بسمه تعالی

آزمایشگاه فیزیک پایه ۱

گزارش کار آزمایش شماره ۴

« تعادل اجسام صلب »

گروه ۲

محمدرضا مهدیه

تاریخ آزمایش : ۱۳۹۰/۸/۱

تاریخ تحویل گزارش کار: ۱۳۹۰/۸/۸

استاد: آقای روزبه ترکی

تئوری آزمایش:

ساختار یک ساختمان باید چنان باشد که در اثر عوامل مختلف نظیر طوفان ، زلزله و... فرو نپاشد. پایه‌های یک پل معلق ، باید آنچنان محکم باشد که تحت تاثیر وزن پل و بار ترافیکی روی آن خراب نشود. یک اتومبیل طوری طراحی می‌شود که بر اثر تغییر جهت ناگهانی و یا افزایش سرعت از هم نپاشد .در کلیه این نوع مسائل ، طراح با این مساله درگیر است که این سازه‌ها باید تحت نیروها و گشتاورهای ناشی از اعمال نیروها معیوب نشوند. در چنین مسائلی دو سوال در نظر است. اول اینکه چه نیروها و گشتاورهایی بر جسم مورد نظر اعمال می‌شوند؟ و دوم اینکه ، با توجه به طرح و نوع مواد مورد استفاده در آن ، آیا جسم تحت تاثیر این نیروها و گشتاورها معیوب می‌شود ، یا نه؟

تعادل مکانیکی

برای آنکه یک جسم در تعادل مکانیکی باشد، باید برآیند نیروهای وارد بر آن و همچنین برآیند گشتاورهای وارد بر آن حول هر محور ثابتی در سیستم مرکز جرم ، صفر باشد .

تعادل استاتیکی

برای آنکه یک جسم در تعادل استاتیکی باشد، باید علاوه بر اینکه باید برآیند نیروهایی وارد بر آن و نیز برآیند گشتاورهای وارد بر آن حول هر محور ثابتی در سیستم مرکز جرم صفر باشد) تعادل مکانیکی) ، باید هم سرعت مرکز جرم و هم سرعت زاویه‌ای حول هر محوری در دستگاه برابر با صفر باشد .

تاثیر طرح و نوع مواد تشکیل دهنده جسم در حفظ تعادل جسم

جامدات مرکب از اتمهایی هستند که با هم تماس مستقیم ندارند .اتمها دارای میله‌های محکمی نیستند که بتوانند نزدیک هم قرار بگیرند. پس ابر الکترونی آنها می‌تواند تحت اثر نیروهای خارجی شکل بگیرند، یا تغییر شکل دهند. در یک جامد اتمها توسط نیروهایی که بسیار شبیه به نیروهای فنری عمل می‌کنند، به یکدیگر متصل می‌باشند .ثابتهای فنری موثر بسیار بزرگ نمی‌باشند، به نحوی که برای تغییر فاصله ، نیاز به اعمال نیروی بزرگی دارند. یک استوانه جامد را در نظر بگیرید. برای ایجاد تغییر بر روی آن ، می‌توان آن را از دو انتها کشید و یا آن را با اعمال یک نیروی افقی به سویی هل داد. یا می‌توان آن را با اعمال نیروهایی به صورت یکنواخت در کلیه جهتها فشرد. در هر سه حالت ، تنش ، که در ارتباط با نیروهای اعمالی می‌باشد و کرنش یا یک نوع تغییر شکل ایجاد می‌شود .در حالت کلی تنش و کرنش متناسبند. اگر تنش بیش از حد الاستیک ماده ، افزایش یابد. ابعاد جسم به صورت دائمی تغییر پیدا می‌کند و بعد از برداشتن تنش ، به حالت اولیه‌اش باز نمی‌گردد. در این حالت جسم فرو می‌پاشد. در کشش یا فشردگی ساده ، تنش به صورت نیرو تقسیم بر سطحی که نیرو بر آن اعمال می‌شود و کرنش یا تغییر شکل به صورت یک کمیت بدن دیمانسیون aL/L ، یا تغییر جزئی در طول جسم تعریف می‌شود .

تعادل جسم صلب:

مفهوم واژه «تعادل» در میان عامه مردم با آنچه که در فیزیک مرسوم است، بی ارتباط نیست. در میان عامه مردم موقعیت هر چیز یا شیئی را که پایدار باشد، حالت تعادل گفته می‌شود. حتی در مورد رفتارهای انسان نیز این واژه استعمال می‌شود. مثلا زمانی فردی عصبانی و خشمگین می‌شود، اصطلاحا می‌گویند که فرد تعادل روحی خود را از دست داده است. در فیزیک نیز تقریبا تعادل به همین معنی اطلاق می‌شود، اما تعادل فیزیکی با شرایط خاصی احراز می‌شود و چون جسم صلب عمومی‌ترین شکل از اجسام می‌تواند باشد، لذا برای تشریح تعادل در حالت کلی تعادل جسم صلب مورد بحث قرار می‌گیرد .

