فصل دوم

دینامیک

۱. قوانین نیوتن در مورد حرکت
   - قانون اول نیوتون
   - قانون دوم نیوتون
   - قانون سوم نیوتون

۲. معرفی برخی از نیروهای خاص وارد بر جسم

۳. تکانه و قانون دوم نیوتون

۴. نیروی گرانشی

علت ساکن بودن جسم یا حرکت با سرعت ثابت یا حرکت جسم با شتاب ثابت، بستگی به چگونگی وارد شدن نیروهای مختلف به جسم دارد.

- ✓ **نیرو حاصل به *هم کنش* یا *اثر متقابل دو جسم* بر یکدیگر است.**
- ✓ **نیرو کمیتی *برداری* است دارای *جهت و اندازه* ، نماد آن $\vec{F}$ است.**

در رسم نیرو از یک پاره خط جهت دار با مقیاس مناسب استفاده می‌شود یکای آن نیوتن (N) است.

– اثر نیرو بر یک جسم به شکل‌های مختلف خود را نشان می‌دهد مثلاً باعث شروع به حرکت یا توقف یا کم و زیاد شدن اندازه سرعت یا تغییر جهت سرعت یا تغییر شکل آن جسم می شود.

✓ **به طور خلاصه، نیروی وارد بر یک جسم می‌تواند سبب تغییر سرعت جسم و تغییر شکل آن شود.**

قوانین نیوتن در حرکت

الف) قانون اول نیوتن: به بررسی حرکت جسم می پردازد که نیروی خالص وارد بر آن صفر است.

- ✓ **اگر برایند (جمع برداری) نیروهای وارد بر جسم صفر شود می گوییم، نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند.**
- ✓ **در نبود نیرو هم، حرکت جسم متحرک ادامه می یابد.**

بیان قانون اول

وقتی نیروهای وارد بر جسم متوازن باشند، اگر جسم ساکن باشد، همچنان ساکن باقی می‌ماند و اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند.

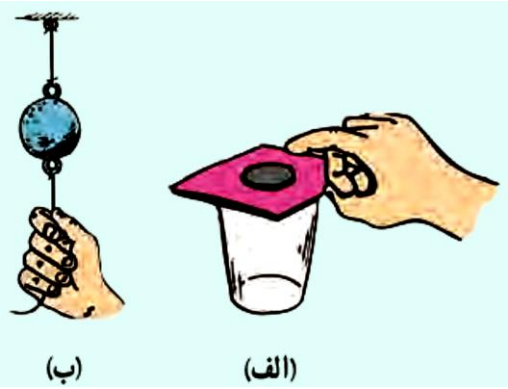
به این خاصیت اجسام که میل دارند و وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آنها صفر است حفظ کنند، لختی (اینرسی) گویند.

مهم: در تغییر سرعت‌های ناگهانی (سریع) که فرصت انتقال نیرو به جسم نیست، لختی جسم ظاهر می‌شود و جسم سعی در حفظ حالت اولیه را دارد.

در این حالت هنوز $F_{net}=0$ است.

پرسش ۲-۳ : 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 می‌شود، اما اگر ناگهان نخ را بکشیم، نخ پایین آن پاره می شود؟



ب) قانون دوم نیوتن

وقتی نیروی خالصی به جسم وارد می‌شود، سرعت آن تغییر می کند و جسم تحت تاثیر آن نیرو، شتابی در جهت نیروی خالص پیدا می‌کند.

$$m = \text{ثابت} : \quad F_{net} \uparrow \Longrightarrow a \uparrow$$

$$F_{net} = \text{ثابت} : \quad m \uparrow \Longrightarrow a \downarrow$$

بیان قانون دوم

هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تاثیر آن نیرو شتاب می گیرد که این شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و در همان جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت وارون دارد.

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

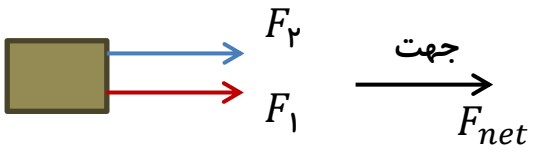
$\vec{a}$: بردار شتاب

$\vec{F}_{net}$: بردار نیروی خالص وارد بر جسم (جمع برداری نیروهای وارد بر جسم یا نیروی برایند وارد بر جسم در راستای حرکت)

پرسش ۲-۴ بررسی شود

محاسبه جهت و اندازه نیروی برایند

الف)

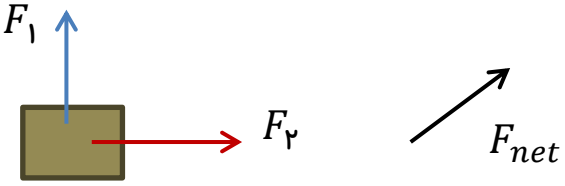


$$F_{net} = F_۱ + F_۲$$

ب)

$$F_{net} = F_۲ - F_۱$$

پ)



$$F_{net} = \sqrt{F_۱^{۲} + F_۲^{۲}}$$

حل مسائل به کمک قانون دوم نیوتن
- در حرکت یک بعدی جسم
- در حرکت دو بعدی جسم

کاربرد قانون دوم در حرکت یک بعدی جسم (x یا y)

با توجه به ماهیت برداری بودن F_{net} و a در حل مسائل جهت حرکت جسم را $\oplus$ در نظر می‌گیریم. در F_{net}: نیروهای در جهت حرکت جسم را با علامت مثبت و خلاف جهت حرکت جسم و علامت منفی جاگذاری می‌کنیم و همچنین a *در جهت حرکت* باشد با *علامت مثبت* و *در خلاف جهت حرکت* با *علامت منفی* در رابطه $F_{net}=ma$ قرار می دهیم.

نکته: در حل مسائل یا جهت حرکت جسم را به ما می‌دهند یا اینکه باید کلیه نیروهای در راستای حرکت جسم را پیدا کنیم جسم در جهت نیروی بزرگتر حرکت می‌کند.

نکات مهم مراحل حل مسئله های دینامیک به طور کلی

۱. ابتدا تمام نیروهای وارد بر جسم را مشخص می‌کنیم.

۲. محورهای مختصات را طوری منطبق برجسم در نظر می‌گیریم که یکی از محورها در رستای حرکت باشد (و دیگری عمود بر آن).

۳. عدد نیروهای وارد بر جسم را به دست می آوریم.

۴. برای حرکت جسم باید $\Sigma_F > f_{s,max}$ (برآیند نیروهای وارد بر جسم در راستای حرکت (F_T))

۵. قانون دوم نیوتن را در دو راستای x و y مینویسیم.

$$F_{net,x} = ma_x \quad \text{یا} \quad F_{net,y} = ma_y$$

که در سطح کتاب حتما یا $a_x = 0$ یا $a_y = 0$

۶. تمام نیروها و عدد شتاب را که در جهت حرکت باشند با علامت مثبت و اگر در خلاف جهت حرکت باشند با علامت منفی در قانون دوم نیوتن قرار می‌دهیم.

۷. برای تعیین علامت و جهت شتاب

الف: F_{net} و a، همواره هم جهت هستند .

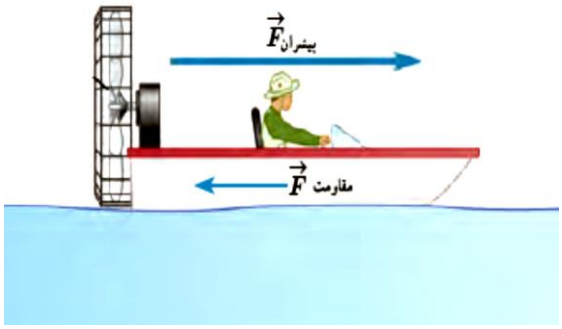
ب: در حرکت تند شونده (شروع حرکت) a و v هم جهت هستند.

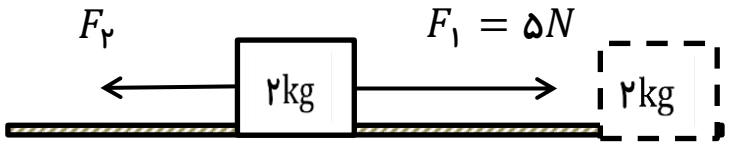
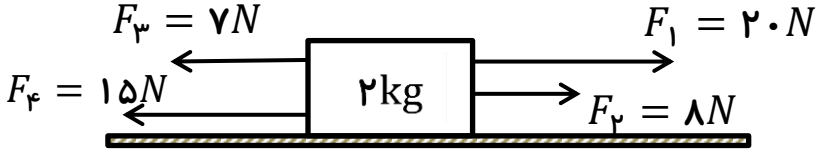
ج: در حرکت کند شونده (توقف و ترمز) a و v مختلف العلامت و در خلاف جهت هم هستند.

۸. F_{net} الزاما در جهت حرکت جسم نیست (مثلا در ترمز خودرو).

۱ نیروی موتور یک قایق موتوری که جرم آن با سرنشینش $400\,kg$ است، به گونه‌ای تنظیم می‌شود که در بازه زمانی معینی، همواره نیروی افقی خالص $800\,N$ به طرف جلو برقایق وارد می شود.

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



	ب) اگر نیروی پیشران در یک لحظه ۱۳۰۰N باشد، نیروی مقاومت در آن لحظه چقدر است؟ پ) چقدر طول میکشد تا سرعت قایق از حالت سکون به ۱۵m/s برسد؟ در این مدت قایق شود جابجا می‌شود؟
۲	در شکل مقابل جسم در ابتدا ساکن است. تحت تاثیر دو نیرو $F_۱ = ۵N$ و $F_۲$ پس از ۵S، ۲۰ متر جابجا می‌شود، نیروی $F_۲$ چند نیوتن است؟ (جواب ۱/۸N) 
۳	در شکل مقابل جسم روی سطح افقی جابجا می شود شتاب حرکت جسم چند $m/s^۲$ است؟ (جواب $۳m/s^۲$) 

۴ کامیونی به جرم ۴ تن با سرعت $۲۰ m/s$ روی سطح افقی در مسیر مستقیم حرکت می‌کند. این کامیون در اثر ترمز با شتاب ثابت در مدت $۴s$ متوقف می‌شود، نیروی ترمز چند نیوتن است؟

(جواب : $F_{\text{ترمز}} = ۲۰۰۰۰N$)

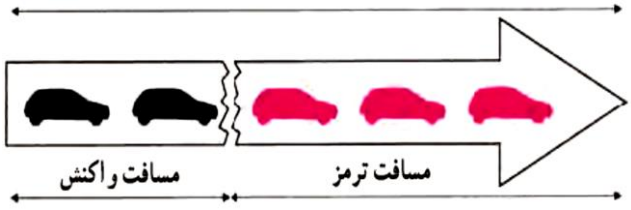
۵ معادله حرکت جسمی به جرم $۵ kg$ که بر روی خط راست حرکت می‌کند در SI به صورت $x = ۲t^۲ + ۴t$ است. اندازه نیروی خالص وارد شده به جسم چند نیوتن است؟

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۴۰

۶ جسمی به جرم $۲۰۰ g$ با شتاب $۲ m/s^۲$ در جهت محور x حرکت می‌کند، برآیند نیروهای وارد بر جسم چه‌قدر و در چه جهتی است؟

۷ ت۱۲: برای یک راننده دانستن کل مسافت توقف خودرو اهمیت دارد. همان طور که شکل نشان می‌دهد کل مسافت توقف، دو قسمت دارد؛ مسافت واکنش(مسافتی که خودرو از لحظهٔ دیدن مانع تا ترمزگرفتن طی می کند) و مسافت ترمز(مسافتی که خودرو از لحظه ترمزگرفتن تا توقف کامل طی می‌کند.)

الف) دو عامل مؤثر در مسافت واکنش را بنویسید.



ب) زمان واکنش راننده‌ای $۰/۶s$ است. در طی این زمان، خودرو مسافت $۱۸m$ را طی می‌کند. با فرض ثابت بودن سرعت در این مدت، اندازهٔ آن را حساب کنید.

