



گروه آموزشی مشاوره‌های نوتروفیل



# درس

## فیزیک دوازدهم - فصل ۲

نوتروپیست





# نوטר و فیل خونه رتبه برترها



## قبولی های کنکور ۱۴۰۴

### تک رقیمی نوטר و فیل

رتبه ۸



ایمان نیکانام جهرمی

### دور رقیمی های نوטר و فیل

رتبه ۳۲



امیرمحمد رضائی

رتبه ۲۰



سینا راضی

رتبه ۱۶



آریا قهرمانی

رتبه ۱۴



امیرمحمد کیانی

رتبه ۸۰



محمد مهدی شریفی

رتبه ۷۵



محمد صالح عارفی

رتبه ۶۱



بهار هلالی

رتبه ۵۹



ایمان انفرادی

رتبه ۵۵



مهسا سیاوشی

رتبه ۲۲۲



امیرمحمد شکوهی

رتبه ۱۶۹



هانیه خواجه

رتبه ۱۶۰



اشکان کوثری

رتبه ۱۴۷



محدثه حیدری

### سه رقیمی و چهار رقیمی های نوטר و فیل

رتبه ۴۳۲



سید محمدصادق حسینی

رتبه ۳۴۱



حمیدرضا بشیری

رتبه ۳۰۸



سید علی اکرمی

رتبه ۲۷۱



فاطمه سادات موسوی

رتبه ۲۵۹



ابوالفضل ناصران

رتبه ۵۳۹



نجمه کیخا

رتبه ۵۳۷



ریحانه حیدری

رتبه ۵۲۲



فاطمه شاهسوند

رتبه ۵۱۴



محمدپارسا عبدالله آبادی

رتبه ۴۷۳



زهرا بابائی

رتبه ۶۶۱



فاطمه اصغری

رتبه ۶۰۶



سجاد محمودی زاده

رتبه ۵۷۰



زهرا ولی نژاد

رتبه ۵۵۷



محمدصالح زارعی

رتبه ۵۴۶



حسین تفضلی نژاد

رتبه ۷۸۱



احسان قنبری

رتبه ۷۱۴



محمد یزدیان

رتبه ۶۹۱



بهار ضرغامی

رتبه ۶۷۲



محمدماهان عنبرستانی

رتبه ۶۶۷



سیاوش مصطفایی

رتبه ۹۰۹



کیمیا فدائی

رتبه ۸۹۳



فاطمه مشاوری نجف آبادی

رتبه ۸۰۴



آرمین رضایی

رتبه ۸۰۳



مائده رنجبر

رتبه ۷۸۶



نیما غفاری

رتبه ۱۱۲۷



زهرا بابائی

رتبه ۱۱۲۲



علی طاهر زاده

رتبه ۱۰۵۸



الینا جلالی فر

رتبه ۱۰۵۲



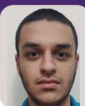
پویان فریور افشار

رتبه ۹۴۷



صفورا بقاءئی

رتبه ۱۳۵۰



علی زینلی

رتبه ۱۲۸۴



فاطمه معین زاده

رتبه ۱۲۸۴



بهار امیری

رتبه ۱۲۳۶



مبینا ایزدی

رتبه ۱۲۳۴



مطهره توحیدی

رتبه ۱۵۰۳



فاطمه رحیم زاده

رتبه ۱۴۹۳



محمد مهدی خرم زاده

رتبه ۱۴۸۳



سینا خاوری خراسانی

رتبه ۱۴۲۴



سید امیرحسین حسینی

رتبه ۱۳۷۲



پارسا رضایی

رتبه ۱۶۹۶



ندا ملکشاهی

رتبه ۱۶۷۸



سجاد ینکی

رتبه ۱۶۳۹



ابوالفضل نیرومند

رتبه ۱۶۲۸



امیرمحمد فکور حقیقی

رتبه ۱۵۳۴



فاطمیما عبیری

رتبه ۲۵۵۹



سارا حمزه

رتبه ۲۰۱۵



علی شیرزاد

رتبه ۱۹۶۶



مهسا رضایی مقدم

رتبه ۱۷۵۴



هلیا حاجیلوئی

رتبه ۱۷۳۱



محمدرضا محسنی

رتبه ۲۷۹۴



مریم بادلی

رتبه ۲۷۸۱



سعید شبانی

رتبه ۲۷۵۱



فهیمه سیدآبادی

رتبه ۲۷۱۱



محمد غلامی

رتبه ۲۶۲۵



زهره جمعی

رتبه ۳۳۴۳



سینا ارزمانی

رتبه ۳۲۴۴



هلیا سجادی

رتبه ۳۱۳۳



صبا شایع ثانی

رتبه ۲۸۸۱



پارسا جمال امیدی

رتبه ۲۸۱۰



هدیه رحیمی

### فصل دوم: دینامیک

بچه‌های تو فصل ثبل راجب حرکت حرف زدیم. خب چی باعث حرکت، توقف، افزایش یا کاهش سرعت میشه؟؟ آخرین نیرو، مثل گرانش، ترمز... بچه‌ها نیرو به کمک نیروسنج اندازه‌گیری میشه.

#### قوانین حرکت نیوتن:

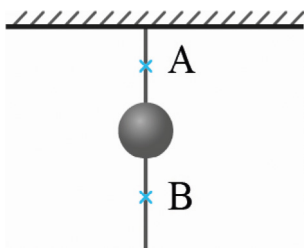
**قانون اول:** یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند مگر اینکه نیروی خالص به آن وارد شود.  
**نفهمیدم:** بین عزیزم تصور کن ایستادی و دستات بازه، بعد دوتا از رفیقات میان از هر طرف دستات رو میگیرن و می‌کشن تا وقتی که زورشون برابر باشه تو از جات تکون نمیخوری اما وقتی که یکی از نیروها بیشتر بشه شما حرکت میکنی و دیگه نیروها همدیگرو خنثی نمی‌کنند.

