گاج

فرمول بیست

فیزیک ۳

پایه دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

مؤلّفان

محمد آهنگر

سجاد صادقی‌زاده

آرمین کمالی

سعید احمدی

به نام ایزد هستی‌بخش

سلام به همهٔ دانش‌آموزای باهوش ایران‌زمین، بازم مثل همیشه قراره که توی این کتاب، بریم و با یه مسیر جذاب که با کلی فکر و دقت طراحی شده، هم از فیزیک لذت ببریم و هم یه بیست خوشگل بگیریم. اما این مسیر جذاب چه بخش‌هایی داره ...

۱ بخش‌ها و ایستگاه‌ها (درسنامه)

تو این کتاب با یه نگاه دقیق، هر فصل رو به چند بخش و هر بخش رو به چندین ایستگاه تقسیم‌بندی کردیم و سعی کردیم با مناسب‌ترین حجم ممکن، یه درسنامهٔ کامل برای امتحان نهایی داشته باشیم. حواست باشه که تمرین‌های حل‌شده تو درسنامه، یه گنج آموزشیه که با کم‌ترین انرژی و زمان، بیشترین محتوای آموزشی ممکن رو به شما منتقل می‌کنه.

- در ورودیهٔ هر فصل، میانگین نمرات هر بخش رو توی ۶ تا آزمون نهایی اخیر می‌بینی و خیلی هوشمندانه می‌فهمی که هر بخش، چه‌قدر مورد توجه طراحان امتحان نهایی بوده.

۲ بخش‌ها و ایستگاه‌ها (بانک سؤال)

در پایان هر بخش یه بانک سؤال فوق‌العاده وجود داره که سؤالای امتحان نهایی، کتاب درسی، امتحانات شبه‌نهایی، کتاب راهنمای معلم و ... رو کامل بررسی کرده و هر تیپ تمرینی که دلت بخواد توش هست، راستی ۴ تا موضوع:

- **اول:** تو قسمت **مرور کلی** در تمرین‌های هر بخش، هر مدل سؤالِ **جای خالی**، **انتخاب کنید** و **درستی یا نادرستی** که فکرش رو بکنید، یه جوری اوردیم که هم جوابش لو نره و هم فکرتون رو کار بندازه.
- **دوم:** انتهای هر بخش هم یه سری تمرین‌های **بیست پلاس** داریم که حتماً تو امتحان‌های سخت سروکله‌شون پیدا میشه!
- **سوم:** کل سؤالا مهم هستن، ولی اگه وقتت کمه، اول سؤالای ستاره‌دار رو حل کن. فقط کافیه یه نگاه بندازی تا پیداشون بکنی.
- **چهارم:** در ورودیهٔ اول فصل، تعدادی تمرین (حدوداً ۱۰ درصد تمرین‌ها) رو برای مرور تو هفتهٔ آخر قبل از امتحان، براتون مشخص کردیم، این تمرین‌ها برای زدن گل دقایق آخر بازیه.

۳ فیلم آموزشی

اما این داستان جذاب بازم ادامه داره ...
در کنار درسنامه‌ها، بیش از ۵۰ ساعت فیلم آموزشی حرفه‌ای فیزیک دوازدهم، در وب‌سایت www.gajlive.ir در اختیارت قرار میگیره که حاصل سال‌ها تجربهٔ تدریس مؤلفین این کتاب، همراه با شخصیت دوست داشتنیمون یعنی **آلبرت** هستش و با دیدنش خودت یه اوستای فیزیک میشی، راستی کیوآرکد این فیلم‌ها رو هم تو دو صفحهٔ بعد میتونی ببینی.

۴ آزمون‌های فصلی و جامع (کتابچهٔ هدیه)

می‌خوای خودتُ خیلی مَشتی بسنجی؟

- کتابچهٔ **هدیهٔ همراه این کتاب**، شامل آزمون‌های فصل به فصل و سطح‌بندی‌شدهٔ فوق‌العاده‌ای هستش که میتونی خودت رو یه محک واقعی بزنی و پیشرفتت رو اندازه‌گیری کنی ...
- آخر کتاب هم ۴ دوره از امتحان نهایی‌های اخیر رو براتون قرار دادیم تا دیگه کار تکمیلِ تکمیل باشه.

پشتیبانی کتاب

باز هم تموم نشده

پشتیبانی خیلی خوبی برای این کتاب تو سایت albert20.ir و تلگرام و اینستاگرام با آدرس albert20ir فعاله تا توی مسیرت تنها نباشی. اونجا میتونی تحلیل‌های ویدیویی، نکات آموزشی طلایی و کلی چیزای باحال رو ببینی، حتماً حتماً پیگیری کن ...

اما آخر کاری، آلبرت میگه من قراره توی این کتاب سؤال بپرسم، توضیح بدم، گاهی هم از خاطراتم بگم تا عین یه رفیق، کمکت کنم مطلب رو بهتر بفهمی و به قول معروف با آلبرت بیست فقط به بیست فکر کنی، فقط کافیه قوی شروع کنی ...

فهرست مطالب

فصل ۱ حرکت بر خط راست

- ۱۰ — بخش ۱ شناخت کلی مفاهیم حرکت
- ۳۸ — بخش ۲ حرکت با سرعت ثابت
- ۴۴ — بخش ۳ حرکت با شتاب ثابت
- ۵۷ — بخش ۴ حرکت چندمرحله‌ای و بررسی ...
- ۶۹ — بخش ۵ سقوط آزاد اجسام

فصل ۲ دینامیک و حرکت دایره‌ای

- ۸۰ — بخش ۱ آشنایی با قوانین نیوتون
- ۹۲ — بخش ۲ معرفی برخی از نیروهای خاص
- ۱۱۴ — بخش ۳ حل مسئله‌های دینامیک با ...
- ۱۲۵ — بخش ۴ تکانه و قانون دوم نیوتون
- ۱۳۳ — بخش ۵ حرکت دایره‌ای
- ۱۴۲ — بخش ۶ نیروی گرانشی و ...

فصل ۳ نوسان و موج

- ۱۵۴ — بخش ۱ آشنایی با نوسان و حرکت هماهنگ ساده
- ۱۷۶ — بخش ۲ موج
- ۱۹۶ — بخش ۳ امواج صوتی

فصل ۴ برهم‌کنش‌های موج

- ۲۱۰ — بخش ۱ بازتاب و شکست موج
- ۲۳۳ — بخش ۲ پراش و تداخل امواج

فصل ۵ آشنایی با فیزیک اتمی

- ۲۵۲ — بخش ۱ انرژی امواج الکترومغناطیسی...
- ۲۶۷ — بخش ۲ طیف‌شناسی و رابطهٔ ریدبرگ
- ۲۷۷ — بخش ۳ الگوهای اتمی و لیزر

فصل ۶ آشنایی با فیزیک هسته‌ای

- ۲۹۲ — بخش ۱ ساختار هسته و پرتوزایی
- ۳۰۷ — بخش ۵ نیمه عمر و شکافت اورانیم

پاسخنامه تشریحی

- ۳۱۷ — پاسخنامه تشریحی

امتحان نهایی

- ۴۵۲ — آزمون ۱ خرداد ۱۴۰۳
- ۴۵۴ — آزمون ۲ خرداد ۱۴۰۴
- ۴۵۷ — آزمون ۳ شهریور ۱۴۰۴
- ۴۵۹ — آزمون ۴ تیر ۱۴۰۵

هیبرید

www.gajlive.ir

فصل

۱ معرفی تیپ‌های فصل ۱

۲ مروری بر نکات تیپ ۱

۳ بررسی تمرین‌های تیپ ۱

۴ مروری بر نکات تیپ ۲

۵ بررسی تمرین‌های تیپ ۲

۶ مروری بر نکات تیپ ۳

۷ بررسی تمرین‌های تیپ ۳

۸ مروری بر نکات تیپ ۴

۹ بررسی تمرین‌های تیپ ۴

۱۰ مروری بر نکات تیپ ۵

۱۱ بررسی تمرین‌های تیپ ۵

۱۲ مروری بر نکات تیپ ۶

۱۳ بررسی تمرین‌های تیپ ۶

فصل ۲

۱ معرفی تیپ‌های فصل ۲

۲ مروری بر نکات تیپ ۱

۳ بررسی تمرین‌های تیپ ۱

۴ مروری بر نکات تیپ ۲

۵ بررسی تمرین‌های تیپ ۲

۶ مروری بر نکات تیپ ۳

۷ بررسی تمرین‌های تیپ ۳

۸ مروری بر نکات تیپ ۴

۹ بررسی تمرین‌های تیپ ۴

۱۰ مروری بر نکات تیپ ۵

۱۱ بررسی تمرین‌های تیپ ۵

۱۲ مروری بر نکات تیپ ۶

۱۳ بررسی تمرین‌های تیپ ۶

۱۴ مروری بر نکات تیپ ۷

۱۵ بررسی تمرین‌های تیپ ۷

فصل ۳

۱ معرفی تیپ‌های فصل ۳

۲ مروری بر نکات تیپ ۱

۳ بررسی تمرین‌های تیپ ۱

۴ مروری بر نکات تیپ ۲

۵ بررسی تمرین‌های تیپ ۲

۶ مروری بر نکات تیپ ۳

۷ بررسی تمرین‌های تیپ ۳

فصل ۴

۱ معرفی تیپ‌های فصل ۴

۲ مروری بر نکات تیپ ۱

۳ بررسی تمرین‌های تیپ ۱

۴ مروری بر نکات تیپ ۲

۵ بررسی تمرین‌های تیپ ۲

۶ مروری بر نکات تیپ ۳

۷ بررسی تمرین‌های تیپ ۳

۸ مروری بر نکات تیپ ۴

۹ بررسی تمرین‌های تیپ ۴

فصل ۵

۱ معرفی تیپ‌های فصل ۵

۲ مروری بر نکات تیپ ۱

۳ بررسی تمرین‌های تیپ ۱

۴ مروری بر نکات تیپ ۲

۵ بررسی تمرین‌های تیپ ۲

۶ مروری بر نکات تیپ ۳

۷ بررسی تمرین‌های تیپ ۳

فصل ۶

۱ معرفی تیپ‌های فصل ۶

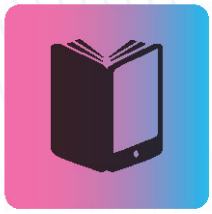
۲ مروری بر نکات تیپ ۱

۳ بررسی تمرین‌های تیپ ۱

۴ مروری بر نکات تیپ ۲

۵ بررسی تمرین‌های تیپ ۲

۵۰ ساعت آموزش
ویدئویی



کتاب
الکترونیکی

فرمول ۲۰ هیبرید یک کتاب نیست
یک دوره آموزشی کامل است

به دنیای هیبرید گاج
کد اختصاصی ورود

www.gajlive.ir

فصل ۷

دینامیک و حرکت دایره‌ای

بخش ۱	بخش ۲	بخش ۳	بخش ۴	بخش ۵	بخش ۶
۰/۵ نمره	۰/۷۵ نمره	۱/۲۵ نمره	۰/۵ نمره	۰/۵ نمره	۰/۵ نمره
آشنایی با قوانین نیوتون	معرفی برخی از نیروهای خاص	حل مسئله‌های دینامیک با کمک قانون دوم نیوتن	تکانه و قانون دوم نیوتون	حرکت دایره‌ای	نیروی گرانشی

۴۵ سؤال طلایی

ویژهٔ مرور سریع

۳۰۲ ۳۱۸ ۳۳۲ ۳۳۷ ۳۵۴ ۳۶۰ ۳۶۱ ۳۷۵ ۳۷۷ ۳۸۴ ۴۰۹ ۴۱۵ ۴۳۶ ۴۵۷ ۴۶۰

۴۶۲ ۴۶۷ ۴۷۵ ۴۸۰ ۴۸۴ ۴۹۰ ۴۹۵ ۴۹۸ ۵۰۱ ۵۰۳ ۵۰۷ ۵۲۱ ۵۳۴ ۵۲۹ ۵۴۴

۵۵۵ ۵۲۸ ۵۷۰ ۵۹۸ ۶۰۳ ۶۰۶ ۶۱۳ ۶۳۷ ۶۶۶ ۶۸۱ ۶۸۹ ۷۱۱ ۷۳۳ ۷۳۷ ۷۶۰

فصل ۲ دینامیک و حرکت دایره‌ای

۱ آشنایی با قوانین نیوتون
۲ معرفی برخی از نیروهای خاص
۳ حل مسئله‌های دینامیک با کمک قانون دوم نیوتون
۴ تکانه و قانون دوم نیوتون
۵ حرکت دایره‌ای
۶ نیروی گرانشی و تحلیل حرکت ماهواره

بخش ۱ آشنایی با قوانین نیوتون

آلبرت با یه سلام گرم، کار این فصل رو شروع میکنه، خوبید بچه‌ها!! امیدوارم فصل اول رو حسابی ترکونده باشین. تو این بخش از فصل قراره با مفهوم نیرو آشنا بشین. مثلاً قراره به این درجه از عرفان برسین که بفهمین وقتی یه جسمی ساکنه، یه دفعه چرا حرکت میکنه یا این‌که اجسام چه‌جوری به هم نیرو وارد میکنن و سبب خیلی از اتفاقات میشن!! جواب این سبک از سؤالا تو دل قوانین نیوتونه، بریم ببینیم از دل این قوانین مهم، چه چیزایی رو باید برای امتحان حسابی یاد بگیریم ...

ایستگاه ۱
آشنایی با مفهوم نیرو

آلبرت نظرش اینه که این ایستگاه مثل جلسهٔ اول آشنایی بین دو نفر میمونه، درسته اول کاره ولی بالاخره باب آشنایی با کل فصل رو باز میکنه ...

نیرو چیست؟

وقتی جسمی را می‌کشیم یا آن را هُل می‌دهیم، به آن نیرو وارد می‌کنیم. در مورد مفهوم نیرو، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱ نیرو، حاصل برهم‌کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.

۲ برای آن‌که دو جسم بر یکدیگر نیرو وارد کنند، لزوماً نباید با یکدیگر در تماس باشند، بلکه دو جسم که با یکدیگر تماس ندارند نیز می‌توانند بر یکدیگر نیرو وارد کنند. به طور مثال دو آهنربای مقابل بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند، بدون این‌که با هم در تماس باشند.

۳ نیرو کمیتی برداری بوده و دارای اندازه و جهت است و معمولاً آن را با $\vec{F}$ نشان می‌دهند.

۴ بزرگی نیرو را به کمک نیروسنج اندازه‌گیری می‌کنیم و یکای آن در SI، نیوتون است که با نماد N نشان داده می‌شود.

۵ در رسم نیرو از یک پاره‌خط جهت‌دار با مقیاس مناسب استفاده می‌شود *(به طور مثال تو گلدونای خوشگل مقابل، بردار نیروی وزنِ گلدون سنگین‌تر رو با یه پاره‌خط جهت‌دار بلندتر کشیدیم.)*.

برای سادگی *(یا بهتره بگیم مدل‌سازی)* فرض می‌شود که همهٔ جرم یک جسم در یک نقطه به نام مرکز جرم جسم متمرکز شده است و به جای آن‌که نیرو به قسمت‌های مختلف جسم وارد شود، به این نقطه وارد می‌شود.

منظور از اثرات یک نیرو چیست؟

اثر نیرو به یک جسم به شکل‌های مختلف مانند شروع به حرکت کردن، توقف، کم و زیاد شدن اندازهٔ سرعت (تندی)، تغییر جهت سرعت و تغییر شکل آن جسم خود را نشان می‌دهد.

یادمه یه بار تو یه جمع خودمونی از آلبرت خواستم یه سؤال امتحانی جاخالی مهم رو بگه؛ آلبرت هم با علاقهٔ زیاد گفت: نیرو می‌تونه باعثِ ..... و ..... بشه. جواب اینه که نیرو میتونه باعثِ تغییر سرعت جسم یا تغییر شکل اون بشه.

درستی یا نادرستی هریک از عبارت‌های زیر را بررسی کنید.

الف) نیرو، ناشی از برهم‌کنش دو جسم بر یکدیگر است.

ب) نیرو را می‌توان در جسم ذخیره کرد.

پ) نیرو کمیتی برداری بوده و یکای آن در SI نیوتون است.

ت) نیرو عاملی است که اگر بر یک جسم وارد شود، می‌تواند باعث تغییر شکل و یا تغییر در وضعیت حرکت آن جسم شود.

الف) درست　ب) نادرست　پ) درست　ت) درست

نمی‌توان نیرو را در یک جسم ذخیره کرد، این موضوع یعنی همین که تأثیر اجسام بر یکدیگر قطع شود، نیرو نیز قطع می‌شود.

ایستگاه ۲

قانون اول نیوتون

تو این ایستگاه میخوایم قانون اول نیوتون رو بررسی کنیم که پای ثابت امتحان نهایی محسوب میشه. راستی آلبرت از اتاق فرمان داره یادآوری میکنه که قبل از شروع هر چیزی، باید حسابی حواستون باشه که قانون اول در مورد حالت نیروهای متوازن بحث میکنه ...

منظور از نیروهای متوازن چیست؟

اگر به جسمی به طور هم‌زمان چند نیرو اثر کند و این نیروها اثر یکدیگر را خنثی کنند، به عبارت دیگر برایند نیروهای وارد بر جسم صفر شود، می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند.

به لحاظ مفهومی، هنگامی‌که نیروهای وارد شده متوازن هستند، این نیروها الزاماً بر یک جسم اثر کرده‌اند *(اگه به دو یا چند تا جسم اثر بکنن، دیگه برایندگیری و مفهوم صفر شدن براشون معنا نداره)*.

بیان اصلی قانون اول نیوتون چیست؟

این قانون بیان می‌کند که یک جسم، حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند، مگر آن‌که نیروی خالصی (غیر صفر) به آن وارد شود.

آلبرت نظرش اینه که برا امتحان، به سبک زیر قانون اول رو یاد بگیرین، حرفه‌ای‌تره ...

طبق قانون اول نیوتون، هرگاه بر جسمی نیرو وارد نشود و یا برایند نیروهای وارد بر آن صفر باشد (یعنی نیروهای وارد بر جسم متوازن باشند)، دو حالت زیر برای آن رخ می‌دهد:

۱ اگر جسم ساکن باشد، ساکن می‌ماند.

۲ اگر جسم با سرعت ثابت در حال حرکت باشد، با همان سرعت در مسیر مستقیم به حرکت خود ادامه می‌دهد *(شاید تصورش براتون سخت باشه ولی حتماً بدونید که بدون نیروی خالص هم میشه حرکت کرد، ولی به شکل یکنواخت)*.

لَختی چیست؟

در حالت کلی، اجسام میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی‌که نیروی خالص وارد بر آنها صفر است، حفظ کنند. در فیزیک به این خاصیت، لَختی می‌گویند.

در واقع لختی خاصیتی از جسم است که در برابر تغییر سرعت یا تغییر جهت حرکت مقاومت می‌کند. از طرفی می‌توان نشان داد که هرچه جرم جسم بیشتر باشد، لختی آن نیز بیشتر است و جسم در برابر تغییر سرعت، بیشتر مقاومت می‌کند.

فرض کنید در اتوبوسی مطابق شکل نشسته‌اید و اتوبوس در یک جادهٔ مستقیم حرکت می‌کند. اگر رانندهٔ اتوبوس ترمز کند و شما کمربند خود را نبسته باشید، ممکن است به جلو پرتاب شوید (متمایل شوید)، یا اگر اتوبوس ساکن باشد و ناگهان شروع به حرکت کند، به طرف عقب به صندلی خود فشرده شوید.

در حالت اول چون شما کمربند نبسته‌اید، نیرویی بر شما اثر نکرده و شما تمایل دارید به حرکت خود در مسیر مستقیم با سرعت ثابت ادامه دهید و در برابر کاهش سرعت مقاومت می‌کنید، پس به جلو پرتاب می‌شوید. همچنین در حالت دوم نیز شما تمایل دارید در وضعیت ساکن بمانید و با حرکت اتوبوس به جلو، مخالفت می‌کنید، پس به طرف عقب، صندلی را فشرده می‌کنید.

بچه‌ها آلبرت میگه تأکید کن حتماً که علت رخ دادن این پدیده‌ها، همون خاصیت لَختی هستش که نتیجهٔ قانون اول نیوتونه ...

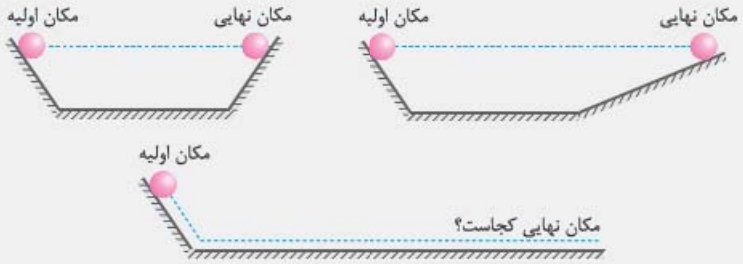
به موارد زیر پاسخ دهید: (کتاب درسی)

الف) آزمایش ذهنی گالیله در مورد حرکت جسم در حالت عدم حضور نیرو را به طور مختصر بیان کنید.

ب) از این آزمایش، به کدام قانون نیوتون می‌توان پی برد؟

الف) گالیله طبق شکل‌های نشان داده‌شده، گوی‌ها را در ارتفاع معینی روی سطح شیب‌دار صافی قرار داد و آن‌ها را رها کرد تا به پایین بلغزند و از سطح شیب‌دار روبه‌رویی بالا روند. او تا حد امکان سطوح تماس را صاف و صیقلی کرد (برای ناچیزشدن اصطکاک). وی دریافت که در این حالت، گوی تا نزدیکی همان ارتفاع روی سطح شیب‌دار مقابل بالا می‌رود.

