

## اندازه‌گیری چگالی ماسه

### وسایل آزمایش:

ماسه‌ی خشک      استوانه‌ی مدرج      ترازو      آب

### شرح آزمایش:

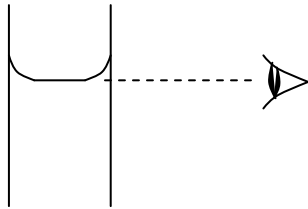
۱- جرم و حجم ماسه‌ی خشک را با وسایلی که در اختیار دارید، اندازه بگیرید. خطای اندازه‌گیری جرم و حجم را نیز ذکر کنید.

۲- چگالی ماسه‌ی خشک و خطای اندازه‌گیری آن را بر اساس رابطه‌های زیر به دست آورید.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \Delta \rho = \rho \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2}$$

$\Delta m$ : خطا در اندازه‌گیری جرم  
 $\Delta V$ : خطا در اندازه‌گیری حجم

۳- استوانه‌ی مدرج را کاملاً خالی کنید. مقداری آب درون آن بریزید (حدود ۲۰۰ mL). حجم آب را به دقت اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



• می‌دانید که برای خواندن سطح مایع، قائم به آن نگاه می‌کنیم.

۴- ماسه را به آب اضافه کرده و کمی صبر کنید تا ته‌نشین شود. سپس حجم مخلوط ماسه و آب را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

۵- حجم ماسه و آب با هم کمتر از حجم‌های جداگانه‌ی آنها می‌باشد. علت چیست؟ حجم واقعی ذرات ماسه چقدر است؟

۶- چگالی ماسه و خطای اندازه‌گیری آن را در صورتی که بین ذره‌های آن هوا وجود نداشته‌باشد، حساب کنید.

۷- شیشه با حرارت دادن ماسه ساخته می‌شود. بر اثر این عمل ذرات در هم ذوب می‌شوند. چگالی شیشه در

حدود  $2/5 \text{ gr/cm}^3$  است. آیا می‌توانید این اطلاعات را به نتایجی که در این آزمایش به دست آورده‌اید، ربط دهید؟

## تحرک مولکول‌ها

### وسایل آزمایش:

دو عدد بشر      آب سرد و آب گرم      رنگ گواش

### شرح آزمایش:

یک بشر را از آب سرد و بشر دیگر را از آب گرم پر می‌کنیم. کمی صبر می‌کنیم تا آب آرام شود. بعد در هر کدام از بشرها دو قطره‌ی یکسانِ رنگ گواش می‌ریزیم. هر چند دقیقه یک‌بار بشرها را مشاهده می‌کنیم و رنگ آنها را با هم مقایسه می‌نماییم.

### پرسش‌ها:

۱. علت پخش شدن رنگ را در بشرها از دیدگاه مولکولی توضیح دهید.
۲. چرا بشر آب گرم زودتر از بشر آب سرد رنگ را در خود پخش می‌کند؟

## سرد شدن شمع

### وسایل آزمایش:

پارافین      لوله آزمایش      چراغ الکلی      دستگیره‌ی لوله

### شرح آزمایش:

این آزمایش قدرت مشاهده‌ی شما را می‌سنجد. شما احتمالاً سرد شدنِ پارافین ذوب شده را پیش از این دیده‌اید. ولی این بار باید کاملاً با دقت به آن نگاه کنید!

مقداری پارافین را در لوله‌ی آزمایش قرار دهید.

۱- چراغ الکلی را روشن کنید و لوله را به آرامی حرارت دهید.

• سعی کنید حرارت شعله به طور یکنواخت به لوله برسد. در غیر این صورت ممکن است لوله بشکند.

۲- لوله را آنقدر حرارت دهید تا پارافین ذوب شود. حال اجازه دهید تا پارافین به آرامی سرد شود. با دقت به

آن نگاه کنید و هر اتفاقی را که جالب به نظر می‌رسد یادداشت کنید.

۳- سعی کنید که تمام چیزهایی را که دیده‌اید توضیح دهید. برای این کار باید به ذرات (مولکول‌های) پارافین

فکر کنید.

## نیروی کشش سطحی آب

### وسایل آزمایش:

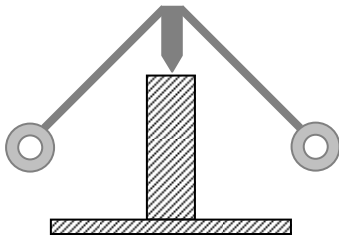
ظرف پلاستیکی      سیم مسی      آب      مایع ظرفشویی

