

راهنمای حل

فصل ۲ فیزیک دوازدهم

رشته علوم تجربی
منطبق بر کتاب درسی

گروه فیزیک استان گیلان



<https://t.me/Schoolphysics>

گروه فیزیک استان گیلان

msbook.info

دینامیک و حرکت دایره‌ای			
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
	۲۸	۱-۲ - قوانین حرکت نیوتون	
۱	۲۹	پرسش ۱-۲	۱
۱	۲۹	پرسش ۲-۲	۲
۱	۲۹	فعالیت ۱-۲	۳
۲	۳۰	پرسش ۳-۲	۴
۲	۳۰	پرسش ۴-۲	۵
۲	۳۳	پرسش ۵-۲	۶
	۳۳	۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص	
۲	۳۴	تمرین ۱-۲	۷
۳	۳۵	تمرین ۲-۲	۸
۳	۳۶	تمرین ۳-۲	۹
۴-۳	۳۷	پرسش ۶-۲	۱۰
۴	۳۸	پرسش ۷-۲	۱۱
۴	۳۹	تمرین ۴-۲	۱۲
۵	۳۹	آزمایش ۱-۲	۱۳
۶-۵	۴۰	فعالیت ۲-۲	۱۴
۶	۴۰	فعالیت ۳-۲	۱۵
۶	۴۱	تمرین ۵-۲	۱۶
۷-۶	۴۱	فعالیت ۴-۲	۱۷
۷	۴۳	تمرین ۶-۲	۱۸
۸-۷	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱	۱۹
۸	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۲	۲۰
۹	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۳	۲۱
۱۰	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۴	۲۲
۱۱	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۵	۲۳
۱۴-۱۳-۱۲-۱۱	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۶	۲۴
۱۵	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۷	۲۵
۱۶-۱۵	۵۱	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۸	۲۶
۱۷	۵۱	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۹	۲۷
۱۸-۱۷	۵۱	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱۰	۲۸

۱۸	۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۱	۲۹
۱۹	۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۲	۳۰
۲۰	۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۳	۳۱
۲۰	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۴	۳۲
۲۰	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۵	۳۳
	۴۴	۳-۲ تکانه و قانون دوم نیوتون	
۲۱	۴۵	تمرین ۷-۲	۳۴
۲۱	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۶	۳۵
۲۱	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۷	۳۶
	۴۶	۵-۲ نیروی گرانشی	
۲۳-۲۲	۴۷	فعالیت ۵-۲	۳۷
۲۳	۴۹	تمرین ۸-۲	۳۸
۲۴-۲۳	۴۹	تمرین ۹-۲	۳۹
۲۴	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۸	۴۰
۲۴	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۹	۴۱
۲۵	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۲۰	۴۲
۲۵	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۲۱	۴۳

پرسش ۱-۲

در شکل رو به رو یک کشتی در حال حرکت را می بینید که نیروهای وارد بر آن متوازن اند. کدام نیروها اثر یکدیگر را خنثی کرده اند؟



۱

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 کُند می شود و می ایستد. آیا امکان وقوع چنین رویدادی وجود دارد؟ توضیح دهید.

۲

فعالیت ۱

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

۳

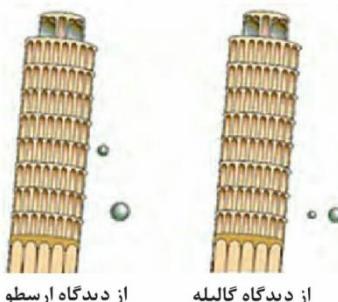
نمونه هایی از آزمایش های ذهنی گالیله

قانون آونگ گالیله - سقوط اجسام به وزن آنها بستگی ندارد - قاصد آسمان -

نظریه خورشید محور و زمین محور - آزماش گالیله و سطح شبیدار

اجسام به وزن آنها بستگی ندارد

گالیله بر این باور بود که آزمایش های تجربی برای کشف قوانین طبیعت بر باورهای ذهنی و استدلال های منطقی برتری دارند. او به بالای برج مشهور و کج پیزا رفت و دو جسم با جرم های مختلف را رها کرد و نشان داد در غیاب مقاومت هوا آن دو با هم سقوط خواهند کرد.



(الف) برطبق قانون اول نیوتون، 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 بالای گوی باره می شود، اما اگر ناگهان نخ را بکشم، نخ پایین آن باره می شود.

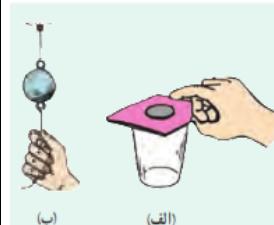
در سه شکل سمت راست:

با ثابت ماندن اندازه جرم جسم و با افزایش نیرو، مقدار شتاب جسم افزایش می یابد. یعنی نیرو با شتاب متناسب است.

در شکل های سمت چپ:

با ثابت ماندن اندازه نیرو و افزایش جرم جسم، مقدار شتاب جسم کاهش می یابد. یعنی شتاب جسم با جرم آن نسبت وارون دارد.

چون جرم جعبه از جرم شخص کمتر است و نیرو برای حرکت دادن آن مناسب است.

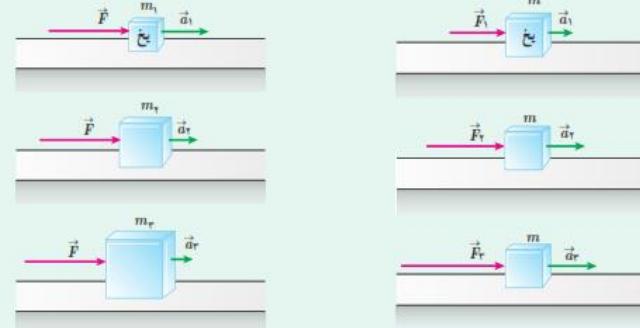


الف) چرا حرکت سریع مقوا در شکل الف، سبب افتادن سکه در لیوان می شود؟

ب) چرا در شکل ب، اگر به آرامی نیروی وارد بر گوی سنگین را زیاد کنیم نخ بالای گوی باره می شود، اما اگر ناگهان نخ را بکشم، نخ پایین آن باره می شود؟

پرسش ۲-۲

در شکل های زیر، قطعه های روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. استیباط خود را از این شکل های بیان کنید.



پرسش ۲-۳

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 هماندازه است، توضیح دهد چگونه جعبه حرکت می کند؟

۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص

تمرین ۱-۲

$$W=mg \quad \text{زمین} \rightarrow W_1 = (0.1\text{ kg})(9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = 0.98 \text{ N}$$

$$W=mg \quad \text{ماه} \rightarrow W_r = (0.1\text{ kg})(1.6 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = 0.16 \text{ N}$$

$$W=mg \quad \text{مریخ} \rightarrow W_r = (0.1\text{ kg})(3.7 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = 0.37 \text{ N}$$

$$W_1 > W_r > W_r$$

الف) وزن قطعه ای 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 می شود. وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به دست آورید و با هم مقایسه کنید. $g_{\text{ماد}} = 1/6\text{N/kg}$, $g_{\text{زمین}} = 9.8\text{N/kg}$, $g_{\text{مریخ}} = 3.7\text{N/kg}$

$$a = g - \frac{f_D}{m} \xrightarrow{f_D=0} a = g$$

$$V^r - V^r_0 = 2g \Delta y \rightarrow V^r - 0 = 2g h \rightarrow V = \sqrt{2gh}$$

سرعت برخورد گلوله‌ها با زمین به جرم گلوله‌ها وابسته نیست.

