

صعود در لوله‌های موئین و

قاعده ژورین

مهدی نوعی باهوش
دبیر فیزیک ناحیه ۲ شهر ری

قرار دارند باید گفت که برابند نیروی رو به پایینی به هر کدام از آن‌ها وارد می‌شود. از این رو نیروهای پیوندی تولید کشش سطحی می‌کنند و باعث می‌شوند سطح مایع مانند غشا رفتار کند. (شکل ۱)

۲. کشش سطحی

قاب U شکلی را در نظر می‌گیریم که یک ضلع لغزنده دارد. اگر قاب را با لایه‌ای از مایع بپوشانیم (مثلا محلول آب و صابون) ملاحظه می‌شود که ضلع متحرک با نیروی \vec{F} کشیده می‌شود و برای ثابت نگه داشتن آن نیاز به نیروی ختشی کننده‌ی $\vec{F}' = -\vec{F}$ خواهد بود. مقدار این نیرو با طول میله متناسب است به نحوی که:

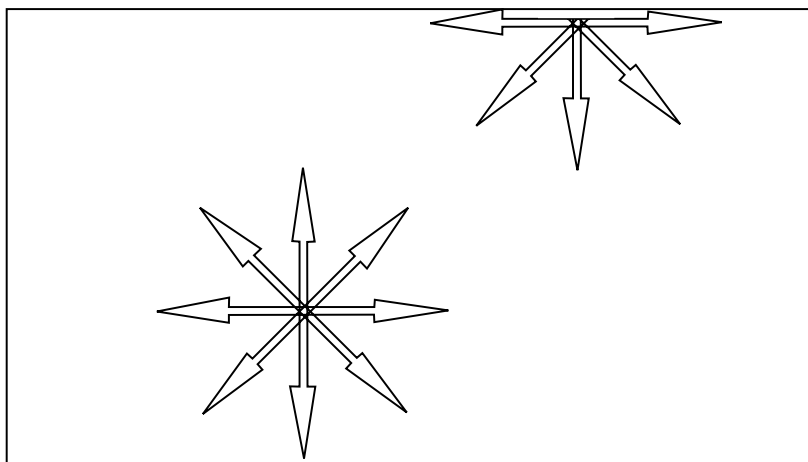
$$F = A \cdot L \quad \text{و} \quad L = a \cdot b$$

در این جا A را کشش سطحی می‌نامند. (شکل ۲)

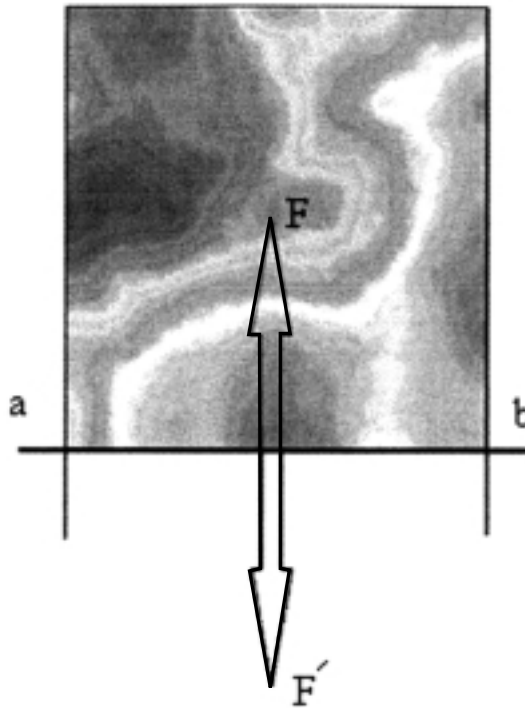
در کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه توضیحی در مورد بالا رفتن آب در لوله‌ی موئین و پایین آمدن جیوه در آن داده شده است. این مسأله ناشی از نیروهای دانسته شده، که از طرف شیشه به مایع درون آن وارد می‌شود، ولی توضیحی در مورد نوع نیرو داده نشده است. همین طور مسأله اختلاف فشار ناشی از بالا رفتن و یا پایین آمدن مایع درون لوله، لاینحل باقی مانده است. در این مقاله سعی می‌شود مسأله بالا که به قانون ژورین^۱ معروف است به دقت موشکافی شود.

۱. نیروی کشش سطحی

مولکول‌هایی که در یک مایع قرار دارند را سایر مولکول‌ها از همه طرف می‌کشند ولی در مورد مولکول‌هایی که در سطح مایع



شکل ۱. وضعیت مولکول‌ها در درون مایع و سطح آن



شکل ۲. قاب U شکل پوشیده با غشا مایع

علت فرورفتگی غلبه نیروی چسبندگی سطحی آب و شیشه بر نیروی پیوند مولکول‌های آب است. این فرورفتگی باعث می‌شود که فشار درون مایع اندکی از محیط بیرون و نقطه‌های هم تراز کمتر شود و مایع در داخل لوله صعود کند. مقدار صعود با فرض نیم دایره بودن فرورفتگی از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$h = \frac{2A}{\rho g R}$$

R شعاع لوله موئین است و هرچه شعاع لوله کمتر باشد ارتفاع مایع زیادتر خواهد بود. (شکل ۴)

در مورد جیوه به علت غلبه نیروی پیوندی بر نیروی چسبندگی سطحی، یک برآمدگی در درون لوله تولید می‌شود. این برآمدگی

