به نام خدا

فیزیک دوازدهم ریاضی

فصل دوم: دینامیک

تهیه و تنظیم: مهدی بهشتی

(هیچ انسانی مالک هیچ علمی نیست! استفاده از این جزوه بدون ذکر نام گردآورنده، کاملاً آزاد است)

❖ نیرو

هر کشش یا رانشی نیرو نامیده می شود. نیرو، بر هم کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.

نیرو کمیتی برداری است و با حرف F نشان داده می شود و یکای آن نیوتن است.

نیرو می تواند موجب افزایش یا کاهش سرعت حرکت یک جسم یا تغییر مسیر آن شود. نیرو می تواند شکل یک جسم را نیز تغییرل دهد.

❖ قوانین نیوتن

قانون اول: هر جسمی، حالت سکون و یا حرکت یکنواخت خود را روی خط راست حفظ می‌کند مگر آن که نیروی خالص غیر صفری به آن وارد شود.

- ✓ **نیروهای متوازن**: وقتی برایند نیروهای وارد بر جسم، صفر باشد، می گوییم نیروهای وارد بر جسم، متوازن هستند.
- ✓ **لختی**: بر اساس قانون اول نیوتن، اجسام تمایل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آن ها صفر است، حفظ کنند. یعنی اگر ساکن باشند ساکن باقی بمانند و اگر در حال حرکتند، به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه دهند. به این خاصیت اجسام، لختی گفته می شود.
  - **پرسش**: چرا اگر اتومبیل در حال حرکت ترمز کند، شخص به جلو پرتاب می شود؟

قانون دوم: اگر بر یک جسم نیروهایی وارد شود، شتابی می‌گیرد که با برایند نیروهای وارد بر جسم نسبت مستقیم دارد و با آن هم جهت است و با جرم جسم نسبت وارون دارد.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad \text{یا} \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

قانون سوم: هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم هم به جسم اول نیرویی هم اندازه، هم راستا و در خلاف جهت وارد می‌کند. (**قانون کنش و واکنش**)

- **توجه**: مفهوم قانون سوم نیوتن این است که نیروهای موجود در طبیعت، همواره به صورت دو تایی بوده و نیروی تک در طبیعت وجود ندارد.

- **توجه**: نیروهای کنش و واکنش همواره هم نوعند. مثلاً هر دو گرانشی، الکتریکی یا مغناطیسی اند .

تمرین۱) جسمی بر روی یک میز افقی به حال تعادل قرار دارد. نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و عکس العمل این نیروها را نیز مشخص کنید.

- **پرسش:** اگر بنابر قانون سوم، نیروهای عمل و عکس العمل با هم برابرند، چرا اسب می تواند درشکه را به حرکت درآورد؟

تمرین۲) سه نیرو، هم زمان بر وزنه ای به جرم ۵ kg اثر می کنند. اگر بردار نیروها در SI به صورت $\overrightarrow{F_1} = 20\vec{i} - 50\vec{j}$ ، $\overrightarrow{F_2} = 10\vec{i} + 20\vec{j}$ و $\overrightarrow{F_3} = -10\vec{j}$ باشند، بزرگی شتاب حاصل از این نیروها چند متر بر مربع ثانیه است؟ (س ر خ ۹۳)

۱) 5 ۲) $5\sqrt{2}$ ۳) 10 ۴) $10\sqrt{2}$

تمرین۳) زنجیری شامل ۵ حلقه مشابه که جرم هر کدام ۱۰۰ گرم است، با نیروی F=۱۰ N در راستای قائم به بالا کشیده می شود. اگر برایند نیروهای وارد بر بالاترین حلقه $\acute{F}$ و برایند نیروهای وارد بر پایین ترین حلقه F'' باشد، نسبت $\frac{\acute{F}}{F''}$ کدام است؟ (س ر خ ۹۴)

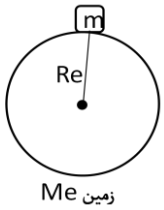
۱) ۱ ۲) $\frac{10}{3}$ ۳) ۳ ۴) ۴

❖ شناخت نیروها

۱ -**نیروی گرانش**: بنابر **قانون گرانش نیوتن**، «هر دو جسم به هر فاصله‌ای از هم باشند همدیگر را می‌ربایند. این نیرو با حاصل ضرب جرم دو جسم رابطه مستقیم و مجذور فاصله رابطه عکس دارد.»

$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ ثابت جهانی گرانش $G = 6/67 \times 10^{-11}\ \frac{Nm^2}{kg^2}$

❖ **محاسبه نیروی جاذبه زمین** (وزن جسم): وزن نیروی گرانشی است که از طرف زمین به جسم وارد می شود.



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

از این رابطه، شتاب گرانشی (g) را نیز می توان بدست آورد:

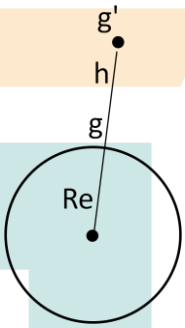
$$W = mg \Rightarrow g = G\frac{M_e}{{R_e}^2}$$

❖ **نکات شتاب گرانشی زمین** (g):

۱ -شتاب گرانشی در هر نقطه از سطح زمین به جرم جسمی که در آن نقطه قرار دارد بستگی نداشته و فقط به مشخصات کره زمین (M_e و R_e) بستگی دارد.

۲ -زمین کاملاً کره نیست بلکه به شکل بیضی است به طوری که شعاع آن در استوا بیشترین و در دو قطب کمترین مقدار خود را دارد؛ پس g در استوا کمترین و در دو قطب بیشترین مقدار را دارد.

۳ -اگر از سطح زمین دور شویم شتاب گرانشی کاهش یافته و اندازه آن با مجذور فاصله از مرکز زمین نسبت عکس دارد.