**یه مثال دیگه:** وقتی یه خودرو با سرعت ثابت حرکت می‌کنه خب چرا موتور ماشین داره کار می‌کنه و هوا رو آلوده می‌کنه؟ برای اینکه با نیروی مقاومت هوا و اصطکاک جاده مقابله کنه. حالا اگه بخواد سرعت زیاد بشه باید گاز بده تا نیروی موتور بیشتر بشه. اینطوری دیگه نیروی خالص در جهت افزایش سرعت شکل می‌گیرد.

**لختی چیست؟! اجسام میل دارند حرکت و وضعیت خودشان را حفظ کنند به این تمایل طبیعی لختی می‌گویند.**

**بعنوان مثال:** در شکل مقابل اگر طناب آروم کشیده شود طناب از A پاره شده و اگر سریع کشیده شود از B! چرا؟

چون در حالت دوم گلوله می‌خواهد سر جایش بماند!



**آقا لختی چیه:** بچه‌ها اجسام میل دارند وضعیت حرکت خودشون رو حفظ کنند، به این میگن لختی مثلاً شما تو ماشین دارین میرین دور از جون تصادف میکنید، بدن شما می‌خواهد همچنان حرکت کنه و وضعیت حرکت خودشو حفظ کنه اما کمربند مانع میشه و جونتو نجات میده.

**آقا بازم از لختی بگو:** مثلاً یه سکه روی کاغذ میزاری وقتی کاغذو سریع میکشی طبق لختی که ثابت می‌مونه و کاغذ از زیرش خارج میشه.

**بازم بگو:** شکل بالارو ببین اگر آروم بکشی طناب از A پاره میشه اگر سریع بکشی از B چرا؟

چون در حالت دوم گلوله می‌خواهد سر جاش بماند...

**قانون دوم نیوتن:** هرگاه بر جسم نیروی خالص (غیرصفر) وارد شد جسم در جهت نیرو شتاب می‌گیرد.  $\vec{F} = m\vec{a}$

**قانون دوم نیوتن:** هرگاه بر جسم نیروی خالص (غیرصفر) وارد شد جسم در جهت نیرو شتاب می‌گیرد.  $\vec{F} = m\vec{a}$

**مثال:** قایق با سرنشین  $400 \text{ kg}$  است اگر موتور قایق  $1300 \text{ (N)}$  نیرو وارد کند و مقاومت آب چقدر باشد تا نیروی خالص شتاب  $\frac{2}{s^2} \text{ m}$  به قایق بدهد؟ چقدر طول می‌کشد سرعت قایق از صفر به  $15 \frac{m}{s}$  برسد؟ در این مدت چقدر جابجا میشود؟ (مثال کتاب)

الف)  $F_{net} = ma \rightarrow F_{net} = 400 \times 2 = 800 \text{ (N)} \rightarrow F_{\text{موتور}} - F_{\text{مقاومت}} = F_{net} \rightarrow F = 1300 - 800 = 500 \text{ (N)}$

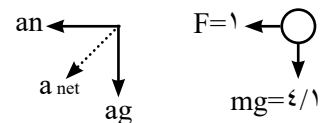
ب)  $V = at + V_0 \rightarrow V = 2 \times t \rightarrow 15 = 2 \times t \rightarrow t = 7.5 \text{ (s)}$

ج)  $V_2^2 - V_1^2 = 2a \Delta x \rightarrow 15^2 - 0^2 = 2(2)\Delta x \rightarrow \Delta x = 56.25 \text{ (m)}$

**مثال:** به تویی به جرم  $420 \text{ gr}$  که در هوا به صورت افقی حرکت می‌کند نیروی مقاومت هوا  $F = 1 \text{ (N)}$  وارد می‌شود بزرگی و جهت شتاب توپ در این نقطه چقدر است؟ (مثال کتاب)  $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$

$F_{net} = (-1N)\vec{i} + (-4/1)\vec{j}$

$\vec{a} = \frac{-1-4/1\vec{j}}{420 \times 10^{-3}} = (-2/4 \frac{m}{s^2})\vec{i} + (-9/8 \frac{m}{s^2})\vec{j} \quad a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 1.0 \frac{m}{s^2}$

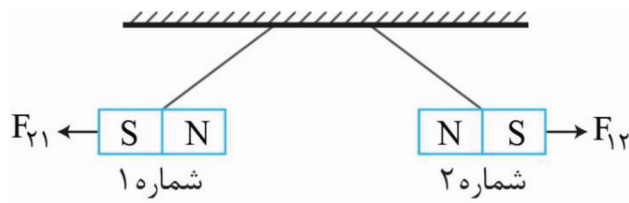
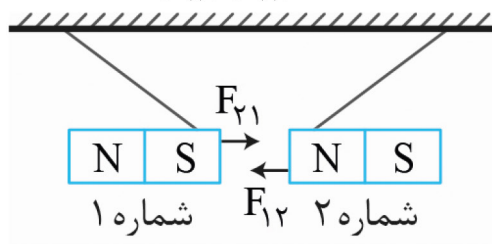


**قانون سوم نیوتن:** هر کنشی، واکنشی دارد! از سال قبل به یاد دارید که دو آهنربا همدیگر را دفع یا جذب می‌کردند این مثال

نشان دهنده قانون سوم نیوتن است!

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

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



**نکته:** این قانون بین دو جسم ممکن است اثرات متفاوت ایجاد کند مثلاً میخ و چکش چکش باعث فرو رفتن میخ و واکنش میخ باعث توقف چکش میشود.

