به نام پروردگار مهربان

فیزیک دهم

ریاضی
تجربی

ابراهیم دانشمند مهربانی، محمد نصیری

مدیر و ناظر علمی گروه فیزیک : نصر اله افاضل

مهروماه

مقدمه

خیلی وقتا بچه‌ها از من می‌پرسن «فلان کتاب خوبه، بخرم؟» پاسخ من معمولاً به این عزیزان اینه که «هیچ کتاب آموزشی بد نیست و هر کتابی ویژگی‌های خودش رو داره، باید ببینین نیاز شما چیه. کتابی رو بخرین و بخونین که نیازتون رو برطرف کنه» کتاب لقمهٔ فیزیک، هم کتاب خوبیه و هم اینکه می‌تونه بعضی نیازهای خیلی مهم شما عزیزان رو برطرف کنه.

مثلا وقتی میخوایم واسه امتحان آماده بشین یا برای مرور سریع مبحثی که هفته پیش یاد گرفتین یا فقط سوال‌ها و تمرین‌ها و فعالیت‌های کتاب را مرور کنین، یا تصویرهای کتاب را همراه با زیرنویس آن‌ها دوره کنین و ... خلاصه هرجور که بخواین، می‌تونین کتاب درسی رو لقمه، لقمه کنین!

نمیدونم میدونین یا نه که این کتاب در سه لقمه برای شما آماده شده.

لقمه اول: تعریف‌ها، مفاهیم و نکته‌ها که همراه با مثال‌های متنوع در هر بخش اومده.

لقمه دوم: ارائه پاسخ پرسش‌ها، فعالیت‌ها و تمرین‌های متن درس کتاب.

لقمه سوم: که همان لقمه آخره، تعریف‌ها و فرمول‌ها رو یکجا که خیالتون راحت باشه.

حالا شاید بپرسین چه وقت و چه طوری باید از این کتاب استفاده کرد؟

- قطـع کتاب طوری ریزه میزه‌ســت که همه‌جـا می‌تونین با خودتون داشته باشین و ازش لذت ببرین.
- برای هر مبحث که دوســت داشــتین بخونین، دو لقمهٔ اول و دوم رو بزنین.
- نکته‌های هر مبحث رو بیشتر مزه مزه کنین.
- لقمهٔ آخر وقتی بهتون بیشــتر می‌چسبه که لقمه‌های اول و دوم هر فصل رو نوش‌جون کرده باشین.

قدردانی

هرچنــد لقمــه کتــاب کوچیکیــه امــا تایــپ و صفحه‌بندی و تولیــدش دشــواری‌های خــودش رو داره. همــهٔ همــکاران مهر و ماهی عزیزم زحمت بســیار کشــیدن تــا لقمه‌های این کتاب براتون خوشمزه باشه.

از جناب آقای احمد اختیاری مدیر محترم و فرهیخته انتشارات مهر و ماه و اســتاد محمدحسین انوشه، مدیر شورای تألیف کــه راهنمایی‌های ارزشــمندی برای این کتاب داشــتن و خانم ســمیه جباری (مدیــر تولید)، و آقایان مســعود محترمی یکتا و علیرضا بهســتانی (صفحه‌آرا) و خانم‌ها منصوره محمدی و غزاله فروزان‌گهر (رســم تصاویر) و همهٔ همکارانی که زحمت تولید کتاب رو کشیدن، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنم.

مدیر و ناظر علمی گروه فیزیک نصراله افاضل

فهرست

فصل ۱ فیزیک و اندازه گیری ۷

فصل ۲ کار، انرژی و توان ۳۹

فصل ۳ ویژگی‌های فیزیکی مواد ۸۷

فصل ۴ دما و گرما ۱۳۹

فصل ۵ ترمودینامیک ۲۰۵

لقمه آخر: فرمول نامه ۲۴۵

۳ اگر نیرویی در راستای جابه‌جایی مؤلفه نداشته باشد (عمود بر راستای جابه‌جایی باشد)، کاری انجام نمی‌دهد.

۴ یک نیرو کار منفی انجام داده است، یعنی:
- آن نیرو موجب اتلاف انرژی شده است.
- آن نیرو موجب ذخیرهٔ انرژی در سامانه شده است.

کار کل (Total Work) (W_t)

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

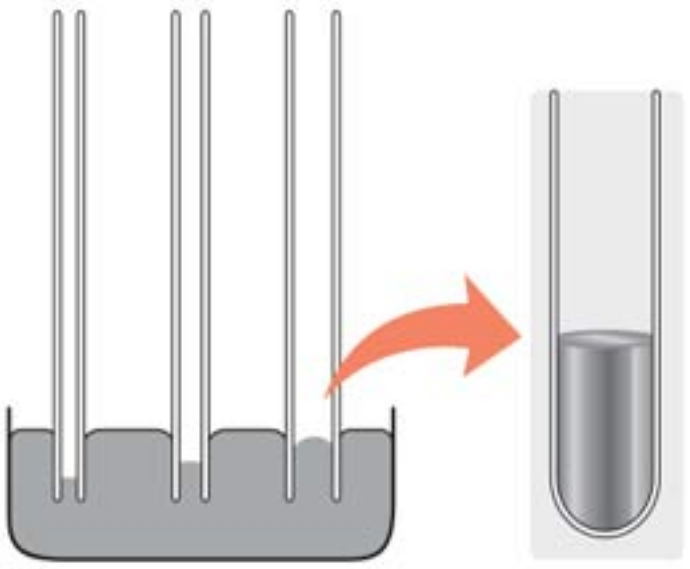
روش اول:

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.

۲ هرچـه قطر لولهٔ مویین کم‌تر باشـد، ارتفاع سـتون آب در آن بیشتراست.

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

۲ جیوه:



نکته‌ها:

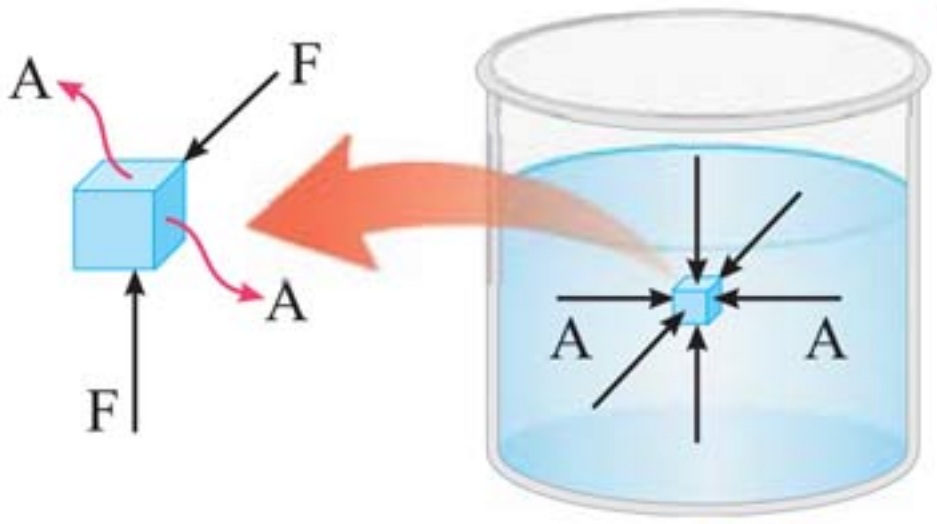
۱ جیـوه در لوله‌هـای مویین مقداری بالا می‌رود ولی سـطح آن پایین‌تر از سطح جیوهٔ ظرف قرار می‌گیرد (تر نمی‌کند).

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

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

۲۵ فشار در شاره‌ها (Fluid Pressure) (مایع یا گاز)

ویژگی شارهٔ ساکن:



نکته‌ها:

۱ به هر سطحی که با آن در تماس باشد، نیروی عمودی وارد می‌کند.

۲ مولکول‌های آن در حال حرکت‌اند.

۳ نیرویی که توسط شاره وارد می‌شود، ناشی از برخورد مولکول‌ها با اطراف آن است.

برخورد مولکول‌های هوای درون لاستیک به سطح داخلی‌آن، سبب ایجاد نیروی عمودی می‌شود.

فشار (Pressure) وارد بر سطح:

$$P = \frac{F_{\perp}}{A}$$

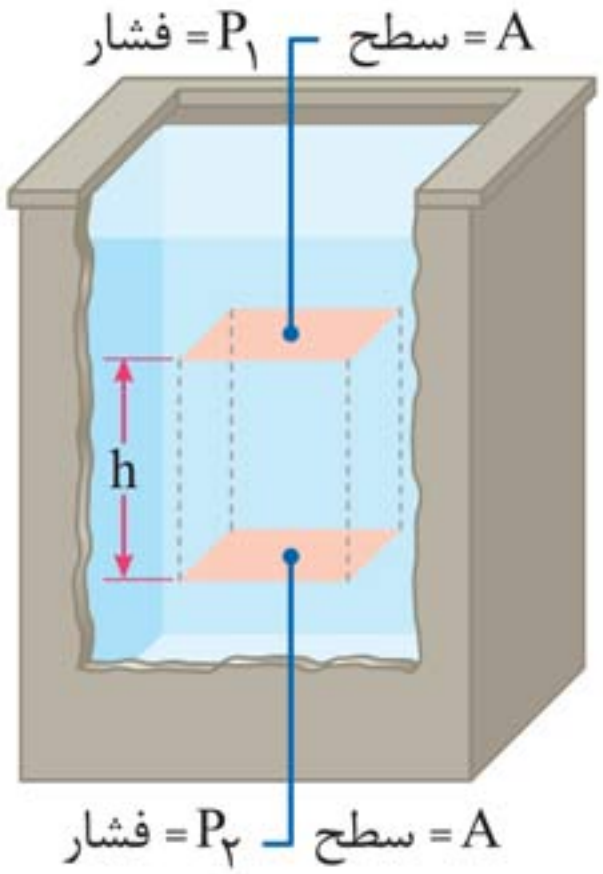
$F_{\perp}$: نیروی عمودی وارد بر سطح (N)

A: مساحت سطح فرضی (m^2)

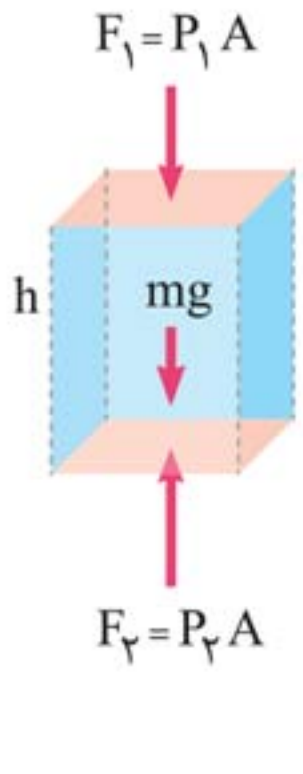
P: فشار وارد بر سطح (Pa)

محاسبهٔ فشار در شاره‌ها:

در شکل روبه‌رو نشان می‌دهد، بخشی از شاره به ارتفاع h بین دو سطح فرضی A قرار داشته و شاره در حال تعادل است:



شاره در حال تعادل $\Rightarrow$ نیروها متوازن هستند $\Rightarrow \sum \vec{F} = 0$



$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_2 + \vec{F}_1 + m\vec{g} = 0 \Rightarrow F_2 = F_1 + mg$$

$$\xrightarrow{P=\frac{F}{A}} P_2 A = P_1 A + mg$$

$$\xrightarrow[V=Ah]{m=\rho V} P_2 = P_1 + \rho g h$$

اگر سطح بالایی را سطح شاره در نظر بگیریم:

فشار هوا در سطح آزاد دریا $= P_1 = P_0$

$$P = P_0 + \rho g h$$

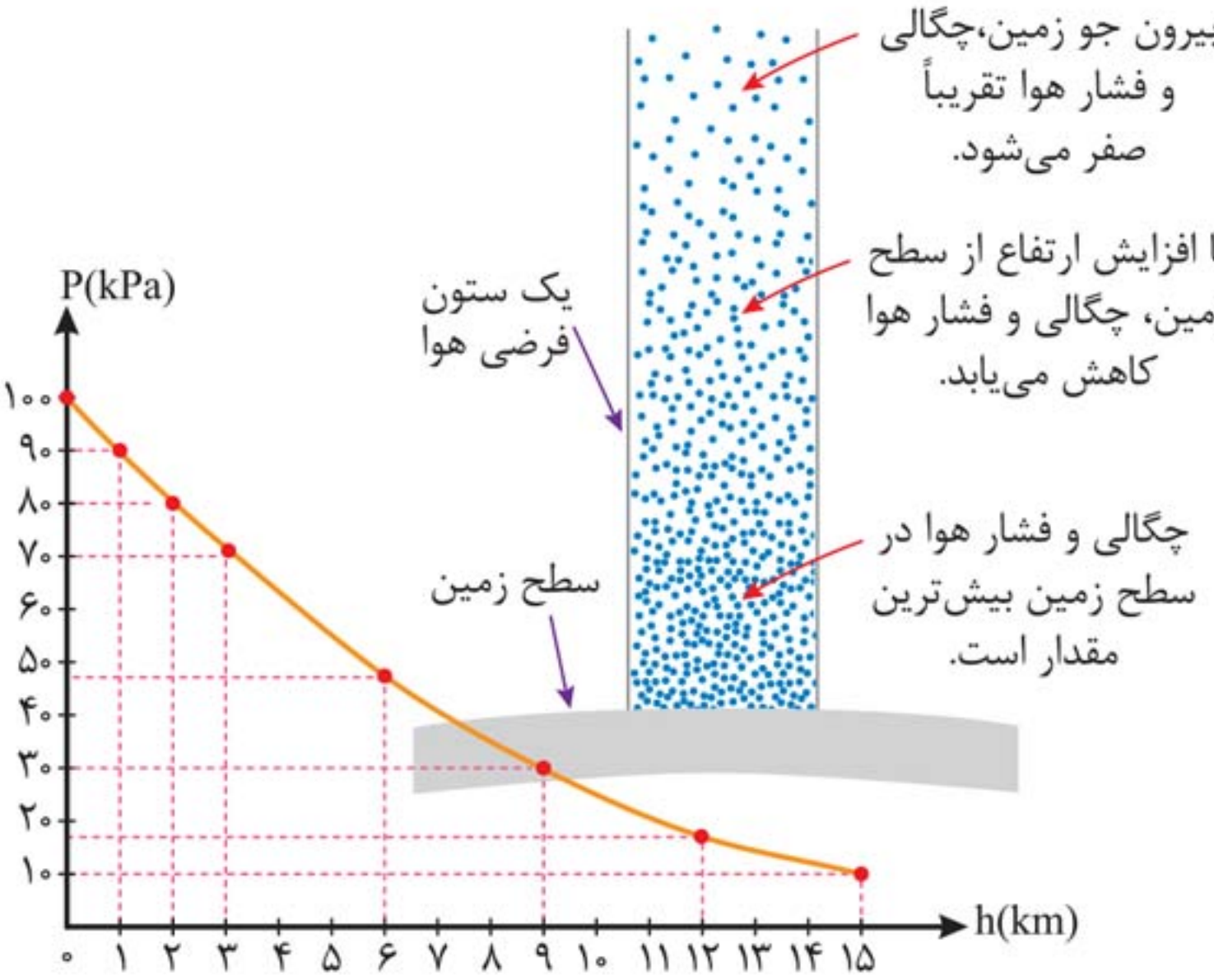
- P: فشار در عمق h (Pa)
- P_0: فشار در سطح دریای آزاد (Pa)
- g: شتاب گرانشی (N/kg)
- h: عمق شاره (m)
- ρ: چگالی شاره (kg/m^3)

یک اتمسفر: (۱ atm) برابر است با $۱/۰۱۳ \times ۱۰^{۵}$ Pa.

فشار گاز در تمام نقاط یک محفظهٔ کوچک را می‌توان یکسان فرض کرد.

محاسبهٔ فشار هوا (Air Pressure):

■ باید توجه کنیم که با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی و فشارهوا کاهش می‌یابد.



نکته‌ها:

۱ نیروی جاذبهٔ زمین سبب می‌شود که لایه‌های زیرین هوا نسبت به لایه‌های بالای هوا متراکم‌تر شوند.

۲ هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم، چگالی و فشار هوا بیشتر می‌شود.

۳ در هواشناسی معمولاً از یکای بار (bar) برای فشار هوا استفاده می‌کنند.

$$۱\,\text{bar} = ۱/۰۰۰ \times ۱۰^{۵}\,\text{N/m}^{۲} = ۱/۰۰۰ \times ۱۰^{۵}\,\text{Pa}$$

فشارسنج هوا (بارومتر) (Barometer):

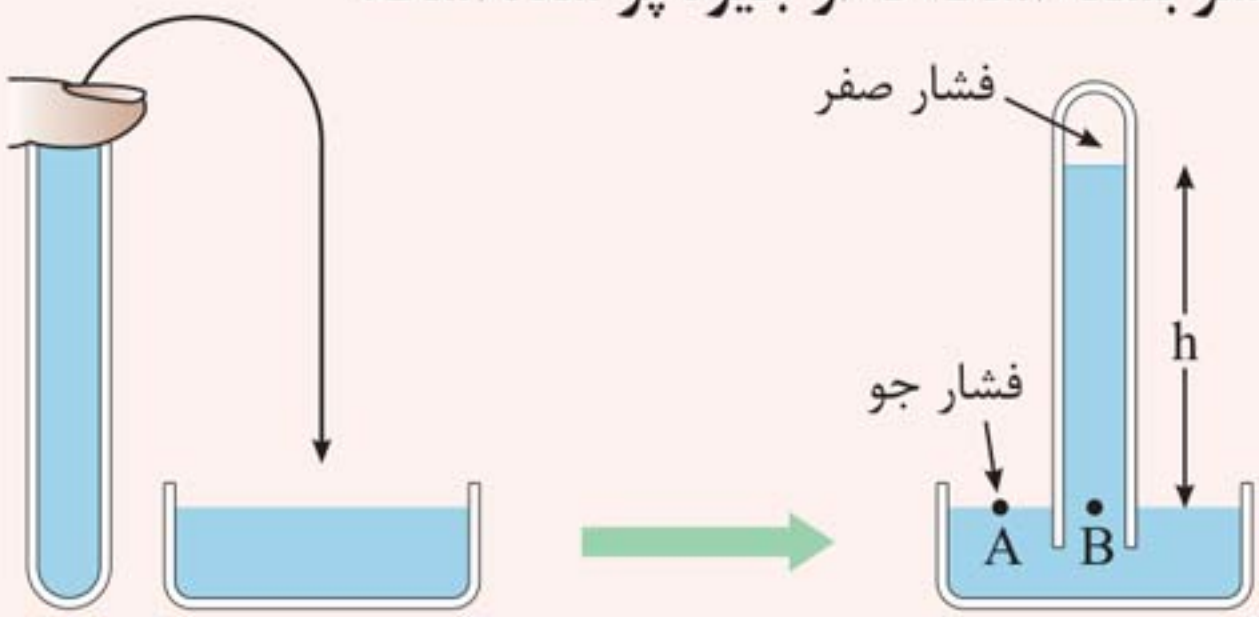
نکته‌ها:

بارومتر:

۱ برای اندازه‌گیری فشارِ جو به کار می‌رود.

۲ در سال ۱۶۴۳ میلادی توسط توریچلی فیزیک‌دان ایتالیایی اختراع شد.

۳ فشارسنج هوا شامل یک لولهٔ شیشه‌ای بلند (تقریباً ۸۰ cm) با یک سر بسته است که از جیوه پر شده است.



۴ لولهٔ پر از جیوه، درون یک ظرف محتوی جیوه، به طور وارون قرار گرفته است.

۵ فضای خالی بالای ستون جیوه تنها محتوی بخار جیوه است.

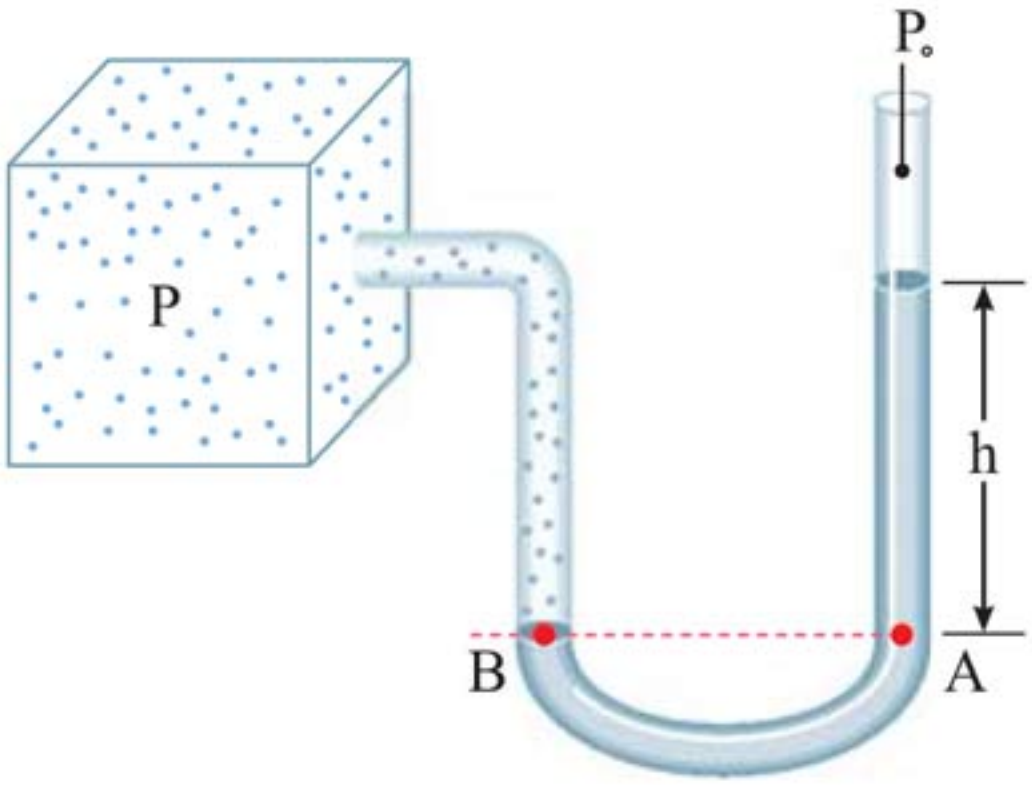
۶ فشار بخار جیوه ناچیز بوده و در عمل صفر فرض می‌شود.

$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = \circ + \rho gh \Rightarrow P_\circ = \rho gh$$

۷ در بسیاری موارد فشـار اندازه‌گیری شده برحسب میلی‌متر جیوه (mmHg) یا سانتی‌متر جیوه (cmHg) بیان می‌شود.

۸ یـک میلی‌متـر جیـوه (۱ mmHg) را یـک تور (۱ torr) می‌نامند.

فشارسنج (مانومتر) (Manometer):



نکته‌ها:

مانومتر:

۱ وسیله‌ای برای اندازه‌گیری فشار یک شارهٔ محصور.

۲ فشارسنج U شکل است.

۳ حاوی مایعی به چگالی ρ که اغلب جیوه یا آب است.

۴ یک انتهای آن باز و با فشار جو P_0 در ارتباط است.

۵ انتهای دیگر آن به ظرفی که فشار P آن باید اندازه‌گیری شود، وصل است.

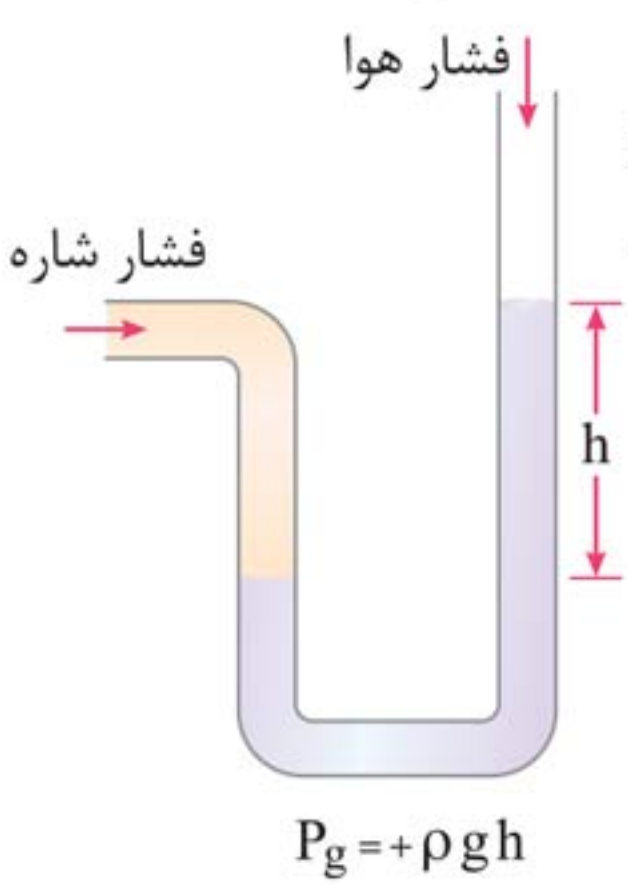
$$P_A = P_B \Rightarrow P = P_0 + \rho gh$$

↓ فشار مطلق ↓ فشارجو

فشار پیمانه‌ای (Gauge Pressure): فشار پیمانه‌ای تفاوت بین فشار مطلق و فشار جو است که آن را معمولاً با علامت P_g نشان می‌دهند.