زمین

ارتفاع

تمرین۴) پایان فصل

دو جسم در فاصلهٔ ۲۰/۰m از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک $۱/۰۰\times۱۰^{-۸}N$، جذب می‌کنند. اگر جرم یکی از اجسام ۵۰/۰kg باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟

تمرین۵) در ارتفاع R_e از سطح زمین شتاب گرانشی چقدر است؟

تمرین۶) در چه ارتفاعی از سطح زمین، شتاب گرانشی $\frac{1}{9}$ شتاب گرانشی در سطح زمین است؟

تمرین۷) س ر ۹۶:

فرض کنید سیاره‌ای باشد که شعاع آن نصف شعاع زمین و جرم آن $\frac{۱}{۴}$ جرم کرهٔ زمین باشد، شتاب گرانی در سطح آن سیاره، چند برابر شتاب گرانی در سطح کرهٔ زمین خواهد شد؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) ۱ ۴) ۲

تمرین۸) پایان فصل

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

ب) اگر جرم ماهواره‌ای $۲۵۰kg$باشد، وزن آن در ارتفاع ۳۶۰۰۰ کیلومتری از سطح زمین چقدر خواهد شد؟

($M_e=۵/۹۸\times۱۰^{۲۴}kg$ و $R_e=۶۴۰۰km$)

تمرین۹) پایان فصل

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

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

$M_{ماه}=۷/۳۶\times۱۰^{۲۲}kg$ و $M_{خورشید}=۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}kg$

فاصلهٔ زمین تا خورشید $=۱۴۹/۶\times۱۰^{۶}km$

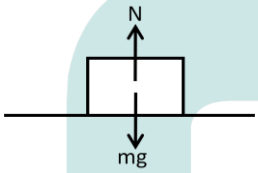
فاصلهٔ زمین تا ماه $=۳/۸۴\times۱۰^{۵}km$

تمرین۱۰) پایان فصل

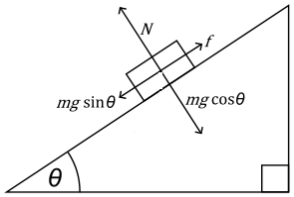
الف) سفینه‌ای به جرم $۳/۰۰\times۱۰^{۴}\text{kg}$ در وسط فاصلهٔ بین زمین و ماه قرار دارد. نیروی گرانشی خالصی را که از طرف زمین و ماه به این سفینه در این مکان وارد می‌شود به‌دست آورید (از داده‌های مسئله‌های قبل استفاده کنید).

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

۲ -**نیروی عمودی تکیه گاه**: نیرویی که از طرف سطح بر جسمی که روی آن قرار گرفته به صورت عمودی وارد می گردد.



در سطح افقی



در سطح شیبدار

تمرین۱۱) شخصی به جرم $۸۰\ \text{kg}$ درون آسانسوری قرار دارد. در لحظه ای که آسانسور با شتاب ثابت $2\ \frac{m}{s^2}$ تندشونده رو به پایین حرکت می کند، نیرویی که از طرف شخص به آسانسور وارد می شود، چند نیوتن است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (س ر ۹۳)

۱) ۹۶۰ ۲) ۸۰۰ ۳) ۱۶۰ ۴) ۶۴۰

تمرین۱۲) پایان فصل

دانش‌آموزی به جرم $۵۰/۰\ \text{kg}$ روی یک ترازوی فنری در آسانسور ایستاده است. در هر یک از حالت‌های زیر این ترازو چند نیوتون را نشان می‌دهد؟ $(g=۹/۸۰\text{N/kg})$

الف) آسانسور ساکن است.

ب) آسانسور با سرعت ثابت حرکت می‌کند.

پ) آسانسور با شتاب $۱/۲\text{m/s}^۲$ به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند.

ت) آسانسور با شتاب $۱/۲\text{m/s}^۲$ به طرف پایین شروع به حرکت می‌کند.

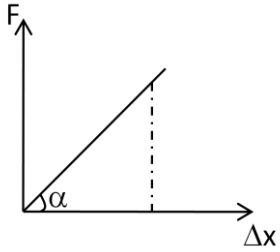
تمرین۱۳) س ر ۹۸

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؟

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

۳ - **نیروی فنر**: نیروی لازم برای کشیدن یا فشرده کردن فنر به اندازه Δx از رابطه زیر بدست میآید:

k : ثابت فنر یا ضریب سختی فنر $\overset{\text{یکا}}{\Rightarrow} \frac{N}{m}$ رابطه قانون هوک $\vec{F} = k\,\overrightarrow{\Delta x}$



❖ **نکات**:

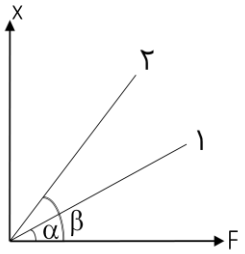
۱) k به جنس و ساختمان فنر بستگی دارد.

۲) نمودار نیرو بر حسب تغییر طول فنر خط راستی است که:

الف) شیب آن برابر با ثابت فنر است. $(\tan \propto = k)$

ب) سطح زیر نمودار برابر با انرژی پتانسیل کشسانی فنر است.$(S = U = \frac{1}{2}kx^2$ مساحت$)$

تمرین۱۴) جسمی را به دو فنر ۱ و ۲ متصل نموده ایم. اگر نمودار تغییر طول فنر بر حسب نیروی وارد بر آن به صورت زیر باشد، در این صورت: (ت)



۱) $k_1 = k_2$ ۲) $k_1 < k_2$ ۳) $k_1 > k_2$ ۴) $k_1 \geq k_2$

تمرین۱۵) طول فنری به ازاء وزنه ۱۰۰ گرمی ۸ cm و به ازاء وزنه ۳۰۰ گرمی ۱۰ cm می شود. طول عادی فنر بدون وزنه چقدر است؟ (فنر به صورت قائم آویخته شده است)

تمرین۱۶) فنری به طول ۳۰ سانتی متر را از نقطه ای آویزان می کنیم و به انتهای آن کفه ای می بندیم. اگر در کفه وزنه ۱۰۰ گرمی قرار دهیم، طول فنر ۳۶ سانتی متر می شود و اگر وزنه ۲۰۰ گرمی قرار دهیم، طول آن ۴۰ سانتی متر می گردد. جرم کفه چند گرم است؟

تمرین۱۷) پایان فصل

وزنه‌ای به جرم ۲/۰ kg را به انتهای فنری به طول ۱۲cm که ثابت آن ۲۰N/cm است می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. طول فنر را در حالت‌های زیر محاسبه کنید.

الف) آسانسور ساکن است.

ب) آسانسور با سرعت ثابت ۲/۰m/s رو به پایین در حرکت است.

پ) آسانسور با شتاب ثابت ۲/۰m/s² از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت کند.

ت) آسانسور با شتاب ثابت ۲/۰m/s² از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند.

آزمایش۱) آزمایشی برای پیدا کردن ثابت یک فنر طراحی کنید.

۴ - **نیروی کشش نخ**: وقتی نخ یا طنابی جسمی را می کشد، جسم نیز بنابر قانون سوم نیوتن با همان نیرو نخ را در جهت مخالف می کشد که به آن نیروی کشش نخ گفته می شود. این نیرو با حرف T نشان داده می شود.

