

۱. بررسی روابط حاکم بر انواع قرقره ها
۲. بررسی روابط حاکم بر انواع چرخ و محور

وسایل مورد نیاز

انواع قرقره ، چرخ و محور ، پایه با میله ، نیروسنج ، ترازو ، کفه ، وزنه ، خط کش ، نخ و قلاب

تئوری آزمایش:

ماشین های ساده وسایلی هستند که با استفاده از قوانین ساده ی مکانیک انجام کار را ساده می کنند . این ماشین ها با تغییر جهت نیرو، افزایش نیرو، تبدیل حرکت انتقالی به حرکت دورانی و غیره به ما در انجام کارها کمک می کنند . نیرویی که به ماشین اعمال می شود را نیروی محرک و نیرویی را که ماشین برای انجام کار اعمال می کند نیروی مقاوم می نامند . اگر اتلاف انرژی در سیستم نداشته باشیم ماشین کامل خواهیم داشت و کار نیروی محرک و کار نیروی مقاوم برابر است . به بیان ریاضی:

$$W_e = W_r \quad (1)$$

با توجه به تعریف کار داریم:

$$\vec{F}_e \cdot \vec{d}_e = \vec{F}_r \cdot \vec{d}_r \quad (2)$$

اگر نیروی محرک و مقاوم ثابت و در جهت جابجایی باشند می توان نوشت :

$$A = \frac{F_r}{F_e} = \frac{d_e}{d_r} \quad (3)$$

نسبت بالا مزیت مکانیکی ماشین ساده نامیده می شود . مزیت مکانیکی یک ماشین معیاری برای مقایسه ی ماشین های ساده با یکدیگر است . هر قدر مزیت مکانیکی بیشتر باشد ، انجام کار توسط ماشین ساده تر خواهد بود .

ماشین های واقعی کامل نیستند و کار نیروی محرک همواره از کار نیروی مقاوم بیشتر است . در واقع کار نیروی محرک برابر با کار نیروی مقاوم به اضافه ی کار نیروی اصطکاک (انرژی تلف شده در سیستم) است .

برای مقایسه ی توانایی انجام کار ماشینهای واقعی نسبت به ماشینهای کامل (ایده آل) ، کمیتی به نام بازده (راندمان) را تعریف می کنند . بازده ماشین ، نسبت کار نیروی مقاوم در حالت واقعی به حالت کامل است . به بیان دیگر ، نسبت کار مفید گرفته شده از ماشین به انرژی داده شده به آن است . بازده ماشین معمولاً به صورت درصد بیان می شود و به صورت زیر نوشته میشود:

$$R_a = \frac{W_r}{W_e} \times 100 = \frac{A_E}{A_R} \times 100 \quad (4)$$

A_E مزیت مکانیکی ماشین واقعی (مقدار تجربی) و A_R مزیت مکانیکی ماشین کامل (مقدار تئوری) است . در زیر به معرفی دو تا از مهمترین ماشین های ساده می پردازیم .

(۱) قرقره ها

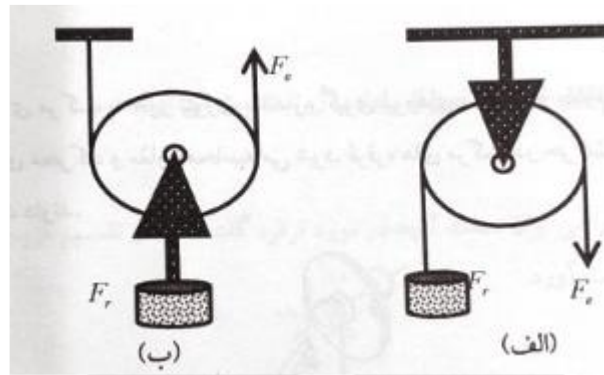
قرقره ، چرخ شیارداری است که می تواند آزادانه حول محوری که از مرکز آن می گذرد دوران کند . ریسمانی که از روی شیار قرقره می گذرد میتواند اندازه و جهت نیرو را تغییر دهد . قرقره ها در انواع ساده و مرکب به صورت ثابت و متحرک قابل استفاده هستند .