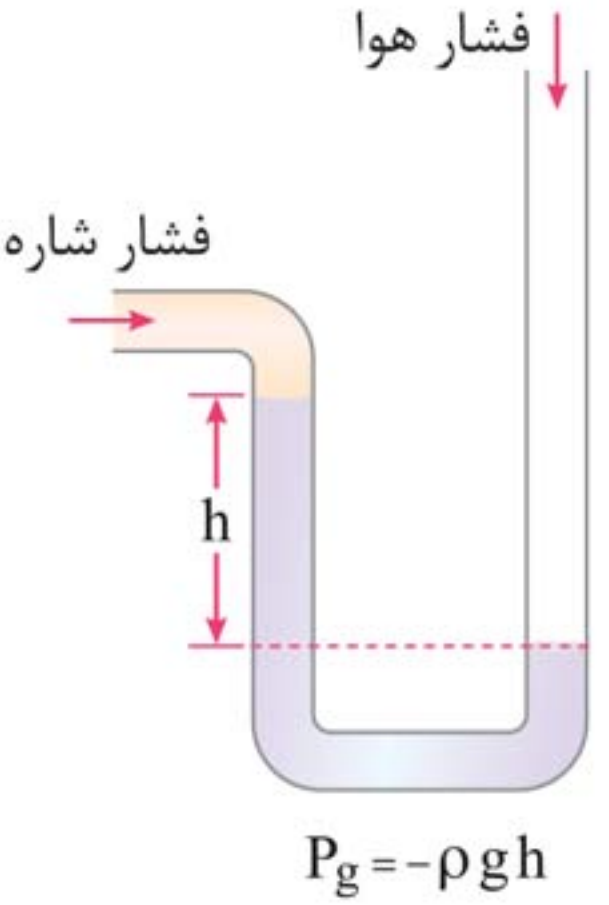
$$P_g = P - P_0 \Leftrightarrow P_g = \rho gh$$

■ اگر فشار شاره بیشتر از فشار جو باشد، فشار پیمانه‌ای مثبت است. (شکل مقابل)



$P_g = +\rho gh$

■ اگر فشـــار شاره کم‌تر از فشـــار جو باشد، فشار پیمانه‌ای منفی است. (شکل زیر)



۵ شناوری (flotation) و اصل ارشمیدس (Archimede's Principle)

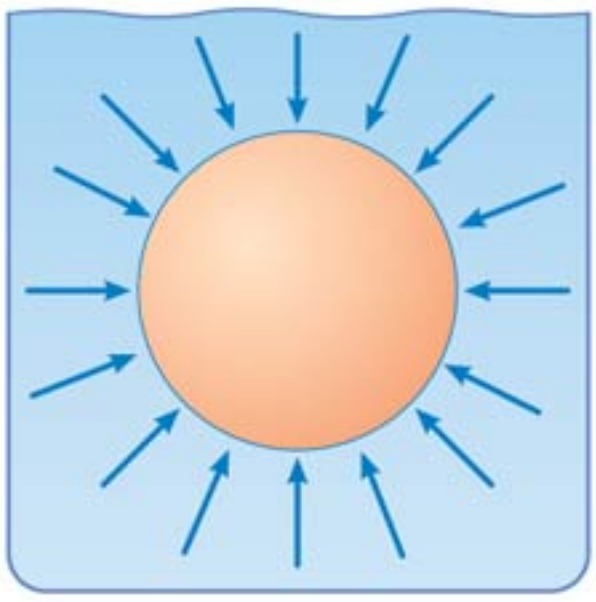
تجربه‌های مربوط به نیروی شناوری:

بالا جهیدن توپ داخل آب پس از حذف نیروی دست

جابه‌جایی آسان‌تر جسم سنگین غوطه‌ور داخل آب نسبت به خارج آب

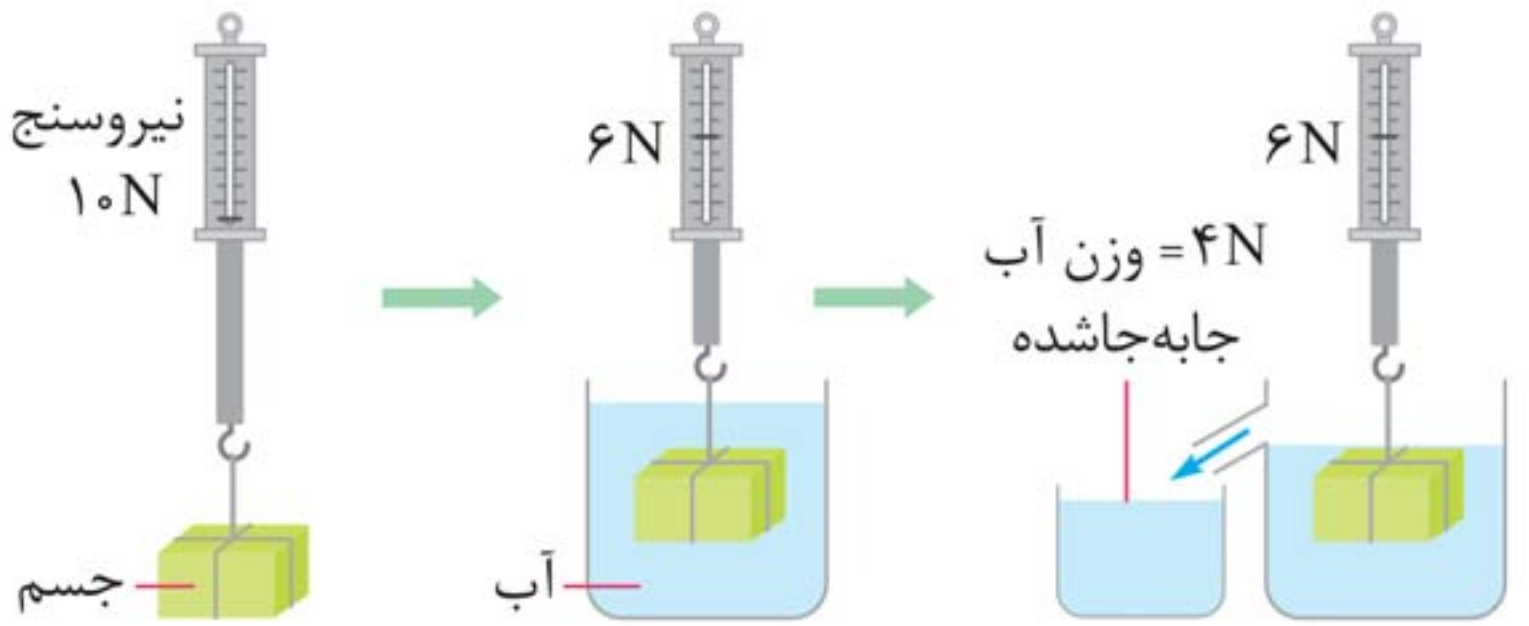
شناورماندن کشتی‌های فولادی روی آب

نیروی شناوری (Buoyant Force): به جسم‌های درون یک شـــاره یا غوطه‌ور در آن، همواره نیروی بالاســـوی خالصی به نام نیروی شناوری از طرف شاره وارد می‌شود. (F_b)



نیروهای ناشی از فشار وارده بر جسم، به دلیل افزایش عمق در زیر آن بزرگ‌تر هستند.

■ ارشمیدس نخستین کسی بود که به وجود نیروی شناوری پی‌برد.



(الف) (ب) (پ)

(الف) ۱۰N = وزن جسم آویخته‌شده به نیروسنج

(ب) ۶N = وزن جسم وقتی به طور کامل درون آب قرار می‌گیرد.

(پ) $\Rightarrow 10 - 6 = 4N$

$$W' = W - W''$$

W': وزن جسم در خارج مایع

W: وزن جسم غوطه ور در مایع

W'': وزن مایع جابه‌جا شده

اصل ارشمیدس: وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، شاره نیرویی بالاسو بر آن وارد می‌کند که با وزن شارهٔ جابه‌جا شده توسط جسم برابر است.

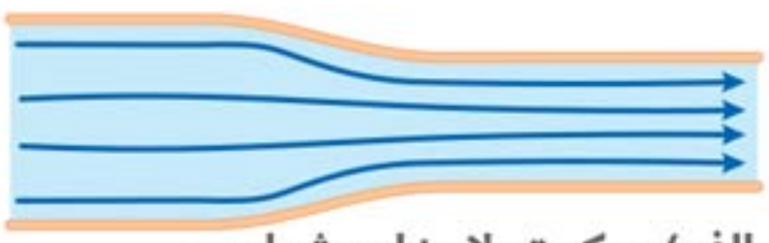
۶ شاره در حرکت و اصل برنولی (Bernoulli's Principle)

شاره در حرکت (Fluid Motion):

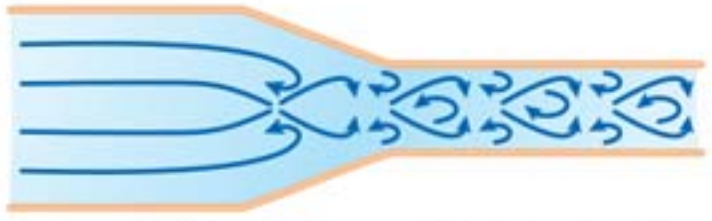
۱ **حرکت یکنواخت و لایه‌ای:** وزش نسیم ملایم هوا

۲ **حرکت متلاطم و آشوبناک:** وزش طوفانی پرانرژی

۱ عبـور آب از مجاری زیر پـل در برخی نواحی یکنواخت و در برخی نواحی آشوبناک است.



الف)حرکـت لایـه‌ای شـاره و نقش کلـی جریان شـاره با گذر زمان تغییر نمی‌کند.

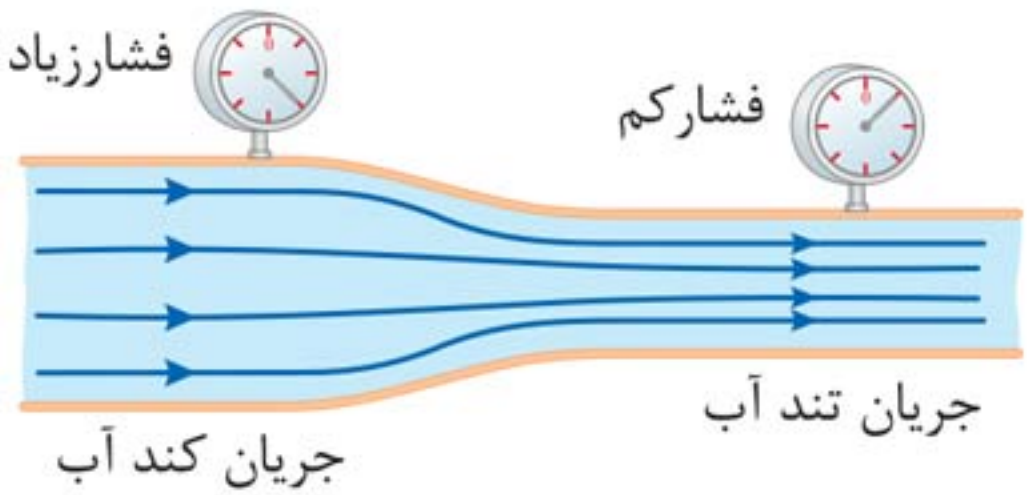


ب)حرکـت تلاطمی شـاره، نقش کلی شاره و مسیر حرکت ذرات آن به‌طور مدام تغییر می‌کند.

۲ جریـان دود از سـر چوب عـود، در ابتدا لایه‌ای است و سپس در بالا متلاطم می‌شود.

۳ در حالت پایا که همه جای لوله پر از آب است:

مقـدار آبی که در یک زمـان معین از یک مقطـع لوله می‌گذرد با مقـداری که از هر مقطع دیگـر لوله در همان مدت زمان می‌گذرد، برابر است.



۴ در جاهایـی از لوله که جریان آب تندتر اسـت، فشـار کم‌تر

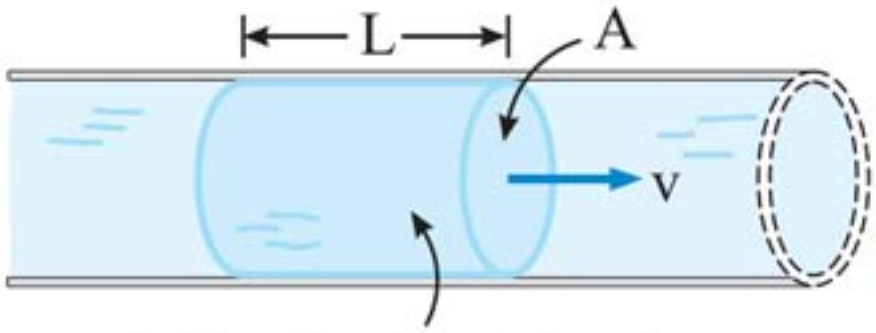
است. (هم در مایع و هم در گاز صادق است.)

اصل برنولی در شاره (Bernoulli's Principle):

«در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.»

آهنگ شارش شاره (Flow Rate):

«نسبت حجم شارهٔ جابه‌جاشده به زمان:»



A: سطح مقطع

v: تندی شاره

حجم این بخش شاره برابر AL است.

$$\text{آهنگ جریان شاره} = \frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} \Rightarrow \text{آهنگ جریان شاره} = \frac{AL}{t}$$

طول لوله (m)

مساحت مقطع (m^2)

زمان (m)

$$\Rightarrow \text{آهنگ جریان شاره} = Av$$

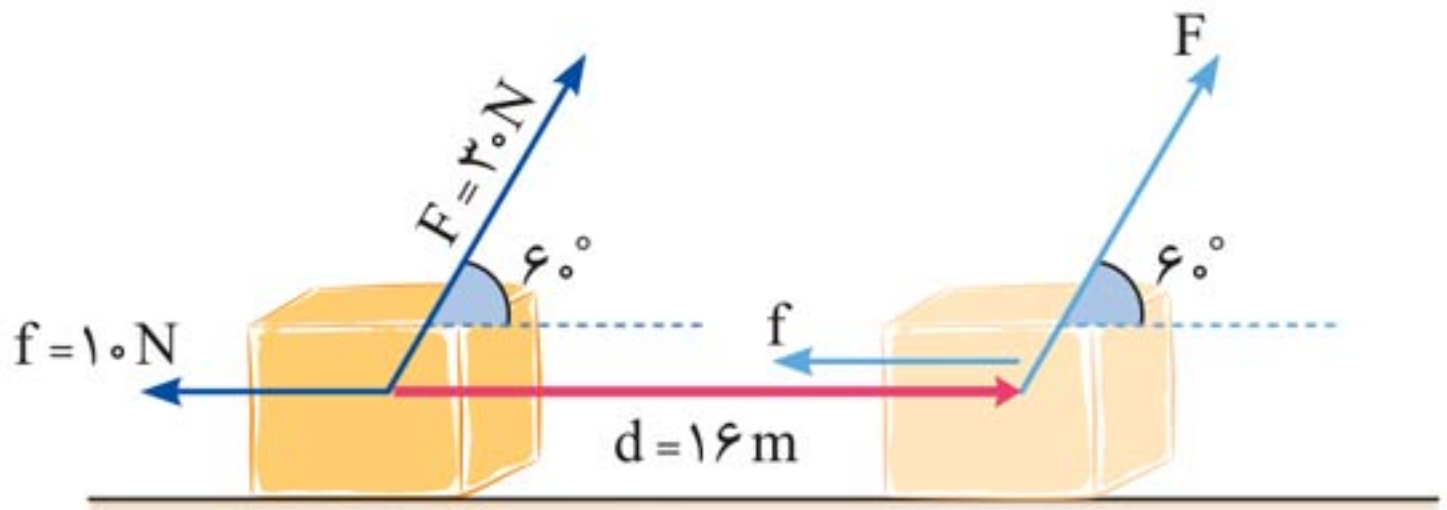
تندی حرکت آب (m/s)

مساحت مقطع (m^2)

معادلهٔ پیوستگی (Equation Of Continuity):

«در حالت پایا و در مدت زمان یکسان، جرم یکسانی از شاره، از هر سطح مقطع دلخواه لوله می‌گذرد.»

