

فصل دوم : دینامیک

دکتر علیرضا بیات



پویش علمی
ماندگارالبرز



پویش جهاد علمی دبیرستان ماندگارالبرز

هر گاه برابند نیروهای وارد بر جسمی صفر باشد، آن جسم وضعیت حرکت خود را مفظ می‌کند. یعنی اگر ساکن باشد، ساکن می‌ماند و یا اگر در حال حرکت باشد، با همان اندازه و جهت سرعت به حرکت خود ادامه می‌دهد. در بیانی خلاصه‌تر، در کتاب شما آمده است: یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را مفظ می‌کند، مگر آن‌که نیروی خالص غیر صفری به آن وارد شود.	قانون اول نیوتون
بر اساس قانون اول نیوتون، اگر بر جسم نیروی خالصی وارد نشود، جسم ساکن می‌ماند و یا با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. تعریف : به این خاصیت اجسام که میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آن‌ها صفر است مفظ کنند، لختی گویند.	لختی
هر گاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد که این شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و در همان جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت عکس دارد.	قانون دوم نیوتون
$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{m}$	
هر گاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیروی هم‌اندازه و هم‌راستا اما در خلاف جهت وارد می‌کند. (توجه کنید از آن‌جا که این دو نیرو به دو جسم مجزا وارد می‌شوند یکدیگر را فنتی نمی‌کنند، مگر آن‌که در حل مسأله هر دو جسم را با هم به‌عنوان یک سیستم در نظر بگیریم که در این صورت نیروهای داخلی اثر را فنتی می‌کنند.)	قانون سوم نیوتون
به‌طور کلی وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می‌کند، از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم به آن وارد می‌شود که به آن نیروی مقاومت شاره گفته می‌شود و با نماد f_D نمایش می‌دهند. نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم، تندی آن و... بستگی دارد. هر چه تندی جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد بود. (اگر جسم در هوا حرکت کند، به این نیرو، نیروی مقاومت هوا می‌گویند.	نیروی مقاومت شاره



در سقوط آزاد، هنگامی که نیروی مقاومت هوا و وزن جسم هم‌اندازه می‌شوند، نیروهای وارد بر جسم متوازن شده و جسم با تندی ثابتی موسوم به تندی حدی به طرف پایین حرکت می‌کند.	تندی حدی
هر گاه سطح دو جسم با یکدیگر در تماس باشند، نیروی عمود بر سطح تماس و به طرف جسم مورد مطالعه به هر کدام از آن‌ها وارد می‌شود که به آن نیروی عمودی سطح می‌گویند.	نیروی عمودی سطح
هنگامی که تلاش می‌کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت درآوریم، چه جسم حرکت و چه ساکن بماند، با نیروی مقاومی روبه‌رو می‌شویم که به آن نیروی اصطکاک گفته می‌شود. تا زمانی که جسم ساکن مانده باشد، به این نیرو، نیروی اصطکاک ایستایی (f_s) گفته می‌شود و پس از حرکت، به این نیروی مقاوم نیروی اصطکاک جنبشی (f_k) می‌گوییم.	نیروی اصطکاک
هر دو جسم دارای جرمی به یکدیگر نیرویی به صورت جاذبه وارد می‌کنند که اندازه این نیرو با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مجدور فاصله آن‌ها از یکدیگر نسبت عکس دارد.	قانون گرانش نیوتون
ماصل ضرب جرم جسم در سرعت آن، تکانه جسم نامیده می‌شود.	تکانه

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$



مفاهیم اولیه

نیرو:

- هنگامی که جسمی را می‌کشیم یا آن را هل می‌دهیم به آن نیرو وارد می‌کنیم.
- نیرو، حاصل برهم‌کنش یا اثر متقابل دو یا چند جسم بر یکدیگر است.
- نیرو، کمیتی برداری است و یکای SI نیرو، نیوتون (N) است.

قوانین حرکت نیوتون

قانون اول:

- یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند مگر آن‌که نیروی خالص (غیر صفر) به آن وارد شود.



تذکر: اگر برابند نیروهای وارد بر جسمی صفر باشد، می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم متوازن‌اند.

لَختی: خاصیتی است که اجسام میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آن‌ها صفر است، حفظ کنند.

قانون دوم:

- هر گاه بر جسمی نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد که این شتاب با نیروی خالص نسبت مستقیم و با جرم جسم نسبت وارون دارد.
- بردار شتاب هم‌جهت نیروی خالص است.