$$F_N = mg = 4\text{kg} \times 9.8\text{N/kg} = 39.2\text{N}$$

(الف)

$$F_N = mg + F = 4\text{kg} \times 9.8\text{N/kg} + 20\text{N} = 59.2\text{N}$$

(ب)

$$F_N + F = mg \rightarrow F_N + 20\text{N} = 4\text{kg} \times 9.8\text{N/kg}$$

(پ)

$$F_N = 39.2\text{N} - 20\text{N} = 19.2\text{N}$$

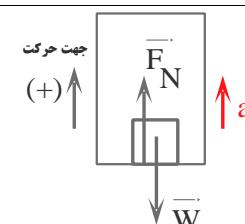
$$F_N - mg = ma$$

(الف)

$$\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$$

(ب)

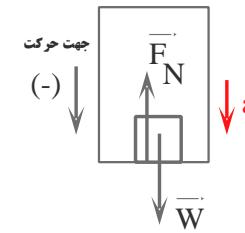
در این حالت ترازو، عددی بزرگ‌تر از اندازه‌ی وزن را نشان می‌دهد.



$$F_N - mg = -ma$$

$$\rightarrow F_N = m(g - a) \rightarrow F_N < mg$$

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



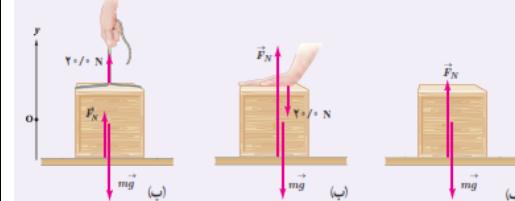
دو گویی هماندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است ($m_1 = 2m_2$) از بالای برجی به ارتفاع h به طور همزمان رها می‌کنیم. با فرض اینکه نیروی مقاومت‌ها در طی حرکت دو گوی ثابت و پکسان باشد، تندی برخورد کدام گوی با زمین بیشتر است؟

مثال ۵-۲

اگر در مثال ۵-۵ از مقاومت‌ها صرف نظر نکنیم، سرعت برخورد گوی‌ها با زمین را با هم مقایسه کنید.

تمرین ۳-۲

همانند شکل، جعبه‌ای به جرم 40kg روی میز افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت‌های نشان داده شده پدست آورید.



پرسش ۶-۶

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.

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

۸

۹

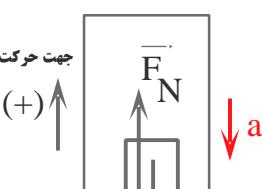
۱۰

$$F_N - mg = -ma$$

$$\rightarrow F_N = m(g - a) \rightarrow F_N < mg$$

در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه‌ی وزن را نشان می‌دهد.

(ب)

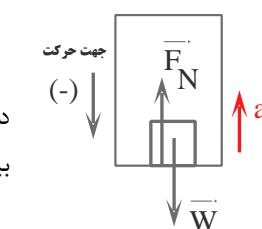


(ت)

$$F_N - mg = ma$$

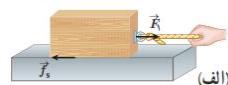
$$\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$$

در این حالت ترازو، عددی بیشتر از اندازه‌ی وزن را نشان می‌دهد.

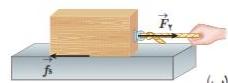


(الف) وقتی ما شروع به حرکت می‌کنیم، پاهایمان نیروی به سمت عقب وارد می‌کند. طبق قانون سوم نیوتون، نیروی هم اندازه و در خلاف جهت بر آن وارد می‌شود که اصطکاک نام دارد و سبب می‌شود که به سمت جلو حرکت کنیم.

(ب) زیرا ناهمواری‌ها کمتر می‌باشد که در نتیجه اصطکاک بین فرد و زمین کم شده و سبب سرخوردن می‌شود و راه رفتن دشوار می‌گردد.



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



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



$$\rightarrow F_t - f_s = ma = 0 \rightarrow F_t = f_s = 16\text{ N}$$

(الف)

(ب)

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

الف) بر اساس قانون سوم نیوتون و آنچه از اصطکاک آموختید، توضیع دهدید راه رفتن با شروع از حالت سکون چگونه انجام می‌شود؟
ب) چرا راه رفتن روی یک سطح سرماند سطح یعنی به سختی ممکن است؟

پرسش ۷-۲

۱۱

تمرین ۴-۲

اگر در شکل ۱۲-۲، جرم جسم 4 kg و بزرگی نیروها $F_1 = 4\text{ N}$ ، $F_2 = 8\text{ N}$ ، $F_3 = 16\text{ N}$ باشد،

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

ب) ضرب اصطکاک ایستایی را پیدا کنید.



۱۲

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



آزمایش ۲-۱: اندازه‌گیری ضریب اصطکاک ایستایی بین دو جسم

وسایل لازم : نیروسنجه، قطعه چوبی به شکل مکعب مستطیل با وجوده یکنواخت، ترازو و خطکش

شرح آزمایش :

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

۲- نیروسنجه را مانند شکل به مکعب چوبی وصل کنید و سر دیگر نیروسنجه 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 نیروسنجه نشان می‌دهد، در جدول باداشت کنید (برای اینکه دقیق شناسایی افزایش باید لازم است آزمایش را چند بار تکرار کنید).

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

۵- با اندازه‌گیری جرم مکعب چوبی و استفاده از رابطه $f_{s,max} = mg$ را در هر آزمایش محاسبه و در جدول باداشت کنید.

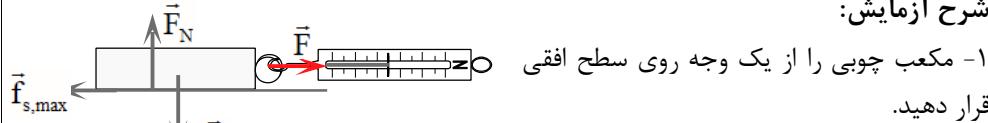
نامه آزمایش	مساحت سطح تماس قطعه با میز	وزن قطعه:
	عدددی که نیروسنجه نشان می‌دهد ($f_{s,max}$)	۱۱

هرراه با اعضای گروه خود، نتیجه‌های بدست آمده را تفسیر کنید.

فعالیت ۲-۲

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

وسایل لازم: نیروسنجه- قطعه های چوبی مختلف - ترازو و شرح آزمایش:



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

۲) نیروسنجه را به مکعب چوبی وصل کرده و سر دیگر نیروسنجه را در دست گرفته و بکشید.

وقتی جسم در آستانه لغزیدن قرار می گیرد عددی که نیروسنجه 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 روهی انجام دهید. عددی که نیرو سنجه نشان می دهد بیشتر می شود.

۵) آزمایش را با تعداد بیشتر قطعه چوبی انجام بدهید. باز هم نیروسنجه عدد بیشتر را نشان می دهد.

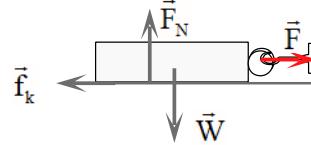
۶) اعداد بدست آمده از نیروسنجه را بر وزن تقسیم می کنیم.

نتیجه:

۱۳

نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه با مقدار وزن جسم رابطه مستقیم دارد و با تقسیم این نیرو بر وزن عدد ثابتی بدست می‌آید.

(الف) به کمک یک نیروسنجه، قطعه چوب را می‌کشیم تا حرکت کند. در بازه زمانی که قطعه چوب با سرعت ثابت در حال حرکت است، اندازه ی نیروی که نیرو سنجه نشان می‌دهد برابر است با نیروی اصطکاک جنبشی، در نتیجه خواهیم داشت.