**مثال:** دو شخص A و B که روی کنش چرخدار بدون اصطکاک هستند روبروی هم قرار گرفته‌اند اگر شخص A که ۷۵kg جرم

دارد با نیروی (N) ۱۰۰ شخص B را که ۵۰kg جرم دارد هل بدهد شتاب هر یک چقدر است؟ (مثال کتاب)  $O_{\mu}^A \quad O_{\mu}^B$

اندازه نیروها برابر است اما خلاف جهت هم اند! (قانون جرم نیوتون)

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

هنگامی که شخص A، ۱۰۰ نیوتون نیرو وارد می‌کند شخص B هم ۱۰۰ نیوتون نیرو وارد می‌کند اما خلاف جهت نیروی شخص A

$$\vec{F}_{\text{net}} = ma \quad \begin{cases} B \left\{ \vec{F}_{\text{net}} = 100(N)\vec{i} \right. \\ A \left\{ \vec{F}_{\text{net}} = -100(N)\vec{i} \right. \end{cases} \rightarrow \text{پس:}$$

$$a_B = \frac{100 \cdot \vec{i}}{50} = +2 \frac{m}{s^2} \vec{i}$$

$$a_A = \frac{-100 \cdot \vec{i}}{75} = -1.33 \frac{m}{s^2} \vec{i}$$

**نیروهای خاص را دریاب**

**نیروی وزن:** زمین جاذبه دارد و اجسام را به سمت خودش می‌کشد اما با چه نیرویی؟ شتاب گرانش زمین را با  $g$  نشان میدهند وقتی جسمی جرم  $m$  بر حسب کیلوگرم داشته باشد نیروی گرانش زمین روی جسم برابر است با:

$$\vec{W} = m \cdot \vec{g}$$

**نکته:** همیشه نیروی گرانش زمین را  $9/8$  یا همان تقریباً  $10$  در نظر بگیریم؟

هر چه از سطح زمین دور شویم نیروی وزن متفاوت خواهد بود چون اندازه  $g$  متفاوت است. پس نیروی وزن علاوه بر جرم به گرانش هم بستگی دارد. بیشتر در این بابت در آخر فصل توضیح میدیم!

**سوال بعدی:** جسمی که ساکن ایستاده چی؟

به همه اجسام اطراف زمین چه ساکن و چه متحرک نیرو وارد میشود مثل آهنربایی که همه فلزات اطراف خودش را جذب می‌کند حال چه فاصله جسم و زمین صفر باشد چه خیر!

**سوال:** ماهواره‌ای به جرم  $50 \text{ kg}$  روی سطح زمین چه وزنی دارد؟ اگر این ماهواره در ارتفاع  $h$  از سطح زمین باشد به گونه‌ای که

در آنجا شتاب گرانش  $\frac{g}{4}$  آنگاه وزن ماهواره چند نیوتون است؟  $(g = 10 \frac{m}{s^2})$  تالیفی

$$w = m \cdot \frac{g}{4} \quad \text{ارتفاع } w = m \cdot g \cdot h \quad \text{سطح زمین}$$

می‌بینی که جرم ثابت اما وزن وابسته به شتاب گرانش است!

$$w = 50 \times 10 = 500(N) \quad w = 50 \times \frac{10}{4} = 125(N)$$

**نیروی مقاومت شاره** ( $f_0$ ): شاره یعنی گاز یا مایع و نیروی مقاومت این‌ها یعنی همان نیرویی که مثلاً به قایق از طرف آب یا به

خودرو از طرف باد وارد میشود.

• خواست باشه

به نیروی مقاومت شاره که توسط هوا وارد میشود نیروی مقاومت هوا هم گفته میشود!

**یک نکته با حال:** هر چه سرعت بیشتر باشد نیروی مقاومت شاره هم بیشتر خواهد شد مثل وقتی که دست از شیشه ماشین بیرون

است و ماشین دائم سرعت میگیرد.

**مثال:** چتر بازی به جرم  $60 \text{ kg}$  پرش آزاد می‌کند و چتر باز میشود. نیروی مقاومت هوا  $1140 \text{ N}$  است. شتاب چتر باز در این لحظه چقدر است؟ (مثال کتاب)



$$F_{\text{net}} = 1140 - (60 \times 10) = +540 \text{ (N)} \rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = m \cdot a$$

$$\rightarrow a = \frac{540}{60} = +9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \vec{j}$$

به متحرک شتاب  $\frac{m}{s^2}$  رو به بالا وارد شده و سرعت چتر باز رفته رفته کم میشود. با کم شدن سرعت طبق نکات بالانیروی شاره هم کم شده تا در سرعت مشخصی که تندی حدی نام دارد. نیروی  $F_D$  با  $mg$  برابر و چتر باز با سرعت ثابت پایین می‌آید. چرا؟ چون نیروی  $F$  خالص وارد بهش صفر است...

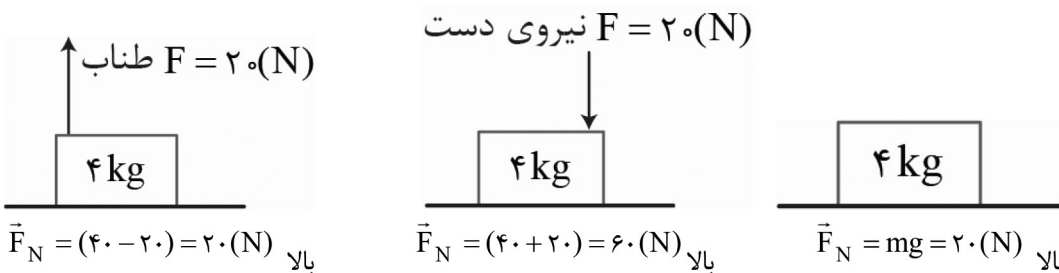
**نیروی عمودی تکیه گاه:** شما الان نشسته و در حال درس خواندن هستید. خب شما که رو زمین هستید و تحت تاثیر نیروی

گرانشی! پس چرا ساکن مانده اید و سقوط نمی‌کنید؟

زیرا سطحی که روی آن نشسته‌ای در اثر تغییر شکل قرار گیری مولکول‌ها به تو نیرویی هم اندازه با نیروی وزن اما در خلاف جهت وارد میکند. به این نیرو که با  $\vec{F}_N$  نشان داده میشود نیروی عمودی تکیه گاه یا سطح گفته میشود.

