



بخش آموزش رسانه تفریحی سنتر

کلیک کنید  www.tafrihicenter.ir/edu

 نمونه سوال  گام به گام

 امتحان نهایی  جزوه

 دانلود آزمون های آزمایشی

متوسطه اول : هفتم ... هشتم ... نهم

متوسطه دوم : دهم ... یازدهم ... دوازدهم

www.tafrihicenter.ir



راهنمای حل فصل ۲ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

منطبق بر کتاب درسی

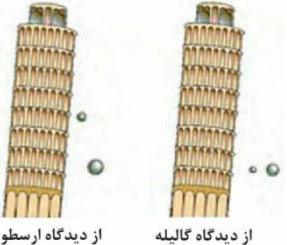


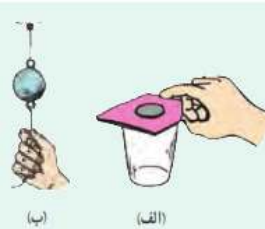
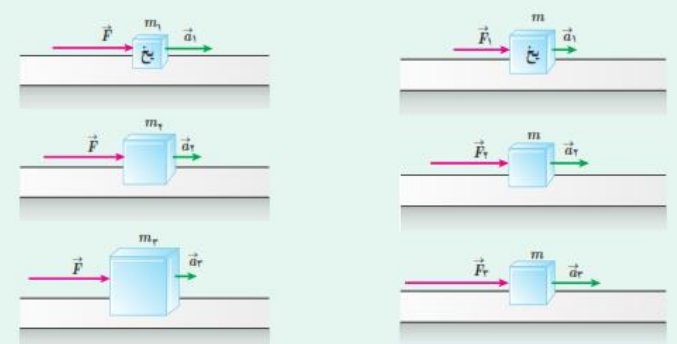
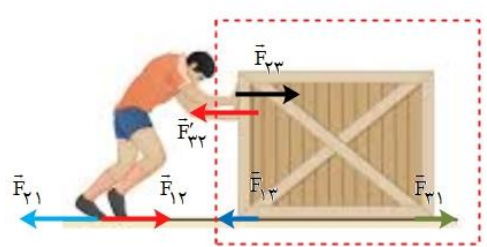
@Schoolphysics

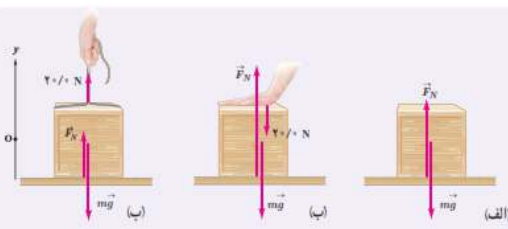
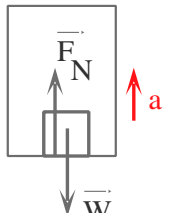
گروه فیزیک استان گیلان

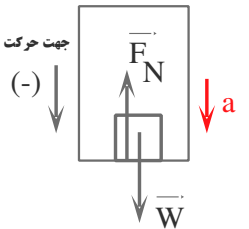
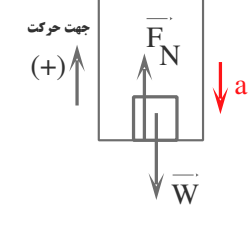
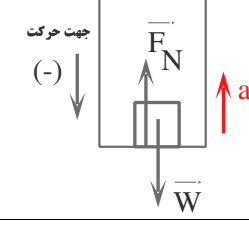
دینامیک و حرکت دایره ای			
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
		۱-۲ - قوانین حرکت نیوتون	
۱	۳۱	پرسش ۱-۲	۱
۱	۳۱	پرسش ۲-۲	۲
۲-۱	۳۱	فعالیت ۱-۲	۳
۲	۳۲	پرسش ۳-۲	۴
۲	۳۲	پرسش ۴-۲	۵
۲	۳۵	پرسش ۵-۲	۶
	۳۵	۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص	
۳	۳۶	تمرین ۱-۲	۷
۳	۳۷	تمرین ۲-۲	۸
۳	۳۸	تمرین ۳-۲	۹
۴-۳	۳۹	پرسش ۶-۲	۱۰
۴	۴۰	پرسش ۷-۲	۱۱
۵	۴۱	تمرین ۴-۲	۱۲
۵	۴۱	آزمایش ۱-۲	۱۳
۶-۵	۴۲	فعالیت ۲-۲	۱۴
۶	۴۲	فعالیت ۳-۲	۱۵
۷-۶	۴۳	تمرین ۵-۲	۱۶
۷	۴۳	فعالیت ۴-۲	۱۷
۷	۴۵	تمرین ۶-۲	۱۸
۸	۵۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۱۹
۹-۸	۵۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۲۰
۹	۵۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۲۱
۱۰	۵۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴	۲۲
۱۱	۵۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۵	۲۳
۱۴-۱۳-۱۲-۱۱	۵۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۶	۲۴
۱۵	۵۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۷	۲۵
۱۶-۱۵	۵۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۸	۲۶
۱۷	۵۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۹	۲۷
۱۸-۱۷	۵۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۰	۲۸

۲۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۱	۵۸	۱۸
۳۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۲	۵۸	۱۹
۳۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۳	۵۸	۲۰
۳۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۴	۵۸	۲۰
۳۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۵	۵۸	۲۰
	۲-۳ تگانه و قانون دوم نیوتون	۴۶	
۳۴	تمرین ۲-۷	۴۷	۲۱
۳۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۶	۵۹	۲۱
۳۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۷	۵۹	۲۱
	۲-۴ حرکت دایره ای یکنواخت		
۳۷	پرسش ۲-۸	۴۹	۲۲
۳۸	پرسش ۲-۹	۴۹	۲۲
۳۹	تمرین ۲-۸	۵۱	۲۲
۴۰	پرسش ۲-۱۰	۵۱	۲۲
۴۱	تمرین ۲-۹	۵۲	۲۳
۴۲	تمرین ۲-۱۰	۵۳	۲۳
۴۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۸	۵۹	۲۳
۴۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۹	۵۹	۲۴
	۲-۵ نیروی گرانشی	۵۳	
۴۵	فعالیت ۲-۵	۵۴	۲۵-۲۶
۴۶	تمرین ۲-۱۱	۵۶	۲۶
۴۷	پرسش ۲-۱۱	۵۶	۲۷
۴۸	تمرین ۲-۱۲	۵۶	۲۷
۴۹	تمرین ۲-۱۳	۵۶	۲۷-۲۸
۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۰	۵۹	۲۸
۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۱	۵۹ - ۶۰	۲۸
۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۲	۶۰	۲۸-۲۹
۵۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۳	۶۰	۲۹
۵۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۴	۶۰	۲۹-۳۰

نیروی شناوری و نیروی وزن اثر یکدیگر را خنثی می کنند. نیروی پیشران و نیروی مقاومت اثر یکدیگر را خنثی می کنند.	پرسش ۱-۲ در شکل روبه رو یک کشتی در حال حرکت را می بینید که نیروهای وارد بر آن متوازن اند. کدام نیروها اثر یکدیگر را خنثی کرده اند؟ 
خیر - بر طبق قانون اول نیوتن، وقتی برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد. جسم در حال حرکت با سرعت ثابت، حرکت خود را حفظ می کند.	پرسش ۲-۲ در فیلمی علمی - 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 می افتد. در نتیجه حرکت کشتی فضایی کند می شود و می ایستد. آیا امکان وقوع چنین رویدادی وجود دارد؟ توضیح دهید.
گالیله در سال ۱۵۸۹ دستگاهی ساخت که ثابت می کرد که وقتی که دو جسم با اندازه و وزن های مختلف از یک ارتفاع رها می شوند، زمان رسیدن هر دو جسم به زمین یکسان است. این گفته با آنچه که انسان ها باور داشته اند و در آن زمان درس گرفته بودند، مغایرت داشت. ارسطو کسی بود که این نظریه را ارائه داده بود که اجسامی با وزن بیشتر سریع تر از اجسام سبک تر به زمین می رسند. گالیله برای اثبات حرف خود یک توپ ۴۵۳ گرمی و یک توپ ۴۵۳۰ گرمی را از بالای برج پیزا رها کرد. جمعیت کثیری از انسان ها وجود داشتند که آزمایش گالیله و در نتیجه رسیدن همزمان این دو جسم در یک زمان را به چشم خود دیدند و شهادت دادند. با این آزمایش نظریه قبلی ارسطو رد شد. نمونه هایی از آزمایش های ذهنی گالیله که بهتر است در این زمینه دانش آموزان تحقیق کنند. قانون آونگ گالیله - قاصد آسمان - نظریه خورشید محور و زمین محور - آزمایش گالیله و سطح شیبدار  	فعالیت ۱-۲ درباره آزمایش ذهنی گالیله تحقیق کنید و به کلاس گزارش دهید.