جسم صلب

در حالت ایده‌آل واژه «صلب» در مورد جسمی اعمال می‌شود که فاصله ذرات آن جسم از یکدیگر ثابت باشد. هرچند این تعریف در مورد جسم صلب ایده‌آل ، است، اما با تقریب در مورد تمام موارد عملی جسم صلب نیز بکار می‌رود .

شرایط تعادل جسم صلب

هر جسم صلب در صورتی در حال تعادل مکانیکی است که اگر از یک چارچوب مرجع لخت مشاهده شود، شتاب خطی و شتاب زاویه‌ای مرکز جرم آن نسبت به هر محور ثابتی در این چارچوب مرجع ، صفر باشد. در اینجا لزومی ندارد که جسم نسبت به ناظر در حالت سکون باشد، بلکه باید شتاب نداشته باشد.به عنوان مثال ، مرکز جرم می‌تواند با سرعت ثابت حرکت کند و جسم حول یک محور ثابت با سرعت زاویه‌ای ثابت ω بچرخد. اگر چنانچه جسم واقعا در حال سکون باشد، یعنی سرعت زاویه‌ای و سرعت خطی مرکز جرم آن صفر باشد، می‌گوییم که جسم در حال تعادل ایستا است. البته لازم به ذکر است که محدودیتهای مربوط به نیروها و گشتاور نیروها) صفر شدن شتاب زاویه‌ای و شتاب خطی)، چه تعادل ایستا باشد و چه نباشد، یکسان هستند. همچنین می‌توان با انتخاب یک چارچوب مرجع جدید و مناسب هر حالت تعادل ناایستا را به یک تعادل ایستا تبدیل کرد .

بیان دیگری از شرط تعادل جسم صلب

با توجه به تعریف نیرو و گشتاور نیرو می‌توان تعریف دیگری از شرایط تعادل ارائه داد. می‌دانیم که نیروی وارد بر یک ذره برابر است با حاصل‌ضرب جرم جسم در شتاب خطی آن. همچنین گشتاور نیرو نیز با حاصل‌ضرب ممان اینرسی در شتاب زاویه‌ای برابر است. البته در مورد جسم صلب چون فرض می‌کنیم که کلیه نیروها و گشتاور نیروهای خارجی بر مرکز جرم اعمال می‌شوند، لذا شرایط تعادل را می‌توان اینگونه بیان کرد که برای داشتن حالت تعادل در مورد یک جسم صلب باید برآیند کل نیروهای خارجی و نیز برآیند تمام گشتاور نیروهای خارجی صفر باشد. از طرف دیگر ، چون نیرو و گشتاور نیرو هر دو بردار هستند، بنابراین شرایط تعادل به صورت شش شرط مستقل در می‌آید که سه تا مربوط به سه مولفه نیروی برآیند خارجی و سه تای دیگر مربوط به مولفه‌های گشتاور نیروی برآیند خارجی می‌باشند.اما اغلب به مواردی برخورد می‌کنیم که در آنها تمام نیروها در یک صفحه قرار دارند. در این موارد شش شرط فوق به سه شرط تقلیل می‌یابد، یعنی مجموع مولفه‌های نیروها در امتداد هر یک از دو محور متعامد واقع در صفحه باید برابر با صفر و مجموع

گشتاور نیروهای آنها نسبت به هر محور عمود بر صفحه نیز باید برابر با صفر باشد. این شرایط با سه درجه آزادی برای حرکت در صفحه (دو تا مربوط به حرکت انتقالی و سومی مربوط به حرکت دورانی (متناظرند .

چگونگی اعمال شرط تعادل در مورد اجسام صلب

برای استفاده از شرایط تعادل می‌توان روش کار را به این صورت خلاصه کرد:

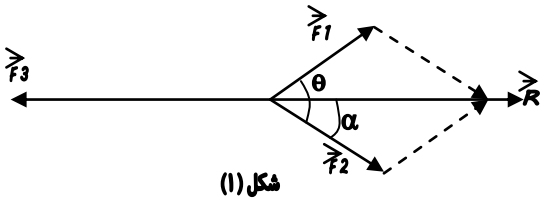
۱. یک خط فرضی به دور دستگاه مورد نظر می‌کشیم. از این طریق می‌توانیم جسم یا دستگاه اجسامی را که قوانین تعادل را در مورد آن بکار می‌بریم، تعیین کنیم. این عمل را *منزوی کردن دستگاه* می‌گویند.