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



پاسخ کار هر یک از نیروها را جداگانه به دست می‌آوریم:

$$W_F = ۳۰ \times \cos ۶۰^\circ \times ۱۶ = ۳۰ \times \frac{۱}{۲} \times ۱۶ = ۲۴۰J$$

$$W_f = ۱۰ \times \cos ۱۸۰^\circ \times ۱۶ = ۱۰ \times (-۱) \times ۱۶ = -۱۶۰J$$

چون وزن و نیروی عمودی تکیه‌گاه بر جابه‌جایی عمود هستند:

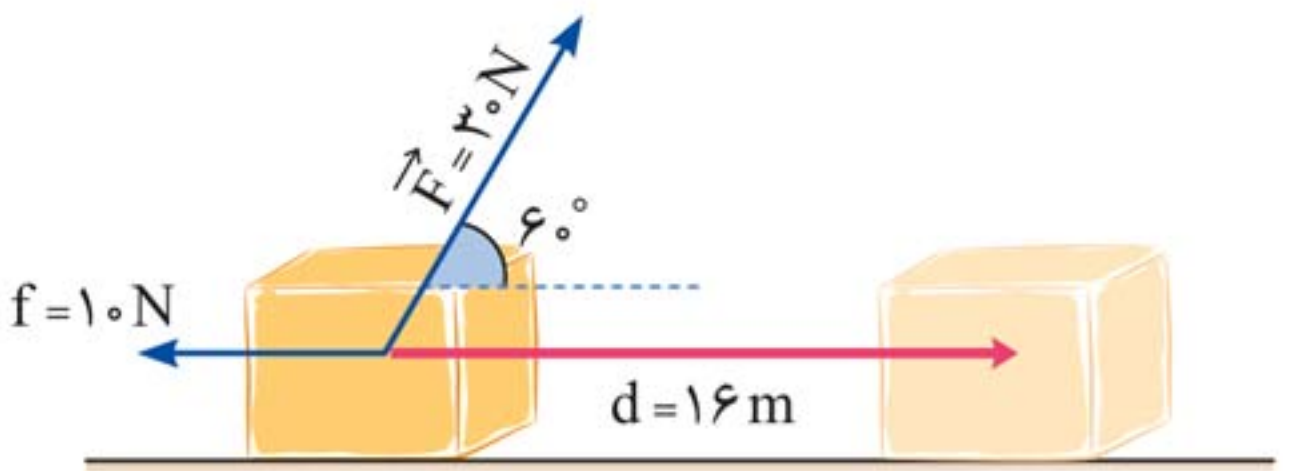
$$W_{mg} = W_N = ۰$$

$$\Rightarrow W_t = W_F + W_f + W_{mg} + W_N$$

$$\Rightarrow W_t = ۲۴۰ + (-۱۶۰) + ۰ + ۰ \Rightarrow W_t = ۸۰J$$

روش دوم: ابتدا نیروها و مؤلفه‌های نیروهایی را شناسایی می‌کنیم که در امتداد جابه‌جایی بر جسم وارد می‌شوند. آن‌گاه با توجه به جهت این مؤلفه‌ها، اندازهٔ نیروی خالص را، که در امتداد بردار جابه‌جایی است، به دست می‌آوریم. سرانجام، اندازهٔ این نیروی خالص را در رابطهٔ $W = Fd$ قرار می‌دهیم.

مثال ۳: کار کل (W_t) انجام‌شده بر روی جسم ۲ کیلوگرمی را محاسبه کنید. (مثال قبل)



پاسخ

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

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

$$W_{\text{در راستای جابه‌جایی}} = ۰$$

$$N_{\text{در راستای جابه‌جایی}} = ۰$$

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

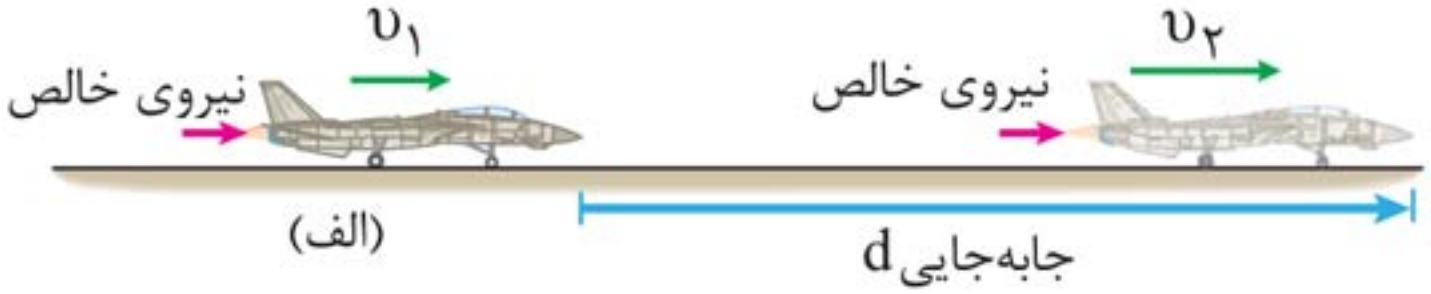
$$W_t = (F_t \cos\theta)d = F_t \times ۱ \times d = F_t d$$

$$W_t = ۵ \times ۱۶ = ۸۰J$$

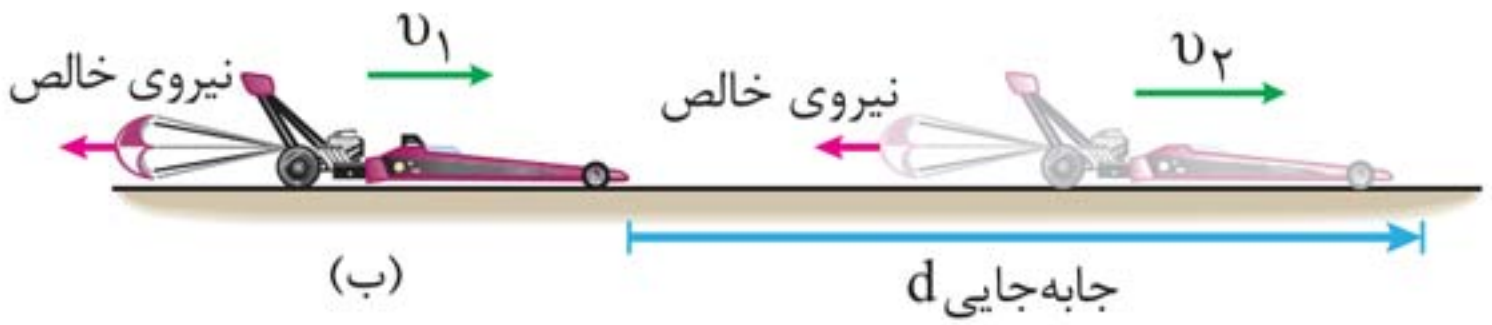
۳ کار و انرژی جنبشی (Work And Kinetic Energy)

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

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



۲ 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: کارکل (J)
- K_2: انرژی جنبشی پایانی (J)
- K_1: انرژی جنبشی آغازی (J)

$W_t > 0$	$W_t = 0$	$W_t < 0$
$K_2 > K_1$	$K_2 = K_1$	$K_2 < K_1$
افزایش تندی	تندی ثابت	کاهش تندی
$V_2 > V_1$	$V_2 = V_1$	$V_2 < V_1$

نکته‌ها:

۱ قضیهٔ کار- 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- انرژی، 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).

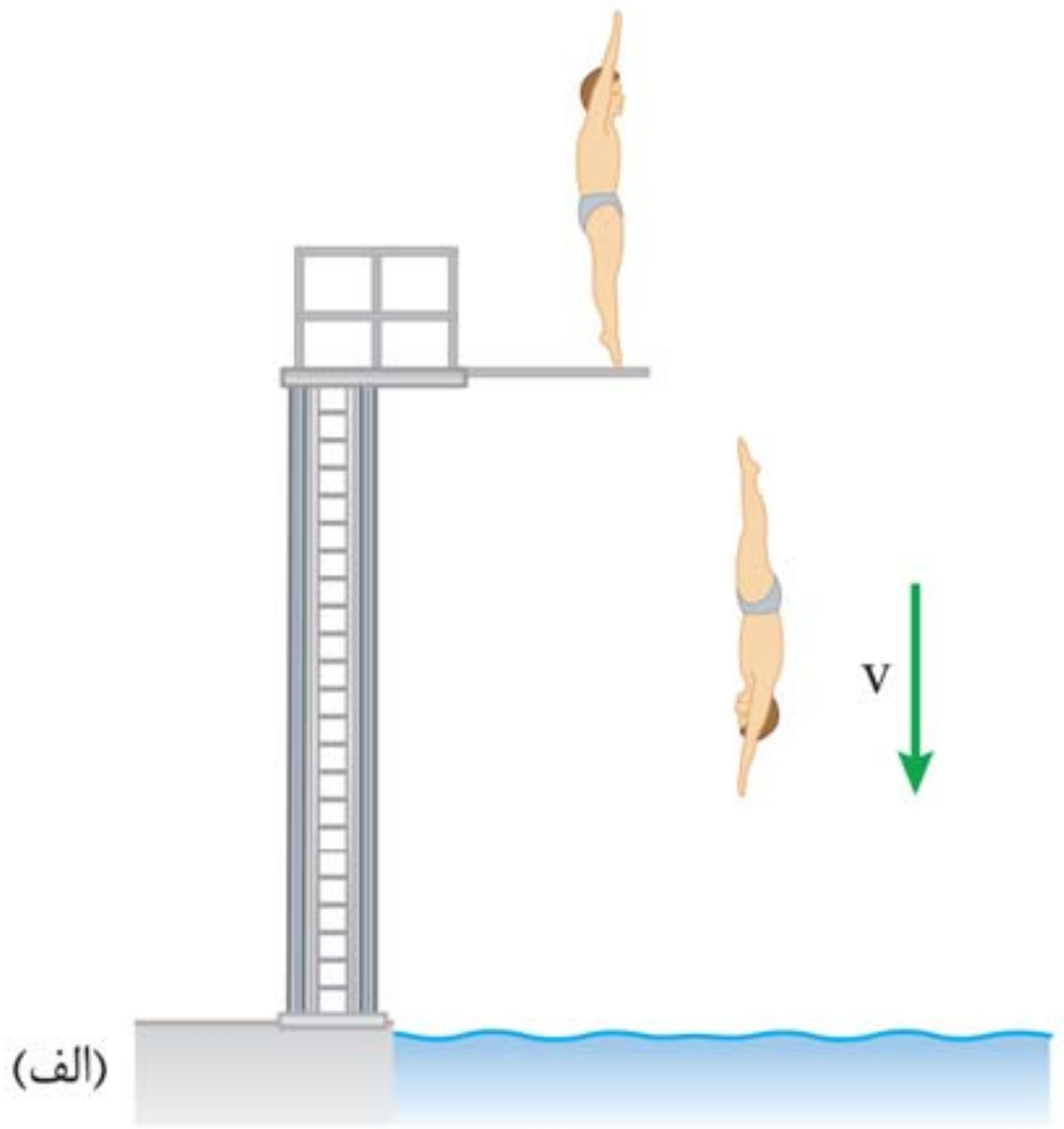
۴ کار و انرژی پتانسیل (Work And Potential Energy)

۱ انرژی پتانسیل، ویژگی یک سامانه (دستگاه یا سیستم) است، نه ویژگی یک جسم منفرد.

۲ انرژی پتانسیل، به موقعیت مکانی اجسام یک سامانه نسبت به یکدیگر بستگی دارد.

