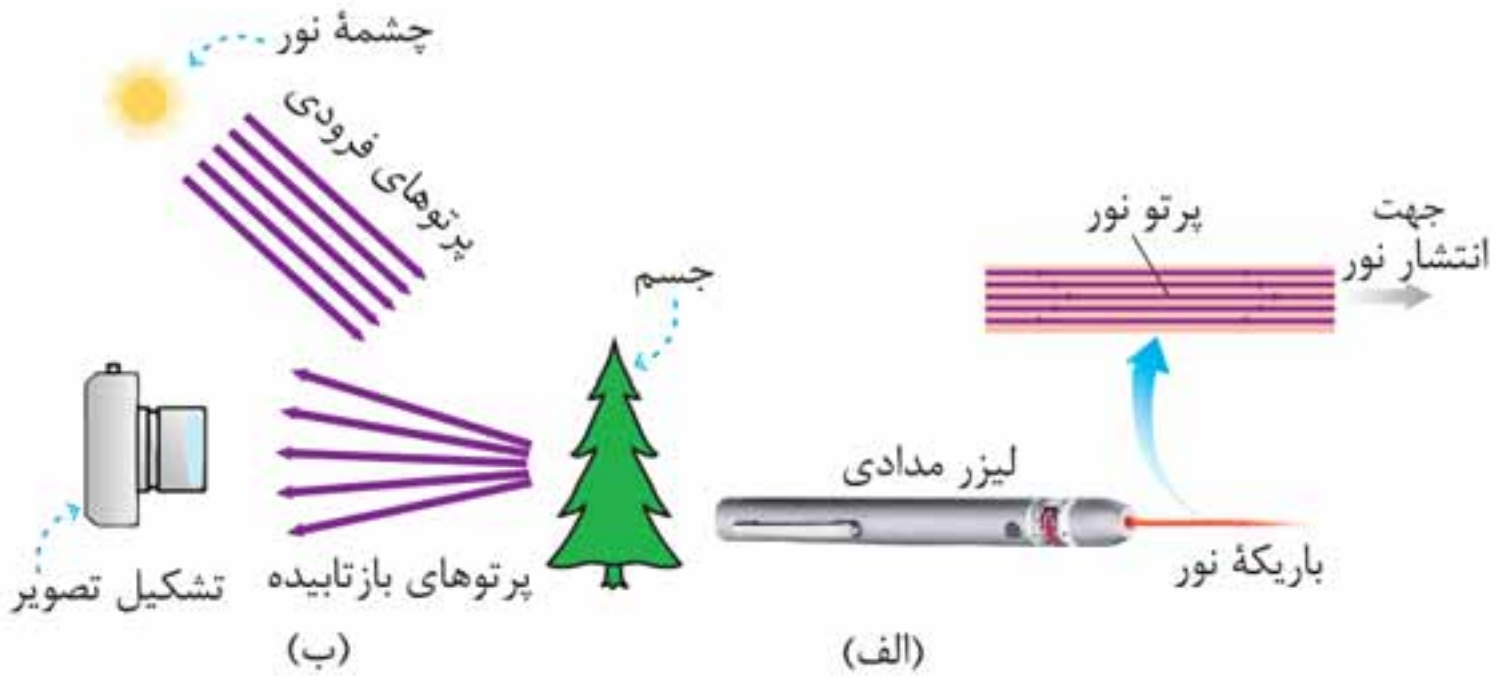


پاسخ اجزای شکل: لیزر مدادی + باریکهٔ نور

در این پرسش باریکهٔ نور مدل‌سازی شده که باریکهٔ نور مجموعه‌ای از پرتوهای موازی نور در نظر گرفته شده و با همین مدل‌سازی ساده و پراهمیت، پرتوهای گسیلی از منبع نور گسترده در فاصلهٔ دور و خورشید، به‌صورت موازی در نظر گرفته شده و برای منبع نور گسترده در فاصلهٔ نزدیک (درخت) به‌صورت واگرا می‌باشد که پس از عبور از عدسی دوربین عکاسی با وقوع پدیدهٔ شکست همگرا شده و تصویر حقیقی (عکس) تشکیل می‌دهد.

۱-۲ پرسش

اگر مطابق شکل روبه‌رو، یکای طول را به صورت فاصلهٔ نوک بینی‌تا نوک انگشتان دست کشیده شده بگیریم، چه مزایا و معایبی دارد؟

۱-۳ تمرین

با توجه به پیشوندهای یکاهای SI و نمادگذاری علمی جدول زیر را کامل کنید.

قطر میانگین یک گلبول (گویچهٔ) قرمز	$۷/۰\times۱۰^{-۶}\,m$	...mm	... μm
قطر هستهٔ اتم اورانیوم	$۱/۷۵\times۱۰^{-۱۴}\,m$	...pm	... fm
جرم یک گیرهٔ کاغذ	$۱/۰\times۱۰^{-۴}\,kg$	... g	... mg
زمانی که نور مسافت ۰/۳ متر را در هوا طی می‌کند.	$۱/۰\times۱۰^{-۹}\,s$	... μs	..... ns
زمانی که صوت مسافت ۰/۳۵ متر را در هوا طی می‌کند.	$۱/۰\times۱۰^{-۳}\,s$	... ms	... μs

پلاسما:

نکته‌ها:

۱ **اغلب در دماهای خیلی بالا به وجود می‌آید.**

۲ **مادهٔ درون ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره‌ای، آذرخش، شفق‌های قطبی، آتش و مادهٔ داخل لولهٔ تابان لامپ‌های مهتابی از پلاسما تشکیل شده است.**

۲ نیروهای بین مولکولی

الف **هم‌چسبی** (جاذبهٔ بین مولکول‌های همسان)

مانند: کشش سطحی در مایعات

قطره‌های شبنمی که روی شاخ و برگ درختان درنورخورشید صبحگاهی می‌درخشند، نشانه‌ای از نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های آب است.