۲. بردارهایی رسم می‌کنیم که بزرگی ، جهت و نقطه اثر تمام نیروهای خارجی را نشان دهند .نیروی خارجی ، نیرویی است که از خارج مرزی که در مرحله اول رسم کرده ایم، وارد می‌شود. نمونه‌هایی از نیروهای خارجی که اغلب در مسائل ظاهر می‌شوند، عبارتند از نیروی گرانش ، نیروهای کشش منتقل شده به وسیله نخها، ریسمانها و میله‌های موجود در مسئله و ... . در این مورد از نقطه‌ای که نیرو مرز را قطع می‌کند، یک مقطع فرضی طوری رسم می‌کنیم که جز منتقل کننده نیرو را دربر داشته باشد .اگر دو انتهای این مقطع از هم دور شوند، نیرو به طرف خارج اثر می‌کند. در این حالت باید نیروهای خارجی وارد بر سیستم را در نظر بگیریم، چون نیروهای داخلی دو به دو یکدیگر را خنثی می‌کنند.

۳. در این مرحله یک دستگاه مختصات متناسب با سیستم مورد بحث انتخاب می‌کنیم و در امتداد محورهای آن گشتاور نیروهای خارجی را ، قبل از بکار بستن شرط (صفر گرفتن گشتاور نیروی برآیند) تجزیه می‌کنیم. تشخیص دستگاه مختصات مناسب خیلی راحت است.

۴. کلیه نیروها و گشتاور نیروها را در امتداد محورهای مختصات تجزیه می‌کنیم. حال شرط تعادل ، یعنی صفر شدن کلیه نیروها وگشتاور نیروهای خارجی را اعمال می‌کنیم. به این ترتیب شرط تعادل در مورد یک دستگاه اعمال می‌شود .

برای صفر بودن برآیند نیروها (شکل(۱))داریم:



شکل(۱)

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0 \Rightarrow \vec{R} + \vec{F}_3 = 0 \Rightarrow \vec{R} = -\vec{F}_3$$

حال به طور کلی هر گاه دو نیروی F_1 و F_2 با زاویه ی θ بین آن دو داشته باشیم و بخواهیم نیرویی را بدست آوریم که آن دو را خنثی کند داریم: (با فرض اینکه آن نیرو **R** باشد)

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta \qquad (3)$$

$$\cos\alpha = \frac{F_2 + F_1\cos\theta}{R} \qquad (4)$$

ماشین ها:

یک ماشین ساده ابزاری است که انجام کارها را برای انسان آسان‌تر می‌کند.

هنگام کار کردن با ماشین‌های ساده، کمیت‌های انرژی و کار ثابت می‌مانند و ممکن است نیرو، توان، سرعت، مسافت تأثیر نیرو و یا جهت نیرو تغییر کنند.

به طور کلی ۶ نوع ماشین ساده داریم که عبارت‌اند از: اهرم ،قرقره ،چرخ و محور، سطح شیبدار، گُوه ،پیچ

یکی از ویژگی‌های ماشین‌ها، مزیت مکانیکی آنها است که رابطه ی کلی آن چنین است:

نیروی مقاوم (نیرویی که ماشین بر جسم وارد می‌کند) تقسیم بر نیروی محرک (نیرویی که ما بر ماشین وارد می‌کنیم).

بازده یا راندمان ماشین‌های ساده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

انرژی یا کار مفید گرفته شده از ماشین تقسیم بر کل انرژی داده شده به آن. (برای اینکه بازده بر حسب درصد بیان شود، حاصل تقسیم را در ۱۰۰ ضرب می‌کنند)

یکی از ویژگی‌های ماشین‌های ساده، مزیت مکانیکی آنها است که نشان می‌دهد ماشین، نیروی وارده را چند برابر کرده است. مزیت مکانیکی کمیتی بی‌بُعد می‌باشد.

رابطه کلی برای تمام ماشین‌ها یا مزیت مکانیکی واقعی (**A'**) : نیروی مقاوم **R** (نیرویی که ماشین بر جسم وارد می‌کند) تقسیم بر نیروی محرک **E** (نیرویی که ما بر ماشین وارد می‌کنیم).

- R / E نیروی مقاوم :R نیروی محرّک :E

اهرم:

مثال ساده‌ای برای اهرم‌ها الاکلنگ است. اهرم‌های دیگر عبارت‌اند از: جارو، انواع قیچی، فندق شکن، انبردست، فرقون، و...

اهرم اولین بار توسط دانشمند یونانی، اَرَشْمیدُس در سال ۲۶۰ قبل از میلاد توصیف شده است. او گفته است: «به من جایی برای ایستادن بدهید، من زمین را جابه‌جا خواهم کرد.»

ساختار اهرم‌ها

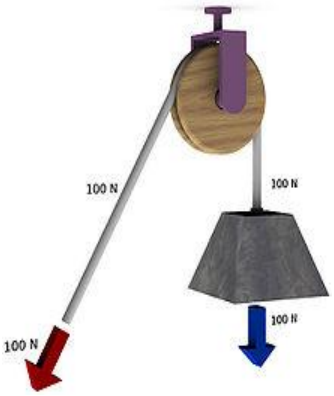
اهرم از سه بخش بازوی محرک، بازوی مقاوم و تکیه‌گاه تشکیل شده است.نیروی محرک بر بازوی محرک وارد می‌شود و نیروی مقاوم که معمولاً وزنه است، بر بازوی مقاوم وارد می‌شود. اهرم‌ها بسته به محل تکیه‌گاه به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند.

