دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
نیمی کاربردی

بسمه تعالی

# آزمایشگاه فیزیک پایه ۱

## گزارش کار آزمایش شماره ۱۰

« کشش سطحی و قانون ارشمیدس »

گروه ۲

محمدرضا مهدیه

تاریخ آزمایش : ۱۳۹۰/۹/۲۰

تاریخ تحویل گزارش کار: ۱۳۹۰/۹/۲۷

استاد: آقای روزبه ترکی

## تئوری آزمایش:

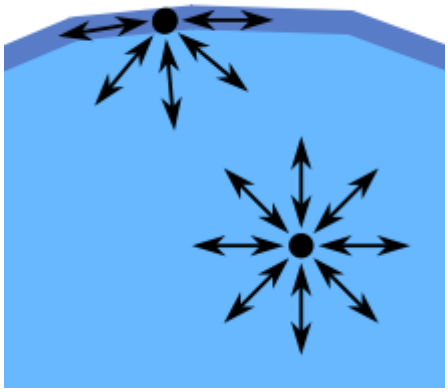
### نیروهای چسبندگی

نیروهای چسبندگی (پیوستگی) نیروهایی هستند که مولکولهای یک ماده را بسوی یکدیگر می‌کشند.

اگر به قطره آبی که از شیر آب می‌چکد توجه کنیم، می‌بینیم که قطره پس از جدا شدن از شیر آب در تمام طول مسیر به صورت قطره باقی می‌ماند .مولکولهای این قطره در حین سقوط از یکدیگر دور نمی‌شوند و متصل بهم باقی مانده یا اینکه حشره که روی سطح آب می‌نشیند، بدون آنکه لایه سطحی آب را پاره کند. با اینکه سطح آن کشیده می‌شود ولی همانند یک پوسته کشسان نیرویی رو به بالا بر حشره وارد می‌کند که مانع پاره شدن سطح آب می‌شود، در تمامی این موارد باید نیرویی رابایش مطرح باشد که همان نیروی چسبندگی است.

نیروی رابایشی باعث نمی‌شود که مولکولها در هم فرو روند، زیرا وقتی که مولکولها بهم بسیار نزدیک می‌شوند یک نیروی رانشی قوی بین آنها ایجاد می‌شود که از نزدیک شدن بیشتر آنها جلوگیری می‌کند. نیروی رانشی بین مولکولها عاملی هست که مایعات را تقریبا تراکم ناپذیر می‌کند. نیروی بین مولکولی رانشی است و در فاصله‌های بیشتر این نیروها رابایشی است. نیروهای بین مولکولی دارای برد کوتاه هستند، یعنی وقتی فاصله مولکولها چند برابر فاصله بین مولکولی می‌شود .نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملا صفر می‌شوند .

### کشش سطحی



کشش سطحی (Surface tension) : ویژگی‌ای در مایع‌ها است که باعث می‌شود لایه بیرونی آن‌ها به صورت ورقه‌ای کشسان عمل کند. این همان ویژگی‌ای است که موجب رابایش دو سطح مایع به یکدیگر می‌شود؛ مانند دو قطره ی آب که همدیگر را می‌ربایند و قطره ی بزرگ‌تری می‌سازند. کشش سطحی کمیتی است که بعد نیرو در واحد طول یا انرژی در واحد سطح دارد و در فیزیک معمولاً با $\gamma$نشان داده می‌شود. کشش سطحی را همچنین می‌توان مقدار کار لازم برای ایجاد واحد سطح مشترک جدید در نظر گرفت.

### نیروی چسبندگی سطحی

نیروهایی هستند که مولکولهای یک ماده را بسوی مولکولهای یک ماده دیگر می‌کشند. این نیروها باعث می‌شوند که مایع به سطح ظرف چسبیده و آنرا تر کند. برای مثال اگر کمی آب روی سطح شیشه بریزیم آب سطح شیشه را تر می‌کند، علت آن است که مولکولهای آب در مجاور شیشه با نیروی چسبندگی سطحی از طرف شیشه و از سوی دیگر با نیروی چسبندگی از طرف سایر مولکولهای آب کشیده می‌شوند. چون نیروهای چسبندگی سطحی بین مولکولهای آب و مولکولهای شیشه بزرگتر از نیروهای چسبندگی بین مولکولهای آب است.

