تدریس خط به خط

فصل دوم فیزیک دوازدهم

عقیل اسکندری

دبیر فیزیک منطقه ۳

تهران

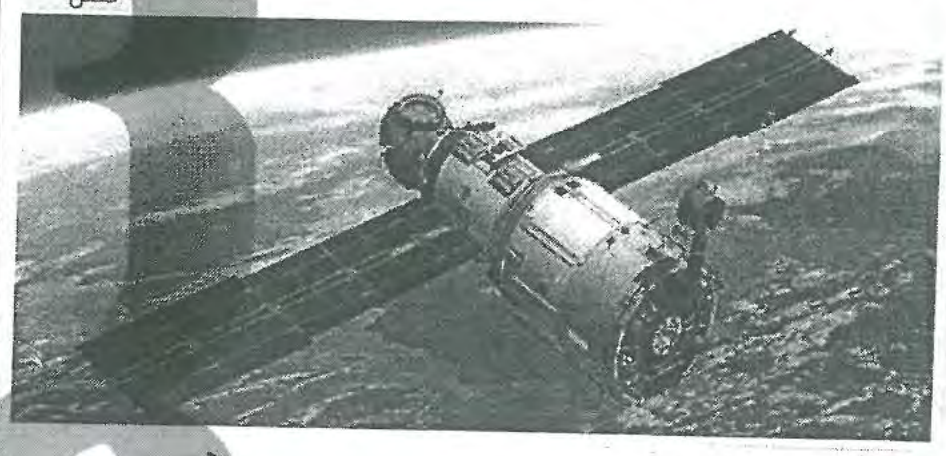
۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸

دانلود از اپلیکیشن پادرس

دینامیک و حرکت دایره‌ای ۲

فصل



دینامیک به بررسی و تجزیه و تحلیل نیروها مربوط می‌شود.

نیرو حاصل برهم کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر

نیرو کمیتی برداری است ($\vec{F}$)

$F = ۵$ ← اندازه

N ← (نیوتون) یکا

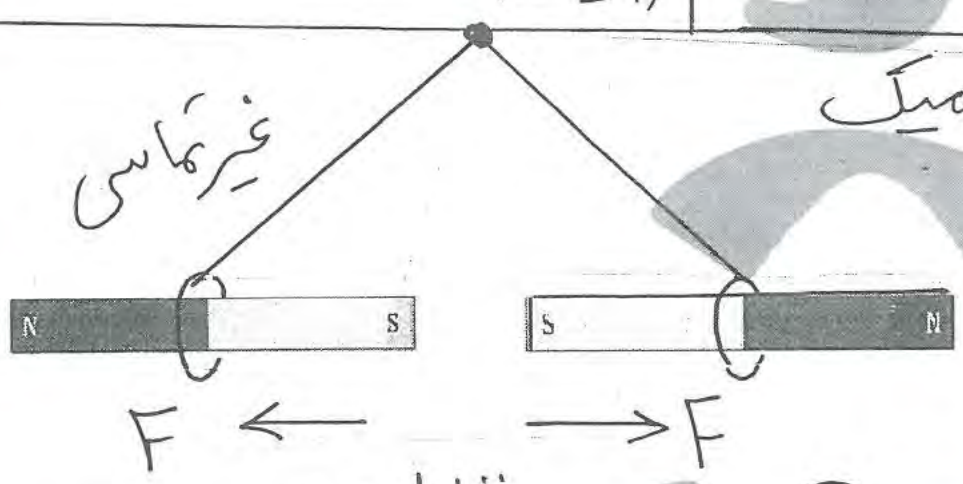
غرب به ← جهت

شکل ۲-۲ 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.

منظور از مرکز جرم چیست؟

بعضی از اصطلاحات دینامیک

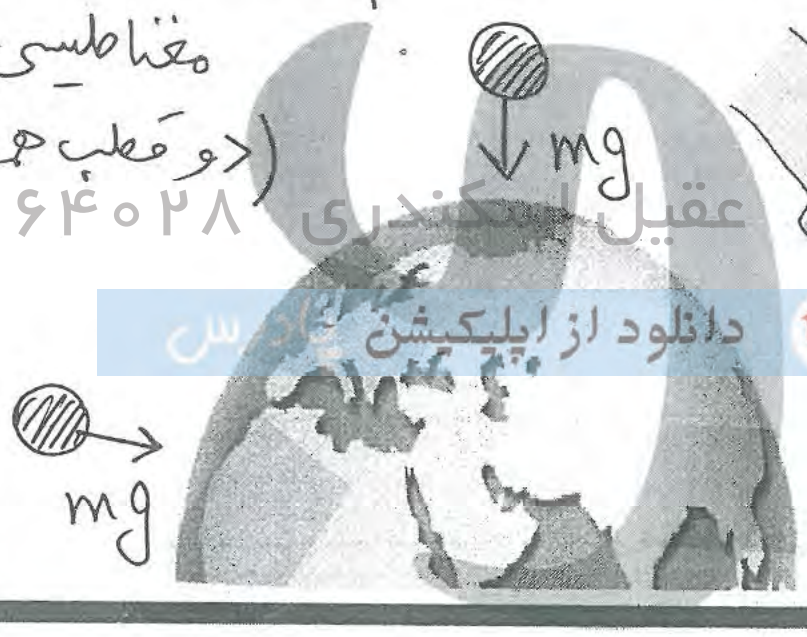
غیرتماسی



مغناطیسی (دو قطب همنام دافعه)

غیرتماسی

الکتریکی (دو بار همنام دافعه)



نیروی گرانش زمین (غیرتماسی)

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

جرم جسم : مقدار ماده تشکیل دهنده اجسام است

جرم یک جسم عددی ثابت است و به مکانی که جسم قرار دارد وابسته نیست

وسیله ای که مقدار جرم را تعیین می کند **ترازو** است نباید در ساختمان ترازو فنر وجود داشته باشد

جرم کمیتی نرده‌ای است و عددی مثبت می باشد

$m = 5\ kg$

وزن : نیرویی است که از طرف زمین به جرم جسم وارد می شود

وزن یک جسم عدد ثابتی نیست و به مکانی که در آن قرار دارد وابسته است

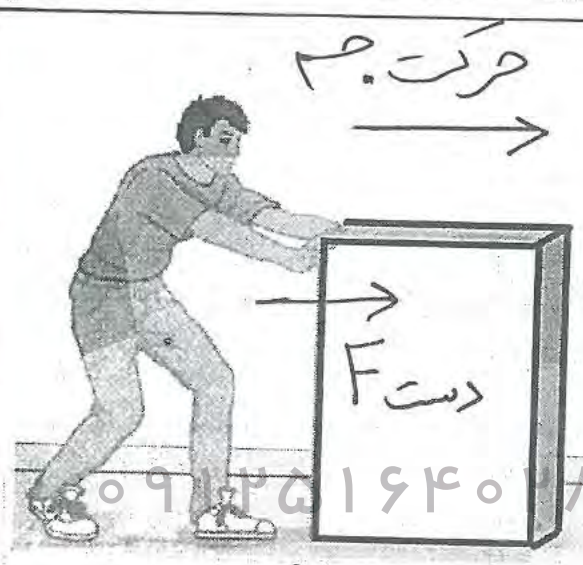
اگر از سطح زمین دور شویم چون شدت میدان گرانش زمین کم می شود وزن نیز کم می شود

وسیله اندازه گیری وزن نیروسنج است که به اصطلاح ترازوی فنری نامیده می شود بنابراین هر ترازویی که در ساختمانش فنر به کار رفته است مقدار وزن را اعلام می کند یکای وزن نیوتون و یکای جرم کیلوگرم است

نیرو کمیتی برداری است اندازه و یکا و جهت دارد

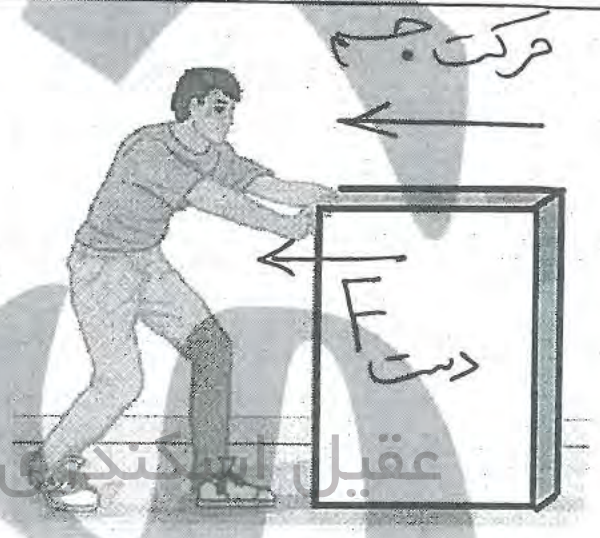
مثال:

$F = 9$ نیوتون (رو به پایین)



f_k نیروی اصطکاک لغزشی است

f_k جسم کشیده می شود



F و f_k نیروی تماسی هستند

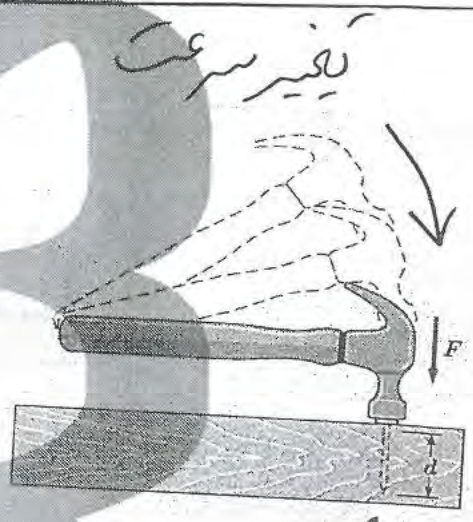
f_k جسم هُل داده می شود

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

وسیله اندازه گیری نیرو
یکای اندازه گیری نیرو

نیرو را به کمک نیروسنج اندازه‌گیری می‌کنیم و یکای آن، نیوتون است که با نماد N نشان داده می‌شود. 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. با توجه به آنچه در مورد سرعت فراگرفتیم، می‌توان به‌طور خلاصه نشان داد که نیروی وارد بر یک جسم می‌تواند سبب تغییر سرعت جسم یا تغییر شکل آن شود.

(نیرو سبب دو رفتار کلی) خیلی مهم می‌شود



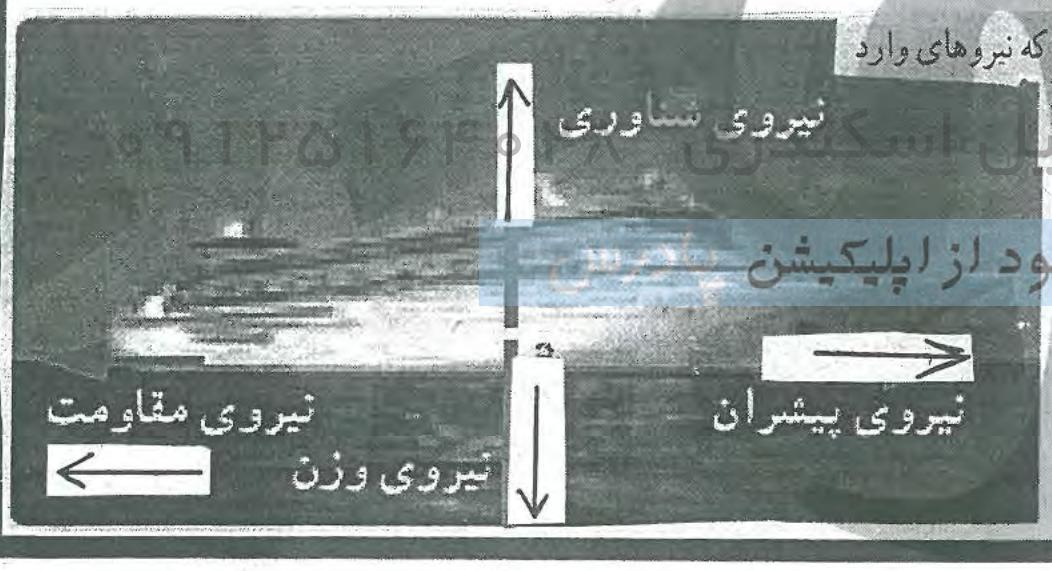
اگر خیلی دقیق به پدیده‌ها نگاه کنیم تقریباً همیشه وجود نیرو هم تغییر سرعت و هم تغییر شکل همراه دارد

هم تغییر سرعت و هم تغییر شکل

هرگاه برایند نیروهای وارد بر جسم صفر شود می‌گوییم، نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند

پرسش ۲ـ۱

در شکل روبه‌رو یک کشتی در حال حرکت را می‌بینید که نیروهای وارد بر آن متوازن‌اند. کدام نیروها اثر یکدیگر را خنثی کرده‌اند؟



وزن F = F شناوری
پیشران F = F مقاومت

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۸۸
دانلود از اپلیکیشن

عقیل اسکندری

اولین فردی که بین نیرو و شتاب رابطه بیان کرد

ایزاک نیوتون (۱۷۲۷_۱۶۴۳م) نخستین کسی بود که به رابطهٔ میان نیرو و شتاب پی برد. این رابطه همراه با دیگر قانون‌های نیوتون، اساس مکانیک نیوتونی را تشکیل می‌دهند. در این بخش به بررسی سه قانون اصلی حرکت می‌پردازیم.

یعنی مکانیک شاخه‌های مختلف و گسترده‌ای دارد مثلا مکانیک کوانتومی

قانون اول نیوتن یا لختی یا اینرسی یا ماند

یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند مگر آنکه نیروی خالص غیر صفری به آن وارد شود

قانون دوم نیوتون

هرگاه برجسم نیروی خالص وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد که این شتاب با نیروی خالص وارد برجسم نسبت مستقیم دارد و درهمان جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت وارون دارد $\vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{m}$

(net = خالص) (خالص همان برآیند است ← مثال ۲-۲)

قانون سوم نیوتون یا کنش و واکنش یا عمل و عکس العمل

هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند جسم دوم نیز به جسم اول نیروئی هم اندازه و هم راستا اما در خلاف جهت وارد می‌کند.

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

قانون گرانش عمومی نیوتون (جهانی گرانش)

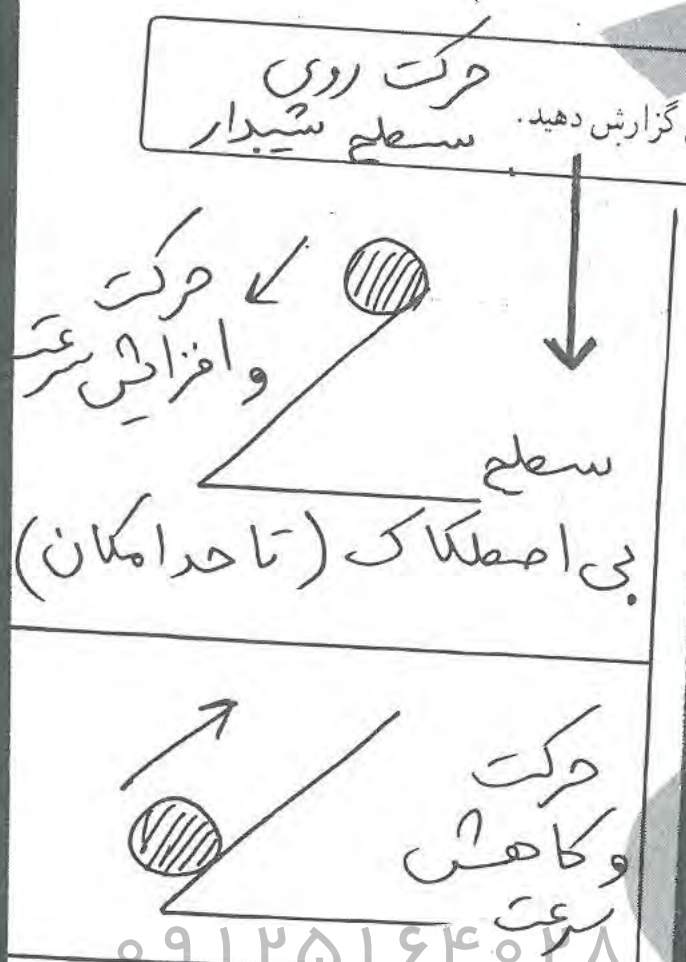
نیروی گرانش میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذرّه نسبت مستقیم و با مربع فاصلهٔ آنها از یکدیگر نسبت وارون دارد: $F=\frac{GM_1M_2}{r^2}$

نکات قانون اول نیوتون

قبل از سال ۱۶۰۰ میلادی دیدگاه رایج این بود که هر جسمِ در حال حرکتی برای ادامهٔ حرکت حتماً نیاز به نیرو دارد، ولی گالیله با طراحی آزمایش‌هایی ذهنی نتیجه گرفت که در نبود نیرو، حرکت جسم متحرک ادامه می‌یابد.

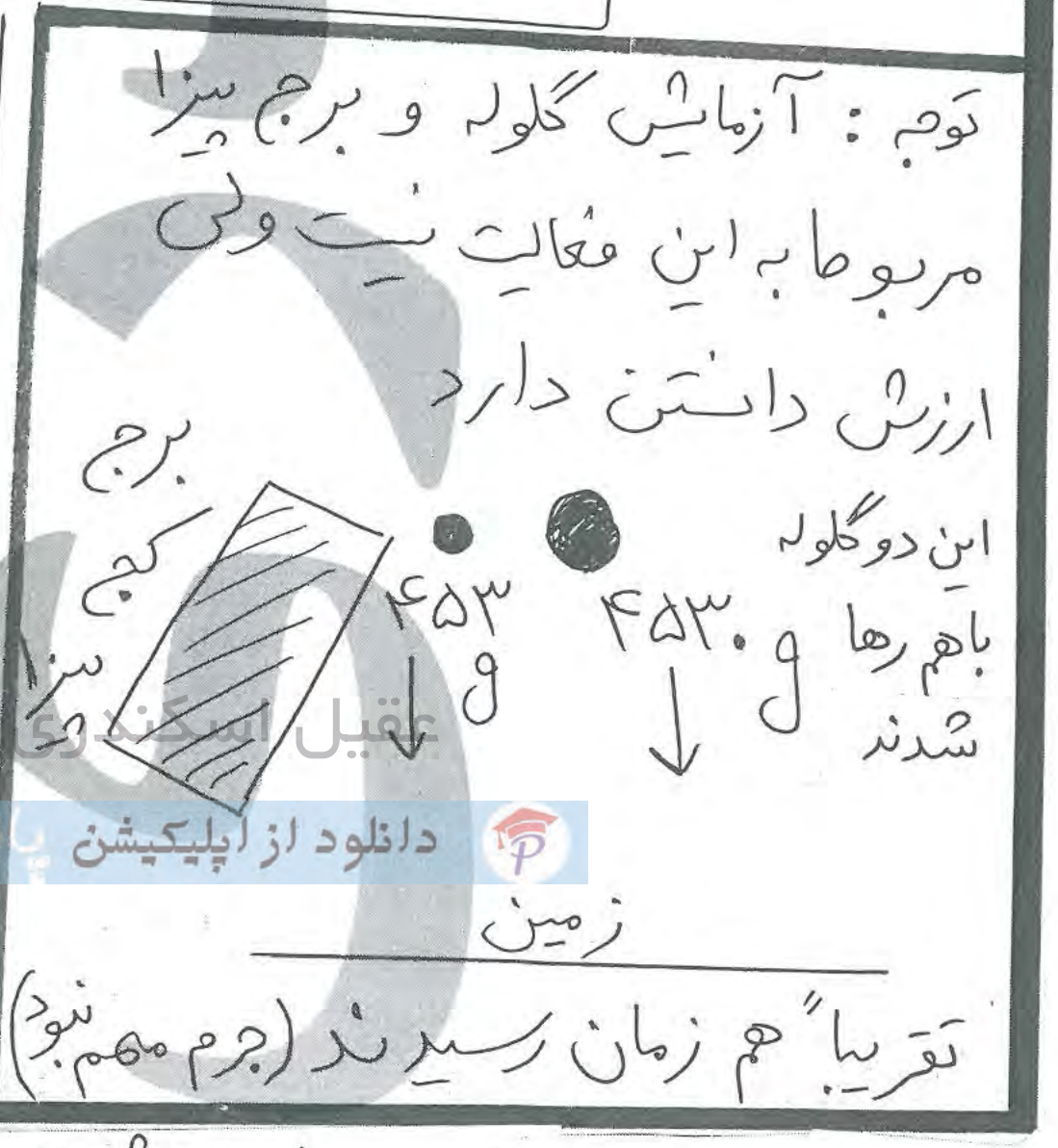
فعالیت ۲ـ۱

دربارهٔ آزمایش ذهنی گالیله تحقیق کنید و به کلاس گزارش دهید.



نتیجه ذهنی: حالا که سرعت گلوله هنگام پایین آمدن زیاد و هنگام بالا رفتن کم می‌شود پس در یک سطح افقی صیقلی برای حفظ سرعت ثابت نیازی به وجود نیرو نیست

توجه: آزمایش گلوله و برج پیزا مربوط به این فعالیت نیست ولی ارزش دانستن دارد



تقریباً هم زمان رسیدند (جرم مهم نبود)

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرسان

بیان دیگرِ قانون اول نیوتون : وقتی نیروهای وارد بر جسم متوازن باشد اگر جسم ساکن باشد همچنان ساکن باقی می ماند و اگر در حال حرکت باشد سرعتش تغییر نمی کند و ثابت می ماند

قانون اول به بیان اینرسی : هر جسم مایل است وضعیت حرکت خود را تا هنگامی که نیروی خالص وارد بر آن صفر است حفظ کند این تمایل را لختی یا اینرسی می گوئیم

پرسش ۲ـ۲

در فیلمی علمی ـ تخیلی، موتور یک کشتی فضایی که در فضای تهی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید در حرکت است، از کار می‌افتد. در نتیجه حرکت کشتی فضایی کُند می‌شود و می‌ایستد. آیا امکان وقوع چنین رویدادی وجود دارد؟ توضیح دهید.

فضای تهی (خلاء) (بدون مقاومت)

خیر - طبق قانون اول نیوتون ، چون هیچ نیروئی بر کشتی وارد نمی شود ، این کشتی باهمان سرعت قبلی روی خط راست می رود

تکانه (اندازه حرکت) : حاصل ضرب جرم در سرعت را تکانه می گوئیم . تکانه کمیتی برداری است وجهت آن با بردار سرعت یکی است.

$$\vec{P} = m\vec{V} \qquad (kg)(m/s)$$

۰۹۱۲۵۱۶۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

ارتباط قوانین نیوتون و تکانه

$$F_{av} = m a_{av} = m\frac{\Delta V}{\Delta t} \rightarrow F_{av} = \Delta P/\Delta t$$

قانون دوم به بیان تکانه : نیروی متوسط وارد بر جسم = آهنگ تغییر تکانه

قانون اول نیوتون به بیان تکانه

$$F_{av} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

قانون اول می‌گوید ، نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند یعنی برآیند همه‌ی آن‌ها صفر است

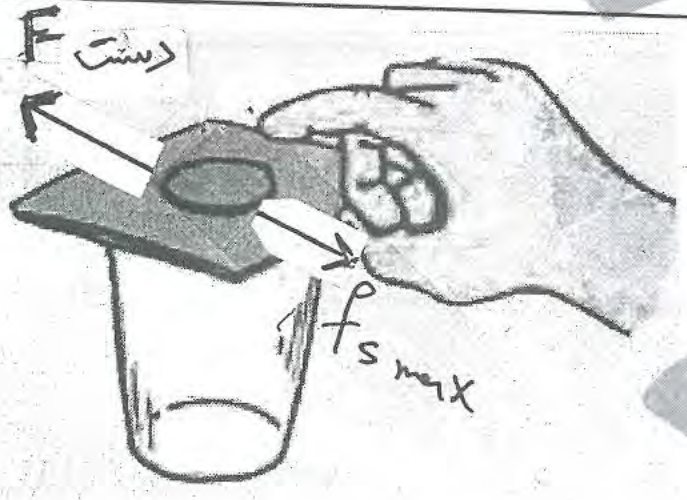
$$F_{av} = 0 \longrightarrow \frac{\Delta P}{\Delta t} = 0 \longrightarrow \Delta P = 0$$

$$P_2 = P_1$$

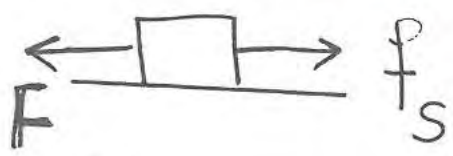
در اینصورت تغییر تکانه جسم صفر است و تکانه جسم ثابت است (قانون اول نیوتون = پایستگی تکانه) که منجر می‌شود

○ پرسش ۲-۳

الف) چرا حرکت سریع مقوا در شکل الف، سبب افتادن سکه در لیوان می‌شود؟



$$F_{av} = \frac{m\Delta V}{\Delta t}$$

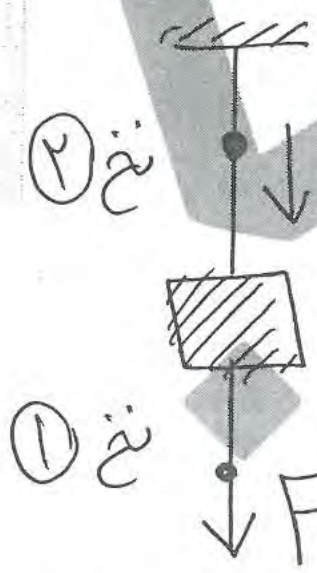


اگر Δt کم گردد F_{av} زیادی شود و از $(f_s)_{max}$ بین مقوا و سکه بیشتر شود در نتیجه وقتی با انگشت مقوا را به جلو شوت می‌کنیم سکه طبق قانون اول نیوتون تمایل دارد در همان مکان خود باقی بماند و سقوط می‌کند ولی اگر مقوا را به آرامی بکشیم نیروی ما از $(f_s)_{max}$ بیشتر نمی‌شود و سکه با مقوا جلو می‌رود.

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۳۵۱۶۴۰۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

ب) چرا در شکل ب، اگر به‌آرامی نیروی وارد بر گوی سنگین را زیاد کنیم نخ بالای گوی پاره می‌شود، اما اگر ناگهان نخ را بکشیم، نخ پایین آن پاره می‌شود؟

حالت اول نخ ① را آرام می کشیم. درواقع نیروی دست ما آرام آرام زیاد می شود به نخ ② دو نیرو وارد می شود هم وزن گلوله و هم نیروی دست (F)

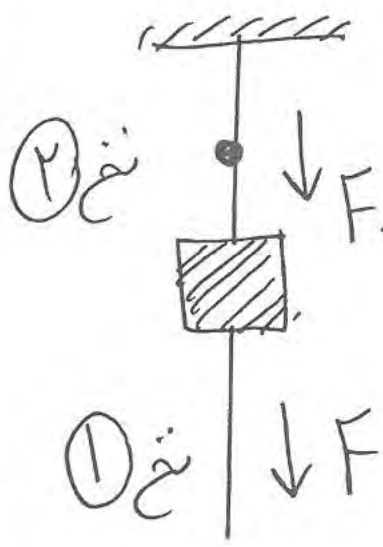


واضح است که با افزایش F مقدار F+mg از F زودتر به نیروی لازم برای پاره شدن نخ می رسد و نخ ② زودتر پاره می گردد.

حال اگر نیروی F (دست) ناگهانی وارد شود یعنی مدت اثر آن خیلی کوتاه گردد

$$F = \frac{m\Delta V}{\Delta t}$$

$(\Delta t$ کم$) \leftarrow (F$ زیاد$)$



عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرسی

به شرط آنکه نیروی ما در همان ابتدا از نیروی لازم برای پاره شدن نخ‌ها بیشتر باشد، چون نخ ① از نخ ② زودتر آن را دریافت می کند پاره می شود و جسم طبق قانون اول نیوتون، چون نیروی خالص دریافت نکرده، در همان حالت می ماند.

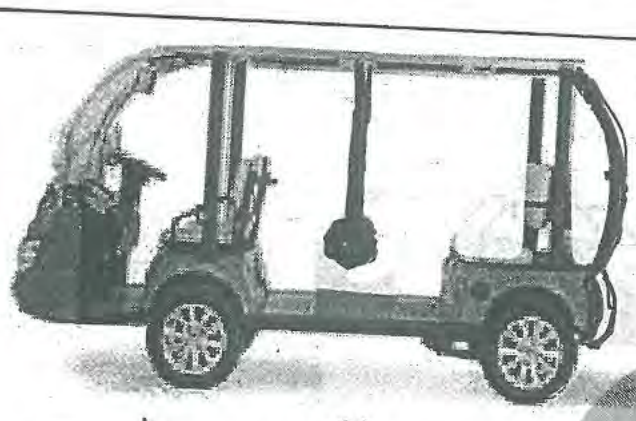
عقیل اسکندری | ص ۹ | ف ۲ | ک ۱۲

مثال) قانون اول نیوتون در یک اتوبوس :

مسافر A ایستاده
مسافر B روی صندلی در راستای دید راننده است و مسافر C عمود بر راستای دید راننده رو در روی مسافر A نشسته است

حالت	مسافر A	مسافر B	مسافر C	وضعیت ماشین
۱	انحراف به راست	انحراف به عقب	انحراف به چپ	شروع به حرکت می کند
۲	انحراف به چپ	انحراف به جلو	انحراف به راست	ترمز می کند
۳	انحراف به عقب	انحراف به راست	انحراف به جلو	به چپ می پیچد

(برای هر مسافر از دید خودش مطرح شده و چپ و راست ماشین مانند چپ و راست مسافر B در نظر گرفته شده)



از سقف یک خودرو آونگی آویزان است ، نوع حرکت خودرو در هر حالت زیر چگونه است ؟

الف) راستای نخ بر سطح افق عمود است. ب) گلوله به راست منحرف شده ج) گلوله به چپ منحرف شده

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن

الف	ب	ج
ماشین ساکن سرعت ماشین ثابت (به چپ یا به راست می رود)	ماشین به چپ تند شونده به راست کند شونده	ماشین به چپ کند شونده به راست تند شونده

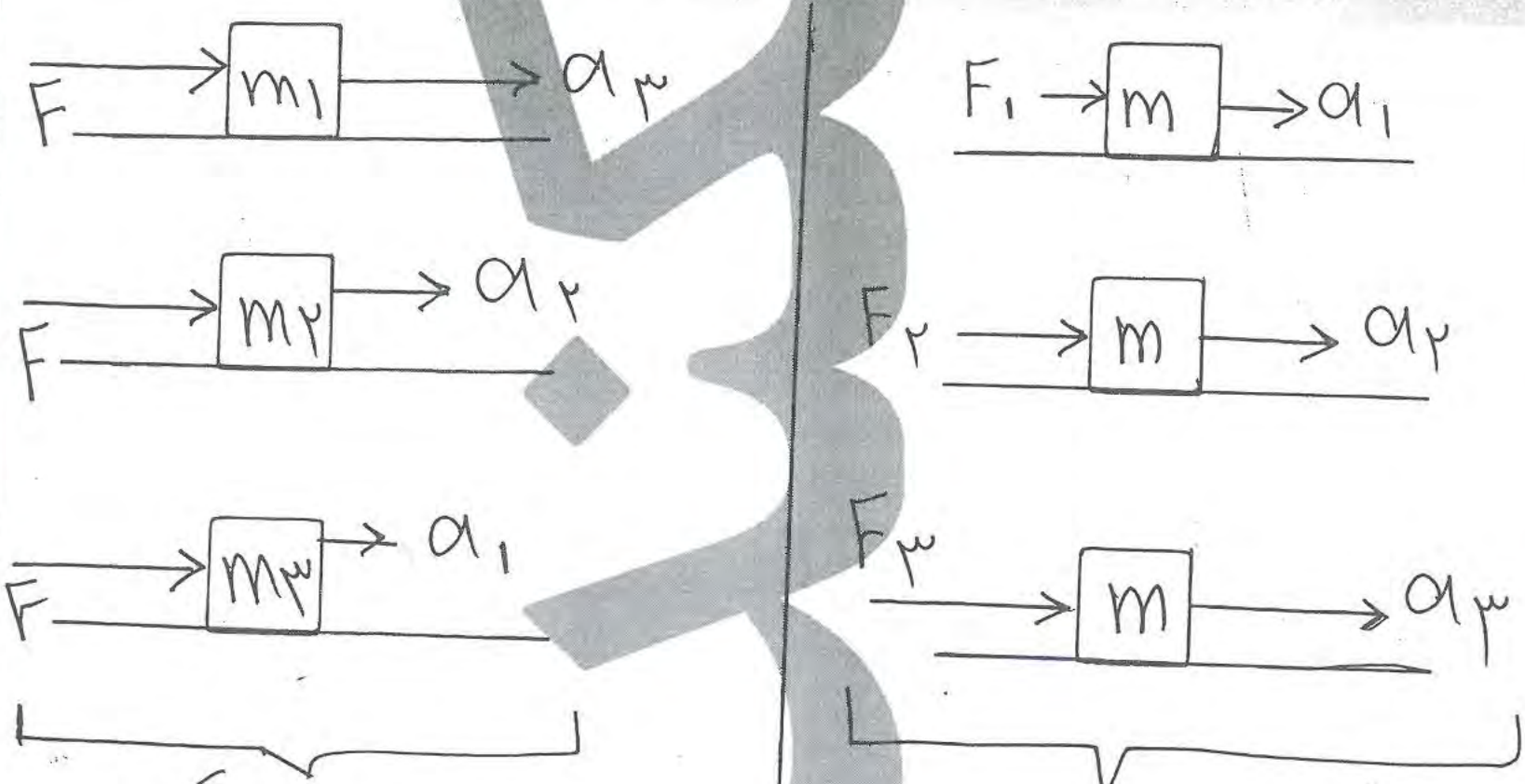
نکات قانون دوم نیوتون :

در قانون اول ← نیروها متوازن ← برآیند نیروها صفر است

$F = ma$

پرسش ۲ـ۴

در شکل‌های زیر، قطعه‌یخ‌ها روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. استنباط خود را از این شکل‌ها بیان کنید.



جرم یکسان دارند

آنکه نیروی خالص بیشتری می‌گیرد، شتاب بیشتری خواهد داشت

$F_1 < F_2 < F_3$

$a_1 < a_2 < a_3$

$m_1 = m_2 = m_3$

$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_3}{a_3} = m$

نیروی خالص یکسان دریافت کرده اند

$F_1 = F_2 = F_3$

آنکه شتابش بیشتر است جرمش کمتر است

$a_1 < a_2 < a_3$

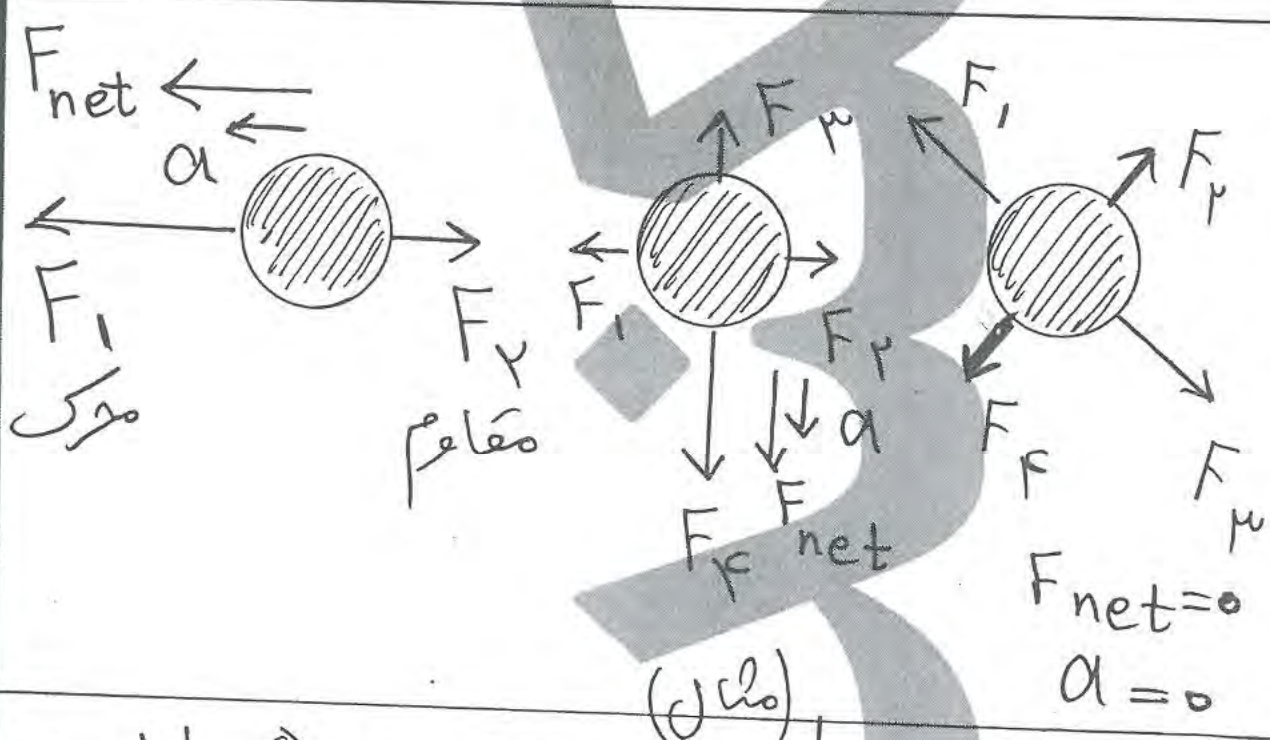
$m_1 > m_2 > m_3$

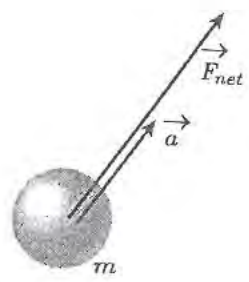
$m_1 a_1 = m_2 a_2 = m_3 a_3 = F$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

نکته : می دانیم $a_{av}=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ شتاب متوسط = تغییر سرعت / تغییر زمان

وقتی شتاب زیاد شود یا زمان تأثیر نیرو کوتاه است و یا تغییر سرعت زیاد است هردو حالت باعث افزایش نیروی خالص می گردد





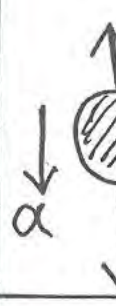
شکل ۲ـ۳ شتاب جسم ($\vec{a}$) در جهت نیروی خالص وارد بر آن ($\vec{F}_{net}$) است.

توجه : در رابطهٔ ۲ـ۱، $\vec{ma}$ نیرو نیست.

تمام نیروهای وارد بر یک جسم با هم جمع برداری می‌شوند تا نیروی خالص ($\vec{F}_{\text{net}}$) وارد بر جسم به‌دست آید و آن را در سمت چپ معادله قرار می‌دهند. این نیروی خالص مساوی با حاصل‌ضرب جرم در شتاب ($\vec{ma}$) است.

(مثال)

جسمی به جرم ۵۰۰ g با نیروی ۶ N به شمال و ۸ N به جنوب کشیده می شود



$F_{net}=ma$

$8-6=0.5a$

$a=4\ m/s^2$

یکای SI نیرو، نیوتون است. یک نیوتون برابر با مقدار نیروی خالصی[۱] است که به جسمی به جرم یک کیلوگرم، شتابی برابر یک متر بر مربع ثانیه می‌دهد.

$F_{net}=ma$

نیوتون = (کیلوگرم)(متر بر مجذور ثانیه) $(1\ kg\cdot m/s^2)$

09125164028 عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن

بررسی حالت‌هایی که نیروها هم‌راستا یا عمود بر هم نیستند خارج از برنامهٔ درسی این کتاب است و نباید مورد ارزشیابی قرار گیرد.

عقیل اسکندری

ص ۱۲ | ف ۲ | ک ۱۲

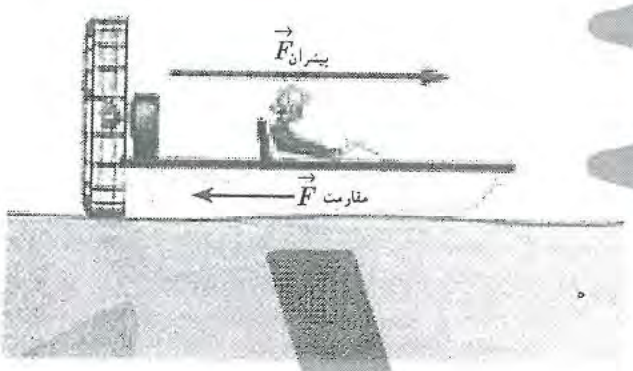
○ مثال ۲ـ۱

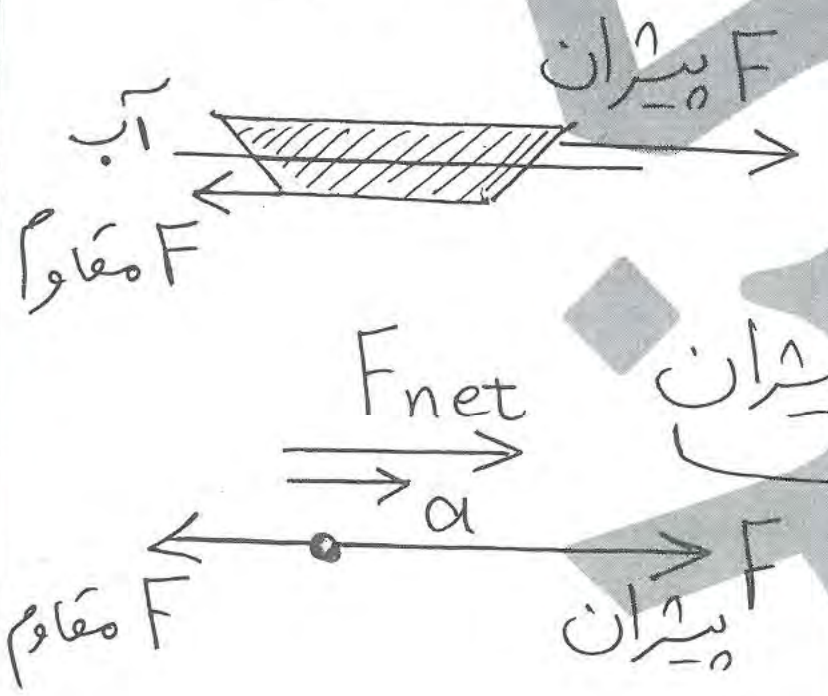
نیروی موتور یک قایق موتوری که جرم آن با سرنشینش ۴۰۰kg است، به گونه‌ای تنظیم می‌شود که در بازهٔ زمانی معینی، همواره نیروی افقی خالص ۸۰۰N به طرف جلو بر قایق وارد می‌کند.