	پ) اگر در این سرعت راننده ترمز کند و خودرو پس از ۵s متوقف شود، مسافت ترمز و شتاب خودرو را حساب کنید. ت) وقتی خودرو ترمز می‌کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ جرم خودرو را ۱۵۰۰ kg فرض کنید.
۸	معادلات سرعت و شتاب حرکت جسمی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند در SI به صورت $v = ۳t^۲ - ۱۲t + ۸$ و $a = ۶t - ۱۲$ است. در لحظه‌ای که جهت برآیند نیروهای وارد بر جسم عوض می‌شود تندی حرکت چند m/s است؟ ۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۹

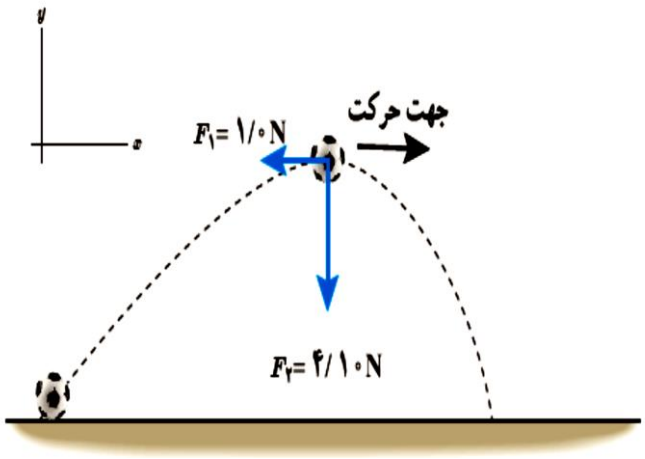
کاربرد قانون دوم در حرکت دو بعدی جسمی (نیروی دو بعدی)

$$\vec{a} = a_x\vec{\imath} + a_y\vec{\jmath}$$
$$\overrightarrow{F}_{net} = F_x\vec{\imath} + F_y\vec{\jmath} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{\overrightarrow{F}_{net} = m\vec{a}}$$

یادآوری: اندازه هر بردار به فرم $\vec{A} = A_x\vec{\imath} + A_y\vec{\jmath}$ برابر است با

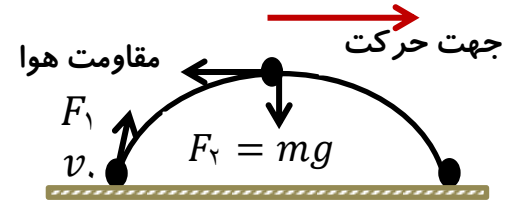
$$A = |\vec{A}| = \sqrt{A_x^۲ + A_y^۲}$$

۹ شکل روبرو نیروهای وارد بر توپ فوتبالی به جرم $۴۲۰g$ را در بالاترین نقطه مسیرش نشان می‌دهد که در آن $\overrightarrow{F}_۱$ نیروی مقاومت هوا و $\overrightarrow{F}_۲$ وزن توپ است. جهت و بزرگی شتاب توپ در این نقطه را تعیین کنید. از نیروهای دیگر وارد بر توپ صرف نظر می شود.

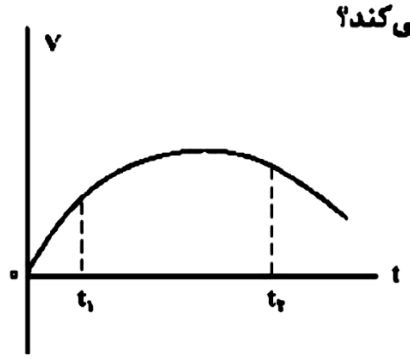


۱۰ مطابق شکل توپی به جرم $۱۰۰gr$ پرتاب می‌شود. اگر اندازه نیروی مقاومت هوای وارد شده به توپ در بالاترین نقطه مسیر ۲N باشد مطلوب است:

الف) بردار نیروی خالص وارد بر جسم در بالاترین نقطه



ب) بردار شتاب وارد بر جسم در بالاترین نقطه

	پ) اندازه نیرو خالص و شتاب جسم در بالاترین نقطه **د) جهت بردار نیروی خالص و جهت بردار شتاب در بالاترین نقطه.**
۱۱	**جسمی به جرم ۵ کیلوگرم تحت تاثیر سه نیروی $\vec{F}_۳$ و $\vec{F}_۲ = -۲۱\vec{i} + ۱۹\vec{j}\,, \vec{F}_۱ = -۱۵\vec{i} + ۸\vec{j}$ قرار گرفته و شتاب $\vec{a} = -۴\vec{i} + ۳\vec{j}$ را پیدا کرده است. اندازهٔ نیروی $\vec{F}_۳$ کدام است؟** **۱) ۴ ۲) ۲۰ ۳) ۲۸ ۴) ۴۸**
۱۲	**نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، به صورت شکل زیر است. بزرگی نیروی خالص وارد بر این متحرک (برایند نیروها) در بازهٔ زمانی بین $t_۱$ تا $t_۲$ چگونه تغییر می‌کند؟** **۱) پیوسته ثابت** **۲) پیوسته افزایش** **۳) ابتدا افزایش، سپس کاهش** **۴) ابتدا کاهش، سپس افزایش** 

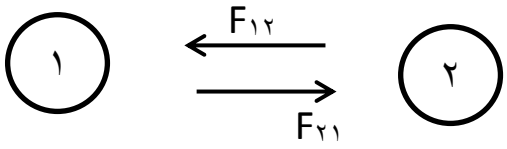
قانون سوم نیوتن

- نیرو اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.

- نیروها همواره به صورت جفت وجود دارند اگر یکی از این نیروها را کنش بنامیم نیروی دیگرواکنش نامیده می شود.

بیان قانون سوم

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



$$F_{۱۲} = F_{۲۱}$$

- نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می شوند و هم نوع اند.

۱۳

مثال ۲ـ۳

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

الف) شتابی که شخص دوم می‌گیرد چقدر است؟

ب) شتابی که شخص اول می‌گیرد چقدر است؟

۱۴

پرسش ۲-۵: شخصی در حال هل دادن جعبه‌ای سنگین روی سطح افقی است و این جعبه در جهت این نیرو حرکت می کند. با توجه به آنکه نیرویی که شخص به جعبه وارد می کند با نیرویی که جعبه به شخص وارد می‌کند هم اندازه است، توضیح دهید چگونه جعبه حرکت می‌کند؟

۱۵ **ت۱۵: وقتی در خودروی ساکنی نشسته اید و خودرو ناگهان شروع به حرکت می کند، به صندلی فشرده می‌شوید. همچنین اگر در خودروی در حال حرکتی نشسته باشید، در توقف ناگهانی به جلو پرتاب می‌شوید.**

الف) علت این پدیده ها را توضیح دهید.

ب) نقش کمربند ایمنی و کیسهٔ هوا در کم شدن آسیب ها در تصادف ها را بیان کنید.

۱۶ **ت۵: 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.

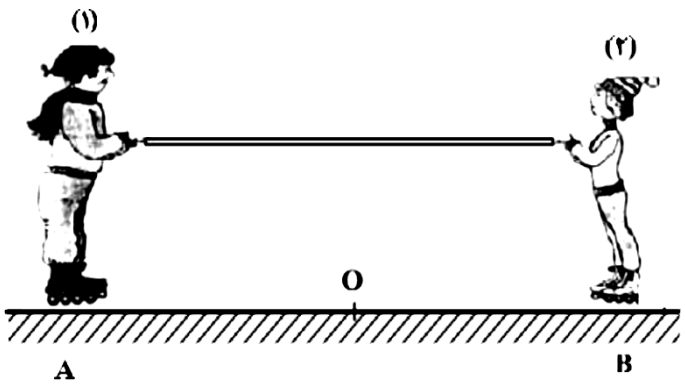
پ) قایقرانی در حال پارو زدن است.

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

۱۷ **مطابق شکل زیر، دو نفر به جرم‌های m_1 و $m_2 = \frac{1}{2}m_1$ روی یک سطح افقی با اصطکاک ناچیز قرار دارند. اگر در ابتدا به فاصله‌های مساوی از نقطهٔ O قرار داشته باشند و توسط طنابی هر یک دیگری را به سمت خود بکشد، کدام‌یک از موارد زیر درست است؟**



۱) در نقطهٔ O به یکدیگر می‌رسند.

۲) بین O و B به یکدیگر می‌رسند.

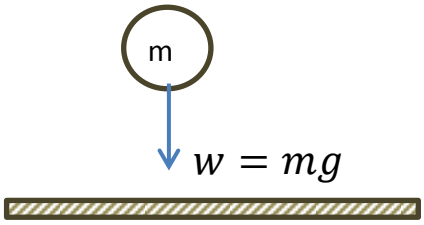
۳) بین O و A به یکدیگر می‌رسند.

۴) m_1 ساکن می‌ماند و m_2 به او می‌رسد.

تجربی خارج ۹۸

معرفی برخی از نیروهای خاص وارد بر جسم

نیروی وزن : وزن یک جسم روی زمین، نیروی گرانشی است که از طرف زمین بر جسم وارد میشود.



۱. جهت وزن و در نتیجه شتاب گرانش همواره به طرف زمین است.

۲. جرم یک جسم در مکان های مختلف ثابت است. اما وزن به مقدار g در آن مکان بستگی دارد.

۳. شتاب جاذبه (گرانش) در سطح زمین تقریباً N/kg ۹/۸ است.

۱۸	**ت ۱: سیبی را در نظر بگیرید که به شاخهٔ درختی آویزان است و سپس از درخت جدا می شود.** **الف) با رسم شکل نیروهای وارد بر سیب را قبل و بعد از جداشدن از درخت نشان دهید.** **ب) در هر حالت واکنش این نیروها بر چه اجسامی وارد می شود؟**
۱۹	**تمرین ۲ـ۱** الف) وزن قطعه‌ای طلا به جرم ۱۰۰ گرم را روی سطح زمین به‌دست آورید. ب) وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با نیروی گرانشی است که از طرف آن سیاره بر جسم وارد می‌شود. وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به‌دست آورید و با هم مقایسه کنید. ($g_{زمین} = ۹/۸N/kg$, $g_{ماه} = ۱/۶N/kg$, $g_{مریخ} = ۳/۷N/kg$)

نکته مهم: به هنگام رها کردن یک جسم از ارتفاع h از سطح زمین تندی برخورد جسم با زمین برابر است با:

الف) از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنیم $\leftarrow$ $v = \sqrt{2gh}$

ب) در حضور مقاومت هوا $\leftarrow$ $v = \sqrt{2ah}$

شتاب حرکت جسم

★ g **شتاب جسم در اثر نیروی جاذبه زمین بر جسم**

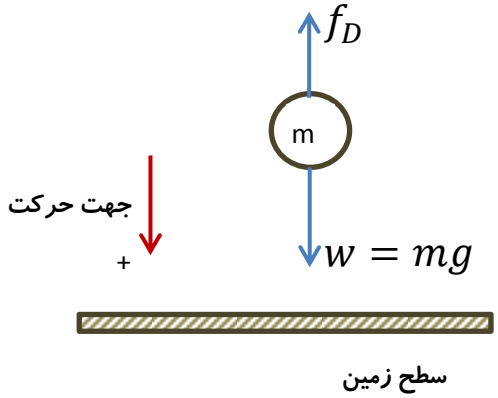
نیروی مقاومت شاره

وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می‌کند از طرف شاره نیروی در خلاف جهت حرکت جسم به آن وارد می‌شود که به آن نیروی مقاومت اشاره می گویند (f_D).

★ f_D **به بزرگی جسم، تندی آن ، شکل ظاهری و .... بستگی دارد. هرچه تندی جسم بیشتر باشد مقدار مقاومت شاره بیشتر خواهد بود.**

★ **اگر جسم در هوا حرکت کند به این نیروی (مقاومت شاره) مقاومت هوا می گویند**

بررسی سقوط یک جسم در حضور مقاومت هوا



$$F_{net} = ma$$

$$+w - f_D = ma$$

$$mg - f_D = ma$$

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

پس با توجه به داده‌های سوال شتاب حرکت جسم در این حالت، از یکی از دو رابطه زیر به دست میآید (جسم رها شود).

$$v = \sqrt{2ah}$$

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

۲۰	**چتربازی به جرم ۶۰kg مدتی پس از یک پرش آزاد، چترش را باز می‌کند. ناگهان نیروی مقاومت هوا به ۱۱۴۰N افزایش می‌یابد، شتاب چترباز را در این لحظه به دست آورید.(g=۱۰N/kg)**
۲۱	**ت۷ : چتربازی از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی قرار دارد، به بیرون می‌پرد و پس از مدتی چتر خود را باز می‌کند و در امتداد قائم سقوط می‌کند. حرکت چترباز را از لحظهٔ پرش تا رسیدن به زمین تحلیل کنید و نموداری تقریبی از تندی آن بر حسب زمان رسم کنید.**
۲۲	**دو جسم کروی هم اندازه با جرم‌های متفاوت $(m_۲ > m_۱)$ به طور هم زمان از ارتفاع h رها می‌شوند. اگر نیروی مقاومت هوا وارد بر هر کدام از جرمها در مسیر سقوط ثابت باشد،کدام عبارت صحیح است؟** **۱) نیروی مقاومت هوای وارد بر آنها متفاوت است.** **۲) جرم $m_۲$ با تندی بیشتری به زمین برخورد می‌کند.** **۳) هر دو کره با شتاب یکسانی سقوط می‌کنند.** **۴) شتاب سقوط هر کره از رابطه $a = g + f/m$ بدست می‌آید.**

تندی حدی

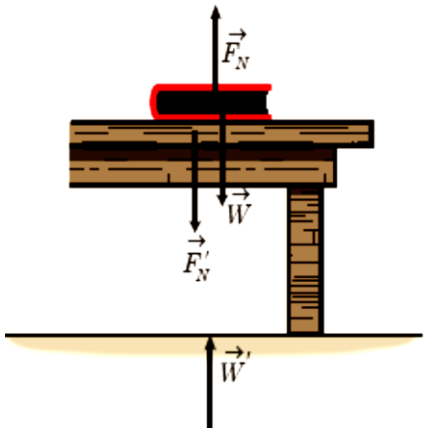
جهت حرکت جسم را مثبت در نظر می‌گیریم، $(v > ۰ , a < ۰)$ حرکت کندشونده و به تدریج تندی شخص کاهش می‌یابد با توجه به این $\left(\text{تندی} \propto f_D\right)$ نیروی مقاومت هوا نیز کم می‌شود تا اینکه $(f_D \propto mg)$ می‌شود پس از این شخص با تندی ثابتی موسوم به تندی حدی به طرف پایین حرکت می‌کند.