حال اگر شیب سطح دوم صفر شود، یعنی سطح افقی باشد، جسم باید برای همیشه روی آن با سرعت ثابت حرکت کند *(برای این که قصد داره به همون ارتفاع اولیه برسه، ولی نمی‌تونه)*. گالیله از این آزمایش ذهنی - عملی نتیجه گرفت که برای حرکت یکنواخت جسم روی خط راست، نیازی به وارد کردن نیرو به جسم نیست.



ب) این آزمایش به نیوتون کمک کرد تا قانون اول خود را بیان کند *(آلبرت همین‌جا از دوستان به خاطر تیم ورکشون تشکر کرد)*.

کدام گزینه، جملهٔ زیر را به‌درستی تکمیل می‌کند؟

اگر نیروهای وارد بر یک جسم در حال حرکت متوازن باشند، .....

۱) سرعت جسم ثابت می‌ماند.

۲) حرکت جسم با شتاب ثابت تندشونده خواهد بود.

۳) مسیر حرکت جسم ممکن است دایره‌ای یا سهمی باشد.

۴) تندی جسم در مسیر مستقیم کاهش می‌یابد تا متوقف شود.

در صورتی‌که به جسم نیرو وارد نشود یا برایند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد (حالت متوازن)، با توجه به قانون اول نیوتون برای جسم دو حالت زیر رخ می‌دهد:

الف) اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند (یعنی اندازه و جهت بردار سرعت هر دو ثابت می‌ماند).

ب) اگر جسم ساکن باشد، همچنان ساکن باقی می‌ماند.

بنابراین گزینهٔ «۱» عبارت مناسبی برای تکمیل جملهٔ داده‌شده است.

بچه‌ها آلبرت نظرش اینه همین لحظه به بهانهٔ این سؤال امتحانی خیلی مهم، با سه تا نکته یه سَری به فصل اول کتاب هم بزنیم...

۱ از مفاهیم فصل اول به خاطر دارید که در مسیر منحنی، جهت سرعت متحرک دائماً تغییر کرده و حرکت متحرک، شتابدار است. در این حالت، نیروهای وارد بر جسم در طول مسیر حرکت متوازن نمی‌باشند.

۲ در حالت متوازن، برایند نیروها و شتاب حرکت صفر بوده و حرکت متحرک نمی‌تواند از نوع کندشونده یا تندشونده باشد.

۳ در حرکت سرعت ثابت، نیروهای وارد بر جسم متوازن است.

در شکل مقابل، کامیونی، با سرعت ثابت در مسیر مستقیمی در حال حرکت است. اگر با تغییر در سرعت کامیون، بسته به سمت عقب پرتاب شود، سرعت کامیون چگونه تغییر کرده است و این مشاهده کدام یک از قوانین نیوتون را نشان می‌دهد؟

با توجه به متن سؤال، جعبه در خلاف جهت حرکت کامیون حرکت کرده است و با توجه به مفهوم لختی و قانون اول نیوتون، این موضوع یعنی کامیون سرعت خود را افزایش داده است و جعبه برای حفظ حالت قبلی خود، به سمت چپ پرتاب شده است. *(حتماً با خودت فکر کن که چه زمانی بسته به جلو پرت میشه؟)*

ایستگاه ۳

قانون دوم نیوتون

تو قانون اول نیوتون یاد گرفتید که اگه برایند نیروهای وارد بر یک جسم صفر باشه، جسم چه وضعیتی براش ایجاد میشه. اما باور کنید خیلی وقتا تو امتحان نهایی مطرح میشه که اگه برایند نیروهای وارد بر یه جسم مخالف صفر باشه و نیروهای وارد بر جسم متوازن نباشه، چه اتفاقی برای جسم میوفته! برای پاسخ دادن به این چالش اساسی، آلبرت شما رو با قانون دوم نیوتون آشنا میکنه ...

قانون دوم نیوتون چه موضوعی را بیان می‌کند؟

این قانون، شتاب یک جسم را تحت اثر نیروهای ناموازن بررسی می‌کند. مطابق این قانون، هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد که این شتاب نسبت مستقیم با نیروی خالص وارد بر جسم دارد و در همان جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت وارون دارد و از رابطهٔ مقابل به‌دست می آید:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{m} \Rightarrow \vec{F}_{net} = m\vec{a}$$

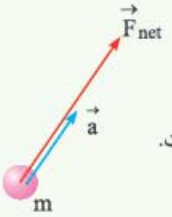
پارامترهای جدید

F_{net}: نیروی خالص (N)

m: جرم (kg)

a: شتاب $(\frac{m}{s^2})$

نکات مهم و کاربردی قانون دوم نیوتون



۱ با توجه به تصویر مقابل، شتاب جسم $(\vec{a})$، همواره در جهت نیروی خالص وارد بر آن $(\vec{F}_{net})$ است.

۲ با توجه به رابطهٔ $\vec{a}_{av} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$، بردارهای تغییر سرعت $(\Delta\vec{v})$ و شتاب جسم $(\vec{a})$، هم‌جهت با نیروی خالص وارد بر جسم است.

۳ اندازهٔ برایند نیروهای وارد بر یک جسم در حالت‌های مهم و پُرکاربرد در امتحانات نهایی، در جدول زیر آورده شده است:

	حالت	جهت نیروی برایند	اندازهٔ برایند نیروها
۱	F_1 ، F_2	F_{net}	$F_{net} = F_1 + F_2$
۲	F_1 ، F_2	F_1 ، F_2 ، F_{net}	$F_{net} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$
۳	F_1 ، F_2	F_{net} در جهت نیروی بزرگتر	$F_{net} = \lvert F_2 - F_1 \rvert$

۴ یک نیوتون برابر با مقدار نیروی خالصی است که به جسمی به جرم یک کیلوگرم، شتابی برابر یک متر بر مربع ثانیه می‌دهد (*خود تعریف چند باری سؤال امتحانی بوده*). از طرفی با توجه به رابطهٔ $F = ma$، یکای فرعی نیوتون را می توان برحسب یکاهای اصلی بازنویسی کرد:

$$F = ma \Rightarrow 1N = 1kg \times 1\frac{m}{s^2} \Rightarrow (N) \text{ یکای نیرو} \equiv kg.m/s^2$$

۵ با توجه به هم‌جهت بودن شتاب متحرک با نیروی خالص وارد بر آن، هرگاه نیروی خالص وارد بر متحرک و سرعت متحرک هم‌جهت باشند، حرکت تندشونده است و بالعکس (*یعنی اگه نیروی خالص وارد بر متحرک و سرعت اون در خلاف جهت هم باشن، حرکت کندشونده هست*).

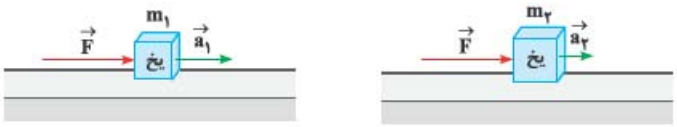
وضعیت نیرو و سرعت				
نوع حرکت	کندشونده	کندشونده	تندشونده	تندشونده

۶ در رابطهٔ $\vec{F}_{net} = m\vec{a}$، عملاً تمام نیروهای وارد بر یک جسم جمع برداری می‌شوند تا نیروی خالص $\vec{F}_{net}$ به‌دست آید و در سمت چپ رابطه قرار گیرد. این نیروی خالص برابر با حاصل‌ضرب جرم جسم در شتاب آن است.

همه چی تو سؤالای امتحانی این فصل، به نحوهٔ استفاده از قانون دوم ربط داره، بریم و یه کم روش کار کنیم ...

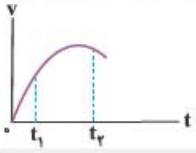
شکل‌های زیر، مربوط به وارد کردن نیروی ثابت به قطعه‌های یخ متفاوت، روی یک سطح افقی بدون اصطکاک است. از این تصاویر چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

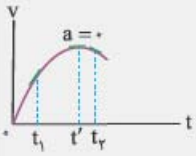
(کتاب درسی)



از این دو شکل نتیجه می‌گیریم که وقتی اندازهٔ نیروی خالص ثابت است، با افزایش جرم، اندازهٔ شتاب جسم با نسبت عکس کاهش پیدا می‌کند $(a \propto \frac{1}{m})$.

نمودار سرعت - زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. بزرگی نیروی خالص وارد بر این متحرک (برایند نیروها) در بازهٔ زمانی بین t_1 تا t_2 چگونه تغییر می‌کند؟

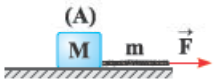




گام اول: با توجه به نمودار سرعت -زمان داده‌شده، در بازهٔ زمانی t_1 تا t'، اندازهٔ شیب مماس بر نمودار (یعنی اندازهٔ شتاب) در حال کاهش و در بازهٔ زمانی t' تا t_2، اندازهٔ شیب مماس بر نمودار در حال افزایش است.

گام دوم: اندازهٔ شتاب متحرک ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد، در نتیجه با توجه به رابطهٔ $F_{net} = ma$، نحوهٔ تغییرات بزرگی نیروی خالص وارد بر جسم نیز همین طور است. *(حواست هست که یه سؤال ترکیبی با فصل اول رو حل کردیم...)*

مطابق شکل، جسم A به جرم M، به طنابی با جرم m متصل شده است و مجموعهٔ جسم و طناب بر روی یک سطح افقی بدون اصطکاک با شتاب a در حال حرکت هستند. اگر با ثابت بودن نیروی $\vec{F}$، جرم جسم A نصف شود، شتاب مجموعه $\frac{9}{5}$ برابر می‌شود. $\frac{M}{m}$ چقدر است؟

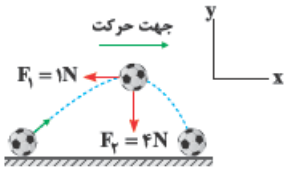


با استفاده از قانون دوم نیوتون، در مقایسهٔ دو حالت می‌توان نوشت:

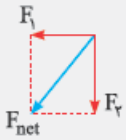
$$\begin{cases} (1)\ \text{حالت}: a_1 = \dfrac{F}{M+m} \\ (2)\ \text{حالت}: a_2 = \dfrac{F}{(\frac{M}{2})+m} \end{cases} \xrightarrow{a_2=\frac{9}{5}a_1} \frac{F}{(\frac{M}{2})+m} = \frac{9}{5}(\frac{F}{M+m}) \Rightarrow 9(\frac{M}{2}+m) = 5(M+m) \Rightarrow \frac{M}{m} = 8$$

شکل مقابل، نیروهای وارد بر توپی به جرم ۰/۴ kg را در بالاترین نقطهٔ مسیرش نشان می‌دهد. بردار شتاب این توپ را در نقطهٔ نشان داده‌شده برحسب بردارهای یکه بنویسید و سپس بزرگی آن را پیدا کنید. (از نیروهای دیگر وارد بر توپ صرف‌نظر می‌شود.)

(کتاب درسی و خرداد ۱۴۰۰ تجربی)



گام اول: در نقطهٔ موردنظر، نیروی خالص وارد بر توپ برابر است با:



$$\vec{F}_{net} = -F_1\vec{i} - F_2\vec{j} = (-1N)\vec{i} - (4N)\vec{j}$$

گام دوم: شتاب توپ با استفاده از قانون دوم نیوتون، به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \Rightarrow (-1N)\vec{i} - (4N)\vec{j} = 0/4\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{(-1)}{0/4}\vec{i} + \frac{(-4)}{0/4}\vec{j} = (-2/5\frac{m}{s^2})\vec{i} - (10\frac{m}{s^2})\vec{j}$$

گام سوم: با توجه به بردار شتاب به دست آمده، بزرگی آن به صورت مقابل به دست می‌آید: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(2/5)^2 + (10)^2} = 2/5\sqrt{17}\,m/s^2$

بچه‌ها آلبرت تأکید داره که با توجه به این تمرین کتاب درسی، حقیقت رو در مورد شتاب به شما بگه، واقعیت اینه که تو حالت کلی وقتی توی صفحه حرکت می‌کنیم، $\vec{F}_{net}$ و $\vec{a}$ به شکل $\vec{i}$ و $\vec{j}$ هست، هرچند که کتاب واقعاً از ته قلبش دوس نداشته شما حرکت دوبعدی رو بررسی کنید.....

ایستگاه ۴

قانون سوم نیوتون

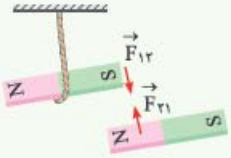
این جملهٔ آلبرت رو باید تو ذهنت برای همیشه حک بکنی. از لحاظ عرفانی، قانون سوم نیوتون میگه از هر دست بدی، از همون دست میگیری ...
این ایستگاه رو بخونید و ببینید که شما هم با توجه به سؤالای امتحان نهایی، باهاش موافقید یا نه ...

قانون سوم نیوتون چه موضوعی را بیان می‌کند؟

هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی **هم‌اندازه** و **هم‌راستا** اما در **خلاف جهت** وارد می‌کند. به عنوان مثال در برخورد راکت با توپ تنیس، راکت به توپ نیرو وارد کرده و توپ نیز به راکت، نیرویی هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت وارد می‌کند.

نکات مهم و کاربردی قانون سوم نیوتون

۱ طبق **قانون سوم نیوتون**، نیروها همواره به‌صورت **جفت** وجود دارند. اگر یکی از این نیروها را **کنش** بنامیم، نیروی دیگر **واکنش** نامیده می‌شود.

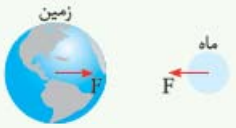


۲ اگر نیرویی که جسم (۱) به (۲) وارد می‌کند، برابر $\vec{F}_{12}$ و نیرویی که جسم (۲) به (۱) وارد می‌کند، برابر $\vec{F}_{21}$ باشد، طبق **قانون سوم نیوتون**، ارتباط این دو نیرو به‌صورت $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow F_{12} = F_{21}$ است. این موضوع در نیروی مغناطیسی بین دو آهنربای مقابل، نشان داده‌شده است.

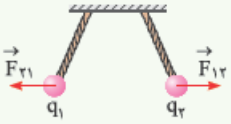
۳ نیروهای کنش و واکنش ممکن است منجر به **اثرات متفاوتی** شوند *(مثلاً ممکنه تو رو تا جسم، شتاب متفاوت ایجاد بشه که تو تمرین بعدی می‌بینید)*.

۴ نیروهای کنش و واکنش به **دو جسم** مختلف وارد می‌شوند، یعنی عمل برایندگیری در مورد آن‌ها انجام **نمی‌شود** و دو نیرو یکدیگر را خنثی **نمی‌کنند**.

۵ نیروهای کنش و واکنش **هم‌نوع‌اند**. به عنوان مثال؛ هر دو گرانشی‌اند یا هر دو الکتریکی‌اند یا ...



نیرویی که زمین به ماه وارد می‌کند، هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت نیرویی است که ماه به زمین وارد می‌کند و این نیروها هر دو از جنس **گرانشی‌اند**.



دو بار الکتریکی مثبت q_1 و q_2 که $q_2 > q_1$ است، بدون آن‌که با هم تماس داشته باشند، به هم نیروی الکتریکی رانشی وارد می‌کنند، این نیروها $(\vec{F}_{21}, \vec{F}_{12})$ هم‌اندازه، هم‌راستا و مختلف‌الجهت هستند.

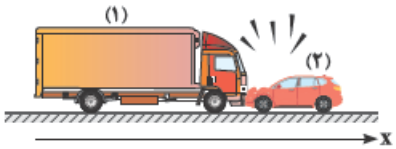
مقایسهٔ اندازهٔ نیروها: $F_{21} = F_{12}$ ، مقایسهٔ برداری نیروها: $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$

۶ عکس‌العمل هر نیرو، بر **عامل به‌وجود آورندهٔ آن نیرو** وارد می‌شود. به طور مثال عکس‌العمل نیروی وزن یک جسم، بر عامل به وجود آورنده‌اش یعنی **مرکز زمین** وارد می‌شود *(آلبرت میگه این موضوع رو تو ادامهٔ فصل، حسابی بررسی می‌کنیم)*.

نتیجهٔ تعجب‌آوری که از مثال فوق می‌توان فهمید، آن است که نیرویی که یک شخص با جرم کمش به زمین وارد می‌کند، با نیرویی که زمین با جرم بسیار زیادش بر شخص وارد می‌کند، **هم‌اندازه** است.

بچه‌ها تو بخش دوم کار، نیروها رو بیشتر میشناسین و سؤالای خیلی بهتری از قانون سوم نیوتون رو میتونین بررسی کنین، اما تا همین جا هم عبارت‌های بسیار مهمی از امتحان رو بررسی کردین که همیشه مطرح میشن ...

۹ یک خودروی سواری مطابق شکل، با یک کامیون برخورد رودررو می‌کند:



الف) نیرویی که کامیون به خودروی سواری وارد می‌کند، بیشتر است یا نیرویی که خودروی سواری به کامیون وارد می‌کند؟ این نیروها را به شکل برداری مقایسه کنید.

ب) در لحظهٔ برخورد، اندازهٔ شتاب کدام وسیلهٔ نقلیه بیشتر است؟ (کتاب درسی)

الف) این دو نیرو کنش و واکنش هم هستند، بنابراین هم‌اندازه‌اند.

مقایسهٔ اندازهٔ نیروها: $F_{21} = F_{12}$ ، مقایسهٔ برداری نیروها: $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$

ب) جرم خودروی سواری کم‌تر از جرم کامیون است و در لحظهٔ برخورد، نیروی وارد بر هر دو هم‌اندازه است، بنابراین با توجه به قانون دوم نیوتون $(a = \frac{F_{net}}{m})$، در لحظهٔ برخورد، اندازهٔ شتاب خودروی سواری بیشتر از کامیون است *(یعنی اثرات نیروی کنش و واکنش میتونه متفاوت باشه)*.

شخصی در حال هُل دادن جعبه‌ای سنگین برروی سطح افقی است و جعبه در جهت نیروی وارد شده حرکت می‌کند. با توجه به آن‌که نیرویی که شخص به جعبه وارد می‌کند با نیرویی که جعبه به شخص وارد می‌کند هم‌اندازه است، توضیح دهید چگونه جعبه حرکت می‌کند؟ (کتاب درسی، خرداد ۱۴۰۳ تجربی)

شخص به جعبه نیروی $\vec{F}$ را وارد می‌کند و جعبه به شخص نیروی هم‌اندازه، هم‌راستا اما در خلاف جهت $\vec{F'}$ را وارد می‌کند. این دو نیرو (کنش و واکنش) به دو جسم متفاوت وارد می‌شوند، بنابراین این دو نیرو همدیگر را خنثی نمی‌کنند و جعبه می‌تواند به کمک نیروی $\vec{F}$، به طرف راست شتاب بگیرد.

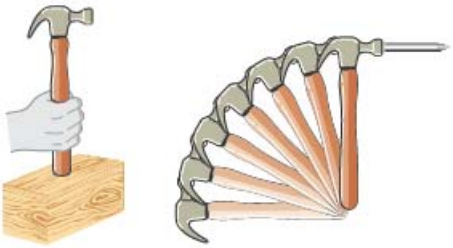
جعبهٔ در حال حرکت

تو دو تا سؤال بسیار مهم بعدی، می‌خوایم به همراه آلبرت، یه جمع‌بندی از کل این بخش داشته باشیم.

با توجه به تصاویر مقابل:

الف) هنگامی‌که مطابق شکل (۱) با چکش به میخ ضربه می‌زنیم تا در قطعه‌ای چوبی فرو رود، حرکت چکش کند می‌شود. علت چیست؟ (خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)

ب) شکل (۲)، روشی برای محکم کردن سرچکش است. علت استفاده از این روش چیست؟


شکل (۱) شکل (۲)

الف) در شکل (۱)، هنگام کوبیدن میخ در قطعه‌ای چوب، چکش به میخ نیرو وارد می‌کند و سبب فرورفتن میخ در چوب می‌شود. مطابق قانون سوم نیوتون، نیرویی هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت حرکت چکش از میخ به چکش وارد می‌شود که حرکت چکش را کُند و متوقف می‌کند.

ب) در شکل (۲)، وقتی دستهٔ چکش به زمین برخورد می‌کند، متوقف می‌شود، ولی سرچکش تمایل دارد وضعیت خود را حفظ کند و به سمت پایین به حرکت ادامه دهد و در نتیجه سرچکش در دستهٔ آن محکم می‌شود. مقاومتی‌که سرچکش در مقابل تغییر وضعیت خود نشان می‌دهد، همان مفهوم لختی است که نتیجهٔ قانون اول نیوتون می‌باشد.

درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

الف) وقتی نیروهای وارد بر یک جسم در حال حرکت، متوازن باشند؛ سرعت جسم تغییر نمی‌کند.

ب) جابه‌جایی مهره‌های گردن شخصی که در یک خودروی در حال سکون است و از پشت سر خودروی دیگری به آن برخورد می‌کند، با مفهوم لختی قابل توجیه نیست.

پ) دو نیروی کنش و واکنش، هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت هم هستند و ممکن است منجر به اثرات متفاوتی شوند.

ت) اسبی در حال کشیدن گاری است. نیروی وارد به گاری از طرف اسب، بیشتر از نیروی وارد بر اسب از طرف گاری است.

ث) اگر تندی متحرکی که در جهت محور x حرکت می‌کند به‌تدریج افزایش یابد، نیروی خالص وارد بر آن، در خلاف جهت محور x است.

ج) هر چه لختی جسم بیشتر باشد، هنگام اعمال یک نیروی معین، شتاب حرکت جسم بیشتر می‌شود. (دی ۱۴۰۲ تجربی)

الف) درست - طبق قانون اول نیوتون، اگر نیروهای وارد بر یک جسم در حال حرکت، متوازن باشند، سرعت جسم تغییر نمی‌کند.

ب) نادرست - به دلیل لختی (نتیجهٔ قانون اول نیوتون)، مهره‌های گردن شخص می‌خواهند حرکت قبلی خود را حفظ کنند (ساکن بمانند) که این موضوع باعث جابه‌جایی مهره‌ها و آسیب دیدن شخص می‌شود.

