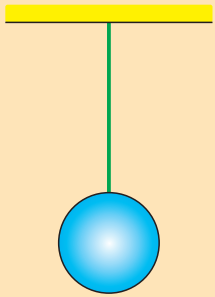
مثال ۲ــ۲

جسمی به جرم $m = ۱۲kg$ را با طنابی که جرم آن ناچیز است مطابق شکل ۲ــ۴ــالف می‌آویزیم. نیروهای وارد بر جسم را تعیین کنید و مقدار هر یک را به‌دست آورید.

پاسخ



شکل ۲ــ۴ــ الف

نیروهای وارد بر جسم عبارت‌اند از :

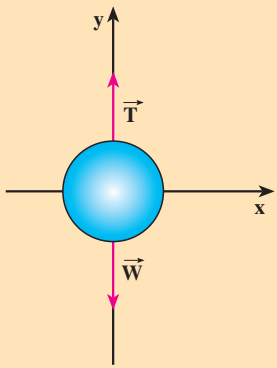
نیروی وزن، که از طرف زمین بر جسم وارد می‌شود و نیرویی که از طرف طناب به جسم وارد می‌شود. چون جسم ساکن است، باید برایند نیروهای وارد بر آن صفر باشد. درنتیجه باید از طرف طناب، نیرویی در امتداد قائم و رو به بالا بر جسم اعمال شود. این نیرو را نیروی کشش طناب (نخ) می‌نامند که آن را با $\vec{T}$ نمایش می‌دهیم.

نیروهای وارد بر جسم، در راستای محور y هستند و در شکل ۲ــ۴ــ ب نشان داده شده‌اند. بنابر قانون دوم نیوتون داریم :

$$T - mg = ma$$

چون $a = ۰$ ، داریم :

$$T = mg = ۱۲ \times ۱۰ = ۱۲۰N$$



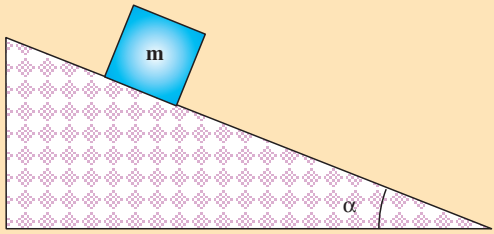
شکل ۲ــ۴ــ ب

در هر نقطه از طناب کشیده شده، نیرویی از طرف یک‌بخش بر بخش دیگر وارد می‌شود. نیروی کشش طناب در هر نقطه برابر نیرویی است که در صورت پاره‌شدن طناب در آن نقطه، باید وارد کنیم تا وضعیّت اولیه‌ی آن حفظ شود ؛ یعنی، اگر جسم ساکن بوده با جای‌گزینی این نیرو در آن نقطه هم‌چنان ساکن بماند و اگر در حرکت بوده با همان حالت قبل از پاره شدن حرکت کند.

مثال ۲ــ۳

جسمی به جرم m را روی سطح شیب‌داری که با افق زاویه‌ی α می‌سازد قرار می‌دهیم :

الف : شتاب حرکت جسم و نیروی عمودی تکیه‌گاه را محاسبه کنید (در این قسمت اصطکاک را نادیده بگیرید.)

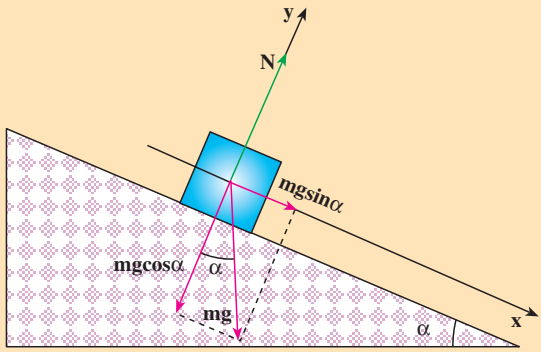


شکل ۲ــ۵ــ الف

ب : اگر در اثر نیروی اصطکاک، جسم روی سطح ساکن بایستد، نیروی اصطکاک را محاسبه کنید.

پاسخ

الف : ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم. جسم در امتداد سطح شیب‌دار حرکت می‌کند، محور x را در راستای سطح شیب‌دار و در جهت حرکت و محور y را عمود بر آن سطح، انتخاب می‌کنیم.



شکل ۲ــ۵ــ ب

مؤلفه‌های وزن روی محورهای x و y به‌ترتیب عبارت‌اند از :

