




# دینامیک

نوبت اول : ۸ نمره

نوبت دوم : ۴ نمره

فصل دوم فیزیک دوازدهم فصل مفهومی 

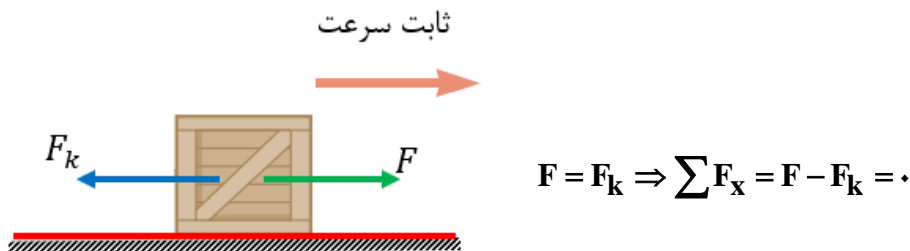
**نیرو:** بر هم کنش دو جسم بر یکدیگر را نیرو می گویند . در واقع هر گاه یک جسم ، جسم دیگر را بکشد و یا آن را هل بدهد به آن نیرو وارد کرده است.

 **قانون اول نیوتن:**

یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می کند مگر آنکه نیروی خالصی غیر صفر به آن وارد شود.

اگر به جسمی به طور هم زمان چند نیرو اثر کند و این نیروها اثر یکدیگر را خنثی کنند؛ به عبارت دیگر برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شود، می گوییم نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند.

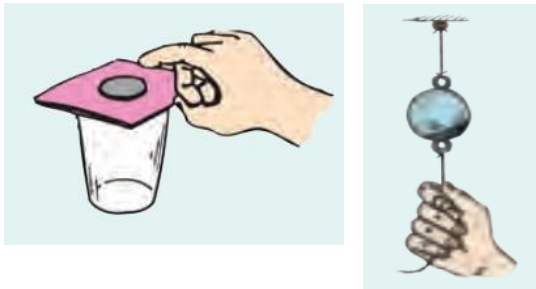
به عبارت دیگر وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند، اگر جسم ساکن باشد، همچنان ساکن باقی می ماند و اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی کند و ثابت می ماند.



✓ لختی یا اینرسی بیان دیگری از قانون اول است. در واقع بیانگر این حقیقت است که همه اجسام تمایل دارند وضعیت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را روی خط راست حفظ کنند. به همین دلیل به قانون اول، قانون لختی یا اینرسی می گویند.

### (۱) تعریف لختی؟ (تجربی خرداد ۱۴۰۳)

به طور مثال وقتی شما در اتومبیل هستید و ناگهان ترمز گرفته می شود شما به سمت جلو پرتاب می شوید. به این دلیل که بدن شما تمایل دارد حالت قبل خود را حفظ کند و همچنین اگر ناگهان سرعت اتومبیل زیاد شود شما به صندلی چسبیده می شوید چون میل دارید حالت قبل خود را حفظ کنید. به همین دلیل افراد درون خودرو باید کمربند ایمنی ببندند.



### قانون دوم نیوتن:

هرگاه برآیند نیروهای وار بر یک جسم صفر نباشد جسم شتابدار خواهد بود. و این شتاب با برآیند نیروها رابطه مستقیم و با جرم جسم رابطه عکس خواهد داشت.



$$\bar{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} \Rightarrow \sum \vec{F} = m\bar{a}$$

تذکره: یک نیوتن نیروی است که اگر بر جسمی به جرم یک کیلوگرم اثر کند، شتابی برابر  $\frac{m}{s^2}$  به آن میدهد.

### قانون سوم نیوتن:

هرگاه جسم A بر جسم B نیروی  $\vec{F}$  را وارد کند، آنگاه جسم B نیز نیرویی به بزرگی F ولی در خلاف جهت آن بر جسم A وارد می کند. اگر یکی از نیروها را کنش (عمل) بنامیم، نیروی دیگر واکنش (عکس العمل) نامیده می شود..