مزیت مکانیکی یک اهرم

رابطه ویژه اهرم‌ها در صورت وجود نداشتن اصطکاک (مزیت مکانیکی کامل (**A**)) : در صورت وجود نداشتن اصطکاک مزیت مکانیکی کامل داریم که از تقسیم طول بازوی محرک (**LE**)، بر طول بازوی مقاوم (**LR**) به دست می‌آید:

- L_E / L_R طول بازوی محرک : L_E طول بازوی مقاوم : L_R

قرقره ها:



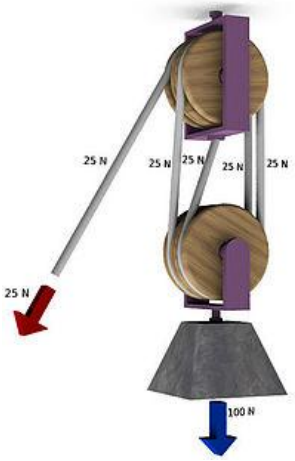
شخصی می‌خواهد وزنه فوق العاده سنگینی را نه از راه پله بلکه از طریق پنجره ساختمان به داخل ساختمان انتقال دهد. او برای این کار از طناب و قرقره استفاده می‌کند. این وسایل باعث می‌شوند که وزنه با نیروی کمتر از وزن خود بالا کشیده شود. این کار چگونه عملی می‌شود؟

ابتدا جسم سنگینی را در نظر بگیرید که از دو طناب آویزان شده است. در این مجموعه نیروی روبه بالای وارد بر جسم برابر کشش طنابها است و مجموع کشش طنابها بر اساس شرط تعادل نیروها باید برابر وزن جسم باشد. اگر وزنه و سیستم آویخته آن متقارن باشد، کشش هر طناب برابر نصف وزن جسم خواهد بود .

قرقره ثابت

سیستمی را در نظر بگیرید که در آن طناب به قرقره‌ای وصل شده است در این حالت طناب از روی قرقره می‌گذرد. اگر طناب همگن باشد، کشش طناب در تمام طول آن یکسان خواهد بود. اگر کشش طناب در یک طرف قرقره با طرف دیگرش متفاوت باشد، قرقره شروع به چرخش می‌کند تا کشش طنابها در طرفین برابر شود. در چنین حالتی نیروی کشش طناب فقط نصف وزن جسم است. زیرا دو نیروی مساوی به سمت بالا با نیروی وزن رو به پایین جسم را در حال تعادل نگه می‌دارند. در حالت کلی ، قرقره ثابت فقط جهت نیرو را تغییر می‌دهد .

قرقره متحرک



سیستم دیگری که به بالا بردن اجسام کمک می‌کند قرقره متحرک است. انتهای طنابی را به تکیه گاه ثابتی ببندید و انتهای دیگرش را که از شیار قرقره متصل به وزنه‌ای وصل شده ، عبور داده و بالا بکشید .

از هیچ ، چیزی بدست آورده اید؟

درست است که به کمک قرقره‌ها جسم را با نیروی کمتری بالا می‌برید، اما باید طناب را بیشتر از حالتی که جسم را مستقیما بالا می‌برید، بکشید. هر بار که شما طناب را ۳ mبا دست بکشید، جسم فقط ۱.۵ mبالا می‌آید . توجیه این مساله چنین است که اگر جسم ۱.۵ mبالا بیاید، هر دو طرف طناب که جسم را نگه داشته اند نیز ۱.۵ متر کوتاه می‌شوند. بنابراین ، شما باید ۳ mطناب کشیده باشید. یعنی ، جسم با نیرویی برابر نصف وزن آن بالا کشیده می‌شود .

وزن جسمی که بالا کشیده می‌شود را نیروی مقاوم و فاصله‌ای که جسم بالا می‌رود را بازوی مقاوم می‌نامند. نیرویی که شما به کار می‌برید، نیروی محرک و مسافتی که این نیرو در آن اعمال می‌شود بازوی محرک نام دارد. بازوی محرک همواره برابر است با حاصل ضرب بازوی مقاوم در تعداد طنابها .