پ) درست

ت) نادرست - مطابق قانون سوم نیوتون، نیروی وارد به گاری از طرف اسب و نیروی وارد به اسب از طرف گاری، هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت یکدیگر هستند.

ث) نادرست - تندی در جهت محور x افزایش می‌یابد، این موضوع یعنی اولاً حرکت تندشونده بوده و ثانیاً سرعت با شتاب (یا همان نیروی خالص) هم‌جهت است. با توجه به این دو موضوع، نیروی خالص وارد بر جسم نیز در جهت محور x است.

ج) نادرست - این جمله در رابطه با ارتباط جرم جسم و لختی مطرح شده است. به لحاظ مفهومی، هر چه **لختی** یک جسم **بیشتر** باشد، **جرم** آن **بیشتر** است و به ازای یک نیروی معین، در برابر تغییر سرعت و ایجاد شتاب، مقاومت بیشتری کرده و شتاب آن کم‌تر می‌شود.

مرور کلی بر بخش اول

هریک از موارد زیر را تعریف کنید.

۳۰۲ ☆ لختی — دی ۹۹ تجربی، دی ۱۴۰۰ تجربی خارج از کشور و خرداد ۱۴۰۳ تجربی

۳۰۳ یک نیوتون — دی ۱۴۰۰ ریاضی خارج از کشور و خرداد ۱۴۰۰ تجربی خارج از کشور

۳۰۴ قانون سوم نیوتون — خرداد ۱۴۰۱ تجربی خارج از کشور و خرداد ۱۴۰۰ تجربی خارج از کشور

۳۰۵ ☆ مرکز جرم

۳۰۶ نیروهای متوازن

جاهای خالی را در جمله‌های زیر، با کلمه‌های مناسب پُر کنید.

۳۰۷ ☆ نیروی خالص و ثابت وارد بر یک جسم، می‌تواند سبب تغییر سرعت جسم یا تغییر ..... جسم شود. — دی ۱۴۰۰ تجربی

۳۰۸ در رسم نیرو، از یک ..... با مقیاس مناسب استفاده می‌شود.

۳۰۹ ☆ اگر برایند نیروهای وارد بر جسمی صفر شود، می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم ..... هستند. — دی ۹۷ تجربی

۳۱۰ در حرکت با ..... اندازه نیروی خالص وارد بر جسم برابر صفر است. — خرداد ۹۸ ریاضی خارج از کشور

۳۱۱ در حرکت با ..... برروی مسیر مستقیم، نیروی خالص وارد بر جسم ثابت است.

۳۱۲ ☆ در حرکت با تندی ثابت برروی یک مسیر دایره‌ای، نیروهای وارد بر جسم متوازن ..... .

۳۱۳ نیرو یک کمیت ..... است و یکای فرعی آن در SI برحسب یکاهای اصلی، برابر ..... است. — خرداد ۹۹ ریاضی خارج از کشور و دی ۱۴۰۲ تجربی

۳۱۴ نیروی خالص وارد بر جسم، به آن شتابی می‌دهد که با جرم جسم نسبت ..... دارد. — خرداد ۹۹ و ۱۴۰۰ ریاضی خارج از کشور

۳۱۵ ☆ هر اندازه جرم جسم ..... باشد، لَختی آن ..... بوده و مقاومت آن در برابر تغییر سرعت به ازای یک نیروی ثابت بیشتر است.

۳۱۶ اگر نیروی خالص وارد بر یک جسم بزرگ‌تر شود، شتابی که جسم می‌گیرد، ..... می‌شود. — دی ۹۹ ریاضی

۳۱۷ ☆ قانون ..... نیوتون به بررسی جسمی می‌پردازد که نیروهای وارد بر آن متوازن باشد و قانون ..... نیوتون به بررسی جسمی می‌پردازد که نیروهای وارد بر آن متوازن نباشد.

۳۱۸ ☆ نیروهای کنش و واکنش همواره به ..... جسم وارد می‌شوند و هم ..... هستند و ممکن است منجر به اثرات ..... شوند.
خرداد ۱۴۰۰ ریاضی خارج از کشور، خرداد ۱۴۰۱ تجربی و خرداد ۱۴۰۴ تجربی

۳۱۹ نیروهای کنش و واکنش هم ..... و هم ..... هستند و جهت آن‌ها ..... است. — دی ۹۹ ریاضی

۳۲۰ ☆ طبق قانون ..... نیوتون، اگر شما دیوار را هل دهید، دیوار نیز شما را هل می‌دهد. — دی ۹۸ تجربی و شهریور ۱۴۰۰ تجربی خارج از کشور

۳۲۱ بزرگی نیرویی که زمین به ما وارد می‌کند، ..... بزرگی نیرویی است که ما به زمین وارد می‌کنیم. — شهریور ۹۸ تجربی و خرداد ۹۹ تجربی خارج از کشور

درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید.

۳۲۲ وقتی نیروهای وارد بر جسم در حال حرکت، متوازن باشند، سرعت جسم تغییر نمی‌کند. — خرداد ۱۴۰۳ ریاضی و مرداد ۹۸ تجربی

۳۲۳ نیروهای متوازن، الزاماً بر یک جسم وارد می‌شوند. — شهریور ۱۴۰۳ ریاضی

۳۲۴ اگر تعداد سرنشینان یک اتومبیل افزایش یابد، به ازای یک نیروی خالص ثابت، شتاب آن کاهش خواهد یافت. — شبه‌نهایی

۳۲۵ ☆ نیروهای کنش و واکنش هم‌اندازه و هم‌راستا هستند و جهت آن‌ها مانند یکدیگر است. — دی ۱۴۰۰ ریاضی

۳۲۶ نیروهای کنش و واکنش ممکن است منجر به اثرات متفاوتی شوند. — دی ۹۷ تجربی

۳۲۷ نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم متفاوت اثر می‌کنند. — دی ۱۴۰۲ تجربی، خرداد ۹۸ ریاضی و خرداد ۱۴۰۱ ریاضی

۳۲۸ ☆ نیروهای کنش و واکنش هم نوع نیستند و همواره اثرات یکسانی ایجاد می‌کنند. — خرداد ۹۸ ریاضی

۳۲۹ نیروهای کنش و واکنش، برایند ندارند چون بر دو جسم مختلف اثر می‌کنند. — خرداد ۹۶ ریاضی

۳۳۰ نیروهای کنش و واکنش هم‌راستا هستند. — شهریور ۹۸ ریاضی

۳۳۱ ☆ برایند نیروهای عمل و عکس‌العمل وارد بر دو جسم صفر است. — خرداد ۹۸ تجربی و دی ۱۴۰۲ تجربی

۳۳۲ لختی یعنی تمایل اجسام برای حفظ وضعیت حرکت خود، وقتی نیروی خالص وارد بر آن‌ها صفر است. — خرداد ۱۴۰۴ ریاضی

۳۳۳ برای اعمال نیرو بین دو جسم، باید دو جسم همواره در تماس با هم باشند. — دی ۱۴۰۰ ریاضی

۳۳۴ ☆ بردار نیروی برایند وارد بر جسم، با بردار سرعت جسم هم‌سو است. — دی ۹۸ ریاضی

۳۳۵ اگر نیروی خالص وارد بر یک جسم بزرگ‌تر شود، شتاب حاصل از آن نیز بیشتر می‌شود. — دی ۱۴۰۰ ریاضی

۳۳۶ برای جسمی که به حال تعادل است، نیروی برایند صفر است. — خرداد ۹۶ ریاضی

۳۳۷ ☆ برای جسمی که با تندی ثابت در مسیر منحنی حرکت می‌کند، نیروهای وارد بر جسم متوازن‌اند. — دی ۱۴۰۱ ریاضی

۳۳۸ هنگامی‌که نیروی خالص وارد بر جسم در حال حرکت صفر است، جسم میل دارد وضعیت حرکت خود را حفظ کند. — خرداد ۱۴۰۰ تجربی و خرداد ۱۴۰۴ تجربی

در هر یک از گزاره‌های زیر، واژه مناسب را انتخاب کنید.

۳۳۹ (سرعت – نیرو)، حاصل برهم‌کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.

۳۴۰ شتاب ایجاد شده در جسم، با (نیروی خالص وارد بر – جرم) جسم، نسبت مستقیم دارد. دی ۹۸ ریاضی

۳۴۱ در حرکت با سرعت ثابت، نیروی خالص وارد بر جسم (ثابت – صفر) است. دی ۱۴۰۰ ریاضی خارج از کشور

☆ ۳۴۲ اگر بر ماه نیرویی وارد نشود، ماه باید به‌صورت (مستقیم – دایره‌ای) حرکت کند. خرداد ۱۴۰۱ تجربی

۳۴۳ لختی، خاصیتی در اجسام است که می‌خواهند وضعیت حرکت خود را (تغییر دهند – حفظ کنند). شهریور ۱۴۰۰ ریاضی و خرداد ۱۴۰۱ ریاضی خارج از کشور

☆ ۳۴۴ هر جسم متحرک، برای ادامهٔ حرکت حتماً نیاز به نیرو (دارد – ندارد). دی ۹۸ ریاضی

۳۴۵ شتاب ایجاد شده در جسم به علت تأثیر یک نیروی خالص، با جرم جسم نسبت (وارون – مستقیم) دارد. شهریور ۹۸ ریاضی و دی ۹۸ ریاضی

☆ ۳۴۶ در یک بازهٔ زمانی دلخواه، بردار تغییرات (سرعت – شتاب) جسم در (جهت – خلاف جهت) نیروی خالص وارد بر آن است.

۳۴۷ اگر جسمی با سرعت ثابت حرکت کند، نیروهای وارد بر جسم متوازن (هستند – نیستند). خرداد ۱۴۰۱ تجربی

۳۴۸ برای اعمال نیرو بین دو جسم، (باید – لازم نیست) دو جسم در تماس با هم باشند. دی ۹۸ ریاضی، شهریور ۱۴۰۰ ریاضی و خرداد ۱۴۰۱ ریاضی خارج از کشور

۳۴۹ نیروهای کنش و واکنش، ممکن است اثرهای (متفاوتی – یکسانی) در اجسام ایجاد کنند. شهریور ۱۴۰۰ ریاضی و خرداد ۱۴۰۱ ریاضی خارج از کشور

☆ ۳۵۰ حرکت یک قایق به وسیلهٔ پارو زدن، براساس قانون (دوم – سوم) نیوتون انجام می‌شود. دی ۹۶ ریاضی

۳۵۱ اسبی در حال کشیدن گاری است. بزرگی نیروی وارد از طرف اسب به گاری (بیشتر از – برابر) نیروی وارد بر اسب از طرف گاری است. دی ۱۴۰۰ ریاضی خارج از کشور

۳۵۲ نیروهای کنش و واکنش هم‌نوع هستند و به (دو – یک) جسم وارد می‌شوند. شهریور ۱۴۰۰ ریاضی خارج از کشور

۳۵۳ نیروهای کنش و واکنش همواره هم‌اندازه و هم‌راستا هستند و یکدیگر را خنثی (می‌کنند – نمی‌کنند). دی ۹۶ تجربی و خرداد ۹۹ تجربی

☆ ۳۵۴ هر یک از گزاره‌های زیر، به کدام‌یک از قانون‌های نیوتون مربوط می‌شود؟ خرداد ۹۸ تجربی خارج از کشور و خرداد ۹۹ تجربی

الف) اگر خودرو ساکن باشد و ناگهان شروع به حرکت کند، به طرف عقب به صندلی خود فشرده می‌شوید.

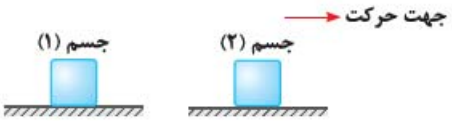
ب) دو بار الکتریکی بدون آنکه با هم تماس داشته باشند، نیروهای هم نوع و خلاف جهت به یکدیگر وارد می‌کنند.

پ) برای یک نیروی خالص معین، هرچه جرم جسم کمتر باشد، شتاب آن بیشتر است.

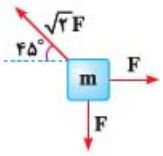
ت) یک جسم، حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند، مگر آن‌که نیروی خالص غیرصفری به آن وارد شود.

۳۵۵ دو مورد از مصداق‌های اثرات نیروی وارد بر یک جسم را بیان کنید. خرداد ۹۹ ریاضی

● بررسی بیشتر قانون اول نیوتون



۳۵۶ در شکل‌های مقابل، جسم (۱) ساکن و جسم (۲) در حال حرکت است. اگر نیروی خالصی به هیچ‌کدام از این دو جسم وارد نشود، در مورد نوع حرکت دو جسم چه می‌توان گفت؟ شبه‌نهایی



☆ ۳۵۷ اگر کل نیروهای وارد بر یک جسم به شکل مقابل باشد، درستی یا نادرستی عبارت‌های (الف) تا (پ) را با ذکر دلیل مشخص کنید.

الف) سرعت جسم ثابت می‌ماند.

ب) مسیر حرکت جسم ممکن است دایره‌ای یا سهمی باشد.

پ) حرکت جسم می‌تواند با شتاب ثابت تندشونده انجام شود.

☆ ۳۵۸ اتومبیلی برروی یک مسیر منحنی مطابق شکل زیر، با تندی ثابت در حال حرکت است. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را با ذکر دلیل بررسی کنید. شبه‌نهایی

الف) سرعت جسم در طول مسیر ثابت است.

ب) نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند.

پ) برای توجیه حرکت اتومبیل، می‌توان از قانون اول نیوتون استفاده کرد.

۳۵۹ مطابق شکل، گلوله‌ای را از نقطهٔ A و از حال سکون رها می‌کنیم و این گلوله به سطح افقی می‌رسد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا ناچیز است و سطح افقی در شکل بسیار طولانی است. در مورد حرکت گلوله برروی سطح افقی:

الف) چه اظهارنظری می‌توان کرد؟ کتاب‌درسی

ب) از کدام قانون نیوتون استفاده می‌کنید؟

☆ ۳۶۰ مطابق شکل، شخصی درون اتومبیلی قرار دارد و کمربند ایمنی خود را بسته است. در حالت اول اتومبیل از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و در حالت دوم در حال حرکت بوده و ناگهان ترمز می‌کند. در مورد وضعیت شخص در دو حالت اظهارنظر کنید. کتاب‌درسی

۳۶۱ ☆ در شکل روبه‌رو، دو نخ مشابه به گوی سنگین و ساکنی متصل است. دی ۱۴۰۰ تجربی و کتاب درسی

الف) اگر نخ (۲) را به سرعت به سمت پایین بکشیم، احتمال پاره شدن کدام نخ بیشتر است؟

ب) اگر نیروی وارد بر نخ (۲) را به آرامی افزایش دهیم، کدام نخ زودتر پاره می‌شود؟

۳۶۲ در شکل مقابل، چرا حرکت سریع مقوا، سبب افتادن سکه در لیوان می‌شود؟ کتاب درسی

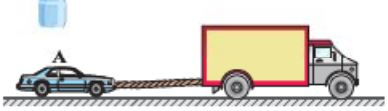
۳۶۳ وقتی در خودرو نشسته‌اید و خودرو ناگهان متوقف می‌شود، به جلو پرتاب می‌شوید. علت این پدیده را توضیح دهید. شهریور ۱۴۰۳ تجربی

۳۶۴ ☆ در فیلمی علمی - تخیلی، موتور یک کشتی فضایی در حال حرکت، در فضای تهی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید از کار می‌افتد. خرداد ۱۴۰۰ تجربی

الف) آیا ممکن است حرکت کشتی کند شود و کشتی متوقف شود؟ چرا؟

ب) مسیر حرکت کشتی فضایی چگونه می‌شود؟

۳۶۵ دو بطری مطابق شکل، روی هم قرار دارند. برای این که بخواهیم کاغذ را از میان آن‌ها خارج کنیم به گونه‌ای که بطری‌ها روی هم بمانند، باید کاغذ را آهسته بکشیم یا به سرعت؟ چرا؟



۳۶۶ ☆ در جملهٔ زیر، کلمهٔ مناسب را با ذکر دلیل انتخاب کنید.

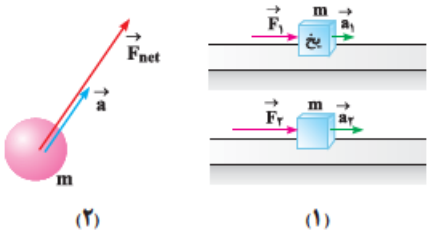
«در شکل مقابل، برای کشیدن اتومبیل خاموش A توسط کامیون، بهتر است کامیون در ابتدا (باتندی زیاد - به‌آرامی) شروع به حرکت کند.»

۳۶۷ ☆ در شکل روبه‌رو، یک کشتی در حال حرکت را می‌بینید که نیروهای وارد بر آن متوازن‌اند.

الف) کدام نیروها اثر یکدیگر را خنثی کرده‌اند؟ کتاب درسی

ب) تندی حرکت کشتی چگونه تغییر می‌کند؟

● بررسی بیشتر قانون دوم نیوتون

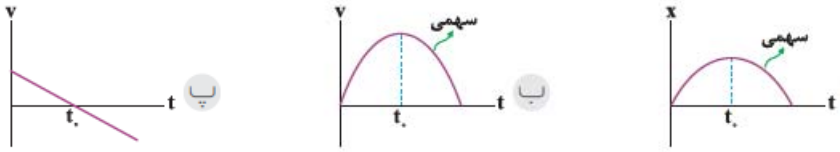


۳۶۸ با توجه به تصاویر مقابل: کتاب درسی

الف) استنباط خود را از شکل (۱) بیان کنید. (قطعه یخ‌ها روی سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند.)

ب) استنباط خود را از شکل (۲) بیان کنید.

۳۶۹ ☆ در هریک از سه نمودار زیر، با ذکر دلیل مشخص کنید که از ابتدا تا لحظهٔ t_0، بزرگی نیروی خالص وارد بر متحرک چگونه تغییر می‌کند؟



۳۷۰ ☆ در هریک از دو حالت زیر، متحرک برروی مسیر مستقیم در حال حرکت است. جهت نیروی خالص وارد بر جسم را در هر حالت مشخص کنید. شبه نهایی

الف) جسمی که با سرعت رو به کاهش، به سمت جنوب حرکت می‌کند.

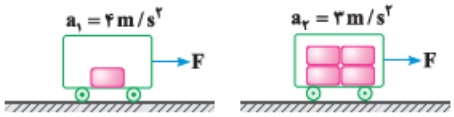
ب) جسمی که با سرعت ثابت به سمت شمال حرکت می‌کند.

۳۷۱ مطابق شکل، یک کشتی در یک تراز افقی به‌صورت تندشونده روبه جلو حرکت می‌کند: دی ۹۴ ریاضی

الف) مقادیر F_1 و F_3 را مقایسه کنید.

ب) مقادیر F_2 و F_4 را مقایسه کنید.

پ) اگر حرکت به‌صورت کندشونده انجام شود، مجدداً قسمت‌های (الف) و (ب) را پاسخ دهید.



۳۷۲ مطابق شکل، نیروی F به ارابه‌ای که یک آجر در داخل آن قرار دارد، شتاب $4\,m/s^2$ و به همین ارابه در حالی که ۴ آجر در داخل آن قرار دارد، شتاب $3\,m/s^2$ می‌دهد. جرم ارابه چند برابر جرم یک آجر است؟ (از اصطکاک ارابه و زمین صرف‌نظر شود.)

۳۷۳ ☆ معادلهٔ مکان - زمان متحرکی با جرم ۲۰۰ گرم که برروی مسیر مستقیم در حال حرکت است، در SI به‌صورت $x = -2t^2 + 4t - 2$ می‌باشد: شبه نهایی

الف) نوع حرکت متحرک را مشخص کنید.

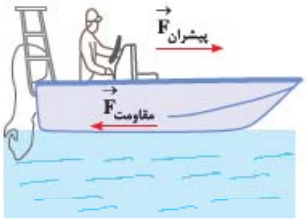
ب) تندی متحرک در شروع حرکت چند متربرثانیه است؟

پ) بردار نیروی خالص وارد بر جسم را در لحظهٔ عبور از مبدأ به‌دست آورید.

۳۷۴ ☆ الف) اگر تنها دو نیروی افقی $F_1 = 15N$ و $F_2 = 20N$ در خلاف جهت یکدیگر بر یک جسم وارد شوند، اندازهٔ شتاب جسم، a_1 و اگر این دو نیرو به‌صورت هم‌جهت بر جسم وارد شوند، اندازهٔ شتاب جسم، a_2 است. مقدار $\frac{a_2}{a_1}$ را به دست آورید. خرداد ۹۹ ریاضی

ب) اگر دو نیروی F_1 و F_2 به صورت عمود بر هم بر جسم وارد شوند، اندازهٔ شتاب جسم a_3 می‌شود. مقدار $\frac{a_3}{a_1}$ را به‌دست آورید.

۳۷۵ ☆ نیروی موتور یک قایق موتوری که جرم آن با سرنشینش ۴۰۰ کیلوگرم است به گونه‌ای تنظیم می‌شود که در بازهٔ زمانی معینی، همواره نیروی افقی خالص ۸۰۰ نیوتون به طرف جلو برمجموعه وارد می‌شود. شهریور ۹۹ تجربی



الف) اگر اندازهٔ نیروی پیشران در یک لحظه ۱۴۰۰ نیوتون باشد، اندازهٔ نیروی مقاومت در آن لحظه چقدر است؟

ب) شتاب این قایق چقدر و در چه جهتی است؟

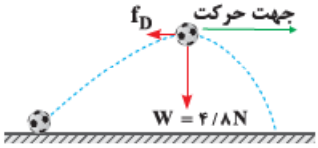
پ) اگر قایق از حال سکون شروع به حرکت کرده باشد، چند ثانیه طول می‌کشد تا سرعت قایق به $10\frac{m}{s}$ برسد؟ در این مدت قایق چند متر جابه‌جا می‌شود؟ کتاب درسی

۳۷۶ بر جسمی به جرم ۵۰۰ گرم، نیروهای $\vec{F}_1 = 3\vec{i} + 4\vec{j}$ ، $\vec{F}_2 = -6\vec{i} - 5\vec{j}$ و $\vec{F}_3 = -2\vec{F}_1$ در SI وارد می‌شود:

الف) بردار و اندازهٔ نیروی خالص وارد بر جسم را بیابید.