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

ب) اگر نیروی پیشران در یک لحظه ۱۳۰۰N باشد، نیروی مقاومت در آن لحظه چقدر است؟

پ) چقدر طول می‌کشد تا سرعت قایق از حالت سکون به ۱۵/۰ m/s برسد؟ در این مدت قایق چقدر جابه‌جا می‌شود؟





الف)

$F_{net} = m \cdot a$

محرک − مقاوم = $m a$

$F_{\text{پیشران}} - F_{\text{مقاوم}} = m a$

$۸۰۰ = ۴۰۰ a$

$a = ۲ \ m/s^۲$

ب)

$F_{net} = F_{\text{پیشران}} - F_{\text{مقاوم}}$

$۸۰۰ = ۱۳۰۰ - F_{\text{مقاوم}} \rightarrow F_{\text{مقاوم}} = ۵۰۰ \ N$

پ) حال سکون ($v_0 = ۰$)

$v^۲ - v_0^۲ = ۲ a \Delta x$

$۱۵^۲ - ۰^۲ = ۲(۲) \Delta x \rightarrow \Delta x = ۵۶/۳ m$

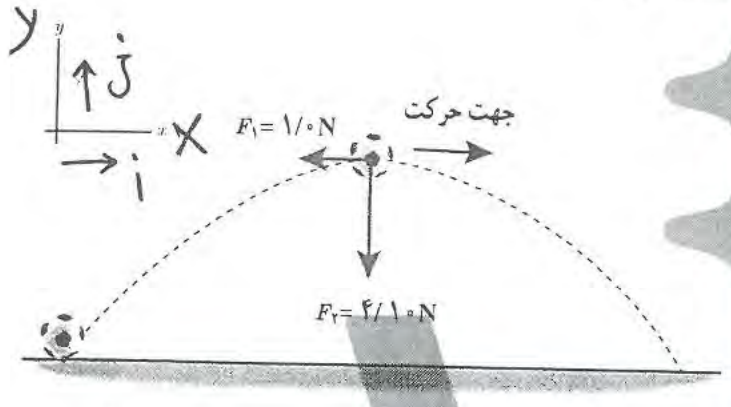
$v = at + v_0 \xrightarrow{a=۲} ۱۵ = ۲t + ۰ \rightarrow t = ۷/۵ s$

توجه: نیروی خالص (برآیند) و شتاب الزاماً هم جهت هستند ولی سرعت الزاماً با آنها هم جهت نیست (مثلاً در میرخمیده)

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۲۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادیس

مثال ۲ـ۲ (خیلی مهم)

شکل روبه‌رو نیروهای وارد بر توپ فوتبالی به جرم ۴۲۰g را در بالاترین نقطهٔ مسیرش نشان می‌دهد که در آن $\vec{F}_1$ نیروی مقاومت هوا و $\vec{F}_2$ وزن توپ است. جهت و بزرگی شتاب توپ در این نقطه را تعیین کنید[1]. از نیروهای دیگر وارد بر توپ صرف‌نظر می‌شود.



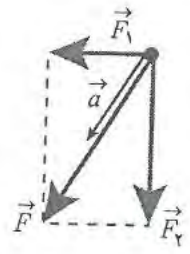
پاسخ: جهت شتاب در جهت نیروی خالص (برایند) است.

$$\vec{F}_1 = (-1/0N)\,\vec{i} \quad \text{و} \quad \vec{F}_2 = (-4/10N)\,\vec{j}$$

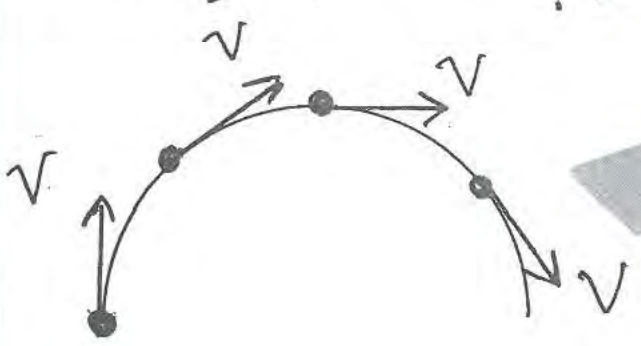
$$\text{نیروی خالص} = \vec{F}_{net} = \text{وزن} + \text{نیروی مقاومت هوا} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (-1/0N)\,\vec{i} + (-4/10N)\,\vec{j}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{m} = \frac{(-1/0N)\,\vec{i} + (-4/10N)\,\vec{j}}{420\times10^{-3}kg} = (-2/4\,N/kg)\,\vec{i} + (-9/8\,N/kg)\,\vec{j}$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{(-2/4\,N/kg)^2 + (-9/8\,N/kg)^2} = 10\,N/kg = 10\,m/s^2$$



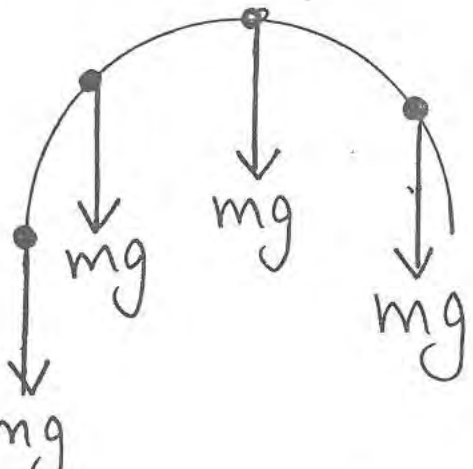
دقت کنید: ① لزومی ندارد جهت حرکت و جهت شتاب یکی باشد



② بردار سرعت الزاماً بر مسیر حرکت مماس است. ③ mg عددی ثابت است

$$F_1 = mg$$

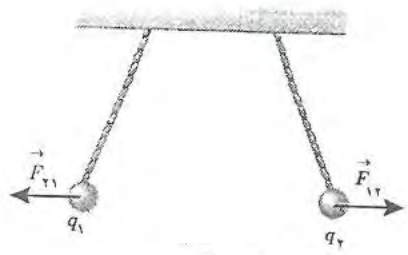
$$F_1 = (0/42\,kg)(9/8) = 4/1\,N$$



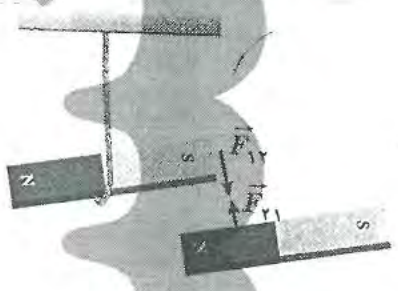
④ * اگر در پاسخ دقت کنید $\vec{F}_1(-1/0\ \text{و}\ 0)$ و $\vec{F}(-4/1\ \text{و}\ 0)$

⑤ توپ پس از لحظهٔ اول که شوت شده تا انتهای مسیر هیچ نیروی محرکه‌ای ندارد و انرژی جنبشی که پای فوتبالیست به توپ داده باعث حرکت شده است و آرام آرام انرژی توپ کم می‌شود (به علت نیروی مقاوم هوا)

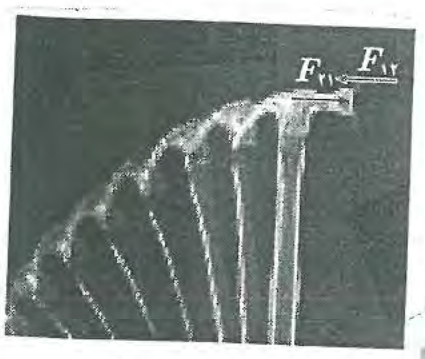
عقیل اسکندری ۰۹۱۲۳۶۸۲۵۸۰
دانلود از اپلیکیشن پارسی



نیروی الکتریکی دو بار همنام (غیر تماسی)



نیروی مغناطیسی دو قطب ناهمنام (غیر تماسی)



نیروی چکش بر میخ (تماسی)

$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

هم اندازه - هم راستا خلاف جهت

نیروهای کنش و واکنش

از یک نوع نیرو هستند

بر دو جسم وارد می‌شوند (برآیند ندارند)

مثال هائی دیگر برای قانون سوم نیوتون

قانون سوم نیوتون : وقتی فنری را می‌کشید، فنر نیز شما را می‌کشد. در برخورد راکت با توپ تنیس، راکت به توپ نیرو وارد می‌کند و توپ نیز به راکت نیرو وارد می‌کند. اگر شما دیوار را هل دهید. دیوار نیز شما را هل می‌دهد

نیروها همواره به‌صورت جفت وجود دارند. اگر یکی از این نیروها را کنش بنامیم، نیروی دیگر واکنش نامیده می‌شود.

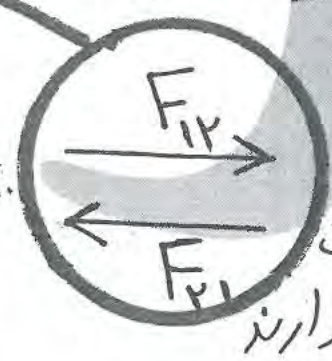
توجه داریم ممکن است نیروهای کنش و واکنش منجر به اثرات متفاوتی شود؛ مثلاً هنگام کوبیدن میخ در قطعه‌ای چوب، چکش به میخ نیرو وارد می‌کند و سبب فرورفتن میخ در چوب می‌شود. نیروی وارد از میخ به چکش حرکت چکش را کُند و متوقف می‌کند (شکل ۲ـ۵).

توجه کنید که نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می‌شوند و هم‌نوع‌اند؛ مثلاً هر دو الکتریکی‌اند، یا هر دو مغناطیسی‌اند یا هر دو گرانشی‌اند و یا . . . .

پرسش ۲ـ۵

شخصی در حال هل دادن جعبه‌ای سنگین روی سطح افقی است و این جعبه در جهت این نیرو 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؟

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس



F_{12} (دست بر جعبه)

F_{21} (جعبه بر دست)

یکی بر جعبه و یکی بر دست وارد شده پس برآیند ندارند

عقیل اسکندری

مثال ۲ـ۳

دو شخص به جرم‌های ۷۵/۰kg و ۵۰/۰kg با کفش‌های چرخ‌دار در یک سالن مسطح و صاف روبه‌روی هم ایستاده‌اند. شخص اول با نیروی ۱۰۰/۰N شخص دوم را به طرف راست هُل می‌دهد.

الف) شتابی که شخص دوم می‌گیرد چقدر است؟

ب) شتابی که شخص اول می‌گیرد چقدر است؟

پاسخ : از قانون سوم نیوتون می‌دانیم نیرویی که شخص اول به دوم وارد می‌کند ($\vec{F}_{۱۲}$) هم‌اندازه و در خلاف جهت نیرویی است که شخص دوم به اول وارد می‌کند ($\vec{F}_{۲۱}$). با انتخاب جهت مثبت محور x به طرف راست می‌توانیم بنویسیم :

$$\vec{F}_{۲۱} = -\vec{F}_{۱۲} \Rightarrow F_{۲۱} = F_{۱۲} = ۱۰۰/۰\text{N}$$

$$\vec{a}_۲ = \frac{\vec{F}_{۱۲}}{m} = \frac{(۱۰۰/۰\text{N})\,\vec{i}}{۵۰/۰\text{kg}} = (۲/۰۰\frac{\text{N}}{\text{kg}})\,\vec{i} = (۲/۰۰\text{m/s}^۲)\,\vec{i}$$

$$\vec{a}_۱ = \frac{\vec{F}_{۲۱}}{m} = \frac{-(۱۰۰/۰\text{N})\,\vec{i}}{۷۵/۰\text{kg}} = -(۱/۳۳\frac{\text{N}}{\text{kg}})\,\vec{i} = -(۱/۳۳\text{m/s}^۲)\,\vec{i}$$

توجه کنید نیروهای وارد بر هر دو نفر هم‌اندازه بوده است، اما به علت متفاوت بودن جرم‌ها، شتاب‌ها متفاوت شده است.

نکات این مثال

① امکان ندارد نیروی $F_{۱۲}$ با $F_{۲۱}$ هم اندازه نباشد

② اگر در این مثال یکی از طرفین دیوار بود باز هم فرقی نداشت

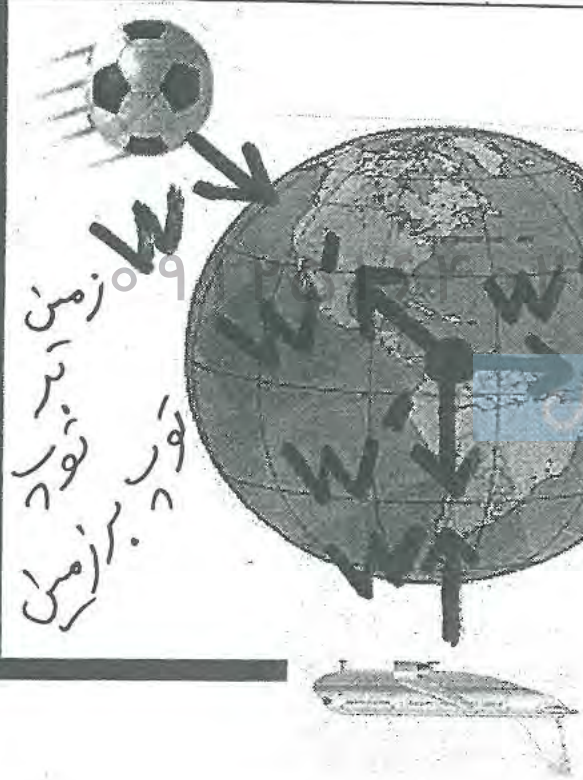
$F_{۲۱}=۱۰۰$

$۱۰۰=F_{۱۲}$ (بازهم شتاب فردها ن)

(مقدار قبلی می شود)

معرفی برخی نیروهای خاص

وزن یک جسم روی زمین نیروی گرانشی است که از طرف زمین بر جسم وارد می شود. (علت سقوط اجسام در اطراف زمین با نادیده گرفتن هوا) $\vec{W} = m\vec{g}$ (نیروی گرانشی است)



عکس العمل وزن به مرکز زمین وارد می شود، W' (هواره به طرف مرکز زمین)

نگاهی به جزوه ابتدای فصل (حتماً دوره کنید)

توجه داریم که جهت وزن و در نتیجه شتاب گرانشی همواره به طرف زمین (مرکز زمین) است. جرم یک جسم در مکان‌های مختلف ثابت است، اما وزن آن طبق رابطهٔ ۲ـ۳ به مقدار $\vec{g}$ در آن مکان بستگی دارد. مثلاً اگر جرم شخصی ۶۰/۰ kg باشد، در محلی که $g = ۹/۸۰ N/kg$ است، وزن آن ۵۸۸N و در بالونی که در ارتفاع زیاد حرکت می‌کند و در آن ارتفاع $g = ۹/۷۶ N/kg$ است تقریباً ۵۸۶N است. شتاب جاذبه در سطح زمین تقریباً ۹/۸N/kg است.

○ تمرین ۲ـ۱

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

ب) وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با نیروی گرانشی است که از طرف آن سیاره بر جسم وارد می‌شود. وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به‌دست آورید و با هم مقایسه کنید. ($g_{زمین} = ۹/۸ N/kg$ ، $g_{ماه} = ۱/۶ N/kg$ ، $g_{مریخ} = ۳/۷ N/kg$)

الف) $W = mg = (۰/۵ kg)(۹/۸ \frac{N}{kg}) = ۴/۹ N$ (وزن در زمین) (جرم ثابت)

ب) $W_{مریخ} = ۰/۵ \times ۳/۷ = ۱/۸۵ N$

$W_{ماه} = ۰/۵ \times ۱/۶ = ۰/۸ N$

توجه: ($g_{ماه} = ۱/۶$ ، $g_{زمین} = ۹/۸$) یعنی در شرایط مساوی

پاسخ دهید:

نیروی وزن به چه جسمی وارد می‌شود؟

نیروی مقاومت شاره چیست؟ (f_D) جهت آن چگونه است؟ به چه بستگی دارد؟

اگر جسم تندتر حرکت کند f_D چه تغییری می‌کند؟ آیا بر جسم ساکن هم وارد می‌شود

توجه کنید، حتی اگر جسم در حال سقوط آزاد نباشد باز هم نیروی وزن ($\vec{W}$) بر آن وارد می‌شود. مثلاً بر یک چترباز قبل از پرش، در حال سقوط و حتی هنگام رسیدن به زمین، نیروی وزن وارد شده و از رابطهٔ ۲ـ۳ به‌دست می‌آید.

نیروی مقاومت شاره: وقتی جسمی مانند یک توپ را از بالای ساختمانی رها می‌کنیم، علاوه‌بر وزن جسم، نیروی دیگری از طرف هوا به جسم در خلاف جهت حرکت وارد می‌شود. به‌طور کلی 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[1] و معمولاً آن را با $\vec{f}_D$ نشان می‌دهند[2]. نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم، تندی آن و... بستگی دارد. هرچه تندی جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد. همان‌طور که می‌دانیم اگر جسم در هوا حرکت کند، به این نیرو، نیروی مقاومت هوا می‌گویند.

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری

۱ـ توجه کنید، نیروی مقاومت شاره با نیروی شناوری که از سال دهم با آن آشنا هستید، متفاوت است.

۲ـ D سرواژهٔ Drag به معنای پسا (پس‌کشی) است.

دقت کنید: (مقاوم) پس کشی ← عقب کشی

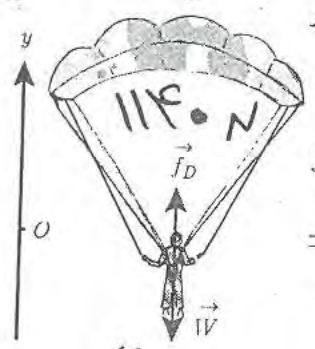
عقیل اسکندری

مثال ۲ـ۴

چتربازی به جرم ۶۰/۰kg مدتی پس از یک پرش آزاد، چترش را باز می‌کند. ناگهان نیروی مقاومت هوا به ۱۱۴۰N افزایش می‌یابد. شتاب چترباز را در این لحظه به‌دست آورید و حرکت آن را تحلیل کنید. برای سادگی g را ۱۰N/kg فرض کنید.

$g=10\ \frac{m}{s^2}$ فرض

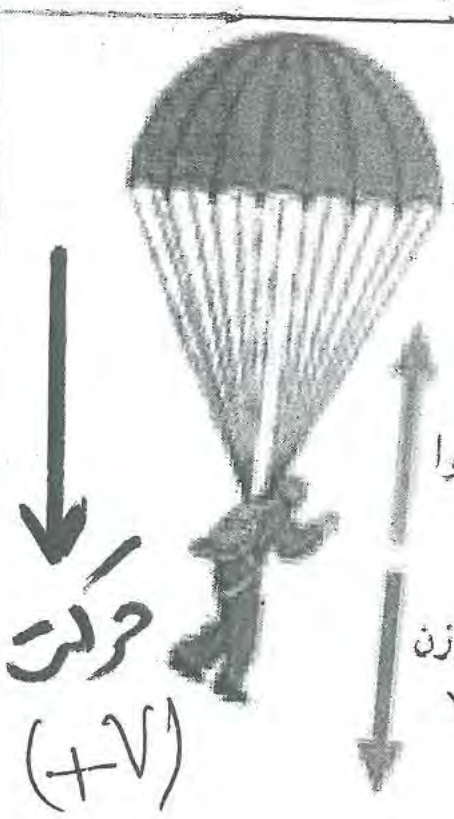
پاسخ : با توجه به شکل، نیروی وزن به طرف پایین و مقاومت هوا به طرف بالا است. اگر محور مختصات را رو به بالا انتخاب کنیم، برای محاسبهٔ شتاب چترباز در این حالت می‌توانیم بنویسیم :



$$f_D - W = ma \Rightarrow (1140\text{N}) - (60/0\text{kg})(10\frac{\text{N}}{\text{kg}}) = (60/0\text{kg})a$$

$$\Rightarrow a = \frac{540\text{N}}{60/0\text{kg}} = 9/0\text{m/s}^2$$

دراین روش (-۷) و (+a) است



$ma = \text{نیروی مانع} - \text{نیروی باعث حرکت}$

$(F_{net} = ma)$ حرکت

پیشنهاد می‌کنم این روش هم آموخته شود

$$W - f_D = ma$$

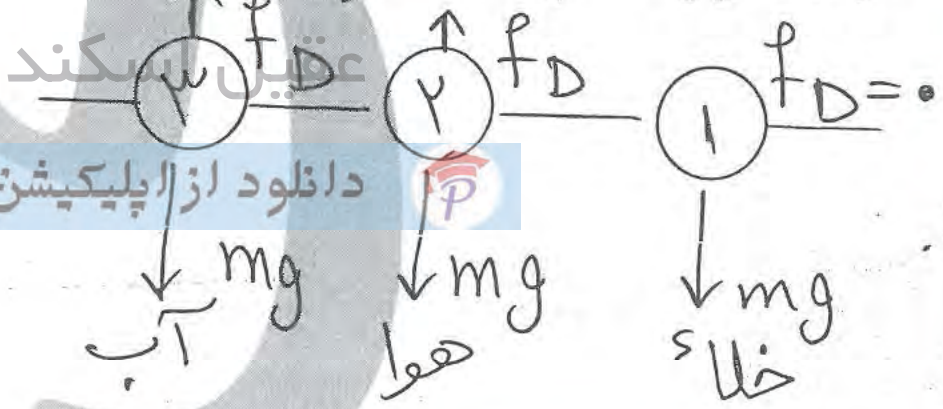
$$600 - 1140 = 60a$$

$$a = -9\ m/s^2$$ (حرکت کند شونده)

یک فلز کروی در خلاء و هوا و آب در یک ارتفاع مساوی قرار دارد و بدون سرعت اولیه رها می‌شود. در کدام حالت زودتر به انتهای مسیر می‌رسد؟

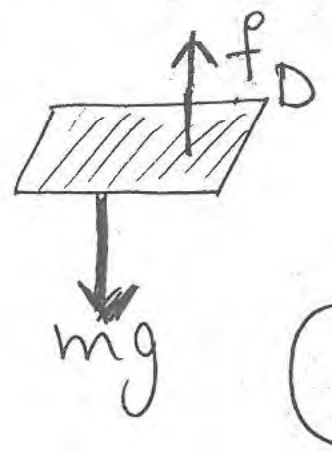
$t_3 > t_2 > t_1$

هرچه شاره غلیظ‌تر شود نیروی مقاومت بیشتر می‌شود (پس کشی)



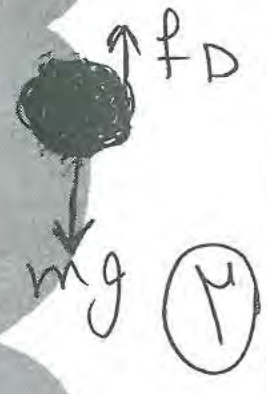
عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۳۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

یک ورقه کاغذ مسطح



(۱)

یک ورقه کاغذ مچاله



(۲)

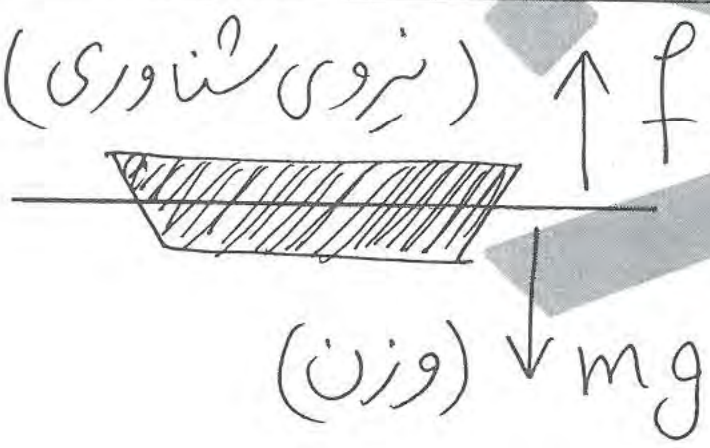
از یک ارتفاع در هوا بدون سرعت اولیه رها شدند کدام زودتر به زمین می رسد؟

$t_2 < t_1$

(مچاله) (مسطح) می شود

هرچه سطح تماس جسم با هوا زیاد شود نیروی مقاوم زیادتر

یک قایق روی سطح آب ساکن است علت چیست؟



$mg = f_b$

$f_D = 0$

در این حالت نیروی مقاومت هوا f_D یا پس کشی صفر است این نیرو فقط برای اجسام متحرک درون شاره وجود دارد.

$f_D = \frac{C\rho A V^2}{2}$ خارج از کتاب

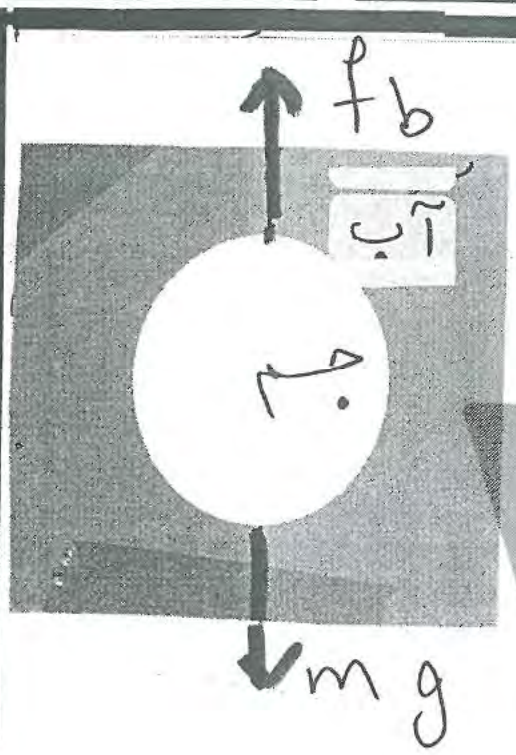
C ضریب مقاومت
A تماس سطح
V تندی جسم
ρ چگالی شاره

توجه: f_b (نیروی شناوری) چه جسم ساکن باشد چه متحرک چه بالا برود و چه پائین آید همواره وجود دارد و جهت آن مخالف mg است.

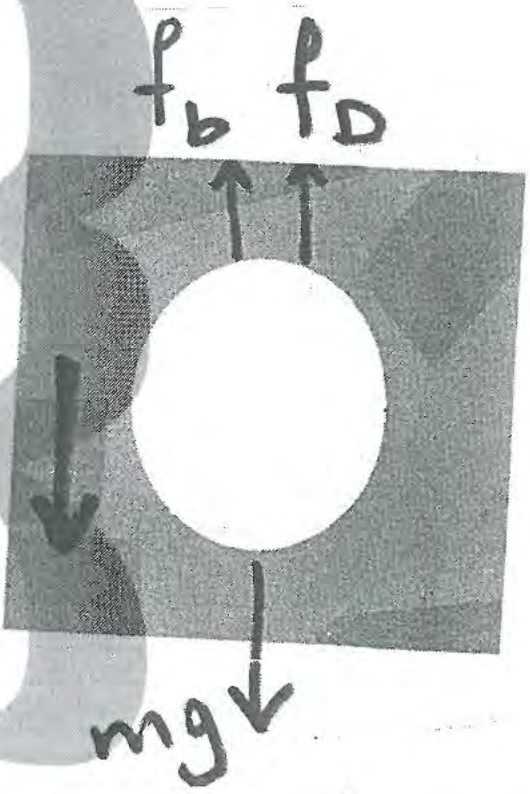
عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

یک جسم در وضعیت های مختلف

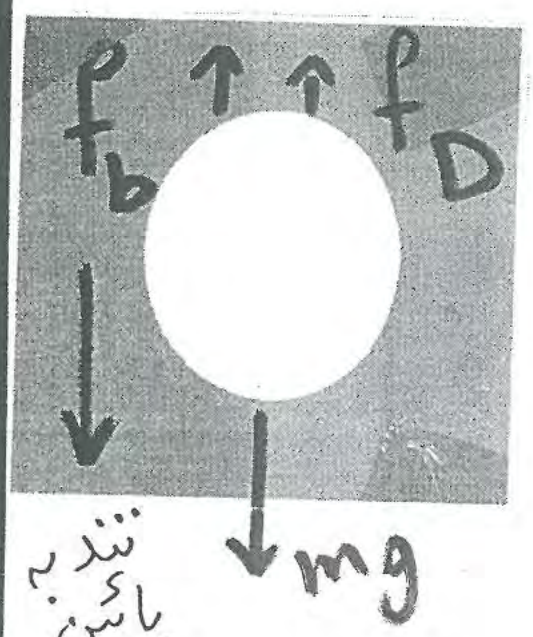
جسم غوطه ور در آب $(mg = f_b)$



$f_D = 0$
(جسم ساکن)



یکنواخت



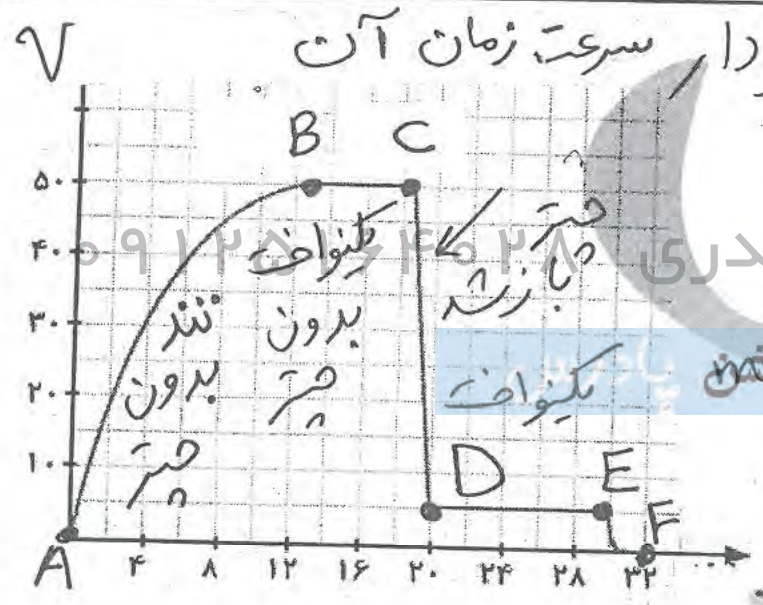
تندشونده به پایین

$mg > f_b + f_D$

$mg = f_b + f_D$

توجه : در این فصل f_b (شناوری) را در نظر نگرفته اند

مثال) چتربازی از هواپیما می پرد و نمودار سرعت زمان آن رسم شده است آن را توضیح کنید



t (۰ و ۱۲) ← هنوز چتر باز نشده

شتاب متغیر و سرعت زیاد می شود

t (۱۲ و ۱۹) ← حرکت می گردد در بازه

$t = 19$ چتر باز می شود. در یکنواخت t

t (۲۰ و ۳۰) حرکت یکنواخت. t (۳۰ و ۳۱) ← کند شونده

سرعت به شدت کم می شود و

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۲۵۲۴۶۲۸

حرکت کند شونده ↓ v_+

در این مثال :

$F_{net} = ma$

محرک − مقاوم $= ma$

$600 - 1140 = 60a$

$a = -9 \frac{m}{s^2}$

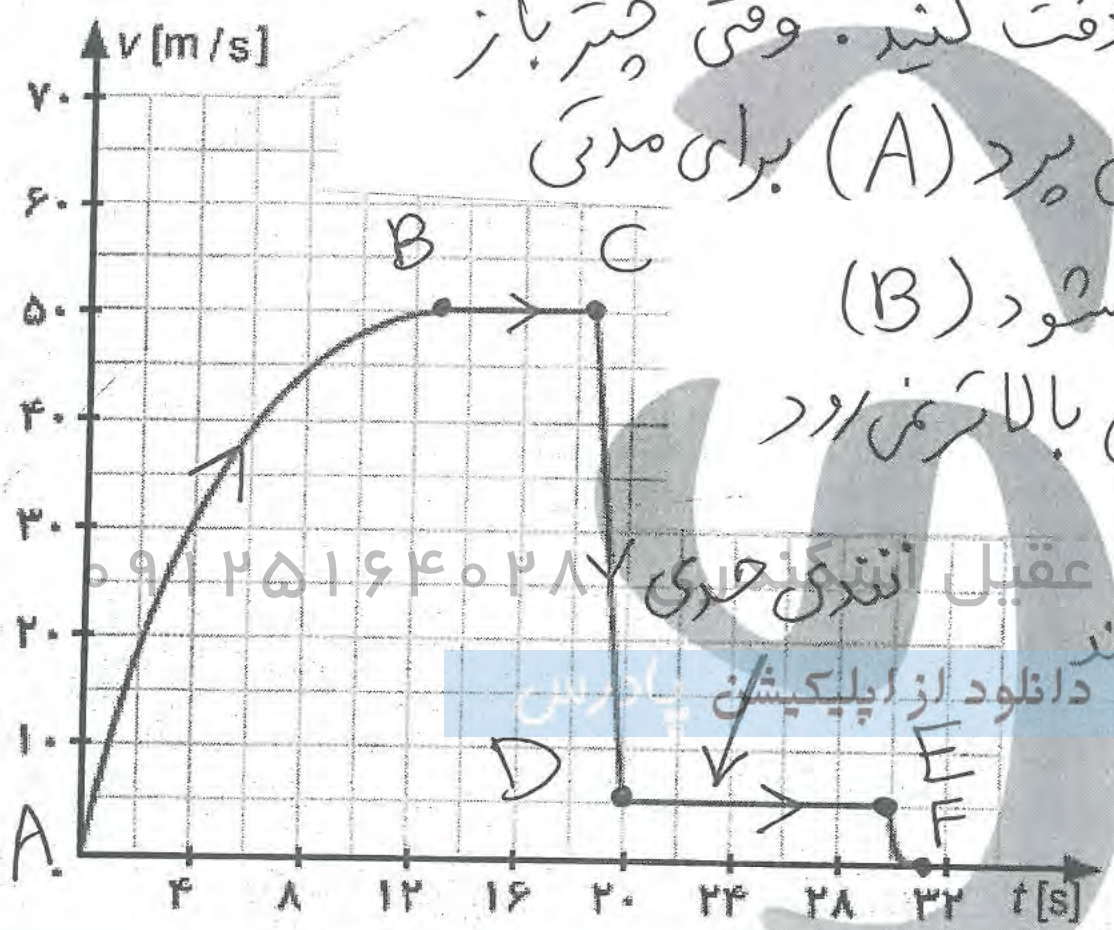
یعنی جهت بردار a و جهت بردار v مخالفند

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید شتاب چترباز در این حالت $9/0 m/s^2$ و رو به بالا، یعنی در خلاف جهت حرکت آن است. پس به‌تدریج تندی چترباز کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه نیروی مقاومت هوا نیز کم می‌شود تا اینکه نیروی مقاومت هوا و وزن هم‌اندازه شده و نیروهای وارد بر چترباز متوازن شوند. پس از این چترباز با تندی ثابتی موسوم به تندی حدی، به طرف پایین حرکت می‌کند. تندی حدی برای یک چترباز نوعی حدود $5/0 m/s$ و برای قطرات باران حدود $7/0 m/s$ است.

تندی حدی چیست؟ تقریباً چند $\frac{m}{s}$ است؟

مجدداً در این نمودار دقت کنید. وقتی چترباز از هواپیما بیرون می‌پرد (A) برای مدتی سرعت بسیار زیادی می‌شود (B) ولی از یک عدد خاص بالاتر نمی‌رود (BC یکنواخت)

در C چتر را باز می‌کند f_D آنقدر زیاد می‌شود تا با mg برابر شود



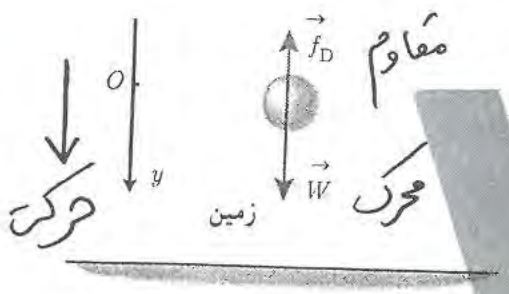
پس از D تا E ← $mg = f_D$ ← یکنواخت ← تندی حدی = V

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸۷
دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۲ـ۵

دو گوی هم‌اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است ($m_۲ = ۲m_۱$) از بالای برجی به ارتفاع h به‌طور هم‌زمان رها می‌کنیم. با فرض اینکه نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی ثابت و یکسان باشد، تندی برخورد کدام گوی با زمین بیشتر است؟

پاسخ : بر این گوی‌ها، دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می‌شود. طبق قانون دوم نیوتون، نیروی خالص وارد بر گوی 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 گوی‌ها، جهت مثبت محور y را به‌طرف پایین انتخاب می‌کنیم :



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

یعنی با درنظرگرفتن مقاومت هوا، هر چه m بیشتر باشد، شتاب حرکت بیشتر است.

در نتیجه $a_۲ > a_۱$ است.

طبق رابطهٔ سرعت ـ جابه‌جایی می‌توانیم بنویسیم :

$$v^۲ - v_۰^۲ = ۲a\Delta y \Rightarrow v^۲ - ۰ = ۲ah \Rightarrow v = \sqrt{۲ah} \Rightarrow v_۲ > v_۱$$

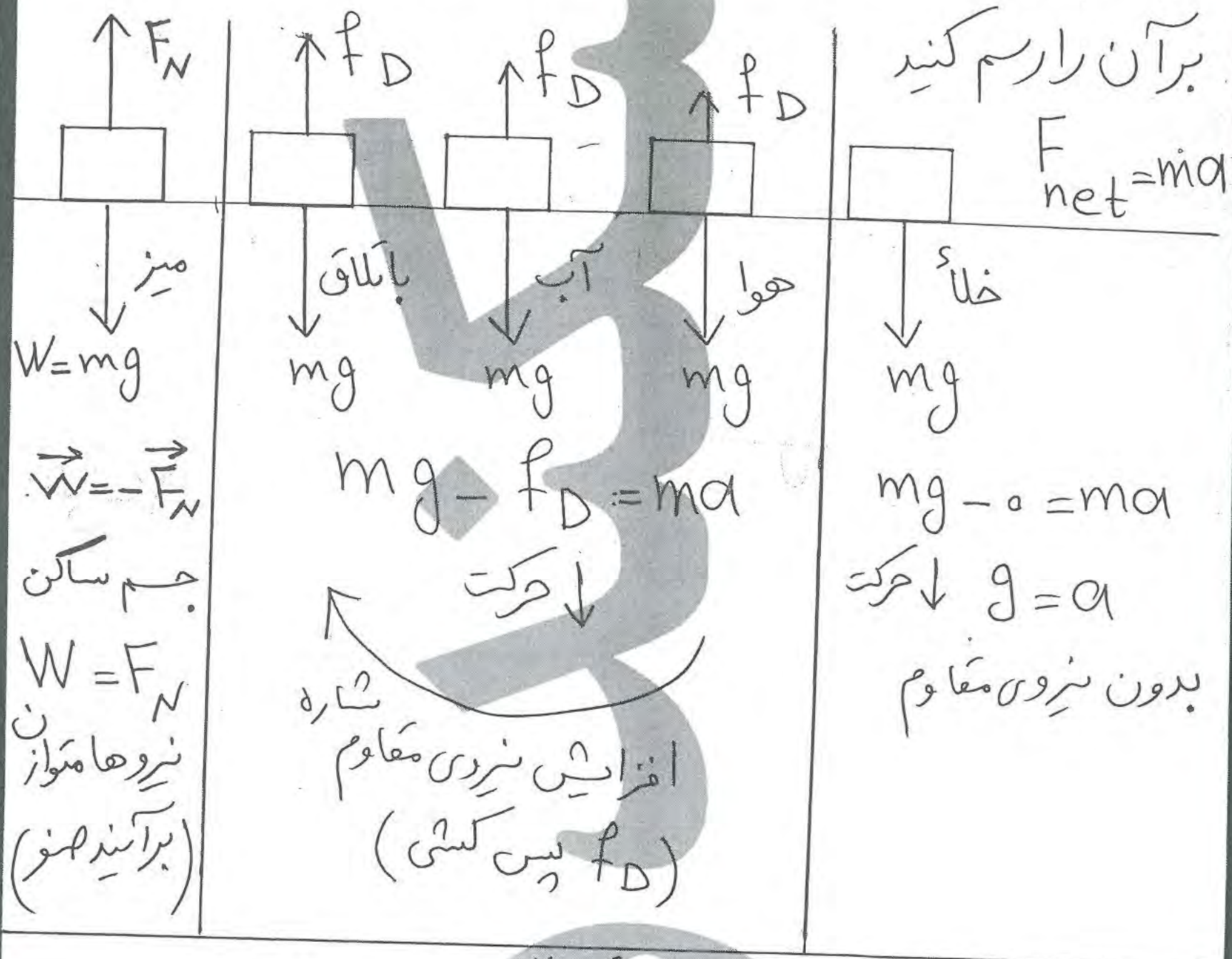
یعنی در این مثال تندی برخورد گوی سنگین‌تر، بیشتر از گوی سبک‌تر است.

عقیل اسکندری
۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

تمرین ۲ـ۲

اگر در مثال ۲ـ۵ از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، سرعت برخورد گوی‌ها با زمین را با هم مقایسه کنید.

یک جعبه در وضعیت‌های مختلف وجود دارد نیروهای وارد بر آن را رسم کنید

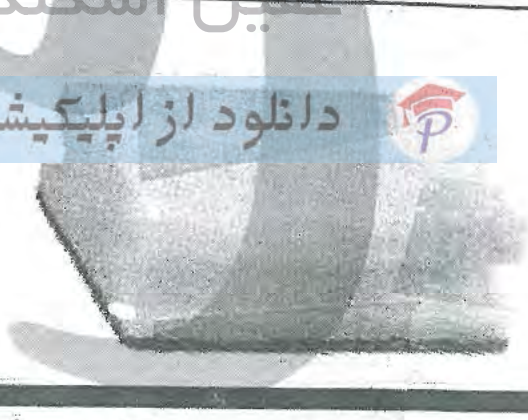


F_N نیروی عمودی سطح (تکیه گاه) نام دارد.

علت نیروی عمودی سطح ← 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 به‌خوبی دیده می‌شود. حتی یک زمین به‌ظاهر سفت و سخت نیز وقتی جسمی روی آن قرار می‌گیرد، تغییر شکل می‌دهد. این تغییر شکل مربوط به نیروهای بین مولکولی است که در فیزیک ۱ با آن آشنا شدید.

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

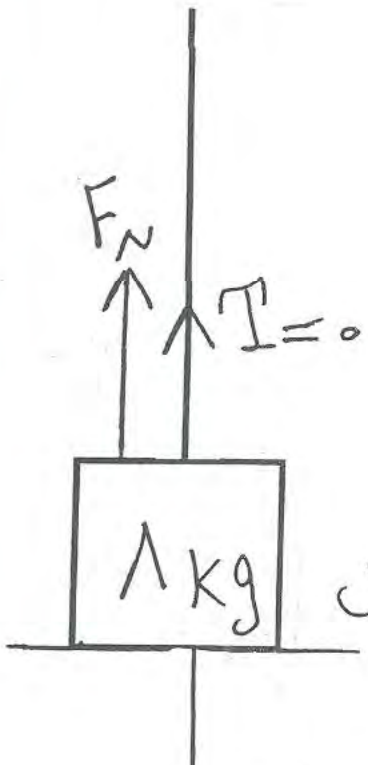
تغییر شکل اسفنج با نیروی خارجی



اسفنج بدون نیروی خارجی

وقتی به سطح اسفنج نیرو وارد شود F_N به بالا وارد می‌کند و در یک لحظه $F=F_N$

در شکل نخ شُل است، نیروی عمودی سطح را محاسبه کنید.



