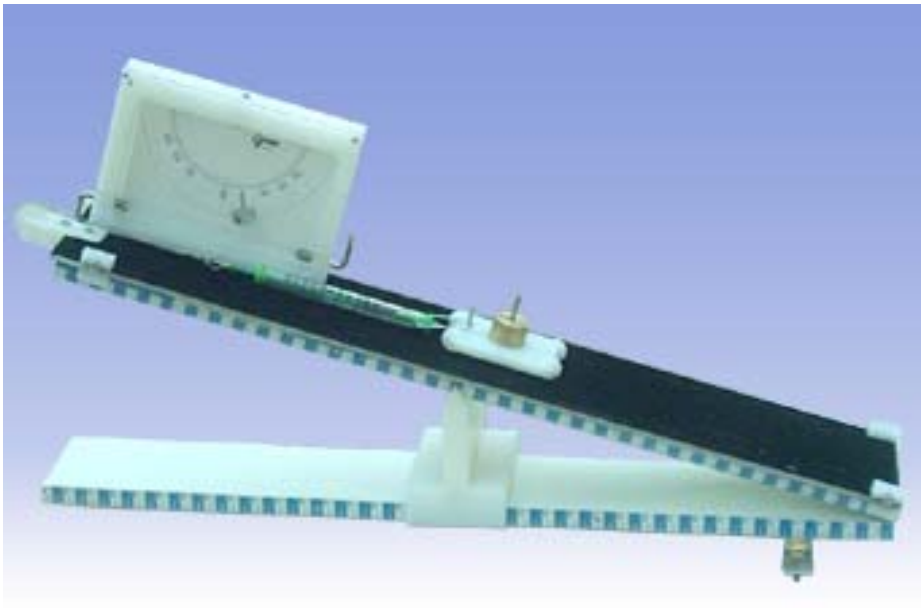
# دستورکارآزمایش سطح شیبدار

**هدف آزمایش:** اندازه گیری ضریب اصطکاک جنبشی برای سطوح مختلف در حالت افقی و شیبدار

**وسایل مورد نیاز:**, بدنه ی سطح شیبدار شامل: پایه های قابل تنظیم سطح ثابت و سطح شیبدار قابل تنظیم قرقره , پایه وزنه , وزنه های : 50 gr (۳عدد) و20 gr (۲عدد) و10 gr (۲عدد) و5 gr (۲عدد) , کفه وزنه آلومینیومی بزرگ و قلاب با نخ ۷۵سانتی ۱عدد , نیروسنج 2.5N , راهنمای تنظیم زاویه سطح شیبدار , لغزنده ی سمباده ای , لغزنده ی ساده , لغزنده ی سندبلاستی , ارابه , شیب سنج سطح شیبدار , سطح اصطکاکی قابل نصب شامل ۲ نوع سطح, تکیه گاه متحرک



## تئوری آزمایش

بنابرقوانین نیوتن، دوام حرکت یکنواخت ومستقیم الخط مستلزم اعمال نیرو نیست ولی مشاهدات روزمره خلاف این مطالب را نشان می دهد. به عبارتی وقتی جسمی روی جسم دیگری تکیه داشته باشد و نسبت به آن حرکت کند یا بخواهد حرکت کند، نیروی مقاومی درسطح تماس دوجسم ودرخلاف جهت حرکت یا میل به حرکت پدید می آید. به این نیرو، نیروی اصطکاک گویند.

## تعریف اصطکاک

سطح جسم جامد حتی اگر بخوبی صیقل شده باشد، کاملاً صاف نبوده و دارای برجستگی ها و فرورفتگی ها و ترک ها و... سایر بی نظمی های میکروسکپی می باشد. این سطوح اغلب از اکسیدها، لایه های چسبنده ای از گازها و مایعات و مواد خارجی پوشیده شده اند.

وقتی سطوح دو جسم تماس حاصل می کنند، درهم رفتن برآمدگی ها و فرورفتگی های میکروسکپی و همچنین چسبندگی نسبی سطوح موجب نوعی درگیری بین دو سطح می شوند که اصطکاک نام دارد این درگیری مانع حرکت نسبی اجسام می شود. طبیعی است بین دو سطح بدون اصطکاک چنین درگیری وجود ندارد. بنابراین می توان گفت: اصطکاک نوعی کیفیت تماس یا در گیر شدن دو سطح است.