ب) اندازهٔ شتاب جسم را به دست آورید.

۳۷۷ ☆ شکل زیر، نیروهای وارد بر توپی را در بالاترین نقطهٔ مسیرش نشان می‌دهد که در آن $\vec{f}_D$ نیروی مقاومت هوا و $\vec{W}$ وزن توپ است. اگر بزرگی شتاب در این نقطه برابر $\frac{65}{6} m/s^2$ باشد:

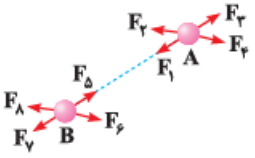


الف) نیروی خالص وارد بر توپ در این نقطه چند نیوتون است؟

ب) اندازهٔ نیروی f_D چند نیوتون است؟ (از نیروهای دیگر وارد بر توپ صرف‌نظر کنید و $g \simeq 10 m/s^2$)

● بررسی بیشتر قانون سوم نیوتون

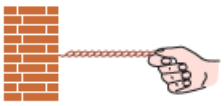
۳۷۸ ☆ نیروهای واردشده به دو جسم A و B در صفحه، مطابق شکل است. کدام‌یک از زوج نیروهای مطرح‌شده در موارد زیر، ممکن است کنش و واکنش یکدیگر باشند؟



الف) F_1 و F_5 ب) F_4 و F_6 پ) F_1 و F_3

ت) F_2 و F_8 ث) F_3 و F_7 ج) F_6 و F_8

۳۷۹ مطابق شکل، یک سرطنابی را به دیوار محکم کرده و سردیگر آن را با دست می‌کشیم، اگر طناب از دیوار جدا نشود، کدام‌یک از عبارات زیر درست است؟



الف) نیرویی که طناب به دست وارد می‌کند، با نیرویی که دست به طناب وارد می‌کند، هم‌اندازه و هم‌جهت است.

ب) نیرویی که طناب به دست وارد می‌کند، با نیرویی که دست به طناب وارد می‌کند، هم‌اندازه و در خلاف جهت آن است.

پ) نیرویی که طناب به دست وارد می‌کند، بیشتر از نیرویی است که دست به طناب وارد می‌کند و در خلاف جهت آن است.

ت) نیرویی که طناب به دست وارد می‌کند، کم‌تر از نیرویی است که دست به طناب وارد می‌کند و این دو نیرو هم‌جهت هستند.

۳۸۰ ☆ مطابق شکل، چرا وقتی آب از فواره خارج می‌شود، فواره می‌چرخد؟ پاسخ خود را بر مبنای کدام قانون ذکر کردید؟ دی ۹۴ تجربی و دی ۹۸ تجربی

۳۸۱ شکل مقابل، حرکت موشک را پس از پرتاب، نشان می‌دهد. با کمک قانون سوم نیوتون توجیه ساده‌ای برای این حرکت ارائه دهید. کتاب درسی

۳۸۲ ☆ مطابق شکل، توسط یک چکش به یک میخ ضربه‌ای وارد می‌شود. اگر جرم چکش ۱۰۰ برابر جرم میخ باشد و در لحظهٔ برخورد، نیروی $\vec{F}=10\vec{i}$ در SI به میخ وارد شود، در این لحظه نیروی وارد شده به چکش در SI چقدر است؟ چرا حرکت چکش کند می‌شود؟ کتاب درسی

۳۸۳ دو شخص به جرم‌های m_1 و $m_2 > m_1$ با کفش‌های چرخ‌دار در یک سالن مسطح و صاف روبه‌روی هم ایستاده‌اند و یکدیگر را هل می‌دهند. شخص اول با نیروی $\vec{F}$، شخص دوم را به طرف چپ هُل داده و شخص دوم با نیروی $\vec{F'}$، شخص اول را به طرف راست هُل می‌دهد. اگر شتاب حرکت دو شخص $\vec{a}_1$ و $\vec{a}_2$ باشد: شبه‌نهایی

الف) چه رابطه‌ای بین نیروهای $\vec{F}$ و $\vec{F'}$ برقرار است؟

ب) اندازهٔ شتاب دو شخص را مقایسه کنید.

۳۸۴ ☆ دو شخص به جرم‌های ۷۵ کیلوگرم و ۵۰ کیلوگرم با کفش‌های چرخ‌دار در یک سالن مسطح و صاف روبه‌روی هم ایستاده‌اند. شخص اول با نیروی ۱۲۰ نیوتون شخص دوم را به طرف راست هل می‌دهد. دی ۹۸ ریاضی

الف) شتابی که شخص دوم می‌گیرد، چقدر است؟

ب) شتابی که شخص اول می‌گیرد چقدر و در چه جهتی است؟

دی ۱۴۰۲ تجربی

● بیست پلاس

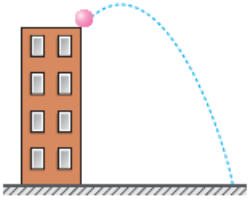
۳۸۵ با توجه به قانون دوم نیوتون، ارتباط بین مفهوم جرم و لختی یک جسم را بیان کنید.

۳۸۶ در متن زیر، جاهای خالی را با استفاده از کلمات داده شده پر کنید.

سرعت - شتاب - اول نیوتون - دوم نیوتون - دارند - ندارند

یک کشتی فضایی در خلأ و به دور از خورشید و هر سیاره‌ای در حال حرکت است که ناگهان موتور آن از کار می‌افتد. در این صورت حرکت کشتی فضایی با (الف) ..... ثابت انجام می‌شود که می‌توان آن را با قانون (ب) ..... توجیه کرد. هنگامی که همین کشتی فضایی با موتور خاموش به دور کرهٔ زمین در حال چرخیدن باشد، نیروهای وارد بر کشتی، حالت متوازن (پ) ..... و حرکت آن با قانون (ت) ..... بررسی می‌شود.

۳۸۷ ☆ جسمی از بالای ساختمانی در شرایط خلأ پرتاب شده و مسیری مطابق شکل زیر را طی می‌کند. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید.



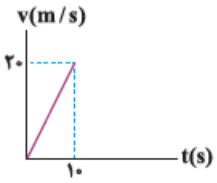
الف) سرعت متحرک دائماً تغییر جهت می‌دهد. دی ۹۶ ریاضی، با تغییر

ب) نیروی خالص وارد بر جسم دائماً تغییر جهت می‌دهد.

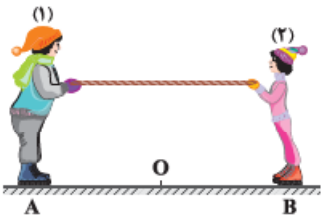
پ) نیروهای وارد بر جسم نامتوازن است.

ت) زاویهٔ بین نیروی خالص و سرعت گلوله دائماً تغییر می‌کند.

ث) وزن گلوله، به دلیل وجود خلأ ناچیز است.



۳۸۸ ☆ نمودار سرعت - زمان یک قایق موتوری که با نیروی پیشران F از حال سکون شروع به حرکت می‌کند، مطابق شکل است. اگر نیروی مقاوم در برابر حرکت ثابت فرض شده و برابر ۶۰۰ نیوتون باشد، نیروی پیشران F در طول حرکت چند نیوتون است؟ (مجموع جرم قایق و سرنشینان آن، ۴۰۰ کیلوگرم است.) شبه‌نهایی



۳۸۹ مطابق شکل، دو نفر به جرم‌های m_1 و $m_2 = \frac{1}{2}m_1$ روی یک سطح افقی با اصطکاک ناچیز قرار دارند. در ابتدا دو شخص به فاصله‌های مساوی از نقطهٔ O قرار دارند و توسط طنابی هر یک دیگری را به سمت خود می‌کشد. اگر فاصلهٔ دو شخص در ابتدا برابر L باشد، دو شخص در چه فاصله‌ای از نقطهٔ A به یکدیگر می‌رسند؟

بخش ۲ معرفی برخی از نیروهای خاص

بچه‌ها آلبرت میگه تو بخش اول این فصل فهمیدید نیرو چیه. تو ادامه می‌خوایم بریم راجع به انواع نیروهای وارد بر جسم با توجه به سؤالای امتحان نهایی صحبت کنیم. اولین نیرو از همه ساده‌تره، نیروی وزن ...

ایستگاه ۵

نیروی وزن

منشأ ایجاد نیروی وزن چیست و چگونه محاسبه می‌شود؟

مطابق شکل، وزن یک جسم روی زمین (W) ، نیروی گرانشی است که از طرف زمین بر جسم وارد می‌شود و از رابطهٔ روبه‌رو محاسبه می‌شود:

$$\vec{W} = m\vec{g} \ , \ W = mg$$

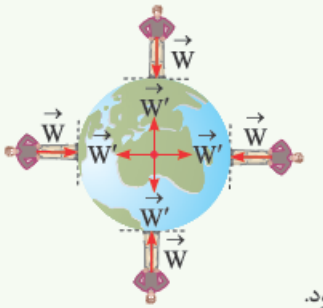
پارامترهای جدید

- W : وزن (N)
- m : جرم (kg)
- g : شتاب گرانش $(\frac{m}{s^2})$

نکات مهم و کاربردی نیروی وزن

۱ در تصویر فوق، زمین بر جسم نیروی گرانشی $(\vec{W})$ وارد می‌کند و جسم نیز بر زمین نیروی گرانشی $(\vec{W'})$ وارد می‌کند. $(\vec{W} = -\vec{W'})$

۲ واکنش نیروی وزن $(\vec{W'})$ ، نیروی گرانشی است که از طرف جسم به مرکز کرهٔ زمین وارد می‌شود.



۳ جهت نیروی وزن و در نتیجه شتاب گرانشی همواره به طرف زمین (مرکز زمین) است.

۴ جرم یک جسم در مکان‌های مختلف ثابت است، اما وزن $(\vec{W})$ آن طبق رابطهٔ $\vec{W} = m\vec{g}$، به مقدار شتاب گرانشی $(\vec{g})$ در آن مکان بستگی دارد و ثابت نیست.

۵ جرم کمیتی نرده‌ای و وزن کمیتی برداری است.

۶ اندازهٔ شتاب گرانش $(\vec{g})$ در سطح زمین، تقریباً برابر $۹/۸\frac{N}{kg}$ است که در سؤالات معمولاً $۱۰\frac{N}{kg}$ فرض می‌شود.

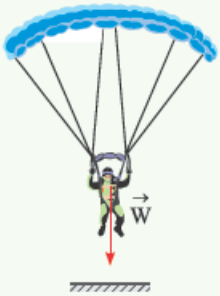
۷ نیرویی که شخص به زمین وارد می‌کند هم‌اندازهٔ نیرویی است که زمین به شخص وارد می‌کند، ولی جرم زمین آنقدر بزرگ است که شتابش احساس نمی‌شود (خب لامسب کندس دیگه ...).

$$a_{\text{زمین}} = \frac{W}{M_e} \simeq ۰$$

جرم زمین بزرگ است. ← شتاب ناچیز است.

۸ در حالت کلی در یک جسم در حال سقوط آزاد، نیروی وزن جسم سبب شتاب گرفتن آن تا سطح زمین می‌شود، اما حتی اگر جسم در حال سقوط آزاد هم نباشد، بازهم نیروی وزن $(\vec{W})$ بر آن وارد می‌شود. به عنوان مثال بر یک چترباز، قبل از پرش، در حال سقوط و حتی هنگام رسیدن به زمین، نیروی وزن وارد شده و از رابطهٔ $\vec{W} = m\vec{g}$ به دست می‌آید.

هنگام رسیدن به زمین



در حال سقوط

ایستگاه ۶

نیروی مقاومت شاره

بچه‌ها آلبرت میگه مقاومت شاره، از اون بحثای مهم امتحان نهایی هستش که اتفاقاً کتاب درسی هم خیلی بهش پرداخته. حتماً خودتون وقتی تو استخر در حال شنا کردن بودید، حسابی حسش کردید ...

نیروی مقاومت شاره چیست؟

وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می‌کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می‌شود که به آن نیروی مقاومت شاره می‌گویند و معمولاً آن را با $\vec{f}_D$ نشان می‌دهند.

نکات مهم و کاربردی نیروی مقاومت شاره

۱ اندازهٔ نیروی مقاومت شاره به عوامل اصلی زیر بستگی دارد:

الف) بزرگی جسم: هرچه بزرگی جسم (اندازه و سطح جسم) بیشتر شود، مقدار شاره‌ای که باید جسم در حال حرکت از آن عبور کند، نیز بیشتر می‌شود و در نتیجه نیروی حاصل از برخوردهای بین مولکولی نیز بیشتر شده و نیروی مقاومت شارهٔ بیشتری به جسم وارد می‌شود.

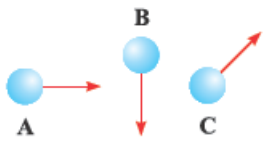
ب) تندی حرکت جسم: هرچه جسم با تندی بیشتری در شاره حرکت کند، در هر ثانیه با تعداد مولکول‌های بیشتری از شاره برخورد می‌کند و نیروی حاصل از برخوردهای مولکولی بیشتر می‌شود و در نتیجه نیروی مقاومت شاره افزایش می‌یابد.

۲ جهت نیروی مقاومت شاره، همواره در خلاف جهت حرکت جسم است (*هواست باشه که جهت حرکت، عملاً همون جهت بردار سرعت میشه*).

۳ اگر جسم در هوا حرکت کند، به نیروی مقاومت شارهٔ آن، نیروی مقاومت هوا می‌گویند.

۴ واکنش نیروی مقاومت شارهٔ وارد بر جسم (f'_D) از طرف جسم به شارهٔ اطراف وارد می‌شود.

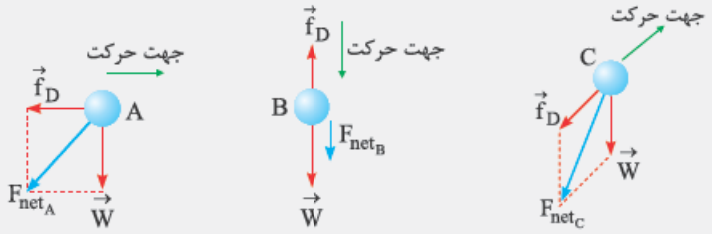
سه گلولهٔ کاملاً مشابه A، B و C از ارتفاع یکسانی در هوا و با تندی اولیهٔ یکسان در جهت‌های نشان داده‌شده، پرتاب شده‌اند:



الف) نیروهای وارد بر هریک از گلوله‌های A، B و C را رسم کنید.

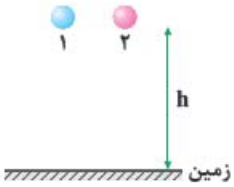
ب) درست پس از لحظهٔ پرتاب، شتاب حرکت سه گلوله را مقایسه کنید.

الف) همان‌طور که می‌دانید، نیروی وزن به سمت پایین و نیروی مقاومت هوا، در خلاف جهت حرکت (خلاف جهت بردار سرعت) به گلوله‌ها وارد می‌شوند.



ب) برای مقایسهٔ اندازهٔ نیروی خالص وارد بر سه گلوله، به زاویهٔ بین نیروهای $\vec{W}$ و $\vec{f}_D$ توجه کنید. هرچه این زاویه کوچک‌تر باشد، اندازهٔ نیروی خالص وارد بر گلوله بیشتر است. پس با توجه به شکل‌های رسم شده، اندازهٔ نیروی خالص وارد بر گلولهٔ C ($\vec{F}_{net_C}$) از بقیه بزرگ‌تر و اندازهٔ نیروی خالص وارد بر گلولهٔ B ($\vec{F}_{net_B}$) از بقیه کوچک‌تر است. برای گلولهٔ A، نیروی مقاومت هوا عمود بر نیروی وزن است ($F_{net_A} = \sqrt{W^2 + f_D^2}$) و برای گلولهٔ B، نیروی مقاومت هوا در خلاف جهت نیروی وزن است ($F_{net_B} = |W - f_D|$). حال با توجه به قانون دوم نیوتون ($F_{net} = ma$) درست پس از لحظه پرتاب، برای مقایسهٔ شتاب حرکت گلوله‌ها داریم:

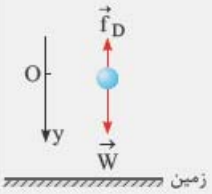
$$(F_{net})_C > (F_{net})_A > (F_{net})_B \xrightarrow{\text{جرم یکسان}} a_C > a_A > a_B$$



دو گلولهٔ هم‌اندازه و هم‌شکل با جرم‌های متفاوت ($m_2 > m_1$) از یک بلندی در حضور هوا به‌طور هم‌زمان رها می‌شوند:

الف) اگر نیروی مقاومت هوا در طی حرکت برای هر دو گلوله ثابت و یکسان باشد، با محاسبه بیان کنید تندی برخورد کدام گلوله با زمین بیشتر است؟

ب) اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، سرعت برخورد گلوله‌ها با زمین را با هم مقایسه کنید.



الف) بر این گلوله‌ها، دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می‌شود. طبق قانون دوم نیوتون، نیروی خالص وارد بر آن‌ها برابر با حاصل‌ضرب جرم در شتاب است. نیروی مقاومت هوا را با f_D و وزن را با W نشان می‌دهیم و برای بررسی ساده‌تر حرکت گلوله‌ها، جهت مثبت محور y را به طرف پایین انتخاب می‌کنیم:

$$W - f_D = ma \Rightarrow a = \frac{W - f_D}{m} = \frac{mg - f_D}{m} \Rightarrow a = g - \frac{f_D}{m}$$

یعنی با درنظر گرفتن مقدار ثابت و یکسان مقاومت هوا، هرچه m بیشتر باشد، شتاب حرکت نیز بیشتر است، در نتیجه $a_2 > a_1$ است.

طبق رابطهٔ سرعت - جابه‌جایی می‌توانیم بنویسیم:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta y \Rightarrow v^2 - 0 = 2ah \Rightarrow v = \sqrt{2ah} \xrightarrow{a_2 > a_1} v_2 > v_1$$

بنابراین تندی برخورد گلولهٔ سنگین‌تر، بیشتر از گلولهٔ سبک‌تر است.

ب) اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، هر دو گلوله با شتاب g سقوط آزاد می‌کنند و با سرعت یکسانی به زمین می‌خورند.

اما یه جمع‌بندی از طرف آلبرت عزیز برای سقوط دو گلولهٔ هم‌اندازه و هم‌شکل با جرم‌های m_1 و m_2 از ارتفاع یکسان، که البته شاید بشه با یه کم فکر، خیلی راحت حسش هم کرد...

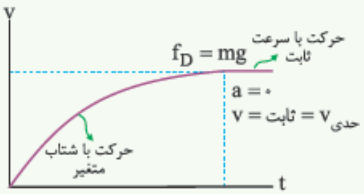
الف) اگر مقاومت هوا را ثابت و یکسان در نظر بگیریم، گلوله با جرم بیشتر، دارای شتاب بیشتر بوده و تندی برخورد آن به زمین، بیشتر از گلولهٔ سبک‌تر است.

ب) اگر مقاومت هوا را نادیده بگیریم، هر دو گلوله با شتاب برابر و تندی یکسان به زمین می‌رسند.

تندی حدی چیست؟

فرض کنید چترباز از یک ارتفاع زیاد پریده و بلافاصله پس از پریدن، چتر خود را باز می‌کند. در این حالت نیروی مقاومت هوا در ابتدا ناچیز است (*خوب چون تندی صفره*). با افزایش تندی چترباز، این نیرو افزایش می‌یابد تا این‌که پس از مدتی اندازهٔ این نیرو با مجموع وزن چترباز و چتر برابر شود. در این موقعیت نیروهای وارد بر چترباز متوازن شده و شتاب حرکت چترباز صفر می‌شود و چترباز با تندی ثابتی موسوم به تندی حدی به طرف پایین حرکت می‌کند.

نکات مهم و کاربردی تندی حدی



۱ تندی حدی برای یک چترباز نوعی حدود $5/0\,m/s$ و برای قطرات باران حدود $7/0\,m/s$ است.

۲ در حرکت مورد بررسی که چترباز بلافاصله پس از پریدن چتر خود را باز کرده است، نمودار تغییرات تندی چترباز از ابتدای سقوط تا هنگام رسیدن به تندی حدی مطابق شکل مقابل است:

۳ به شکلی مشابه، تندی حدی را برای سقوط یک گلولهٔ بزرگ در داخل یک اقیانوس عمیق نیز می‌توان تعریف کرد.

۴ پس از رسیدن به تندی حدی، عملاً شتاب حرکت صفر بوده و متحرک با سرعت ثابت حرکت می‌کند.

$f_D = W \Rightarrow F_{net} = 0 \Rightarrow a = 0 \Rightarrow$ جسم با سرعت ثابت (تندی حدی) سقوط می‌کند.

آلبرت میگه من هر وقت با نیوتون میرم سقوط آزاد با چتر، این تندی حدی رو با اعماق وجودم حس می‌کنم، بریم و شما رو با حل یه تمرین مهم از کتاب درسی، ببرم تو حال و هوای این موضوع تو امتحان نهایی ...

چترباز از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی از سطح زمین قرار دارد، به بیرون می‌پرد و پس از مدتی نسبتاً طولانی، چتر خود را باز می‌کند و در امتداد قائم سقوط می‌کند:

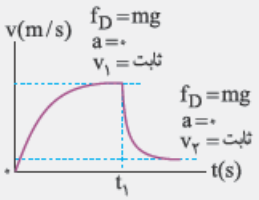
الف) از لحظهٔ پرش تا رسیدن به سطح زمین، تندی چترباز چگونه تغییر می‌کند؟

ب) نمودار تندی چترباز را برحسب زمان به‌صورت تقریبی رسم کنید.