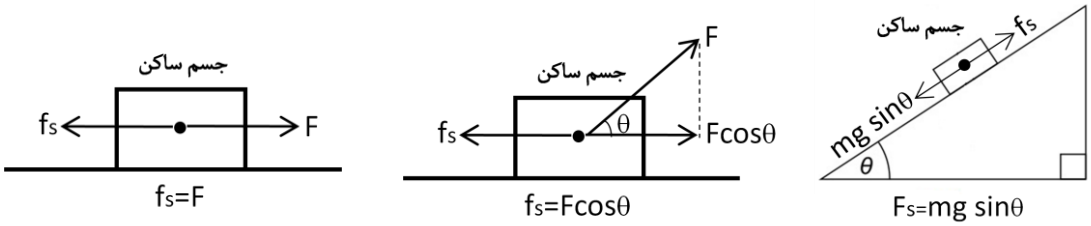
تمرین۱۸) کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم ۱۶ کیلوگرم را با طناب سبکی بالا می کشد. اگر شتاب رو به بالای سطل، $1/2\ m/s^2$ باشد، نیروی کشش طناب چند نیوتن است؟

۵ - **نیروی اصطکاک**: نیروی اصطکاک اگر از شروع حرکت جلوگیری کند، اصطکاک ایستایی (f_s) نام دارد و اگر در برابر حرکتی که شروع شده مخالفت کند، اصطکاک جنبشی (f_k) نامیده می‌شود.

نیروی اصطکاک جنبشی با نیروی عمودی سطح نسبت مستقیم دارد. ⇨ $f_k = \mu_k . N$

❖ **نکات اصطکاک:**

نکته اول- تا هنگامی که جسم ساکن باشد، نیروی اصطکاک برابر با مؤلفه نیروی محرک در امتداد سطح است:



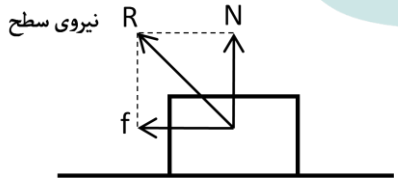
نکته دوم- حداکثر نیروی اصطکاک ایستایی لحظه‌ای است که جسم در آستانه لغزش قرار گیرد که آن را با $f_{s_{max}}$ نشان می‌دهیم و متناسب با نیروی عمودی سطح است: $f_{s_{max}} = \mu_s . N$

نکته سوم- در حالت سکون، اصطکاک ایستایی (f_s) با افزایش نیروی محرک افزایش می یابد تا به بیشترین مقدار خود $f_{s_{max}}$ برسد: $0 \leq f_s \leq f_{s_{max}}$

نکته چهارم- برای هر سطح ضریب اصطکاک جنبشی از ضریب اصطکاک ایستایی کوچکتر است:

$\mu_k < \mu_s$

نکته پنجم- از طرف سطح دو نیرو بر جسم وارد می‌شود: ۱- نیروی اصطکاک (f) ۲- نیروی عمودی سطح (N) که برآیند آنها نیروی سطح (یا عکس العمل سطح) نامیده می‌شود:



تمرین۱۹) جسمی به جرم ۱۰ کیلوگرم روی سطح افقی به ضریب اصطکاک ۰/۲ قرار دارد و به آن نیروی افقی $F=۱۵$ N وارد می شود. نیروی اصطکاک چند نیوتن است؟ (ت)

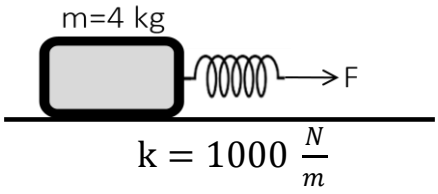
۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

تمرین۲۰) س ت ۹۶:

شخصی روی سطح افقی، یک صندوق را به سمت غرب هُل می‌دهد. در این عمل، نیروهای اصطکاک وارد به شخص و صندوق، به‌ترتیب، هر یک به کدام جهت است؟

۱) غرب و شرق ۲) هر دو غرب ۳) شرق و غرب ۴) هر دو شرق

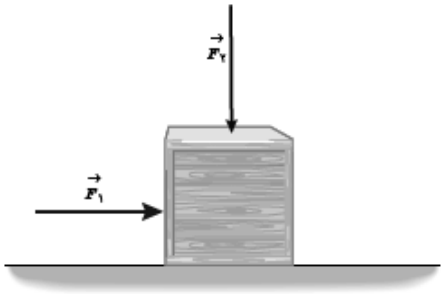
تمرین۲۱) در شکل مقابل اگر فنر در اثر نیروی F ، ۳cm کشیده شود و جسم در آستانه لغزش قرار گیرد، مطلوبست:



الف- ضریب اصطکاک ایستایی

ب- نیرویی که از طرف سطح بر جسم وارد می شود

تمرین۲۲) پایان فصل:



در شکل زیر، نیروی F_1 به بزرگی ۲۰/۰N 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 افزایش کند، کمیت‌های زیر چگونه تغییر می‌کنند؟

الف) اندازهٔ نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه

ب) اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه

پ) اندازهٔ بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی

ت) نیروی خالص وارد بر جسم

تمرین۲۳) الف- کتابی به جرم یک کیلوگرم را حداقل با چه نیرویی به دیوار قائمی به ضریب اصطکاک ۰/۱ بفشاریم تا جسم نیفتد؟ ب- اگر کتاب را بیشتر به دیوار بفشاریم، آیا نیروی اصطکاک تغییر می کند؟ با این کار چه نیروهایی افزایش می یابد؟

- **پرسش:** الف) بر اساس قانون سوم نیوتن و آنچه از اصطکاک آموختید، توضیح دهید راه رفتن با شروع از حالت سکون چگونه انجام می شود؟

ب) چرا راه رفتن روی یک سطح سُر مانند سطح یخ به سختی ممکن است؟

تمرین۲۴) پایان فصل:

در شکل نشان داده شده، شخص با نیروی ۲۰۰N جسم ۹۰/۰ کیلوگرمی را هُل می‌دهد، اما جسم ساکن می‌ماند. ولی وقتی با نیروی ۳۰۰N جسم را هُل می‌دهد، جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد.

الف) نیروی اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح در هر حالت چقدر است؟

ب) ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح چقدر است؟

پ) اگر پس از حرکت، شخص با نیروی ۲۰۰N جسم را هُل دهد و ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جسم ۰/۲۰ باشد، شتاب حرکت جسم چقدر خواهد شد؟

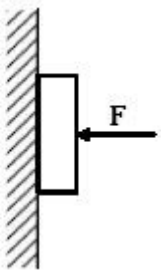
تمرین۲۵) پایان فصل

قطعه‌چوبی را با سرعت افقی ۱۰/۰m/s روی سطحی افقی پرتاب می‌کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح ۰/۲۰ است.

الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می‌ایستد؟

ب) اگر از یک قطعه‌چوب دیگر استفاده کنیم که جرم آن دو برابر جرم قطعه‌چوب 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؟

تمرین۲۶) در شکل زیر، جسم با نیروی افقی F_1 در آستانه حرکت قرار می گیرد و با نیروی افقی F_2 با سرعت ثابت به طرف پایین می لغزد. اگر نیروی اصطکاک در این دو حالت به ترتیب f_1 و f_2 باشد، کدام مورد درست است؟ $(\mu_s > \mu_k)$ (س ر ۹۵)



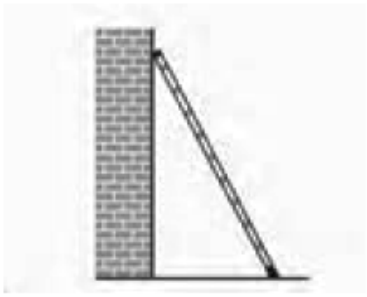
۱) $f_1 > f_2 , F_1 > F_2$

۲) $f_1 > f_2 , F_1 = F_2$

۳) $f_1 = f_2 , F_1 < F_2$

۴) $f_1 = f_2 , F_1 = F_2$

تمرین۲۷) متن کتاب



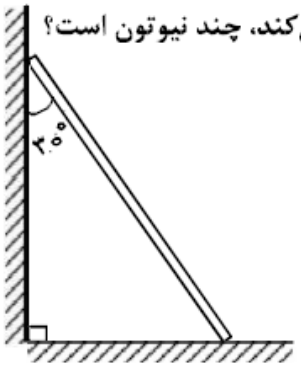
در شکل روبه‌رو نردبانی به جرم ۲/۰ kg به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان ۰/۴۶۰ است. در آستانهٔ سُرخوردن نردبان،

الف) زمین به نردبان چه نیرویی وارد می‌کند؟

ب) چه نیرویی از دیوار به نردبان وارد می‌شود؟

تمرین۲۸) س ر ۹۸

نردبانی همگن به جرم ۴۰kg مطابق شکل زیر، روی دیوار قائمی با اصطکاک ناچیز قرار دارد. اگر نیرویی که دیوار قائم به نردبان وارد می‌کند، ۳۰۰N باشد، نیرویی که سطح افقی به نردبان وارد می‌کند، چند نیوتون است؟



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

۱) ۴۰۰

۲) ۵۰۰

۳) ۶۰۰

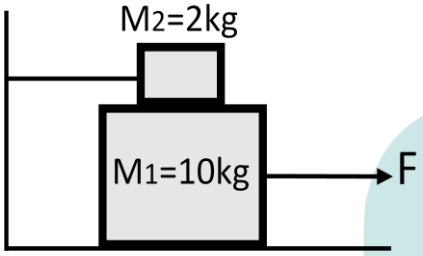
۴) $250\sqrt{3}$

آزمایش۲) آزمایشی برای اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستایی بین دو جسم طراحی کنید.

آزمایش۳) آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد $f_{s_{max}}$ متناسب با f_N است.

آزمایش۴) آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسمی مانند یک قطعه چوب در حال لغزش روی سطح را اندازه بگیرید و با استفاده از آن μ_k را به دست آورید.

تمرین۲۹) در شکل زیر ضریب اصطکاک کلیه سطوح ۰/۱ است. حداقل نیروی F چقدر باشد تا جسم M_1 به حرکت در آید؟



۶ - **نیروی مقاومت شاره**: هر گاه جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) حرکت کند نیرویی از طرف شاره در خلاف جهت حرکت به آن وارد می شود که نیروی مقاومت شاره نامیده می شود. این نیرو با F_D نشان داده می شود. نیروی مقاومت شاره با بزرگی جسم و تندی آن رابطه مستقیم دارد.

تمرین۳۰) چتربازی به جرم ۶۰ کیلوگرم مدتی پس از پرش چترش را باز می کند. در این هنگام نیروی مقاومت هوا N ۱۱۴۰ است. شتاب حرکت چترباز را در این لحظه محاسبه کنید و ادامه حرکت آن را تحلیل کنید. (بررسی تندی حدی)

تمرین۳۱) دو گوی هم اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است $(m_2 = 2m_1)$ از بالای برجی به ارتفاع h به طور هم زمان رها می کنیم. با فرض این که نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی یکسان باشد، تندی برخورد کدام گوی با زمین بیشتر است؟

تمرین۳۲) پایان فصل:

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

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

ب) کشتی‌ای 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 می‌کند و برمی‌گردد.

❖ روش کلی حل مسائل دینامیک

۱) شکل ساده‌ای از مسئله رسم کرده و تمامی نیروهای وارده را روی شکل مشخص می‌کنیم.

۲) نیروهای مایل را در دو راستای X و Y تجزیه می‌کنیم.(از نیروی مایل سؤال طرح نمی شود. نیروها تنها افقی یا عمودی اند.)

۳) قانون دوم نیوتن را در دو راستای X و Y می‌نویسیم: $\sum F_x = ma_x$ و $\sum F_y = ma_y$

۴) از حل معادله های به دست آمده، مجهولات مسئله محاسبه می شوند.

به طور کلی:

a × مجموع جرمها = نیرو های در خلاف جهت حرکت– نیروهای در جهت حرکت

تمرین۳۳) پایان فصل:

یک خودروی باری با طناب افقی محکمی، یک خودروی سواری به جرم ۱۵۰۰kg را می‌کشد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری ۲۲۰N و

الف) اگر سرعت خودرو ثابت باشد نیروی کشش طناب چقدر است؟

ب) اگر خودرو با شتاب ثابت ۲/۰m/s² به طرف راست کشیده شود، نیروی کشش طناب چقدر است؟

تمرین۳۴) پایان فصل:

می‌خواهیم به جسمی که جرم آن ۵/۰ kg است، شتاب ۲/۰ m/s^2 بدهیم. در هر یک از حالت‌های زیر، نیرویی را که باید به جسم وارد کنیم محاسبه کنید.

الف) جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت کند.

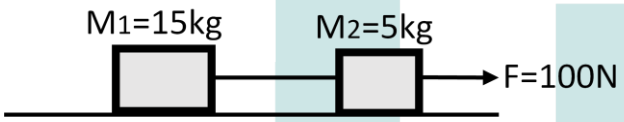
ب) جسم روی سطح افقی با ضریب اصطکاک ۰/۲۰ به طرف راست حرکت کند، و شتابش نیز به طرف راست باشد.

پ) جسم در راستای قائم با شتاب رو به بالا شروع به حرکت کند.

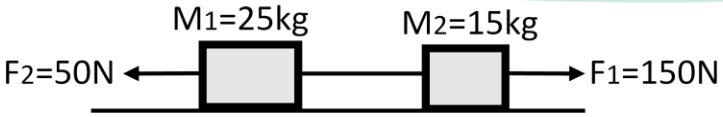
ت) جسم در راستای قائم با شتاب رو به پایین شروع به حرکت کند.