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

(N) (kg)

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = 0 \rightarrow F_{\text{net}} = F_1 + F_2 \\ \theta = 180 \rightarrow F_{\text{net}} = |F_1 - F_2| \\ \theta = 90 \rightarrow F_{\text{net}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \end{array} \right.$$

$$F_{\text{نیروهای مقاوم}} - F_{\text{نیروهای محرک}} = ma$$

دکتر علیرضا بیات



پویش علمی
ماندگارالبرز



رابطه کلی قانون دوم:

قانون سوم :

دکتر علیرضا بیات



پویش علمی
ماندگارالبرز



اگر جسمی بر جسم دیگر نیرو وارد کند (کنش)، جسم دوم هم بر جسم اول نیرویی هم‌اندازه و هم‌راستا با آن اما در خلاف جهت وارد می‌کند (واکنش).

نیرویی که جسم دوم بر اول وارد می‌کند.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$$

نیرویی که جسم اول بر دوم وارد می‌کند.

تذکر: نیروهای کنش و واکنش:

۱- جفت نیرو هستند.

۲- بر دو جسم وارد می‌شوند.

۳- هم‌نوع هستند.

۴- نیروهای کنش و واکنش یکدیگر را خنثی نمی‌کنند.



۱۹: در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید.

الف) اجسام میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آن‌ها (صفر - ثابت) است حفظ کنند.

ب) نیروهای کنش و واکنش همواره به (یک جسم - دو جسم) وارد می‌شوند.

۲۰: درستی یا نادرستی جملات زیر را با کلمه‌های «درست» یا «نادرست» مشخص کنید و در پاسخ‌برگ مشخص کنید.

الف) به تمایل اجسام برای حفظ وضعیت حرکت خود، وقتی نیروی خالص وارد بر آن‌ها صفر است، لختی می‌گویند.

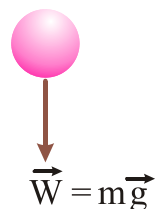
ب) هر گاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، الزاماً شتاب دو جسم با یکدیگر برابر است.



معرفی برخی از نیروهای خاص :

نیروی وزن (\vec{W}) :

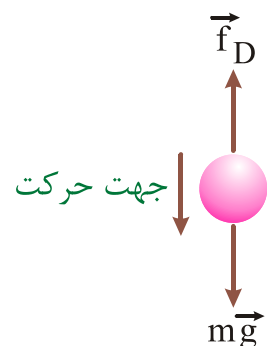
نیروی گرانشی که زمین بر جسم وارد می‌کند و به صورت جاذبه است.



توجه : واکنش نیروی وزن، از طرف جسم به زمین وارد می‌شود.

نیروی مقاومت شاره (\vec{f}_D) :

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



♦ اندازه این نیرو به :

۱- بزرگی جسم

۲- تندی آن بستگی دارد.

● واکنش این نیرو از جسم بر مولکول‌های شاره وارد می‌شود.



● به بیشینه تندی سقوط جسم در هوا که مقدار ثابتی است، **تندی حدی** (v_D) می‌گویند.

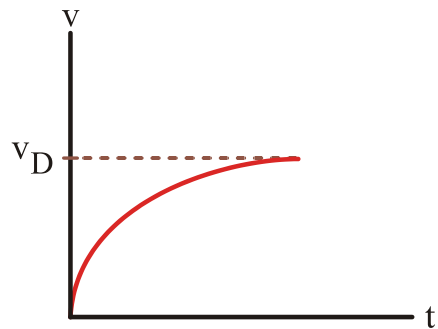
در این حالت:

$$mg = f_D$$

$$mg - f_D = ma$$

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

♦ اندازه شتاب سقوط جسم در هوا :



🌅 **تذکر:** در سقوط جسم در هوا، اگر مقاومت شاره در همه جا یکسان باشد، شتاب جسم سنگین‌تر، بیش‌تر از جسم سبک‌تر است و با سرعت بیش‌تری به زمین می‌رسد.

$$m \uparrow \rightarrow \frac{f_D}{m} \downarrow \rightarrow a \uparrow \quad \vec{v} = v a t$$

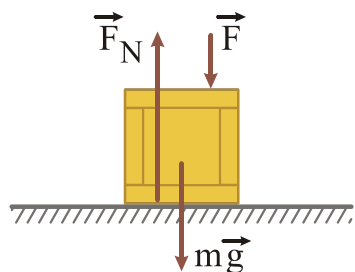
نیروی عمودی سطح (\vec{F}_N):

♦ واکنش نیروی عمودی جسم بر سطح است و از سطح تکیه‌گاه بر جسم اثر می‌کند.

♦ F_N واکنش نیروی وزن نیست!

$$F_N = mg + F$$

همواره جهت F_N از جسم خارج، خود و عمود بر سطح تماس



آسانسور:

دکتر علیرضا بیات



پویش علمی
ماندگارالبرز



❖ حرکت آسانسور می‌تواند شتاب‌دار یا با سرعت ثابت انجام شود.