پ) در این مدت، شتاب حرکت چترباز چگونه تغییر می‌کند؟

الف) چترباز مدتی پس از پرش، چترش را باز می‌کند. تا قبل از باز شدن چتر، تندی چترباز به دلیل نیروی وزن زیاد و زیادتر می‌شود و در صورت وجود زمان کافی، نیروی مقاومت هوا در تندی‌های خیلی زیاد با وزن چترباز هم‌اندازه می‌شود و در نتیجه تندی چترباز ثابت می‌شود و به تندی حدی اولیهٔ v_1 می‌رسد. پس از باز شدن چتر در لحظهٔ t_1 ، ناگهان نیروی مقاومت هوا به علت **افزایش مساحت** در آن تندی زیاد، **به شدت زیاد می‌شود** و حرکت چترباز کُند خواهد شد. پس از مدتی باکاهش تندی چترباز، نیروی مقاومت هوا آن‌قدر کاهش پیدا می‌کند تا دوباره با وزن چترباز هم‌اندازه شود. در این حالت، چترباز به تندی حدی ثانویه یعنی v_2 می‌رسد.

ب) نمودار تندی - زمان حرکت به‌صورت مقابل است:



پ) **قبل از باز کردن چتر**، به تدریج با افزایش تندی و افزایش نیروی مقاومت هوا، نیروی خالص وارد بر چترباز کاهش می‌یابد و در نتیجه شتاب حرکت که به سمت پایین می‌باشد؛ کم می‌شود تا در تندی حدی اولیه به صفر می‌رسد. **پس از باز کردن چتر**، به یک‌باره نیروی مقاومت هوا بسیار زیاد می‌شود و **جهت شتاب** به سمت **بالا** شده و اندازهٔ شتاب بسیار بزرگ می‌شود. در ادامه با نزدیک شدن به سرعت حدی، شتاب کاهش می‌یابد و به صفر نزدیک می‌شود.

از این تمرین می‌توان فهمید که **بیشترین تندی** چترباز، در **لحظهٔ باز کردن چتر** است (در واقع تندی حدی اولیه، بیشترین تندی جسم است).

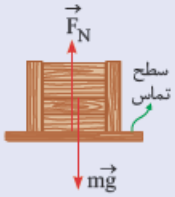
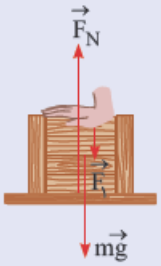
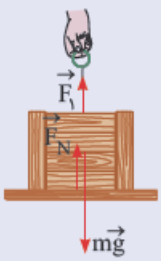
از این تمرین می‌توان فهمید که **بیشترین مقاومت هوا، بلافاصله پس از بازکردن چتر** ایجاد می‌شود.

ایستگاه ۷

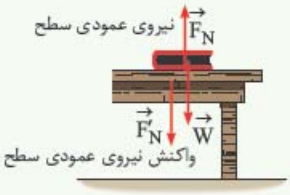
نیروی عمودی سطح

آلبرت تو شروع این ایستگاه تأکید داره که نیروی عمودی سطح هم خودش مستقیم برای امتحان نهایی مهمه و هم برای محاسبهٔ نیروی اصطکاک خیلی نقشش پررنگه ...

با قرار گرفتن بسته با جرم m بر روی سطح در شکل‌های زیر، از طرف سطح به بسته نیرویی وارد می‌شود. به این نیرو که در تصاویر زیر عمود بر سطح تماس است، **نیروی عمودی سطح (تکیه‌گاه)** می‌گویند و آن را با $\vec{F}_N$ نشان می‌دهند. مقدار این نیرو در شکل‌های زیر، با بررسی **تعادل بسته در راستای قائم**، به راحتی به‌دست می‌آید (*دقت کن تو هر سه تا شکل، بسته تو راستای قائم حرکت نمیکنه*):

شکل			
حالت	حالت عادی	فشار دادن بسته رو به پایین	کشیدن بسته روبه بالا
محاسبهٔ اندازهٔ F_N	$F_N = mg$	$F_N = mg + F_1$	$F_N = mg - F_1$

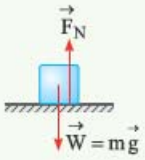
نکات مهم و کاربردی نیروی عمودی سطح



۱ نیروی عمودی تکیه‌گاه از طرف سطح به جسمی که روی آن قرار دارد، وارد می‌شود.

۲ واکنش نیروی عمودی سطح ($\vec{F}'_N$) به صورت عمودی و در خلاف جهت $\vec{F}_N$ و از طرف جسم بر سطح وارد می‌شود.

دقت کنید واکنش نیروی وزن ($\vec{W}'$) نیرویی است که از طرف جسم به مرکز کرهٔ زمین و در خلاف جهت $\vec{W}$ وارد می‌شود.

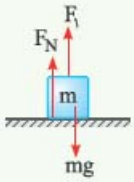


۳ برای محاسبهٔ F_N، با توجه به متوازن بودن نیروهای وارد بر جسم در راستای عمود بر سطح به دلیل ساکن بودن آن در این راستا، داریم:

$\vec{F}_{net} = 0 \Rightarrow \vec{F}_N + \vec{W} = 0 \Rightarrow \vec{F}_N = -\vec{W}$ (مقایسهٔ برداری) $\Rightarrow F_N = W$ (مقایسهٔ اندازهٔ نیروها)

۴ نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است. اگر جسمی سنگین را روی یک سطح اسفنجی یا یک تشک قرار دهیم تغییر شکل اسفنج یا تشک به خوبی دیده می‌شود. حتی یک زمین به ظاهر سفت و سخت نیز وقتی جسمی روی آن قرار می‌گیرد، تغییر شکل می‌دهد.

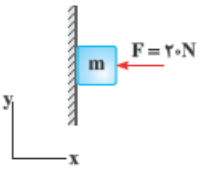
۵ تغییر شکل سطح تماس دو جسم مربوط به نیروهای بین مولکولی است.



۶ اگر مطابق شکل، نیروی F_1 در راستای قائم به جسم وارد شده و جسم در آستانهٔ بلند شدن از سطح زمین قرار گیرد، در این صورت، $F_N = 0$ شده و با توجه به تعادل نیروها در راستای y، $F_1 = mg$ است.

$$F_{net_y} = 0 \Rightarrow F_1 + \underset{\text{صفر}}{F_N} = mg \Rightarrow F_1 = mg$$

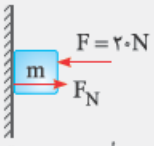
آلبرت میگه نیروی عمودی سطح فقط زمانی وجود داره که جسم با سطح در تماس باشه و همیشه هم برابر mg نیست. برای محاسبهٔ نیروی عمودی سطح برای جسم ساکن، فقط کافیه شرط تعادل ($F_{net} = 0$) رو برای نیروها تو راستای عمود بر سطح بنویسید. فقط حواستون باشه که اگه جسم تو راستای عمود بر سطح حرکت داشته باشه (مثل آسانسور)، اوضاع فرق میکنه که تو بخش سوم این فصل در موردش بحث می‌کنیم ...



مطابق شکل، با نیروی $F = 20N$ جعبه‌ای به جرم ۶kg را به دیوار قائمی تکیه داده و ثابت نگه داشته‌ایم.

الف) نیروی عمودی سطح چند نیوتون است؟

ب) واکنش نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه، در چه جهتی است؟



الف) در این تمرین، نیروی F_N در راستای افقی است (عمود بر سطح). با توجه به این موضوع با نوشتن تعادل نیروها در راستای افقی داریم:

تعادل افقی: $F_{net_x} = 0 \Rightarrow F_N - F = 0 \Rightarrow F_N = F = 20N$

ب) نیروی عمودی سطح از طرف سطح به جعبه و به سمت راست (در جهت محور x) وارد می‌شود، پس واکنش آن از طرف جعبه به سطح و به سمت چپ، یعنی در خلاف جهت محور x وارد می‌شود.

ایستگاه ۸

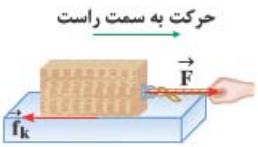
نیروی اصطکاک

همین اول کاری، آلبرت میگه همیشه تو زندگیتون سعی کنید اصطکاک‌هاتون رو کم کنید ولی تو امتحان نهایی، شیش دونگ حواستون به اصطکاک باشه، چون تأکید می‌کنیم همیشه ازش سؤال طرح میشه ...

همواره وقتی تلاش می‌کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت درآوریم، چه جسم حرکت کند و چه ساکن بماند، با مقاومتی روبه‌رو می‌شویم که به آن نیروی اصطکاک می‌گویند. به‌طور کلی نیروی اصطکاک را در دو وضعیت جنبشی و ایستایی مطابق نمودار درختی مقابل می‌توان بررسی کرد:

- انواع نیروی اصطکاک
  - ۱- نیروی اصطکاک جنبشی
  - ۲- نیروی اصطکاک ایستایی
    - الف) در حالت کلی
    - ب) در آستانهٔ لغزش

منظور از نیروی اصطکاک جنبشی چیست؟

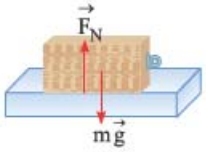


وقتی مطابق شکل، جسمی روی سطحی ثابت با ضریب اصطکاک جنبشی μ_k می‌لغزد، از طرف سطح بر جسم، نیروی اصطکاک جنبشی f_k وارد می‌شود که موازی با سطح و در خلاف جهت لغزش جسم است و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$f_k = \mu_k F_N$$

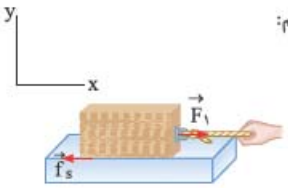
با توجه به رابطهٔ فوق، آزمایش‌ها نشان می‌دهد که اندازهٔ نیروی اصطکاک جنبشی، متناسب با اندازهٔ نیروی عمودی سطح است ($f_k \propto F_N$). ضریبی که این دو پارامتر را به هم مرتبط می‌سازد، همان μ_k یا ضریب اصطکاک جنبشی است.

نیروی اصطکاک در حالت ایستایی چگونه محاسبه می‌شود؟



جسمی مطابق شکل روی یک سطح افقی ساکن است. به این جسم نیروی وزن ($\vec{W}$) و نیروی عمودی سطح ($\vec{F_N}$) در راستای قائم وارد می‌شود. در تحلیل نیروی اصطکاک وارد بر این جسم، روند مرحله‌ای زیر را درنظر بگیرید:

۱ فرض کنید که در ابتدا، به جسم نیروی افقی و کوچک $\vec{F_1}$ را وارد می‌کنیم، اما جسم حرکت نمی‌کند. در این حالت نیرویی در خلاف جهت نیروی $\vec{F_1}$ بین جسم و سطح تماس آن به وجود آمده است که با حرکت جسم مخالفت می‌کند. این نیرو، اصطکاک ایستایی نامیده می‌شود (*فورمونیش اینه که به نیروی اصطکاک در حالت سکون یه جسم، نیروی اصطکاک ایستایی میگن*). به عنوان یک دستورالعمل کلی، برای محاسبهٔ نیروی اصطکاک ایستایی، کافیست به موازات سطح معادلهٔ تعادل را بنویسیم. به‌طور مثال در شکل زیر داریم:



$$F_{net_x} = ma \xrightarrow[a=0]{\text{جسم ساکن است}} F_1 - f_s = 0 \Rightarrow \boxed{\text{نیروی اصطکاک ایستایی}: f_s = F_1}$$

۲ در ادامه اگر اندازهٔ نیروی F_1 را افزایش داده و به F_2 برسانیم و جسم همچنان ساکن بماند، با استدلالی شبیه قبل نتیجه می‌گیریم که نیروی اصطکاک ایستایی نیز افزایش یافته و برابر F_2 شده است. بنابراین همان‌طور که مشاهده می‌کنید، با افزایش نیروی افقی در این حالت، نیروی اصطکاک ایستایی نیز افزایش می‌یابد.

۳ با افزایش نیروی F_2، به حالتی می‌رسیم که اندازهٔ نیرو برابر F_3 شده و جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد (*معنی فورمونیش اینه که اگه یه مقدار خیلی خیلی کوچیک F_3 رو زیاد کنیم، جسم حرکت می‌کنه*). به نیروی اصطکاک در این حالت، نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه می‌گوییم.

۴ بزرگی نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه را با $f_{s,max}$ نشان می‌دهیم. از یک طرف با کمک تعادل می‌توان گفت که $f_{s,max} = F_3$ است و از طرف دیگر، آزمایش نشان می‌دهد که بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی در یک سطح با ضریب اصطکاک ایستایی μ_s، با اندازهٔ نیروی عمودی سطح (F_N) متناسب است و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N$$

بچه‌ها آلبرت میگه با اعماق وجودم امیدوارم فهمیده باشید، ایستایی یعنی وایساده و وقتی جسم وایساده، بررسی تعادل، شاه‌کلید محاسبهٔ اصطکاکه، حتی تو لحظهٔ آستانهٔ حرکت ...

نکات مهم و کاربردی نیروی اصطکاک

۱ ضریب اصطکاک ایستایی (μ_s) و ضریب اصطکاک جنبشی (μ_k)، کمیت‌های بدون واحد هستند و به عواملی مانند جنس سطح تماس دو جسم، میزان صافی و زبری آن‌ها و ... بستگی دارند.

۲ در حالت کلی نیروی اصطکاک ایستایی بین جسم و یک سطح، همواره کوچک‌تر یا مساوی $f_{s,max}$ است. هنگامی که جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد، نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه می‌شود.

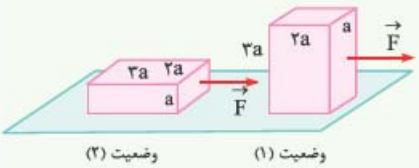
در حالت کلی: $f_s \le f_{s,max} \Rightarrow f_s \le \mu_s F_N \xrightarrow{\text{در آستانهٔ حرکت}} f_s = f_{s,max} = \mu_s F_N$

۳ معمولاً ضریب اصطکاک جنبشی میان دو سطح، کمتر از ضریب اصطکاک ایستایی میان آن دو سطح است (یعنی $\mu_k < \mu_s$). از طرفی این ضرایب می‌توانند بزرگ‌تر از یک نیز شوند.

آلبرت میگه طبق جدول کتاب درسیتون، وقتی یه جسم از جنس تفلون رو روی یه سطح از جنس تفلون میکشید، μ_s و μ_k هر دو برابر ۰/۰۴ هست و به همین دلیل میگیم معمولاً $\mu_s > \mu_k$ هست چون استثناهایی هم داره که $\mu_s = \mu_k$ میشه ...

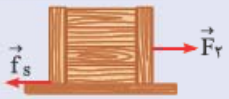
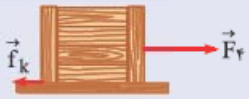
۴ نیروی اصطکاک بین دو جسم به علت ناهمواری‌های محل تماس دو جسم ایجاد می‌شود.
حتی سطوحی که بسیار هموار به‌نظر می‌آیند، ناهمواری‌های میکروسکوپی بسیاری دارند که سبب اصطکاک می‌شوند.

۵ در شکل مقابل، جسم از دو سطح متفاوت روی میز قرار گرفته و با کمک نیروی افقی $\vec{F}$ در حال حرکت است. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که اندازهٔ نیروی اصطکاک وارد شده به جسم در دو حالت تقریباً یکسان بوده و به کمک رابطهٔ $f_k = \mu_k F_N$ به دست می‌آید.
دقت شود که اولاً اندازهٔ نیروی F_N که برابر mg است، در هر دو وضعیت یکسان است و ثانیاً μ_k نیز به جنس سطوح و میزان صافی و زبری آنها بستگی دارد که برای هر دو وضعیت یکسان است.



این موضوع یعنی ضریب اصطکاک به‌طور محسوسی به مساحت سطوح تماس بستگی ندارد و اندازهٔ نیروی اصطکاک وارد شده به جسم در دو حالت یکسان است.

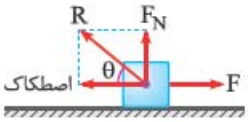
آلبرت عزیز تو جدول زیر با عشق بی‌نهایت، یه جمع‌بندی توپ براتون از بحث اصطکاک آورده، حسابی تمرکز داشته باشین روش، تهِ جمع‌بندیه ...

	حالت	وضعیت	اصطکاک
انواع حالت‌ها	۱) جسم ساکن بدون اعمال نیرو		$f_s = 0$
	۲) جسم ساکن با اعمال نیرو		$f_s = F_2$
	۳) جسم ساکن و در آستانهٔ حرکت		$\begin{cases} f_{s,max} = F_3 & (1) \\ f_{s,max} = \mu_s F_N & (2) \end{cases}$ $\xrightarrow{(1)=(2)} F_3 = \mu_s F_N$
	۴) جسم در حال حرکت		$f_k = \mu_k F_N$ محاسبهٔ شتاب : $F_4 - f_k = ma$

با توجه به جدول فوق، اگر $F > f_{s,max}$ باشد، بسته حرکت می‌کند و نیروی اصطکاک برابر $f_k = \mu_k F_N$ می‌شود. از طرفی اگر $F < f_{s,max}$ باشد، بسته حرکت نکرده و $f_s = F$ می‌شود (پس مقایسهٔ F با $f_{s,max}$ برای بررسی حرکت یه بستهٔ ساکن خیلی مهمه).

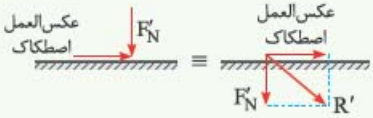
نیروی سطح چگونه محاسبه می‌شود؟

در حالت کلی نیرویی که از طرف سطح به بسته وارد می‌شود، نیروی سطح نام دارد و با R نمایش داده می‌شود. نیروی اصطکاک و نیروی عمودی سطح (F_N)، در واقع مؤلفه‌های نیروی R هستند و نیروی R که برایند این دو نیرو است، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



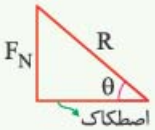
$$\Rightarrow \quad R = \sqrt{F_N^2 + (\text{اصطکاک})^2}$$

نکات مهم و کاربردی نیروی سطح



۱ در محاسبهٔ نیروی سطح (R)، نیروی اصطکاک می‌تواند از نوع ایستایی یا جنبشی باشد.

۲ نیرویی که از طرف بسته به سطح وارد می‌شود (R')، عملاً هم‌اندازه و در خلاف جهت R می‌باشد.



آلبرت میگه اگه خیلی خیلی بخوان فیتیله رو بالا بکشن که البته یه کم بعیده، ممکنه تو امتحان نهایی در مورد زاویهٔ θ هم سؤال مطرح کنن که شما هم خیلی راحت با یه کوچولو مثلثات جوابشون رو میدید...

$\tan\theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{F_N}{\text{اصطکاک}} \Rightarrow$ θ به‌دست می‌آید.

راه رفتن یک شخص، چگونه با کمک مفهوم اصطکاک توجیه می‌شود؟

در این جا می‌خواهیم به اهمیت اصطکاک در زندگی روزمره بپردازیم. هنگام راه رفتن شخص برروی زمین، پا زمین را به عقب هُل می‌دهد، این برهم‌کنش به علت اصطکاک بین پا و زمین اتفاق می‌افتد. طبق قانون سوم نیوتون، زمین نیز پا را به‌طرف جلو هُل می‌دهد که سبب حرکت و راه رفتن می‌شود. در حالت کلی اگر سطح زمین سُر و بدون اصطکاک باشد، نیروی اصطکاکی که پا به زمین وارد می‌کند و نیروی اصطکاکی که زمین به پا وارد می‌کند، بسیار ناچیز است و راه رفتن به‌سختی ممکن خواهد بود و حتی ممکن است نتوانیم راه برویم *(به همین خاطر، رو یخ لیز میفوریم)*.

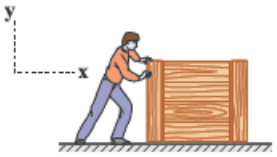
با توجه به توضیحات فوق، می‌توان به موارد بسیار مهم زیر در امتحانات نهایی اشاره کرد:

۱ نیروی اصطکاک **عمدتاً** به عنوان نیروی **اتلافی** شناخته می‌شود.

۲ در زندگی روزمره، اتفاقاتی مانند **نگه‌داشتن یک قلم در دست**، **نوشتن**، **راندن خودرو**، **قدم زدن**، **دویدن**، **ترمز کردن** و ... بدون اصطکاک ممکن نیست.

۳ بدون اصطکاک حتی ایستادن ناممکن است، زیرا کمترین جابه‌جایی اشخاص، سبب لغزیدن و افتادن آن‌ها می‌شود.

در شکل نشان داده شده، هنگامی‌که شخص با نیروی ۲۰۰N، جسم ۹۰ کیلوگرمی را هُل می‌دهد، جسم ساکن می‌ماند و هنگامی‌که با نیروی ۳۰۰N جسم را هُل می‌دهد، جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد: $(g \simeq 10\frac{N}{kg})$

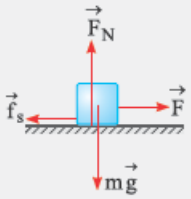


الف) در هر حالت نیروی اصطکاک بین جسم و سطح از چه نوعی بوده و نیروی وارد بر جسم از طرف سطح چقدر است؟

ب) در حالت دوم، بردار نیروی وارد بر سطح از طرف جسم را برحسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ به‌دست آورید.

پ) ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح چقدر است؟

الف) در هر دو حالت، جسم نسبت به سطح ساکن است و نیروی اصطکاک از نوع ایستایی بوده و در خلاف جهت نیروی $\vec{F}$ بر جسم وارد می‌شود و به سادگی با بررسی تعادل جسم در راستای افقی قابل محاسبه است.