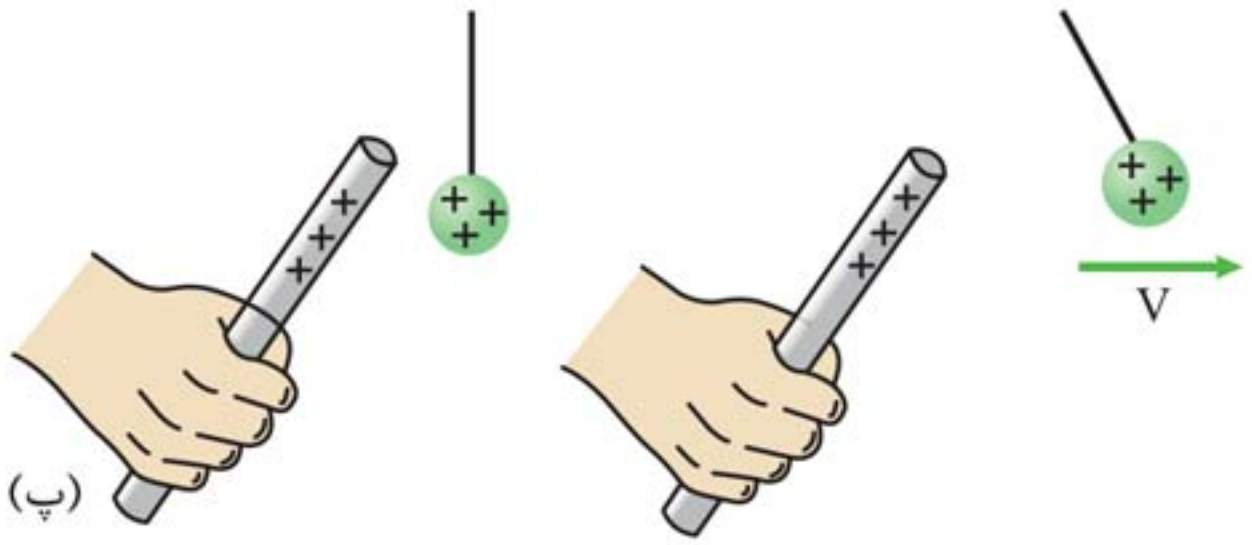
۳ انرژی پتانسیل کاهش‌یافتهٔ یک سامانه، به شکل‌های دیگری از انرژی تبدیل می‌شود.

۴ هر سامانه می تواند، دست کم از دو یا تعداد بسیار بیشتری از اجسام تشکیل شده باشد.



انرژی پتانسیل گرانشی در سامانهٔ شخص ـ زمین

انرژی پتانسیل کشسانی در سامانهٔ جسم ـ فنر

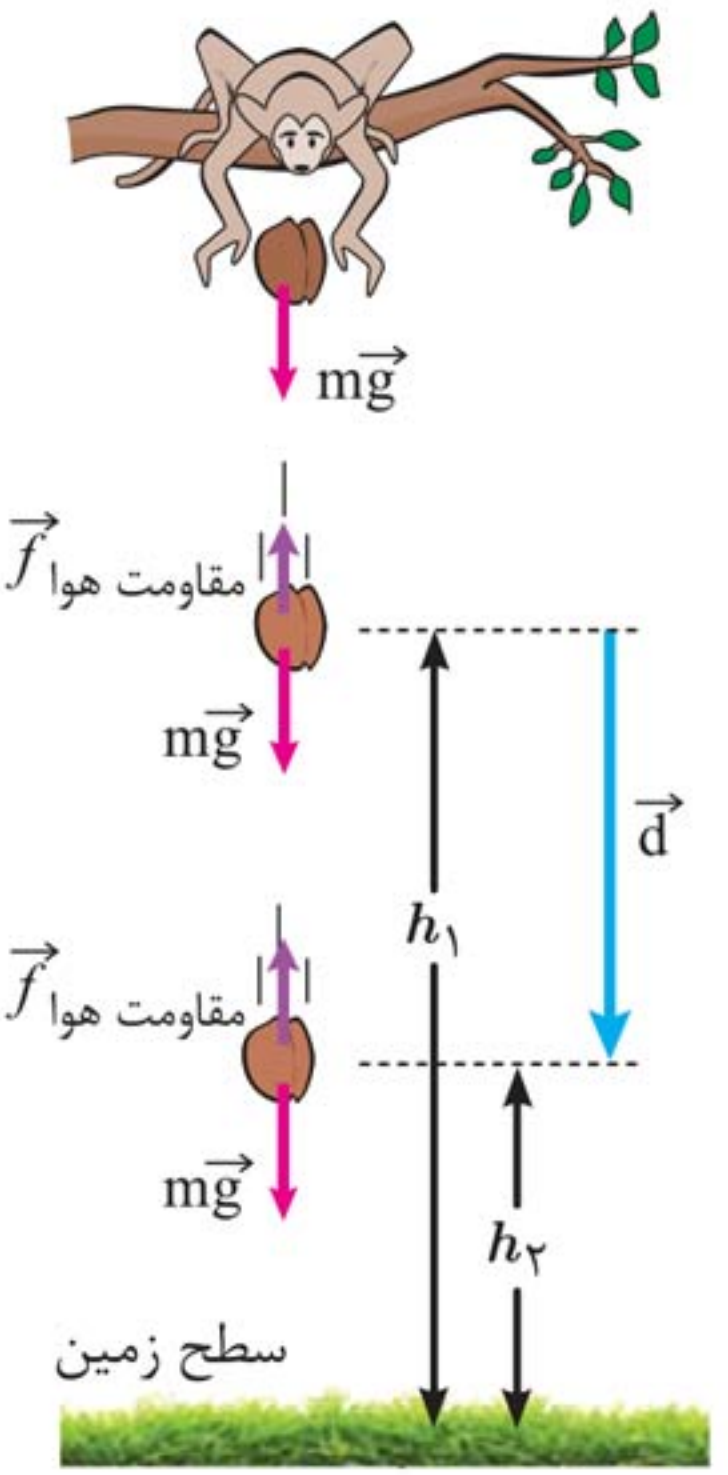


انرژی پتانسیل الکتریکی در سامانهٔ دو جسم باردار

انرژی پتانسیل گرانشی (Gravitational Potential Energy)

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:

$$U = mgh$$



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

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

نکته‌ها:

۱ وقتی جسمی رو به پایین حرکت می‌کند، U و h کاهش می‌یابند و نیروی وزن جسم کار مثبت انجام می‌دهد.

۲ هنگامی که جسمی رو به بالا حرکت می‌کند، U و h افزایش می‌یابند و نیروی وزن جسم کار منفی انجام می‌دهد.

۳ کار نیروی وزن به مسیر حرکت بستگی ندارد و همواره برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی سامانهٔ جسم-زمین است.

۴ انرژی پتانسیل گرانشی، یک ویژگی مشترک جسم و زمین است و برای سامانه‌ای متشکل از این دو، تعریف می‌شود.

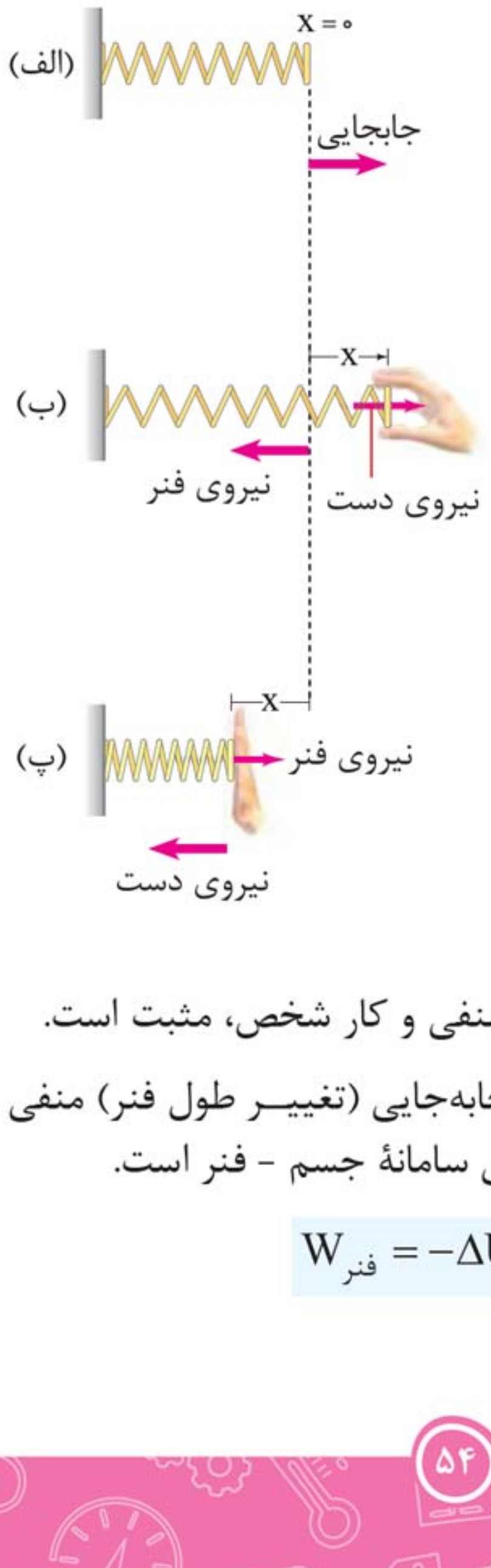
۵ اگر زمین ثابت بماند و جسم از زمین دور شود، U افزایش می‌یابد.

۶ هنگامی که با انرژی پتانسیل گرانشی سروکار داریم، می‌توانیم $h = ۰$ را در هر ارتفاعی انتخاب کنیم؛ زیرا انتقال مبداء تأثیری بر اختلاف ارتفاع $(h_۲ - h_۱)$ یا بر اختلاف انرژی پتانسیل گرانشی ندارد.

$$U_۲ - U_۱ = mg(h_۲ - h_۱)$$

۷ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی (ΔU) بین دو نقطه اهمیت دارد نه مقدار U در یک نقطهٔ خاص.

انرژی پتانسیل کشسانی (Elastic Potential Energy)



الـف) فنـری را در وضعیت تعادلـش نشـان می‌دهـد. $(x = ۰)$

(ب) با کشیده‌شـدن فنر به اندازهٔ x، نیرویـی در خلاف جهـت جابه‌جایی به دسـت شخص وارد می‌شود.

$$x(\text{مثبت}) \Rightarrow F(\text{منفی})$$

کار نیـروی فنر در کشـیدگی منفی و کار شخص مثبت است.

درشـکل (پ) با فشرده‌شدن فنر به انـدازهٔ x، نیرویی در خـلاف جهـت جابه‌جایی به دست شخص وارد می‌شود.

$$x\,(\text{منفی}) \Rightarrow F\,(\text{مثبت})$$

کار نیروی فنر در فشردگی، منفی و کار شخص، مثبت است.

پس کار نیـروی فنر در هر جابه‌جایی (تغییـر طول فنر) منفی تغییر انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ جسم - فنر است.

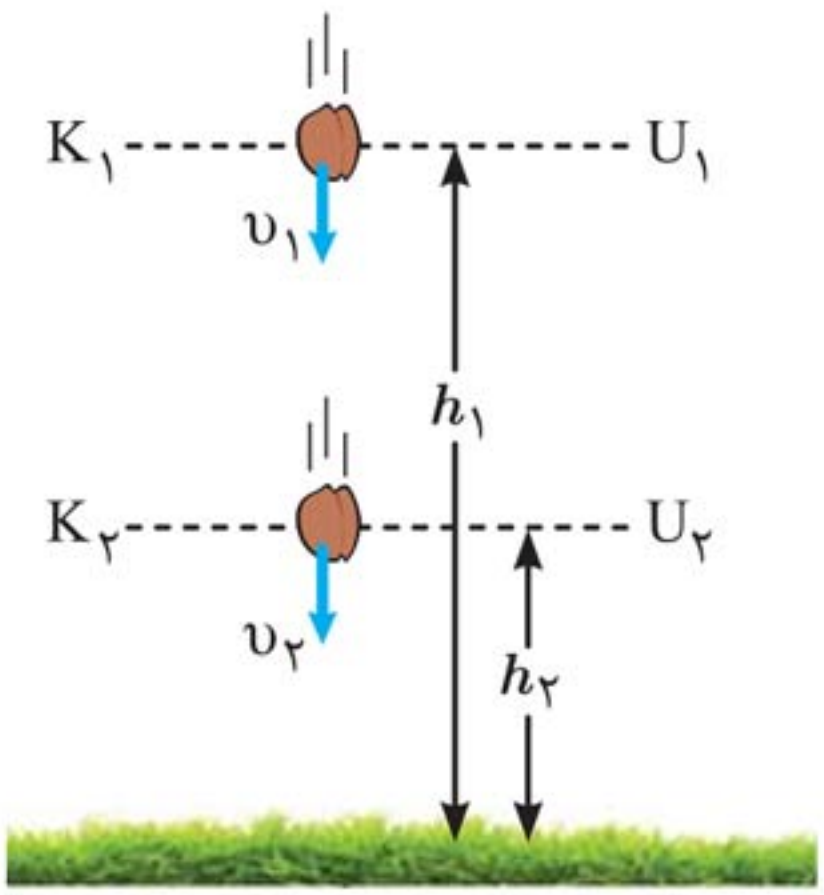
$$W_{\text{فنر}} = -\Delta U_{\text{کشسانی}}$$

کاربرد فنر در ساعت

کاربرد فنر در اتومبیل

کاربرد فنر در قطار

۵ پایستگی انرژی مکانیکی
(Conservation Of Mechanical Energy)



شـــکل صفحه قبل جســـمی را در حال ســـقوط بـــه طرف زمین نشان می‌دهد.

بـــا فرض ناچیزبودن مقاومت هوا ($f_{هوا} = ۰$)، تنها نیروی وزن به جسم وارد می‌شود.

$$\left.\begin{array}{l} W_{وزن} = -(U_۲ - U_۱) \\ W_t = W_{وزن} = \Delta K = K_۲ - K_۱ \end{array}\right\} \Rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲$$

نکته:

مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی جسم در نقطه‌های مختلف مسیر حرکت، با هم برابر است.

انرژی مکانیکی جســم: مجموع انرژی‌های پتانسیل و جنبشی هر جسم را انرژی مکانیکی آن می‌نامیم.