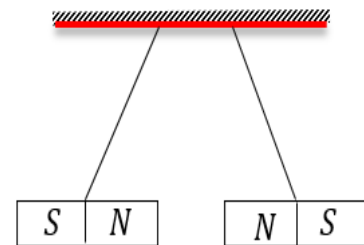
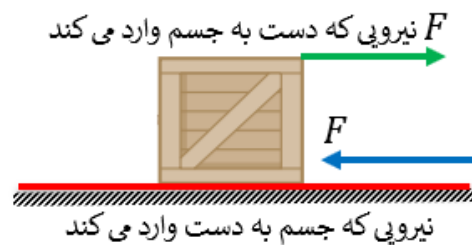
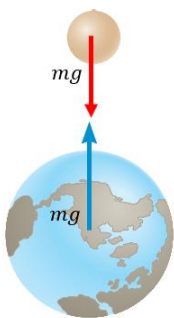
در واقع به ازای هر عملی (کنشی) عکس‌العملی (واکنشی) خواهیم داشت برابر با آن در راستای آن و خلاف جهت آن.

ممکن نیست جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند ولی جسم دوم به اولی نیرو وارد نکند.

✓ نکته: نیروهای عمل و عکس‌العمل با هم برابرند و به دو جسم وارد می‌شوند پس برابندگی برای آن‌ها بی‌معنی است.

ویژگی‌های نیروهای کنش و واکنش:

- (۱) هم اندازه‌اند (۲) خلاف جهت‌اند (۳) هم نوع هستند (۴) هم راستا‌اند.



۱. جاهای خالی را در جمله‌های زیر با کلمه‌های مناسب پر کنید.

الف) اگر برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شود، می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم ..... هستند. (تجربی دی ۹۷)

ب) طبق قانون ..... نیوتن، اگر شما دیوار را هل دهید، دیوار نیز شما را هل می‌دهد. (تجربی دی ۹۸)

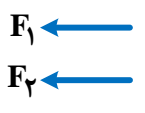

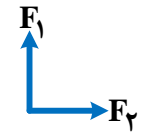
پ) طبق قانون ..... نیوتن، شتاب جسم با نیروی خالص وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد. (تجربی دی ۹۹)

ت) نیروی کنش و واکنش هم اندازه و هم راستا هستند و جهت آن‌ها ..... است. (ریاضی دی ۹۹)

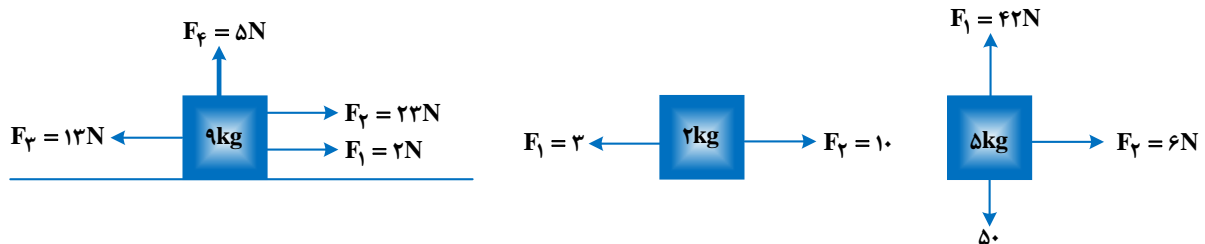
ث) نیروهای کنش و واکنش هم نوع هستند و همواره به ..... جسم وارد می‌شوند. (تجربی دی ۱۴۰۲)

۲. در فیلمی علمی - تخیلی، موتور یک کشتی فضایی در حال حرکت در فضای تهی و خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید از کار می‌افتد. آیا ممکن است حرکت کشتی کند شود و کشتی متوقف شود؟ چرا؟

(تجربی خرداد ۱۴۰۰)

	هم جهت با نیروهای جمع شده	$F_1 + F_2$	هم جهت و هم راستاند	نیروها سه حالت نسبت به هم دارند.
	هم جهت با نیروی بزرگتر	$F_2 - F_1$	خلاف جهت ولی هم راستاند	
	بین دو نیرو و مایل به سمت نیروی بزرگتر	$\sqrt{F_1^2 + F_2^2}$	عمودند.	

