فهرست

فصل اول: حرکت چیست؟

مسافت و جابه‌جایی ۱۰

سرعت و تندی ۱۶

سرعت نسبی ۳۰

حرکت شتاب‌دار ۳۹

فصل دوم: نیرو

مفهوم نیرو ۶۲

معرفی برخی نیروهای مهم ۷۵
قوانین نیروها ۹۶
پدیده‌های مرتبط با قوانین نیروها ۱۱۱

فصل سوم: فشار

مفهوم فشار ۱۳۴
فشار در جامدها ۱۴۲
فشار در مایع‌ها ۱۴۷
فشار در گازها ۱۷۱
مسائل مشترک فشار گازها و مایع‌ها ۱۸۰

فصل چهارم: ماشین‌های ساده

یادآوری مبحث کار و انرژی ۱۹۲
گشتاور ۲۰۱
تعاریف کلی ماشین‌ها ۲۱۲

ماشین‌هایی که با گشتاور کار می‌کنند ۲۲۳

ماشین‌هایی که از سطح شیب‌دار استفاده می‌کنند ۲۵۲

پاسخ‌نامه ۲۶۵

فصل اول

حرکت چیست؟

جهان بدون حرکت معنا ندارد. ذات وجود جهان بر پایهٔ حرکت نهاده شده است و اگر حرکت وجود نداشت، هیچ‌چیز وجود نداشت! حرکت‌های موجود در جهان تنوع زیادی دارد. از حرکت‌های خیلی ساده تا حرکت‌های خیلی پیچیده که البته آنها هم از چند حرکت ساده تشکیل شده‌اند! با درک و فهم حرکات ساده می‌توان پیچیده‌ترین آنها را تحلیل کرد. در این فصل فقط به بررسی ظاهر حرکت‌های ساده و چگونگی آنها می‌پردازیم و کاری به دلیل آنها نداریم. با همین مبانی ساده می‌توان پیچیده‌ترین حرکت‌های هواپیماها، موشک‌ها، ماهواره‌ها و... را تحلیل کرد!

فصل اول

حرکت چیست؟

مسافت و جابه‌جایی

۱ مفهوم مسافت و جابه‌جایی

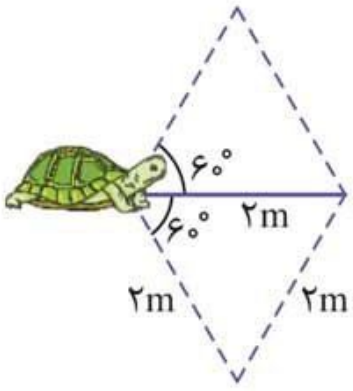
تغییر مکان در یک حرکت را به دو صورت می‌توان اندازه‌گیری کرد:

① طول کل مسیر طی‌شده از مبدأ حرکت تا مقصد که به آن مسافت می‌گویند.

② برداری که مبدأ حرکت را به مقصد وصل می‌کند که به آن بردار جابه‌جایی می‌گویند.

مثال: لاک‌پشتی می‌خواهد روی یک خط راست به اندازهٔ ۲m تغییرمکان دهد. برای اینکه مسافت طی‌شدهٔ آن ۲ برابر جابه‌جایی‌اش باشد، باید چقدر و در چه جهتی حرکت کند؟

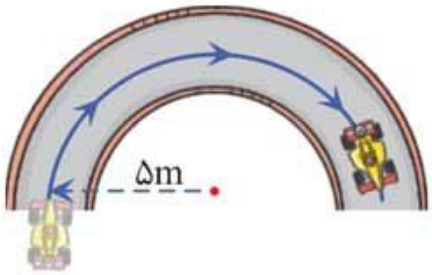
پاسخ اگر این لاک‌پشت به اندازهٔ ۲m رو به بالا یا پایین و با زاویهٔ ۶۰° نسبت به مسیر رفت حرکت کند، مسافت طی‌شدهٔ آن ۴m و جابه‌جایی‌اش ۲m می‌شود. (به نظر شما این مسئله، پاسخ دیگری هم دارد؟)



نکته‌تر: مقدار مسافت همیشه بزرگ‌تر یا مساوی مقدار جابه‌جایی است.

