

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 لقمه فیزیک، هم کتاب خوبییه 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 هر جور 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 پرسین چه وقت و چه طوری باید از این کتاب استفاده کرد؟



- قطع کتاب طوری ریزه میزه‌ست که همه‌جا می‌تونین با خودتون داشته باشین و ازش لذت ببرین.
- برای هر مبحث که دوست داشتین بخونین، دو لقمه اول و دوم رو بزنین.
- نکته‌های هر مبحث رو بیشتر مزه مزه کنین.
- لقمه آخر وقتی بهتون بیشتر می‌چسبه که لقمه‌های اول و دوم هر فصل رو نوش‌جون کرده باشین.

## قدردانی

هرچند لقمه کتاب کوچیکه اما تایپ و صفحه‌بندی و تولیدش دشواری‌های خودش رو داره. همه همکاران مهر و ماهی عزیزم زحمت بسیار کشیدن تا لقمه‌های این کتاب براتون خوشمزه باشه.

از جناب آقای احمد اختیاری مدیر محترم و فرهیخته انتشارات مهر و ماه و استاد محمدحسین انوشه، مدیر شورای تألیف که راهنمایی‌های ارزشمندی برای این کتاب داشتن و خانم سمیه جباری (مدیر تولید)، و آقایان مسعود محترمی یکتا و علیرضا بهستانی (صفحه‌آرا) و خانم‌ها منصوره محمدی و غزاله فروزان‌گهر (رسم تصاویر) و همه 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.

آن نیرو موجب اتلاف انرژی شده است.

آن نیرو موجب ذخیره انرژی در سامانه شده است.

۴ یک نیرو کار منفی انجام داده است، یعنی:

### 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 رابطه  $W = (F \cos \theta)d$  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.

---

---

---

---

---

---

---

---

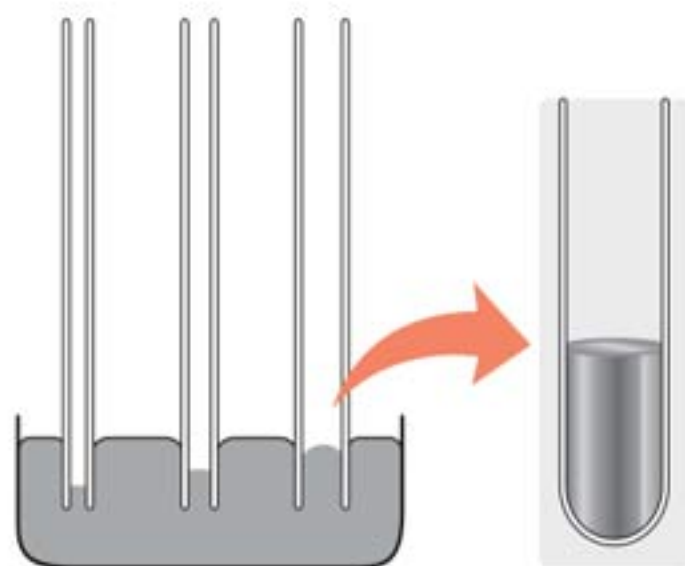
---

---

۲ هرچه قطر لوله موین کم‌تر باشد، ارتفاع ستون آب در آن بیشتر است.

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

۲ جیوه:



نکته‌ها:

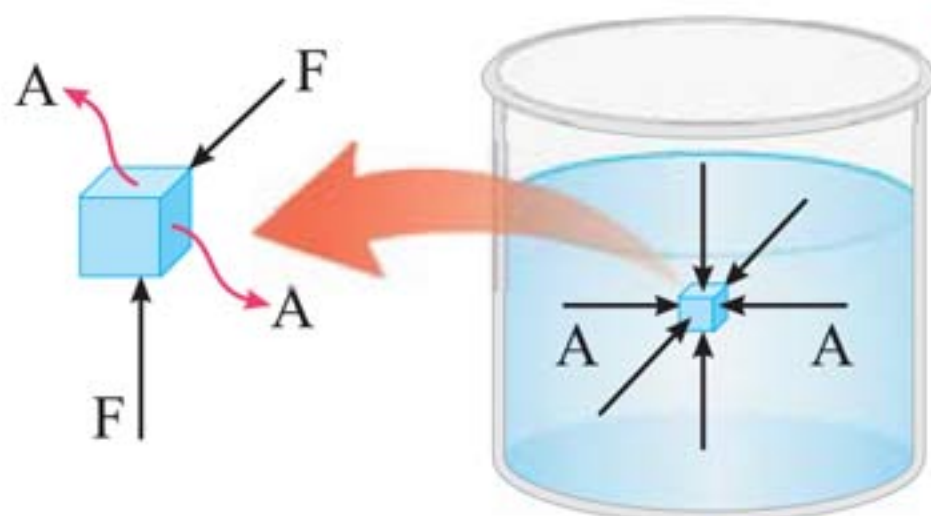
۱ جیوه در لوله‌های موین مقداری بالا می‌رود ولی سطح آن پایین‌تر از سطح جیوه ظرف قرار می‌گیرد (تر نمی‌کند).

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

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

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

ویژگی شاره 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 داخلی آن، سبب ایجاد نیروی عمودی می‌شود.

## فشار (Pressure) وارد بر سطح:

نیروی عمودی وارد بر سطح (N)

$$P = \frac{F_{\perp}}{A} \rightarrow (m^2)$$

مساحت سطح فرضی

فشار وارد بر سطح (Pa)

---

---

---

---

---

---

---

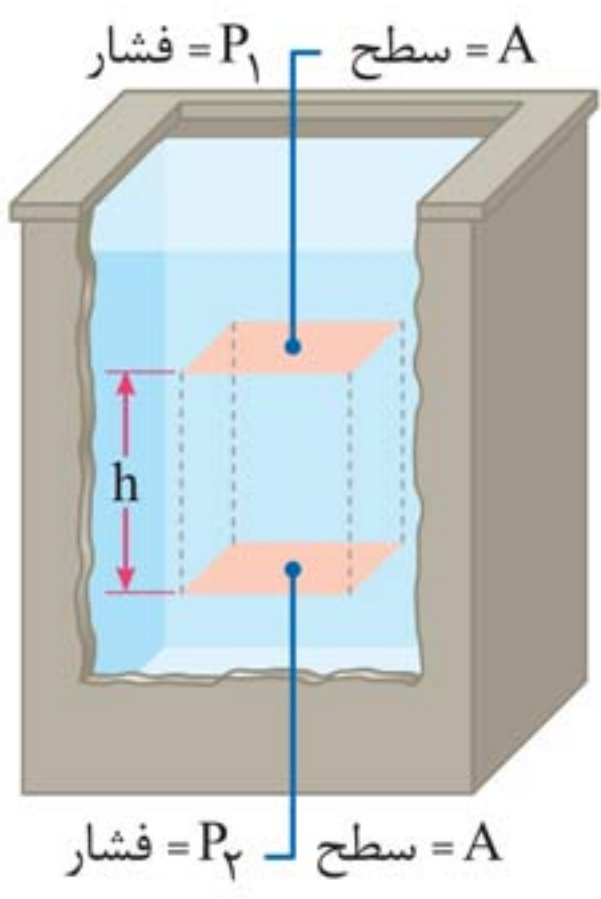
---

---

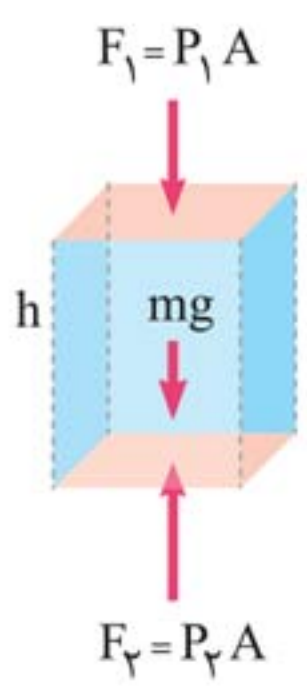
---

### محاسبه 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:



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



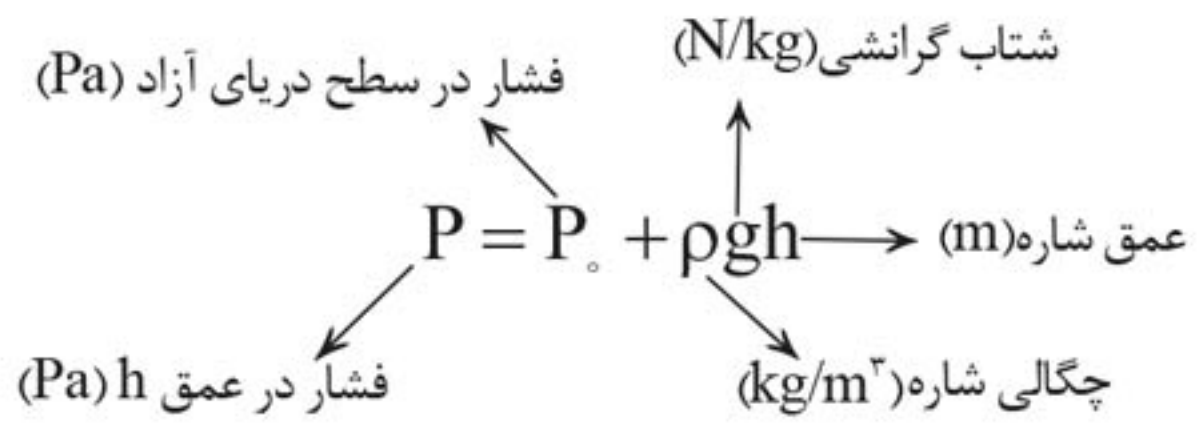
$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_2 + \vec{F}_1 + m\vec{g} = 0 \Rightarrow F_2 = F_1 + mg$$

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

$$\frac{m = \rho V}{V = Ah} \rightarrow P_2 = P_1 + \rho gh$$

اگر سطح بالایی را سطح شاره در نظر بگیریم:

فشار هوا در سطح آزاد دریا  $P_1 = P_0$





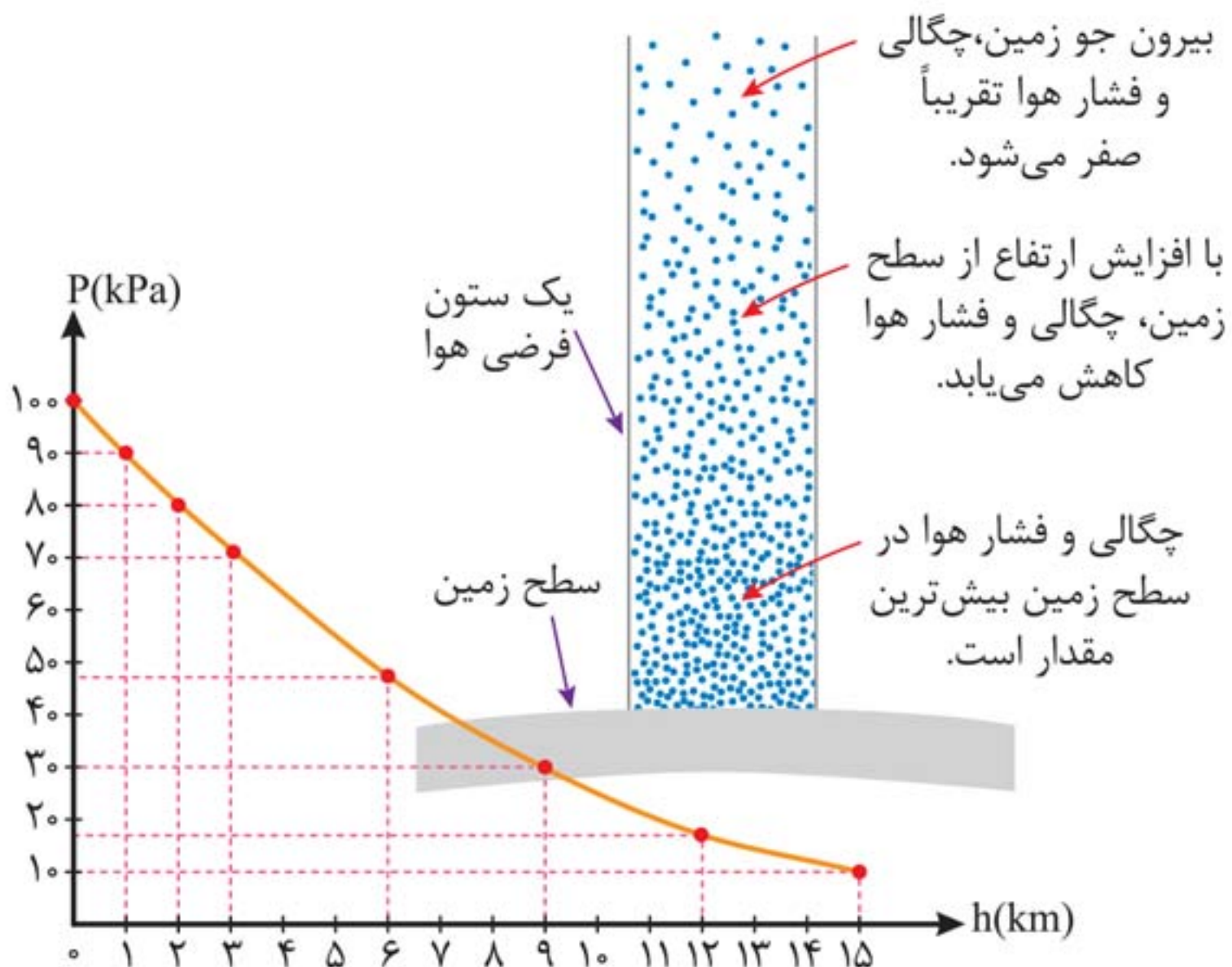
**یک اتمسفر:** (1 atm) برابر است با  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

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



## محاسبه فشار هوا (Air Pressure):

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





**نکته‌ها:**

- ۱ نیروی جاذبه 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.