نکته: جهت شتاب همیشه در جهت نیروی برآیند وارد بر جسم ولی نمی‌توان گفت جهت حرکت همیشه در جهت نیروی برآیند وارد بر جسم است. مثلاً در ترمز خودرو یا لحظه باز کردن چتر، چترباز جهت حرکت خلاف جهت نیروی برآیند است به طور کلی در حرکت تند شونده جهت $F_{net}(a)$ و جهت حرکت همواره یکی هستند و در حرکت کند شونده در خلاف جهت هم هستند.

نیروی عمودی سطح (F_N)

هرگاه جسمی بر سطحی قرار گیرد، نیرویی از طرف سطح به طور عمود بر جسمی که با سطح در تماس است وارد می‌شود که برای جسم روی سطح افقی از قانون دوم نیوتن $(F_{net\,y}=0)$ بدست می‌آید.

نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم (سطح و جسم) است که این تغییر شکل مربوط به نیروهای بین مولکولی در سطح و جسم است.



نکته مهم: F_N و mg کنش و واکنش یکدیگر نیستند،

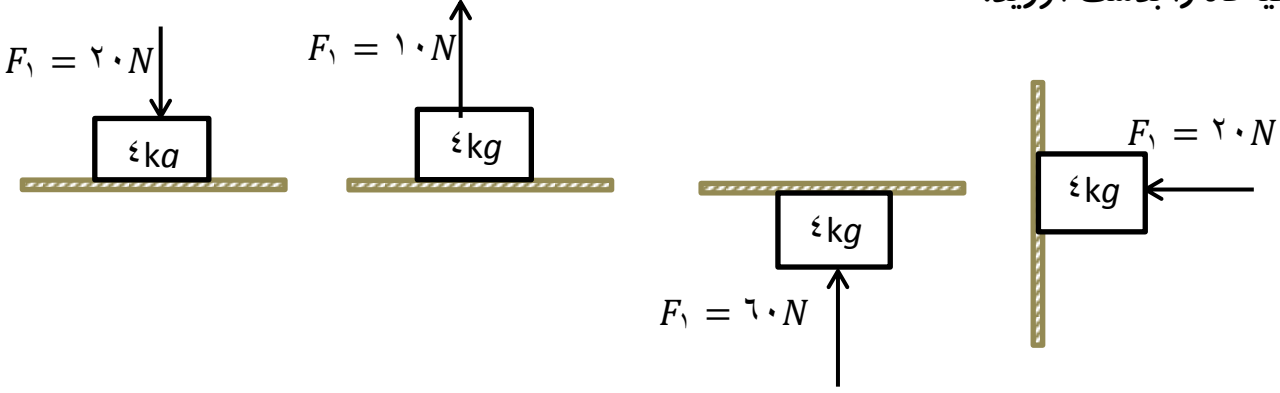
زیرا هر دو به یک جسم وارد شدند.

واکنش نیروی F_N، نیروی $\acute{F}_N$ است که به صورت عمودی و در خلاف د

می‌شود.

واکنش نیروی وزن، $\acute{W}$ است که از طرف جسم به زمین و در خلاف جهت W وارد می شود.

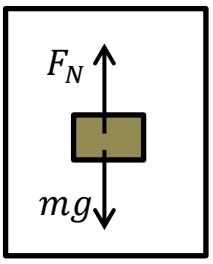
۲۳ در هر کدام از شکل‌های زیر، جسم در راستای عمود بر سطح جابجا نمی‌شود. اندازه نیروی عمودی تکیه‌گاه را بدست آورید.



محاسبه F_N در آسانسور [(عددی که ترازوی فنری نشان می دهد) یا نیروی وارد بر کف آسانسور]

نیروسنج (ترازوی فنری) نیروی وارد بر خودش یعنی $\acute{F}_N$ که واکنش F_N است را نشان می‌دهد ($\acute{F}_N = F_N$)،

آسانسور



در این حالت ترازو عدد بزرگتر از اندازه وزن را نشان میدهد.

$$F_N = m(g \pm a)$$

در این حالت ترازو عدد کوچکتر از اندازه وزن را نشان میدهد.

نکته: برای حالتی که جسم بر دیوار آسانسور تکیه داده است (نیروی اصطکاک) یا حالتی که جسم با فنر از سقف آویزان شده است (F_e) نیز رابطه فوق برقرار است.

- ✓ برای کلمات تند شونده (شروع به حرکت) و بالا علامت ⊕
- ✓ برای کلمات کند شونده (توقف) و پایین علامت ⊖

مثلاً اگر آسانسور به‌صورتی کند شونده بالا رود علامت داخل پرانتز می شود: (-).(+)=(-)

۲۴	شخصی درون آسانسوری ساکن، روی یک ترازوی فنری ایستاده است. در این حالت ترازو عدد ۶۰۰N را نشان می دهد. الف) جرم شخص چند کیلوگرم است؟ ب)وقتی آسانسور شتاب رو به بالای $۲m/s^۲$ دارد، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ پ) وقتی آسانسور شتاب رو به پایین $۲m/s^۲$ دارد، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ ت) اگر کابل آسانسور پاره شود و آسانسور سقوط آزاد کند، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟
۲۵	ت ۱۱: وزنه‌ای به جرم ۲kg را به انتهای فنری به طول ۱۲cm که ثابت آن ۲۰N/cm است می بندیم و فنر و از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. طول فنر را در حالت های زیر محاسبه کنید.

الف) آسانسور ساکن است.

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

پ) آسانسور با شتاب ثابت $۲m/s^۲$ از حالت سکون رو به پایین شروع به حرکت کند.

ت) آسانسور با شتاب ثابت $۲m/s^۲$ از حالت سکون رو به بالا شروع به حرکت کند.

۲۶ شخصی به جرم $۸۰\ kg$ درون آسانسوری قرار دارد. در لحظه‌ای که آسانسور با شتاب ثابت $۲\ \frac{m}{s^۲}$ تند شونده رو به پایین حرکت می‌کند، نیرویی که از طرف شخص به آسانسور وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ $\left(g = ۱۰\ \frac{m}{s^۲}\right)$

ریاضی ۹۳

۱) ۹۶۰ ۲) ۸۰۰ ۳) ۱۶۰ ۴) ۶۴۰

۲۷ شخصی به وزن $۶۰۰N$ درون آسانسوری روی یک ترازوی فنری ایستاده است و ترازو عدد $۴۸۰N$ را نشان می دهد. شتاب آسانسور چند $m/s^۲$ به کدام جهت است؟

۲۸ در کف یک آسانسور باسکولی نصب شده است. در یک حرکت، باسکول وزن شخص را بیش از حالت سکون نشان داده است. آن حرکت چگونه است؟

ریاضی ۹۸

۱) الزاماً تندشونده به طرف بالا ۲) الزاماً تندشونده به طرف پایین

۳) تندشونده به طرف بالا یا کندشونده به طرف پایین ۴) کندشونده به طرف بالا یا تندشونده به طرف پایین

۲۹ جسمی به جرم $5kg$ کف آسانسوری قرار دارد. وقتی آسانسور با شتاب روبه‌بالای $2\frac{m}{s^2}$ به سمت بالا می‌رود، نیرویی که از طرف جسم بر کف آسانسور وارد می‌شود N است و وقتی با شتاب روبه‌پایین $2\frac{m}{s^2}$ به سمت پایین می‌رود، نیروی وارد بر کف آسانسور N' است، اختلاف N و N' چند نیوتون است؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$

ریاضی خارج ۹۸

۱) صفر ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۴۰

نیروی اصطکاک

وقتی تلاش می کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت درآوریم، چه جسم حرکت کند (لغزش و غلتش) و چه ساکن بماند با مقاومتی روبرو می‌شویم که به آن نیروی اصطکاک گویند.

کشیدن یا هل دادن ترمز خودرو

حرکت عادی انسان و خودرو

۱. نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم، و زبری و نرمی آنها و (F_N) .....بستگی دارد.

۲. نیروی اصطکاک بین دو جسم به علت ناهمواری محل تماس دو جسم ایجاد می‌شود (هرچه ناهمواری کمتر اصطکاک کمتر) حتی سطوحی که بسیار هموار به نظر می‌آیند، ناهمواری های میکروسکوپی دارند که سبب اصطکاک می‌شوند.

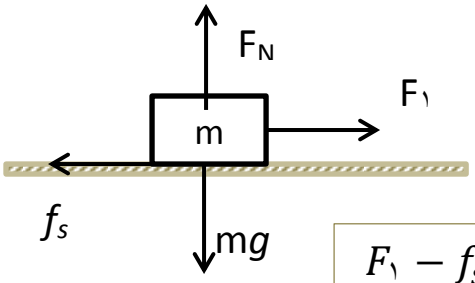
بررسی نیروی اصطکاک در سه حالت

الف) نیروی اصطکاک ایستایی ← f_s

ب) نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ← $f_{s,max}$

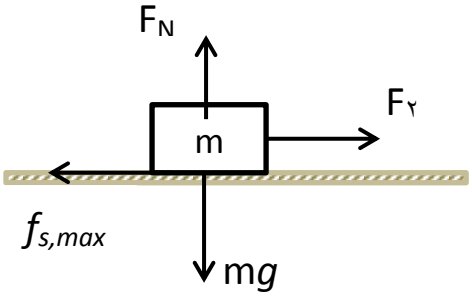
پ) نیروی اصطکاک جنبشی ← f_k

الف) تا زمانیکه جسم ساکن است



$$F_1 - f_s = ma = 0 \quad \Longrightarrow F_1 = f_s \ , \quad F_1 \uparrow \longrightarrow \ f_s \uparrow$$

ب) جسم در آستانه حرکت قرار گیرد



(همچنان جسم ساکن است)

$$F_2 - f_{s,max} = 0 \quad \Longrightarrow F_2 = f_{s,max}$$

آزمایش نشان می‌دهد که $f_{s,max} = \mu_s . F_N \quad \Longleftarrow \quad f_{s,max} \propto F_N$

که μ_s **ضریب اصطکاک ایستایی است.**

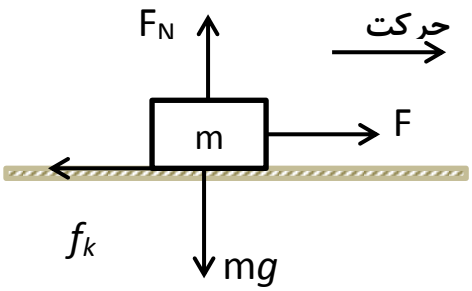
- μ_s **به جنس سطح تماس دو جسم و میزان صافی و زبری آنها بستگی دارد.**

- $f_{s,max}$ **، حداقل نیروی افقی لازم برای به حرکت در آوردن جسم ساکن است.**

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

ج) جسم روی سطح بلغزد

از طرف سطح بر جسم، نیروی اصطکاک جنبشی وارد می‌شود که موازی با سطح و در خلاف جهت لغزش جسم است.



$$f_k \propto F_N \quad \Longrightarrow \ f_k = \mu_k \ . F_N$$

ضریب اصطکاک جنبشی

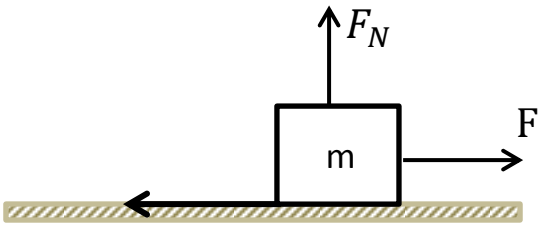
μ_k به مساحت سطح تماس بستگی ندارد بلکه به جنس سطح تماس دو جسم و میزان صافی و زبری آنها بستگی دارد.

- حرکت خودرو به هنگام ترمز یا کشیدن و هل دادن جسم روی سطح مثالهایی از این مبحث هستند.