۳. در هر یک از حالات زیر مقدار و جهت برآیند نیروها را حساب کرده و مقدار و جهت شتاب وارد بر جسم را به دست بیاورید.





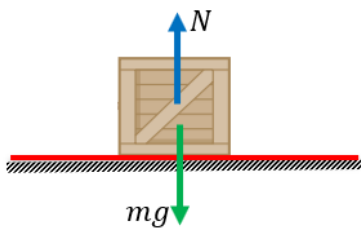
## نیروی عمودی تکیه گاه :

جسم مقابل روی یک سطح به صورت ساکن قرار دارد. همانطور که می دانیم نیروی وزن به این جسم وارد می شود، اما چرا جسم به سمت پایین حرکت نمی کند؟ به این دلیل که نیرویی خلاف جهت نیروی وزن و برابر با آن از طرف سطح به جسم وارد می شود و باعث می شود  $\sum F_y = 0$  باشد.

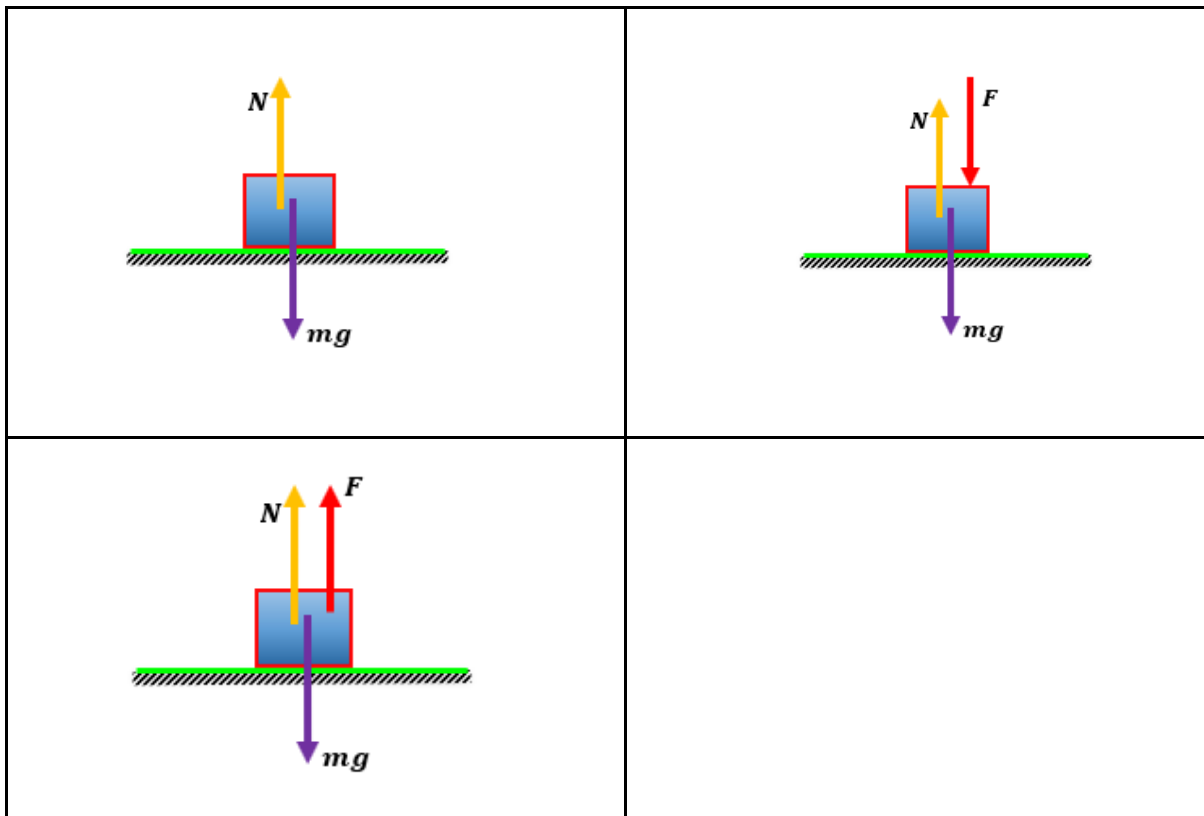
این نیرو که به صورت عمود از طرف سطح به جسم وارد می شود را نیروی عمودی سطح می گویند.

