



نام درس: روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته – ابزارهای اندازه‌گیری جرم، نیرو و گشتاور

جلسه هشتم

نام استاد: علی چائی بخش لنگرودی





جرم، نیرو و وزن

نیرو حاصل ضرب جرم در شتاب است، با توجه به قانون دوم حرکت نیوتن:

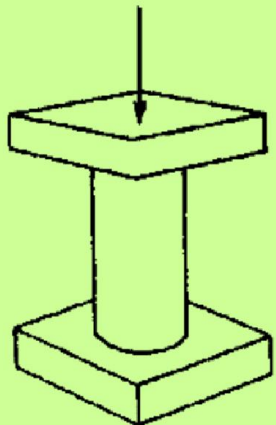
$$\text{شتاب} \times \text{جرم} = \text{نیرو}$$

وزن، نیرویی است رو به پایین که توسط جرم جسم با توجه به نیروی جاذبه زمین حاصل می‌شود:

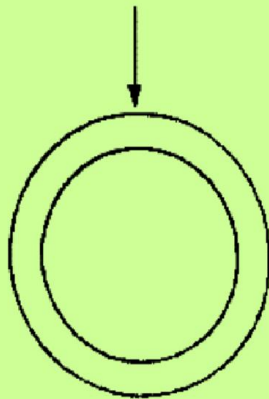
$$\text{شتاب جاذبه} \times \text{جرم} = \text{وزن}$$

لودسل‌های الکترونیکی (ترازوی الکترونیکی)

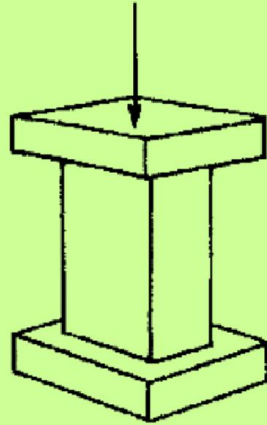
المان‌های الاستیک مورد استفاده برای این منظور، دارای شکل و طراحی خاصی دارند.