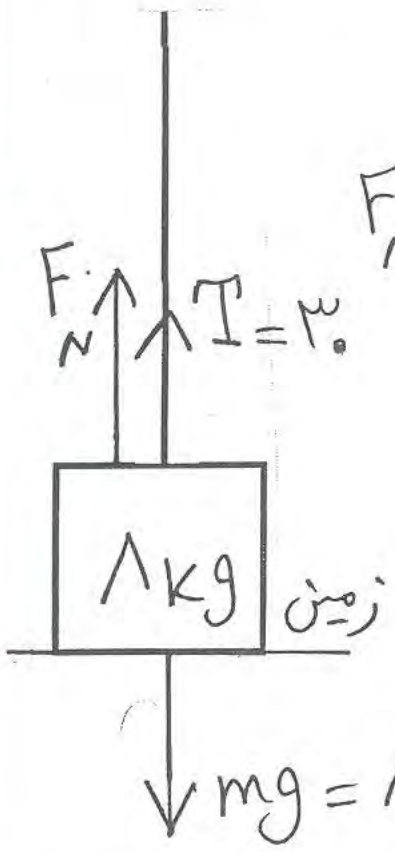
جسم ساکن

$F_{net} = ma$

صفر

$F_N = mg = 80\ N$

اگر کشش نخ $30\ N$ باشد F_N=?



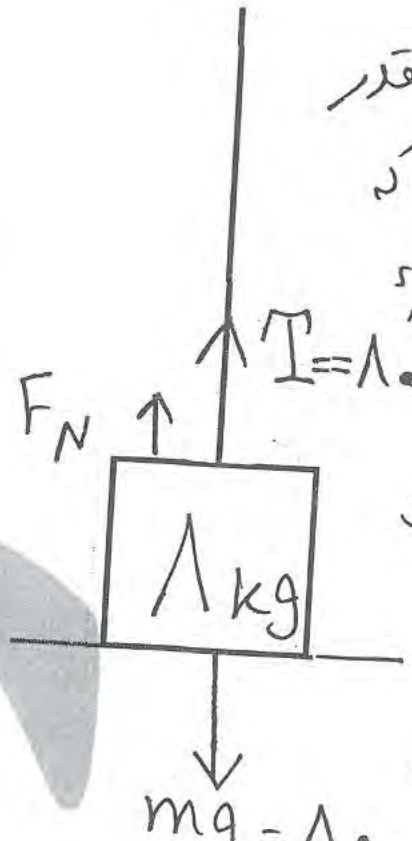
جسم ساکن

$F_N + T = mg$

$F_N = 80 - 30$

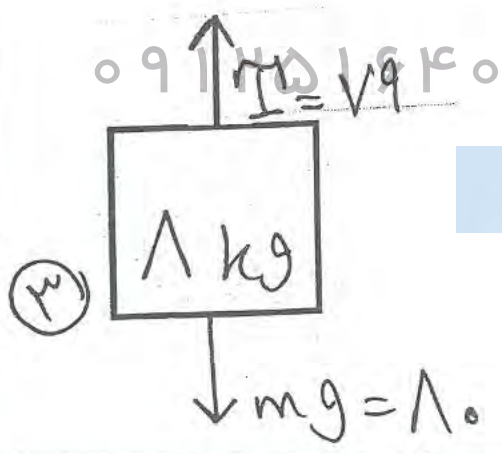
$F_N = 50\ N$

T را آنقدر زیاد می کنیم که جسم در لحظهٔ جدا شدن از زمین است F_N=?



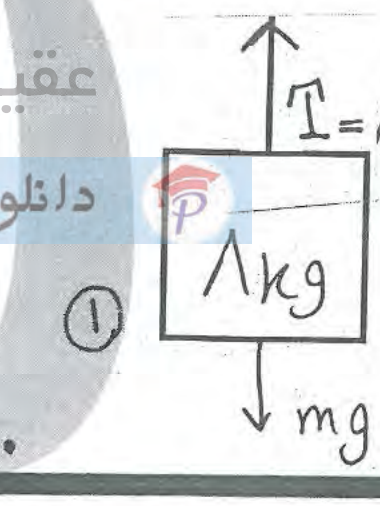
در این حالت $F_N = 0$

اگر از حالت ① به ② به ③ برویم چه پیش می آید؟



حرکت ↑ کندشونده $a-$

حرکت ↑ یکنواخت $a=0$



حرکت ↑ تندشونده $a+$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۳۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

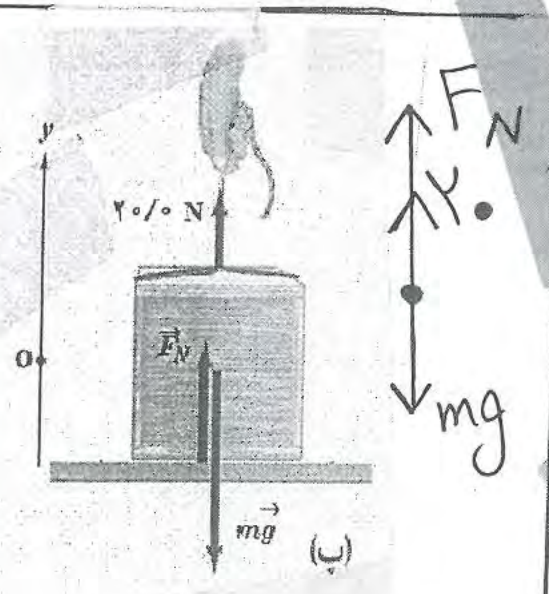
○ تمرین ۲ـ۳

همانند شکل، جعبه‌ای به جرم ۴/۰kg روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت‌های نشان داده شده به‌دست آورید.

$F_{net} = ma$

نیروهای متوازن $\rightarrow F_{net} = 0$

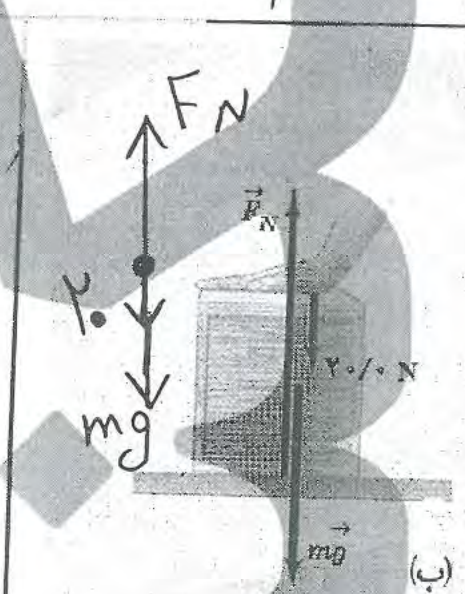
مقاوم = محرک



F_N
۲۰
mg

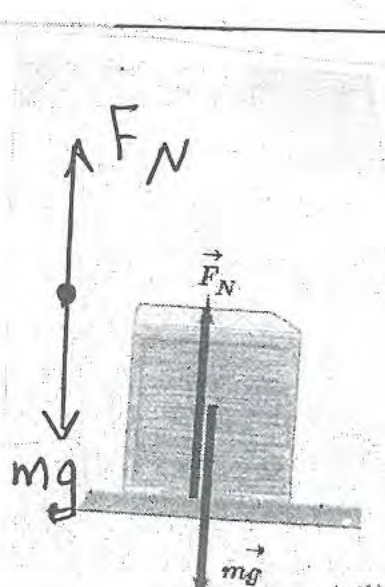
$F_N + ۲۰ = mg$

$F_N = ۴۰ - ۲۰ = ۲۰$ N

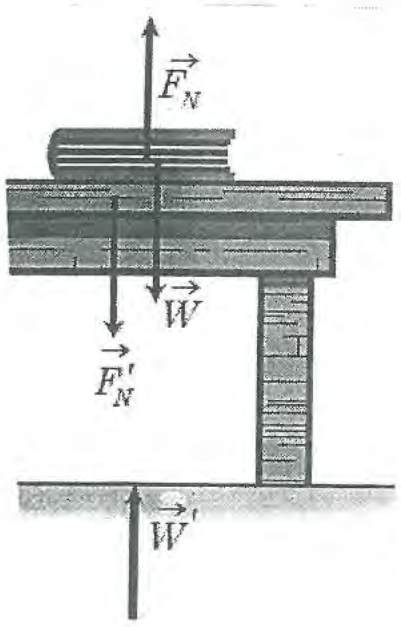


$F_N = mg + ۲۰$

$F_N = ۶۰$ N



$F_N = mg = ۴۰$ N



نیروی عمودی تکیه‌گاه از طرف سطح به جسمی که روی آن قرار دارد وارد می‌شود، بنابراین واکنش این نیرو $\vec{F}'_N$ به‌صورت عمودی و در خلاف جهت $\vec{F}_N$ از طرف جسم به سطح وارد می‌شود (شکل ۲ـ۸). همچنین واکنش نیروی وزن ($\vec{W}'$) نیرویی است که از طرف جسم به زمین و در خلاف جهت $\vec{W}$ وارد می‌شود.

F_N : نیروی عمودی سطح تکیه‌گاه بر جسم ← عکس‌العمل

F'_N : نیروی عمودی جسم بر سطح تکیه‌گاه

W : نیروی زمین بر جسم (وزن) ← عکس‌العمل

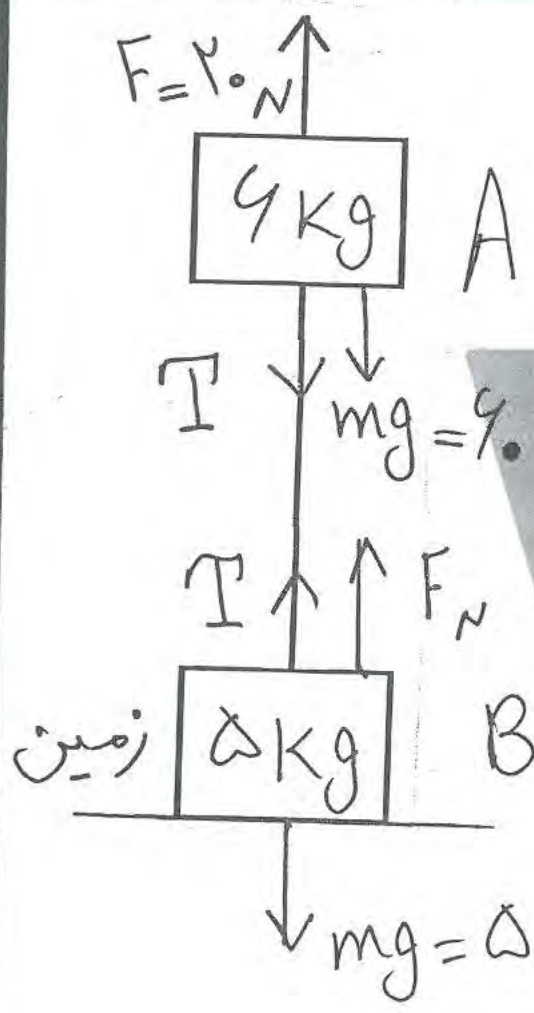
W' : نیروی جسم بر زمین

توجه: در این مثال F_N و W هم اندازه هستند ولی کنش - واکنش نیستند زیرا از یک نوع نیرو نیستند

F_N ← الکترومغناطیسی W ← گرانشی

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

در شکل روبرو کشش نخ و نیروی عمودی سطح را بدست آورید.



① وزن $= B + A = 110$

② $110 > F$

③ F برای بلند شدن کل دستگاه از زمین کافی نیست

④ $60 > F$ (60 وزن A) یعنی F برای نگاه داشتن A هم کافی نیست

⑤ A به پایین حرکت می‌کند و B ساکن است

(در مورد A) $F_{net} = ma$

$mg - F_N = ma$

$60 - 20 = 6a$

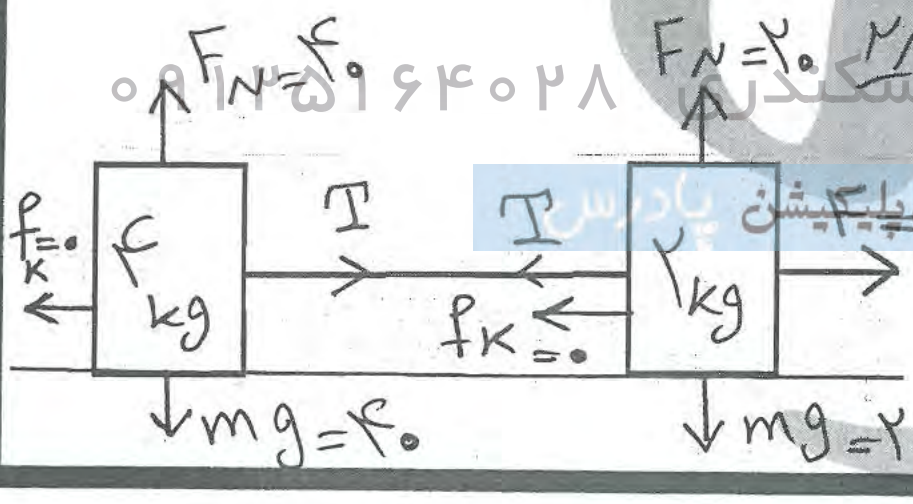
$a = \frac{40}{6}\ m/s^2$ (به پایین)

(در مورد B) $F_{net} = ma$

ساکن $F_N = mg$

$F_N = 50\ N$

در شکل سطح صیقلی است شتاب و کشش نخ را بدست آورید.



۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

$F_{net} = ma$

$12 - (T + 0) = 2a$

$T - 0 = 4a$

$12 = 6a \rightarrow a = 2$

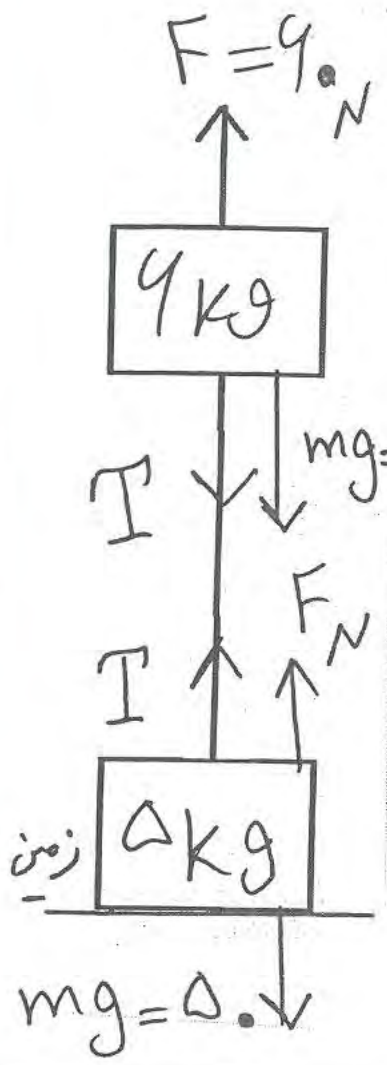
$a = 2 \rightarrow T = 8$

تحلیل نیروهای شکل

$F_{net} = ma$

جسم بالایی $F = mg = ۶۰ \longrightarrow a = ۰$ ساکن

$T = ۰$



جسم پایینی ساکن $T + F_N = mg$

$۰ + F_N = ۵۰$

$F_N = ۵۰$ N

توجه: نخ در آستانه گسل شدن

$F_{net} = ma$

محرک − مقاوم $= ma$

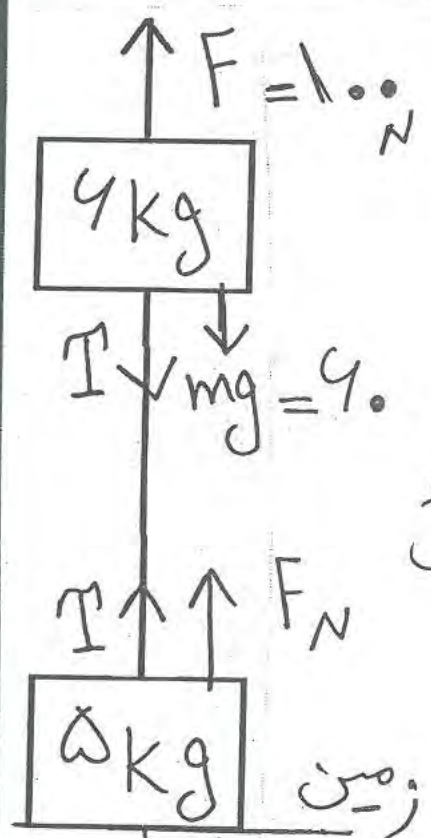
$۱۰۰ < ۶۰ + ۵۰$ (هردو ساکن)

جسم بالایی $۱۰۰ - (T + ۶۰) = ۶a$ (صفر)

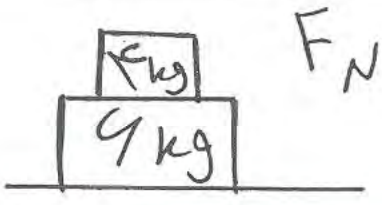
$T + ۶۰ = ۱۰۰ \longrightarrow T = ۴۰$ N

$T + F_N = ۵۰$

جسم پایینی $۴۰ + F_N = ۵۰ \longrightarrow F_N = ۱۰$ N

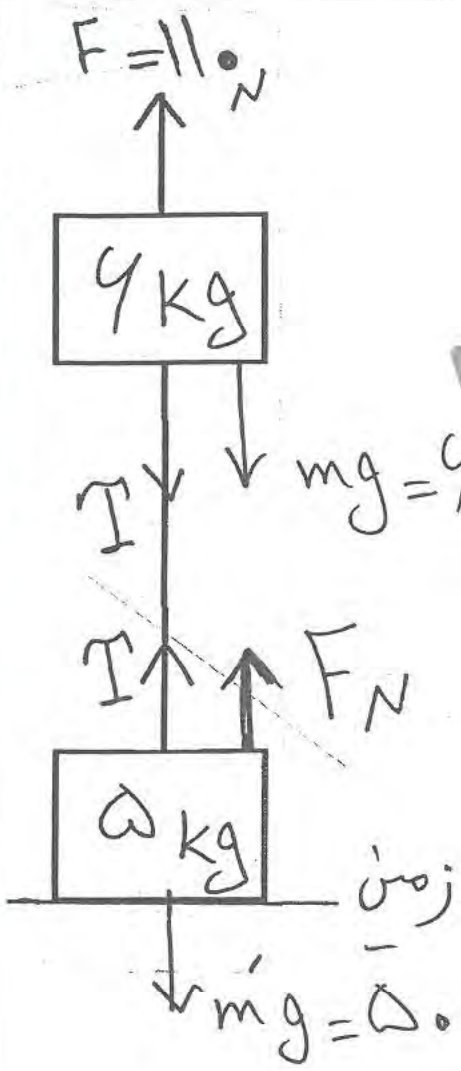


نیروی عمودی سطح هر جعبه چنداست؟



$F_N = ۱۰۰$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس



تحلیل شکل

$F = mg + m'g$

$110 = 60 + 50$

دستگاه در آستانه جدا شدن از زمین ولی هنوز ساکن است:

$a = 0$

$F_{net} = ma$

محرک − مقاوم = ma (صفر)

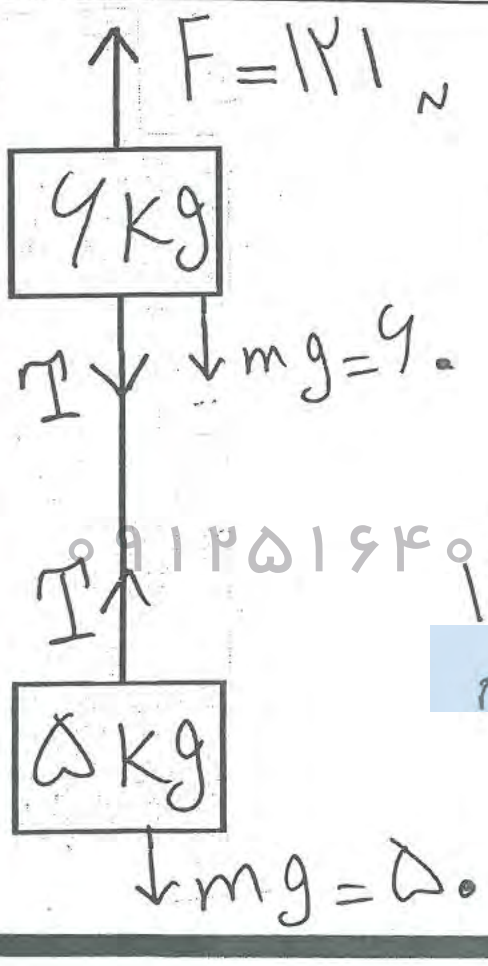
$110 - (T + 60) = 6a$ (صفر)

$T = 50\ N$

$F_N + T - m'g = 5a$ (صفر)

$F_N + 50 - 50 = 0$

$(F_N = 0)$ (جسم در حالت مماس بر زمین)



در این مثال F از وزن کل بیشتر است پس هر دو جسم از زمین جدا شدند و $F_N = 0$ می‌گردد

$F_{net} = ma$

محرک − مقاوم = ma

$121 - (T + 60) = 6a$

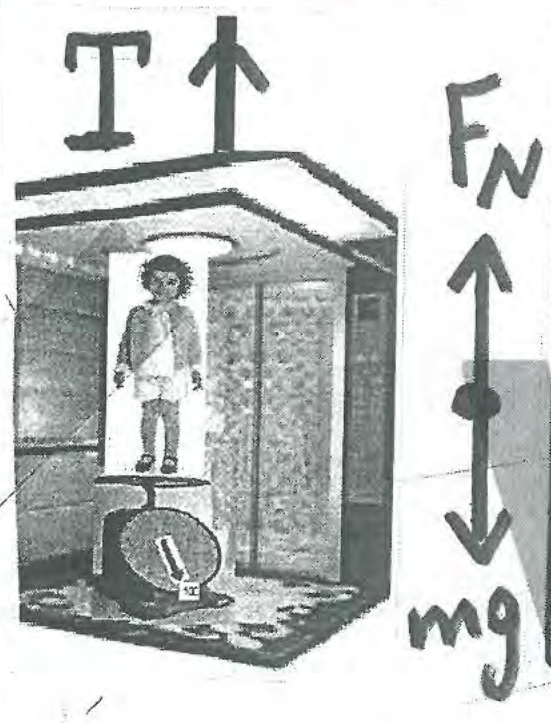
$T - (50) = 5a$

$11 = 11a$

$a = 1\ m/s^2 \longrightarrow T = 55\ N$

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

ک ۱۲	ف ۲	ص ۲۸	عقیل اسکندری



کودکی به جرم m روی یک ترازوی فنری (عقربه ای یا باسکول) درون یک بالابر (آسانسور) ایستاده است در هر حالت عددی که عقربه نشان می دهد را با وزن کودک مقایسه کنید

$F_{net} = ma$

الف) آسانسور ساکن است: $a = 0 \longrightarrow mg = F_N$

وزن ظاهری و وزن واقعی برابرند.

ب) آسانسور یکنواخت پائین می رود:

محرک − مقاوم $= ma \xrightarrow{a=0} mg = F_N$

وزن ظاهری و وزن واقعی برابرند.

پ) آسانسور با سرعت ثابت بالا می رود:

محرک − مقاوم $= ma \xrightarrow{a=0} mg = F_N$

وزن ظاهری و وزن واقعی برابرند.

ت) آسانسور از حال سکون شروع به حرکت به بالا می کند

محرک − مقاوم $= ma \longrightarrow F_N - mg = ma$

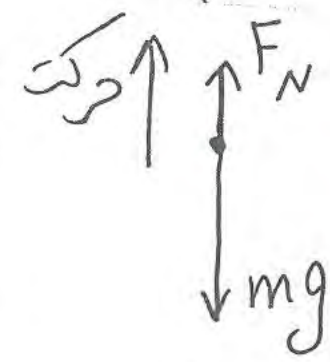
$F_N = mg + ma = m(g + a) \xrightarrow[(a+)\ \text{تند شونده}]{} F_N > mg$

وزن ظاهری بیش از وزن واقعی است و کودک احساس سنگینی دارد

(وزن ظاهری (F_N) همان عددی است که نیروسنج نشان می دهد)

عقیل اسکندری ۰۹۱۳۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

ث) آسانسور که رو به بالا حرکت می‌کرد، ترمز کرد



محرک − مقاوم = ma

$F_N - mg = ma$

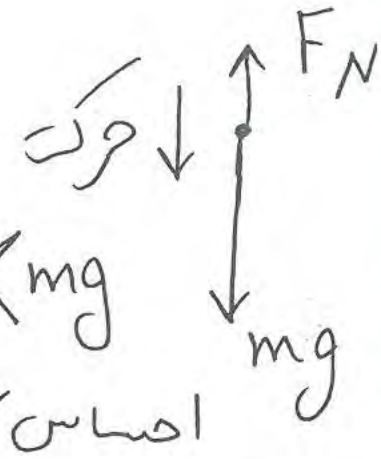
$F_N = m(g + a) \xrightarrow[\text{احساس سبکی}]{a-} F_N < mg$ کندشونده

ج) آسانسور با حرکت تندشونده پائین می‌رود

محرک − مقاوم = ma

$mg - F_N = ma$

$F_N = m(g - a) \xrightarrow[\text{شونده}]{\text{تند}\ a+} F_N < mg$



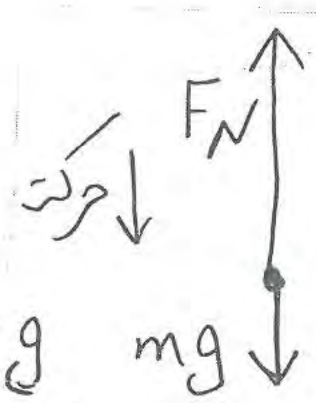
احساس سبکی

چ) آسانسور با حرکت کندشونده پائین می‌رود

محرک − مقاوم = ma

$mg - F_N = ma$

$F_N = m(g - a) \xrightarrow[\text{شونده}]{\text{کند}\ a-} F_N > mg$



احساس سنگینی

جمع بندی آسانسور

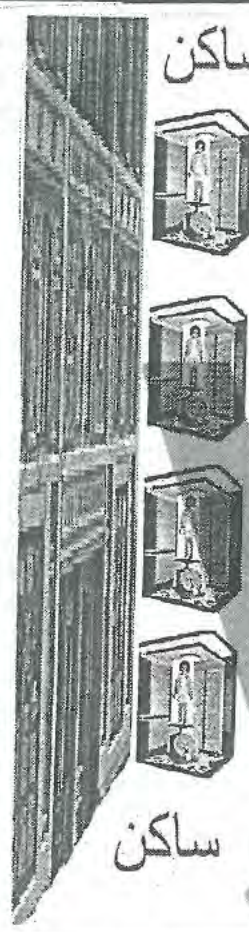
$F_N = m(g + a) = mg + ma$ ↑

عدد ترازو — بالا رفتن — وزن واقعی — نیروی برآیند

$F_N = m(g - a) = mg - ma$ ↓

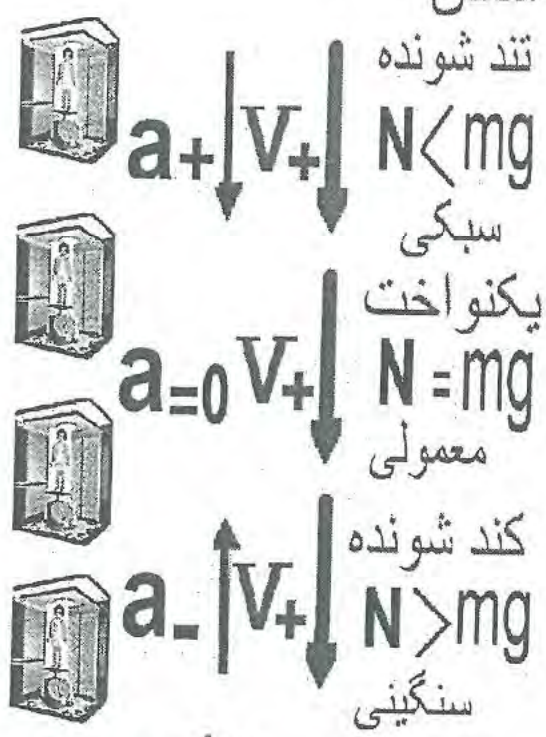
پائین آمدن

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس



طبقهٔ بالا

طبقهٔ پائین



مثال) فردی که وزنش ۶۰۰ N است روی یک ترازوی فنری درون آسانسوری که بالای رود ایستاده است و عدد ترازو ۵۴۰ N را نشان می دهد: (الف) شتاب حرکت و نوع حرکت آسانسور (ب) اگر در همین وضعیت حرکت رو به پائین بود عدد ترازو چند بود (پ) اگر جرم اتاقک آسانسور ۹۴۰ kg باشد در همان حالت اولیه کشش کابل را محاسبه کنید $g=10\ m/s^2$

$mg=600 \rightarrow m=60\ kg$

$F_{net}=ma$

الف) بالا می‌رود $\rightarrow F_N-mg=ma \rightarrow 540-600=60a$

$a=-1\ m/s^2$ (حرکت رو به بالا و کند شونده است)

ب) پائین می‌آید $\rightarrow mg-F_N=ma \rightarrow 600-F_N=60(-1)$

$F_N=660\ N$ (در این حالت ۶۰ N احساس سنگینی دارد.)

پ) کل اتاق $M=60+940=1000\ kg$

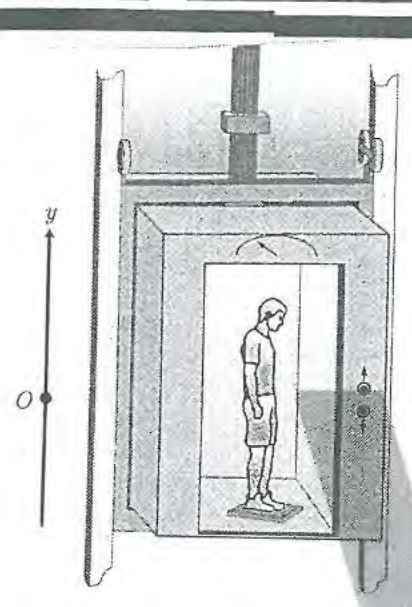
$T-Mg=Ma \rightarrow T=10000+1000(-1)=9000\ N$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرسی

عقیل اسکندری

مثال ۲ـ۶

شخصی درون آسانسوری ساکن، روی یک ترازوی فنری ایستاده است. در این حالت ترازو عدد ۵۸۸N را نشان می‌دهد. الف) جرم شخص چند کیلوگرم است؟ ب) وقتی آسانسور شتاب رو به بالای $۲/۰۰ m/s^۲$ دارد، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ پ) وقتی آسانسور شتاب رو به پایین $۲/۰۰ m/s^۲$ دارد ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ ت) اگر کابل آسانسور پاره شود و آسانسور سقوط آزاد کند، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ $(g = ۹/۸۰ N/kg)$



پاسخ : بر شخص نیروی وزن به طرف پایین و نیروی عمودی سطح به طرف بالا وارد می‌شود. جهت مثبت محور y را رو به بالا انتخاب می‌کنیم و از قانون دوم نیوتون برای پاسخ به قسمت‌های مختلف استفاده می‌کنیم.

الف) در حالتی که آسانسور ساکن است می‌توانیم بنویسیم :

$$F_N - W = ma = ۰ \Rightarrow F_N = W = mg$$

توجه داریم نیروسنج نیروی وارد بر خودش یعنی F'_N که واکنش F_N است را نشان می‌دهد. پس نیروسنج اندازهٔ F_N را در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد.

$$F'_N = ۵۸۸N \Rightarrow F_N = F'_N = ۵۸۸ N \,,\; F_N = W = mg \Rightarrow ۵۸۸ N = m\,(۹/۸۰ N/kg) \Rightarrow m = ۶۰/۰ kg$$

ب)

$$F_N - W = ma \rightarrow F_N = mg + ma = (۶۰/۰kg)(۹/۸۰\ N/kg) + (۶۰/۰kg)(۲/۰۰ N/kg)$$

$$F_N = ۷۰۸N$$

یعنی در این حالت، ترازو عددی بزرگ‌تر از اندازهٔ وزن را نشان می‌دهد.

پ)

$$F_N - W = ma \Rightarrow F_N - mg = ma \Rightarrow F_N = mg + ma = m\,(g+a)$$

جهت شتاب رو به پایین است.

$$F_N = (۶۰/۰kg)\,(۹/۸۰ \frac{N}{kg} - ۲/۰۰ \frac{N}{kg}) = ۴۶۸N$$

یعنی در این حالت ترازو، عددی کوچک‌تر از اندازهٔ وزن را نشان می‌دهد.

ت) وقتی کابل آسانسور پاره شود، آسانسور سقوط آزاد می‌کند و شتاب آن برابر g و رو به پایین است.

$$F_N - W = ma \rightarrow F_N = mg + ma = m(g-g) = ۰$$

یعنی در سقوط آزاد، نیروی عمودی سطح صفر است. به عبارت دیگر ترازو عدد صفر را نشان می‌دهد.

توجه این مثال نمی‌گوید آسانسور بالا می‌رود یا پائین بلکه گفته شتاب رو به بالا و شتاب رو به پائین است

$F_{net} = ma$ → محرک

شتاب به بالا $+a$

شتاب به پائین $-a$

مقاوم $= ma$

$F_N - mg = ma$

$F_N = mg + ma$

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

(یعنی در همه موارد این مثال حرکت رو به بالاست)

پرسش ۲ـ۶

در مثال ۲ـ۶، در هر یک از حالت‌های زیر، عددی را که ترازوی فنری نشان می‌دهد با وزن شخص مقایسه کنید.

الف) آسانسور به طرف بالا شروع به حرکت کند.

ب) آسانسور به طرف پایین شروع به حرکت کند.

پ) آسانسور در حالی که به طرف بالا حرکت می‌کند، متوقف شود.

ت) آسانسور در حالی که به طرف پایین حرکت می‌کند، متوقف شود.

(شروع به حرکت یعنی حرکت تندشونده)

توقف ← کندشدن

$F_{net} = ma$

محرک − مقاوم $= ma$

الف)

F_N

mg

$F_N - mg = ma$

تندشونده $(a+) \longrightarrow F_N = mg + m(+a)$

$F_N > mg$ احساس سنگین

ب)

$mg - F_N = ma$

تندشونده $(a+) \longrightarrow F_N = mg - m(+a)$

$F_N < mg$ احساس سبک

پ)

$F_N - mg = ma$

کندشونده $(a-) \longrightarrow F_N = mg + m(-a)$

$F_N < mg$ احساس سبک

ت)

$mg - F_N = ma$

کندشونده $(a-) \longrightarrow F_N = mg - m(-a)$

$F_N > mg$ احساس سنگین

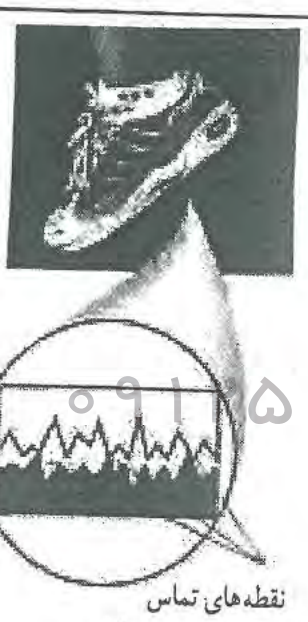
۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

نیروی اصطکاک: 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.

اگر یک خودروی ساکن بر سطح افقی خیابان را هُل دهید، و نتوانید آن را به حرکت درآورید، در این حالت نیرویی در خلاف جهت هُل دادن شما بین لاستیک‌ها و سطح به وجود آمده است که با حرکت خودرو مخالفت می‌کند (شکل ۲ـ۹). این نیرو، نمونه‌ای از نیروی اصطکاک ایستایی است و آن را با f_s نشان می‌دهند. حال خودروی در حال حرکتی را در نظر بگیرید که راننده‌اش ترمز کرده و چرخ‌های خودرو قفل شده است. سرعت خودرو کاهش پیدا می‌کند و پس از طی مسافتی متوقف می‌شود. در این حالت نیز نیرویی در خلاف جهت حرکت از طرف سطح بر خودرو وارد می‌شود. این نیرو، نمونه‌ای از نیروی اصطکاک جنبشی است و آن را با f_k نشان می‌دهند.

نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم، و زبری و نرمی آنها و... بستگی دارد؛ مثلاً اصطکاک بین کفش و سطح زمین به جنس زیرهٔ کفش و سطحی که روی آن حرکت می‌کنیم بستگی دارد. نیروی اصطکاک بین دو جسم به علت ناهمواری‌های محل تماس دو جسم ایجاد می‌شود (شکل ۲ـ۱۰). حتی سطوحی که بسیار هموار به‌نظر می‌آیند، ناهمواری‌های میکروسکوپی بسیاری دارند که سبب اصطکاک می‌شوند.

نیروی اصطکاک عمدتاً به‌عنوان نیروی اتلافی شناخته می‌شود، با وجود این در زندگی روزمره لازم است. نگه‌داشتن یک قلم در دست، نوشتن، راندن خودرو، قدم زدن و دویدن، ترمز کردن و... بدون اصطکاک ممکن نیست. بدون اصطکاک حتی ایستادن ناممکن است، زیرا کمترین جابه‌جایی سبب لغزیدن و افتادن می‌شود.



عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پیام درس

① نیروی اصطکاک چیست؟
② آیا جسم ساکن هم نیروی اصطکاک دریافت می‌کند؟
③ نیروی اصطکاک ایستائی چیست؟
④ نیروی اصطکاک جنبشی چیست؟
⑤ جهت نیروی اصطکاک چگونه است؟
⑥ اندازه نیروی اصطکاک به چه بستگی دارد؟
⑦ علت ایجاد نیروی اصطکاک چیست؟
⑧ آیا یک جسم هموار هم اصطکاک دارد؟
⑨ آیا نیروی اصطکاک کاربرد مفیدی هم دارد؟

وقتی ماشین را هُل می‌دهیم و حرکت نمی‌کند، اصطکاک ایستائی

وقتی حرکت می‌کند اصطکاک جنبشی وجود دارد

ولی هم f_s و هم f_k مخالف F هستند

نگاه میکروسکوپی

به علت اصطکاک

پرسش ۲ـ۷

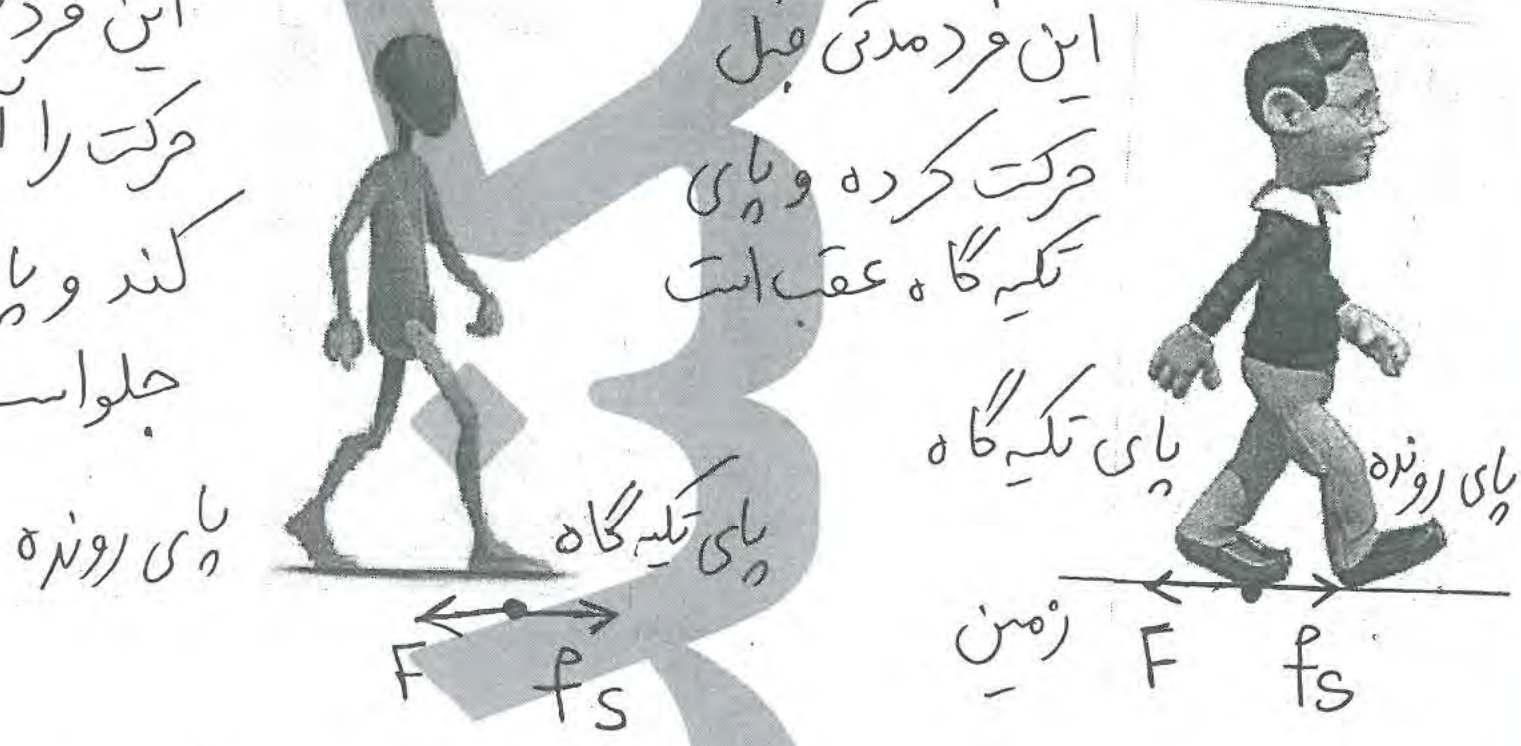
الف) بر اساس قانون سوم نیوتون و آنچه از اصطکاک آموختید، توضیح دهید راه رفتن با شروع از حالت سکون چگونه انجام می‌شود؟

ب) چرا راه رفتن روی یک سطح سُر مانند سطح یخ به‌سختی ممکن است؟

الف ـ منظور از شروع حرکت در راه رفتن

این فرد مدتی قبل حرکت کرده و پای تکیه‌گاه عقب است

این فرد می‌خواهد حرکت را آغاز کند و پای تکیه‌گاه جلو است

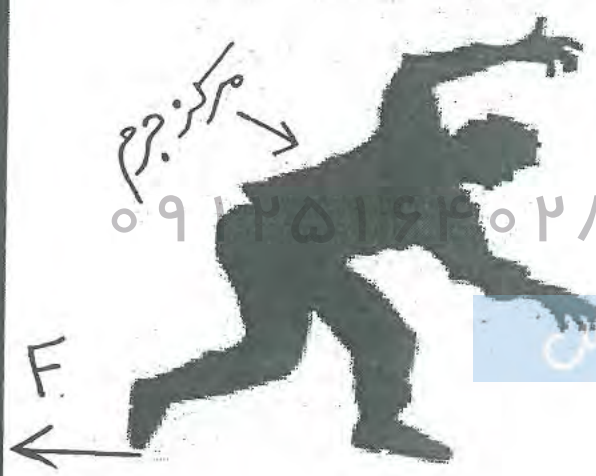


F نیروی پا بر سطح افق رو به عقب و f_s نیروی سطح افق بر پا

شرط حرکت $F = f_s$ (پای تکیه‌گاه باید ثابت باشد)

همین که پای رونده به زمین رسید، به پای تکیه‌گاه تبدیل می‌گردد.