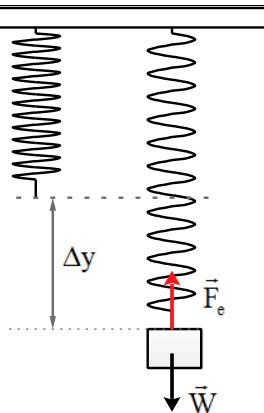


$$\begin{aligned} F - f_k &= ma \rightarrow F - f_k = 0 \rightarrow F = f_k \\ F = f_k &= \mu_k mg \rightarrow \mu_k = \frac{F}{mg} \end{aligned}$$

نیروی F از روی نیروسنجه و m را به کمک ترازو بدست می‌آوریم.

(ب) از وجه دیگر قطعه چوب، آزمایش را تکرار می‌کنیم. و سعی می‌کنیم با سرعت ثابت با نیروسنجه قطعه چوب را بکشیم. عددی که نیروسنجه نشان می‌دهد در این شرایط تقریباً برابر حالت قبل می‌باشد. نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بستگی ندارد.

$$\begin{aligned} F - f_{s,max} &= ma = 0 \rightarrow F = f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg \\ \rightarrow F = f_{s,max} &= 0 / 6 \times 75\text{kg} \times 9 / 8\text{N/kg} = 441\text{N} \end{aligned}$$



(الف) تعدادی فنر با ضخامت‌های مختلف تهیه می‌کنیم. هر چه فنر انعطاف‌پذیر تر باشد. سختی (K) کوچکتر و برای فنر سفت (K) بیشتر است.

(ب) فنر را مطابق شکل (۱) به سقف آویزان می‌کنیم و سپس به انتهای آن، وزنه‌ای با جرم مشخص آویزان می‌نماییم. در حالت تعادل، به کمک خط‌کش، تغییرات طول فنر را اندازه می‌گیریم. با توجه به این مطلب که، نیروی که از طرف فنر به وزنه وارد می‌شود با نیروی که از طرف زمین به جسم وارد می‌شود برابر است. خواهیم داشت.

$$F_e = w \rightarrow k\Delta y = mg \rightarrow k = \frac{mg}{\Delta y}$$

۳-۲ فعالیت

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 بدست آورید.
 (ب) بستگی یاد می‌ستگی نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس دو جسم را تحقیق کنید.

15

۵-۲ تمرین

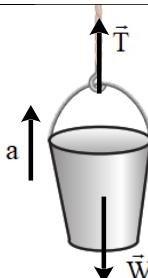
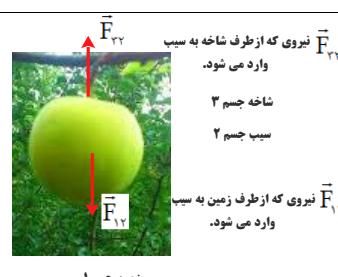
در مثال قبل اگر ضرب اصطکاک ایستایی بین جعبه و زمین 60° و جسم در ابتدا ساکن باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای به حرکت در آوردن جعبه چقدر است؟

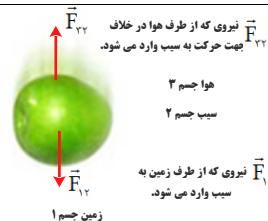
16

۴-۲ فعالیت

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

17

<p>سپس در چندین نوبت فنرهای مختلف را مطابق شکل آزمایش کرده و هر بار با توجه به رابطه $k = \frac{mg}{\Delta y}$ مقدار K را بدست می‌آوریم.</p> <p>همچنین می‌توان آزمایش را با جرم‌های مختلف تکرار کرد، و k‌های مختلفی را بدست آورد. از اعداد بدست آمده میانگین گرفته و عدد دقیقتری برای k بدست آورد.</p> <p></p> $T - mg = ma$ $T - 16\text{ kg} \times 9.8\text{ N/kg} = 10.0\text{ kg} \times 1.2\text{ m/s}^2$ $T = 156 / 8\text{ N} + 12\text{ N} = 176 / 8\text{ N}$	<p>تمرین ۲-۶</p> <p>کارگری یک سطل محروم مصالح به جرم $16/\text{kg}$ را با طناب سبکی به طرف بالا می‌کشد. اگر طناب رو به بالای سطل 1.2 m/s^2 باندد، نیروی کنش طناب چقدر است؟</p> <p></p>	۱۸					
<p></p> <p>الف) سبیی را در نظر بگیرید که به شاخه درختی آویزان است و سپس از درخت جدا می‌شود.</p> <p>الف) با رسم شکل نیروهای وارد بر سبی را قبل و بعد از جداشدن از درخت نشان دهید. ب) در هر حالت واکنش این نیروها بر چه اجسامی وارد می‌شود؟</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; padding: 5px;">واکنش</th> <th style="text-align: center; padding: 5px;">کنش</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">نیروی که از طرف زمین به سبی وارد می‌شود.</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">نیروی که از طرف شاخه به سبی وارد می‌شود.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">نیروی که از طرف شاخه به سبی وارد می‌شود.</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">نیروی که از طرف زمین به سبی وارد می‌شود.</td> </tr> </tbody> </table>	واکنش	کنش	نیروی که از طرف زمین به سبی وارد می‌شود.	نیروی که از طرف شاخه به سبی وارد می‌شود.	نیروی که از طرف شاخه به سبی وارد می‌شود.	نیروی که از طرف زمین به سبی وارد می‌شود.	۱۹
واکنش	کنش						
نیروی که از طرف زمین به سبی وارد می‌شود.	نیروی که از طرف شاخه به سبی وارد می‌شود.						
نیروی که از طرف شاخه به سبی وارد می‌شود.	نیروی که از طرف زمین به سبی وارد می‌شود.						



(ب)

کنش	واکنش
نیروی که از طرف زمین به سبب وارد می‌شود.	نیروی که از طرف هوا به سبب وارد می‌شود.
نیروی که از طرف هوا به سبب وارد می‌شود.	نیروی که از طرف زمین به سبب وارد می‌شود.

(الف) برطبق قانون اول نیویتون (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 می‌کند، خودرو به سمت جلو رفته و اجسام داخل خودرو تمایل دارند حالت خود را حفظ کنند. به همین دلیل شخص به صندلی فشرده می‌شود. در حالتی که خودرو ناگهان توقف می‌کند، اجسام داخل خودرو تمایل دارند حالت رو به جلوی خود را حفظ کنند در نتیجه اجسام به سمت جلو پرت می‌شوند.

(ب) در هنگام توقف یا ترمز ناگهانی اتومبیل، سرنشینین بنا بر خاصیت لختی در مسیر حرکت به راه خود ادامه می‌دهد و بسمت شیشه جلو پرتاب می‌شود. کمربند ایمنی و یا کیسه‌ی هواء سرنشینین را با خودرو یک پارچه می‌کند و شتاب حرکت سرنشینین در رخدادهای ناگهانی شتاب خودرو می‌شود.



۶. 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 دهد. (ب) نقش کمربند ایمنی و کیسه‌هواء در کم شدن آسیب‌ها در تصادف‌ها را بیان کنید.