قرقره ثابت

قرقره ثابت ، قرقره ای است که قلاب آن به جایی محکم بسته شده است و حرکت انتقالی ندارد . این قرقره تنها حرکت دورانی دارد و فقط می تواند جهت نیرو را تغییر دهد . در این قرقره ها بازوی محرک و مقاوم که شعاع دایره اند با هم برابرند و در صورت کامل بودن مزیت مکانیکی آنها برابر با ۱ است . این قرقره در شکل ۱-الف نشان داده شده است .

قرقره متحرک

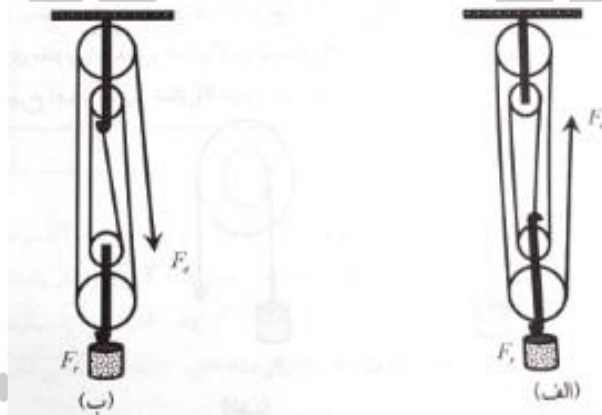
در این نوع قرقره ، یک سر ریسمان به جایی ثابت متصل شده است و نیروی مقاوم به قلاب قرقره متصل است وقتی سر طناب را بالا می کشیم قرقره همراه ریسمان به بالا کشیده می شود . بنابراین در این نوع قرقره ، علاوه بر حرکت دورانی حرکت انتقالی نیز وجود دارد . در این قرقره ، بازوی محرک قطر قرقره و بازوی مقاوم شعاع قرقره است . بنابر این جابجایی نیروی محرک دو برابر جابجایی نیروی مقاوم است . به این ترتیب نیروی محرک نصف نیروی مقاوم خواهد بود . به همین دلیل مزیت مکانیکی این قرقره ها دو است . این قرقره در شکل ۱-ب نشان داده شده است.



شکل ۱

قرقره مرکب

قرقره مرکب از ترکیب قرقره های ثابت و متحرک ساخته شده است. از آنجا که هر قرقره ثابت باعث تغییر جهت نیرو می شود و هر قرقره متحرک سبب افزایش نیرو می گردد، قرقره های مرکب می توانند مزیت های مکانیکی مختلفی داشته باشند. مزیت مکانیکی کامل در قرقره های مرکب به تعداد قرقره ها، تعداد ریسمانها و چگونگی بستن ریسمانها بستگی دارد. اگر مانند شکل ۲ - الف در بستن قرقره ها از یک ریسمان استفاده شود به طوری که سر ریسمان به قرقره ی متحرک متصل شده باشد مزیت مکانیکی از رابطه ی زیر به دست می آید:



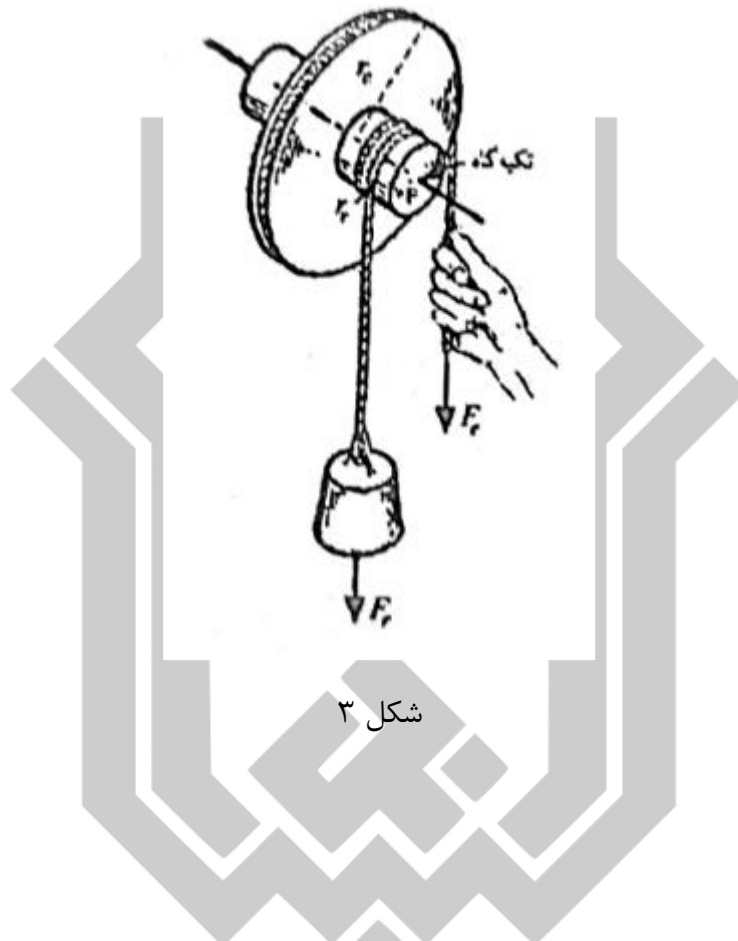
شکل ۲

$$A = 2n + 1 \quad (5)$$

که n تعداد قرقره های متحرک است. اگر مانند شکل ۲ - ب در بستن قرقره ها از یک ریسمان استفاده شود به طوری که سر ریسمان به قرقره ی ثابت متصل شده باشد مزیت مکانیکی از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$A = 2n \quad (6)$$

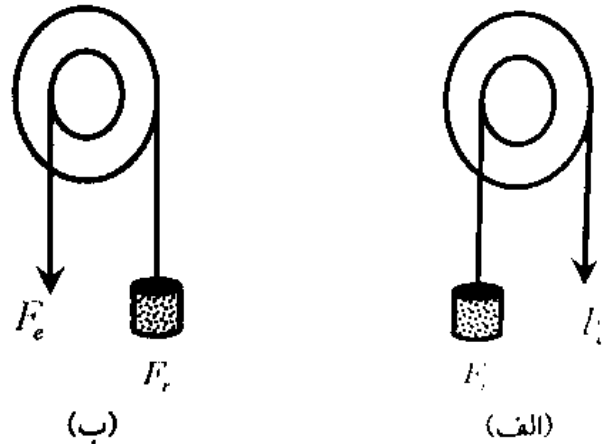
مزیت مکانیکی قرقه‌های مرکب به طور تئوری با اندازه گیری نیروهای محرک و مقاوم و به طور تجربی با اندازه گیری جابجایی نیروهای محرک و مقاوم محاسبه می شود. قرقه های مرکب در حرکت اسانسورها و جرثقیل ها و غیره کاربرد دارند.



شکل ۳

(۲) چرخ و محور

چرخ و محور از دو قرقه متحدالمرکز متصل به هم تشکیل شده است ، به شکل ۳ مراجعه کنید . قرقه ای که شعاع کوچکتری دارد محور و دیگری چرخ نامیده می شود . چرخ و محور با هم حول مرکز می چرخند و هر کدام دارای ریسمان جداگانه ای هستند . از چرخ و محور می توان به دو طریق استفاده کرد : (۱) نیروی محرک را به چرخ و نیروی مقاوم را به محور اعمال کنیم ، به شکل ۴- الف توجه کنید .
(۲) نیروی محرک را به محور و نیروی مقاوم را به چرخ اعمال نماییم ، شکل ۴- ب را ملاحظه کنید .



شکل ۴

در حالت اول بازوی محرک بزرگتر از بازوی مقاوم است و چرخ و محور با افزایش نیرو و انتقال نیرو به ما کمک می کند. در این صورت، مزیت مکانیکی آن بیشتر از ۱ است. هر قدر قطر چرخ از قطر محور بزرگتر باشد مزیت مکانیکی کامل در ماشین چرخ و محور بزرگتر خواهد بود. در حالت دوم بازوی محرک کوچکتر از بازوی مقاوم است و چرخ و محور با انتقال نیرو و افزایش مسافت و سرعت اثر نیرو به ما کمک می کنند. مزیت مکانیکی چرخ و محور در این حالت کمتر از ۱ است. با توجه به برابری گشتاورهای محرک و مقاوم داریم:

$$F_e r_e = F_r r_r \quad (۷)$$

بنابر این مزیت مکانیکی در ماشین چرخ و محور از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$A = \frac{F_r}{F_e} = \frac{r_e}{r_r} \quad (۸)$$

بازده چرخ و محور را می توان همانند آنچه در مورد قرقره گفته شده از تقسیم مزیت مکانیکی واقعی به مزیت مکانیکی تئوری به دست آورد.