**مثال:** همه اجسام زیر ساکن هستند نیروی عمودی تکیه گاه هر کدام را حساب کنید. (مثال کتاب)

دقت کنید که اندازه برآیند نیروهایی که به سطح وارد میشود برابر با اندازه نیروی عمودی سطح هست، فقط جهتشان برعکس هم هستند.

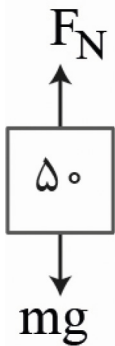


**نیروی عمودی سطح در آسانسور:** تصور کنید میخواهید با آسانسور به طبقه بالا بروید، آسانسور با شتاب  $\frac{2}{s^2}$  رو به بالا میرود، شما کف آسانسور ایستاده اید و رو به بالا با شتاب  $\frac{2}{s^2}$  حرکت می‌کنید. سوال: اگر جرم شما  $50 \text{ kg}$  باشد برآیند نیروهای وارد بر شما کدام سمت و چند نیوتن است؟

$$\text{چون } a \text{ رو به بالا است پس } F_{\text{net}} \text{ رو به بالا و برابر: } F_{\text{net}} = m \cdot a = 2 \times 50 = 100 \text{ (N)}$$

حال به شما نیروی گرانش  $mg$  که برابر به سمت پایین وارد میشود! پس چرا برآیند نیروهای وارد بر شما که طبق قانون دوم نیوتن به دست آوردید  $100 \text{ N}$  و رو به بالا است؟

پاسخ: احسن! نیروی عمودی سطح رو به بالا به تو نیرو وارد کرده و داریم:  $F_N - mg = F_{\text{net}}$



$$F_N = mg + F_{net} \Rightarrow F_N = mg + ma \Rightarrow F_N = (m)g + a \rightarrow F_N = 50 \cdot (10 + 2) = 600 \text{ (N)}$$

آقا اگر با شتاب  $\frac{m}{s^2}$  رو به پایین در حال حرکت باشیم چی؟  
 داریم:  $mg - F_N = F_{net}$

$$500 - F_N = ma \Rightarrow F_N = 500 - (50 \times 2) = 400 \text{ (N)}$$

وقتی شتاب رو به پایین است یعنی برآیند نیروها به پایین بوده و نیروهای وارد بر جسم هم که در شکل مشخص هستند!

• حواست باشه

هنگامی که احساس سنگینی کردی:  $F_N = m(g + a)$

هنگامی که حس سبکی کردی: (انگار زیر پات خالی شده)  $F_N = m(g - a)$

$m(g + a)$  شتاب  $a$  کند به پایین / شتاب  $a$  تند به بالا

$m(g - a)$  شتاب  $a$  تند به پایین / شتاب  $a$  کند به بالا

**مثال:** شخص به جرم  $60 \text{ kg}$  داخل آسانسور روی ترازو ( $g = 10$ ) ایستاده آنگاه: (خرداد ۱۴۰۲ تجربی)

الف) وقتی آسانسور رو به پایین با شتاب  $\frac{m}{s^2}$  حرکت کند ترازو چند نیوتون را نشان میدهد؟  
 عدد ترازو همان  $F_N$  سطح است!

ب) اگر آسانسور با سرعت ثابت حرکت کند چه اتفاقی میافتد؟

$$F_N = 60 \times 10 = 600 \text{ (N)} \Leftarrow F_N = mg \quad \text{وقتی سرعت ثابت بین } a = 0 \text{ داریم}$$

وقتی سرعت ثابت بین داریم

ج) اگر کابل آسانسور پاره شود چه عددی نشان داده میشود؟ توضیح دهید.

$$F = m(g - a) = 0 \text{ N} \text{ می شود و } a = g \text{ سقوط آزاد}$$

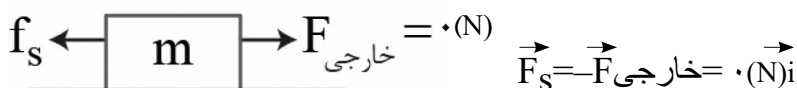
**نیروی اصطکاک:** وقتی جسمی ساکن است یا حتی متحرک، همواره یک نیروی مخالف حرکت وجود دارد. به این نیروی مرموز

نیروی اصطکاک گفته میشود. اگر جسم ساکن باشد از نوع اصطکاک ایستایی  $f_s$  یا اگر جسم در حال حرکت باشد اصطکاک جنبشی  $f_k$  نام دارد!

**اصطکاک ایستایی  $f_s$ :** همانطور که گفتیم اصطکاک است که با حرکت مخالفت می کند. نیروی اصطکاک خلاف جهت حرکت است و مانع از حرکت میشود.

• آقا یعنی اگه ما نیرویی برای حرکت دادن وارد نکنیم  $f_s$  همیشه صفر؟ بله، خب چرا آقا! اگر صفر نشه اون موقع  $F_{net}$  صفر همیشه و

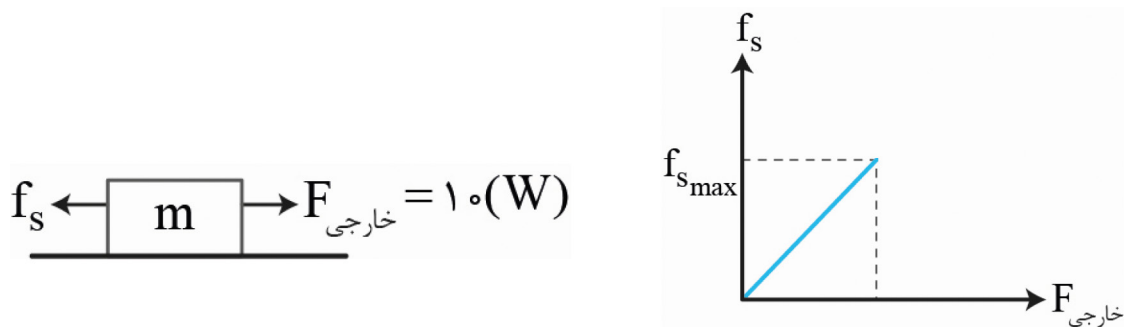
جسم باید حرکت کنه!! نیروی اصطکاک که نمیتونه باعث حرکت بشه بایدم وقتی نیرو در جهت حرکت وارد همیشه صفر بشه



