بسمه تعالی

نام و نام خانوادگی : نوید نادری علی زاده - شماره ی دانشجویی : 86108744 - رشته : مهندسی برق - گروه : 1 - زیر گروه : 2 - تاریخ انجام آزمایش : 24/1/87 - ساعت : 10:30 - دستیار آموزشی : خانم فضل علی

**آزمايش شماره ی** 5

**عنوان آزمايش:** تعادل اجسام

**هدف:** در اين آزمايش ، به بررسی قانون جمع بردارها و شرط تعادل اجسام خواهیم پرداخت.

**وسايل مورد نياز:** ميز نيرو ، چهار قرقره ، خط کش يک متری چوبی ، نيرو سنج ، دو پايه ی فلزی همراه گيره های آن ، چهار جاوزنه ای (کفه) ، وزنه های کوچک ، ترازو و تراز .

**نظريه :**

به طور کلی ، کمیت ها در علم فیزیک از منظری خاص به دو دسته ی نرده ای ( اسکالر ) و برداری تقسیم بندی می شوند . کمیت های نرده ای فقط دارای اندازه هستند و جهتی برای آنها تعریف نمی شود مثل جرم ، دما ، زمان ، طول و ... . در این میان کمیتی مثل جریان الکتریکی یک استثنا است که با وجود جهت دار بودن ، نرده ای است چون که از قانون جمع بردارها پیروی نمی کند . در مقابل ، کمیت های برداری هستند که علاوه بر اندازه ، جهت نیز دارند و از قانون جمع بردارها پیروی می کنند . بسیاری از کمیت هایی که ما با آنها سر و کار داریم ، برداری هستند ؛ مثل سرعت ، نیرو ، وزن ، گشتاور ، شتاب و ... . در این آزمایش ، ما با دو کمیت برداری نیرو و گشتاور کار خواهیم کرد .

برای اینکه جسمی در حال تعادل باشد ، دو شرط باید برقرار باشد : نخست اینکه برآیند نیروهای وارد بر جسم باید برابر صفر باشد . واضح است که این شرط کافی نیست ؛ برای مثال ، می توان به فرمان ماشین اشاره کرد که اگر نیرویی به سمت راست فرمان به سوی پایین و نیرویی به همان اندازه اما به سوی بالا به سمت چپ فرمان وارد کنیم ( مطابق شکل روبرو ) ، با اینکه برآیند نیروهای وارد بر فرمان صفر است ، اما فرمان حرکت می کند .

این مثال و سایر مثال های مشابه ، نشان می دهند که شرط دومی باید برای تعادل جسم برقرار باشد که این شرط مربوط به حرکت دورانی جسم است . شرط دوم تعادل جسم این است که برآیند گشتاورهای وارد بر جسم حول هر محور دلخواه باید برابر صفر باشد . گشتاور یک نیرو حول یک محور ، به نقطه ی اثر نیرو وابسته است . اگر بردار واصل مبدا به نقطه ی اثر نیرو را با و بردار نیرو را با نشان دهیم ، گشتاور نیرو به این صورت تعریف می شود :

بنابراین اگر دو نیروی مثال قبل ، به یک نقطه وارد شود ، گشتاور دو نیرو ، قرینه ی هم خواهند شد و در نتیجه گشتاور کل صفر است و فرمان هیچ گونه حرکتی نخواهد کرد .

پس دو شرط تعادل اجسام به این صورت خواهد بود :

**روش انجام آزمايش :**

**1- جمع بردارها و تعادل انتقالی**

**(1- الف)** ***برآيند دو بردار* :** سه قرقره ی *A* ، *B* و *C* را بر روی میز نیرو قرار می دهیم . از نخ قرقره ی *A* ، وزنه ای به جرم حدود 100 گرم و از نخ قرقره ی B ، وزنه ای به جرم حدود 200 گرم قرار می دهیم . سپس زاویه ی بین دو قرقره ی *A* و *B* را به 90 درجه می رسانیم . با این کار ، حلقه از وضع تعادل منحرف می شود ؛ برای تعادل حلقه به نخ روی قرقره ی C آنقدر وزنه اضافه می کنیم و آنقدر آنرا بر روی میز جابجا می کنیم تا حلقه به حال تعادل برسد . در این حالت ، جرم وزنه های آویخته شده از نخ قرقره ی C و زاویه ی بین نخ های قرقره های *A* و *C* را یادداشت می کنیم .