اگر $F_1 = 200N$ باشد:

$F_1 - f_{s_1} = 0 \Rightarrow f_{s_1} = F_1 = 200N \Rightarrow R_1 = \sqrt{f_{s_1}^2 + F_N^2} = \sqrt{200^2 + 900^2} = 100\sqrt{85}\,N$

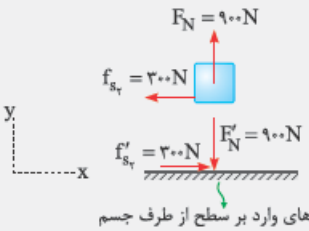
$\Rightarrow$ نیروی وارد بر جسم از طرف سطح: $R = 100\sqrt{85}\,N$

اگر $F_2 = 300N$ باشد:

$F_2 - f_{s_2} = 0 \Rightarrow f_{s_2} = F_2 = 300N \Rightarrow R_2 = \sqrt{300^2 + 900^2} = 300\sqrt{10}\,N$

$\Rightarrow$ نیروی وارد بر جسم از طرف سطح: $R = 300\sqrt{10}\,N$

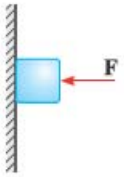
ب) دقت کنید در هر حالت R'، هم‌اندازهٔ R و در خلاف جهت آن است و R' در حالت دوم به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:



F'_N , f'_{s_2} برایند: $\vec{R}' = (+300N)\,\vec{i} + (-900N)\,\vec{j}$

پ) در حالت دوم، نیروی اصطکاک ایستایی برابر مقدار بیشینه بوده و با استفاده از رابطهٔ مربوط به نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه داریم:

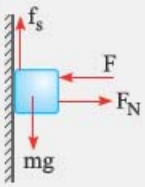
$f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg \Rightarrow 300 = \mu_s \times 90 \times 10 \Rightarrow \mu_s = \frac{1}{3}$



مطابق شکل روبه‌رو، جسمی را با نیروی عمودی $\vec{F}$ به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته‌ایم. توضیح دهید تأثیرافزایش نیروی $\vec{F}$ برهریک از کمیت‌های زیر چگونه است؟ (خرداد ۱۴۰۱ و ۱۴۰۴ تجربی و کتاب درسی)

الف) اندازهٔ نیروی عمودی سطح **ب) اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جسم**

پ) اندازهٔ نیروی سطح **ت) بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی**



الف) در شکل مقابل، با توجه به تعادل جسم در راستای افق، $F_N = F$ است، بنابراین با افزایش F، اندازهٔ نیروی عمودی سطح (F_N) نیزافزایش می‌یابد.

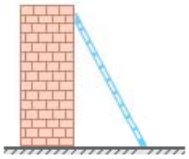
ب) با توجه به تعادل جسم در راستای قائم، نیروی اصطکاک ایستایی هم‌اندازهٔ وزن جسم است و با افزایش F، تغییری نخواهد کرد $(f_s = mg)$.

پ) نیروی سطح، برایند f_s و F_N است. چون F_N افزایش یافته و f_s ثابت مانده است، طبق رابطهٔ $R = \sqrt{f_s^2 + F_N^2}$، اندازهٔ نیروی سطح نیزافزایش می‌یابد.

ت) با افزایش F و در نتیجه افزایش F_N، مقدار بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی افزایش می‌یابد. دقت شود که فقط در یک لحظه $f_s = f_{s,max}$ می‌باشد و آن هنگامی است که بسته در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد *(غالبه که اصطکاک ایستایی ثابته ولی مقدار بیشینهٔ اصطکاک قابل تحمل بین جسم و سطح بیشتر میشه)*.

با افزایش F_N، $f_{s,max}$ افزایش می‌یابد. $\Rightarrow f_{s,max} = \mu_s F_N$

بچه‌ها آلبرت میگه رو بحث فشار دادن یه بسته به دیوار قائم که الان حل کردیم، خیلی خیلی خوب تمرکز کنید، چون احتمال طرحش تو امتحان نهایی خیلی زیاده و تمرین کتاب درسی هم هست ...



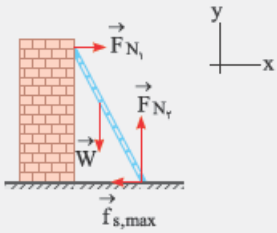
در شکل روبه‌رو نردبانی همگن به جرم ۲۰ kg به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان ۰/۵ است. در آستانهٔ سُرخوردن نردبان: (کتاب درسی و دی ۱۴۰۲ ریاضی)

الف) سطح زمین به نردبان چه نیرویی وارد می‌کند؟

ب) چه نیرویی از دیوار به نردبان وارد می‌شود؟ $(g \simeq 10 N/kg)$

الف) نخست نیروهای وارد بر نردبان را مطابق شکل رسم می‌کنیم که عبارت‌اند از:

نیروی عمودی سطح دیوار $(\vec{F}_{N_1})$، نیروی وزن $(\vec{W})$، نیروی عمودی سطح زمین $(\vec{F}_{N_2})$ و نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه بین زمین و نردبان $(f_{s,max})$.



در ادامه یک دستگاه مختصات انتخاب می‌کنیم، در آستانهٔ حرکت، نردبان همچنان در حال تعادل است و نیروی خالص وارد برآن در راستای قائم و افقی صفر می‌باشد.

$$F_{N_2} - W = 0 \Rightarrow F_{N_2} = W = mg = (20)(10) = 200\,N$$

$$f_{s,max} = \mu_s F_{N_2} = (0/5) \times (200) = 100\,N$$

در محل تماس نردبان با زمین از طرف سطح بر نردبان دو نیروی عمودی F_{N_2} و افقی $f_{s,max}$ وارد می‌شود. بنابراین برایند این دو نیرو که آن را با $\vec{R}$ نشان می‌دهیم، نیرویی است که سطح زمین بر نردبان وارد می‌کند:

$$\vec{R} = \vec{F}_{N_2} + \vec{f}_{s,max}$$

که بزرگی آن برابر است با:

$$R = \sqrt{F_{N_2}^2 + f_{s,max}^2} = \sqrt{(200)^2 + (100)^2} = 100\sqrt{5}\,N$$

ب) برایند نیروهای افقی وارد بر نردبان صفر است؛ پس:

$$F_{N_1} - f_{s,max} = 0 \Rightarrow F_{N_1} = f_{s,max} = 100\,N$$

در نبود نیروی اصطکاک بین نردبان و دیوار قائم، نیروی F_{N_1} همان نیروی وارد از دیوار به نردبان است.

بچه‌ها حواستون باشه آزمایش‌هایی که باهاش بشه مقادیر μ_s و μ_k رو برای سطح به دست اُورد و همچنین تناسب $f_{s,max}$ و F_N رو نشون داد، پای ثابت امتحان نهایی هستن....

در هر مورد آزمایش مناسب را پیشنهاد دهید: (خرداد ۱۴۰۱ ریاضی، خرداد ۹۸ تجربی و شهریور ۹۸ ریاضی)

الف) آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید ضریب اصطکاک ایستایی (μ_s) بین مکعب چوبی با وجوه یکنواخت و میز افقی را اندازه بگیرید.

ب) آزمایشی طراحی کنید که نشان دهید $f_{s,max}$ متناسب با F_N است.

پ) آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسمی مانند یک قطعه چوب در حال لغزش روی سطح را اندازه بگیرید و با استفاده از آن μ_k را به دست آورید.

الف) مانند شکل یک نیروسنج را به مکعب چوبی وصل می‌کنیم و سردیگر نیروسنج را به‌طور افقی می‌کشیم. در ادامه نیروی دست را به آرامی افزایش می‌دهیم تا جایی که مکعب چوبی در آستانهٔ لغزیدن قرار گیرد. در این حالت عددی که نیروسنج نشان می‌دهد، برابر $f_{s,max}$ است.

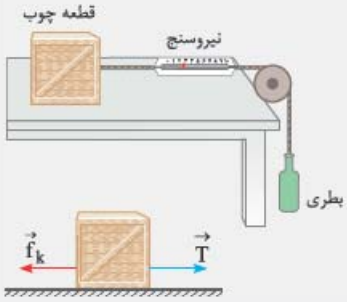
حال باید از رابطهٔ $f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg$ استفاده کنیم و با جای‌گذاری جرم مکعب، ضریب اصطکاک ایستایی را به دست آوریم.

برای افزایش دقت، می‌توان آزمایش را چندبار تکرار کرد.

ب) به کمک نیروسنج و چند مکعب چوبی، می‌توانیم این آزمایش را انجام دهیم.

برای این منظور ابتدا یک مکعب چوبی که وزن آن را اندازه‌گیری کردیم با نیروسنج به طور افقی آن‌قدر می‌کشیم تا جسم در آستانهٔ حرکت قرار گیرد؛ در این حالت عدد نیروسنج همان $f_{s,max}$ است. روی جسم (مکعب)، مکعب چوبی دیگری قرار می‌دهیم و آزمایش بالا را تکرار می‌کنیم. با انجام آزمایش با تعداد بیشتر قطعه‌های چوبی، متوجه می‌شویم با افزایش تعداد مکعب‌ها و در نتیجه افزایش F_N، $f_{s,max}$ نیز به همان نسبت افزایش پیدا می‌کند؛ یعنی $f_{s,max} \propto F_N$ است.

پ) با وسایل نشان داده‌شده در شکل مقابل، می‌توانیم این آزمایش را انجام دهیم. در بطری به آرامی آب می‌ریزیم و هم‌زمان روی میز ضربه می‌زنیم. این عمل را آن‌قدر ادامه می‌دهیم تا این‌که جسم به آرامی روی سطح حرکت کند و نیروسنج عدد ثابتی را نشان دهد. در این حالت حرکت جسم تقریباً با سرعت ثابت است و نیروی کشش نخ (عددی که نیروسنج نشان می‌دهد) و اصطکاک جنبشی حرکت هم‌اندازه هستند و می‌توانیم بنویسیم:



$T - f_k = ma = 0 \Rightarrow f_k = T =$ عدد نیروسنج

در نهایت با استفاده از رابطهٔ $f_k = \mu_k F_N = \mu_k mg$، ضریب اصطکاک جنبشی به‌دست می‌آید.

بچه‌ها همراه با آلبرت، تو آخر کار این ایستگاه بریم سراغ یه سؤال جالب از تمرینای کتاب درسی که همزمان ترکیب مفهوم نیروی اصطکاک و قانون سوم نیوتونه ...

خودرویی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی به سمت راست در حال حرکت است: (کتاب درسی)

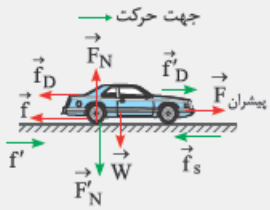
الف) با رسم شکل مناسب، نیروهای وارد بر خودرو را مشخص کنید.

ب) واکنش هریک از این نیروها به چه جسمی وارد می‌شود؟

الف) با توجه به شکل مقابل، نیروهای وارد بر خودرو عبارت‌اند از:

۱) نیروی پیشران ($F_{پیشران}$) ۲) نیروی مقاومت هوا (f_D)

۳) نیروی اصطکاک بین لاستیک‌ها و زمین (f) ۴) نیروی وزن (W) ۵) نیروی عمودی سطح (F_N)



ب) سازوکار حرکت خودرو به این صورت است که به علت نیروی موتور، چرخ‌ها نیرویی رو به عقب به سطح زیر خودرو وارد می‌کنند و عکس‌العمل این نیرو از طرف سطح، چرخ‌ها را به جلو هل می‌دهد که به آن نیروی **پیشران** می‌گویند.

بنابراین نیروی پیشران از طرف سطح به خودرو وارد می‌شود، پس **عکس‌العمل آن** (f_s) از خودرو به **سطح زیر آن** وارد می‌شود *(مثلاً تو ماشینای دیفرانسیل جلو، نیروی پیشران از طریق چرخ‌های جلو ایجاد میشه).*

نیروی مقاومت هوا از طرف مولکول‌های هوا به خودرو در خلاف جهت حرکت وارد می‌شود، پس **عکس‌العمل** آن ($\vec{f}'_D$) از طرف خودرو **به مولکول‌های هوا** در جهت حرکت وارد می‌شود.

نیروی اصطکاک از طرف سطح زیر خودرو در خلاف جهت حرکت به آن وارد می‌شود، پس **عکس‌العمل** آن ($\vec{f}'$) از طرف خودرو به **سطح زیر آن** در جهت حرکت وارد می‌شود *(این نوع اصطکاک عمدتاً در هنگام ترمز کردن پررنگ میشه و در ۴ تا چرخ وجود داره و توش لنت‌ها خیلی نقش دارن).*

نیروی وزن از طرف مرکز کرهٔ زمین بر خودرو وارد می‌شود، پس **عکس‌العمل** آن (W') از طرف خودرو به **مرکز زمین** وارد می‌شود.

نیروی عمودی سطح از طرف سطح زیر خودرو به آن وارد می‌شود، پس **عکس‌العمل** آن ($\vec{F}'_N$) از طرف خودرو **به سطح** زیر آن وارد می‌شود.

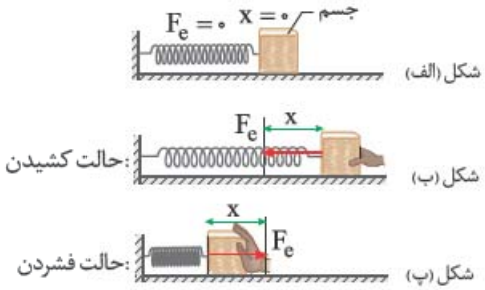
ایستگاه ۹

نیروی کشسانی فنر و نیروی کشش نخ

همون از دوران بچگی فنر رو تو وسایل اسباب‌بازی دیدیم و نوع عملکردشون خیلی بهمون حال میداده. حالا بریم و ببینیم تو امتحان نهایی عملکردش چه‌جوریه و چه سؤالایی ازش طرح میشه ...

نیروی کشسانی فنر چگونه محاسبه می‌شود؟

شکل (الف) فنری را با طول عادی نشان می‌دهد که در آن، فنر نه فشرده و نه کشیده شده است. اگر فنر را به اندازهٔ x بکشیم (شکل ب) یا فشرده کنیم (شکل پ) (x در واقع همون تغییر طول فنر یا $|L - L_0|$ هست)، مطابق قانون هوک، فنر نیرویی به طرف نقطهٔ تعادل به جسم وارد می‌کند که برابر است با:



$$F_e = kx$$

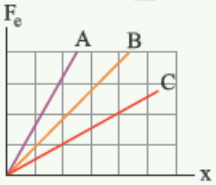
پارامترهای جدید

- F_e : نیروی کشسانی فنر (N)
- k : ثابت فنر $(\frac{N}{m})$
- x : اندازهٔ تغییر طول فنر (m)

نکات مهم و کاربردی نیروی کشسانی فنر

۱ ثابت فنر از مشخصات فنر است و به اندازه، شکل و ساختار ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده، بستگی دارد و یکای آن در SI برابر $\frac{N}{m}$ است.

۲ نمودار نیروی کشسانی فنر (F_e) برحسب تغییر طول آن (x)، به صورت خطی با شیب k و عرض از مبدأ صفر است.

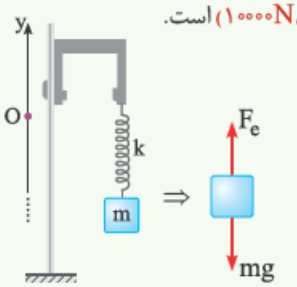


$$\text{شیب نمودار} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{F_e}{x} = k$$

۳ در شکل نشان داده‌شده نمودار نیروی کشسانی فنر برحسب تغییر طول آن برای سه فنر با kهای متفاوت رسم شده است. هر چه ثابت فنر بیشتر باشد، شیب نمودار $F_e - x$ بیشتر و فنر سخت‌تر است، بنابراین در این نمودار، فنر A سخت‌ترین فنر و فنر C نرم‌ترین فنر می‌باشد $(k_A > k_B > k_C)$.

۴ برای یک فنر انعطاف‌پذیر، k عددی کوچک (حدود ۱۰۰N/m) و برای یک فنر سفت، k عددی بزرگ (حدود ۱۰۰۰۰N/m) است.

۵ فرض کنید که در شکل مقابل، بسته‌ای با جرم m را به فنر سبکی با طول اولیهٔ L_0 متصل کرده و بسته را به آرامی پایین می‌آوریم تا به تعادل برسد. در این حالت میزان تغییر طول فنر برابر است با:

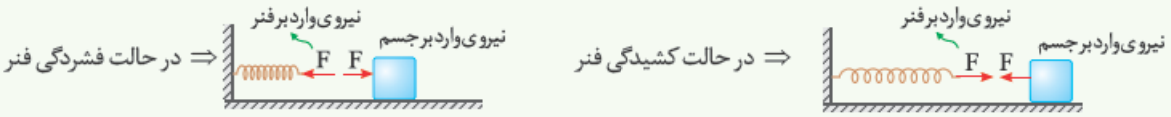


$$F_{net_y} = 0 \Rightarrow F_e - mg = 0 \Rightarrow F_e = mg \Rightarrow kx = mg \Rightarrow \boxed{x = \frac{mg}{k}}$$ (میزان تغییر طول فنر)

دقت شود که اگر طول ثانویهٔ فنر پس از رسیدن به تعادل خواسته شود، این موضوع به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Rightarrow L - L_0 = x \Rightarrow L = L_0 + x = L_0 + \frac{mg}{k}$$

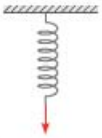
۶ نیروی کشسانی که فنر به جسم وارد می‌کند، همواره به گونه‌ای است که جسم را به نقطهٔ تعادل بازگرداند، مثلاً برای فنرهای افقی زیر نیروی کشسانی که فنر به جسم وارد می‌کند، در حالت کشیدگی فنر به سمت چپ و در حالت فشردگی آن به سمت راست است.



آلبرت میگه بعضی وقتا تو امتحان نهایی، یکای k رو برحسب نیوتون بر سانتی‌متر ازتون می‌پرسن (یا بهتون میدن)، خوبه که به یاد فیزیک دهم، یه تبدیل واحد کوچیک تو ذهنتون انجام بدین ...

$$1\frac{N}{m}=1\frac{N}{\cancel{m}}\times\frac{1\cancel{m}}{100cm}=10^{-2}\frac{N}{cm}\Rightarrow \boxed{\frac{N}{cm}\xrightarrow{\times 100}\frac{N}{m}\ ,\ \frac{N}{m}\xrightarrow{\div 100}\frac{N}{cm}}$$

به عنوان یک تکنیک مهم در رابطهٔ $F=kx$، اگر k را برحسب $\frac{N}{cm}$ و x را برحسب cm جای‌گذاری کنید، حاصل (F) برحسب یکای SI (نیوتون)، به‌دست می‌آید.



مطابق شکل فنر سبکی از سقف آویزان است. اگر فنر را بکشیم تا طول آن 12cm شود، نیروی کشسانی فنر 2N می‌شود و اگر فنر را فشرده کنیم تا طول آن 7cm شود، نیروی کشسانی فنر 3N می‌شود. (دی ۱۴۰۱ تجربی)

الف) ثابت فنر چند نیوتون بر سانتی‌متر است؟ ب) طول عادی فنر چند سانتی‌متر است؟

الف) فرض می‌کنیم طول عادی فنر برابر L_0 و ثابت آن برابر k باشد. در ادامه با توجه به تغییر طول فنر در هر یک از حالت‌ها می‌توان نوشت:

کشیدن فنر: $F_1=k|x_1|\Rightarrow 2=k(0/12-L_0)$ (۱)

فشردن فنر: $F_2=k|x_2|\Rightarrow 3=k(L_0-0/07)$ (۲)

با جمع کردن طرفین رابطه‌های (۱) و (۲) داریم:

$$2+3=0/12k-kL_0+kL_0-0/07k\Rightarrow 5=0/05k\Rightarrow k=100\frac{N}{m}=1\frac{N}{cm}$$

ب) با جای‌گذاری k در رابطهٔ (۱) داریم:

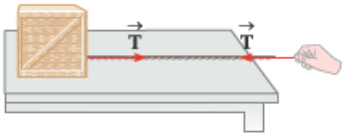
$$2=100(0/12-L_0)\Rightarrow L_0=0/1m=10cm$$

با طراحی یک آزمایش، ثابت یک فنر (k) را به‌دست آورید.

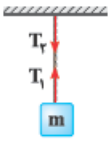
برای تعیین k، وزنه‌ای را انتخاب کرده و جرم آن را با کمک ترازو تعیین می‌کنیم. در ادامه فنر را آویزان کرده و وزنه را به انتهای فنر وصل می‌کنیم و به کمک خط‌کش، طول فنر را قبل از اتصال و بعد از اتصال می‌خوانیم؛ در این صورت با رابطهٔ $mg=kx\Rightarrow k=\frac{mg}{x}$، ثابت فنر، یعنی k را تعیین می‌کنیم.

می‌توانیم آزمایش را با جرم‌های مختلف تکرار کنیم و از اعداد به‌دست آمده میانگین بگیریم تا k دقیق‌تر به‌دست آید.

نیروی کشش طناب چگونه به وجود می‌آید؟



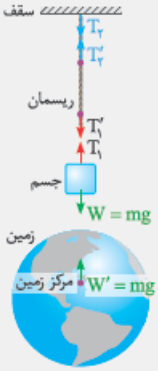
وقتی طناب متصل به جسمی را مانند شکل مقابل می‌کشیم، طناب جسم را با نیرویی می‌کشد که جهت آن از جسم به سمت بیرون و در راستای طناب است. چون در این حالت طناب تحت کشش قرار دارد، به این نیرو، **نیروی کشش طناب** گفته می‌شود و آن را با $\vec{T}$ نشان می‌دهند.



با توجه به شکل مقابل که در آن نیروهای T_1 و T_2 به ترتیب به جسم و سقف وارد شده‌اند:

الف) اندازهٔ نیروهای T_1 و T_2 را با وزن بسته مقایسه کنید.

