟



O

در پاسخ به این سوال ها می توان گفت که هنگامی که طول فنر از طول طبیعی آن بیش تر یا کم تر می شود در آن انرژی ذخیره می شود و هر چه قدر تغییر طول فنر نسبت به طول طبیعی آن بیش تر باشد، انرژی ذخیره شده در آن بیش تر است. هنگامی که نیروی کشسانی فنر روی جسم کار مثبت انجام می دهد و سرعت و انرژی جنبشی جسم افزایش می یابد، به انرژی ذخیره شده در فنر افزوده می شود. در نتیجه جسم کاهش می یابد، به انرژی ذخیره شده در فنر افزوده می شود.

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

۵۰-

## مفهوم انرژی پتانسیل الکتریکی

بارهای الکتریکی به هم نیرو وارد می کنند. هنگامی که بارهای الکتریکی به هم نزدیک می شوند و یا از هم دور می شوند، نیروی الکتریکی متقابل آن ها که ممکن است جاذبه یا دافعه باشد روی بارها کار مثبت یا منفی انجام می دهد و باعث کاهش یا افزایش انرژی جنبشی بارها می شود. کاهش انرژی جنبشی بارها کجا می رود؟ افزایش انرژی جنبشی بارها از کجا تامین می شود؟

برای توجیه این پدیده می توان گفت که کاهش انرژی جنبشی بارها به صورت دیگری از انرژی تبدیل می شود که در بارها دیده نمی شود و به صورت مخفی در آن ها ذخیره می شود و افزایش انرژی جنبشی بارها از آزاد شدن انرژی ذخیره شده در بارها تامین می شود.

این تغییر انرژی به دلیل اثر نیروی الکتریکی و کار انجام شده توسط آن روی بارها به وجود می آید.

« به انرژی ای که به دلیل اثر نیروی الکتریکی روی بارهای الکتریکی به طور مخفی در بارها وجود دارد، انرژی پتانسیل الکتریکی می گویند. »

۵۱- اگر دو بار هم نام باشند :

بارهای هم نام یکدیگر را دفع می کنند.



اگر دو بار هم نام آزادانه به یکدیگر نزدیک شوند، نیروی الکتریکی وارد بر آن ها باعث کاهش سرعت و در نتیجه کاهش انرژی جنبشی آن ها می شود. کاهش انرژی جنبشی بارها به انرژی پتانسیل الکتریکی بارها تبدیل می شود. یعنی به انرژی ذخیره شده در بارها اضافه می شود.

اگر دو بار هم نام آزادانه از یکدیگر دور شوند، نیروی الکتریکی وارد بر آن ها باعث افزایش سرعت و در نتیجه افزایش انرژی جنبشی آن ها می شود. افزایش انرژی جنبشی بارها از انرژی پتانسیل الکتریکی بارها تامین می شود. یعنی از انرژی ذخیره شده در بارها کاسته می شود.

« هر چه قدر فاصله ی دو بار الکتریکی هم نام کم تر شود، انرژی الکتریکی ذخیره شده در آن ها بیش تر می شود و هر چه قدر فاصله ی دو بار الکتریکی هم نام بیش تر شود، انرژی الکتریکی ذخیره شده در آن ها کم تر می شود. »

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

## ۵۲- اگر دو بار ناهم نام باشند :

بارهای ناهم نام یکدیگر را جذب می کنند.



اگر دو بار ناهم نام آزادانه به یکدیگر نزدیک شوند، نیروی الکتریکی وارد بر آنها باعث افزایش سرعت و در نتیجه افزایش انرژی جنبشی آنها می شود. افزایش انرژی جنبشی بارها از انرژی پتانسیل الکتریکی بارها تامین می شود. یعنی انرژی ذخیره شده در بارها آزاد می شود.

اگر دو بار ناهم نام آزادانه از یکدیگر دور شوند، نیروی الکتریکی وارد بر آنها باعث کاهش سرعت و در نتیجه کاهش انرژی جنبشی آنها می شود. کاهش انرژی جنبشی بارها به انرژی پتانسیل الکتریکی بارها تبدیل می شود. یعنی به انرژی ذخیره شده در بارها اضافه می شود.

« هر چه قدر فاصله ی دو بار الکتریکی ناهم نام کم تر شود، انرژی الکتریکی ذخیره شده در آنها کم تر می شود و هر چه قدر فاصله ی دو بار الکتریکی ناهم نام بیش تر شود، انرژی الکتریکی ذخیره شده در آنها بیش تر می شود. »

## انرژی مکانیکی

۵۳-

« به مجموع انرژی های جنبشی و پتانسیل انرژی مکانیکی می گویند. »

$$U \text{ (انرژی پتانسیل)} + K \text{ (انرژی جنبشی)} = E \text{ (انرژی مکانیکی)}$$

## پایستگی انرژی مکانیکی

۵۴-

فرض کنید یک جسم فقط تحت اثر نیروی وزن خود حرکت می کند. کل کار انجام شده روی جسم برابر کار نیروی وزن جسم است که کار نیروی وزن جسم برابر قرینه ی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم است. از طرفی بر اساس قضیه ی کار و انرژی کل کار انجام شده روی جسم برابر تغییر انرژی جنبشی جسم است.

$$\begin{cases} \sum W = W_{mg} = -\Delta U \\ \sum W = \Delta K \end{cases} \Rightarrow \Delta K = -\Delta U$$

اگر انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی اولیه جسم به ترتیب  $K_1$  و  $U_1$  باشد و انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی نهایی جسم  $K$  و  $U$  باشد، داریم :

$$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow K - K_1 = -(U - U_1) \Rightarrow K + U = K_1 + U_1 \Rightarrow E = E_1$$

انرژی مکانیکی اولیه و نهایی جسم برابر هستند. یعنی انرژی مکانیکی جسم در حرکت سقوط آزاد پایسته است.

## استفاده از پایستگی انرژی مکانیکی در حرکت پرتابی

فرض کنید یک جسم با جرم  $m$  در شرایط خلاء از نقطه ای در بالای سطح زمین با سرعت اولیه ی  $V_1$  در امتداد دلخواه پرتاب شود. ارتفاع جسم به اندازه ی  $H$  تغییر می کند و سرعت نهایی جسم برابر  $V$  می شود.

۵۵- اگر ارتفاع جسم کاهش یافته باشد  $(h = h_1 - H)$  :

$$E = E_1 \Rightarrow K + U = K_1 + U_1 \Rightarrow K - K_1 = U_1 - U$$

$$\Rightarrow K - K_1 = mgh_1 - mgh = mg(h_1 - h) = mg(h_1 - (h_1 - H)) = +mgH$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV^2 - \frac{1}{2}mV_1^2 = +mgH \Rightarrow V^2 - V_1^2 = +2gH$$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

۵۶- اگر ارتفاع جسم افزایش یافته باشد  $(h = h_0 + H)$  :

$$\Rightarrow K - K_0 = mgh_0 - mgh = mg(h_0 - h) = mg(h_0 - (h_0 + H)) = -mgH$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mV^2 - \frac{1}{2}mV_0^2 = -mgH \Rightarrow V^2 - V_0^2 = -2gH$$

## عدم پایستگی انرژی مکانیکی

۵۷-

فرض کنید به یک جسم به غیر از نیروی وزن، نیرو یا نیروهای دیگری وارد می‌شود. کل کار انجام شده روی جسم برابر مجموع کار نیروی وزن جسم و کار بقیه‌ی نیروها ( $W_n$ ) است که کار نیروی وزن جسم برابر قرینه‌ی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی جسم است. از طرفی بر اساس قضیه‌ی کار و انرژی کل کار انجام شده روی جسم برابر تغییر انرژی جنبشی جسم است.

$$\begin{cases} \Sigma W = W_{mg} + W_n = -\Delta U + W_n \\ \Sigma W = \Delta K \end{cases} \Rightarrow \Delta K = -\Delta U + W_n$$

اگر انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی اولیه جسم به ترتیب  $K_0$  و  $U_0$  باشد و انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی نهایی جسم  $K$  و  $U$  باشد، داریم :

$$\Delta K = -\Delta U + W_n \Rightarrow K - K_0 = -(U - U_0) + W_n$$

$$\Rightarrow W_n = (K + U) - (K_0 + U_0) \Rightarrow W_n = E - E_0 \Rightarrow W_n = \Delta E$$

کار نیرو یا نیروهایی که غیر از وزن به جسم وارد می‌شوند برابر تغییر انرژی مکانیکی جسم هستند. به طور مثال اگر نیروی اصطکاک و یا نیروی مقاومت هوا باعث عدم پایستگی انرژی مکانیکی شود، کار این نیرو برابر تغییر انرژی مکانیکی است.  
کار نیروهای غیرپایستار برابر تغییرات انرژی مکانیکی جسم است.

## توان انجام کار

۵۸-

فرض کنید کار  $\Delta W$  در مدت زمان  $\Delta t$  انجام شده است. توان متوسط  $\bar{P}$  به صورت کار انجام شده در واحد زمان تعریف می‌شود.

$$\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

واحد توان در SI، ژول بر ثانیه ( $J/s$ ) است که به اختصار وات ( $W$ ) نامیده می‌شود.  
یک کار مشخص هر چه قدر در زمان کم‌تری انجام شود، توان انجام آن کار بیش‌تر است و هر چه قدر در زمان بیش‌تری انجام شود، توان انجام آن کار کم‌تر است.

## توان انجام کار توسط یک نیرو

۵۹-

فرض کنید جسمی در راستای مستقیم با سرعت  $V$  حرکت می‌کند و نیروی ثابت  $F$  در امتداد حرکت جسم به آن وارد می‌شود. در مورد توان انجام کار توسط این نیرو داریم :

$$\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{F \Delta x}{\Delta t} = F \frac{\Delta x}{\Delta t} = F \bar{V}$$

اگر نیرو در جهت حرکت جسم باشد، نیرو با توان  $\bar{P} = F \bar{V}$  به جسم انرژی می‌دهد و اگر نیرو در خلاف جهت حرکت جسم باشد، نیرو با توان  $\bar{P} = F \bar{V}$  از جسم انرژی می‌گیرد.