**(1- ب)** **تعادل انتقالی:** چهار قرقره ی *A* تا *D* را بر روی میز قرار می دهیم . از نخهای قرقره های *A* ، *B* ، *C* و *D* به ترتیب وزنه هایی به اجرام تقریبی 100 ، 200 ، 100 و 50 گرم قرار می دهیم . قرقره های *A* و *B* را کاملا مقابل هم قرار می دهیم و قرقره های *C* و *D* را آنقدر جابجا می کنیم تا حلقه ی وسط میز به حال تعادل برسد . در این حالت به ترتیب زوایای بین نخهای قرقره های (*A* و *C* ) و (*B* و *D*) را یادداشت می کنیم . بدیهی است که این آزمایش بیش از یک جواب می تواند داشته باشد چون کافیست برآیند مولفه های افقی نیروهای *C* و *D* صفر شود .

**2- جمع بردارها و تعادل دورانی:**

قبل از انجام آزمایش های این بخش ، طول خط کش را بطور کامل اندازه می گیریم .

**(2- الف)** **تعيين جرم (و چگالی طولی) خط کش :** نیرو سنجی را از فاصله ی یک سانتی متری سری از خط کش که دورتر از تکیه گاه است ، آویزان می کنیم و آنقدر نیروسنج را در راستای افقی و عمودی جابجا می کنیم که اولا نیروسنج کاملا در راستای قائم قرار گیرد و ثانیا ، خط کش در حالت کاملا افقی قرار داشته باشد . برای اطمینان از افقی بودن خط کش ، تراز را روی خط کش می گذاریم به طوری که وسط تراز (مرکز جرم آن) دقیقا بالای تکیه گاه باشد و وقتی که حباب تراز ، دقیقا وسط دو شاخص آن قرار گرفت ، خط کش کاملا افقی شده است . در این حالت ، نیرویی را که نیروسنج نشان می دهد و فاصله ی نقطه ی اتصال نیروسنج به خط کش تا تکیه گاه را یادداشت می کنیم .

**(2- ب) تعادل خط کش 1 :** وزنه ای به جرم حدود 550 گرم را در فاصله ی 35 سانتی متری سمتی از تکیه گاه که نیروسنج هم در همان سمت است ، قرار می دهیم . آنقدر پایه ی متصل به نیروسنج را در راستای افقی جابجا می کنیم تا خط کش کاملا به حالت افقی در آید . افقی بودن خط کش را با تراز تحقیق می کنیم . در این حالت ، عددی را که نیروسنج نشان می دهد و زاویه ای را که نیروسنج با راستای قائم می سازد ، یادداشت می کنیم . برای محاسبه ی زاویه ، طول وتر و ضلع مقابل به زاویه را با خط کش محاسبه کرده ، با تقسیم آنها بر هم ، سینوس زاویه ، حاصل می شود .

**(2- ج)** **تعادل خط کش 2 :** وزنه ای به جرم حدود 500 گرم را در فاصله ی 35 سانتی متری سمتی از تکیه گاه که نیروسنج هم در همان سمت است و وزنه ای به جرم حدود 650 گرم را در فاصله ی 20 سانتی متری سمت دیگر تکیه گاه قرار می دهیم . آنقدر پایه ی نیروسنج را جابجا می کنیم تا خط کش کاملا افقی شود . در این حالت ، نیروی نشان داده شده توسط نیروسنج و زاویه ی بین نیروسنج با راستای قائم را محاسبه می کنیم .

**جداول :**

جدول 1 - برآيند دو بردار (نيرو)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *TA (grf)* | *TB (grf)* | *TC (grf)* | ** |
| 100 | 200 | 223 | 118 *deg* |

جدول 2 - تعادل انتقالی

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *TA (grf)* | *TB (grf)* | *TC (grf)* | *TD (grf)* | ** | ** |
| 100 | 200 | 100 | 50 | 36 *deg* | 107 *deg* |

جدول 3 - تعيين جرم خط کش

|  |  |
| --- | --- |
| *F (N)* | *OA (cm)* |
| 2.1 | 77.5 |

جدول 4 - تعادل خط کش (1)

|  |  |
| --- | --- |
| *F (N)* | ** |
| 5.0 |  |

جدول 5 - تعادل خط کش (2)

|  |  |
| --- | --- |
| *F (N)* | ** |
| 2.6 |  |

**خواسته ها :**

**خواسته ی 1 ( تحليل داده های جدول 1 ) :**

*TA*

*TB*

*TC*

**

شرط تعادل :