### شرح آزمایش:

- ۱- با سیم یک حلقه به قطر تقریبی ۴ cm بسازید. آن را در ظرف آب فرو ببرید. در حالی که سطح حلقه کاملاً افقی است، حلقه را به آرامی از سطح آب خارج کنید. مشاهده‌های خود را به دقت شرح دهید.
- ۲- این بار با سیم یک حلقه به قطر ۲ cm بسازید و کارهای قسمت قبل را تکرار کنید. این بار نیز مشاهده‌های خود را شرح دهید. تغییر شعاع حلقه چه تأثیری بر مشاهده‌های شما در قسمت قبل می‌گذارد؟
- ۳- در ظرف آب چند قطره مایع ظرفشویی بریزید و هم بزنید. مراحل ۱ و ۲ را تکرار کنید. چه تغییری مشاهده می‌شود؟ مایع ظرفشویی چه تأثیری بر آب می‌گذارد؟
- ۴- اثر نامنظم کردن شکل حلقه بر مشاهده‌های شما چیست؟

## اسباب بازی تی‌تر

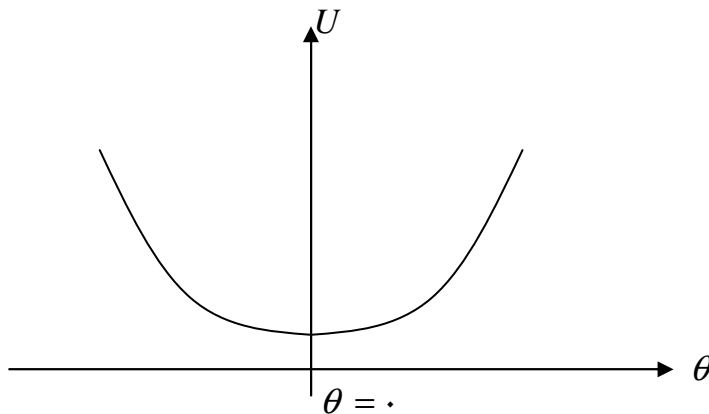
همه‌ی اجسام به طور طبیعی میل دارند که سطح انرژی خود را به کمترین مقدار ممکن برسانند. مثلاً واکنش‌های شیمیایی اغلب در جهتی پیش می‌روند که با کاهش سطح انرژی همراه باشد. برای جسمی هم که در نزدیکی سطح زمین قرار دارد، انرژی پتانسیل گرانشی با ارتفاع از سطح زمین رابطه‌ی مستقیم دارد ( $U = mgh$ ). بنابراین کاهش انرژی مستلزم کاهش ارتفاع است.



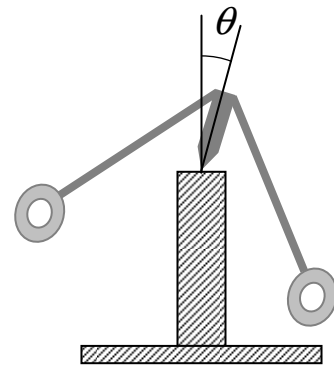
تی‌تر در حالت تعادل

اسباب بازی تی‌تر طوری طراحی شده است که در حالت تعادل، کمترین مقدار انرژی پتانسیل را دارد. به هر سمتی که آن را منحرف کنیم، انرژی پتانسیل آن بیش از حالت تعادل می‌شود (این به خاطر شکل هندسی خاص آن است). بنابراین پس از هر انحراف، به جای اولش برمی‌گردد. دلیل پایداری عجیب تی‌تر همین است.

نمودار انرژی پتانسیل تی‌تر بر حسب زاویه‌ی انحراف به شکل زیر است. واضح است که کمترین مقدار انرژی مربوط به  $\theta = 0$  است.



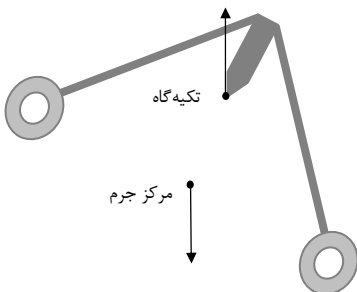
نمودار انرژی پتانسیل بر حسب زاویه‌ی انحراف



تی‌تر در حال انحراف به اندازه‌ی زاویه‌ی  $\theta$

این پدیده را به روش دیگری نیز می‌توان توضیح داد: بیشتر جرم این اسباب بازی در وزنه‌های دو طرف آن متمرکز شده‌است، یعنی جرم میله‌ها در مقایسه با جرم وزنه‌ها ناچیز است. بنابراین مرکز جرم تی‌تر در نقطه‌ای بین دو وزنه قرار دارد. (لزومی ندارد که مرکز جرم روی جسم باشد).

از آنجا که مرکز جرم، نقطه‌ی اثر نیروی وزن است، مطابق شکل دیده می‌شود که مجموع نیروهای وزن و تکیه‌گاه، تی‌تر را همیشه به حالت تعادل باز می‌گردانند.