**سوال:** نیروی اصطکاک ایستایی چه اندازه ای دارد؟

بستگی دارد! این نیرو هوشمند است. یعنی تو هر چقدر نیرو وارد می کنی اصطکاک نیز همان اندازه وارد می کند و هرچه نیروی تو بیشتر شود اصطکاک نیز بیشتر میشود اما این نیروی اصطکاک تا حدی بالا میرود که ماکزیمم نیروی اصطکاک ایستایی نام دارد. ( $F_{smax}$ )

در این شکل‌ها جسم ساکن هستند:



**نکته:** لحظه‌ای که  $F$  خارجی برابر با  $F_{smax}$  برابر است، آستانه حرکت نام دارد.  $|\vec{F}| = |f_{smax}|$

• محاسبه اصطکاک ایستایی ماکزیمم:

تصور کن می‌خواهی نیمکت رو بکشی بری جلو بشینی. حالا اگر رفیقت هوس بازی کنه و بشینه رو نیمکت چه اتفاقی میفته؟ بله شما دچار فشار میشی و چه بسا حتی اگر رفیقت سنگین باشه نتونی تکون بدی. آقا ربطش چیه؟ وقتی رفقت میشنه روی نیمکت مگه نه اینکه نیروی عمودی سطح میره بالا، پس ربطش رو اینجوری مینویسیم:

$$f_{smax} = \mu_s \cdot F_N$$

**مثال:** جسم به جرم  $90\text{kg}$  را شخصی با  $200\text{ (N)}$  هل می‌دهد جسم ساکن می‌ماند اگر با  $300\text{ (N)}$  وارد کند جسم در آستانه

حرکت قرار می‌گیرد: (تمرین کتاب)

الف) نیروی اصطکاک در هر دو حالت چند نیوتن است؟

$$\text{حالت اول } |f_s| = |F| = 200\text{ (N)}$$

جسم هر دو حالت ساکن است. حالت دوم  $|f_{smax}| = |F| = 300\text{ (N)}$  حالت اول

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

$$|f_{smax}| = |F| = 300\text{ (N)} \rightarrow \mu_s F_N = 300 \Rightarrow \mu_s = 1$$

$$F_N = mg \rightarrow \mu_s = (1 \times 90) = 90 \mu_s = 1$$

**اصطکاک جنبشی:** وقتی که جسم حرکت کرد دیگر  $f_s$  نداریم و  $f_k$  که مقدار ثابتی دارد جایگزین میشود، منظور از حرکت سر

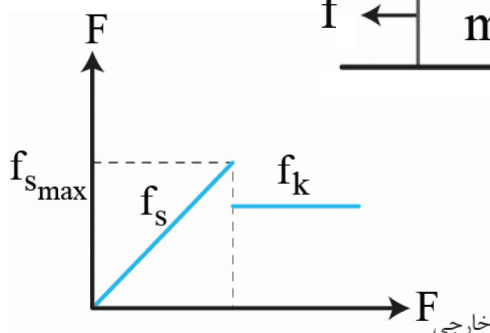
خوردن است.

$$F_k = \mu_k \cdot F_N$$

**مثال:** در مثال قبل اگر پس از حرکت جسم نیروی مرد به  $200\text{ (N)}$  برسد شتاب حرکت چند  $\frac{m}{s^2}$  است؟



نمودار نهایی اصطکاک



$$F_{net} = 200 - 180 = 20\text{ (N)} \rightarrow a = \frac{20}{90} = \frac{2}{9} \frac{m}{s^2}$$

$$F_k = (90 \times 10) \times 0.2 = 180$$



**سوال:** اگر  $f_k$  از  $F$  خارجی بیشتر شد چه اتفاقی خواهد افتاد؟ جسم حرکت میکند تا متوقف شود!

**مثال:** خودرویی با سرعت  $V$  در حال حرکت است مانعی وجود دارد. زمان واکنش تا ترمز گرفتن  $(s) 0.6$  طول میکشد. در این مدت  $(m) 18$  طی مسیر می‌کند: (تمرین کتاب)

(الف) سرعت خودرو چند  $m/s$  بوده؟

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{18}{0.6} = 30 \frac{m}{s}$$

(ب) اگر لحظه ترمز تا توقف  $(s) 5$  طول بکشد خط ترمز و شتاب چقدر است؟

$$V_f = 0 \rightarrow a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{-30}{5} = -6 \frac{m}{s^2}$$

$$V_f^2 - V_i^2 = 2a\Delta x \rightarrow 0 - 900 = 2(-6)\Delta x \rightarrow \Delta x = 75(m)$$

(ج) نیروی اصطکاک بین چرخ و لنت چند  $N$  بوده است؟ و نیروی خالص به خودرو چند نیوتون است؟ (جرم خودرو  $1500 \text{ kg}$ )  
نیازی به گفتن نیست که  $F_N$  با  $mg$  شده است.

$$|F_{\text{netx}}| = |F_k| = m.a \Rightarrow t_k = 1500 \times 6 = 9000(N)$$

**نیروی کشسانی فنر:** وقتی فنری را فشرده کنیم یا بکشیم خلاف جهت نیروی وارد شده به دست ما نیرو وارد میکند، هر چه تغییر طول فنر بیشتر باشد نیرو نیز بیشتر است. اما آیا نیروی فنر ساعت با فنر خوردو یکسان است؟ خیر! مفهومی داریم به نام ضریب سختی فنر که ویژه هر فنر است.

