

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشگاه یزد
Yazd University

مبانی فیزیک ۱

دانشکده فیزیک دانشگاه یزد

مدرس:

زهرا اسدی

zahra.asadi6640@yahoo.com

فصل ۵

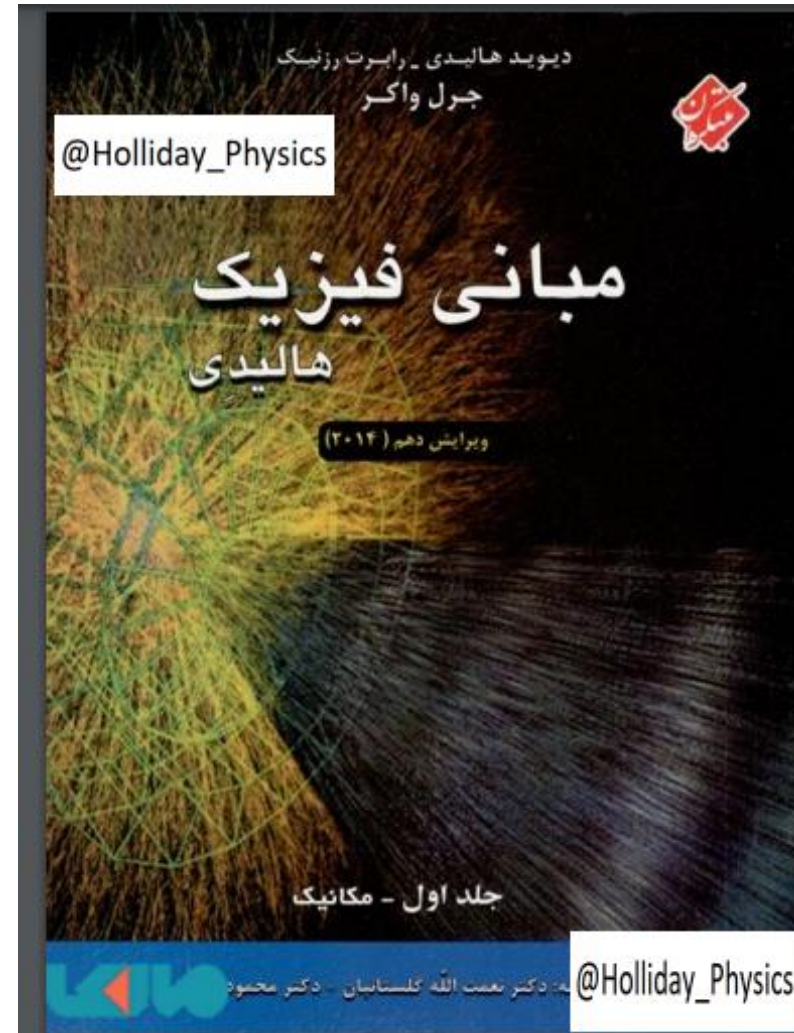
دیوید ہالیدی - رابرٹ رزنیک

جرل واکر

مبانی فیزیک ہالیدی

ویرایش دہم (۲۰۱۴)

جلد اول - مکانیک





نیرو و حرکت ۱

□ مکانیک کلاسیک

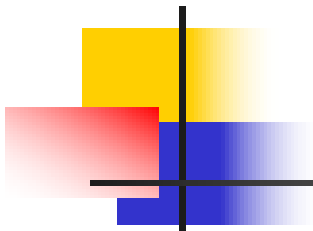
□ قانون اول نیوتن

□ قانون دوم نیوتن

□ قانون سوم نیوتن

□ معرفی چند نیرو

□ بعضی کاربردهای قوانین نیوتن



مکانیک کلاسیک

□ مکانیک شامل دو قسمت است: سینماتیک و دینامیک

□ سینماتیک توصف ریاضی حرکت است.

□ در این فصل علل حرکت یعنی دینامیک حرکت مورد بحث قرار می گیرد.

□ بررسی حرکت ذرات کوچک در قلمرو مکانیک کوانتومی است. بررسی حرکت ذرات در سرعت‌های بالا در

مکانیک نسبیتی بررسی می گردد که در اینجا به آن نمی پردازیم.