روش آزمایش

(۱) قرقره ثابت

یک وزنه ی ۱۰۰ گرمی را به کفه اضافه کرده و به یک طرف نخ بیاویزید و به کمک نیرو سنج اندازه ی نیروی مقاوم را تعیین کنید. سپس به طرف دیگر نخ یک نیرو سنج متصل کنید. نخ را از شیار قرقره ثابت مانند شکل ۱ - الف عبور دهید. دقت کنید که نخ های طرفین قرقره موازی یکدیگر باشند. به کمک نیرو سنج، دستگاه

را در حال تعادل نگهدارید . نیروی محرک را به کمک نیروسنج اندازه گیری کرده و در جدول ۱ گزارش کار یادداشت نمایید . به کمک نیروهای اندازه گیری شده مزیت مکانیکی کامل A_R قرقره را محاسبه کنید.

$M(g)$	F_M	F_r	F_e	A_R	d_e	d_r	A_E	R_a
100								
200								
300								

جدول ۱

اینک خط کش را در محل مناسبی پشت وزنه ها قرار دهید . با کشیدن نیرو سنج وزنه را با سرعت ثابت بالا بکشید . تغییر مکان نیروهای محرک و مقاوم را اندازه گیری کرده و در جدول ۱ گزارش کار یادداشت نمایید . سپس مزیت مکانیکی واقعی A_E قرقره را محاسبه کرده و در جدول ۱ گزارش کار بنویسید . بازده قرقره را از رابطه ی ۴ محاسبه کرده و در جدول ۱ بنویسید . همین عمل را برای وزنه های ۲۰۰ و ۳۰۰ گرمی تکرار کنید و در جدول ۱ بنویسید .

(۲) قرقره متحرک

قبل از سوار کردن دستگاه، نیروی وزن قرقره را توسط نیرو سنجی که در اختیار دارید تعیین کرده و با F_m نشان دهید . وزنه ۱۰۰ گرمی را به کفه اضافه کرده و دستگاه را مطابق شکل ۱ - ب سوار کنید . این نیرو را F_M بنامید . نیروی مقاوم برابر با مجموع این دو نیرو است . سپس نیرو سنج را طوری نگهدارید که امتداد نخ های طرفین قرقره موازی و دستگاه بی حرکت باشد . نیرویی که نیرو سنج نشان می دهد F_e را در جدول ۲ بنویسید . به کمک نیروهای اندازه گیری شده مزیت مکانیکی کامل A_R قرقره را محاسبه کنید .

خط کش را در محل مناسبی پشت وزنه ها قرار دهید . با کشیدن نیرو سنج وزنه را با سرعت ثابت بالا بکشید . تغییر مکان نیروهای محرک و مقاوم را اندازه گیری کرده و در جدول ۲ گزارش کار یادداشت نمایید . سپس مزیت مکانیکی واقعی A_E قرقره را محاسبه کرده و در جدول ۲ گزارش کار یادداشت نمایید . بازده قرقره را از رابطه ی ۴ محاسبه کرده و در جدول ۲ بنویسید . همین عمل را برای وزنه های ۲۰۰ و ۳۰۰ گرمی تکرار کنید و در جدول ۲ بنویسید .

R_a	A_E	d_r	d_e	A_R	F_e	F_r	F_m	F_M	$M(g)$
									100
									200
									300

جدول ۲

(۳) قرقره مرکب

قبل از سوار کردن دستگاه ، نیروی وزن قرقره ها را توسط نیرو سنجی که در اختیار دارید تعیین کرده و با F_m نشان دهید . وزنه ۱۰۰ گرمی را به کفه اضافه کرده و با نیروسنج اندازه نیرو را تعیین کنید . این نیرو را F_M بنامید . نیروی مقاوم برابر با مجموع این دو نیرو است . دستگاه را مطابق شکل ۲- الف سوار کنید . نیروسنج را به دقت طوری نگهدارید که تعادل برقرار شود . نیروی محرک را از روی نیروسنج بخوانید و در جدول ۳ گزارش کار یادداشت کنید . به کمک نیروهای اندازه گیری شده مزیت مکانیکی کامل A_R قرقره را محاسبه کنید .