ب **دگرچسبی** (جاذبهٔ بین مولکول‌های ناهمسان)

مانند: ترشوندگی جامد توسط مایعات

نکته‌ها:

۱ **نیروی هم‌چسبی از تراکم‌پذیری مایع جلوگیری می‌کند (این نیرو با کاهش فاصلهٔ بین مولکول‌های مایع، به صورت دافعه بین آن‌ها ظاهر می‌شود).**

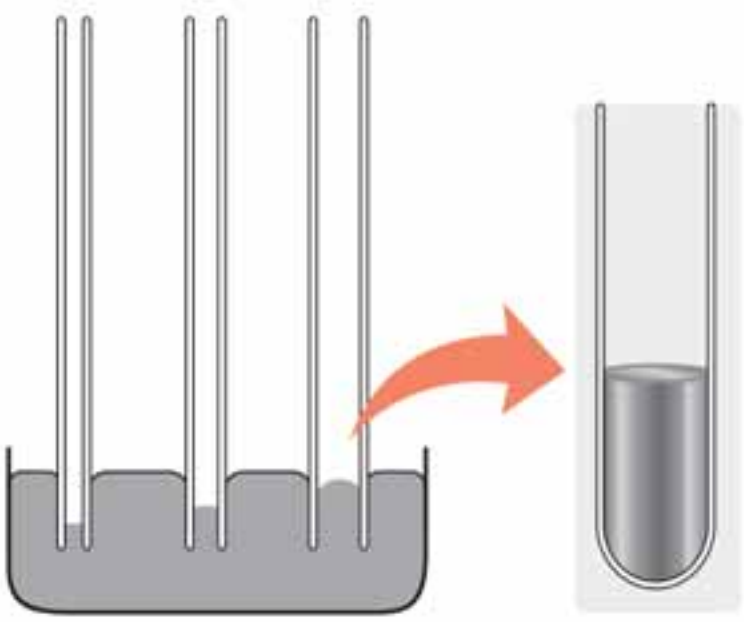
نکته‌ها:

۱ آب در لوله‌های مویین بالا می‌رود (ترشـــوندگی) و سطح آن بالاتر از سطح آب ظرف قرار می‌گیرد.

۲ هرچه قطر لولهٔ مویین کم‌تر باشـــد، ارتفاع ستون آب در آن بیشتراست.

۳ سطح آب در بالای لوله‌های مویین، فرورفته است (کاو).

ب جیوه:



نکته‌ها:

۱ جیوه در لوله‌های مویین مقداری بالا می‌رود ولی ســـطح آن پایین‌تر از سطح جیوهٔ ظرف قرار می‌گیرد (تر نمی‌کند).

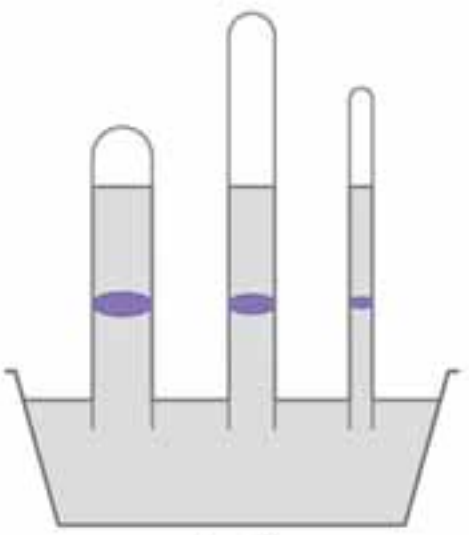
۲ هرچه قطر لوله مویین کم‌تر باشد، ارتفاع ستون جیوه در آن کم‌تر است.

۳ سطح جیوه در لوله‌های مویین برآمده است (کوژ).

۲-۵ پرسش

الف توضیح دهید چرا توریچلی در آزمایش خود ترجیح داد به‌جای آب از جیوه اســـتفاده کند؟ (ممکن است شـــکل (الف) بتواند درپاسخ به این پرسش به شما کمک کند)

(الف)



(ب)

ب برای لوله‌های غیرمویین، اگر سطح مقطع و طول لوله‌ها متفاوت باشد، ارتفاع ســـتون جیوه تغییر نمی‌کند (شکل ب). علت را توضیح دهید.

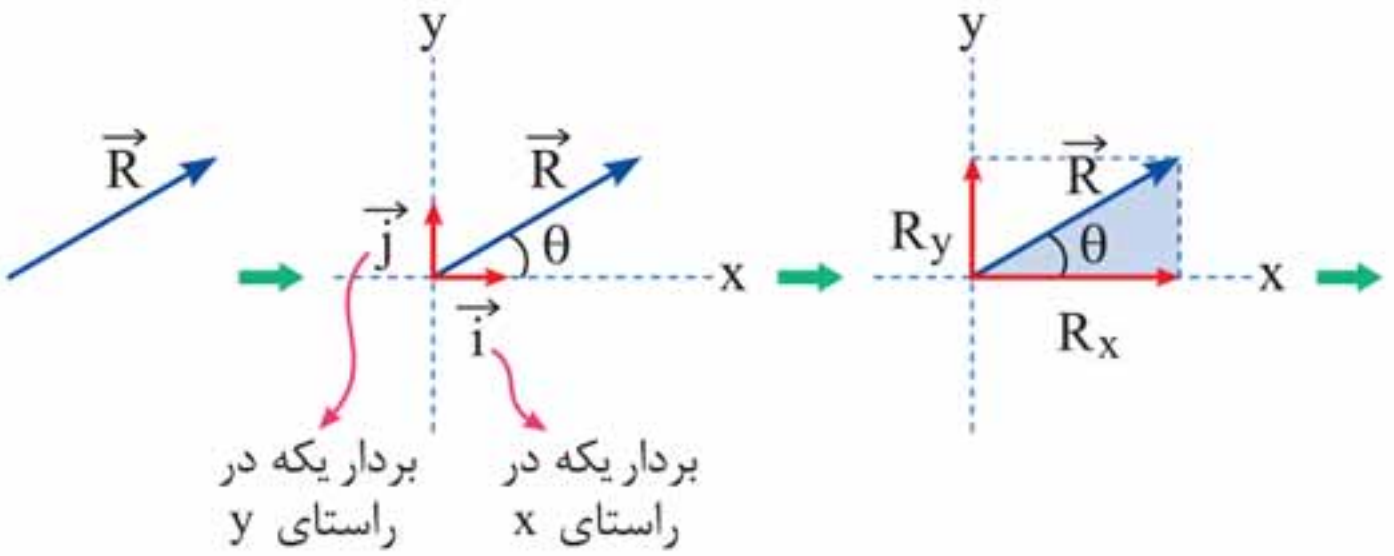
پ در قلم خودکار، جوهـــر از طریق یک لوله وارد نوک قلم شده و در آن‌جا توســـط یک گوی فلزی ضد زنگ غلتـــان، روی ورقهٔ کاغذ پخش می‌شـــود. در بدنهٔ لاکی یا درپوش بالایی این نوع قلم‌های خودکار، ســـوراخ ریزی ایجاد می‌کنند (شـــکل پ). دلیل این کار راتوضیح دهید.