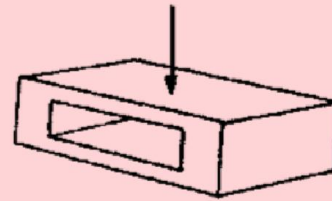
بلوک سیلندری



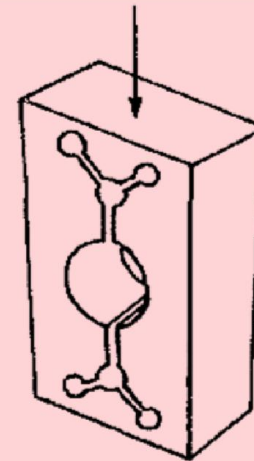
حلقه آزمون



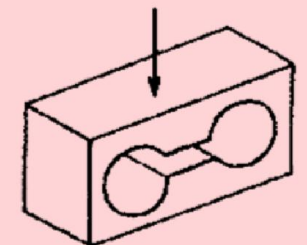
بلوک مستطیلی



کلاف آزمون

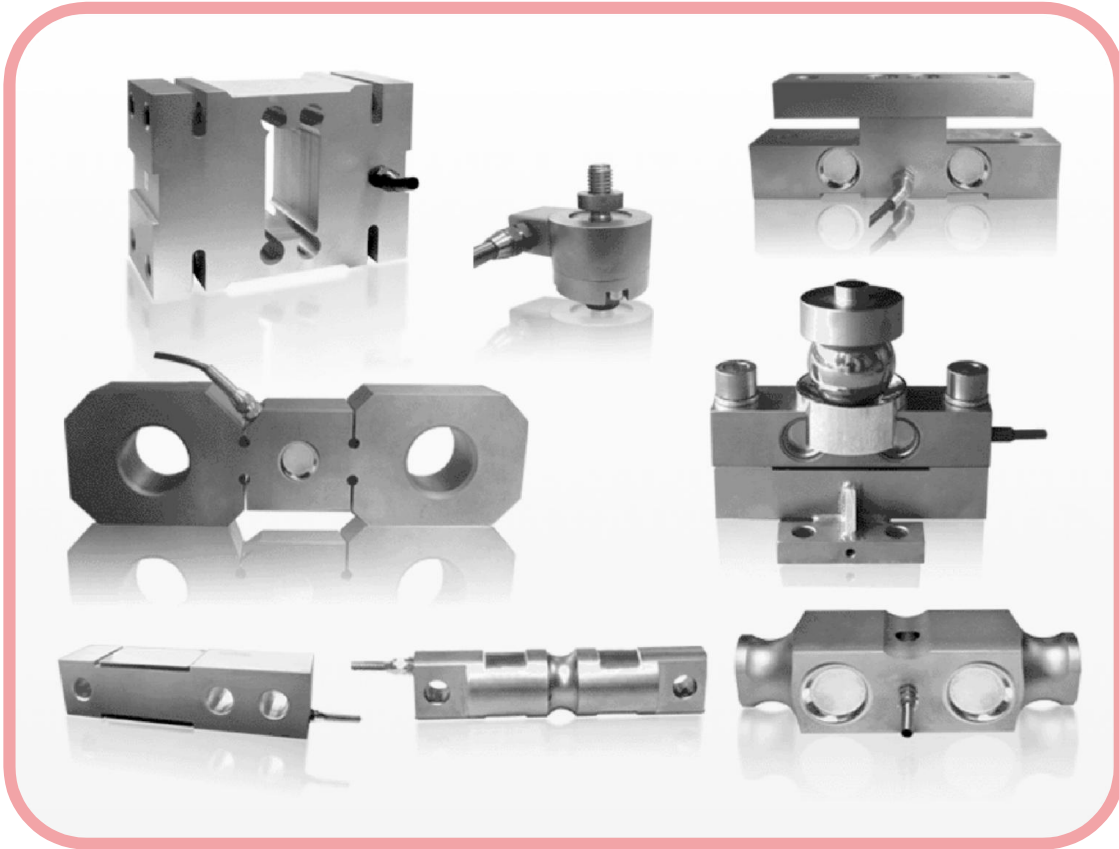


کلاف آزمون
با برش متوازی الاضلاع



کلاف آزمون با
برش هشت گوش

لودسل‌های الکترونیکی



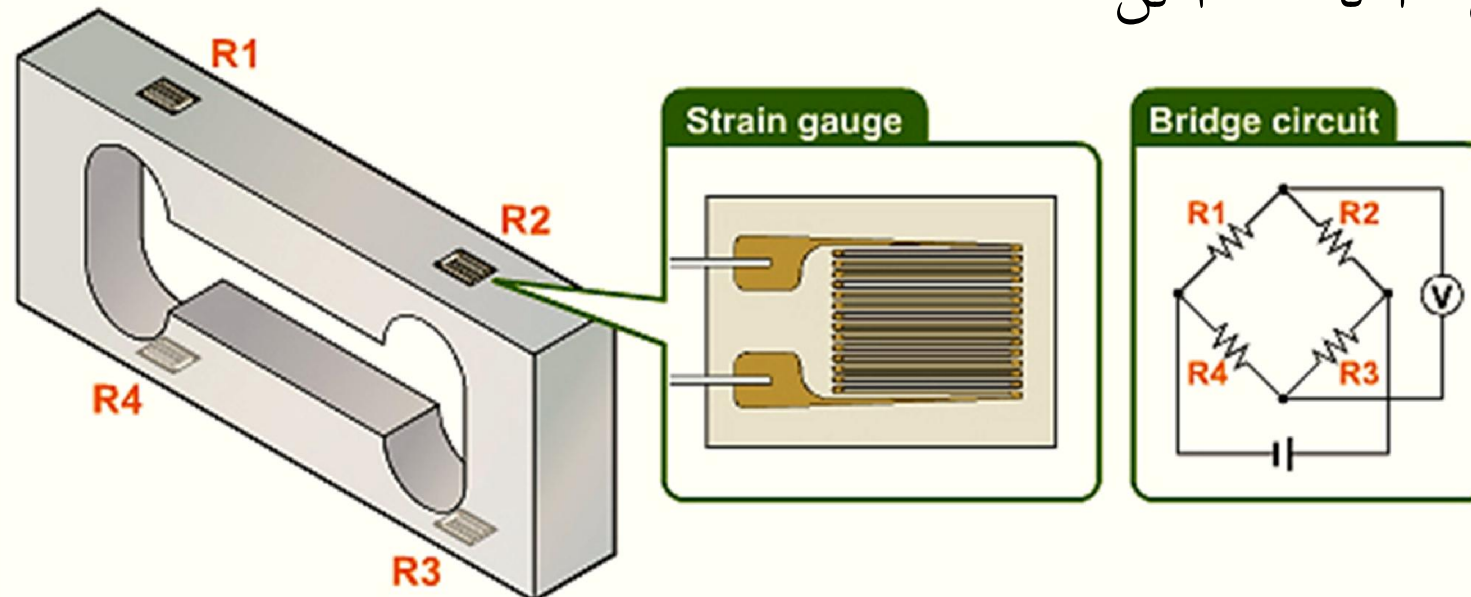
لودسل‌های الکترونیکی

نوع کرنش‌سنجی

خطایی کمتر از $\pm 0.5\%$ درصد در مقیاس کامل

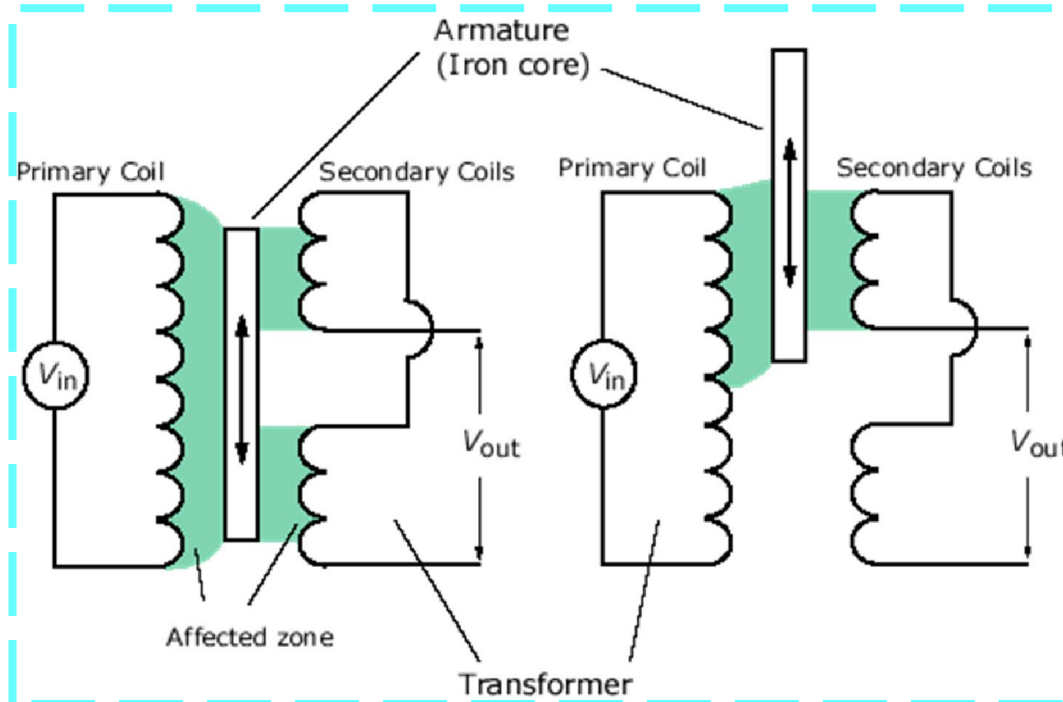
بازه پایین: جرم‌هایی بین 0.1 تا 5 کیلوگرم

بازه بالا: بین 10 تا 3000 تن



لودسل‌های الکترونیکی

نوع ترانسفورمرهای تقاضلی خطی



اندازه‌گیری جرم‌های بالای ۲۵ تن

عدم صحت بیشتر در حدود $\pm 0.2\%$ درصد

طول عمر بالا و تقریباً عدم نیاز به تعمیر و نگهداری

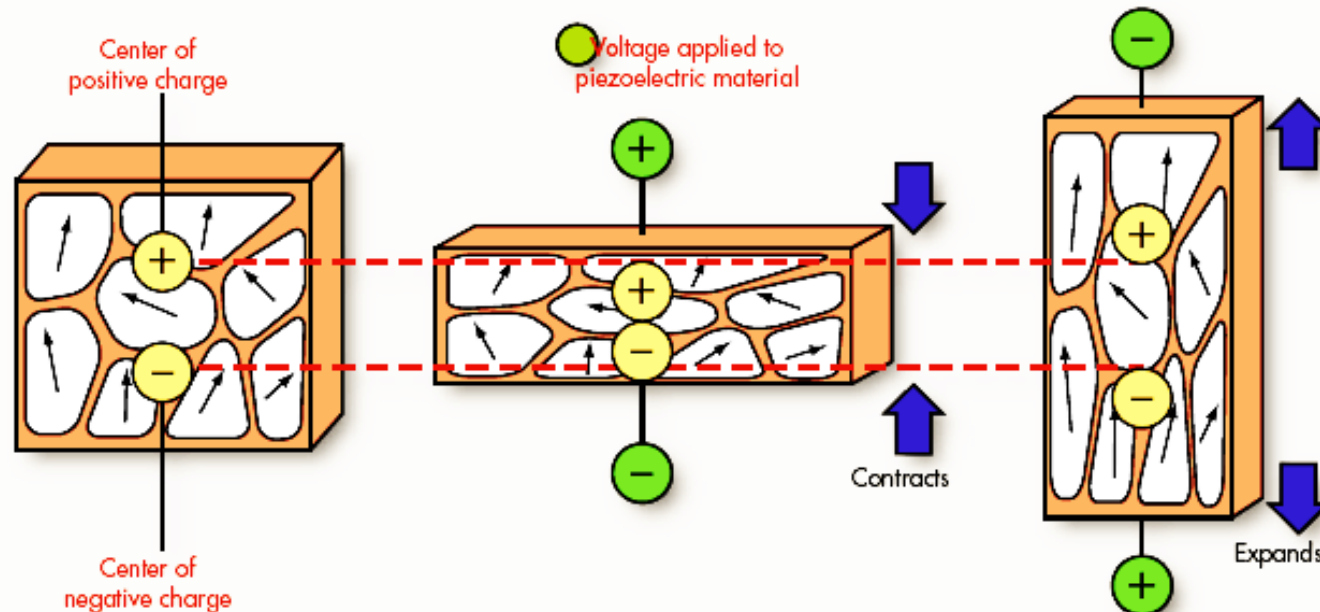
لودسل‌های الکترونیکی

تجهیزات پیزوالکتریک



● کریستال‌های پیزوالکتریک جایگزین عضو الاستیک

● محدوده صفر تا ۱۰۰۰ تن





لودسل‌های الکترونیکی

تجهیزات پیزوالکتریک ...

