l

آزمایشگاه فیزیک پایه 1

گزارش کار آزمایش شماره 3

« اصطکاک »

گروه 2

محمدرضا مهدیه

تاریخ آزمایش : 24/7/1390

تاریخ تحویل گزارش کار: 1/8/1390

استاد: آقای روزبه ترکی

**تئوری آزمایش**

**وقتی که جسمی ‌می‌‌خواهد بر روی جسمی‌ دیگر بلغزد، نیروی مقاومی در سطح تماس دو جسم در خلاف جهت حرکت پدید می‌‌آید که این نیرو از حرکت جسم جلوگیری می‌‌کند. این نیرو را** [**نیروی اصطکاک**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%86%DB%8C%D8%B1%D9%88%DB%8C+%D8%A7%D8%B5%D8%B7%DA%A9%D8%A7%DA%A9) **گویند. البته لازم به ذکر است که این نیرو در لحظه شروع حرکت را** [**نیروی اصطکاک ایستایی**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%86%DB%8C%D8%B1%D9%88%DB%8C+%D8%A7%D8%B5%D8%B7%DA%A9%D8%A7%DA%A9) **می‌‌گویند، اما در طول حرکت جسم نیز نیرو وجود دارد که در این حالت** [**نیروی اصطکاک لغزشی**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%86%DB%8C%D8%B1%D9%88%DB%8C+%D8%A7%D8%B5%D8%B7%DA%A9%D8%A7%DA%A9) **می‌‌گویند.**

**تجربه نشان می‌‌دهد که نیروی اصطکاک همواره با نیروی عمودی که از طرف جسم بر سطح اتکای آن وارد می‌شود، متناسب است. نیروی عمودی که گاهی نیروی بار نیز گفته می‌‌شود، نیرویی است که هر جسم در راستای عمود بر سطح تماس خود به جسم دیگر یا به سطح اتکای خود وارد می‌‌کند. این نیرو از تغییر کشسان اجسام در تماس ناشی می‌‌شود. مثلا در مورد جسمی ‌که روی یک میز افقی به حالت سکون قرار دارد یا روی آن می‌‌لغزد، بزرگی نیروی عمودی با وزن جسم برابر است. چون جسم** [**شتاب**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B4%D8%AA%D8%A7%D8%A8) **قائم ندارد، لذا باید میز نیز نیرویی به طرف بالا بر آن وارد کند که بزرگی آن با کشش رو به پائین وارد بر جسم از طرف زمین ، یعنی با وزن جسم ، برابر است.**

**بیشترین مقدار نیروی اصطکاک با کمترین نیروی لازم برای شروع به حرکت جسم برابر است. وقتی که حرکت شروع شد، معمولا نیروی اصطکاک بین سطوح کاهش پیدا می‌‌کند و نیروی کمتری برای یکنواخت ماندن حرکت لازم است. همچنین گفتیم که بزرگی نیروی اصطکاک با نیروی عمود بر سطح از طرف جسم متناسب است. ضریب تناسبی که این رابطه تناسب را به تساوی تبدیل می‌‌کند،** [**ضریب اصطکاک**](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A7%D8%B5%D8%B7%DA%A9%D8%A7%DA%A9) **نام دارد. ضریب اصطکاک به عوامل مختلفی چون جنس ماده ، پرداخت سطحی ، فیلمهای سطحی ، دما و میزان آلودگی سطح بستگی دارد. در این آزمایش سعی داریم در مورد چند سطح مختلف ضریب اصطکاک را محاسبه کنیم.**

**قوانین اصطکاک : اصطکاک نیرویی است که با حرکت دو سطح نسبت به هم مخالفت می‌کند. مقدار این نیرو متناسب است با نیروی عمودبرسطح بین دو جسم. در مدل‌های ساده‌شده، اصطکاک را در دو دستهٔ اصطکاک جنبشی و اصطکاک ایستایی رده‌بندی می‌کنند.نیروی اصطکاک ایستایی fs وقتی دو جسم نسبت به هم ساکن‌اند به هر یک از دو جسم وارد می‌شود و دقیقاً مخالف نیرویی است که می‌خواهد دو جسم را نسبت به هم بلغزاند. این نیرو مقدار بیشینه‌ای دارد که با نیروی عمودبرسطح متناسب است:                                              Fs,max= μs N**