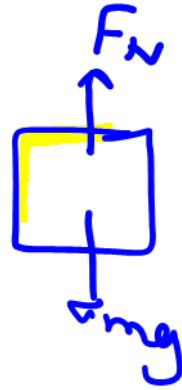
۱- اگر آسانسور ساکن یا با سرعت ثابت بالا یا پایین برود.

$$mg - F_N = -ma \quad \uparrow \quad a > 0$$

۲- اگر آسانسور تندشونده به طرف بالا یا کندشونده به طرف پایین برود:

$$F_N - mg = ma \quad \downarrow \quad a < 0$$

۳- اگر آسانسور کندشونده به طرف بالا یا تندشونده به طرف پایین برود:

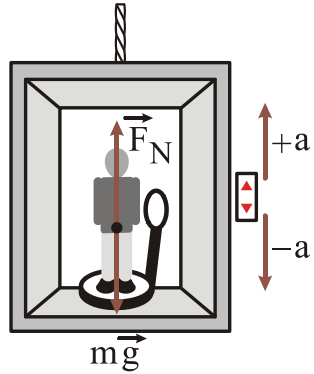


$$F_N = mg$$

$$F_N = m(g + a)$$

$$F_N = m(g - a)$$

معدت‌تارزو

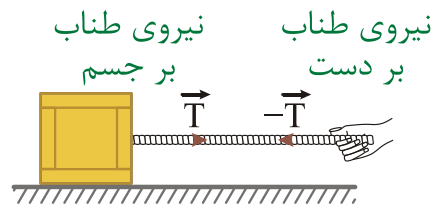


نیروی کشش طناب (\vec{T}):

● طناب بر جسم‌های دو انتهای خود به طرف مرکز طناب نیرو وارد می‌کند.

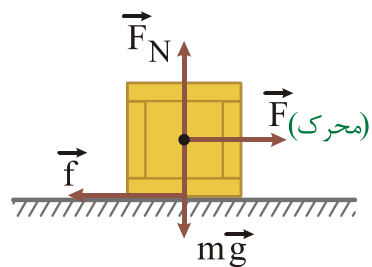
● جهت نیروی کشش طناب، همواره به سمت مرکز طناب است.

از جبرهای



نیروی اصطکاک (\vec{f}):

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



~تانه حرکت
 $0 < f_s < f_{s,max}$
 جسم ساکن

$$f_s = F_{\text{حرکت}}$$

$$F_{\text{حرکت}} = f_{s,max} = \mu_s F_N$$

$$f_k = \mu_k F_N$$

f_s اصطکاک ایستایی:

۱- اگر جسم ساکن باشد:

۲- اگر جسم در آستانه حرکت باشد:

اصطکاک جنبشی:

● اگر جسم حرکت کند:

دکتر علیرضا بیات



پویش علمی
ماندگارالبرز



تذکرہ : 

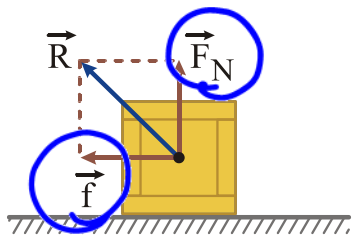
- 🔍 ۱- نیروی اصطکاک بین دو جسم، به جنس سطح دو جسم، زبری و نرمی آن‌ها بستگی دارد.

- ۲- معمولاً $\mu_s > \mu_k$ است.

- ۳- نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس دو جسم بستگی ندارد.

نیروی سطح یا تکیه‌گاه (\vec{R}):

- نیرویی است که از طرف سطح به جسمی که روی سطح قرار دارد، وارد می‌شود.



$$\mathbf{R} = \sqrt{\mathbf{f}^\top + \mathbf{F}_\mathbf{N}^\top}$$

نیروی عمودی سطح ← نیروی اصطکاک



$$k: N/m \xrightarrow{\div 100} N/cm$$

$$F_e = kx = k(L - L_0)$$

تغییر طول فنر (m) →
طول عادی فنر →
طول فنر کشیده یا فشرده شده →
ثابت فنر →

$$F = kx$$

ثابت

۲۱: در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید.

الف) به ازای یک نیروی معین هر چه ثابت فنر بزرگ‌تر باشد تغییر طول آن (بیش‌تر - کم‌تر) است.

ب) جسمی درون شاره‌ای حرکت می‌کند؛ هر چه تندی جسم کم‌تر باشد، نیروی مقاومت شاره (کم‌تر - بیش‌تر) می‌شود.



۲۲: درستی یا نادرستی جملات زیر را با کلمه‌های «درست» یا «نادرست» مشخص کنید و در پاسخ‌برگ مشخص کنید.