پایین‌ترین عدم صحت آنها $\pm 1\%$ درصد در مقیاس کامل 

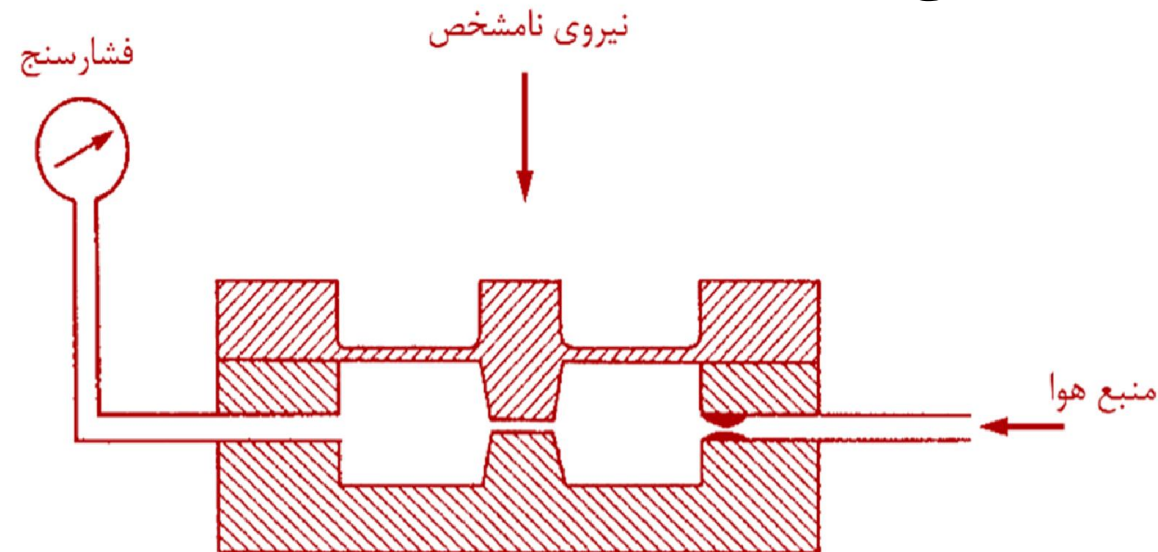
قیمت نسبی ارزان‌تر، محدوده گسترده اندازه‌گیری، مقاومت در برابر گرد و خاک و محیط‌های خورنده، امکان اندازه‌گیری از راه دور، مقاومت در برابر شوک بارگذاری و نصب آسان. 

لودسل‌های نیوماتیک و هیدرولیک

قرار دادن جرم بر روی صفحه باعث انحراف دیافراگمی شده که به عنوان مقاومت متغیر در یک مکانیزم نازل-فلاپر کار می‌کند.

▼ محدوده کامل خروجی kg ۲۵ تا ۲۵ تن

▼ خطای لودسل‌های نیوماتیکی عموماً در حدود $\pm 0.5\%$ درصد در بازه کامل



لودسل‌های نیوماتیک و هیدرولیک

لودسل‌های هیدرولیکی



محدوده اندازه‌گیری پایین: جرم‌های تا ۵۰۰ تن



جرم‌هایی تا ۵۰۰۰۰ تن



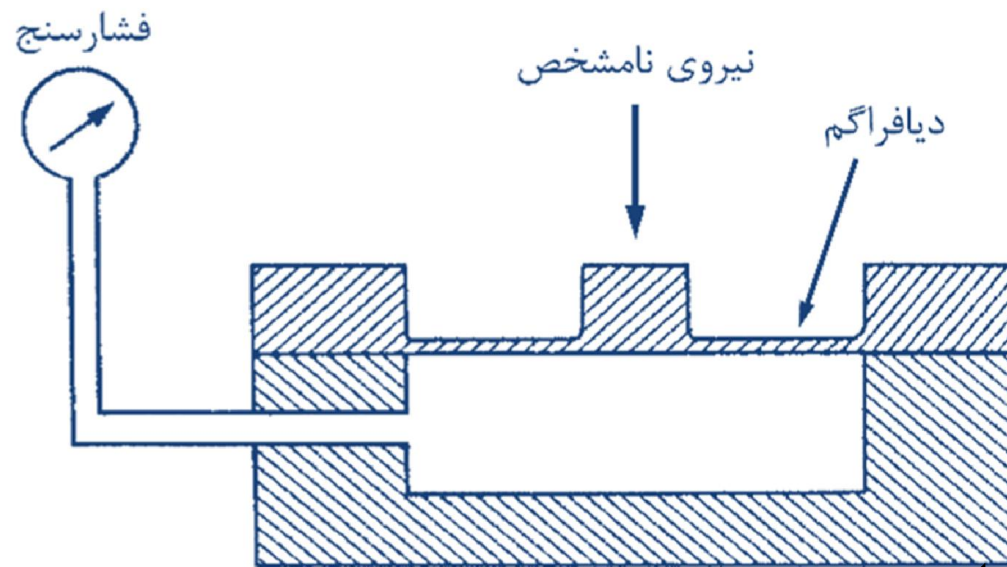
دقتی برابر $\pm 0.5\%$ درصد در بازه



تفکیک اندازه‌گیری برابر با 0.2% درصد



انجام کالیبراسیون با توجه به g (شتاب جاذبه) محلی لازم است.



لودسل‌های نیوماتیک و هیدرولیک



ترازوی‌های جرمی

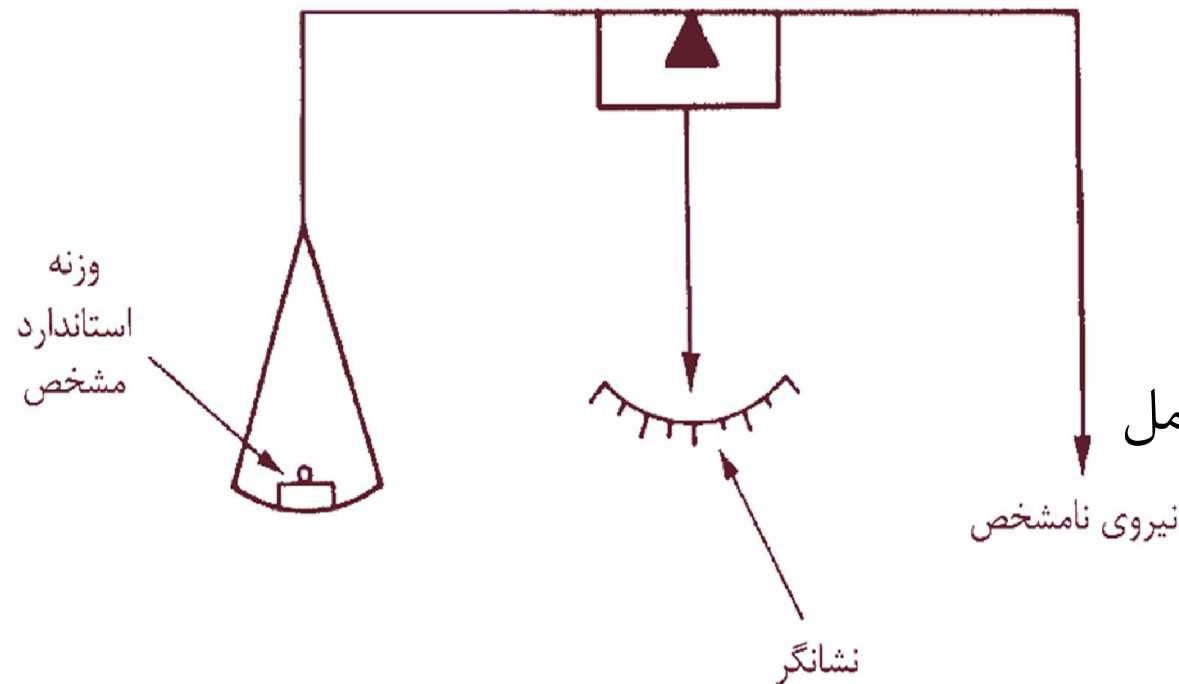
▶ ترازوی شاهین‌دار (ترازو دو کفه‌ای)