قرقره مرکب

هدف از به کار بردن دستگاهها کاهش نیروی محرک است. می‌توان دستگاه قرقره‌ها را طوری باهم ترکیب کرد که نیروی محرک بازهم کمتر شود. اگر قرقره متحرکی که وزنه‌ای به آن بسته شده را از طریق طنابی به یک قرقره ثابت سوار کنیم. نیروی مقاوم به جای دو طناب ، میان سه طناب تقسیم می‌شود. در این حالت بازوی محرک سه برابر بازوی مقاوم می باشد. با استفاده از قرقره‌های بیشتر ، بازهم می‌توان نیروی محرک را کمتر کرد .در ترکیب قرقره‌های مرکب چنین تصور می‌شود که اصطکاک بیشتر ظاهر می‌شود، در صورتیکه اصطکاک در آرایش هندسی دستگاه تاثیری ندارد. اما اصطکاک طناب با قرقره مهم است که برای کاهش آن (تا ناچیز و قابل صرف نظر شود) شیار قرقره را روغن کاری می کنند .

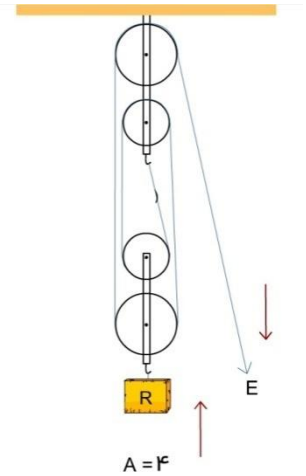
نکته مهم:

کم کردن نیروی محرک با به کار بردن تعداد بیشتری از قرقره‌ها محدودیت دارد. زیرا در تحلیل اخیر از عواملی همچون نیروی اصطکاک ، وزن قرقره‌های متحرک کشسانی طناب و مقاومت هوا صرف نظر کرده‌ایم. در حالت واقعی مساله ، هر بار که یک قرقره اضافه کنیم اصطکاک دستگاه افزایش می‌یابد. اگر قرقره متحرک باشد که در واقع این نوع قرقره نیروی محرک را کاهش می‌دهد، وزن آن به نیروی مقاوم اضافه می‌شود. نیروی محرک در یک دستگاه واقعی همواره از نیروی محرک ایده آلی که با تقسیم نیروی مقاوم میان طنابها بدست می‌آید، بزرگ است .اگر تعداد قرقره‌ها افزایش یابد ممکن است مقدار نیروی مقاوم به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. نیروی اصطکاک نیز ، با اینکه باعث افزایش نیروی محرک می‌شود، هیچ تاثیری در مقداری که باید طناب کشیده شود، ندارد .

مزیت مکانیکی قرقره

مزیت مکانیکی کمیتی بی بعد است که در ماشین مکانیکی مطرح می‌شود. طبق تعریف نسبت بازوی محرک بر بازوی مقاوم یا نیروی مقاوم بر نیروی محرک مزیت مکانیکی دستگاه می‌باشد. این مقدار برای قرقره ثابت و متحرک ۲ بوده و برای قرقره متحرکی که از دو تا قرقره ثابت و متحرک تشکیل شده برابر ۳ می‌باشد .

برای آن که به مزیت های مکانیکی بالاتری دست یافت می توان دو یا چند قرقره ثابت و متحرک را با هم ترکیب کرد و یک قرقره مرکب به وجود آورد. مزیت مکانیکی در قرقره مرکب با توجه به نوع بسته شدن قرقره ها تعیین می شود.



حالت ۱: اگر در بستن قرقره مرکب از یک طناب استفاده شود و سر طناب متصل به قرقره ثابت باشد ، مزیت مکانیکی از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

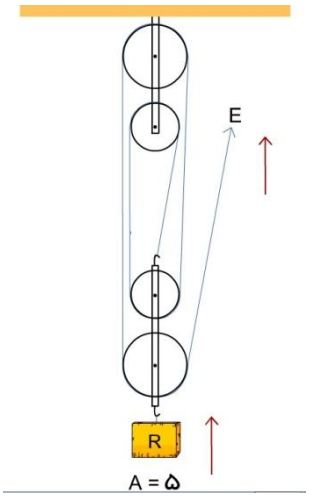
$$A=۲\times n$$

n در این فرمول تعداد قرقره های متحرک است.

مثال : در قرقره مرکب مقابل ، طناب متصل به قرقره ثابت است و تعداد قرقره های متحرک ، ۲ می باشد ؛ پس :

A=۲×n n=۲ A=۲×۲=۴

چون مزیت مکانیکی ۴ است ، به طور مثال می توانیم با یک نیروی ۱۰۰ نیوتونی ، وزنه ای ۴۰۰ نیوتونی را جابجا کنیم . (افزایش نیرو)



حالت ۲: اگر در بستن قرقره مرکب از یک طناب استفاده شود و سر طناب متصل به قرقره متحرک باشد ، مزیت مکانیکی از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

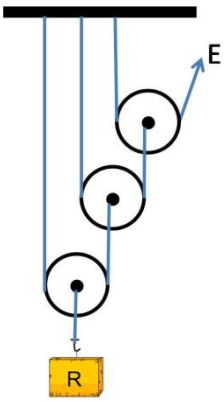
A=۲×n+۱

n در این فرمول تعداد قرقره های متحرک است.