پرسش چهارگزینه‌ای

۱. اتومبیلی در مسیر مسابقه‌ای، پیچ نیم‌دایره‌ای را به شعاع ۵m دور می‌زند. مسافت و جابه‌جایی این اتومبیل به‌ترتیب چند متر است؟ ($\pi \simeq 3$)



۱) ۳۰ ,۱۰

۲) ۱۵ ,۱۰ به سمت راست

۳) ۱۰ ,۱۵ به سمت راست

۴) ۱۵ به سمت راست, ۱۰

۲ جابه‌جایی به عنوان یک بردار

- جابه‌جایی یک کمیت برداری است که اندازه و جهت دارد؛ پس نمی‌توان آن را فقط با یک عدد بیان کرد و باید جهت آن را نیز مشخص کرد.
- روش‌های بیان جهت بردار جابه‌جایی:

① چپ، راست، بالا، پایین

② شمال، جنوب، شرق، غرب

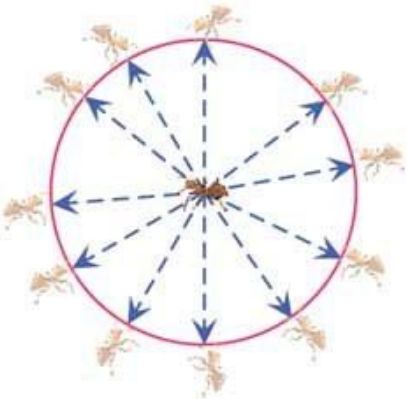
③ علامت + یا − (برای حرکت‌های یک‌بعدی)

④ نمایش ریاضی مانند $\vec{r} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ (برای حرکت‌های دوبعدی)

نکته‌تر: اندازه یا مقدار جابه‌جایی یک کمیت نرده‌ای و بدون جهت است.

مثال: الف) اگر بدانیم مورچه‌ای از مکان اولیهٔ خود مسافت ۱m را طی کرده است، مکان نهایی آن کجا خواهد بود؟
ب) اگر بدانیم این مورچه به اندازهٔ ۱m جابه‌جا شده و جهت آن مشخص نباشد، مکان نهایی‌اش کجا خواهد بود؟

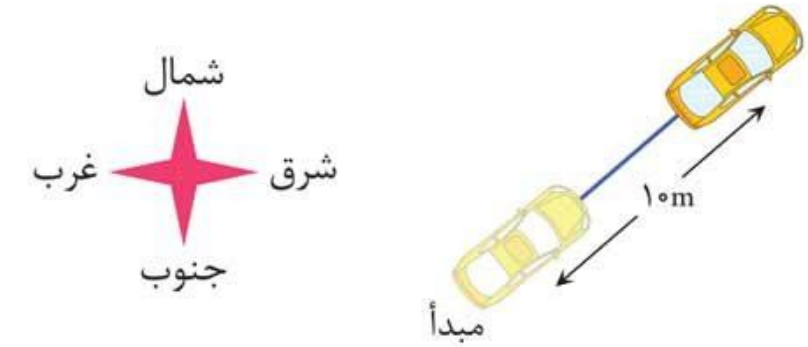
پاسخ الف) با در نظر گرفتن مسافت ۱m، مورچه می‌تواند در هر مکانی از یک صفحهٔ دایره‌ای‌شکل به شعاع ۱m و به مرکز مکان اولیه‌اش باشد؛ پس مکان نهایی آن هر نقطه از صفحه‌ای دایره‌ای‌شکل به شعاع ۱m است.



ب) با در نظر گرفتن ۱m جابه‌جایی، مورچه می‌تواند در هر مکانی روی محیط دایره‌ای به شعاع ۱m به مرکز مکان اولیه‌اش باشد؛ پس مکان نهایی آن هر نقطه‌ای از محیط دایره‌ای به شعاع ۱m است.

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۲. کدام‌یک از گزینه‌های زیر نمی‌تواند جابه‌جایی متحرک شکل زیر باشد؟



۱) ۱۰m

۲) ۱۰m به سمت شمال شرق

۳) ۱۰m به سمت بالا و راست

۴) گزینه‌های ۲ و ۳

۳. کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست نیست؟

۱) در یک حرکت مستقیم روی خط راست مقدار جابه‌جایی با مسافت برابر است.

۲) جابه‌جایی و مسافت هر دو از جنس کمیت طول هستند.

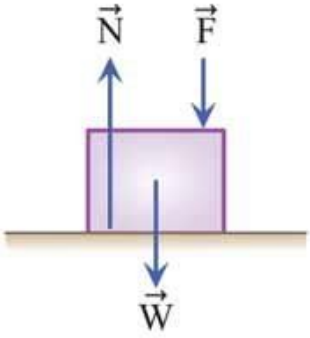
۳) مقدار جابه‌جایی می‌تواند در شرایط خاصی بیشتر از مسافت باشد.