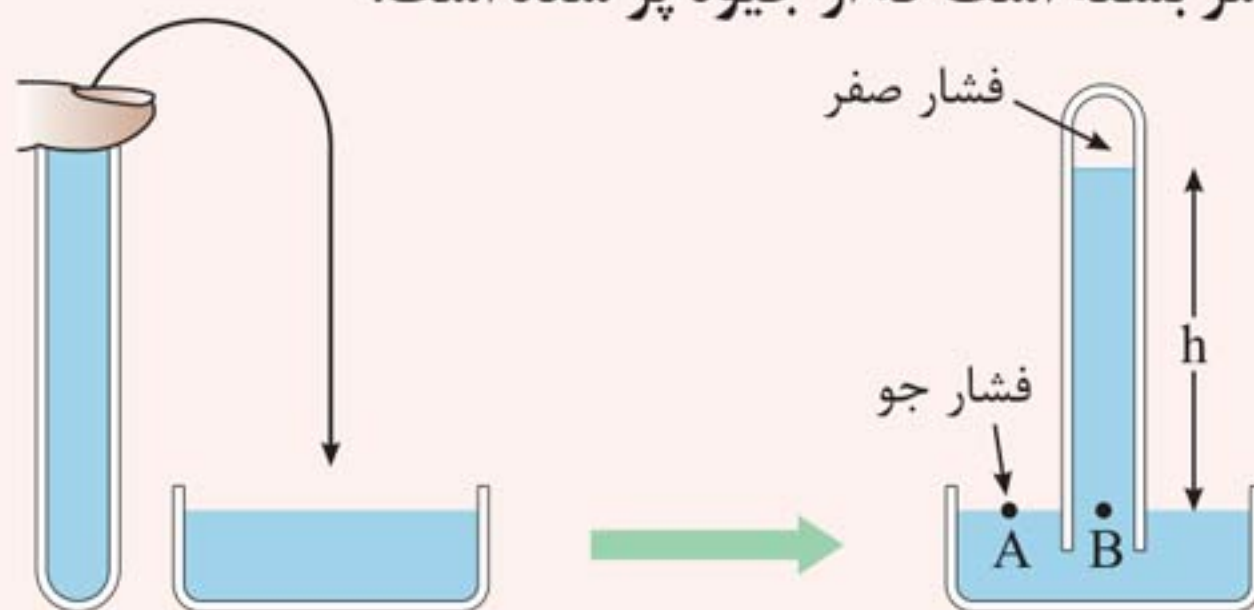
$$1 \text{ bar} = 1/000 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1/000 \times 10^5 \text{ Pa}$$

**فشارسنج هوا (بارومتر) (Barometer):**

**نکته‌ها:**

**بارومتر:**

- ۱ برای اندازه‌گیری فشار جو به کار می‌رود.
- ۲ در سال ۱۶۴۳ میلادی توسط توریچلی فیزیک‌دان ایتالیایی اختراع شد.
- ۳ فشارسنج هوا شامل یک لوله شیشه‌ای بلند (تقریباً ۸۰ cm) با یک سر بسته است که از جیوه پر شده است.





۴ لوله 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.

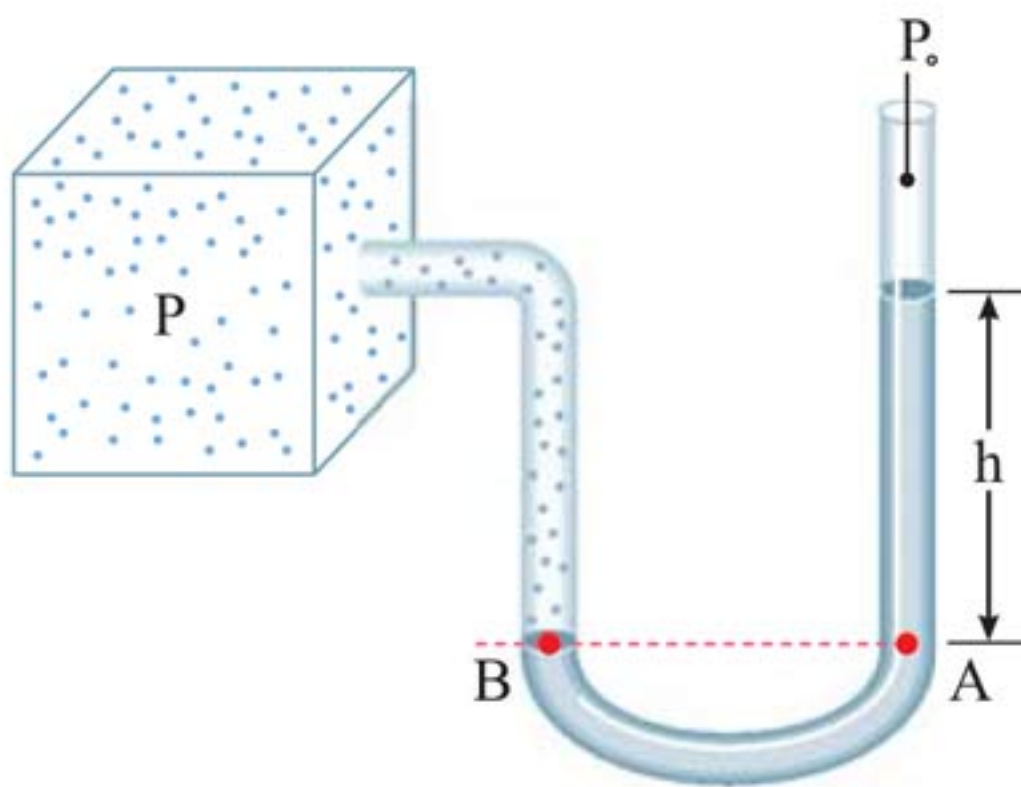
۶ فشار بخار جیوه ناچیز بوده و در عمل صفر فرض می شود.

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = 0 + \rho gh \Rightarrow P_0 = \rho gh$$

۷ در بسیاری موارد فشار اندازه گیری شده بر حسب میلی متر جیوه (mmHg) یا سانتی متر جیوه (cmHg) بیان می شود.

۸ یک میلی متر جیوه (۱ mmHg) را یک تور (۱ torr) می نامند.

### فشارسنج (مانومتر) (Manometer):



**نکته‌ها:**

**مانومتر:**

- ۱ وسیله‌ای برای اندازه‌گیری فشار یک شاره محصور.
- ۲ فشارسنج U شکل است.
- ۳ حاوی مایعی به چگالی  $\rho$  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.

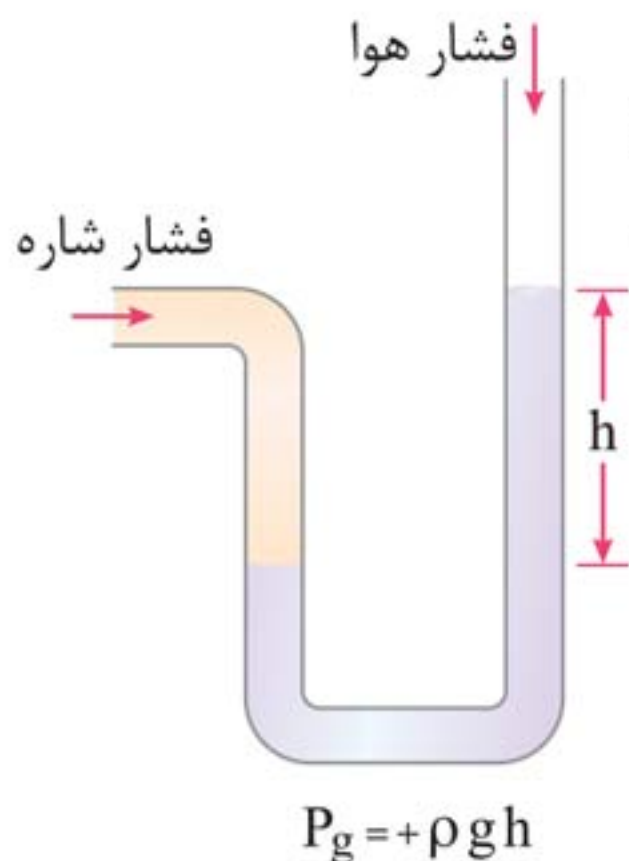
$$P_A = P_B \Rightarrow P = P_0 + \rho gh$$

$\downarrow$        $\downarrow$   
 فشار جو    فشار مطلق

**فشار پیمانه‌ای (Gauge Pressure):** فشار پیمانه‌ای تفاوت

بین فشار مطلق و فشار جو است که آن را معمولاً با علامت  $P_g$  نشان می‌دهند.

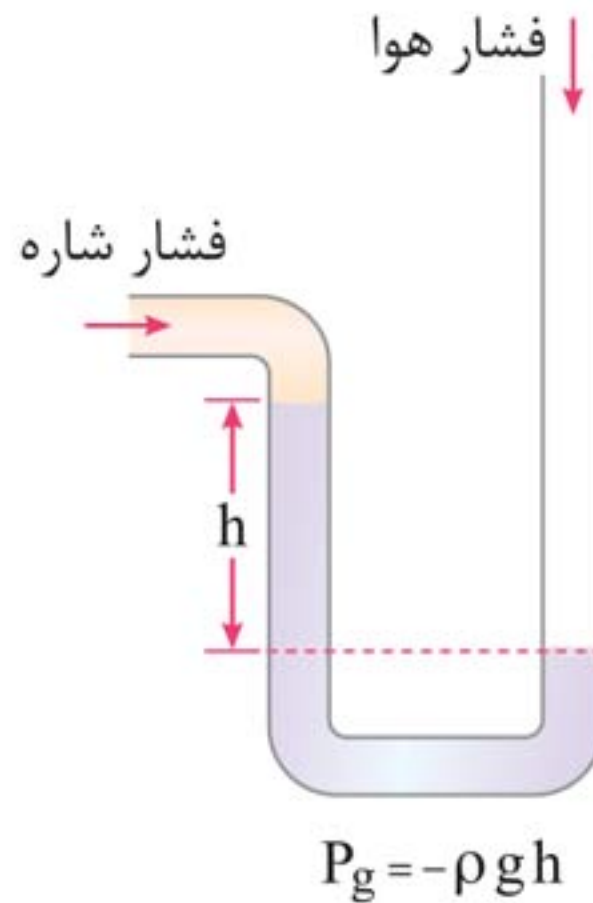
$$P_g = P - P_0 \Leftrightarrow P_g = \rho gh$$



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



■ اگر فشار شاره کم‌تر از فشار 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