مثال : در قرقره مرکب مقابل ، طناب متصل به قرقره متحرک است و تعداد قرقره های متحرک ، ۲ می باشد ؛ پس :

A=۲×n+۱ n=۲ A=۲×۱+۲=۵

چون مزیت مکانیکی ۵ است ، به طور مثال می توانیم با یک نیروی ۱۰۰ نیوتونی ، وزنه ای ۵۰۰ نیوتونی را جابجا کنیم . (افزایش نیرو)



حالت ۳ : اگر در بستن قرقره مرکب از چند طناب استفاده شود و طناب ها بسته شده باشند و قرقره ها روی آن ها حرکت کنند ، مزیت مکانیکی از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

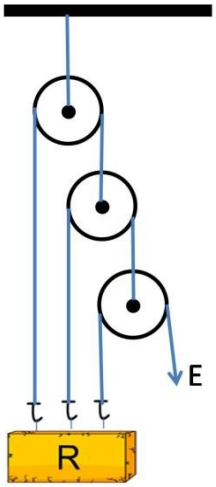
A=۲n

n در این فرمول تعداد کل قرقره ها است.

مثال : در قرقره مرکب مقابل ، سه طناب بسته شده اند و۳ قرقره بر روی آن ها حرکت می کنند. پس :

A=۲n n=۳ A=۸=۲۳

چون مزیت مکانیکی ۸ است ، به طور مثال می توانیم با یک نیروی ۱۰۰ نیوتونی ، وزنه ای ۸۰۰ نیوتونی را جابجا کنیم.(افزایش نیرو)



حالت ۴ : اگر در بستن قرقره مرکب از چند طناب استفاده شود و قرقره ها یا یکی از قرقره ها بسته شده باشند است(بقیه ی قرقره ها به هم بسته شده اند) و طناب ها بر روی آن ها قرار گرفته شده باشند ، مزیت مکانیکی از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

A=۲n۱-

n در این فرمول تعداد کل قرقره ها است.

مثال : در قرقره مقابل ، یکی از قرقره ها بسته شده است(بقیه ی قرقره ها به هم بسته شده اند) و سه طناب بر روی آن ها قرار گرفته اند . در ضمن تعداد قرقره ها ۳ می باشد. پس :

$A=2n \qquad 1-n=3 \qquad A=7=1-23$

چون مزیت مکانیکی ۷ است ، به طور مثال می توانیم با یک نیروی ۱۰۰ نیوتونی ، وزنه ای ۷۰۰ نیوتونی را جابجا کنیم . (افزایش نیرو)

که در این آزمایش حالت اول مورد بررسی قرار می گیرد.

وسایل آزمایش:

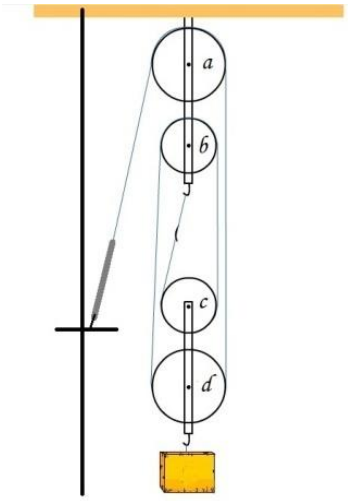
میز چه نیرو ، جعبه وزنه، قرقره های مختلف ، اهرم، نیرو سنج.

شرح عملی آزمایش:

تعادل نیروهای متقارب:

ابتدا میزچه نیرو تراز شد وسپس دو وزنه با W مشخص به دو نخ آن آویزان شد که با هم زاویه ی θ را می ساختند. سپس W دیگری را طوری انتخاب شد که دستگاه در تعادل قرار گیرد و زاویه (α) آن در جدول (۱) ثبت شد.

اهرم ها:



اهرمی که داری سه نقطه آویز در وسط و اطراف نقطه وسط بود ، توسط یک نیرو سنج به پایه وصل شد و دو وزنه یکی به عنوان نیروی مقاوم (R) و دیگری به عنوان نیروی محرک (E) به گونه ای به اهرم متصل شد که گتاور نیرو و برآیند نیروها صفر شود. سپس مقدار وزنه ها و فاصله از محل تکیه گاه در جدول (۲) ثبت شد.

قرقره ها:

قرقره مرکبی مطابق شکل مقابل بسته شد و نیرو سنجی به انتها ینخ و به پایه متصل شد و به قلاب پایین آن ابتدا وزنه ۲۰۰ gr و سپس ۴۰۰gr ودر هر مرحله ۲۲ gr افزوده شد و مقدار نمایش داده شده توسط نیروسنج در جدول (۳) ثبت شد.

سپس برای اثبات تاثیر تعداد قرقره ها چهار صورت cb ، cbda ،cbcbda و cbcbdada متصل کرده و وزنه ۱kg را به آویزان کرده و در هر حالت مقدار نیرو سنج در جدول (۴) ثبت شد.