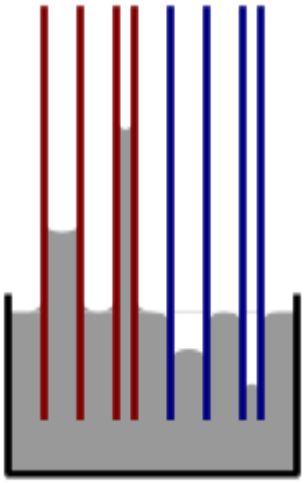
مولکولهای آب به شیشه می‌چسبد و می‌گوییم آب شیشه را تر می‌کند. با چرب کردن سطح شیشه نیروهای چسبندگی بین مولکولهای آب باعث می‌شود که آب به صورت قطره درآید. نیروی چسبندگی موجود بین مولکولهای جیوه باعث می‌شود که جیوه حتی روی سطح شیشه‌ای تمیز نیز به شکل قطره درآید. چون نیروهای چسبندگی سطحی بین جیوه و شیشه ضعیف‌اند جیوه شیشه را تر نمی‌کند .

هر مولکول مایع از سوی مولکول‌های دیگرِ مایع ربوده می‌شود. مولکول‌هایی که درون حجم مایع هستند، از همه جهت ربوده می‌شوند و برایند نیروی وارد به آن‌ها صفر است. اما مولکول‌هایی که در سطح مایع هستند، تنها از یک جهت از سوی دیگر مولکول‌ها ربوده می‌شوند و نیروی ربایش در آن سوی مرز مایع (مثلاً از طرف مولکول‌های هوا) به آن‌ها کمتر است. بنابراین، به مولکول‌های روی سطح مایع نیروی خالصی به سمت درون وارد می‌شود که این نیرو با مقاومت مایع در برابر فشرده‌شدن خنثی می‌شود. در نتیجه، نیرویی در مایع به وجود می‌آید که می‌خواهد سطح مایع را کم کند. از همین رو سطح مایع به شکل ورقه‌ای الاستیک عمل می‌کند و آن قدر جمع می‌شود که کمترین سطح ممکن را داشته باشد.

راه دیگر برای توضیح کشش سطحی این است که یک مولکول اگر در کنار مولکول همسایه‌اش باشد، انرژی‌اش کمتر از وقتی است که کنار آن همسایه نباشد .مولکول‌های درونی بیشترین تعداد همسایه‌های ممکن را دارند. ولی مولکول‌هایی که در سطح هستند همسایه‌های کمتری دارند و بنابراین انرژی‌شان بیشتر از انرژی مولکول‌های درونی است. بنابراین، وقتی که مایع می‌خواهد انرژی کل‌اش را کمینه کند، می‌کوشد تا از شمار مولکول‌های سطحی‌اش بکاهد، و این یعنی یک مایع می‌خواهد کمترین سطح ممکن را داشته باشد.

برای کاستن از سطح، یک مایع همیشه هموارترین شکل ممکن را در سطح خود می‌گیرد (اثبات ریاضی این که چرا هموارترین سطح متناظر است با کمترین مساحت نیازمند قضیهٔ اویلر-لاگرانژ است). هر خمیدگی تازه بر روی سطح به مساحت بیشتر و در نتیجه انرژی بیشتر می‌انجامد.

اگر بخواهیم رویهٔ دوبعدی‌ای را بیابیم که میان مرزهای مشخصی قرار بگیرد و کمترین سطح ممکن را داشته باشد، شاید با ریاضیات به سختی به نتیجه برسیم. ولی به جایش می‌توانیم مرزها را با سیم بسازیم و آن را درون ظرفی پر از آب و صابون فرو ببریم. لایهٔ حباب صابونی که بین سیم‌ها ساخته می‌شود به تقریب نشان‌دهنده‌ی رویه‌ای با کمترین سطح ممکن است (اگر گرانش زمین نبود دقیقاً کمترین سطح را می‌ساخت).