ب) واکنش هریک از نیروهای T_1 و T_2 به کجا وارد می‌شود؟



برای شروع حل، در ذهن خود ریسمان را در حال کشیده شدن تصور کنید. شکل مقابل نیروهای وارد بر ریسمان، سقف و وزنه را در این موقعیت نشان می‌دهد، با توجه به این شکل می‌توان گفت:

الف) با توجه به تعادل ریسمان و جسم، $T_1=T_2=mg$ می‌باشد.

ب) T'_2 واکنش T_2 است. T_2 در واقع نیرویی است که ریسمان به سقف وارد می‌کند و T'_2 در واقع نیرویی است که سقف به ریسمان وارد می‌کند. واکنش T_1، نیروی T'_1 است که به ریسمان اعمال می‌گردد. در واقع T_1 نیرویی است که ریسمان به وزنه وارد می‌کند و T'_1 نیرویی است که وزنه به ریسمان وارد می‌کند.

برای این‌که موضوع براتون به طور کامل جا بیفته؛ آلبرت پیشنهاد کرد که سؤالای ترکیبی فنر و کشش طناب با قانون دوم نیوتون رو، تو بخش سوم این فصل به شکل کاملاً حرفه‌ای برای امتحان نهایی بررسی کنیم. ما هم حسابی با این پیشنهاد موافقیم و همین رویکرد رو تو کتاب پیاده کردیم ...

● مرور کلی بر بخش دوم

هریک از موارد زیر را تعریف کنید.

۳۹۰ ☆ وزن جسم در زمین

۳۹۱ ☆ نیروی مقاومت شاره — خرداد ۹۹ تجربی و دی ۱۴۰۰ تجربی خارج کشور

۳۹۲ نیروی عمودی سطح

۳۹۳ نیروی اصطکاک

۳۹۴ ☆ تندی حدی — خرداد ۹۹ تجربی

جاهای خالی را در جمله‌های زیر با کلمه‌های مناسب پُر کنید.

۳۹۵ اگر جسمی را در نزدیکی سطح زمین رها کنیم، نیروی ..... سبب می‌شود تا جسم به طرف زمین شتاب پیدا کند. — شهریور ۱۴۰۰ تجربی خارج کشور

۳۹۶ ☆ در نزدیک شدن یک جسم به سطح زمین، جهت وزن و ..... ، همواره به طرف ..... است.

۳۹۷ جرم یک جسم در سطح ماه و مریخ ..... است. — شهریور ۱۴۰۳ ریاضی

۳۹۸ اگر جسم با تندی حدی در نزدیکی سطح زمین در حال سقوط باشد، نیروی وزن $(\vec{W})$ بر آن وارد ..... .

۳۹۹ ☆ واکنش نیروی وزن جسم، به ..... وارد می‌شود. — شهریور ۹۶ ریاضی

۴۰۰ ☆ نیروی مقاومت یک شاره مانند هوا، به ..... و تندی آن بستگی دارد. — دی ۹۷ ریاضی، دی ۹۹ ریاضی، خرداد ۹۹ تجربی خارج کشور و خرداد ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور

۴۰۱ ☆ هرچه تندی حرکت یک جسم درون شاره ..... باشد، اندازه نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد. — خرداد ۱۴۰۰ ریاضی

۴۰۲ نیروی عمودی سطح ناشی از ..... است. منشأ این موضوع مربوط به ..... است. — دی ۱۴۰۲ تجربی

۴۰۳ ☆ نیروی اصطکاک ..... متناسب با نیروی عمود بر سطح است. — خرداد ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور

۴۰۴ نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بین دو جسم، بستگی ..... . — خرداد ۱۴۰۰ ریاضی

۴۰۵ معمولاً ضریب اصطکاک جنبشی میان دو سطح، از ضریب اصطکاک ایستایی میان آن دو سطح ..... است. — خرداد ۱۴۰۰ ریاضی و دی ۱۴۰۰ تجربی

۴۰۶ ☆ هرچه فنر را بیشتر فشرده کنیم، در محدوده معینی از تغییر طول فنر، نیروی کشسانی فنر ..... می‌شود. — دی ۹۸ تجربی و شهریور ۱۴۰۰ تجربی خارج کشور

۴۰۷ نیروی کشسانی فنر با اندازه تغییر طول آن، نسبت ..... دارد. — دی ۹۹ ریاضی

۴۰۸ برای یک فنر ..... ، k عددی کوچک حدود $100\frac{N}{m}$ و برای یک فنر ..... ، k عددی بزرگ حدود $10000\frac{N}{m}$ است. — شبه‌نهایی

درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید.

۴۰۹ ☆ وزن یک جسم برخلاف جرم آن، در سطح سیاره‌های مختلف یکسان است. — دی ۱۴۰۲ ریاضی و خرداد ۱۴۰۱ ریاضی

۴۱۰ نیروی مقاومت یک شاره مانند هوا، به بزرگی جسم بستگی ندارد. — خرداد ۱۴۰۱ ریاضی

۴۱۱ ☆ هرچه تندی جسم درون یک شاره بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره کمتر خواهد شد. — خرداد ۱۴۰۴ ریاضی، شهریور ۱۴۰۳ ریاضی و دی ۹۷ تجربی

۴۱۲ نیروی مقاومت یک شاره مانند هوا، به اندازه و تندی حرکت جسم بستگی دارد. — خرداد ۹۸ ریاضی و دی ۱۴۰۰ ریاضی

۴۱۳ در حرکت کشتی برروی سطح آب، نیروی مقاومت شاره با نیروی شناوری یکسان است.

۴۱۴ تندی حدی برای قطرات باران حدود $7/0\,m/s$ است.

۴۱۵ ☆ وقتی جسمی درون شاره‌ای حرکت می‌کند، نیروی مقاومت شاره در جهت حرکت به جسم وارد می‌شود. — خرداد ۱۴۰۰ تجربی

۴۱۶ ☆ در سقوط یک چترباز از ارتفاع بلند، نیروی مقاومت هوا همواره کمتر از نیروی وزن چترباز است.

۴۱۷ ☆ نیروی عمودی سطح، واکنش نیروی وزن است. — خرداد ۱۴۰۴ ریاضی

۴۱۸ ☆ نگه‌داشتن یک قلم در دست، بدون نیروی اصطکاک ممکن نیست. — شهریور ۱۴۰۱ ریاضی

۴۱۹ آزمایش نشان می‌دهد که پیشینه نیروی اصطکاک ایستایی، با اندازهٔ نیروی عمودی سطح متناسب است. — شهریور ۹۹ تجربی

۴۲۰ ضریب اصطکاک ایستایی با اندازه نیروی عمودی سطح متناسب است. — خرداد ۱۴۰۰ تجربی

۴۲۱ ☆ ضریب اصطکاک ایستایی معمولاً از ضریب اصطکاک جنبشی کوچک‌تر است. — دی ۹۹ تجربی

۴۲۲ اندازه نیروی کشسانی فنر با اندازهٔ تغییر طول آن، نسبت وارون دارد. — دی ۱۴۰۰ ریاضی

۴۲۳ ثابت فنر به شکل آن بستگی ندارد. — شهریور ۱۴۰۱ ریاضی

۴۲۴ ☆ هرچه ثابت فنر کمتر باشد، فنر سخت‌تر است. — خرداد ۱۴۰۱ ریاضی

۴۲۵ ☆ شیب خط نمودار نیروی کشسانی فنر بر حسب تغییر طول فنر، برابر ثابت فنر است. — خرداد ۱۴۰۰ تجربی

۴۲۶ در نمودار نیروی کشسانی برحسب اندازه تغییر طول، هرچه ثابت فنر کمتر باشد، شیب نمودار بیشتر است. — خرداد ۱۴۰۳ تجربی، دی ۱۴۰۱ ریاضی و دی ۱۴۰۲ تجربی

در هریک از گزاره‌های زیر، واژه مناسب را انتخاب کنید.

۴۲۷ ☆ نیروی وزن اجسام در مکان‌های مختلف (ثابت است – فرق می‌کند). خرداد ۱۴۰۳ ریاضی و دی ۹۸ ریاضی

۴۲۸ نیروی وزن یک جسم، به مکانی که جسم در آن قرار دارد، وابسته (است – نیست). شهریور ۱۴۰۰ ریاضی

۴۲۹ نیروی وزن در حضور مقاومت شاره (کاهش می‌یابد – ثابت می‌ماند).

۴۳۰ نیروی مقاومت یک شاره، به تندی حرکت جسم درون آن بستگی (دارد – ندارد). خرداد ۹۸ ریاضی خارج کشور، شهریور ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور و دی ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور

۴۳۱ ☆ هرچه تندی یک جسم درون یک شاره کم‌تر باشد، نیروی مقاومت شاره (بیشتر – کم‌تر) خواهد شد. مرداد ۹۸ ریاضی و خرداد ۱۴۰۴ تجربی

۴۳۲ ☆ این نیرو ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است. (نیروی وزن – نیروی عمودی سطح) خرداد ۱۴۰۱ تجربی خارج کشور

۴۳۳ هنگام حرکت جسم در راستای قائم به طرف بالا، جهت نیروی مقاومت هوا به طرف (بالا – پایین) است. خرداد ۱۴۰۱ تجربی

۴۳۴ ☆ در حرکت چترباز با تندی حدی رو به پایین، اندازهٔ نیروی وزن (برابر با – بزرگ‌تر از) اندازهٔ نیروی مقاومت هوا است. خرداد ۱۴۰۱ تجربی خارج کشور

۴۳۵ نیروی مقاومت یک شاره مانند هوا، به (تندی – شتاب) حرکت جسم درون آن بستگی دارد. خرداد ۱۴۰۱ ریاضی خارج کشور

۴۳۶ ☆ وقتی دو جسم در هوا از یک نقطه بالاتر از سطح زمین، با سرعت‌های برابر در راستای قائم، یکی رو به بالا و دیگری رو به پایین پرتاب شوند، شتاب آن‌ها در لحظهٔ پرتاب با هم برابر (است – نیست). شبه نهایی

۴۳۷ نیروی اصطکاک جنبشی متناسب با (مساحت سطح تماس – نیروی عمودی سطح) است.

۴۳۸ ☆ ضریب اصطکاک جنبشی میان دو سطح (معمولاً – همواره)، از ضریب اصطکاک ایستایی میان آن‌ها (کمتر – بیشتر) است. شهریور ۱۴۰۰ ریاضی خارج کشور

۴۳۹ طناب جسم را با نیرویی می‌کشد که جهت آن از جسم به سمت (بیرون – داخل) است. مرداد ۹۸ تجربی

۴۴۰ هرچه اندازهٔ تغییر طول یک فنر بیشتر شود، در محدوده معینی از تغییر طول فنر، اندازهٔ نیروی کشسانی فنر (کمتر – بیشتر) می‌شود. خرداد ۱۴۰۱ تجربی خارج کشور

۴۴۱ ☆ به ازای یک نیروی معین، هرچه ثابت فنر بزرگ‌تر باشد، تغییر طول آن (بیشتر – کم‌تر) است. خرداد ۱۴۰۴ تجربی

● بررسی بیشتر نیروی وزن

۴۴۲ کدام‌یک از نیروهای زیر، نیروی گرانشی است که از طرف زمین به جسم وارد می‌شود؟ دی ۱۴۰۰ تجربی

۱) نیروی مقاومت شاره ۲) نیروی کشش طناب ۳) نیروی وزن

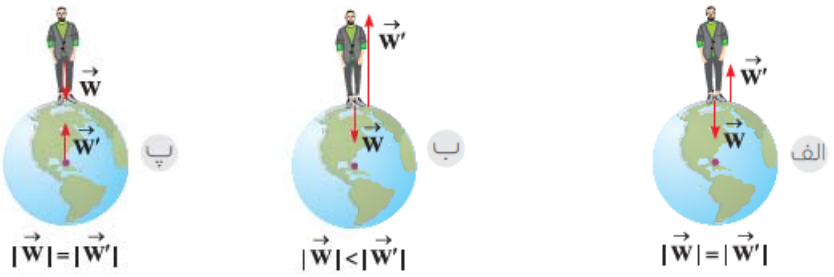
۴۴۳ ☆ سه تفاوت مهم جرم و وزن جسم چیست؟ شهریور ۹۳ ریاضی

۴۴۴ ☆ به موارد زیر پاسخ دهید: کتاب درسی

الف) وزن قطعه‌ای طلا به جرم ۱۰۰ گرم را روی سطح زمین به‌دست آورید.

ب) وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به‌دست آورید و با هم مقایسه کنید. $(g_{\text{مریخ}} = ۳/۷ N/kg , g_{\text{ماه}} = ۱/۶ N/kg , g_{\text{زمین}} = ۹/۸ N/kg)$

۴۴۵ فرض کنید شخصی به وزن W روی سطح کرهٔ زمین ایستاده است. با ذکر دلیل مشخص کنید که در کدام‌یک از موارد زیر، نیروی وزن واردشده به شخص و عکس‌العمل آن درست رسم شده است؟ کتاب درسی



● بررسی بیشتر مقاومت شاره

۴۴۶ ☆ با توجه به کلمات داخل کادر زیر، جاهای خالی را پر کنید. شبه نهایی، خرداد ۱۴۰۰ تجربی خارج کشور

شمال غرب – پایین – جنوب شرق – بالا – همواره کاهش – همواره افزایش

الف) یک کشتی اقیانوس‌پیما برروی سطح آب اقیانوس، به سمت شمال غرب در حال حرکت است. جهت نیروی مقاومت شارهٔ وارد بر کشتی ..... و جهت نیروی شناوری وارد بر آن رو به ..... است.

ب) یک هواپیمای مسافربری از ابتدای باند فرودگاه از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و در انتهای باند اوج می‌گیرد. اندازهٔ نیروی مقاومت هوای وارد شده به هواپیما از ابتدا تا انتهای باند ..... می‌یابد.

پاسخ تشریحی تمرین‌های فصل دوم

۳۰۲ اجسام میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی‌که نیروی خالص وارد بر آن‌ها صفر است، حفظ کنند، این خاصیت لَختی نام دارد.

۳۰۳ یکای SI نیرو، نیوتون است. یک نیوتون برابر با مقدار نیروی خالصی است که به جسمی به جرم یک کیلوگرم، شتابی برابر یک متر بر مربع ثانیه می‌دهد.

۳۰۴ هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم‌اندازه و هم‌راستا اما در خلاف جهت وارد می‌کند.

۳۰۵ گاهی برای سادگی فرض می‌شود که همهٔ جرم یک جسم در یک نقطه به نام مرکز جرم جسم متمرکز شده است و به‌جای آنکه نیرو به قسمت‌های مختلف جسم وارد شود به این نقطه وارد می‌شود.

۳۰۶ اگر به جسمی به‌طور هم‌زمان چند نیرو اثر کند و این نیروها اثر یکدیگر را خنثی کنند، برایند نیروهای وارد بر جسم صفر می‌شود و می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند.

۳۰۷ شکل
۳۰۸ پاره‌خط جهت‌دار
۳۰۹ متوازن
۳۱۰ سرعت ثابت
۳۱۱ شتاب ثابت
۳۱۲ نیستند
۳۱۳ برداری یا فرعی - $kg.\frac{m}{s^2}$
۳۱۴ معکوس
۳۱۵ بیشتر - بیشتر
۳۱۶ بزرگ‌تر
۳۱۷ اول - دوم

۳۱۸ دو - اندازه یا راستا یا نوع - متفاوتی

۳۱۹ اندازه یا راستا یا نوع - اندازه یا راستا یا نوع - در خلاف هم

۳۲۰ سوم
۳۲۱ برابر

۳۲۲ درست
۳۲۳ درست
۳۲۴ درست

۳۲۵ نادرست - کنش و واکنش در خلاف جهت هم هستند.

۳۲۶ درست
۳۲۷ درست

۳۲۸ نادرست - هم‌نوع هستند و ممکن است اثرات متفاوتی ایجاد کنند.

۳۲۹ درست
۳۳۰ درست

۳۳۱ نادرست - چون به دو جسم وارد می‌شوند، برایند ندارند.

۳۳۲ درست
۳۳۳ نادرست

۳۳۴ نادرست - بردار نیروی برایند وارد بر جسم با بردار شتاب (تغییرات سرعت) در یک جهت است.

۳۳۵ درست
۳۳۶ درست

۳۳۷ نادرست - با اینکه تندی جسم در این حرکت ثابت است، به دلیل تغییر جهت بردار سرعت در مسیر منحنی، حرکت ذره شتاب‌دار است.

۳۳۸ درست

۳۳۹ نیرو
۳۴۰ نیروی خالص وارد بر
۳۴۱ صفر
۳۴۲ مستقیم
۳۴۳ حفظ کنند
۳۴۴ ندارد
۳۴۵ وارون
۳۴۶ سرعت - جهت
۳۴۷ هستند
۳۴۸ لازم نیست
۳۴۹ متفاوتی
۳۵۰ سوم
۳۵۱ برابر
۳۵۲ دو
۳۵۳ نمی‌کنند

۳۵۴ الف) قانون اول نیوتون
ب) قانون سوم نیوتون
پ) قانون دوم نیوتون
ت) قانون اول نیوتون

۳۵۵ اثر نیرو بر یک جسم به شکل‌های مختلف مانند شروع به حرکت کردن، توقف، کم و زیاد شدن اندازهٔ سرعت (تندی)، تغییر جهت سرعت و تغییر شکل آن جسم، خود را نشان می‌دهد.

۳۵۶ طبق قانون اول نیوتون، در صورتی‌که نیروی خارجی خالصی به یک جسم وارد نشود، جسم حالت اولیهٔ خود را حفظ می‌کند. یعنی اگر ساکن است، ساکن می‌ماند و اگر در حال حرکت با سرعت ثابت است، با همان سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. بنابراین جسم (۱) ساکن می‌ماند و جسم (۲) با همان سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

۳۵۷ نیروهای وارد بر جسم نشان داده شده، یکدیگر را خنثی می‌کنند، پس نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند. از طرفی در صورتی‌که برایند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد (حالت متوازن)، با توجه به قانون اول نیوتون برای جسم دو حالت زیر رخ می‌دهد:

حالت ۱: اگر جسم در حال حرکت با سرعت ثابت باشد، با همان سرعت ثابت (یعنی اندازه و جهت بردار سرعت هر دو ثابت می‌ماند) به حرکتش ادامه می‌دهد.

حالت ۲: اگر جسم ساکن باشد، ساکن و متعادل باقی می‌ماند.

با توجه به این توضیحات:

الف) درست ب) نادرست پ) نادرست

۳۵۸ الف) نادرست - با توجه به این‌که سرعت، کمیتی برداری (دارای اندازه و جهت) است و مطابق شکل جهت حرکت در طول مسیر تغییر کرده است، می‌توان نتیجه گرفت که سرعت جسم در طول مسیر ثابت نیست.

ب) نادرست - مطابق درسنامه، چون جهت حرکت تغییر می‌کند، حرکت شتابدار بوده و طبق قانون دوم نیوتون $(\vec{F}_{net} = m\vec{a})$ برایند نیروها صفر نیست، پس نیروهای وارد بر جسم متوازن نیستند.

پ) نادرست - قانون اول نیوتون برای زمانی است که نیروهای وارد بر جسم متوازن باشند، اما در این سؤال نیروهای وارد بر جسم متوازن نیستند.

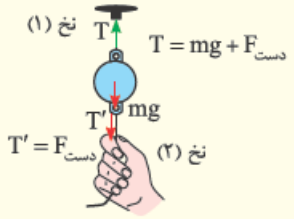
۳۵۹ الف) با توجه به این‌که در این مسئله از نیروی مقاومت هوا و اصطکاک صرف‌نظر شده است. نیروی خالص وارد شده به گلوله بر روی سطح افقی صفر است و گلوله با همان سرعتی که حرکت خود را روی سطح افقی شروع می‌کند، به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه می‌دهد.

ب) طبق قانون اول نیوتون هرگاه بر جسم در حال حرکت با سرعت ثابت نیرویی وارد نشود و یا برایند نیروهای وارد بر آن صفر باشد، جسم با همان سرعت در مسیر مستقیم به حرکت خود ادامه می‌دهد.

۳۶۰ ۱) با توجه به قانون اول نیوتون (لختی)، در حالت اول، شخص تمایل دارد که وضعیت سکون خود را حفظ کند، بنابراین شخص به طرف عقب به صندلی خود فشرده می‌شود.

۲) هنگامی‌که اتومبیل ناگهان ترمز می‌کند، شخص تمایل دارد که با همان سرعتِ قبل از ترمز هم‌جهت با اتومبیل، رو به جلو به حرکت خود ادامه دهد که باعث می‌شود به جلو پرتاب شود و این حالت خطرناک بوده و کمربند ایمنی عملاً مانع از حرکت رو به جلوی شخص در این حالت می‌شود.

۳۶۱ الف) نخ (۲) - کشش نخ در بالای گوی هم‌اندازه با مجموع وزن گوی و نیرویی است که دست وارد می‌کند؛ اما کشش نخ در پایین گوی هم‌اندازه با نیرویی است که دست وارد می‌کند. پس در حالت معمولی کشش در بالای گوی بیشتر از پایین گوی است. حال فرض کنید ناگهان نخ را با نیروی زیادی بکشیم، قبل از آنکه تأثیر نیروی دست به علت لختی گوی به نخ بالای گوی برسد، قسمت پایین نخ این کشش را پیدا می‌کند و اگر این نیرو بیشتر از حدی باشد که نخ می‌تواند تحمل کند، نخ از پایین پاره می‌شود. بنابراین نقش لختی گوی را در این مثال می‌توان ملاحظه کرد.



ب) اگر به آرامی نیرو را افزایش دهیم، چون نیروی کشش نخ بالایی بیشتر است، در نتیجه ابتدا نخ (۱) پاره می‌شود.