■ بازه پایین: محدوده کمتر از 0.01 گرم

■ محدوده جرم بالا: تا حدود 1000 گرم

▶ تفکیک اندازه‌گیری بخوبی 1 در 10^7 در محدوده کامل

▶ پایین‌ترین عدم دقت ممکن نیز 0.002% درصد



ترازوی‌های جرمی

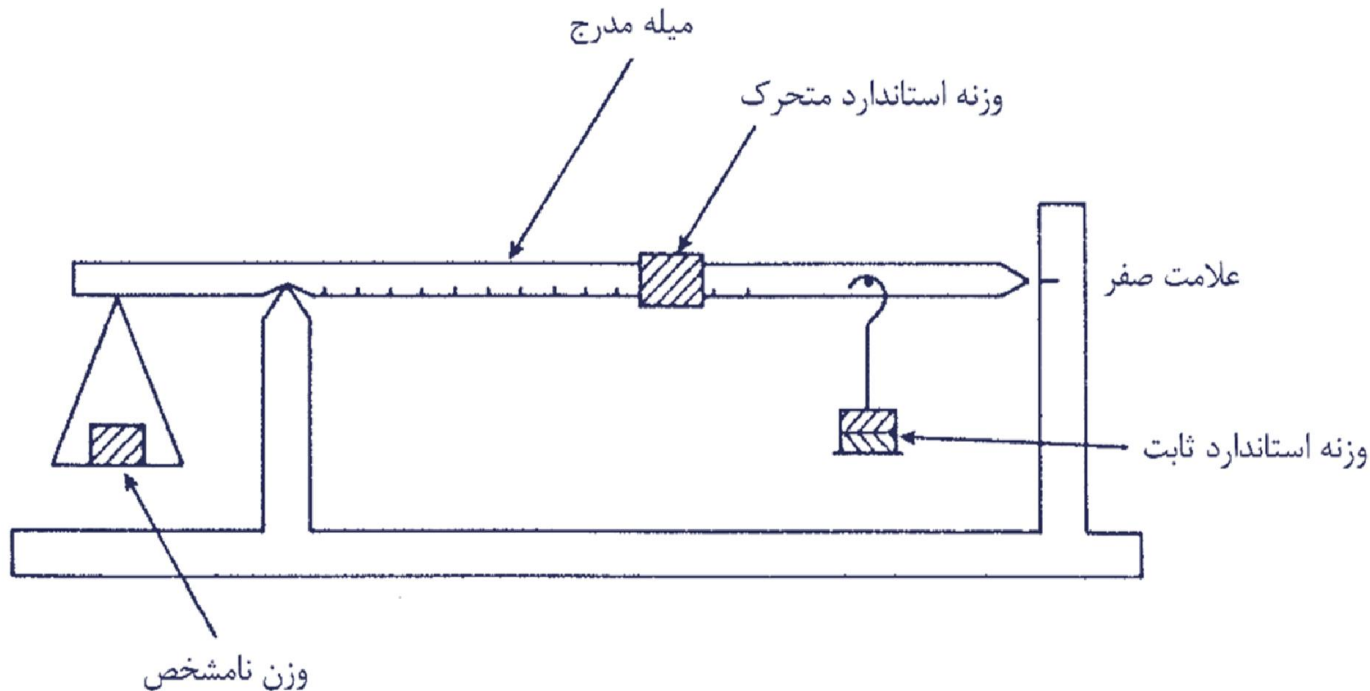
میلۀ توزین



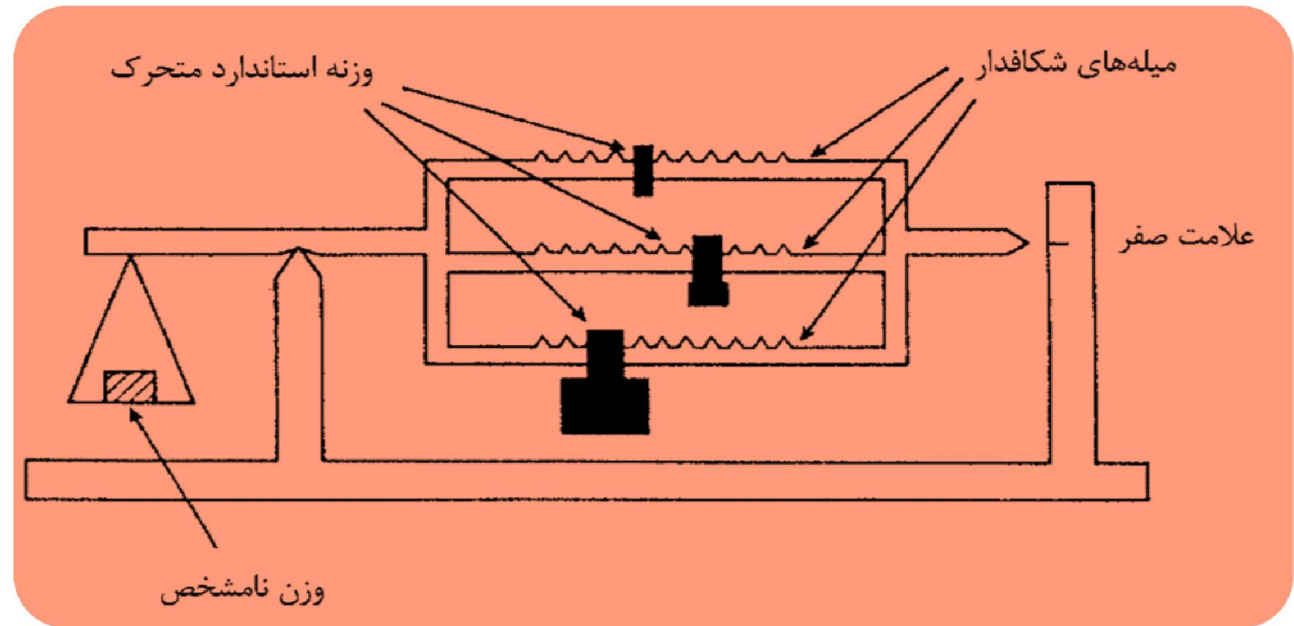
❄ جرم‌ها بر روی میلۀ مدرج جابجا می‌شوند تا زمانی که نشانگر بر روی صفر نقطه تعادل قرار گیرد.