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

۶۰-

### ماشین و بازده

ماشین به دستگاهی گفته می شود که انرژی را از یک صورت به صورت دیگری که مورد نظر ما است تبدیل می کند و برای ما کار انجام می دهد. در هر ماشین قسمتی از انرژی اولیه به انرژی های دیگری که مورد نظر ما نبوده است تبدیل می شود که معمولاً به این انرژی ها، انرژی تلف شده گفته می شود. بازدهی یک ماشین برابر نسبت انرژی خروجی مورد نظر ما یا کار مفید انجام شده توسط آن به کل انرژی مصرف شده توسط آن تعریف می شود.

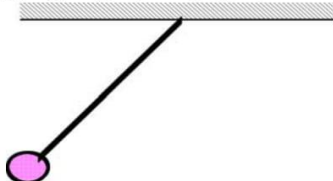
## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



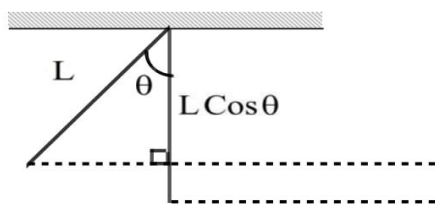
## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

## آونگ و پایستگی انرژی مکانیکی

مطابق شکل زیر گلوله‌ای به جرم  $m$  را در نظر بگیرید که از یک نخ به طول  $L$  آویزان است و نوسان (رفت و برگشت) می‌کند. به گلوله نیروی وزن و نیروی کشش نخ وارد می‌شود. نیروی کشش نخ در هر لحظه بر راستای حرکت گلوله در آن لحظه عمود است و در نتیجه کار انجام شده توسط آن روی جسم صفر است. بنابراین کل کار انجام شده روی جسم برابر کار نیروی وزن است و انرژی مکانیکی گلوله پایسته است.

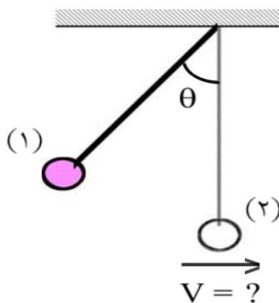


با توجه به شکل زیر هنگامی که نخ با امتداد قائم زاویه‌ی  $\theta$  تشکیل می‌دهد، جسم در ارتفاع  $\Delta h = L(1 - \cos\theta)$  نسبت به پایین‌ترین موضع خود قرار دارد.



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

۶۱- (۱) فرض کنید جسم از حالتی که نخ با امتداد قائم زاویه‌ی  $\theta$  تشکیل می‌دهد رها می‌شود و می‌خواهیم سرعت جسم را در پایین‌ترین وضعیت آن به دست آوریم.



$$E_2 = E_1 \Rightarrow K_2 + U_2 = K_1 + U_1 \Rightarrow \frac{1}{2} m V_2^2 + mgh_2 = \frac{1}{2} m V_1^2 + mgh_1$$

$$\Rightarrow V_2^2 + 2gh_2 = V_1^2 + 2gh_1 \Rightarrow V_2^2 - V_1^2 = 2g(h_1 - h_2) = 2gL(1 - \cos\theta)$$

جسم در حالت (۱) رها شده است و  $V_1 = 0$ .

$$\Rightarrow V^2 = 2gL(1 - \cos\theta) \Rightarrow V = \sqrt{2gL(1 - \cos\theta)} = 2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \sqrt{gL}$$

## مبحث : درسنامه فصل دوم فیزیک دهم ریاضی کار و انرژی



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی مفاهیم کار و انرژی

۶۲- (۲) فرض کنید جسم از حالت تعادل با سرعت  $V_1$  حرکت داده شده است و می خواهیم حداکثر زاویه ی نخ با امتداد قائم را به دست آوریم.

$$L \cos \theta \quad L$$

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

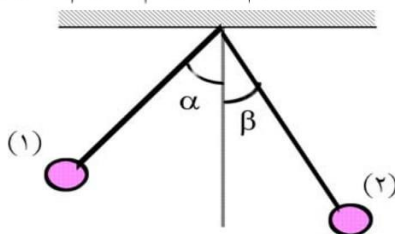
$$E_2 = E_1 \Rightarrow K_2 + U_2 = K_1 + U_1 \Rightarrow \frac{1}{2} m V_2^2 + mgh_2 = \frac{1}{2} m V_1^2 + mgh_1$$

$$\Rightarrow V_2^2 + 2gh_2 = V_1^2 + 2gh_1 \Rightarrow V_2^2 - V_1^2 = 2g(h_1 - h_2) = 2gL(1 - \cos \theta)$$

سرعت جسم در حالت (۲) که جسم در بالاترین نقطه قرار دارد صفر است و  $V_2 = 0$ .

$$\Rightarrow V_1^2 = 2gL(1 - \cos \theta) \Rightarrow \cos \theta = 1 - \frac{V_1^2}{2gL} \Rightarrow \theta = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{V_1^2}{2gL} \right)$$

۶۳- (۳) فرض کنید جسم نوسان (رفت و برگشت) می کند و سرعت آن در حالت هایی که نخ با امتداد قائم زاویه ی  $\alpha$  و  $\beta$  می سازد به ترتیب برابر  $V_1$  و  $V_2$  است. می خواهیم رابطه ی  $V_1$  و  $V_2$  را به دست آوریم.



$$E_2 = E_1 \Rightarrow K_2 + U_2 = K_1 + U_1 \Rightarrow \frac{1}{2} m V_2^2 + mgh_2 = \frac{1}{2} m V_1^2 + mgh_1$$

$$\Rightarrow V_2^2 + 2gh_2 = V_1^2 + 2gh_1 \Rightarrow V_2^2 + 2gL(1 - \cos \beta) = V_1^2 + 2gL(1 - \cos \alpha)$$

$$\Rightarrow V_2^2 - V_1^2 = 2gL(\cos \beta - \cos \alpha)$$

مبحث : درسنامه فصل سوم فیزیک دهم ریاضی فشار و ویژگی های فیزیک مواد



جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

۱-۱- حالات های مختلف ماده:

- (الف) گاز: فاصله ی مولکول ها از هم نسبت به حالت های جامد و مایع خیلی بیش تر است (حدود چند ده برابر) - مولکول ها می توانند آزادانه حرکت کنند.
- (ب) مایع: فاصله ی مولکول ها در مقایسه با گاز بسیار کم تر است (در حدود یک انگستروم است). مولکول ها به راحتی به اطراف حرکت می کنند و روی هم می لغزند.
- (ج) جامد: فاصله ی مولکول ها مانند فاصله ی آن ها در مایع است - مولکول ها نمی توانند آزادانه حرکت کنند و تنها در جای خود یک حرکت نوسانی بسیار کوچک دارند.
- علت این که چرا یک ظرف نوشابه ی پلاستیکی در بسته ی خالی را می توان متراکم کرد ولی در حالی که ظرف پر از آب است نمی توان متراکم کرد را با توجه به فاصله ی مولکول ها در حالت گاز و مایع توجیه می شود.
- وقتی یک قطره ی جوهر را داخل آب می اندازیم، پس از مدتی تمام آب رنگی می شود. این ویژگی مایع که مولکول ها می توانند به راحتی به اطراف حرکت کنند و روی هم بلغزند این امر را توجیه می کند.
- وقتی یک لیوان پر از آب را کج می کنیم و آب از آن می ریزد با این ویژگی از مولکول های مایع که به راحتی روی هم می لغزند قابل توجیه است.

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------|
| <p>در این جامدها مولکول ها در طرح منظمی کنار یکدیگر قرار دارند که معمولا از سرد کردن آهسته ی مایعات حاصل می شوند. فلزات و بیش تر سنگ ها مانند نمک طعام و الماس جامد بلورین هستند.</p> <p>مولکول ها در طرح منظم کنار یکدیگر قرار ندارند و معمولا از سرد کردن سریع مایعات بدست می آیند. شیشه یک جامد بی شکل است.</p> | } | <p>۱- جامدهای بلورین:</p> <p>۲- جامدهای بی شکل:</p> <p>انواع جامد</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------|

۲-۳- نیروهای هم چسبی:

نیروی جاذبه بین مولکول های یک مایع را نیروی هم چسبی می نامیم. البته اگر مولکول ها خیلی به هم نزدیک شوند یک نیروی رانشی قوی بین آن ها ایجاد می شود که مانع نزدیک شدن آن ها به هم می شود و عامل تراکم ناپذیری مایعات می شوند. نیروهای بین مولکولی کوتاه برد هستند، یعنی وقتی فاصله ی بین مولکول ها چند برابر فاصله ی بین مولکولی می شود، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر می شوند.



## جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

### ۳-۴- کشش سطحی:

فرض کنید یک ورقه ی لاستیکی مثل بادکنک را از هر طرف بکشیم. هر نقطه از سطح این بادکنک توسط نقاط اطراف آن کشیده و نگه داشته شده است به گونه ای که اگر جسم سبکی را روی آن سطح قرار دهیم، با فرورفتگی کمی که در سطح ایجاد می شود، جسم روی سطح نگه داشته می شود مگر آن که جسم بیش از حد سنگین باشد. در سطح هر مایع، مولکول های مایع با نیروی هم چسبی که به هم وارد می کنند، باعث می شوند که سطح مایع مانند یک بادکنک کشیده شده عمل کند و اجسام سبکی مانند سوزن را روی خود نگه دارند. به این رفتار مایع کشش سطحی می گوئیم.

### ۴-۵ - نیروی دگر چسبی:

بین مولکول های دو ماده ی مختلف هم نیروی جاذبه وجود دارد که نیروی دگر چسبی نام دارد.

- نیروهای چسبندگی بین مولکول های آب و مولکول های شیشه ی تمیز بیش تر از نیروی هم چسبی بین مولکول های آب است. بنابراین قطره ی آب روی سطح شیشه پهن می شود و سطح شیشه را تر می کند. اگر سطح شیشه کمی چرب باشد، دیگر قطره ی آب پهن نمی شود. بلکه به صورت قطرات کروی درمی آیند. در این حالت نیروهای هم چسبی بین مولکول های آب بیشتر از نیروهای چسبندگی سطحی بین مولکول های آب و روغن است.
- قطرات جیوه هم روی سطح شیشه ی تمیز به صورت کروی باقی می ماند که بیانگر این مطلب است که نیروهای چسبندگی بین مولکول های جیوه از نیروهای چسبندگی سطحی بین مولکول های جیوه و شیشه بیش تر است.



## مژوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

### ۵-۶- مویینگی:

یکی از آثار نیروهای دگرچسبی، مویینگی است. با وارد کردن یک لوله ی شیشه‌ای مویین درون یک ظرف مایع، مایع درون لوله بالا می‌آید ولی برای مایعات مختلف شرایط متفاوت است. مثلاً در مقایسه‌ی آب و جیوه می‌توان گفت:

۱- سطح آب در لوله‌ی مویین دارای فرورفتگی است ولی سطح جیوه دارای برآمدگی است.

۲- سطح آب در لوله از سطح آن در ظرف بالاتر است ولی در جیوه برعکس می‌باشد.

• مصالح ساختمانی از قبیل خاک و آجر و سیمان به سبب مویینگی آب را به درون خود می‌کشند. برای جلوگیری از این عمل از قیر که آب در آن نفوذ نمی‌کند استفاده می‌کنند و قبل از ساختن ساختمان زمین را قیراندود می‌کنند تا از نفوذ رطوبت به داخل ساختمان جلوگیری شود.

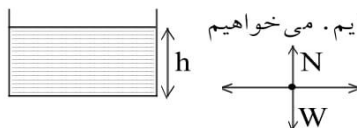
مبحث : درسنامه فصل سوم فیزیک دهم ریاضی فشار و ویژگی های فیزیک مواد



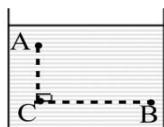
جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

۶-۸- محاسبه ی فشار در مایعات (بدون اثر فشار هوا)

فرض کنید درون استوانه ای به سطح مقطع  $A$  تا ارتفاع  $h$  مایعی به چگالی  $\rho$  ریخته ایم. می خواهیم فشار در کف ظرف را محاسبه کنیم. نیروهای وارد بر مایع به صورت زیر است که چون مایع ساکن است،  $N=W$  می شود. عکس العمل  $N$  به کف ظرف وارد می شود، بنابراین:



البته اگر به جای کف ظرف، فشار در عمق  $h$  از مایع خواسته شود، به طرز مشابه به رابطه ی  $\rho gh$  خواهیم رسید. در این رابطه  $P$ ، فشار ناشی از وزن مایع در عمق  $h$  است که اگر چگالی مایع  $(\rho)$  را بر حسب  $\frac{kg}{m^3}$  و عمق نقطه ی مورد نظر  $(h)$  را بر حسب متر  $(m)$  قرار دهیم، مقدار فشار بر حسب پاسکال  $(Pa)$  بدست خواهد آمد. این رابطه نشان می دهد که فشار تمام نقاط در عمق یکسان از یک مایع ساکن برابر است و لازم به ذکر است که  $h$  از سطح آزاد مایع سنجیده می شود.

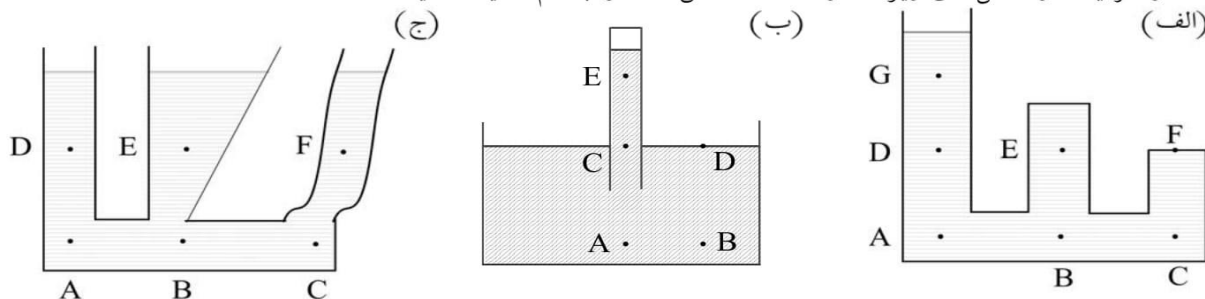


مثال: در ظرف مقابل مقداری آب وجود دارد. اختلاف فشار بین نقطه ی  $A$  و  $B$  چند پاسکال است؟ ( $BC=20cm$ ,  $AC=10cm$ ) در عمق یکسانی قرار دارند.

$$\left. \begin{array}{l} P_A = \rho gh_1 \\ P_B = \rho gh_2 \end{array} \right\} \Rightarrow P_B - P_A = \rho g(h_2 - h_1) = \rho g\Delta h$$

$$P_B - P_A = 1000 \times 10 \times 0.1 = 1000 \text{ Pa}$$

مثال: در هر یک از شکل های زیر فشار نقاط مشخص شده را با هم مقایسه کنید.



حل: با توجه به این که عمق از سطح آزاد مایع سنجیده می شود می توان به نتایج زیر رسید:



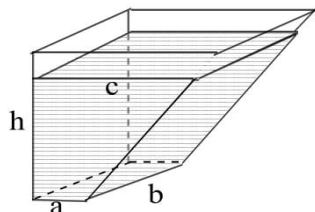
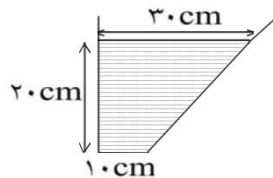
جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

$$P_A = P_B > P_C = P_D > P_E \quad (\text{ب})$$

(الف)

$$P_A = P_B = P_C > P_D = P_E = P_F \quad (\text{ج})$$

مثال: مطابق شکل درون ظرفی که دیواره های جلویی، پشتی و سمت چپ آن قائم هستند و کف ظرف مستطیلی به ابعاد  $10\text{ cm} \times 40\text{ cm}$  است تا ارتفاع  $20\text{ cm}$  آب ریخته ایم. (فقط فشار و نیروی ناشی از وزن مایع را در نظر بگیرید.)



(الف) فشار در کف ظرف چقدر است؟

(ب) نیروی وارد بر کف ظرف چقدر است؟

(ج) وزن مایع موجود در ظرف چقدر است؟

حل:

$$P = \rho gh = 1000 \times 10 \times 0.2 = 2000 \text{ Pa} \quad (\text{الف})$$

(ب) فشار در تمام نقاط کف یکسان است:

$$F = PA = 2000 \times (0.1 \times 0.4) = 80 \text{ N}$$

(ج) ابتدا حجم مایع موجود که یک منشور با قاعده ی دوزنقه است را حساب، سپس جرم و در نهایت وزن آنرا حساب می کنیم:

$$\left. \begin{array}{l} V = S \cdot b \\ S = \frac{a+c}{2} \cdot h \end{array} \right\} \Rightarrow V = \left( \left( \frac{10+30}{2} \right) \times 20 \right) \times 40 = 16000 \text{ cm}^3$$

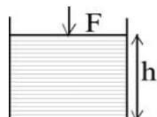
$$m = \rho V = 1 \times 16000 = 16000 \text{ g} = 16 \text{ kg} \Rightarrow W = 160 \text{ N}$$

نکته: نیروی وارد بر کف ظرف صرفاً از طرف مایع برابر وزن مایعی است که به طور قائم بالای کف ظرف قرار می گیرد.



## جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

۷- ۹- اثر فشار هوا:



فرض کنید درون یک ظرف استوانه ای شکل تا ارتفاع  $h$  مایعی به چگالی  $\rho$  ریخته ایم و روی آن یک پیستون سبک و بدون اصطکاکی قرار دارد و از طریق این پیستون نیروی  $F$  را به سطح مایع وارد می کنیم. در این صورت نیروهای وارد بر مایع به صورت زیر هستند و چون مایع ساکن است  $N=W+F$  می باشد. عکس العمل  $N$  یعنی  $N'$  به کف ظرف وارد می شود، بنابراین فشار در کف ظرف عبارتست از:

$$P = \frac{N'}{A} = \frac{N}{A} = \frac{W+F}{A} = \frac{W}{A} + \frac{F}{A}$$

جمله ی  $\frac{W}{A}$  فشار ناشی از وزن مایع است و آنرا قبلاً به صورت  $\rho gh$  ساده کرده ایم و  $\frac{F}{A}$  فشار ناشی از نیروی  $F$

$$P = \rho gh + \frac{F}{A}$$

است. بنابراین:

• (اصل پاسکال): فشار وارد بر مایع محصور بدون کاهش به تمام قسمت های مایع و دیواره های ظرف منتقل می شود.

ممکن است نیروی  $F$  را یک شخص وارد کرده باشد یا یک وزنه روی پیستون قرار داد و یا اصلاً خود پیستون دارای وزن باشد و یا ممکن است وزن هوای بالای سطح مایع نیرو وارد کند (دیگر حضور پیستون الزامی ندارد). بنابراین

جمله ی  $\frac{F}{A}$  می تواند فشار ناشی از وزن هوا که به آن فشار هوا می گوئیم با  $P_0$  نمایش می دهیم باشد. بنابراین فشار

در عمق  $h$  از یک مایع به چگالی  $\rho$  در حالت کلی (با در نظر گرفتن اثر فشار هوا) از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$P = P_0 + \rho gh$$

فشار هوا در نقاط مختلف متفاوت است ولی هر چه از سطح زمین دور می شویم، فشار هوا کم تر می شود. البته این تغییر در تغییر ارتفاع کم محسوس نیست و بسیار ناچیز می باشد.