۴) کیلومترشمار خودرو مقدار مسافت حرکت را اندازه‌گیری می‌کند.

فصل دوم

نیرو

حالا که با خودِ حرکت و ویژگی‌های آن آشنا شدید، باید این سؤال برایتان ایجاد شود که چرا حرکت وجود دارد. از ابتدای شروع علم در یونان باستان همیشه برای انسان سؤال بوده‌است که چرا حرکت وجود دارد. در این فصل با دلیل و عوامل ایجاد حرکت آشنا خواهید شد تا به درک بهتر و عمیق‌تری از حرکت که برپایهٔ آن بنا شده، برسید!



برآیند نیروها $= N - F - W = 0$

$\Rightarrow N = F + W$

مثال ۲: نیروی تکیه‌گاه را در هریک از اجسام زیررسم کنید.

الف)

ب)

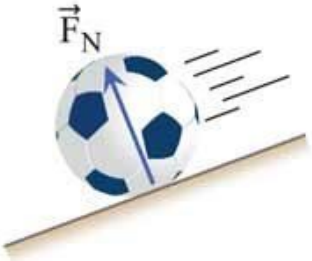
پ)

ماهواره

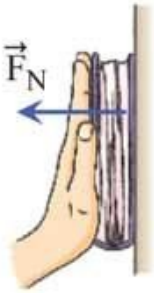
ت)

پاسخ

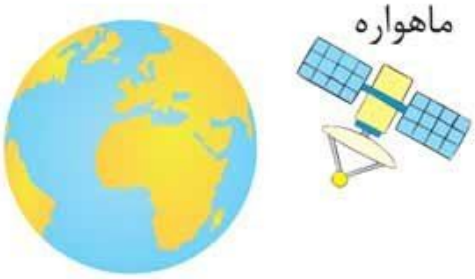
الف)



ب)

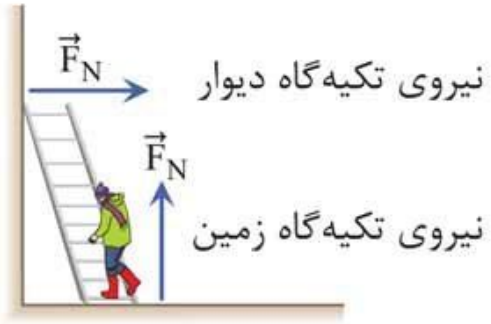


(پ



نیروی تکیه‌گاه ندارد.

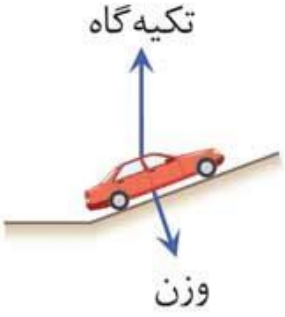
(ت



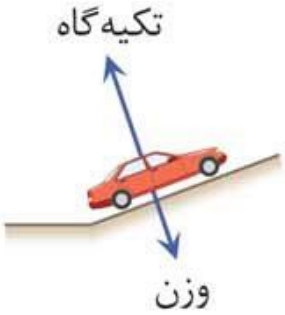
پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۵۸. در کدام یک از گزینه‌های زیر، نیروها به درستی نمایش داده شده‌اند؟

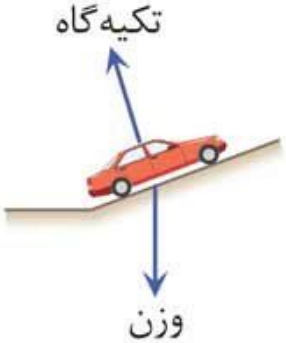
۱)



۲)



۳)



۴)

فصل سوم

فشار

یکی از پرکاربردترین مباحث در زندگی انسان مفهوم فشار است. از نفس کشیدن شما تا نوشیدن آب با نی و هزاران پدیدهٔ دیگر که در زندگی روزمره با آنها سروکار دارید و به راحتی از کنار آنها می‌گذرید، همگی با کمک مفهومی به نام فشار توجیه می‌شوند که در این فصل به این مفهوم می‌پردازیم.

۱۱۹. یک پیستون پر از مایع داریم که سیلندر آن از پایین قابلیت حرکت دارد. چگونه می‌توانیم فشار واردشده به دیوارهٔ بالایی پیستون را افزایش دهیم؟

۱) امکان ندارد این کار را انجام دهیم؛ زیرا با فشار دادن پیستون، فشار به بالا منتقل نمی‌شود.