**ضریب تناسب μs ضریب اصطکاک ایستایی نام دارد و وابسته به ویژگی‌های دو سطح است و N نیروی عمودی شده از سطح تماس است  . مقدار نیروی اصطکاک می‌تواند بین صفر تا این مقدار بیشینه تغییر کند.نیروی اصطکاک جنبشی fk وقتی دو جسم نسبت به هم در حرکتند به هر یک از دو جسم وارد می‌شود و مقدار آن ثابت و برابر با fk=μkN است. این نیرو در خلاف جهت حرکت دو جسم نسبت به یکدیگر است و با حرکت آن‌ها مخالفت می‌کند. ضریب تناسب μk ضریب اصطکاک جنبشی نام دارد و وابسته به ویژگی‌های دو سطح است و N نیروی عمودی وارد شده از سطح تماس به جسم است.**

**μk معمولاً کوچک‌تر از μs است.مدل ساده‌شده ی بالا فقط به تقریب درست است. مثلاً در این مدل نیروی اصطکاک به مساحت تماس دو جسم وابسته نیست، حال آن‌که در عمل این نیرو به سطح تماس دو جسم بستگی زیادی دارد.**

**اندازه گیری ضریب اصطکاک روی سطح شیبدار**

**هر سطحی با افق زاویه بسازد، سطح شیبدار گفته می‌‌شود. اگر جسمی ‌بر روی سطح شیبدار قرار داده شود، تحت اثر نیروهای وزن جسم ، واکنش عمودی سطح شیبدار و نیروی اصطکاک بین دو سطح تماس قرار می‌‌گیرد و جسم تحت اثر برآیند این نیروها حرکت می‌‌کند.فرض کنید جسمی ‌بر روی یک سطح شیبدار قرار دارد. در این حالت محورهای مختصات را به گونه‌ای انتخاب می‌‌کنیم که محور x در امتداد سطح شیبدار و محور y در امتداد عمود بر سطح باشد. همچنین جهت محور xها را از بالا به پایین انتخاب می‌‌کنیم. نیروی وزن جسم را در امتداد محور x و y تجزیه می‌‌کنیم. بنابراین اگر جرم جسم M و زاویه شیب سطح شیبدار θ باشد، در این صورت مولفه Mg sin θ در امتداد سطح بوده و مولفه Mg cos θ در امتداد محور y خواهد بود. این مولفه همان مولفه عمودی سطح است.در مورد ضریب اصطکاک ایستایی که جسم در آستانه حرکت است، نیروی اصطکاک برابر با مولفه Mg cos θ نیروی وزن است و چون گفتیم که نیروی اصطکاک با نیروی عمودی سطح متناسب است، لذا ضریب اصطکاک از رابطه**

1. **=Mg sin /Mg cos  μs**

**حاصل خواهد شد.**

**بنابراین برای انجام این آزمایش یک مکعب چوبی به جرم معین را روی سطح شیبدار قرار داده و آن را بوسیله یک تکه نخ و یک قرقره به وزنه‌ای که در داخل کفه‌ای قرار دارد و آویزان است، وصل می‌‌کنیم. به این ترتیب ضریب اصطکاک که با tgθ برابر است، قابل اندازه گیری خواهد بود. این آزمایش را چند بار تکرار می‌‌کنیم و به این ترتیب μs مناسبی را انتخاب می‌‌کنیم.**

**اندازه گیری ضریب اصطکاک جنبشی :**

**برای این کار مکعب چوبی را روی سطح شیبدار قرار داده و به تدریج زاویه سطح شیبدار را تغییر می‌‌دهیم تا اینکه قطعه چوب با یک ضربه کوچک با حرکت یکنواخت و ثابت روی سطح حرکت کند. (در ضمن شیب دادن به سطح مرتبا به مکعب ضربه‌های کوچک وارد می‌‌کنیم) سپس زاویه سطح شیبدار را بوسیله نقاله اندازه می‌‌گیریم و از رابطه μk = tg θ ضریب اصطکاک جنبشی را حساب می‌‌کنیم، θk زاویه ای است که تحت آن مکعب با ضربه ملایمی به حرکت در می آید. این آزمایش را نیز برای اجسام مختلف تکرار می‌‌کنیم.**