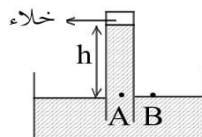
مثال: فشار در عمق های ۱ متری و ۱۰ متری یک دریاچه  $10^5 \times 1/11$  و  $10^5 \times 2/1$  پاسکال است. چگالی آب دریاچه و فشار هوا در محل دریاچه چقدر است؟

حل:

$$P = P_0 + \rho gh \Rightarrow \begin{cases} 10^5 \times 1/11 = P_0 + \rho \times 10 \times 1 \\ 10^5 \times 2/1 = P_0 + \rho \times 10 \times 10 \end{cases} \xrightarrow{\text{تفاضل}} 0.99 \times 10^5 = 90\rho \Rightarrow \rho = 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\Rightarrow P_0 = 10^5 \text{ Pa}$$

فشار سنج:



وقتی هوای درون یک لوله مانند لوله ی آزمایش بلند را خالی کنیم و سپس آنرا مطابق شکل درون مایع قرار دهیم، مایع درون لوله بالا می رود. علت این امر وجود فشار هوایی است که بر سطح مایع درون ظرف وارد می شود و باعث می شود تا مایع درون لوله بالا برود. (توجه کنید این موضوع ربطی به موینگی ندارد، چون اصلاً لوله موئین نیست و

مبحث : در سنامه فصل سوم فیزیک دهم ریاضی فشار و ویژگی های فیزیک مواد



جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

نیروی که به علت چسبندگی سطحی است، بسیار ناچیز است. می دانیم نقاط هم تراز در یک مایع با هم، هم فشار هستند. بنابراین:

$$P_B = P_A \Rightarrow P_0 = \rho gh$$

چون فشار در نقطه ی B فقط ناشی از فشار هوای بیرون است و در نقطه ی A فشار ناشی از وزن ستون h از مایع است. پس با دانستن  $\rho$  و اندازه گیری h می توان فشار هوا را اندازه گیری کرد. هرچقدر چگالی مایع کم تر باشد، مایع ارتفاع بیشتری را در لوله بالا می رود، بنابراین برای آن که طول لوله خیلی زیاد نباشد از مایعی با چگالی بالا استفاده می شود. معمولاً در فشارسنج ها از جیوه استفاده می شود.

در نزدیکی سطح آب های آزاد ارتفاع جیوه درون لوله که بالاتر از ظرف است،  $h = 76 \text{ cm}$  می شود و بنابراین برای این

$$P_0 = \rho_{\text{جیوه}} \times g \times h = 13600 \times 9.81 \times 0.76 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 1.0^5 \text{ Pa}$$

مکان می توان نوشت:

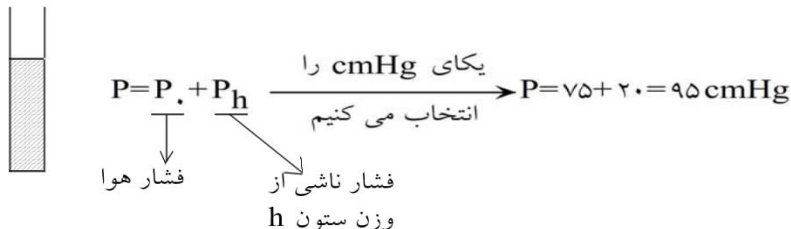
این مقدار یک اتمسفر (atm) نامیده می شود.

دیدیم که در این حالت فشار هوا با  $\rho gh$  یعنی فشار ناشی از ستونی از جیوه به ارتفاع 76cm برابر است. گاهی اوقات به جای محاسبه ی فشار بر حسب پاسکال، فشار را بر اساس ارتفاعی از ستون جیوه بیان می کنند، مثلاً در شرایط فوق فشار هوا 76 سانتی متر جیوه (76cmHg) بیان می شود. واضح است که برای آن که این مقدار را به پاسکال تبدیل کنیم، باید چگالی جیوه برای ما معلوم باشد.

$$\text{مثال: فشار } 1 \text{ atm برابر فشار ناشی از چه ستون آب است؟ } \left( \rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$P = \rho gh \Rightarrow 1.0^5 = 1000 \times 10 \times h \Rightarrow h = 10 \text{ m}$$

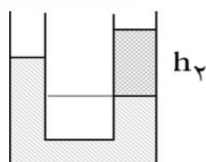
مثال: در شکل مقابل در لوله ی آزمایش تا ارتفاع 20cm جیوه ریخته ایم. اگر فشار هوا 75cmHg باشد، فشار در ته لوله چقدر است؟



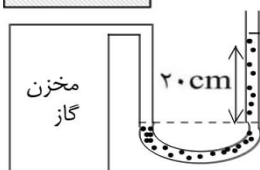
لوله های U شکل:

در چنین سوالاتی باز اساس کار، یکسان بودن فشار در عمق های یکسان از یک مایع ساکن است. در شکل مقابل با توجه به هم فشار بودن نقاط A و B می توان نوشت:

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

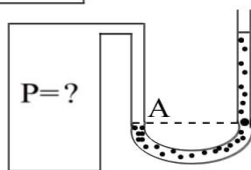


$$\Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$



مثال: مطابق شکل درون یک لوله ی U شکل مقداری جیوه موجود است. یک شاخه ی این لوله به مخزن گاز وصل است. اگر فشار هوا  $75 \text{ cmHg}$  باشد. فشار گاز درون مخزن چقدر است؟

حل:



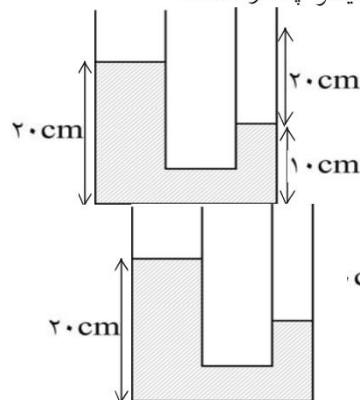
$$P_A = P_B \Rightarrow P = P_{\text{ستون جیوه}} + P_{\text{حساب cmHg}} \rightarrow P = 75 + 20 = 95 \text{ cmHg}$$

باید توجه داشت که اگر مایع درون لوله جیوه نبود باید نسبت چگالی آن به چگالی جیوه معلوم باشد تا بتوان فشار را محاسبه کرد.

مثال: در مثال قبل فشار گاز درون مخزن بر حسب پاسکال چقدر است؟ ( )

$$P = \rho gh = 13600 \times 10 \times 0.95 = 129200 \text{ Pa}$$

مثال: در شکل مقابل چگالی مایع سبک تر (چگالی کم تر)  $\frac{g}{\text{cm}^3}$  است. چگالی مایع دیگر چقدر است؟



حل:

مایع سنگین تر (چگال تر) پایین تر از مایع سبک تر قرار می گیرد. بنابراین  $\frac{g}{\text{cm}^3}$  برابر مایع با ستون  $20 \text{ cm}$  در شاخه ی سمت راست است.

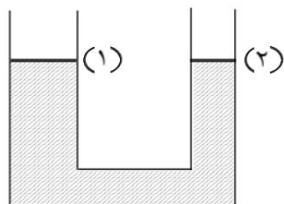
با توجه به شکل مقابل نقاط A و B هم فشارند:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_1 + \rho_1 gh_1 = P_2 + \rho_2 gh_2 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

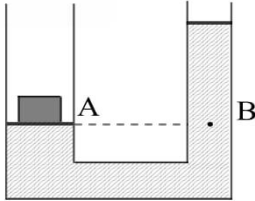
$$\rho_1 = \frac{h_2}{h_1} \times \rho_2 \Rightarrow \rho_1 = 4 \frac{g}{\text{cm}^3}$$

مثال: در شکل مقابل جرم و اصطکاک پیستون ها ناچیز است و چگالی مایع درون لوله  $\frac{g}{\text{cm}^3}$  است. هرگاه بر روی پیستون ۱ که مساحت آن  $20 \text{ cm}^2$  است یک وزنه ی  $480$  گرمی قرار دهیم، پس از تعادل پیستون ۲ چند سانتی متر بالاتر از پیستون ۱ قرار می گیرد؟

حل:



جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده



$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \frac{W}{A} = P_0 + \rho gh \Rightarrow h = \frac{W}{\rho g A} = \frac{mg}{\rho g A}$$

$$h = \frac{m}{\rho A} \Rightarrow h = 3 \text{ cm}$$

نکته: برای آن که در مثال فوق جابه جایی هر پیستون را پیدا کنیم، باید مساحت پیستون دوم هم معلوم باشد. اگر جابه جایی پیستون ها را  $x_1$  و  $x_2$  بنامیم از حل دو معادله ی زیر می توان به نتیجه ی لازم رسید.

$$A_1 x_1 = A_2 x_2, \quad x_1 + x_2 = h$$



## جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

۸-۷- فشار:

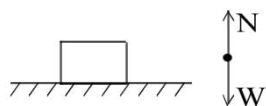
فرض کنید روی یک سطح صاف از ماسه ی نرم یک آجر را در وضعیت های مختلف قرار می دهیم. با این که وزن آجر ثابت است ولی مقدار فرورفتگی ها متفاوت است. می بینیم در حالتی که آجر روی کم ترین سطح خود قرار گرفته است، بیش ترین فرورفتگی را ایجاد کرده است. اگر آجر دیگری را روی آجر اول قرار دهیم، فرورفتگی بیش تر می شود. کمیتی که در این جا معرفی می کنیم که با نیرو رابطه ی مستقیم و با مساحت نسبت عکس دارد فشار نام دارد.

• فشار که با  $P$  نمایش داده می شود، اندازه ی نیروی عمودی وارد بر واحد سطح است. بنابراین اگر اندازه ی نیروی عمودی وارد بر سطحی به مساحت  $A$  برابر  $F$  باشد. فشار وارد بر واحد این سطح از رابطه ی  $P = \frac{F}{A}$  بدست می آید.

توجه داشته باشید که فشار یک کمیت نرده ای (اسکالر) بوده و یکای آن در SI، نیوتن بر مترمربع ( $\frac{N}{m^2}$ ) می باشد که پاسکال (Pa) نام دارد.

پرسش: به نظر شما هنگامی که یک چاقو را تیز می کنید، چه عاملی باعث می شود که چاقو بهتر می برد؟

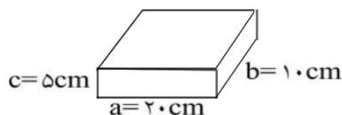
مثال: یک آجر به جرم  $1\text{ kg}$  و ابعاد



و کم ترین فشار وارد بر سطح توسط این آجر چند پاسکال است؟

نیروهای وارد بر جسم به صورت شکل مقابل است و چون جسم ساکن است،  $N = W$  می باشد. نیرویی که به سطح زمین وارد می شود ( $N'$ ) واکنش نیروی  $N$  می باشد. بنابراین:  $N' = N = W$

$$P = \frac{N'}{A} = \frac{N}{A} = \frac{W}{A} \Rightarrow \begin{cases} P_{\max} = \frac{mg}{A_{\min}} = \frac{10}{(5 \times 10) \times 10^{-4}} = 2000 \text{ Pa} \\ P_{\min} = \frac{mg}{A_{\max}} = \frac{10}{(10 \times 20) \times 10^{-4}} = 500 \text{ Pa} \end{cases}$$



مثال: در شکل مقابل چگالی مکعب مستطیل  $10 \frac{g}{cm^3}$  است.