**نکته:** نیروی عمودی سطح زمانی وجود دارد که جسم با سطح در تماس باشد و همیشه برابر  $mg$  نیست.

برای بدست آوردن  $N$  باید  $\sum F_y = 0$  را حل کنیم.



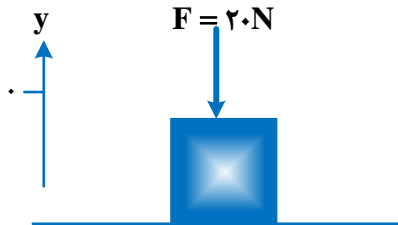
مثال: در حالات زیر نیروی عمودی تکیه گاه را بدست آورید.



۴. همانند شکل روبه رو نیروی  $F = 20\text{N}$  به جعبه‌ای به جرم ۵ کیلوگرم که روی میز افقی قرار دارد وارد می‌شود. (ریاضی خرداد ۱۴۰۰)

الف) نیروی عمودی سطح چند نیوتون است؟

ب) واکنش نیروی عمودی سطح در چه جهتی است؟  $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$



### نیروی اصطکاک:

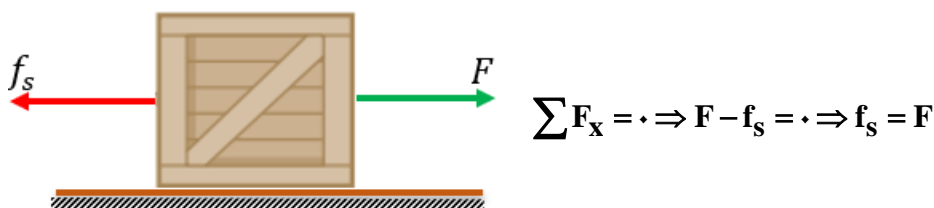
نوعی نیروی تماسی است که با حرکت نسبی دو جسم که با هم در تماس‌اند مخالفت می‌کند. وقتی جسمی را هل می‌دهید احساس می‌کنید که نیرویی مخالف حرکت وجود دارد؛ این همان نیروی اصطکاک است. نیروی اصطکاک بین دو جسم را در دو حالت بررسی می‌کنیم:

(۱) حالتی که دو جسم نسبت به یکدیگر ساکن‌اند. (نیروی اصطکاک ایستایی)

(۲) حالتی که دو جسم نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند. (نیروی اصطکاک جنبشی)

### نیروی اصطکاک ایستایی:

هرگاه بخواهیم جسمی را به حرکت درآوریم به آن نیرو وارد می‌کنیم، اما جسم حرکت نمی‌کند؛ زیرا نیروی اصطکاک مانع حرکت می‌شود؛ این اصطکاک را اصطکاک ایستایی می‌نامند و با  $f_s$  نمایش می‌دهند که برابر است با نیروی جلوبر.



حال اگر نیروی جلوبر را افزایش دهیم و جسم باز هم ساکن بماند، نیروی اصطکاک ایستایی نیز افزایش می‌یابد؛ چون برابر است با نیروی جلوبر؛ یعنی اصطکاک ایستایی نیرویی است متغیر و مقدار آن همواره برابر است با نیروی محرک (جلوبر) و هیچ ربطی به  $N$  ندارد.

حال با افزایش نیروی جلوبر، نیروی اصطکاک ایستایی نیز افزایش می‌یابد تا به ماکسیمم خود برسد که در این حالت جسم را در آستانه حرکت می‌گویند و مقدار ماکسیمم نیروی اصطکاک ایستایی برابر است با:

$$f_{s \max} = \mu_s N$$

$\mu_s$  ضریب اصطکاک ایستایی است که به جنس شرایط محیطی (دما و رطوبت) و زبری و نرمی سطوحی که در تماس با یکدیگرند بستگی دارد.  $\mu_s$  واحد ندارد.