## محافظت در برابر سرما

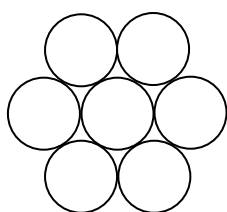
### وسایل آزمایش:

لوله‌ی آزمایش (حداقل ۷ تا) دماسنج (۲ تا) پایه برای نگه داشتن لوله‌ها آب داغ

### شرح آزمایش:

پنگوئن‌هایی که در مناطق بسیار سرد قطب جنوب زندگی می‌کنند، اغلب به دور هم جمع می‌شوند تا خود را گرم نگه دارند. در اینجا می‌خواهیم این پدیده را شبیه‌سازی کنیم. به جای پنگوئن‌ها از لوله‌های آزمایش استفاده می‌کنیم که داخل آنها آب گرم ریخته‌ایم.

همه‌ی لوله‌ها را -به جز یکی- کنار هم قرار می‌دهیم تا با هم در تماس باشند. یک لوله‌ی باقیمانده را تنها نگه می‌داریم.



پس از گذشت مدت زمان معینی، دمای لوله‌ی تنها و یکی از لوله‌های وسطی را اندازه گرفته و با هم مقایسه می‌کنیم.

### پرسش‌ها:

- ۱- چه عواملی سبب می‌شود که لوله‌ی تنها زودتر از لوله‌های به هم چسبیده خنک شود؟ به هم چسبیده بودن لوله‌ها چگونه انتقال گرما را کند می‌کند؟
- ۲- پنگوئن‌ها علاوه بر جمع شدن به دور یکدیگر چه راه‌هایی برای فرار از سرما دارند؟ (مثلاً رنگ پوست یا چرب بودن پرها یا ...)

## رسانایی گرمایی جامدات

### وسایل آزمایش:

چند میله از جنس‌های مختلف (مس، آهن، آلومینیم، ...) دستگیره چراغ شعله موم کبریت

### شرح آزمایش:

میله‌ها را روی دستگیره قرار دهید. به سمت دیگر هر کدام از میله‌ها به وسیله‌ی موم، چوب کبریتی بچسبانید. حال دستگیره را روی چراغ الکلی قرار دهید، به طوری که حرارت شعله به طور یکسان به میله‌ها برسد. آنچه را که مشاهده می‌کنید، توضیح دهید. چه ارتباطی بین مشاهده‌های شما و داده‌های جدول زیر وجود دارد؟

رسانندگی گرمایی مواد در $^{\circ}C$	
رسانندگی گرمایی $W/m.K$	ماده
۲۳۸	آلومینیم
۱۲۰	برنج
۴۰۰	مس
۴۱۸	نقره
۸۲	آهن
۱/۰	شیشه (پیرکس)
۳۵	سرب

### نکته:

در این آزمایش همه‌ی چوب کبریت‌ها باید به‌طور یکسان چسبانده شوند، زیرا مقدار مومی که برای چسباندن به‌کار می‌رود، در زمان افتادن چوب کبریت‌ها کاملاً تأثیر می‌گذارد.

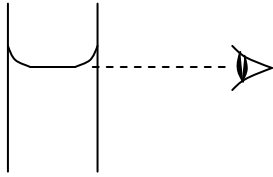
## اندازه‌گیری چگالی یک جسم

### وسایل آزمایش:

نیروسنج      استوانه‌ی مدرج      نخ      وزنه

### شرح آزمایش:

۱- جسم را از نخ آویزان کنید و حجم آن را با محاسبه‌ی تغییر ارتفاع آب در استوانه‌ی مدرج اندازه بگیرید. خطای اندازه‌گیری حجم را ذکر کنید.



• می‌دانید که برای خواندن سطح مایع، قائم به آن نگاه می‌کنیم.

۲- وزن جسم را با نیروسنج اندازه بگیرید و از روی آن جرم جسم را پیدا کنید.

$$(g = 9.8 \text{ m/s}^2)$$

۳- چگالی جسم و خطای اندازه‌گیری آن را بر اساس رابطه‌های زیر به‌دست آورید.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \Delta\rho = \rho \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2}$$

$\Delta m$ : خطا در اندازه‌گیری جرم  
 $\Delta V$ : خطا در اندازه‌گیری حجم

۴- وزن جسم را در حالی که کاملاً در آب غوطه‌ور است، اندازه بگیرید.

۵- چگالی آب را از رابطه‌ی زیر (قانون ارشمیدس) به‌دست آورید.

$$\text{چگالی آب} \times \text{حجم جسم} = \text{اختلاف وزن جسم در آب و هوا}$$

۶- تمام عللی را که باعث ایجاد خطا در این آزمایش می‌شوند، ذکر کنید. چگونه می‌توانید دقت آزمایش را افزایش دهید؟