توصیف حرکت ذرات بسیار کوچک و در سرعت‌های نزدیک به سرعت نور در قلمرو مکانیک کوانتومی نسبیتی است.

مکانیک کلاسیک

□ نیرو عاملی است که باعث تغییر حرکت جسم می شود.

□ جرم یک جسم معیاری از میزان مقاومت جسم در مقابل تغییر حرکت است.

□ هرگاه چند نیرو بر جسمی اثر کند، هر کدام مستقلاً شتابی به جسم می دهند. شتاب بر

آیند، حاصل جمع برداری این شتاب ها است.



قانون اول نیوتن

□ در قوانین نیوتن اجسام **ذره** یعنی یک نقطه مادی بدون بعد فرض می شود.

□ حرکت یک ذره توسط **محیط** ذره مشخص می شود.

□ از طریق محیط اطراف ذره بر ذره **نیرو** وارد می شود و باعث **شتاب** آن می گردد.

□ قانون **اول** نیوتن:

اگر برایندهای نیروهای خارجی وارد بر یک جسم صفر باشد جسم اگر ساکن است، ساکن و اگر در

حال حرکت یکنواخت مستقیم الخط است به حرکت یکنواخت خود ادامه می دهد.

قانون دوم نیوتن

اگر **برایند** نیروهای وارد بر جسمی به جرم m برابر $\sum \vec{F}$ باشد جسم تحت تاثیر این **برایند شتاب**

a **در جهت برایند نیروها** می گیرد که اندازه شتاب با جرم جسم نسبت عکس و با نیرو نسبت

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

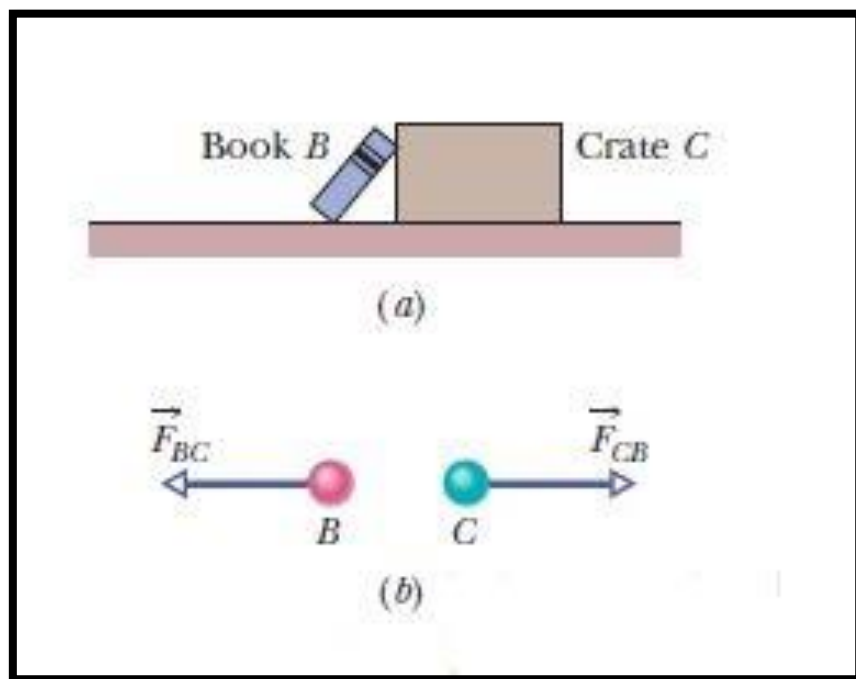
مستقیم دارد.

معادلات **مولفه ای** و اسکالر قانون دوم نیوتن:

$$\sum F_x = ma_x, \quad \sum F_y = ma_y, \quad \sum F_z = ma_z$$

قانون سوم نیوتن

وقتی دو جسم با هم برهم کنش می کنند، نیروهایی که آن دو به یکدیگر وارد می کنند همواره از لحاظ بزرگی برابر و از لحاظ جهت در خلاف یکدیگرند. **قانون عمل و عکس العمل**