۲) حتماً باید دیواره‌های بالایی پیستون را فشار دهیم تا فشار به بالا افزایش یابد.

۳) باید فشار واردشده از پایین توسط پیستون را کم کنیم تا فشار به بالا افزایش یابد.

۴) با افزایش فشار پیستون (هل دادن آن به سمت بالا) طبق اصل پاسکال فشار همهٔ نقاط افزایش می‌یابد.

۵۸ جک هیدرولیک

- طبق اصل پاسکال و با کمک یک محفظهٔ مایع که دو وجه متحرک داشته باشد (با اتصال دو سیلندر و پیستون به هم)، می‌توان نیرو را انتقال داد و با افزایش سطح، آن را زیاد کرد. در وسیله‌ای به نام جک هیدرولیک این پدیده رخ می‌دهد.

در شکل زیر نیروی F_1 روی سطح A_1 اثر می‌کند:

$$p = \frac{F_1}{A_1}$$

فشار p در همهٔ نقاط مایع پخش شده (طبق اصل پاسکال) و به سطح ۲ نیرو وارد می‌شود؛ پس نیروی F_2 به پیستون دوم وارد می‌شود:

$$F_2 = p \times A_2$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{یا} \quad \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

یعنی نیرو به نسبت سطح‌ها افزایش پیدا می‌کند.

نکته‌تر: رابطهٔ نسبت سطح‌ها $(\frac{A_2}{A_1})$ با نسبت شعاع‌ها (یا قطرها) به‌صورت زیر است:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{\pi r_2^2}{\pi r_1^2} = (\frac{r_2}{r_1})^2$$

از جک هیدرولیک در بالابر، دستگاه پرس، بازوی جرثقیل، بیل مکانیکی و خیلی از قسمت‌های متحرک ماشین‌آلات و روبات‌ها استفاده می‌شود.

مثال ۱: از یک جک هیدرولیک برای بلند کردن یک خودروی ۱۰۰۰ کیلوگرمی استفاده می‌شود. اگر نسبت مساحت پیستون بزرگ به پیستون کوچک ۱۰۰ باشد، برای بلندکردن این ماشین چه نیرویی باید وارد کنیم؟

پرسش چهارگزینه‌ای

۱۳۴. یک بطری پر از آب را به‌صورت صاف و عمودی از ارتفاعی رها می‌کنیم. اگر اثر مقاومت هوا ناچیز باشد و ظرف سقوط آزاد کند، فشار ته بطری نسبت به فشار بالای آن (داخل آب) چگونه است؟

۱) بیشتر است؛ زیرا در عمق بیشتری است.

۲) برابر است.

۳) کمتر است.

۴) بستگی به چگالی و ارتفاع مایع دارد.

۶۴ رابطهٔ کلی فشار در مایع‌ها

- با توجه به نکات قبل به‌طور کلی می‌توان گفت فشار داخل مایع‌ها به چهار عامل بستگی دارد:

① فشار محیط اطراف (p_0)

② عمق مایع (h) (ارتفاع آب موجود در بالای یک نقطه)

③ چگالی (ρ)

④ شتاب گرانش (g)

- فشار کل داخل مایع‌ها از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

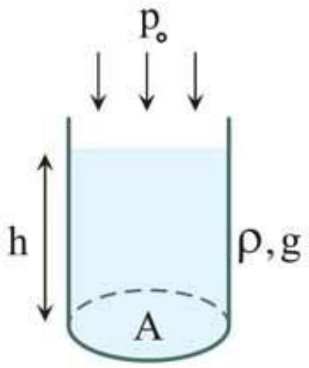
$$p = \rho g h + p_0$$

↓

فشار در عمق h از یک مایع

در رابطهٔ بالا چگالی برحسب kg/m^3، ارتفاع برحسب متر (m)، g برحسب m/s^2 و p_0 برحسب پاسکال (Pa) است.

نکته‌تر: رابطهٔ بالا را با توجه به تعریف و رابطهٔ اصلی فشار نیز می‌توان اثبات کرد.