(پ)

پاسخ **الف** زیرا چگالی آب از چگالی جیوه کم‌تر است؛ یعنی اگر به جای جیوه از آب استفاده کنیم، به لولهٔ آزمایش بالای ۱۰

جسم در جهت نیرو، به اندازهٔ d جابه‌جا شده است.

یادآوری مهارت ریاضی :



$$\begin{cases} \sin\theta = \dfrac{R_y}{R} \Rightarrow R_y = R\sin\theta \\ \cos\theta = \dfrac{R_x}{R} \Rightarrow R_x = R\cos\theta \end{cases}$$

$$\vec{R} = R\cos\theta\,\vec{i} + R\sin\theta\,\vec{j}$$

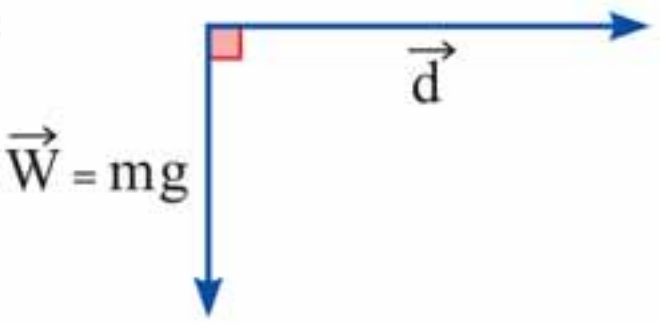
در این رابطه، بردار $\vec{R}$ به مؤلفه‌های افقی و عمودی خود تجزیه شده است و برحسب بردارهای یکه نمایش داده شده است.

اگر مطابق شکل صفحه بعد، نیروی وارد شده به جسم با جابه‌جایی زاویهٔ θ بسازد:

$$W_{F_۲} = (F_۲ \cos ۱۲۰^\circ)d \Rightarrow W_{F_۲} = ۵ \times (-\cos ۶۰^\circ) \times ۳$$

$$\Rightarrow W_{F_۲} = -۷/۵\,J$$

$\vec{W}$:



$$W_{mg} = (mg\cos ۹۰^\circ)d \Rightarrow W_{mg} = ۵ \times ۱۰ \times ۰ \times ۳$$

$$\Rightarrow W_{mg} = ۰\,J$$

$$W_{F_N} = (F_N \cos ۹۰^\circ)d \Rightarrow W_{F_N} = ۰\,N$$

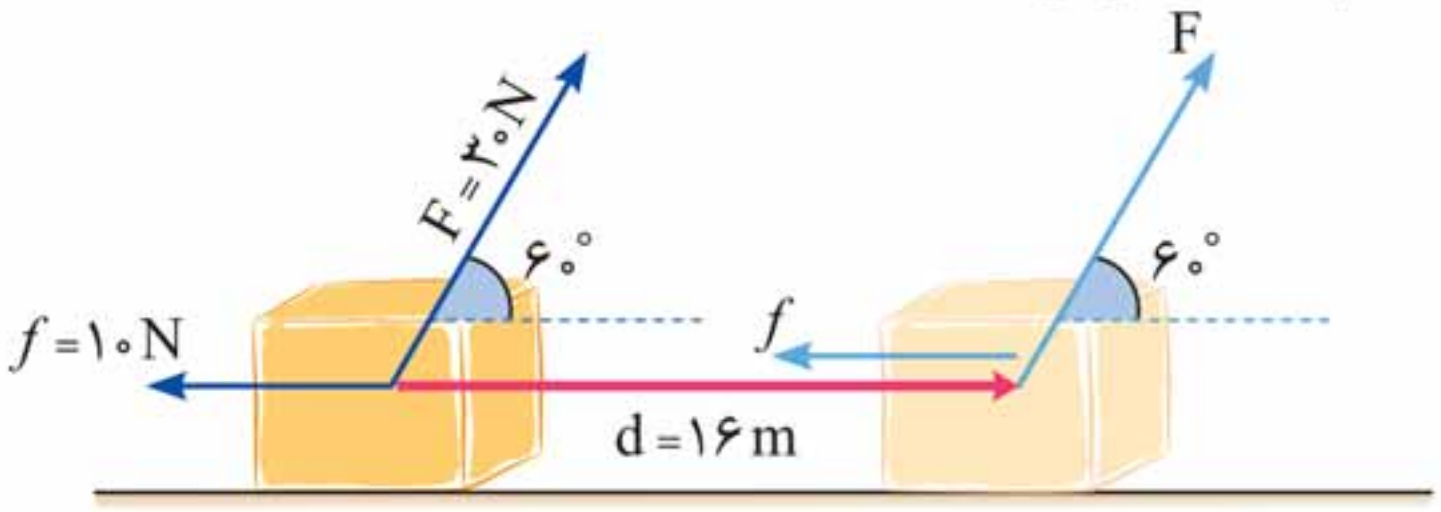
کار کل (W_t)

اگر به جای یک نیرو، چند نیرو بر جسمی وارد شود، به دو روش کار کل را محاسبه می‌کنیم:

روش اول:

با استفاده از رابطهٔ $W = (F\cos\theta)d$ کار انجام‌شده توسط هر نیرو را به طور جداگانه محاسبه می‌کنیم. سپس با جمع جبری کار انجام‌شده توسط تک‌تک نیروها، کار کل (W_t) را می‌یابیم.

مثال ۵: در شکل زیر کار کل (W_t) انجام‌شده بر روی جسم ۲ کیلوگرمی را محاسبه کنید.