۳۶۲ در این آزمایش، در واقع سکه تمایل به حفظ وضعیت سکونش را داشته و همراه مقوا حرکت نمی‌کند و به داخل لیوان می‌افتد. این آزمایش در واقع بیانی از مفهوم لختی در یک جسم است.

۳۶۳ در توقف ناگهانی خودرو، سرنشینان به‌دلیل خاصیت لختی تمایل دارند به حرکت با سرعت ثابت ادامه دهند، پس به سمت جلو پرتاب می‌شوند.

۳۶۴ الف) خیر - چون کشتی فضایی در خلأ حرکت می‌کند و هیچ نیروی خالصی به آن وارد نمی‌شود، کشتی به حرکتش با سرعت ثابت (سرعت لحظهٔ خاموش شدن موتور) ادامه می‌دهد (قانون اول نیوتون).

ب) در این حالت با توجه به قانون اول نیوتون، مسیر حرکت کشتی فضایی به‌صورت مسیر مستقیم بوده و حرکت با سرعت ثابت ادامه می‌یابد.

۳۶۵ با توجه به قانون لختی، اگر کاغذ را به سرعت بکشیم، بطری‌ها حالت اولیهٔ خود را حفظ کرده و روی هم باقی می‌مانند.

۳۶۶ به آرامی؛ در غیر این صورت چون اتومبیل می‌خواهد وضعیت سکون خود را حفظ کند، طناب پاره می‌شود و کامیون فرصت انتقال نیرو به اتومبیل را نخواهد داشت.

۳۶۷ الف) با توجه به حالت متوازن، نیروی شناوری و نیروی وزن همدیگر را خنثی کرده‌اند و همچنین نیروی پیشران و نیروی مقاومت نیز همدیگر را خنثی کرده‌اند.

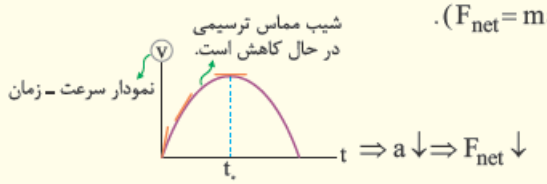
ب) تندی کشتی ثابت می‌ماند، زیرا نیروهای وارد بر آن متوازن است.

۳۶۸ الف) از شکل (۱) نتیجه می‌گیریم که وقتی جرم جسم ثابت است، با افزایش نیروی خالص وارد بر آن، شتاب جسم نیز افزایش پیدا می‌کند.

ب) شتاب جسم $(\vec{a})$ در جهت نیروی خالص وارد بر آن $(\vec{F}_{net})$ است.

۳۶۹ الف) در مورد (الف)، نمودار مکان - زمان ترسیمی از نوع سهمی بوده و تا لحظهٔ t_0 شتاب متحرک ثابت بوده و بزرگی نیروی خالص وارد بر آن ثابت است.

ب) در مورد (ب)، تا لحظهٔ t_0 شیب مماس ترسیمی (شتاب) در حال کاهش و بنابراین بزرگی نیروی خالص وارد بر متحرک نیز در حال کاهش است $(F_{net} = ma)$.



پ) در مورد (پ)، نمودار سرعت - زمان خطی بوده و این یعنی شتاب ثابت است و در نتیجه بزرگی نیروی خالص وارد بر متحرک هم ثابت است.

۳۷۰ الف) وقتی جسم با سرعت روبه کاهش (کندشونده) به سمت جنوب حرکت می‌کند، شتاب آن در خلاف جهت سرعت بوده و به سمت شمال است. از طرفی شتاب با نیروی خالص هم‌جهت است. بنابراین می‌توان گفت نیرو هم به سمت شمال می‌باشد.

ب) وقتی یک جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند، شتاب آن برابر صفر بوده و برایند نیروهای وارد بر آن صفر است.

۳۷۱ الف) با توجه به این‌که کشتی در تراز افقی حرکت می‌کند، برایند نیروهای واردشده به آن در راستای قائم صفر است، بنابراین داریم:

نیروی خالص قائم صفر است. ⇐ شتاب حرکت قائم صفر است.

⇐ نیروی شناوری = نیروی وزن ⇐ $F_1 = F_3$

ب) از سوی دیگر کشتی به صورت تندشونده رو به جلو حرکت می‌کند و حرکت آن در راستای افقی شتاب‌دار است، بنابراین داریم:

نیروی پیشران > نیروی مقاومت ⇐ $F_4 > F_2$

پ) اگر حرکت کندشونده باشد، نیروی پیشران از نیروی مقاومت کمتر است، $(F_4 < F_2)$ و با توجه به تعادل قائم $F_1 = F_3$ می‌باشد.

۳۷۲ فرض کنید جرم یک آجر برابر m و جرم ارابه برابر M باشد. با استفاده از قانون دوم نیوتون $(F = ma)$، در دو حالت می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \text{حالت اول: } F = \text{نیرو}\ ,\ \text{جرم کل} = M + m\ ,\ a_1 = 4\ m/s^2 \\ \Rightarrow F = (M+m)\times 4 \Rightarrow F = 4M + 4m \qquad (1) \\ \text{حالت دوم: } F = \text{نیرو}\ ,\ \text{جرم کل} = M + 4m\ ,\ a_2 = 3\ m/s^2 \\ \Rightarrow F = (M+4m)\times 3 \Rightarrow F = 3M + 12m \qquad (2) \end{cases}$$

در نهایت با توجه به یکسان بودن سمت چپ رابطه‌های (۱) و (۲) می‌توان نوشت:

$$4M + 4m = 3M + 12m \Rightarrow M = 8m \Rightarrow \frac{M}{m} = 8$$

۳۷۳ الف) با توجه به معادلهٔ مکان - زمان داده‌شده، حرکت متحرک از نوع شتاب ثابت است.

ب)

$$\begin{cases} x = -2t^2 + 4t - 2 \\ x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{2}a = -2 \Rightarrow a = -4\ m/s^2\ ,\ v_0 = 4\ m/s$$

پ) حرکت متحرک با شتاب ثابت است، پس برایند نیروهای وارد بر آن، مقدار ثابتی بوده و برابر است با:

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_{net} = 0/2\times(-4\vec{i}) = -0/8\vec{i} \Rightarrow \vec{F}_{net} = (-0/8N)\vec{i}$$

۳۷۴ الف) ابتدا اندازهٔ برایند نیروهای وارد شده به جسم را در دو حالت به‌دست می‌آوریم و در ادامه نسبت بزرگی شتاب حرکت را در دو حالت به‌دست می‌آوریم:

حالت ۱: دو نیروی F_1 و F_2 در خلاف جهت یکدیگر باشند:

$$\Rightarrow F_{net_1} = |F_2 - F_1| = 20 - 15 = 5N$$

حالت ۲: دو نیروی F_1 و F_2 هم‌جهت باشند:

$$\Rightarrow F_{net_2} = F_1 + F_2 = 20 + 15 = 35N$$

در ادامه با استفاده از قانون دوم نیوتون، برای مقایسهٔ شتاب در دو حالت داریم:

$$a = \frac{F_{net}}{m} \Rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \frac{F_{net_2}}{F_{net_1}} = \frac{35}{5} = 7$$

ب) اگر دو نیرو بر هم عمود باشند، اندازهٔ نیروی خالص وارد بر جسم برابر است با:

$$F_{net_3} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{15^2 + 20^2} = 25N$$

$$\frac{a_3}{a_1} = \frac{F_{net_3}}{F_{net_1}} = \frac{25}{5} = 5$$

۳۷۵ الف) نیروی پیشران و مقاومت در یک راستا و در خلاف جهت هم هستند، بنابراین داریم:

$$F_{net} = F_{\text{پیشران}} - F_{\text{مقاومت}} \Rightarrow 800 = 1400 - F_{\text{مقاومت}}$$

$$\Rightarrow F_{\text{مقاومت}} = 600N$$

ب) شتاب قایق به طرف جلو است، چون نیروی پیشران، بزرگ‌تر از نیروی مقاومت است. برای به‌دست آوردن شتاب از قانون دوم نیوتون استفاده می‌کنیم:

$$a = \frac{F_{net}}{m} \Rightarrow a = \frac{800}{400} = 2\ m/s^2$$

پ)

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow 2 = \frac{10 - 0}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 5s$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 10^2 - 0^2 = 2\times 2\times \Delta x \Rightarrow \Delta x = 25m$$

۳۷۶ الف) برای محاسبهٔ نیروی خالص به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \xrightarrow{\vec{F}_3 = -2\vec{F}_1} \vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + (-2\vec{F}_1)$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{net} = \vec{F}_2 - \vec{F}_1 = (-6\vec{i} - 5\vec{j}) - (3\vec{i} + 4\vec{j}) = -9\vec{i} - 9\vec{j}$$

$$\Rightarrow |\vec{F}_{net}| = \sqrt{(-9)^2 + (-9)^2} = 9\sqrt{2}N$$

ب) بزرگی شتاب این جسم برابر است با:

$$m = 500g = \frac{1}{2}kg \Rightarrow |\vec{F}_{net}| = m|\vec{a}| \Rightarrow 9\sqrt{2} = \frac{1}{2}\times|\vec{a}|$$

$$\Rightarrow |\vec{a}| = 18\sqrt{2}\ m/s^2$$

۳۷۷ الف) با توجه به این‌که $g = 10m/s^2$ و وزن توپ برابر $mg = 4/8N$ است، جرم توپ برابر $0/48kg$ است، بنابراین برایند نیروهای وارد بر توپ در بالاترین نقطهٔ مسیر برابر است با:

$$F_{net} = ma \Rightarrow F_{net} = 0/48\times\frac{65}{6} = 5/2N$$

ب) اندازهٔ نیروی f_D برابر است با:

$$\sqrt{f_D^2 + W^2} = 5/2 \Rightarrow f_D^2 = 5/2^2 - 4/8^2 = 4 \Rightarrow f_D = 2N$$

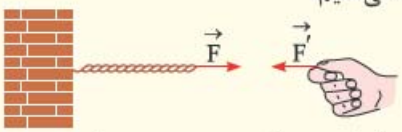
۳۷۸ با توجه به قانون سوم نیوتون، نیروهای کنش و واکنش به دو جسم مختلف وارد می‌شوند، بنابراین F_1 و F_3 و هم‌چنین F_6 و F_8 نمی‌توانند کنش و واکنش یکدیگر باشند.

هم‌چنین نیروهای کنش و واکنش هم‌اندازه، در یک راستا و در خلاف جهت هم هستند، بنابراین F_4 و F_6 و همچنین F_2 و F_8 نمی‌توانند کنش و واکنش یکدیگر باشند. بنابراین فقط نیروهای مطرح‌شده در موارد (الف) و (ث)، می‌توانند کنش و واکنش هم باشند.

۳۷۹ عبارت (ب) صحیح است.

توضیح بیشتر: با توجه به قانون سوم نیوتون، نیرویی که طناب به دست وارد می‌کند، با نیرویی که دست به طناب وارد می‌کند، هم‌اندازه و در خلاف جهت یک‌دیگر هستند. برای درک بهتر به شکل زیر توجه کنید:

در این شکل، نیروی دست به طناب را F و واکنش آن یعنی نیروی طناب به‌دست را F′ می‌نامیم.



$\vec{F}$ و $\vec{F'}$ نیروهای کنش و واکنش هستند، پس داریم:

$\vec{F} = -\vec{F'}$ و $F = F'$

۳۸۰ هنگام خروج آب، فواره به آب نیرو وارد می‌کند (نیروی کنش). بنابراین آب نیز در خلاف جهت به فواره نیرو وارد می‌کند (نیروی واکنش) و در نتیجه فواره می‌چرخد. - طبق قانون سوم نیوتون

۳۸۱ سوخت موشک، گاز پرفشاری را آزاد می‌کند و موتور موشک به مولکول‌های این گاز نیرو وارد می‌کند (نیروی کنش) و آن‌ها را به سمت پایین هل می‌دهد. مولکول‌های گاز هم نیرویی به همان اندازه به طرف بالا به موشک وارد می‌کنند (نیروی واکنش) و موشک ارتفاع می‌گیرد.

۳۸۲ طبق قانون سوم نیوتون، اندازهٔ نیرویی که میخ به چکش وارد می‌کند، برابر اندازهٔ نیرویی است که چکش به میخ وارد می‌کند و اندازهٔ این نیرو به جرم چکش و میخ بستگی ندارد. از طرف دیگر باید جهت نیروهای کنش و واکنش قرینهٔ یکدیگر باشد، بنابراین اگر چکش نیروی $\vec{F} = (10N)\vec{i}$ را به میخ وارد می‌کند، میخ نیروی $\vec{F'} = -(10N)\vec{i}$ را به چکش وارد خواهد کرد. نیروی وارد از طرف میخ به چکش، حرکت چکش را کُند و متوقف می‌کند.

۳۸۳ الف) طبق قانون سوم نیوتون، نیروی وارد بر دو شخص هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت هم است، پس $\vec{F} = -\vec{F'}$ می‌باشد *(بچه‌ها آلبرت میگه حواستون باشه اگر علامت منفی رو نذارین، نمره از دست میدین).*

ب) با توجه به هم‌اندازه بودن نیروها و با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$$a = \frac{F}{m} \xrightarrow{\text{نیروهای هم‌اندازه}} \frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} < 1 \Rightarrow a_2 < a_1$$

۳۸۴ الف) چون شخص اول با نیروی ۱۲۰N شخص دوم را هل می‌دهد، پس نیرویی که به شخص دوم وارد می‌شود برابر ۱۲۰N و به طرف راست است. حال طبق قانون دوم نیوتون داریم:

$$\vec{F}_{12} = m_2\vec{a}_2 \Rightarrow a_2 = \frac{120\vec{i}}{50} = (2/4\,m/s^2)\vec{i}$$

ب) طبق قانون سوم نیوتون اگر شخص اول با نیروی ۱۲۰N شخص دوم را هل دهد، شخص دوم نیز با نیروی ۱۲۰N شخص اول را هل می‌دهد ولی در خلاف جهت نیروی اول، پس داریم:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow \vec{a}_1 = \frac{-120}{75}\vec{i} = (-1/6\,m/s^2)\vec{i}$$

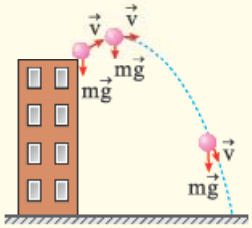
۳۸۵ جرم یک جسم، معیاری از مقدار لختی جسم در برابر تغییر حرکت است. هرچه جرم یک جسم بیشتر باشد، بر اثر اعمال نیروی ثابت و معین شتاب کمتری می‌گیرد و لختی آن بیشتر است.

۳۸۶ الف) سرعت ب) اول نیوتون پ) ندارند ت) دوم نیوتون

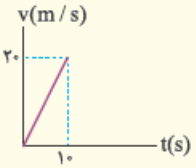
توضیح بیشتر: در چرخیدن به دور زمین، نیروی گرانشی از طرف زمین بر کشتی فضایی وارد شده و حرکت آن شتاب‌دار بوده و با قانون دوم نیوتون توجیه می‌شود.

۳۸۷ الف) درست ب) نادرست پ) درست ت) درست ث) نادرست

توضیح بیشتر: همان‌طور که می‌دانید، سرعت یک جسم همواره مماس بر مسیر حرکتش است. از طرفی در تمام این مسیر، بر این جسم فقط نیروی وزن به‌سمت پایین وارد می‌شود. این یعنی نیروهای وارده نامتوازن بوده و جهت آن همواره ثابت است. بنابراین در طول این مسیر، برایند نیروهای وارد بر جسم، یعنی همان وزن جسم، با سرعت جسم در یک جهت نیستند و زاویهٔ بین آن‌ها دائماً تغییر می‌کند. دقت شود که وجود خلأ ربطی به نیروی وزن جسم ندارد.



۳۸۸ **گام اول:** با توجه به نمودار سرعت - زمان داده شده، شتاب قایق ثابت و برابر $2\,m/s^2$ است.



$$a = \text{شیب نمودار} = \frac{20}{10} = 2\,m/s^2$$

گام دوم: F_{net} برابر است با: $F_{net} = ma = 400 \times 2 = 800N$

گام سوم: نیروی پیشران برابر است با:

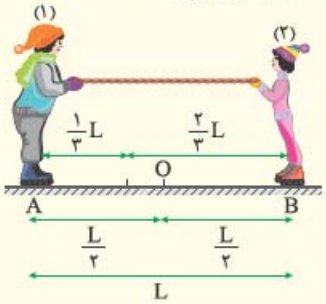
$$F_{net} = F_{\text{پیشران}} - F_{\text{مقاوم}} \Rightarrow 800 = F_{\text{پیشران}} - 600 \Rightarrow F_{\text{پیشران}} = 1400N$$

۳۸۹ **گام اول:** بر هر دو شخص تنها نیروی کشش ریسمان وارد می‌شود (اصطکاک با سطح افقی ناچیز است) و شتاب حرکت شخص (۲)، دو برابر شخص (۱) است.

$$F_{net} = ma \Rightarrow T = ma \Rightarrow a = \frac{T}{m} \xrightarrow{m_2 = \frac{1}{2}m_1} \frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} = 2$$

$$\Rightarrow a_2 = 2a_1$$

گام دوم: با توجه به این موضوع تا لحظهٔ رسیدن به هم، شخص (۲) جابه‌جایی بیشتری نسبت به شخص (۱) داشته و این یعنی دو شخص در نقطه‌ای بین A و O به یکدیگر می‌رسند.



$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 \xrightarrow{a_2=2a_1} |\Delta x_2| = 2|\Delta x_1|$$

$$|\Delta x_2| + |\Delta x_1| = L \xrightarrow{|\Delta x_2|=2|\Delta x_1|} |\Delta x_2| = \frac{2}{3}L \,,\, |\Delta x_1| = \frac{1}{3}L$$

بنابراین دو شخص در فاصلهٔ $\frac{1}{3}L$ از نقطهٔ A به یکدیگر می‌رسند.

۳۹۰ وزن یک جسم روی زمین، نیروی گرانشی است که از طرف زمین بر جسم وارد می‌شود.

۳۹۱ وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می‌کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می‌شود که به آن نیروی مقاومت شاره می‌گویند.

۳۹۲ جسمی که بر روی میز قرار گرفته و در حال تعادل است را در نظر بگیرید. برای تعادل جسم، نیرویی عمود بر سطح تماس به آن وارد می‌شود که به آن نیروی عمودی سطح (تکیه‌گاه) می‌گویند.

۳۹۳ وقتی تلاش می‌کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت درآوریم، چه جسم حرکت کند و چه ساکن بماند، با مقاومتی روبه‌رو می‌شویم که به آن نیروی اصطکاک گویند.

۳۹۴ برای جسمی که در هوا سقوط می‌کند، اگر نیروی مقاومت هوا با نیروی وزن جسم برابر شود، جسم با تندی ثابتی به نام تندی حدی به حرکت خود ادامه می‌دهد.

توضیح بیشتر: هرگاه چترباز مدتی پس از پرش آزاد، چتر خود را باز کند، به محض بازشدن چتر، نیروی مقاومت هوای وارد بر آن به شدت افزایش یافته و تندی چترباز کاهش می‌یابد. به‌تدریج با کاهش تندی چترباز، نیروی مقاومت هوای وارد بر آن نیز کاهش یافته تا اینکه نیروی مقاومت هوا و وزن چترباز هم‌اندازه شده و نیروهای وارد بر چترباز متوازن شوند. پس از این چتر باز با تندی ثابتی موسوم به تندی حدی، به طرف پایین حرکت می‌کند.

۳۹۵ وزن جسم
۳۹۶ شتاب گرانشی - مرکز زمین
۳۹۷ یکسان (یا ثابت)
۳۹۸ می‌شود
۳۹۹ زمین (مرکز کرهٔ زمین)
۴۰۰ بزرگی جسم
۴۰۱ بیشتر

۴۰۲ تغییر شکل سطح تماس دو جسم - نیروهای بین مولکولی

۴۰۳ ایستایی بیشینه یا جنبشی

۴۰۴ ندارد
۴۰۵ کم‌تر
۴۰۶ بیشتر
۴۰۷ مستقیم

۴۰۸ انعطاف‌پذیر (نرم) - سفت (سخت)

۴۰۹ نادرست - با توجه به رابطهٔ $W = mg$ ، چون شتاب گرانشی در سیاره‌های مختلف متفاوت است، پس نیروی وزن یک جسم در سیاره‌های مختلف، متفاوت است.

۴۱۰ نادرست - نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم، تندی آن و ... بستگی دارد.

۴۱۱ نادرست - هر چه تندی جسم درون شاره بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره نیز بیشتر خواهد شد.

۴۱۲ درست
۴۱۳ نادرست
۴۱۴ درست

۴۱۵ نادرست - وقتی جسمی درون شاره‌ای حرکت می‌کند، نیروی مقاومت شاره در خلاف جهت حرکت به جسم وارد می‌شود.

۴۱۶ نادرست - پس از رسیدن به تندی حدی، اندازهٔ نیروهای مقاومت هوا و وزن برابر می‌شوند.

۴۱۷ نادرست - عکس‌العمل نیروی وزن از طرف جسم به مرکز کرهٔ زمین وارد می‌شود، درحالی‌که نیروی عمودی سطح نیرویی است که به صورت عمود از طرف سطح به جسم وارد می‌شود.

۴۱۸ درست
۴۱۹ درست

۴۲۰ نادرست - ضریب اصطکاک ایستایی مستقل از F_N می‌باشد و وابسته به جنس سطح دو جسم و زبری و نرمی آن‌ها است.

۴۲۱ نادرست - μ_s معمولاً از μ_k بزرگ‌تر است.

۴۲۲ نادرست - F_e با تغییر طول فنر نسبت مستقیم دارد.

۴۲۳ نادرست - ثابت فنر به اندازه، شکل و ساختار ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد.

۴۲۴ نادرست - هر چه k بیشتر باشد، فنر با نیروی بزرگ‌تری تغییر طول داده و سخت‌تر است.

۴۲۵ درست