(الف) فشار وارد بر سطح چند پاسکال است؟

باز مشابه مثال قبل، نیروی وارد بر سطح برابر وزن است.

$$P = \frac{N'}{A} = \frac{N}{A} = \frac{W}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{\rho Vg}{A} = \frac{\rho(abc)g}{ab} = \rho cg \Rightarrow P = 10000 \times 0.05 \times 10 = 5000 \text{ Pa}$$

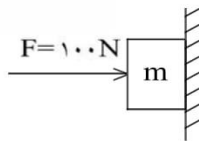
دقت کنید که چگالی جسم  $10000 \frac{Kg}{m^3}$  می باشد.

(ب) اگر یک نیروی  $F = 200\text{ N}$  به طور عمودی و رو به پایین به جسم وارد شود، فشار وارد بر سطح چقدر می شود؟

در این حالت نیروهای وارد بر جسم مطابق شکل مقابل خواهد بود و چون جسم ساکن است،  $N = F + W$  می باشد. واکنش نیروی  $N$  یعنی  $N'$  به سطح زیرین وارد می شود بنابراین:

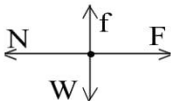
$$P = \frac{N'}{A} = \frac{W + F}{A} = \frac{W}{A} + \frac{F}{A} \Rightarrow P = 5000 + \frac{200}{0.02 \times 0.1} = 15000 \text{ Pa} = 15 \text{ KPa}$$

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده



مثال: در شکل مقابل سطح تماس جسم با دیوار  $200 \text{ cm}^2$  است. فشار وارد بر سطح چقدر است؟

حل: نیروهای وارد بر جسم به صورت شکل زیر است و عکس العمل  $N$  هم به دیوار وارد می شود.

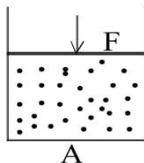


$$P = \frac{N'}{A} = \frac{N}{A} = \frac{F}{A} = \frac{100}{200 \times 10^{-4}} = 5000 \text{ Pa}$$



## جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

### ۹-۱۱- فشار در گازها:



اگر گاز محبوس در استوانه را با نیروی  $F$  که به پیستون سبک بدون اصطکاک وارد می شود، متراکم کنیم، در حال تعادل نیرو و در نتیجه فشار وارد بر پیستون از طرف گاز و نیروی  $F$  با هم برابر می شود. بنابراین فشاری که گاز به پیستون وارد می کند  $\frac{F}{A}$  است. بنابراین طبق اصل پاسکال فشار گاز درون ظرف  $\frac{F}{A}$  است. (چون چگالی گاز و در نتیجه فشار ناشی از وزن آن بسیار کم است، فشار در تمام نقاط گاز یکسان است).

- معمولاً اختلاف فشار یک محفظه با فشار هوای بیرون را فشار پیمانه ای می نامند.



## جزوه ی فیزیک - مفاهیم دما و گرما

### ۱- دما

دما معیاری برای سنجش سردی و گرمی اجسام است. در اصل آن چه ما در قالب دما حس می کنیم اثری کلی از حرکت جزئی ذرات تشکیل دهنده ی ماده است. هر چه انرژی جنبشی ذرات بیشتر باشد، دمای ماده ی شامل آن ذرات بالاتر است. ما به کمک حس لامسه خود می توانیم به طور تقریبی دمای اجسام را تشخیص دهیم. برای اندازه گیری دقیق دما، از دماسنج استفاده می شود.

### ۲- دماسنجی

راه و شیوه ی اندازه گیری دما را دماسنجی می نامیم. برای دماسنجی از یک خاصیت ماده که در قبال تغییر دما، تغییر می کند استفاده می کنند. مهم ترین این ویژگی ها انبساط و انقباض مواد در اثر گرم یا سرد شدن جسم است. رایج ترین نوع دماسنج ها، دماسنج های جیوه ای و الکلی هستند. نحوه ی استفاده از دماسنج به ساختمان آن بستگی دارد. در این نوع دماسنج ها، مخزن دماسنج را در تماس با جسم مورد آزمایش قرار می دهند و دما را از عدد مقابل سطح جیوه در لوله ی باریک می خوانند.

### ۳- ساختمان دماسنج های جیوه ای (الکلی)

این دماسنج ها از یک مخزن و یک لوله ی باریک تشکیل شده است. وقتی مخزن گرم می شود، جیوه ی (الکل) مخزن منبسط شده در نتیجه سطح جیوه (الکل) در لوله بالا می رود. در اثر سرد شدن و انقباض این فرآیند برعکس انجام می شود.

### ۴- مدرج ساختن دماسنج جیوه ای (الکلی)

برای مدرج کردن دماسنج جیوه ای مراحل زیر باید طی شود:

- ۱- مخزن دماسنج را در تماس با یخ خردشده در حال ذوب قرار می دهیم. سطح جیوه را بعد از ثابت شدن علامت می زنیم و عدد صفر را یادداشت می نمائیم.
- ۲- مخزن دماسنج را بالای آب در حال جوش در تماس با بخار آب قرار می دهیم. سطح جیوه را بعد از ثابت شدن علامت می زنیم و عدد ۱۰۰ را یادداشت می نمائیم.
- ۳- بین دو علامت را به صد قسمت مساوی تقسیم می کنیم.
- ۴- بالای علامت صد و پائین صفر را متناسب با تقسیم بندی انجام شده درجه بندی می کنیم.

### ۵- گستره ی سنجش دما در دماسنج ها

گستره ی عمل کرد دماسنج ها به ساختمان دماسنج و ماده ی دماسنجی بستگی دارد. مثلاً جیوه در دمای  $39^{\circ}\text{C}$  یخ می زند. پس نمی توان از آن برای دماهای پایین تر از  $39^{\circ}\text{C}$  استفاده کرد. الکل نیز در دمای  $78^{\circ}\text{C}$  تبخیر می شود. پس الکل نیز برای اندازه گیری دماهای بالاتر از  $78^{\circ}\text{C}$  مناسب نیست.

### ۶- بستگی نقطه ی انجماد و جوش آب به فشار و ناخالصی

دمای ذوب و جوش آب (یا هر ماده ای) علاوه بر جنس ماده به فشار هوا و ناخالصی آن بستگی دارد. مثلاً دمای ذوب یخ و جوش آب صفر درجه سلسیوس و  $100^{\circ}\text{C}$  است. ولی این در صورتی است که آب خالص بوده، فشار هوا نیز یک اتمسفر باشد. با افزایش فشار یا ناخالصی دمای ذوب یخ پایین آمده، دمای جوش آب نیز افزایش می یابد.

مبحث : درسنامه فصل چهارم فیزیک دهم تجربی دما و گرما



جزوه ی فیزیک - مفاهیم دما و گرما

۷- تعادل گرمایی، دمای تعادل

وقتی دو منبع گرم و سرد در مجاورت هم قرار می گیرند، جسم گرم تر با کاهش دما و جسم سردتر با افزایش دما روبرو می شوند. وقتی دمای آن ها یکی شد دیگر دمای آن ها تغییر نمی کند. به این دما دمای تعادل گفته می شود. دو جسم را در صورتی که در تماس با هم دمایشان تغییر نکنند در تعادل گرمایی می گویند.

۸- گرما

دو جسم سرد و گرم در اثر ارتباط با یکدیگر و اختلاف دمایشان دچار تغییر در مقدار انرژی درونی می شوند. به انرژی مبادله شده بین دو جسم در اثر اختلاف دما، گرما می گویند. مثلاً ما از خورشید گرما می گیریم. چون بین ما و خورشید اختلاف دما وجود دارد. در انتقال انرژی به صورت گرما جسم با دمای بالاتر انرژی از دست می دهد و جسم سردتر انرژی به دست می آورد.

۹- رسانش گرما

انرژی گرمایی در جسم از قسمت گرم تر ( دارای دمای بالاتر) به قسمت سردتر می رود. به این نوع انتقال انرژی رسانش گرما می گویند. رسانش گرمایی بیشتر در مورد جامدات مطرح است. در سیالات (مایعات و گازها) نیز تا حدی رسانایی گرمایی وجود دارد ولی از آن جا که در این مواد همرفت وجود دارد، اثر رسانایی فوق العاده کم می شود. موادی را که رسانش گرمایی آن ها فوق العاده کم است، اصطلاحاً نارسانا (عایق) گرمایی می گویند. مثلاً آب، هوا و چوب رساناهای خوبی برای گرما نیستند.

۱۰- عایق بندی گرمایی

ما در زمستان با مصرف انرژی خانه را گرم می کنیم و در تابستان با مصرف انرژی (معمولاً انرژی الکتریکی) خانه را خنک می کنیم. اگر بتوانیم از مواد عایق گرما در ساختمان خانه استفاده کنیم، به علت انتقال گرمای کم تر دمای داخل ساختمان کم تر تغییر می کند و در نتیجه با مصرف کم تر انرژی خانه خنک یا گرم می شود.

۱۱- کاربرد رسانایی رساناهای خوب گرما

- ۱- شعله پخش کن وسیله ای فلزی است که گرمای حاصل از شعله را (به واسطه ی رسانایی خوب) پخش می کند و مانع از سوختن غذا در فضای بالای شعله می شود.
- ۲- ظروف طبخ غذا را معمولاً آلومینیومی، مسی و ... می سازند تا گرما را بهتر به قسمت های مختلف غذا منتقل کنند.

۱۲- هوا رسانای ضعیف گرما

هوا یک رسانای بسیار ضعیف گرما است. یکی از کاربردهای این مورد دیوارهای دو لایه است. اتلاف انرژی از دیوارهای دولایه کم تر از نصف دیوارهای یک لایه است. لباس های پشمی نیز علاوه بر نارسانا بودن پشم از هوای محبوس در بین تارهایشان کمک می گیرند. پرندگان نیز در روزهای سرد با پوش دادن به پرهای خود از نارسانایی هوا استفاده می کنند.