جداول:

W_1 (gr)	W_1 (gr)	θ (°)	W_2 (gr)	α	W_3 محاسبه (gr)	α محاسبه (°)
٦٠	٦٠	١٠٠	٨٠	٢٣٠	٧٦	٢٢٩
٦٠	٤٠	١٢٠	٥٥	٢٢٣	٥٢	٢٢٠
٧٠	٩٠	٦٠	١٤٠	٢١٥	١٣٨	٢١٣

جدول (١)

W (N)	L (cm)	R(N)	L_R(cm)	E(N)	L_E(cm)	F(N)	E_t(N)	F' (N)	ΣF(N)	E-E_t(N)	A=R/E	L_E/L_R=A
٢.٥	٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	٣.٥	٤٠	٣.٣	٠.٢	٠	١	١
٢.٥	٥	٤٠	٤٥	٨٠	٤٠	٤	٤٥	٣.٧	٠.٣	٣٥	٠.٥	٠.٨٨
٢.٥	٥	١٤٠	٢٠	٤٠	٣٥	٤.٥	٨٠	٤.٣	٠.٢	-٤٠	٣.٥	١.٧٥

جدول (٢)

m(kg)	٠.٢	٠.٤	٠.٦	٠.٨	١
F(N)	٠.٤٤	٠.٩٨	١.٤	١.٨٦	٢

جدول (٣)

تعداد قرقره ها n	٤	٢	٦	٨
F_S(N)	٢	٥.٦	٢	١
F_S.n	٨	١١.٢	١٢	٨

جدول (٤)

محاسبات و خطاها:

جدول(١)

از طریق رابطه زیر مقدار α و w_3 را محاسبه میکنیم:

زاویه بین F_2 و F_1 =θ , برآیند F_2 و F_1 =R , $cos\beta = \frac{F_2+F_1 cos\theta}{R}$, $R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2cos\theta$

زاویه بین F_3 و R =β , زاویه بین F_3 و F_1 =α

نکته: در اینجا α=β+١٨٠

ردیف اول)

$F_1 = W_1 \times g = ٠.٠٦ \times ١٠ = ٠.٦N$, $F_2 = W_2 \times g = ٠.٠٦ \times ١٠ = ٠.٦N$

$R^2 = (0.6)^2 + (0.6)^2 + 2(0.6)(0.6)cos100 = 0.59 \Rightarrow R = 0.76N \Rightarrow W_3 = 76\ gr$

$cos\beta = \frac{0.6 + 0.6(cos100)}{0.76} = 0.65 \Rightarrow \beta = 49^\circ \Rightarrow \alpha = 49 + 180 = 229^\circ$

ردیف دوم)

$F_1 = W_1 \times g = 0.06 \times 10 = 0.6N \quad , F_2 = W_2 \times g = 0.04 \times 10 = 0.4N$

$R^2 = (0.6)^2 + (0.4)^2 + 2(0.6)(0.4)cos120 = 0.28 \Rightarrow R = 0.52N \Rightarrow W_3 = 52\ gr$

$cos\beta = \frac{0.6 + 0.6(cos120)}{0.52} = 0.76 \Rightarrow \beta = 40^\circ \Rightarrow \alpha = 49 + 180 = 220^\circ$

ردیف سوم)

$F_1 = W_1 \times g = 0.07 \times 10 = 0.7N \quad , F_2 = W_2 \times g = 0.09 \times 10 = 0.9N$

$R^2 = (0.7)^2 + (0.9)^2 + 2(0.7)(0.9)cos60 = 1.93 \Rightarrow R = 1.38N \Rightarrow W_3 = 138\ gr$

$cos\beta = \frac{0.7 + 0.9(cos60)}{1.38} = 0.83 \Rightarrow \beta = 33^\circ \Rightarrow \alpha = 49 + 180 = 213^\circ$

خطای ردیف اول:

خطای کل= خطای آزمایشگر + خطای دستگاه

$\Delta W_3 = (80 - 76) + 5 = 9gr \quad ,$ درصد خطا $= \frac{\Delta W_3}{W_3} \times 100 = 11.9\%$

$\Delta \alpha = (230 - 229) + 1 = 2^\circ \quad ,$ درصد خطا $= \frac{\Delta \alpha}{\alpha} \times 100 = 0.87\%$

خطای ردیف دوم:

$\Delta W_3 = (55 - 52) + 5 = 8gr \quad ,$ درصد خطا $= \frac{\Delta W_3}{W_3} \times 100 = 15.4\%$

$\Delta \alpha = (223 - 220) + 1 = 3^\circ \quad ,$ درصد خطا $= \frac{\Delta \alpha}{\alpha} \times 100 = 1.4\%$

خطای ردیف سوم:

$\Delta W_3 = (140 - 138) + 5 = 7gr \quad ,$ درصد خطا $= \frac{\Delta W_3}{W_3} \times 100 = 5.07\%$