الف) برطبق قانون اول نیوتن، جسم تمایل دارد وضعیت سکون خود را حفظ نماید. که با حرکت سریع مقوا، سکه به داخل لیوان می افتد. ب) هنگامی که به آرامی بکشم، نیرو انتقال می یابد و نخ از قسمت بالای گوی جدا می گردد. در کشش سریع، لختی جرم گلوله سبب می شود که در بازه زمانی کوتاه فرصت انتقال ضربه به نخ بالایی وجود ندارد. در نتیجه نخ پایین پاره می شود.	پرسش ۲-۲ الف) چرا حرکت سریع مقوا در شکل الف، سبب افتادن سکه در لیوان می شود؟ ب) چرا در شکل ب، اگر به آرامی نیروی وارد بر گوی سنگین را زیاد کنیم نخ بالای گوی پاره می شود، اما اگر ناگهان نخ را بکشیم، نخ پایین آن پاره می شود؟  (الف) (ب)
در سه شکل سمت راست: با ثابت ماندن اندازه جرم جسم و با افزایش نیرو، مقدار شتاب جسم افزایش می یابد. در شکل های سمت چپ: با ثابت ماندن اندازه نیرو و افزایش جرم جسم، مقدار شتاب جسم کاهش می یابد.	پرسش ۴-۲ در شکل های زیر، قطعه یخ ها روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. استنباط خود را از این شکل ها بیان کنید. 
 سطح زمین [جسم (۱)] شخص [جسم (۲)] جعبه [جسم (۳)] نیروی $\vec{F}_{۲۳}$ برای جعبه، نیروی خارجی است $\vec{F}_{۲۳} > \vec{F}_{۱۳} \rightarrow F_{net} = F_{۲۳} - F_{۱۳} = ma$ هنگامی که نیروی افقی که شخص به جعبه وارد می کند بیشتر از نیروی افقی که زمین به جعبه وارد کند، جعبه حرکت می کند.	پرسش ۵-۲ شخصی در حال هل دادن جعبه ای سنگین روی سطح افقی است و این جعبه در جهت این نیرو حرکت می کند. با توجه به آنکه نیروی که شخص به جعبه وارد می کند با نیروی که جعبه به شخص وارد می کند هم اندازه است، توضیح دهید چگونه جعبه حرکت می کند؟

	۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص	
$W = mg_{\text{زمین}} \rightarrow W_1 = (0.1 \text{ kg})(9.8 \text{ N/kg}) = 0.98 \text{ N}$ $W = mg_{\text{ماه}} \rightarrow W_2 = (0.1 \text{ kg})(1.6 \text{ N/kg}) = 0.16 \text{ N}$ $W = mg_{\text{مریخ}} \rightarrow W_3 = (0.1 \text{ kg})(3.7 \text{ N/kg}) = 0.37 \text{ N}$ $W_1 > W_3 > W_2$	تمرین ۱-۲ الف) وزن قطعه‌ای طلا به جرم ۱۰۰ گرم را روی سطح زمین به دست 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 به دست آورید و با هم مقایسه کنید. ($g_{\text{مریخ}} = 3.7 \text{ N/kg}$, $g_{\text{ماه}} = 1.6 \text{ N/kg}$, $g_{\text{زمین}} = 9.8 \text{ N/kg}$)	۷
$a = g - \frac{f_D}{m} \xrightarrow{f_D=0} a = g$ $V^2 - V_0^2 = 2g \Delta y \rightarrow V^2 - 0 = 2gh \rightarrow V = \sqrt{2gh}$ با صرف نظر از مقاومت هوا، سرعت برخورد گلوله‌ها با زمین به جرم گلوله‌ها وابسته نیست. $V_1 = V_2$	مثال ۵-۲ دو گوی هم اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است ($m_1 = 2m_2$) از بالای برجی به ارتفاع h به طور هم زمان 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؟ تمرین ۲-۲ اگر در مثال ۵-۲ از مقاومت هوا صرف نظر کنیم، سرعت برخورد گوی‌ها با زمین را با هم مقایسه کنید.	۸
الف) $F_N = mg = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 39.2 \text{ N}$ ب) $F_N = mg + F' = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} + 20 \text{ N} = 59.2 \text{ N}$ پ) $F_N + F' = mg \rightarrow F_N + 20 \text{ N} = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg}$ $F_N = 39.2 \text{ N} - 20 \text{ N} = 19.2 \text{ N}$	تمرین ۳-۲ همانند شکل، جعبه‌ای به جرم 4 kg روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت‌های نشان داده شده به دست آورید.  (الف) (ب) (پ)	۹
الف) $F_N - mg = ma$ $\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$ در این حالت ترازو، عددی بزرگ تر از اندازه ی وزن را نشان می دهد.  جهت حرکت (+)	پرسش ۶-۲ در مثال ۶-۲، 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.	۱۰

(ب)  $F_N - mg = -ma$ $\rightarrow F_N = m(g - a) \rightarrow F_N < mg$ در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه ی وزن را نشان می دهد. (پ)  $F_N - mg = -ma$ $\rightarrow F_N = m(g - a) \rightarrow F_N < mg$ در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه ی وزن را نشان می دهد. (ت)  $F_N - mg = ma$ $\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$ در این حالت ترازو، عددی بیشتر از اندازه ی وزن را نشان می دهد.	
الف) وقتی ما شروع به حرکت می کنیم. پاهایمان نیروی به سمت عقب وارد می کند. طبق قانون سوم نیوتن، نیروی هم اندازه و در خلاف جهت بر آن وارد می شود که اصطکاک نام دارد و سبب می شود که به سمت جلو حرکت کنیم. ب) زیرا ناهمواری ها کم تر می باشد که در نتیجه اصطکاک بین فرد و زمین کم شده و سبب سر خوردن می شود و راه رفتن دشوار می گردد.	پرسش ۲-۲ الف) بر اساس قانون سوم نیوتن و آنچه از اصطکاک آموختید، توضیح دهید راه رفتن با شروع از حالت سکون چگونه انجام می شود؟ ب) چرا راه رفتن روی یک سطح شیب مانند سطح یخ به سختی ممکن است؟

(الف)



$$\rightarrow F - f_s = ma = 0 \rightarrow F = f_s = 4 \text{ N}$$



$$\rightarrow F - f_s = ma = 0 \rightarrow F = f_s = 8 \text{ N}$$



$$\rightarrow F - f_{s,max} = ma = 0 \rightarrow F = f_{s,max} = 16 \text{ N}$$

(ب)

$$f_{s,max} = \mu_s N \rightarrow \mu_s = \frac{f_{s,max}}{mg} = \frac{16 \text{ N}}{4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ (N/kg)}} = 0.4$$

ضریب اصطکاک ایستایی تغییر نمی کند. زیرا ضریب اصطکاک به اندازه ی مساحت سطح تماس جسم بستگی ندارد.

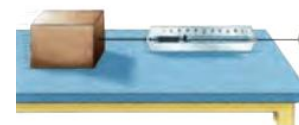
نمونه ۲-۴

اگر در شکل ۲-۱۲، جرم جسم 4 kg و بزرگی نیروها $F_1 = 4 \text{ N}$ ، $F_2 = 8 \text{ N}$ و $F_3 = 16 \text{ N}$ باشد،
(الف) بزرگی نیروهای اصطکاک ایستایی در هر حالت چقدر است؟
(ب) ضریب اصطکاک ایستایی را پیدا کنید.



۱۲

آزمایش ۱-۱: اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستایی بین دو جسم



وسایل لازم: نیروسنج، قطعه چوبی به شکل مکعب مستطیل
با وجوه یکنواخت، ترازو، خط کش

شرح آزمایش:

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

۲- نیروسنج را مانند شکل به مکعب چوبی وصل کنید و سر دیگر نیروسنج را با دست بگیرید و به طور افقی بکشید.
۳- نیروی دستتان را به آرامی افزایش دهید تا جایی که مکعب چوبی در آستانه لغزیدن قرار گیرد. در این حالت عددی را که
نیروسنج نشان می دهد، در جدول یادداشت کنید (برای اینکه دقت شما افزایش یابد لازم است آزمایش را چند بار تکرار کنید).
۴- اکنون مکعب چوبی را از طرف وجه کوچک تر روی سطح قرار دهید و مراحل ۲ و ۳ را تکرار کنید.
۵- با اندازه گیری جرم مکعب چوبی و استفاده از رابطه ۲-۴ مقدار μ_s را در هر آزمایش محاسبه و در جدول یادداشت کنید.

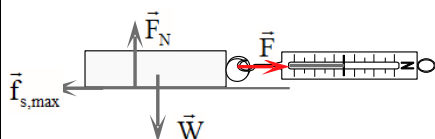
وزن قطعه:		مساحت سطح تماس قطعه با میز	شماره آزمایش
عددی که نیروسنج نشان می دهد	$(f_{s,max})$		
μ_s			

همراه با اعضای گروه خود، نتیجه های به دست آمده را تفسیر کنید.

۱۳

وسایل لازم: نیروسنج - قطعه های چوبی مختلف - ترازو

شرح آزمایش:



۱- مکعب چوبی را از یک وجه روی سطح افقی قرار
دهید.