❄ اندازه‌گیری جرم‌هایی تا ۵۰ تن

❄ عدم صحت: ۰/۰۰۲ درصد



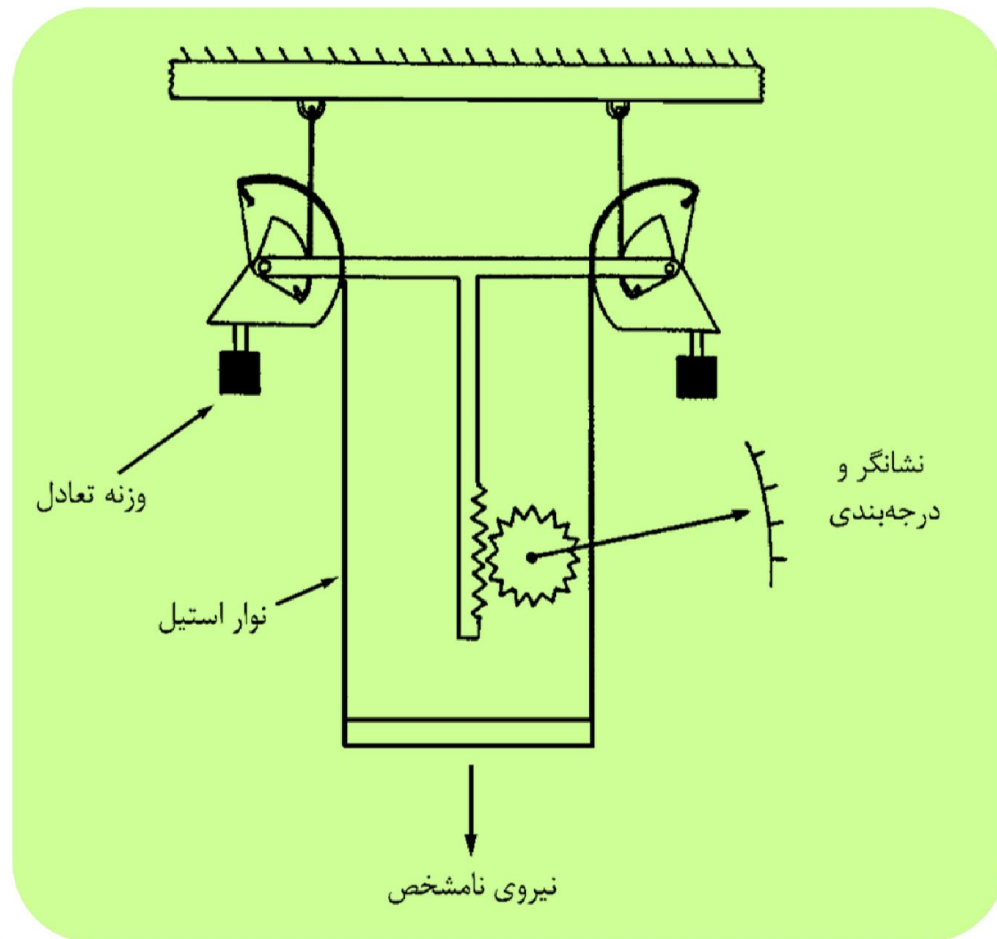
ترازوی های جرمی: میله توزین



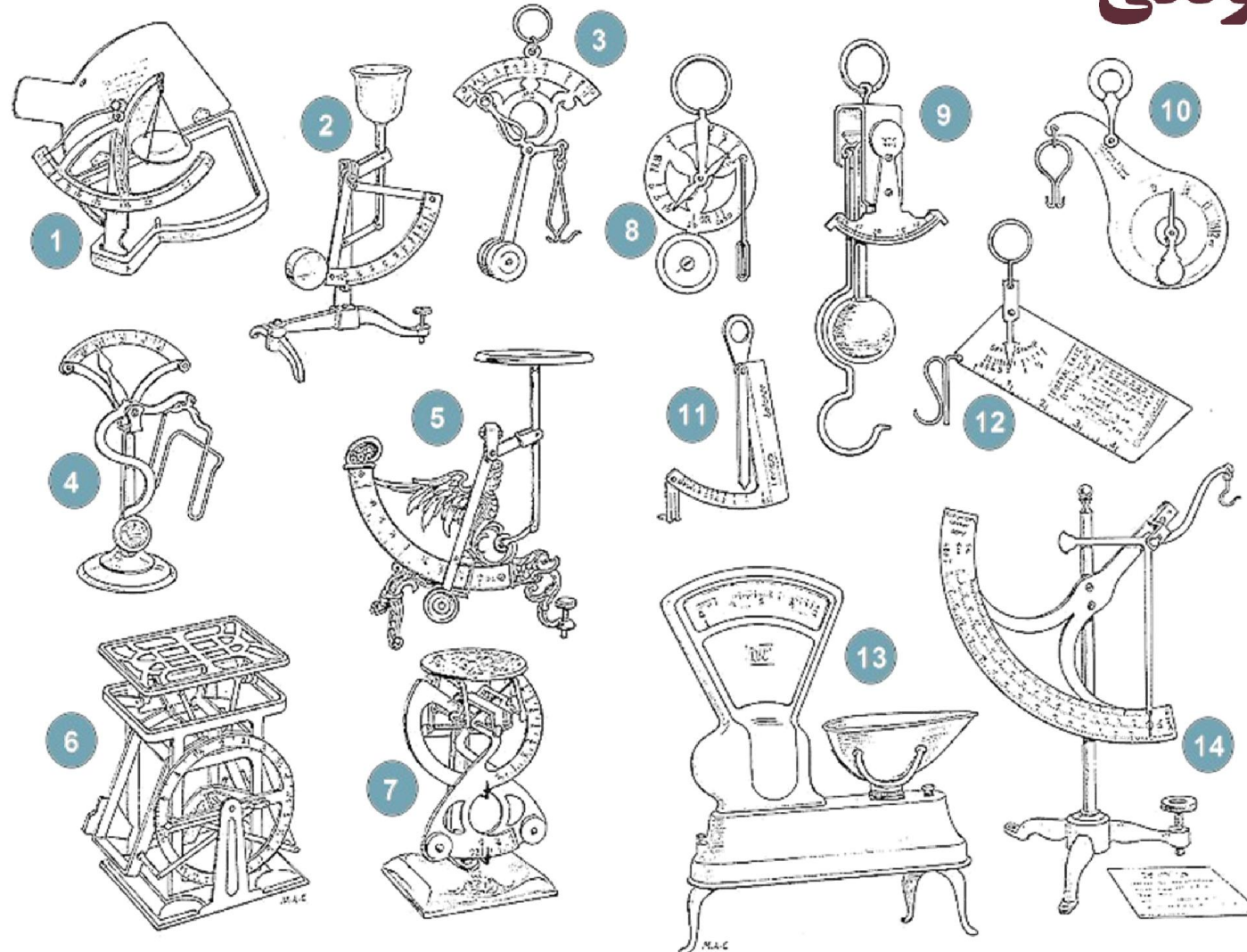
ترازوی‌های جرمی

ترازوی آونگی

- این ابزار، بر اساس قانون تعادل جرم کار می‌کند.
- جرم‌هایی در بازه بین ۱ کیلوگرم تا ۵۰۰ تن
- عدم صحت مرسوم $\pm 0.1\%$ درصد اندازه‌گیری نمایند.