۲۰

$$F_N - mg = 0 \rightarrow F_N = mg$$

$$\rightarrow F_N = 50\text{ kg} \times 9.81 \text{ N/kg} = 490\text{ N}$$

$$F_N - mg = ma = 0 \rightarrow F_N = mg$$

$$\rightarrow F_N = 50\text{ kg} \times 9.81 \text{ N/kg} = 490\text{ N}$$

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

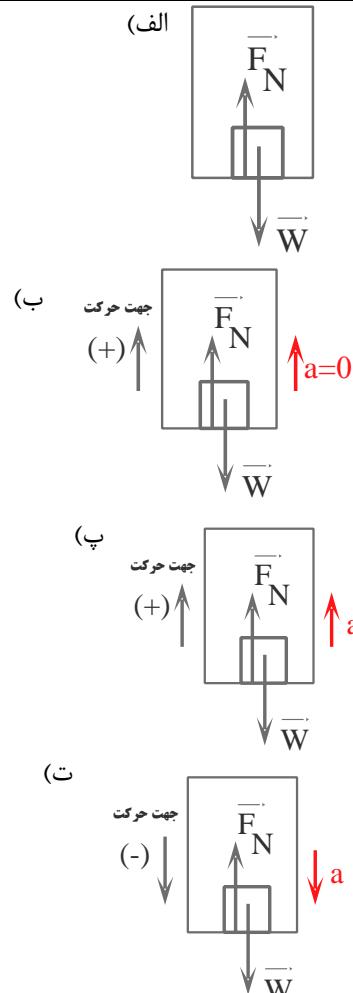
$$F_N = 50\text{ kg} (9.81 \text{ N/kg} + 1.2 \text{ N/kg})$$

$$F_N = 550\text{ N}$$

$$F_N - mg = -ma \rightarrow F_N = m(g - a)$$

$$F_N = 50\text{ kg} (9.81 \text{ N/kg} - 1.2 \text{ N/kg})$$

$$F_N = 430\text{ N}$$



۳۴. داش آموزی به جرم 50 kg روی یک ترازوی فنری در آسانسور ایستاده است. در هر یک از حالت‌های زیر این ترازو چند نیوتون را نشان می‌دهد؟ ($g = 9.81 \text{ N/kg}$)

(الف) آسانسور ساکن است.

(ب) آسانسور با سرعت ثابت حرکت می‌کند.

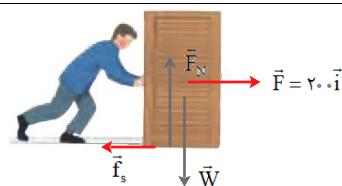
(پ) آسانسور با شتاب 1.2 m/s^2 به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند.

(ت) آسانسور با شتاب 1.2 m/s^2 به طرف پایین شروع به حرکت می‌کند.

الف) جسم ساکن است.

$$F - f_s = 0$$

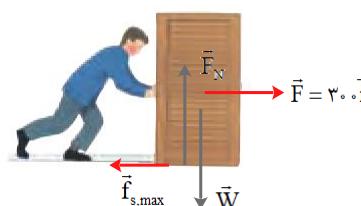
$$\rightarrow f_s = F = 20.0 \text{ N}$$



ب) جسم در آستانه حرکت است.

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

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



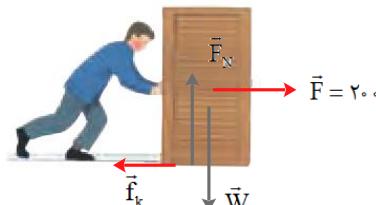
$$\mu_s = \frac{F}{mg} = \frac{30.0 \text{ N}}{9.0 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg}} = 0.34$$

پ) جسم در با شتاب ثابت در حرکت است.

$$F - f_k = ma$$

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

$$20.0 \text{ N} - 0.2 \times 5.0 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 5.0 \text{ kg} a \rightarrow a = 2 / 0.4 \text{ N/kg}$$



۱۴. در شکل نشان داده شده، شخص با نیروی ۲۰۰ N ۹۰٪ کیلوگرمی را هُل می دهد، اما جسم ساکن می ماند. ولی وقتی با نیروی ۳۰۰ N جسم را هُل می دهد، جسم در آستانه حرکت قرار می گیرد.

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 ۲۰۰ N جسم را هُل دهد و ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جسم ۰.۲ باشد، شتاب حکم حسنه حداکثر خواهد شد؟

۲۲

$$F_{\text{re}} = m_1 g \rightarrow k(L_1 - L_0) = m_1 g \quad (1)$$

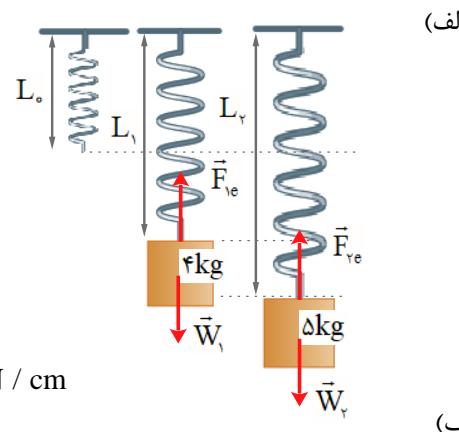
$$F_{\text{re}} = m_2 g \rightarrow k(L_2 - L_0) = m_2 g \quad (2)$$

$$(m_2 - m_1)g = k(L_2 - L_1)$$

$$\rightarrow k = \frac{(m_2 - m_1)g}{(L_2 - L_1)}$$

$$\rightarrow k = \frac{(5\text{kg} - 4\text{kg}) \times 9.8\text{N/kg}}{(15\text{cm} - 14\text{cm})} = 9.8\text{N/cm}$$

$$k(L_1 - L_0) = m_1 g \rightarrow 9.8\text{N/cm}(14\text{cm} - L_0) = 4\text{kg} \times 9.8\text{N/kg} \rightarrow L_0 = 10\text{cm}$$



(الف)

(ب)



۴. در شکل رو به رو وقتی وزن kg ۴/۰ را به فنر آویزان می کنیم، طول فنر ۱۴/۰ cm می شود، وقتی وزن kg ۵/۰ را به فنر آویزان می کنیم، طول فنر ۱۵/۰ cm می شود.

(الف) ثابت فنر چقدر است؟ (ب) طول عادی فنر (بدون وزن) چند سانتی متر است؟

۲۳



(الف)

واکنش	کنش
نیروی که خودرو به زمین وارد می کند.	\vec{W}'
نیروی عمودی تکیه گاه سطح جاده به خودرو وارد می کند.	\vec{F}'_N
در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف خودرو در خلاف جهت حرکت به زمین وارد می شود.	\vec{f}'_k
نیروی که از مولکول های هوا به خودرو در خلاف جهت حرکت وارد می شود.	\vec{f}'

۵. 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) کشتنی 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.

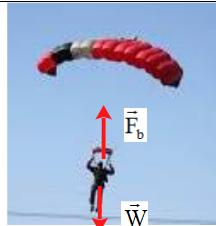
(ث) هواپیمایی در یک سطح بروازی افقی با سرعت ثابت در حال حرکت است.

(ج) تویی در راستای قائم به زمین برخورد می کند و بر می گردد.