تمرین۳۵) در شکل های زیر، نیروی کشش نخ را محاسبه کنید. (سطح افقی بدون اصطکاک است و از جرم نخ صرفنظر می شود)

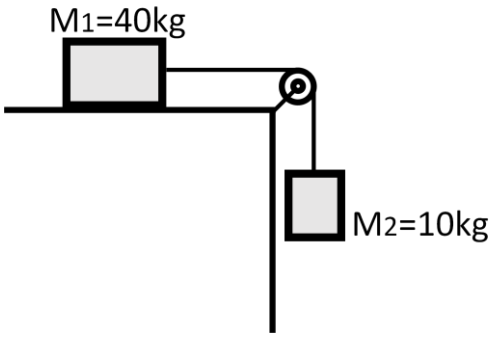
الف)



ب)



ج)



تمرین۳۶) پایان فصل:

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.

تمرین۳۷) در شکل مقابل نیروی کشش ریسمان در نقاط A و B چقدر است؟ (A وسط ریسمان و B در $\frac{1}{4}$ طول ریسمان قرار دارد و جرم ریسمان ۶۰۰ گرم است)

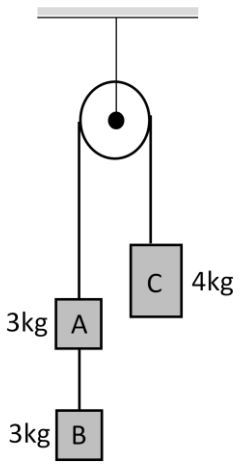
تمرین۳۸) پایان فصل:

قطعه‌چوبی را با سرعت افقی ۱۰/۰m/s روی سطحی افقی پرتاب می‌کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح ۰/۲۰ است.

الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می‌ایستد؟

ب) اگر از یک قطعه‌چوب دیگر استفاده کنیم که جرم آن دو برابر جرم قطعه‌چوب 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؟

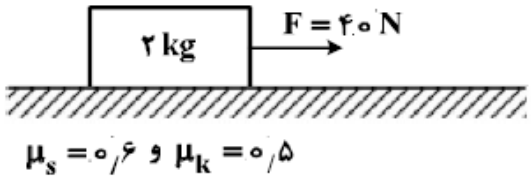
تمرین۳۹) در شکل مقابل، شتاب و نیروی کشش ریسمان ها را به دست آورید.



$(m_A = m_B = 3kg, m_c = 4kg, g = 10\frac{m}{s^2})$

تمرین۴۰) س ر ۹۸

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.

❖ اندازه حرکت**(تکانه)**: حاصلضرب جرم جسم در سرعت آن را اندازه حرکت گویند که کمیتی است برداری و هم جهت با سرعت.

$$\vec{P} = M\vec{V}$$

✓ **تغییر اندازه حرکت**: حاصلضرب جرم در تغییرات سرعت را تغییر اندازه حرکت گویند.

$\overrightarrow{\Delta P} = m\overrightarrow{\Delta V}$

$\overrightarrow{\Delta V} = \overrightarrow{V_2} - \overrightarrow{V_1}$

Δv بردار تفاضل v_1 و v_2

$$\Delta V = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2\cos\theta} \Rightarrow \begin{cases} \theta = 0 \Rightarrow \Delta v = v_2 - v_1 \\ \theta = 180^\circ \Rightarrow \Delta v = v_1 + v_2 \\ \theta = 90^\circ \Rightarrow \Delta v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \\ v_1 = v_2 \Rightarrow \Delta v = 2v\sin\frac{\theta}{2} \end{cases}$$

تمرین۴۱) جسمی به جرم m با سرعت v به دیواری برخورد کرده و با همان سرعت v در همان راستا باز می گردد. تغییر اندازه حرکت گلوله برابر است با: (ت)

۱) صفر ۲) mv ۳) ۱/۵ mv ۴) ۲ mv

تمرین۴۲) جسمی به جرم ۵۰ گرم از ارتفاع ۶۰ متری رها می شود و در لحظه ای، سرعت آن به ۱۴ $\frac{m}{s}$ می رسد و یک ثانیه پس از آن، سرعت جسم به ۲۳ $\frac{m}{s}$ می رسد. تغییر تکانه جسم در این یک ثانیه چند کیلوگرم متر بر ثانیه است؟ (س ت ۹۳)

۱) $\frac{9}{20}$ ۲) $\frac{9}{10}$ ۳) $\frac{23}{20}$ ۴) $\frac{23}{10}$

تمرین۴۳) جسمی به جرم ۵۰ گرم در صفحه حرکت می کند و معادله بردار مکان آن در SI به صورت $\vec{r} = (5t)\vec{i} + (5t^2 - 24t)\vec{j}$ است. بزرگی تغییر تکانه آن در فاصله زمانی t=۰ تا t=۵ s در SI کدام است؟ (س ر خ ۹۳)

۱) ۲ ۲) ۲/۵ ۳) ۴ ۴) ۴/۵

تمرین۴۴) اگر پارامترهای m ، V و P به ترتیب جرم، سرعت و تکانه یک جسم باشد، کدام رابطه نشان دهنده انرژی جنبشی آن جسم است؟ (س ر ۹۳)

۱) $\frac{mv}{2P}$ ۲) $\frac{PV}{2m}$ ۳) $\frac{P^2}{2m}$ ۴) $\frac{mP^2}{2}$

تمرین۴۵) س ر ۹۶:

بزرگی اندازهٔ حرکت (تکانه) جسمی به جرم ۲ کیلوگرم برابر $۶\frac{kgm}{s}$ است، انرژی جنبشی جسم چند ژول است؟

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۹ ۴) ۱۲

✓ ***رابطه بین نیرو و تکانه:***

$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ بنابراین $\sum \vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$

آهنگ تغییر تکانه یک جسم نسبت به زمان برابر با برایند نیروهای وارد بر جسم است. به عبارت دیگر، برایند نیروهای وارد بر جسم، مشتق تکانه نسبت به زمان است.

$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$ نیروی متوسط وارد بر جسم

تمرین۴۶) جسمی به جرم ۵۰ کیلوگرم با سرعت $۲۰\ \frac{m}{s}$ در حرکت است. چه نیرویی لازم است تا آن را در مدت ۵ ثانیه متوقف کند؟

تمرین۴۷) پایان فصل

توپی به جرم ۲۸۰g با تندی ۱۵/۰m/s به‌طور افقی به بازیکنی نزدیک می‌شود. بازیکن با مشت به توپ ضربه می‌زند و باعث می‌شود توپ با تندی ۲۲/۰m/s در جهت مخالف برگردد.