الف) هر چه تندی جسم در یک شاره بیش‌تر باشد، نیروی مقاومت شاره بیش‌تر خواهد شد. ✓

ب) با پاره شدن کابل آسانسور و سقوط آزاد آن، شتاب آسانسور بیش‌تر از g می‌شود. ✗

پ) نیروی عمودی سطح و نیروی وزن وارد بر جسم، کنش و واکنش یکدیگر هستند. ✗

ت) وقتی قطره باران با تندی حدی سقوط می‌کند، نیروهای وارد بر آن متوازن هستند. ✓

ث) شخصی درون آسانسوری روی یک ترازوی فنری ایستاده است. وقتی شتاب حرکت آسانسور رو به پایین است، عدد ترازو از وزن شخص کم‌تر می‌شود.

ج) در نمودار نیروی کشسانی فنر بر حسب تغییر طول، هر چه شیب نمودار بیش‌تر باشد، ثابت فنر کم‌تر است. ✗

چ) نیروی وزن در سطح سیاره‌های مختلف، یکسان است. ✗

ح) با پاره شدن کابل آسانسور و سقوط آزاد آن، نیروی عمودی سطح وارد بر شخص ایستاده درون آسانسور صفر است. ✓

خ) هر چه ثابت فنر بیش‌تر باشد، فنر سخت‌تر است. ✓

د) در تصادف‌ها، با افزایش مدت زمان برخورد کیسه هوا با سرنشین، نیروی خالص متوسط وارد بر شخص افزایش می‌یابد. ✗

$$m \times g = m \times a$$

$$a = 0$$

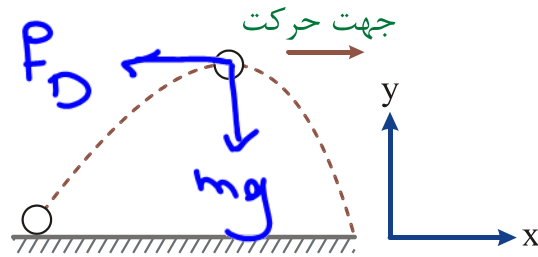
$$F_N = mg - ma$$

$$mg - F_N = m \times g$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$



۲۳: شکل زیر، تویی به جرم 4 kg را در بالاترین نقطه از مسیر حرکت نشان می‌دهد که بر آن نیروی مقاومت هوای 3 N وارد می‌شود. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)



الف) نیروهای وارد بر جسم را در بالاترین نقطه از مسیر رسم کنید.

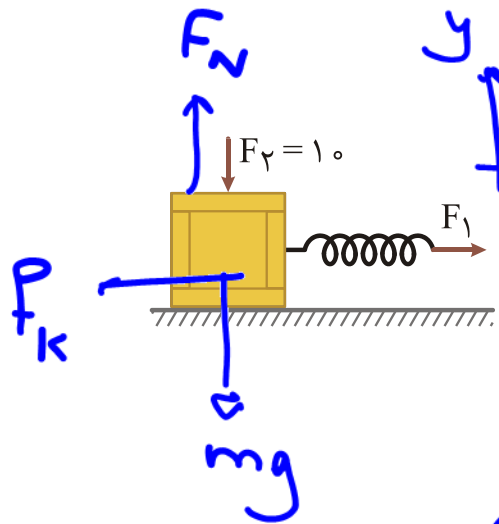
ب) اندازه شتاب توپ را در این مکان به دست آورید.

$$F_{\text{net}} = ma \rightarrow a = \frac{\sqrt{P_D^2 + (mg)^2}}{m}$$

$$a = \frac{\sqrt{3^2 + (4 \times 10)^2}}{4} = \frac{5}{4} = 1.25 \text{ m/s}^2$$

۲۴: مطابق شکل روبه‌رو جسمی به جرم 4 kg توسط فنری با سرعت ثابت روی سطح افقی کشیده می‌شود. اگر ضریب اصطکاک جنبشی $a = 0$

بین جسم و سطح 0.3 و ثابت فنر 10 N/cm باشد، طول فنر چند سانتی‌متر افزایش می‌یابد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)



$$F_N$$

$$\textcircled{x}: F_1 - F_k = ma = 0 \rightarrow 10 - x = 4 \times 0$$

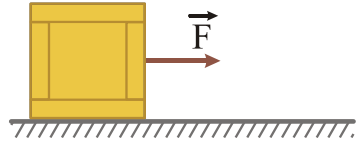
$$\textcircled{y}: F_N = F_2 + mg = 10 + 40 = 50$$

$$k = 10 \times 100 = 1000 \text{ N/m}$$

$$x = \frac{50}{1000} = 0.05 \text{ m}$$

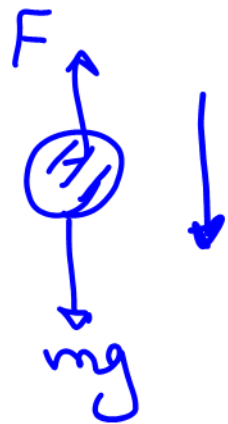


۲۵: در شکل روبه‌رو نیروی افقی و ثابت $F = 40\text{ N}$ به جسمی به جرم 10 kg وارد می‌شود. اگر جسم در آستانه حرکت قرار گیرد، ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح را محاسبه کنید. ($g = 10\text{ m/s}^2$)



۲۶: می‌خواهیم به جسمی که جرم آن 2 kg است شتاب 3 m/s^2 بدهیم. اگر جسم در راستای قائم با شتاب رو به پایین شروع به حرکت کند و از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم.

