محمد حسینی‌فرد

بدون اصطکاک

هیچ میخی در دیوار بند نمی‌شود

اصطکاک در محیطی که ما را احاطه کرده است به شکل‌های گوناگون و گاه غیر منتظره پدیدار می‌شود. درست در جایی که ما اصلاً فکرش را نمی‌کنیم، ظاهر می‌شود. آیا تا به حال فکر کرده‌اید که اگر اصطکاک در جهان نابود می‌شد، چه اتفاقی می‌افتاد؟

قطعاً بسیاری از پدیده‌های معمولی به گونه‌ای دیگر جریان می‌یافتند. برای همهٔ ما پیش آمده است که هنگام یخ‌بندان از خانه بیرون برویم. باید کوشش زیادی کنیم تا حداقل زمین نخوریم. شما حرکات خنده‌دار زیادی را از مردم مشاهده می‌کنید تا شاید مانع سرخوردن و زمین افتادنشان شوند. این امر ما را وامی‌دارد تا اعتراف کنیم که معمولاً زمینی که روی آن حرکت می‌کنیم، ویژگی بسیار پر ارزشی دارد و آن وجود پدیده‌ای به نام «اصطکاک» است.

اصطکاک

اصطکاک به ما امکان می‌دهد تا ما راه برویم، بنشینیم و کار کنیم، بی‌آن‌که بترسیم کتاب و سایر لوازم روی میز روی زمین بیفتند؛ میز آن‌قدر سُر بخورد تا به گوشه‌ای گیر کند، قلم از لای انگشتانمان در برود و...

اما اصطکاک همیشه و همه‌جا مفید نیست. مهندسین می‌کوشند تا اصطکاک در ماشین‌ها را از بین ببرند، زیرا در علم مکانیک، اصطکاک قطعات را فرسوده ساخته و هزینه‌ها را بالا می‌برد.

فرض کنیم که اصطکاک به یکباره از بین برود، آن‌وقت هیچ‌یک از اجسام، اعم از این‌که مانند صخره بزرگ یا چون دانه شن کوچک باشند، هرگز روی یکدیگر نخواهند ماند. همه می‌لغزند و پایین می‌آیند تا در یک سطح قرار گیرند. اگر اصطکاک وجود نمی‌داشت، کرهٔ زمین مانند کرهٔ مایعی بدون پستی و بلندی بود.

تاکنون به این اندیشیده‌اید که در نبود اصطکاک هیچ میخی و پیچی در دیوار بند نمی‌شد، هیچ چیز را نمی‌شد در دست نگاه داشت، هیچ گردبادی آرام نمی‌گرفت، یا هیچ صوتی خاموش نمی‌شد؟ مثلاً، صدا به دیوارهای اتاق می‌خورد و بی‌آن‌که کاهش یابد، منعکس می‌شد و چون پژواکی پایان‌ناپذیر ادامه می‌یافت.

لحظه‌ای از خواندن این مقاله دست بردارید و شما هم قدری فکر کنید که اگر اصطکاک به یکباره از بین می‌رفت، کارهای روزمرهٔ خود را چگونه انجام می‌دادید. آیا اصلاً قادر به انجام آنها بودید؟

اصطکاک ناچیز روی یخ را می‌توان از لحاظ تکنیکی مورد استفاده قرار داد. سورتمهٔ معمولی نمونه‌ای از این نوع استفاده است. راه‌هایی به نام «راه یخی» که برای حمل تنه‌های درخت از جنگل به ایستگاه راه‌آهن یا به کنار رودخانه می‌سازند، گواه بارزتری بر امکان این‌گونه استفاده است. در این راه‌ها به‌جای شن یا آسفالت پودر یخ می‌پاشند و دو اسب، سورتمه‌ای را که ۷۰ تن تنهٔ درخت بار آن است، می‌کشند.

گره

ما در زندگی روزمرهٔ خود بی‌آن‌که متوجه باشیم، غالباً آن‌گونه که می‌خواهیم از اصطکاک استفاده می‌کنیم. برای مثال، گِره چیزی نیست جز ریسمانی که به‌دور میله‌ای پیچیده باشند و البته در این مورد، قسمت دیگر ریسمان نقش میله را بازی می‌کند. سفتی هر نوع گره فقط و فقط به میزان اصطکاک بستگی دارد.

ترمز ای بی‌اس

سیستم ترمزهای «ABS» از اصطکاک ایستایی برای متوقف‌کردن خودرو استفاده می‌کند. در واقع ترمز ABS این‌گونه عمل می‌کند که به‌جای قفل‌کردن چرخ‌های خودرو تا توقف کامل آن، برای مدت کوتاهی قفل می‌شود و قبل از این‌که چرخ شروع کند به لغزش، ترمز باز می‌شود و دوباره قفل می‌شود. این عمل مدام انجام می‌گیرد و باعث می‌شود که به جای لغزش، چرخ بغلتد و اصطکاک ایستایی وجود داشته باشد که از اصطکاک حرکتی (لغزشی) بیشتر است. به این ترتیب، خودرو نه تنها هنگام ترمز کردن از کنترل خارج نمی‌شود، بلکه زودتر هم متوقف می‌شود.