اگر ظرفی استوانه‌ای شکل داشته باشیم که تا ارتفاع h از مایعی به چگالی ρ پر شده باشد و در محیطی با گرانش g و فشار هوای p_0 قرار داشته باشد، فشار مایع بر کف ظرف برابر است با:

$$p_{\text{داخل مایع}} = p_{\text{وزن مایع}} + p_{\text{محیط}} = \frac{W_{\text{وزن}}}{A} + p_0$$

$$\xrightarrow{W = mg} \frac{mg}{A} + p_0 \xrightarrow{m = \rho V} \frac{\rho V g}{A} + p_0$$

$$\xrightarrow{V = h \times A} \frac{\rho \times h \times \cancel{A} \times g}{\cancel{A}} + p_0$$

$$\Rightarrow p_{\text{درون مایع}} = \rho g h + p_0$$

نکته‌تر: در رابطهٔ بالا، ρgh فشار ناشی از وزن مایع است که به آن فشار نسبی یا فشار پیمانه‌ای نیز می‌گویند.

مثال ۱: فشار در عمق ۳متری استخری که از آب خالص پر شده است، چقدر است؟

$$(g \simeq 10 m/s^2 , p_{\text{هوا}} = 100 kPa , \rho_{\text{آب خالص}} = 1 g/cm^3)$$

فصل چهارم

ماشین‌های ساده

امروزه تعداد ماشین‌های موجود در اطرف انسان به مراتب از تعداد انسان‌ها بیشتر است. منظور از ماشین، خودرو نیست؛ بلکه هر وسیله‌ای که انسان از آن برای راحت‌تر شدن کارهای روزمره‌اش استفاده می‌کند، یک ماشین است. در این فصل با تعدادی از ساده‌ترین ماشین‌هایی که در طول زندگی‌تان از آن‌ها استفاده می‌کنید آشنا می‌شوید و می‌توانید در آینده با همین مفاهیم اولیهٔ ساده، پیچیده‌ترین ماشین‌ها را طراحی کرده و آن‌ها را بسازید!

گشتاور

۸۱ مفهوم گشتاور

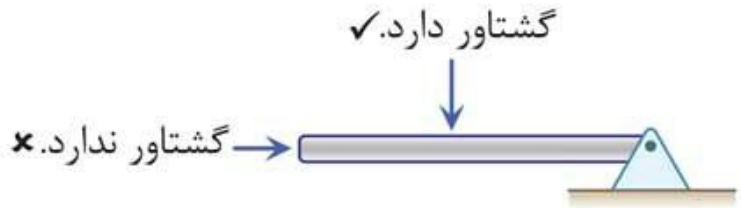
در فصل نیرو (فصل ۲)، اثر نیرو را روی اجسام بررسی کردیم و به این نکته دست یافتیم که نیرو باعث تغییر سرعت جسم می‌شود. در آن فصل، فرض بر این بود که همهٔ نیروهای وارد بر جسم به یک نقطه از جسم وارد می‌شوند.

اگر نیروهای وارد بر جسم به نقاط مختلف آن وارد شوند یا جسم یک نقطهٔ تکیه‌گاه داشته باشد که بتواند حول آن نقطه بچرخد، نیرو می‌تواند باعث چرخش جسم نیز شود. در واقع در اینجا نیرو باعث تغییر سرعت قسمتی از جسم نسبت به قسمت دیگر آن می‌شود.

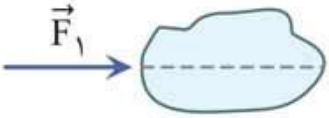
به اثر چرخانندگی نیرو، گشتاور گفته می‌شود.

نکته‌تر: برای اینکه نیرو اثر چرخشی (گشتاور) داشته باشد، باید شرایط زیر برقرار باشد:

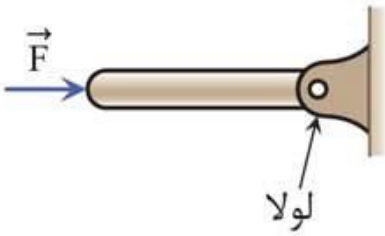
① اگر جسم تکیه‌گاه مشخصی داشته باشد که در یک نقطه به آن وصل است، امتداد نیرو نباید از تکیه‌گاه عبور کند.



مثال: در کدام‌یک از گزینه‌های زیر نیروی واردشده باعث ایجاد گشتاور می‌شود؟

۱)


۲)

۳)


۴)

پاسخ **گزینهٔ «۲»** تک‌تک گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

گزینهٔ ۱: دو نیرو در یک راستا هستند.

گزینهٔ ۲: نیروی واردشده می‌تواند باعث ایجاد گشتاور شود؛ زیرا نیروهای F و اصطکاک در یک راستا نیستند و نیروی F می‌تواند باعث واژگون شدن جعبه شود.

گزینه‌های ۳ و ۴: نیرو در راستای تکیه‌گاه وارد شده است.