$mg\cos\alpha$ و $mg\sin\alpha$

با توجه به قانون دوم نیوتون در راستای محور x داریم :

$$F_x = mg\sin\alpha = ma$$

$$a = g\sin\alpha$$

چون جسم در راستای محور y حرکت ندارد :

$$F_y = 0$$

$$N - mg\cos\alpha = 0$$

و درنتیجه :

$$N = mg\cos\alpha$$

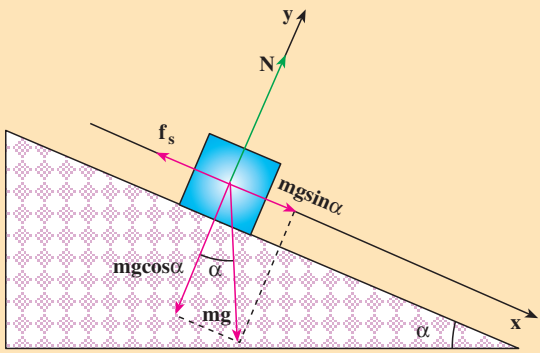
ب : نمودار نیروهای وارد بر جسم در شکل ۲ــ۶ نشان داده شده است ؛ چون جسم ساکن است، برایند نیروهای وارد بر آن صفر است :

$$F_x = 0$$

$$mg\sin\alpha - f_s = 0$$

و از آن‌جا داریم :

$$f_s = mg\sin\alpha$$



شکل ۲ــ۶

۲ــ۳ــ تکانه (اندازه حرکت)

در شکل ۲ــ۷ یک خودروی سواری و یک کامیون مجاور هم با سرعت یکسان در حرکت‌اند. با نزدیک شدن به چراغ قرمز خودرو و کامیون باید پس از طی مسافت ۵۰ m متوقف شوند. به‌نظر شما نیروی لازم برای متوقف کردن کدام‌یک از آن‌ها با شتاب ثابت بیش‌تر است؟ برای بررسی دقیق‌تر،

شکل ۲ــ۷

فرض کنید جرم کامیون ۱۰ تن و جرم خودروی سواری ۱ تن باشد و هر کدام با سرعت ۲۰ m/s در حرکت باشند. شتاب حرکت کندشونده برای کامیون و خودروی سواری، در این جابه‌جایی برابر است با :

$$|a_1| = |a_2| = \left|\frac{v^2 - v_0^2}{2\Delta x}\right| = \frac{400}{2 \times 50} = 4\ m/s^2$$

نیروی لازم برای توقف کامیون برابر است با :

$$F_1 = m_1 a = 10000 \times 4 = 4 \times 10^4\ N$$

و نیروی لازم برای توقف خودروی سواری برابر است با :

$$F_2 = m_2 a = 1000 \times 4 = 4 \times 10^3\ N$$

نتیجه می‌گیریم که نیروی لازم برای متوقف کردن کامیون بیش‌تر از نیروی لازم برای متوقف کردن خودروی سواری است.

فعالیت ۲ــ۲

فرض کنید در مثال بالا، جرم خودرو و کامیون یکسان، ولی سرعت یکی ۲۰ m/s و دیگری ۱۵ m/s باشد. نیروی لازم برای متوقف کردن هر کدام از آن‌ها را محاسبه و با هم مقایسه کنید. نتیجه‌های این فعالیّت و مثال قبل را در گروه خود، تجزیه و تحلیل و به کلاس گزارش کنید.

در مثال‌های بالا دیدیم که نیروی لازم برای متوقّف کردن خودروها به جرم و سرعت آن‌ها بستگی دارد. در فیزیک کمیّتی به‌نام تکانه (اندازه حرکت) تعریف می‌شود که به هر دو کمیّت جرم و سرعت بستگی دارد. «**تکانه‌ی یک جسم، حاصل ضرب جرم جسم در سرعت آن است.**»

تکانه را با $\vec{P}$ نمایش می‌دهند و یکای آن کیلوگرم متر بر ثانیه (kg m/s) است. بنابراین می‌توان نوشت :

$$\vec{P} = m\vec{v} \qquad (۲ــ۲)$$

تکانه، کمیّتی برداری است ؛ چرا؟

رابطه‌ی بین نیرو و تکانه: با به‌کارگیری قانون دوم نیوتون، به سادگی رابطه‌ی نیرو و تکانه به‌دست می‌آید ؛ با استفاده از رابطه‌ی ۲ــ۱ داریم :

$$\vec{F} = m\frac{d\vec{v}}{dt}$$

چون جرم جسم، مقداری ثابت است، می‌توان نوشت :

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = d\frac{(m\vec{v})}{dt}$$

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}(m\vec{v})$$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} \qquad (۲ــ۳)$$

یعنی **آهنگ تغییر تکانه‌ی یک جسم نسبت به زمان برابر برایند نیروهای وارد بر جسم است.** به‌بیان دیگر، برآیند نیروهای وارد بر جسم، مشتق تکانه‌ی آن نسبت به زمان است.

اگر در بازه‌ی زمانی Δt تغییر تکانه‌ی یک جسم $\Delta\vec{P}$ باشد، نیروی متوسّط وارد بر آن از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید :

$$\overline{\vec{F}} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} \qquad (۲ــ۴)$$

مثال ۲ــ۴

چکشی به جرم ۱/۵kg را با سرعت ۱۰m/s به سر میخی می‌کوبیم (شکل ۲ــ۸). اگر زمان برخورد چکش با سر میخ ۰/۰۰۵s باشد، بزرگی نیروی متوسطی که به‌چکش وارد می‌شود، چه‌مقدار است؟

پاسخ

$$\overline{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = m\left(\frac{v - v_0}{\Delta t}\right)$$

$$|\overline{F}| = \left|۱/۵\frac{(۰ - ۱۰)}{۰/۰۰۵}\right| = ۳۰۰۰N$$

شکل ۲ــ۸