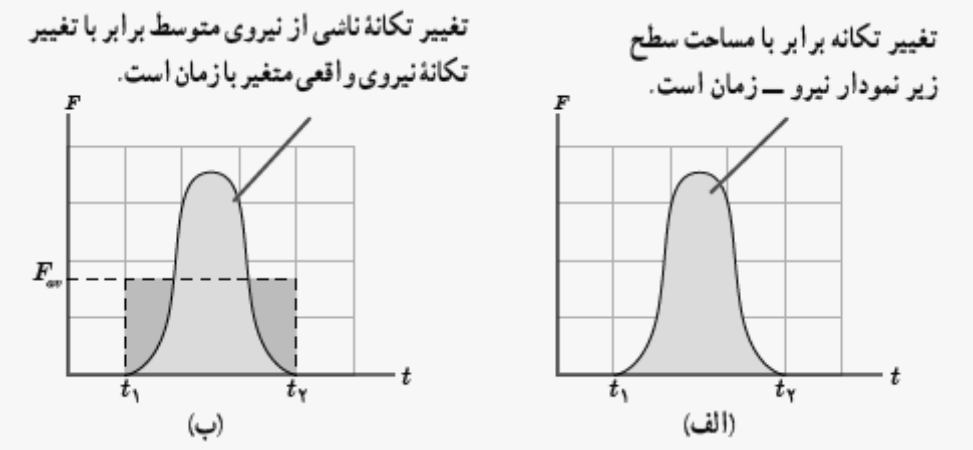
الف) اندازهٔ تغییر تکانهٔ توپ را محاسبه کنید.

ب) اگر مشت بازیکن ۰/۰۶۰۰s با توپ در تماس باشد، اندازهٔ نیروی متوسط وارد بر مشت بازیکن از طرف توپ را به دست آورید.

تمرین۴۸) دو جسم m_1 و $m_2 = 2m_1$ را در نظر بگیرید . هر دو تحت اثر نیروی مشابه F از حال سکون شروع به حرکت می نمایند. اگر اندازه حرکت آن ها پس از t ثانیه p_1 و p_2 باشد، در این صورت: (ت)

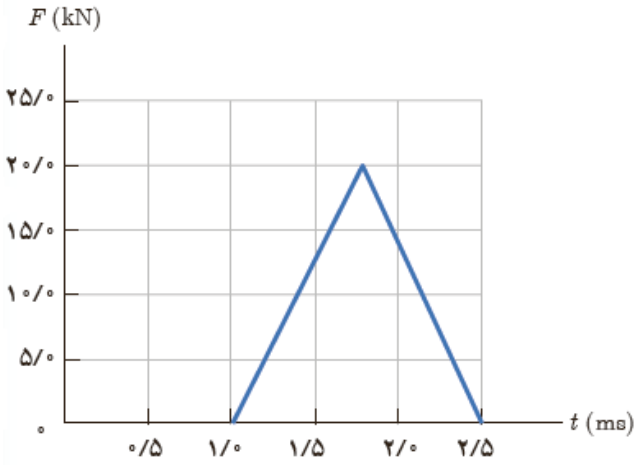
۱) $p_1 = 2p_2$ ۲) $p_2 = 2p_1$ ۳) $p_1 = p_2$ ۴) $p_1 < p_2 < 2p_1$

✓ **نکته**: سطح زیر نمودار F-t برابر با تغییرات اندازه حرکت جسم است، یعنی Δp . و به عبارت دیگر برابر است با $m\Delta v$.



تمرین۴۹) پایان فصل

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.

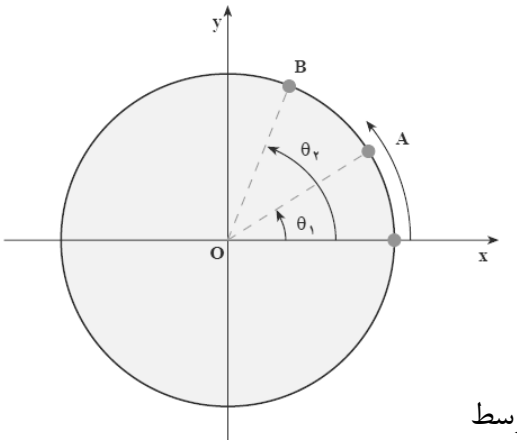


تمرین۵۰) معادله تکانه جسمی به جرم ۰/۵ کیلوگرم در SI به صورت $P = t^2 - 10t + 20$ است. نیروی متوسط وارد بر جسم در بازه زمانی $t_1 = 5s$ تا $t_2 = 7s$ چند نیوتن است؟ (س ت خ ۹۳)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

❖ حرکت دایره‌ای

حرکت جسم در مسیر دایره‌ای، نمونه‌ای از حرکت در صفحه است؛ مانند حرکت ماه و ماهواره‌ها به دور زمین. در این حرکت، بردار مکان ذره همواره اندازه‌ای ثابت و برابر با شعاع دایره دارد.



θ_1: مکان ذره در نقطه A

θ_2: مکان ذره در نقطه B

θ: مکان زاویه‌ای یا فاز حرکت

$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ جابجایی زاویه‌ای

$\overline{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ ⇨ سرعت زاویه‌ای متوسط

یکا: $\frac{rad}{s}$

تمرین۵۱) ذره ای که روی محیط دایره ای می چرخد، ابتدا در مدت ۴ s به صورت پادساعتگرد، یک دور کامل دایره مسیر را طی می کند و سپس به صورت ساعتگرد، در مدت ۶ s، $\frac{\pi}{3}$ رادیان می پیماید. سرعت زاویه ای متوسط این ذره چند رادیان بر ثانیه است؟

❖ سرعت زاویه‌ای لحظه‌ای: شبیه سرعت لحظه‌ای می‌توان نوشت:

$\omega = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ ⇨ $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ (مشتق مکان زاویه‌ای نسبت به زمان)

تمرین۵۲) مکان زاویه ای ذره ای که روی مسیر دایره ای حرکت می کند با رابطه $\theta = 2t^2 + 6t$ بیان شده است.

الف- سرعت زاویه ای متوسط را بین لحظه های $t_1 = 1\ s$ و $t_2 = 2\ s$ محاسبه کنید.

ب- سرعت زاویه ای آن در لحظه $t = 3\ s$ چقدر است؟

تمرین۵۳) گلوله ای در یک مسیر دایره ای حرکت می کند و سرعت زاویه ای آن در SI به صورت $\omega = \pi t + \frac{3}{2}\pi$ است. پس از لحظه $t = 0$ ، چند ثانیه طول می کشد تا گلوله یک دور کامل طی کند؟ (س ت ۹۴)

۱) $\frac{2}{3}$ ۲) ۱ ۳) $\sqrt{2}$ ۴) ۲

❖ **حرکت دایره‌ای یکنواخت**: هرگاه اندازه سرعت زاویه‌ای در حرکت دایره‌ای ثابت بماند، حرکت دایره‌ای، یکنواخت است. در این حرکت، سرعت زاویه‌ای متوسط با سرعت زاویه‌ای لحظه‌ای برابر است:

$$\overline{\omega} = \omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

✓ **دوره یا زمان تناوب**: زمانی که طول می‌کشد تا ذره یک دور کامل طی کند. با T نشان داده می‌شود و یکای آن ثانیه است.