روش ترسیمی :

روش تحلیلی :

و از آزمایش نیز بدست می آوریم :

*که مشاهده می شود که نتایج تجربی ، ترسیمی و تحلیلی تقریبا یکسانند.*

**خواسته ی 2 ( تحليل داده های جدول 2 ) :**

*TA*

*TB*

*TC*

**

**

*TD*

شرط تعادل :

روش ترسیمی :

روش تحلیلی :

و از آزمایش نیز بدست می آوریم :

باز هم دیده می شود که نتایج تا حد زیادی یکسانند ؛ خطای موجود هم به علت اصطکاک قرقره ها ، جرم نخ ها ، خطای اندازه گیری جرم وزنه ها و ... می باشد .

**خواسته ی 3 ( تحليل داده های جدول 3 ) :**

W1=m1g

W2=m2g

24.8 cm

103.3 cm

O

A

102.3 cm

F

N

*محور دوران را در روی تکیه گاه در نظر می گیریم و شرط تعادل دورانی را می نویسیم :*

**خواسته ی 4 ( تحليل داده های جداول 4 و 5 ) :**

الف ) ( به علت نداشتن نیروی تکیه گاه ، شرط تعادل انتقالی را نمی نویسیم )

مرحله ی 2- ب :

35 cm

WA=0.550g

W1=m1g

W2=m2g

24.8 cm

103.3 cm

O

A

102.3 cm

F

N

**

*محور دوران را در روی تکیه گاه در نظر می گیریم و شرط تعادل دورانی را می نویسیم :*

که با تقریب بسیار خوبی با نتیجه ی تجربی برابر است .

مرحله ی 2- ج :

20cm

WB=0.650g

35 cm

WC=0.500g

W1=m1g

W2=m2g

24.8 cm

103.3 cm

O

A

102.3 cm

F

N

**

*محور دوران را در روی تکیه گاه در نظر می گیریم و شرط تعادل دورانی را می نویسیم :*

مشاهده می شود که به یک تناقض شدید (!) برخوردیم که کسینوس یک زاویه ، از یک بیشتر شد . طبیعتا این خطا ، به علت خیلی کوچک بودن زاویه ی بتا و خطای موجود در جرم وزنه هاست و این احتمال وجود دارد که جرم واقعی وزنه های آویخته شده ، کمتر یا بیشتر از مقادیر نامی آنها - که در محاسبات از آنها استفاده کردیم - بوده باشد .

ب)

مرحله ی 2- ب :

شرط تعادل انتقالی :

مرحله ی 2- ج :

شرط تعادل انتقالی :

**سوالات :**

**1- تفريق دو بردار  و  را چگونه تعريف می کنيم**؟

تفریق به معنی جمع با قرینه است . A-B در واقع همان برآیند A و قرینه ی B است . قرینه ی B نیز برداری است که جمع آن با بردار B ، برابر بردار صفر است .

**2- آيا در مرحله ی اول آزمايش تحقيق رابطه ی  لزومی دارد؟ چرا؟**

خیر ، لازم نیست ؛ چون نیروهای وارد بر حلقه ، در راستای بردار واصل مرکز حلقه به نقطه ی اثر نیرو هستند و گشتاور تک تک نیروها برابر صفر است .

**3- چرا در تمام مراحل آزمايش (خصوصا مرحله ی دوم ، جمع بردارها و تعادل دورانی) خط کش را افقی قرار می دهيم؟**

چون در اینصورت ، زاویه ی بین بردارهای r و بردارهای نیرو ( به جز نیروی نیروسنج ) ، تغییر خواهد کرد و قائمه نخواهد بود .

**4- در مرحله ی دوم آزمايش، آيا تحقيق رابطه ی  فقط در مورد محور دوران O (تکيه گاه) بايد صورت گيرد؟**

می توان ثابت کرد که اگر تعادل دورانی حول یک محور برقرار باشد ، حول تمام محورهای دلخواه این تعادل برقرار است .

فرض کنيد رابطه ی فوق برای محور برقرار باشد، ثابت می کنيم برای محور  هم برقرار است.

که اين يعنی برقراری رابطه ی تعادل دورانی برای محور. پس کافیست شرط تعادل دورانی را حول یک محور تحقیق کنیم .