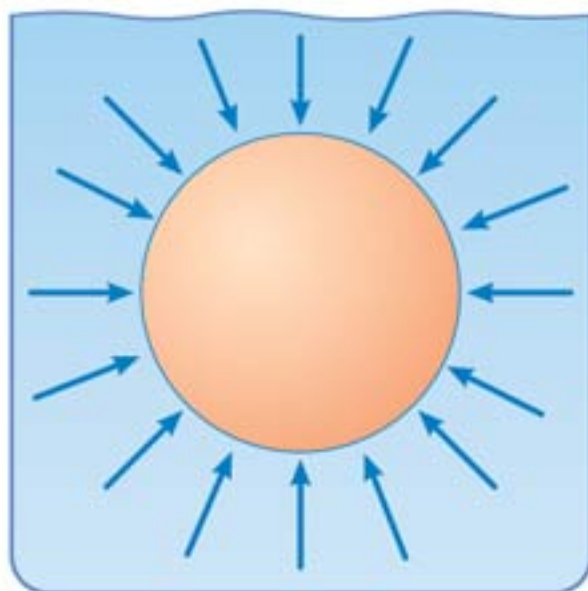


شناور ماندن کشتی‌های فولادی روی آب



جابه جایی آسان‌تر جسم سنگین غوطه‌ور داخل آب نسبت به خارج آب

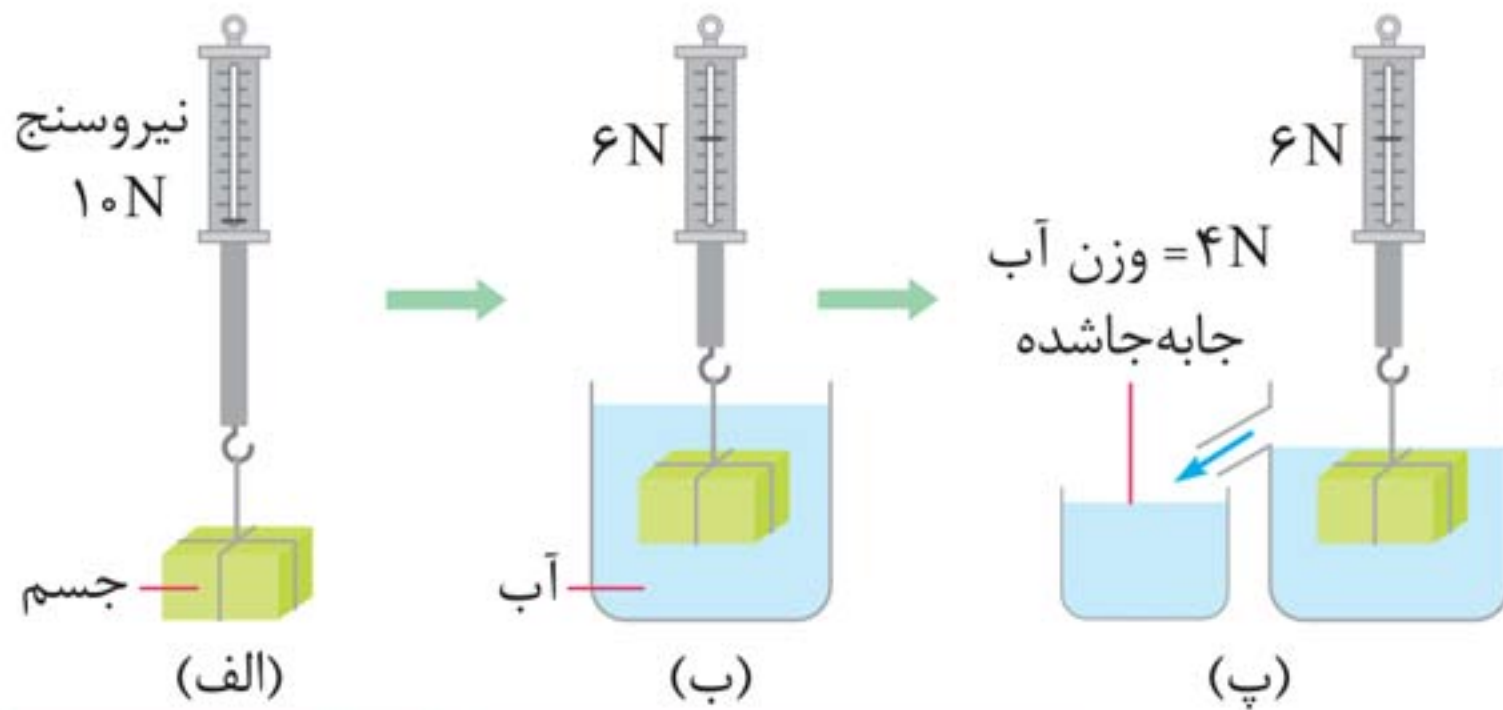
**نیروی شناوری (Buoyant Force):** به جسم‌های درون یک شاره یا غوطه‌ور در آن، همواره نیروی بالاسوی خالصی به نام نیروی شناوری از طرف شاره وارد می‌شود. ( $F_b$ )



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 پی برد.





نیروسنج  
۱۰N  
جسم  
(الف)  
وزن جسم = ۱۰N  
آویخته شده به نیروسنج

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

۶N  
۴N = وزن آب  
جابه جاشده  
(پ)  
 $\Rightarrow 10 - 6 = 4N$

وزن جسم در خارج مایع

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

وزن مایع جابه جاشده

وزن جسم غوطه ور در مایع

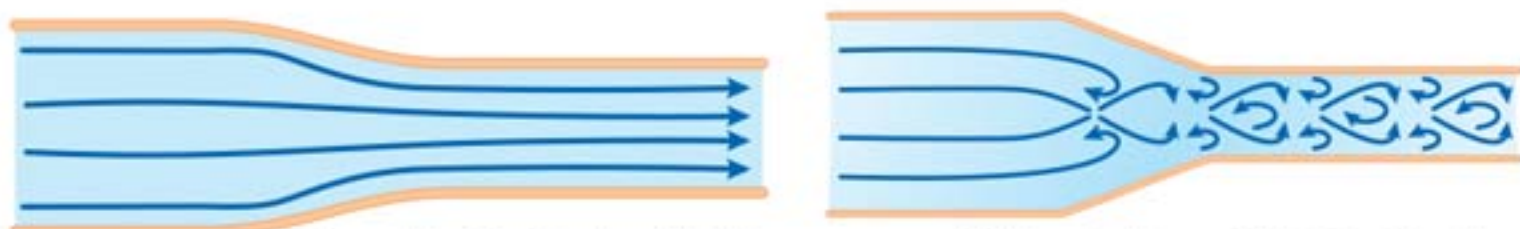
**اصل ارشمیدس:** وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، شاره نیرویی بالاسو بر آن وارد می‌کند که با وزن شاره جابه جاشده توسط جسم برابر است.

## 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 عبور آب از مجاری زیر پل در برخی نواحی یکنواخت و در برخی نواحی آشوبناک است.



الف) حرکت لایه‌های شاره و نقش کلی جریان شاره با گذر زمان تغییر نمی‌کند.

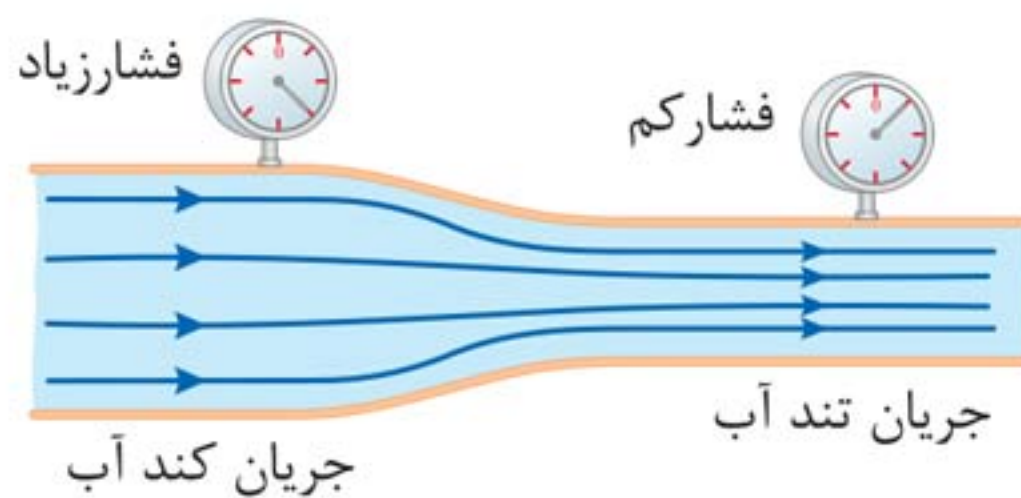
ب) حرکت تلاطمی شاره، نقش کلی شاره و مسیر حرکت ذرات آن به‌طور مدام تغییر می‌کند.



۲ جریان دود از سر چوب عود، در ابتدا لایه‌ای است و سپس در بالا متلاطم می‌شود.

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

مقدار آبی که در یک زمان معین از یک مقطع لوله می‌گذرد با مقداری که از هر مقطع دیگر لوله در همان مدت زمان می‌گذرد، برابر است.



۴ در جاهایی از لوله که جریان آب تندتر است، فشار کم‌تر



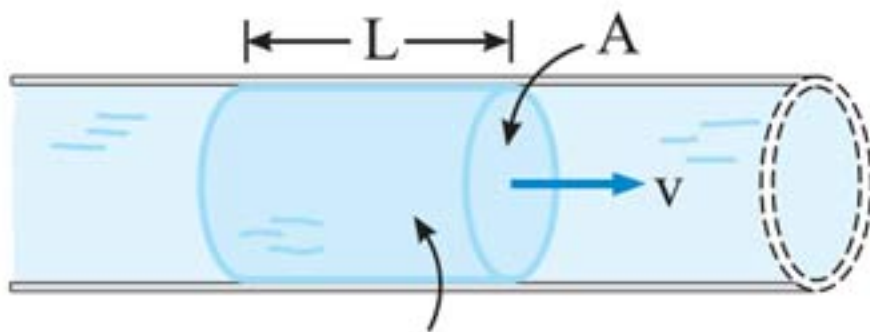
است. (هم در مایع و هم در گاز صادق است.)

## اصل برنولی در شارِه (Bernoulli's Principle):

«در مسیر حرکت شارِه، با افزایش تندی شارِه، فشار آن کاهش می یابد.»

## آهنگ شارش شارِه (Flow Rate):

«نسبت حجم شارِه جابه جاشده به زمان:»



حجم این بخش شارِه برابر  $AL$  است.

$A$ : سطح مقطع

$v$ : تندی شارِه

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

طول لوله (m)  $\uparrow$

مساحت مقطع ( $m^2$ )  $\swarrow$

زمان (m)  $\swarrow$

$$\Rightarrow \text{آهنگ جریان شارِه} = Av \rightarrow \text{تندی حرکت آب (m/s)}$$

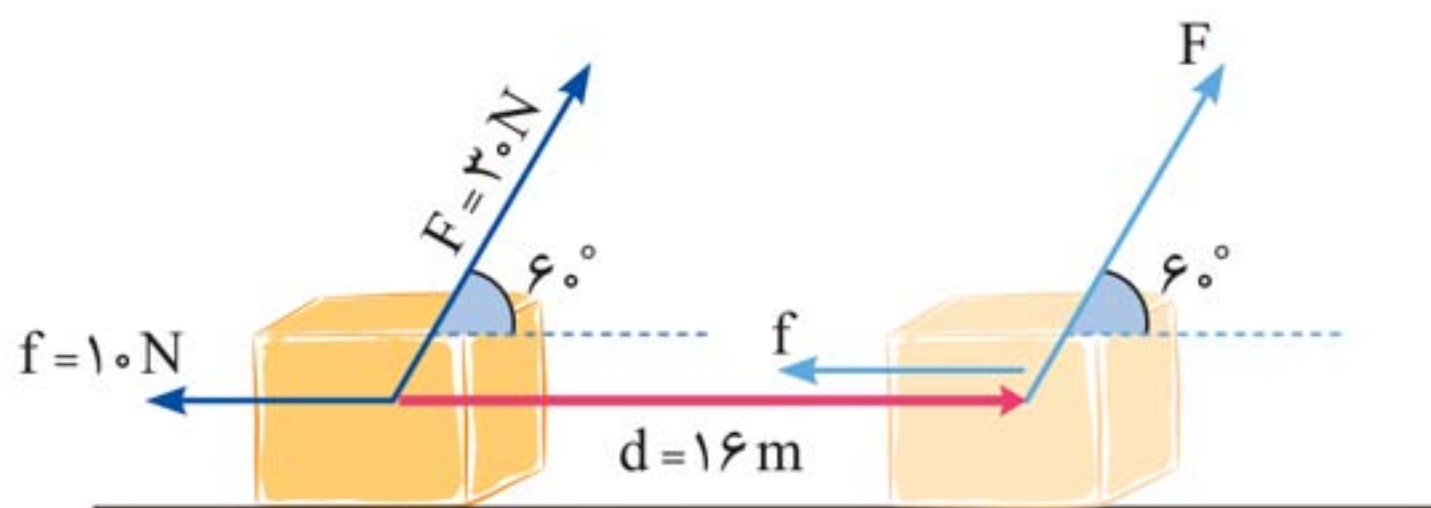
مساحت مقطع ( $m^2$ )  $\swarrow$

## معادله پیوستگی (Equation Of Continuity):

«در حالت پایا و در مدت زمان یکسان، جرم یکسانی از شارِه، از

هر سطح مقطع دلخواه لوله می گذرد.»

**مثال ۲:** در شکل زیر کار کل ( $W_t$ ) انجام شده بر روی جسم ۲ کیلوگرمی را محاسبه کنید.



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

$$W_F = 30 \times \cos 6^\circ \times 16 = 30 \times \frac{1}{2} \times 16 = 240 \text{ J}$$

$$W_f = 10 \times \cos 180^\circ \times 16 = 10 \times (-1) \times 16 = -160 \text{ J}$$

چون وزن و نیروی عمودی تکیه‌گاه بر جابه‌جایی عمود هستند:

$$W_{mg} = W_N = 0$$

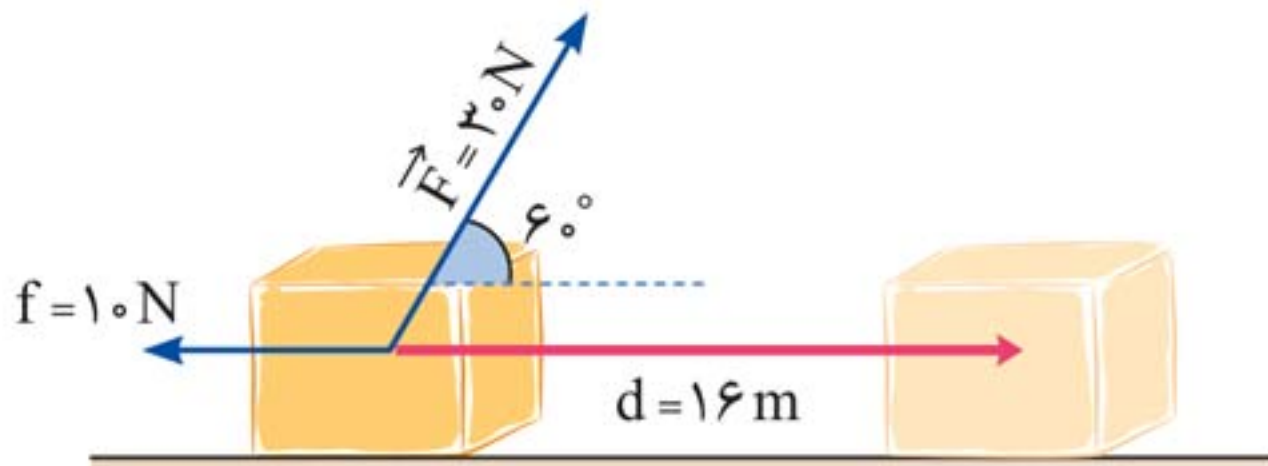
$$\Rightarrow W_t = W_F + W_f + W_{mg} + W_N$$

$$\Rightarrow W_t = 240 + (-160) + 0 + 0 \Rightarrow W_t = 80 \text{ J}$$

**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، اندازه نیروی خالص را، که در امتداد بردار جابه‌جایی است، به دست می‌آوریم. سرانجام، اندازه این نیروی خالص را در رابطه  $W = Fd$  قرار می‌دهیم.