② وقتی برای بالا بردن یک وزنه به بالای ساختمان از یک قرقره استفاده می‌کنیم و با کشیدن طناب به پایین، وزنه را بالا می‌بریم، از قرقره به‌عنوان ماشینی که تغییر جهت نیرو می‌دهد استفاده کرده‌ایم.

③ وقتی یک جَک را زیر یک ماشین قرار می‌دهند، با چرخاندن اهرم آن ماشین بالا می‌رود، جک، ماشین ساده‌ای است که با افزایش نیرو به ما کمک می‌کند.

④ وقتی جاروی دسته‌بلندی را حرکت می‌دهیم، سر آن مسافت بیشتری را جارو می‌کند. در این حالت جارو، ماشین ساده‌ای است که با افزایش جابه‌جایی (مسافت اثر نیرو) به ما کمک می‌کند.

پرسش چهارگزینه‌ای

۱۷۶. کدام گزینه دربارهٔ ماشین‌های ساده درست است؟

۱) ماشین ساده با افزایش کار انجام‌شده، کار ما را ساده می‌کند.

۲) ماشین ساده می‌تواند نیرو و جابه‌جایی را هم‌زمان افزایش دهد.

۳) ماشین ساده‌ای که نیرو را افزایش داده، حتماً جابه‌جایی را کاهش می‌دهد.

۴) ماشین ساده نمی‌تواند هم تغییر جهت نیرو دهد و هم نیرو را افزایش دهد.

اهرم نوع سوم تغییر جهت ندارد و فقط با افزایش جابه‌جایی یا سرعت (که با کاهش نیرو همراه است) به ما کمک می‌کند تا کار را ساده‌تر انجام دهیم.

مثال: برای اهرم نوع سوم چند مثال بزنید که در زندگی روزمره با آنها روبه‌رو می‌شوید.

پاسخ

جاروی دستی

انبر سالاد (یخ)

پَنْس

چوب ماهی‌گیری
(نحوهٔ گرفتن در دست)

منگنه‌کش

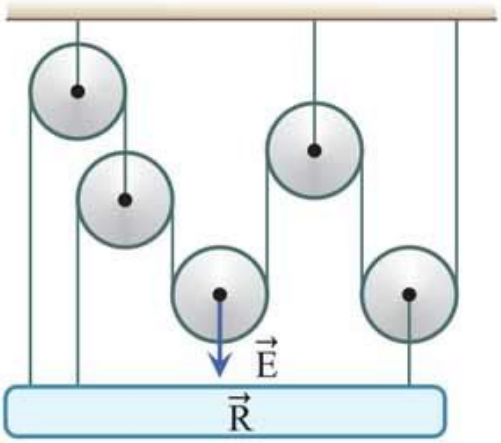
موچین

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱۹۴. چندتا از ابزارهای زیر، اهرم نوع سوم‌اند؟

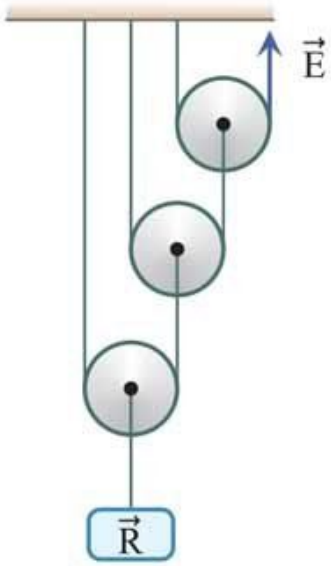
«موچین، انبردست، قیچی، فندق‌شکن، انبر سالاد، الاکلنگ»

۱) یکی ۲) دوتا ۳) سه تا ۴) چهارتا



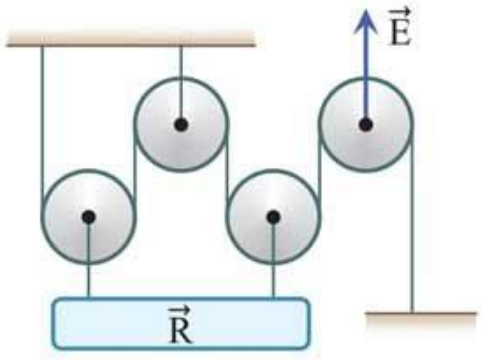
۲۰۴. مزیت مکانیکی قرقرهٔ مرکب روبه‌رو چقدر است؟