$$\mu_s \geq 0$$

حال اگر نیروی جلوبر را باز هم افزایش دهیم، یعنی از  $f_{s \max}$  بیشتر شود، جسم شروع به حرکت می‌کند و نیروی اصطکاک به جنبشی تبدیل می‌شود که برابر است با:

$$f_k = \mu_k N$$

$\mu_k$  ضریب اصطکاک جنبشی است که درست مانند  $\mu_s$  تعریف می‌شود و همواره داریم:

$$\mu_k \leq \mu_s$$

## نکته



برای آن که مشخص شود یک جسم ساکن در اثر اعمال نیروی  $F$  شروع به حرکت می کند یا نه، مراحل زیر را اجرا می کنیم:

(۱)  $N$  را محاسبه می کنیم.

(۲)  $f_{smax}$  را محاسبه می کنیم.

(۳) اگر  $F \leq f_{smax}$  باشد، جسم ساکن می ماند و نیروی اصطکاک برابر است با نیروی محرک.

(۴) اگر  $f_{smax} \leq F$  باشد، جسم شروع به حرکت می کند  $f_k = \mu_k N$  و  $a = \frac{F - f_k}{m}$ .

توجه شود برای جسم در حال حرکت نیروی اصطکاک همواره از نوع جنبشی و برابر است با  $f_k = \mu_k N$  و این ربطی به وجود یا عدم وجود نیروی محرک ندارد.

۵. درستی یا نادرستی جمله های زیر را با علامت های (ن) یا (د) مشخص کنید.

الف) آزمایش نشان می دهد که بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی با اندازه نیروی عمودی سطح متناسب است.

(تجربی شهریور ۹۹)

ب) ضریب اصطکاک ایستایی معمولاً از ضریب اصطکاک جنبشی کوچکتر است.

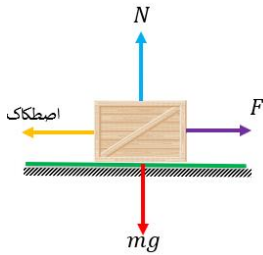
(ریاضی خرداد ۱۴۰۰)

۶. جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

الف) نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بین دو جسم، بستگی ..... .

ب) معمولاً ضریب اصطکاک جنبشی میان دو سطح از ضریب اصطکاک ایستایی میان آن دو سطح ..... است.

۷. جسمی به جرم ۲ کیلوگرم روی یک سطح افقی به ضریب اصطکاک ایستایی  $0/4$  و ضریب اصطکاک جنبشی  $0/3$  قرار دارد و نیروی افقی  $F$  بر آن وارد می‌شود. نیروی اصطکاک و شتاب حرکت را به دست آورید.



$$F = 6N \text{ (الف)}$$

$$F = 10N \text{ (ب)}$$

۸. جسمی به جرم  $0/5$  کیلوگرم مطابق شکل روی سطحی با ضریب اصطکاک جنبشی  $0/2$  در حال حرکت به طرف راست است. اگر نیروی ثابت افقی وارد بر جسم ۵ نیوتن باشد، شتاب حرکت جسم را بدست آورید.

(تجربی شهریور ۹۸)



۹. شخصی یک جعبه ۴۰ کیلوگرمی را بر روی یک سطح افقی به ضریب اصطکاک جنبشی  $0/25$  توسط یک طناب افقی می‌کشد. اگر نیروی کشش طناب ۴۰۰ نیوتن باشد، شتاب حرکت جعبه چقدر است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )

(ریاضی خرداد ۹۹)

۱۰. جسمی به جرم ۴ کیلوگرم توسط فنری به ضریب سختی  $400 \frac{N}{m}$  کشیده می‌شود و پس از ۲ متر

جابجایی سرعت جسم به  $4 \frac{m}{s}$  می‌رسد. اگر افزایش طول فنر ۸ سانتی متر باشد، ضریب اصطکاک جنبشی

چند است؟

۰/۵ (۴)

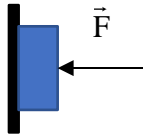
۰/۴ (۳)

۰/۳ (۲)

۰/۲ (۱)

۱۱. در شکل روبه رو حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و دیوار چقدر باشد تا جسم بر روی دیوار