## جزوه ی فیزیک - مفاهیم دما و گرما

### ۱۳- گرمای ویژه

اجسام برای افزایش دما نیاز به دریافت انرژی گرمایی دارند. گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یکسان مواد مختلف برابر نیست. به گرمای مورد نیاز برای یک درجه سلسیوس افزایش دمای یک کیلوگرم از هر ماده گرمای ویژه آن می گویند. یکای گرمای ویژه  $\frac{J}{kg^{\circ}C}$  می باشد. گرمای ویژه ی چند ماده ی مختلف در جدول ۲-۳ کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه آمده است.

برای جسم  $m$  با تغییر دمای  $\Delta\theta$  و گرمای ویژه ی  $C$  داریم:

$$Q = m.c.\Delta\theta$$

که این رابطه میزان تغییر انرژی درونی جسم  $m$  را به ما می دهد.

### ۱۴- کاربرد گرمای ویژه ی بالای آب

گرمای ویژه ی آب بسیار بالا است. این بدان معناست که با مقدار کمی افزایش دما انرژی زیادی در خود ذخیره می کند. این مورد کاربردهایی دارد:

- ۱- در رادیاتور خودروها از آب استفاده می شود.
- ۲- در رادیاتور و شوفاژ ساختمان ها برای انتقال گرما از آب استفاده می شود.
- ۳- گرمای ویژه ی بالای آب در مناطق ساحلی مرطوب سبب می شود که دمای آن مناطق تقریباً ثابت بماند.

### ۱۵- مقایسه ی گرما و انرژی درونی

همان طور که گفته شد انرژی جنبشی (ارتعاشی) ذرات تشکیل دهنده ی مواد در قالب انرژی درونی قرار می گیرد و دو جسم کاملاً همانند اگر دارای دماهای متفاوت باشند، جسم گرم تر دارای انرژی درونی بیشتری است. اگر مقداری آب  $100^{\circ}C$  را در مجاورت مقداری آهن  $100^{\circ}C$  قرار دهیم اتفاقی رخ نخواهد داد. در حالی که اگر این آب را در مجاورت مقداری آهن صفر درجه سلسیوس قرار دهیم، کمی سرد خواهد شد، یعنی انرژی درونی آن کاهش خواهد یافت و در عوض انرژی درونی آهن افزایش خواهد یافت. در این جا این مقدار انرژی درونی ابتدا تبدیل به انرژی گرمایی شده، سپس به انرژی درونی آهن تبدیل و به آن افزوده شده است. ما از انرژی درونی به خودی خود نمی توانیم بهره ای ببریم در حالی که با تبدیل آن به گرما می توانیم از انرژی تبدیل شده در نیروگاه ها، خودروها و ... بهره مند شویم.

### ۱۶- دما، انرژی درونی و گرما

برای آنکه سردی یا گرمی اجسام را بصورت کمی (عددی) مقایسه کنیم، نیاز به معرفی یک کمیت داریم. این کمیت دماست که معیاری است برای سنجش میزان سردی یا گرمی اجسام. اگر از حس لامسه برای سنجیدن دما استفاده کنیم، دو اشکال عمده به این روش وارد است که اولاً دقت لازم را ندارد و ثانیاً بازه ی اندازه گیری دما محدود می شود. بنابراین برای اندازه گیری دما از آثاری که تغییر دما روی سایر کمیت های فیزیکی مانند طول، حجم، فشار گاز، مقاومت الکتریکی و .... دارد استفاده می کنیم. اساس کار دماسنج های حیوه ای و الکلی بر انبساط مایعات است.

- انرژی درونی هر جسم، مجموع انرژی مولکول های تشکیل دهنده ی آن از جمله انرژی جنبشی آنهاست.
- دمای هر جسم متناسب است با انرژی جنبشی متوسط مولکول های سازنده ی آن.
- گرما صورتی از انرژی است که به علت اختلاف دما بین دو جسم مبادله می شود.

مبحث : درسنامه فصل چهارم فیزیک دهم تجربی دما و گرما

جزوه ی فیزیک - مفاهیم دما و گرما



۱۷- یکی از مقیاس‌های اندازه‌گیری دما، درجه‌ی سلسیوس است که در این مقیاس در فشار یک اتمسفر دمای یخ در حال ذوب را صفر و دمای آب در حال جوش را صد در نظر گرفته و ما بین آن را به صد قسمت مساوی تقسیم می‌کنند. این تقسیم‌بندی برای دماهای بالای صد و زیر صفر هم ادامه پیدا می‌کند. دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس را معمولاً با  $\theta$  نمایش داده و یکای آن به صورت  $^{\circ}\text{C}$  بیان می‌شود. مقیاس دیگر دما بر حسب کلوین (دمای مطلق) می‌باشد که یکای SI دما نیز می‌باشد. در این مقیاس تقسیم‌بندی با درجه‌ی سلسیوس تفاوتی ندارد و تنها صفر کلوین معادل تقریباً  $273^{\circ}\text{C}$  است. دما بر حسب کلوین را معمولاً با  $T$  نمایش داده و یکای آن به صورت  $\text{K}$  بیان می‌گردد.

با توضیحات فوق می‌توان دریافت که رابطه‌ی دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس و کلوین به صورت زیر خواهد بود:

$$T = \theta + 273$$

نکته: تغییر دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس و کلوین یکسان است. این نتیجه را می‌توان از توضیحی که برای مقیاس کلوین بیان شد نتیجه گرفت. اما می‌توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = \theta_1 + 273 \\ T_2 = \theta_2 + 273 \end{array} \right\} \Rightarrow T_2 - T_1 = (\theta_2 + 273) - (\theta_1 + 273) \Rightarrow \Delta T = \Delta \theta$$

مثال: مجموع دمای جسمی بر حسب سلسیوس و کلوین  $327$  می‌باشد. دمای این جسم چند کلوین است؟  
حل:

$$T + \theta = 327 \Rightarrow T + (T - 273) = 327 \Rightarrow 2T = 600 \Rightarrow T = 300\text{K}$$

مثال تستی: دمای جسمی بر حسب سلسیوس  $2$  برابر می‌شود. دمای این جسم بر حسب کلوین چند برابر می‌شود؟  
الف)  $2$  برابر      ب) بیش از  $2$  برابر      ج) کمتر از  $2$  برابر      د) بسته به دما هر سه ممکن است.  
حل:

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = \theta_1 + 273 \xrightarrow{(\times 2)} 2T_1 = 2\theta_1 + 2 \times 273 \\ T_2 = \theta_2 + 273 \xrightarrow{\theta_2 = 2\theta_1} T_2 = 2\theta_1 + 273 \end{array} \right\} \Rightarrow T_2 < 2T_1$$

گزینه ی (ج) پاسخ صحیح است.

مبحث : درسنامه فصل چهارم فیزیک دهم تجربی دما و گرما



جزوه ی فیزیک - مفاهیم دما و گرما

۱۸- ظرفیت گرمایی (A) : مقدار گرمایی است که باید به یک جسم داده شود تا دمای آن یک درجه ی سلسیوس (یا یک کلوین) افزایش یابد. با توجه به تعریف فوق می توان دریافت که گرمایی (Q) که لازم است تادمای جسم را به اندازه ی  $\Delta\theta$  افزایش دهد از رابطه ی مقابل به دست می آید:

$$Q = A \cdot \Delta\theta$$

یکای ظرفیت گرمایی (A) در SI ژول بر کلوین ( $\frac{J}{K}$  یا  $\frac{J}{^{\circ}C}$ ) است.

گرمای ویژه (c): مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از یک جسم داده شود تا دمای آن یک درجه ی سلسیوس (یا یک کلوین) افزایش یابد.

در واقع می توان گفت گرمای ویژه، ظرفیت گرمایی جسمی به جرم یک کیلوگرم است. پس برای تغییر دمای  $1^{\circ}C$  برای جسمی به جرم  $1Kg$  گرمای c لازم است. پس اگر مقدار m کیلوگرم از جسم این تغییر دما را داشته باشد، گرمای لازم mc خواهد بود. با توجه به توضیحات فوق می توان دریافت که  $A = mc$  است و در نتیجه برای تغییر دمای  $\Delta\theta$  می توان نوشت:

$$Q = A \cdot \Delta\theta = mc\Delta\theta$$

یکای گرمای ویژه در SI ژول بر کیلوگرم بر کلوین ( $\frac{J}{KgK}$  یا  $\frac{J}{Kg^{\circ}C}$ ) است.

در رابطه ی ذکرشده  $\Delta\theta = \theta_p - \theta_1$  است یعنی دمای اولیه ( $\theta_1$ ) از دمای ثانویه ( $\theta_p$ ) کم می شود. اگر جسمی گرما بگیرد، مقدار Q را مثبت و اگر گرما از دست بدهد مقدار Q را منفی قرار می دهیم. با توجه به رابطه ی  $Q = mc\Delta\theta$  می توان دریافت :

$$\begin{cases} Q > 0 \Rightarrow \Delta\theta > 0 \Rightarrow \theta_p > \theta_1 \rightarrow \text{دمای جسم افزایش یافته است.} \\ Q < 0 \Rightarrow \Delta\theta < 0 \Rightarrow \theta_p < \theta_1 \rightarrow \text{دمای جسم کاهش یافته است} \end{cases}$$

مثال: از  $50g$  جیوه با دمای  $52^{\circ}C$  مقدار  $360J$  گرما می گیریم. دمای جیوه چقدر می شود؟

۱۹- ۲- حالت های ماده

از قبل با حالت های مختلف ماده و تغییر حالت (فاز) آنها آشنا هستید. در اینجا فقط این نکته را یاد می کنیم که اگر فشار ثابت باشد تغییر حالت ماده در دمای ثابتی (دمای گذار) صورت می گیرد. شکل زیر تغییر حالت های مختلف ماده به هم را نشان می دهد.