## تعریف نیروی اصطکاک

درگیری بین دو سطح در اثر ازدیاد نیروی عمودی $P_n$ که اجسام رابه یکدیگر می فشارد، زیاد می شود، نیروی عمودی ممکن است نیروی وزن و یا مؤلفه قائم آن (اگر جسم روی سطح شیبدار باشد) و یا هر نیروی دیگرعمود برسطح تماس دو جسم باشد واضح است برای رفع درگیری بین دو جسم و در نتیجه حرکت نسبی یکنواخت یکی از دو جسم به نیروی کششی متناسب با $P_n$ نیاز است. اعمال این نیرو به جسم باعث می شود تا جسم از حالت سکون شروع به حرکت نماید. طبیعی است پس از به حرکت در آمدن جسم، برای تداوم حرکت یکنواخت جسم، به نیروی کمتری نیاز داریم که نیروی اصطکاک جنبشی نام دارد.

## تعریف ضریب اصطکاک

همانطور که می دانیم نیروی اصطکاک متناسب با نیروی عمودی $P_n$ است ( $f_s \propto P_n$ ) و در این حالت حدی ضریب تناسب را $\mu_s$ یا ضریب اصطکاک ایستایی می نامند.

$$f_s < \mu_s P_n \quad \Rightarrow \quad \mu_s < \frac{f_s}{P_n}$$

درهنگام حرکت جسم، ضریب اصطکاک را ضریب اصطکاک جنبشی( $\mu_k$ ) و نیروی اصطکاک را، نیروی اصطکاک دینامیکی یا جنبشی ( $f_k$ ) می نامیم و داریم:

$$\mu_k = \frac{f_k}{p_n} \qquad , f_k = \mu_k p_n$$

به تجربه ثابت شده است که همواره $\mu_s > \mu_k$ است.

**توضیح:** نوعی دیگرازاصطکاک غلتشی وجود دارد که به هنگام غلتیدن اجسام بر روی هم ظاهر می گردد که فعلاً مورد بحث ما نیست.

## روش آزمایش

**۱) حالت افقی:** در کناره میز بطوریکه قرقره سطح شیبدار از لبه میز خارج باشد دو سطح شیبدار را روی هم قرارداده و آنرا تراز می کنیم تا در هر دو راستای افق به حالت افقی درآید. ابتدا لغزنده ساده را برروی سطح افقی قرار داده و نخ متصل به آن را از روی قرقره عبور داده و به انتهای آزاد آن کفه را بیاویزید. ممکن است وزن کفه بیش ازنیروی لازم برای به حرکت یکنواخت درآوردن لغزنده ساده باشد، لذا برروی آن آنقدر وزنه بگذارید تا لغزنده ساده با مختصرضربه انگشت که به سطح افق می زنید شروع به حرکت یکنواخت نماید.دراین حالت اگرازاصطکاک قرقره و نخ صرفنظر کنیم، نیروی کشش همان نیروی اصطکاک است که برابربا وزن کفه می باشد، و نیروی عمودی $P_n$ نیز، برابربا وزن لغزنده چوبی و وزنه های روی آن است.

**۱)** برروی لغزنده ساده وزنه های مختلف قراردهید و داخل کفه آنقدر وزنه بگذارید تا مانند حالت قبل با مختصر ضربه انگشت حرکت یکنواخت برقرار شود. آزمایش را حداقل برای سه مقدار تکرار نموده جدول (۱) را تکمیل نمایید.

| شماره آزمایش | وزن کفه و وزنه ها $f_k$ | وزن لغزنده و وزنه ها $P_n$ | ضریب اصطکاک $\mu_k$ | $\frac{\Delta\mu_k}{\mu_k}$ |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | |
| ۲ | | | | |
| ۳ | | | | |

**جدول (۱)**

**۲)** آزمایش را برای لغزنده های متفاوت تکرار کنید و نتایج بدست آمده را در جدولی مانند جدول (۱) درج نمایید. از انجام این دو آزمایش چه نتایج مهمی حاصل می شود؟

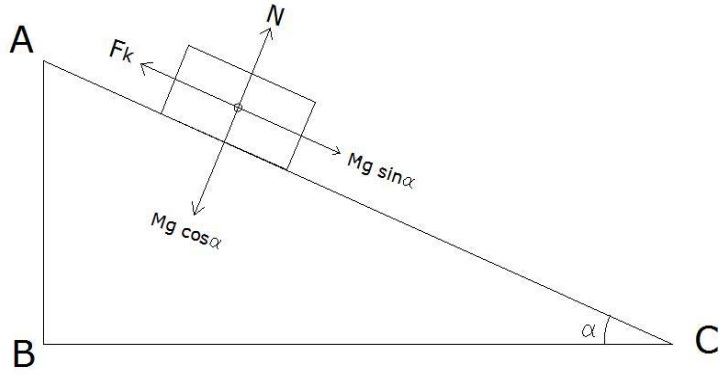
مقادیر $f_k$ و $P_n$ را روی محور عمودی و افقی برده و نمودار $P_n\mu_k = f_k$ را رسم نمایید، آیا این خط ازمبدأ مختصات می گذرد؟ با تعیین ضریب زاویه نمودار ضریب اصطکاک جنبشی بین دو سطح را از طریق ترسیم بدست آورید با استفاده از رابطه $\mu_k = \frac{f_k}{P_n}$ مقدار $\frac{\Delta\mu_k}{\mu_k}$ را با روش دیفرانسیل لگاریتمی محاسبه نموده آن را در جدول (۱) درج نمایید.

