

ویژگی های فیزیکی مواد

۲..... حالت های ماده

۴..... نیروهای بین مولکولی

۵..... کشش سطحی

۶..... ترشوندگی

۷..... موینگی

۹..... فشار

۱۱..... فشار در مایعات

۱۱..... فشار هوا

۱۳..... آزمایش تورپجلی

۱۴..... اصل پاسکال

۱۴..... بالابر هیدرولیکی

۱۵..... شناوری و اصل ارشمیدس

۱۶..... شاره در حرکت و اصل برنولی

حالت‌های ماده

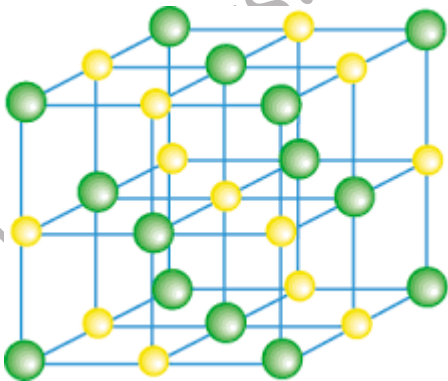
جامد، مایع و گاز سه حالت (فاز) آشنای ماده هستند که در این فصل به بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی آنها خواهیم پرداخت. حالت چهارم ماده، پلاسما نامیده می‌شود که اغلب در دماهای خیلی بالا به وجود می‌آید. ماده درون ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره‌ای، آذرخش، شفق‌های قطبی، آتش و ماده داخل لوله تابان لامپ‌های مهتابی از پلاسما تشکیل شده است.

جامد

ذرات ماده جامد به دلیل نیروهای الکتریکی که به یکدیگر وارد می‌کنند، در کنار یکدیگر باقی می‌مانند. این ذرات در مکان‌های معینی نسبت به هم قرار دارند و در اطراف این مکان‌ها نوسان‌های بسیار کوچکی دارند.

معمولاً جس جامد را مثل یک مکعب مدل‌سازی می‌کنیم که اضلاع این مکعب به صورت فشرده و ذرات ماده جامد به صورت گوی‌های کوچک بین این فنرها قرار دارند. در صورتی که این ذرات بخواهند جابه‌جا شوند فنرها آن‌ها را به وضع تعادل برمی‌گردانند و جسم جامد شکل و حالت اولیه خود را حفظ می‌کند.

اتم‌های برخی از جامدها به صورت منظم در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. به جامدهایی که در یک الگوی سه بعدی تکرار شونده از این طرح‌های منظم ساخته شده باشند، جامدهای بلورین گویند. فلزها، الماس، نمک، یخ و بیشتر واد معدنی جزو جامدهای بلورین هستند. وقتی مایعی را به آرامی سرد کنیم معمولاً جامد بلورین تشکیل می‌شود. در این فرایند سردسازی آرام، ذرات سازنده مایع فرصت کافی دارند تا در طرح‌های منظم خود را مرتب کنند.



ذرات سازنده جامدهای بی‌شکل (آمورف) برعکس جامدهای بلورین به صورت منظم در کنار یکدیگر قرار نمی‌گیرند. معمولاً وقتی مایعی را به سرعت سرد کنیم، جامد بی‌شکل تشکیل می‌شود. شیشه مثالی از یک جامد بی‌شکل است.

مایع

مولکول‌های مایع نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند و به صورت نامنظم و نزدیک به یکدیگر قرار گرفته‌اند.

پدیده پخش در مایعات

اگر مقداری نمک در آب بریزیم پس از مدتی کل آب شور می‌شود. اگر چند قطره جوهر به لیوانی اضافه کنیم، به تدریج رنگ آب تغییر می‌کند. در واقع به دلیل حرکت‌های نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های آب و برخورد آنها با ذرات نمک و جوهر این گونه مواد در آب پخش می‌شوند.

گاز

گاز ماده‌ای است که شکل مشخصی ندارد. اتم‌ها و مولکول‌های آن آزادانه به اطراف حرکت و با یکدیگر و با دیواره‌های ظرفی که در آن قرار دارند برخورد می‌کنند. فاصله بین مولکول‌های گاز نسبت به اندازه آنها بسیار زیاد است.