از آن جا که در این حرکت، متحرک محیط دایره$(2\pi r)$ را در مدت T طی می کند، می توان نوشت:

✓ **نکته**: رابطه فوق نشان می دهد که روی یک دیسک یا صفحه دایره ای چرخان، هر چه از مرکز دیسک دور می شویم، تندی حرکت بیشتر می شود. (دوره تناوب برای تمام نقاط دیسک یکسان است)

بسامد یا فرکانس: تعداد دور ذره در مدت یک ثانیه. با f نشان داده می‌شود و یکای آن $\frac{1}{s}$ یا Hz (هرتز) است.

$$\text{فرکانس} \quad f = \frac{1}{T}$$

چون ذره در هر دور، 2π رادیان طی می‌کند، **سرعت زاویه‌ای** آن برابر است با:

تمرین۵۴) متحرکی که در حال حرکت دایره ای یکنواخت است، در مدت ۰/۲ s، مکان زاویه ای آن $\frac{2\pi}{3}$ رادیان تغییر می کند. این ذره در هر دقیقه چند دور می زند؟

❖ **رابطه تندی (سرعت خطی) با سرعت زاویه‌ای** $v = \frac{2\pi r}{T} \Rightarrow v = r\omega$

در حالت مقایسه‌ای : $\frac{v_2}{v_1} = \frac{r_2}{r_1} \times \frac{\omega_2}{\omega_1}$ یا $\frac{v_2}{v_1} = \frac{r_2}{r_1} \times \frac{T_1}{T_2}$

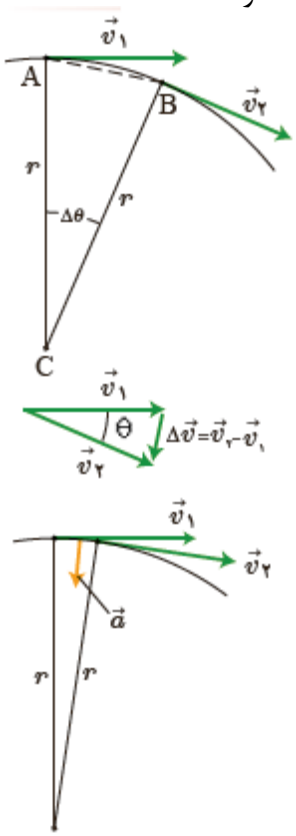
تمرین۵۵) طول عقربه ثانیه شمار یک ساعت دیواری ۱۲ cm است. سرعت خطی نوک این عقربه را محاسبه کنید.

تمرین۵۶) طول عقربه دقیقه شمار یک ساعت دیواری ۱/۵ برابر طول عقربه ساعت شمار آن است. سرعت خطی نوک عقربه دقیقه شمار چند برابر سرعت خطی نوک عقربه ساعت شمار آن است؟

❖ شتاب مرکزگرا در حرکت دایره‌ای یکنواخت

پیش از این دیدیم که بردار سرعت در هر لحظه مماس بر مسیر حرکت است.

بنابراین در حرکت دایره‌ای، بردار سرعت در هر لحظه بر شعاع دایره یا بر بردار مکان در آن لحظه عمود است.



در فصل حرکت دیدیم : $\vec{a} = \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t}$ ⇨ $a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t}$

با میل Δt به سمت صفر، θ خیلی کوچک میشود و در نتیجه: $\Delta v \perp v_1$

بنابراین شتاب لحظه ای a نیز در راستای شعاع و به سمت مرکز دایره خواهد شد.

از این رو به این شتاب، شتاب مرکزگرا گفته می شود و با a_c نشان داده می شود.

بنابر تشابه دو مثلث ⇨ $\frac{\Delta v}{\Delta r} = \frac{v}{r}$ ⇨ $\Delta v = \frac{v}{r}\Delta r$ ⇨ $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v}{r}\frac{\Delta r}{\Delta t}$

طرفین را به Δt تقسیم می کنیم

$v_1=v_2=v$ اندازه سرعت ثابت است

$r_1=r_2=r$ اندازه بردار مکان ثابت است

با فرض $\Delta t \to 0$ از دو طرف حد می‌گیریم:

و با توجه به $\omega = \frac{2\pi}{T}$ می توان نوشت: $a_c = r\frac{4\pi^2}{T^2}$ ⇦ رابطه مقایسه‌ای: $\frac{a_2}{a_1} = \frac{r_2}{r_1} \times (\frac{T_1}{T_2})^2$

تمرین۵۷) خودرویی پیچ جاده ای به شعاع ۲۰۰ m را با سرعت ثابت ۲۰ $\frac{m}{s}$ می پیماید. شتاب مرکزگرای این خودرو را محاسبه کنید.

تمرین۵۸) طول عقربه ساعت شمار یک ساعت دیواری $\frac{3}{4}$ طول عقربه دقیقه شمار آن است. شتاب مرکزگرای نوک عقربه دقیقه شمار چند برابر شتاب مرکزگرای نوک عقربه ساعت شمار آن است؟

تمرین۵۹) پایان فصل

پره‌های یک بالگرد در هر دقیقه، ۱۰۰۰ دور می‌چرخند. طول پره‌ها را ۴/۰m فرض کنید و کمیت‌های زیر را برای پره‌ها محاسبه کنید.

الف) دورهٔ تناوب پره‌ها

ب) تندی در وسط و نوک پره‌ها

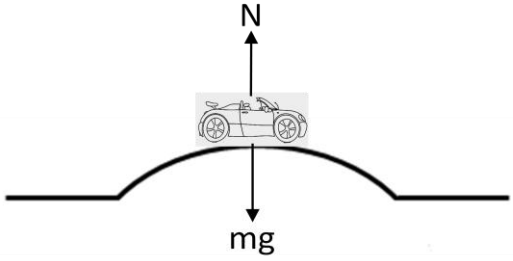
پ) شتاب مرکز گرا در وسط و نوک پره‌ها

❖ دینامیک حرکت دایره‌ای یکنواخت

بنابر قانون دوم نیوتن $(\sum \vec{F} = m\vec{a})$ نیرو و شتاب هم جهتند، در نتیجه در حرکت دایره ای یکنواخت، برایند نیروهای وارد بر جسم در راستای شعاع و به سوی مرکز دایره است. برایند نیروهای وارد بر جسم را که منجر به حرکت دایره ای می‌شوند، نیروی مرکزگرا می‌نامند.