فعالیت ۲-۲

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

۱۴

(۲) نیروسنج را به مکعب چوبی وصل کرده و سر دیگر نیروسنج را در دست گرفته و بکشید. وقتی جسم در آستانه لغزیدن قرار می گیرد عددی که نیروسنج نشان می دهد نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ($f_{s,max}$) است. (۳) جرم جسم را با ترازو اندازه گیری کرده و از رابطه $F_N = mg$ مقدار نیروی عمودی محاسبه کنید. (۴) این بار آزمایش را با ۲ قطعه چوبی روهم انجام دهید. عددی که نیرو سنج نشان می دهد بیشتر می شود. (۵) آزمایش را با تعداد بیشتر قطعه چوبی انجام بدهید. باز هم نیروسنج عدد بیشتر را نشان می دهد. (۶) اعداد بدست آمده از نیروسنج را بر وزن تقسیم می کنیم. نتیجه: نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه با مقدار نیروی عمودی از طرف سطح به جسم رابطه مستقیم دارد و با تقسیم این نیرو بر وزن عدد ثابتی بدست می آید.	
الف) به کمک یک نیروسنج، قطعه چوب را می کشیم تا حرکت کند. در بازه زمانی که قطعه چوب با سرعت ثابت در حال حرکت است، اندازه ی نیروی که نیروسنج نشان می دهد برابر است با نیروی اصطکاک جنبشی، در نتیجه خواهیم داشت. $F - f_k = ma \rightarrow F - f_k = 0 \rightarrow F = f_k$ $F = f_k = \mu_k mg \rightarrow \mu_k = \frac{F}{mg}$ نیروی F از روی نیروسنج و m را به کمک ترازو بدست می آوریم. ب) از وجه دیگر قطعه چوب، آزمایش را تکرار می کنیم. و سعی می کنیم با سرعت ثابت با نیروسنج قطعه چوب را بکشیم. عددی که نیروسنج نشان می دهد در این شرایط تقریباً برابر حالت قبل می باشد. نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بستگی ندارد.	فعالیت ۳-۲ 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 به دست آورید. ب) بستگی یا عدم بستگی نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس دو جسم را تحقیق کنید.
$F - f_{s,max} = ma = 0 \rightarrow F = f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg$ $\rightarrow F = f_{s,max} = 0.6 \times 75 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 441 \text{ N}$	تمرین ۵-۲ در مثال قبل اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و زمین 0.6 و جسم در ابتدا ساکن باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای به حرکت درآوردن جعبه چقدر است؟

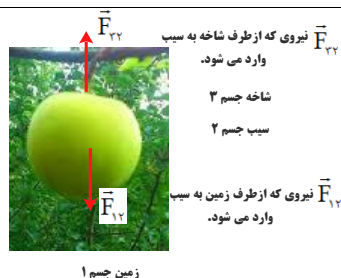
الف) تعدادی فنر با ضخامت های مختلف تهیه می کنیم. هر چه فنر انعطاف پذیر تر باشد. سختی (K) کوچکتر و برای فنر سفت (K) بیشتر است. ب) فنر را مطابق شکل (۱) به سقف آویزان می کنیم و سپس به انتهای آن، وزنه ای با جرم مشخص آویزان می نمایم. در حالت تعادل، به کمک خط کش، تغییرات طول فنر را اندازه می گیریم. با توجه به این مطلب که، نیروی که از طرف فنر به وزنه وارد می شود با نیروی که از طرف زمین به جسم وارد می شود برابر است. خواهیم داشت. $F_e = w \rightarrow k\Delta y = mg \rightarrow k = \frac{mg}{\Delta y}$ سپس در چندین نوبت فنرهای مختلف را مطابق شکل آزمایش کرده و هر بار با توجه به رابطه مقدار K را بدست می آوریم. $k = \frac{mg}{\Delta y}$ همچنین می توان آزمایش را با جرم های مختلف تکرار کرد، و k های مختلفی را بدست آورد. از اعداد بدست آمده میانگین گرفته و عدد دقیقتری برای k بدست آورد.	فعالیت ۲-۲ تعدادی فنر متفاوت تهیه کنید. الف) سختی آنها را مقایسه کنید. ب) با طراحی یک آزمایش، ثابت هر فنر را بدست آورید. ۱۷
$T - mg = ma$ $T - ۱۶\text{kg} \times ۹ / ۸\text{N} / \text{kg} = ۱۰۰\text{kg} \times ۱ / ۲\text{N} / \text{kg}$ $T = ۱۵۶ / ۸\text{N} + ۱۲۰\text{N} = ۱۷۶ / ۸\text{N}$	تمرین ۲-۲ کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم $۱۶/۰\text{kg}$ را با طناب سبکی به طرف بالا می کشد. اگر شتاب رو به بالای سطل $۱/۲\text{ m/s}^2$ باشد، نیروی کشش طناب چقدر است؟ ۱۸

۱-۲ و ۲-۲ قوانین حرکت نیوتون و معرفی برخی از نیروهای خاص

۱. سیبی را در نظر بگیرید که به شاخه درختی آویزان است و سپس از درخت جدا می شود.
الف) با رسم شکل نیروهای وارد بر سیب را قبل و بعد از جدانشدن از درخت نشان دهید. ب) در هر حالت واکنش این نیروها بر چه اجسامی وارد می شود؟

۱۹

(الف)



زمین جسم ۱

کنش

واکنش

نیروی که از طرف زمین به سیب وارد می شود.	نیروی که از طرف سیب به زمین وارد می شود.
نیروی که از طرف شاخه به سیب وارد می شود.	نیروی که از طرف سیب به شاخه وارد می شود.

(ب)



زمین جسم ۱

کنش

واکنش

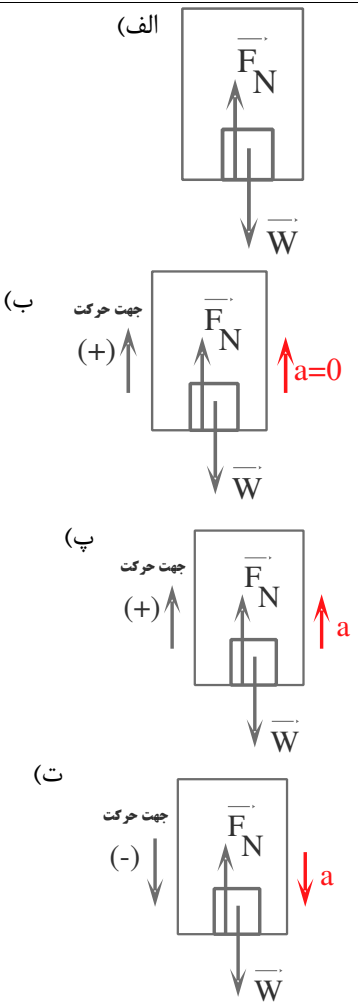
نیروی که از طرف زمین به سیب وارد می شود.	نیروی که از طرف سیب به زمین وارد می شود.
نیروی که از طرف هوا به سیب وارد می شود.	نیروی که از طرف سیب به هوا وارد می شود.

الف) برطبق قانون اول نیوتون (لختی) جسم تمایل دارد حالت سکون و یا حرکت یکنواخت خود را بر روی خط راست حفظ کند.
در حالتی که خودرو ناگهان شروع به حرکت می کند، خودرو به سمت جلو رفته و اجسام داخل خودرو تمایل دارند حالت خود را حفظ کنند. به همین دلیل شخص به صندلی فشرده می شود.
در حالتی که خودرو ناگهان توقف می کند، اجسام داخل خودرو تمایل دارند حالت رو به جلوی خود را حفظ کنند در نتیجه اجسام به سمت جلو پرت می شوند.



۲. وقتی در خودروی ساکنی نشسته اید و خودرو ناگهان شروع به حرکت می کند، به صندلی فشرده می شوید. همچنین اگر در خودروی در حال حرکتی نشسته باشید، در توقف ناگهانی به جلو پرتاب می شوید.
الف) علت این پدیده ها را توضیح دهید. ب) نقش کمربند ایمنی و کیسه هوا در کم شدن آسیب ها در تصادف ها را بیان کنید.

۲۰

(ب) در هنگام توقف یا ترمز ناگهانی اتومبیل، سرنشین بنا بر خاصیت لختی در مسیر حرکت به راه خود ادامه می دهد و بسمت شیشه جلو پرتاب می شود. کمربند ایمنی و یا کیسه ی هوا، سرنشین را با خودرو یک پارچه می کند و شتاب حرکت سرنشین در رخدادهای ناگهانی شتاب خودرو می شود.	
الف) $F_N - mg = 0 \rightarrow F_N = mg$ $\rightarrow F_N = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 490 \text{ N}$ ب) $F_N - mg = ma = 0 \rightarrow F_N = mg$ $\rightarrow F_N = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 490 \text{ N}$ پ) $F_N - mg = ma \rightarrow F_N = m(g + a)$ $F_N = 50 \text{ kg}(9.8 \text{ N/kg} + 1.2 \text{ N/kg})$ $F_N = 550 \text{ N}$ ت) $F_N - mg = -ma \rightarrow F_N = m(g - a)$ $F_N = 50 \text{ kg}(9.8 \text{ N/kg} - 1.2 \text{ N/kg})$ $F_N = 430 \text{ N}$ 	۱۱. دانش آموزی به جرم 50 kg روی یک ترازوی فنری در آسانسور ایستاده است. در هر یک از حالت های زیر این ترازو چند نیوتون را نشان می دهد؟ ($g = 9.8 \text{ N/kg}$) الف) آسانسور ساکن است. ب) آسانسور با سرعت ثابت حرکت می کند. پ) آسانسور با شتاب 1.2 m/s^2 به طرف بالا شروع به حرکت می کند. ت) آسانسور با شتاب 1.2 m/s^2 به طرف پایین شروع به حرکت می کند.