$$F = k.x$$

**مثال:** وزنه‌ای به جرم  $2 \text{ kg}$  از فنر به طول  $12 \text{ cm}$  آویزان می‌کنیم اگر  $k = 20 \frac{N}{cm}$  باشد و فنر را از سقف آسانسور آویزان کنیم: (تمرین کتاب)

(الف) طول فنر وقتی آسانسور ساکن است چند  $cm$  است؟

$$x = \frac{20}{20} = 10 \text{ cm} \leftarrow F = kx = 2 \times 10 = 20(N) \leftarrow F = mg$$

$$L_2 = L + 1 = 1.13 \text{ cm} \quad 13 \text{ cm}$$

(ب) طول فنر وقتی با شتاب  $2 \text{ m/s}^2$  تند شونده رو به بالا میرود چند  $cm$  است؟

$$L' = 1/2 + 12 = \frac{13}{2} \text{ cm} = x = \frac{24}{20} = 1/2 \text{ cm} \leftarrow F = 2 \times 12 = 24(N) \leftarrow F = m(g+2)$$

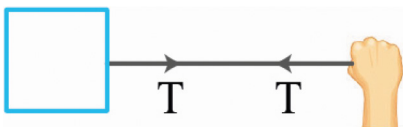
(ج) طول فنر وقتی با شتاب  $2 \text{ m/s}^2$  کند شونده رو به بالا میرود چند  $cm$  است؟

$$L' = 12 + 0/8 = 12/8 \text{ cm} \quad x = \frac{16}{20} = 0/8 \text{ cm} \leftarrow F = 8 \times 2 = 16(N) \leftarrow F = m(g-2)$$

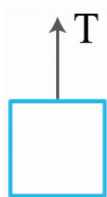
**نیروی کشش طناب:** در شکل زیر شما به کمک طناب جسم را می‌کشید، طبق قانون سوم وقتی شما طناب را با  $F$  می‌کشید طناب هم شما را با  $T$  که اندازه اش برابر اندازه  $F$  است می‌کشد.

طناب جعبه را با  $T$  می‌کشد و این کشیدن به شکل به حرکت در آمدن جعبه خودش را نشان میدهد و جعبه هم طناب را با  $T$  به سمت خود می‌کشد. به این نیروی  $T$  که طناب بین شما و جسم تحت کشش قرار گرفته نیروی کشش طناب می‌گویند. بچه‌ها خیلی پیچیدش نکنید، طناب اینجا واسطه است تا نیروی شما رو به جسم برسونه و چون قسمت

فشار هستش بهش حال دادن گفتن نیروی کشش طناب با  $T$  نشون دادنش، خلاص..

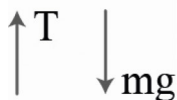


**مثال:** در شکل روبرو جسم به جرم  $40 \text{ kgr}$  با شتاب  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  رو به پایین بیاد. اگر نیروی مقاومت هوا ( $100 \text{ N}$ ) باشد نیروی کشش طناب چند نیوتن است؟ (خرداد ۱۴۰۲ ریاضی)



$$\left. \begin{array}{l} \uparrow T \quad mg \downarrow \quad \uparrow \\ \text{مقاومت هوا} \\ \text{خلاف جهت} \\ \text{حرکت} \end{array} \right\} \rightarrow F_{\text{net}} = m.a \rightarrow mg - F_D - T = F_{\text{net}}$$

جهت حرکت رو به پایین



$$(40 \times 10) - 100 - T = 40 \times 2 \rightarrow 300 - 100 = T$$

$$200 \text{ (N)} = T$$

**تکانه و قانون دوم نیوتن:** کمیتی برداری است و به کمک قانون دوم اینطوری بدست می‌آید:

$$F_{\text{net}} = m.a \xrightarrow{a = \frac{\Delta V}{\Delta t}} F_{\text{net}} = m \times \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow F_{\text{net}} = \frac{mV_f - mV_i}{\Delta t} \xrightarrow{-P = m \times \vec{V}} \text{ kgr.m/s} = m \times \vec{V}, \vec{F}_{\text{net}} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

**مثال:** گلوله‌ای روی سطح افق به جرم  $10 \text{ gr}$  با سرعت  $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  حرکت می‌کند. (مثال کتاب/تالیفی)

الف) تکانه گلوله چقدر است؟

$$\vec{P} = m \times \vec{V} \Rightarrow \vec{P} = 10 \times 10^{-3} \times 5 = 5 \times 10^{-2} \text{ kgr.m/s}$$

ب) انرژی جنبشی گلوله چقدر است؟

$$\vec{P} = m \vec{V} \xrightarrow{\text{توان 2 برسون}} P^2 = m^2 V^2 \xrightarrow{\text{در 1/2 ضرب و به m تقسیم}} \frac{1}{2} m V^2 = \frac{P^2}{2m} \rightarrow \frac{(5 \times 10^{-2})^2}{2 \times 10 \times 10^{-3}} = 0.125 \text{ J}$$

ج) اگر گلوله به مانع برخورد کند و با همان سرعت  $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  برگردد تغییرات تکانه چقدر است؟

$$\vec{V}_1 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \vec{i} \quad \vec{V}_2 = -5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \vec{i} \quad \vec{V}$$

$$\Delta \vec{P} = m \Delta \vec{V} \rightarrow \Delta P = 10 \times 10^{-3} \times (-5 - 5) = -10^{-1} \text{ (kgr} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}) \vec{i} = -0.1 \vec{i}$$