پاسخ

$$F_{\text{در راستای جابه‌جایی}} = F\cos ۶۰^\circ = ۳۰ \times \frac{۱}{۲} = ۱۵\,N$$

$$f_{\text{در راستای جابه‌جایی}} = f\cos ۱۸۰^\circ = ۱۰ \times (-۱) = -۱۰\,N$$

$$mg_{\text{در راستای جابجایی}} = ۰\,N$$

$$F_{N\,\text{در راستای جابجایی}} = ۰\,N$$

$$F_{t\,\text{در راستای جابجایی}} = (۱۵ + (-۱۰) + ۰ + ۰) = ۵\,N$$

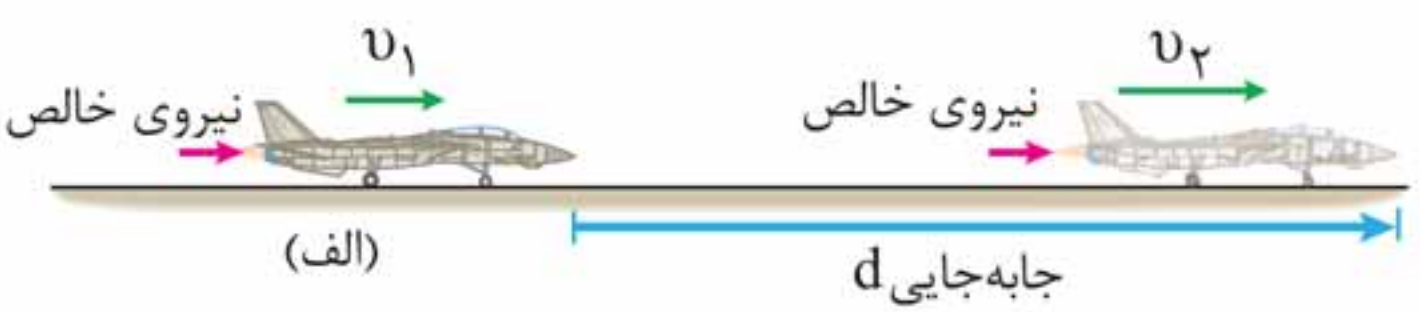
$$W_t = (F_t \cos\theta)d = F_t \times ۱ \times d = F_t d = W = (F_{t\,\text{در راستای جابجایی}}\, d)$$

$$W_t = ۵ \times ۱۶ = ۸۰\,J$$

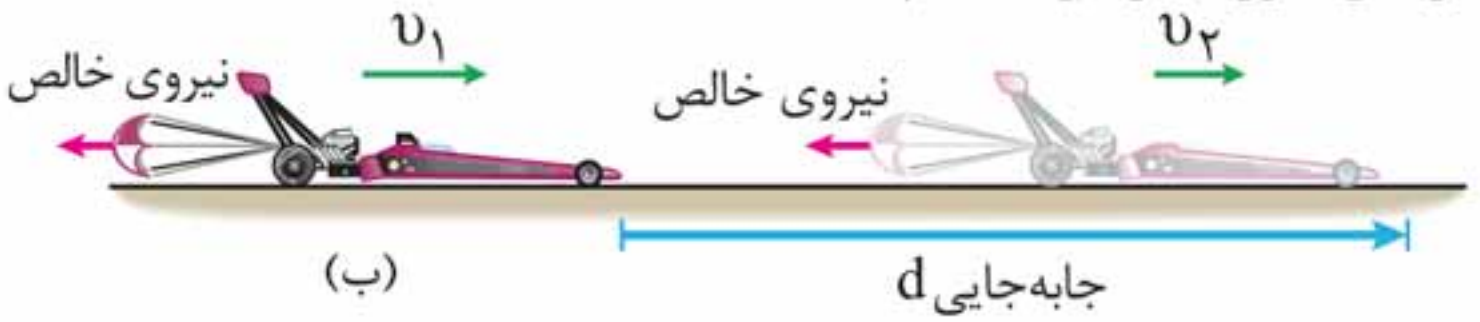
۳ کار و انرژی جنبشی

اگر در حین جابه‌جایی جسمی، نیروی خالصی به آن وارد شود، دو حالت امکان‌پذیر است:

الف اگر آن نیرو کار مثبتی روی جسم انجام دهد، به معنای دادن انرژی به آن جسم است.



ب اگر آن نیرو کار منفی روی جسم انجام دهد، به معنای گرفتن انرژی از آن جسم است.



قضیهٔ کار و انرژی جنبشی: کار کل انجام‌شده روی یک جسم با تغییر انرژی جنبشی آن برابر است.

$$W_t = K_2 - K_1$$

W_t: کار کل (J)
K_2: انرژی جنبشی پایانی (J)
K_1: انرژی جنبشی آغازی (J)

$W_t > 0$	$W_t = 0$	$W_t < 0$
$K_2 > K_1$	$K_2 = K_1$	$K_2 < K_1$
$v_2 > v_1$	$v_2 = v_1$	$v_2 < v_1$

نکته‌ها:

۱ قضیهٔ کار و انرژی جنبشی، نه تنها برای حرکت یک جسم روی مسیر مستقیم معتبر است، بلکه اگر جسم روی هر مسیر خمیده‌ای نیز حرکت کند، می‌توان از آن استفاده کرد.

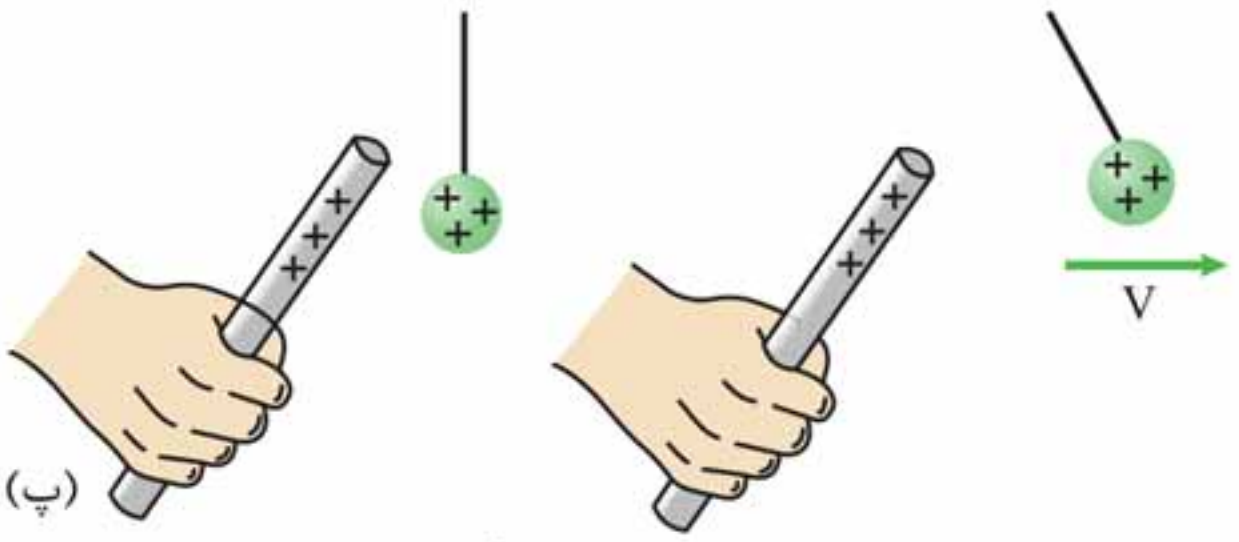
۲ قضیهٔ کار و انرژی جنبشی، به سادگی از قانون دوم نیوتون به دست می‌آید (یعنی قانون مستقلی نیست).