**مثال ۳:** کار کل ( $W_t$ ) انجام شده بر روی جسم ۲ کیلوگرمی را محاسبه کنید. (مثال قبل)



پاسخ

$$F_{\text{در راستای جابه‌جایی}} = F \cos 6^\circ = 30 \times \frac{1}{2} = 15\text{ N}$$

$$f_{\text{در راستای جابه‌جایی}} = f \cos 180^\circ = 10 \times (-1) = -10\text{ N}$$

$$W_{\text{در راستای جابه‌جایی}} = 0$$

$$N_{\text{در راستای جابه‌جایی}} = 0$$

$$F_t_{\text{در راستای جابه‌جایی}} = (15 + (-10) + 0 + 0) = 5\text{ N}$$

$$W_t = (F_t \cos \theta) d = F_t \times 1 \times d = F_t d$$

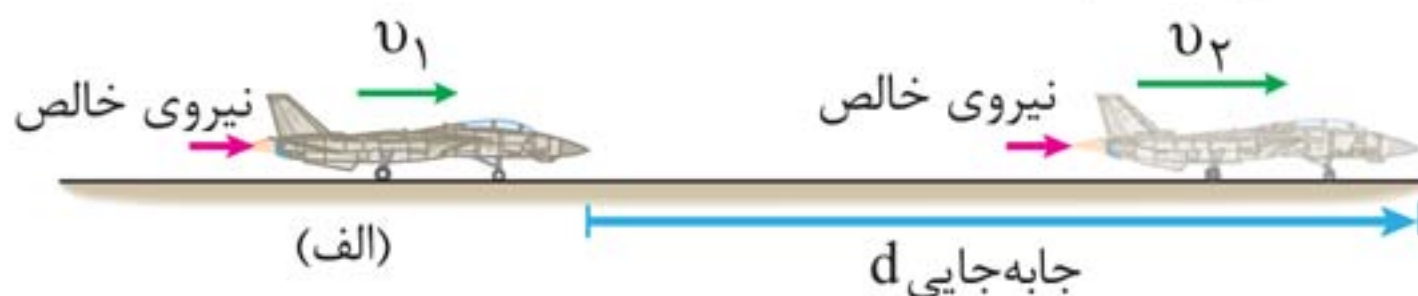
$$W_t = 5 \times 16 = 80\text{ J}$$

### ۳ کار و انرژی جنبشی (Work And Kinetic Energy)

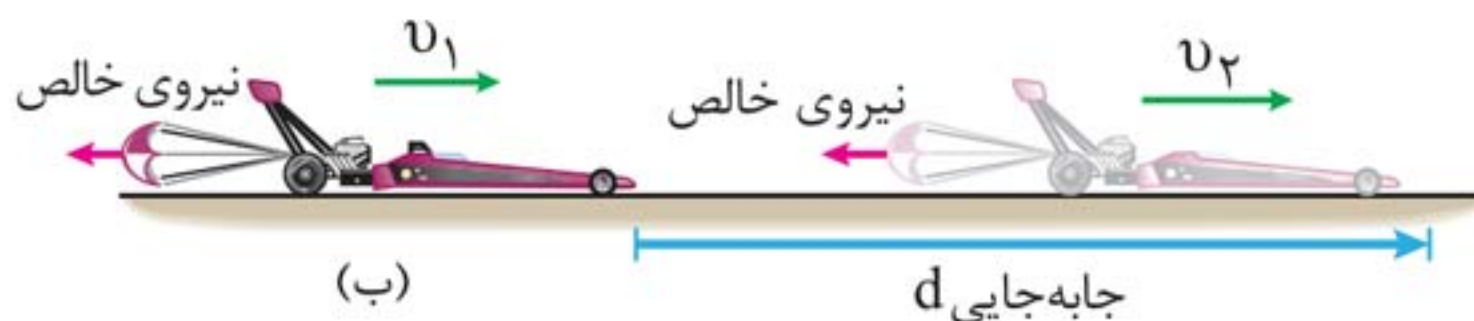
اگر در حین جابه‌جایی جسمی، نیروی خالصی به آن وارد شود، دو حالت امکان‌پذیر است:

## فصل ۲ ■ کار، انرژی و توان (مهروماه)

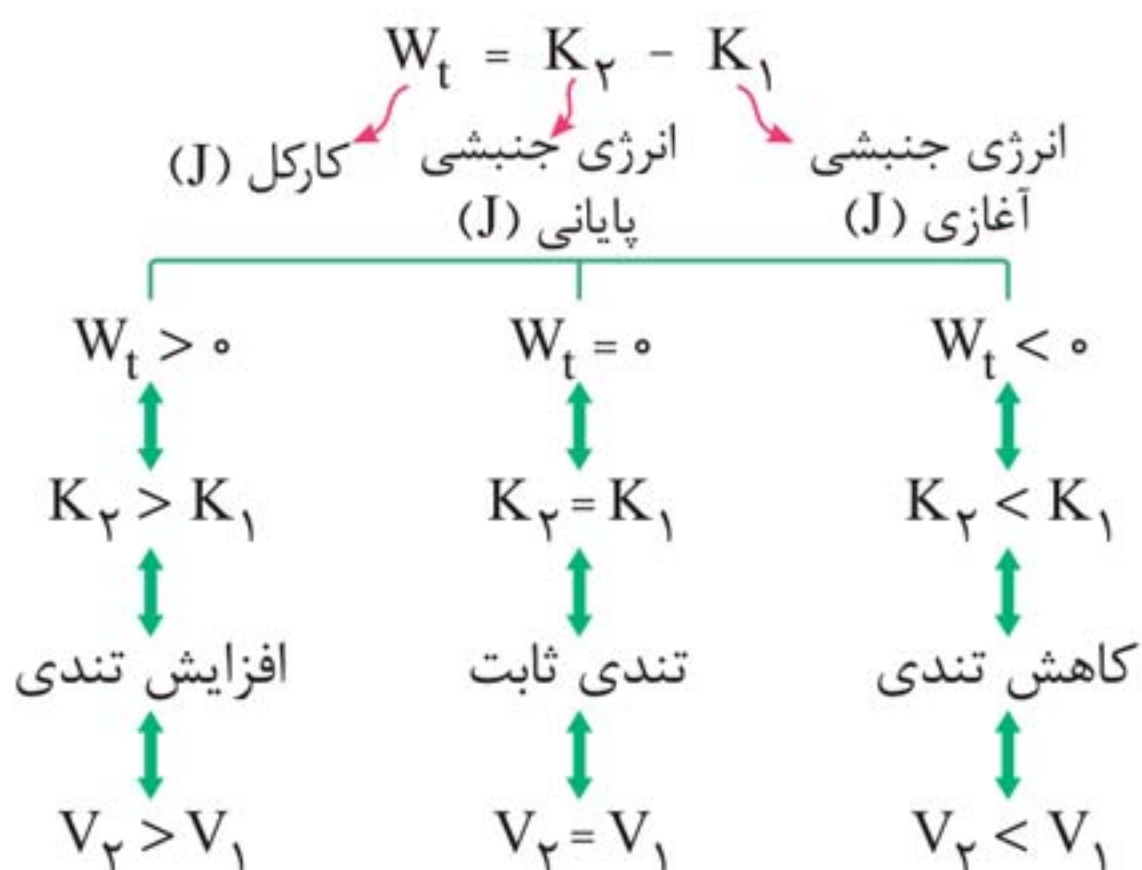
۱ اگر آن نیرو کار مثبتی روی جسم انجام دهد، به معنای دادن انرژی به آن جسم است.



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



**قضیه کار و انرژی جنبشی:** کار کل انجام شده روی یک جسم با تغییر انرژی جنبشی آن برابر است.



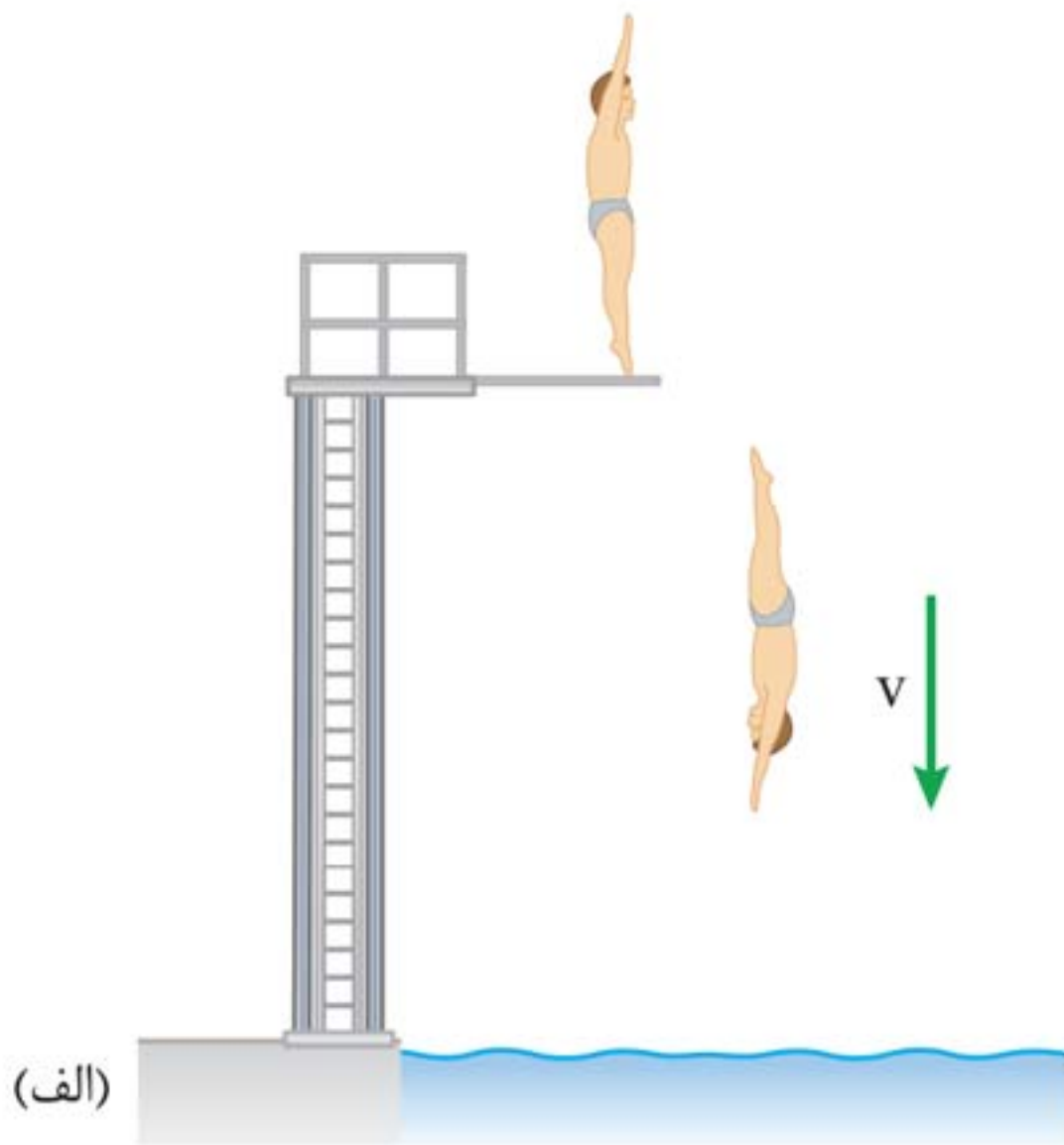


## نکته‌ها:

- ۱ قضیه 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 قضیه 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 کاهش یافته یک سامانه، به شکل‌های دیگری از انرژی تبدیل می‌شود.
- ۴ هر سامانه می‌تواند، دست کم از دو یا تعداد بسیار بیشتری از اجسام تشکیل شده باشد.