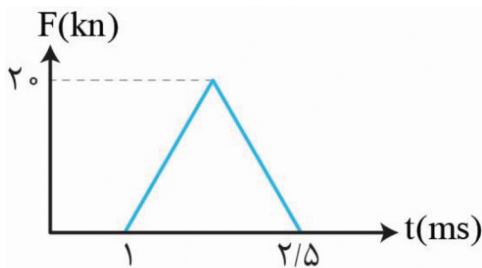
نکته: فرض کنید نیروهایی ثابت به جسم وارد میشوند. پس داریم:

$$\vec{F}_{\text{ar}} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} \leftarrow \text{این میانگین نیرو هستش که به جسم وارد شده و فرض گرفتیم کل فرایند این نیرو وارد شده و ثابت بوده.}$$

**مثال:** توپ به جرم  $280 \text{ gr}$  شوت میشه به تیر میخوره اگر سرعت شوت  $22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  باشه و سرعت برگشت  $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  و کل زمانی که توپ با تیر در تماس بود  $0.06 \text{ (s)}$  اونوقت اندازه متوسط نیروی وارد به توپ چند نیوتن بود؟ (تمرین کتاب)

$$\left. \begin{array}{l} \vec{P}_1 = 22 \times 280 \times 10^{-3} \vec{i} \\ \vec{P}_2 = -15 \times 280 \times 10^{-3} \vec{i} \end{array} \right\} \Delta \vec{P} = -10.36 \text{ kgr} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \vec{i} \Rightarrow |F| = \frac{|\Delta P|}{\Delta t} = \frac{10.36}{0.06} = 172.6 \text{ (N)}$$

**مثال:** نمودار زیر نیروی وارد بر جسم بر حسب زمان است تغییر تکانه جسم و نیروی خالص متوسط آن را حساب کنید. (تمرین



کتاب)

$$S = \Delta P = \frac{20 \times 10^{-3} \times (2/5 - 1) \times 10^{-3}}{2} = 15 \text{ kgr} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{15}{1/5 \times 10^{-3}} = 10000 \text{ (N)}$$

**نکته:** مساحت بین نمودار و محور  $\Delta P$ ،  $t$  است.

**نیروی گرانش:** نیرویی که اجسام هم اندازه و خلاف جهت هم به یکدیگر وارد می‌کنند مثل ماه و زمین. علت چرخش ماه به دور زمین نیروی گرانش است!

**نکته:** نیروی گرانش شبیه نیروی بین دو آهنربا است. هر قدر آهنربا بزرگتر باشد و فاصله بین آنها کمتر باشد نیرو قوی‌تر است!

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

$\xrightarrow{\text{جرم جسم ۱}}$   $m_1$   $\xrightarrow{\text{جرم جسم ۲}}$   $m_2$   
 $\xrightarrow{\text{فاصله مرکز دو جسم بر حسب m}}$   $r^2$   $\xrightarrow{\text{ثابت گرانش}}$

**مثال:** جسم در فاصله  $(m)$  ۲ یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک  $(N)$   $10^{-8}$  جذب می‌کند اگر جرم جسم اول  $50 \text{ kgr}$  باشد جرم جسم دیگر چند کیلوگرم است؟ (تمرین کتاب)

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \rightarrow m_2 = \frac{F \cdot r^2}{G m_1} \Rightarrow m_2 = \frac{10^{-8} \times (20)^2}{6.67 \times 10^{-11} \times 50} \approx 1.2 \times 10^3 \text{ kgr}$$

**مثال:** در چه فاصله‌ای از سطح زمین، وزن یک جسم نصف می‌شود؟ (تمرین کتاب)

اگر نیروی وارد بر یک جسم  $F$  باشد اونوقت  $F = F_{net}$  و اگر جسم روی سطح زمین باشد داریم:  $M$  همون جرم زمین و  $m$  جرم جسم  $Re$  شعاع زمین:

$$F_{ent} = ma = GM \frac{m}{R_e^2} \Rightarrow a = G \frac{M}{R_e^2}$$

اگر مقدار رو حساب کنید به عدد  $9/8 \frac{m}{s^2}$  می‌رسید یعنی در واقع  $g = G \frac{M}{R_e^2}$  می‌شود.

$$g' = \frac{g}{2} = \frac{GM}{(R_c + h)^2}$$

هرچه فاصله بیشتر  $g$  کمتر میشود

$$\Rightarrow \frac{G \frac{M}{R_e^2}}{2} = \frac{GM}{(R_e + h)^2} \Rightarrow \frac{1}{2 R_e^2} = \frac{1}{(R_e + h)^2} \rightarrow \sqrt{2} R_e = R_e + h \rightarrow h = (\sqrt{2} - 1) R_e$$

$$\rightarrow h \approx 0.4 R_e$$

**مثال:** در چه فاصله‌ای از سطح زمین، ماهواره‌ای که بین زمین و ماه قرار دارد برآیند نیروی صفر خواهد داشت؟ (تمرین کتاب)

با توجه به اطلاعات سوال از شعاع زمین صرف نظر می‌کنیم و داریم  $G \frac{M}{y^2} = G \frac{M}{x^2}$  از طرفی  $k = 3/84 \times 10^5$  پس  $x + y = 3/84 \times 10^5$ :

$$\frac{GM \cdot x}{(3/84 \times 10^5 \times 10^3 - y)^2} = \frac{GM \cdot m}{(y)^2} \Rightarrow \frac{7/36 \times 10^{22}}{(3/84 \times 10^8 - y)^2} = \frac{5/98 \times 10^{24}}{y^2} \Rightarrow y \approx 3/46 \times 10^8 \text{ (m)}$$

**سوال:** آزمایشی طراحی کنید که در آن بتوان  $\mu_1, \mu_2$  را حساب کرد؟

جسم به جرم  $m$  روی سطح افق گذاشته و با نیروسنج میکشیم. زمانی که جسم در آستانه حرکت بود عدد نیروسنج همان

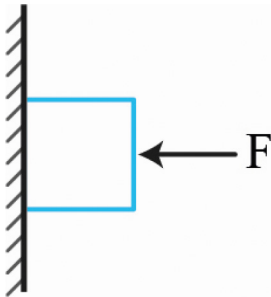
$$F_N = mg \text{ و } F_{smax}$$

$$f_t = \mu_x \cdot F_N$$

**سوال:** آزمایشی طراحی کنید که بتوان  $k$  فنر را حساب کرد.



پ) نیروی اصطکاک جنبشی به (ضریب اصطکاک جنبش - مساحت سطح تماس دو جسم) بستگی ندارد. (ت) نیروی ثابت خالص وارد بر جسم برابر با تغییر (سرعت - تکانه) جسم تقسیم بر زمان تغییر آن است.