۳ تغییر انرژی جنبشی را می‌توان کاری در نظر گرفت که جسمی متحرک، روی جسم دیگری انجام می‌دهد (چکشی که میخی را به چوبی می‌کوبد).

مثال ۷: گلوله تفنگی به جرم $2g$ با سرعت $300 m/s$ به تنه درختی برخورد می‌کند و در آن فرو رفته و متوقف می‌شود. کاری که درخت روی گلوله انجام می‌دهد چقدر است؟

پاسخ تنها جسمی که روی گلوله کار انجام می‌دهد، درخت است، پس کار کل برابر کار درخت بر روی گلوله است.

انرژی پتانسیل کشسانی در سامانهٔ جسم ـ فنر

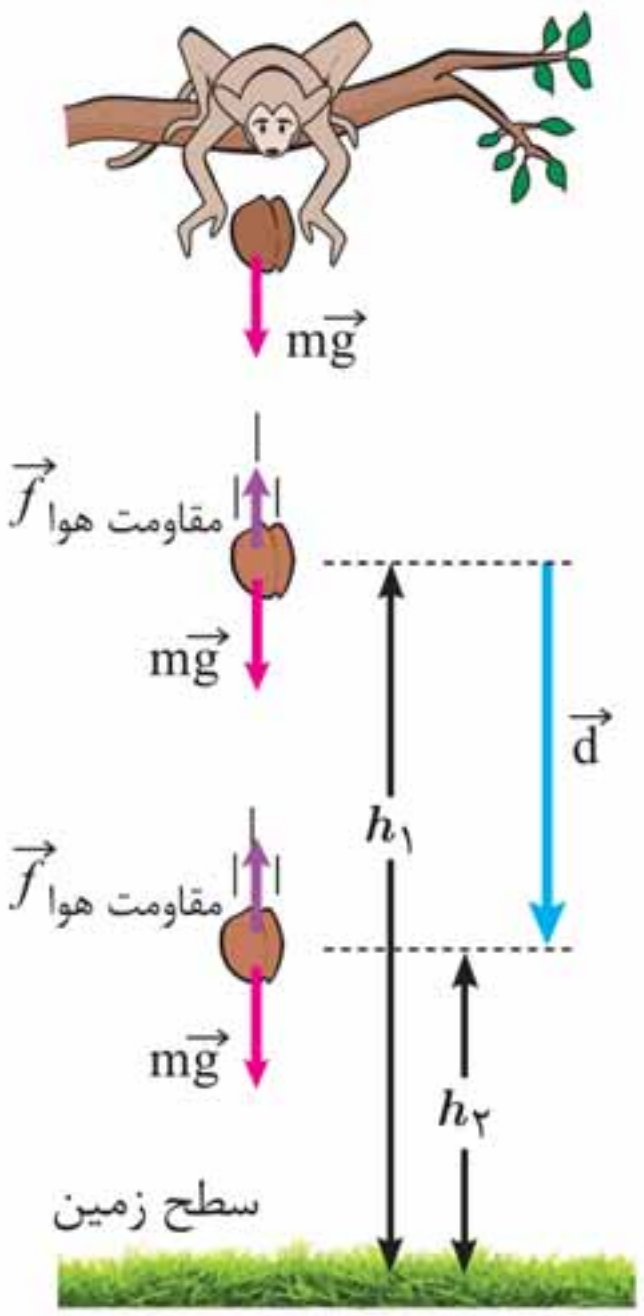


انرژی پتانسیل الکتریکی در سامانهٔ دو جسم باردار

انرژی پتانسیل گرانشی

انرژی پتانسیل گرانشی سامانه، متشکل از زمین و جسمی به جرم m که در ارتفاع h از سطح زمین است، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$U = mgh$$



نیروهای وارد شده به جسمی که به طرف زمین سقوط می‌کند.

- **کار نیروی وزن** برابر با منفیِ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است:

$$W_{\text{وزن}} = -(U_2 - U_1) = -\Delta U$$

$$\text{شرایط خلاء} \xrightarrow{\text{پایستگی انرژی مکانیکی در سقوط جسم}} E_۲ = E_۱$$

$$\Rightarrow K_۲ + \cancel{U}^{\circ}_{۲} = \cancel{K}^{\circ}_{۱} + U_۱ \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۲^{۲} = mgh$$

$$\Rightarrow h = \frac{v_۲^{۲}}{۲g} \Rightarrow h = \frac{(۴\sqrt{۵})^{۲}}{۲\times ۱۰} \Rightarrow h = ۴m$$

کار مفید ماشین، بالابردن جسم تا ارتفاع ۴ متری برای غلبه بر کار نیروی وزن است. پس:

$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U \Rightarrow W_{\text{وزن}} = -mgh = -۲\times ۱۰\times ۴ = -۸۰J$$

$$\Rightarrow W_{\text{ماشین}} = -W_{\text{وزن}} = ۸۰J$$

$$\text{بازده بر حسب درصد} = \frac{W_{\text{ماشین}}}{W_{\text{ورودی}}}\times ۱۰۰$$

$$\Rightarrow \text{بازده بر حسب درصد} = \frac{۸۰}{۱۰۰}\times ۱۰۰ = ٪۸۰$$

مثال ۲۲: در یک ساختمان، مصالح ساختمانی را با استفاده از موتوری الکتریکی با توان ۳ کیلووات بالا می‌برند. اگر بازده موتور ۶۰ درصد باشد، بار ۳۰۰ کیلوگرمی را در چند ثانیه می‌توان به ارتفاع ۵۰ متری برد؟