F برآیند نیروها در راستای شعاع دایره است. هر نیرویی را که به سمت مرکز دایره باشد با علامت + و هر نیرویی را که خلاف جهت مرکز باشد با علامت – در نظر می گیریم.

تمرین۶۰) اتومبیلی به جرم یک تن با سرعت ثابت $۲۰ \frac{m}{s}$ از روی پلی به شکل نیم دایره به شعاع ۱۰۰ متر عبور می کند. نیروی عمودی تکیه گاه در بالاترین نقطه پل چند نیوتن است؟



تمرین۶۱) شخصی به جرم ۵۰ kg روی صندلی یک چرخ و فلک که به طور یکنواخت می چرخد، نشسته و با سرعت $\frac{m}{s}$ ۴ روی یک مسیر دایره ای به شعاع ۱۰ m حرکت می کند. بزرگی نیرویی که این شخص در بالاترین نقطه مسیر بر صندلی خود وارد می کند، چند نیوتن است؟ (س ر ۹۱)

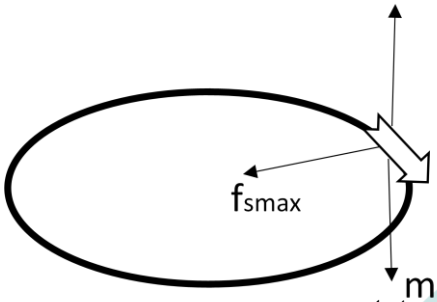
۱) ۴۲۰ ۲) ۴۸۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۵۸۰

تمرین۶۲) س ر ۹۸

ماهواره‌ای به جرم ۵۰۰ کیلوگرم در ارتفاع ۱۶۰۰ کیلومتری سطح زمین به دور آن می‌چرخد. نیروی مرکزگرای وارد بر ماهواره چند نیوتون است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2}$ و $R_e = 6400km)$

۱) ۵۰۰۰ ۲) ۳۲۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۶۴۰

✓ **حداکثر سرعت مجاز اتومبیل در یک میدان بدون شیب**



اگر قرار باشد اتومبیل بلغزد رو به بیرون می‌لغزد پس جهت نیروی اصطکاک رو به مرکز است.

$$F = m\frac{v^2}{2} \Rightarrow f_{s_{max}} = m\frac{v^2}{r}$$

بنابراین $\mu_s . N = m\frac{v_{max}^2}{r} \Rightarrow \mu_s . mg = m\frac{v_{max}^2}{r} \Rightarrow v_{max} = \sqrt{\mu_s rg}$

تمرین۶۳) در صورتی که $\mu_s = 0/81$ باشد، اتومبیل حداکثر با چه سرعتی می تواند یک میدان افقی به شعاع m ۱۰ را دور بزند؟

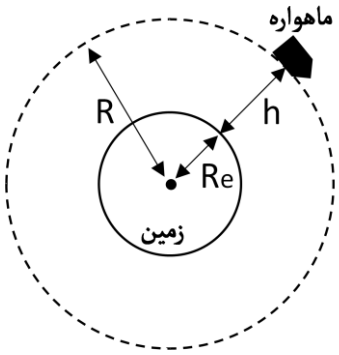
تمرین۶۴) پایان فصل

حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین چرخ‌های خودرو و سطح جاده چقدر باشد تا خودرو بتواند با تندی km/h ۵۴ پیچ افقی مسطحی را که شعاع آن m ۵۰ است، دور بزند؟

❖ ***سرعت، دوره و فرکانس ماهواره***

در چرخش ماهواره به دور زمین، نیروی مرکزگرا همان نیروی گرانش بین زمین و ماهواره است. بنابراین:

$$\frac{mv^2}{R} = G\frac{m\,M_e}{R^2} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{G.M_e}{R}}$$



R_e : شعاع زمین

h : فاصله ماهواره تا زمین

برای دو حالت مختلف می‌توان نوشت:

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

از طرفی می‌توان نوشت: $G\frac{m.M_e}{R^2} = mR\omega^2$

ω: سرعت زاویه ای ماهواره بنابراین $\omega = \sqrt{\frac{G.M_e}{R^3}}$

f: فرکانس گردش ماهواره $\omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{G.M_e}{R^3}}$

T: دوره گردش ماهواره $T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{G.M_e}}$

مربع دوره گردش ماهواره به دور زمین با مکعب فاصله آن از مرکز زمین متناسب است.

نکته: در روابط ماهواره می توانیم تنها رابطه دوره گردش ماهواره را (که در کتاب درسی به آن اشاره شده) حفظ کنیم و بقیه روابط (تندی، سرعت زاویه ای و فرکانس) را با آن به دست آوریم.

تمرین۶۵) ماهواره ای در مداری که فاصله اش از سطح زمین برابر شعاع زمین است، به دور زمین می چرخد. اگر این فاصله سه برابر شود، بسامد آن چند برابر خواهد شد؟

تمرین۶۶) ماهواره ای به جرم m در ارتفاع h از سطح زمین به دور آن می چرخد. اگر نیروی مرکزگرای ماهواره $\frac{1}{16}$ وزن ماهواره در سطح زمین باشد، ارتفاع h چند برابر شعاع زمین است؟ (س ت ۹۳)

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۹ ۴) ۱۶

تمرین۶۷) پایان فصل

ماهواره‌ای به جرم ۶۰۰kg در مداری دایره‌ای به ارتفاع ۲۸۰۰ کیلومتر از سطح زمین، به دور آن می‌چرخد.

الف) نیروی گرانشی وارد بر ماهواره

ب) شتاب ماهواره

پ) تندی ماهواره

ت) دورهٔ تناوب ماهواره را در این ارتفاع به‌دست آورید.

(M_e=۵/۹۸×۱۰^{۲۴}kg و R_e=۶۴۰۰km)

تمرین۶۸) ماهواره A به جرم m در ارتفاع $h=R_e$ از سطح زمین به دور آن می چرخد. ماهواره B به جرم ۲m در فاصله چند R_e از سطح زمین به دور آن بچرخد تا سرعت خطی آن نصف سرعت خطی ماهواره A باشد؟ (R_e شعاع زمین است) (س ت خ ۹۳)

۱) 7 ۲) $7\sqrt{2}$ ۳) $4\sqrt{2}$ ۴) 4

تمرین۶۹) دو ماهواره A و B هر یک به جرم m به دور زمین می چرخند. فاصله ماهواره A تا سطح زمین R_e و فاصله ماهواره B تا سطح زمین $3R_e$ است. بزرگی تکانه ماهواره A چند برابر بزرگی تکانه ماهواره B است؟ (R_e شعاع کره زمین است.) (س ر خ ۹۳)

۱) $\sqrt{2}$ ۲) $\sqrt{3}$ ۳) 2 ۴) 3