الف) نیروهای وارد بر جسم را رسم کنید.



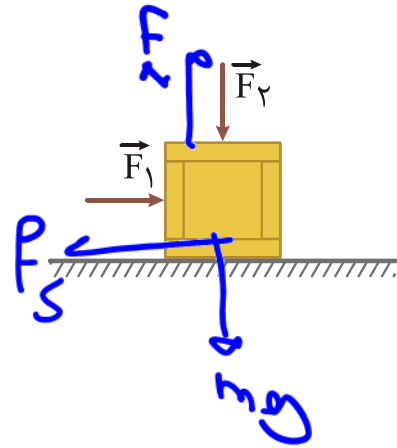
ب) اندازه نیرویی که باید به جسم وارد کنیم چند نیوتون است؟ ($g = 10\text{ m/s}^2$)

$$mg - F = ma$$

$$20 - F = 2 \times 3 \rightarrow F = 14\text{ N}$$



۲۷: در شکل روبه‌رو نیروی افقی \vec{F}_1 بر جعبه وارد شده است، اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم \vec{F}_2 که جعبه را به زمین می‌فشارد از صفر شروع به



$$\vec{F}_N = \vec{F}_2 + mg$$

$$F_1 = F_3$$

$$R = \sqrt{F_N^2 + F_3^2}$$

افزایش کند، کمیت‌های زیر چگونه تغییر می‌کنند؟

الف) اندازه نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه

ب) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه

پ) نیروی خالص وارد بر جعبه

ت) اندازه نیرویی که از طرف جعبه به سطح وارد می‌شود

افزایش

$$F_{net} = ma$$

ثابت

ثابت

تکانه (\vec{p}) و قانون دوم نیوتون :

● تکانه: حاصل ضرب جرم در سرعت جسم است.

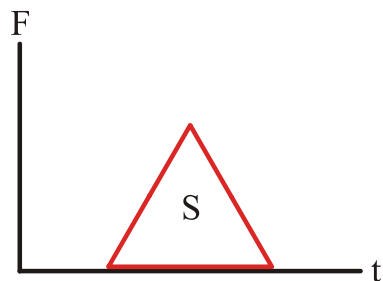
$$\vec{p} = m \vec{v}$$

(kg.m / s)

قانون دوم نیوتون بر حسب تکانه برای نیروی ثابت :

$$\vec{F}_{\text{net av}} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

● مساحت محصور بین نمودار نیروی خالص - زمان در یک بازه زمانی معین، برابر تغییر تکانه جسم است.



$$S = \Delta p$$

$$K = \frac{p^2}{2m}$$

$$\frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^2 \times \left(\frac{m_1}{m_2} \right)$$

تکانه و انرژی جنبشی :

دکتر علیرضا بیات



پویش علمی
ماندگارالبرز





۲۸: الف) نقش کیسه هوا در کم شدن آسیب‌ها در تصادف‌ها را بیان کنید.

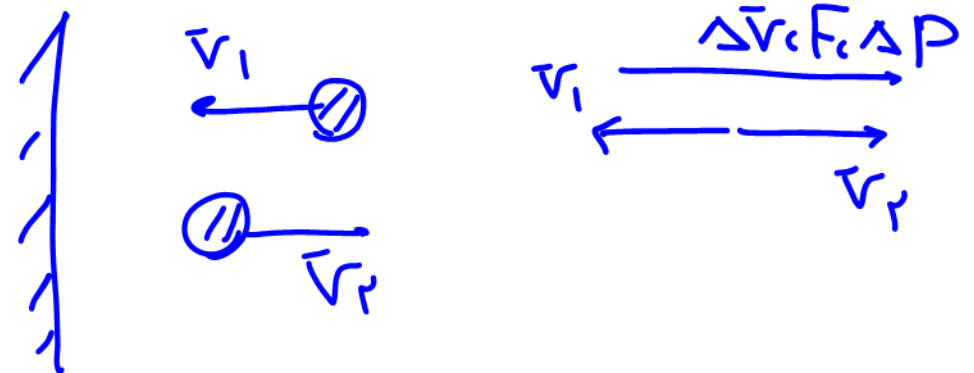
ب) اگر انرژی جنبشی جسمی ۹ برابر شود، بزرگی تکانه جسم چند برابر می‌شود؟