ب ـ در سطوح کم اصطکاک وقتی پای تکیه‌گاه F را به عقب وارد می‌کند چون اصطکاک ناچیز است پا ثابت نمی‌ماند و به عقب سُر می‌خورد بالاتنه (که مرکز جرم هم در آن قرار دارد) طبق قانون اول نیوتون می‌خواهد به همان وضعیت باقی بماند و فرد خواهد افتاد



عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال) در مورد حرکت های زیر و نیروی اصطکاک توضیح دهید

(سُرخوردن روی زمین) (اسکیت)

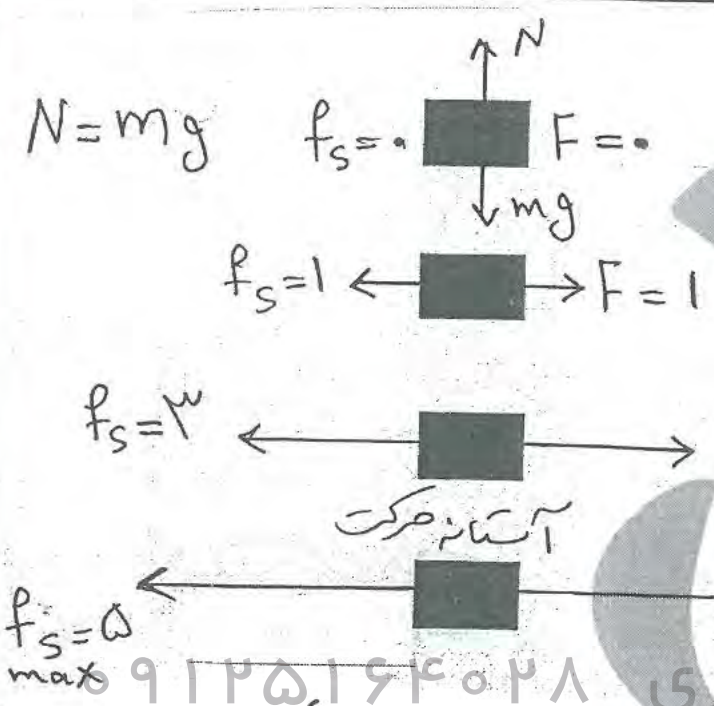
(سُرخوردن روی برف) (اسکی)

(سُرخوردن روی یخ) (پاتیناژ)

توجه در مثال های ۱ و ۳ بالا می توان حالتی که فرد راه می رود راهم متصور شد که پیچیده خواهد بود

اصطکاک ایستائی (f_s)

فرض کنید جسمی به وزن mg روی سطح افق ساکن است در این حالت ($f_s=0$) زیرا هنوز F وارد نکرده ایم. اگر نیروی دست از صفر نیوتون زیاد شود f_s هم به همان اندازه زیاد می شود و جسم ساکن می ماند تا $F=f_s$

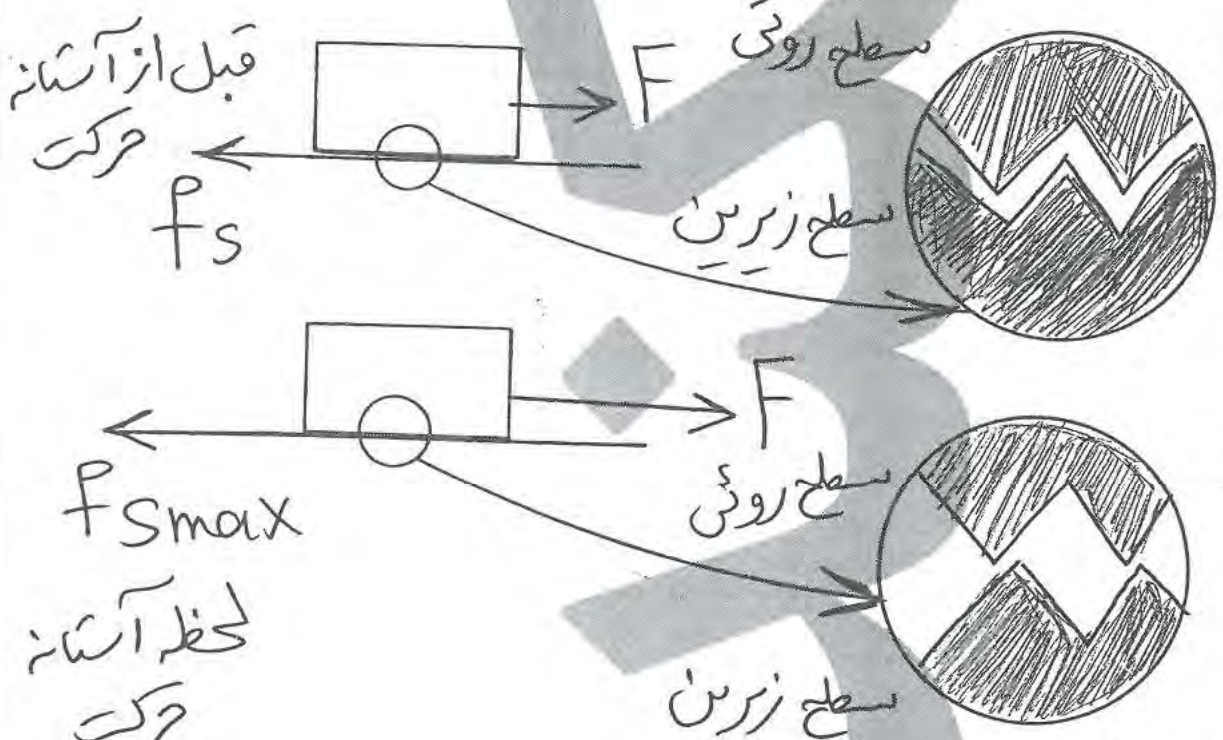


عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از پیکیشن پی درس

ولابد می پرسید در این صورت نباید جسم هرگز حرکت کند پس چرا اینطور نیست؟ زیرا f_s بطور نامحدود زیاد نمی شود و بالاخره به max می رسد مثلا"

در این شکل در ۵N مقدار $f_{s\,max}$ رخ می دهد

آستانه حرکت : وقتی f_s به max مقدار خود می رسد هنوز جسم ساکن است ولی با اندکی افزایش F جسم از جایش کنده می شود به این لحظه خاص آستانه حرکت می گویند.



توجه: f_s همواره با نیروی کشنده یا هُل دهنده وارد بر جسم برابر است ولی f_{smax} با F_N (نیروی عمودی سطح) متناسب است:

$$f_{smax} = \mu_s F_N$$

μ_s ضریب اصطکاک ایستائی و به جنس سطح و زبری و نرمی سطح و رطوبت و دما و ... بستگی دارد.

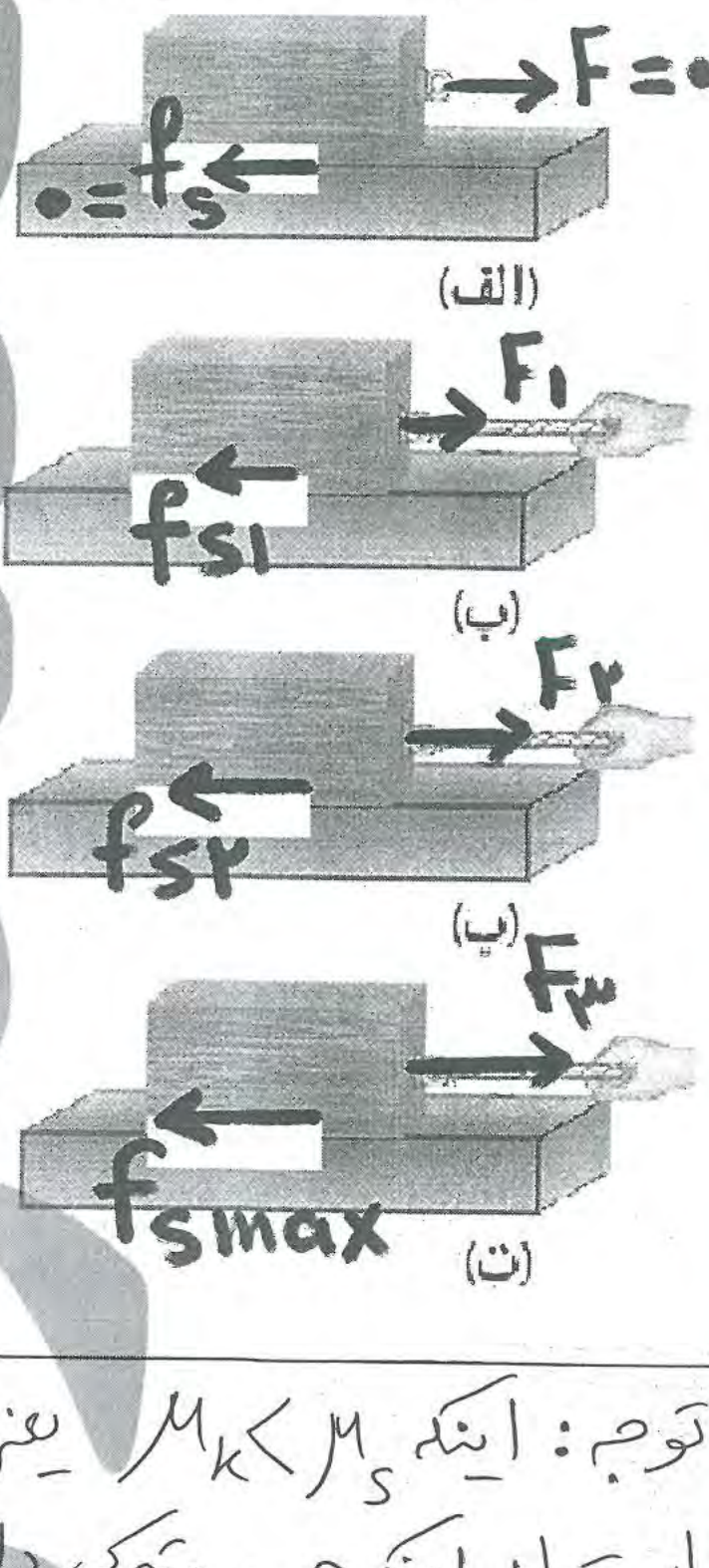
توجه: f_s فرمول دانلود از اپلیکیشن عقیل اسکندری $f_s \leq \mu_s F_N$ (مگر در حالت max)

توجه: مساحت سطح مشترک تماس در اصطکاک اثر ندارد

عقیل اسکندری ۰۹۱۱۵۱۶۱۰۲۸

جمع بندی f_s

جسم ساکن روی سطح افقی



وقتی جسم در آستانه حرکت است و اندکی نیروی محرکه افزایش می‌یابد ناگهان جسم از جایش کنده می‌شود و به حرکت درمی‌آید f_s حذف می‌گردد و f_k (اصطکاک جنبشی) تولید می‌شود

$$f_k = \mu_k F_N$$

یعنی f_k هم به نیروی عمودی سطح وابسته است. μ_k مانند μ_s به زبری و نرمی و صافی و دما و رطوبت سطوح و ... بستگی دارد معمولاً $\mu_k < \mu_s$ است

توجه: اینکه $\mu_k < \mu_s$ یعنی حرکت درآوردن جسم ساکن سخت‌تر است از اینکه جسم متحرکی داشته باشیم و بخواهیم به حرکت ادامه دهد

تمرین ۲ـ۴

اگر در شکل ۲ـ۱۲، جرم جسم ۴/۰kg و بزرگی نیروها $F_1=۴/۰N$، $F_2=۸/۰N$ و $F_3=۱۶/۰N$ باشد،

الف) بزرگی نیروهای اصطکاک ایستایی در هر حالت چقدر است؟

ب) ضریب اصطکاک ایستایی را پیدا کنید.

(شکل بالای صفحه راست)

(الف)

$f_{s1} = F_1 = ۴ N$

$f_{s2} = F_2 = ۸ N$

$f_{s3} = F_3 = ۱۶ N$ (آستانه حرکت)

(ب)

$F_N = mg = ۱۰$

$f_{smax} = \mu_s f_N$

$۱۶ = \mu_s (۴۰)$

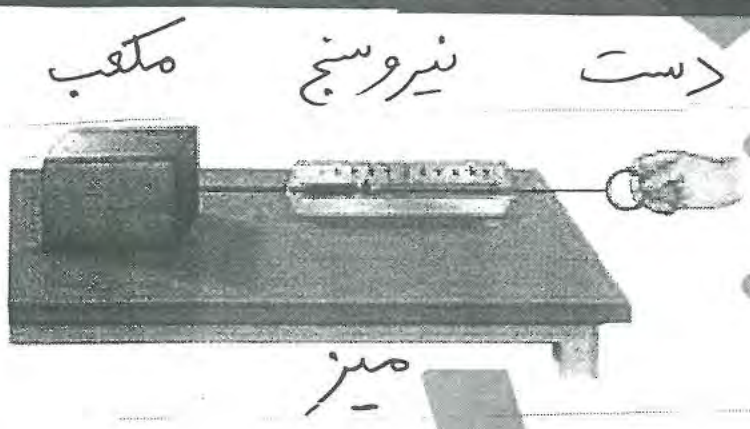
$\mu_s = ۱۶/۴۰ = ۰/۴$

۰۹۱۲۵۱۶۳۰۱۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

عقیل اسکندری

ص ۳۸ | ف ۲ | ک ۱۲

آزمایش ۲ـ۱: اندازه‌گیری ضریب اصطکاک ایستایی بین دو جسم



وسایل لازم : نیروسنج، قطعهٔ چوبی به شکل مکعب مستطیل با وجوه یکنواخت، ترازو، خط‌کش

شرح آزمایش :

۱ـ مکعب چوبی را از طرف وجه بزرگ آن، روی سطح افقی میز قرار دهید.

۲ـ نیروسنج را مانند شکل به مکعب چوبی وصل کنید و سر دیگر نیروسنج را با دست بگیرید و به‌طور افقی بکشید.

۳ـ نیروی دستتان را به‌آرامی افزایش دهید تا جایی که مکعب چوبی در آستانهٔ لغزیدن قرار گیرد. در این حالت عددی را که نیروسنج نشان می‌دهد، در جدول یادداشت کنید (برای اینکه دقت شما افزایش یابد لازم است آزمایش را چند بار تکرار کنید).

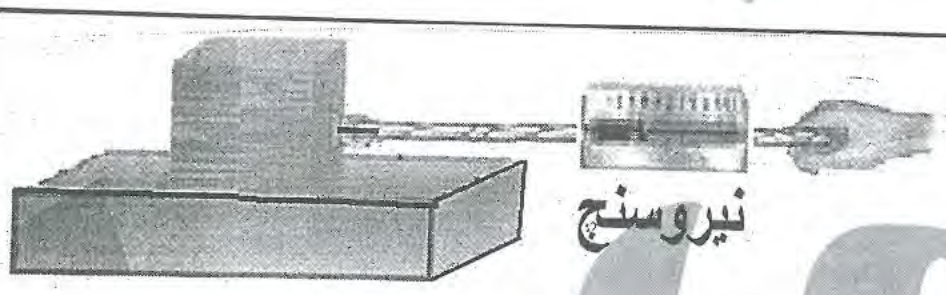
۴ـ اکنون مکعب چوبی را از طرف وجه کوچک‌تر روی سطح قرار دهید و مراحل ۲ و ۳ را تکرار کنید.

۵ـ با اندازه‌گیری جرم مکعب چوبی و استفاده از رابطهٔ ۲ـ۴ مقدار μ_s را در هر آزمایش محاسبه و در جدول یادداشت کنید.

شمارهٔ آزمایش	مساحت سطح تماس قطعه با میز	وزن قطعه : عددی که نیروسنج نشان می‌دهد ($f_{s,max}$)	μ_s

همراه با اعضای گروه خود، نتیجه‌های به‌دست آمده را تفسیر کنید.

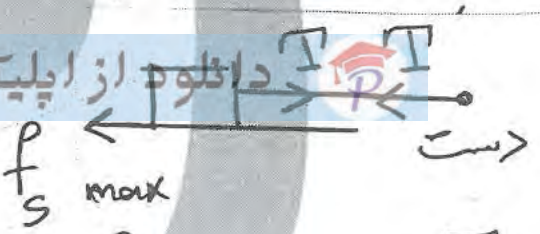
اصلی‌ترین هدف این آزمایش این است که μ_s و F_N رابطی به مساحت تماس بین سطوح ندارند بنابراین f_{smax} به این ربط ندارد که وجه کوچک جسم روی میز باشد یا وجه بزرگ آن



در شکل عدد نیروسنج ۲۰ N وطناب سبک و ضریب اصطکاک ایستائی ۰/۸ و جسم در آستانه حرکت قرار دارد.

الف) f_{smax}

ب) نیروی دست



پ) جرم

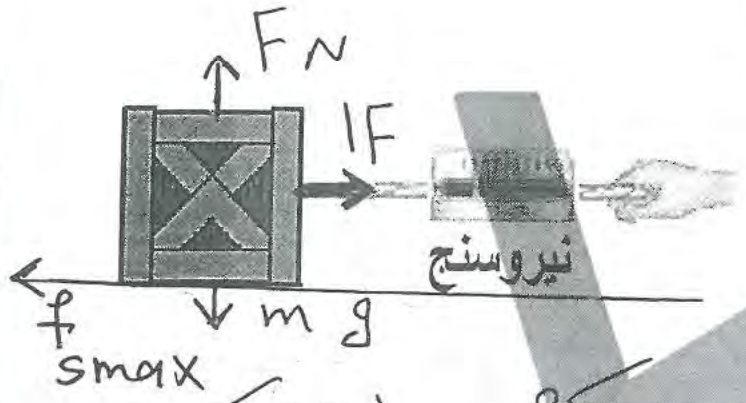
عدد نیروسنج = $f_{s\,max} = T_{طناب} = F_{دست} = ۲۰$ N

$f_{smax} = \mu_s . F_N \rightarrow ۲۰ = ۰/۸ (mg) \rightarrow m = ۲/۵ kg$

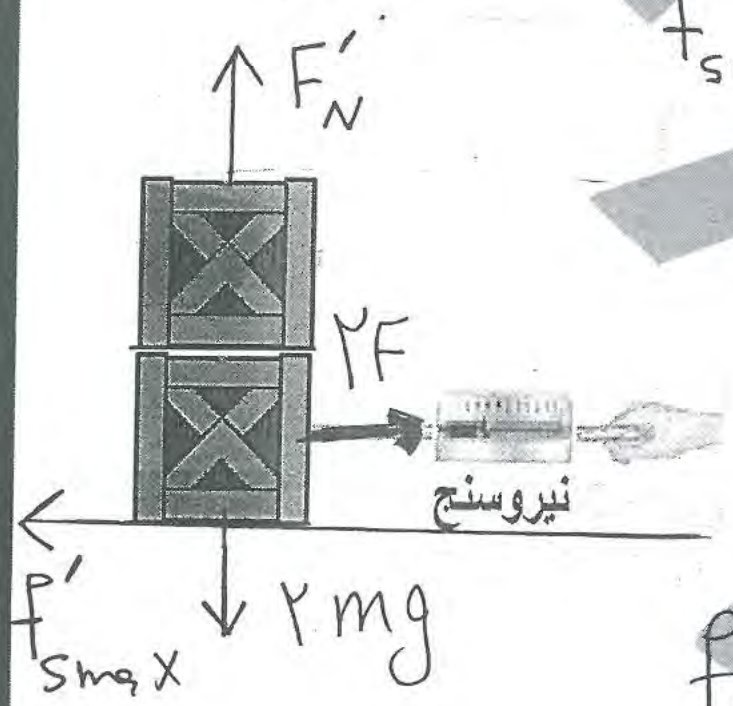
۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

فعالیت ۲ـ۲

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



یک جعبه کوچک را روی میز افقی قرار می‌دهیم و با یک طناب سبک آن جعبه را به نیروسنج متصل می‌کنیم و کل دستگاه را به آرامی با دست می‌کشیم در لحظه‌ای که حس می‌کنیم دستگاه می‌خواهد حرکت کند عدد نیروسنج را می‌خوانیم که با f_{smax} برابر است $f_{smax} = \mu_s F_N$



اینک یک جعبه مشابهٔ جعبهٔ اول روی آن می‌گذاریم و آزمایش را تکرار می‌کنیم متوجه می‌شویم عدد نیروسنج دقیقاً دوبرابر را نشان می‌دهد $f'_{smax} = 2 f_s$

یعنی وقتی $F'_N = 2F_N$ می‌شود f_{smax} هم دوبرابر می‌شود.

نیروی اصطکاک جنبشی : وقتی جسمی روی سطحی می‌لغزد از طرف سطح بر جسم، نیروی اصطکاک جنبشی وارد می‌شود که موازی با سطح و در خلاف جهت لغزش جسم است. آزمایش نشان می‌دهد که اندازهٔ نیروی اصطکاک جنبشی متناسب با اندازهٔ نیروی عمودی سطح است.

$$f_k = \mu_k F_N \quad \text{(نیروی اصطکاک جنبشی)} \qquad (۲-۶)$$

بخوانید و پاسخ دهید ← جسمی که روی سطحی دیگر می‌لغزد چه نوع اصطکاکی در یافت می‌کند؟ جهت این نیرو چگونه است؟ این نیرو با چه نیروئی متناسب است؟ یکای ضریب اصطکاک چیست؟

توجه: حتی هنگام اسکی هم برخوب اسکی نیروی f_k مخالف حرکت است

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

جنس دو سطح تماس	μ_k	μ_s
فولاد بر فولاد	۰/۵۷	۰/۷۴
فولاد بر آلومینیوم	۰/۴۷	۰/۶۱
فولاد بر مس	۰/۳۶	۰/۵۳
مس بر چدن	۰/۲۹	۱/۰۵
مس بر شیشه	۰/۵۳	۰/۶۸
شیشه بر شیشه	۰/۴۰	۰/۹۴
لاستیک بر بتون تر	۰/۲۵	۰/۳۰
لاستیک بر بتون خشک	۰/۸	۱/۰
تفلون بر تفلون	۰/۰۴	۰/۰۴

با توجه به جدول روبرو پاسخ دهید :

الف) دو مورد نام ببرید که μ_s عدد یک و یا بیش از یک باشد؟

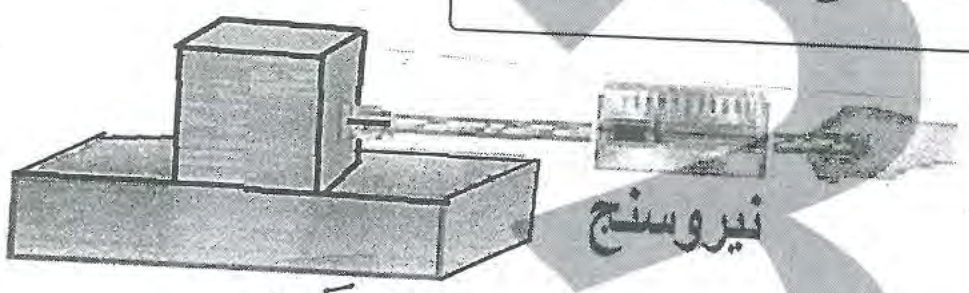
ب) موردی را نام ببرید که μ_k و μ_s برابرند.

فعالیت ۲ـ۳

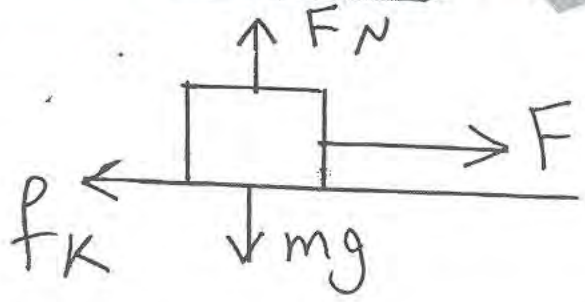
آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید :

الف) 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 به‌دست آورید.

ب) بستگی یا عدم بستگی نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس دو جسم را تحقیق کنید.



الف) مطابق شکل با طنابی سبک و یک نیروسنج مکعب را با سرعت ثابت و افقی به سمت راست می‌کشیم عدد نیروسنج F است :



$F_{net} = ma \longrightarrow$ محرک − مقاوم $= ma$

سرعت ثابت $\longrightarrow a = 0 \longrightarrow$ محرک = مقاوم

$F = f_K$ (قابل محاسبه)

در راستای قائم : $F_N = mg$ (حرکت وجود ندارد)

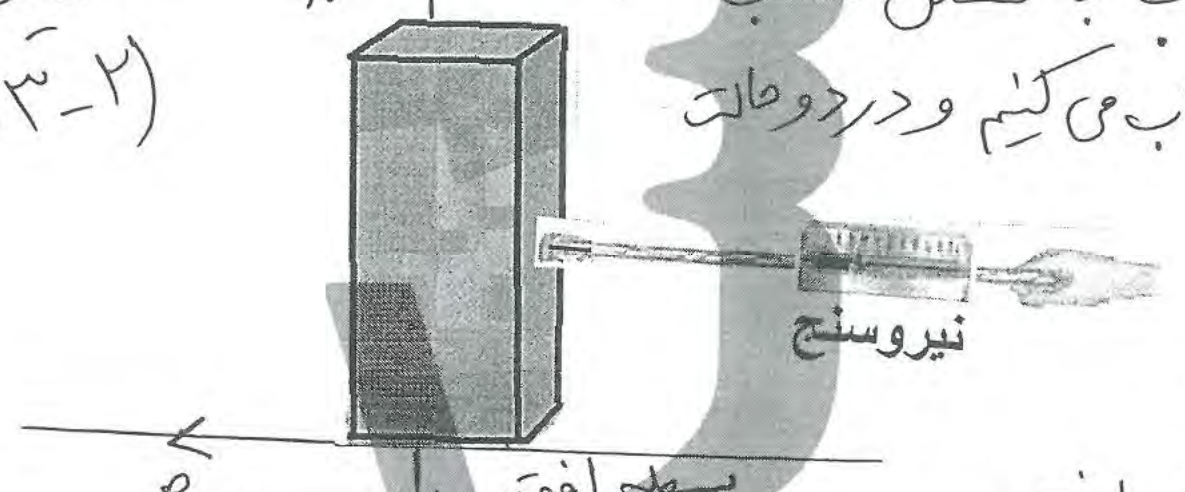
$f_K = \mu_K F_N = \mu_K mg$

چون f_K و m و g معلوم است پس μ_K بدست می‌آید (قسمت ب صفحهٔ بعد)

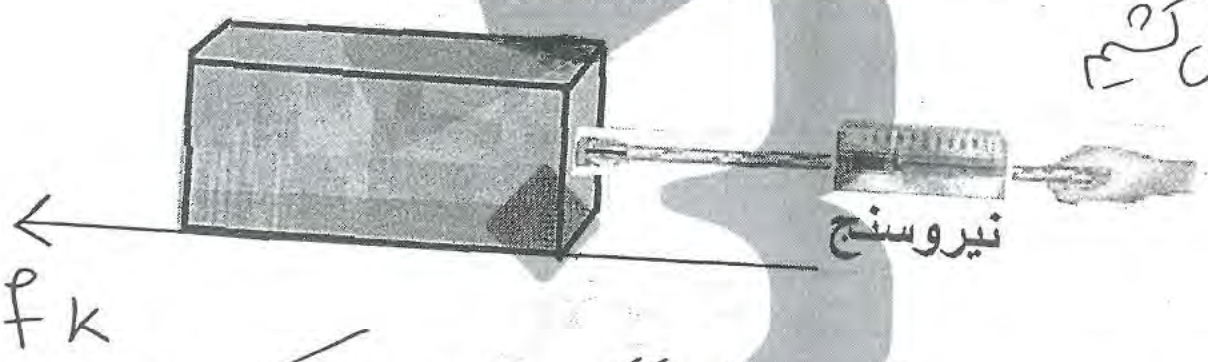
عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۴۲۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

فعالیت (۲-۳ ب)

یک قطعه چوب به شکل مکعب مستطیل انتخاب می‌کنیم و در دو حالت آن را به کمک طناب سبک و نیروسنج بطور افقی و با سرعت ثابت می‌کشیم



در یک حالت سطح تماس



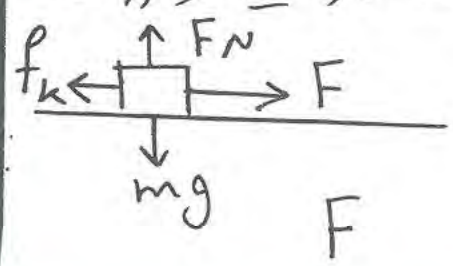
کوچک و در حالت دوم سطح تماس را بزرگ انتخاب می‌کنیم خواهیم دید که عدد نیروسنج در هر دو حالت یکی است:

$F_{net} = ma \longrightarrow$ محرک − مقاوم $= ma$

سرعت ثابت $\longrightarrow a = 0 \longrightarrow F = f_k = \mu_k mg$

چون mg و F و f_k در هر دو حالت فرقی ندارند پس μ_k هم ثابت است یعنی نیروی اصطکاک و ضریب اصطکاک به مساحت سطح تماس جسم بستگی ندارد.

روی سطحی افقی که $\mu = \frac{1}{4}$ است جعبه‌ای به جرم ۵۰۰ g با چه نیروی افقی کشیده شود که جسم از حال سکون به حرکت درآید و پس از ۲ cm، سرعتش $10 \frac{cm}{s}$ گردد؟



$F_N = mg = 0.5 \times 10$

$F_N = 5\ N$

$f_k = \mu_k N = \frac{5}{4}$

$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$

$(0.1)^2 - 0 = 2a(0.02)$

$a = 0.25$

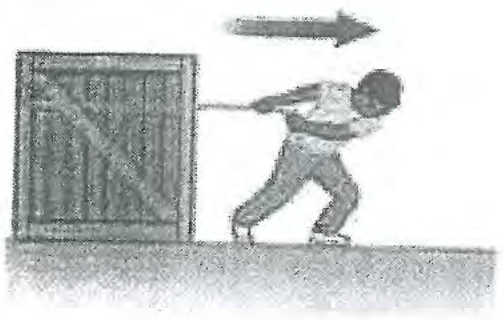
$F - f_k = ma \rightarrow F = 1.375\ N$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن

ک ۱۲ | ف ۲ | ص ۴۲

عقیل اسکندری

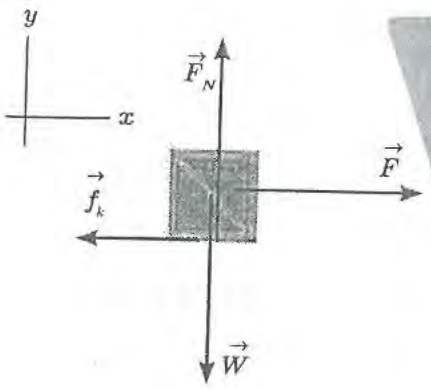
○ مثال ۲ـ۷



شکل مقابل شخصی را نشان می‌دهد که در حال کشیدن یک جعبهٔ ۷۵/۰ کیلوگرمی با نیروی ۳۰۹N روی سطح افقی است. نیرویی که شخص به جعبه وارد می‌کند افقی و جعبه در حال حرکت است. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جعبه ۰/۴۰۰ باشد،

الف) نیروی اصطکاک جنبشی وارد به جعبه چقدر است؟

ب) شتاب جعبه در این حالت چقدر است؟ $(g = ۹/۸۰ \text{N/kg})$



پاسخ : الف) نیروهای وارد بر جعبه را رسم می‌کنیم. چون جسم در امتداد قائم شتاب ندارد از قانون دوم نیوتون نتیجه می‌شود که برایند نیروهای وارد بر جسم در راستای قائم صفر است.

$$F_N - W = ۰ \Rightarrow F_N = W = mg = (۷۵/۰\text{kg})(۹/۸۰\frac{\text{N}}{\text{kg}}) = ۷۳۵\text{N}$$

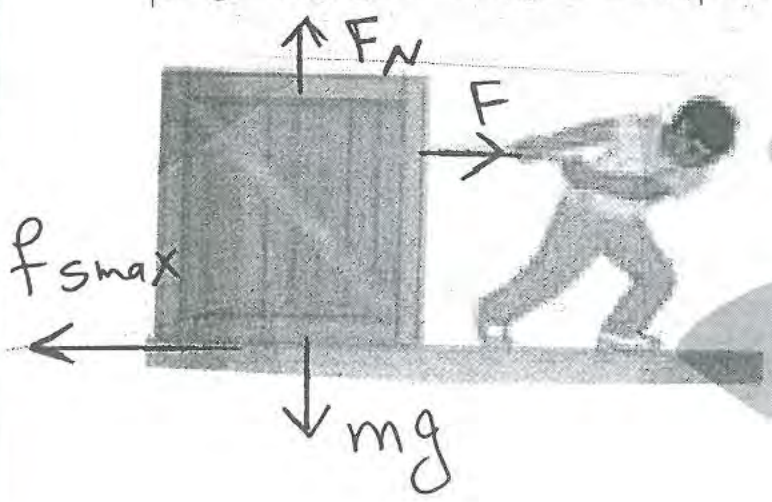
$$f_k = \mu_k F_N \Rightarrow f_k = ۰/۴۰۰ \times ۷۳۵\text{N} \Rightarrow f_k = ۲۹۴\text{N}$$

ب) برایند نیروهای افقی وارد بر جسم برابر با حاصل‌ضرب جرم در شتاب است.

$$F - f_k = ma \Rightarrow a = \frac{F - f_k}{m} \Rightarrow a = \frac{۳۰۹\text{ N} - ۲۹۴\text{ N}}{۷۵/۰\text{kg}} = ۰/۲۰\text{m/s}^۲$$

○ تمرین ۲ـ۵

در مثال قبل اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و زمین ۰/۶۰۰ و جسم در ابتدا ساکن باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای به‌حرکت درآوردن جعبه چقدر است؟



شتاب صفر است.

$F_N = mg = ۷۵ \times ۹/۸ = ۷۳۵$ N

$F = f_{smax}$

$F = \mu_s F_N = ۰/۶ \times ۷۳۵$

$F = ۴۴۱$ N

فنرها : برای بیشتر فنرها با تقریب قابل قبولی، نیروی کشسانی فنر با اندازهٔ تغییر طول آن (x) رابطهٔ مستقیم دارد :

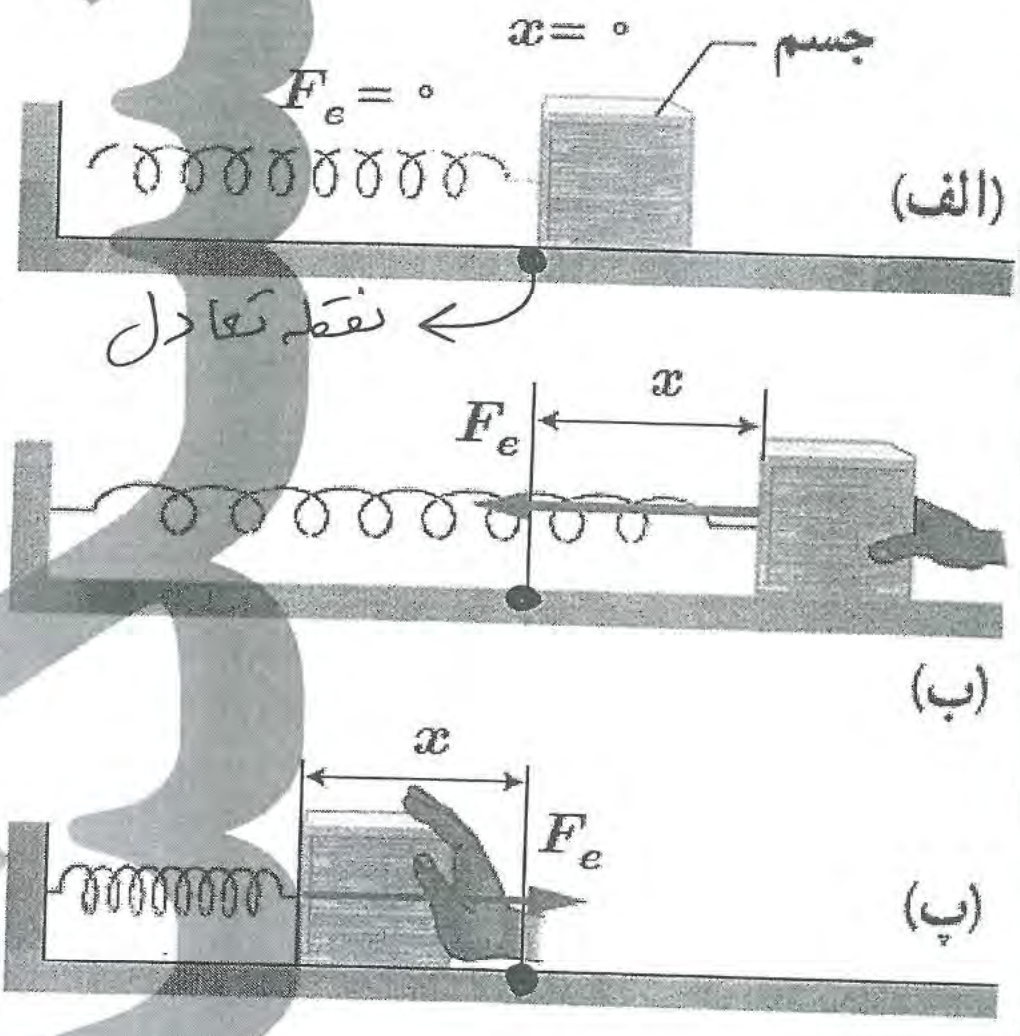
$F_e = kx$ است

F_e نیروی کشسانی (الاستیک) و x میزان کشیدگی یا فشردگی

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۲۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن

ضریب k در رابطهٔ ۲ـ۷، ثابت فنر نام دارد. ثابت فنر از مشخصات فنر است و به اندازه، شکل و ساختار ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد. در رابطهٔ ۲ـ۷ نیرو بر حسب نیوتون(N)، x بر حسب متر (m) و k بر حسب نیوتون بر متر (N/m) است. معادلهٔ ۲ـ۷ را به افتخار رابرت هوک، دانشمند انگلیسی (۱۷۰۳ـ۱۶۳۵م.) که این رابطه را کشف کرد، قانون هوک می‌نامند. برای یک فنر انعطاف‌پذیر، k عددی کوچک (حدود ۱۰۰ N/m) و برای یک فنر سفت k عددی بزرگ (حدود ۱۰۰۰۰ N/m) است.

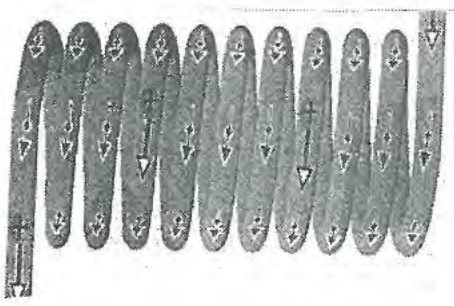
ثابت فنر به چه بستگی دارد؟ تقریباً چند است؟ قانون هوک را بیان کنید



فنر در حالت عادی است کشیده نیست و فشرده نیست نیروی کشانی صفر است.

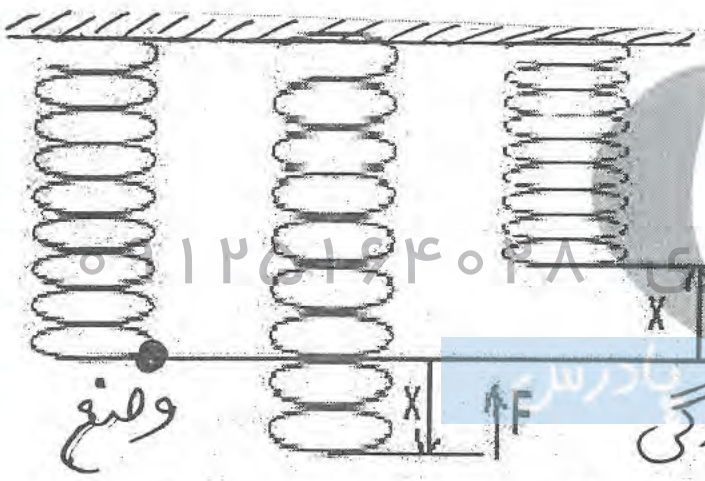
فنر کشیده شده و جهت نیروی کشانی رو به نقطه تعادل است.

فنر فشرده شده و جهت نیروی کشانی رو به نقطه تعادل است.