حرکت براونی

اگر با یک میکروسکوپ درون یک ظرف محتوی دود را نگاه کنیم، دیده می‌شود که ذرات دود به صورت نامنظم و در یک مسیر زیگزاگی حرکت می‌کنند. این حرکت نامنظم و کاتوره‌ای دود را حرکت براونی گوئیم. مشاهده بیشتر ذرات دود با میکروسکوپ نشان می‌دهد که ذرات دود برخورد کمی با یکدیگر دارند. پس می‌توان نتیجه گرفت باید ذرات دیگری که قابل مشاهده نیستند با آنها برخورد کرده و مسیر آنها را تغییر داده باشند. این ذرات مشاهده‌ناپذیر همان ذرات هوا هستند. حرکت براونی ذرات دود نشان دهنده این است که ذرات هوا هم به صورت براونی حرکت می‌کنند.

نیروهای بین مولکولی

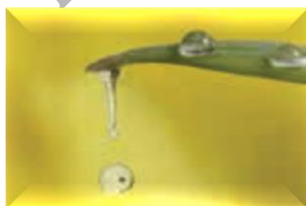
سعی کنید بطری پر از آبی را متراکم کنید. این کار امکان پذیر نیست. به کمک نیروهای بین مولکولی می توان این پدیده را توجیه کرد. وقتی شما می خواهید بطری پر از آبی را متراکم کنید، باید فاصله بین مولکول های آب را کم کنید، در این صورت نیروی دافعه شدیدتری بین آنها ظاهر می شود که از تراکم پذیری مایع جلوگیری می کند. وقتی باران می بارد لایه ای از آب روی شاخه و برگ درختان می نشیند و با بزرگ شدن این لایه، قطره شدن آب مانند شکل زیر آغاز می شود.



با افزایش مقدار آب و با سنگین تر شدن قطره آب شکل آن به صورت زیر درمی آید و در آستانه سقوط قرار می گیرد.



مولکول های آب روی سطح قطره از بقیه مولکول های آب روی شاخه کمی دور می شوند. در این حالت نیروی بین مولکولی به صورت جاذبه ظاهر می شود و در برابر نیروی وزن مقاومت می کند. این نیروی جاذبه بین مولکولی را نیروی هم چسبی می گویند. با بزرگ تر شدن جرم قطره بالاخره نیروی وزن از نیروی هم چسبی مولکول ها بیش تر می شود و قطره به شکل کره مطابق شکل زیر سقوط می کند.



از این دو مثال نتیجه می‌گیریم که مولکول‌های آب در حالت عادی در وضعیت تعادل قرار دارند و وقتی آن‌ها را کمی به هم نزدیک یا از هم دور می‌کنیم نیروهای دافعه یا جاذبه بین مولکول‌ها برقرار می‌گردد. این نیرو در جهتی است که مولکول‌ها را به وضعیت عادی خود برگرداند. نیروهای بین مولکولی کوتاه‌برد هستند، یعنی وقتی فاصله بین مولکول‌ها چند برابر اندازه مولکول‌ها شود، نیروهای بین مولکولی ضعیف و تقریباً برابر صفر می‌شود.

با توجه به نیروهای بین مولکولی می‌توان بسیاری از پدیده‌ها از جمله کشش سطحی، ترشوندگی و موینگی را بررسی کرد.

کشش سطحی

در سطح مایع به دلیل تغییر وضعیت از مایع به بخار، فاصله مولکول‌ها از یکدیگر به طور متوسط بیش‌تر از فاصله مولکول‌های درون مایع است. با این افزایش فاصله بین مولکول‌ها نیروهای بین مولکولی به صورت جاذبه ظاهر می‌شود و این باعث می‌شود که رفتار مولکول‌ها در سطح مایع چنان باشد که گویی سطح مایع تحت کشش قرار گرفته است.

قرار گرفتن پشه روی سطح آب



قرار گرفتن سوزن روی سطح آب



تشکیل حباب‌های صابون



[دانلود فیلم آموزشی](#)

ترشوندگی

هنگامی که دو ماده در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، نیرویی مشابه با نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آن‌ها ظاهر می‌گردد که به آن نیروی دگرچسبی یا چسبندگی می‌گوییم. دگرچسبی هم مانند نیروی هم‌چسبی نیروی بین مولکولی است. تفاوت آن‌ها در این است که در نیروی هم‌چسبی جاذبه بین مولکول‌های مشابه و در دگرچسبی جاذبه بین مولکول‌های نامشابه برقرار می‌شود.