## اثر مویینگی

نمایش اثر مویینگی برای دو لوله از جنس‌های متفاوت .چسبندگی آب به لولهٔ قرمزرنگ بیشتر و به لوله‌ی آبی‌رنگ کمتر از چسبندگی آب به خودش است.

اثر مویینگی یعنی بالاآمدن سطح مایع درون لوله‌ای که درون مایع فروبرده شده است. اگر لوله به قدر کافی باریک باشد و چسبندگی آب به لوله زیاد باشد، کشش سطحی می‌تواند آب را در لوله بالا بکشد. ارتفاع آب بالاآمده برابر است با

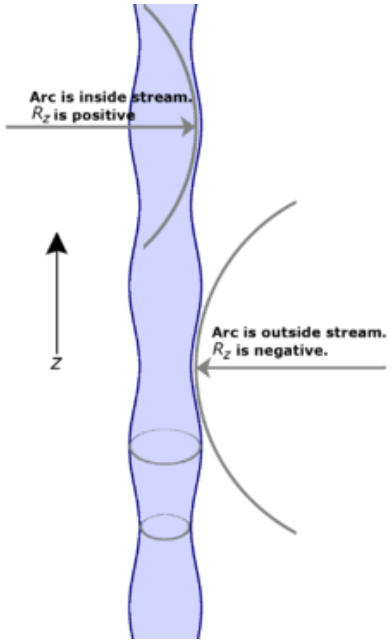
$$h = \frac{2\gamma_{\mathrm{la}}\cos\theta}{\rho g r}$$

که در آن

$h$ارتفاع مایع بالاآمده است $\gamma_{la}$کشش سطحی بین مایع و هواست. $\rho$چگالی مایع است.

$r$شعاع لوله ی مویین است. $g$شتاب گرانش است. $\theta$زاویه ی تماس مایع و سطح لوله است. اگر $\theta$ بیشتر از ۹۰° باشد، مثل جیوه در لوله ی شیشه‌ای، مایع به جای بالاآمدن پایین می‌رود.

## شکستن جریان مایع به قطره




حالت میانی جریانی که به قطره شکسته می‌شود.جریان آبی که از شیر می‌آید، هر چه‌قدر هم که یکنواخت باشد، قطره‌قطره می‌شود. این به خاطر پدیده‌ای به نام ناپایداری پلاتو-ریلی است،که خود پیامد مستقیمی از کشش سطحی است.

## کشش سطحی در پدیده‌های روزمره

حشره‌ای که به کمک کشش سطحی آب شناور مانده است.

## کشش سطحی آب:

دانه‌دانه‌شدن قطره‌های باران روی سطح خودرو. آب به سطوح روغنی بسیار کم جذب می‌شود و به خودش به‌شدت جذب می‌شود. از همین رو، روی سطح خودرو قطره تشکیل می‌دهد.

کشش سطحی در پدیده‌های دیگری هم رخ می‌دهد، مثلاً در موادی که کشش سطحی آن‌ها کم است:

حباب صابون سطح بسیار بزرگی با ماده ی بسیار کمی دارد. قطره‌هایی که از آب ساخته‌شده‌اند ناپایدارند.

## سازوکار چسبندگی

## چسبندگی مکانیکی

چسبندگی مکانیکی سازوکاری شبیه سازوکار کشش سطحی دارد. سطح‌های دو ماده درهم‌رفتگی فیزیکی دارند.

## چسبندگی شیمیایی

چسبندگی شیمیایی هنگامی رخ می‌دهد که پیوند شیمیای بین دو سطح برقرار شود. تواناترین پیوند یونی و کوالانس است. اگر در یک سو هیدروژن و در سوی دیگر نیتروژن، اکسیژن یا فلوئور وجود داشته باشد، پیوند کم‌زور هیدروژنی ایجاد خواهد شد.