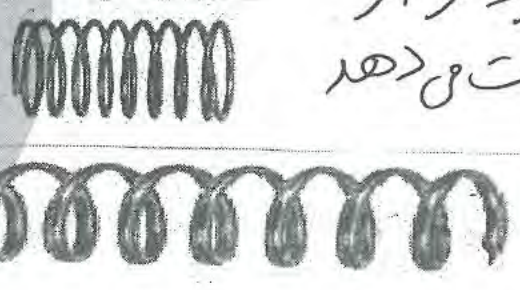
توجه: بعضی از فنرها چون حلقه‌های چسبیده به هم دارند اصلاً فشرده نمی‌شوند

توجه: ساختمان فنر الزاماً به شکل استوانه نیست



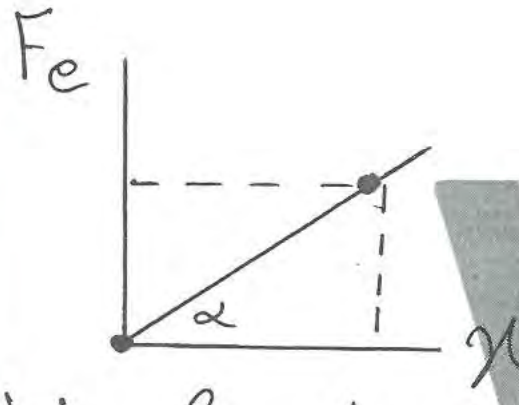
جهت F رو به وضع تعادل

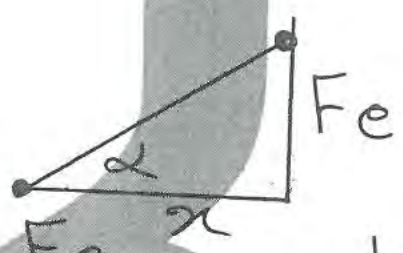
توجه: نمی‌توان یک فنر را به اندازه نامحدود کشید زیرا از حدی خاص که بگذریم مانند سیم می‌شود و حالت کشسانی خود را از دست می‌دهد



عقیل اسکندری ۰۹۱۲۶۱۲۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن فادرس

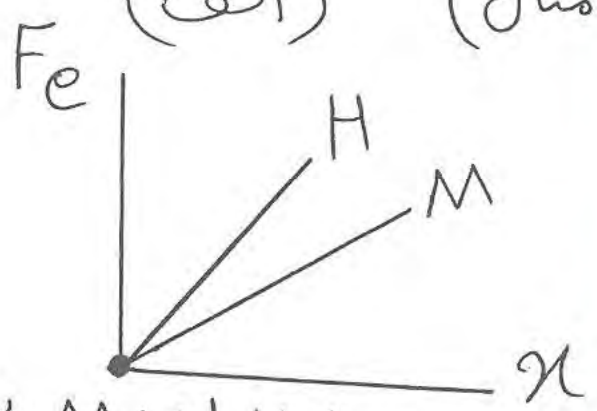
توجه: در قانون هوک $F_e = K x$ رابطه x و F_e به صورت یک خط راست است:





شیب خط $= \tan\alpha = \frac{Fe}{x} = K$ (ثابت فنر)

مثال) (الف)

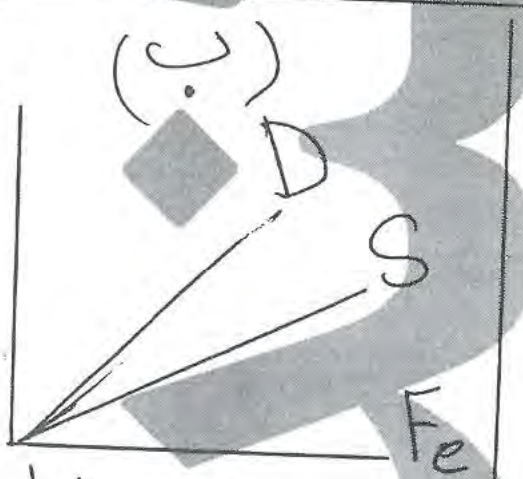


شیب خط H از M بیشتر

$K_M < K_H$

(فنری که به Fe نزدیک باشد K بیشتر)

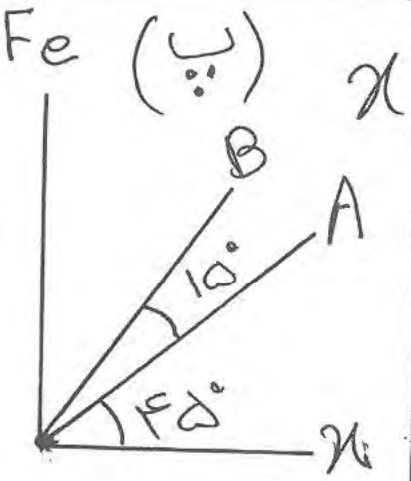
(ب)



$K_D < K_S$

(فنر S از D سخت‌تر است)

(پ)



$K = \tan\alpha$

$K_A = \tan 45$

$K_A = 1$

$K_B = \tan 60$

$K_B = \sqrt{3}$

فعالیت ۲ـ۴

تعدادی فنر متفاوت تهیه کنید. الف) سختی آنها را مقایسه کنید. ب) با طراحی یک آزمایش، ثابت هر فنر را به‌دست آورید.

فنری که با حتر تغییر طول دهد ← k کمتری دارد

ب) فنری را از یک نقطه بصورت قائم آویزان می کنیم و طول آن را L_1 می نامیم جسمی با جرم معلوم به آن می بندیم و آرام آرام اجازه می دهیم کش آید و به تعادل برسد $x = L_2 - L_1$ (میزان کشیدگی)

شرط تعادل: $a = 0 \rightarrow F_e = mg \rightarrow Kx = mg \rightarrow K = \frac{mg}{x}$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۰۴۶۲۸

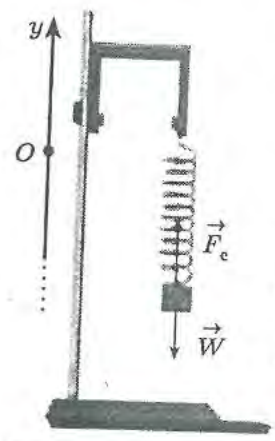
مثال ۲ــ۸

فنری به طول $L_0=10/0\,cm$ را از یک نقطه آویزان می‌کنیم و به سر دیگر آن وزنهٔ ۲۰۰ گرمی وصل می‌کنیم. پس از رسیدن به تعادل، طول فنر به $L=12/0\,cm$ می‌رسد.

الف) ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟

ب) اگر وزنه‌ای ۳۰۰ گرمی را به فنر وصل کنیم، پس از رسیدن به تعادل طول فنر چند سانتی‌متر می‌شود؟

پاسخ : الف) محور مختصات را همانند شکل انتخاب می‌کنیم و نیروهای وارد بر جسم را رسم و با استفاده از قانون دوم نیوتون مسئله را حل می‌کنیم.



$$F_e - W = ma \Rightarrow F_e - W = 0 \quad و \quad F_e = kx \Rightarrow kx = mg$$

$$k(12/0\times10^{-2}\,m - 10/0\times10^{-2}\,m) = (200\times10^{-3}\,kg)(9/8\,N/kg)$$

$$k = 98\,N/m$$

ب)

$$kx = mg \Rightarrow (98\,N/m)x = (300\times10^{-3}\,kg)(9/8\,N/kg) \Rightarrow$$

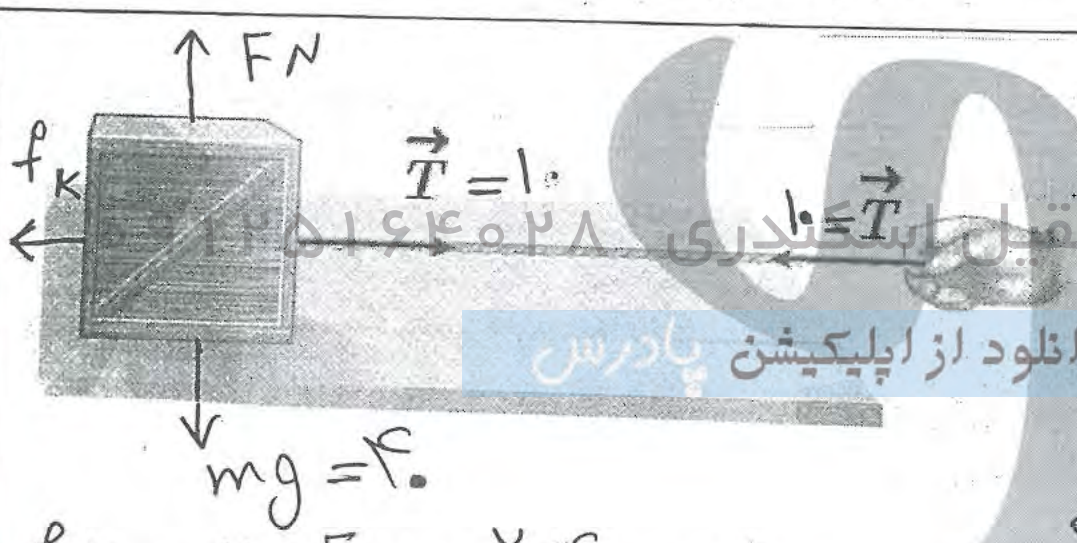
$$x = 0/030\,m = 3/0\,cm$$

$$x = L - L_0 \Rightarrow 3/0\,cm = L - 10/0\,cm \Rightarrow L = 13/0\,cm$$

نیروی کشش طناب : وقتی طناب (کابل، ریسمان و...) متصل به جسمی را مانند شکل ۲ــ۱۷ 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. همان‌طور که در شکل می‌بینید طناب دست را نیز با نیروی $\vec{T}$ می‌کشد. بزرگی نیروی کشش طناب برابر با بزرگی نیروی $\vec{T}$ وارد بر جسم است. مثلاً اگر بزرگی نیروی وارد بر جسم از طرف طناب ۶۰N باشد، کشش طناب نیز ۶۰N است ($T=60\,N$). در این کتاب از جرم طناب و همچنین از کش آمدن آن صرف نظر می‌شود. بنابراین طناب فقط به‌عنوان رابط بین دو جسم عمل می‌کند و هر دو جسم (دست و جعبه) را با بزرگی نیروی یکسان T می‌کشد، حتی اگر این دو جسم و طناب شتاب‌دار باشند.

شکل ۲ــ۱۷ طناب جسم را با نیروی کشش $\vec{T}$ می‌کشد.

بخوانید و پاسخ دهید :
نیروی کشش طناب در چه جهتی است؟
طناب با چه فرضی بررسی می‌شود؟
در شکل روبرو بین کشش نخ و نیروی وارد بر دست چه رابطه‌ای وجود دارد؟



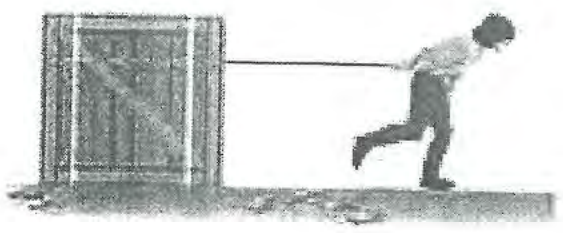
مثال :
در شکل $m=4\,kg$ و $\mu_k=0/2$ و نیروی کشش در دست 10N است
شتاب چند است؟

$f_k = \mu_k F_N = 0/2\times40 = 8$

$ma = \text{محرک} - \text{مقاوم} \rightarrow 4a = 10 - 8 \rightarrow a = 0/5\,m/s^2$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۴۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۲ـ۹

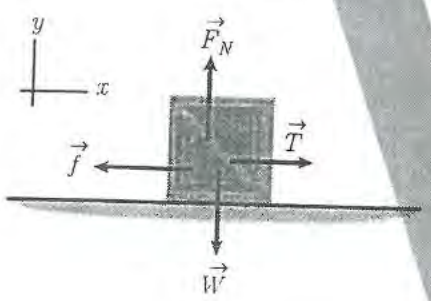


در شکل روبه‌رو، کارگری جعبهٔ ساکنی را با طنابی افقی با نیروی ثابت افقی ۳۱۰N می‌کشد. اگر جرم جعبه ۱۰۰kg و ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جعبه و سطح به‌ترتیب ۰/۳۰۰ و ۰/۲۵۰ باشد،

الف) آیا جعبه شروع به حرکت می‌کند؟

ب) اگر جعبه حرکت کند، شتاب حرکت آن را حساب کنید.

پ) سرعت جعبه را ۶/۰s پس از حرکت به‌دست آورید. $(g = ۹/۸۰\,m/s^۲)$



پاسخ: الف) شکل ساده‌ای از جسم مورد نظر (جعبه) رسم و نیروهای وارد بر آن را مشخص می‌کنیم. چون جعبه در راستای قائم حرکت ندارد، می‌توانیم بنویسیم:

$$F_N - W = ۰ \Rightarrow F_N = W \Rightarrow F_N = mg = (۱۰۰kg)(۹/۸۰N/kg) = ۹۸۰N$$

برای اینکه جسم شروع به حرکت کند، باید $T > f_{s,max}$ باشد. پس ابتدا $f_{s,max}$ را از معادلهٔ ۲ـ۴ به‌دست می‌آوریم:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N = (۰/۳۰۰)(۹۸۰N) = ۲۹۴N$$

با توجه به اینکه $T = ۳۱۰N > ۲۹۴N$ است، جعبه شروع به حرکت می‌کند.

ب) نیروی اصطکاک جنبشی در خلاف جهت حرکت بر جعبه اثر می‌کند و برابر است با:

$$f_k = \mu_k F_N = (۰/۲۵۰)(۹۸۰N) = ۲۴۵N$$

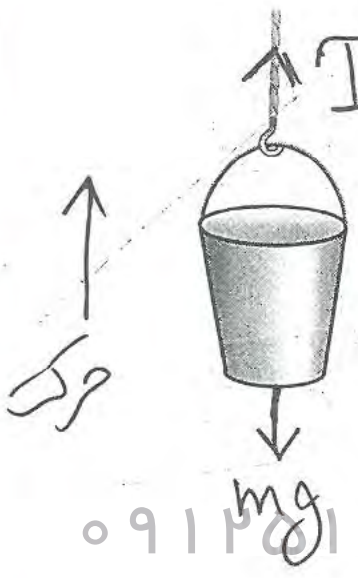
$$T - f_k = ma \Rightarrow ۳۱۰N - ۲۴۵N = (۱۰۰kg)a \Rightarrow a = ۰/۶۵\,m/s^۲$$

پ) چون شتاب جعبه ثابت است، از رابطهٔ سرعت ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت روی مسیر مستقیم استفاده می‌کنیم:

$$v = at + v_۰ \Rightarrow v = (۰/۶۵m/s^۲)(۶/۰s) + (۰/۰m/s) \Rightarrow v = ۳/۹\,m/s$$

سرعت نیز در جهت محور x است.

تمرین ۲ـ۶



کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم ۱۶/۰kg را با طناب سبکی به طرف بالا می‌کشد. اگر شتاب رو به بالای سطل $۱/۲\,m/s^۲$ باشد، نیروی کشش طناب چقدر است؟

$F_{net} = ma$ فرض $(g = ۱۰)$

محرک − مقاوم $= ma$

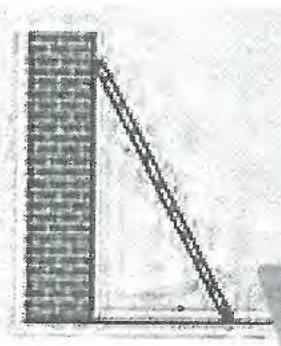
$T - mg = ma$

$T - (۱۶)(۱۰) = (۱۶)(۱/۲)$

$T = ۱۷۹/۲\,N$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۲ـ۱۰

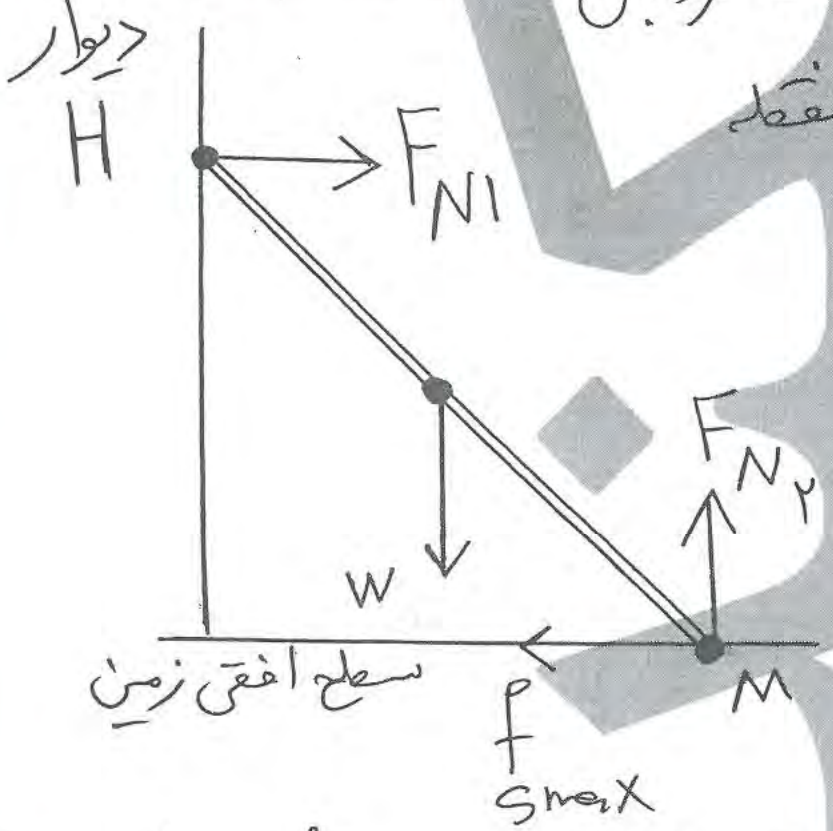


در شکل روبه‌رو نردبانی به جرم ۲۰/۰ kg به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان ۰/۴۶۰ است. در آستانهٔ سُرخوردن نردبان،

الف) زمین به نردبان چه نیرویی وارد می‌کند؟

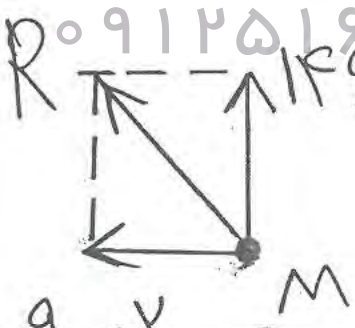
ب) چه نیرویی از دیوار به نردبان وارد می‌شود؟

توجه: مرکز جرم نردبان، در وسط نردبان است و نیروی وزن W در آن نقطه اثر می‌گذارد.



سر M نردبان روی زمین است و می‌خواهد به طرف راست حرکت کند ولی چون نردبان در آستانه حرکت است از طرف سطح افقی f_{smax} وارد می‌شود (مخالف جهت هُل دادن یعنی به طرف چپ) از طرف دیگر سطح افق نیروی عمودی سطح F_{N2} را در نقطه M بر نردبان وارد می‌کند. در نقطه H که گفته اصطکاک ندارد فقط نیروی عمودی سطح F_{N1} از دیوار به نردبان وارد می‌شود

الف) نقطه M:
- شرط تعادل عمودی: $F_{N2} = W = mg = 20 \times 9.8 = 196\ N$
- اصطکاک ایستائی: $f_{smax} = \mu_s F_{N2} = 0.46 \times 196 = 90.2$



$146 = F_{N2}$

$90.2 = f_{smax}$

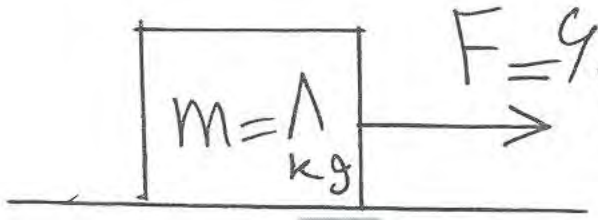
نیروی سطح (زمین) بر نردبان: $R = \sqrt{146^2 + (90.2)^2} = 216\ N$

ب) در کل نردبان ساکن است

$F_{N1} = f_{smax} = 90.2$ (دیوار اصطکاک نداشت)

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

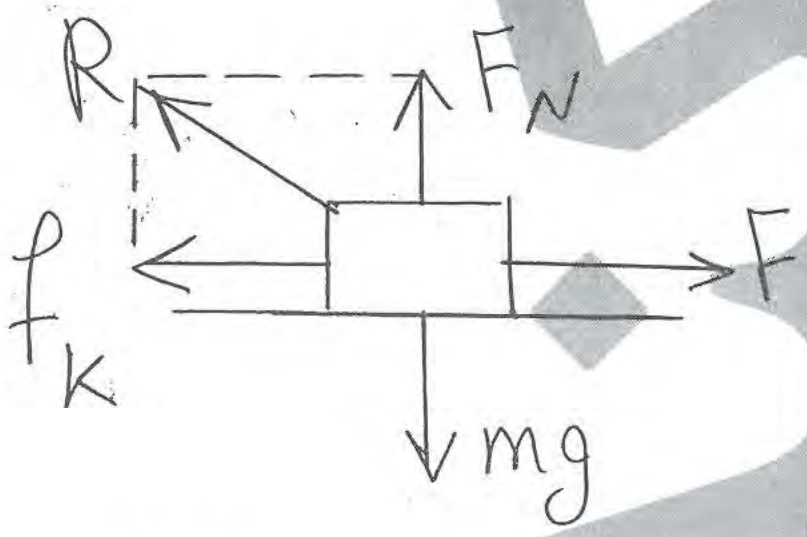
مثال) در شکل حرکت با سرعت ثابت رخ می دهد



الف) نیروی اصطکاک جنبشی

ب) ضریب اصطکاک جنبشی

پ) نیروی سطح



$F_{net} = ma$

سرعت ثابت $a = 0$

مقاوم = محرک

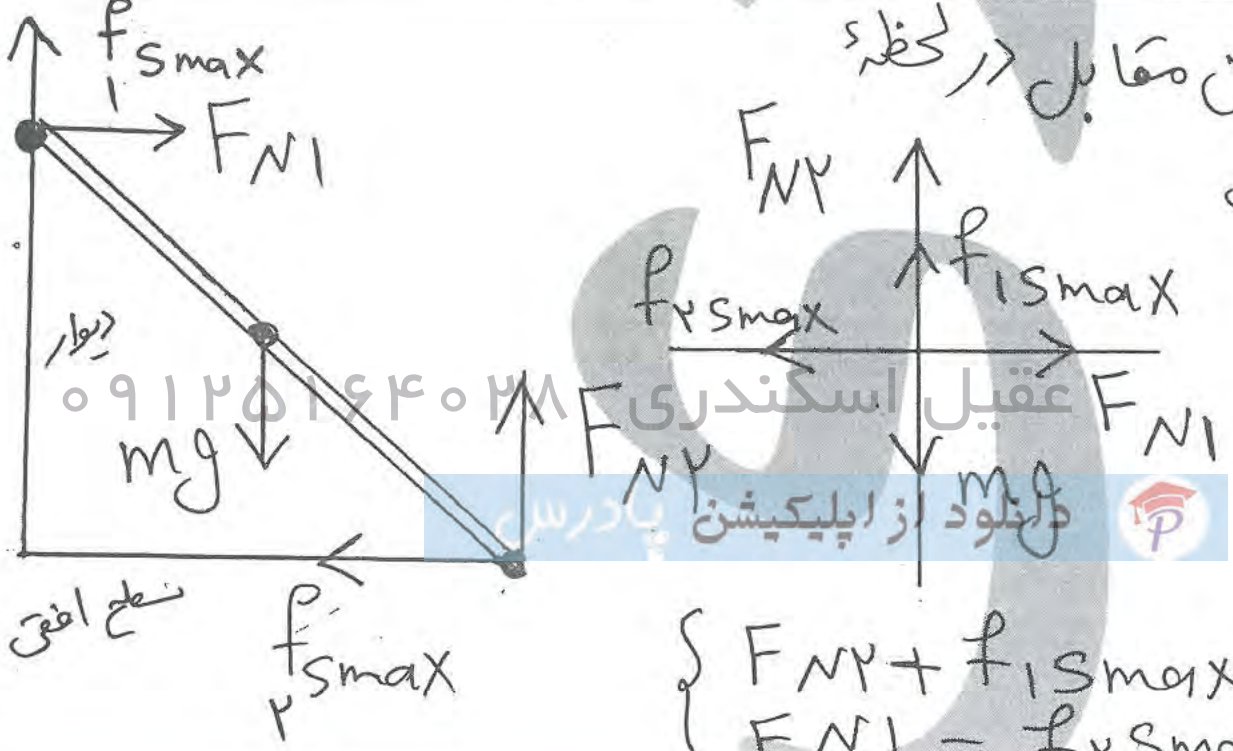
الف) $F = f_k = ۶۰ N$

ب) $F_N = mg = (۸)(۱۰) = ۸۰ N$

$f_k = \mu_k F_N \rightarrow ۶۰ = \mu_k (۸۰) \rightarrow \mu_k = \frac{۳}{۴}$

پ) نیروی سطح $R = \sqrt{F_N^۲ + f_k^۲} = \sqrt{۸۰^۲ + ۶۰^۲} = ۱۰۰ N$

مثال) در نردبان متقابل در لحظهٔ آستانه حرکت



/ قرار داریم شرایط را تحلیل کنید

$$\begin{cases} F_{N۲} + f_{۱s\,max} = mg \\ F_{N۱} = f_{۲s\,max} \end{cases}$$

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

یادآوری: (ص ۶ و ۷) (ف ۲) (ک ۱۲)

تکانه یا اندازه حرکت: حاصل ضرب جرم در سرعت

$\vec{P} = m\vec{V}$ ⟶ (تکانه) $= \left(kg\frac{m}{s}\right)$

* چون m عددی مثبت است پس $\vec{P}$ و $\vec{V}$ هم‌جهت‌اند

* قانون دوم نیوتون با بیان تکانه: $\vec{F}_{net} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ ⟶ نیروی خالص وارد بر جسم = آهنگ تغییر تکانه جسم

○ تمرین ۲ـ۷

نشان دهید بین اندازهٔ تکانه (p) و انرژی جنبشی (K) جسمی به جرم m، رابطهٔ $K=\frac{p^2}{2m}$ برقرار است.

$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2\left(\frac{m}{m}\right)$ صورت و مخرج را در m ضرب کردم

$K = \frac{1}{2}\frac{m^2v^2}{m} = \frac{1}{2}\frac{p^2}{m}$ ⟶ $K = \frac{p^2}{2m}$

○ مثال ۲ـ۱۱

گلوله‌ای به جرم ۱۰/۰g با سرعت $\vec{v}=(5/0\,m/s)\vec{i}$ در حال حرکت است. الف) تکانهٔ گلوله را تعیین کنید. ب) انرژی جنبشی گلوله را به‌دست آورید.

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن

الف)

$\vec{p} = m\vec{v} = (10/0\times10^{-3}kg)(5/0\,m/s)\vec{i}$

$= (0/050\,kg.m/s)\vec{i} \Rightarrow P = 0/050\,kg.m/s$

ب)

$K = \frac{p^2}{2m} = \frac{(0/050\,kg.m/s)^2}{(2\times10/0\times10^{-3}kg)} = 0/125J$

یادآوری : قانون دوم نیوتون را برحسب تکانه بنویسید

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} = m\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \longrightarrow \vec{F}_{net} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t}$$

$$\vec{F}_{net} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$ (قانون دوم نیوتون برحسب تکانه برای نیروی ثابت)

تغییر تکانه برابر با حاصل‌ضرب نیرو در مدت زمان تأثیر آن است.

$$\Delta \vec{p} = \vec{F}_{net}\,\Delta t$$

بخوانید و پاسخ دهید ←

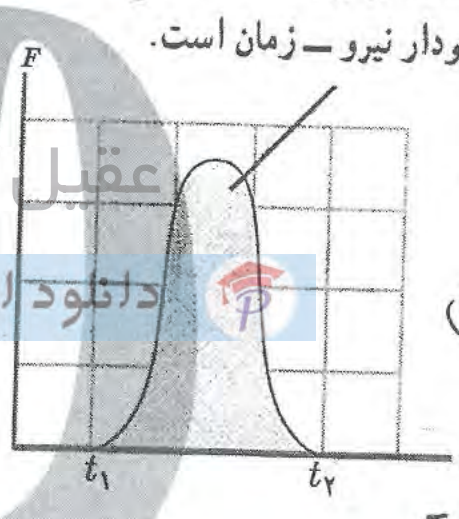
در شرایط واقعی نیروی وارد بر یک جسم به‌ندرت ثابت است. اگر نیرو ثابت نباشد، معادله‌های داده شده را فقط برای بازه‌های زمانی‌ای می‌توان به‌کار برد که بسیار کوچک باشد و بتوان نیرو را در این بازه‌ها تقریباً ثابت در نظر گرفت. برای بازهٔ زمانی بزرگ به‌جای نیروی خالص باید نیروی خالص متوسط در فاصلهٔ زمانی مورد نظر را به‌کار برد و بنابراین رابطهٔ (۲ــ۹) چنین می‌شود :

$$\vec{F}_{av} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$ (۲ــ۱۱) (نیروی خالص متوسط برحسب تکانه)

① چه محدودیتی برای رابطه $F_{net} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ وجود دارد؟ ② در چه صورت باید به جای آن $F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ نوشت؟

تغییر تکانهٔ یک جسم (یعنی $\Delta \vec{p} = \vec{F}_{av}\,\Delta t$) را می‌توان از سطح زیر نمودار نیرو ــ زمان نیز به دست آورد (تمرین ۱۷ پایانی)

تغییر تکانه برابر با مساحت سطح زیر نمودار نیرو ــ زمان است.

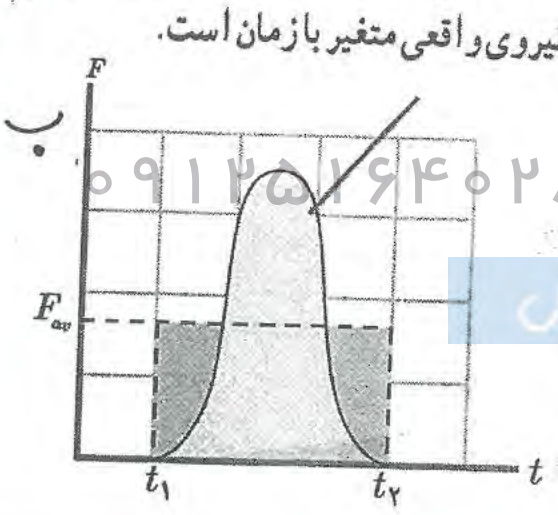


(مساحت = Δp)

این نمودار مثالی از ثابت نبودن نیروی خالص وارد بر جسم است

وقتی نمودار F و t را دادند و مقدار متوسط را خواستند

تغییر تکانهٔ ناشی از نیروی متوسط برابر با تغییر تکانهٔ نیروی واقعی متغیر با زمان است.



(منحنی رنگی S = S مستطیل)

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۲۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن ...

مثال ۲ـ۱۲

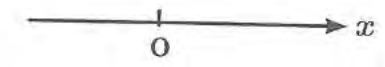
شکل روبه‌رو صحنه‌ای از یک آزمون تصادف را نشان می‌دهد که در آن خودرویی به جرم ۱۲۰۰kg به دیواری برخورد کرده و سپس برمی‌گردد. اگر تندی اولیه و نهایی خودرو به ترتیب ۵۴/۰ km/h و ۹/۰۰ km/h باشد و تصادف ۰/۱۵۰s طول بکشد،

الف) تغییر تکانهٔ خودرو را پیدا کنید.

ب) اندازه و جهت نیروی متوسط وارد بر خودرو را تعیین کنید.

پاسخ : الف) جهت محور x را به طرف راست انتخاب می‌کنیم و تکانه‌ها را با استفاده از رابطهٔ ۲ـ۸ به‌دست می‌آوریم.

$$v_1 = +54/0\,km/h = +15/0\,m/s \quad , \quad v_2 = -9/00\,km/h = -2/50\,m/s$$



$$p_1 = mv_1 = (1200\,kg)(+15/0\,m/s) = +1/80\times10^4\,kg.m/s = +18/0\times10^3\,kg.m/s$$

$$p_2 = mv_2 = (1200\,kg)(-2/50\,m/s) = -3/0\times10^3\,kg.m/s$$

$$\Delta p = (-3/0\times10^3\,kg.m/s) - (+18/0\times10^3\,kg.m/s) = -2/10\times10^4\,kg.m/s$$

ب) نیروی متوسط وارد بر اتومبیل با استفاده از رابطهٔ ۲ـ۱۱ برابر است با :

$$F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-2/1\times10^4\,kg.m/s}{0/150\,s} = -1/4\times10^5\,N$$

یعنی نیروی خالص متوسطی که از دیوار به خودرو وارد می‌شود در خلاف جهت محور x (یعنی به طرف چپ) است. توجه داریم اگر خودرو پس از برخورد، برنگردد نیروی متوسط وارد بر خودرو کوچک‌تر از مقداری است که اکنون به‌دست آوردیم.

حالت خاصی را در نظر بگیرید که خودرو در همین شرایط و زمان بازنگردد و نیرو را بدست آورید؟

$$F_{net} = m\frac{\Delta v}{\Delta t} = m\left(\frac{v_2 - v_1}{\Delta t}\right) = 1200\left(\frac{0 - 15}{0/15}\right)$$

$$F_{net} = -1/2\times10^5\,N$$

یعنی نسبت به حالتی که پس از برخورد برمی‌گشت

$$\Delta F = 1400000 - 1200000 = 200000\,N$$

کاهش نیرو وجود دارد.

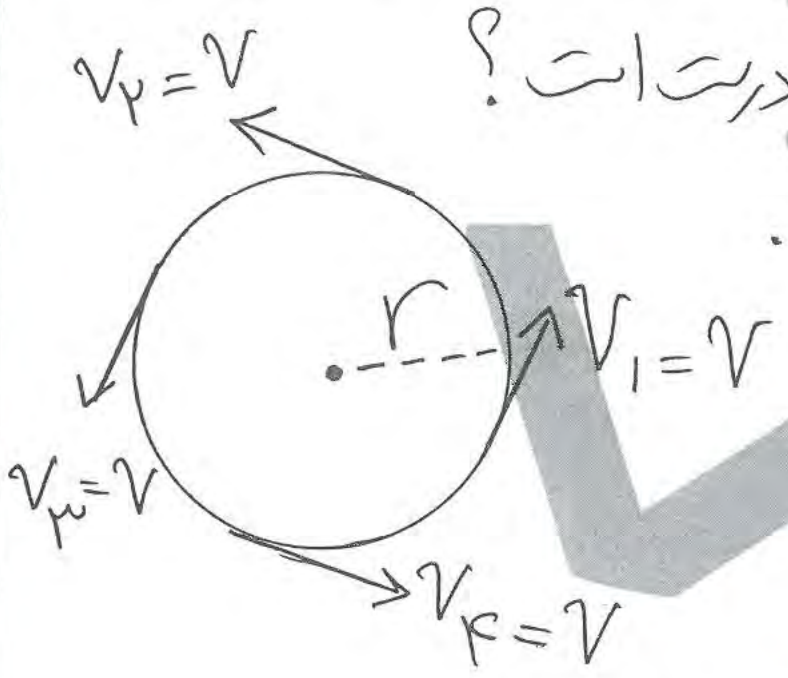
۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

توجه : یکای تکانه $(N\,S = kg\,m/s)$

یکای نیرو $(N = kg\,m/s^2)$

حرکت دایره‌ای یکنواخت (فقط رشته ریاضی)

در مورد شکل مقابل کدام گزاره درست است؟



① حرکت یکنواخت مستقیم الخط است.

② سرعت ثابت است.

③ شتاب صفر است.

④ اندازه سرعت ثابت است ولی تندی تغییر می‌کند.

⑤ تندی حرکت ثابت است ولی شتاب دارد.

---

① ع حرکت یکنواخت دایره‌ای است.

② ع اندازه سرعت ثابت است ولی جهت سرعت متغیر

③ ع چون جهت سرعت تغییر می‌کند شتاب صفر نیست

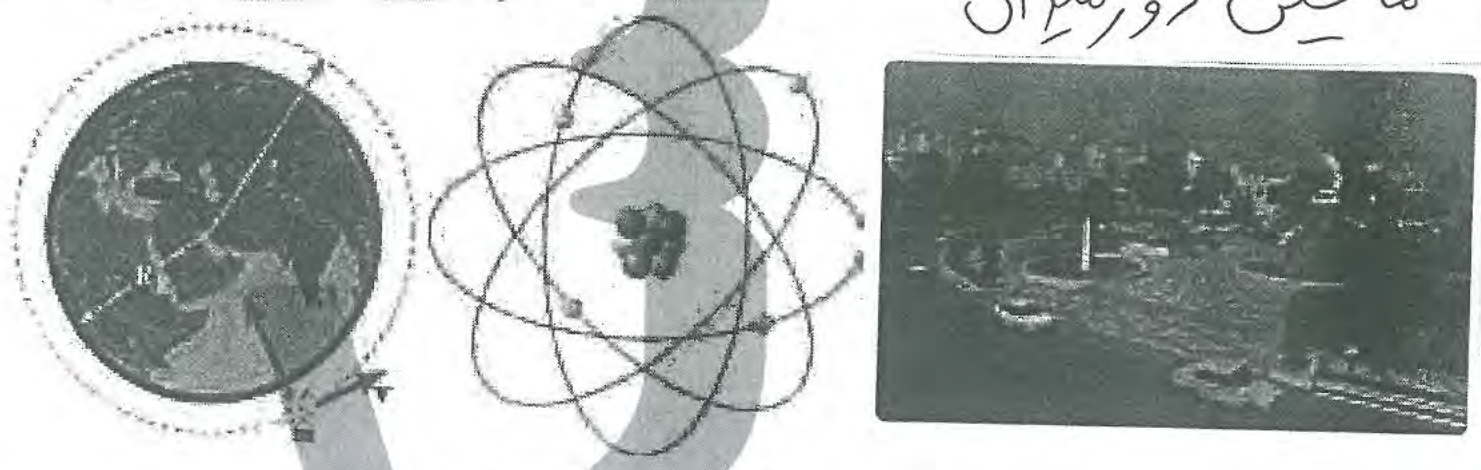
④ ع اندازه سرعت همان تندی است. سرعت

⑤ < (تندی یعنی اندازه سرعت) (شتاب به علت تغییر جهت)

حرکت دایره‌ای یکنواخت: هرگاه مسیر حرکت متحرک یک دایره ثابت و اندازه بردار سرعت ثابت و جهت چرخش متحرک ثابت باشد حرکت دایره‌ای یکنواخت است.

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۴۸

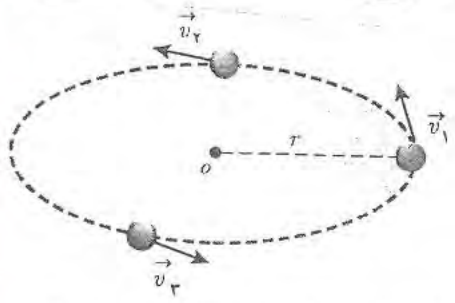
ماشین دور میدان — الکترون دور هسته — ماهواره دور زمین



شکل ۲ــ۲۰ حرکت جسم‌های مختلف در مسیرهای دایره‌ای

بدین منظور ذره‌ای را در نظر می‌گیریم که روی یک مسیر دایره‌ای با تندی ثابت حرکت می‌کند (شکل ۲ــ۲۱). به این نوع حرکت، حرکت دایره‌ای یکنواخت می‌گویند. با اینکه تندی جسم در این حرکت ثابت است، حرکت ذره شتاب‌دار است (چرا؟). منظور از ذره می‌تواند جسمی مانند یک ماهواره باشد که در یک مدار دایره‌ای حول زمین می‌چرخد یا الکترونی باشد که در مدل اتمی بور حول هسته می‌چرخد و یا گلوله‌ای که به انتهای نخی بسته شده و در یک مسیر دایره‌ای در حرکت است. صرف نظر از آنکه این ذره چه جسمی است، همواره بردار سرعت ذره ($\vec{v}$) مماس بر مسیر حرکت دایره‌ای است.

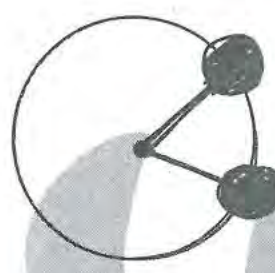
بخوانید و پاسخ دهید ← ① حرکت دایره‌ای یکنواخت چیست؟ ② آیا شتاب دارد؟ بله زیرا با اینکه اندازه سرعت تغییر نمی‌کند ولی جهت سرعت تغییر می‌کند ③ مثال‌هائی از حرکت دایره‌ای ④ جهت بردار سرعت چگونه است؟



شکل ۲ــ۲۱ ذره روی یک مسیر دایره‌ای در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت با تندی ثابت ($v_1 = v_2 = v_3 = ...$) حرکت می‌کند.