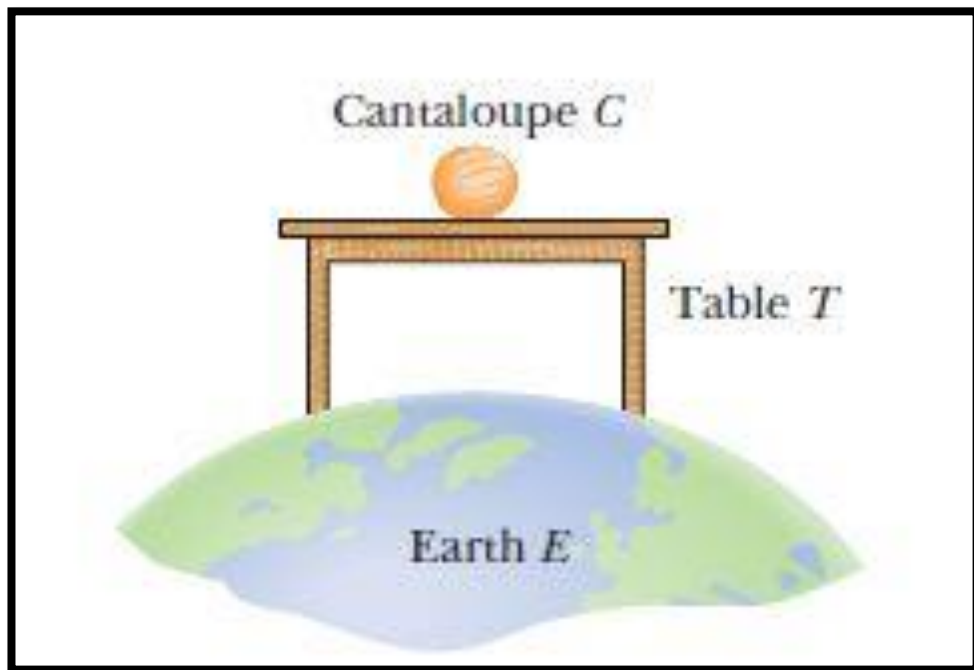
$$F_{BC} = F_{CB} \quad \text{بزرگی های برابر}$$

$$\vec{F}_{BC} = -\vec{F}_{CB} \quad \text{جهت های مخالف}$$

مثال

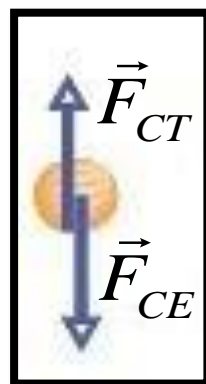
در این شکل، یک طالبی روی میز که روی زمین واقع است، قرار دارد. می‌خواهیم زوج نیروی قانون سوم را که شامل طالبی باشد پیدا کنیم.

✓ طالبی با میز و زمین برهم‌کنش می‌کند (سه جسم وجود دارد که باید برهم‌کنش آنها را جدا کنیم).