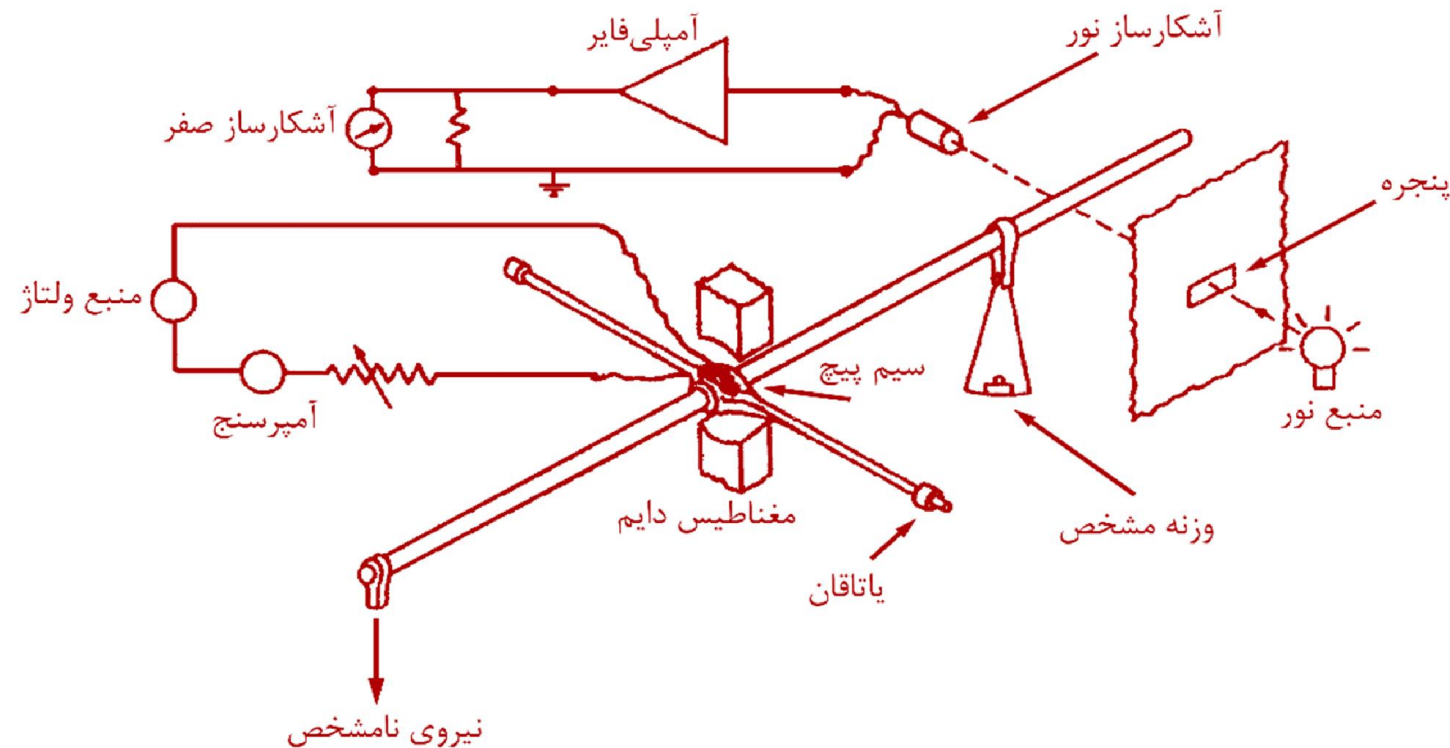


انواع ترازوی آونگی



ترازوی الکترومغناطیسی

از گشتاور ایجاد شده توسط سیم‌پیچ حامل جریان که در یک میدان مغناطیسی دایم معلق شده، برای تعادل جرم مجهول در برابر نیروی گرانشی ایجاد شده توسط یک جرم استاندارد بهره می‌برد.

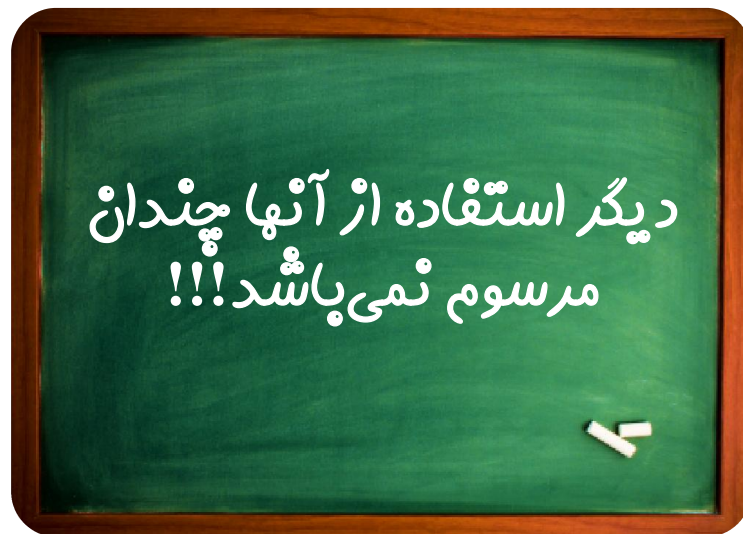


ترازوی الکترومغناطیسی

- یک سیستم آشکارساز و منبع نوری برای نمایش نقطه تعادل صفر استفاده می‌شود.
- ولتاژ خروجی از آشکارساز نور تقویت شده، به سیم‌پیچ اعمال می‌شود
- با ایجاد یک سیستم سرو، انحراف از سیم‌پیچ در نقطه تعادل، متناسب با نیروی اعمال شده است.
- مزایا

— عدم حساسیت به تغییرات محیطی

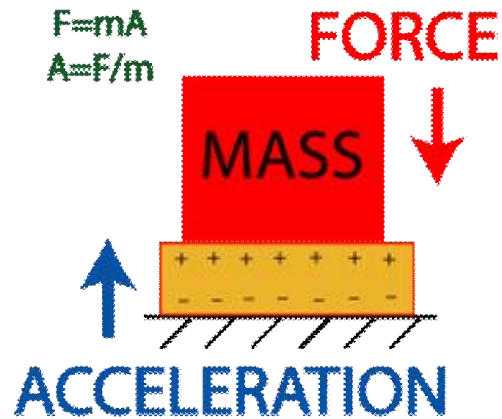
— خروجی الکتریکی



اندازه‌گیری نیرو

اگر یک نیرو به بزرگی، F ، به جسمی به جرم M اعمال شود، شتابی به نرخ A در جسم ایجاد شده توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F = M \cdot A$$



اندازه‌گیری نیرو

استفاده از شتاب‌سنج

▼ اعمال نیرو به یک جسم با جرم مشخص و اندازه‌گیری شتاب ایجاد شده، توسط انواع مختلف شتاب‌سنج قابل انجام است.

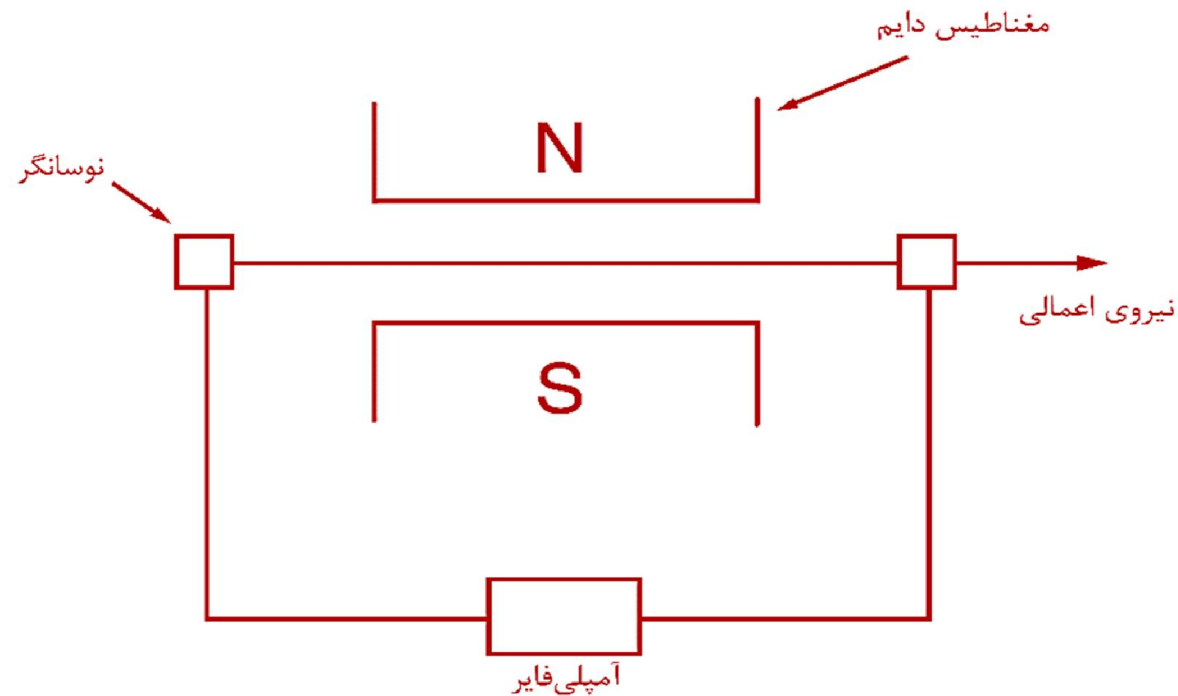
▼ این روش از نظر عملی دارای محدودیت می‌باشد زیرا در بسیاری مواقع، نیرو دارای هویت مستقل نبوده بلکه بخشی از یک سیستم است.