پرسش ۲ــ۸

چرا در حرکت دایره‌ای یکنواخت، ذره در بازه‌های زمانی برابر، مسافت‌های یکسانی را طی می‌کند؟



شعاع × زاویه طی شده = طول کمان طی شده

برحسب رادیان

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

چون تندی ثابت است، زاویه طی شده با زمان متناسب است. پس طول کمان طی شده (مسافت روی محیط دایره) با زمان متناسب است و در زمان های مساوی مسافت های مساوی طی می شود

دوره : در حرکت دایره‌ای یکنواخت، مدت زمان لازم برای پیمودن یک دور محیط دایره را دورهٔ تناوب (دوره) می‌نامیم. از آنجا که در این حرکت ذره محیط دایره ($۲\pi r$) را با تندی v در زمان T طی می‌کند، داریم :

$$T = \frac{۲\pi r}{v}$$

یکای دوره ثانیه، (s) است. (دوره)

$$V = r\omega$$

$$V = r\left(\frac{۲\pi}{T}\right)$$

دوره تناوب یا دوره یا زمان تناوب یا پریود حرکت دایره‌ای

مدت زمان لازم برای یک چرخش کامل روی محیط دایره

فرکانس یا بسامد : تعداد چرخش کامل در یک ثانیه

سرعت زاویه‌ای : $\omega = \frac{۲\pi}{T} = ۲\pi f$ اُمگا

دوره فرکانس

مثال) مخزن یک ماشین لباسشوئی هر دقیقه ۷۲۰ دور می‌زند دوره و بسامد و سرعت زاویه‌ای را بدست آورید.

$$\frac{۶۰\,s}{T} = \frac{۷۲۰\ \text{دور}}{۱} \longrightarrow T_{\text{دوره}} = \frac{۶۰}{۷۲۰} = \frac{۱}{۱۲}\,s$$

بسامد $f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{\frac{۱}{۱۲}} = ۱۲\,HZ$ (هرتز) (هر ثانیه دوازده بار)

سرعت زاویه‌ای $\omega = ۲\pi f = ۲\pi(۱۲) = ۲۴\pi\ rad/s$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

توجه : بسامد و بسامد زاویه‌ای در فصل سوم کامل بررسی خواهند شد

عقیل اسکندری

پرسش ۲ـ۹

دورهٔ عقربهٔ ثانیه‌شمار، دقیقه‌شمار و ساعت‌شمار یک ساعت عقربه‌ای چیست؟ و اگر طول آنها ۱۰ cm و ۸ cm باشد برای ذره‌ای روی نوک آنها سرعت و شتاب را بدست آورید

$$V = r\omega = r\left(\frac{2\pi}{T}\right) \quad , \quad a = \frac{V^2}{r} \qquad (\pi = 3)$$

عقربه	نام	دوره (s)	سرعت خطی	شتاب مرکزگرا
A	ثانیه شمار	۶۰	$۰/۱\left(\frac{۲\times۳}{۶۰}\right)$	۰/۰۰۱
B	دقیقه شمار	۶۰×۶۰	$۰/۱\left(\frac{۲\times۳}{۳۶۰۰}\right)$	$\frac{۰/۰۰۱}{۳۶۰۰}$
C	ساعت شمار	۱۲×۶۰×۶۰	$۰/۰۸\left(\frac{۲\times۳}{۴۳۲۰۰}\right)$	$\frac{۰/۰۰۱}{۱۸۰\times۳۶۰۰}$

به زبان ساده‌تر: عقربهٔ ثانیه‌شمار در مدت یک دقیقه (زمان یک دور) دقیقه‌شمار در مدت یک ساعت ساعت‌شمار در مدت دوازده ساعت

مثال) شتاب مرکزگرای عقربهٔ دقیقه‌شمار به ساعت‌شمار در مثال بالا چند است؟

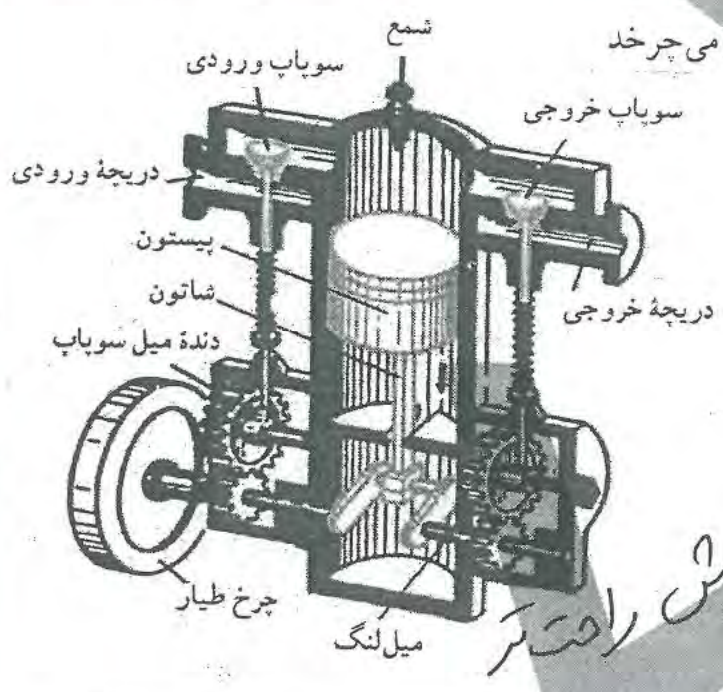
$$\frac{a_د}{a_س} = \frac{\left(\frac{V^2}{r}\right)_د}{\left(\frac{V^2}{r}\right)_س} = \frac{V_د^2}{r_د} \times \frac{r_س}{V_س^2} = \frac{\left(۰/۱\left(\frac{۲\times۳}{۳۶۰۰}\right)\right)^2}{\left(۰/۰۸\left(\frac{۲\times۳}{۴۳۲۰۰}\right)\right)^2} \times \frac{۰/۰۸}{۰/۱}$$

$$a_د / a_س = \frac{۰/۱}{۰/۰۸} \times ۱۴۴ = ۱۸۰$$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از پلیکشن پارسی

عقیل اسکندری

مثال ۲ـ۱۳



میل‌لنگ یک خودرو که قطر محور آن ۴/۰ cm است، در هر دقیقه ۲۴۰۰ دور می‌چرخد (۲۴۰۰ rpm[1]). تندی نقطه‌ای روی لبهٔ محور این میل‌لنگ چقدر است؟

پاسخ : ابتدا زمان یک دور، یعنی دورهٔ تناوب آن را به روش تبدیل زنجیره‌ای

$$T=\frac{1\,\text{min}}{2400\,\text{دور}}\times\frac{60\,\text{s}}{1\,\text{min}}=\frac{1}{40}\,\text{s}=0/025\,\text{s}$$

$$v=\frac{2\pi r}{T}=\frac{2(3/14\,\text{rad})(0/020\,\text{m})}{0/025\,\text{s}}=5/0\,\text{m/s}$$

روش راحت‌تر $\frac{60\,s}{T}=\frac{2400\,\text{دور}}{1}\rightarrow T=\frac{1}{40}\,s$

revolutions per minute : rpm دور بر دقیقه

مثال ۲ـ۱۴

پرهٔ یک بالگرد با دورهٔ 0/020 s به‌طور یکنواخت می‌چرخد.

الف) تعداد دور بر دقیقه (rpm) پرهٔ بالگرد چقدر است؟

ب) اگر شعاع پره 2/00 m باشد، نوک پره با چه تندی‌ای می‌چرخد؟

$\frac{0/02\,s}{60}=\frac{1\,\text{دور}}{N}\rightarrow N=3000$

پاسخ : الف) یک دور چرخش در زمان T انجام می‌شود، بنابراین تعداد دور در یک دقیقه (60 s) برابر است با :

$$\text{rpm}=(\frac{1\,\text{دور}}{T(\text{s})})(\frac{60\,\text{s}}{1\,\text{min}})=(\frac{1\,\text{دور}}{0/020\,\text{s}})(\frac{60\,\text{s}}{1\,\text{min}})=3000\ \text{دور/دقیقه}$$

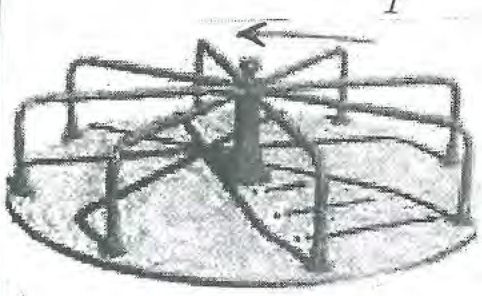
ب) با توجه به رابطهٔ $T=\frac{2\pi r}{v}$ می‌توان تندی حرکت نوک پرهٔ بالگرد را تعیین کرد.

$$v=\frac{2\pi r}{T}=\frac{2(3/14\,\text{rad})(2/00\,\text{m})}{0/020\,\text{s}}=628\,\text{m/s}$$

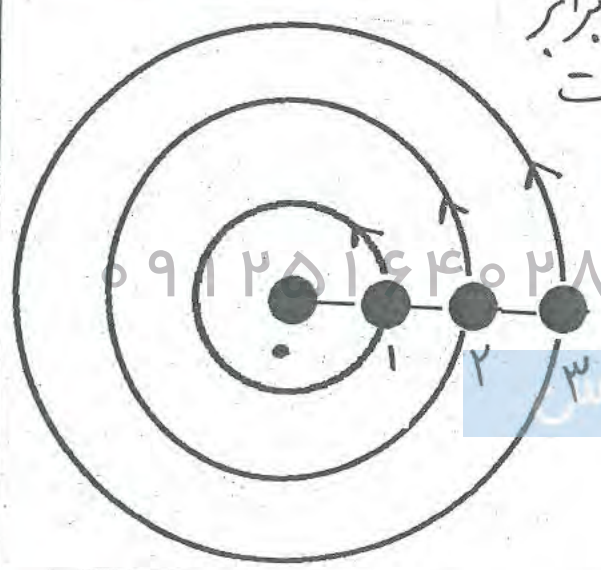
مثال ۲ـ۱۵

یک دیسک‌گردان در شهربازی را درنظر بگیرید که توسط یک موتور الکتریکی در هر دقیقه 5/00 دور می‌چرخد. فرض کنید افرادی در فاصله‌های 1/0 m، 2/0 m و 3/0 m از مرکز آن قرار دارند.

تندی این افراد را به‌دست بیاورید و با هم مقایسه کنید.



دوره برای همه برابر است



$$T=\frac{1\,\text{min}}{5\,\text{دور}}\times\frac{60\,\text{s}}{1\,\text{min}}=12/0\,\text{s}$$

روش دوم $\frac{60\,s}{T}=\frac{5\,\text{دور}}{1}$

$v=\frac{2\pi r}{T}$ $\rightarrow$ هرچه r زیاد $\rightarrow$ v زیاد

برای تصور بهتر نمائی فرضی از بالا رسم شده است که البته ۴ صندلی درنظر گرفته‌ایم و نفر صفر در مرکز (نفر وسطی دور خودش می‌گردد)

$$r_1=1/0\,\text{m}\Rightarrow v_1=\frac{2\pi r_1}{T}=\frac{2(3/14\,\text{rad})(1/0\,\text{m})}{12/0\,\text{s}}=0/52\,\text{m/s}$$

$$r_2=2/0\,\text{m}\Rightarrow v_2=\frac{2\pi r_2}{T}=\frac{2(3/14\,\text{rad})(2/0\,\text{m})}{12/0\,\text{s}}=1/04\,\text{m/s}$$

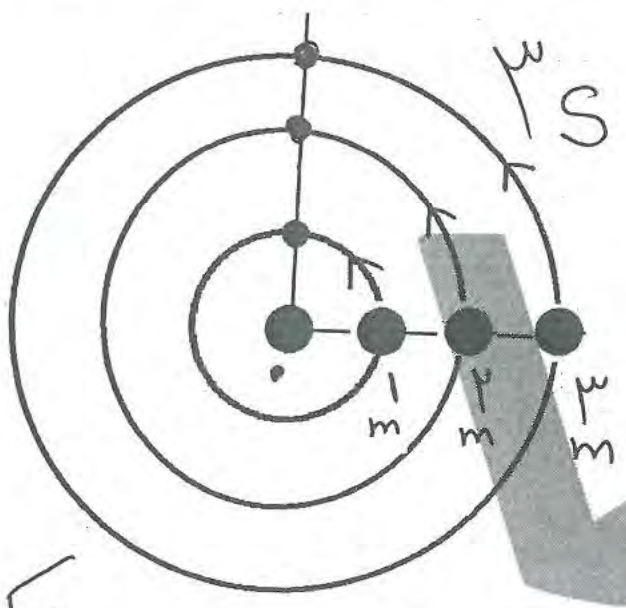
$$r_3=3/0\,\text{m}\Rightarrow v_3=\frac{2\pi r_3}{T}=\frac{2(3/14\,\text{rad})(3/0\,\text{m})}{12/0\,\text{s}}=1/57\,\text{m/s}$$

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود شده از اپلیکیشن پارسی

○ تمرین ۲ـ۸

مسافتی را که هر یک از افراد در مثال بالا در مدت ۳/۰s طی کرده‌اند محاسبه کنید.

(۳=n فرض)



$T_3 = 3\,s$

یک دقیقه ← ۵ دور

$\frac{60\,s}{T} = \frac{5\text{ دور}}{1} \rightarrow T = 12\,s$

یک محیط کامل ← ۲πr

$\frac{12\,s}{3} = \frac{2\pi r}{L}$

$L = \frac{1}{4}(2\pi r)$ (هر صندلی $\frac{1}{4}$ محیط دایره را طی می‌کند)

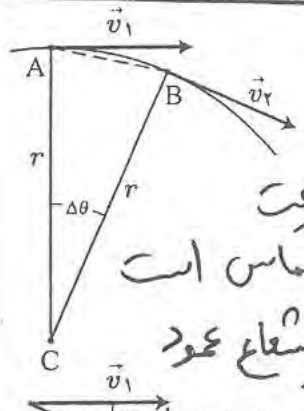
$r_0 = 0\,m \rightarrow L_0 = 0\,m$

$r_1 = 1\,m \rightarrow L_1 = \frac{1}{4}(2\times 3\times 1) = 1{,}5\,m$

$r_2 = 2\,m \rightarrow L_2 = \frac{1}{4}(2\times 3\times 2) = 3\,m$

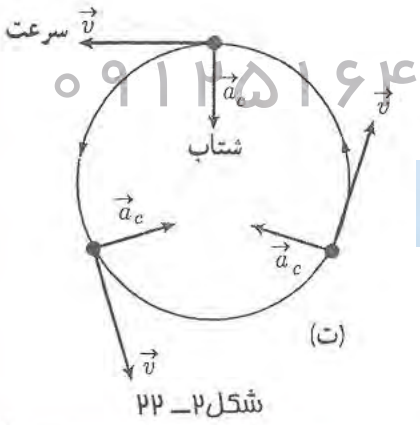
$r_3 = 3\,m \rightarrow L_3 = \frac{1}{4}(2\times 3\times 3) = 4{,}5\,m$

شتاب مرکزگرا و قانون دوم نیوتون : در حرکت دایره‌ای یکنواخت، اندازهٔ سرعت ثابت است اما جهت آن دائماً تغییر می‌کند. به همین دلیل حرکت دایره‌ای، حرکتی شتاب‌دار است (شکل ۲ـ۲۲ الف و ب). در فصل ۱ دیدیم که شتاب متوسط، از نسبت تغییر سرعت به زمان تغییر آن به‌دست می‌آید ($\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$) و اگر بازهٔ زمانی Δt خیلی کوچک باشد، شتاب متوسط تبدیل به شتاب لحظه‌ای می‌شود.



بردار سرعت بر مسیر مماس است پس بر شعاع عمود

بر اساس تعریف شتاب متوسط، جهت شتاب متوسط همواره با جهت تغییر سرعت یکسان است. در حالتی که بازهٔ زمانی خیلی کوچک انتخاب می‌شود، جهت $\Delta\vec{v}$ به طرف مرکز دایره خواهد بود. پس جهت شتاب لحظه‌ای نیز به طرف مرکز خواهد بود (شکل ۲ـ۲۲ پ). به همین دلیل به آن شتاب مرکزگرا می‌گویند و آن را با $\vec{a}_c$ نشان می‌دهند[1] (شکل ۲ـ۲۲ ت). اندازهٔ شتاب مرکزگرا از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



شکل ۲ـ۲۲

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

(صفحهٔ بعد)

① چرا حرکت دایره‌ای یکنواخت شتاب دارد؟ ② در چه صورت $\vec{a}_{av} = \vec{a}$ است؟ ③ جهت $\vec{a}_{av}$ چگونه است؟

④ در حرکت دایره‌ای یکنواخت جهت شتاب چگونه است؟

در حرکت دایره‌ای یکنواخت فرمول شتاب مرکز گرا :

$$a=\frac{v^2}{r} \longrightarrow a=\frac{\left(r\left(\frac{2\pi}{T}\right)\right)^2}{r}=r\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

$v=r\omega$

$$v=r\left(\frac{2\pi}{T}\right)$$

$a=\frac{v^2}{r}=r\omega^2$: توجه : به $\frac{2\pi}{T}$ سرعت زاویه‌ای یا ω می گویند

پرسش ۲ـ۱۰

نشان دهید در حرکت دایره‌ای یکنواخت، شتاب مرکزگرا از رابطهٔ $a_c=\frac{4\pi^2 r}{T^2}$ نیز به‌دست می‌آید که در آن T و r به ترتیب دورهٔ تناوب و شعاع دایره است.

مثال ۲ـ۱۶

خودرویی در یک میدان به شعاع ۱۰۰ m با تندی ۳۶/۰ km/h در حال دور زدن است. دوره و شتاب مرکزگرای خودرو را محاسبه کنید.

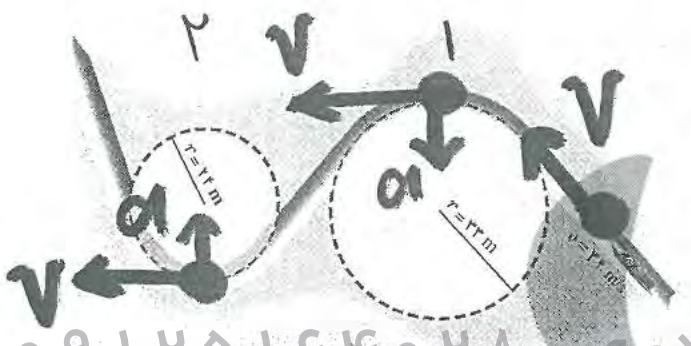
پاسخ : با توجه به داده‌های مسئله یعنی شعاع و تندی، می‌توانیم از رابطه‌های $T=\frac{2\pi r}{v}$ و $a_c=\frac{v^2}{r}$ برای محاسبهٔ دوره و شتاب مرکزگرا استفاده کنیم. نخست تبدیل یکاها را انجام می‌دهیم و سپس کمیت‌های خواسته شده را به‌دست می‌آوریم :

$$v=(36/0\frac{\text{km}}{\text{h}})(\frac{1000\text{m}}{1\text{km}})(\frac{1\text{h}}{3600\text{s}})=10/0\text{m/s} \leftarrow v=36\times\frac{10}{36}=10\ \text{m/s}$$

$$T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2(3/14\text{ rad})(100\text{m})}{10/0\text{m/s}}=62/8\text{s}$$

$$a_c=\frac{v^2}{r}=\frac{(10/0\text{m/s})^2}{100\text{m}}=1/0\text{m/s}^2$$

تمرین ۲ـ۹



شکل روبه‌رو مسیر حرکت سورتمه‌ای را در مسابقهٔ المپیک زمستانی نشان می‌دهد. سورتمه روی یک سطح افقی در حال حرکت است. اگر تندی حرکت سورتمه در کل مسیر ۳۴m/s باشد، شتاب مرکزگرای آن را در هر یک از پیچ‌ها به‌دست آورید.

$a=\frac{v^2}{r} \longrightarrow a_1=\frac{(34)^2}{34}=34\ \text{m/s}^2$

$a_2=\frac{(34)^2}{24}=48\ \text{m/s}^2$

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن ...

بخوانید و پاسخ دهید

دیدیم شتاب جسم در حرکت دایره‌ای یکنواخت در راستای شعاع دایره و جهت آن به طرف مرکز دایره است. از قانون دوم نیوتون می‌دانیم شتاب یک جسم را نیروی خالص وارد بر آن ایجاد می‌کند و شتاب جسم همواره در راستا و جهت نیروی خالص وارد بر جسم است. بنابراین، در حرکت دایره‌ای یکنواخت نیز یک نیروی خالصِ رو به مرکز، سبب ایجاد شتاب مرکزگرا می‌شود. به این نیروی خالص که منجر به حرکت دایره‌ای می‌شود، **نیروی مرکزگرا** می‌گوییم. وقتی جسم متصل به نخی را روی سطح افقی بدون اصطکاک می‌چرخانیم، درمی‌یابیم که باید نخ را دائماً بکشیم؛ یعنی نیروی مرکزگرا به آن وارد کنیم (شکل ۲ـ۲۳). نخ نیروی مرکزگرایی را به جسم وارد می‌کند که آن را در مسیر دایره‌ای به حرکت وامی‌دارد. نیروی مرکزگرا نوع جدیدی از نیرو نیست، نیروهای گرانشی یا الکتریکی می‌توانند نیروهای مرکزگرا را تأمین کنند؛ مثلاً نیروی گرانشیِ به طرف مرکز زمین، ماه را در مداری تقریباً دایره‌ای نگه می‌دارد. الکترون‌های مداری اتم‌ها در مدل بور تحت‌تأثیر نیروی الکتریکی به طرف هسته در مدارهای خود می‌چرخند و ... .

قانون دوم نیوتون ($F_{net} = ma$) را در حرکت دایره‌ای یکنواخت به‌صورت زیر می‌توانیم بنویسیم :

$$F_{net} = m\frac{v^2}{r} \qquad \text{(قانون دوم نیوتون در حرکت دایره‌ای یکنواخت)} \qquad (۲ـ۱۴)$$

در این رابطه F_{net} بزرگی نیروی خالص وارد بر جسم در راستای شعاع و به طرف مرکز دایره است.

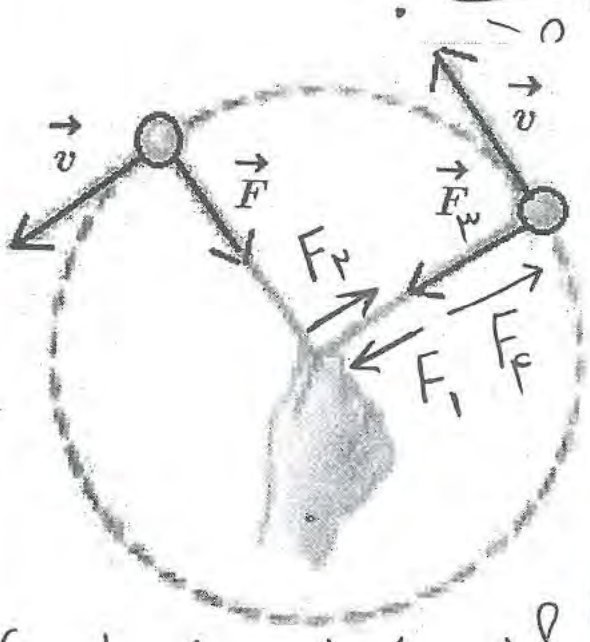
① در حرکت دایره‌ای یکنواخت جهت شتاب چگونه است؟

② طبق قانون دوم نیوتون نیروی خالص و چه کمیتی هم جهت هستند؟

توجه: به نظر می‌رسد در این پاراگراف منظور مولف از کلمه جهت همان سوی بردار است

③ در حرکت دایره‌ای یکنواخت، جهت نیروی خالص چگونه است؟

④ علت حفظ مسیر دایره‌ای در این حرکت چیست؟



⑤ دست این فرد به نخ چگونه نیروئی وارد کند تا مسیر دایره بماند؟ (F_1)

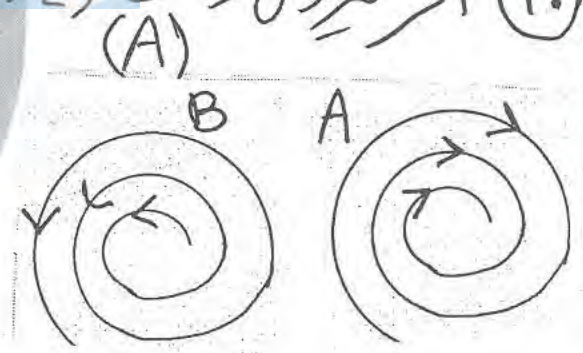
⑥ نخ به دست فرد چطور؟ (F_2)

⑦ نخ به گلوله چطور؟ (F_3)

⑧ گلوله به نخ چطور؟ (F_4)

⑨ نیروی خالص وارد بر گلوله کدام است؟ (F_3) (حفظ دایره)

⑩ اگر نیروی دست زیاد یا کم شود مسیر حرکت چگونه می‌شود؟



⑪ آیا نیروی مرکزگرا یک نوع از انواع نیروهای اساسی در فیزیک است؟ مثال بزنید.

عقیل اسکندری ۰۲۸۱۶۴۰۲۱۳۵۱۱۹
دانلود از پاکیشن

فرمول های نیروی مرکزگرا :

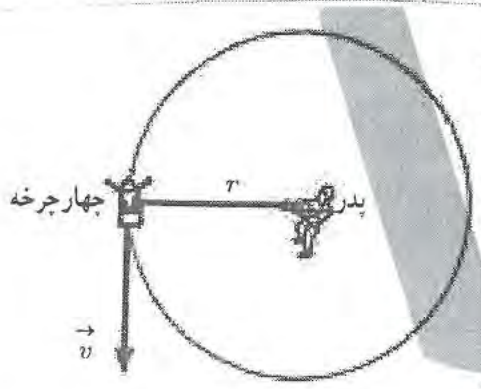
$$F_{net} = ma$$

$$F_{net} = m\frac{v^2}{r} \quad \left(a = r\omega^2 \text{ و } a = \frac{v^2}{r}\right)$$

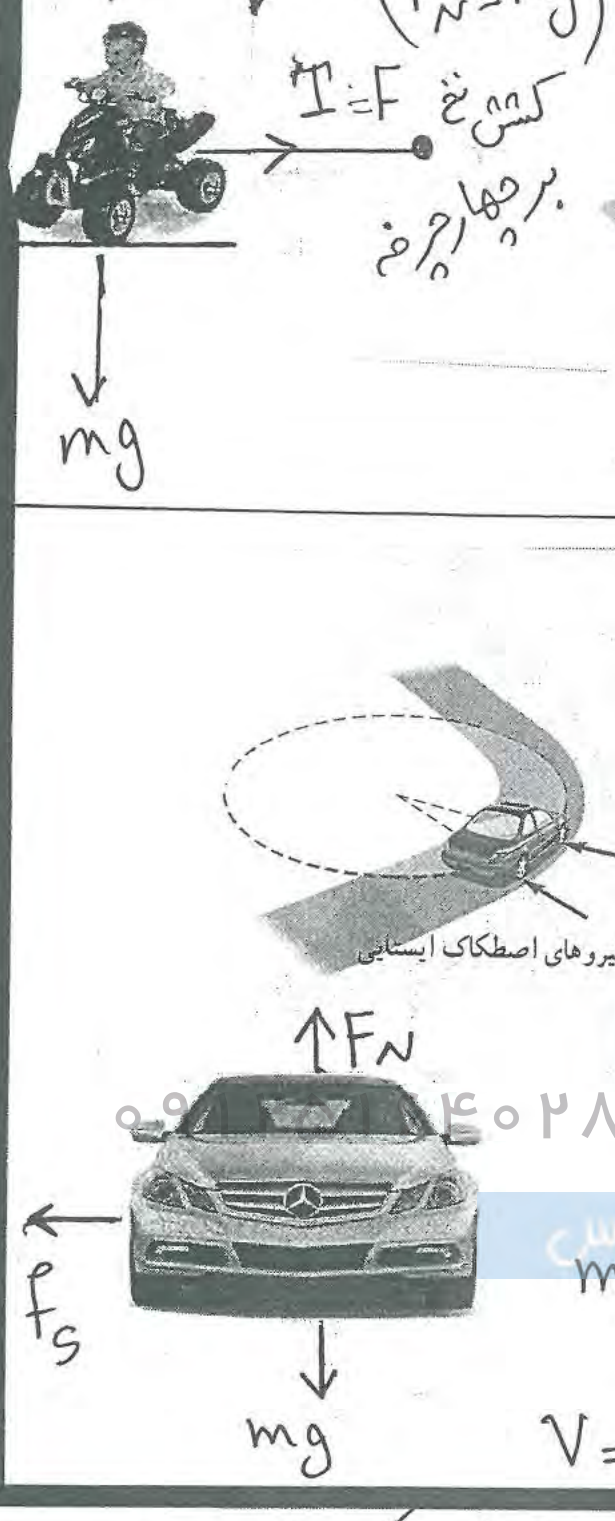
(یادآوری :)

مثال ۲ـ۱۷

پدری فرزند ۲۰ کیلوگرمی خود را در یک چهارچرخهٔ ایمن ۵/۰ کیلوگرمی قرار می‌دهد و با یک طناب ۲/۰ متری، چهارچرخه را روی سطح افقی زمین به‌گونه‌ای می‌کشد تا چهارچرخه روی دایره‌ای حرکت کند. با فرض یکنواخت بودن حرکت چهارچرخه و صرف‌نظر کردن از اصطکاک و با فرض اینکه نیروی کشش طناب ۱۰۰N باشد، تندی و دورهٔ چهارچرخه را به‌دست آورید.



پاسخ : بچه و چهارچرخه را به‌صورت یک ذره فرض می‌کنیم که در یک مسیر دایره‌ای با نیروی مرکزگرای ۱۰۰N حرکت می‌کند. بر ذره سه نیروی وزن، نیروی عمودی سطح (در راستای عمودی) و نیروی کشش نخ (مرکزگرا) به طرف مرکز دایره وارد می‌شود. نیروی وزن و نیروی عمودی سطح همدیگر را خنثی می‌کنند و بنابراین تنها نیروی $\vec{T}$ به‌عنوان نیروی خالص در نظر گرفته می‌شود.



$m = ۲۵\,\text{kg}\,,\ r = ۲/۰\,\text{m}\,,\ F_{net} = T = ۱۰۰\,\text{N}$

$$F_{net} = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{rF}{m}} = \sqrt{\frac{(۲/۰\text{m})(۱۰۰\text{N})}{۲۵\text{kg}}} = ۲/۸\,\text{m/s}$$

دوره : $T = \frac{۲\pi r}{v} = \frac{۲\pi(۲/۰\text{m})}{۲/۸\text{m/s}} = ۴/۵\,\text{s}$

توجه : نخ چهارچرخه را به مرکز دایره می‌کشد

تمرین ۲ـ۱۰

خودرویی به جرم ۱۵۰۰ kg را در نظر بگیرید که می‌خواهد در یک پیچ مسطح افقی به شعاع ۵۰/۰m بدون آنکه بلغزد، دور بزند. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین لاستیک و سطح جاده ۱/۰ باشد، حداکثر تندی خودرو چقدر می‌تواند باشد؟ (راهنمایی : با اینکه خودرو می‌خواهد یک‌چهارم دایره را طی کند، می‌توانیم خودرو را به‌صورت یک ذره در نظر بگیریم که در یک‌چهارم دایره، حرکت دایره‌ای یکنواخت دارد. در راستای عمود بر سطح، نیروی وزن و نیروی عمودی سطح بر خودرو وارد می‌شود و نیروی اصطکاک ایستایی که عمود بر راستای حرکت است، مانع از لغزش خودرو شده و به طرف مرکز پیچ، بر خودرو وارد می‌شود. این نیرو شتاب مرکزگرای لازم را برای دور زدن تأمین می‌کند.)

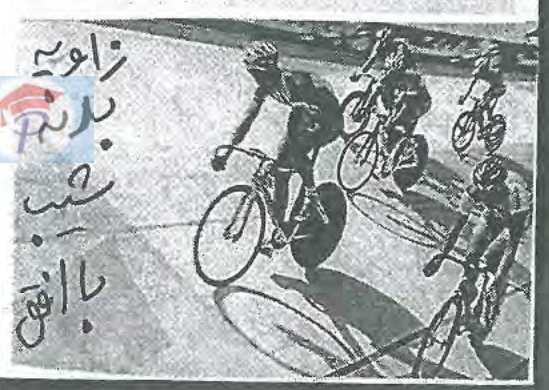
نیروهای اصطکاک ایستایی

$$F_{net} = f_s$$

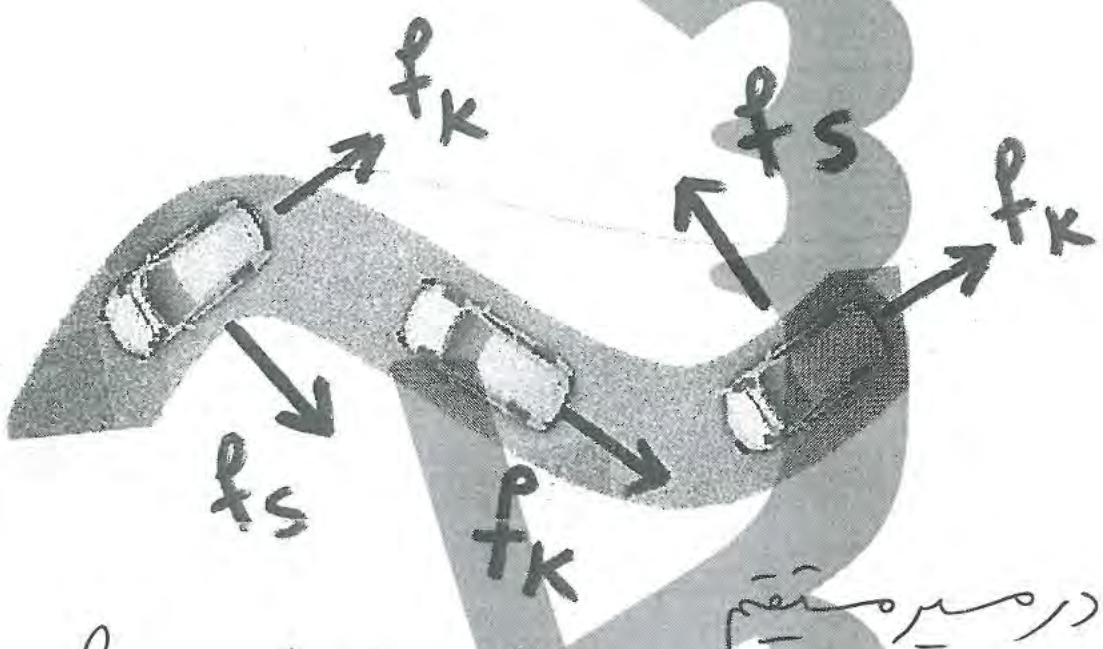
$$\frac{mv^2}{r} = \mu_s mg$$

$$v = \sqrt{\mu_s rg} = \sqrt{۱ \times ۵۰ \times ۱۰}$$

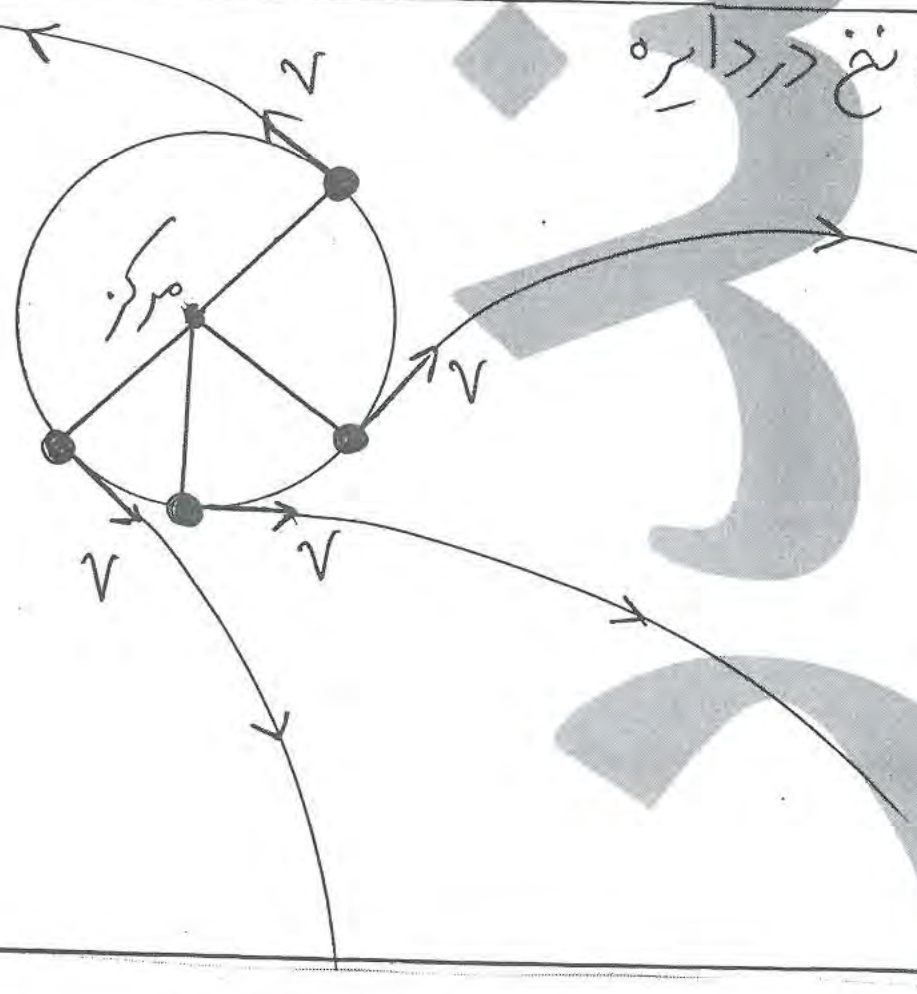
* این پیچ (شیب عرضی) در کتاب نیست $v = ۱۰\sqrt{۵}\ m/s$ (حداکثر تندی)



عقیل اسکندری ۰۹۱۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس



توجه: در این مثال در هر حال f_k مخالف جهت حرکت وجود دارد چه در پیچ، چه در مسیر مستقیم ولی هنگام پیچیدن علاوه بر آن، f_s هم تولید می‌شود.



وقتی یک گلوله را با یک نخ در دایره قائم می‌چرخانیم v همواره مماس بر مسیر است و هر جا نخ پاره شود گلوله مماس بر مسیر پرتاب می‌شود

۲ـ۵ نیروی گرانشی

وقتی سیبی از یک درخت جدا می‌شود، چه نیرویی سبب سقوط آن به طرف زمین می‌شود؟ وقتی شیر آب را باز می‌کنیم، چه نیرویی سبب می‌شود آب به طرف زمین شارش کند؟ چرا وقتی یک جسم را به بالا پرتاب می‌کنیم پس از مدتی به پایین می‌افتد؟

منشأ نیروی مرکزگرایی که سبب چرخش ماه به دور زمین می‌شود چیست؟ زمین به همراه هفت سیارهٔ دیگر نیز به دور خورشید می‌چرخند؛ منشأ نیروی مرکزگرای وارد بر زمین و سیارات دیگر چیست؟

شکل ۲ـ ۲۴ اگر بر ماه نیرویی وارد نشود ماه باید به‌طور مستقیم حرکت کند نه به صورت دایره‌ای

(نیروی گرانش)

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۰۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

۱ــ اگر فاصلهٔ دو جسم از یکدیگر چنان زیاد باشد که بتوان از ابعاد هر یک از دو جسم در مقایسه با فاصلهٔ آنها چشم‌پوشی کرد، می‌توان دو جسم را به‌صورت ذره در نظر گرفت.

تا سال ۱۶۸۷ داده‌های زیادی در مورد حرکت ماه و سیارات گردآوری شده بود، اما کسی شناخت روشنی از نیروهای مؤثر بر آنها نداشت. در آن سال ایزاک نیوتون، دانشمند انگلیسی، با انتشار کتاب اصول خود راز این معما را بیان کرد. از قانون‌های نیوتون می‌دانیم که باید نیروی خالصی بر ماه وارد شود. اگر چنین نبود، ماه به جای مدار تقریباً دایره‌ای به گرد زمین، باید روی خط راست حرکت می‌کرد. نیوتون استدلال کرد که این نیرو ناشی از نیروی جاذبهٔ بین ماه و زمین است و گفت این نیرو همان نیرویی است که اجسام نزدیک به سطح زمین ــ مانند سیب ــ را جذب می‌کند. نیوتون نشان داد هر جسمی در عالم، اجسام دیگری را به‌خود جذب می‌کند و این الهام‌بخش او برای قانون گرانش عمومی بوده است که بیان می‌دارد :

نیروی گرانشی میان دو ذره[۱] با حاصل‌ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مربع فاصلهٔ آنها از یکدیگر نسبت وارون دارد.

قانون گرانش عمومی نیوتون

اگر مطابق شکل ۲ــ۲۵، جرم دو ذره m_1 و m_2 و فاصلهٔ آنها از یکدیگر r باشد، اندازهٔ نیروی گرانشی میان دو ذره یعنی F از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad (۲ــ۱۵)$$

(نیروی گرانشی بین دو ذره)

در این رابطه، G ثابت گرانش عمومی نام دارد و برابر است با :

$$G = ۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱}\ N.m^2/kg^2$$

شکل ۲ــ۲۵ نیروی گرانشی بین دو ذره جاذبه است و در امتداد خط واصل دو ذره وارد می‌شود. طبق قانون سوم نیوتون این دو یک جفت نیروی کنش ــ واکنش را تشکیل می‌دهند که :

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow F_{12} = F_{21} = F$$

بخوانید و پاسخ دهید

① نام کتاب نیوتون در دینامیک ؟

② طبق قانون‌های نیوتون اگر بر ماه نیروی خالص وارد نشود چه می‌شود؟ ③ نیروی زمین بر ماه مانند زمین بر سیب از یک نوع است : □ درست □ غلط ④ فقط اجسام در منظومه شمسی نیروی گرانش دارند : □ درست □ غلط ⑤ نیروی گرانش مانند نیروی الکتریکی و یا نیروی مغناطیسی که هم جاذبه دارند و هم دافعه عمل می‌کند و جاذبه و دافعه دارد؟ □ درست □ غلط ⑥ یکای ثابت گرانش G چیست ؟ ⑦ اگر در منظومه‌ای ، ستاره آن از خورشید سنگین‌تر باشد الف) شتاب گرانش آن ستاره (نسبت به منظومه شمسی) □ کم □ زیاد □ مساوی

ب) مقدار ثابت گرانش □ کم □ زیاد □ مساوی

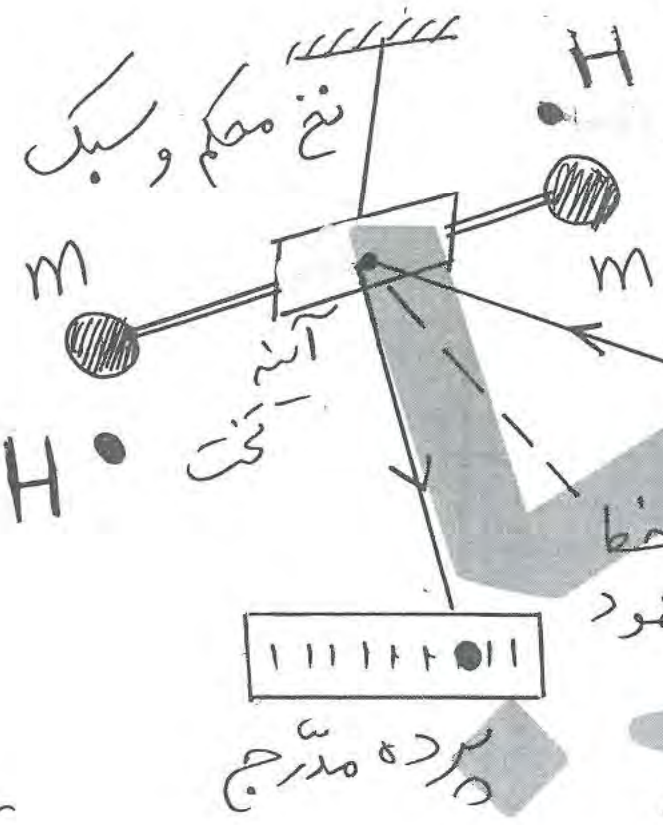
⑧ اگر $m_2 < m_1$ $F_{21} = F_{12}$ □ درست □ غلط (اندازه)

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

عقیل اسکندری

فعالیت ۲ـ۵

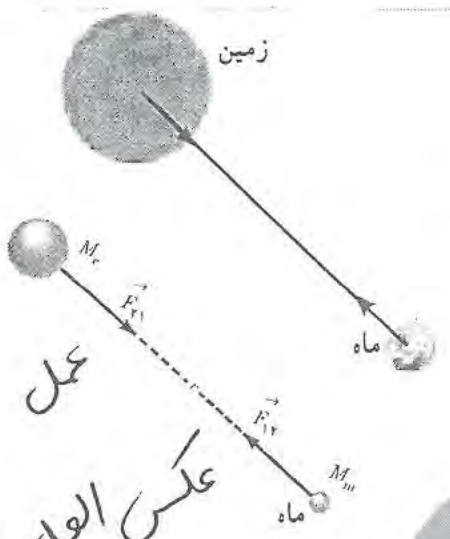
ثابت گرانشی G را اولین بار هنری کاوندیش[۲] در سال ۱۷۹۸ اندازه‌گیری کرد. در مورد روش اندازه‌گیری G توسط هنری کاوندیش تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.