## تیغی شیشه‌ای

### وسایل آزمایش:

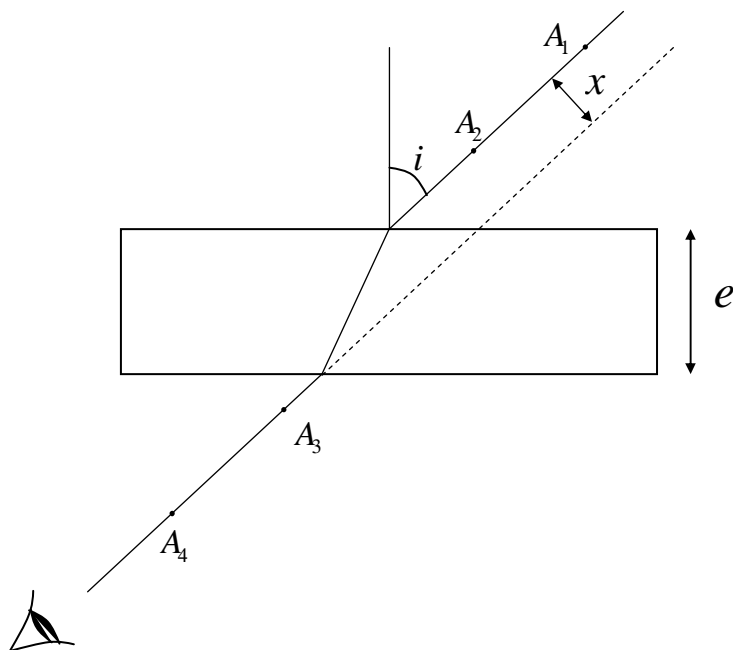
تیغی شیشه‌ای کولیس خط‌کش کاغذ سفید فوم سنجاق ته‌گرد

### شرح آزمایش:

- ۱- تیغی شیشه‌ای را روی کاغذ بگذارید و با یک مداد نوک تیز دور آن را خط بکشید.
- ۲- سنجاق‌های  $A_1$  و  $A_2$  را مطابق شکل در یک طرف تیغه روی کاغذ فرو کنید. از طرف دیگر به تیغه نگاه کنید و سنجاق‌های  $A_3$  و  $A_4$  را طوری روی کاغذ فرو کنید که هر چهار سنجاق را در یک امتداد ببینید.
- ۳- تیغه را بردارید. خطوط را امتداد دهید و میزان انحراف پرتو ورودی ( $x$ ) را از راستای اولیه با خط‌کش اندازه بگیرید. سپس از رابطه‌ی زیر ضریب شکست تیغی شیشه‌ای را به دست

$$n = \frac{\text{Sin } i \sqrt{e^2 + x^2} - 2xe \text{Sin } i}{e \text{Sin } i - x} \text{ آورید.}$$

- ۴- آزمایش را با زاویه‌های گوناگون به تعداد مناسب تکرار کنید و میانگین  $n$  و خطای آن را پیدا کنید.



## مقایسه‌ی ظرفیت گرمایی ویژه‌ی مایعات گوناگون

### وسایل آزمایش:

چراغ الکلی سه پایه توری نسوز بشر و دماسنج (هر کدام به تعداد مایع‌ها)  
آب روغن آب نمک (با غلظت‌های متفاوت) ترازو

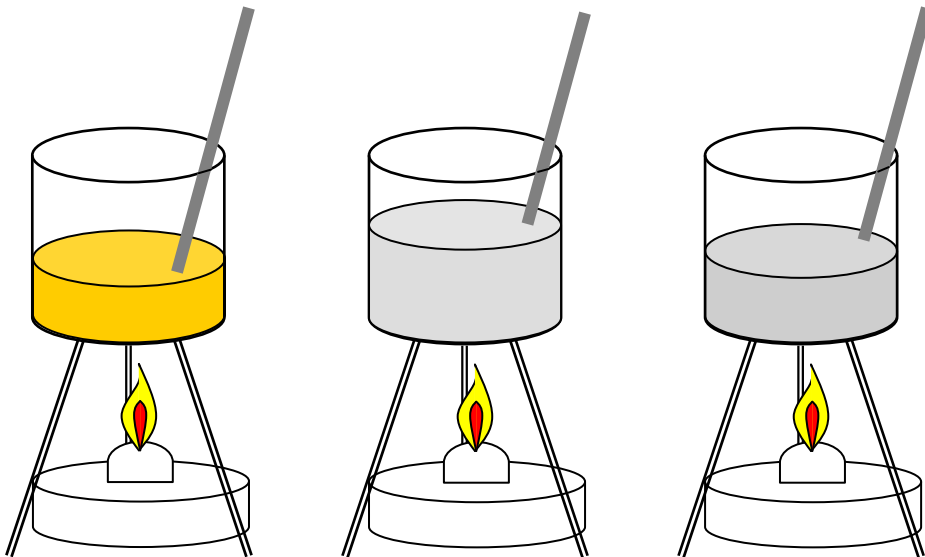
### شرح آزمایش:

از هر کدام از مایع‌ها جرم یکسانی را در بشرها می‌ریزیم. سپس بشرها را روی سه‌پایه قرار می‌دهیم و زیر آنها چراغ‌های یکسان روشن می‌کنیم. در هر کدام از بشرها یک دماسنج می‌گذاریم. در فاصله‌های زمانی یکسان، دمای بشرها را خوانده و در جدول ثبت می‌کنیم. در آخر نمودار دما بر حسب زمان را رسم می‌کنیم (این کارها بهتر است روی تخته انجام شود).