(الف) جسم ساکن است.

$$F - f_s = 0$$

$$\rightarrow f_s = F = 200 \text{ N}$$

(ب) جسم در آستانه حرکت است.

$$F - f_{s,\max} = 0$$

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

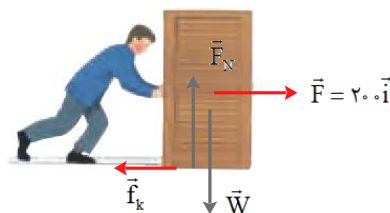
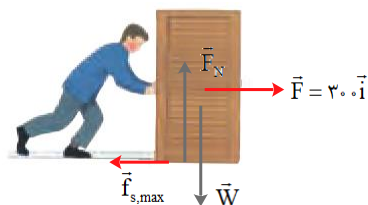
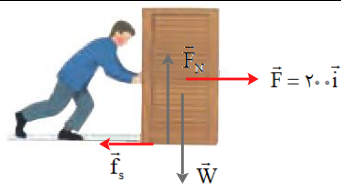
$$\mu_s = \frac{F}{mg} = \frac{200 \text{ N}}{90 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg}} = 0.22$$

(پ) جسم در با شتاب ثابت در حرکت است.

$$F - f_k = ma$$

$$F - \mu_k mg = ma \rightarrow$$

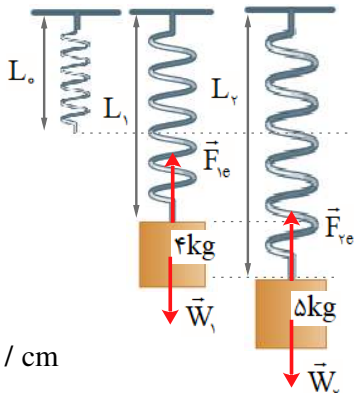
$$200 \text{ N} - 0.2 \times 90 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 90 \text{ kg} a \rightarrow a = 0.4 \text{ N/kg}$$



۱۴. در شکل نشان داده شده، شخص با نیروی 200 N جسم 90 kg کیلوگرمی را هل می‌دهد، اما جسم ساکن می‌ماند. ولی وقتی با نیروی 300 N جسم را هل می‌دهد، جسم در آستانه 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 200 N جسم را هل دهد و ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جسم 0.2 باشد، شتاب حرکت جسم چقدر خواهد شد؟

(الف)  (ب) $F_{e1} = m_1 g \rightarrow k(L_1 - L_0) = m_1 g \quad (1)$ $F_{e2} = m_2 g \rightarrow k(L_2 - L_0) = m_2 g \quad (2)$ $(m_2 - m_1)g = k(L_2 - L_1)$ $\rightarrow k = \frac{(m_2 - m_1)g}{(L_2 - L_1)}$ $\rightarrow k = \frac{(\Delta kg - 4kg) \times 9.8 \text{ N/kg}}{(15\text{cm} - 14\text{cm})} = 9.8 \text{ N/cm}$ $k(L_1 - L_0) = m_1 g \rightarrow 9.8 \text{ (N/cm)}(14\text{cm} - L_0) = 4kg \times 9.8 \text{ N/kg} \rightarrow L_0 = 10\text{cm}$	۲۳ ۳. در شکل روبه رو وقتی وزنه 4 kg را به فنر آویزان می کنیم، طول فنر 14 cm می شود، و وقتی وزنه 5 kg را به فنر آویزان می کنیم، طول فنر 15 cm می شود. الف) ثابت فنر چقدر است؟ ب) طول عادی فنر (بدون وزنه) چند سانتی متر است؟										
(الف)  <table border="1"> <thead> <tr> <th>واکنش</th><th>کنش</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>نیروی که خودرو به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$</td><td>نیروی که زمین به خودرو وارد می کند. $\vec{W}$</td></tr> <tr> <td>نیروی عمودی که خودرو بر سطح جاده وارد می کند. $\vec{F}'_N$</td><td>نیروی عمودی تکیه گاه سطح جاده به خودرو وارد می کند. $\vec{F}_N$</td></tr> <tr> <td>در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف خودرو در جهت حرکت به زمین وارد می شود. $\vec{f}'_k$</td><td>در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف زمین در خلاف جهت حرکت به خودرو وارد می شود. $\vec{f}_k$</td></tr> <tr> <td>نیروی که از مولکول های هوا به طرف خودرو وارد می شود. $\vec{f}'$</td><td>نیروی که از مولکول های هوا به طرف خودرو وارد می شود. $\vec{f}$</td></tr> </tbody> </table>	واکنش	کنش	نیروی که خودرو به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به خودرو وارد می کند. $\vec{W}$	نیروی عمودی که خودرو بر سطح جاده وارد می کند. $\vec{F}'_N$	نیروی عمودی تکیه گاه سطح جاده به خودرو وارد می کند. $\vec{F}_N$	در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف خودرو در جهت حرکت به زمین وارد می شود. $\vec{f}'_k$	در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف زمین در خلاف جهت حرکت به خودرو وارد می شود. $\vec{f}_k$	نیروی که از مولکول های هوا به طرف خودرو وارد می شود. $\vec{f}'$	نیروی که از مولکول های هوا به طرف خودرو وارد می شود. $\vec{f}$	۲۴ ۴. در هر یک از موارد زیر، نیروهای وارد بر جسم را مشخص کنید. واکنش هر یک از این نیروها به چه جسمی وارد می شود؟ الف) خودرویی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی در حال حرکت است. ب) گشتی ای با سرعت ثابت در حال حرکت است. پ) قایقرانی 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) تویی در راستای قائم به زمین برخورد می کند و برمی گردد.
واکنش	کنش										
نیروی که خودرو به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به خودرو وارد می کند. $\vec{W}$										
نیروی عمودی که خودرو بر سطح جاده وارد می کند. $\vec{F}'_N$	نیروی عمودی تکیه گاه سطح جاده به خودرو وارد می کند. $\vec{F}_N$										
در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف خودرو در جهت حرکت به زمین وارد می شود. $\vec{f}'_k$	در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف زمین در خلاف جهت حرکت به خودرو وارد می شود. $\vec{f}_k$										
نیروی که از مولکول های هوا به طرف خودرو وارد می شود. $\vec{f}'$	نیروی که از مولکول های هوا به طرف خودرو وارد می شود. $\vec{f}$										

(ب)



کنش

واکنش

نیروی که زمین به کشتی وارد می کند. $\vec{W}$ نیروی که کشتی به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$ نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به کشتی وارد می شود. $\vec{F}_b$ نیروی که از طرف کشتی به آب وارد می شود. $\vec{F}_b'$ نیروی که در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول های هوا به سطح کشتی وارد می شود. $\vec{f}$ نیروی که در جهت حرکت کشتی به آب و مولکول های هوا وارد می شود. $\vec{f}'$

(پ)



کنش

واکنش

نیروی که زمین به قایق وارد می کند. $\vec{W}$ نیروی که قایق به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$ نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به قایق وارد می شود. $\vec{F}_b$ نیروی که از طرف قایق به آب وارد می شود. $\vec{F}_b'$ نیروی موازی در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول های هوا به سطح قایق وارد می شود. $\vec{f}$ نیروی که در جهت حرکت قایق به آب و مولکول های هوا وارد می شود. $\vec{f}'$ نیروی که از طرف آب به پارو وارد می کند. $\vec{F}$ نیروی که از طرف آب به پارو وارد می کند. $\vec{F}'$

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

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

ب) کشتی ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.

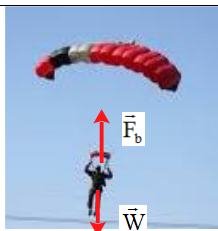
پ) قایقرانی در حال پارو زدن است.

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) تویی در راستای قائم به زمین برخورد می کند و برمی گردد.

(ت)

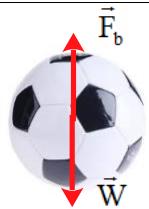


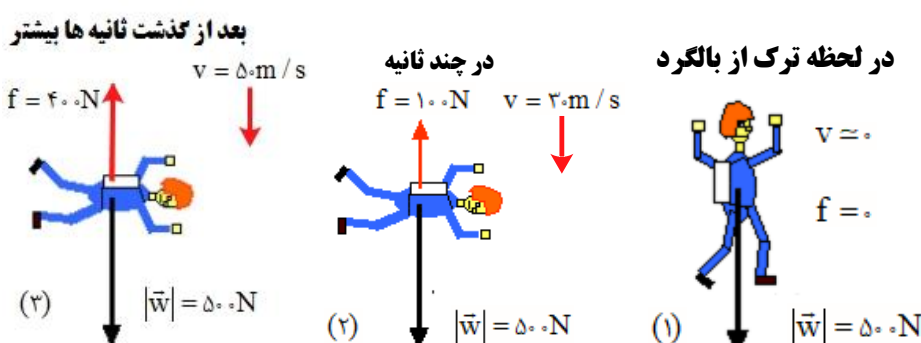
واکنش	کنش
نیروی که چتر باز به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به چتر باز وارد می کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف مولکولهای هوا به چتر باز وارد می شود. $\vec{F}_b'$	نیروی که از طرف مولکولهای هوا به چتر باز وارد می شود. $\vec{F}_b$