مثال: در شکل مقابل جرم کتاب  $2/5 \text{ kg}$  است و ساکن می‌باشد، اصطکاک چقدر و کدام سو است؟ (تم)

اگر نیروی  $F$  زیاد شود چطور؟

$F_s$  رو به بالا است و برابر با نیرویی که میخواهد کتاب را حرکت بدهد یعنی نیروی گرانش!

$$F_s = mg = 2/5 \times 10 = 25 \text{ (N)}$$

$F$  زیاد شود، زیاد میشود ولی چون همچنان فقط نیروی  $mg$  میخواهد کتاب را حرکت دهد.

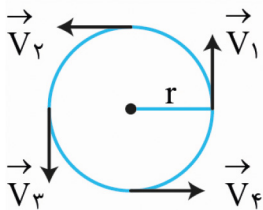
باز هم  $f_s$  برابر اندازه  $mg$  میشود.

### حرکت دایره‌ای:

وقتی شما با یک تندی ثابت (تعریف تندی که یادته) در یک مسیر دایره‌ای حرکت کنید حرکت دایره‌ای یکنواخت گفته میشود!

مثلا اگر با ماشین در حال دور زدن میدان باشید گردش عقربه سرعت ماشین شما عدد ثابتی را نشان میدهد! این عدد در واقع

تندی حرکت شما است! پس سرعت چی؟ سرعت کمیتی برداری است بنابراین بردار حرکت شما در هر نقطه مماس به حرکت شما است.



طبق شکل روبرو اندازه سرعت‌های شما برابر است اما چون جهت فرق دارد داریم:

بینید اندازه سرعت‌های شما برابره اما چون جهت فرق داره اینجوری از آب در میاد، در واقع ما داریم

لحظه رو بررسی میکنیم نه کل حرکت رو، برای همین  $V$  ها مماس شدن.

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

$\rightarrow$  شعاع  $m$   
 $\rightarrow$  تندی  $m/s$   
 دوره

**دوره تناوب:** مدت زمان لازم برای طی کردن یک دور کامل دوره تناوب است.

مثال: پره یک بالگرد با دوره  $(s) 0/02$  به طور یکنواخت می‌چرخد (مثال کتاب)

$$t = 60 \text{ (s)}$$

الف) تعداد دور بر دقیقه پره بالگرد چقدر است؟ (rpm)

$$\text{rpm} = \left(\frac{1}{T}\right) \left(\frac{60 \text{ (s)}}{1 \text{ min}}\right) = \left(\frac{1}{0/02}\right) \left(\frac{60}{1 \text{ min}}\right) = 3000 \text{ دقیقه/دور}$$

ب) اگر شعاع پره  $(\text{m}) 2$  باشد نوک پره با چه تندی می‌چرخد؟

تندی نوک پره با وسط آن فرق دارد چون در بازه زمانی یکسان مساحت بیشتری طی می‌کند:

$$V = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2(3/14)(2)}{0/02} = 628 \frac{m}{s}$$

**شتاب مرکز گرا:** گفته شد که در حرکت دایره‌ای اندازه سرعت ثابت بوده اما جهت تغییر میکند. چرا؟ چون شتاب به سمت

مرکز بوده که همواره بر جهت سرعت عمود است.

$$a_c = \frac{V^2}{r} \quad V = \frac{2\pi r}{T} \quad a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

**مثال:** خودرویی در یک میدان به شعاع  $m$  ۱۰۰ با تندی  $\frac{km}{h}$  ۳۶ در حال دور زدن است دوره و شتاب مرکز گرا خودرو را حساب کنید. (مثال کتاب)

$$V = 36 \frac{km}{h} = 10 \frac{m}{s}, T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2(2/4)(100)}{10} = 62/8(s) \Rightarrow a_c = \frac{V^2}{r} = \frac{(10)^2}{100} = 1 \frac{m}{s^2}$$

□ **قانون دوم در حرکت دایره‌ای:** در حرکت دایره ای شتاب مرکز گرا داریم پس این امر به این معنی است که نیروی خالص غیرصفر وجود دارد پس: ثابت بودن مدار گردش ماه به دور زمین به دلیل قانون دوم حرکت دایره ای و گرانش بین این دو جسم است.

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

**نکته:** خودرویی که دور فلکه می‌چرخد به‌خاطر اصطکاک سر نمی‌خورد!

**مثال:** حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین چرخ خودرو و جاده چقدر باشد تا خودرو بتواند با سرعت  $54 \text{ km/h}$  پیچ افقی سطحی

که شعاع آن  $(m)$  ۵۰ است دور بزند؟ (تمرین کتاب)

$$V = \frac{54}{3/6} = 15 \frac{m}{s}$$

لختی خودرو می‌خواهد از سطح جاده فرار کند و مستقیم برود اما اصطکاک این اجازه را نمیدهد. پس:

$$F_{net} = m \frac{V^2}{r} = \mu_v \cdot F_N = F_{s_{max}}$$

$$\frac{V^2}{r} = \mu_s = .mg \Rightarrow \mu = \frac{V^2}{r \cdot g} = \frac{15^2}{50 \times 10} = \frac{225}{50 \times 10} = 0/45$$