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow -360 = \frac{1}{1000} \times 150 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = -48^{\circ}C \Rightarrow$$

$$-48 = \theta_p - 52 \Rightarrow \theta_p = 4^{\circ}C$$

مثال: اگر به جسم a مقداری گرما دادیم، دمای آن  $40^{\circ}C$  افزایش می دهد. اگر همان مقدار گرما را به جسم b بدهیم دمای آن  $12^{\circ}C$  افزایش می یابد. اگر این مقدار گرما به مجموعه ی دو جسم a و b داده شود، دمای مجموعه چقدر بالا می رود؟  
حل: میعان، انجماد، ذوب، انجماد

$$Q = A_a \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = A_a \times 4 \Rightarrow A_a = \frac{Q}{4}$$

$$Q = A_b \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = A_b \times 12 \Rightarrow A_b = \frac{Q}{12}$$

افزایش فشار بر جامدها بجز مواردی مثل یخ، باعث بالا رفتن نقطه ی ذوب می شود. همچنین افزایش فشار وارد بر مایع باعث بالا رفتن نقطه ی جوش می شود. وقتی این گرما به مجموعه ی دو جسم داده می شود، دمای آنها به یک اندازه ( $\Delta\theta$ ) افزایش می یابد و بخشی از گرما به جسم a و بخشی دیگر به جسم b می رسد، بنابراین:

$$Q = A_a \Delta\theta + A_b \Delta\theta = (A_a + A_b) \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{A_a + A_b} = \frac{Q}{\frac{Q}{4} + \frac{Q}{12}} = 3^{\circ}C$$

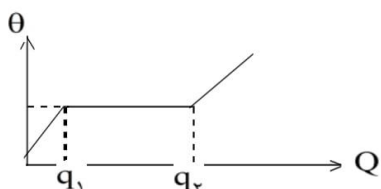
دماهای مختلف در کنار هم باشند، به علت اختلاف دما شروع به مبادله ی گرما می کنند تا هم دمای یکسان، دمای تعادل می گیریم. در این تبادل گرمایی بعضی از اجسام گرم می شوند و بعضی

مبحث : درسنامه فصل چهارم فیزیک دهم تجربی دما و گرما



جزوه ی فیزیک - مفاهیم دما و گرما

۲۰- ذوب: وقتی به یک جسم جامد گرما می دهیم، دمای آن شروع به افزایش می کند. اگر گرما دادن را ادامه دهیم جسم به دمایی می رسد که پس از آن با اینکه جسم گرما می گیرد ولی دمای آن بالا نمی رود، این دما، دمای ذوب جسم است و جسم شروع به ذوب شدن کرده است.



مقدار گرمایی که جسم جامد در دمای ذوب خود می گیرد تا بطور کامل ذوب شود را گرمای نهان ذوب می گوئیم. اگر عمل گرما دادن را ادامه دهیم، دمای جسم که مایع شده است بالا می رود. نمودار دما بر حسب گرمایی که به جسم داده می شود، به صورت مقابل است.

مثال: در نمودار شکل فوق، گرمای نهان ذوب کدام مقدار است؟

الف)  $q_1$       ب)  $q_2$       ج)  $q_2 - q_1$       د) بستگی به جرم دارد.

پاسخ: گزینه ی (ج) صحیح است.

گرمای نهان ویژه ی ذوب ( $L_f$ ): مقدار گرمایی است که به  $1\text{ Kg}$  از یک جسم جامد داده می شود تا در دمای ثابت (که دمای ذوب آن است)، از حالت جامد به حالت مایع تبدیل شود. یکای آن در SI ژول بر کیلوگرم ( $\frac{\text{J}}{\text{Kg}}$ ) است.

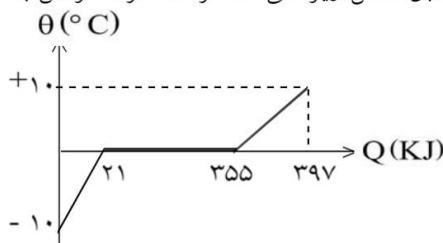
باید توجه داشت که این گرما صرفاً باعث تغییر حالت جسم شده است و دمای جسم را بالا نمی برد. با توجه به تعریف فوق می توان دریافت که گرمای لازم برای ذوب مقدار  $m$  کیلوگرم از یک ماده که در نقطه ی ذوب قرار دارد، از رابطه ی  $Q = mL_f$  به دست می آید. (گرمای نهان ذوب جسم)

در نموداری که در بالا رسم شده است، مقدار  $q_1$  از رابطه ی  $mc_1\Delta\theta_1$  به دست می آید که  $c_1$  گرمای ویژه ی حالت جامد است و  $q_2 - q_1$  هم برابر  $mL_f$  خواهد بود و ادامه ی نمودار هم باعث افزایش دمای حالت مایع می شود. مثال: چقدر گرما لازم است تا  $1\text{ Kg}$  یخ  $10^\circ\text{C}$  به آب  $10^\circ\text{C}$  تبدیل شود؟ نمودار دمای جسم بر حسب گرمای دریافتی را رسم کنید.

$$\left( C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}, C_{\text{یخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}, L_f = 334000 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}, \theta_{\text{ذوب}} = 0^\circ\text{C} \right)$$

حل: چون در این فرآیند از حالت جامد به حالت مایع می رسیم، پس نمی توان با یک رابطه به جواب رسید. این فرآیند مطابق شکل زیر طی سه مرحله گرما گرفتن به وضعیت مورد نظر می رسد:

$$\begin{aligned} & \text{یخ } 10^\circ\text{C} \xrightarrow{Q_1} \text{یخ } 0^\circ\text{C} \xrightarrow{Q_2} \text{آب } 0^\circ\text{C} \xrightarrow{Q_3} \text{آب } 10^\circ\text{C} \\ & Q_1 = mc_i\Delta\theta_i = 1 \times 2100 \times (0 - (-10)) = 21000\text{J} = 21\text{KJ} \\ & Q_2 = mL_f = 1 \times 334000 = 334000\text{J} = 334\text{KJ} \\ & Q_3 = mc_w\Delta\theta_w = 1 \times 4200 \times (10 - 0) = 42000\text{J} = 42\text{KJ} \end{aligned}$$



در مثال فوق اگر گرمایی که به جسم داده می شود کمتر از  $21\text{KJ}$  باشد، جسم در حالت جامد (یخ) باقی می ماند و اگر گرمای داده شده به جسم بیش از  $355\text{KJ}$  باشد، تمام آن ذوب شده و دمایش به بالاتر از صفر (نقطه ی ذوب) می رسد و اگر گرمایی که به جسم داده می شود بیش تر از  $21\text{KJ}$  و کم تر از  $355\text{KJ}$  باشد، قسمتی از یخ ذوب می شود و قسمتی از آن باقی می ماند و دمای نهایی هم صفر خواهد بود.

انجماد: باید توجه داشت که این فرآیند وارون فرآیند ذوب است. در این فرآیند برای تبدیل مایع به جامد در دمای انجماد (که همان دمای ذوب است) همان مقداری گرما گرفته می شود که برای تبدیل جسم جامد به مایع در نقطه ی ذوب گرما لازم است.

بنابراین در فرآیند انجماد می توان از رابطه ی  $Q = -mL_f$  استفاده کرد.

مبحث : درسنامه فصل چهارم فیزیک دهم تجربی دما و گرما



جزوه ی فیزیک - مفاهیم دما و گرما

۲۱- جوشیدن و تبخیر: این فرآیند هم مشابه ذوب است، با این تفاوت که به جای تبدیل جامد به مایع، تبدیل مایع به گاز صورت می گیرد.

گرمای نهان ویژه ی تبخیر ( $L_v$ ): مقدار گرمایی است که به  $1\text{Kg}$  از یک مایع در نقطه ی جوش داده می شود تا به بخار در همان دما تبدیل شود. بنابراین گرمای لازم برای تبخیر در دمای ثابت (گرمای نهان تبخیر) از رابطه ی  $Q = mL_v$  بدست می آید.

میعان: معان و ارون فرآیند تبخیر است و بنابراین گرمای نهان میعان از رابطه ی  $Q = -mL_v$  بدست می آید.  
مثال: به  $1\text{Kg}$  آب  $80^\circ\text{C}$  مقدار  $309/6\text{KJ}$  گرما می دهیم. چقدر از آب بخار می شود؟

$$\left( c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}, L_v = 2256000 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}, \theta_{\text{جوش}} = 100^\circ\text{C} \right)$$

حل: با توجه به صورت سؤال، مشخص می شود که تنها قسمتی از آب بخار می شود، بنابراین تمام آب باید به دمای بخار ( $100^\circ\text{C}$ ) برسد و سپس بخشی از آن بخار شود. گرمای لازم برای تبدیل آب  $80^\circ\text{C}$  به آب  $100^\circ\text{C}$  عبارتست از:

$$Q_1 = mc\Delta\theta = 2 \times 4200 \times (100 - 80) = 84000\text{J} = 84\text{kJ}$$

در نتیجه گرمایی که صرف تبخیر قسمتی از آب می شود عبارتست از:

$$Q_2 = Q - Q_1 = 309/6 - 84 = 225/6\text{ KJ}$$

این مقدار گرما می تواند مقدار  $m'$  از آب را به بخار تبدیل کند که از رابطه ی زیر قابل محاسبه است:

$$Q_2 = m'L_v \Rightarrow 225600 = m' \times 2256000 \Rightarrow m' = 0/1\text{ Kg}$$

تبخیر سطحی: در هر دمایی مولکول های سطح مایع از آن جدا می شوند که به این عمل تبخیر سطحی می گویند. هرچه مساحت سطح مایع بیشتر باشد و یا دمای آن بالاتر باشد و یا فشار هوای بالای آن کمتر باشد تبخیر سطحی سریعتر صورت می گیرد. در اثر تبخیر سطحی دمای مابقی مایع کاهش می یابد.

۲۲-۳- اثر تغییر دما بر ابعاد اجسام:

اگر دمای یک جسم را افزایش دهیم، غالباً حجم آنها افزایش می یابد. این افزایش حجم در هر سه بعد جسم صورت می گیرد. اما اگر جسم ما یک ورقه ی نازک فلزی باشد، تغییر ابعادی که در سطح این جسم صورت می گیرد بسیار محسوس تر از انبساط ضخامت آن است. در چنین وضعیتی که انبساط سطح مدنظر قرار می گیرد، انبساط سطحی می گوئیم و به طرز مشابه برای یک میله ی نازک، تغییر در طول بسیار محسوس تر از تغییر در سطح مقطع آن است. در این وضعیت که انبساط در طول مدنظر است را انبساط طولی (و یا خطی) می نامیم.