انرژی پتانسیل + انرژی جنبشی = انرژی مکانیکی

$$E = K + U$$

اصل پایســتگی انرژی مکانیکی: بـــا نادیده‌گرفتن نیروهای مقاومت (اتلاف‌کننده انرژی)، انرژی مکانیکی در تمام نقاط مســـیر مقدار یکسانی دارد و پایسته می‌ماند:

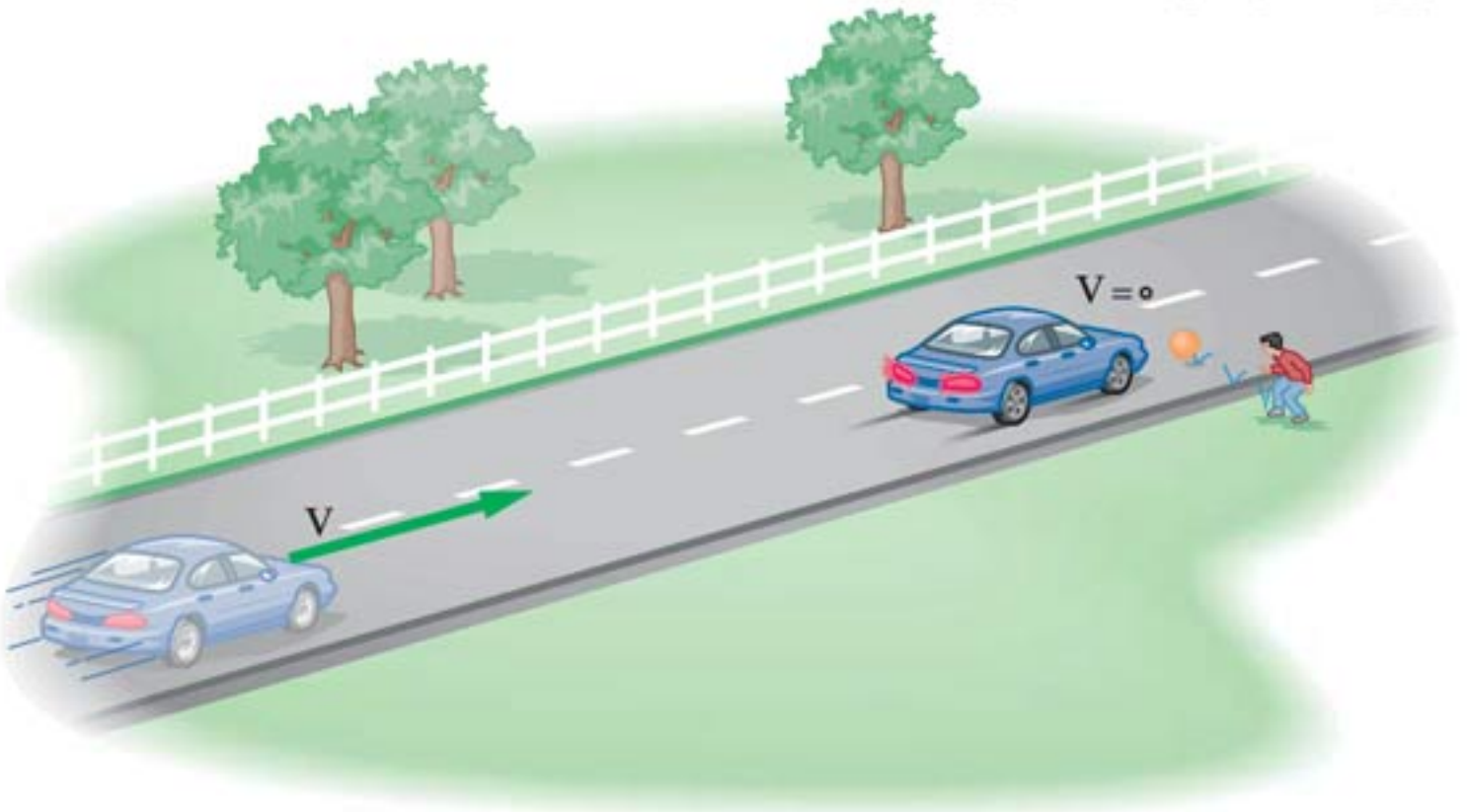
$$E_۱ = E_۲ = \cdots = E_n$$

۶ کار و انرژی درونی (Internal Energy)

انرژی درونی یک جسم: به مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل‌دهندهٔ یک جسم انرژی درونی آن گویند.

۱ معمولاً با گرم‌ترشدن یک جسم، انرژی درونی آن بالا می‌رود.

۲ انرژی درونی یک جسم، هم به تعداد ذرات جسم و هم به انرژی هر ذره بستگی دارد.



وقتی خودرویی ترمز می‌گیرد، کار نیروهایی که برخلاف جهت جابه‌جایی خودرو، به آن وارد می‌شوند، انرژی جنبشی خودرو را کاهش می‌دهند.

۳ در اثر کار نیروی اصطکاک، انرژی جنبشی خودرو به انرژی درونی لاستیک‌های آن و سطح جاده تبدیل می‌شود.

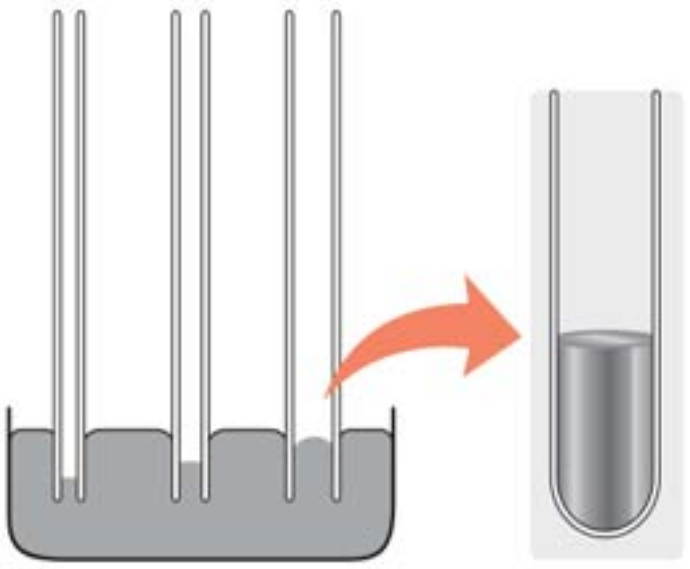
انرژی تلف‌شده (Wasted Energy): منظور از انرژی تلف‌شده، از بین رفتن انرژی نیست بلکه تبدیل آن به انرژی درونی سامانه است.

۴ با حضور نیروهای اتلافی، انرژی مکانیکی جسم یا سامانه پایسته نمی‌ماند و تغییر می‌کند.

۲ هرچـه قطر لولهٔ مویین کم‌تر باشـد، ارتفاع سـتون آب در آن بیشتراست.

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

۲ جیوه:



نکته‌ها:

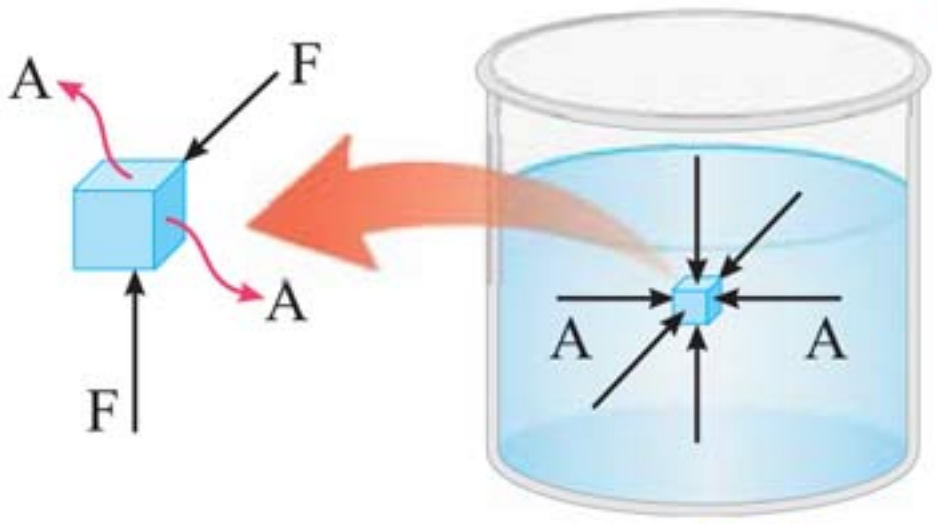
۱ جیـوه در لوله‌هـای مویین مقداری بالا می‌رود ولی سـطح آن پایین‌تر از سطح جیوهٔ ظرف قرار می‌گیرد (تر نمی‌کند).

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

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

۲۵ فشار در شاره‌ها (Fluid Pressure) (مایع یا گاز)

ویژگی شارهٔ ساکن:



نکته‌ها:

۱ به هر سطحی که با آن در تماس باشد، نیروی عمودی وارد می‌کند.

۲ مولکول‌های آن در حال حرکت‌اند.

۳ نیرویی که توسط شاره وارد می‌شود، ناشی از برخورد مولکول‌ها با اطراف آن است.

برخورد مولکول‌های هوای درون لاستیک به سطح داخلی‌آن، سبب ایجاد نیروی عمودی می‌شود.

فشار (Pressure) وارد بر سطح:

$$P = \frac{F_{\perp}}{A}$$

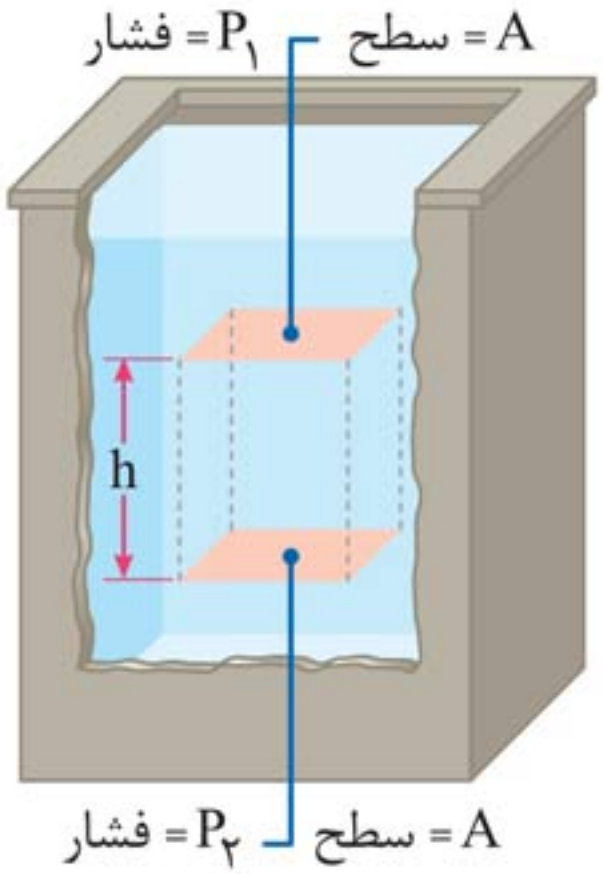
$F_{\perp}$: نیروی عمودی وارد بر سطح (N)

A: مساحت سطح فرضی (m^2)

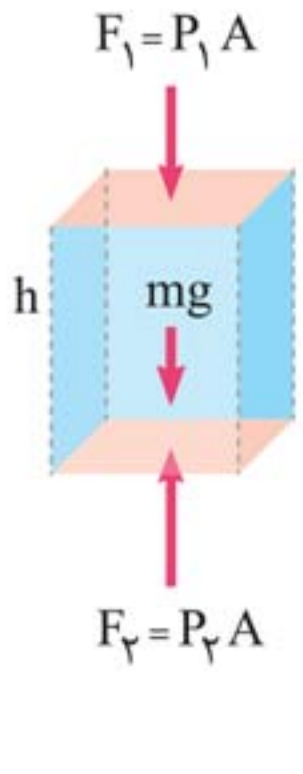
P: فشار وارد بر سطح (Pa)

محاسبهٔ فشار در شاره‌ها:

در شکل روبه‌رو نشان می‌دهد، بخشی از شاره به ارتفاع h بین دو سطح فرضی A قرار داشته و شاره در حال تعادل است:



شاره در حال تعادل $\Rightarrow$ نیروها متوازن هستند $\Rightarrow \sum \vec{F} = 0$



$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_2 + \vec{F}_1 + m\vec{g} = 0 \Rightarrow F_2 = F_1 + mg$$

$$\xrightarrow{P=\frac{F}{A}} P_2 A = P_1 A + mg$$

$$\xrightarrow[V=Ah]{m=\rho V} P_2 = P_1 + \rho g h$$

اگر سطح بالایی را سطح شاره در نظر بگیریم:

فشار هوا در سطح آزاد دریا $= P_1 = P_0$

$$P = P_0 + \rho g h$$

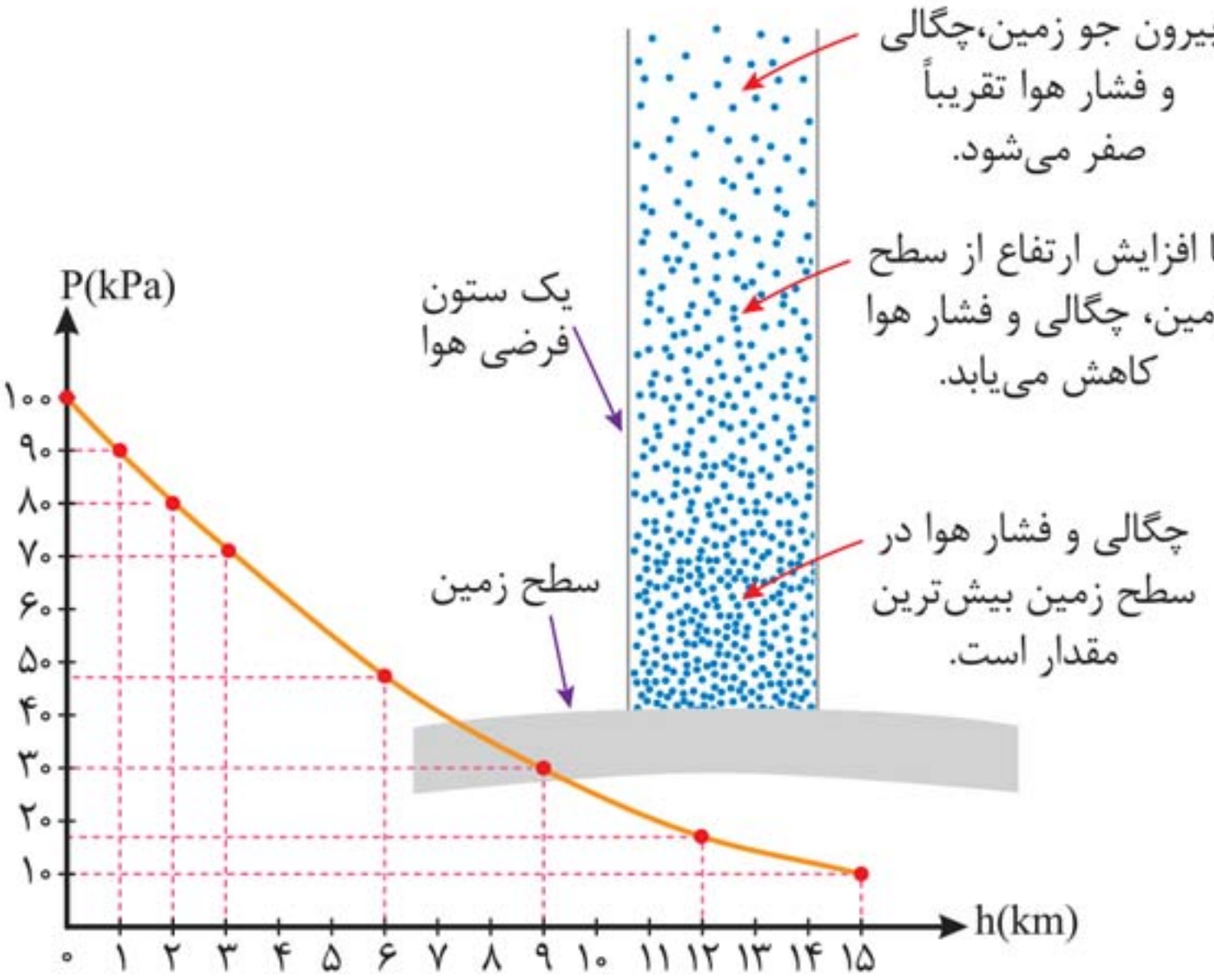
- P: فشار در عمق h (Pa)
- P_0: فشار در سطح دریای آزاد (Pa)
- g: شتاب گرانشی (N/kg)
- h: عمق شاره (m)
- ρ: چگالی شاره (kg/m^3)

یک اتمسفر: (۱ atm) برابر است با $۱/۰۱۳ \times ۱۰^{۵}$ Pa.

فشار گاز در تمام نقاط یک محفظهٔ کوچک را می‌توان یکسان فرض کرد.

محاسبهٔ فشار هوا (Air Pressure):

■ باید توجه کنیم که با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی و فشارهوا کاهش می‌یابد.



نکته‌ها:

۱ نیروی جاذبهٔ زمین سبب می‌شود که لایه‌های زیرین هوا نسبت به لایه‌های بالای هوا متراکم‌تر شوند.

۲ هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم، چگالی و فشار هوا بیشتر می‌شود.

۳ در هواشناسی معمولاً از یکای بار (bar) برای فشار هوا استفاده می‌کنند.

$$۱\,\text{bar} = ۱/۰۰۰ \times ۱۰^{۵}\,\text{N/m}^{۲} = ۱/۰۰۰ \times ۱۰^{۵}\,\text{Pa}$$

فشارسنج هوا (بارومتر) (Barometer):

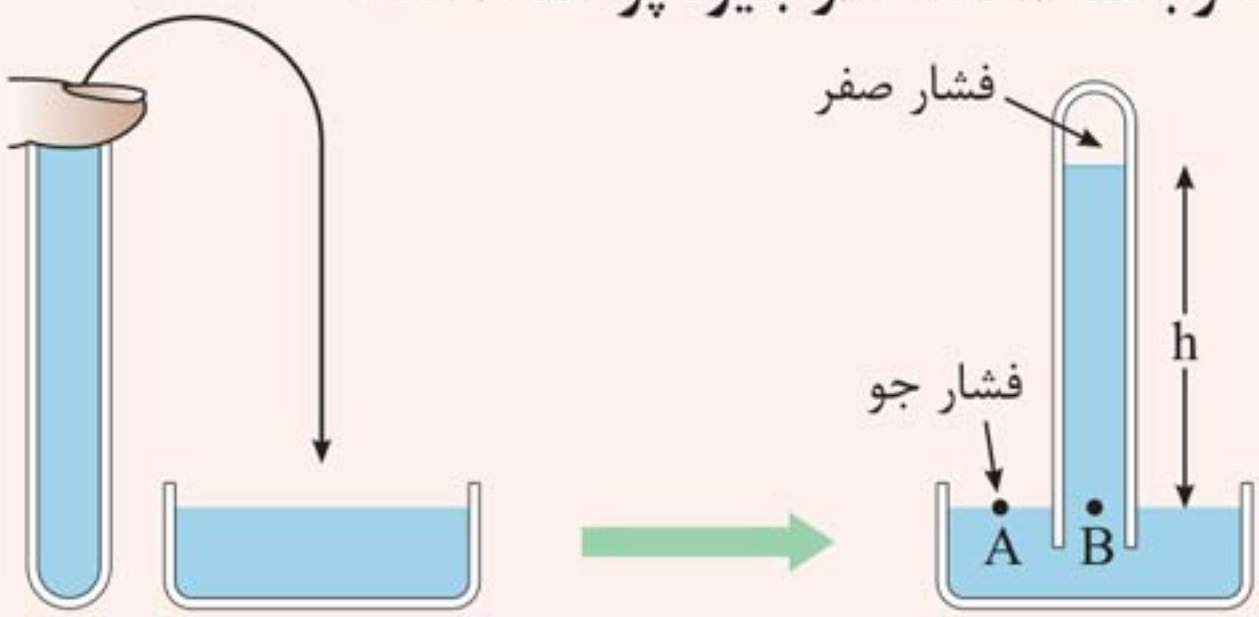
نکته‌ها:

بارومتر:

۱ برای اندازه‌گیری فشارِ جو به کار می‌رود.

۲ در سال ۱۶۴۳ میلادی توسط توریچلی فیزیک‌دان ایتالیایی اختراع شد.

۳ فشارسنج هوا شامل یک لولهٔ شیشه‌ای بلند (تقریباً ۸۰ cm) با یک سر بسته است که از جیوه پر شده است.



۴ لولهٔ پر از جیوه، درون یک ظرف محتوی جیوه، به طور وارون قرار گرفته است.

۵ فضای خالی بالای ستون جیوه تنها محتوی بخار جیوه است.

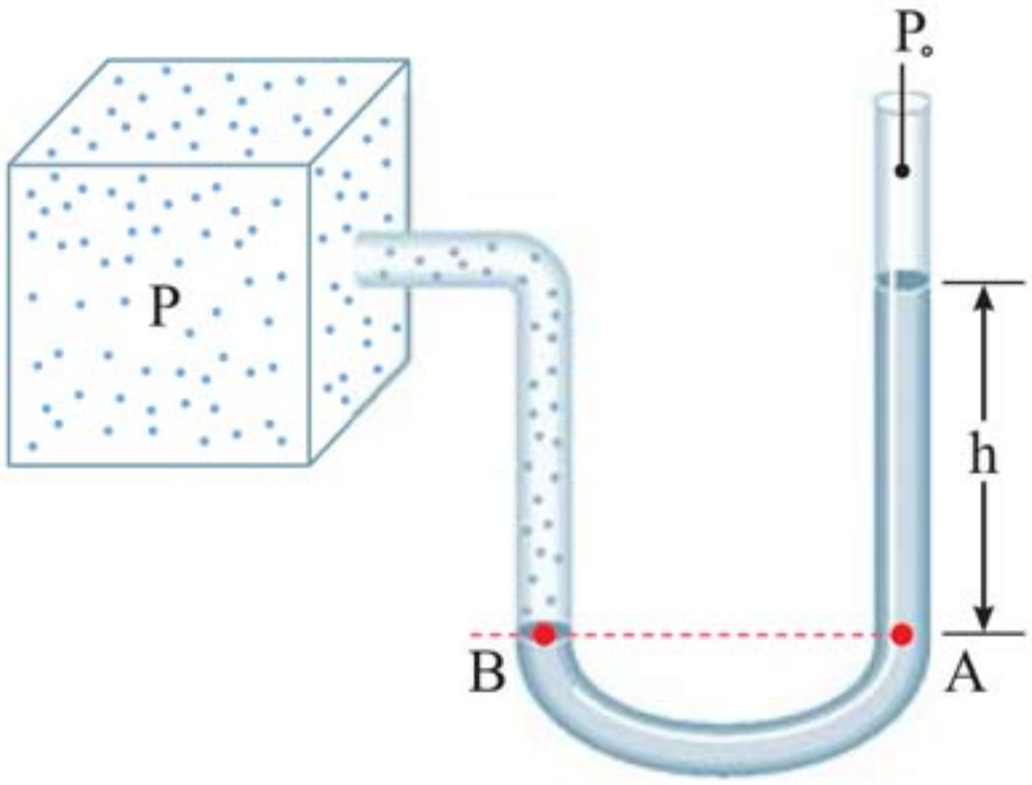
۶ فشار بخار جیوه ناچیز بوده و در عمل صفر فرض می‌شود.

$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = \circ + \rho gh \Rightarrow P_\circ = \rho gh$$

۷ در بسیاری موارد فشـار اندازه‌گیری شده برحسب میلی‌متر جیوه (mmHg) یا سانتی‌متر جیوه (cmHg) بیان می‌شود.

۸ یـک میلی‌متـر جیـوه (۱ mmHg) را یـک تور (۱ torr) می‌نامند.

فشارسنج (مانومتر) (Manometer):



نکته‌ها:

مانومتر:

۱ وسیله‌ای برای اندازه‌گیری فشار یک شارهٔ محصور.

۲ فشارسنج U شکل است.

۳ حاوی مایعی به چگالی ρ که اغلب جیوه یا آب است.

۴ یک انتهای آن باز و با فشار جو P_0 در ارتباط است.

۵ انتهای دیگر آن به ظرفی که فشار P آن باید اندازه‌گیری شود، وصل است.

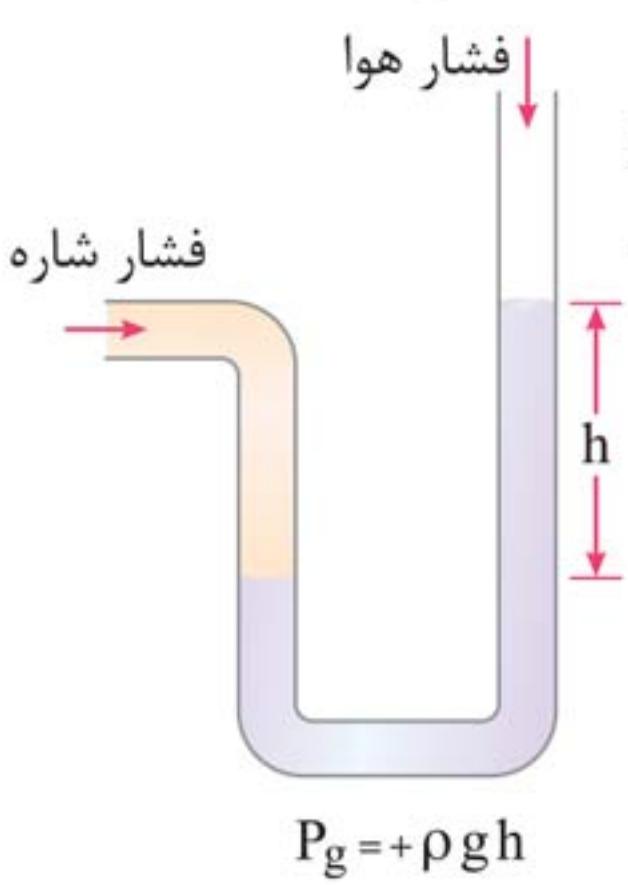
$$P_A = P_B \Rightarrow P = P_0 + \rho gh$$

↓ فشار مطلق ↓ فشارجو

فشار پیمانه‌ای (Gauge Pressure): فشار پیمانه‌ای تفاوت بین فشار مطلق و فشار جو است که آن را معمولاً با علامت P_g نشان می‌دهند.