پاسخ

$$\text{بازده} = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{مصرفی}}} \Rightarrow \frac{۶۰}{۱۰۰} = \frac{P_{\text{مفید}}}{۳۰۰۰} \Rightarrow P_{\text{مفید}} = ۱۸۰۰W$$

$$P_{\text{مفید}} = \frac{W}{t} \xrightarrow{W=mgh} ۱۸۰۰ = \frac{mgh}{t} \Rightarrow ۱۸۰۰ = \frac{۳۰۰\times ۱۰\times ۵۰}{t}$$

$$t = \frac{۳۰۰\times ۵}{۱۸} = \frac{۵۰۰}{۶} = \frac{۲۵۰}{۳} \simeq ۸۳/۳s$$

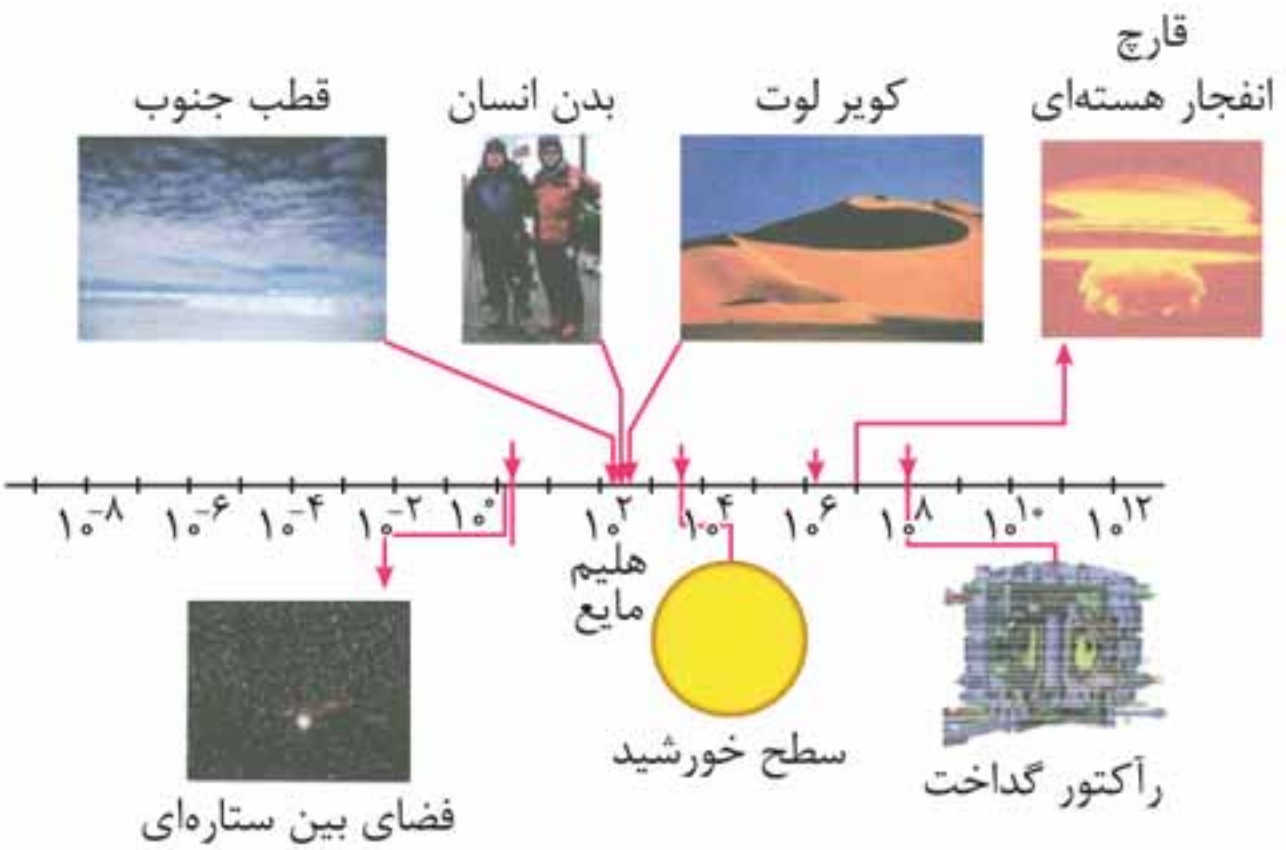
⚠ توجه:

۱ کم‌ترین دمای ممکن در طبیعت، صفرِ کلوین است که برابر است با $-۲۷۳/۱۵^{\circ}C$

۲ برای دما، حدّ بالایی وجود ندارد.

۳ تغییر دما در مقیاس‌های سلسیوس و کلوین باهم برابر است.

$$\text{دما بر حسب } (^{\circ}K) \rightarrow \Delta\theta = \Delta T \leftarrow \text{دما بر حسب } (^{\circ}C)$$



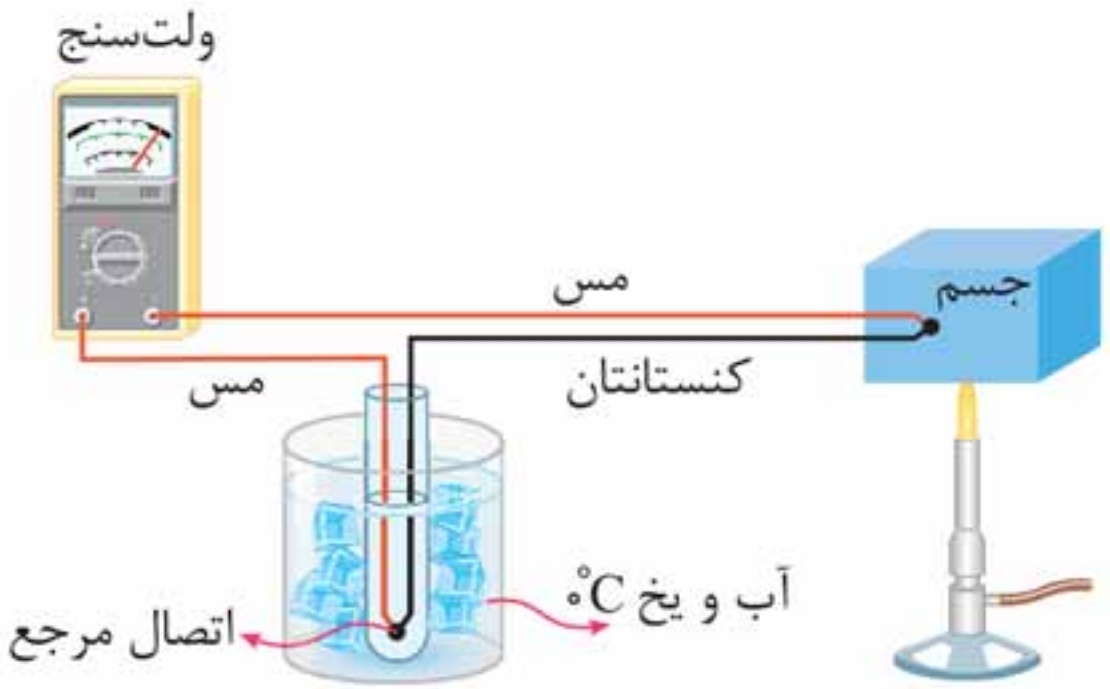
«گسترهٔ برخی از دماها بر حسب کلوین»