## چسبندگی فیزیکی

همدوسی به آب شکل قطره می‌دهد .کشش سطحی آنها را به شکل کره در می‌آورد و چسبندگی آنها را روی برگ نگاه می‌دارد.

در چسندگی فیزیکی (Dispersive adhesion Or Physisorption) جذب فیزیکی دو ماده بوسیله نیروهای واندروالسی است. سازوکار این گونه چسبندگی بر پایه وجود قطبش در اتم‌ها و مولکول‌ها است که در آنها قطب‌های مثبت و منفی بوجود می‌آورد و این قطب‌ها با ربایش یکدیگر، پیوند واندوالسی می‌سازند.در بحث سطح‌شناسی، چسبندگی فیزیکی، زاویه تماس و در نتیجه آن ترشوندگی را تعیین می‌کند. هنگامیکه دو فاز (مانند جامد و مایع) با هم در تماس باشند، هرچه چسبندگی بین آن دو بیشتر باشد، زاویه تماس کمتر و ترشوندگی بیشتر خواهد بود. برعکس، هرچه همدوسی بیشتر باشد، ماده تمایل به تماس بیشتر با خود خواهد بود و ازین‌رو چسبندگی و ترشوندگی کمتر و زاویه تماس بیشتر می‌شود.

## چسبندگی الکترواستاتیک

گاهی بین دو یا چند ماده با تبادل الکترون، نیروی الکترواستاتیک برقرار می‌شود و باعث تمایل مواد به قرارگیری کنار یکدیگر می‌شود.

## چسبندگی نفوذی

نفوذ اتم‌ها و مولکول‌های مواد در یگدیگر می‌تواند آنها را در کنار هم قرار دهد. این فرایند را می‌توان در بسیاری از مواد مانند فلزها و سرامیک‌ها با فرآیند تف‌جوشی یا پلیمرها دید.

## نیروی ارشمیدس

آیا تاکنون فکرکرده اید که چرا برخی چیزها درون آب شناور هستند امابرخی دیگر ته آب میافتند؟ یا چرا چوب روی آب شناور ولی یک میخ آهنی ته ظرف آب می افتد و یااینکه آیا امکان دارد یک قطعه آهن شناوربماند تمامی این موضوعات به نیرویی مربوط می شود که ارشمیدس دانشمند یونان باستان کشف کرده است .

## نیروی ارشمیدس چیست ؟

وقتی جسمی را درون یک شاره مثلا یک لیوان آب می اندازیم اگر جسم تماما درون آب فرو رود به مقدار حجم خود آب را جابجا می کند به نیروی وزن این مقدار آب جابجا شده نیروی ارشمیدس گویند که همیشه رو به بالاست و از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$A = \rho Vg$$

دقت کنید که در این رابطه چگالی شاره و$\rho$ حجم شاره جابجا شده است که مساوی است باحجم قسمتی از جسم که داخل شاره است و$g$ شتاب گرانشی است حال سوالی مطرح می شود و آن اینکه چه شرایطی لازم است تا یک جسم در یک شاره شناور شود ؟ می دانیم در به هر جسمی در یک میدان گرانشی نیروی وزن وارد می شود و به جسم درون شاره حداقل دو نیروی ارشمیدس و نیروی گرانش وارد می شود می دانیم که نیروی گرانش همیشه روبه پایین و نیروی ارشمیدس (نیروی شناوری (همیشه روبه بالا هرگاه این دو نیرو برابر باشند جسم درون آب غوطه ور می شود ولی فرق شناوری و غوطه وری چیست ؟ وقتی می گوییم جسمی شناور است که در سطح آب باشد اما جسم غوطه ور میتواند در هر جای شاره باشدبه طور مثال خود آب درون خود شناور است .