$\Delta \alpha = (215 - 213) + 1 = 3^\circ \quad ,$ درصد خطا $= \frac{\Delta \alpha}{\alpha} \times 100 = 1.4\%$

محاسبه خطای شرط تعادل:

که باید از R و F_3 برآیند گرفت و از آن خطا را محاسبه کرد:

ردیف اول:

$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{R}^2 + \mathbf{F}_3^2 + 2\mathbf{R}\mathbf{F}_3\cos(\alpha - \beta)$$

خطای مطلق = $(0.76)^2 + (0.8)^2 + 2(0.76)(0.8)cos(230 - 49) = 1.78 \times 10^{-3}$

ردیف دوم:

خطای مطلق = $(0.52)^2 + (0.55)^2 + 2(0.52)(0.55)cos(223 - 40) = 1.68 \times 10^{-3}$

ردیف سوم:

خطای مطلق = $(1.38)^2 + (1.4)^2 + 2(1.38)(1.4)cos(215 - 33) = 2.75 \times 10^{-3}$

جدول (۲)

ردیف اول:

خطا = $\sum F = 3.5 - 3.3 = 0.2$

$$\sum \tau = -L_R.R + L_E.E - L.W = -0.16 + 0.16 + 0 = 0$$

ردیف دوم:

خطا = $\sum F = 4 - 3.7 = 0.3$

$$\sum \tau = -L_R.R + L_E.E - L.W = -0.18 + 0.32 - 0.125 = 0.015$$

ردیف سوم:

خطا = $\sum F = 4.5 - 4.3 = 0.2$

$$\sum \tau = -L_R.R + L_E.E - L.W = -0.28 + 0.14 - 0.125 = -0.235$$

جدول (۳)

چون ۴=n داریم:

$$F_{n1} = F_{S1}.n = 0.44 \times 4 = 1.76N \quad , \quad F_{S2} = F_{S2}.n = 0.98 \times 4 = 3.92N$$

$$F_{S3} = F_{S3}.n = 1.4 \times 4 = 5.6N \quad , \quad F_{S4} = F_{S4}.n = 1.86 \times 4 = 7.44N$$

$$F_{S5} = F_{S5}.n = 2 \times 4 = 8N$$

و نمودار F_n بر حسب F_S نیز در انتها پیوست شده است. و مقدار مزیت مکانیکی در همان محاسبه شده است.

جدول (۴):

همانطور که از جدول کاملاً مشخص است، همواره رابطه $F_n=F_S*n$ بر قرار است.

نتیجه گیری:

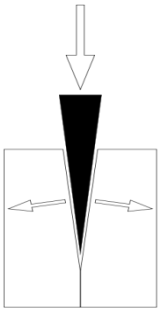
با ثابت شدن رابطه مزیت مکانیک می توان ابزاری ساخت که کارهای دشوار که به نیروهای بسیار بزرگ نیازمند است را براحتی انجام داد. و به کمک تعادل جسم صلب بتوان براحتی اسام گونانگون را جابه جا کرد بدون آنکه وضعیت جسم مورد نظر به هم بخورد.

پرسشها:

۱) روابط ۳ و ۴ را بدست آورید.
۲) چند نوع ماشین ساده را با مشخص کردن ویژگی ها و مزیت مکانیکی هریک بیان کنید.

اهرم ،قرقره ،چرخ و محور، سطح شیبدار، گُوه ،پیچ که در تئوری آزمایش اهرم، قرقره به طور کامل توضیح داده شده است.

گُوِه



ابزاری مکانیکی است که برای ایجاد شکاف بین اجسام و تنظیم بهتر نیرو بکار می‌رود. شکل گوه سه‌گوش است و نوک تیز آن در فاصله بین دو جسم فرو می‌رود و نیرو به انتهای آن وارد می‌آید.

مزیت مکانیکی گوه را می‌توان از راه تقسیم درازای آن به پهنایش بر پایه این فرمول محاسبه کرد:

$$MA = \frac{L}{W}$$

سطح شیب دار:

سطح مایلی است که دو سطح را که هم ارتفاع نیستند به هم مرتبط می کند. به عبارت دیگر به سطحی گفته می شود که با سطح افق زاویه ایی به اندازه آلفا تشکیل دهد. در واقع هر سطحی که با افق زاویه ای کوچکتر از ۶۰ در جه بسازد سطح شیبدار است. سطح شیبدار برای جا به جایی اشیاء مورد استفاده قرار می گیرد. با این تفاوت که وقتی از آن استفاده می کنیم این جسم است که حرکت می کند. مزیت واقعی سطح شیبدار از تقسیم کردن نیروی مقاوم بر نیروی محرک به دست می آید.

مزیت مکانیکی کامل را می توان از تقسیم طول سطح شیبدار بر ارتفاع آن به دست آورد.