با استفاده از این اطلاعات، ظرفیت گرمایی ویژه‌ی مایعات را با هم مقایسه می‌کنیم. یعنی می‌گوییم «چون این ماده دمایش کمتر بالا رفته، پس ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آن بیشتر است».

### پرسش:

- ۱- عواملی که در این آزمایش خطا ایجاد می‌کنند، کدامند؟
- ۲- چه تغییراتی باید در این آزمایش بدهیم تا با آن بتوانیم ظرفیت گرمایی ویژه‌ی مایعات را به طور کمی تعیین کنیم؟



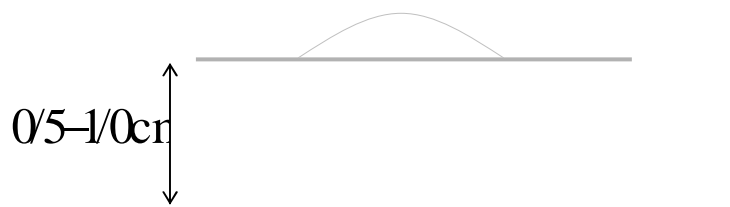
## قطره‌ی آب

### وسایل آزمایش:

کاغذ سفید      آب      پلاستیک شفاف یا لام

### شرح آزمایش:

صفحه‌ی شفاف را بردارید و در حالی که کاملاً خشک است، یک قطره‌ی آب روی آن بچکانید. تیغه را در فاصله‌ی نیم یا یک سانتیمتر از کاغذ سفید قرار دهید و بگذارید نور چراغ از بالا به آن بتابد. روی کاغذ سفید چه می‌بینید؟ مشاهددهای خود را به‌دقت بنویسید و آنها را توجیه کنید.



# کولیس

## وسایل آزمایش:

کولیس      تعدادی وزنه      لوله‌ی آزمایش      تیغه‌ی شیشه‌ای

## شرح آزمایش:

از کولیس برای اندازه‌گیری قطر خارجی یا طول، قطر داخلی یا عمق با دقتی بیشتر از خط‌کش استفاده می‌کنیم.

خط‌کش      اندازه‌گیری قطر داخلی

اندازه‌گیری عمق

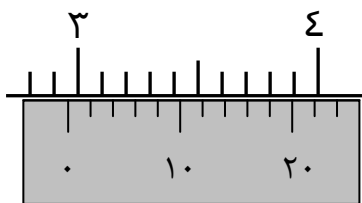
اندازه‌گیری

قطر خارجی

ورنیه

کولیس از ترکیب یک خط‌کش مدرج و یک ورنیه‌ی متحرک درست شده است. برای خواندن، نخست جزء میلیمتری را از روی خط‌کش می‌خوانیم (یعنی عددی که صفر ورنیه در مقابل آن قرار دارد و یا از آن گذشته است).

برای خواندن جزء کسری، درجه‌ای از ورنیه را پیدا می‌کنیم که درست برابر یکی از درجات خط‌کش باشد.



مثلاً در شکل مقابل صفر ورنیه از مقابل  $2/9 \text{ cm}$  گذشته است و درجه‌ی 18

ورنیه با یکی از درجات خط‌کش منطبق شده است. پس طول مورد نظر برابر با

$2/918 \text{ cm}$  است.

۱- تیغه‌های کولیس را به هم بچسبانید و ببینید روی ورنیه‌ی کولیسی که در اختیار دارید چه طولی به چند

قسمت تقسیم شده است؟ به این ترتیب محاسبه کنید که هر یک از درجه‌های ورنیه چقدر از درجه‌های

خط‌کش کوچکتر است؟ این اختلاف، دقت کولیس را مشخص می‌کند. عددی را که به دست آورده‌اید با

دقتی که روی بدنه‌ی کولیس حک شده است مقایسه کنید.

۲- ببینید کولیس شما خطای نقطه‌ی صفر دارد یا نه؟

۳- ابعاد اجسامی را که روی میز قرار داده شده، به دست آورید.

۴- قطر و عمق لوله‌ی روی میز را پیدا کنید.

## بعد فراکتالی

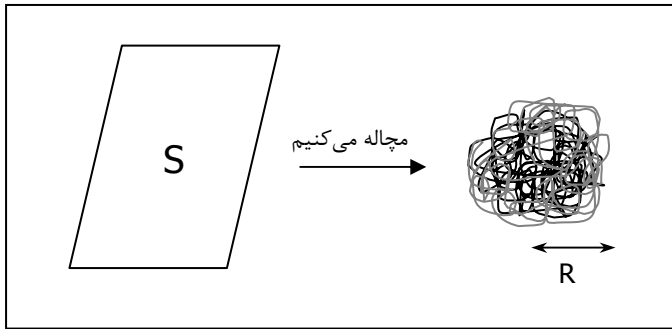
### وسایل آزمایش:

کاغذهای نمودار

آب خطکش

کاغذ A4 به مقدار کافی

### شرح آزمایش:



شکل ۱: پارامترهای مربوط به کاغذ

کاغذی به سطح  $S$  را در نظر بگیرید. اگر آن را به طور یکنواخت مچاله کنیم و به صورت تقریباً کروی درآوریم، می‌توانیم به آن شعاع  $R$  را نسبت دهیم (شکل ۱).