۲۴

		(ب)	
			
واکنش	کنش		
نیروی که کشتی به زمین وارد می کند.	\vec{W}		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؟
نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به کشتی وارد می شود.	\vec{F}_b		الف) خودروی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی در حال حرکت است.
نیروی که در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول های هوا به سطح کشتی وارد می شود.	\vec{f}'		ب) کشتی ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.
		(پ)	پ) قایقرانی در حال پارو زدن است.
			ت) چتریازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است.
واکنش	کنش		ث) هواپیمایی در یک سطح پروازی افقی با سرعت ثابت در حال حرکت است.
نیروی که قایق به زمین وارد می کند.	\vec{W}'		ج) توبی در راستای قائم به زمین برخورد می کند و بر می گردد.
نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به قایق وارد می شود.	\vec{F}_b'		
نیروی موازی در جهت مخالف حرکت قایق به آب و مولکول های هوا به سطح قایق وارد می شود.	\vec{f}'		
نیروی که از طرف آب به پارو وارد می کند.	\vec{F}'		

(ت)

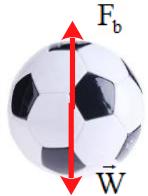


واکنش	کنش
نیروی که زمین به چترباز وارد می‌کند.	نیروی که زمین به چترباز وارد می‌کند. \vec{W}
نیروی که از طرف مولکولهای هوا به چترباز وارد می‌شود.	نیروی که از طرف مولکولهای هوا به چترباز وارد می‌شود. \vec{F}_b'

(ت)



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

 قبل از برخورد: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">واکنش</th><th style="text-align: center;">کنش</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}'</td><td style="text-align: center;">نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">نیروی که از طرف مولکول‌های هوای توپ به بالا به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b'</td><td style="text-align: center;">نیروی که از طرف مولکول‌های هوای توپ به پایین به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b</td></tr> </tbody> </table>  بعد از برخورد: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}'</td><td style="text-align: center;">نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">نیروی که از طرف مولکول‌های هوای توپ به پایین به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b'</td><td style="text-align: center;">نیروی مقاومت هوای توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b</td></tr> </tbody> </table>	واکنش	کنش	نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}	نیروی که از طرف مولکول‌های هوای توپ به بالا به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b'	نیروی که از طرف مولکول‌های هوای توپ به پایین به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b	نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}	نیروی که از طرف مولکول‌های هوای توپ به پایین به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b'	نیروی مقاومت هوای توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b	
واکنش	کنش										
نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}										
نیروی که از طرف مولکول‌های هوای توپ به بالا به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b'	نیروی که از طرف مولکول‌های هوای توپ به پایین به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b										
نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}										
نیروی که از طرف مولکول‌های هوای توپ به پایین به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b'	نیروی مقاومت هوای توپ وارد می‌شود. \vec{F}_b										

$$v_o = 72 \text{ km/h} = 72 \div 3 / 6 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$
الف)

$$v' - v_{\circ} = \gamma a \Delta x \rightarrow v' - (\gamma \cdot m / s) = \gamma a \times \gamma \cdot m$$

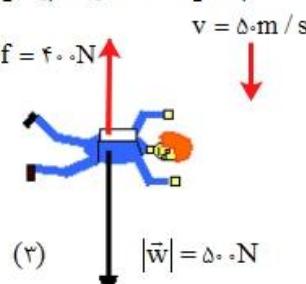
$$a = -\frac{F_0}{m} \cdot s = -1 \cdot m / s^2$$

$$y = at + v \rightarrow y = -1 \cdot (m/s)t + v \cdot m/s \rightarrow t = vs$$

$$F - f_k = ma \rightarrow k - f_k = -\gamma \cdot (m / s^2) m \rightarrow f_k = -\gamma \cdot m(N)$$

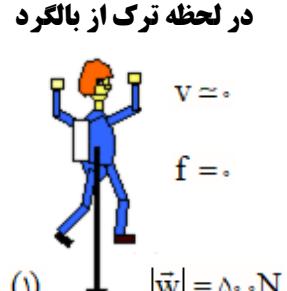
فرض می کنیم شخصی به وزن $N = 500$ از بالگرد به بیرون می پردازد. بعد از پریدن چتر باز، سرعت اولیه آن بسیار ناچیز است و تندری و مقاومت هوا افزایش می یابد.

بعد از گذشت ثانیه ها بیشتر



در چند ثانیه
 $f = ۱۰ \cdot N$ $v = ۳ \cdot m/s$





پس از مدتی مقاومت هوا با وزن چتریاز برابر شده و نیروی خالص وارد بر چتریاز صفر می شود و چتریاز با تنیدی ثابتی به طرف زمین حرکت می کند.

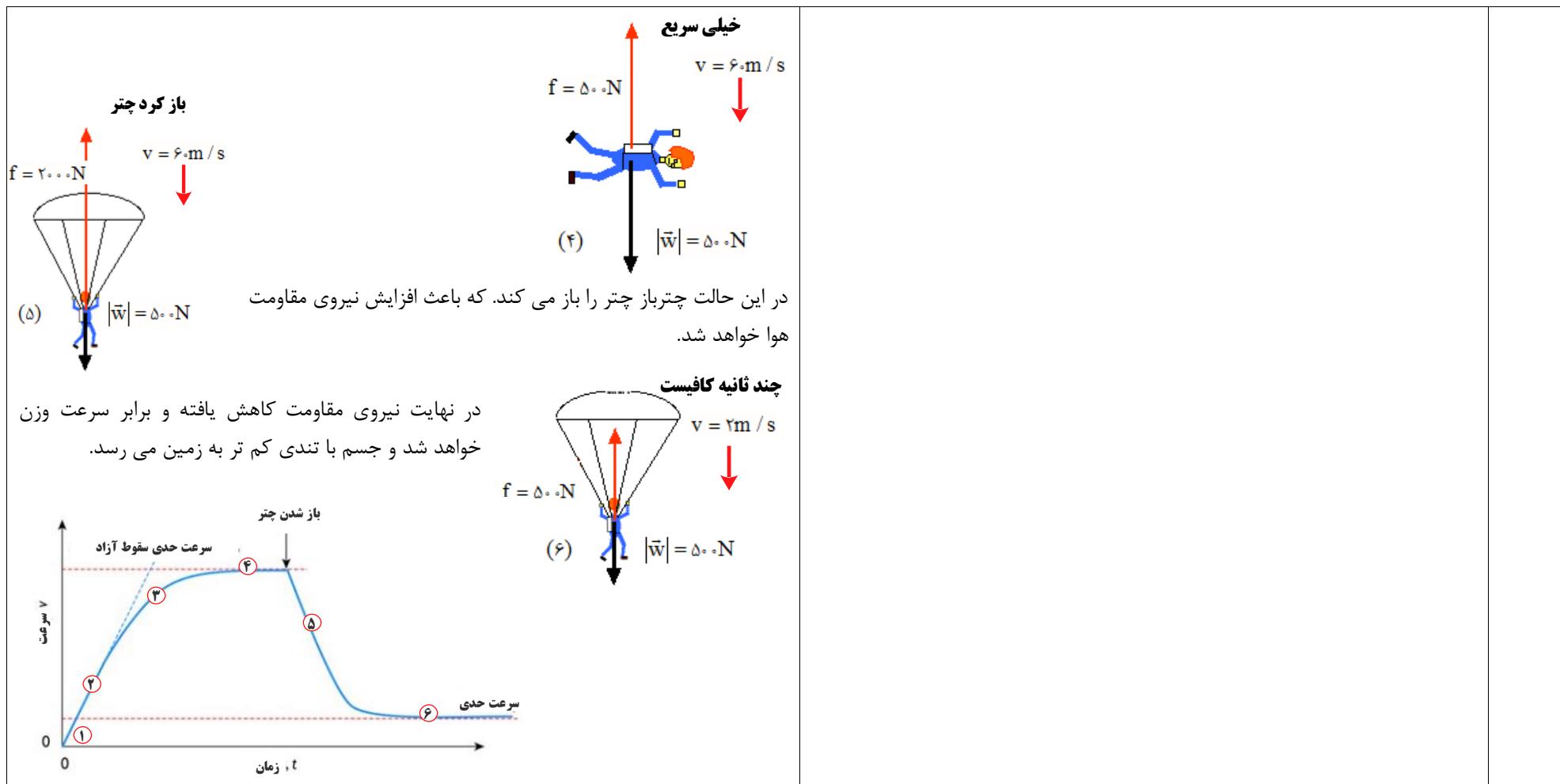
۷. رانندۀ خودرویی که با سرعت 72 km/h در یک مسیر مستقیم در حال حرکت است، با دیدن مانع اقدام به ترمز می‌کند و خودرو پس از طی مسافت 20 m متوقف می‌شود.