علم مکانیک می‌آموزد ضمن لغزش طنابی که به‌دور لولهٔ فلزی پیچیده شده است، نیروی اصطکاک فوق‌العاده زیادی به‌وجود می‌آید. هرچه تعداد دورهای طناب بیشتر باشد، مقدار اصطکاک نیز بیشتر می‌شود.

قاعدهٔ افزایش اصطکاک چنین است با افزایش تعداد دورها با تصاعد عددی، میزان اصطکاک با تصاعد هندسی افزایش می‌یابد. به این دلیل حتی اگر کودک کم‌زوری سر آزاد طنابی را که به‌دور میلهٔ ثابتی پیچیده شده است بگیرد، می‌تواند در برابر نیروی عظیمی مقاومت و آن را خنثا کند. در اسکله‌های شهرهایی که در کنار دریا هستند، نوجوانان و جوانان با این روش کشتی‌هایی را که با صدها سرنشین به اسکله نزدیک می‌شوند، نگه می‌دارند و در این کار نه نیروی خارق‌العادهٔ دست‌هایشان، بلکه اصطکاک طناب به میله‌ای که در زمین فرو رفته‌است، به آنان کمک می‌کند.

اویلر، ریاضی‌دان قرن ۱۸، رابطهٔ نیروی اصطکاک و تعداد دورهای طناب به‌دور میله را تعیین کرد. برای کسانی که از عبارات فشردهٔ جبری هراسی ندارند، این فرمول آموزنده را نقل می‌کنیم:

$$F=fe^{ka}$$

در این فرمول، f نیروی ما و F نیرویی است که در جهت عکس آن عمل می‌کند. e لگاریتم طبیعی، یعنی عدد ۲/۷۱۸/۰۰۰ و k ضریب اصطکاک طناب با میله است. a زاویهٔ پیچش، یعنی نسبت قوس محاط شده به‌وسیلهٔ طناب به شعاع آن قوس است.

برای مثال، اگر طنابی سه دور اطراف میله چرخیده باشد، زاویهٔ پیچش آن $a=6\pi$ می‌شود. با اندازه‌گیری نیروها می‌توان به مدل ریاضی ساده‌ای برای نیروی اصطکاک دست یافت. نخست همان‌گونه که انتظار می‌رود، نیروی اصطکاک به فشاری بستگی دارد که سطوح به‌هم وارد می‌کنند. در واقع نیروی اصطکاک به مساحت کل سطح نیز بستگی دارد. اما چون فشار P از تقسیم نیروی عمودی بر مساحت سطح تماس به‌دست می‌آید $(P = F_N/A)$، پس از ضرب این دو عامل خواهیم داشت:

$$f_{\text{اصطکاک}} \propto PA = \frac{F_N}{A} \times A = f_N$$

که مستقل از مساحت است. این وابستگی را با «قانون اصطکاک کولن» بیان می‌کنند. برای سطوح در حال حرکت داریم:

$$f_{\text{اصطکاک}} = \mu_k f_N$$

که در آن، μ_k ثابتی است که «ضریب اصطکاک جنبشی» نامیده می‌شود. برای سطوحی که نسبت به هم ساکن هستند، بهتر است که این رابطه به‌صورت زیر نوشته شود:

$$f_{\text{اصطکاک}} = \mu_S f_N$$

که در آن، μ_S ضریب اصطکاک ایستایی است و مقدار آن معمولاً از U_k بیشتر است. در عمل نیز اصطکاک ایستایی از اصطکاک جنبشی بیشتر است.

مقاومت چرخ در حال غلتش در مقابل لغزش (به‌موازات یا در جهت عمود بر راستای حرکت)، از مقاومت چرخ در حال لغزش بیشتر است. این نکته برای خودروها اهمیت فراوانی دارد. اگر هنگام ترمزکردن، چرخ‌های جلو قبل از چرخ‌های عقب قفل شوند، هدایت خودرو از کنترل خارج می‌شود؛ البته معمولاً چرخش شدیدی ایجاد نمی‌شود. اما اگر ابتدای چرخ‌های عقب قفل شوند، فوراً به جلو سر می‌خورند و لغزش ابتدا در عقب متوقف می‌شود.

منابع

۱. فیزیک برای سرگرمی‌ی. پرلمان، انتشارات میر.

۲. دانشنامه فیزیک (ج ۱)، سیمون و اس چاستیر و جان ریگدن، انتشارات تحصیلات تکمیلی زنجان.