معمولا $\mu_k < \mu_s \quad \leftarrow \quad f_k < f_{s,max}$

نکته مهم ۱: برای اینکه تشخیص دهیم در یک سوال اصلا جسم حرکت می‌کند یا خیر، ابتدا f_{sMax} را به دست می‌آوریم در صورتی جسم حرکت می کند که نیروهای خارجی وارد بر جسم در راستای حرکت از f_{sMax} بزرگتر باشند.

نکته مهم۲: F_N از طرف سطح بر جسم به طور عمود و f_k یا f_s از طرف ستاد برجسته به طور موازی با سطح وارد می شود.



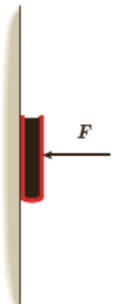
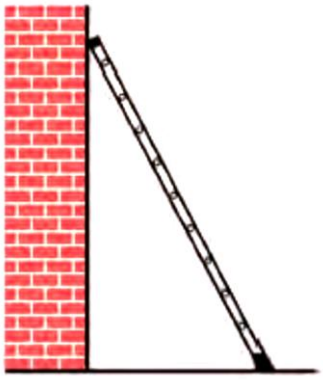
نیرویی که سطح بر جسم وارد می‌کند برابر است با:

f_k یا f_s

$$R = \sqrt{F_N{}^{۲} + F^{۲}{}_{k \text{ یا } s}}$$

۳۰	**در شکل نشان داده شده، شخص با نیروی ۲۰۰N جسم ۹۰ کیلوگرمی را هُل می دهد، اما جسم ساکن می ماند. ولی وقتی با نیروی ۳۰۰N جسم را هُل می دهد، جسم در آستانهٔ 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 $200\ N$ جسم را هُل دهد و ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جسم ۰/۲ باشد، شتاب حرکت جسم چقدر خواهد شد؟
۳۱	**ت۹: می خواهیم به جسمی که جرم آن $5kg$ است، شتاب $2m/s^2$ بدهیم .در هر یک از حالت های زیر، نیرویی را که باید به جسم وارد کنیم محاسبه کنید. از مقاومت هوا صرف نظر می شود.** **الف) جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت کند.** **ب) جسم روی سطح افقی با ضریب اصطکاک ۰/۲ 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.**
۳۲	**ت۱۰: قطعه چوبی را با سرعت افقی $10m/s$ روی سطحی افقی پرتاب می کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح ۰/۲۰ است.** **الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می‌ایستد؟**

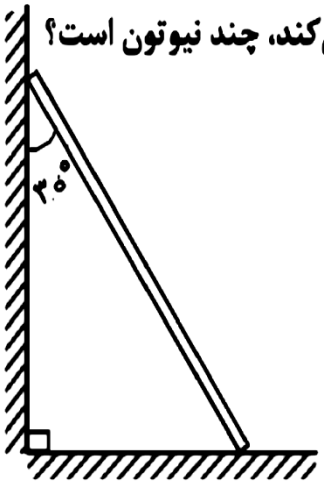
	ب) اگر از یک قطعه چوب دیگر استفاده کنیم که جرم آن دو برابر جرم قطعه چوب اول و ضریب اصطکاک جنبشی آن با سطح افقی با اولی یکسان باشد و با همان سرعت پرتاب شود، مسافت پیموده شدهٔ آن چند برابر می‌شود؟
۳۳	تمرین ۱۴: کتابی را مانند شکل با نیروی عمودی F به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته ایم. الف) نیروهای وارد بر کتاب را رسم کنید.  ب) اگر جرم کتاب ۲/۵ kg باشد، اندازهٔ 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؟
۳۴	م ۲-۱۰: در شکل روبه رو نردبانی به جرم ۲۰ kg به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان ۰/۴۶ است. در آستانهٔ سُرخوردن نردبان، الف) سطح زمین به نردبان چه نیرویی وارد می کند؟ 

ب) چه نیرویی از دیوار به نردبان وارد می شود؟

۳۵ ریاضی ۹۸:

نردبانی همگن به جرم $40\,kg$ مطابق شکل زیر، روی دیوار قائمی با اصطکاک ناچیز قرار دارد. اگر نیرویی که دیوار قائم به نردبان وارد می‌کند، $300\,N$ باشد، نیرویی که سطح افقی به نردبان وارد می‌کند، چند نیوتون است؟

$(g = 10\frac{N}{kg})$



۱) ۴۰۰

۲) ۵۰۰

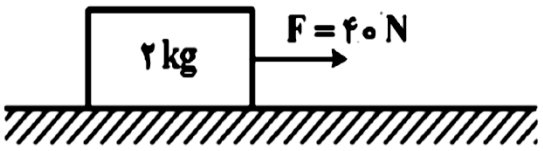
۳) ۶۰۰

۴) $250\sqrt{3}$

۳۶ رانندهٔ خودرویی به جرم ۲ تن که با سرعت $36\frac{km}{h}$ در یک مسیر مستقیم و افقی در حرکت است، با دیدن مانعی ترمز می‌کند. در اثر ترمز، خودرو با طی مسافت ۴ متر می‌ایستد. نیروی اصطکاک وارد شده بر خودرو چند نیوتون است؟

۱) ۷۵۰۰ ۲) ۱۲۵۰۰ ۳) ۱۵۰۰۰ ۴) ۲۵۰۰۰

۳۷ مطابق شکل زیر، جسمی روی سطح افقی ساکن است. به جسم نیروی افقی F وارد می‌شود. ۵ ثانیه پس از وارد شدن نیروی F مقدار این نیرو ۳۰ نیوتون کاهش می‌یابد، حرکت جسم پس از آن چگونه است؟ $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$



$\mu_s = ۰/۶$ و $\mu_k = ۰/۵$

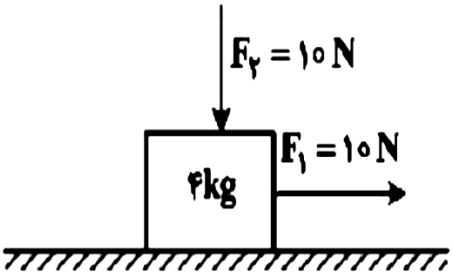
۱) جسم همان لحظه می‌ایستد.

۲) حرکت جسم با شتاب $۱ \frac{m}{s^۲}$ کند می‌شود.

۳) حرکت جسم با شتاب $۳ \frac{m}{s^۲}$ کند می‌شود.

۴) جسم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

۳۸ در شکل زیر، دو نیروی افقی و قائم به جسم وارد می‌شود و جسم روی سطح افقی با سرعت ثابت حرکت می‌کند و نیرویی که سطح به جسم وارد می کند، زاویهٔ $\theta_۱$ با سطح افقی می‌سازد. اگر نیروی $F_۲$ را خلاف جهت نشان داده شده در شکل به جسم وارد کنیم، نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، زاویهٔ $\theta_۲$ با سطح افقی می سازد. کدام درست است؟



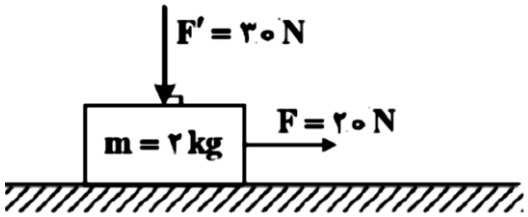
۱) $\theta_۲ = \theta_۱ < ۹۰^\circ$

۲) $\theta_۲ = \theta_۱ = ۹۰^\circ$

۳) $\theta_۲ < \theta_۱$

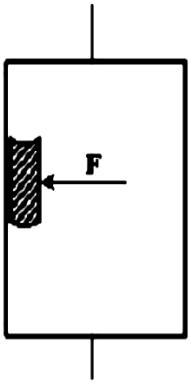
۴) $\theta_۲ > \theta_۱$

۳۹ در شکل زیر، به جسمی که روی سطح افقی در حال سکون بوده، نیروهایی مطابق شکل وارد می‌شوند. در مدت ۲s جسم چقدر جابجا می‌شود؟



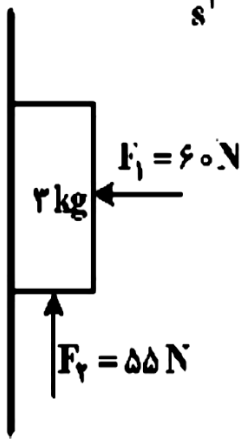
$\mu_k = ۰/۳$ ، $\mu_s = ۰/۳$

۴۰ شخصی درون آسانسوری که با شتاب ثابت $۲\frac{m}{s^۲}$ به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند، کتابی به جرم $۲kg$ را مطابق شکل زیر با نیروی افقی $F = ۳۲N$ به دیوار قائم آسانسور فشرده و کتاب نسبت به آسانسور ساکن است. نیرویی که کتاب به دیوار آسانسور وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۲۰
۲) ۲۴
۳) ۳۲
۴) ۴۰

۴۱ مطابق شکل زیر، جسم را با نیروی افقی $F_۱$ به دیوار قائمی می‌فشاریم و جسم ساکن می‌ماند. اگر نیروی قائم $F_۲$ نیز به جسم وارد شود، در این حالت نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

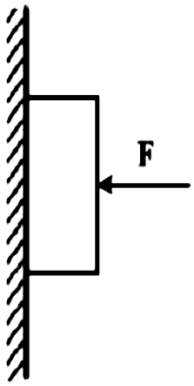


۱) $۳۰\sqrt{۳}$
۲) $۳۰\sqrt{۵}$
۳) ۶۵
۴) ۶۰

۴۲ صندوقی به جرم $۵۰kg$ روی سطح افقی قرار دارد. ابتدا صندوق را با نیروی ۲۵۰ نیوتون در راستای افقی هُل می‌دهیم و صندوق ساکن می‌ماند. در ادامه، نیروی افقی را به ۳۵۰ نیوتون می‌رسانیم، صندوق در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد. ضریب اصطکاک ایستایی چقدر است و نیروی اصطکاک در حالت اول چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) ۰/۷ و ۲۵۰
۲) ۰/۵ و ۲۵۰
۳) ۰/۷ و ۳۵۰
۴) ۰/۵ و ۳۵۰

۴۳ مطابق شکل زیر، جسمی به وزن $۲۰N$ توسط نیروی افقی $F = ۶۰N$ به حال سکون بر دیوارهٔ قائمی ثابت نگه داشته شده است. ضرایب اصطکاک ایستایی و جنبشی میان دیواره و جسم به ترتیب $۰/۶$ و $۰/۳$ است. در این حالت نیرویی به بزرگی $۱۰N$ موازی با دیواره روبه پایین به جسم وارد می‌شود. نیرویی که جسم به دیواره وارد می‌کند، چند نیوتون می‌شود؟



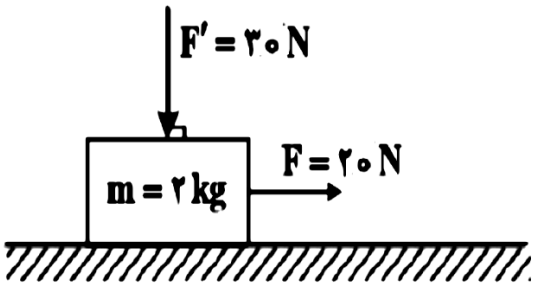
۱) ۳۰

۲) ۳۶

۳) $۳۰\sqrt{۳}$

۴) $۳۰\sqrt{۵}$

۴۴ در شکل زیر، به جسمی که روی سطح افقی در حال سکون بوده، نیروهایی مطابق شکل وارد می‌شوند. اگر ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جسم و سطح افقی $۰/۵$ و $۰/۳$ باشد، تغییر تکانه جسم در مدت ۲ ثانیه چند کیلوگرم متر بر ثانیه است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) صفر

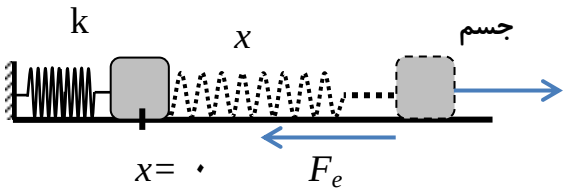
۲) ۹

۳) ۱۰

۴) ۲۸

نیروی کشسانی فنر، وارد بر جسم

اگر فنری را به اندازه x بکشیم یا فشرده کنیم،



فنر نیرویی به طرف نقطه تعادل به جسم وارد می‌کند.

$$F_e \propto x \rightarrow F_e = kx$$ قانون هوک

ثابت فنر: N/m — تغییرطول: متر (m)

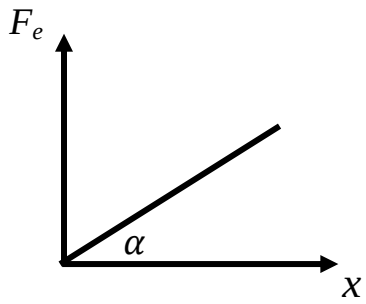
$$x = L_۲ - L_۱$$

طول ثانویه: متر (m) — طول اولیه: متر (m)

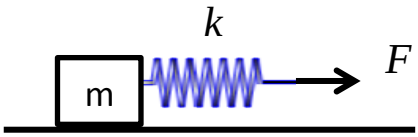
– ثابت فنر از مشخصات فنر است و به اندازه، شکل و ساختار ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد.