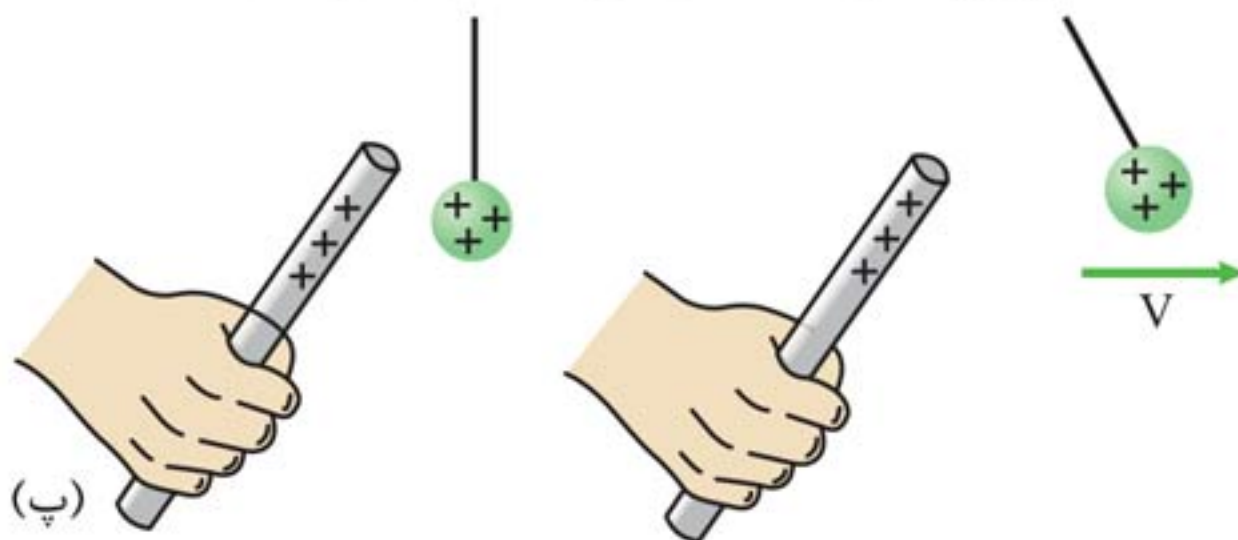
(الف)

انرژی پتانسیل گرانشی در سامانه شخص - زمین



(ب)

انرژی پتانسیل کشسانی در سامانه جسم - فنر



(پ)

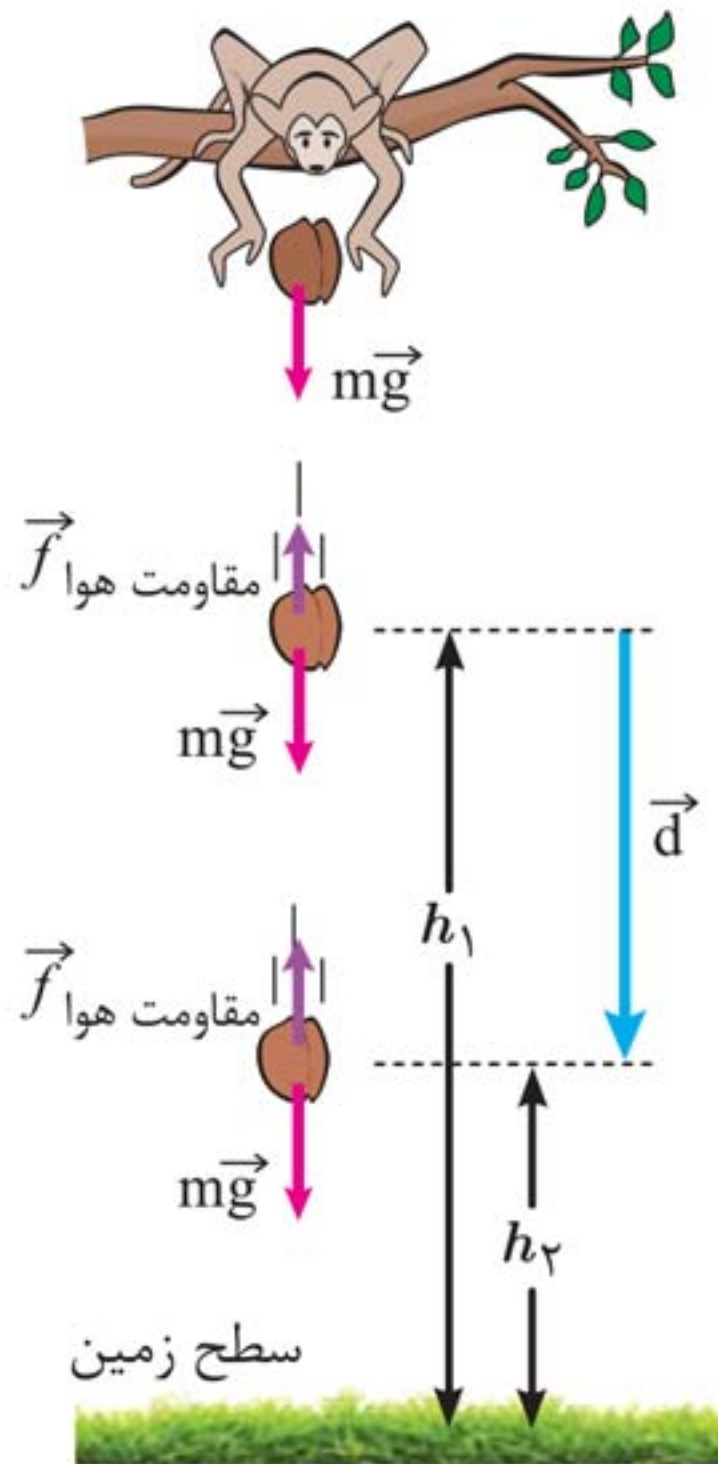
انرژی پتانسیل الکتریکی در سامانه دو جسم باردار



### 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 منفی 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 سامانه 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.

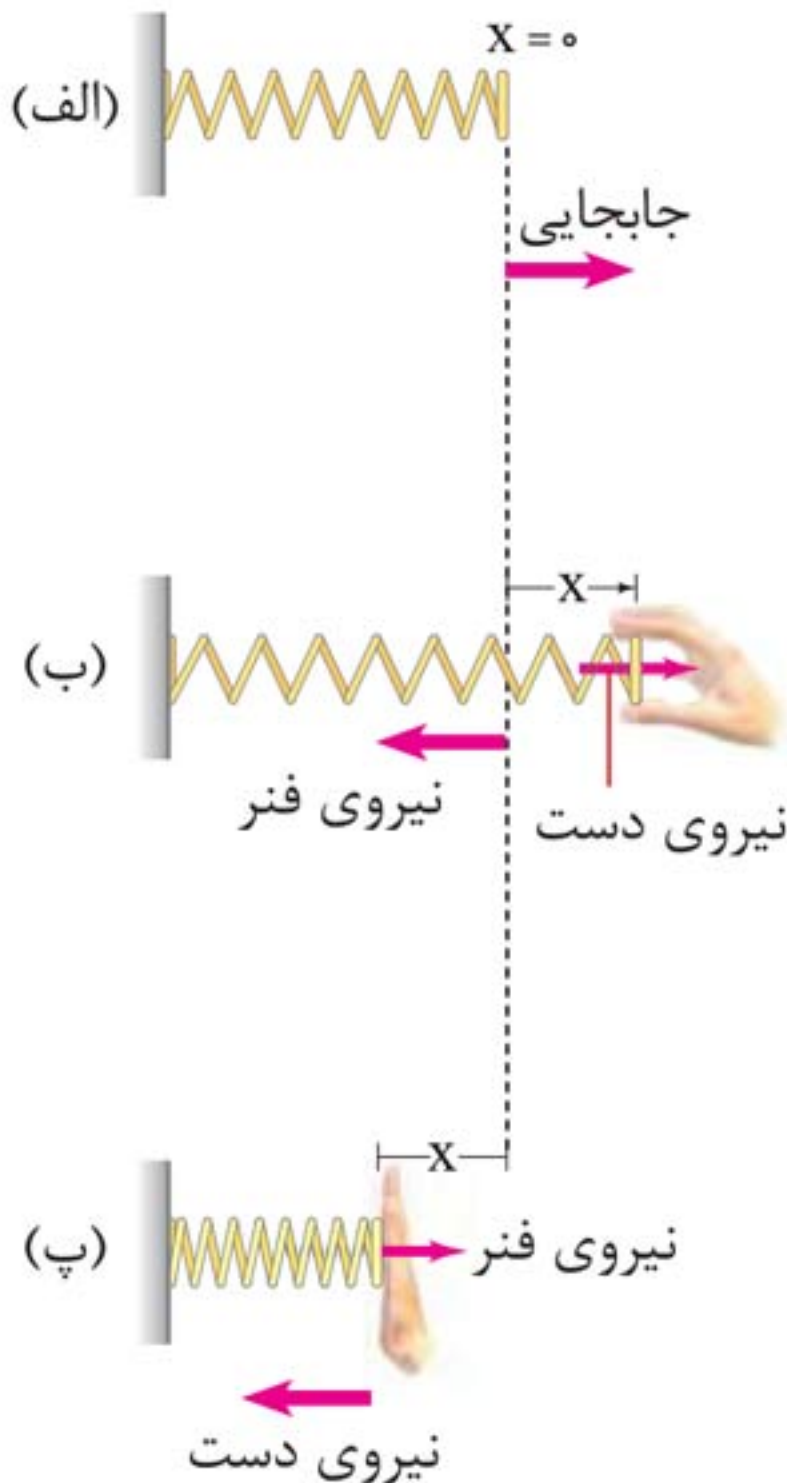
۶ هنگامی که با انرژی پتانسیل گرانشی سروکار داریم، می‌توانیم  $h = 0$  را در هر ارتفاعی انتخاب کنیم؛ زیرا انتقال مبدأ تأثیری بر اختلاف ارتفاع  $(h_2 - h_1)$  یا بر اختلاف انرژی پتانسیل گرانشی ندارد.

$$U_2 - U_1 = mg(h_2 - h_1)$$

۷ تغییر انرژی پتانسیل گرانشی  $(\Delta U)$  بین دو نقطه اهمیت دارد نه مقدار  $U$  در یک نقطه خاص.



## انرژی پتانسیل کشسانی (Elastic Potential Energy)



الف) فنری را در وضعیت تعادلش نشان می‌دهد.  $(x = 0)$

ب) با کشیده شدن فنر به اندازه  $x$ ، نیرویی در خلاف جهت جابه‌جایی به دست شخص وارد می‌شود.  
 $x$  (مثبت)  $\Rightarrow F$  (منفی)

کار نیروی فنر در کشیدگی منفی و کار شخص مثبت است.

در شکل (پ) با فشرده شدن فنر به اندازه  $x$ ، نیرویی در خلاف جهت جابه‌جایی به دست شخص وارد می‌شود.  
 $x$  (منفی)  $\Rightarrow F$  (مثبت)

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

پس کار نیروی فنر در هر جابه‌جایی (تغییر طول فنر) منفی تغییر انرژی پتانسیل کشسانی سامانه جسم - فنر است.

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



کاربرد فنر در قطار



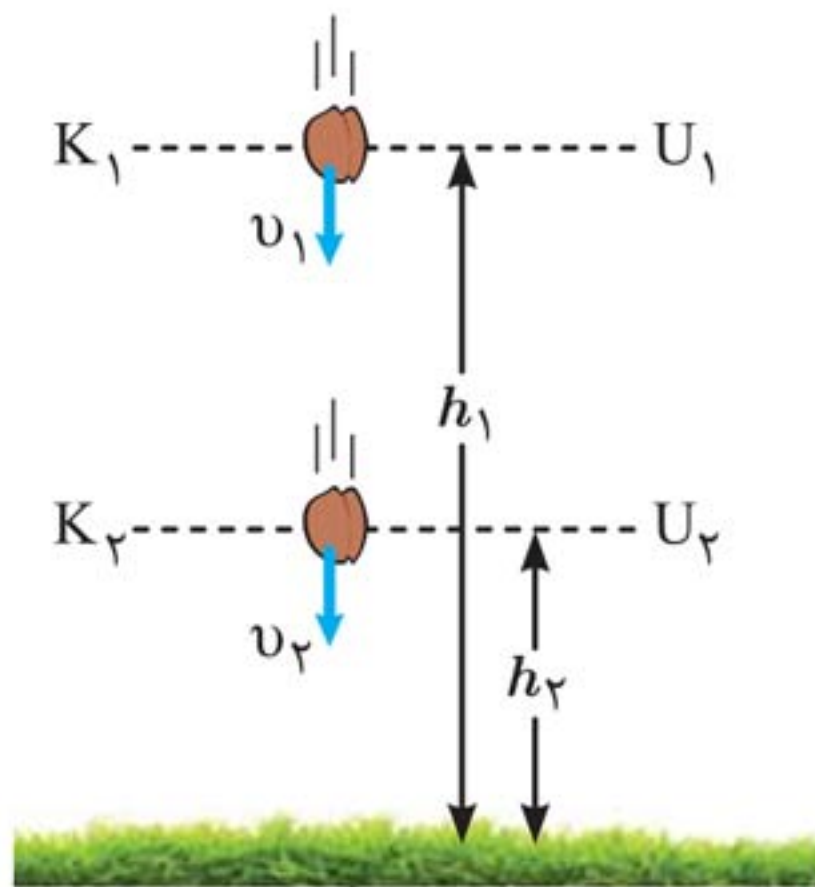
کاربرد فنر در اتومبیل



کاربرد فنر در ساعت

## پایستگی انرژی مکانیکی

### (Conservation Of Mechanical Energy)





شکل صفحه قبل جسمی را در حال سقوط به طرف زمین نشان می‌دهد.