مثال ۱: دمای بدن انســـان سالم چند کلوین و چند درجه فارنهایت است؟ (دمای بدن انسان سالم $۳۷^{\circ}C$)

پاسخ

$$T = \theta + ۲۷۳ \Rightarrow T = ۳۷ + ۲۷۳ = ۳۱۰K$$

$$F = \frac{۹}{۵}\theta + ۳۲ \Rightarrow F = \frac{۹}{۵}(۳۷) + ۳۲ = ۹۸/۶^{\circ}F$$



نکته‌ها:

۱ به دلیل دقت کم‌تر این نوع دماسنج نسبت به دماسنج‌های بیان شده، از مجموعه دماسنج‌های معیار کنار گذاشته شده است.

۲ کاربرد فراوانی در صنعت و آزمایشگاه‌ها دارد.

۳ مطابق شکل بالا، دو سیم فلزی غیرهم‌جنس مانند مس و کنستانتان از طرفی در دمای ذوب یخ نگه داشته شده و از طرف دیگر در مکانی به هم متصل‌اند که می‌خواهیم دمای آن را به‌دست آوریم. این مجموعه با سیم‌های مسی رابط به یک ولت‌سنج بسته می‌شود. با تغییر دمای محل مورد اندازه‌گیری، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد تغییر می‌کند.

۴ گسترهٔ دماسنجی یک ترموکوپل، به جنس سیم‌های آن بستگی دارد.

۵ در یکی از انواع ترموکوپل‌ها گسترهٔ دماسنجی از $-۲۷۰^{\circ}C$ تا $۱۳۷۲^{\circ}C$ است.

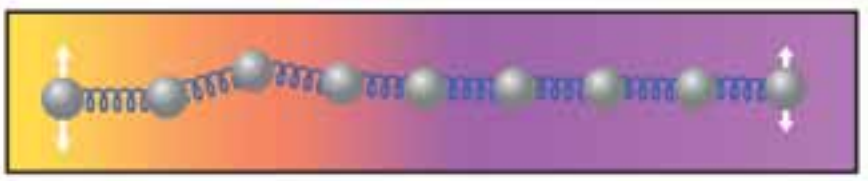
۶ کمیت دماسنجی این دماسنج ولتاژ است.

مزیت ترموکوپل:

به دلیل جرم کوچک محل اتصال، خیلی سریع با دستگاهی که دمای آن اندازه‌گیری می‌شود به حالت تعادل گرمایی می‌رسد.

رسانش گرمایی:

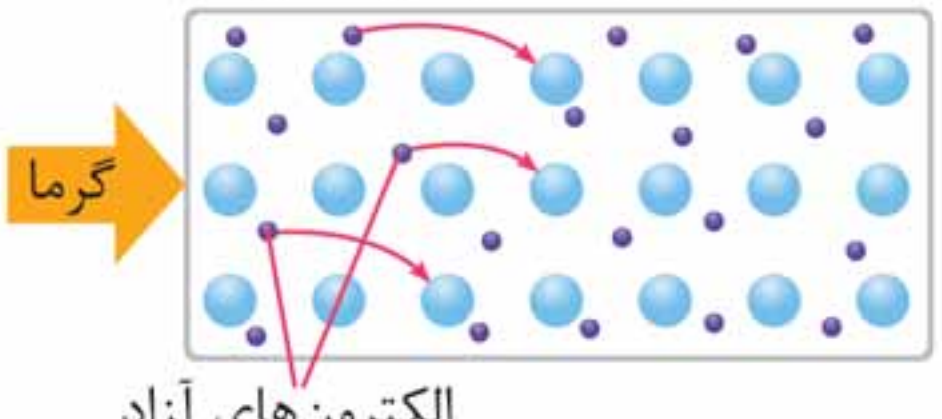
- اجسامی مانند فلزات، شیشـــه، چوب و ... می‌توانند گرما را تا حدودی انتقال دهند.
- رســـانش گرمایی بـــه دلیل ارتعـــاش اتم‌ها و گســـترش این ارتعاش‌ها سراسر جسم است.



در نافلزات گرما صرفا از طریق ارتعاش اتم‌ها انتقال می‌یابد.

مثال ۲۲: چرا فلزات، نســـبت به سایر اجســـام، رساناهای گرمایی بهتری هستند؟

پاسخ با توجه به شکل زیر، در فلزات علاوه بر ارتعاش‌های اتمی، الکترون‌های آزاد نیز در انتقال گرما نقش دارند. زیرا الکترون‌ها بسیار کوچک‌اند و به سرعت حرکت می‌کنند. با برخورد با سایر الکترون‌ها و اتم‌ها سبب رسانش گرما می‌شوند.



نکته: در رساناهای فلزی سهم الکترون‌های آزاد در رسانش گرما بیشتر از اتم‌هاست.

همرفت:

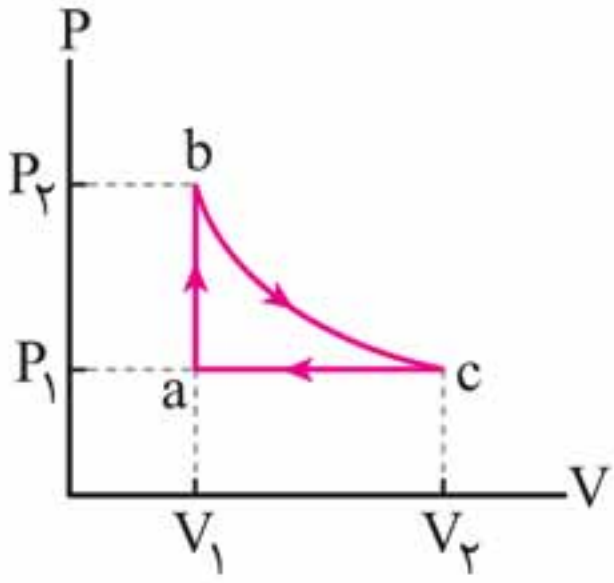
- انتقال گرما در مایعات و گازها که معمولاً رســـاناهای گرمایی خوبی نیستند، عمدتاً به روش همرفت انجام می‌گیرد.