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

۳ برابر

۲۹: تویی به جرم ۲۰۰g با تندی ۱۰m/s به طور افقی به دیواری برخورد می‌کند و با تندی ۵m/s در جهت مخالف برمی‌گردد. اگر مدت زمان تماس توپ با دیوار ۰/۰۱s باشد، اندازه نیروی متوسطی که دیوار به توپ وارد می‌کند، چقدر است؟

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \rightarrow F = \frac{m(v_2 - v_1)}{\Delta t} = \frac{0.2(-5 - 10)}{0.01} = -300 \text{ N}$$



$F, \Delta p, a, \Delta v$ هم‌جهت‌اند

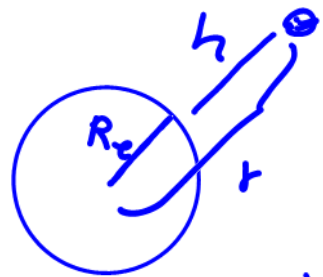


نیروی گرانش :

قانون گرانش عمومی :

● نیروی گرانشی میان دو جسم با حاصل ضرب جرم دو جسم نسبت مستقیم و با مربع فاصله آن‌ها از یکدیگر نسبت وارون دارد.

اندازه نیروی گرانشی بین دو ذره :



$$r = R_e + h$$

جرم جسم‌ها (kg)

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

نیروی گرانشی (N)

فاصله دو جسم (m) $(6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2)$

وزن جسم و شتاب گرانش :

$$W = G \frac{m M_e}{R_e^2}$$

جرم جسم (kg)
 جرم زمین (kg)
 شعاع زمین (m)

$$W' = G \frac{m M_e}{(R_e + h)^2}$$

وزن جسم در ارتفاع (h)

$$g' = \frac{G M_e}{(R_e + h)^2}$$

شتاب گرانش در ارتفاع (h)

نسبت وزن جسم و شتاب گرانش در دو نقطه :

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

$$g = \frac{GM}{r^2}$$



۳۰: فاصله یک جسم از مرکز زمین چند برابر شعاع زمین (R_e) باشد تا شتاب گرانشی در محل جسم به $\frac{1}{4}$ مقدار خود در سطح زمین برسد؟

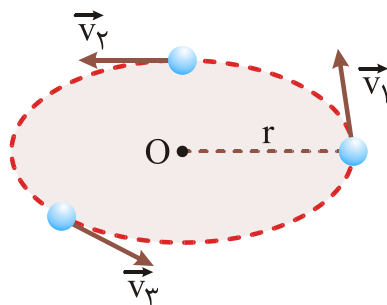
$$\frac{g_h}{g} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$\frac{R_e}{R_e + h} = \frac{1}{2} \rightarrow 2R_e = R_e + h \quad h = R_e$$

حرکت دایره‌ای یکنواخت



پویش علمی
ماندگار البرز



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

مفاهیم اولیه

- حرکتی که در مسیر دایره‌ای و با تندی ثابت باشد را حرکت دایره‌ای یکنواخت می‌گویند.
- حرکت دایره‌ای یکنواخت حرکتی شتاب‌دار است.
- در حرکت دایره‌ای یکنواخت بردار سرعت ذره (\vec{v}) مماس بر مسیر حرکت دایره است.
- در حرکت دایره‌ای یکنواخت، جهت بردار سرعت در هر لحظه تغییر می‌کند. $\vec{v}_1 \neq \vec{v}_2 \neq \vec{v}_3$

دوره (T):

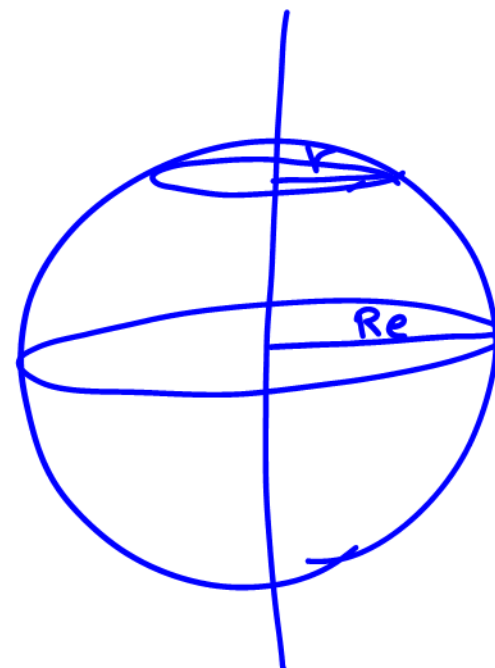
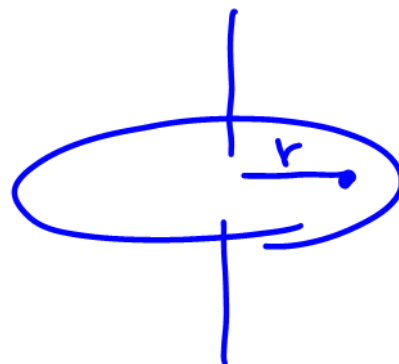
مدت زمان پیمودن یک دور محیط دایره را دوره تناوب (دوره) می‌نامند.