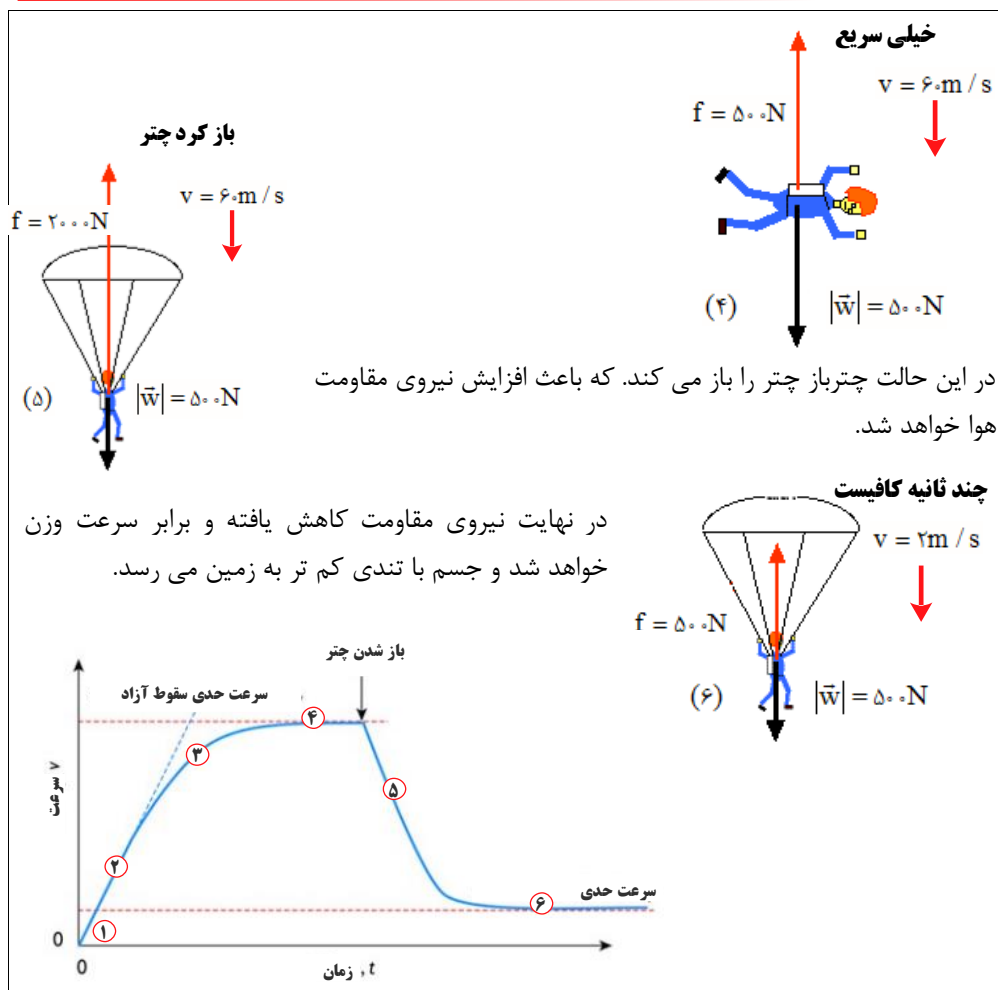
(ت)



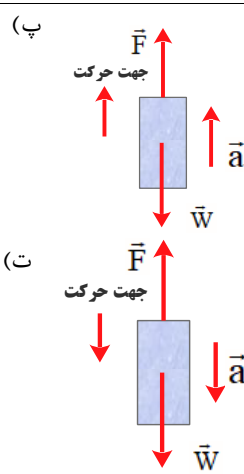
واکنش	کنش
نیروی که هواپیما به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به هواپیما وارد می کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف هواپیما به مولکولهای هوا وارد می شود. $\vec{F}_b'$	نیروی که از طرف مولکولهای هوا رو به بالا (نیروی شناوری) به هواپیما وارد می شود. $\vec{F}_b$
نیروی که در جهت حرکت مولکول های هوا به سطح هواپیما وارد می شود. $\vec{f}'$	نیروی که در جهت مخالف حرکت از مولکول های هوا به سطح هواپیما وارد می شود. $\vec{f}$

(ج) 	
هنگام پایین آمدن	
کنش	واکنش
نیروی که زمین به توپ وارد می کند. $\vec{W}$	نیروی که توپ به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$
نیروی که از طرف مولکول های هوا رو به بالا به توپ وارد می شود. $\vec{F}_b$	نیروی که از طرف توپ به مولکول های هوا وارد می شود. $\vec{F}_b'$
	
هنگام بالا رفتن	
نیروی که زمین به توپ وارد می کند. $\vec{W}$	نیروی که توپ به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$
نیروی که از طرف مولکول های هوا رو به پایین به توپ وارد می شود. $\vec{F}_b$	نیروی که از طرف توپ به مولکول های هوا وارد می شود. $\vec{F}_b'$

(الف) $v_0 = 72 \text{ km/h} = 72 \div 3.6 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$ $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow 0 - (20 \text{ m/s})^2 = 2a \times 20 \text{ m}$ $a = -\frac{400}{40} \text{ m/s}^2 = -10 \text{ m/s}^2$ (ب) $v = at + v_0 \rightarrow 0 = -10 (\text{m/s}^2)t + 20 \text{ m/s} \rightarrow t = 2 \text{ s}$ (پ) $F - f_k = ma \rightarrow F - f_k = -10 (\text{m/s}^2) \times 1200 \text{ kg} \rightarrow f_k = 12000 \text{ N}$	۷. راننده خودروبی که با سرعت 72 km/h در یک مسیر مستقیم در حال حرکت است، با دیدن مانعی اقدام به ترمز می کند و خودرو پس از طی مسافت 20 m متوقف می شود. (الف) شتاب خودرو در مدت ترمز چقدر است؟ (ب) از لحظه ترمز تا توقف کامل خودرو، چقدر طول می کشد؟ (پ) نیروی اصطکاک بین لاستیک ها و سطح چقدر است؟ جرم خودرو را 1200 kg بگیرید.
فرض می کنیم شخصی به وزن 500 N از بالگرد به بیرون می پرد. بعد از پریدن چتر باز، سرعت اولیه آن بسیار نا چیز است و تندی و مقاومت هوا افزایش می یابد. (جهت حرکت مثبت در نظر گرفته شده است.) بعد از گذشت ثانیه ها بیشتر در چند ثانیه در لحظه ترک از بالگرد  پس از مدتی مقاومت هوا با وزن چتر باز برابر شده و نیروی خالص وارد بر چتر باز صفر می شود و چتر باز با تندی ثابتی به طرف زمین حرکت می کند.	۸. چتر بازی از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی قرار دارد، به بیرون می پرد و پس از مدتی چتر خود را باز می کند و در امتداد قائم سقوط می کند. حرکت چتر باز را از لحظه پرش تا رسیدن به زمین تحلیل کنید و نموداری تقریبی از تندی آن بر حسب زمان رسم کنید.

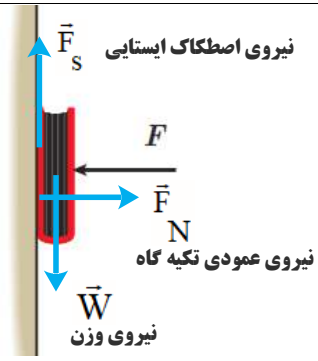


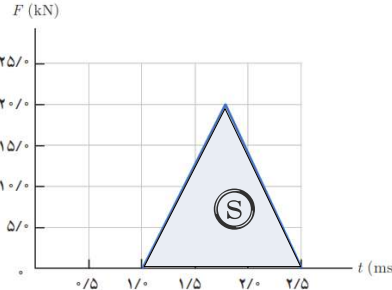
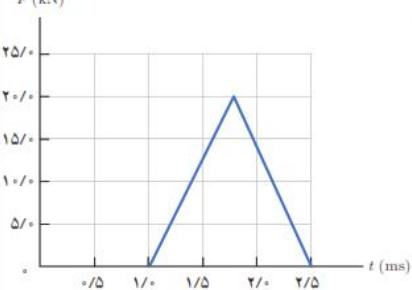
(الف) $\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a}$ $F_N - F_\gamma - W = ma = 0 \rightarrow F_N = F_\gamma + W$ با افزایش F_γ، نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه افزایش می یابد. (ب) $F - F_s = ma = 0 \rightarrow F = F_s$ تغییر نمی کند. (پ) $f_{s,\max} = \mu_s F_N \rightarrow f_{s,\max} = \mu_s (F_\gamma + W)$ با افزایش F_γ، $f_{s,\max}$ مقدار افزایش می یابد. (ت) نیروی خالص وارد بر جسم در راستای X و Y صفر است. چون جسم در این دو راستا حرکتی ندارد.	۴. در شکل زیر، نیروی F_1 به بزرگی N به جعبه وارد شده است، اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم F_2 که جعبه را به زمین می فشارد از صفر شروع به افزایش کند، کمیت های زیر چگونه تغییر می کنند؟ (الف) اندازه نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه (ب) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه (پ) اندازه پیشینه نیروی اصطکاک ایستایی (ت) نیروی خالص وارد بر جسم
(الف) $\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow F = ma$ $\rightarrow F = (5/0 \cdot \text{kg})(2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 10 \cdot \text{N}$ (ب) $\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow F - F_k = ma$ $\rightarrow F - \mu_k W = ma$ $F - (0/20)(5/0 \cdot \text{kg})(9/8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = (5/0 \cdot \text{kg})(2/0 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ $\rightarrow F - (9/8 \text{ N}) = 10 \cdot \text{N} \rightarrow F = 19/8 \text{ N}$	۱۰. می خواهیم به جسمی که جرم آن $5/0 \text{ kg}$ است، شتاب $2/0 \text{ m/s}^2$ بدهیم. در هر یک از حالت های 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 $0/20$ 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.