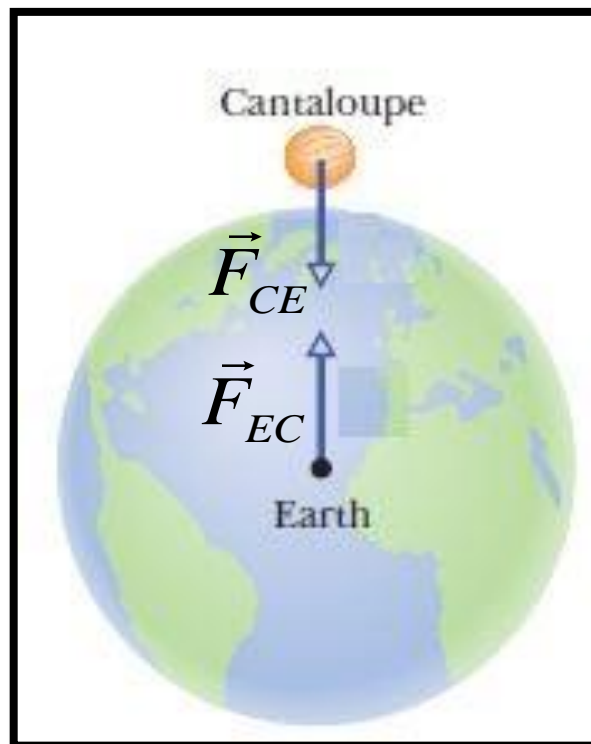


نیروی عمودی
وارد شده از
میز

نیروی گرانشی

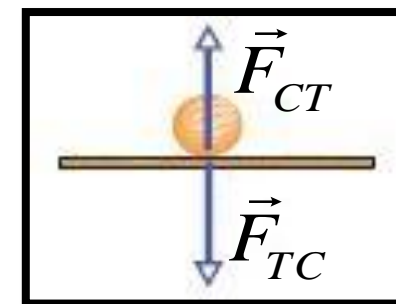


نیروهای وارد
به طالبی



زوج نیروی قانون سوم

برهم کنش طالبی-زمین



زوج نیروی قانون سوم

برای برهم کنش

طالبی-میز

نیرو گرانشی و وزن

□ **نیروی گرانشی:** نیرویی است که جسم را به طور مستقیم به سمت مرکز کره زمین می کشاند.

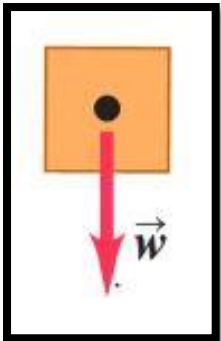
□ قانون دوم نیوتن برای نیروی گرانشی به صورت برداری $\vec{F} = m\vec{g}$ نوشته می شود.

□ بزرگی نیروی گرانشی برابر است با حاصلضرب $F = mg$

□ **نیروی وزن W:** وزن یک جسم برابر با بزرگی نیروی گرانشی وارد بر آن جسم است.

$$W = mg$$

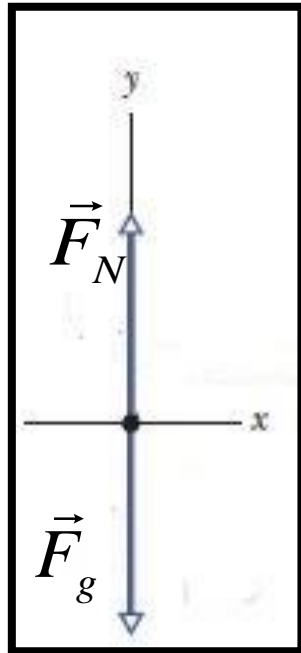
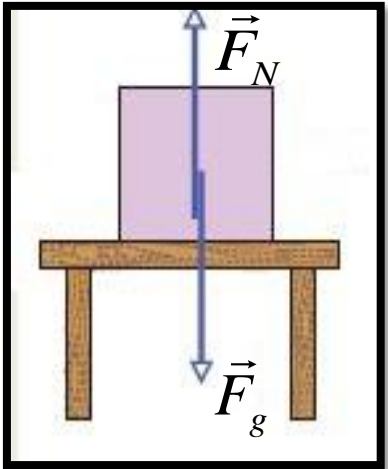
□ وزن مقدار نیرو است و با جرم جسم ارتباط دارد.



نیروی عمودی تکیه‌گاه

نیروی عمودی (\vec{F}_N) یا نیروی عکس العمل سطح :

وقتی جسمی سطحی را می‌فشارد، آن سطح به آن جسم نیروی عمودی \vec{F}_N وارد می‌کند
جهت این نیرو همواره عمود بر سطح است.