۱) ۳
۲) ۲/۵
۳) ۲
۴) ۴



۲۰۵. در قرقرهٔ مرکب روبه‌رو نیروی مقاوم چند نیوتون است؟

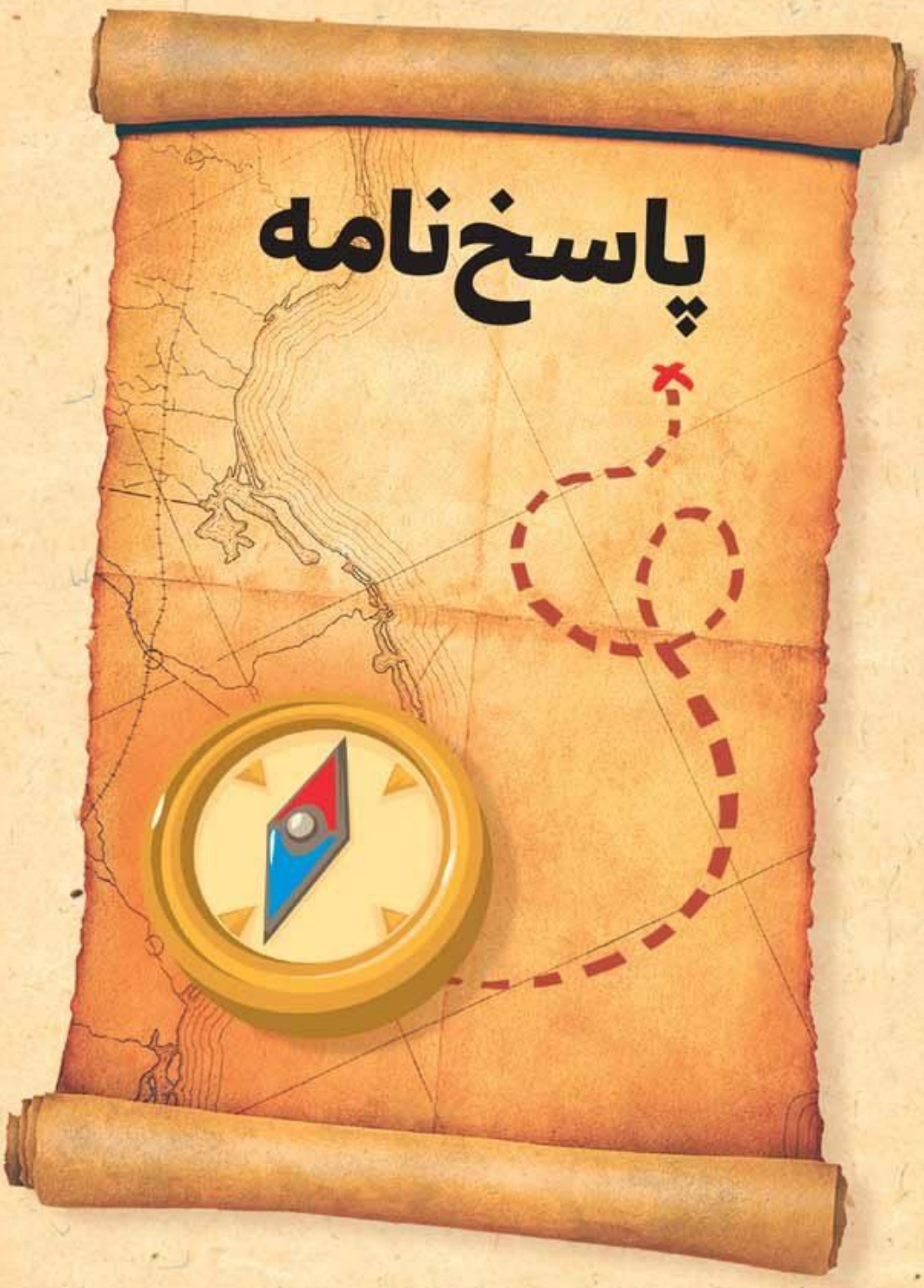
۱) ۲۰۰
۲) ۴۰۰
۳) ۸۰۰
۴) ۳۰۰



۲۰۶. در قرقرهٔ مرکب مقابل اگر بخواهیم نیروی مقاوم با سرعت $10\,m/s$ بالا بیاید، نیروی محرک را با سرعت چند m/s باید حرکت دهیم؟