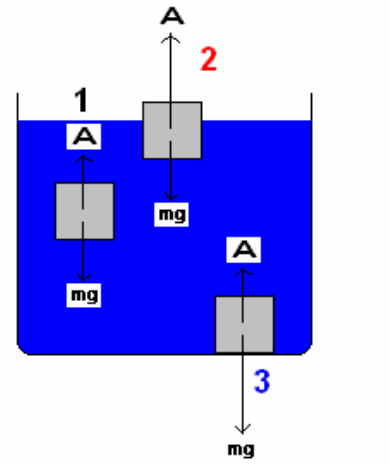
وقتی نیروی ارشمیدس از نیروی وزن بیشتر باشد جسم روی سطح آزاد شاره شناور می شود و وقتی نیروی وزن جسم از نیروی ارشمیدس بیشتر باشد جسم درون شاره غرق می شود .

1 جسم غوطه ور A=mg

2 جسم شناور A>mg

3 جسم در ته ظرف A<mg

$$\frac{A}{mg}=\frac{\rho_w Vg}{\rho_m Vg}=\frac{\rho_w}{\rho_m}=\frac{1000}{1250}=0.8 \quad 0.8<1 \Rightarrow$$ فرو می رود




مثال:آیاجسمی به چگالی ۱۲۵۰ $kg/m^3$ روی آب شناور می ماند؟ و مقدار نیروی ارشمیدس این ماده را برای ۱$m^3$ از این ماده به دست آورید .

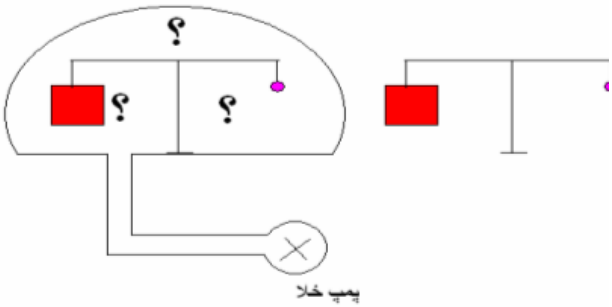
$$A=\rho Vg$$

$$A=1000\times1\times10=10000\,N$$

مثال (۲) نیروی شناوری را برای آهن$m$ که در جیوه شناور است بدست آورید .

$$\rho_m=7800kg/m^3$$

$$\rho_w=13600kg/m^3 \qquad A=\rho Vg=13600\times5\times10^{-4}=6.8N$$




با توجه به اینکه نیروی وزن این قطعه آهن ۳.۹ اسحاق نیوتن است پس حتی آهن نیز روی جیوه شناور می ماند

مسئله : این دو جسم در هوا روی یک ترازوی این چنین به تعادل می رسند اگر آنها را در یک محفظه خلا بگذاریم موقعیت آنان چگونه است ؟(راهنمایی:هوا نیز یک شاره است)

یک تن آهن سنگینتر است یا یک تن چوب؟

**موضوع چیست؟**

همه ما تا کنون به نحوی قانون ارشمیدس را تجربه کرده‌ایم. قانون ارشمیدس می‌گوید :وقتی جسمی درون سیالی (مایع یا گاز) قرار می‌گیرد. نیرویی برابر وزن سیال جابجا شده ، از طرف سیال ، بر جسم وارد می‌شود. هر گاه جسمی درون آب قرار می‌گیرد، وزن آن کمتر از موقعی است که در هوا باشد، به همین جهت است که وقتی در استخر شنا می‌کنید احساس می‌کنید که وزنتان کاهش یافته است .

این یک شوخی نیست!

همه این سوال را شوخی آمیز می‌دانند !یک تن چوب سنگین‌تر است یا یک تن آهن و معمولا بدون اینکه فکر کنند می‌گویند: البته یک تن آهن و موجب خنده دسته جمعی اطرافیان می‌شوند. اگر به آدمهای شوخ جواب دهند که یک تن چوب از یک تن چوب آهن سنگین‌تر است، لابد آنها بلندتر خواهند خندید چون ظاهر این جواب با هیچ منطقی جور در نمی‌آید، اما این حرف درست است .