۱- برای مساحت‌های مختلف  $S$  این کار را انجام دهید و  $R$  را برحسب  $S$  ثبت کنید. سپس نمودار  $R$  را برحسب  $S$  در هر سه نمودار (میلیمتری، تمام‌لگاریتمی و نیم‌لگاریتمی) رسم کنید و رابطه‌ی  $S$  را با  $R$  به دست آورید.

۲- قسمت ۱ را برای حالتی که کاغذ مچاله شده کاملاً خیس خورده باشد تکرار کنید و باز هم با رسم نمودار، رابطه‌ی  $S$  را با  $R$  به دست آورید.

- همه‌ی نکات آزمایش و عوامل خطا را ذکر کنید و خطاها را نیز محاسبه کنید.

## ریزسنج

### وسایل آزمایش:

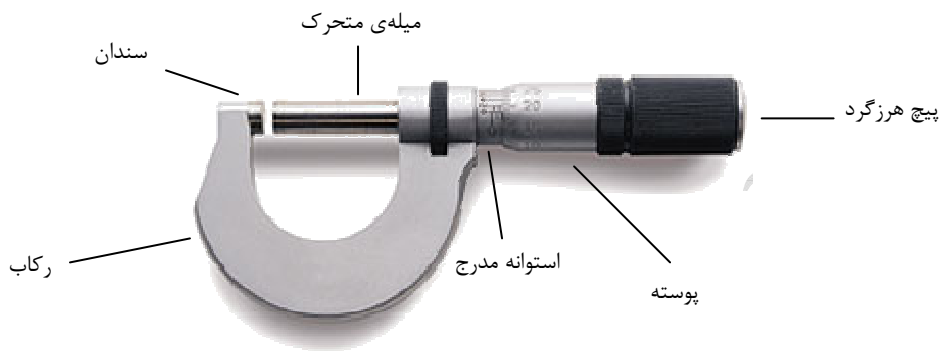
سیم مسی

ساچمه به اندازه‌های مختلف

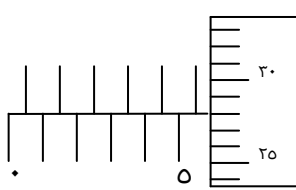
ریزسنج

### شرح آزمایش:

از ریزسنج برای اندازه‌گیری قطر سیم‌ها یا طول‌های کوچک با دقت بسیار زیاد استفاده می‌کنیم.



برای اندازه‌گیری ضخامت یک جسم، آن را بین سنجان و میله‌ی متحرک قرار می‌دهیم و پیچ هرزگرد را آنقدر می‌پیچانیم تا جسم بین سنجان و میله محکم شود. پیچ هرزگرد فقط تا میزان مشخصی می‌تواند جسم را بین میله و سنجان فشار دهد. پس از این مقدار، چرخاندن آن تأثیری بر اندازه‌گیری ندارد. مقداری که استوانه از پوسته خارج شده‌است، بر حسب میلیمتر خوانده می‌شود. اگر درجه‌ی صفر پوسته در مقابل درجه‌ی میلیمتری نباشد، درجه‌های پوسته را - که هر کدام برابر  $\frac{1}{100}$  میلیمتر است - با تقسیم‌های میلیمتری جمع می‌کنیم.



مثلاً در شکل روبه‌رو درجه‌ی میلیمتری بیشتر از  $5/5$  میلیمتر را نشان می‌دهد. چون درجه‌ی ۲۸ پوسته روبه‌روی خط تقسیم قرار دارد،  $0/28$  به آن اضافه می‌شود و مقدار اندازه‌گیری شده  $5/78$  میلیمتر خواهد بود.

۱- با پیچ هرزگرد میله را به سنجان بچسبانید و ببینید که ریزسنج شما خطای نقطه‌ی صفر دارد یا نه؟ در صورت داشتن خطا، مقدار آن را در اندازه‌گیری‌های بعدی منظور کنید.

۲- دقت ریزسنجی که در اختیار دارید چقدر است؟

۳- قطر سیم‌ها، ساچمه‌ها و سایر وسایلی را که در اختیار دارید، تعیین کنید.

۴- ضخامت ورق کاغذ خود را پیدا کنید.