با فرض ناچیزبودن مقاومت هوا ( $f_{\text{هوا}} = 0$ )، تنها نیروی وزن به جسم وارد می‌شود.

$$\left. \begin{aligned} W_{\text{وزن}} &= -(U_2 - U_1) \\ W_t = W_{\text{وزن}} &= \Delta K = K_2 - K_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

**نکته:**

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

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

$$\begin{array}{ccccccc} \text{انرژی پتانسیل} & + & \text{انرژی جنبشی} & = & \text{انرژی مکانیکی} & & \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \\ E & = & K & + & U & & \end{array}$$

**اصل پایستگی انرژی مکانیکی:** با نادیده گرفتن نیروهای مقاومت (اتلاف‌کننده انرژی)، انرژی مکانیکی در تمام نقاط مسیر مقدار

یکسانی دارد و پایسته می‌ماند:

$$E_1 = E_2 = \dots = E_n$$

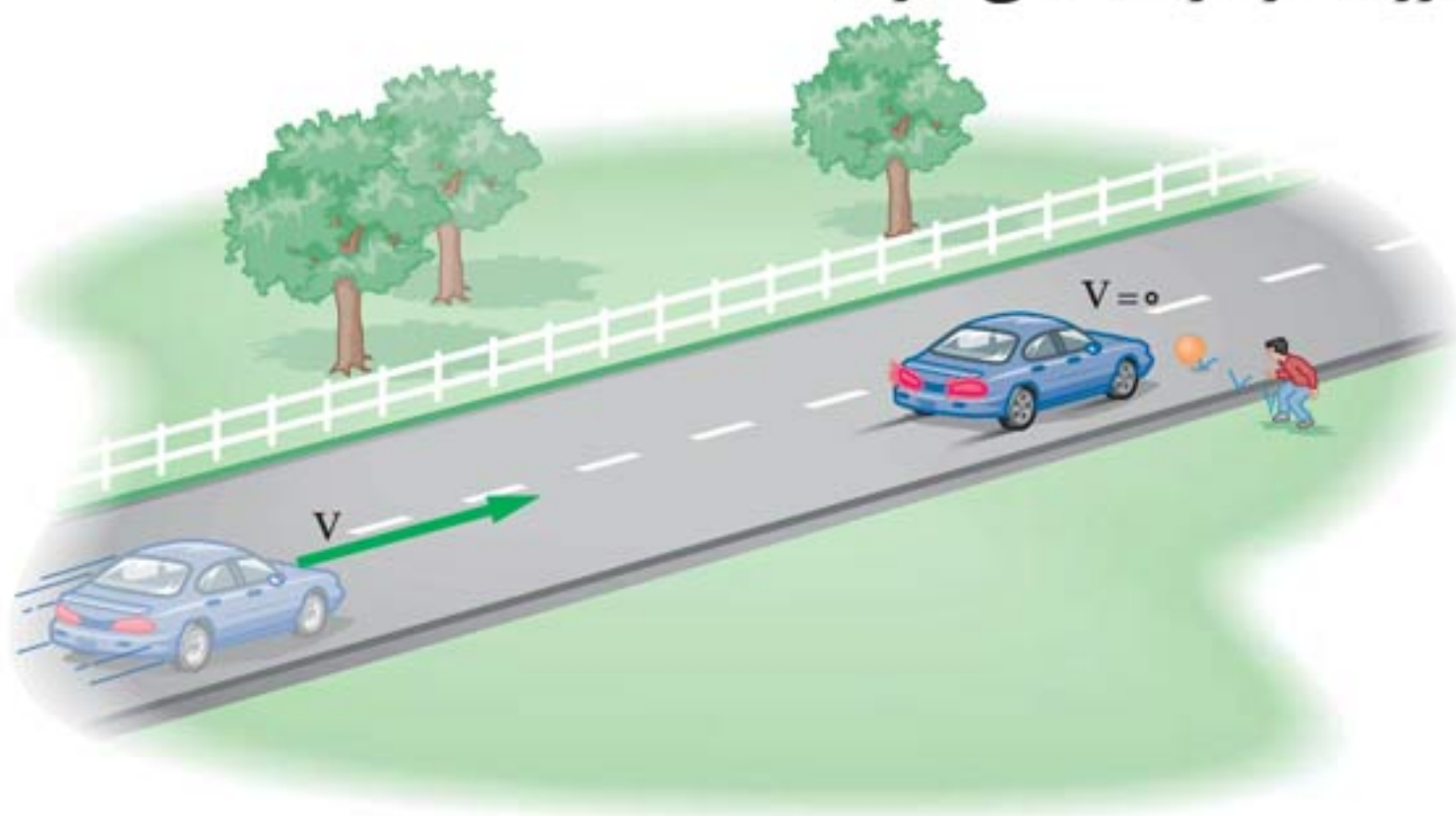


## ۶ کار و انرژی درونی (Internal Energy)

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

۱ معمولاً با گرم‌تر شدن 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.

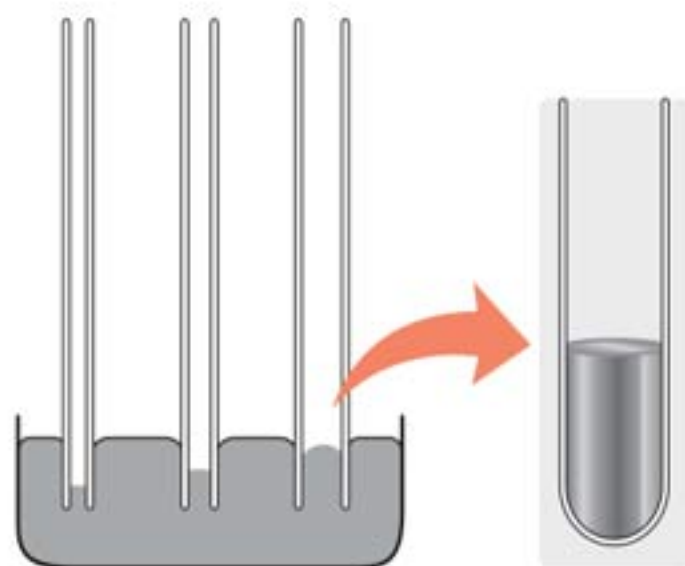
۴ با حضور نیروهای اتلافی، انرژی مکانیکی جسم یا سامانه پایسته نمی‌ماند و تغییر می‌کند.



۲ هرچه قطر لوله موین کم‌تر باشد، ارتفاع ستون آب در آن بیشتر است.

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

۲ جیوه:



نکته‌ها:

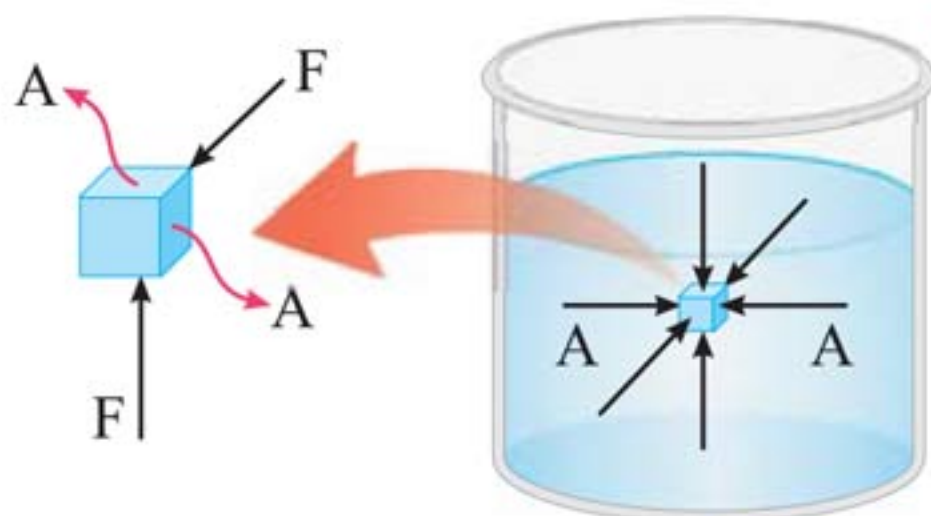
۱ جیوه در لوله‌های موین مقداری بالا می‌رود ولی سطح آن پایین‌تر از سطح جیوه ظرف قرار می‌گیرد (تر نمی‌کند).

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

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

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

ویژگی شاره 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 داخلی آن، سبب ایجاد نیروی عمودی می‌شود.

## فشار (Pressure) وارد بر سطح:

نیروی عمودی وارد بر سطح (N)

$$P = \frac{F_{\perp}}{A} \rightarrow (m^2)$$

مساحت سطح فرضی

فشار وارد بر سطح (Pa)

---

---

---

---

---

---

---

---

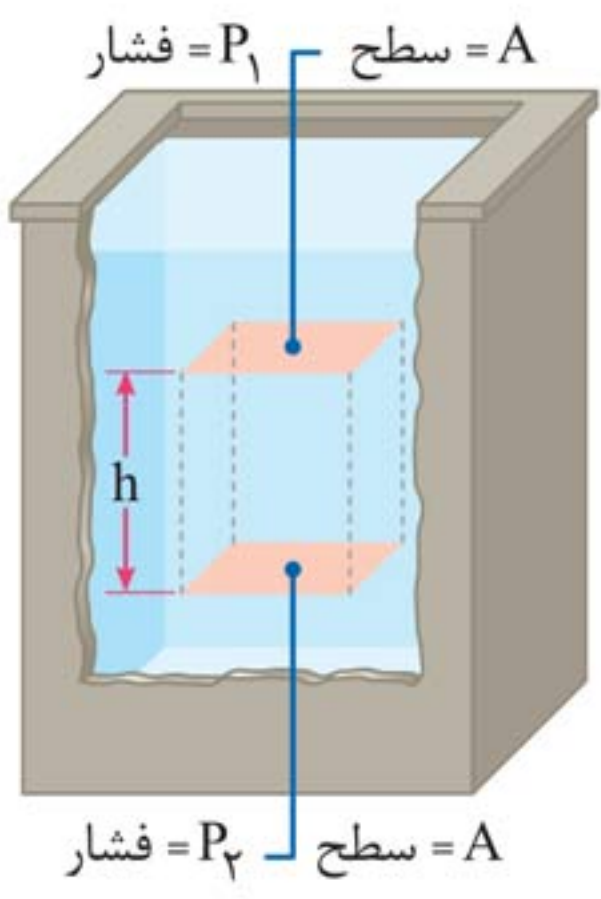
---

---

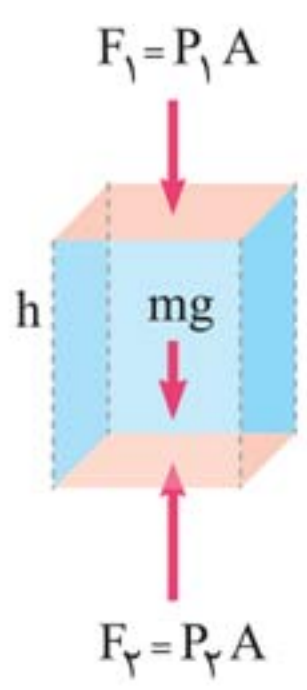


### محاسبه فشار در شاره‌ها:

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



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



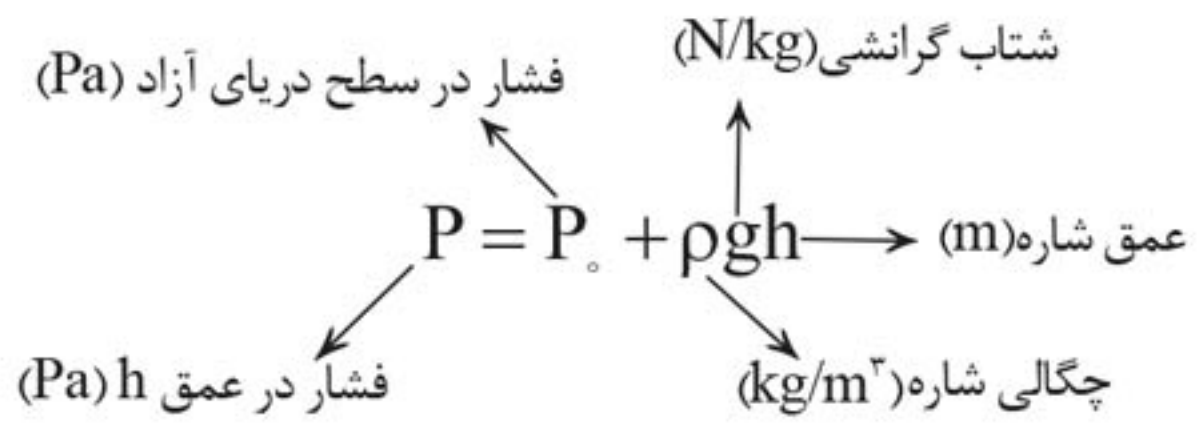
$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_2 + \vec{F}_1 + m\vec{g} = 0 \Rightarrow F_2 = F_1 + mg$$