حقیقت مطلب در آن است که قانون ارشمیدس نه فقط در مورد مایعات ، بلکه در مورد گازها نیز صدق می‌کند. وزن هر جسمی در هوا به اندازه وزن هوای هم حجم آن کم می‌شود. از وزن چوب و آهن نیز در هوا قدری کاسته می‌شود. برای آنکه وزن حقیقی چوب و آهن را بدانیم باید آنچه را که از وزن هر یک کاسته شده است، به آن اضافه کنیم .

بنابراین در مثال ما ، وزن حقیقی چوب مساوی است با یک تن + وزن هوای هم حجم چوب. و وزن حقیقی آهن مساوی است با یک تن + وزن هوای هم حجم آهن. اما حجم یک تن چوب به مراتب (تقریبا ۱۵ بار) بیشتر از یک تن آهن است. به همین جهت ، وزن حقیقی یک تن چوب بیشتر از وزن حقیقی یک تن آهن است! برای آنکه جواب دقیق‌تری داده باشیم .باید بگوییم :وزن حقیقی چوبی که در هوا یک تن وزن دارد از وزن حقیقی آهن که در هوا یک تن وزن دارد، بیشتر است. چون حجم یک تن۱/۸ آهن متر مکعب و حجم یک تن چوب در حدود ۲ متر مکعب است، پس تفاوت وزن هوای هم حجم آنها باید در حدود ۲.۵ کیلوگرم باشد. به این ترتیب ، یک تن چوب ، در واقع به همین اندازه از یک تن آهن سنگین‌تر است!

## وسایل آزمایش:

حلقه‌ی کشش سطحی، تشتک شیشه ای،نیروسنج،کولیس،جک آزمایشگاهی، میکروسکوپ، لوله مویین، خط کش، دما سنج، بشر.

## شرح عملی آزمایش:

### قسمت ۱) کشش سطحی مایعات:

ابتدا توسط کولیس قطر حلقه اندازه گیری شد(d) و هم چنین تشتک تا نیمه پر کردیم و تشتک روی جک قرار دادیم وهم چنین صفر نیرو سنج را تنظیم کردیم.سپس به آرامی جک پایین آورده شد تا جاییکه در معرض گسیختگی قرار گیرد و مقدار نیروسنج در جدول (۱) ثبت شد.این مراحل دو مرتبه دیگر انجام و در همان جدول ثبت شد.

### قسمت ۲)لوله های مویین:

ابتدا لوله ها به طور کامل شسته شد .در اینجا اندازه قطر لوله از قبل تعیین شده بود و نیازی به اندازه گیری آن نبود.بشر تقریباً کامل پر کرده شد و سپس لوله ها داخل آنها قرارداده شد. ارتفاع بالا آمده ی آب اندازه گیری شد و در جدول (۲) ثبت شد و همچنین تکمیل شد.

### قسمت۳) قانون ارشمیدس:

حجم جسم مورد نظر را با تغییر حجم آب در لوله آزمایش ، اندازه گیری شد.وزن جسم توسط نیرو سنج اندازه گیری شد و هم چنین وزن همان جسم در آب نیز اندازه گیری شد و اعداد بدست آمده در جدول (۳) ثبت و تکمیل شد.

## جداول:

| | d(mm) | Δd | R(mm) | ΔR | $F_1$ | $F_2$ | $F_3$ | F | ΔF | σ(N/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آب | ۵۷ | ۱ | ۲۸.۵ | ۰.۵ | ۳۳ | ۳۷ | ۳۸ | ۳۶ | ۴ | ۰.۰۱۳۵ |

**جدول(۱)**

| ۱(°c) | d(mm) | Δd | d/۲ | Δr | h(m) *$۱۰^{-۳}$ | Δh *$۱۰^{-۴}$ | σ(N/m) *$۱۰^{-۴}$ | Δσ(N/m)*$۱۰^{-۳}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲۵ | ۰.۵ | ۰ | ۰.۲۵ | ۰ | ۲۲ | ۱ | ۲۷ | ۱.۲۲ |
| ۲۵ | ۱ | ۰ | ۰.۵ | ۰ | ۱۴ | ۱ | ۳۴.۳ | ۲.۴۲ |
| ۲۵ | ۲ | ۰ | ۱ | ۰ | ۶ | ۱ | ۲۹.۴ | ۴.۸۳ |
| ۲۵ | ۲.۵ | ۰ | ۱.۲۵ | ۰ | ۳ | ۱ | ۱۸.۳ | ۶ |