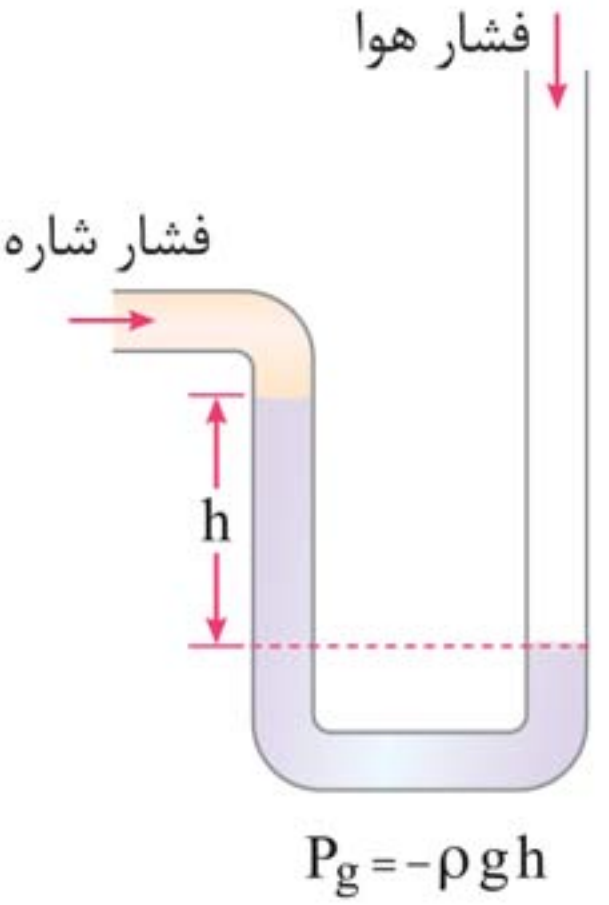
$$P_g = P - P_0 \Leftrightarrow P_g = \rho gh$$

■ اگر فشار شاره بیشتر از فشار جو باشد، فشار پیمانه‌ای مثبت است. (شکل مقابل)



$P_g = +\rho gh$

■ اگر فشـــار شاره کم‌تر از فشـــار جو باشد، فشار پیمانه‌ای منفی است. (شکل زیر)



۵ شناوری (flotation) و اصل ارشمیدس (Archimede's Principle)

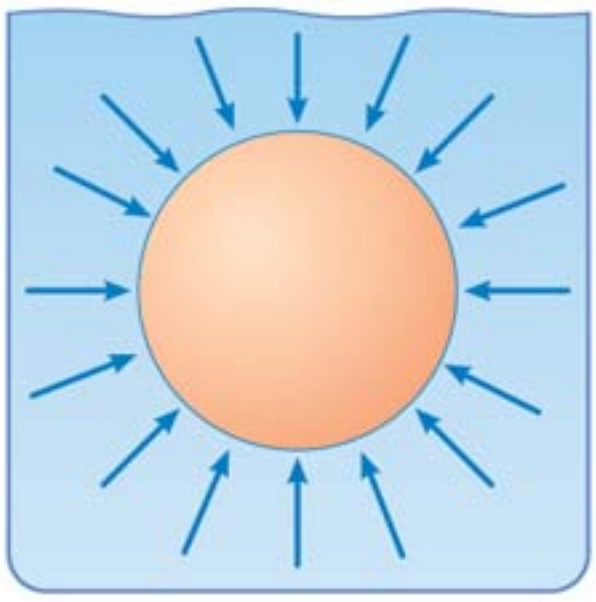
تجربه‌های مربوط به نیروی شناوری:

بالا جهیدن توپ داخل آب پس از حذف نیروی دست

جابه‌جایی آسان‌تر جسم سنگین غوطه‌ور داخل آب نسبت به خارج آب

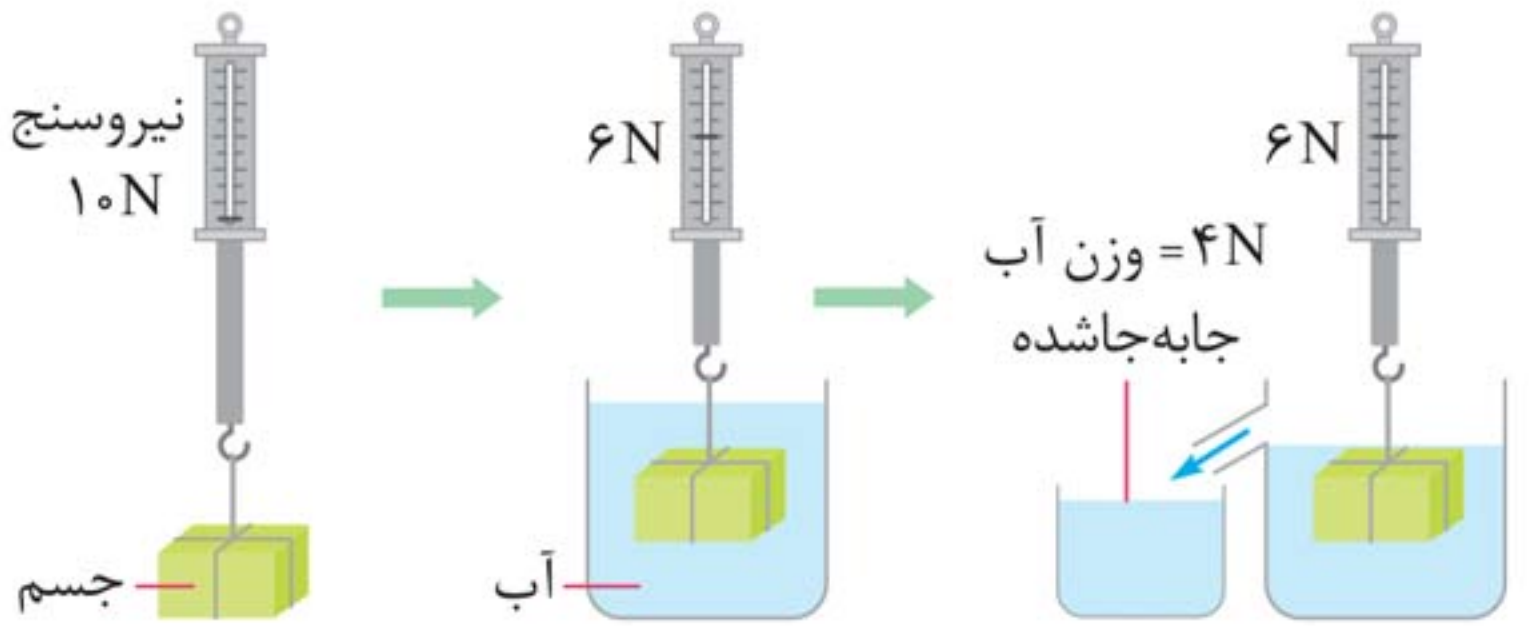
شناورماندن کشتی‌های فولادی روی آب

نیروی شناوری (Buoyant Force): به جسم‌های درون یک شـــاره یا غوطه‌ور در آن، همواره نیروی بالاســـوی خالصی به نام نیروی شناوری از طرف شاره وارد می‌شود. (F_b)



نیروهای ناشی از فشار وارده بر جسم، به دلیل افزایش عمق در زیر آن بزرگ‌تر هستند.

■ ارشمیدس نخستین کسی بود که به وجود نیروی شناوری پی‌برد.



(الف) (ب) (پ)

(الف) ۱۰N = وزن جسم آویخته‌شده به نیروسنج

(ب) ۶N = وزن جسم وقتی به طور کامل درون آب قرار می‌گیرد.

(پ) $\Rightarrow 10 - 6 = 4N$

$$W' = W - W''$$

W': وزن جسم در خارج مایع

W: وزن جسم غوطه ور در مایع

W'': وزن مایع جابه‌جا شده

اصل ارشمیدس: وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، شاره نیرویی بالاسو بر آن وارد می‌کند که با وزن شارهٔ جابه‌جا شده توسط جسم برابر است.

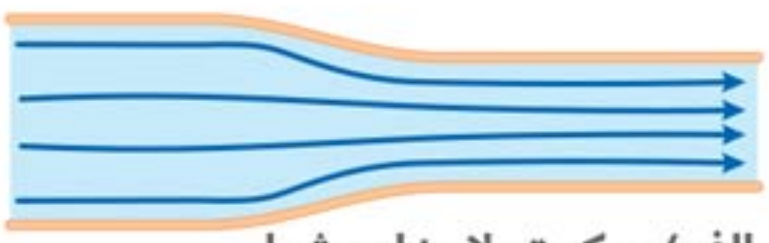
۶ شاره در حرکت و اصل برنولی (Bernoulli's Principle)

شاره در حرکت (Fluid Motion):

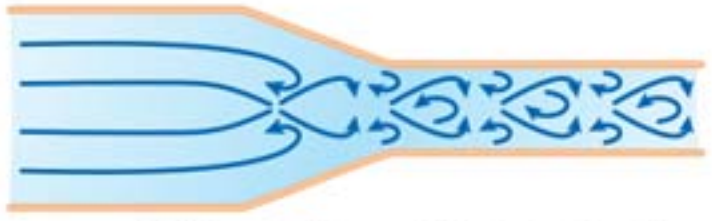
۱ **حرکت یکنواخت و لایه‌ای:** وزش نسیم ملایم هوا

۲ **حرکت متلاطم و آشوبناک:** وزش طوفانی پرانرژی

۱ عبـور آب از مجاری زیر پـل در برخی نواحی یکنواخت و در برخی نواحی آشوبناک است.



الف)حرکـت لایـه‌ای شـاره و نقش کلـی جریان شـاره با گذر زمان تغییر نمی‌کند.

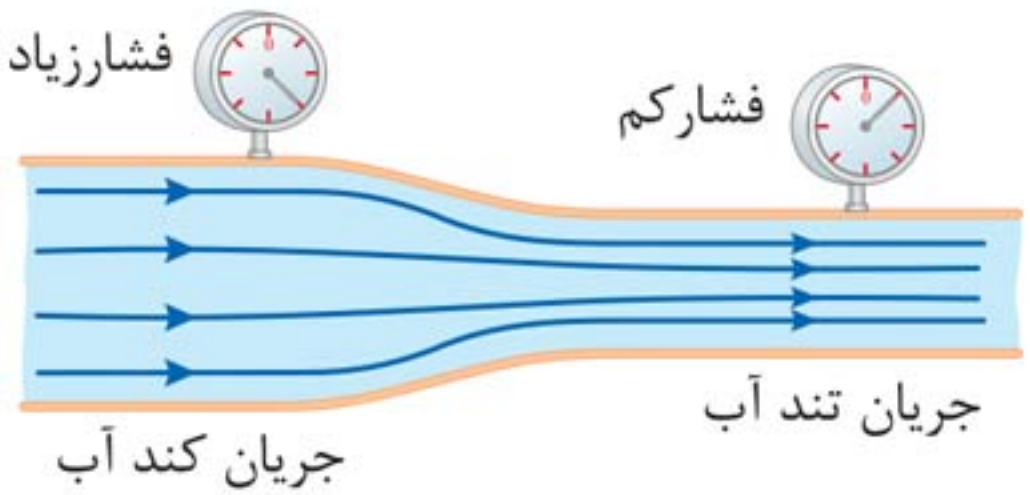


ب)حرکـت تلاطمی شـاره، نقش کلی شاره و مسیر حرکت ذرات آن به‌طور مدام تغییر می‌کند.

۲ جریـان دود از سـر چوب عـود، در ابتدا لایه‌ای است و سپس در بالا متلاطم می‌شود.

۳ در حالت پایا که همه جای لوله پر از آب است:

مقـدار آبی که در یک زمـان معین از یک مقطـع لوله می‌گذرد با مقـداری که از هر مقطع دیگـر لوله در همان مدت زمان می‌گذرد، برابر است.



۴ در جاهایـی از لوله که جریان آب تندتر اسـت، فشـار کم‌تر

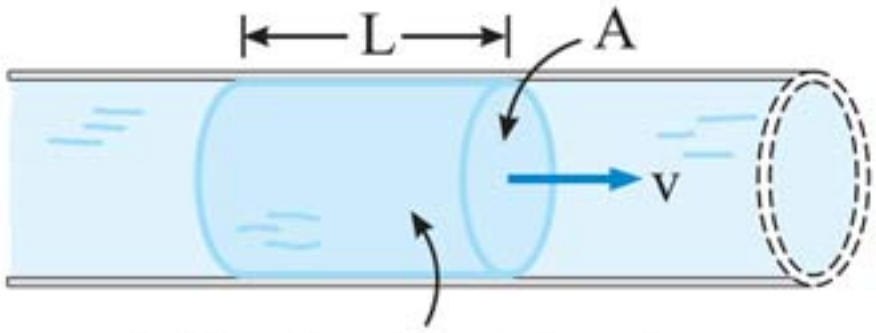
است. (هم در مایع و هم در گاز صادق است.)

اصل برنولی در شاره (Bernoulli's Principle):

«در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.»

آهنگ شارش شاره (Flow Rate):

«نسبت حجم شارهٔ جابه‌جاشده به زمان:»



A: سطح مقطع

v: تندی شاره

حجم این بخش شاره برابر AL است.

$$\text{آهنگ جریان شاره} = \frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} \Rightarrow \text{آهنگ جریان شاره} = \frac{AL}{t}$$

طول لوله (m)

مساحت مقطع (m^2)

زمان (m)

$$\Rightarrow \text{آهنگ جریان شاره} = Av$$

تندی حرکت آب (m/s)

مساحت مقطع (m^2)

معادلهٔ پیوستگی (Equation Of Continuity):

«در حالت پایا و در مدت زمان یکسان، جرم یکسانی از شاره، از هر سطح مقطع دلخواه لوله می‌گذرد.»