۵ چرخهٔ ترمودینامیکی

در چرخـــهٔ ترمودینامیکی، دســـتگاه پس از طـــی چند فرایند مختلف، به حالت اولیهٔ خود بازمی‌گردد.

نکات چرخه:

۱ چون در هر چرخهٔ ترمودینامیکی حالت نهایی با حالت ابتدایی یکسان است، تغییر انرژی درونی برابر صفر است ($\Delta U = 0$).

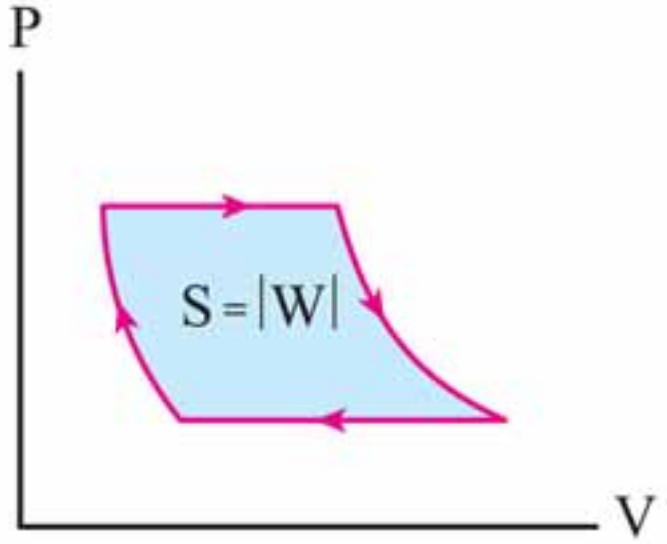


۲ بنابرایـــن، از قانـــون اول ترمودینامیـــک بـــرای چرخه‌های ترمودینامیکی داریم:

$$\Delta U = W + Q \xrightarrow[\text{حالت نهایی=حالت اولیه}]{\text{چرخه}} 0 = W + Q$$

$$\Rightarrow Q = -W$$

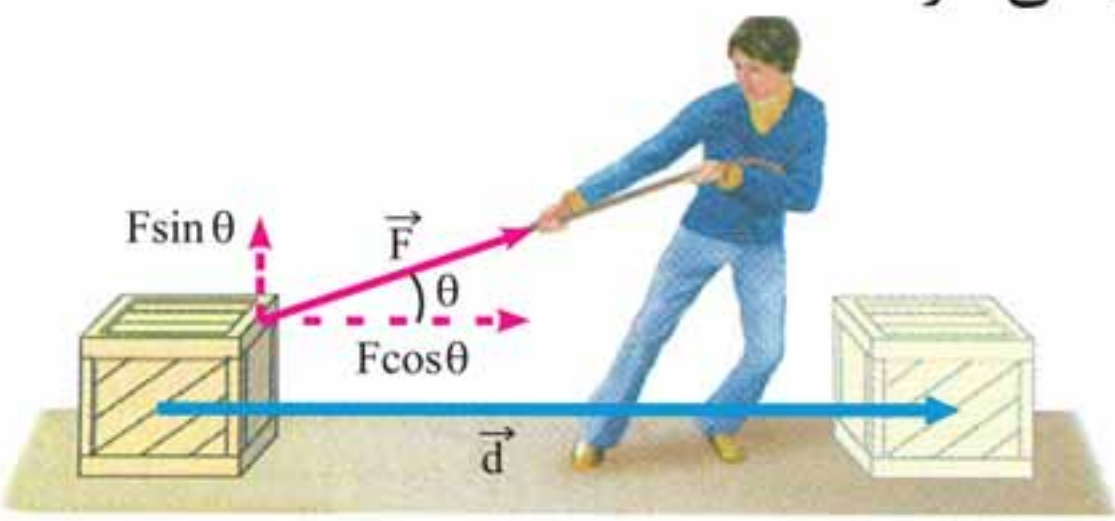
۳ انـــدازهٔ کار در چرخه برابر با مســـاحت سطح داخل چرخه در صفحهٔ $P-V$ است.



۴ اگر چرخه **ســـاعتگرد** باشـــد، **کار انجام‌شده روی دستگاه منفی** است.

۵ اگر چرخه **پادساعتگرد** باشـــد، **کار انجام‌شده روی دستگاه مثبت** است.

II) کار نیروی ثابت $\vec{F}$ که با جابه‌جایی $\vec{d}$ هم‌جهت نیست و زاویه θ می‌سازد.



$$W = (F\cos\theta)d$$

کار (J) ← W — $(F\cos\theta)$ — اندازه جابه‌جایی (m) →

↓

اندازه مولفه‌ای از نیرو که در راستای جابه‌جایی است. (N)

۱۹ قضیه کار و انرژی جنبشی:

تعریف: کار کل انجام شده روی یک جسم با تغییر انرژی جنبشی آن برابر است:

$$W_t = K_2 - K_1$$

کارکل (J) ← W_t — K_2 — انرژی جنبشی در وضعیت ۲ (J)

K_1 — انرژی جنبشی در وضعیت ۱ (J) →

۲۰ انرژی پتانسیل گرانشی (سامانه متشکل از زمین و جسم):

$$U = mgh$$

انرژی پتانسیل گرانشی جسم (J) ← U — mgh — ارتفاع از سطح زمین (m) →

↑

شتاب گرانش زمین $(\frac{N}{kg})$

↓

جرم جسم (kg)

انرژی مکانیکی در وضعیت ۲

$$W_f = E_2 - E_1$$ ← کار نیروهای اتلافی

انرژی مکانیکی در وضعیت ۱

تعریف: در یک سامانه منزوی، مجموع کل انرژی‌ها پایسته می‌مانـــد. انرژی را نمی‌توان خلق یا نابود کرد و تنها می‌توان آن را از یک شکل به شکل دیگر تبدیل کرد.

تذکر:

قانون پایستگی انرژی براساس آزمایش‌های بسیاری بنا شده است و تاکنون هیچ مورد استثنایی برای آن یافت نشده است.

۲۴ توان متوسط:

تعریف: آهنگ انجام کار

کار انجام‌شده (J)

$$\overline{P} = \frac{W}{\Delta t}$$ ← توان متوسط (W)

زمان انجام کار (s)

$$1W = 1\frac{J}{s}$$