## نوسان لوله‌ی شناور

### وسایل آزمایش:

تعدادی ساچمه	لوله‌ی آزمایش	ظرف حاوی مایع	زمان‌سنج
کولیس	کاغذ نمودار		

### شرح آزمایش:

اگر در یک لوله‌ی آزمایش تعدادی ساچمه بریزیم و آن را روی آب شناور کنیم، به حال عمودی باقی می‌ماند. اگر لوله را کمی بالا یا پایین بیاوریم و سپس رها کنیم، شروع به نوسان می‌کند. دوره‌ی نوسان لوله در این حالت از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

**M:** جرم لوله‌ی آزمایش

**n:** تعداد ساچمه‌ها

**m:** جرم هر ساچمه

**$\rho$ :** چگالی مایع

**g:** شتاب گرانشی ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

**A:** سطح مقطع استوانه

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M + nm}{\rho A g}}$$

میزان انحراف اولیه و نیز میرا شدن نوسان‌ها تأثیری بر مقدار دوره‌ی نوسان ندارد.

۱- با تغییر تعداد ساچمه‌ها بستگی زمان یک نوسان را با تعداد ساچمه‌ها تحقیق کنید. برای این کار اندازه‌گیری را برای پنج مقدار مختلف و برای هر مقدار حداقل سه بار انجام دهید. نتایج اندازه‌گیری‌ها را در یک جدول ثبت کنید.

۲- نمودار  $T^2$  را بر حسب  $n$  رسم کنید و از آن جرم لوله و جرم هر ساچمه را پیدا کنید.

## اندازه‌گیری زمان

### وسایل آزمایش:

پایه و میله و گیره      زمان‌سنج      خط‌کش      نخ      وزنه

### شرح آزمایش:

۱- با زمان‌سنجی که در اختیار دارید، مدت زمان ۲۰ ضربان قلب خود را ده بار اندازه بگیرید. بیست ضربان چه مدت طول می‌کشد؟

برای یک آونگ ساده که تشکیل شده از جرمی که به وسیله‌ی ریسمانی از تکیه‌گاه آویخته شده‌است، برای نوسان‌های کوچک (زاویه‌ی انحراف کمتر از پنج درجه)، میان زمان یک نوسان کامل ( $T$ ) و طول آونگ ( $l$ ) این رابطه برقرار است،  $T = \sqrt{\frac{l}{g}}$  که  $g$  شدت میدان جاذبه در سطح زمین است.

۲- با تغییر طول ریسمان بستگی زمان یک نوسان کامل با طول آونگ را تحقیق کنید. برای این کار اندازه‌گیری را برای پنج طول مختلف و برای هر طول حداقل سه بار انجام دهید. جدولی مانند زیر در گزارش کار خود رسم کرده و آن را کامل کنید.

$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$	$T$ (s)					$L$ (cm)	ردیف
	$\Delta T$	$\bar{T}$	$1 \cdot T_1$	$1 \cdot T_2$	$1 \cdot T_3$		

۳- میانگین  $g$  را از جدول به دست آورید و خطای اندازه‌گیری آن را نیز ذکر کنید.



## حرکت روی سطح شیب‌دار

### وسایل آزمایش:

میله‌ی پرده ساچمه‌ی فلزی زمان‌سنج خط‌کش متر نواری

### شرح آزمایش:

حرکت یک گلوله‌ی فلزی روی سطح شیب‌دار مثالی از یک حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت است. همان‌طور که می‌دانیم، رابطه‌ی میان مکان و زمان یک جسم که از حال سکون با شتاب ثابت حرکت کرده‌است، به صورت زیر می‌باشد:

$$x = \frac{1}{2} at^2$$

بنابراین اگر شتاب ثابت باشد، مقدار  $a = \frac{2x}{t^2}$  برای یک متحرک همواره ثابت است.

۱- با میله‌ی پرده یک سطح شیب‌دار بسازید و آن را در فاصله‌های ۲۰ سانتیمتری علامت‌گذاری کنید. مانع فلزی را روی یکی از علامت‌ها محکم کنید. حال ساچمه را از بالای میله رها کنید و در این لحظه زمان‌سنج را به کار اندازید (می‌توانید جلوی گلوله خط‌کشی قرار دهید و لحظه‌ای که خط‌کش را برمی‌دارید، زمان‌سنج را به کار اندازید). به محض شنیدن صدای برخورد گلوله با مانع، زمان‌سنج را متوقف کرده و زمان حرکت را بخوانید.

۲- کارهای قسمت قبل را برای هر طول سه‌بار تکرار کنید و نتایج را در جدولی مانند زیر وارد کنید.

$a = \frac{2x}{t^2}$	$t$					$x$	ردیف
	$\Delta t$	$\bar{t}$	$t_1$	$t_2$	$t_3$		

۳- نمودار  $x$  بر حسب  $t$  را رسم کنید. با توجه به مفهوم شتاب درباره‌ی شیب این نمودار توضیح دهید.

۴- میانگین  $a$  را از جدول به دست آورید و خطای آن را نیز ذکر کنید.