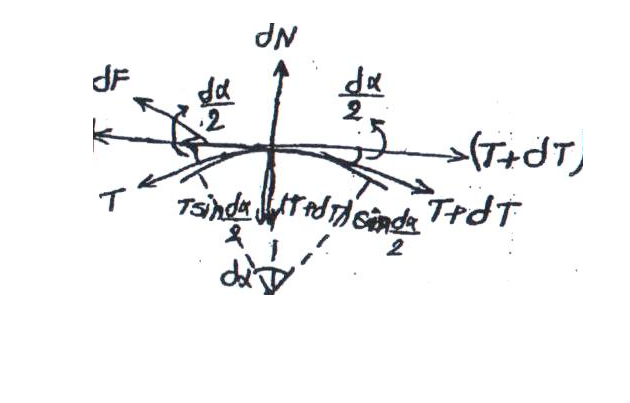
**نیروی اصطکاک : مولفه نیروی سطح در راستای مماس بر سطح نیروی اصطکاک نام دارد، نیروی اصطکاک همیشه در خلاف جهت حرکت جسم اثر می‌کند. و آنرا با fsنشان می‌دهیم. فرض کنید که مکعبی روی میز قرار گرفته است، فنری ( در اینجا نیرو سنج) را به مکعب بسته و از انتهای دیگر فنر طوری مکعب را می‌کشیم که دستمان با سطح میز موازی باشد. اگر فنر را بکشیم از روی افزایش طول آن در می‌یابیم که انتهای دیگر فنر چه نیرویی به قطعه چوب وارد می‌کند. اگر نیروی وارده کوچک باشد ابتدا مکعب حرکت نمی‌کند. نیروهای دیگری نیز در این مساله دخیل‌اند، از جمله نیروی عمودی سطح ، نیروی وزن و از آنجایی که در هیچ یک از دو راستای عمود و مماس بر سطح شتابی  وجود ندارد برآیند نیروها در دو راستا باید صفر شود. به همین منظور مولفه عمودی نیروی وزن باید با نیروی عمودی میز بر مکعب برابری کند و نیروی فنر توسط عامل دیگری که همان نیروی اصطکاک هست حذف می‌شود.**

** fsماکزیمم :**

**اگر نیرویی که با دستمان وارد می‌کنیم به مقدار معین برسد، مکعب در آستانه حرکت قرار می‌گیرد. در این حالت fsبه بیشترین مقدار خود رسیده است که آن را با fs maxنشان می‌دهیم. از این پس با افزایش نیروی فنر برآیند نیروها در راستای مماس بر سطح صفر نیست و مکعب شتاب می‌گیرد.**

**ضریب اصطکاک ایستایی: fmaxبا نیروی عمود یعنی N متناسب است (تجربه برای بسیاری از سطح تماس این مساله را طرح کرد.) بخاطر تساوی رابطه  fmax با N مولفه عمودی نیرو ، ضریبی را به N دخالت می‌هیم که این ضریب ، ضریب اصطکاک حالت سکون نامیده می‌شود که fsکوچکتر مساوی µSN هست. کوچکتر وقتی هست که نیروی اصطکاک به fmax می‌رسد و جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد.**

**ضریب اصطکاک لغزشی :آزمایش نشان می‌دهد که در هنگام حرکت مکعب نیز یک نیروی اصطکاک در همان جهت fsبر جسم وارد می‌شود، این نیروی اصطکاک که بر جسم متحرک وارد می‌شود نیروی اصطکاک در حال حرکت نامیده می‌شود و چون fkبا fmax یکی نیست لذا ضریب تناسب نیز متفاوت است پس می‌توان گفت که آنچه سبب تساوی fkبا N می شودµk ضریب اصطکاک لغزشی نام دارد.**

** ویژگیµ s و µk :همواره ضریب اصطکاک لغزش از ضریب اصطکاک حالت سکون کمتر است.  هردو به جنس دوسطح تماس، رطوبت و بطورکلی به شرایط محیط بستگی دارند.**

**اصطکاک سطح خمیده:**

**به دلیل وجود اصطکاک R برابر با Q نمی باشد.**

**با المان گیری از سطح کوچکی از تماس داریم:**

**شرح عملی آزمایش:**

**قسمت (1):**

**ابتدا سطح شیب دار تنظیم (تراز) شد سپس قطعه ای از چوب که یکطرفش نیز قطعه ای از جنس پلاستیک بر آن چسبیده شده بود را برداشته وسپس هردوسطح را تمیز کرده و در دو مرحله جدا گانه هر سطح تخته چوب را رو یطح شیب دار قرار داده شد وآهسته آهسته شیب آن زیاد شد تا در زاویه ای شروع به حرکت کند . این کار 4 مرتبه انجام شد ودر جدول (1) یادداشت شد.و به کمک آن موارد دیگر جدول تکمیل شد.**

**قسمت (2)**

**برای بدست آوردن ضریب اصطکاک ایستایی به روش دیگری نیز آزمایشی انجام شد که در آن همان قطعه چوبی را روی سطح افقی قرار داده شد و نیروسنج به آن متصل وبه آرامی کشیده شد تا در آستانه حرکت قرار گیرد واین نیرو در جدول (2) ثبت شد ومقدار ضریب اصطکاک مجددا حساب شد.**