مبحث : درسنامه فصل چهارم فیزیک دهم تجربی دما و گرما



جزوه ی فیزیک - مفاهیم دما و گرما

۲۳- فرض کنید یک میله ی نازک در اختیار داریم و می خواهیم با افزایش دما، میزان انبساط آن را اندازه گیری کنیم. هر چقدر تغییر دما ( $\Delta\theta$ ) بیشتر باشد، میزان انبساط یعنی تغییر طول میله ( $\Delta L$ ) بیش تر خواهد بود. هرچقدر طول اولیه ی میله ( $L_1$ ) بیش تر باشد باز میزان انبساط ( $\Delta L$ ) به تناسب افزایش می یابد. بنابراین تغییر طول ( $\Delta L$ ) با تغییر دما ( $\Delta\theta$ ) و طول اولیه ی ( $L_1$ ) متناسب است. ضریب این تناسب به جنس جسم بستگی دارد که آن را ضریب انبساط طولی ( $\alpha$ ) می نامیم بنابراین:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta\theta$$

رابطه ی فوق را می توان به صورت زیر بسط داد:

$$L_2 - L_1 = L_1 \alpha \Delta\theta \Rightarrow L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta\theta)$$

یکای  $\alpha$  در SI بر کلوین ( $\frac{1}{K}$  یا  $\frac{1}{^\circ C}$ ) است.

مثال: میزان تغییر طول یک پل بتنی به طول ۱۰۰m، هنگامی که دما  $20^\circ C$  افزایش می یابد، چند سانتی متر است؟

$$\left( \alpha_{\text{بتن}} = \frac{1}{2} \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ C} \right)$$

حل:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta\theta = 100 \times \left( \frac{1}{2} \times 10^{-5} \right) \times 20 = \frac{2}{4} \times 10^{-2} m = \frac{2}{4} cm$$

۲۴- انبساط سطحی: عوامل مؤثر در انبساط سطحی ( $\Delta A$ ) هم، تغییر دما  $\Delta\theta$  و مساحت اولیه ی ( $A_1$ ) و جنس جسم که به صورت یک ضریب به نام ضریب انبساط سطحی ظاهر می شود، می باشد. می توان نشان داد که با تقریب خوبی ضریب انبساط سطحی دو برابر ضریب انبساط طولی همان جنس است. بنابراین:

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

در نتیجه:

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

یکای ضریب انبساط سطحی همان  $\frac{1}{K}$  (یا  $\frac{1}{^\circ C}$ ) می باشد.

مثال: دمای یک صفحه ی فلزی دایره ای شکل را  $250^\circ C$  افزایش می دهیم. مساحت صفحه ۲% افزایش می یابد.

الف) ضریب انبساط سطحی و خطی فلز را بیابید. ب) نسبت شعاع ثانویه به شعاع اولیه ی صفحه چقدر است؟  
حل: الف)

$$\frac{A_2}{A_1} = 1/02 \Rightarrow 1 + 2\alpha \Delta\theta = 1/02 \Rightarrow 2\alpha = \frac{0/02}{\Delta\theta} = \frac{0/02}{250} = 8 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ C} \rightarrow \text{ضریب انبساط سطحی}$$

$$\alpha = 4 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ C} \rightarrow \text{ضریب انبساط طولی}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 1 + \alpha \Delta\theta = 1 + (4 \times 10^{-5}) \times 250 = 1/01$$

ب) روش اول:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{\pi R_1^2}{\pi R_2^2} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{1/02} \cong 1/01$$

روش دوم:

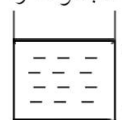


## جزوه ی فیزیک - مفاهیم دما و گرما

۲۵- انبساط حجمی: عوامل مؤثر در این انبساط هم تغییر دما ( $\Delta\theta$ ) و حجم اولیه ( $V_1$ ) و جنس جسم که به صورت یک ضریب به نام ضریب انبساط حجمی ( $\beta$ ) ظاهر می شود، می باشد. بنابراین:  $\Delta V = V_1 \beta \Delta\theta$  و در نتیجه

باید به این نکته توجه کرد که برای جامدات می توان نشان داد که با تقریب خوبی ضریب انبساط حجمی سه برابر ضریب انبساط طولی است، ( $\beta \cong 3\alpha$ ) ولی برای مایعات که فقط انبساط حجمی معنا دارد مستقیماً  $\beta$  اعلام می شود.

مثال: در یک ظرف استوانه ای شکل تا ارتفاع  $h_1$  از یک مایع با ضریب انبساط حجمی  $\beta$  ریخته ایم. دمای مجموعه را به اندازه ی  $\Delta\theta$  افزایش می دهیم. ارتفاع مایع درون ظرف را در هر حالت محاسبه کنید.



(الف) انبساط ظرف ناچیز باشد. (ب) ضریب انبساط طولی جنس ظرف  $\alpha$  باشد.

حل: حجم مایع درون ظرف را با  $V$ ، مساحت قاعده ی ظرف را با  $A$  و ارتفاع مایع درون ظرف را با  $h$  نمایش می دهیم. بنابراین برای قبل و بعد از تغییر دما داریم  $V_1 = A_1 h_1$  و  $V_2 = A_2 h_2$ .

$$h_2 = \frac{V_2}{A_2} = \frac{V_1(1 + \beta\Delta\theta)}{A_1} = \frac{V_1}{A_1} (1 + \beta\Delta\theta) \Rightarrow h_2 = h_1 (1 + \beta\Delta\theta) \quad (\text{الف})$$

$$h_2 = \frac{V_2}{A_2} = \frac{V_1(1 + \beta\Delta\theta)}{A_1(1 + 3\alpha\Delta\theta)} = \frac{V_1}{A_1} \times \frac{1 + \beta\Delta\theta}{1 + 3\alpha\Delta\theta} \Rightarrow h_2 = h_1 \times \frac{1 + \beta\Delta\theta}{1 + 3\alpha\Delta\theta} \quad (\text{ب})$$

نکته: ۱- می توان نشان داد که چگالی یک ماده با تغییر دما به صورت  $\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \beta\Delta\theta}$  تغییر می کند.

۲- آب بین دمای  $0^\circ\text{C}$  تا  $4^\circ\text{C}$  رفتار غیر عادی دارد و با افزایش دما حجم آن کم می شود.

مبحث : درسنامه فصل چهارم فیزیک دهم تجربی دما و گرما



جزوه ی فیزیک - مفاهیم دما و گرما

۲۶- انتقال گرما: هرگاه بین دو نقطه اختلاف دما وجود داشته باشد، گرما منتقل می شود. این انتقال گرما می تواند به سه صورت همرفتی، تابش و رسانش باشد.

همرفتی: انتقال گرما با این روش در سیالها (مایعات و گازها) به علت اختلاف چگالی که در نقاط مختلف سیال با دماهای مختلف ایجاد می شود صورت می گیرد و با جابه جا شدن سیال گرما نیز منتقل می شود.

تابش: در این روش، انتقال گرما نیازی به محیط مادی ندارد و انتقال گرما سرعت بسیار بالایی دارد. رسانش: در این روش انتقال گرما به سطح مقطع، طول، اختلاف دما و جنس بستگی دارد. در حالتی که دمای طرفین یک جسم، ثابت باشد (مانند دمای طرفین شیشه ی پنجره ی اتاق) می توان آهنگ انتقال گرما را به صورت زیر در حالت پایدار پیدا کرد.

فرض کنید یک میله با سطح مقطع  $A$  و طول  $L$  که سطح جانبی آن عایق بندی شده است در اختیار است. بین دو قاعده ی آن اختلاف دمای  $\Delta\theta$  ایجاد شده است. مقدار گرمایی که در هر ثانیه از سطح مقطع این میله می گذرد (آهنگ عبور گرما  $P$ ) با اختلاف دما و سطح مقطع متناسب و با طول میله نسبت عکس دارد. ضریب این تناسب که ضریب رسانش می نامیم ( $K$ ) به جنس میله بستگی دارد. بنابراین:

$$P = K \frac{A \Delta\theta}{L}$$

یکای  $K$  در SI به صورت  $\frac{J}{ms^{\circ}C}$  یا  $\frac{W}{m^{\circ}C}$  است.

مشخص است که گرمایی که در مدت  $t$  از سطح مقطع می گذرد به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$Q = P \cdot t = \frac{KA \Delta\theta t}{L}$$

مثال: یک میله ی استوانه ای شکل از جنس مس به طول  $2m$  و مساحت قاعده ی  $167 \text{ cm}^2$  که سطح جانبی آن عایق بندی شده است، در اختیار است. یک قاعده ی استوانه در مخلوط آب و یخ  $0^{\circ}C$  و قاعده ی دیگر آن در مخلوط آب جوش و بخار  $100^{\circ}C$  قرار دارد. (الف) آهنگ انتقال گرما را به دست آورید. (ب) آهنگ ذوب شدن جرم یخ را به دست آورید.

$$K_{\text{مس}} = 400 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

$$L_f = 334000 \frac{J}{Kg}$$

$$P = \frac{KA \Delta\theta}{L} = \frac{400 \times (167 \times 10^{-4}) \times 100}{2} = 334 \text{ W} \quad \text{حل: الف)}$$

(ب) اگر آهنگ ذوب شدن جرم یخ (مقدار جرمی از یخ که در هر ثانیه ذوب می شود) را  $m$  بنامیم، در این صورت چون مقدار گرمایی که در هر ثانیه از سطح می گذرد  $P$  است، پس همین گرما در هر ثانیه به مخلوط آب و یخ می رسد و باعث ذوب شدن یخ می شود. بنابراین می توان گفت:

$$Q = mL_f \Rightarrow P = mL_f \Rightarrow 334 = m \times 334000 \Rightarrow m = 0.001 \frac{Kg}{s} = 1 \frac{g}{s}$$

در هر ثانیه یک گرم یخ ذوب می شود.