ب) از لحظه ترمز تا توقف کامل خودرو، چقدر طول می کشد
پ) نیروی اصطکاک بین لاستیک ها و سطح چقدر است؟

۲۵

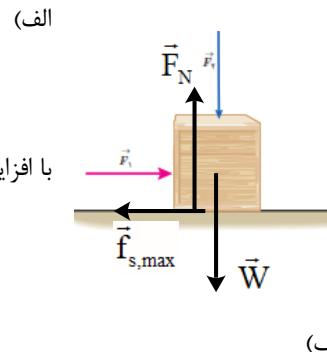
۸. چربازی از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی قرار دارد، به بیرون می‌برد و پس از مدتی چتر خود را باز می‌کند و در امتداد قائم سقوط می‌کند. حرکت چرباز را از لحظه پرش تا رسیدن به زمین تحلیل کنید و نموداری تقریبی از تندی آن بر حسب زمان رسم کنید.

۲۶



۴. در شکل زیر، نیروی F_t به بزرگی $N = ۲۰\text{ N}$ بر جعبه وارد شده است، اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم F_t 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 بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی
 (ت) نیروی خالص وارد بر جسم

۲۷



$$\vec{F}_{\text{net}} = m \vec{a} \\ F_N - F_t - W = m a = 0 \rightarrow F_N = F_t + W$$

با افزایش F_t ، نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه افزایش می یابد.

$$F_t - F_s = m a = 0 \rightarrow F_t = F_s$$

تغییر نمی کند.
 (پ)

$$f_{s,\text{max}} = \mu_s F_N \rightarrow f_{s,\text{max}} = \mu_s (F_t + W)$$

با افزایش F_t ، F_s 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.

$$\vec{F}_{\text{net}} = m \vec{a} \rightarrow F = m a$$

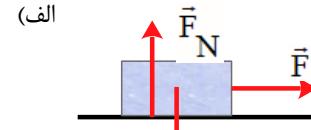
$$\rightarrow F = (5.0 \text{ kg}) (2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 10 \text{ N}$$

$$\vec{F}_{\text{net}} = m \vec{a} \rightarrow F - F_k = m a$$

$$\rightarrow F - \mu_k W = m a$$

$$F - (0.20)(5.0 \text{ kg})(9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = (5.0 \text{ kg})(2.0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$\rightarrow F - (9.8 \text{ N}) = 10 \text{ N} \rightarrow F = 19.8 \text{ N}$$

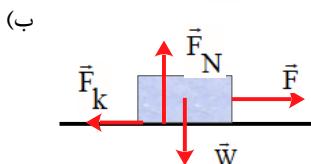


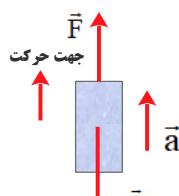
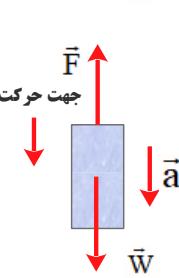
۵. می خواهیم به جسمی که جرم آن 5 kg است، شتاب 2.0 m/s^2 بدهیم. در هر یک از حالت های زیر، نیرویی را که باید به جسم وارد کنیم محاسبه کنید.

- (الف) جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت کند.
 (ب) جسم روی سطح افقی با ضرب اصطکاک $\mu = 0.2$ به طرف راست حرکت کند، و شتابش نیز به طرف راست باشد.

- (ب) 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.

۲۸



$\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow F - W = ma \rightarrow F - mg = ma$ $F - (\cancel{5 \cdot \text{kg}})(\cancel{1 \cdot \text{s}^{-2}}) \frac{\text{N}}{\text{kg}} = (\cancel{5 \cdot \text{kg}})(\cancel{2 \cdot \text{s}^{-2}}) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $\rightarrow F - (49 \text{N}) = 10 \text{N} \rightarrow F = 59 \text{N}$ $W - F = ma \rightarrow mg - F = ma$ $(\cancel{5 \cdot \text{kg}})(\cancel{1 \cdot \text{s}^{-2}}) \frac{\text{N}}{\text{kg}} - F = (\cancel{5 \cdot \text{kg}})(\cancel{2 \cdot \text{s}^{-2}}) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $\rightarrow (49 \text{N}) - F = 10 \text{N} \rightarrow F = 39 \text{N}$	<p>ب)</p>  <p>جهت حرکت</p> <p>\vec{F}</p> <p>\vec{a}</p> <p>\vec{W}</p> <p>ت)</p>  <p>جهت حرکت</p> <p>\vec{F}</p> <p>\vec{a}</p> <p>\vec{W}</p>
$\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow -f_k = ma \rightarrow -\mu_k F_N = ma$ $-\mu_k mg = ma \rightarrow a = -\mu_k g$ $a = -(0.2)(1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = -1/96 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ <p>جسم متوقف شده است، بنابراین $V = 0$ است.</p> $V' - V = 2a \Delta x$ $0 - (0 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}})' = 2(-1/96 \text{N/kg}) \Delta x \rightarrow \Delta x = 25/51 \text{m}$	<p>الف)</p> <p>II. قطعه چوبی را با سرعت افقی 10m/s روی سطح افقی پرتاب می کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح 0.2 است.</p> <p>الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می ایستد؟</p> <p>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 باشد و با همان سرعت پرتاب شود، مسافت پیموده شده آن چند برابر می شود؟</p> <p>۲۹</p>

$F - mg = 0 \rightarrow k\Delta L = mg$ $\rightarrow 20(N/cm)(L_1 - 12cm) = 2kg \times (9.8N/kg)$ $\rightarrow L_1 = 12/98cm$	<p>(الف)</p>
$F - mg = 0 \rightarrow k\Delta L = mg$ $\rightarrow 20(N/cm)(L_2 - 12cm) = 2kg \times (9.8N/kg)$ $\rightarrow L_2 = 12/98cm$	<p>(ب)</p>
$F - mg = -ma \rightarrow k\Delta L = m(g - a)$ $\rightarrow 20(N/cm)(L_3 - 12cm) = 2kg \times [(9.8 - 2)N/kg]$ $\rightarrow L_3 = 12/78cm$	<p>(پ)</p>
$F - mg = ma \rightarrow k\Delta L = m(g + a)$ $\rightarrow 20(N/cm)(L_4 - 12cm) = 2kg \times [(9.8 + 2)N/kg]$ $\rightarrow L_4 = 13/18cm$	<p>(ت)</p>

۲-۲- وزنای به جرم kg ۲/۰ را به انتهای فنری به طول ۱۲cm که ثابت آن ۲۰ N/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/m/s رو به پایین در حرکت است.

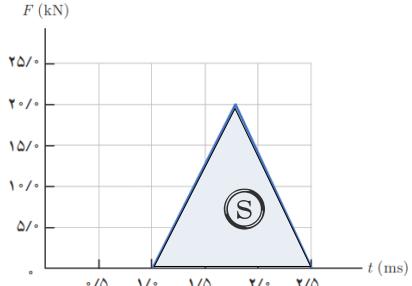
پ) آسانسور با شتاب ثابت ۲/m/s² از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت کند.