اندازه‌گیری نیرو

سنسور تار مرتعش

شامل سیمی است که توسط یک نوسانگر فرکانس متغیر در فرکانس رزونانس آن به ارتعاش در می‌آید.

$$f = \frac{0.5}{L} \sqrt{\frac{M}{T}}$$



اندازه‌گیری نیرو

استفاده از لودسل



■ نمونه‌های ویژه‌ای از لودسل‌های الکترونیکی برای تعیین انحراف در جهت افقی طراحی شده‌اند که برای اندازه‌گیری نیروی اعمالی به آنها در جهت افقی بکار می‌روند.

اندازه‌گیری نیروی کشش کابل





اندازه‌گیری گشتاور

چهار روش اندازه‌گیری گشتاور



■ اندازه‌گیری کرنش تولیدی در جسم دوار به دلیل گشتاور اعمالی،

■ روش نوری،

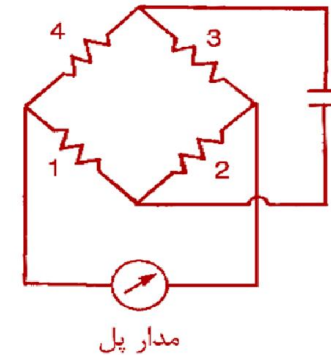
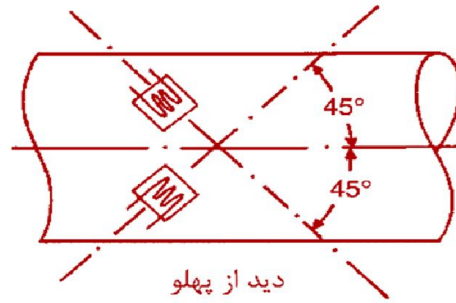
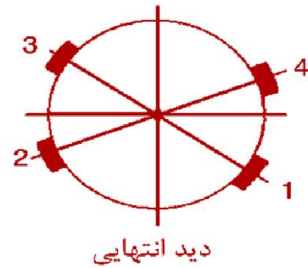
■ اندازه‌گیری نیروی عکس‌العملی در کلاف یاتاقان‌ها،

■ استفاده از ابزار **ترمز پرونی**

اندازه‌گیری گشتاور

اندازه‌گیری کرنش القایی

با اندازه‌گیری کرنش القا شده در یک شفت به
دلیل گشتاور اعمالی



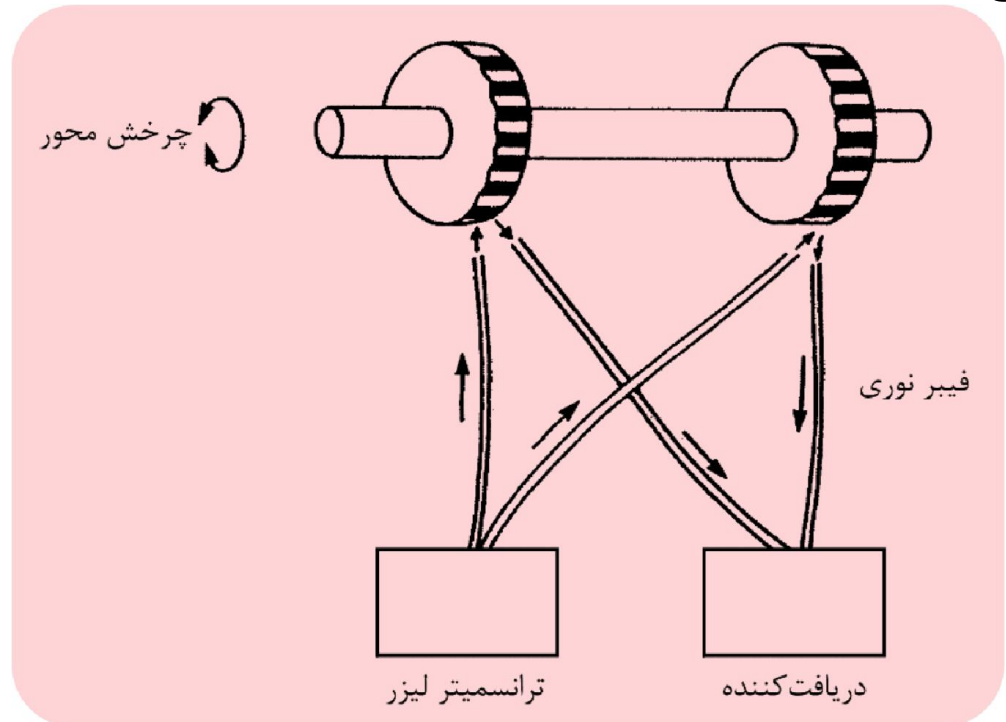
ارتباط اتصالات الکتریکی به کرنش‌سنج‌ها در زمان چرخش مهمترین
مساله آن است که توسط رینگ لغزنده و جاروبک‌ها انجام می‌شود.

اندازه‌گیری گشتاور

اندازه‌گیری نوری گشتاور

در صورت اعمال گشتاور به محور، مشخصه‌های نور بازتابی تغییر خواهد کرد.

اندازه‌گیری تفاوت فاز بین زنجیره پالس‌های انعکاسی بر روی دریافت‌کننده، امکان محاسبه مقدار گشتاور وارده بر محور را فراهم می‌کند.