**قسمت (3)**

**در این قسمت قطعه روی سطح شیبدار قراد داده شد وسپس اندک اندک شیب افزایش یافت و در هر افزایش ضربه کوچکی به جسم وارد میشد تا زمانی که خود جسم شروع به حرکت یکنواخت کند و در این هنگام زاویه د رجدول (3) یادداشت شد و ضریب اصطکاک دینامیکی نیز محاسبه شد.**

**قسمت(4)**

**برای بدست آوردن ضریب اصطکاک دینامیکی به روش دیگری نیز آزمایشی انجام شد که در آن همان قطعه چوبی را روی سطح افقی قرار داده شد و نیروسنج به آن متصل وبه آرامی کشیده شد تا شروع به حرکت یکنواخت کرده وبا سرعت ثابت حرکت داده شد و مقدار نیرو در جدول (4) یادداشت شد که 3 مرتبه این آزمایش انجام شدو به کمک داده ها مجددا مقدار ضریب اصطکاک دینامیکی محاسبه شد.**

**قسمت (5)**

**حال سطح سیب دار را در زاویه 35 درجه تنظیم و یک با همان قطعه چوب و بار دیگر یک ارابه در پایین سطح شیب دار قرار داده شد وسپس به کمک نیرو سنج به اجسام به طور جداگانه نیرویی اعمال شد تا با سرعت ثابت از سطح شیب دار به بالا کشیده شدند و نیرو ها در جدول (5) ثبت و مقدار بازده محاسبه شد.**

**قسمت (6)**

**حال برای محاسبه ضریب اصطکاک یک سطح خمیده از دو قرقره که یکی ثابت(با اصطکاک) ودیگری متحرک (بدون اصطکاک) بود استفاده شد .به گونه ای که با توجه به زاویه ها مورد نیاز جدول وتنظیم دستگاه جسم آویزان را روی میز قرار داده و از آن طرف نخ به کمک یک نیرو سنج آرام آرام نیرو وارد کرده تا جسم در آستانه حرکت (با یک لغزش) قرار گرفته شد و سپس مقادیر نیرو در جدول (6) ثبت شد و دیگر موارد خواسته شده نیز تکمیل گردید.**

**جداول:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Δμs** | **μs=tanθm** | **Δθ(◦)** | **θm(◦)** | **θ4(◦)** | **θ3(◦)** | **θ2(◦)** | **θ1(◦)** | **نوع سطح تماس** |
| **0.025** | **0.50** | **3.75** | **26.75** | **27** | **29** | **27** | **24** | **چوب-چوب** |
| **0.036** | **0.61** | **4.75** | **31.75** | **29** | **31** | **32** | **35** | **چوب- پلاستیک** |

**جدول (1)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Δμs** | **μs** | **Δfs** |  | **fs3** | **fs2** | **fs1** | **ΔN** | **N** | **نوع سطح** |
| **0.21** | **0.53** | **0.22 N** | **0.59 N** | **0.39 N** | **0.44 N** | **0.41 N** | **0.02 N** | **1.1 N** | **چوب-چوب** |
| **0.05** | **0.77** | **0.04 N** | **0.85 N** | **0.86 N** | **0.85 N** | **0.83 N** | **0.02 N** | **1.1 N** | **چوب- پلاستیک** |

**جدول (2)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Δμd** | **μd** | **Δθ(◦)** | **θm(◦)** | **θ4(◦)** | **θ3(◦)** | **θ2(◦)** | **θ1(◦)** | **نوع سطح تماس** |
| **0.015** | **0.30** | **2.5** | **16.5** | **16** | **15** | **18** | **17** | **چوب-چوب** |
| **0.016** | **0.40** | **2.5** | **21.5** | **23** | **22** | **21** | **20** | **چوب- پلاستیک** |

**جدول (3)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Δμd** | **μd** | **Δfd** |  | **fd3** | **fd2** | **fd1** | **ΔN** | **N** | **نوع سطح** |
| **0.06** | **0.30** | **0.06 N** | **0.34 N** | **0.38 N** | **0.34 N** | **0.30 N** | **0.02 N** | **1.1 N** | **چوب-چوب** |
| **0.05** | **0.31** | **0.05 N** | **0.35 N** | **0.38 N** | **0.36 N** | **0.32 N** | **0.02 N** | **1.1 N** | **چوب- پلاستیک** |