– هرچه فنر انعطاف‌پذیرتر باشد، k عددی کوچکتر است.

نمودار $F_e - x$



$$\alpha \uparrow \rightarrow k \uparrow$$

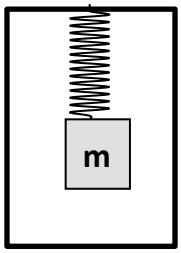


در شکل روبرو با نیروی F، فنر را کشیده، فنر نیز جسم را با نیروی F می‌کشد (در اینجا نیز چون از جرم فنر صرفنظر می‌کنیم نیروی کشش فنر در طول آن ثابت است).

نکته:

$$F_{e۱} = kx_۱$$
$$F_{e۲} = kx_۲$$
$$\Longrightarrow \quad \Delta F_e = k\Delta x \qquad \Delta x = x_۲ - x_۱$$

نکته: برای مسائل فنر آویزان در آسانسور نیز مانند محاسبه نیروی عمودی تکیه گاه عمل می‌کنیم.

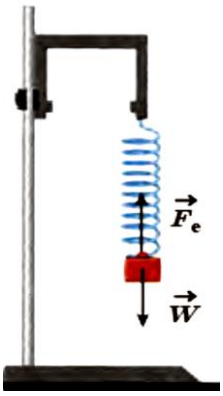


$$F_e = m(g \pm a)$$

شتاب آسانسور — جرم جسم آویزان — نیروی کشسانی فنر

تند شونده و بالا +

کندشونده و پایین -

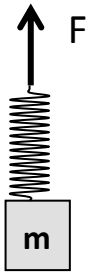
۴۵	**مثال ۲-۸: فنری به طول $L_0 = ۱۰\,cm$ را از یک نقطه آویزان می کنیم و به سر دیگر آن وزنهٔ ۲۰۰ گرمی وصل می کنیم. پس از رسیدن به تعادل، طول فنر به $L = ۱۲/۰\,cm$ می رسد.** **الف) ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟** **ب) اگر وزنه ای ۳۰۰ گرمی را به فنر وصل کنیم، پس از رسیدن به تعادل طول فنر چند سانتی متر می شود؟** 
۴۶	**فنری به ثابت ۵۰ N/m و طول ۴۰ cm به یک سقف آویزان است. اگر جسمی به وزن ۲N را به آن ببندیم در این صورت طول آن چقدر خواهد شد؟**
۴۷	**ثابت یک فنر ۲۵۰۰ N/m و طول آن ۱۲cm است. فنر از یک نقطه آویزان کرده و به انتهای آن وزنه-ای آویزان می‌کنیم. در این حالت طول فنر ۱۴cm می‌شود. وزن و جرم وزنه چقدر بوده است؟**

۴۸ **ت۴: در شکل روبه رو وقتی وزنهٔ $4kg$ را به فنر آویزان می کنیم، طول فنر $14\,cm$ می شود، و وقتی وزنهٔ $5\,kg$ را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر $15\,cm$ می‌شود.**

الف) ثابت فنر چقدر است؟

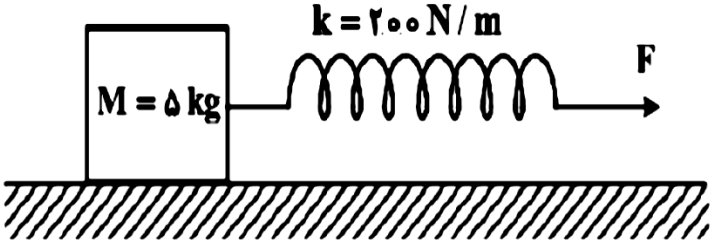
ب) طول عادی فنر(بدون وزنه) چند سانتی‌متر است؟

۴۹ **مطابق شکل مقابل جسمی به جرم $4kg$ فنری به ثابت k متصل شده است و جسم با شتاب $5m/s^2$ به صورت کندشونده به سمت بالا در حرکت است. اگر طول فنر نسبت به حالت عادی‌اش، $25cm$ افزایش یافته باشد، k چند واحد SI است؟**



۱) ۱۰ ۲) ۱۶۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۱۲۰

۵۰ **جسمی روی یک سطح افقی تحت‌تأثیر نیروی افقی F با سرعت ثابت کشیده می‌شود. اگر افزایش طول فنر در ضمن حرکت ۵ سانتی‌متر باشد، ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح کدام است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$**



۱) ۰٫۲

۲) ۰٫۲۵

۳) ۰٫۳

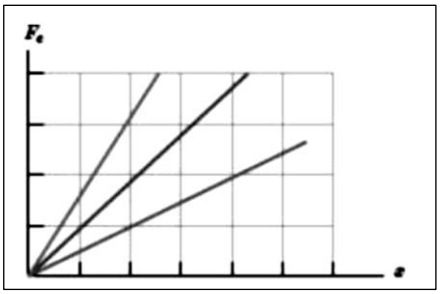
۴) ۰٫۴

۵۱ در شکل مقابل با نیروی افقی F جسم را از حال سکون روی سطح افقی می‌کشیم و بعد از ۵ ثانیه به سرعت ۱۰m/s می‌رسد. اگر جرم جسم برابر ۵kg و ضریب اصطکاک لغزشی جسم با سطح برابر ۰/۲ و ثابت فنر ۱۰۰N/m باشد.

الف) نیروی F چند نیوتن است؟

ب) فنر نسبت به حالت طبیعی‌اش چند سانتی‌متر کشیده شده است؟

۵۲ شکل مقابل، نمودار نیروی کشسانی بر حسب تغییر طول برای سه فنر متفاوت را نشان می دهد.



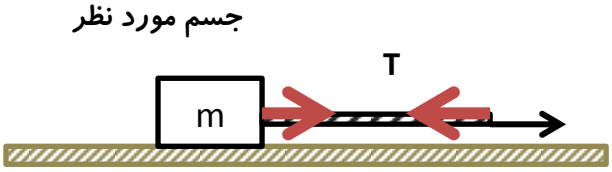
الف) ثابت سه فنر را با هم مقایسه کنید.

ب) کدام یک از فنرها انعطاف پذیرتر و کدام یک سفت تر است؟

پ) اگر هر سه فنر را به اندازه x بکشیم، نیروی کشسانی کدام فنر بیشتر است؟

نیروی کشش طناب (T)

هنگامی که طناب متصل به جسمی به جرم m را بکشیم، نیرویی رو به بیرون و در راستای طناب به جسم وارد می‌شود.



در اینجا از جرم طناب و کش آمدن آن صرفنظر می‌کنیم بنابراین طناب فقط به عنوان رابط بین دو جسم عمل می‌کند (جسم ۱ و ۲) و هر دو جسم (دست و جعبه) را بزرگی نیروی یکسان T می‌کشد برای محاسبه T رابطه خاصی وجود ندارد و در مسائل با نوشتن قانون دوم نیوتن برای جسم به دست می‌آید.

۵۳ **مثال۲-۹: در شکل روبه رو، کارگری جعبهٔ ساکنی را با طنابی افقی با نیروی ثابت افقی $۳۱۰\,N$ می‌کشد. اگر جرم جعبه $۱۰۰\,kg$ و ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جعبه و سطح به ترتیب ۰/۳ و ۰/۲۵ باشد،**

الف) آیا جعبه شروع به حرکت می‌کند؟

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

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

۵۴ **تمرین ۲-۶: کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم $۱۶\,kg$ را با طناب سبکی به طرف بالا می‌کشد. اگر شتاب رو به بالای سطل $۱/۲\ m/s^۲$ باشد، نیروی کشش طناب چقدر است؟**

تکانه و قانون دوم نیوتن

تکانه (اندازه حرکت)

حاصل‌ضرب جرم جسم (m) در سرعت آن $(\vec{v})$، تکانه جسم نامیده می‌شود. $\vec{p} = m\vec{v}$

تکانه کمیتی برداری است، دارای اندازه و جهت، که جهت آن همان جهت سرعت است و یکای آن $kg.m/s$ **است.**

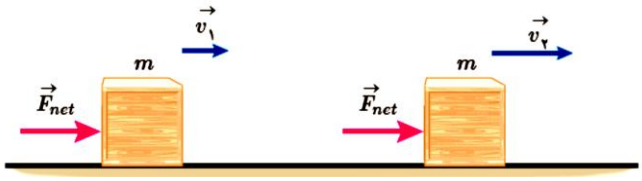
تغییر تکانه

$$\Delta p = p_۲ - p_۱ \quad \rightarrow \quad \Delta p = \Delta(mv) \quad \rightarrow \quad \Delta p = m.\,\Delta v$$

رابطه انرژی جنبشی و تکانه

انرژی جنبشی با مربع تکانه رابطه مستقیم دارد.

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲, \qquad K = \frac{p^۲}{۲m}, \qquad \frac{K_۲}{K_۱} = \frac{m_۱}{m_۲} \times \left(\frac{p_۲}{p_۱}\right)^۲$$



اگر سرعت جسمی به جرم m تحت تاثیر نیروی خالص $\vec{F}_{net}$ **در بازهٔ زمانی** Δt **از** $\vec{v}_۱$ **به** $\vec{v}_۲$ **برسد، طبق قانون دوم نیوتن داریم:**

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \xrightarrow{if \;\; a=a_{av}} \boxed{\vec{F}_{net} = \mathrm{m}\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}}$$

نیروی خالص وارد بر جسم، با تغییر تکانه جسم تقسیم بر زمان تغییرآن (آهنگ تغییر تکانه جسم) برابر است.

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

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

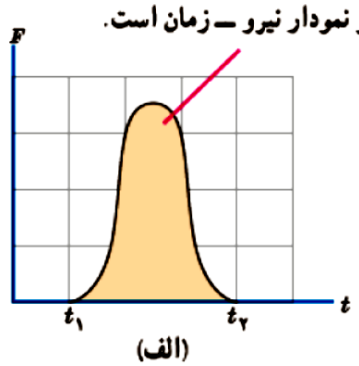
✓ در شرایط واقعی نیروی وارد بر یک جسم به ندرت ثابت است. اگر در بازهٔ Δt، نیروی وارد بر جسم ثابت نباشد، به جای نیروی خالص باید نیروی متوسط را در بازهٔ Δt به کار برد که در توجیه پدیده های فیزیکی کاربرد دارد.

$$\vec{F}_{av} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

✓ تغییر تکانهٔ یک جسم $\left(\Delta \vec{p} = \vec{F}_{av}.\Delta t\right)$ را می‌توان از مساحت زیر نمودار نیرو- زمان $(F-t)$ بدست آورد.

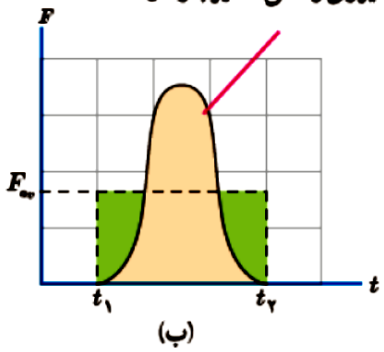
الف) نیروی خالص وارد بر یک جسم می‌تواند برحسب زمان تغییر کند.
ب) مقدار نیروی متوسط (F_{av}) (خط‌چین افقی) به‌گونه‌ای است که مساحت مستطیل $(F_{av}.\Delta t)$ برابر با مساحت سطح زیر منحنی شکل الف باشد.

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



(الف)

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

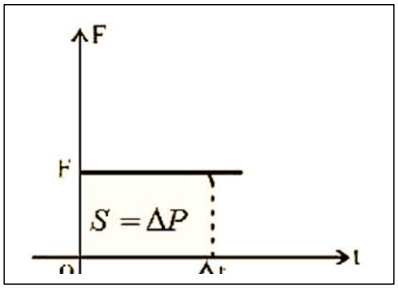


(ب)

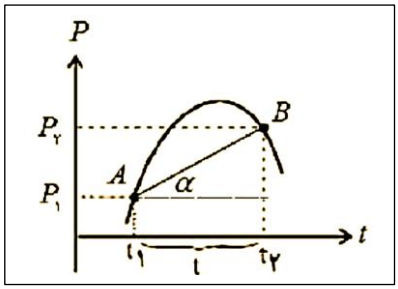
✓ تغییر تکانه ناشی از نیروی متوسط برابر با تغییر تکانه نیروی واقعی متغییر با زمان است.

$$\Delta p = F_{av}.\Delta t = [F_{net}]_t.\Delta t$$

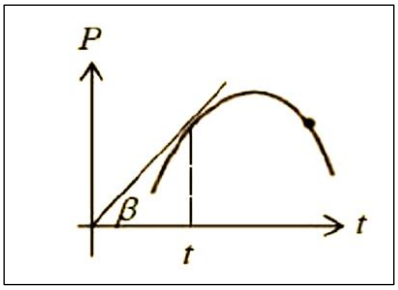
$$\Delta p = S_{F_{av}-t} = S_{F_t-t}$$



$$S = \Delta p$$



$$m = \tan\alpha = F_{av}$$



$$m = \tan\beta = F_{net}$$

نکات:

۱. شیب خطی که دو نقطه از نمودار تکانه- زمان را به هم وصل می‌کند، برابر نیروی متوسط وارد بر جسم است.