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

$$\frac{m = \rho V}{V = Ah} \rightarrow P_2 = P_1 + \rho gh$$

اگر سطح بالایی را سطح شاره در نظر بگیریم:

فشار هوا در سطح آزاد دریا  $P_1 = P_0$



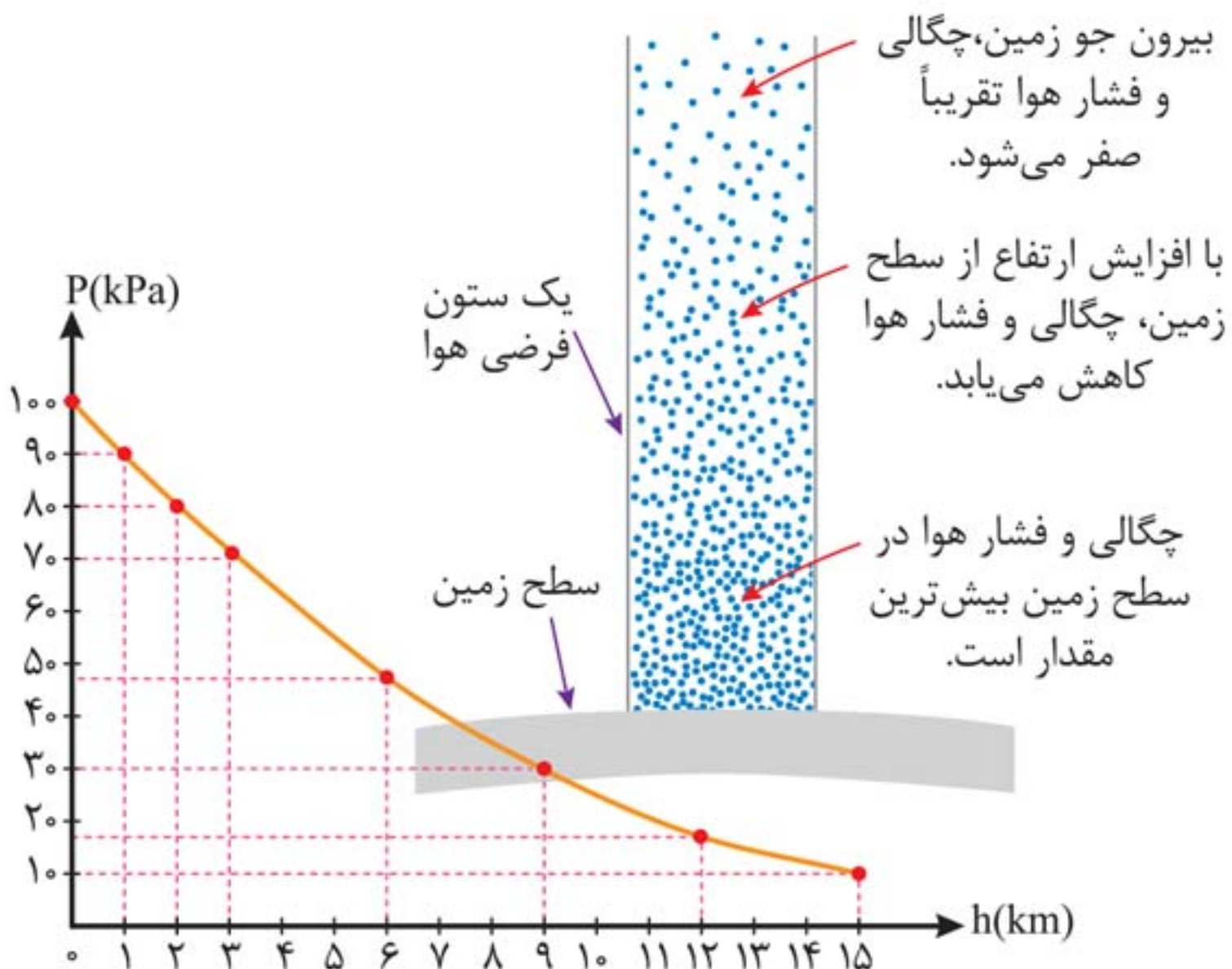
**یک اتمسفر:** (1 atm) برابر است با  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

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



## محاسبه فشار هوا (Air Pressure):

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





**نکته‌ها:**

- ۱ نیروی جاذبه 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.

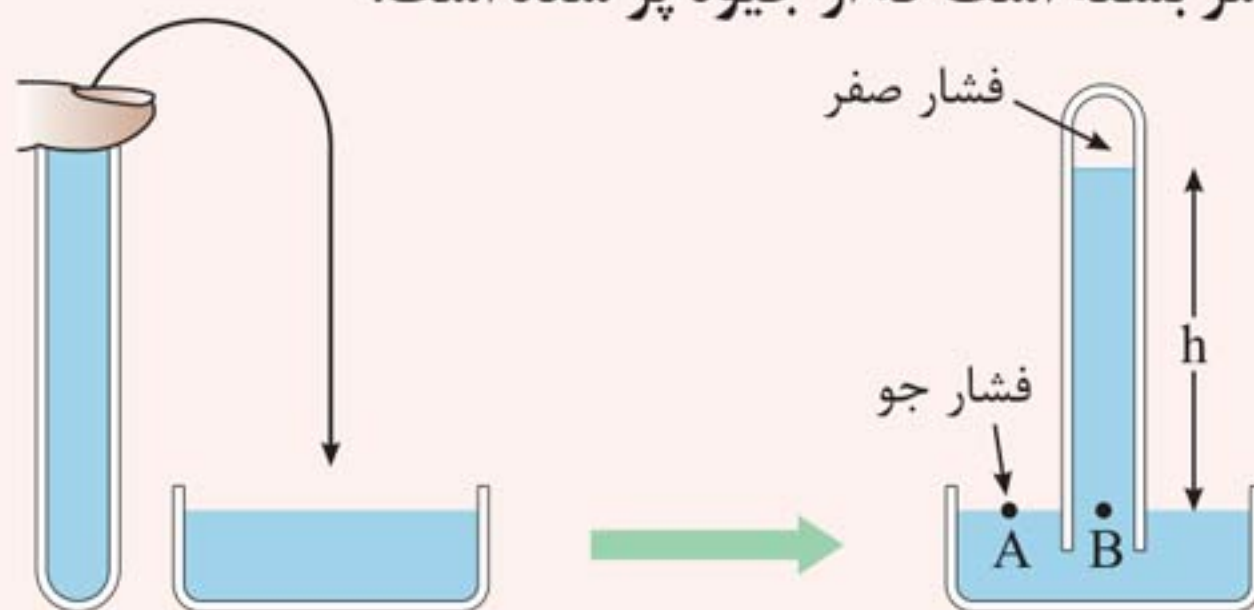
$$1 \text{ bar} = 1/000 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1/000 \times 10^5 \text{ Pa}$$

**فشارسنج هوا (بارومتر) (Barometer):**

**نکته‌ها:**

**بارومتر:**

- ۱ برای اندازه‌گیری فشار جو به کار می‌رود.
- ۲ در سال ۱۶۴۳ میلادی توسط توریچلی فیزیک‌دان ایتالیایی اختراع شد.
- ۳ فشارسنج هوا شامل یک لوله شیشه‌ای بلند (تقریباً ۸۰ cm) با یک سر بسته است که از جیوه پر شده است.





۴ لوله 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.

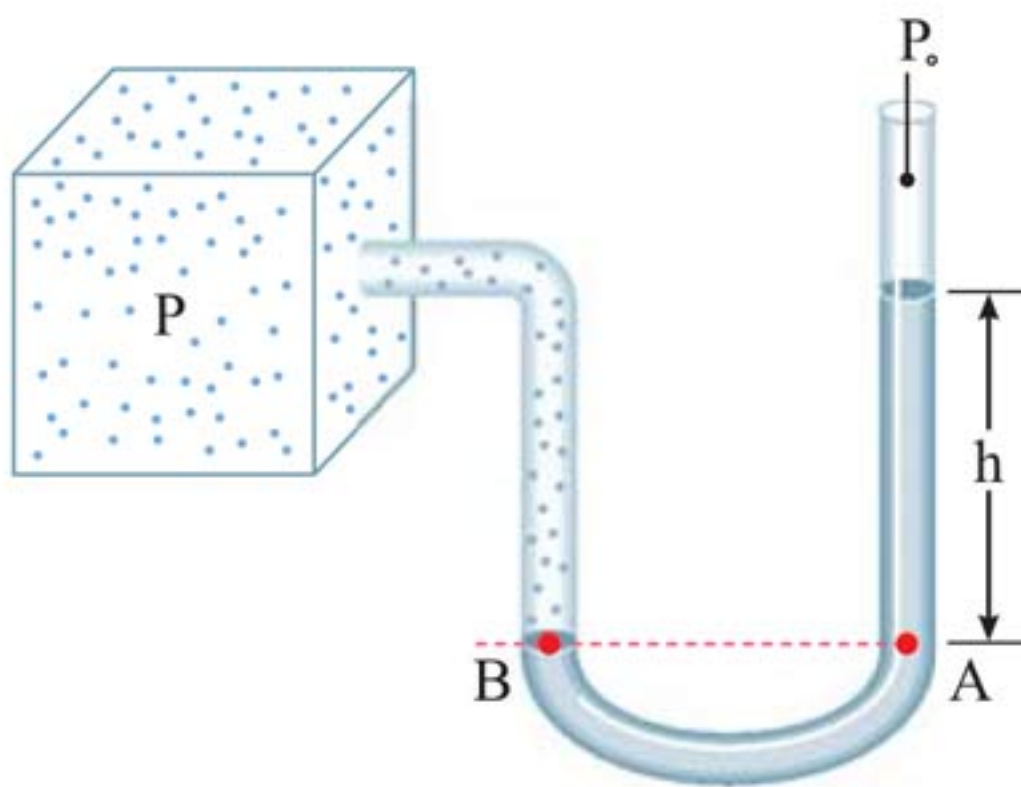
۶ فشار بخار جیوه ناچیز بوده و در عمل صفر فرض می شود.

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = 0 + \rho gh \Rightarrow P_0 = \rho gh$$

۷ در بسیاری موارد فشار اندازه گیری شده بر حسب میلی متر جیوه (mmHg) یا سانتی متر جیوه (cmHg) بیان می شود.

۸ یک میلی متر جیوه (۱ mmHg) را یک تور (۱ torr) می نامند.

### فشارسنج (مانومتر) (Manometer):





**نکته‌ها:**

**مانومتر:**

- ۱ وسیله‌ای برای اندازه‌گیری فشار یک شاره محصور.
- ۲ فشارسنج U شکل است.
- ۳ حاوی مایعی به چگالی  $\rho$  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.

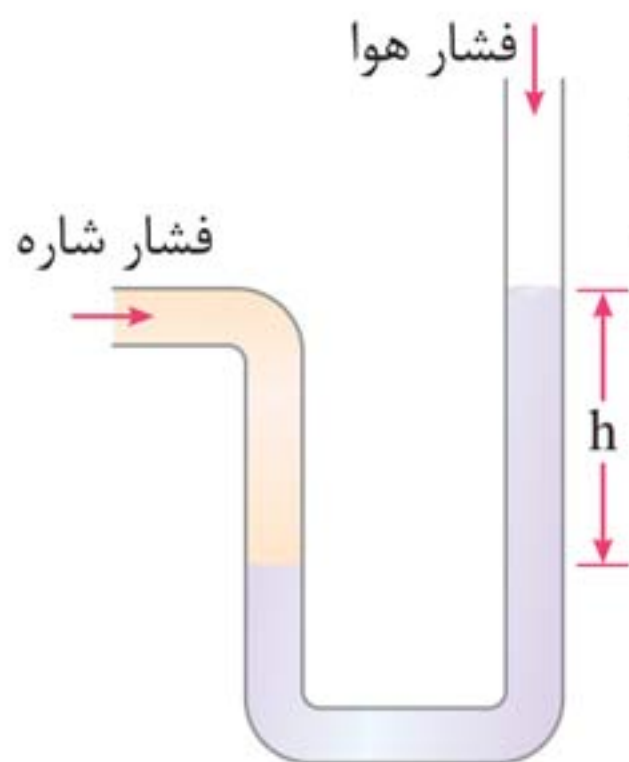
$$P_A = P_B \Rightarrow P = P_0 + \rho gh$$

$\downarrow$        $\downarrow$   
 فشارجو   فشار مطلق

**فشار پیمانه‌ای (Gauge Pressure):** فشار پیمانه‌ای تفاوت

بین فشار مطلق و فشار جو است که آن را معمولاً با علامت  $P_g$  نشان می‌دهند.