۲) **حالت شیبدار:** تکیه گاه را بین سطوح شیبدار در منتهاالیه دو سطح (در فاصله 70cm) قرار داده وبا حرکت دادن آن به سمت مفصل، شیب را زیاد می کنیم. و همزمان با انگشت ضربات آهسته ای برروی سطح می زنیم تا لغزنده با سرعت یکنواخت و آهسته به سمت پایین سطح شیبدار شروع به حرکت نماید در اینجا به وسیله پیچ تکیه گاه آن راثابت می کنیم. می دانیم نیروی وزن به دو مؤلفه تجزیه می گردد، $mgCos\alpha$ که عمود بر سطح تماس و $mgSin\alpha$ که در امتداد سطح تماس دوجسم است، چون $mgSin\alpha$ باعث حرکت یکنواخت جسم شده است بنابراین برابر با $f_k$ ، نیروی اصطکاک است.

آیا ضریب اصطکاک به $\alpha$ بستگی دارد؟ به وزن جسم چطور؟

$$\mu_k = \frac{f_k}{p_n} = \frac{mg\sin\alpha}{mg\cos\alpha} = tg\alpha \qquad tg\alpha = \frac{AB}{BC}$$

$\mu_k$ دراین حالت را با $\mu_k$ درحالت افقی مقایسه کنید و نظرتان را بنویسید.اگردراین حالت روی لغزنده وزنه سنگینی قراردهیم آیا باز هم با سرعت یکنواحت پایین می آید؟ این حا لت را آزمایش کنید و مشاهداتتان را بنویسید. آزمایش را با لغزنده های متفاوت تکرار کنید و $\mu_k$ را برای هر مورد بدست آورید، آیا اصطکاک به جنس لغزنده بستگی دارد.




**۳)** در این قسمت از آزمایش سطح شیبدار را در یک شیب دلخواه $\theta$ قرار دهید و به کمک نخ (که موازی با سطح شیبدار تنظیم می شود) کفه ای را از قرقره آویزان کنید و وزنه هایی روی آن قرار دهید تابطوریکنواخت شروع به بالا رفتن کند در این حالت برای ضریب اصطکاک بین لغزنده و سطح شیبدار داریم (چرا؟)

$$\mu_k = \frac{Mg - mg\sin\theta}{mg\cos\theta}$$

که در این رابطه $M$ جرم کفه و وزنه های آویزان است. با استفاده از این رابطه ضریب اصطکاک جنبشی را به ازای وزنه های متفاوت و برای لغزنده های متفاوت اندازه گیری کنید. جدولی مانند جدول (۱) ترتیب داده، مقادیر مختلف را در آن ذکر کنید.
برای تحقیق مقدار $mg\sin\theta$ یک نیرو سنج مابین قرقره و سطح لغزنده قرارمی دهیم. می دانیم $mg\sin\theta$ باعث حرکت لغزنده می شود با استفاده از نیرو سنج این مقدار را مشاهده کرده و با مقداری که از محاسبه $mg\sin\theta$ بدست آمده مقایسه کنید.
**۴)** در این مرحله مطابق قسمت قبل یک شیب دلخواه $\theta$ را انتخاب کنید و جرم لغزنده و کفه را طوری تنظیم کنید تا لغزنده با شتاب ثابت به طرف بالا حرکت کند. با استفاده از کرنومتر ودر نظر گرفتن طول معینی ازسطح شیبدار، شتاب حرکت لغزنده را اندازه گیری کنید. در این حالت برای ضریب اصطکاک جنبشی بین لغزنده و سطح شیبدار داریم (چرا؟)

$$\mu_k = \frac{Mg - mg\sin\theta - (M+m)a}{mg\cos\theta}$$

با استفاده از این رابطه ضریب اصطکاک را به ازای وزنه های متفاوت وبرای لغزنده های متفاوت اندازه گیری کنید و با مقادیر قسمت قبل مقایسه کنید.