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

شعاع دایره (m) →

تندی (m/s) →

دوره (S) ←



شتاب مرکزگرا و قانون دوم نیوتون :

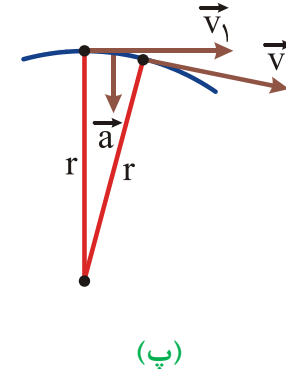
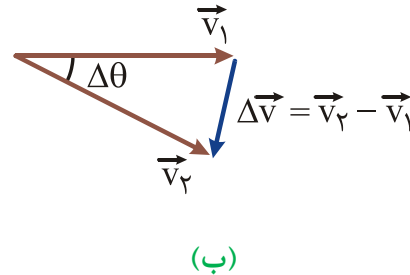
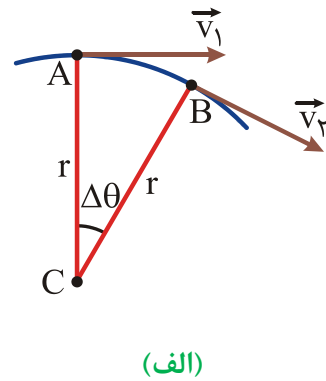
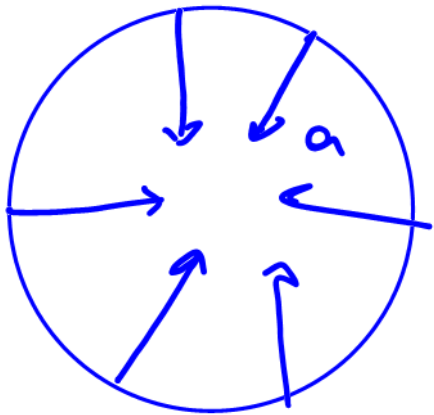
اندازه شتاب در حرکت دایره‌ای یکنواخت :

شتاب مرکزگرا (m/s^2)

$$a_c = \frac{v^2}{r} \xrightarrow{v = \frac{2\pi r}{T}} a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

● جهت شتاب همواره به طرف مرکز دایره است.

● اندازه شتاب ثابت است؛ اما چون جهت آن تغییر می‌کند، شتاب ثابت نیست.



نیروی مرکزگرا:

دکتر علیرضا بیات



پویش علمی
ماندگارالبزر



پویش جهاد علمی دبیرستان ماندگارالبزر

نیروی خالص وارد بر جسم به طرف مرکز دایره است و آن را **نیروی مرکزگرا** می‌نامند.

● در هر حرکت دایره‌ای یکنواخت باید نیرویی بر جسم به طرف مرکز دایره اثر کند تا نیروی مرکزگرا را فراهم کند.

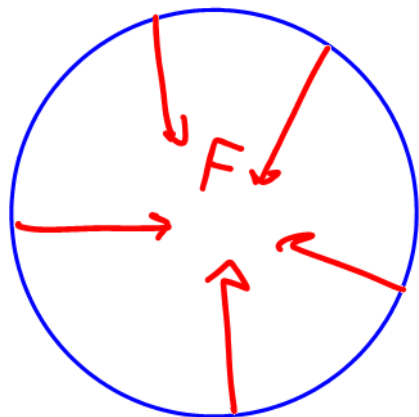
قانون دوم نیوتون در حرکت دایره‌ای یکنواخت:

تندی (m / s) ←

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

شعاع دایره (m) →

عامل حرکت دور دایره



نمونه‌هایی از نیروی مرکزگرا:

دکتر علیرضا بیات



پویش علمی
ماندگارالبرز



پویش جهاد علمی دبیرستان ماندگارالبرز

۱- در حرکت الکترون به دور هسته، نیروی الکتریکی، نیروی مرکزگرا را تأمین می‌کند.