نمودار جسم-آزاد وارد بر قطعه

$$\sum F_y = m a_y$$

$$F_N - F_g = m a_y$$

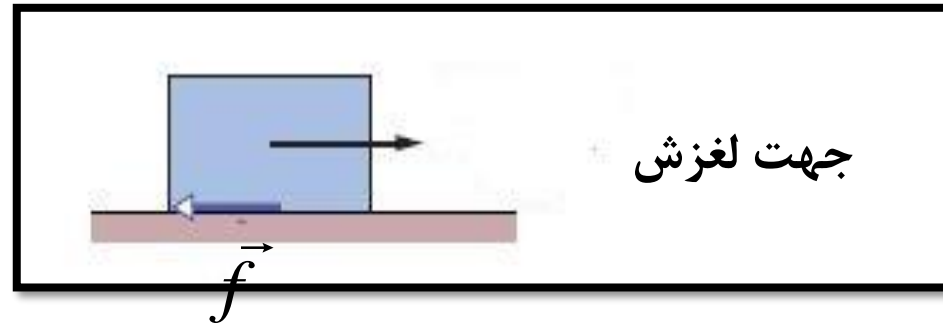
$$F_N - mg = m a_y$$

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

$$a_y = 0 \rightarrow F_N = mg$$

نیروی اصطکاک

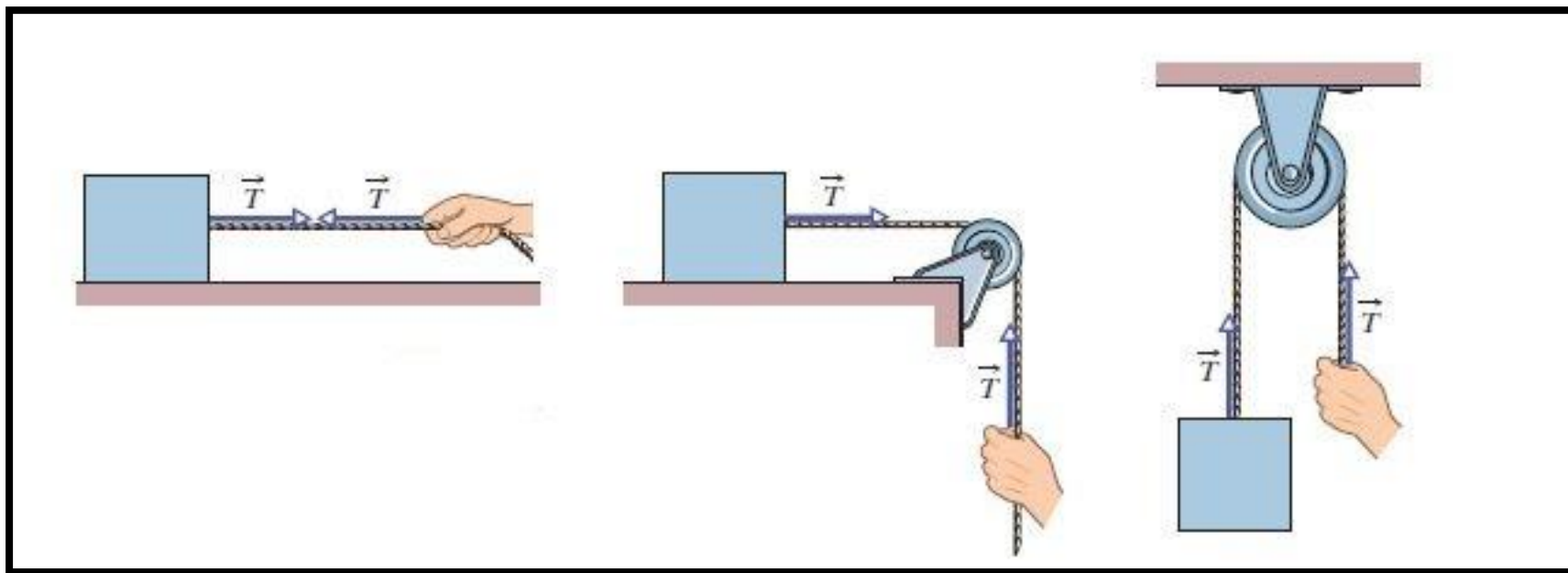
اگر جسمی را روی سطحی بلغزانیم، حرکت بر اثر اتصال بین جسم و سطح با **مقاومت** روبرو خواهد شد. مقاومت در برابر حرکت با یک نیروی \vec{f} به نام نیروی اصطکاک در نظر گرفته می‌شود. این نیرو **در امتداد سطح و مخالف با جهت حرکت** است.



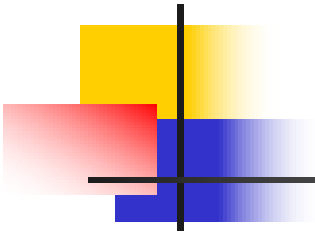
گاهی برای ساده کردن یک وضعیت، اصطکاک ناچیز در نظر گرفته می‌شود (به چنین سطحی، سطح بدون اصطکاک می‌گویند)

نیروی کشش طناب

نیروی کشش طناب \vec{T} نیرویی است که از طرف **طنابی** که جسم را می‌کشد در نقطه اتصال طناب به جسم، بر جسم وارد می‌شود و **در امتداد طناب** است.