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

۳۰

<p>(الف) زمان واکنش و تندی خودرو</p> <p>$\Delta x = vt \rightarrow 18m = v \times 0.6s \rightarrow v = 30m/s$</p> <p>$x = (\frac{v+v}{2})t = (\frac{0+30m/s}{2}) \times 0.6s \rightarrow 75m$</p> <p>$a = \frac{v-v}{t} = \frac{0-30m/s}{0.6s} \rightarrow a = 50m/s^2$</p> <p>$F_{net} = ma \rightarrow F_{net} = 1500kg \times 50N/kg \rightarrow F_{net} = -9000N$</p>	<p>(ب) مانع ناترمسگرفتن طی می‌کند) و مسافت ترمز (مسافتی که خودرو از لحظه دیدن از مانع ناترمسگرفتن تا توقف کامل طی می‌کند).</p> <p>(الف) دو عامل مؤثر در مسافت واکنش را بتویسید.</p> <p>(ب) زمان واکنش را تنده‌ای $0.6s$ است. در طی این زمان، خودرو مسافت $18m$ را طی می‌کند. با فرض ثابت بودن سرعت در این مدت، اندازه آن را حساب کنید.</p> <p>(ب) اگر در این سرعت را تنده ترمز کند و خودرو پس از $0.5s$ متوقف شود، مسافت ترمز و شتاب خودرو را حساب کنید.</p> <p>(ت) وقتی خودرو ترمز می‌کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ جرم خودرو را $1500kg$ فرض کنید.</p>
<p>نیروی خالص عومدی حاصل از سطح زمین نیروی مقاومت هوا نیروی کشش نیروی اصطکاک \bar{W}</p> <p>(الف) $T - f_k - f = ma = 0 \rightarrow T = f_k + f = 38N + 22N = 60N$</p> <p>(ب) $T' - f_k - f = ma \rightarrow T' = 2(N/kg) \times 1500kg + 60N = 3600N$</p>	<p>(الف) یک خودروی باری با طناب افقی محکمی، یک خودروی سواری به جرم $1500kg$ را می‌کشد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری $22N$ و $38N$ است.</p> <p>(الف) اگر سرعت خودرو ثابت باشد نیروی کشش طناب چقدر است؟</p> <p>(ب) اگر خودرو با شتاب ثابت $2m/s^2$ به طرف راست کشیده شود، نیروی کشش طناب چقدر است؟</p>
<p>نیروی اصطکاک ایستایی نیروی عومدی تکیه گاه نیروی وزن</p> <p>(الف) $mg - f_s = ma = 0 \rightarrow f_s = mg$</p> <p>(ب) $f_s = 2/5kg \times 9.8N/kg = 24/5N$</p> <p>(پ) خیر - نیروی اصطکاک تغییری نمی‌کند. $F_N - F = 0 \rightarrow F = F_N$</p>	<p>(الف) کتاب را مانند شکل با نیروی عومدی F به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته‌ایم.</p> <p>(الف) نیروهای وارد بر کتاب را رسم کنید.</p> <p>(ب) اگر جرم کتاب $2/5kg$ باشد، اندازه نیروی اصطکاک را به دست آورید.</p> <p>(پ) اگر کتاب را بیشتر به دیوار بفشاریم، آیا نیروی اصطکاک تغییر می‌کند؟ با این کار چه نیروهایی افزایش می‌یابد؟</p>

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۳-۲ - تکانه و قانون دوم نیوتن
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

۳-۲ تکانه و قانون دوم نیوتن			
$k = \frac{1}{2}mv^2$ $P = mv \rightarrow v = \frac{P}{m}$ $\left. \begin{array}{l} k = \frac{1}{2}m\left(\frac{P}{m}\right)^2 \\ \rightarrow k = \frac{1}{2}m \cdot \frac{P^2}{m^2} \end{array} \right\} \rightarrow k = \frac{P^2}{2m}$	تمرين ۷-۲ نشان دهد بین اندازه تکانه (P) و انرژی جنبشی (K) جسمی به جرم m ، رابطه $K = \frac{P^2}{2m}$ برقرار است.	۳۴	
$\Delta P = m\Delta v = m(v_f - v_i)$ $\Delta P = 0.28 \text{ kg} \times (-22 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s})$ $\Delta P = -10 / 36 \text{ kg m/s}$ $\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{-10 / 36 \text{ kg m/s}}{0.06 \text{ s}} = -172 / 6 \text{ N}$	 (الف) (ب)	۳-۳ تکانه و قانون دوم نیوتن ۱۶. توپی به جرم $g = 28 \text{ g}$ با تندی $v = 22 \text{ m/s}$ به طور افقی به بازیکن نزدیک می شود. بازیکن با مشت به توپ ضربه می زند و باعث می شود توپ با تندی $v = 28 \text{ m/s}$ در جهت مخالف برگردد. (الف) اندازه تغییر تکانه توپ را محاسبه کنید. (ب) اگر مشت بازیکن $s = 6 \text{ m}$ با توپ در تماس باشد، اندازه نیروی متوسط وارد بر مشت بازیکن از طرف توپ را به دست آورید.	۳۵
$S_{(F-t)} = \Delta P$ $S_{(F-t)} = \frac{1}{2} (v_f - v_i) \times t = \frac{1}{2} (22 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s}) \times 0.06 \text{ s} = 1.72 \text{ m.s}$ $S_{(F-t)} = \Delta P = 1.72 \text{ N.s}$ $\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{1.72 \text{ N.s}}{0.06 \text{ s}} = 28.67 \text{ N}$		۱۷. شکل زیر، منحنی نیروی خالص بر حسب زمان را برای توپ پیسبالی که با یوب پیسبال به آن ضربه زده است، نشان می دهد. تغییر تکانه توپ و نیروی خالص متوسط وارد بر آن را به دست آورید.	۳۶

۴-۲ نیروی گرانشی

فعالیت ۵-۲

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

ترازوی کاوندیش وسیله‌ای است که برای بررسی تجربی قانون جهانی گرانش نیوتون بکار می‌رود. نیوتون قانون گرانش خود بیان می‌کند که هر گاه دو ذره به جرم‌های m_1 و m_2 به فاصله r از یکدیگر قرار گیرند، این دو نیرو جاذبه‌ای بر یکدیگر وارد می‌کنند که این نیرو با حاصل ضرب اندازه دو جرم نسبت مستقیم و با مجدد فاصله بین آنها نسبت عکس دارد. اما این تناسب را می‌توان تعریف یک ثابت تناسب در تساوی تبدیل نمود. این ثابت را ثابت جهانی گرانش می‌گویند. برای تعیین مقدار ثابت جهانی گرانش که ان را با G نمایش می‌دهیم، 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 می‌شوند. این میله، دمبل صلبی است که محورش افقی است و توسط یک رشته نازک قائم آویزان شده است.

دو گلوله بزرگ به جرم M

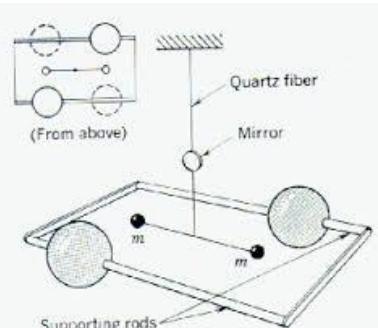
دو گلوله بزرگ هر کدام به جرم M ، که در نزدیک دو سر دمبل و در دو طرف مخالف قرار داده شده‌اند. این دو گلوله نیز بر روی یک میله افقی قرار گرفته‌اند و نقطه وسط این میله بر روی تکیه گاهی قرار گرفته است، به گونه‌ای که می‌تواند آزادانه بچرخد. نقطه وسط این میله درست در راستای مرکز دمبل و در زیر آن قرار دارد.

آینه کوچک

این آینه کوچک بر روی رشته نازک و کمی بالاتر از دمبل قرار دارد. از طریق یک چشمۀ نور، بر این آینه نور تابیده می‌شود، نور منعکس شده از آینه بر روی یک مقیاس شیشه‌ای می‌افتد و به این وسیله میزان انحراف آینه (یا زاویه چرخش) آن قابل اندازه گیری است.