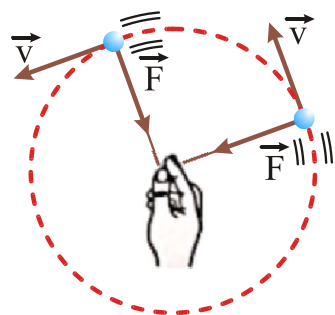
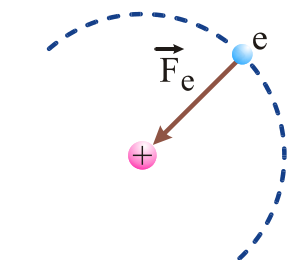
$$\frac{k |q_1| |q_2|}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

نیروی الکتریکی بین بارهای مثبت پروتون‌ها
در هسته و الکترون‌های با بار منفی

۲- در حرکت دایره‌ای جسم متصل به یک نخ، نیروی کشش نخ، نیروی مرکزگرا را تأمین می‌کند.

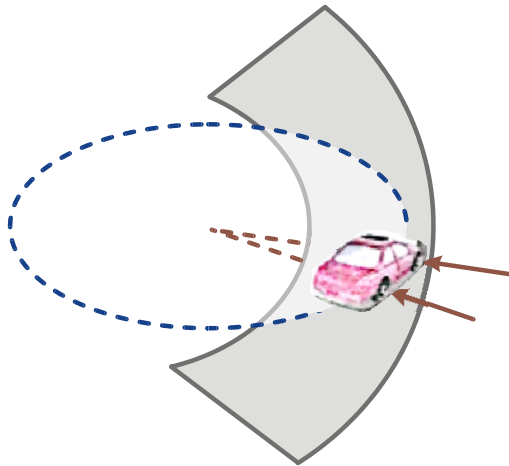
$$T = m \frac{v^2}{r}$$

نیروی کشش نخ، نیروی مرکزگرای لازم جهت
چرخش جسم بر سطح افقی را تأمین می‌کند.





۳- در حرکت خودرو در پیچ جاده، نیروی اصطکاک ایستایی، نیروی مرکزگرا را تأمین می‌کند.

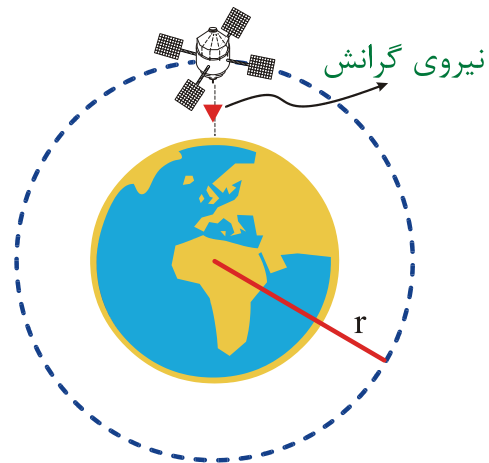


نیروهای اصطکاک ایستایی

$$f_s = m \frac{v^2}{r}$$

$$f_s = \frac{m v^2}{r} = \mu_s m g \rightarrow v_{\max} = \sqrt{\mu_s r g}$$

۴- در حرکت سیاره به دور خورشید یا ماه و ماهواره به دور زمین، نیروی گرانش، نیروی مرکزگرا را تأمین می‌کند.



نیروی گرانش

$$G \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

تذکره: نیروی وزن فضاوردی که درون ماهواره به دور زمین می‌چرخد، برابر نیروی مرکزگرای وارد بر فضاورد است.



۱- تندی ماهواره :

$$G \frac{m M_e}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G M_e}{r}}, \quad r = R_e + h$$

← ارتفاع ماهواره
← شعاع مدار ماهواره

$$v = R_e \sqrt{\frac{g}{r}}$$

۲- مربع دورهٔ حرکت ماهواره (یا سیاره) متناسب با مکعب شعاع مدار آن‌هاست.

دورهٔ تناوب

$$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3$$

۳- مدار همگام با زمین یک ماهواره، مداری است که دورهٔ گردش آن برابر با مدت زمان پرفش زمین به دور خودش یعنی ۲۴ ساعت باشد.



۳۱: خودرویی به جرم 1000 kg در یک میدان افقی مسطح با تندی 36 km/h در حال دور زدن است. اگر نیروی مرکزگرای وارد بر خودرو 2500 N باشد، شعاع میدان چند متر است؟

$$F = \frac{mv^2}{r} \rightarrow 2500 = \frac{1000 \times 10^2}{r}$$

$$r = \frac{10000}{2500} = 4 \text{ m}$$

۳۲: پره یک بالگرد با دوره 0.2 s به طور یکنواخت می چرخد. اگر نوک پره با تندی 450 m/s بچرخد، شعاع این پره چند متر است؟ ($\pi = 3$)

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

۳۳: ماهواره‌ای در فاصله 1600 km از سطح زمین با تندی 6 km/s به دور زمین می چرخد. ($\pi = 3$ ، $R_e = 6400 \text{ km}$)

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3 \times (4000 + 1600)}{6} = 1000 \text{ s}$$

کراتی

الف) دوره گردش ماهواره چند ثانیه است؟

ب) نیروی مرکزگرای وارد بر ماهواره، چه نیرویی است؟