(پ) $\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow F - W = ma \rightarrow F - mg = ma$ $F - (\Delta / \text{kg})(9 / 8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = (\Delta / \text{kg})(2 / \text{s}^2)$ $\rightarrow F - (49 \text{ N}) = 10 \text{ N} \rightarrow F = 59 \text{ N}$ (ت) $W - F = ma \rightarrow mg - F = ma$ $(\Delta / \text{kg})(9 / 8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) - F = (\Delta / \text{kg})(2 / \text{s}^2)$ $\rightarrow (49 \text{ N}) - F = 10 \text{ N} \rightarrow F = 39 \text{ N}$ 	
(الف) $\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow -f_k = ma \rightarrow -\mu_k F_N = ma$ $-\mu_k mg = ma \rightarrow a = -\mu_k g \rightarrow a = -(0 / 2)(9 / 8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = -1 / 96 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ جسم متوقف شده است، بنابراین $V = 0$ است. $V^x - V_0^x = 2a \Delta x$ $0 - (10 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 2(-1 / 96 \text{ N/kg}) \Delta x \rightarrow \Delta x = 25 / 51 \text{ m}$ (ب) مطابق رابطه $a = -\mu_k g$، شتاب حرکت به جرم جسم بستگی ندارد و مسافت پیموده شده ثابت می ماند.	۲۹ ۱۱. قطعه چوبی را با سرعت افقی 10 m/s روی سطحی افقی پرتاب می کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح 0.2 است. الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می ایستد؟ ب) اگر از یک قطعه چوب دیگر استفاده کنیم که جرم آن دو برابر جرم قطعه چوب اول و ضریب اصطکاک جنبشی آن با سطح افقی با اولی یکسان باشند و با همان سرعت پرتاب شود، مسافت پیموده شده آن چند برابر می شود؟

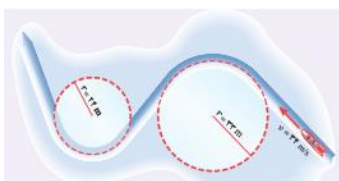
(الف) $F - mg = 0 \rightarrow k\Delta L = mg$ $\rightarrow 20(\text{N/cm})(L_1 - 12\text{cm}) = 2\text{kg} \times (9/8\text{N/kg})$ $\rightarrow L_1 = 12/98\text{cm}$ (ب) $F - mg = 0 \rightarrow k\Delta L = mg$ $\rightarrow 20(\text{N/cm})(L_2 - 12\text{cm}) = 2\text{kg} \times (9/8\text{N/kg})$ $\rightarrow L_2 = 12/98\text{cm}$ (پ) $F - mg = -ma \rightarrow k\Delta L = m(g - a)$ $\rightarrow 20(\text{N/cm})(L_3 - 12\text{cm}) = 2\text{kg} \times [(9/8 - 2)\text{N/kg}]$ $\rightarrow L_3 = 12/78\text{cm}$ (ت) $F - mg = ma \rightarrow k\Delta L = m(g + a)$ $\rightarrow 20(\text{N/cm})(L_4 - 12\text{cm}) = 2\text{kg} \times [(9/8 + 2)\text{N/kg}]$ $\rightarrow L_4 = 13/18\text{cm}$	۱۱. وزنه ای به جرم $2/0\text{ kg}$ را به انتهای فنری به طول 12cm که ثابت آن 20 N/cm است می بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می کنیم. طول فنر را در حالت های زیر محاسبه کنید. (الف) آسانسور ساکن است. (ب) آسانسور با سرعت ثابت $2/0\text{ m/s}$ رو به پایین در حرکت است. (پ) آسانسور با شتاب ثابت $2/0\text{ m/s}^2$ از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت کند. (ت) آسانسور با شتاب ثابت $2/0\text{ m/s}^2$ از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند.
---	--

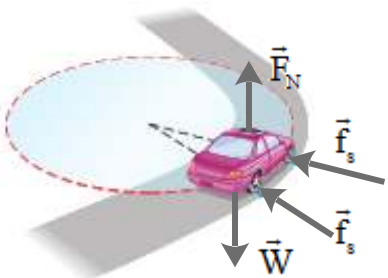
۳۰

الف) زمان واکنش و تندی خودرو (ب) $\Delta x = vt \rightarrow 18m = v \times 0.6s \rightarrow v = 30m/s$ (پ) $x = \left(\frac{v + v_0}{2}\right)t = \left(\frac{0 + 30m/s}{2}\right) \times 0.6s \rightarrow 9m$ (ت) $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 30m/s}{0.6s} \rightarrow a = -50m/s^2$ $F_{net} = ma \rightarrow F_{net} = 1500kg \times -50(N/kg) \rightarrow F_{net} = -9000N$	۱۱۱. برای یک راننده دانستن کل مسافت توقف خودرو اهمیت دارد. همان طور که شکل نشان می دهد کل مسافت توقف، دو قسمت دارد: مسافت واکنش (مسافتی که خودرو از لحظه دیدن مانع تا ترمز گرفتن طی می کند) و مسافت ترمز (مسافتی که خودرو از لحظه ترمز گرفتن تا توقف کامل طی می کند). الف) دو عامل مؤثر در مسافت واکنش را بنویسید. ب) زمان واکنش راننده ای ۰/۶۰s است. در طی این زمان، خودرو مسافت ۱۸m را طی می کند. با فرض ثابت بودن سرعت در این مدت، اندازه 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 می کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ جرم خودرو را ۱۵۰۰kg فرض کنید.
 الف) $T - f_k - f = ma = 0 \rightarrow T = f_k + f = 380N + 220N = 600N$ ب) $T' - f_k - f = ma \rightarrow T' = 2(N/kg) \times 1500kg + 600N = 3600N$	۱۱۲. یک خودروی باری با طناب افقی محکمی، یک خودروی سواری به جرم ۱۵۰۰kg را می کشد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری ۲۲۰N و ۳۸۰N است. الف) اگر سرعت خودرو ثابت بماند نیروی کشش طناب چقدر است؟ ب) اگر خودرو با شتاب ثابت ۲/۰m/s^۲ به طرف راست کشیده شود، نیروی کشش طناب چقدر است؟
الف)  ب) $mg - f_s = ma = 0 \rightarrow f_s = mg$ $\rightarrow f_s = 2/5kg \times 9/8N/kg = 24/5N$ پ) خیر - نیروی اصطکاک تغییری نمی کند. $F_N - F = 0 \rightarrow F = F_N$	۱۱۳. کتابی را مانند شکل با نیروی عمودی F به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته ایم. الف) نیروهای وارد بر کتاب را رسم کنید. ب) اگر جرم کتاب ۲/۵kg باشد، اندازه نیروی اصطکاک را به دست آورید. پ) اگر کتاب را بیشتر به دیوار بفشاریم، آیا نیروی اصطکاک تغییر می کند؟ با این کار چه نیروهایی افزایش می یابد؟

	۲-۳ تکانه و قانون دوم نیوتن	
$\left. \begin{aligned} k &= \frac{1}{2} m v^2 \\ P &= m v \rightarrow v = \frac{P}{m} \end{aligned} \right\} \rightarrow k = \frac{1}{2} m \left(\frac{P}{m} \right)^2 \rightarrow k = \frac{P^2}{2m}$	تمرین ۲-۲ نشان دهید بین اندازه تکانه (p) و انرژی جنبشی (K) جسمی به جرم m، رابطه $K = \frac{p^2}{2m}$ برقرار است.	۳۴
(الف)  (ب) $\Delta P = m \Delta v = m(v_2 - v_1)$ $\Delta P = 0.28 \text{ kg} \times (-22 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s})$ $\Delta P = -10.36 \text{ kgm/s}$ $\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{-10.36 \text{ kgm/s}}{0.06 \text{ s}} = -172.6 \text{ N}$	۲-۳ تکانه و قانون دوم نیوتن ۱۷. توبی به جرم 280 g با تندی 15 m/s به طور افقی به بازیکنی نزدیک می شود. بازیکن با مشت به توب ضربه می زند و باعث می شود توب با تندی 22 m/s در جهت مخالف برگردد. (الف) اندازه تغییر تکانه توب را محاسبه کنید. (ب) اگر مشت بازیکن 0.06 s با توب در تماس باشد، اندازه نیروی متوسط وارد بر مشت بازیکن از طرف توب را به دست آورید.	۳۵
$S_{(F-t)} = \Delta P$ $S_{(F-t)} = \frac{1}{2} (2/5 \text{ s} - 1 \text{ s}) \times 10^{-3} \times 20 \times 10^3 \text{ N}$ $S_{(F-t)} = \Delta P = 15 \text{ N.s}$ $\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{15 \text{ N.s}}{1/5 \times 10^{-3} \text{ s}} = 10000 \text{ N}$	۱۷. شکل زیر، منحنی نیروی خالص بر حسب زمان را برای توب بیسبالی که با چوب بیسبال به آن ضربه زده شده است، نشان می دهد. تغییر تکانه توب و نیروی خالص متوسط وارد بر آن را به دست آورید.  	۳۶