نلغزد. جرم جسم  $2 \text{ kg}$  و اندازه نیروی  $\vec{F}$  برابر  $40 \text{ N}$  است.  $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$  (تجربی دی ۱۴۰۲)



۱۲. جسمی به جرم  $2 \text{ کیلوگرم}$  با تندی ثابت روی سطح افقی با نیروی  $10 \text{ نیوتن}$  کشیده می شود. ضریب

اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح را حساب کنید. (تجربی دی ۹۷)

### آسانسور:

در مسائل مربوط به آسانسور فرد به روی ترازویی قرار دارد که با توجه به نوع حرکت آسانسور، وزن نشان دهنده توسط ترازو، می تواند بزرگ تر، کوچک تر و یا برابر با وزن واقعی فرد باشد. به وزنی که ترازو نشان می دهد، وزن ظاهری می گویند که در واقع همان نیروی عمودی سطح است که از طرف کف آسانسور (ترازو) به جسم وارد می شود.

**روش اول:** در این روش با توجه به جهت حرکت آسانسور قانون دوم را می نویسیم سپس اگر تندشونده باشد، شتاب را مثبت و اگر کندشونده باشد شتاب را منفی جایگذاری می کنیم.

۱۳. شخصی به جرم  $80 \text{ کیلوگرم}$  درون آسانسوری قرار دارد. در لحظه های که آسانسور با شتاب  $\frac{2 \text{ m}}{\text{s}^2}$

کندشونده رو به پایین حرکت می کند، نیرویی که از طرف شخص به آسانسور وارد می شود چند نیوتن است؟

(ریاضی ۹۳)

۶۴۰ (۴)

۱۶۰ (۳)

۸۰۰ (۲)

۹۶۰ (۱)

۱۴. شخصی به جرم ۵۰ کیلوگرم در یک آسانسور بر روی نیروسنجی ایستاده است. نیروسنج وزن او را وقتی آسانسور با شتاب ثابت ۳ متر بر مجذور ثانیه رو به پایین شروع به حرکت می‌کند، چقدر نشان می‌دهد؟

$$(g = 10 \frac{N}{kg}) \text{ (ریاضی دی ۹۸)}$$

✓ **آسانسور:** هر وقت آسانسور بود، آسانسور را بردار و فقط به جای  $g$  بزار  $g'$

تند	کند	بالا	پایین	$g' = g \pm a$
+	-	+	-	

$$\underbrace{\text{کند}}_{-} \times \underbrace{\text{بالا}}_{+} \Rightarrow \{-\}, \quad g' = g - a$$

$$\underbrace{\text{کند}}_{-} \times \underbrace{\text{پایین}}_{-} \Rightarrow \{+\}, \quad g' = g + a$$

📖 **تکانه (اندازه حرکت):**

حاصل ضرب جرم جسم در سرعت جسم را **تکانه** می‌گویند. تکانه یا اندازه حرکت کمیتی برداری است و

یکای آن در SI،  $\text{kg} \cdot \frac{m}{s}$  است.

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

تکانه هم جهت با بردار سرعت جسم است.

✓ **تغییر تکانه:**

$$\Delta \vec{p} = p_2 - p_1 = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 = m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1) = m\Delta \vec{V}$$

۱۵. تویی به جرم  $m$  را به طور افقی با سرعت  $v$  به یک دیوار می زنیم. توپ با سرعت  $0.8v$  از دیوار برمیگردد. تغییر تکانه توپ چند برابر  $mv$  است؟

- (۱)  $0.1$       (۲)  $0.2$       (۳)  $0.3$       (۴)  $1/8$

📖 رابطه بین اندازه تکانه و انرژی جنبشی یک جسم:

$$\left\{ \begin{array}{l} p = mv \\ k = \frac{1}{2}mv^2 \end{array} \right\} \Rightarrow k = \frac{1}{2}m \times \left(\frac{p}{m}\right)^2 \Rightarrow \left(k = \frac{p^2}{2m}\right)$$