هرگاه مایعی با جامدی در تماس قرار گیرد دو حالت می‌تواند رخ دهد:

۱. دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد از هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر باشد. در این صورت می‌گوییم مایع جامد را تر می‌کند. مثل شکل زیر که آب سطح شیشه‌ تمیز را تر کرده و روی آن پهن شده است.



۲. دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد از هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع کم‌تر باشد. در این صورت می‌گوییم مایع جامد را تر نمی‌کند. مثل شکل زیر که سطح شیشه با چپوه تر نشده و جیوه به شکل قطره روی سطح شیشه باقی مانده است.

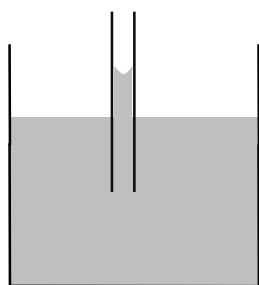


[دانلود فیلم آموزشی](http://hsphysics.mihanblog.com)

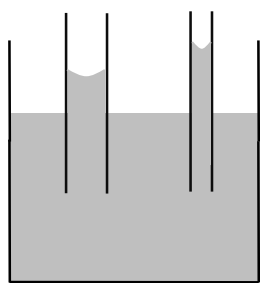
موینگی

اگر چند لوله مویین شیشه‌ای و تمیز با قطرهای متفاوت را درون یک ظرف آب قرار دهیم مشاهده می‌کنیم که:

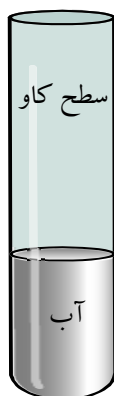
۱. آب در لوله‌های مویین بالا می‌رود و سطح آن بالاتر از سطح آب ظرف قرار می‌گیرد.



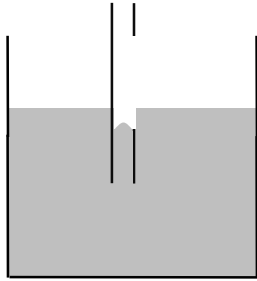
۲. هر چه قطر لوله مویین کوچکتر باشد ارتفاع ستون آب در آن بیش‌تر است.



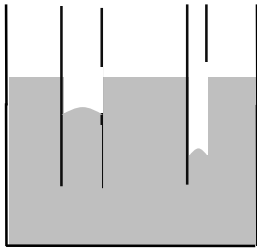
۳. سطح آب در بالای لوله مویین فرو رفته است.



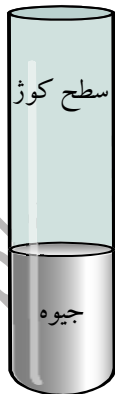
اکنون همین آزمایش‌ها را با جیوه انجام می‌دهیم و مشاهده می‌کنیم که:
۱. جیوه در لوله موئین مقداری بالا می‌رود ولی سطح آن پایین‌تر از سطح جیوه ظرف قرار می‌گیرد.



۲. هر چه قطر لوله موئین کوچک‌تر باشد ارتفاع ستون جیوه در آن کم‌تر است.



۳. سطح جیوه در لوله موئین برآمده است.



در مورد آب نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و مولکول‌های شیشه بیش‌تر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است. در نتیجه آب سطح شیشه را تر می‌کند و از لوله بالا می‌رود. اما در جیوه نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های جیوه و مولکول‌های شیشه کم‌تر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های خود جیوه است. در نتیجه جیوه سطح شیشه را تر نمی‌کند و سطح جیوه در لوله موئین پایین‌تر از سطح جیوه درون ظرف قرار می‌گیرد.

دانلود فیلم آموزشی

فشار

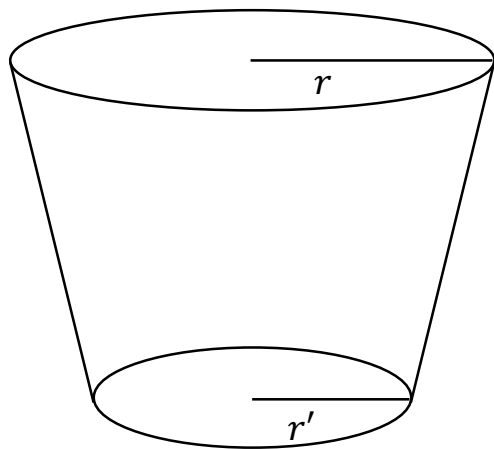
اگر نیروی عمودی F بر سطحی وارد شود، می‌گوییم این نیرو بر سطح فشار وارد کرده است و بر طبق تعریف می‌توان نوشت:

$$P = \frac{F}{A} \quad [Pa] = \frac{[N]}{[m^2]}$$

در رابطه بالا یکای فشار، پاسکال است.