		۲-۴ حرکت دایره ای یکنواخت	
۳۷	پرسش ۸-۲ چرا در حرکت دایره ای یکنواخت، ذره در بازه های زمانی برابر، مسافت های یکسانی را طی می کند؟	زیرا در حرکت دایره ای یکنواخت، تندی متحرک در بازه های زمانی برابر، ثابت است. پس مسافت های یکسانی را طی می کند.	
۳۸	پرسش ۹-۲ دوره عقربه ثانیه شمار، دقیقه شمار و ساعت شمار یک ساعت عقربه ای چیست؟	$T_{\text{ثانیه}} = 60 \text{ s}$ $T_{\text{دقیقه}} = 1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ $T_{\text{ساعت}} = 12 \text{ h} = 720 \text{ min} = 43200 \text{ s}$	
۳۹	مثال ۱۵-۲ یک دیسک گردان در شهر بازی را در نظر بگیرید که توسط یک موتور الکتریکی در هر دقیقه ۵۰۰ دور می چرخد. فرض کنید افرادی در فاصله های ۱/۰ m، ۲/۰ m و ۳/۰ m از مرکز آن قرار دارند. تندی این افراد را به دست بیاورید و با هم مقایسه کنید. تمرین ۸-۲ مسافتی را که هر یک از افراد در مثال بالا در مدت ۳/۰ s طی کرده اند محاسبه کنید.		$T = \frac{t}{N} = \frac{1 \text{ min}}{5} = \frac{60 \text{ s}}{5} = 12 \text{ s}$ $N' = \frac{t}{T} = \frac{3 \text{ s}}{12 \text{ s}} = \frac{1}{4}$ $\text{مسافت طی شده} = \frac{1}{4} (2\pi r)$ $r_1 = 1 \text{ m} \rightarrow L_1 = \frac{1}{4} \pi r_1 = \frac{1}{4} \times 3/14 \times 1 \text{ m} = 1/57 \text{ m}$ $r_2 = 1 \text{ m} \rightarrow L_2 = \frac{1}{4} \pi r_2 = \frac{1}{4} \times 3/14 \times 2 \text{ m} = 3/14 \text{ m}$ $r_3 = 3 \text{ m} \rightarrow L_3 = \frac{1}{4} \pi r_3 = \frac{1}{4} \times 3/14 \times 3 \text{ m} = 4/71 \text{ m}$
۴۰	پرسش ۱۰-۲ نشان دهید در حرکت دایره ای یکنواخت، شتاب مرکزگرا از رابطه $a_c = \frac{v^2}{r}$ نیز به دست می آید که در آن T و r به ترتیب دوره تناوب و شعاع دایره است.	$\left. \begin{aligned} v &= \frac{2\pi r}{T} \\ a &= \frac{v^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow a = \frac{1}{r} \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$	شکل ۳۲-۶

$r_1 = 33\text{m} \rightarrow a = \frac{v^2}{r_1} = \frac{(34\text{m/s})^2}{33\text{m}} = 35.03\text{m/s}^2$ $r_2 = 24\text{m} \rightarrow a = \frac{v^2}{r_2} = \frac{(34\text{m/s})^2}{24\text{m}} = 48.16\text{m/s}^2$	تمرین ۹-۲  شکل روبه‌رو مسیر حرکت سورت‌های را در مسابقه المپیک زمستانی نشان می‌دهد. سورت‌ها روی یک سطح افقی در حال حرکت است. اگر تندی حرکت سورت‌ها در کل مسیر ۳۴m/s باشد، شتاب مرکزگرای آن را در هر یک از پیچ‌ها به دست آورید.	۴۱
$F_y = 0 \rightarrow N - mg = 0 \rightarrow N = mg$ $F = f_s = \mu_s N = \mu_s mg$ $F = m \frac{v^2}{r} \rightarrow \mu_s mg = m \frac{v^2}{r} \rightarrow v^2 = \mu_s rg$ $v = \sqrt{\mu_s rg} \rightarrow v = \sqrt{1 \times 50\text{m} \times 9.8\text{m/s}^2} = 22.13\text{m/s}$	تمرین ۱۰-۲  خودرویی به جرم ۱۵۰۰ kg را در نظر بگیرید که می‌خواهد در یک پیچ مسطح افقی به شعاع ۵۰/۰ m 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 یک چهارم دایره را طی کند، می‌توانیم خودرو را به صورت یک ذره در نظر بگیریم که در یک چهارم 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.)	۴۲
(الف) $T = \frac{t}{N} = \frac{60\text{s}}{1000} = 0.06\text{s}$ (ب) $r_1 = 2\text{m} \rightarrow v_1 = \frac{2\pi r_1}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 2\text{m}}{0.06\text{s}} = 209.23\text{m/s}$ (پ) $r_2 = 4\text{m} \rightarrow v_2 = \frac{2\pi r_2}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 4\text{m}}{0.06\text{s}} = 418.46\text{m/s}$ $r_1 = 2\text{m} \rightarrow a_r = \frac{v_1^2}{r_1} = \frac{(209.23\text{m/s})^2}{2\text{m}} = 21909.52\text{m/s}^2$ $r_2 = 4\text{m} \rightarrow a_r = \frac{v_2^2}{r_2} = \frac{(418.46\text{m/s})^2}{4\text{m}} = 43819.04\text{m/s}^2$	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. الف) دوره تناوب پره‌ها ب) تندی در وسط و نوک پره‌ها پ) شتاب مرکزگرا در وسط و نوک پره‌ها	۴۳

$v = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 54 \times \frac{1}{3.6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 15 \text{ m/s}$ $\left. \begin{aligned} f_s &= \mu_s N = \mu_s mg \\ F &= m \frac{v^r}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow \mu_s mg = m \frac{v^r}{r}$ $\rightarrow \mu_s = \frac{v^r}{rg} = \frac{(15 \text{ m/s})^r}{9.8 (\text{m/s}^2) \times 50 \text{ m}} \approx 0.46$		۱۹. حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین جرخ های 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؟ ۴۴
---	--	---

۵-۲ نیروی گرانشی

فعالیت ۵-۲

ثابت گرانشی G را اولین بار هنری کاوندیش^۱ در سال ۱۷۹۸ اندازه گیری کرد. در مورد روش اندازه گیری G توسط هنری کاوندیش تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

ترازوی کاوندیش وسیله ای است که برای بررسی تجربی قانون جهانی گرانش نیوتن بکار می رود. نیوتن قانون گرانش خود بیان می کند که هر گاه دو ذره به جرم های m_1 ، m_2 به فاصله r از یکدیگر قرار گیرند، این دو نیرو جاذبه ای بر یکدیگر وارد می کنند که این نیرو با حاصل ضرب اندازه دو جرم نسبت مستقیم و با مجذور فاصله بین آنها نسبت عکس دارد. اما این تناسب را می توان تعریف یک ثابت تناسب در تساوی تبدیل نمود. این ثابت را ثابت جهانی گرانش می گویند. برای تعیین مقدار ثابت جهانی گرانش که آن را با G نمایش می دهیم، باید نیروی جاذبه میان دو جرم را اندازه گیری کنیم.

قسمتهای مختلف ترازوی کاوندیش

دو گلوله به جرم m

دو گلوله کوچک هر یک جرم m ، به دو انتهای یک میله سبکی متصل می شوند. این میله، دمبل صلبی است که محورش افقی است و توسط یک رشته نازک قائم آویزان شده است.

دو گلوله بزرگ به جرم M

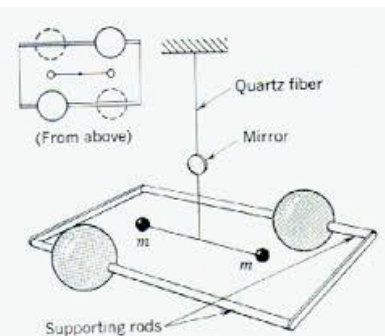
دو گلوله بزرگ هر کدام به جرم M ، که در نزدیک دو سر دمبل و در دو طرف مخالف قرار داده شده اند. این دو گلوله نیز بر روی یک میله افقی قرار گرفته اند و نقطه وسط این میله بر روی تکیه گاهی قرار گرفته است، به گونه ای که می تواند آزادانه بچرخد. نقطه وسط این میله درست در راستای مرکز دمبل و در زیر آن قرار دارد.

آینه کوچک

این آینه کوچک بر روی رشته نازک و کمی بالاتر از دمبل قرار دارد. از طریق یک چشمه نور، بر این آینه نور تابیده می شود، نور منعکس شده از آینه بر روی یک مقیاس شیشه ای می افتد و به این وسیله میزان انحراف آینه (یا زاویه چرخش) آن قابل اندازه گیری است.

شرح کار ترازوی کاوندیش

هر گاه میله ای که دو جرم بزرگ m بر روی آن قرار گرفته اند، جرمهای بزرگ M در نزدیکی جرمهای کوچک m قرار گیرند، در این صورت بر اساس قانون جهانی گرانش نیوتن، بر گلوله های کوچک نیرو



جاذبه ای وارد می شود، این امر باعث چرخیدن دمبل و در نتیجه تاب خوردن رشته نازک و چرخش آینه می شود. با استفاده از شیشه مدرج می توان میزان انحراف آینه (زاویه α) را هنگام چرخش گلوله های کوچک اندازه گیری نمود.

اندازه گیری G

ثابت G به کمک روش انحراف پیشینه تعیین می شود، همانطور که در طرز ترازو گفته شود میله بر اثر گرانش گلوله های بزرگ حول نقطه آویز می چرخد. در حین چرخش با گشتاور نیروها مخالفت می کند، زاویه پیچش رشته هنگام حرکت گلوله ها از موضعی به موضع دیگر با مشاهده انحراف باریکه بازتابیده از آینه کوچک متصل به رشته اندازه گیری شود (تصویر رشته لامپ توسط آینه متصل به m و m روی خط کش مدرج می افتد و در نتیجه هر گونه دوران m و m قابل اندازه گیری است).