شرح کار ترازوی کاوندیش

هر گاه میله‌ای که دو جرم بزرگ m بر روی آن قرار گرفته‌اند، جرم‌های بزرگ M در نزدیکی جرم‌های کوچک m قرار گیرند، در این صورت بر اساس قانون جهانی گرانش نیوتون، بر گلوله‌های کوچک نیرو



جادبهای 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 (α) را هنگام چرخش گلوله های کوچک اندازه گیری نمود.

اندازه گیری G

ثابت G به کمک روش انحراف بیشینه تعیین می شود، همان طور 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، α 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 گرانش کم است اگر بخواهیم پیچش قابل مشاهده ای داشته باشیم باید ثابت پیچش رشته فوق العاده کوچک باشد. در این ترازو جرمها مسلما ذره نبستند، 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.

$$\left. \begin{array}{l} F = G \frac{M_e m}{r^2} \\ F = mg_h \end{array} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = mg_h \rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}$$

$$\rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2} \xrightarrow{h \approx R_e} g_h = G \frac{GM_e}{R_e^2}$$

(الف)

$$\left. \begin{array}{l} F = G \frac{M_e m}{r^2} \\ F = mg_h \end{array} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = mg_h \rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}$$



تمرين ۸-۲

نشان دهید که شتاب گرانشی در سطح زمین از رابطه $g = G \frac{M_e}{R_e^2}$ بدست می آید.

۳۸

تمرين ۹-۲

تلسکوپ فضایی هابل در ارتفاع تقریبی ۶۰۰ کیلومتری از سطح زمین به دور زمین می چرخد.

(الف) شتاب گرانشی در این فاصله چقدر است؟

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

۳۹

$$g_h = \frac{9/97 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 9.81 \times 10^3 \text{ kg}}{(94 \times 10^3 \text{ m} + 9 \times 10^3 \text{ m})^2} = 9.81 \times 10^3 \text{ m/s}^2 = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{w_h}{w_{R_e}} = \frac{G \frac{M_e}{r}}{G \frac{M_e}{R_e}} = \left(\frac{R_e}{r} \right)^r \rightarrow \frac{w_h}{w_{R_e}} = \left(\frac{6400 \text{ km}}{4000 \text{ km}} \right)^r = 1.82$$

$$F = G \frac{M_e m}{r^3} \rightarrow \therefore N = \frac{9.81 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 5.97 \times 10^{24} \text{ kg} \times 6.37 \times 10^6 \text{ m}}{(6.37 \times 10^6)^3} \rightarrow m = 1199 \text{ kg}$$

۱۰. دو جسم در فاصله $m = 20\text{ cm}$ از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک $N = 10^{-4}\text{ N}$ جذب می‌کنند. اگر جرم یکی از احسام $kg = 50$ باشد، جرم جسم دیگر حقدر است؟

۱۳

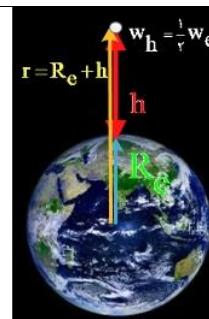
$$\frac{w_h}{w_{R_e}} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^r \rightarrow \frac{1}{r} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^r$$

$$\rightarrow \sqrt{\gamma} R_e = R_e + h \rightarrow h = (\sqrt{\gamma} - 1) R_e = \circ / \gamma R_e$$

$$F = G \frac{M_e m}{r^2}$$

$$F = \frac{67.8 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 25.0 \text{ kg} \times 5 / 9.8 \times 10^{-14} \text{ kg}}{(35.0 \times 10^3 \text{ m} + 85.0 \times 10^3 \text{ m})^2}$$

$$F = \Delta P / 4\pi r^2 N$$



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

نصف مقدار خود در سطح زمین می‌رسد؟

ب) اگر جرم ماهواره‌ای 25 kg باشد، وزن آن در ارتفاع 36 کیلومتری از سطح زمین حاصل خواهد شد؟

$$(M_e = 0.98 \times 10^{11} \text{ kg}, R_e = 6.4 \times 10^6 \text{ km})$$

۱۳

$$g_{R_e} = \frac{GM_s}{R_e^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 5.99 \times 10^{24} \text{ kg}}{(149.6 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m})^2}$$

$$g_{R_e} = 9.81 \times 10^{-3} \text{ N/kg}$$

(الف)



۱۰. الف) شتاب گرانشی ناشی از خورشید در سطح زمین چقدر

است؟

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

$$M_{\text{خورشید}} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg} \quad M_{\text{ماه}} = 7.36 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$\text{فاصله زمین تا خورشید} = 149.6 \times 10^9 \text{ km}$$

$$\text{فاصله زمین تا ماه} = 3.84 \times 10^5 \text{ km}$$

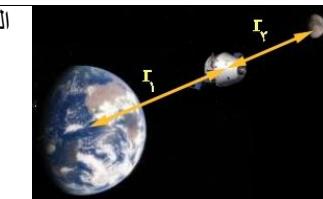
۴۲

$$\left. \begin{array}{l} F = G \frac{M_e m}{r^2} \\ F = mg_h \end{array} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = mg_h \rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}$$

(ب)

$$g_{R_{e+h}} = \frac{GM_m}{R_e^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 7.36 \times 10^{22} \text{ kg}}{(3.84 \times 10^5 \times 10^3 \text{ m})^2} = 3.33 \times 10^{-5} \text{ N/kg}$$

$$F_{em} = G \frac{M_e m}{r_e^2} \quad F_{mm} = G \frac{M_m m}{r_e^2}$$



(الف)

$$F_{\text{net}} = G \frac{M_e m}{r_e^2} - G \frac{M_m m}{r_e^2} = \frac{Gm}{r_e} (M_e - M_m)$$

$$r_e = r_m = r = \frac{1}{2}d = \frac{1}{2} \times 3.84 \times 10^5 \text{ km} = 1.92 \times 10^5 \text{ m}$$

$$F_{\text{net}} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 3 \times 10^4 \text{ kg}}{(1.92 \times 10^5 \text{ m})^2} (5.98 \times 10^{24} \text{ kg} - 7.36 \times 10^{22} \text{ kg})$$

$$F_{\text{net}} = 320 / 59 \text{ N}$$

(ب)

$$\left. \begin{array}{l} F_{\text{net}} = G \frac{M_e m}{r_e^2} - G \frac{M_m m}{r_e^2} \\ r_e + r_m = d \end{array} \right\} \rightarrow 0 = G \frac{M_e m}{r_e^2} - G \frac{M_m m}{r_e^2} \rightarrow \frac{M_e}{r_e^2} = \frac{M_m}{r_e^2}$$

۱۱. الف) سفینه‌ای به جرم $3.0 \times 10^4 \text{ kg}$ 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 می‌شود به دست آورید (از داده‌های مسئله‌های قبل استفاده کنید).

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

$$M_{\text{ماه}} = 7.36 \times 10^{22} \text{ kg} \quad M_{\text{زمین}} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$$

$$\text{فاصله زمین تا خورشید} = 149.6 \times 10^9 \text{ km}$$

$$\text{فاصله زمین تا ماه} = 3.84 \times 10^5 \text{ km}$$

۴۳

$$\frac{M_e}{M_m} = \frac{r_i}{(d - r_i)} \rightarrow \frac{r_i}{(d - r_i)} = \sqrt{\frac{5 / 98 \times 10^{-4} \text{ kg}}{7 / 36 \times 10^{-2} \text{ kg}}} = 9$$

$$\rightarrow \frac{r_i}{d - r_i} = 9 \rightarrow r_i = 9d - 9r_i \rightarrow r_i = 0 / 9d = 3 / 456 \times 10^{-4} \text{ m}$$