مثال: جسمی به شکل مکعب مستطیل با ابعاد ۲ و ۵ و ۱۰ سانتی‌متر از ماده‌ای به چگالی ρ ساخته شده است. اختلاف بین بیشترین و کمترین فشاری که جسم به سطح افقی وارد می‌کند، ۱۶۰۰ پاسکال است. ρ را به دست آورید.

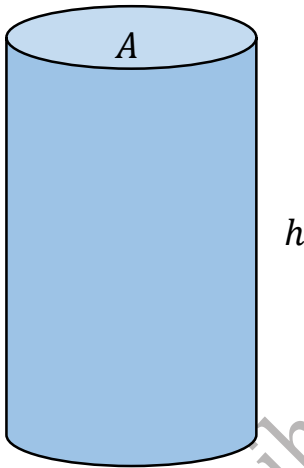
مثال: مخروط ناقصی مطابق شکل روی سطح افقی قرار دارد و شعاع قاعده بزرگ دو برابر شعاع قاعده کوچک است. اگر آن را روی قاعده بزرگ بگذاریم و بخواهیم فشار وارد بر سطح افقی تغییر نکند، وزنه‌ای چند برابر وزن مخروط را باید روی آن قرار دهیم؟



فشار در مایعات

فشار در مایعات دارای چهار خاصیت زیر است:

۱. فشار در مایعات با افزایش عمق از سطح آزاد مایع افزایش می‌یابد.
۲. در یک عمق مشخص و روی یک سطح افقی درون یک مایع، تمام نقاط آن همواره با یکدیگر هم‌فشار هستند.
۳. در یک نقطه معین فشار به جهت بستگی ندارد.
۴. فشار ایجاد شده در هر نقطه از مایع، به واسطه وزن مایع موجود در بالای نقطه مورد نظر ایجاد می‌شود. بنابراین اگر نقطه‌ای را در نظر بگیریم که در عمق h از سطح مایع در حال تعادلی به چگالی ρ قرار دارد، می‌توان نشان داد:



$$P = \frac{mg}{A} = \frac{\rho Vg}{A} = \frac{\rho Ahg}{A} = \rho gh$$

فشار هوا

اگر روی سطح آزاد مایع هوا وجود داشته باشد فشار مایع در عمق h از سطح مایع برابر است با:

$$P = P_0 + \rho gh$$

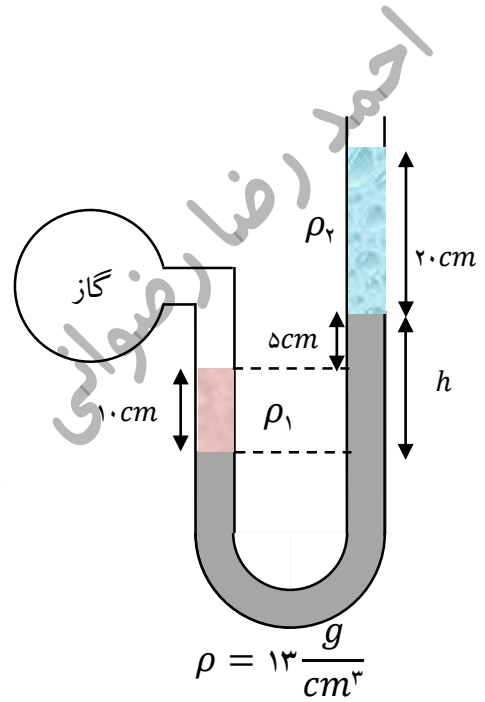
همان‌طور که در ادامه خواهیم دید متوسط فشار هوا در سطح دریای آزاد، حدود 1.05×10^5 پاسکال است، که به آن ۱ اتمسفر هم می‌گوییم. با افزایش ارتفاع از سطح زمین فشار و چگالی هوا کاهش می‌یابد.

