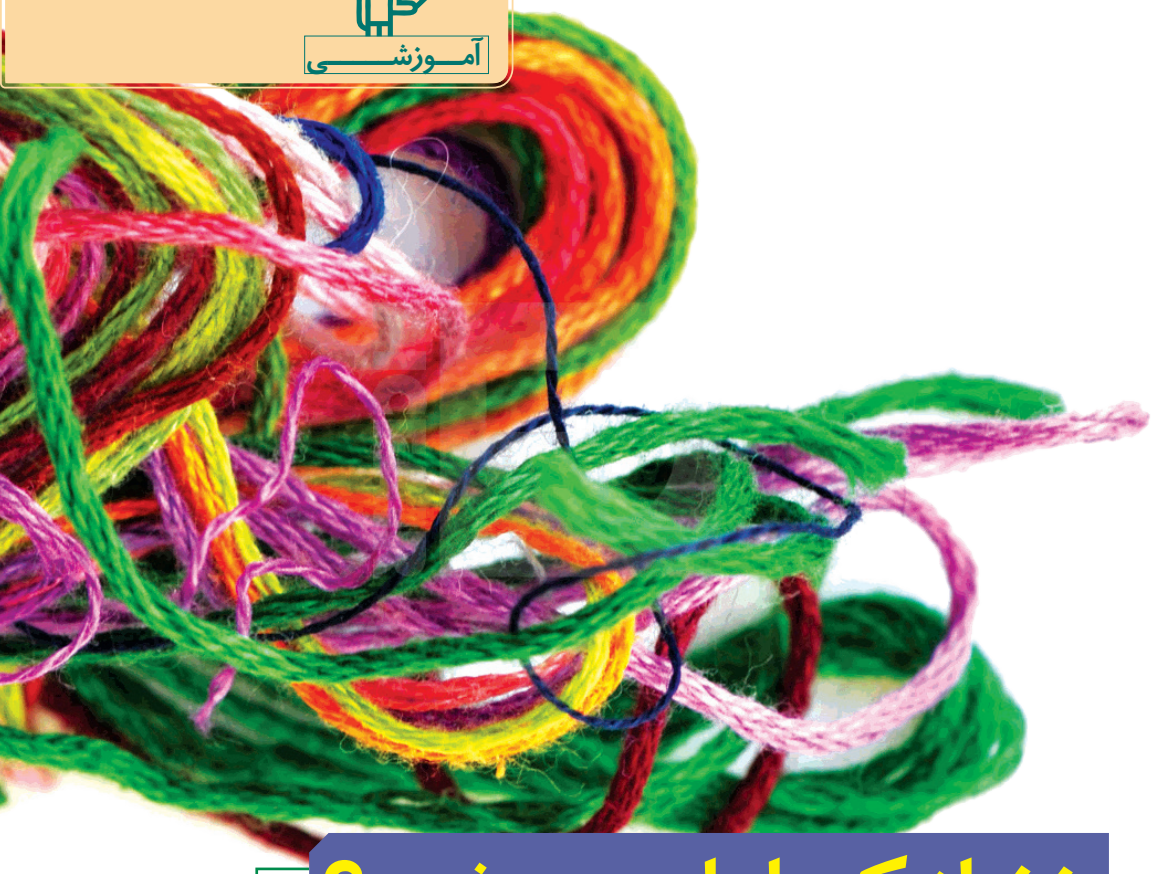


نخ از کجا پاره می‌شود؟

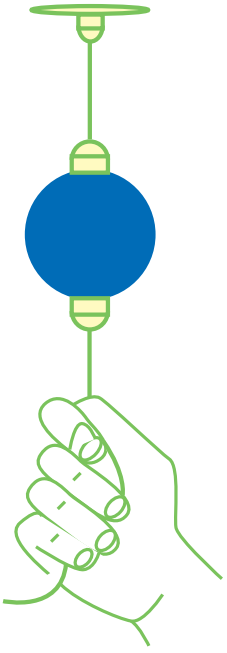
یوسف مظهری خیاوی
مشکین‌شهر، پژوهش‌سرای دانش‌آموزی دکتر حسابی

مقدمه

در این مقاله خواهیم دید ـ بســـته به اینکه انتهای نخی ســـبک و آویزان شده از وزنه‌ای را (که خود این وزنه از نخ ســـبک دیگری، از نقطه‌ای ثابت، آویزان اســـت) چگونه بکشیم، یکی از نخ‌ها و یا دیگری پاره می‌شـــود. درواقع، با کمک فرمول‌نویسی، برای پاره شـــدن هر کدام از نخ‌ها، شرطی کافی را برای شتاب وزنه، به دست می‌آوریم. نتایج به دست آمده با فرض سبک بودن نخ‌ها به دست می‌آیند که در این صورت خواهیم دید، مقدار جرم وزنه نقشی در نتایج به دست آمده ندارد.