وقتی نور به آینه می‌رسد
روی پرده یک لکه نورانی
ایجاد می‌شود اگر با
دقت در محل H در
هر دو طرف وزنه‌های مشابه M
نزدیک کنیم m به M جذب می‌شود
و آینه کمی می‌چرخد و محل لکه تغییر می‌کند. از این انحراف می‌توان
G (ثابت عمومی گرانش) و در شرایط خاص جرم زمین را بدست آورد

مثال ۲ـ۱۸

جرم زمین و ماه به‌ترتیب حدود $5/98 \times 10^{24}\ kg$ و $7/36 \times 10^{22}\ kg$ و فاصلهٔ متوسط آنها از یکدیگر حدود $3/84 \times 10^{8}\ m$ است. نیروی گرانشی را که زمین و ماه به یکدیگر وارد می‌کنند پیدا کنید.



پاسخ: فاصلهٔ دو کره در این مثال خیلی بزرگ‌تر از قطر کره‌هاست. بنابراین می‌توان کره‌ها را ذره فرض کرد.

به کمک رابطهٔ ۲ـ۱۵، نیروی گرانشی را که زمین و ماه بر هم وارد می‌کنند محاسبه می‌کنیم:

$$F_{12} = F_{21} = G\frac{M_e M_m}{r^2} = (6/67\times10^{-11}\ N.m^2/kg^2)\frac{(5/98\times10^{24}\ kg)(7/36\times10^{22}\ kg)}{(3/84\times10^{8}\ m)^2} = 1/99\times10^{20}\ N$$

این نیرو سبب چرخش ماه به دور زمین می‌شود.

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۲ـ۱۹

دو کرهٔ همگن به جرم‌های $80/0\ kg$ و $120/0\ kg$ را در نظر بگیرید که فاصلهٔ مرکز آنها از یکدیگر $1/00\ m$ است. نیروی گرانشی را که این دو کره بر یکدیگر وارد می‌کنند محاسبه کنید. (با فرض تمرکز جرم در یک نقطه (ذره‌ای))

نیروی گرانشی میان جسم‌های با جرم کوچک قابل ملاحظه نیست

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} = (6/67\times10^{-11}\ N.m^2/kg^2)\frac{(80/0\ kg)(120/0\ kg)}{(1/00\ m)^2} = 6/40\times10^{-7}\ N$$

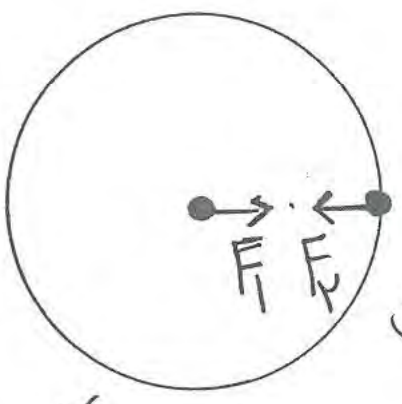
ماهواره :

R_e = شعاع زمین

h = ارتفاع ماهواره از سطح زمین

$r = R_e + h$

(فاصله ماهواره از مرکز زمین)



F_1 نیروی گرانش ماهواره بر زمین

F_2 نیروی گرانش زمین بر ماهواره

F_1 برای حرکت دادن زمین خیلی کم است

F_2 نیروی خالص است که به ماهواره وارد می شود و اگر وجود نداشت ماهواره روی مسیر مستقیم حرکت می کرد

فرمول سرعت ماهواره را بدست آورید. (شرط حفظ دایره)

$$F_{\text{مرکزگرا}} = F_{\text{گرانش}} \longrightarrow m\frac{v^2}{r} = \frac{GmM_e}{r^2}$$

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

$$V = \sqrt{\frac{GM_e}{r}} = \sqrt{\frac{GM_e}{R_e + h}}$$

پرسش ۲ـ۱۱

نشان دهید مربع دورهٔ گردش ماهواره‌ها به دور زمین متناسب با مکعب فاصلهٔ ماهواره از مرکز زمین است.

$$V=\sqrt{\frac{GM_e}{r}} \quad \text{و} \quad V=r\left(\frac{2\pi}{T}\right)$$

$$\sqrt{\frac{GM_e}{r}}=r\left(\frac{2\pi}{T}\right) \xrightarrow{\text{واروبنه}} \frac{T}{2\pi r}=\sqrt{\frac{r}{GM_e}}$$

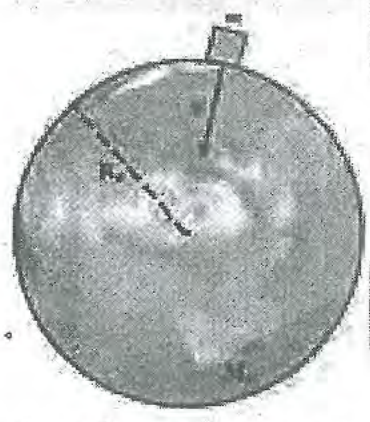
$$T=2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM_e}}=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_e}}$$

$$T^2=4\pi^2\left(\frac{r^3}{GM_e}\right)\rightarrow T^2\propto r^3$$

(متناسب)

وزن و نیروی گرانشی : در بخش ۲ـ۲، در مورد وزن یک جسم مطالبی را آموختیم. در آنجا گفتیم وزن یک جسم روی زمین برابر با نیروی گرانشی است که زمین بر جسم وارد می‌کند (شکل ۲ـ۲۶). اگر جرم جسم را با m، جرم زمین را با M_e و شعاع زمین را با R_e نمایش دهیم، وزن جسم روی سطح زمین از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$W=G\frac{M_e m}{R_e^2} \qquad \text{(وزن جسم در سطح زمین)} \qquad (۲ـ۱۶)$$



شکل ۲ـ۲۶ وزن نیروی گرانشی است که زمین بر جسم وارد می‌کند.

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

تمرین ۲ـ۱۲

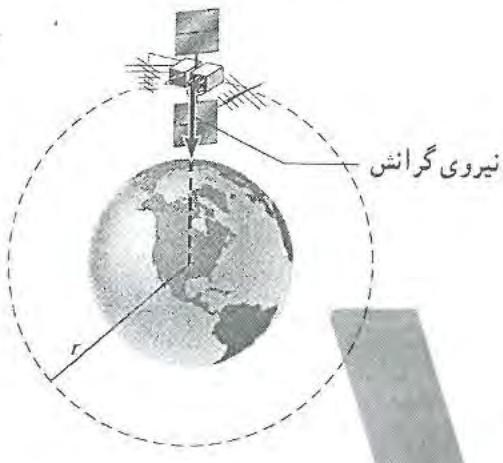
نشان دهید شتاب گرانشی روی زمین برابر است با: $g=G\frac{M_e}{R_e^2}$

وزن F = گرانش F

$$mg=\frac{GmM_e}{r^2} \rightarrow g=\frac{GM_e}{r^2}=\frac{GM_e}{(R_e+h)^2}$$

نکته : (جسم در سطح زمین $h=0$) نکته : جرم خود جسم در g بی‌اثر

مثال ۲ـ۲۰



ماهواره‌ها در اثر نیروی گرانشی بین زمین و ماهواره، روی مدار تقریباً دایره‌ای به دور زمین می‌چرخند. اگر جرم ماهواره ۲۰۰/۰ kg و فاصلهٔ آن از سطح زمین ۲۶۰۰ km باشد، کمیت‌های زیر را محاسبه کنید :

الف) نیروی گرانشی بین ماهواره و زمین

ب) تندی مداری ماهواره

پ) دورهٔ گردش ماهواره ($G = ۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\,\mathrm{N.m^۲/kg^۲}$, $M_e = ۵/۹۸\times۱۰^{۲۴}\,\mathrm{kg}$,
شعاع زمین $= R_e = ۶۴۰۰\,\mathrm{km}$)

پاسخ : ماهواره را به‌صورت ذره و زمین را به‌صورت کره‌ای همگن که جرم آن در مرکزش قرار دارد در نظر می‌گیریم و به کمک رابطه ۲ـ۱۵، نیروی گرانشی بین آنها را محاسبه می‌کنیم.

الف)

$$r = R_e + h = ۶۴۰۰\,\mathrm{km} + ۲۶۰۰\,\mathrm{km} = ۹۰۰۰\,\mathrm{km} = ۹/۰۰۰\times۱۰^{۶}\,\mathrm{m}$$

$$F = G\frac{M_e m}{r^۲} = (۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\,\mathrm{N.m^۲/kg^۲})\frac{(۵/۹۸\times۱۰^{۲۴}\,\mathrm{kg})(۲۰۰/۰\,\mathrm{kg})}{(۹/۰۰۰\times۱۰^{۶}\,\mathrm{m})^۲} = ۹۸۵\,\mathrm{N}$$

ب) از رابطهٔ ۲ـ۱۴، برای پیدا کردن تندی ماهواره استفاده می‌کنیم :

$$F_{net} = m\frac{v^۲}{r} \Rightarrow ۹۸۵\,\mathrm{N} = (۲۰۰/۰\,\mathrm{kg})\frac{v^۲}{۹/۰۰۰\times۱۰^{۶}\,\mathrm{m}} \Rightarrow v = ۶/۶۶\times۱۰^{۳}\,\mathrm{m/s}$$

پ) با استفاده از رابطهٔ بین سرعت و دوره یعنی رابطهٔ ۲ـ۱۲، می‌توانیم دوره را محاسبه کنیم :

$$T = \frac{۲\pi r}{v} = \frac{۲(۳/۱۴\,\mathrm{rad})(۹/۰۰۰\times۱۰^{۶}\,\mathrm{m})}{۶/۶۶\times۱۰^{۳}\,\mathrm{m/s}} = ۸/۴۹\times۱۰^{۳}\,\mathrm{s} = ۲/۳۶\,\mathrm{h}$$

یعنی این ماهواره در هر ۲/۳۶h یک بار به دور زمین می‌چرخد.

مثال) جرم یک فضانورد ۷۴ kg است و از سطح زمین به ارتفاع معادل نصف شعاع زمین بالا می‌رود : کنید حساب

الف) جرمش در آن محل چند kg است.

ب) اگر $g = ۱۰\ m/s^۲$ سطح زمین فرض شود وزنش را نیز

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری

$m = ۷۴\ kg$

الف) جرم عددی ثابت است و با ارتفاع مربوط نیست

دانلود از اپلیکیشن پادرس

ب) $g_{\text{بالا}} = \frac{GM_e}{(R_e+h)^۲} = \frac{GM_e}{(R_e+\frac{R_e}{۲})^۲} = \frac{GM_e}{(\frac{۳}{۲}R_e)^۲} = \frac{۴}{۹}g_{\text{سطح}}$

$$\text{وزن} = mg = ۷۴\times\frac{۴}{۹}\times۱۰ = ۳۲۸/۸\ N$$

عقیل اسکندری

○ تمرین ۲ـ۱۱

مدار همگام با زمین[1] و ماهواره‌های مخابراتی: از دیدگاه مخابراتی، باقی ماندن ماهواره در یک محل نسبت به مکانی در روی زمین (مثلاً بالای ایران) امتیاز محسوب می‌شود. این در صورتی رخ می‌دهد که دورهٔ گردش ماهواره به دور زمین با مدت زمان یک دور چرخش زمین به دور خودش، یعنی ۲۴/۰ h یکسان باشد.

الف) در چه فاصله‌ای از زمین می‌توان این مدار همگام با زمین را یافت؟

ب) تندی مداری این ماهواره چقدر است؟

زمین در $T=24$ ساعت یک بار دور خودش می‌گردد و اگر قرار باشد از نقطه S به نقطه H با یک ماهواره مخابراتی پیام مخابره کنیم، پس آن ماهواره باید چه وضعیت ثابت با شد

$$T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_e}} \rightarrow T^2=\frac{4\pi^2 r^3}{GM_e}$$

$$r^3=\frac{GM_eT^2}{4\pi^2} \rightarrow r=\sqrt[3]{\frac{GM_eT^2}{4\pi^2}}$$

$$r=\sqrt[3]{\frac{6/67\times10^{-11}\times5/98\times10^{24}\times(8640)^2}{4\pi^2}}$$

$$r=4/35\times10^7\ m=4/35\times10^4\ km=42500\ km$$

$$r=R_e+h \rightarrow h=42500-6400=35100\ km$$

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری

$$v=\sqrt{\frac{GM_e}{r}}=\sqrt{\frac{6/67\times10^{-11}\times5/98\times10^{24}}{4/35\times10^7}}$$

$$v=3\times1000=3000\ m/s$$

○ تمرین ۲ـ۱۳

تلسکوپ فضایی هابل با تندی ۷۵۶۰ m/s گرد زمین می‌چرخد.

الف) فاصلهٔ این تلسکوپ از سطح زمین چند کیلومتر است؟

ب) وزن این تلسکوپ در این ارتفاع چند برابر وزن آن روی زمین است؟

پ) دورهٔ تناوب این تلسکوپ را پیدا کنید. ($R_e = ۶۳۸۰ \text{ km}$)

$$V = \sqrt{\frac{GM_e}{r}} \longrightarrow r = \frac{GM_e}{V^2}$$

$$r = \frac{۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱} \times ۵/۹۸ \times ۱۰^{۲۴}}{(۷۵۶۰ \times ۱۰^{۳})^2}$$

$$r = ۰/۹۹ \times ۱۰^{۷} \text{ m} = ۰/۹۹ \times ۱۰^{۴} \text{ km} = ۹۹۰۰ \text{ km}$$

$$r = R_e + h \longrightarrow h = ۹۹۰۰ - ۶۳۸۰ = ۳۵۲۰ \text{ km}$$

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_e}} = ۲\pi\sqrt{\frac{(۹۹۰۰ \times ۱۰^{۳})^3}{۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱} \times ۵/۹۸ \times ۱۰^{۲۴}}}$$

$$T = ۵۷۰۰ \text{ s} \approx ۹۶ \text{ min}$$

هر روز ۱۵ بار دور زمین می‌گردد

$$g = \frac{GM_e}{(R_e + h)^2} = ۸/۱۹ \text{ m/s}^2$$

$$\frac{g_{\text{بالا}}}{g_{\text{سطح}}} = \left(\frac{R_e}{r}\right)^2 = \left(\frac{۶۳۸۰}{۹۹۰۰}\right)^2$$

$$g_{\text{بالا}} = ۰/۸۵ \, g_{\text{سطح}}$$

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

ات

ص ۶۹ | ف ۲ | ک ۱۲

عقیل اسکندری

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۲

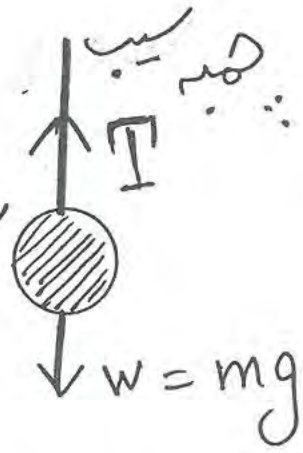
۱. سیبی را در نظر بگیرید که به شاخهٔ درختی آویزان است و سپس از درخت جدا می‌شود.

الف) با رسم شکل نیروهای وارد بر سیب را قبل و بعد از جداشدن از درخت نشان دهید. ب) در هر حالت واکنش این نیروها بر چه اجسامی وارد می‌شود؟

* جسم سیب: همان چوب کوتاهی که سیب را به شاخه متصل می‌کند.

* وقتی سیب ساکن است $mg = T$

وقتی به شاخه متصل است:



نیروی وزن $= mg$ (زمین بر سیب وارد می‌کند)

T = چوب به سیب وارد می‌شود

عکس العمل نیروی وزن، از طرف سیب بر مرکز زمین وارد می‌شود

عکس العمل نیروی T، از طرف سیب بر چوب وارد می‌شود

---

* وقتی چوب قطع می‌شود $T = 0$

سیب * mg نیروی وزن (زمین بر سیب وارد می‌کند)

* f_D نیروی مقاومت هوا بر سیب وارد می‌شود

* عکس العمل نیروی وزن، از طرف سیب به مرکز زمین وارد می‌شود

* عکس العمل نیروی f_D، از طرف سیب به هوا وارد می‌شود

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸

توجه: نیروهای عمل و عکس العمل از یک نوع اند - هم مقدارند بر دو جسم وارد می‌شوند (برآیند پذیر نیستند) - مخالف جهتند پس مثلاً در این تمرین در حالت اول T و mg عمل و عکس العمل نیستند

۲ ت

ک ۱۲	ف ۲	ص ۷۰	عقیل اسکندری

۲. وقتی در خودروی ساکنی نشسته‌اید و خودرو ناگهان شروع به حرکت می‌کند، به صندلی فشرده می‌شوید. همچنین اگر در خودروی در حال حرکتی نشسته باشید، در توقف ناگهانی به جلو پرتاب می‌شوید.

الف) علت این پدیده‌ها را توضیح دهید. ب) نقش کمربند ایمنی و کیسهٔ هوا در کم‌شدن آسیب‌ها در تصادف‌ها را بیان کنید.

الف) طبق قانون اول نیوتون بدن مسافر تمایل دارد به همان حالت اصلی خود باقی بماند تا وقتیکه نیروی خالص (برآیند) از صفر تغییر کند. وقتی ماشین ساکن است و رو به جلو حرکت می‌کند در واقع پشتی صندلی به جلو می‌رود و بدن مسافر در جای خودش است و احساس فرورفتگی در صندلی حس می‌شود و وقتی ماشین می‌ایستد، بدن می‌خواهد جلو رود و حس می‌کنیم به جلو پرتاب شدیم

۲ـ ب: کمربند ایمنی و کیسه هوا نقش مشابهی دارند یعنی زمان تغییر سرعت در بدن را طولانی می‌کنند مثلاً هنگام یک ترمز شدید به جای آنکه در ۰/۱ ثانیه سرعت بدن از عددی بزرگ به عددی کوچک برسد، این زمان را طولانی‌تر می‌کنند.

$$F = ma = m\frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Δt زیاد شود $\Leftarrow$ F کم می‌شود

۳. دانش‌آموزی به جرم ۵۰/۰ kg روی یک ترازوی فنری در آسانسور ایستاده است. در هر یک از حالت‌های زیر این ترازو چند نیوتون را نشان می‌دهد؟ (g=۹/۸۰N/kg)

الف) آسانسور ساکن است.

ب) آسانسور با سرعت ثابت حرکت می‌کند.

پ) آسانسور با شتاب ۱/۲m/s² به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند.

ت) آسانسور با شتاب ۱/۲m/s² به طرف پایین شروع به حرکت می‌کند.

(الف)

$F_N = mg = ۵۰ \times ۹/۸ = ۴۹۰N$

(ب)

$a = ۰ \rightarrow F_N = mg = ۴۹۰N$

(پ)

$F_N = mg + ma = ۵۰(۹/۸ + ۱/۲)$

$F_N = ۵۵۰$ (۶۰N حس سنگینی)

(ت)

$F_N = mg - ma$

$F_N = ۵۰(۹/۸ - ۱/۲) = ۴۳۰$ (۶۰N حس سبکی)

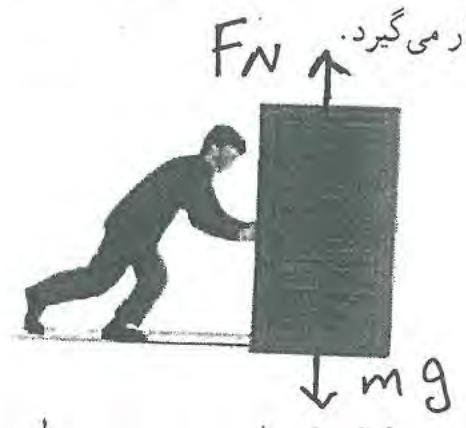
عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۸۱۶۳۰۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

۳ ت

۱۲ ک	۲ ف	ص ۷۱

عقیل اسکندری

۴. در شکل نشان داده شده، شخص با نیروی ۲۰۰N جسم ۹۰/۰ کیلوگرمی را هُل می‌دهد، اما جسم ساکن می‌ماند. ولی وقتی با نیروی ۳۰۰N جسم را هُل می‌دهد، جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد.



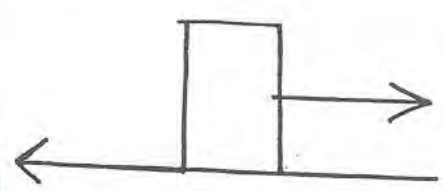
الف) نیروی اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح در هر حالت چقدر است؟

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

پ) اگر پس از حرکت، شخص با نیروی ۲۰۰N جسم را هُل دهد و ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جسم ۰/۲۰ باشد، شتاب حرکت جسم چقدر خواهد شد؟

$g = 10\ m/s^2$

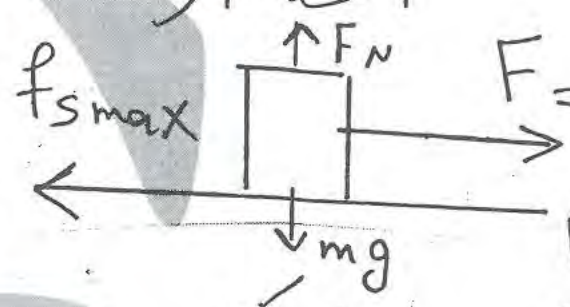
الف - ۱



$F = 200\ N$

$f_s = 200\ N$ جسم ساکن

الف - ۲ آستانه حرکت



$F = 300\ N$

$F_N = mg$

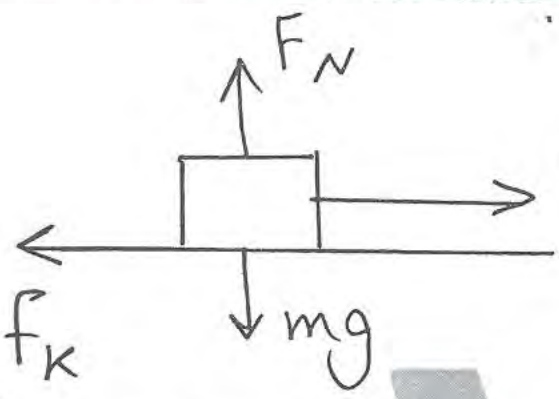
جسم ساکن $\rightarrow f_{s\,max} = F$

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

$300 = \mu_s (900)$

$\mu_s = \frac{300}{900} = \frac{1}{3}$

۲ ب -



$F_N = mg = 90 \times 10 = 900\ N$

$f_k = \mu_k F_N = 0/2 \times 900 = 180\ N$

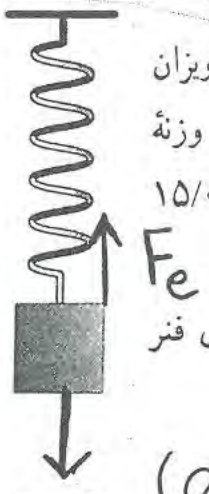
$F_{net} = ma$

محرک − مقاوم $= ma$

$200 - 180 = 90a$

$a = 20/90 = 2/9\ m/s^2$

۵. در شکل روبه‌رو وقتی وزنهٔ ۴/۰ kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر ۱۴/۰ cm می‌شود، و وقتی وزنهٔ ۵/۰ kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر ۱۵/۰ cm می‌شود.



الف) ثابت فنر چقدر است؟ ب) طول عادی فنر (بدون وزنه) چند سانتی‌متر است؟

در هر حالت تعادل $(a=0)$

$(F_{net}=0)\ F_e = mg$

تفاوت ۱۴ cm و ۱۵ cm $= 1\ cm$

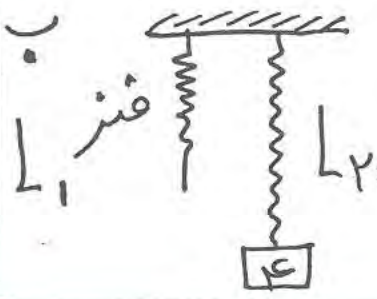
تفاوت ۴ kg و ۵ kg $= 1\ kg$

الف

$kx = mg \rightarrow k(0/01) = 1(10)$

$k = 1000\ N/m$

ب



$kx = mg$

$1000x = 40$

تغییر طول $x = 4\ cm$

$4 = x = L_2 - L_1 \rightarrow L_1 = 14 - 4 = 10\ cm$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

ت ۴

ک ۱۲ | ف ۲ | ص ۷۲

عقیل اسکندری

۴. در هر یک از موارد زیر، نیروهای وارد بر جسم را مشخص کنید. واکنش هر یک از این نیروها به چه جسمی وارد می‌شود؟

الف) خودرویی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی در حال حرکت است.

ب) کشتی‌ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.

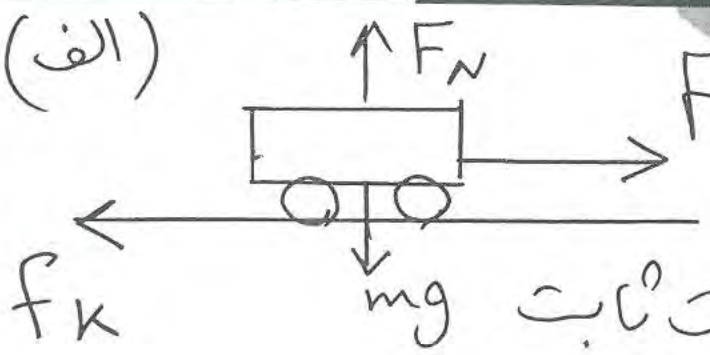
پ) فایقرانی در حال پارو زدن است.

ت) چتربازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است.

ث) هواپیمایی در یک سطح پروازی افقی با سرعت ثابت در حال حرکت است.

ج) توپی در راستای قائم به زمین برخورد می‌کند و برمی‌گردد.

(الف)



سرعت ثابت ($a = 0$)

نیروهای وارد بر جسم

F (نیروی محرکهٔ موتور برماشین)

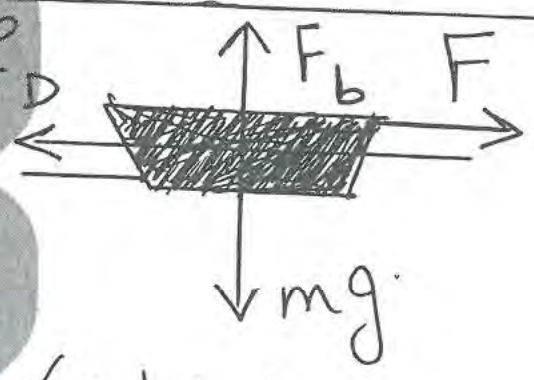
f_k (نیروی اصطکاک جنبشی) ←

(نیروی افقی سطح برماشین)

F_N (نیروی عمودی سطح برماشین)

mg (نیروی وزن، زمین برماشین)

(ب)



F نیروی جلوبر (پیشران)
(نیروی محرکهٔ وارد بر کشتی)

F_b نیروی شناوری، آب بر کشتی

mg نیروی وزن، زمین بر کشتی

f_D نیروی پس‌کشی افقی آب بر کشتی

واکنش های جسم بر... (الف)

واکنش F، از سوی جسم بر عامل تولید کننده F (موتور ماشین)

واکنش f_k، از سوی جسم بر سطح افق وارد می‌شود

واکنش F_N، از سوی جسم بر سطح به صورت عمودی وارد می‌شود

واکنش mg، از سوی جسم به مرکز زمین وارد می‌شود

واکنش های قسمت (ب)

عکس العمل F از سوی کشتی بر عامل تولید کننده آن مثلا موتور کشتی وارد می‌شود

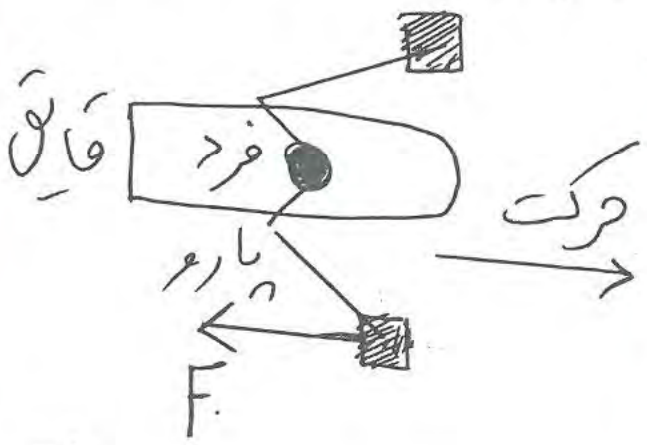
عکس العمل F_b بر آب بطور عمود وارد

عکس العمل mg، از کشتی به مرکز زمین

عکس العمل f_D از کشتی به سطح آب بطور افقی وارد می‌شود

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۶۲۸

پ) پارو زدن قایقران



دست بر پارو نیروی F را به جلو وارد می کند

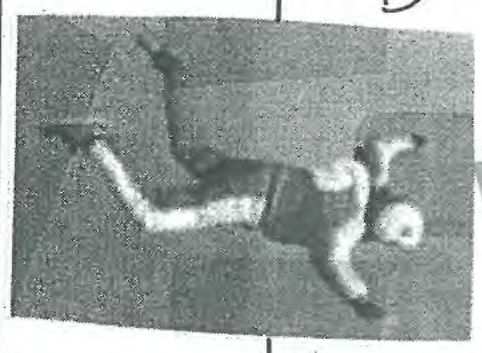
پارو هم نیروی F را بر دست وارد می کند

پارو نیروی F را به آب و به طرف عقب وارد می کند

آب هم عکس العمل F را به پارو و به طرف جلو وارد می کند

نیروی دست بر پارو F

ت) تا قبل از باز شدن چتر



mg : نیروی وزن (زمین بر فرد)

F_D : نیروی مقاوم (پس کشش) هوا بر فرد

واکنش mg از فرد بر مرکز زمین

واکنش F_D از فرد بر هوا

وقتی چتر باز شد

mg : زمین بر فرد

T_1 : طناب بر فرد

T_2 : طناب بر چتر

F_D : هوا بر چتر

واکنش mg : فرد بر زمین

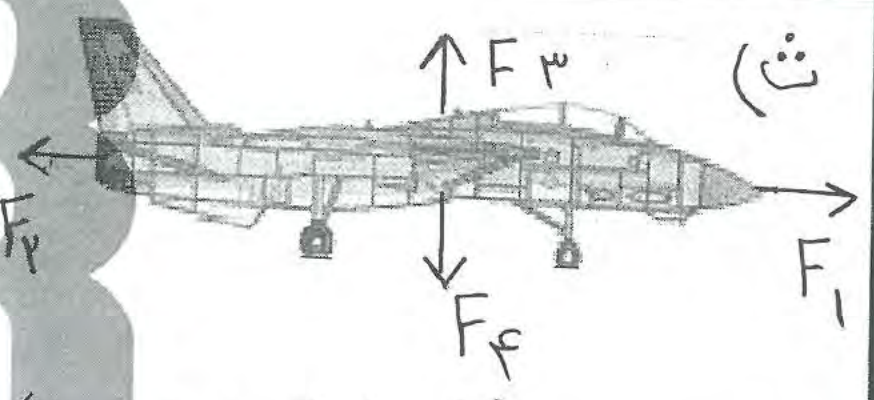
واکنش T_1 : فرد بر طناب

واکنش T_2 : چتر بر طناب

واکنش F_D : چتر بر هوا

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن یادرس

ث)



F_1 : نیروی پیشران (موتور بر هواپیما) ← هواپیما بر موتور — واکنش

F_2 : نیروی پس کشی (هوا بر هواپیما) ← هواپیما بر هوا بطور افقی

F_3 : نیروی بالابر (هوا بر هواپیما) ← هواپیما بر هوا بطور عمودی — برنولی

F_4 : نیروی وزن (زمین بر هواپیما) ← هواپیما بر زمین

ج)

mg : نیروی وزن (زمین بر توپ)

F_D : نیروی پس کشی (هوا بر توپ) — توجه: F_D نیروی مقاومت هوا (پس کشی) در هر دو حالت مقاوم

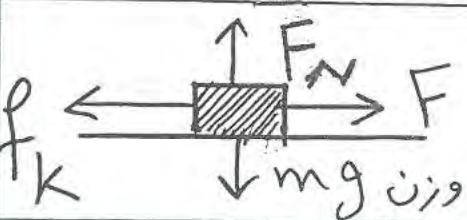
واکنش mg : توپ بر زمین

واکنش F_D : توپ بر هوا — هوانلود از اپلیکیشن و مخالف جهت حرکت

عقیل اسکندری ۰۹۱۴۵۱۶۴۰۳۸

مثال) در شکل حرکت یکنواخت است

F نیروی دست بر جسم و عکس العمل آن جسم بر دست



F_N نیروی عمودی سطح بر جسم و عکس العمل جسم بر سطح بطور عمودی

افقی
سطح

۷ ت

ص ۷۵ | ف ۲ | ک ۱۲

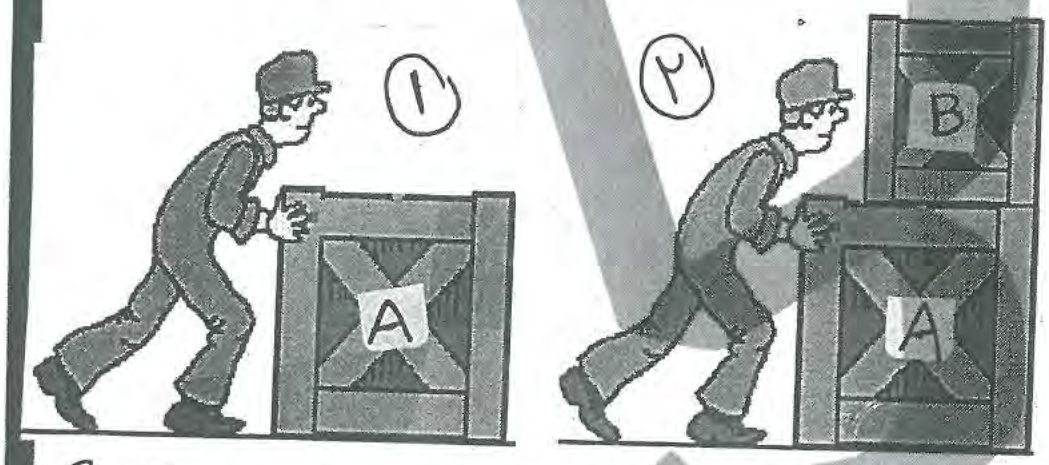
عقیل اسکندری

۷. رانندهٔ خودرویی که با سرعت ۷۲/۰km/h در یک مسیر مستقیم در حال حرکت است، با دیدن مانعی اقدام به ترمز می‌کند و خودرو پس از طی مسافت ۲۰/۰ m متوقف می‌شود.

الف) شتاب خودرو در مدت ترمز چقدر است؟

ب) از لحظهٔ ترمز تا توقف کامل خودرو، چقدر طول می‌کشد؟

پ) نیروی اصطکاک بین لاستیک‌ها و سطح چقدر است؟



مثال) در هردو شکل زیر دستگاه حرکت می‌کند و نیروی کارگر ثابت و مساوی است ($m_A = 2m_B$)

الف) ضریب اصطکاک چند برابر شد؟

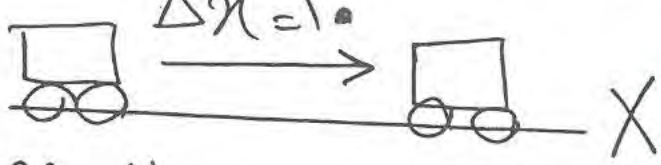
ب) نیروی عمودی سطح چند برابر شد؟

پ) f_k چند برابر شد؟

الف) $\frac{\mu_{k1}}{\mu_{k2}} = 1$

ب) $F_N = mg \rightarrow \frac{F_{N1}}{F_{N2}} = \frac{2m}{3m} = \frac{2}{3}$

پ) $f_k = \mu_k F_N \rightarrow \frac{f_{k1}}{f_{k2}} = \frac{F_{N1}}{F_{N2}} = \frac{2}{3}$ (ثابت)



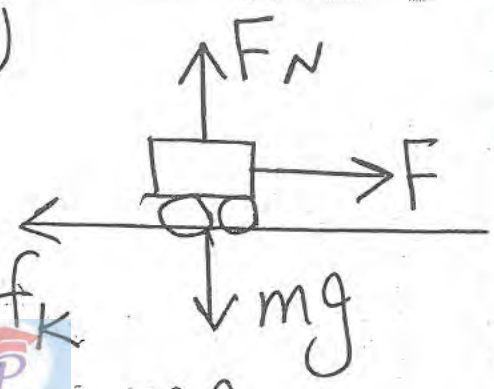
$V_0 = 20 \frac{m}{s}$ $V = 0$ توقف

$V_0 = 72 \frac{km}{h} = 72 \times \frac{10}{36} = 20 \frac{m}{s}$

الف)
$$V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x$$
$$0 - 400 = 2a(20)$$
$$a = \frac{-400}{40} = -10 \frac{m}{s^2}$$

ب)
$$V = at + V_0$$
$$0 = -10t + 20$$
$$t = \frac{-20}{-10} = 2s$$

پ)



$F_N = mg$

$f_k = \mu_k F_N = \mu_k mg$

$F_{net} = ma$

$F - f_k = ma$

$F - \mu_k mg = ma$

$\mu_k = \frac{-10}{-10} = 1$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

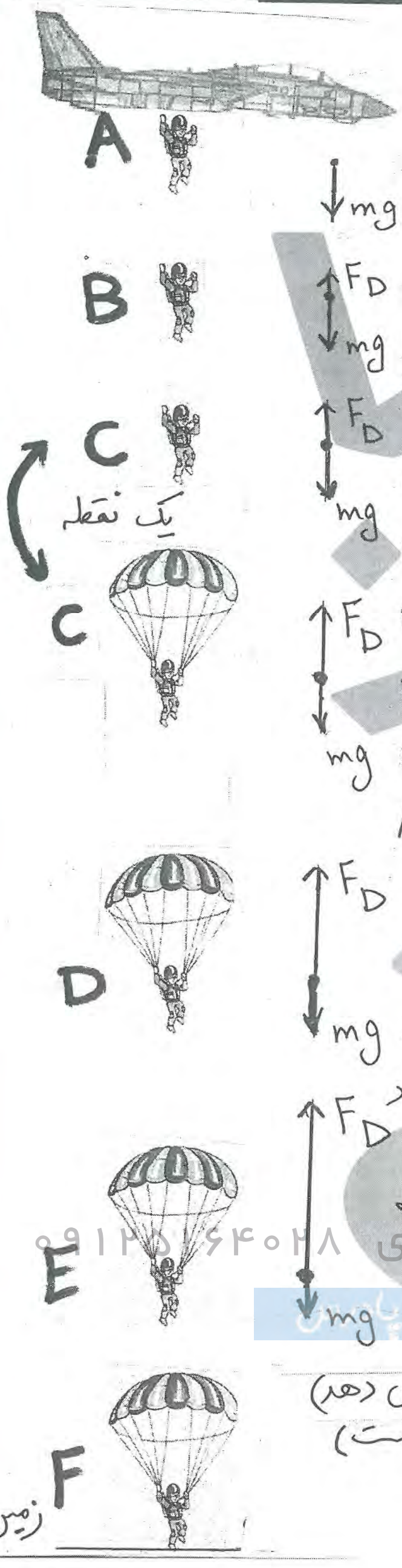
توجه: وقتی ترمز می‌کنیم، موتور ماشین روشن است ولی دخالتی نمی‌کند (خلاص)

۸ ت

ک ۱۲ | ف ۲ | ص ۷۶

عقیل اسکندری

۸. چتربازی از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی قرار دارد، به بیرون می‌پرد و پس از مدتی چتر خود را باز می‌کند و در امتداد قائم سقوط می‌کند. حرکت چترباز را از لحظهٔ پرش تا رسیدن به زمین تحلیل کنید و نموداری تقریبی از تندی آن بر حسب زمان رسم کنید.



AB : تند شونده و شتاب متغیر
(F_D زیاد می‌شود و سرعت نیز max می‌گردد)

BC : هنوز چتر باز نشده ولی سرعت ثابت است (تندی حدی رخ می‌دهد)
(در C چتر را باز می‌کند ناگهان F_D به شدت زیاد می‌شود)

CD : حرکت کند شونده با شتاب تقریباً ثابت (سرعت خیلی کم می‌شود)

DE : سرعت کم min شده ثابت می‌شود و حرکت یکنواخت می‌گردد (تندی حدی رخ می‌دهد)
(در این محدوده F_D خیلی از mg بزرگتر است)

EF : حرکت کند شونده با شتاب متغیرات (فرود به زمین رخ می‌دهد)

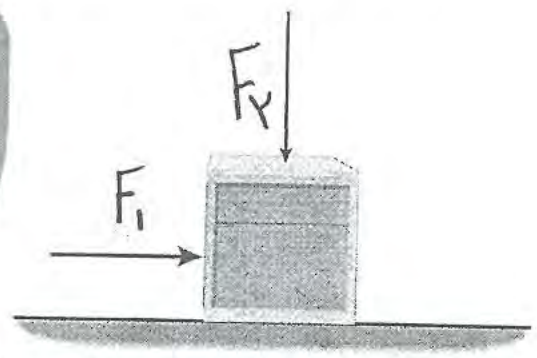
۰۹۱۲۵۶۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن

۹ ت

ص ۷۷ | ف ۲ | ک ۱۲

عقیل اسکندری

۹. در شکل زیر، نیروی F_1 به بزرگی ۲۰/۰N بر جعبه وارد شده است، اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم $\vec{F}_2$ که جعبه را به زمین می‌فشارد از صفر شروع به افزایش کند، کمیت‌های زیر چگونه تغییر می‌کنند؟

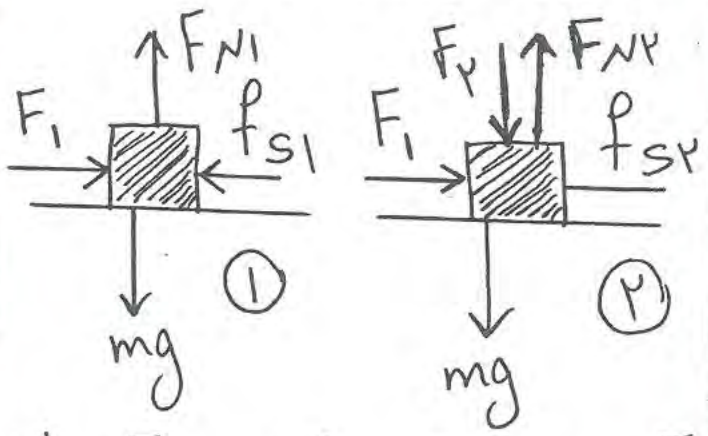


الف) اندازهٔ نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه

ب) اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه

پ) اندازهٔ بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی

ت) نیروی خالص وارد بر جسم



الف) $F_{N1}=mg$ $F_{N2}=mg+F_2$

$F_{N1} < F_{N2}$

ب) $F_1=f_{s1}$ $F_1=f_{s2}$

$f_{s1}=f_{s2}=20$

پ) $f_{smax}=\mu_s F_N$ (ثابت)

$F_{N1} < F_{N2} \rightarrow f_{smax_1} < f_{smax_2}$

ت) $F_{net}=ma=0$ هموار

(ساکن $a=0$)

۱۰. می‌خواهیم به جسمی که جرم آن ۵/۰ kg است، شتاب ۲/۰ m/s^2 بدهیم. در هر یک از حالت‌های زیر، نیرویی را که باید به جسم وارد کنیم محاسبه کنید.