مجدداً خط کش را در محل مناسبی پشت وزنه ها قرار دهید . با کشیدن نیرو سنج ، وزنه را با سرعت ثابت بالا بکشید . تغییر مکان نیروهای محرک و مقاوم را اندازه گیری کرده و در جدول ۳ گزارش کار یادداشت نمایید . سپس مزیت مکانیکی واقعی A_E قرقره را محاسبه کرده و در جدول ۳ گزارش کار یادداشت نمایید . بازده قرقره را از رابطه ی ۴ محاسبه کرده و در جدول ۳ بنویسید . همین عمل را برای وزنه های ۲۰۰ و ۳۰۰ گرمی تکرار کنید در جدول ۳ بنویسید .

R_a	A_E	d_r	d_e	A_R	F_e	F_r	F_m	F_M	$M(g)$
									100
									200
									300

جدول ۳

در قسمت دوم آزمایش ، دستگاه را مطابق شکل ۲ - ب سوار کنید و همین آزمایش را تکرار نمایید . نتایج را در جدول ۴ گزارش کار بنویسید .

R_a	A_E	d_r	d_e	A_R	F_e	F_r	F_m	F_M	$M(g)$
									100
									200
									300

جدول ۴

(۴) چرخ و محور

چرخ و محور را از روی پایه بیرون کشیده و شعاع چرخ و محور را توسط کولیس اندازه بگیرید و در جدول ۵ گزارش کار بنویسید . وزنه ۱۰۰ گرمی را به نخ متصل به محور و نیروسنج را به انتهای نخ متصل به چرخ بیاویزید . انتهای نیروسنج را در دست نگهدارید طوری که چرخ و محور کاملاً در حال تعادل باشند . اندازه نیروی محرک و نیروی مقاوم را در جدول ۵ یادداشت نمایید . سپس مزیت مکانیکی و بازده چرخ و محور را به دست آورید و در همین جدول یادداشت کنید .

R_a	A_E	r_r	r_e	A_R	F_e	F_r	F_M	$M(g)$
								100
								200
								300

جدول ۵

در مرحله بعد ، وزنه ۱۰۰ گرمی را به نخ متصل به چرخ و نیروسنج را به انتهای نخ متصل به محور بیاویزید . انتهای نیروسنج را در دست نگهدارید طوری که چرخ و محور کاملاً در حال تعادل باشند . اندازه نیروی محرک و نیروی مقاوم را در جدول ۶ یادداشت نمایید . سپس مزیت مکانیکی و بازده چرخ و محور را به دست آورید و در همین جدول یادداشت کنید .

R_a	A_E	r_r	r_e	A_R	F_e	F_r	F_M	$M(g)$
								100
								200
								300

جدول ۶

محاسبات ، بررسی نتایج ، پرسشها

- (۱) از قرقره ثابت به چه منظور استفاده می شود ؟
- (۲) بین طول بازوی محرک و طول بازوی مقاوم در قرقره ثابت چه رابطه ای وجود دارد ؟
- (۳) اگر نخ های مقابل در قرقره ها موازی یکدیگر نباشند آیا نیروی محرک تغییر می کند ؟
- (۴) بین کار نیروی محرک و کار نیروی مقاوم در قرقره ثابت چه رابطه ای برقرار است ؟ چرا ؟
- (۵) از قرقره متحرک به چه منظور استفاده می شود ؟ چند نمونه از موارد استفاده از آن را نام ببرید.
- (۶) بین طول بازوی محرک و بازوی مقاوم در قرقره متحرک چه رابطه ای وجود دارد ؟
- (۷) بین کار نیروی محرک و کار نیروی مقاوم در قرقره متحرک چه رابطه ای برقرار است ؟ چرا ؟
- (۸) از قرقره مرکب به چه منظور استفاده می شود ؟
- (۹) بین کار نیروی محرک و کار نیروی مقاوم در ماشین چرخ و محور چه رابطه ای برقرار است ؟ چرا ؟
- (۱۰) تعویض جای نیروی مقاوم و نیروی محرک در ماشین چرخ و محور، چه نتیجه ای در بر دارد ؟

دانشگاه بوعلی سینا