۲. شیب خط مماس بر نمودار تکانه- زمان در هر لحظه با نیروی خالص وارد بر جسم در آن لحظه برابر است.

۳. نمودار تکانه – زمان هر متحرکی از نوع نمودار سرعت- زمان آن متحرک است، یعنی اگر نمودار سرعت- زمان متحرک خط راست باشد، نمودار تکانه- زمان آن نیز خط راست است. یا اگر نمودار سرعت- زمان هر نوع منحنی دیگری باشد، نمودار تکانه – زمان نیز همان منحنی است.

۴. اگر نمودار تکانه – زمان جسمی از محور زمان دور شود، حرکت جسم تندشونده و اگر به محور زمان نزدیک شود، حرکت آن کندشونده می‌باشد.

۵. مشتق معادله تکانه برابر معادله نیرو می باشد.

۵۵

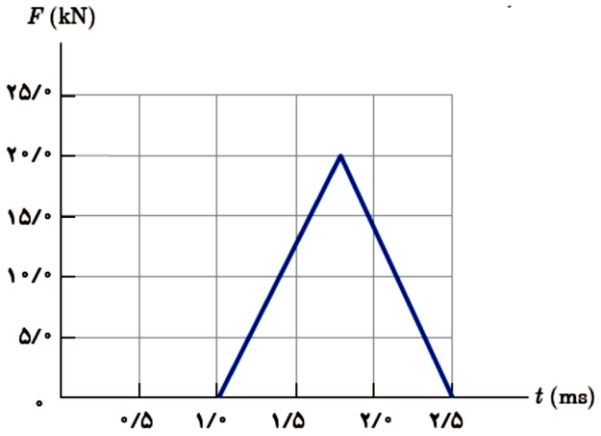
شکل روبه‌رو صحنه‌ای از یک آزمون تصادف را نشان می‌دهد که در آن خودرویی به جرم ۱۲۰۰kg به دیواری برخورد کرده و سپس برمی‌گردد. اگر تندی اولیه و نهایی خودرو به ترتیب ۵۴/۰ km/h و ۹/۰۰ km/h باشد و تصادف ۰/۱۵۰s طول بکشد،

الف) تغییر تکانهٔ خودرو را پیدا کنید.

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

۵۶	نشان دهید بین اندازهٔ تکانه (p) و انرژی جنبشی (K) جسمی به جرم m، رابطهٔ $K=\frac{p^{۲}}{۲m}$ برقرار است.
۵۷	گلوله‌ای به جرم ۱۰gr با سرعت $\vec{v}=(۵m/s)\vec{i}$ در حال حرکت است. الف) تکانه گلوله را تعیین کنید. ب) انرژی جنبشی گلوله را بدست آورید.
۵۸	گلوله ای به جرم $۲۰g$ در SI با سرعت $\vec{v}=۶\vec{i}+۸\vec{j}$ پرتاب شده است الف) تکانه گلوله را تعیین کنید. ب) انرژی جنبشی گلوله را به دست آورید.
۵۹	از یک لوله آتش نشانی آب آهنگ $۵۰\frac{kg}{s}$ با سرعت $۵\frac{m}{s}$ به دیوار مقابل برخورد می کند. نیروی متوسط وارد بر دیوار توسط آب را حساب کنید. (از برگشت آب از روی دیوار چشم پوشی کنید.)

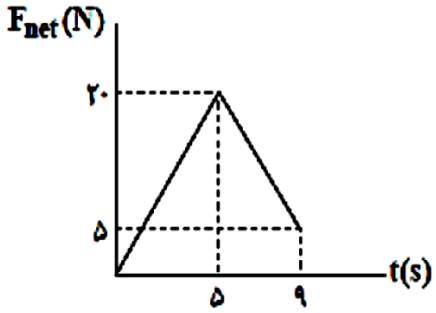
۶۰ **تمرین ۱۷: شکل زیر، منحنی نیروی خالص برحسب زمان را برای توپ بیسبالی که با چوب بیسبال به آن ضربه زده شده است، نشان می‌دهد. تغییر تکانهٔ توپ و نیروی خالص متوسط وارد بر آن را به دست آورید.**



۶۱ **معادله تکانهٔ جسمی به جرم ۲kg که در جهت محور x حرکت می‌کند در SI به صورت $p = ۴t^۲ - ۱۶t + ۲۰$ است. در چه لحظه‌ای تندی این جسم ۲m/s است؟**

۶۲ **مشابه تمرین۱۶:توپی به جرم ۳۰۰gr با تندی ۱۵m/s به طور افقی به بازیکنی نزدیک می‌شود. بازیکن با مشت به توپ ضربه می‌زند و باعث می‌شود توپ با تندی ۲۱m/s در جهت مخالف برگردد.**
الف: اندازه تغییر تکانه توپ را محاسبه کنید.
ب) اگر مشت بازیکن ۰/۰۶s با توپ در تماس باشد، اندازه نیروی متوسط وارد بر مشت بازیکن از طرف توپ را بدست آورید.

۶۳ نمودار نیروی خالص – زمان برای جسمی به جرم ۲ kg که از حال سکون روی خط راست شروع به حرکت می کند مانند شکل زیر است. تندی جسم در لحظهٔ $t = ۹s$ چند متر بر ثانیه است؟



۶۴ معادلهٔ تکانه – زمان جسمی به جرم۲kg که روی محورx حرکت می کند، در SI به صورت $P = ۲t - ۳$ می باشد. نوع حرکت جسم در ۲ثانیهٔ اول حرکت چگونه است و اندازهٔ شتاب متوسط جسم در این بازهٔ زمانی چند واحد SI است؟

۶۵ الف) نقش کیسه هوا در کم شدن آسیب ها در تصادف های رانندگی را بیان کنید.

ب) نقش تشک را در جلوگیری از آسیب رساندن به ورزشکاری که از مانع پرش عبور کرده و روی آن سقوط می کند ، توضیح دهید.

پ) دو قطعه گچ از لبه تخته کلاس سقوط می کنند. یکی مستقیماً به زمین برخورد کرده و می شکند و دیگری بر روی یک تخته پاک کن اسفنجی افتاده و نمی شکند. علت را توضیح دهید.

۶۶ جسمی به جرم ۵۰ گرم از ارتفاع ۶۰ متری رها می‌شود و در لحظه‌ای، سرعت آن به $۱۴\ \frac{m}{s}$ می‌رسد و یک ثانیه پس از آن، سرعت جسم به $۲۳\ \frac{m}{s}$ می‌رسد. تغییر تکانهٔ جسم در این یک ثانیه، چند کیلوگرم متر بر ثانیه است؟

۱) $\frac{۹}{۲۰}$ ۲) $\frac{۹}{۱۰}$ ۳) $\frac{۲۳}{۲۰}$ ۴) $\frac{۲۳}{۱۰}$

۶۷ سرعت گلوله ای به جرم $۰/۲kg$ تحت اثر نیروی ثابتی $\vec{V}_۱=۱۰\vec{i}-۸\vec{j}$ به $\vec{V}_۲=۶\vec{i}-۵\vec{j}$ می رسد (در SI). اگر زمان تأثیر نیرو برابر $۰/۱s$ باشد، بزرگی نیرون چند نیوتون است؟ (سراسری ۹۲)

۱) ۱۰ ۲) ۱۲ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

۶۸ جسمی به جرم $۴kg$ با سرعت $۱۰\frac{m}{s}$ در حرکت است. اگر با تغییر سرعت جسم، انرژی جنبشی آن ۹ برابر شود. بزرگی تکانه ی آن در SI چه قدر افزایش می یابد؟ (خارج از کشور ۹۱)

۱) ۱۲ ۲) ۸۰ ۳) ۳۲۰ ۴) ۳۶۰

۶۹ انرژی جنبشی یک دونده ی ۴۰ کیلوگرمی با انرژی جنبشی یک گلوله ی ۱۰۰ گرمی برابر است. در این حالت بزرگی تکانه ی دونده چند برابر بزرگی تکانه ی گلوله است؟ (خارج از کشور ۹۱)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۵ ۴) ۲۰

۷۰ دو گلوله ی A و B تکانه ی یکسانی دارند. اگر جرم گلوله ی B، سه برابر جرم گلوله ی A باشد و انرژی جنبشی گلوله ی A برابر $18J$ باشد، انرژی جنبشی گلوله ی B چند ژول است ؟ (خارج از کشور ۹۰)

۱) ۲ ۲) ۶ ۳) ۱۲ ۴) ۴۸

۷۱ معادله ی تکانه جسمی به جرم $0/5kg$ در SI به صورت $P = t^2 - 10t + 20$ است. نیروی متوسط وارد بر جسم در بازه ی زمانی $t_1 = 5s$ تا $t_2 = 7s$ چند نیوتون است؟ (خارج از کشور ۹۳)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۷۲ معادله‌ی تکانه‌ی جسمی به جرم ۵ kg، در SI به‌صورت $P = t^3 - 5t - 20$ است. شتاب حرکت جسم در لحظه‌ی $t = 5\ s$ چند متر بر مربع ثانیه است؟

۱) ۲۶ ۲) ۱۴ ۳) ۹ ۴) ۷

۷۳ جسمی به جرم $2kg$ روی سطح افقی بدون اصطکاکی با سرعت $5\frac{m}{s}$ در حال حرکت است. اگر نیروی افقی $F = 3N$ در جهت حرکت جسم به مدت ۴ ثانیه بر جسم وارد شود، در پایان این مدت، تکانه ی جسم چند $\frac{kg.m}{s}$ می شود؟ (سراسری ۹۰)

۱) ۱۲ ۲) ۱۸ ۳) ۲۲ ۴) ۳۸

۷۴ اگر تکانه گلوله ای در SI از ۲۰ به ۲۲ برسد، انرژی جنبشی گلوله چند درصد افزایش می یابد؟ (سراسری ریاضی ۹۸)

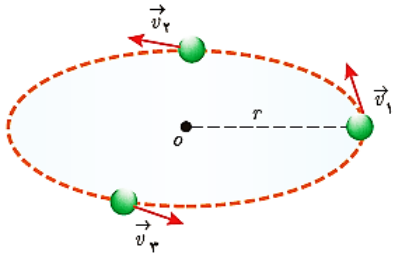
۷۵	معادله p-t ذره‌ای که بر محور x حرکت می‌کند در SI به صورت $p = t^۲ - ۲t - ۳$ اس. نوع حرکت آن از لحظهٔ $t = ۰$ تا $t = ۳s$ کدام است؟ ۱. همواره کندشونده ۳.ابتدا کندشونده و سپس تندشونده ۲. همواره تندشونده ۴. ابتدا تندشونده و سپس کندشونده
۷۶	گلوله‌ای در شرایط خلأ از ارتفاع ۴۵ متری رها می‌شود. این گلوله بعد از رسیدن به زمین ۰/۳ ثانیه طول می‌کشد تا سرعتش به صفر برسد. بزرگی نیروی متوسطی که در این ۰/۳ ثانیه به گلوله وارد می‌شود، چند برابر وزن گلوله است؟ $(g = ۱۰\ m/s^۲)$ ۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

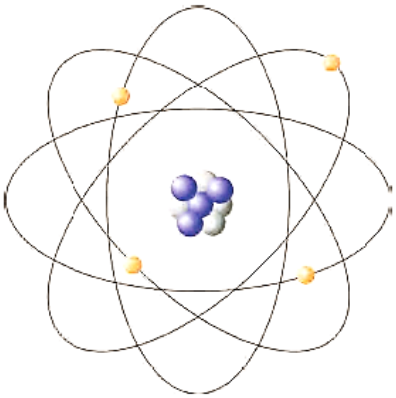
حرکت دایره‌ای یکنواخت

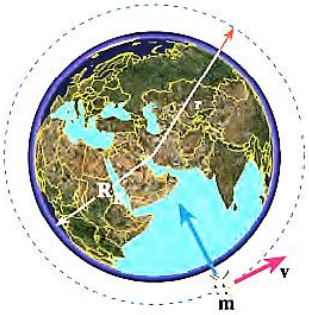
در صورتی که یکی از حالت های زیر رخ دهد حرکت شتاب دار خواهد بود.
۱- اندازه سرعت تغییر کند. ۲- جهت سرعت تغییر کند. ۳- اندازه و جهت سرعت با هم تغییر کنند.