**جدول (۲)**

| آزمایش | V($cm^3$) | w | w‘ | B=W-W‘ |
|---|---|---|---|---|
| جسم ۱ | ۶ | ۰.۵۶ | ۰.۴۶ | ۰.۱ |
| جسم ۲ | ۵ | ۰.۵ | ۰.۴۲ | ۰.۰۸ |

**جدول (۳)**

## محاسبات و خطاها:

### قسمت۱)

$$R = \frac{d}{۲} = ۲۸.۵ \qquad F_T = \frac{F_۱ + F_۲ + F_۳}{۳} = ۳۶$$

$$R = \frac{d}{۲} \Longrightarrow \Delta R = \frac{\Delta d}{۲} \Longrightarrow \Delta R = \frac{۱}{۲} = ۰.۵$$

$$\delta F = \text{خطا آزمایشگر} + \text{خطا دستگاه}$$

$$\delta F = Max\{|F - F_i|\} = Max\{|۳۶ - ۳۳|, |۳۶ - ۳۷|, |۳۶ - ۳۸|\} = ۳mN$$

$$\Delta F = ۱ + ۳ = ۴mN$$

$$\sigma = \frac{F}{۴\pi R} = \frac{۰.۱۰۶N}{m} \quad \Longrightarrow \frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{\Delta F}{F} + \frac{\Delta R}{R} = ۰.۰۱۳۵N/m$$

### قسمت ۲)

**مقدار $\Delta r$ و $\Delta d$ نا چیز است و مقدار d در صورت مسئله گفته شده است.$\Delta h$ برابر خطای دستگاه یا همان دقت اندازه گیری دستگاه می باشد که برابر با ۰.۰۰۱ متر است.**

$$\sigma = \frac{\rho grh}{۲cos\theta} \ , \theta = ۰ \ \Rightarrow \sigma = \frac{\rho grh}{۲} \quad , \rho_{\text{آب}} = \frac{۱۰۰۰kg}{m^۳} \quad g = ۹.۸m/s^۲$$

$$\sigma_۱ = \frac{۱۰^۳ \times ۹.۸ \times ۰.۲۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۲۲ \times ۱۰^{-۳}}{۲} = ۲۷ \times ۱۰^{-۳}$$

$$\sigma_۲ = \frac{۱۰^۳ \times ۹.۸ \times ۰.۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۴ \times ۱۰^{-۳}}{۲} = ۳۴ \times ۱۰^{-۳}$$

$$\sigma_۳ = \frac{۱۰^۳ \times ۹.۸ \times ۱ \times ۱۰^{-۳} \times ۶ \times ۱۰^{-۳}}{۲} = ۲۹.۴ \times ۱۰^{-۳}$$

$$\sigma_۴ = \frac{۱۰^۳ \times ۹.۸ \times ۱.۲۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۳ \times ۱۰^{-۳}}{۲} = ۱۸.۴ \times ۱۰^{-۳}$$

$$\ln(\sigma) = \ln\left(\frac{\rho grh}{۲}\right) \Longrightarrow \frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta h}{h} \Rightarrow \Delta\sigma = (\frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta h}{h})\sigma$$

### قسمت۳)

$$\begin{cases} W_W = mg \\ m = \rho v \end{cases} \Rightarrow W_W = \rho_w vg$$

$$W_{W۱} = ۱۰^۳ \times ۶ \times ۱۰^{-۶} \times ۹.۸ = ۵.۸۸ \times ۱۰^{-۲}N$$

$$W_{W۲} = ۱۰^۳ \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۹.۸ = ۴.۹ \times ۱۰^{-۲}N$$