بحث و بررسی

در شـــکل (۱) وزنه‌ای ســـاکن به جـــرم m، از نخی با جرم ناچیز آویزان است و نخ مشابه دیگری نیز از پایین وزنهٔ مذکور آویزان اســـت. نخ پایینی را در راســـتای قائم به سمت پایین می‌کشـــیم. حال سؤال این اســـت که تحت چه شرایطی نخ بالایی و تحت چه شرایطی نخ پایینی پاره می‌شود؟



شکل ۱

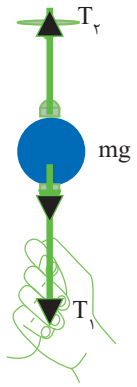
وقتی نیرویی به نخی وارد می‌شود، قبل از پاره شدن، در اثر کشش مقداری به طول آن افزوده می‌شود. بنابراین وقتی نخ پایینی را به سمت پایین می‌کشیم، در حالی‌که هیچ‌کدام از نخ‌ها هنوز پاره نشده است، وزنه به سمت پایین شروع به حرکت می‌کند

ممکن است پاسخ این سؤال را به‌طور غیردقیق براساس مقاومت وزنه در مقابل تغییر سرعت (اینرسی) بدهیم و بگوییم اگر نخ پایینی را به‌طور ناگهانی به سمت پایین بکشیم، این نخ و اگر آهسته بکشیم، نخ بالایی پاره می‌شود. ولی روشن است که پاسخ صحیح را باید با روشی متفاوت و با کمک فرمول‌نویسی داد.

اولاً باید دانست که برای هر نخی با جرم ناچیز، کشش نخ در تمام طول آن یکسان است. بنابراین، نیرویی که به انتهای نخ پایینی وارد می‌سازیم، برابر با کشش این نخ در تمام طولش است.

بدیهی است که افزایش کشش وارد شده بر هر نخی سرانجام باعث پاره شدن آن می‌شود. آستانهٔ کشش نخ برای اینکه پاره نشود را با T_{max} نشان می‌دهیم. در این صورت نخی با کشش T، در صورتی که $T<T_{max}$ باشد، پاره نمی‌شود.

وقتی نیرویی به نخی وارد می‌شود، قبل از پاره شدن، در اثر کشش مقداری به طول آن افزوده می‌شود. بنابراین وقتی نخ پایینی را به سمت پایین می‌کشیم، در حالی‌که هیچ‌کدام از نخ‌ها هنوز پاره نشده است، وزنه به سمت پایین شروع به حرکت می‌کند. بنابراین شتابی رو به پایین خواهد داشت. کشش نخ پایینی را با T_1 و کشش نخ بالایی را با T_2 نشان می‌دهیم. بنابراین نیروهای وارد بر وزنه که در شکل زیر نشان داده شده عبارت‌اند از mg و T_1 و T_2.



جهت مثبت را در راستای قائم، رو به پایین، در نظر می‌گیریم، پس بنا به فرمول قانون دوم نیوتن داریم:

$T_1+mg-T_2=ma \qquad (a>0)$

$T_1-T_2=m(a-g)$

اگر نخ پایینی را طوری به آرامی به سمت پایین بکشیم که بزرگی شتاب حرکت وزنه کمتر از بزرگی شتاب گرانش باشد، یعنی $a<g$، داریم:

$$(a-g)<0 \Rightarrow T_1<T_2<T_{max}$$

و با کشیدن نخ اول به سمت پایین، T_1 افزایش می‌یابد و مقدار T_2 نیز افزایش می‌یابد زیرا باید بیشتر از T_1 بماند و بنابراین نخ بالایی زودتر به آستانهٔ پاره شدن می‌رسد و بدون پاره شدن نخ پایینی، نخ بالایی پاره می‌شود.

اما اگر نخ پایینی را طوری ناگهانی به سمت پایین بکشیم که بزرگی شتاب حرکت وزنه بزرگ‌تر از بزرگی شتاب گرانش باشد، یعنی $a>g$، داریم:

$$(a-g)>0 \Rightarrow T_2<T_1<T_{max}$$

و با کشیدن نخ اول به سمت پایین، T_1 افزایش می‌یابد و نخ پایینی زودتر به آستانهٔ پاره شدن می‌رسد و بدون پاره شدن نخ بالایی، نخ پایینی پاره می‌شود.

از آنجا که عملاً a و g هرگز دقیقاً برابر نمی‌شوند (زیرا احتمال اینکه a و g دقیقاً برابر شوند صفر است) یعنی هرگز $a-g=0$ نمی‌شود، بنابراین هیچ‌گاه T_1 و T_2 برابر نمی‌شوند و هیچ‌گاه نخ بالایی و پایینی هر دو پاره نمی‌شوند.

اینکه مقدار جرم وزنه چه اندازه باشد تأثیری در نتایج گرفته شده ندارد، ولی اگر وزنه‌ای وجود نداشته باشد، یعنی $m=0$. در این صورت نخ بالایی و پایینی به یکدیگر متصل هستند و $T_1=T_2$ است، و بنابراین هر دو نخ با هم پاره می‌شوند. ولی در واقعیت این اتفاق نمی‌افتد. زیرا در معنای واقعی و عملاً دو نخ کاملاً مشابه وجود ندارد.

https://www.roshdmag. ir/u/205