**جدول (4)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ΔR(N)** | **R(N)** | **ΔF(N)** | **(N)** | **F3(N)** | **F2(N)** | **F1(N)** | **θ(◦)** | **ΔP(N)** | **P** | **نوع سطح** |
| **1.79** | **1.12** | **0.08 N** | **0.56** | **0.62** | **0.56** | **0.50** | **35** | **0.02** | **1.1 N** | **با اصطکاک** |
| **1.65** | **1.10** | **0.04 N** | **0.70** | **0.72** | **0.68** | **0.70** | **35** | **0.02** | **2.76N** | **بدون اصطکاک** |

**جدول (5)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **π** | **3π/4** | **π/2** | **π/4** | **α(RAD)** |
| **0.4** | **0.4** | **0.4** | **0.4** | **R (N)** |
| **1.56** | **1.5** | **0.90** | **0.66** | **Q1  (N)** |
| **1.58** | **1.5** | **0.88** | **0.62** | **Q2 (N)** |
| **1.60** | **1.48** | **0.84** | **0.66** | **Q3 (N)** |
| **1.58** | **1.49** | **0.87** | **0.65** | **(N)** |
| **0.04** | **0.03** | **0.05** | **0.05** | **ΔQ (N)** |
| **3.95** | **3.725** | **2.175** | **1.625** | **/R** |
| **1.37** | **1.31** | **0.77** | **0.48** | **Ln Q/R** |
| **0.050** | **0.045** | **0.082** | **0.101** | **Δ( Ln Q/R )** |

**جدول (6)**

**نمودار به صورت ضمیمه در انتهای گزارش موجود می باشد.**

**محاسبات و خطاها:**

**قسمت (1)**

**برای محاسبه خطای μ کافی است از رابطه آن با زاویه شیب دیفرانسیل گرفت:**

**قسمت (2)**

**برای محاسبه خطای ضریب اصطکاک باید از رابطه دیفرانسیل گرفت:**

**قسمت (3)**

**برای محاسبه خطای μ کافی است از رابطه آن با زاویه شیب دیفرانسیل گرفت:**

**قسمت (4)**

**برای محاسبه خطای ضریب اصطکاک باید از رابطه دیفرانسیل گرفت:**

**قسمت (5)**

**برای محاسبه خطای Rداریم:**

**قسمت (6)**

**برای بدست آوردن خطای از طرفین ln و سپس دیفرانسیل میگریم:( می دانیم خطای R برابر 0.01 Nمی باشد)**

**نتیجه گیری:**

**همانطور که در آزمایش کم وبیش مشخص شد، ضریب اصطکاک با شیب محل رابطه متقابل دارد وپس از آن به این ایده نیز رسیدیم که ضریب اصطکاک ایستایی بیشتر از ضریب اصطکاک دینامیک است.**

**پرسش ها:**

1. **نیروی اصطکاک به چه عواملی بستگی دارد؟**

**ضریب اصطکاک به عوامل مختلفی چون جنس ماده ، پرداخت سطحی ، فیلمهای سطحی ، دما و میزان آلودگی سطح بستگی دارد.**

1. **اصطکاک با چه تدابیری کاهش می یابد؟**

**ازبین بردن یا کاهش مواردی که در سوال یک به آنها اشاره شد. برای مثال پاک سازی سطح تماس دو جسم، روانکاری مانند استفاده از روغن برای صیقلی کردن سطح دو جسم.استفاده از ارابه جهت جابه جایی جسم مورد نظر جهت کاهش اصطکاک.**

1. **ضریب استاتیک بیشتر است یا ضریب اصطکاک لغزشی؟ چرا؟**

**ضریب استاتیک. هرگاه بخواهیم با اعمال نیرویی یک جسم را به حرکت واداریم به دلیل جوش بین مولکولی بین سطح تماس دو جسم باید انرژی بیشتری داد تا این جوش کنده(بشکند)شود و جسم شروع به حرکت کند و چون در حین حرکت فرصتی برای ایجاد مجدد این جوش به جسم داده نمی شود پس دیگر نیازی نیست انرژی بیشتری وارد کرد پس برای همین است که ضریب استاتیک بیشتر از ضریب دینامیک می باشد.**

1. **خطاهای موجود در این آزمایش را بین کنید.**

**یکی خطاها خطایی است که در تمام آزمایشها موجود می باشد وآن خطای آزمایش کننده است و خطاهای شامل کم بودن دقت اندازه گیری وسایل، یکنواخت نبودن اجسام (ویکنواخت نبودن ضریب اصطکاک در کل سطح).**

1. **در چه مواردی اصطکاک سود مند است؟**

**یکی از نیاز های اصلی به اصطکاک جهت راه رفتن می باشد و مواردی دیگر چون حرکت اتومبیل و توقف آن ، سمباده زدن سطح یک وسیله و... .**