حرکت دایره ای یکنواخت : حرکتی است روی مسیر دایره ای که در آن تندی (بزرگی سرعت) متحرک ثابت می ماند. مانند الکترونی که حول هسته می چرخد.

چون در حرکت دایره ای یکنواخت جهت سرعت تغییر می کند، این حرکت شتاب دار است.







دوره (T) : مدت زمانی که جسم روی مسیر دایره‌ای یک دور کامل می‌زند را دوره تناوب (دوره) می‌گویند.

- در حرکت دایره‌ای ذره محیط دایره $(۲\pi r)$ را با تندی v در زمان T طی می‌کند، داریم:

$$T = \frac{۲\pi r}{v}$$

بسامد یا فرکانس (f): تعداد دورهای یک ذره در هر ثانیه را بسامد می‌گویند و داریم: $T = \frac{۱}{f}$

تعداد دورهای یک ذره در هر دقیقه را rpm می‌نامند که رابطه آن با دوره به صورت زیر است:

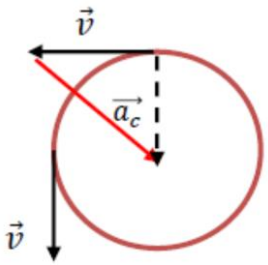
$$T = \frac{۶۰}{rpm}$$

اگر در حرکت دایره ای متحرکی در مدت زمان t ثانیه، n دور بزند، دوره تناوب آن برابر است با : $T = \frac{t}{n}$

n t
۱ T

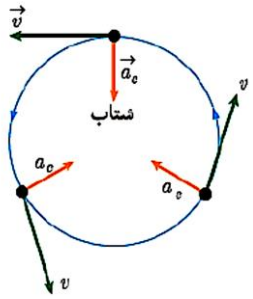
مسافت طی شده توسط جسم در مدت زمان t **:** $l = \frac{t}{T}(۲\pi r)$

l t
$۲\pi r$ T



شتاب در حرکت دایره ای یکنواخت : راستای شتاب در حرکت دایره ای یکنواخت، در راستای شعاع دایره و به سوی مرکز دایره است. به همین دلیل به آن شتاب مرکزگرا می گویند و از رابطهٔ زیر بدست می آید.

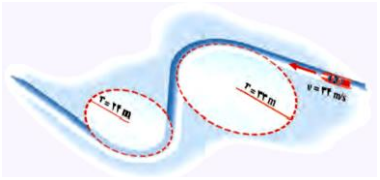
بر اساس تعریف شتاب متوسط، جهت شتاب متوسط همواره با جهت تغییر سرعت یکسان



$$a_c = \frac{V^۲}{r}$$

مقایسه شتاب مرکزگرا برای دو جسم : $\frac{a_{c_۲}}{a_{c_۱}} = \left(\frac{V_۲}{V_۱}\right)^۲ \times \frac{r_۱}{r_۲}$

۷۷	(پ۲-۸) چرا در حرکت دایره ای یکنواخت، ذره در بازه های زمانی برابر، مسافت های یکسانی را طی می کند؟
۷۸	(پ ۲-۹) دوره و بسامد عقربه ی ثانیه شمار، دقیقه شما ر و ساعت شمار یک ساعت عقربه ای چیست؟
۷۹	نشان دهید در حرکت دایره‌ای یکنواخت، شتاب مرکزگرا از رابطهٔ $a_c = \frac{۴\pi^۲ r}{T^۲}$ نیز به‌دست می‌آید که در آن T و r به ترتیب دورهٔ تناوب و شعاع دایره است.

۸۰	(ت۱۸) پره های یک بالگرد در هر دقیقه ۹۰۰ دور ($۹۰۰rpm$)می چرخند. طول پره ها را $۴m$ فرض کنید و کمیت های زیر را برای پره ها محاسبه کنید. الف) دوره ی تناوب پره ها ب) تندی در وسط و نوک پره ها پ) شتاب مرکزگرا در وسط و نوک پره ها
۸۱	(ت۲-۹) شکل روبه رو مسیر حرکت سورتمه ای را در مسابقه ی المپیک زمستانی نشان می دهد. سورتمه روی یک سطح افقی در حال حرکت است. اگر تندی حرکت سورتمه در کل مسیر $۳۴\frac{m}{s}$ باشد، شتاب مرکزگرای آن را در هریک از پیچ ها به دست آورید. 
۸۲	دو متحرک با دوره یکسانی روی دو دایره در حال چرخش اند. شعاع دایره دومی دو برابر اولی است. تندی و شتاب مرکزگرای دومی چند برابر اولی است؟
۸۳	خودرویی به جرم $۱۵۰۰kg$ در یک میدان به شعاع $۱۰۰m$ با تندی $۳۶\frac{km}{h}$ در حال دور زدن است. مطلوب است: الف) دوره ب) شتاب مرکزگرا پ) نیروی مرکزگرا
۸۴	یک دیسک گردان در شهر بازی در نظر بگیرید که توسط یک موتور الکتریکی با دوره $۱۲s$ به طور یکنواخت می چرخد. فرض کنید افرادی در فاصله های ۱ متری و ۲ متری از مرکز آن قرار دارند. الف) تعداد دور بر دقیقه (rpm) پره ی بالگرد چقدر است؟ ب) تندی این افراد را بدست آورید. پ) مسافتی که هر یک از این افراد در مدت $۳s$ طی کرده اند، محاسبه کنید.

مثال ۲ـ۱۳ مثال ۲ـ۱۴ مثال ۲ـ۱۵

نکته: شتاب جسم در حرکت دایره ای یکنواخت در راستای شعاع دایره و جهت آن به طرف مرکزدایره است.

– از قانون دوم نیوتون می دانیم شتاب یک جسم را نیروی خالص وارد بر آن ایجاد می کند و شتاب جسم همواره در راستا و جهت نیروی خالص وارد بر جسم است.

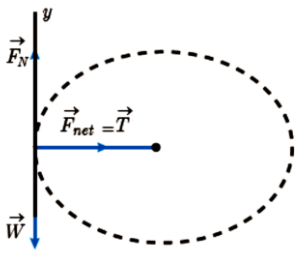
– در حرکت دایره ای یکنواخت یک نیروی خالص رو به مرکز، سبب ایجاد شتاب مرکزگرا می شود.

– به این نیروی خالص که منجر به حرکت دایره ای می شود، نیروی مرکزگرا می گوییم.

نیروی مرکزگرا : در حرکت دایره ای یکنواخت نیروی خالص وارد بر در راستای شعاع دایره و به سمت مرکز آن است و به همین دلیل به آن نیروی مرکزگرا می گویند و از رابطهٔ زیر بدست می آید.

$$F_{net} = ma \qquad F_c = F_{net} = m\frac{V^2}{r}$$

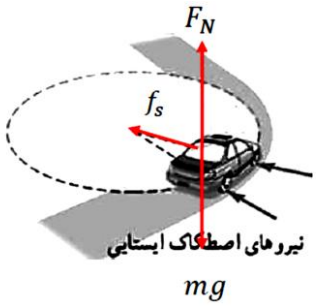
F_{net} بزرگی نیروی خالص وارد بر جسم در راستای شعاع و به طرف مرکز دایره است.



حرکت جسم متصل به طناب در مسیر دایره ای افقی بدون اصطکاک : اگر جسم متصل به طنابی روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت دایره ای طی کند، در این حالن نیروی کشش طناب برابر نیروی خالص وارد بر جسم است.

$$T = F_{net} = m\frac{V^2}{r}$$

حرکت خودرو در یک پیچ افقی یا حرکت مهره ای روی صفحه گردان بدون لغزش : در حرکت یک خودرو در پیچ افقی یا حرکت مهره روی صفحه گردان نیروی اصطکاک ایستایی نقش نیروی مرکزگرا را بر عهده دارد. در صورتی که خودرو با حداکثر تندی بدون انحراف پیچ جاده را طی کند نیروی مرکزگرا برابر نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه است و داریم:



$$\left.\begin{aligned} F_{net} &= ma \\ F_{net} &= m\frac{v^2}{r} \\ f_{s,max} &= m\frac{v^2}{r} \end{aligned}\right\} \Longrightarrow \quad \mu_s.mg = m\frac{v_m^2}{r} \Rightarrow v_{max} = \sqrt{\mu_s rg}$$

۸۵ خودرویی به جرم ۱۵۰۰kg را در نظر بگیرید که می خواهد در یک پیچ مسطح افقی به شعاع ۵۰متر بدون آنکه بلغزد، دور بزند. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین لاستیک و سطح جاده ۱ باشد، حدا کثر تندی خودرو چقدر می تواند باشد؟

۸۶ خودرویی به جرم ۳ تن در سطح افقی، مسیر دایره‌ای را به‌صورت یکنواخت طی می‌کند. اگر بزرگی نیرویی که از طرف سطح زمین برخودرو وارد می‌شود، $10^4 \times \sqrt{10}\,N$ باشد، نیروی مرکزگرای وارد بر خودرو چند نیوتون است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$

۱) 10^3 ۲) 10^4 ۳) 3×10^3 ۴) 3×10^4

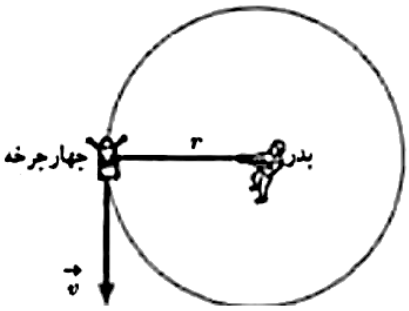
۸۷ (ت۲۰) حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین چرخ های خودرو و سطح جاده چقدر باشد تا خودرو بتواند با تندی $54\frac{km}{h}$ پیچ افقی مسطحی را که شعاع آن $50m$ است، دور بزند؟

۸۸ جسمی به جرم $۱۰۰g$ روی یک سطح افقی بدون اصطکاکی به نخی به طول $۲۰cm$ بسته شده و حرکت دایره ای یکنواخت انجام می دهد. اگر دوره چرخش جسم برابر $\frac{\pi}{۲}$ باشد،

الف) بزرگی نیروی کشش نخ چند نیوتون است؟

ب) شتاب مرکزگرا چقدر است؟

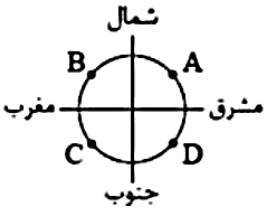
۸۹ پدری فرزند ۲۰ کیلوگرمی خود را در یک چهارچرخه ایمن ۵ کیلوگرمی قرار می دهد و با یک طناب ۲ متری، چهار چرخه را روی سطح افقی به گونه ای می کشد تا چهارچرخه روی دایره ای حرکت یکنواخت داشته باشد. اگر نیروی کشش طناب $۲۰۰N$ باشد و از اصطکاک صرف نظر شود.