اگر جرمها و فاصله میان آنها و نیز ثابت پیچش رشته معلوم باشد، می توانیم G را از روی زاویه پیچش اندازه گیری شده محاسبه کنیم. چون نیروی جاذبه کم است اگر بخواهیم پیچش قابل مشاهده ای داشته باشیم باید ثابت پیچش رشته فوق العاده کوچک باشد. در این ترازو جرمها مسلماً ذره نیستند، بلکه اجسامی بزرگ هستند، اما چون این جرمها کره های یکنواختی هستند از لحاظ گرانشی طوری عمل می کنند که گویی تمام جرم آنها در مرکزشان متمرکز شده است. چون G بسیار کوچک است نیروهای گرانشی میان اجسام بر روی سطح زمین فوق العاده کوچک هستند و می توان از آنها صرف نظر کرد.

$$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= \frac{mV^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow r^3 = \frac{GM_e T^2}{4\pi^2} \quad (\text{الف})$$

$$r^3 = \frac{(6/67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2) (5/98 \times 10^{24} \text{ kg}) (86400 \text{ s})^2}{4 \times (3/14)^2}$$

$$\rightarrow r = 42/26 \times 10^6 \text{ m}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3/14 \times 42/26 \times 10^6 \text{ m}}{86400 \text{ s}} = 3000 \text{ m/s} \quad (\text{ب})$$

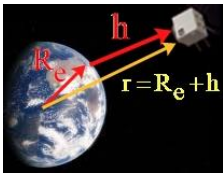
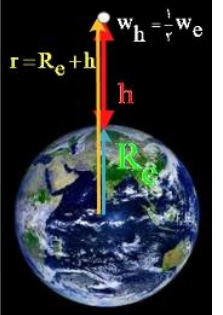
تمرین ۱۱-۲

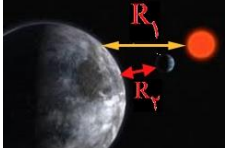


مدار همگام با زمین^۱ و ماهواره های مخابراتی: از دیدگاه مخابراتی، باقی ماندن ماهواره در یک محل نسبت به مکانی در روی زمین (مثلاً بالای ایران) امتیاز محسوب می شود. این در صورتی رخ می دهد که دوره گردش ماهواره به دور زمین با مدت زمان یک دور چرخش زمین به دور خودش، یعنی $24/0 \text{ h}$ یکسان باشد. (الف) در چه فاصله ای از زمین می توان این مدار همگام با زمین را یافت؟ (ب) تندی مداری این ماهواره چقدر است؟

$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= \frac{mV^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = \frac{m \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2}{r} \rightarrow G \frac{M_e}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \rightarrow$ $T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM_e} \right) r^3 \rightarrow T^2 \propto r^3$	پرسش ۱۱-۲ نشان دهید مربع دوره گردش ماهواره ها به دور زمین متناسب با مکعب فاصله ماهواره از مرکز زمین است.	۴۷
$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= mg_h \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = mg_h \rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}$ $\rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2} \xrightarrow{h=0} g = G \frac{GM_e}{R_e^2}$	تمرین ۱۲-۲ نشان دهید شتاب گرانشی روی زمین برابر است با: $g = G \frac{M_e}{R_e^2}$	۴۸
(الف) $\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= \frac{mV^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = \frac{mV^2}{r} \rightarrow V^2 = G \frac{M_e}{r}$ $\rightarrow (7560 \text{ m/s})^2 = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}}{r}$ $r = 6979000 \text{ m} = 6979 \text{ km}$ $\rightarrow h = r - R_e \rightarrow h = 6979 \text{ km} - 6380 \text{ km} = 599 \text{ km}$ (ب) $\frac{w_h}{w_{R_e}} = \frac{G \frac{M_e}{r^2}}{G \frac{M_e}{R_e^2}} = \left(\frac{R_e}{r} \right)^2 \rightarrow \frac{w_h}{w_{R_e}} = \left(\frac{6380 \text{ km}}{6979 \text{ km}} \right)^2 = 0.8357$	تمرین ۱۳-۲ تلسکوپ فضایی هابل با تندی 7560 m/s گرد زمین می چرخد. الف) فاصله این تلسکوپ از سطح زمین چند کیلومتر است؟ ب) وزن این تلسکوپ در این ارتفاع چند برابر وزن آن روی زمین است؟ پ) دوره تناوب این تلسکوپ را پیدا کنید. ($R_e = 6380 \text{ km}$)	۴۹



$T = \frac{2\pi r}{v} \rightarrow T = \frac{2 \times 3.14 \times 6979000 \text{ m}}{7560 \text{ m/s}} = 5797 / 37 \text{ s}$ (پ)	
$F = G \frac{M_e m}{r^2} \rightarrow 10^{-8} \text{ N} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 50 \text{ kg} \times m}{(2m)^2} \rightarrow m = 1199 \text{ kg}$	۵۰. دو جسم در فاصله $r = 20 \text{ m}$ از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک 10^{-8} N جذب می کنند. اگر جرم یکی از اجسام 50 kg باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟
(الف)  $F = G \frac{M_e m}{r^2}$ $F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 600 \text{ kg} \times 5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg}}{(2800 \times 10^3 \text{ m} + 6400 \times 10^3 \text{ m})^2}$ $F = 2827 / 5 \text{ N}$ (ب) $F = ma \rightarrow 2827 / 5 \text{ N} = 600 \text{ kg} \times a \rightarrow a = 4 / 71 \text{ m/s}^2$ (پ) $a = \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{4 / 71 (\text{m/s}^2) \times 9200 \times 10^3 \text{ m}}$ $a = 6584 / 45 \text{ m/s}$ $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.14 \times 9200 \times 10^3 \text{ m}}{6584 / 45 \text{ m/s}} = 8774 / 61 \text{ s}$ (ت)	۵۱. ماهواره ای به جرم 600 kg در مداری دایره ای به ارتفاع 2800 کیلومتر از سطح زمین، به دور آن می چرخد. (الف) نیروی گرانشی وارد بر ماهواره (ب) شتاب ماهواره (پ) تندی ماهواره (ت) دوره تناوب ماهواره را در این ارتفاع به دست آورید. ($M_e = 5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg}$ و $R_e = 6400 \text{ km}$)
(الف)  $\frac{w_h}{w_{R_e}} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 \rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2$ $\rightarrow \sqrt{2} R_e = R_e + h \rightarrow h = (\sqrt{2} - 1) R_e = 0.41 R_e$	۵۲. الف) در چه ارتفاعی از سطح زمین، وزن یک شخص به نصف مقدار خود در سطح زمین می رسد؟ ب) اگر جرم ماهواره ای 250 kg باشد، وزن آن در ارتفاع 36000 کیلومتری از سطح زمین چقدر خواهد شد؟

(ب) $F = G \frac{M_e m}{r^2}$ $F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 250 \text{ kg} \times 5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg}}{(36000 \times 10^3 \text{ m} + 6400 \times 10^3 \text{ m})^2}$ $F = 55 / 467 \text{ N}$	
(الف)  $g_{R_{e1}} = \frac{GM_s}{R_1^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 1 / 99 \times 10^{23} \text{ kg}}{(149 / 6 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m})^2}$ $g_{R_{e1}} = 5 / 93 \times 10^{-7} \text{ N / kg}$ (ب) $g_{R_{er}} = \frac{GM_m}{R_r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg}}{(3 / 84 \times 10^5 \times 10^3 \text{ m})^2} = 3 / 33 \times 10^{-5} \text{ N / kg}$	۵۳ ۳۳. الف) شتاب گرانشی ناشی از خورشید در سطح زمین چقدر است؟ ب) شتاب گرانشی ناشی از ماه در سطح زمین چقدر است؟ $M_{خورشید} = 1 / 99 \times 10^{23} \text{ kg}$ و $M_m = 7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg}$ فاصله زمین تا خورشید $= 149 / 6 \times 10^6 \text{ km}$ فاصله زمین تا ماه $= 3 / 84 \times 10^5 \text{ km}$
(الف)  $F_{em} = G \frac{M_e m}{r_1^2} \text{ \& } F_{mm} = G \frac{M_m m}{r_2^2}$ $F_{net} = G \frac{M_e m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_2^2} = \frac{Gm}{r} (M_e - M_m)$ $r_1 = r_2 = r = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \times 3 / 84 \times 10^5 \text{ km} = 1 / 92 \times 10^4 \text{ m}$ $F_{net} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 3 \times 10^4 \text{ kg}}{(1 / 92 \times 10^4 \text{ m})^2} (5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg} - 7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg})$ $F_{net} = 320 / 59 \text{ N}$	۵۴ ۳۴. الف) سفینه ای به جرم $3 / 00 \times 10^4 \text{ kg}$ در وسط فاصله بین زمین و ماه قرار دارد. نیروی گرانشی خالصی را که از طرف زمین و ماه به این سفینه در این مکان وارد می شود به دست آورید (از داده های مسئله های قبل استفاده کنید). ب) در چه فاصله ای از زمین، نیروی گرانشی ماه و زمین بر سفینه، یکدیگر را خنثی می کنند؟ $M_{خورشید} = 1 / 99 \times 10^{23} \text{ kg}$ و $M_m = 7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg}$ فاصله زمین تا خورشید $= 149 / 6 \times 10^6 \text{ km}$ فاصله زمین تا ماه $= 3 / 84 \times 10^5 \text{ km}$

(ب)

$$F_{\text{net}} = G \frac{M_e m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_r^2} \left\{ \rightarrow 0 = G \frac{M_e m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_r^2} \rightarrow \frac{M_e}{r_1^2} = \frac{M_m}{r_r^2} \right.$$

$$r_1 + r_r = d$$

$$\frac{M_e}{M_m} = \frac{r_1^2}{(d - r_1)^2} \rightarrow \frac{r_1}{(d - r_1)} = \sqrt{\frac{5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg}}{7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg}}} = 9$$

$$\rightarrow \frac{r_1}{d - r_1} = 9 \rightarrow r_1 = 9d - 9r_1 \rightarrow r_1 = 0 / 9d = 3 / 456 \times 10^6 \text{ m}$$