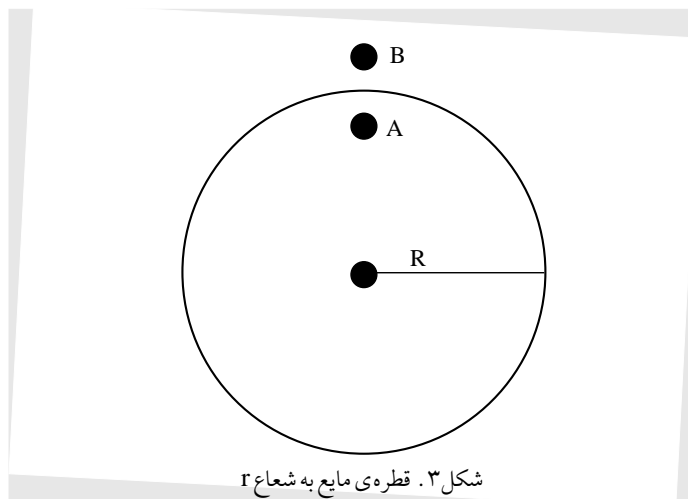
۳. فشار در درون یک قطره‌ی مایع

مایعی به شعاع r را در نظر می‌گیریم به دلیل کشش سطحی، نیروی برابند رو به داخلی به مایع وارد می‌شود که برای خنثی کردن آن و برقراری تعادل طبیعی باید فشار داخل مایع از فشار محیط بیرون بیشتر باشد. این اختلاف فشار از معادله‌ی زیر به دست می‌آید: (شکل ۳)

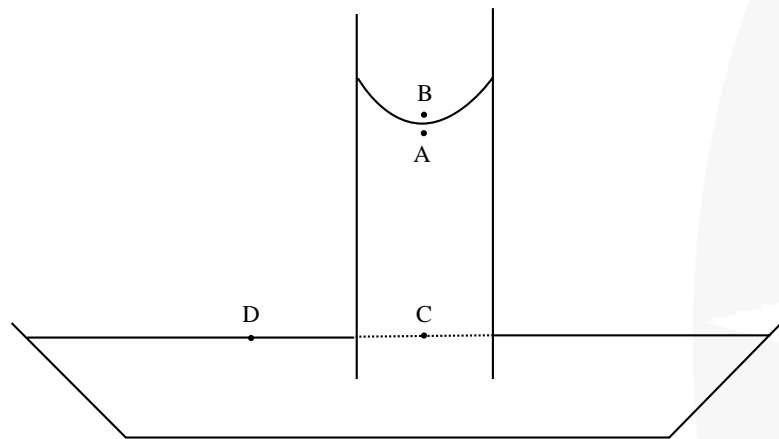
$$P_A - P_B = \Delta P = \frac{4A}{r}$$

۴. لوله‌های موئین و اثر کشش سطحی

ابتدا مایعی مانند آب را در نظر می‌گیریم که لوله‌ی موئین را کاملاً تر می‌کند و در داخل لوله سطحی فرورفته به وجود می‌آورد.



شکل ۳. قطره‌ی مایع به شعاع r



شکل ۴. آب در درون لوله‌ی مویین $P_B > P_A$ و $P_D = P_C = P_B$

کشش سطحی از طرف مایع به جدار ظرف شیشه‌ای است و خود این نیرو محصول نیروی پیوندی مایع است. در مسأله لوله‌های مویین علاوه بر نیروی کشش سطحی قیاس نیروهای پیوندی و چسبندگی سطحی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است.

باعث می‌شود که فشار درون جیوه از فشار محیط بیرون اندکی بیشتر شود و برای جبران آن سطح جیوه کمی پایین‌تر از سطح معمول قرار بگیرد. (شکل ۵)

۵. نتیجه‌گیری

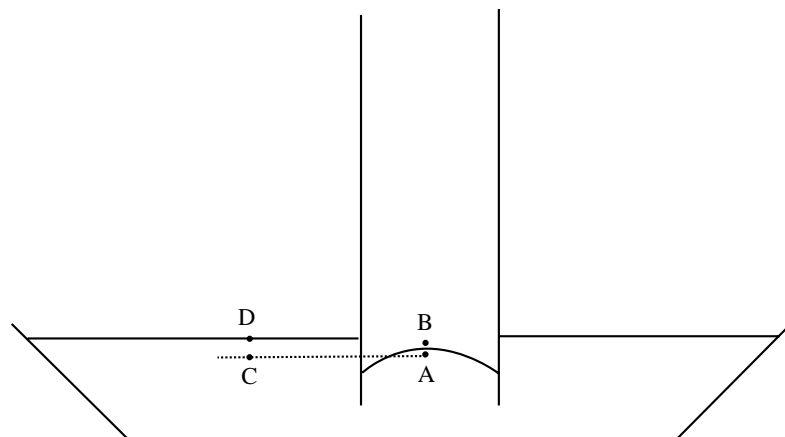
غالب یا مغلوب بودن نیروی چسبندگی سطحی بر نیروی پیوندی باعث فرورفتگی یا برآمدگی سطح درون لوله می‌شود و نیروی کشش سطحی باعث افزایش و یا کاهش فشار درون مایع می‌شود و این اختلاف فشار باعث بالا رفتن و یا پایین آمدن مایع درون لوله مویین می‌گردد. نیرویی که در کتاب فیزیک ۲ رسم شده است واکنش نیروی

زیرنویس:

1. Jurin

مراجع:

۱. فیزیک ۲ و آزمایشگاه سال دوم ریاضی فیزیک و علوم تجربی، تألیف دفتر تألیف کتب درسی سازمان پژوهش و وزارت آموزش و پرورش ۱۳۸۴
۲. فیزیک، تألیف م. فرانسون، ترجمه مختار تبریزی و لطیف کاشیگر، انتشارات دانشگاه تهران



شکل ۵. جیوه در لوله‌ی مویین $P_B < P_A$ و $P_D = P_C = P_A$