دائلود فیلم آموزشی

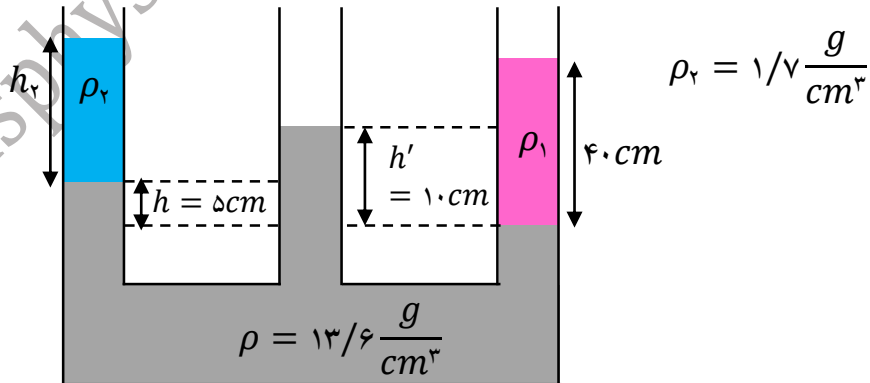
مثال: در شکل مقابل، فشار گاز درون مخزن چند پاسکال است؟ اختلاف ارتفاع مایعات در دو شاخه ۳۵ سانتی متر است و فشار هوای محل آزمایش 9×10^4 پاسکال است.

$$\rho_1 = 2 \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho_2 = 3 \frac{g}{cm^3}$$



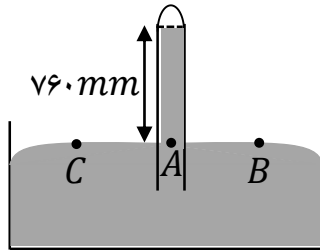
مثال: در شکل مقابل مایعات در حال تعادل هستند. مقادیر ρ_1 و h_2 را تعیین کنید.



$$\rho_2 = 1/7 \frac{g}{cm^3}$$

آزمایش توریچلی

در این آزمایش لوله آزمایشی شیشه‌ای به طول حدود ۱ متر را با جیوه پر می‌کنند و آنگاه انتهای لوله را با انگشت می‌بندند و سپس آن را در تشت پر از جیوه به طور قائم وارونه می‌کنند. با برداشتن انگشت ستون جیوه در لوله مقداری پایین می‌آید. اگر آزمایش در سطح دریای آزاد انجام شود ارتفاع ستون جیوه از سطح جیوه در شرایط طبیعی در حدود 760 mm می‌شود. اگر آزمایش در محلی بالاتر از سطح دریای آزاد انجام شود، ارتفاع ستون جیوه کمتر خواهد بود. اکنون می‌توانیم فشار هوا در محل انجام آزمایش را انجام دهیم:



قبلاً دیدیم فشار در نقاط هم‌تراز شاره ساکن، یکسان است. بنابراین داریم:

$$P_A = P_B = P_C$$

از طرفی می‌دانیم، فشار در نقطه‌های B و C همان فشار جو است:

$$P_B = P_C = P.$$

هم‌چنین فشار در نقطه A برابر است با:

$$P_A = \rho gh + \text{فشار فضای بالای لوله}$$

فشار فضای بالای لوله، که اصطلاحاً به آن خلأ توریچلی گفته می‌شود، تقریباً صفر است (در این فضا، بخار جیوه با فشاری بسیار کم وجود دارد که قابل چشم‌پوشی است). بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$P_A = P = \rho gh$$

یعنی فشار هوا در محل انجام آزمایش برابر است با ρgh که در آن h ارتفاع ستون جیوه درون لوله آزمایش توریچلی است. بنابراین می‌توان از آزمایش توریچلی برای اندازه‌گیری فشار جو استفاده کرد. براساس این آزمایش دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار جو طراحی و ساخته شده‌اند که به آنها جو سنج یا بارومتر گفته می‌شود.

با استفاده از رابطه قبل می توان فشار هوا را در سطح دریای آزاد اندازه گرفت.

$$P = \rho gh = 13600 \times 9/81 \times \frac{760}{1000} \cong 1/01 \times 10^5 Pa$$

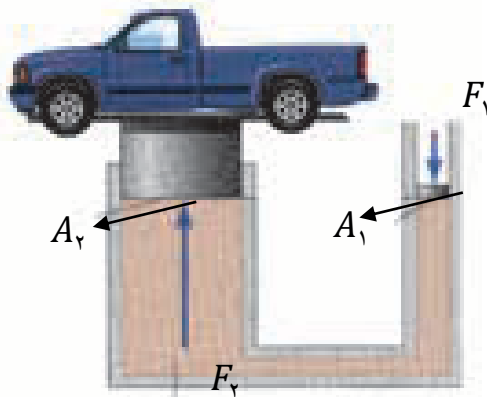
به این مقدار فشار $1 atm$ می گوئیم. متداول است که به جای ρgh فشار را بر حسب ارتفاع ستون جیوه بیان می کنند. بنابراین فشار هوا در سطح دریای آزاد برابر با ۷۶۰ میلی متر جیوه است. به ۱ میلی متر جیوه به افتخار تورینجلی $1 torr$ نیز گفته می شود.