۱۶. اگر با ثابت ماندن جرم یک گلوله، انرژی جنبشی آن ۷۵ درصد کاهش یابد، اندازه تکانه آن گلوله چند درصد کاهش می یابد؟

- (۱)  $20$       (۲)  $25$       (۳)  $50$       (۴)  $75$

📖 رابطه بین تکانه و نیرو:

$$F_{av} = ma_{av} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F}_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

✓ نیروی متوسط وارد بر جسم برابر است با آهنگ تغییرات تکانه

۱۷. در یک آزمون تصادف، خودرویی به جرم  $1200 \text{ kg}$  با سرعت  $54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  به دیواری برخورد می‌کند و با

سرعت  $9 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  بر می‌گردد. اگر این تصادف  $0.15$  ثانیه طول بکشد، اندازه نیروی متوسط وارد بر خودرو چند

نیوتن است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱۰۴ (۴)

۱۰۵ (۳)

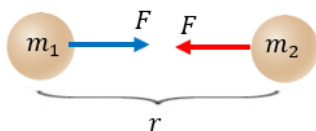
$1/4 \times 10^4$  (۲)

$1/4 \times 10^5$  (۱)

### 📖 قانون جهانی گرانش:

با توجه به این قانون اگر دو جسم  $m_1$  و  $m_2$  در فاصله  $r$  از یکدیگر قرار بگیرند، به یکدیگر نیرو و جاذبه‌ای وارد می‌کنند که این نیرو در راستای خطی است که آن دو ذره را به هم وصل می‌کند و با حاصل ضرب جرم دو جسم رابطه مستقیم و با مجذور فاصله دو جسم رابطه عکس دارد.

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

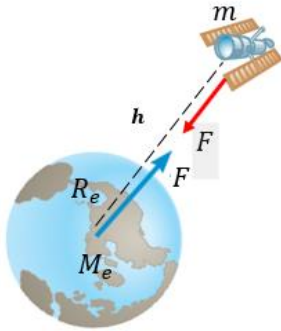


$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow \vec{F}_{12} = \vec{F}_{21} = F$$

✓ در رابطه بالا،  $G$  ثابت جهانی گرانش است و مقدار آن برابر  $\frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2}{\text{kg}^2}$  است.

### 📖 وزن اجسام:

اگر جسمی در فاصله  $h$  از سطح زمین باشد در فاصله  $(R_e + h)$  از مرکز زمین قرار دارد. در این حالت نیروی گرانشی جاذبه‌ای که زمین به جسم وارد می‌کند، همان نیروی وزن وارد بر جسم است.



$$\begin{cases} F = \frac{GM_em}{(R_e+h)^2} \\ F = W = mg \end{cases} \Rightarrow w = \frac{GM_em}{(R_e+h)^2} = mg$$

☑ نکته: همان طور که از روابط قبل مشخص است، وزن جسم به جرم آن بستگی دارد؛ اما شتاب گرانش

مستقل از جرم جسم است و تنها به جرم سیاره وابسته است.

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

$$\frac{w'}{w} = \left(\frac{R_e}{R_e+h}\right)^2$$

$$\frac{g'}{g} = \left(\frac{R_e}{R_e+h}\right)^2$$

۱۸. در چه فاصله ای از سطح زمین (بر حسب  $R_e$ ) نیروی وزن جسم  $\frac{1}{۲۵}$  آن در سطح زمین است؟

۲ (۴)

۳ (۳)

۴ (۲)

۵ (۱)

۱۹. ماهواره‌ای در فاصله ۱۶۰۰ کیلومتری از سطح زمین روی مدار تقریباً دایره‌ای شکل به دور زمین می‌چرخد.

وزن این ماهواره در این ارتفاع چند برابر وزن آن روی سطح زمین است؟ ( $R_e = 6400 \text{ km}$ )

(تجربی دی ۹۸)

۲۰. شتاب گرانشی زمین در چه فاصله‌ای از سطح زمین  $\frac{2}{5} \frac{\text{N}}{\text{kg}}$  می‌شود؟ (تجربی دی ۱۴۰۲)

(شعاع کره زمین ۶۴۰۰ km است و شتاب گرانشی در سطح زمین را  $10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$  فرض کنید.)