الف) تندی چهارچرخه چقدر است؟

ب) دوره چهار چرخه چقدر است؟

۹۰ مسیر حرکت اتومبیلی که در یک سطح افقی، حرکت دورانی یکنواخت دارد، مطابق شکل زیر است. در کدام یک از نقاط زیر جهت شتاب اتومبیل به طرف جنوب غربی است؟ (سراسری ۹۵)



۱) A ۲) B ۳) A و C ۴) B و D

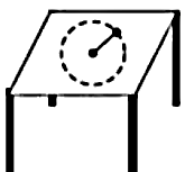
۹۱ پره ی یک هلی کوپتر با سرعت ۹۰ دور بر دقیقه می چرخد. اگر قطر دایره ای که لبه ی پره طی می کند، ۴ متر باشد، سرعت لبه ی پره چند متر بر ثانیه است؟ (خارج از کشور ۹۲)

۱) ۸ ۲) ۹ ۳) ۶π ۴) ۱۲π

۹۲ ذره ای درحال حرکت یکنواخت روی دایره ای به شعاع $۲m$ در صفحه xoy است. اگر بردار شتاب آن در SI در یک لحظه $\vec{a}=۳\vec{i}+۴\vec{j}$ باشد، بزرگی سرعت آن چند متر بر ثانیه است؟ (خارج از کشور ۹۴)

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) $\sqrt{۵}$ ۴) $\sqrt{۱۰}$

۹۳ در شکل نشان داده شده مهره ای به جرم $۲۰۰g$ را به یک سر نخ بسته و انتهای دیگر نخ به حلقه ای بسته شده است. اگر مهره روی میز بدون اصطکاک در یک مسیر دایره ای به شعاع $۲۵cm$ در هر ثانیه یک دور بزند. نیروی کشش نخ چند نیوتون است؟ $\pi \simeq \sqrt{۱۰}$ (خارج از کشور۹۴)



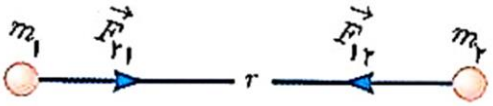
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۹۴ یک صفحه ی افقی حول یک محور قائم دوران می کند و در هر دقیقه ۶ دور کامل می چرخد. مکعبی به جرم $5kg$ روی این صفحه و در فاصله ی ۲ متری از محور دوران قرار دارد و بدون لغزش با صفحه می چرخد، نیروی اصطکاکی که بر مکعب وارد می شود، چند نیوتون است؟ ($g=10\frac{m}{s^2}$) (سراسری۹۷) ۱) ۸ ۲) ۲۰ ۳) $0/2\pi^2$ ۴) $0/4\pi^2$

نیروی گرانشی

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

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



نیروی گرانشی بین دو ذره:

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

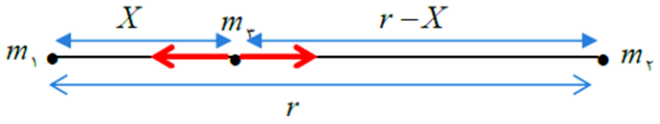
$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \Rightarrow F_{12} = F_{21} = F$$

G ثابت گرانش عمومی

$G = 6/67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$

جرم دو ذره m_1 و m_2 و فاصلهٔ آنها از یکدیگر r

نکته: در نقطه ای روی خط واصل دو ذره و نزدیک به ذره با جرم کوچکتر برآیند نیروهای گرانشی وارد بر ذره سوم، صفر است.

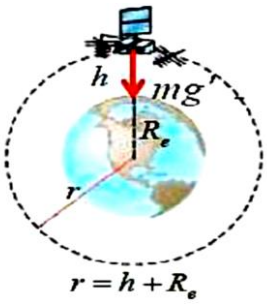


$$F_{13} = F_{23}$$
$$\frac{m_1}{x^2} = \frac{m_2}{(r-x)^2}$$

وزن و نیروی گرانشی

$$\left.\begin{array}{l} W = F \Rightarrow W = G\dfrac{M_e m}{R_e^2} \\ W = mg \end{array}\right\} \Rightarrow g = G\frac{M_e}{R_e^2}$$

محاسبه شتاب گرانش در ارتفاع h از سطح زمین



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

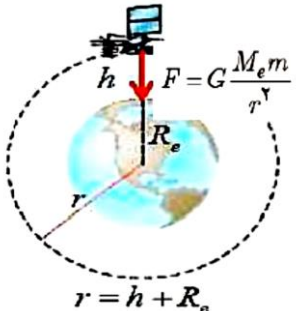
$$\rightarrow g_h = G\frac{M_e}{(R_e + h)^2} \qquad h=0 \Rightarrow g_0 = G\frac{M_e}{R_e^{\,2}}$$

مقایسه نیروی وزن یا شتاب جاذبه:

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{g_2}{g_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \left(\frac{R_e + h_1}{R_e + h_2}\right)^2$$

– منشأ نیروی مرکزگرایی که سبب چرخش ماه به دور زمین می‌شود و زمین به همراه هفت سیارهٔ دیگر نیز به دورخورشید می‌چرخند، منشأ نیروی مرکزگرای وارد بر زمین و سیارات دیگر همگی نیروی گرانشی می‌باشد.

منشأ نیروی مرکزگرا در حرکت ماه یا ماهواره به دور زمین:



حرکت جسم(ماه، ماهواره) به دور زمین : در این حرکت نیروی خالص(نیروی مرکزگرا) برابر نیروی گرانشی بین جسم و زمین است.

$$F_{net} = m\frac{V^2}{r}$$

$$F = G\frac{M_e m}{r^2} \qquad \Rightarrow G\frac{M_e . m}{r^2} = m\frac{V^2}{r} \qquad \Rightarrow V = \sqrt{\frac{G.M_e}{r}}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$$

در حرکت جسم به دور زمین مربع دوره گردش جسم با مکعب فاصله جسم از مرکز زمین نسبت مستقیم دارد.

$$T = \frac{۲\pi r}{V} \quad \Rightarrow \quad T^۲ = ٤\pi^۲ r^۲ \times \frac{r}{GM_e} \Rightarrow \quad T^۲ = \frac{٤\pi^۲ r^۳}{GM_e}$$

$$T^۲ \propto r^۳ \Rightarrow \left(\frac{T_۲}{T_۱}\right)^۲ = \left(\frac{r_۲}{r_۱}\right)^۳$$

۹۵ دو جسم به جرم های ۵ و ۸ کیلوگرم در فاصله ی ۲ متری از هم قرار دارند. نیروی گرانشی که به هم وارد می کنند را محاسبه کنید.

$G = ۶/۷ \times ۱۰^{-۱۱} \frac{N.m^۲}{kg^۲}$

۹۶ (ت۲۰) دو جسم در فاصله $۲۰/۰m$ از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک $۱/۰۰ \times ۱۰^{-۸} N$ ، جذب می کنند. اگر جرم یکی از اجسام $۶۷/۰kg$ باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟

$G = ۶/۷ \times ۱۰^{-۱۱} \frac{N.m^۲}{kg^۲}$

۹۷ (ت۲۲) الف) در چه ارتفاعی از سطح زمین، وزن شخص به نصف مقدار خود در سطح زمین می رسد؟

ب) اگر جرم ماهواره ای $۲۵۰kg$ باشد، وزن آن در ارتفاع ۳۳۶۰۰ کیلومتری از سطح زمین چقدر خواهد شد؟

$R_e = ۶۴۰۰km \ , \ M_e = ۶ \times ۱۰^{۲۴} kg$

۹۸ (ت۲۱) ماهواره ای به جرم $۶۰۰kg$ در مدار دایره ای به ارتفاع ۲۶۰۰ کیلومتر از سطح زمین به دور آن می چرخد. در این ارتفاع مطلوب است محاسبه :

$(R_e = ۶۴۰۰km \ , \ M_e = ۶\times۱۰^{۲۴}kg \ , \ G = ۶/۷\times۱۰^{-۱۱}\frac{N.m^۲}{kg^۲})$

نیروی گرانشی وارد بر ماهواره

۹۹ (ت۲۳) الف) شتاب گرانشی ناشی از خورشید در سطح زمین چقدر است؟

(جرم ماه : $۷/۴\times۱۰^{۲۲}kg$ ، جرم خورشید : $۲\times۱۰^{۳۰}kg$، فاصله زمین تا خورشید : $۱/۵\times۱۰^{۸}km$ ، فاصله زمین تا ماه: $۳/۸\times۱۰^{۴}km$)

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

۱۰۰ در چه فاصله ای از سطح زمین بر حسب R_e، وزن یک جسم $\frac{۱}{۳۶}$ برابر وزن آن در سطح زمین است؟

۱۰۱ دو سیارهٔ A و B که جرم سیارهٔ A، ۹ برابر جرم سیارهٔ B است در فاصلهٔ d از هم قرار دارند. سفینه ای به جرم ۱۰تن در بین دو سیاره به گونه ای قرار دارد که نیروهای گرانشی وارد شده از طرف دو سیاره بر این سفینه همدیگر را خنثی می کنند. سفینه در چه فاصله ای از سیارهٔ A، برحسب d قرار دارد؟

۱۰۲ در نقطه ای که فاصله اش تا سطح زمین n برابر شعاع زمین است. شتاب گرانش $\frac{۱}{۴}$ شتاب گرانش در سطح زمین است. n کدام است؟ (خارج از کشور ۹۱)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۰۳ جرم فضانوردی $۸۰kg$ است. اگر شتاب گرانش در سطح زمین $۹/۸\frac{m}{s^۲}$ و شعاع متوسط کره زمین $۶۴۰۰km$ باشد، وزن این فضا نورد وقتی داخل سفینه ای است که در ارتفاع ۶۴۰۰ کیلومتری سطح زمین به دور آن می چرخد، چند نیوتون است؟ (سراسری تجربی ۹۸)

۱) ۸۰۰ ۲) ۳۹۲ ۳) ۱۹۶ ۴) صفر

۱۰۴ (ت۲۴) سفینه ای به جرم $۳/۰۰\times۱۰^۴ kg$ در وسط فاصله ی بین زمین و ماه قرار دارد. نیروی خالصی را که از طرف زمین و ماه به این سفینه در این مکان وارد می شود، به دست آورید. $R_e=۶۴۰۰km \ , \ M_e=۶\times۱۰^{۲۴}kg$

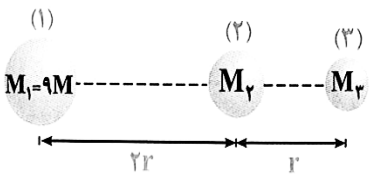
ب)در چه فاصله ای از زمین، نیروی گرانشی ماه و زمین سفینه، یکدیگر را خنثی می کنند؟

(در صورت نیاز از اطلاعات مسأله قبل استفاده شود.)

۱۰۵ یک ماهواره به جرم ۴۰۰kg در مداری به دور زمین می چرخد. اگر نیروی گرانشی وارد بر این ماهواره N ۱۶۸۰ باشد، فاصلهٔ مدار ماهواره از سطح زمین چند کیلومتر است؟ $(R_e=۶۴۰۰km, G=۷\times۱۰^{-۱۱}\frac{N.m^۲}{kg^۲}, M_e=۶\times۱۰^{۲۴}kg)$

۱۰۶ شعاع سیارهٔA، ۴ برابر شعاع سیارهٔ B و چگالی آن ۸ برابر چگالی سیارهٔ B می باشد. شتاب گرانشی روی سطح سیارهٔ A چند برابر شتاب گرانشی روی سطح سیارهٔ B است؟

۱۰۷ -سه سیاره مطابق شکل نشان داده شده قرار دارند. جرم سیارهٔ (۳) چه‌قدر باشد تا نیـروی خالص وارد شده به سیارهٔ (۲) صفر شود؟



۱) M ۲) ۱/۵M

۳) ۲M ۴) ۲/۲۵M

۱۰۸ ماهواره ای به جرم m روی مداری به شعاع r به دور زمین می چرخد. دوره گردش ماهواره متناسب با کدام است؟ (R_e شعاع زمین است.) (خارج از کشور ۹۰)

۱) $r^{\frac{۲}{۳}}$ ۲) $r^{\frac{۳}{۲}}$ ۳) $\frac{r}{m}$ ۴) $\frac{R_e}{r}$

۱۰۹ یک ماهواره در فاصله ی ۸۰۰ کیلومتری از سطح زمین دور می زند. اگر شتاب جاذبه در روی زمین $۹/۸\frac{m}{s^۲}$ و شعاع زمین $۶۴۰۰km$ باشد، سرعت ماهواره چند کیلومتر بر ساعت است؟(خارج از کشور ۹۰)

۱) ۴۴۸۰ ۲) ۸۹۶۰ ۳) ۱۳۴۴۰ ۴) ۲۶۸۸۰

۱۱۰ فاصله ی ماهواره ی A از سطح زمین به اندازه ی شعاع زمین و فاصله ی ماهواره ی B تا سطح زمین ۷ برابر شعاع زمین است. دوره ی گردش ماهواره ی B چند برابر دوره ی گرداش ماهواره ی A است؟ (سراسری ۹۱)

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۶

۱۱۱ ماهواره ای به جرم ۵۰۰ کیلوگرم در ارتفاع ۱۶۰۰ کیلومتری سطح زمین به دور آن می چرخد. نیروی مرکزگرای وارد بر ماهواره چند نیوتون است؟ ($R_e = ۶۴۰۰km$, $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$) (سراسری ریاضی ۹۸)

۱) ۵۰۰۰ ۲) ۳۲۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۶۴۰

۱۱۲ دو ماهواره A و B، هریک به جرم m به دور زمین می چرخند. فاصله ی ماهواره ی A تا سطح زمین R_e و فاصله ی ماهواره B تا سطح زمین $۳R_e$ است. بزرگی تکانه ماهواره A چند برابر بزرگی تکانه ماهواره B است؟ (R_e شعاع زمین است.) (خارج از کشور ۹۳)

۱) $\sqrt{۲}$ ۲) $\sqrt{۳}$ ۳) ۲ ۴) ۳

۱۱۳ ماهواره ای به جرم m در ارتفاع h از سطح زمین به دور آن می چرخد. اگر نیروی مرکزگرای آن $\frac{۱}{۱۶}$ وزن ماهواره در سطح زمین باشد، ارتفاع h چند برابر شعاع زمین است؟ (سراسری ۹۳)

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۹ ۴) ۱۶