اصل پاسکال

اصل پاسکال بیان می کند که هر تغییری در فشار وارد بر شاره تراکم ناپذیر و محبوس، بدون هیچ کم و زیاد به تمام بخش های شاره و دیواره های ظرف منتقل می شود.

بالابر هیدرولیکی

بالابرهاي هیدرولیکی بر اساس اصل پاسکال طراحی شده اند و برای بالا بردن و تعمیر اجسام سنگین استفاده می شود. اگر یک وسیله سنگین را در محل پیستون بزرگتر قرار دهیم، وزن این وسیله بر پیستون فشار وارد می کند. در صورتی که مایع در حال تعادل باشد، فشار در محل پیستون کوچک هم به همان اندازه خواهد بود. برای اینکه پیستون کوچک در حال تعادل بماند باید نیروی وارد بر آن را به اندازه F_1 افزایش دهیم، به طوری که تغییر فشار در محل پیستون ها برابر باشد.



$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

مثال: شکل زیر طرح‌واره‌ای از دستگاه ترمز خودرویی را نشان می‌دهد. با استفاده از اصل پاسکال توضیح دهید که این دستگاه چگونه کار می‌کند.



پاسخ: وقتی پدال ترمز را فشار می‌دهیم، نیروی F را اعمال می‌کنیم و این نیرو، فشار $P = \frac{F_1}{A_1}$ را در روغن ترمز ایجاد می‌کند. روغن ترمز فشار را به پیستون‌هایی منتقل می‌کند که به لنت ترمز وصل هستند. این پیستون‌ها، لنت را با نیروی عمودی $N = PA_2$ به دیسک چرخ می‌چسبانند و نیروی اصطکاک $f_k = \mu_k PA_2$ را تولید می‌کنند. این نیروی اصطکاک سبب اتلاف انرژی جنبشی چرخ و کاهش سرعت خودرو می‌شود.

شناوری و اصل ارشمیدس

ارشمیدس دانشمند یونانی اولین کسی بود که پی برد به جسم‌های درون یک شاره یا غوطه‌ور در آن، همواره نیروی بالاسوی خالصی از طرف شاره به نام نیروی شناوری وارد می‌شود.

در واقع اصل ارشمیدس را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم درون شاره‌ای فرو رود، شاره نیرویی بالاسو بر آن وارد می‌کند که با وزن شاره‌جابه‌جا شده توسط جسم برابر است.

[دانلود فیلم آموزشی](#)

شاره در حرکت و اصل برنولی

برای بررسی شاره در حال حرکت فرض می‌کنیم حرکت شاره آرام و بدون تلاطم است. هم‌چنین فرض می‌کنیم شاره تراکم‌ناپذیر (دارای چگالی ثابت) و بدون اصطکاک داخلی (وشکسانی یا چسبندگی) است.

دائود فیلم آموزشی

اصل برنولی برای شاره‌ای که به طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند به صورت زیر بیان می‌شود:

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

آهنگ جریان شاره

فرض کنید شاره‌ای با تندی یکنواخت v درون لوله‌ای با سطح مقطع A حرکت می‌کند. اگر در مدت زمان t حجم معینی از شاره (AL) از مقطع A لوله عبور کند، آهنگ جریان شاره از این مقطع فرضی از این رابطه به دست می‌آید:

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

معادله پیوستگی

فرض کنید شاره‌ای با جریا لایه‌ای از لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت عبور می‌کند. در حالت پایا و در مدت زمان یکسان، جرم یکسانی از شاره، از هر سطح مقطع دلخواه عبور می‌کند.

از این موضوع به سادگی می‌توان به معادله پیوستگی برای شاره تراکم‌ناپذیر رسید:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

که در رابطه بالا A سطح مقطع و v سرعت حرکت شاره است.