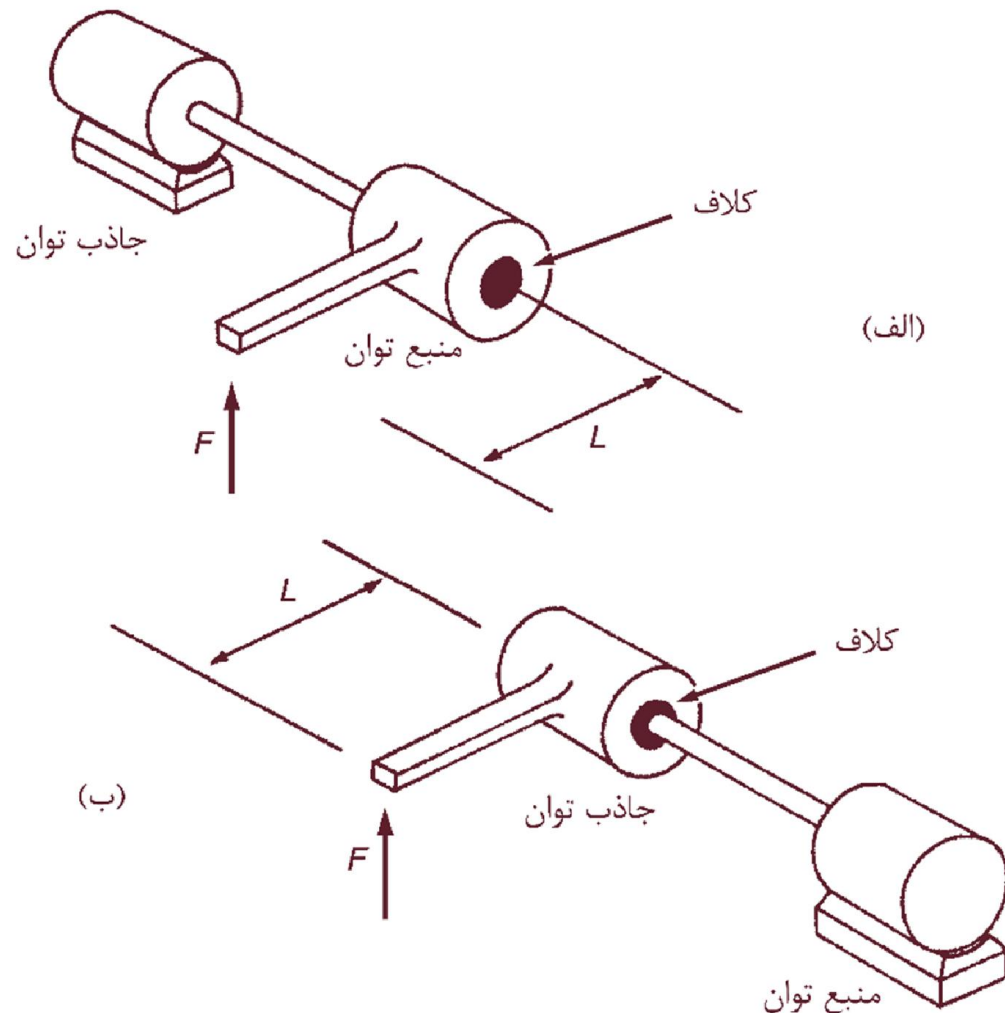
اندازه‌گیری گشتاور

اندازه‌گیری نیروی واکنشی بر یا تاقان محور کلاف

○ با اندازه‌گیری نیروی واکنشی F و طول بازوی

L ، مقدار گشتاور با ضرب ساده $F.L$ محاسبه

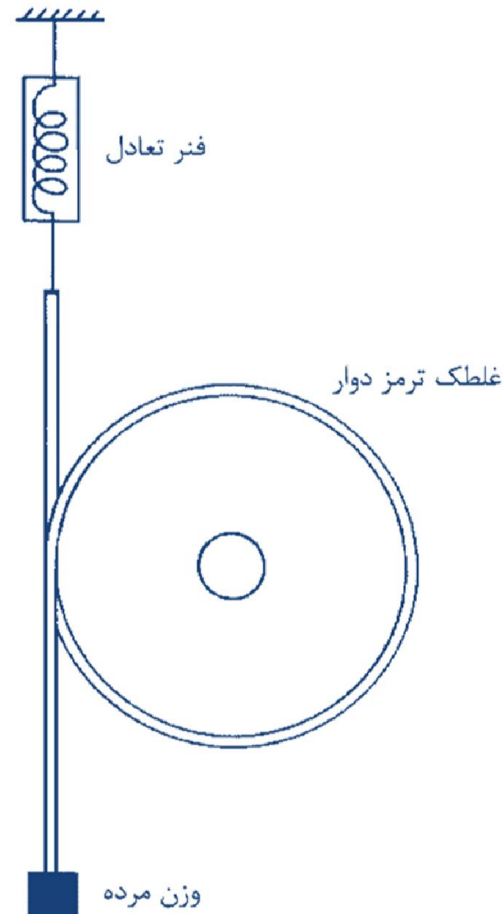
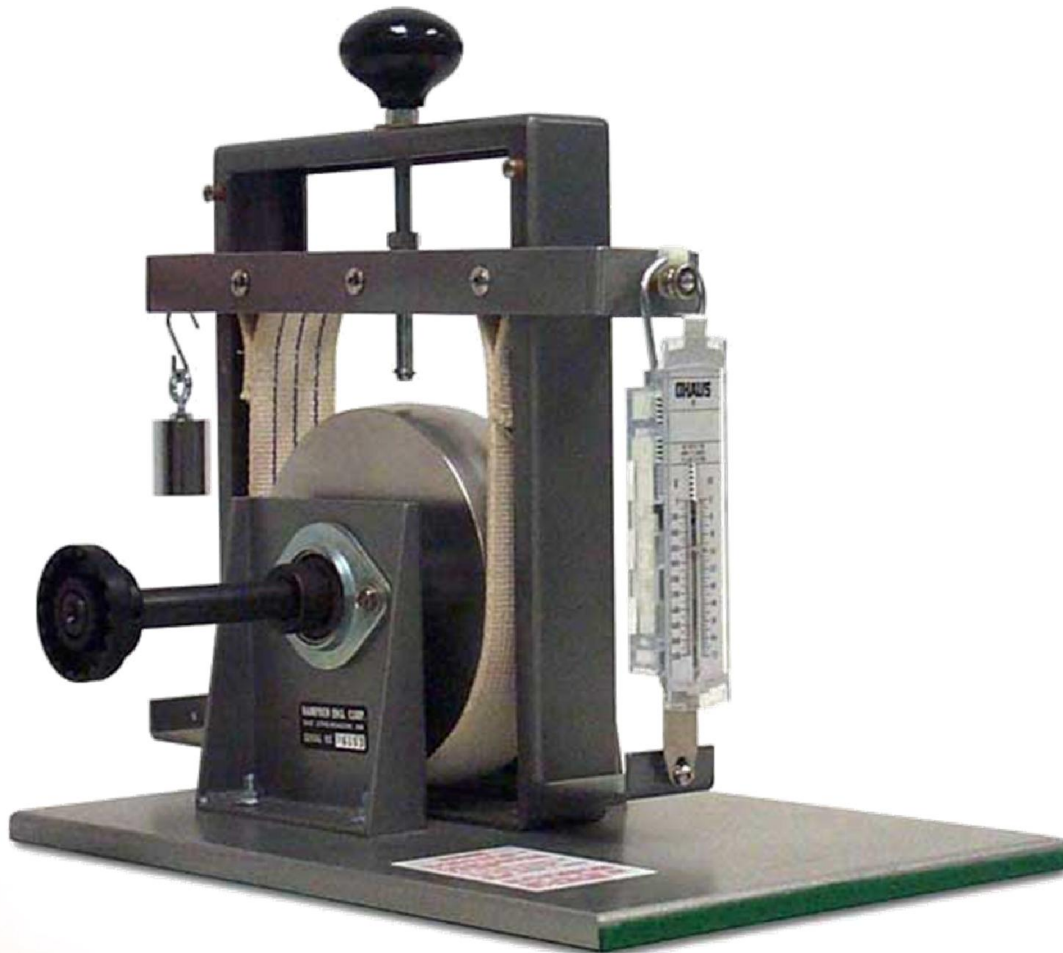
می‌شود.



اندازه‌گیری گشتاور

ترمز پرونی

Prony Brake





پایان جلسه هشتم