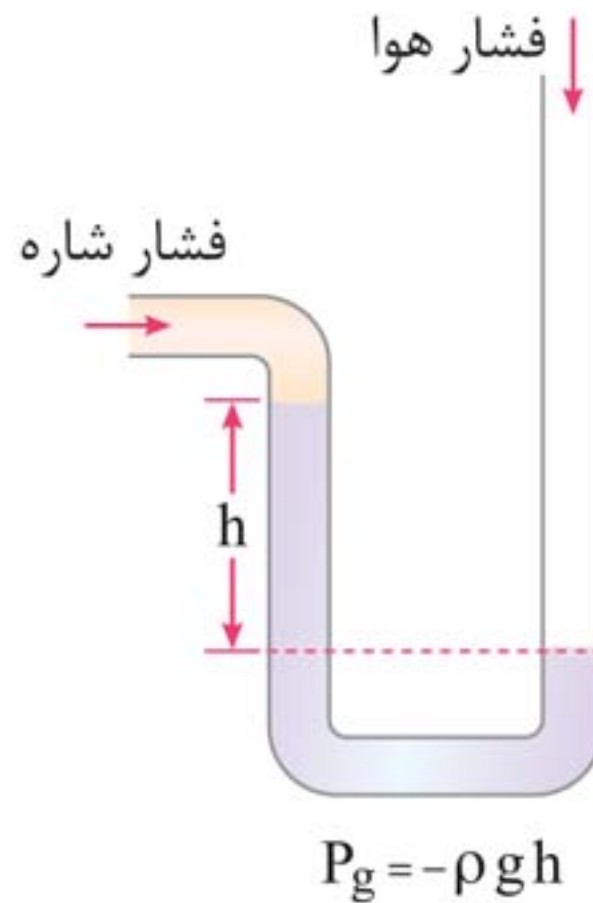
$$P_g = P - P_0 \Leftrightarrow P_g = \rho gh$$



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

$$P_g = +\rho gh$$

■ اگر فشار شاره کم‌تر از فشار 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





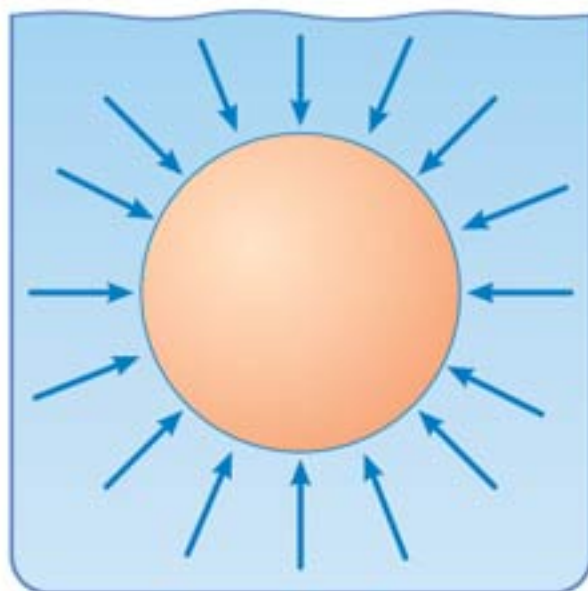


شناور ماندن کشتی‌های فولادی روی آب



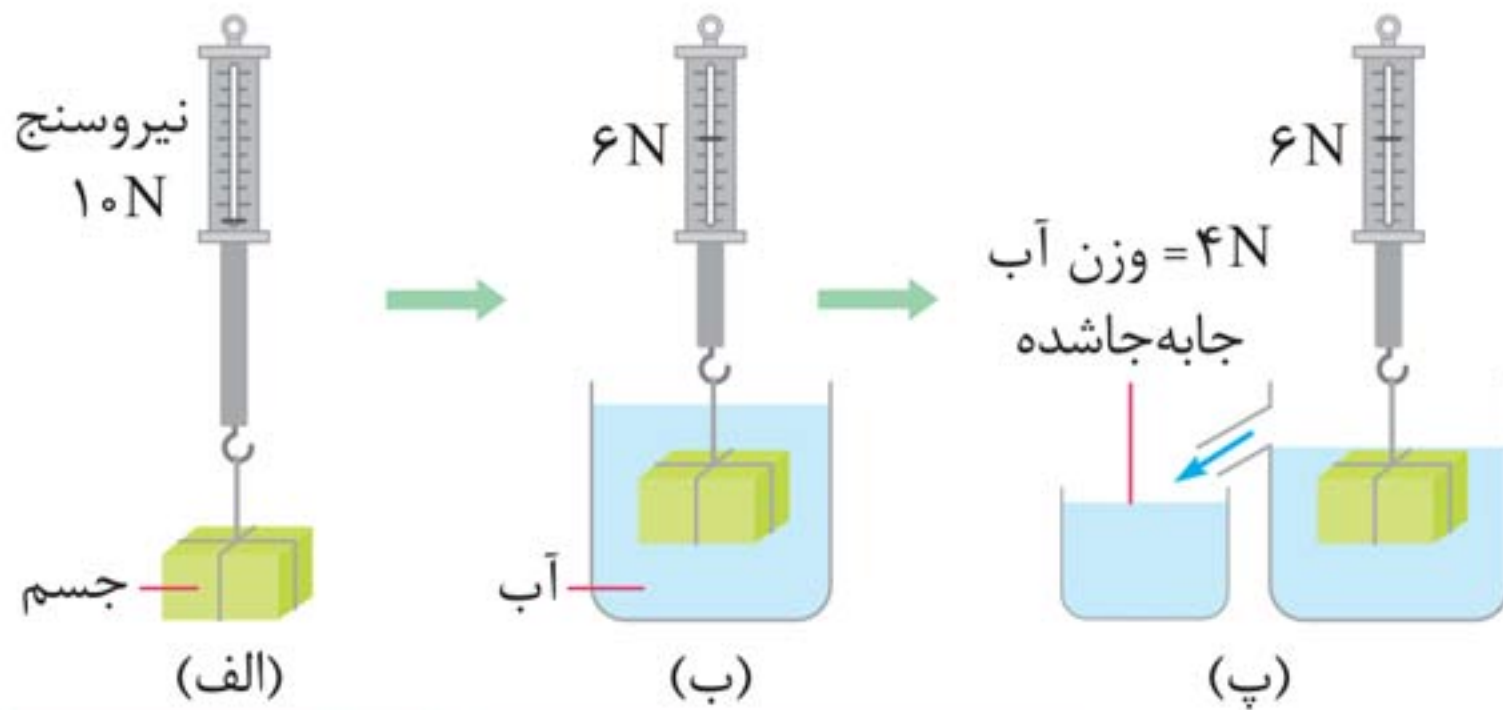
جابه جایی آسان‌تر جسم سنگین غوطه‌ور داخل آب نسبت به خارج آب

**نیروی شناوری (Buoyant Force):** به جسم‌های درون یک شاره یا غوطه‌ور در آن، همواره نیروی بالاسوی 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 پی برد.



نیروسنج  
 $10\text{N}$   
جسم  
(الف)  
 $10\text{N} = \text{وزن جسم}$   
آویخته شده به نیروسنج

$6\text{N}$   
آب  
(ب)  
 $6\text{N} = \text{وزن جسم وقتی به}$   
طور کامل درون آب قرار می گیرد.

$6\text{N}$   
وزن آب =  $4\text{N}$   
جابه جاشده  
(پ)  
 $\Rightarrow 10 - 6 = 4\text{N}$

وزن جسم در خارج مایع

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

وزن مایع جابه جا شده

وزن جسم غوطه ور در مایع

**اصل ارشمیدس:** وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، شاره نیرویی بالاسو بر آن وارد می کند که با وزن شاره جابه جا شده توسط جسم برابر است.

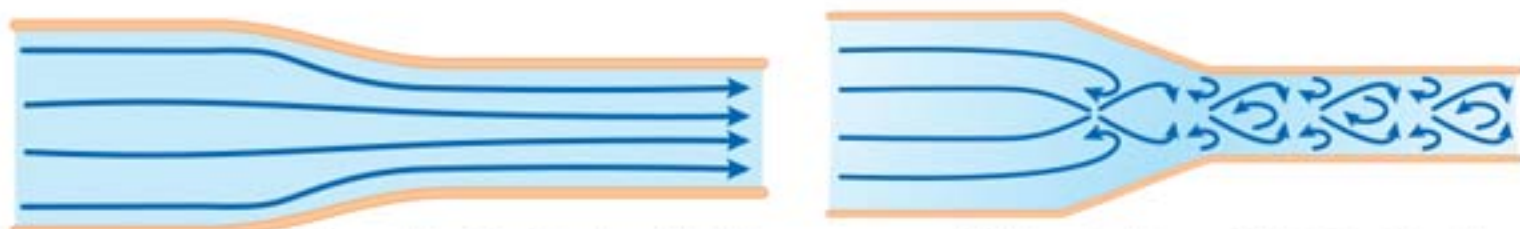
## ۶ شاره در حرکت و اصل برنولی (Bernoulli's Principle)

### شاره در حرکت (Fluid Motion):

- ۱ حرکت یکنواخت و لایه‌ای: وزش نسیم ملایم هوا
- ۲ حرکت متلاطم و آشوبناک: وزش طوفانی پرانرژی



۱ عبور آب از مجاری زیر پل در برخی نواحی یکنواخت و در برخی نواحی آشوبناک است.



الف) حرکت لایه‌های شاره و نقش کلی جریان شاره با گذر زمان تغییر نمی‌کند.

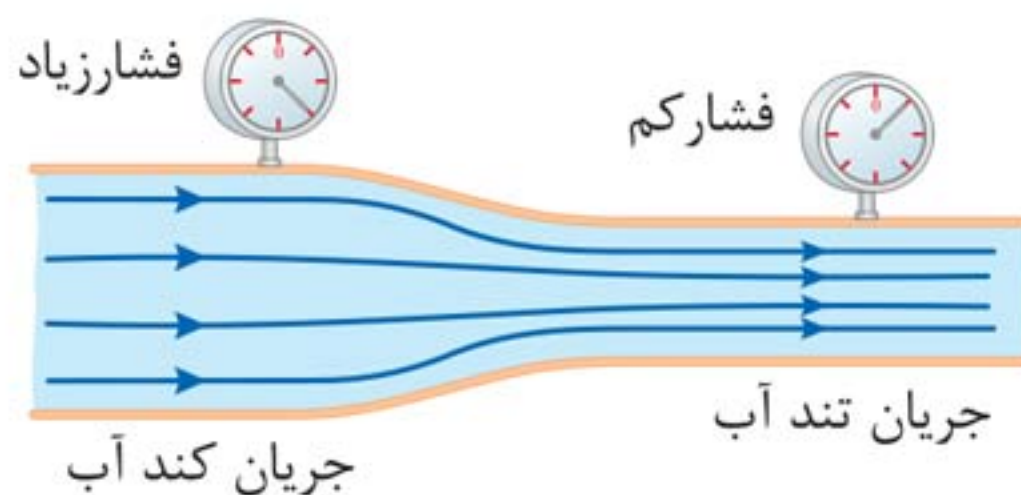
ب) حرکت تلاطمی شاره، نقش کلی شاره و مسیر حرکت ذرات آن به‌طور مدام تغییر می‌کند.



۲ جریان دود از سر چوب عود، در ابتدا لایه‌ای است و سپس در بالا متلاطم می‌شود.

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

مقدار آبی که در یک زمان معین از یک مقطع لوله می‌گذرد با مقداری که از هر مقطع دیگر لوله در همان مدت زمان می‌گذرد، برابر است.



۴ در جاهایی از لوله که جریان آب تندتر است، فشار کم‌تر

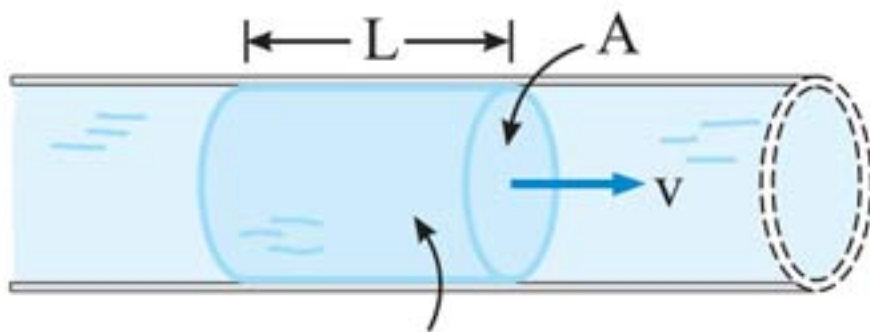
است. (هم در مایع و هم در گاز صادق است.)

## اصل برنولی در شارِه (Bernoulli's Principle):

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

## آهنگ شارش شارِه (Flow Rate):

«نسبت حجم شارِه جابه‌جا شده به زمان:»



حجم این بخش شارِه برابر  $AL$  است.

$A$ : سطح مقطع

$v$ : تندی شارِه

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

طول لوله (m)  $\uparrow$

مساحت مقطع ( $m^2$ )  $\swarrow$

زمان (m)  $\swarrow$

$$\Rightarrow \text{آهنگ جریان شارِه} = Av \rightarrow \text{تندی حرکت آب (m/s)}$$

مساحت مقطع ( $m^2$ )  $\swarrow$

## معادله پیوستگی (Equation Of Continuity):

«در حالت پایا و در مدت زمان یکسان، جرم یکسانی از شارِه، از

هر سطح مقطع دلخواه لوله می‌گذرد.»