## کشیدگی فنر

### وسایل آزمایش:

پایه و میله و گیره خطکش فنر وزنه در وزن‌های مختلف

### شرح آزمایش:

- ۱- فنر را از گیره بیاویزید و طول آن را اندازه بگیرید.
- ۲- وزنه‌های مختلف را به انتهای فنر آویخته و پس از آن که دستگاه وزنه-فنر به حال سکون درآمد، طول فنر را اندازه بگیرید. وزنه‌ها را با هم ترکیب کنید تا تعداد اندازه‌گیری‌ها بیشتر شود. جدول زیر را با استفاده از داده‌های آزمایش کامل کنید.

ردیف	وزن وزنه (نیوتن)	طول فنر با وزنه (متر)	تغییر طول فنر (متر) $x$	$\frac{W}{x}$

- ۳- میانگین ستون آخر جدول ( $\frac{W}{x}$ ) را پیدا کنید. ثابت فنر را به شکل زیر گزارش کنید:

$$K = \text{خطا} \pm \text{میانگین}$$

$$\text{خطا} = \frac{\text{اختلاف بین کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین مقدار}}{\text{تعداد اندازه‌گیری‌ها}}$$

## رسانایی گرمایی آب

### وسایل آزمایش:

قطعه‌ی یخ لوله‌ی آزمایش (با دستگیره) توری فلزی (یا یک تکه مفتولِ مچاله شده) چراغ الکلی ظرف آب

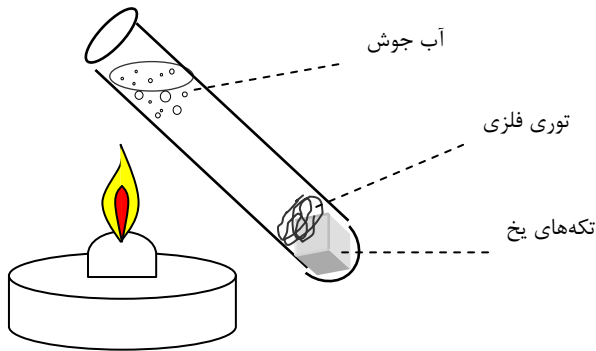
### شرح آزمایش:

۱- قطعه یخی را درون یک لوله‌ی آزمایش قرار دهید. روی یخ را با توری فلزی بپوشانید تا یخ در ته لوله باقی بماند.

۲- لوله را از آب سرد پر کنید.

۳- سر لوله را مطابق شکل گرم کنید.

۴- آن چه را که مشاهده می‌کنید به بحث بگذارید.



- در هنگام انجام این آزمایش روی هدف آن باید تأکید شود؛ یعنی «آب رسانای خوبی برای گرما نیست».

## اندازه‌گیری زمان واکنش

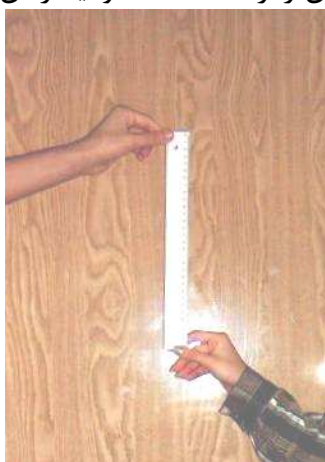
### وسایل آزمایش:

خطکش      زمان سنج

### شرح آزمایش:

از دوست خود بخواهید که خطکش را بین انگشتان شما نگه دارد و سپس رها کند. هنگامی که دوست شما خطکش را رها می‌کند، کمی طول می‌کشد تا شما آن را بگیرید (این مدت را زمان واکنش می‌نامیم). در این مدت خطکش مقداری سقوط می‌کند. این مقدار را می‌توانید به وسیله‌ی درجه‌بندی‌های روی خطکش اندازه بگیرید.

- دوست شما باید طوری خطکش را رها کند که نتوانید زمان افتادن آن را حدس بزنید.



- ۱- کارهای بالا را حداقل ۷ بار تکرار کنید و مسافت سقوط خطکش را هر بار در گزارش کار خود بنویسید (این مسافت را با  $d$  نشان می‌دهیم).
- ۲- میانگین  $d$  و خطای آن را حساب کنید.

$$\Delta d = \frac{\text{اختلاف بین کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین مقدار}}{\text{تعداد اندازه‌گیری‌ها}}$$

- ۳- با توجه به اینکه حرکت خطکش سقوط آزاد است، رابطه‌ی میان زمان واکنش ( $t$ )، شتاب گرانش زمین ( $g$ ) و  $d$  به این صورت است:  $d = \frac{1}{2}gt^2$ .  $t$  را از این معادله به دست آورید.
- ۴- زمان واکنش و خطای اندازه‌گیری آن را با توجه به رابطه‌ی قبل و نیز رابطه‌ی زیر پیدا کنید.

$$\Delta t = \sqrt{\frac{(\Delta d)^2}{2gd} + \frac{d(\Delta g)^2}{2g^3}} \quad g = (9.8 \pm 0.5) \frac{m}{s^2}$$