۱) ۵
۲) ۱۰
۳) ۲۰
۴) ۴۰

پاسخ‌نامه

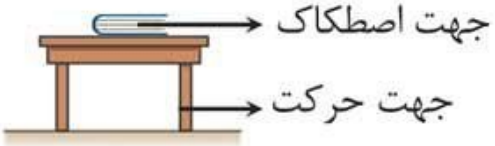


۶۰. گزینهٔ «۴» سایر گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

گزینهٔ ۱: هنگام راه رفتن روی زمین، پای ما می‌خواهد به عقب برود و نیروی اصطکاک به سمت جلو به ما وارد می‌شود:

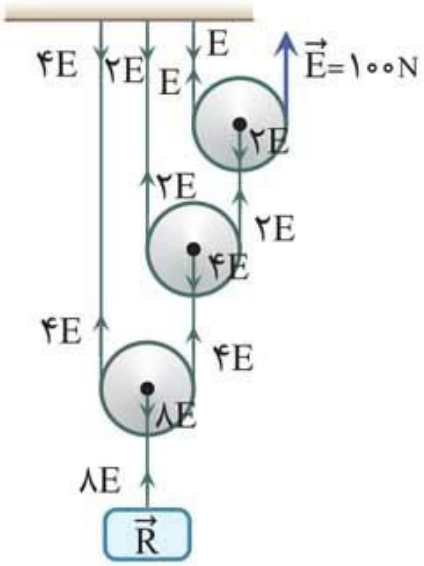
گزینهٔ ۲: نقطه‌ای از چرخ اتومبیل که با زمین در تماس است، می‌خواهد به سمت عقب برود و نیروی اصطکاک هم‌جهت با حرکت اتومبیل است:

گزینهٔ ۳: هنگام حرکت دادن میز، اجسام روی آن می‌خواهند به عقب بروند و نیروی اصطکاک رو به جلو وارد می‌شود:



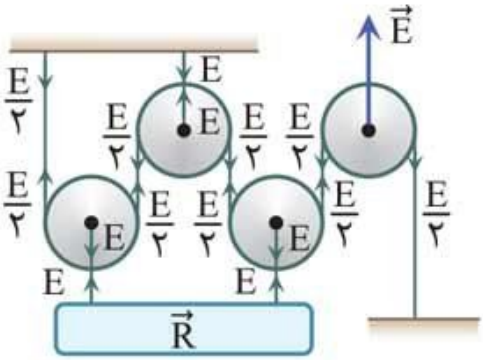
۶۱. گزینهٔ «۳» زیرا قسمت پایین نردبان می‌خواهد به سمت راست لیز بخورد؛ پس نیروی اصطکاک به سمت چپ وارد می‌شود. قسمت بالای نردبانِ روی دیوار می‌خواهد به سمت پایین لیز بخورد؛ بنابراین نیروی اصطکاک رو به بالاست.

۶۲. گزینهٔ «۴» وقتی صندلی ساکن است و هیچ نیرویی در راستای افقی به آن وارد نمی‌شود، نیروی اصطکاک صفر است و با نشستن فرد روی صندلی تغییری نمی‌کند. فقط حداکثر



۲۰۵. گزینهٔ «۳» با به‌دست آوردن کشش همهٔ طناب‌ها مزیت مکانیکی ۸ می‌شود؛ پس:

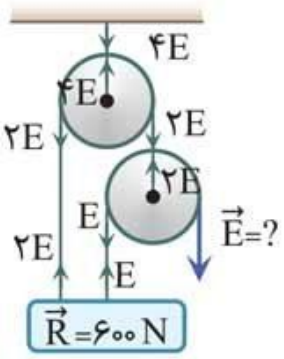
$$R = ۸E = ۸۰۰N$$



۲۰۶. گزینهٔ «۳» با به‌دست آوردن کشش نخ‌ها مزیت مکانیکی را حساب می‌کنیم:

$$R = ۲E \Rightarrow A = ۲ = \frac{v_E}{v_R}$$

$$\Rightarrow \frac{v_E}{۱۰} = ۲ \Rightarrow v_E = ۲۰m/s$$



۲۰۷. گزینهٔ «۴» با به دست آوردن کشش نخ‌ها، مزیت مکانیکی ایده‌آل را محاسبه می‌کنیم:

$$R = E + ۲E = ۳E \Rightarrow A_{\text{ایده‌آل}} = ۳$$

$$\Rightarrow Ra = \frac{A_{\text{واقعی}}}{A_{\text{ایده‌آل}}} \Rightarrow \frac{۸۰}{۱۰۰} = \frac{A_{\text{واقعی}}}{۳}$$

$$\Rightarrow A_{\text{واقعی}} = ۲/۴$$