الف) جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت کند.

ب) جسم روی سطح افقی با ضریب اصطکاک ۰/۲۰ به طرف راست حرکت کند، و شتابش نیز به طرف راست باشد.

پ) جسم در راستای قائم با شتاب رو به بالا شروع به حرکت کند.

ت) جسم در راستای قائم با شتاب رو به پایین شروع به حرکت کند.

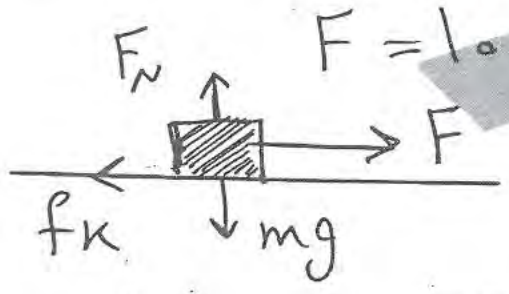
الف) $f_k=0$ (بدون اصطکاک = صیقلی)

$F_{net}=ma$

$F - 0 = (5)(2)$

$F = 10\ N$

ب)



$F_N = mg = 5 \times 10 = 50\ N$

$F - f_k = ma$

$F - 10 = (5)(2)$

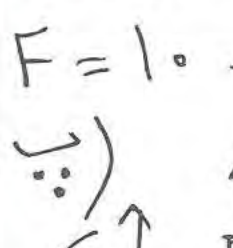
$F = 10 + 10 = 20\ N$

$f_k = \mu_k F_N$

$f_k = 0.2 \times 50$

$f_k = 10\ N$

پ)

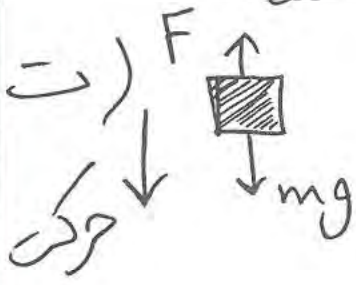


$F - mg = ma$

$F - 50 = 5(2)$

$F = 60\ N$

ت)



$mg - F = ma$

$50 - F = 5(2)$

$F = 50 - 10$

$F = 40\ N$

۰۹۱۳۵۶۹۴۰۲۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن پادرس

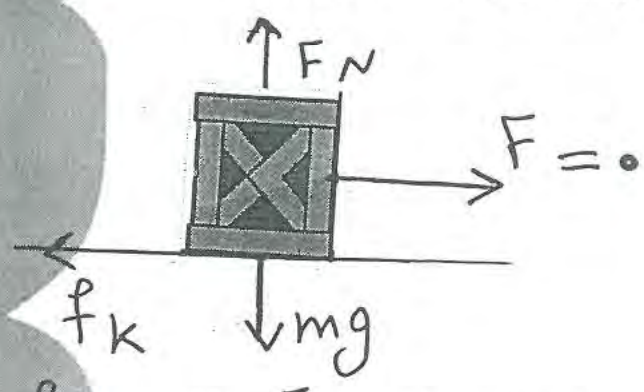
۱۰ ت

ک ۱۲	ف ۲	ص ۷۸

عقیل اسکندری

۱۱. قطعه‌چوبی را با سرعت افقی ۱۰/۰m/s روی سطحی افقی پرتاب می‌کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح ۰/۲۰ است.

الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می‌ایستد؟



$f_k = \mu_k F_N = \mu_k mg$

توجه: وقتی جسم پرتاب می‌شود دیگر نیروی محرکه وجود ندارد

$F_{net} = ma$

محرک − مقاوم $= ma$

$0 - f_k = ma$

$0 - \mu_k mg = ma$

$-(0/2)(10) = a$

$a = -2\ m/s^2$

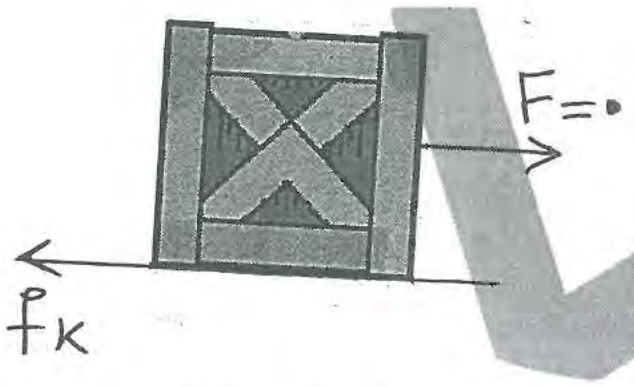
مسافت توقف:

$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$

$0 - 100 = 2(-2)\Delta x$

$\Delta x = 25\,m$

ب) اگر از یک قطعه‌چوب دیگر استفاده کنیم که جرم آن دو برابر جرم قطعه‌چوب اول و ضریب اصطکاک جنبشی آن با سطح افقی با اولی یکسان باشد و با همان سرعت پرتاب شود، مسافت پیموده شدهٔ آن چند برابر می‌شود؟



$0 - \mu_k mg = ma$

$a = -\mu_k g$

$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$

صفر (توقف)

$\Delta x = \frac{-v_0^2}{2a}$

$\Delta x = \frac{-v_0^2}{2(-\mu_k g)}$

$\Delta x = \frac{v_0^2}{2\mu_k g}$

به جرم ربط ندارد

(الف) $\Delta x = \Delta x$ (ب)

توجه: اصطلاح شوت شدن شلیک شدن و پرتاب شدن همگی می‌گویند ($F=0$ محرکه) و علت حرکت جسم انرژی جنبشی منتقل شده به جسم در لحظه پرتاب است

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۹۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

۱۱ ت

ص ۷۹ | ف ۲ | ک ۱۲

عقیل اسکندری

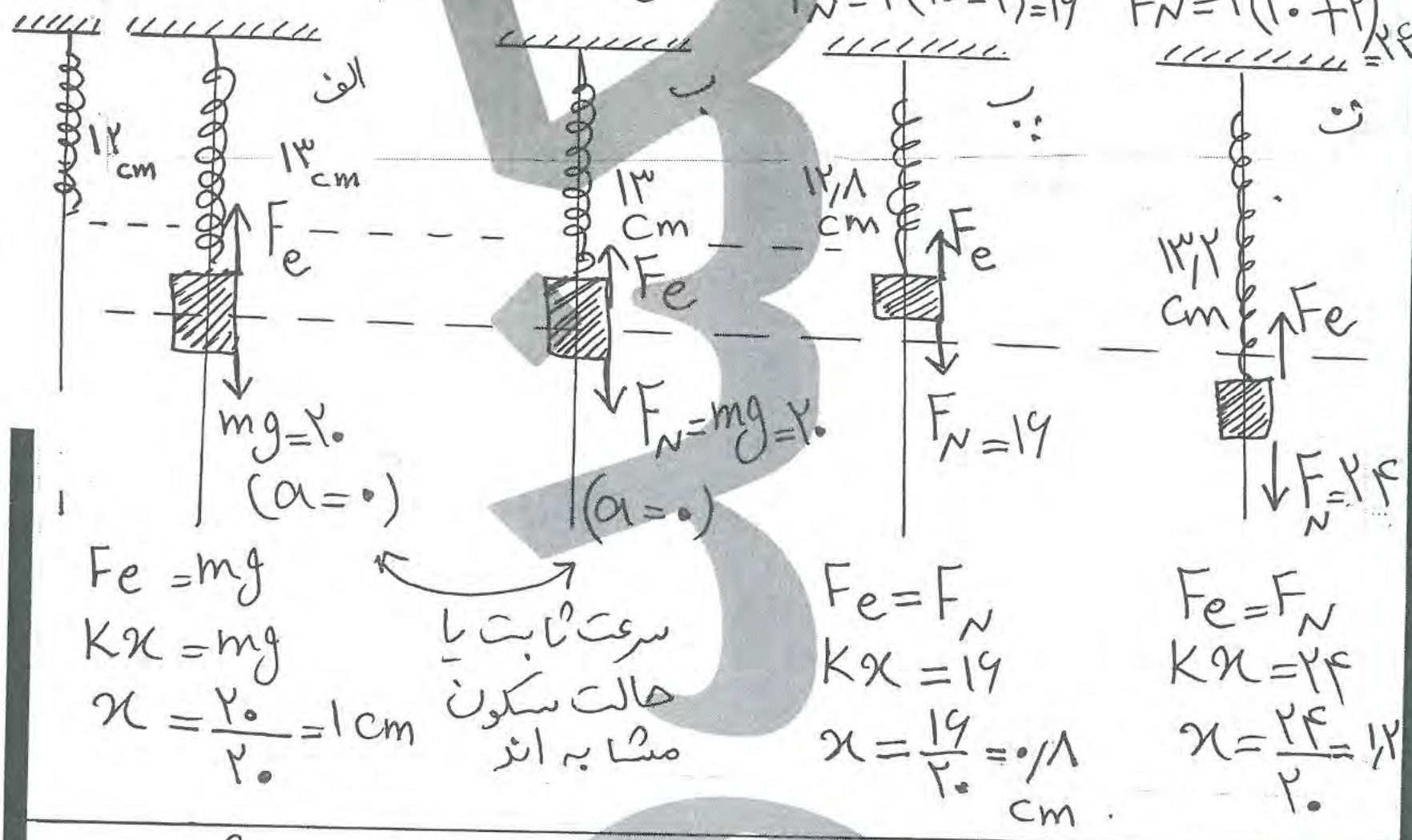
۱۴. وزنه‌ای به جرم ۲/۰ kg را به انتهای فنری به طول ۱۲cm که ثابت آن ۲۰N/cm است می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. طول فنر را در حالت‌های زیر محاسبه کنید.

الف) آسانسور ساکن است.

ب) آسانسور با سرعت ثابت ۲/۰m/s رو به پایین در حرکت است.

پ) آسانسور با شتاب ثابت ۲/۰m/s² از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت کند.

ت) آسانسور با شتاب ثابت ۲/۰m/s² از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند.



توجه: تمرین ۱۳ و ۱۴ صفحهٔ بعد

۱۵. کتابی را مانند شکل با نیروی عمودی F به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته‌ایم.

الف) نیروهای وارد بر کتاب را رسم کنید.

ب) اگر جرم کتاب ۲/۵kg باشد، اندازهٔ نیروی اصطکاک را به دست آورید.

پ) اگر کتاب را بیشتر به دیوار بفشاریم، آیا نیروی اصطکاک تغییر می‌کند؟ با این کار چه نیروهایی افزایش می‌یابد؟

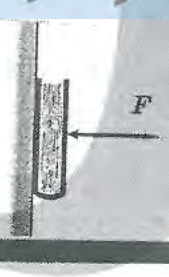
(الف)

(ب) کتاب ساکن

$f_s = mg = ۲٫۵ \times ۱۰$

$f_s = ۲۵ N$

(پ) اگر F زیاد شود fs ثابت mg ثابت است پس fs فقط FN (نیروی عمودی سطح) زیاد می‌شود (کتاب همواره ساکن)



عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۲۸۵
دانلود از اپلیکیشن پادرس

۱۲ ت

ک ۱۲ | ف ۲ | ص ۸۰

عقیل اسکندری

۱۳. برای یک راننده دانستن کل مسافت توقف خودرو اهمیت دارد. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد کل مسافت توقف، دو قسمت دارد؛ مسافت واکنش (مسافتی که خودرو از لحظهٔ دیدن مانع تا ترمزگرفتن طی می‌کند) و مسافت ترمز (مسافتی که خودرو از لحظه ترمزگرفتن تا توقف کامل طی می‌کند).

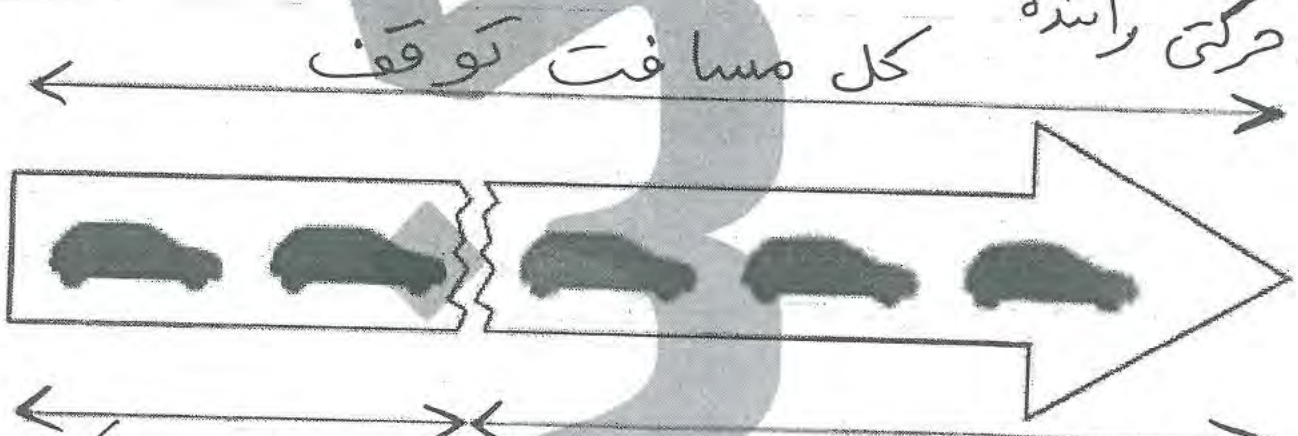
الف) دو عامل مؤثر در مسافت واکنش را بنویسید.

ب) زمان واکنش راننده‌ای ۰/۶۰s است. در طی این زمان، خودرو مسافت ۱۸m را طی می‌کند. با فرض ثابت بودن سرعت در این مدت، اندازهٔ آن را حساب کنید.

پ) اگر در این سرعت راننده ترمز کند و خودرو پس از ۵/۰s متوقف شود، مسافت ترمز و شتاب خودرو را حساب کنید.

ت) وقتی خودرو ترمز می‌کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ جرم خودرو را ۱۵۰۰kg فرض کنید.

الف) هوشیاری راننده - نور جاده
میدان دید (پیچ، مه و دود ...)
توانائی حرکتی راننده



راننده مانع را می‌بیند (قطع گاز دادن)
راننده ترمز می‌کند
ماشین می‌ایستد
$V=0$

البته در واقع یکنواخت نیست زیرا دیدن مانع و قطع گاز کمی فاصله دارد و در ضمن قطع گاز با کاهش سرعت خواهند کتاب فرض می‌کند یکنواخت

ب) $\Delta x = Vt$
$18 = V(0/6)$
$V = 30\ m/s$

ا پ) $V = at + V_0$
$0 = -5a + 30$
$a = 6\ m/s^2$

پ) $V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x$
$0 - 900 = -12\Delta x$
$\Delta x = 75\ m$
اگر مسافت توقف = $18 + 75$
را می‌خواست = $93\ m$

ت) (قطع گاز) $F = 0$

$F_{net} = ma \longrightarrow 0 - f_k = (1500)(-6)$
$f_k = 9000\ N$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۲۴۰۲۸
دانلود از پادرس

۱۳ ت

ک ۱۲ | ف ۲ | ص ۸۱

عقیل اسکندری

۱۱۴. یک خودروی باری با طناب افقی محکمی، یک خودروی سواری به جرم ۱۵۰۰kg را می‌کشد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری ۲۲۰N و ۳۸۰N است.

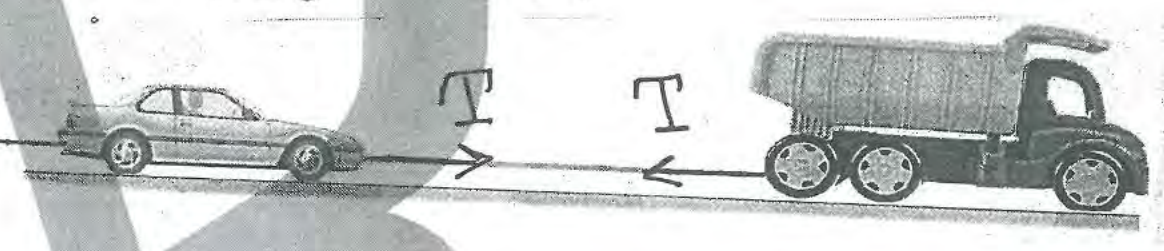
الف) اگر سرعت خودرو ثابت باشد نیروی کشش طناب چقدر است؟

ب) اگر خودرو با شتاب ثابت $2/0 m/s^2$ به طرف راست کشیده شود، نیروی کشش طناب چقدر است؟

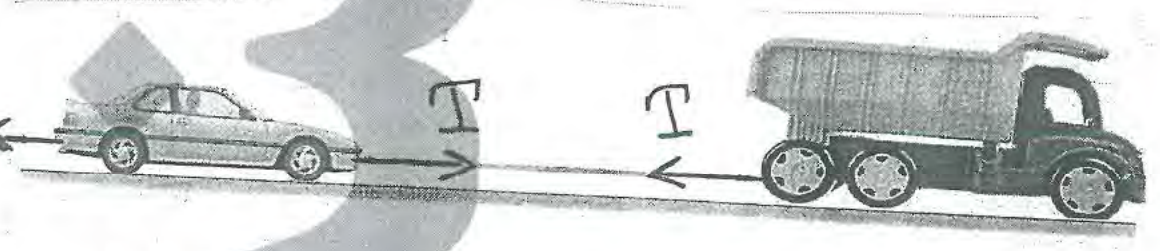
$F_{net} = ma$

$(220+380)f$

مقاوم



الف) $a=0 \rightarrow$ محرک = مقاوم $\rightarrow T = f = 600\ N$



(600) مقاوم f

ب) محرک − مقاوم $= ma \rightarrow T - f = ma$

$T - 600 = 1500(2)$

$T = 3600\ N$

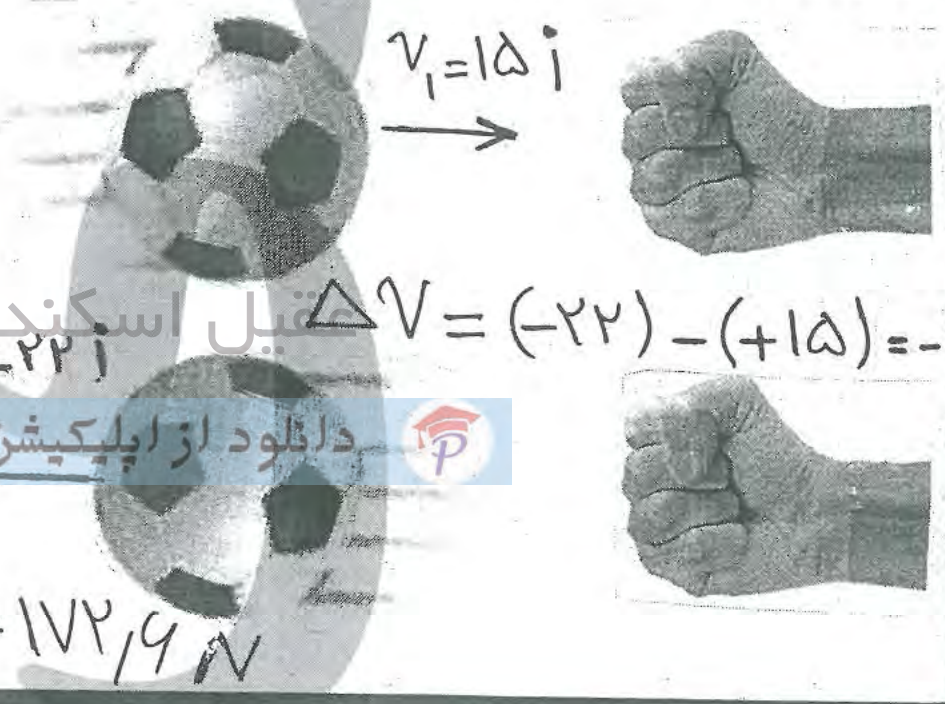
توجه: اگر جرم طناب ناچیز باشد T در هر دو طرف برابر است

---

۱۱۴. توپی به جرم ۲۸۰g با تندی ۱۵/۰m/s به‌طور افقی به بازیکنی نزدیک می‌شود. بازیکن با مشت به توپ ضربه می‌زند و باعث می‌شود توپ با تندی ۲۲/۰m/s در جهت مخالف برگردد.

الف) اندازهٔ تغییر تکانهٔ توپ را محاسبه کنید.

ب) اگر مشت بازیکن ۰/۰۶۰s با توپ در تماس باشد، اندازهٔ نیروی متوسط وارد بر مشت بازیکن از طرف توپ را به دست آورید.



الف) $\Delta P = m\Delta v$

$\Delta P = 0/28(-37)\,i$

$\Delta P = -10/36\,i$ kg m/s

$\Delta v = (-22) - (+15) = -37$

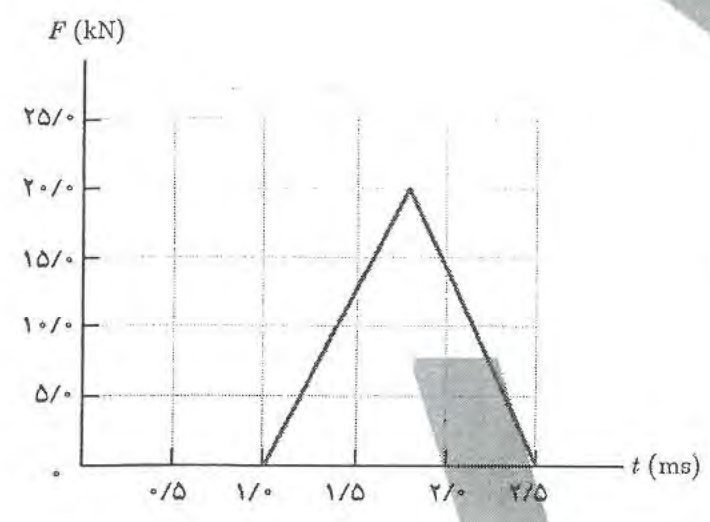
عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن یادرس

ب)

$F_{av} = F_{net} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{10/36}{0/06} = 172/6\ N$

۱۴ت

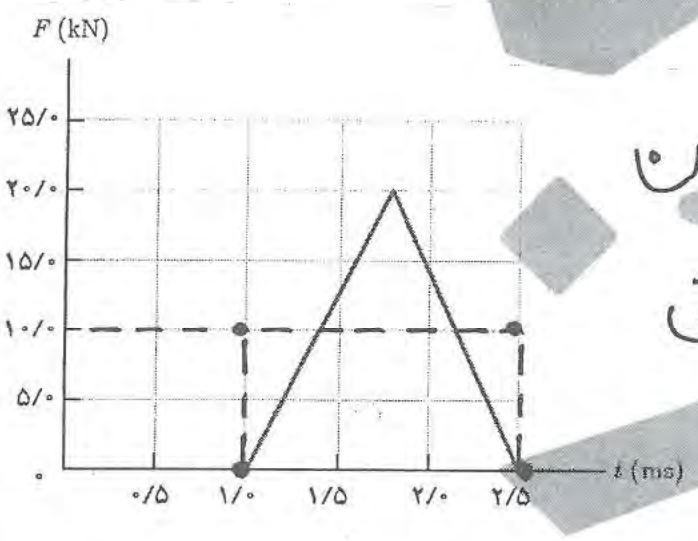
ک ۱۲	ف ۲	ص ۸۲	عقیل اسکندری



۱۷. شکل زیر، منحنی نیروی خالص برحسب زمان را برای توپ بیسبالی که با چوب بیسبال به آن ضربه زده شده است، نشان می‌دهد. تغییر تکانهٔ توپ و نیروی خالص متوسط وارد بر آن را به دست آورید.

$\Delta P =$ مساحت محصور نمودار $(F \text{ و } t)$

(مثلث) $\Delta P = \frac{۲۰ \times ۱/۵}{۲} = ۱۵ \ kg\frac{m}{s}$



توجه: برای بدست آوردن متوسط نیروی خالص باید حالتی را پیدا کنیم که مساحت مستطیل با مساحت $(F \text{ و } \Delta t)$ برابر شود

در این مثال $S_{\text{مثلث}} = S_{\text{مستطیل}} = ۱۵$

عرض $= ۱/۵ \longrightarrow$ طول $= ۱۰ \longrightarrow F_{av} = F_{net} = ۱۰ N$

---

۱۸. پره‌های یک بالگرد در هر دقیقه، ۱۰۰۰ دور می‌چرخند. طول پره‌ها را ۴/۰m فرض کنید و کمیت‌های زیر را برای پره‌ها محاسبه کنید.

(فرض $\pi = ۳$)

الف) دورهٔ تناوب پره‌ها

ب) تندی در وسط و نوک پره‌ها

پ) شتاب مرکز گرا در وسط و نوک پره‌ها

(الف) $\frac{۶۰^{s}}{T} = \frac{۱۰۰۰^{\text{دور}}}{۱}$

$T = \frac{۶۰}{۱۰۰۰} = ۰/۰۶ s$

ب) $V = r\omega$

$\omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲ \times ۳}{۰/۰۶} = ۱۰۰ \ rad/s$

مرکز $V = ۰ \times ۱۰۰ = ۰$

نوک $V = ۲ \times ۱۰۰ = ۲۰۰ \ \frac{m}{s}$

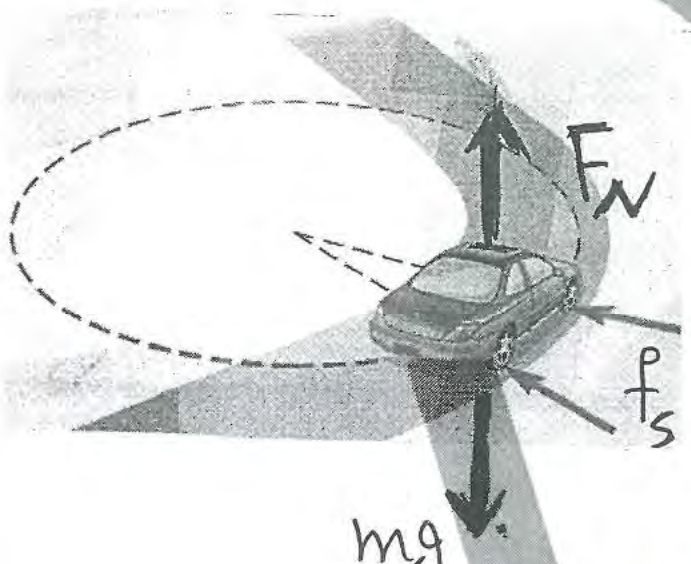
پ) $a = r\omega^۲$

مرکز $a = ۰ \times ۱۰۰۰۰ = ۰$ و نوک $a = ۲ \times ۱۰۰۰۰ = ۲۰۰۰۰ \ m/s^۲$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

۱۵ ت

۱۹. حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین چرخ‌های خودرو و سطح جاده چقدر باشد تا خودرو بتواند با تندی ۵۴ km/h پیچ افقی مسطحی را که شعاع آن ۵۰m است، دور بزند؟



$f_s = F$ مرکز گرا

f_s اصطکاک ایستایی

$\mu_s N = m a_c$

$\mu_s mg = m \frac{v^2}{r}$

$\mu_s = \frac{v^2}{rg} = \frac{15 \times 15}{500}$

$\mu_s = 0/45$ (حداقل)

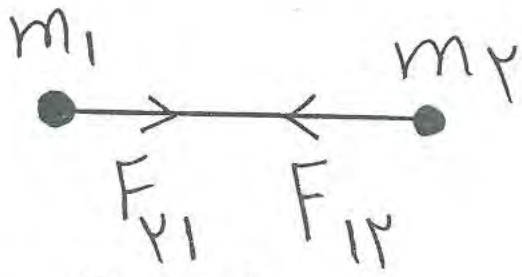
$v = 54 \frac{km}{h} = 54 \times \frac{10}{36}$

$v = 15 \frac{m}{s}$

یادآوری $a = r\omega^2 = \frac{v^2}{r}$

---

۲۰. دو جسم در فاصلهٔ ۲۰/۰m از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک $1/00 \times 10^{-8}$N، جذب می‌کنند. اگر جرم یکی از اجسام ۵۰/۰kg باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟



$G = 6/67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$

$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2} \rightarrow m_2 = \frac{F r^2}{G m_1}$

$m_2 = \frac{1 \times 10^{-8} \times 400}{6/67 \times 10^{-11} \times 50} = \frac{4 \times 10^{-6}}{3335 \times 10^{-12}} = 1199/4$ kg

---

مثال) کشوری ۱/۵ میلیارد نفر جمعیت با متوسط جرم ۴۰kg دارا است چه سهمی از شدت گرانش سطح زمین (تقریباً) متعلق به این افراد است؟

$g = \frac{G M_e}{R_e^2} \rightarrow g \propto M_e$

$M_{\text{زمین}} = 6 \times 10^{24}$ kg

$M_{\text{افراد}} / M_{\text{زمین}} = \frac{1/5 \times 10^9 \times 40}{6 \times 10^{24}} = 10^{-14}$

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۱۸
دانلود از اپلیکیشن پادرسی

۱۶ ت

ک ۱۲	ف ۲	ص ۸۴	عقیل اسکندری

۲۱. ماهواره‌ای به جرم ۶۰۰kg در مداری دایره‌ای به ارتفاع ۲۸۰۰ کیلومتر از سطح زمین، به دور آن می‌چرخد.

الف) نیروی گرانشی وارد بر ماهواره

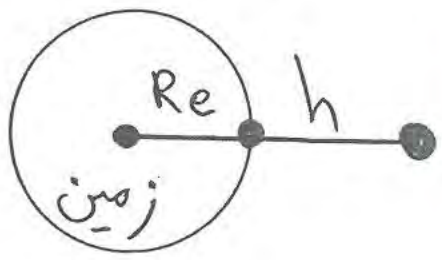
ب) شتاب ماهواره

پ) تندی ماهواره

ت) دورهٔ تناوب ماهواره را در این ارتفاع به‌دست آورید.

($M_e=۵/۹۸\times۱۰^{۲۴}kg$ و $R_e=۶۴۰۰km$)

الف) $F=\frac{GM_{\text{زمین}}M_{\text{ماهواره}}}{r^2}=\frac{۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\times۵/۹۸\times۱۰^{۲۴}\times۶۰۰}{((۶۴۰۰+۲۸۰۰)\times۱۰۰۰)^2}$ متر



$F=\frac{۲۳۹/۱۸\times۱۰^{۱۳}}{۸۴۶۴\times۱۰^{۱۰}}=۲۸۲۷/۲\,N$

توجه: اگر همین ماهواره در سطح زمین بود با توجه به اینکه g تقریباً ۱۰ بود وزن (نیروی گرانش زمین) $=mg=۶۰۰\,N$

ب) $g=\frac{GM_e}{r^2}=\frac{F}{m_{\text{ماهواره}}}=\frac{۲۸۲۷/۲}{۶۰۰}=۴/۷۱۲\,m/s^2$

ب) $V=\sqrt{\frac{GM_e}{r}}=\sqrt{\frac{۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\times۵/۹۸\times۱۰^{۲۴}}{(۶۴۰۰+۲۸۰۰)(۱۰۰۰)}}$

$V=\sqrt{\frac{۳۹/۸۸\times۱۰^{۱۳}}{۹۲\times۱۰^{۵}}}=\sqrt{۰/۴۳۳\times۱۰^{۸}}=۶۵۸۰۲\,m/s$

پ) $T=۲\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_e}}=۲(۳)\sqrt{\frac{(۹۲\times۱۰^{۵})^3}{۳۹/۸۸\times۱۰^{۱۳}}}$ ($\pi=۳$)

$T=۶\sqrt{\frac{۷۷۸۶۸۸\times۱۰^{۱۵}}{۳۹/۸۸\times۱۰^{۱۳}}}=۸۳۸۴\,s$

یادآوری: یک شبانه روز $=۸۴۶۰۰$ ثانیه

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن

۲۲. الف) در چه ارتفاعی از سطح زمین، وزن یک شخص به نصف مقدار خود در سطح زمین می‌رسد؟

ب) اگر جرم ماهواره‌ای ۲۵۰kg باشد، وزن آن در ارتفاع ۳۶۰۰۰ کیلومتری از سطح زمین چقدر خواهد شد؟

وزن = m g فرد (ثابت)

$g_{\text{زمین}} = \frac{GM_e}{r^2} = \frac{GM_e}{(R_e+h)^2}$

(الف)

ارتفاع $g' = \frac{1}{2} g$ سطح $\rightarrow \frac{GM_e}{(R_e+h)^2} = \frac{1}{2}\frac{GM_e}{(R_e)^2}$ $(h=0)$

$\frac{1}{R_e+h} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\frac{1}{R_e}\right) \rightarrow h = (\sqrt{2}-1)R_e$

(ب) روش اول

$W = mg = m_{\text{ماهواره}}\left(\frac{GM_{\text{زمین}}}{(R_e+h)^2}\right)$

$W = \frac{9{,}97\times10^{-11}\times5{,}98\times10^{24}\times250}{((36000+6400)(1000))^2} = \frac{997{,}195\times10^{14}}{1797{,}76\times10^{10}}$

$W = 55{,}46\ N$

(ب) روش دوم

$W = mg$ $\quad h = 5{,}625R_e$ $\leftarrow R_e = 6400$ $\quad h = 36000\ km$

$g = \frac{GM_e}{(R_e+h)^2} = \frac{GM_e}{(R_e+5{,}625R_e)^2}$

$g = \frac{GM_e}{43{,}89R_e^2} = \frac{9{,}8}{43{,}89} = 0{,}22$

$g_{\text{سطح}} = \frac{GM_e}{R_e^2} = 9{,}8$ $\quad W = mg = 250\times0{,}22$

$W = 55\ N$ که همان عدد روش اول است

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۲۹۰۳۸
دانلود از اپلیکیشن پادرس

۱۸ ت

۳۳. الف) شتاب گرانشی ناشی از خورشید در سطح زمین چقدر است؟

ب) شتاب گرانشی ناشی از ماه در سطح زمین چقدر است؟

$M_{\text{ماه}} = ۷/۳۶\times۱۰^{۲۲}\text{kg}$ و $M_{\text{خورشید}} = ۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}\text{kg}$

فاصلهٔ زمین تا خورشید $= ۱۴۹/۶\times۱۰^{۶}\text{km}$

فاصلهٔ زمین تا ماه $= ۳/۸۴\times۱۰^{۵}\text{km}$

$$g = \frac{GM}{r^2} \quad \text{و} \quad g = \frac{GM_{\text{کره مرجع}}}{r^2}$$

$$g_{\text{خورشید}} = \frac{۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\times۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}}{(۱۴۹/۶\times۱۰^{۶}\times۱۰^{۳})^2}$$

$$g_{\text{خورشید}} = \frac{۱۳/۲۷۳۳\times۱۰^{۱۹}}{۲۲۳۸۰/۱۶\times۱۰^{۱۸}} = ۰/۰۰۵۹ \ \text{m/s}^2$$

(شتاب گرانش خورشید روی زمین)

$$g_{\text{ماه}} = \frac{۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\times۷/۳۶\times۱۰^{۲۲}}{(۳/۸۴\times۱۰^{۵}\times۱۰^{۳})^2}$$

$$g_{\text{ماه}} = \frac{۴۹/۰۹\times۱۰^{۱۱}}{۱۴/۷۴\times۱۰^{۱۶}} = ۳/۳۳\times۱۰^{-۵} \ \text{m/s}^2$$

(شتاب گرانش ماه روی زمین)

$$\frac{g_{\text{خورشید}}}{g_{\text{ماه}}} = \frac{۵/۹\times۱۰^{-۳}}{۳/۳۳\times۱۰^{-۵}} = ۱۷۷۱$$

(اگر شتاب نیروی گرانش مطرح شد)

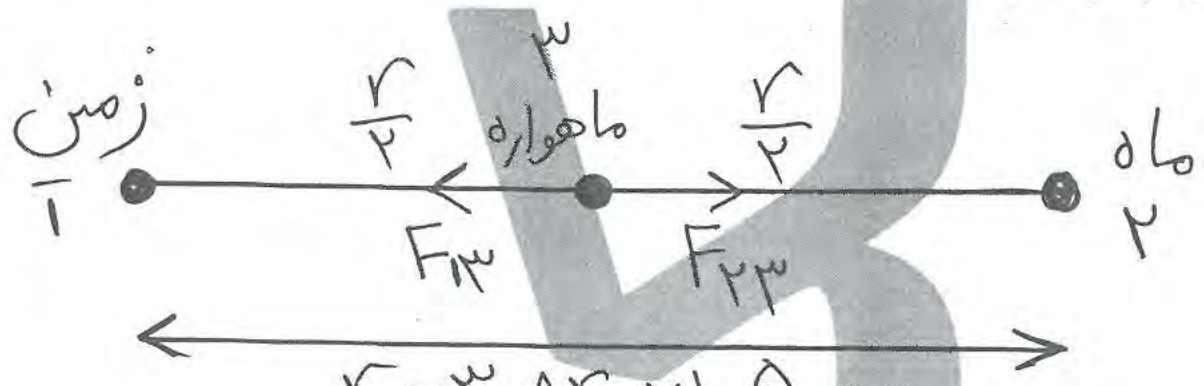
عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپلیکیشن

عقیل اسکندری

۲۱۴. الف) سفینه‌ای به جرم $3/00 \times 10^4 kg$ در وسط فاصلهٔ بین زمین و ماه قرار دارد. نیروی گرانشی خالصی را که از طرف زمین و ماه به این سفینه در این مکان وارد می‌شود به‌دست آورید (از داده‌های مسئله‌های قبل استفاده کنید).

ب) در چه فاصله‌ای از زمین، نیروی گرانشی ماه و زمین بر سفینه، یکدیگر را خنثی می‌کنند؟

صفحه بعد



$r = 3/84 \times 10^5 \ km$

$$F_{13} = \frac{Gm_1m_3}{r_{13}^2} = \frac{6/67 \times 10^{-11} \times 5/98 \times 10^{24} \times 3 \times 10^4}{(\frac{3/84}{2} \times 10^5 \times 10^3)^2}$$

$$F_{13} = \frac{119/65 \times 10^{13}}{1/92 \times 10^{16}} = 623/1 \ N \quad \text{(نیروی زمین بر سفینه)}$$

$$F_{23} = \frac{Gm_2m_3}{r_{23}^2} = \frac{6/67 \times 10^{-11} \times 7/36 \times 10^{22} \times 3 \times 10^4}{(\frac{3/84}{2} \times 10^5 \times 10^3)^2}$$

$$F_{23} = \frac{147/27 \times 10^{15}}{1/92 \times 10^{16}} = 7/67 \quad \text{(نیروی ماه بر سفینه)}$$

$$F_{net} = F_{\text{برآیند}} = F_{13} - F_{23} = 623/1 - 7/67$$

$F_{\text{برآیند}} = 615/43$ (خالص) (که زمین آن را به طرف خودش جذب می‌کند)

توجه: در این تمرین $r_{13} = r_{23}$

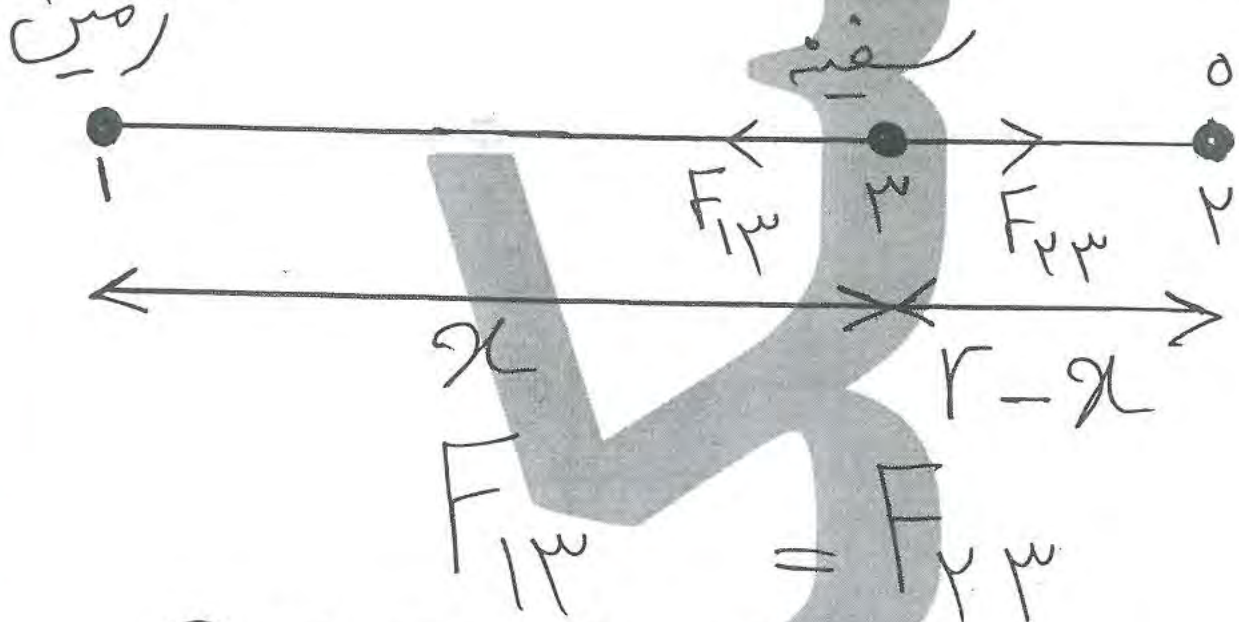
$$\frac{F_{13}}{F_{23}} = \frac{m_{\text{زمین}}}{m_{\text{ماه}}} = \frac{5/98 \times 10^{24}}{7/36 \times 10^{22}} = 81$$

$F_{13} / F_{23} = 623/1 / 7/67 = 81$ (جرم سفینه مهم نیست)

عقیل اسکندری ۰۹۱۲۵۱۶۴۰۲۸
دانلود از اپیکیشن جذب

تمرین ۲۴ ـ ب) (خیلی مهم)

$m_{زمین} = ۸۱\, m_{ماه}$



$$F_{۱۳} = F_{۲۳}$$

$$\frac{G m_۱ m_۳}{r_{۱۳}^۲} = \frac{G m_۲ m_۳}{r_{۲۳}^۲}$$

$$\frac{m_۱}{x^۲} = \frac{m_۲}{(۲-x)^۲}$$

$$\frac{۸۱\, m_۲}{x^۲} = \frac{m_۲}{(۲-x)^۲}$$

جذر : $۹(۲-x) = x$

$$۹۲ = ۱۰x \longrightarrow x = ۰/۹۲$$

فاصله زمین و ماه $= ۳/۸۴ \times ۱۰^۵ \times ۲ = ۷۶۸۰۰\ km$

۰۹۱۲۵۱۶۴۰۳۸ عقیل اسکندری
دانلود از اپلیکیشن