مراحل حل مسائل مکانیک کلاسیک



1. تعیین جسمی که حرکتش مورد نظر است.

2. مشخص کردن محیط مستقیم اطراف جسم به منظور تعیین نیروهای وارد بر آن (یکی از محیط‌ها همواره زمین است).

3. تعیین سیستم مختصات مناسب

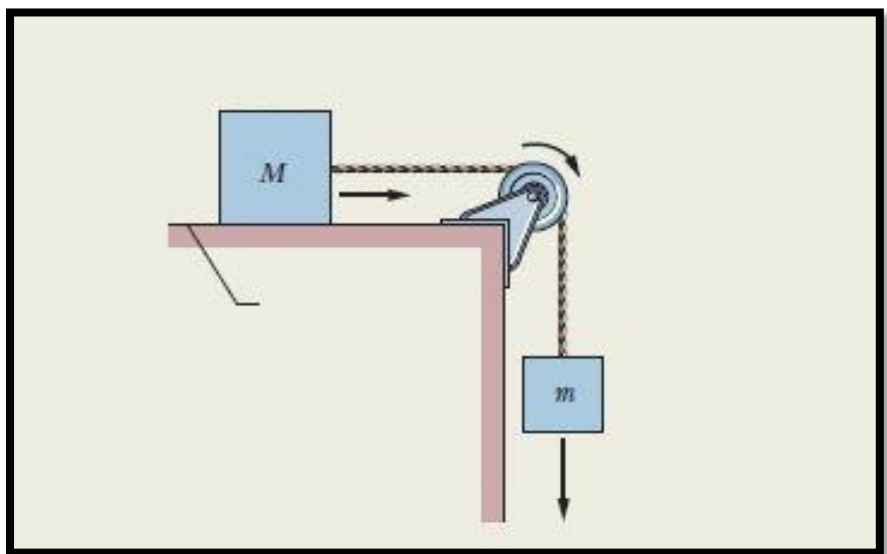
4. رسم نمودار جسم-آزاد یا رسم کلیه نیروهای وارد بر جسم در سیستم مختصات مناسب

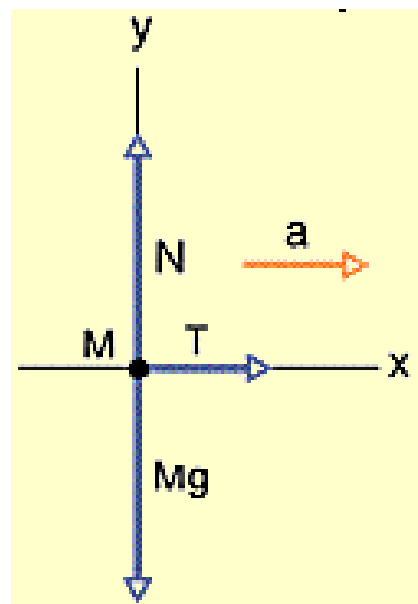
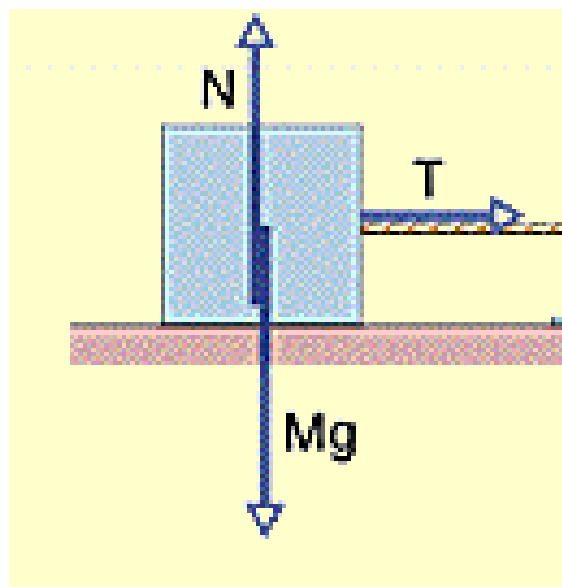
5. تجزیه نیروها و بدست آوردن مؤلفه‌ها در امتداد هر یک از محورها مختصات

$$\begin{cases} \sum F_x = m a_x \\ \sum F_y = m a_y \end{cases}$$

6. استفاده از روابط مؤلفه‌ای قانون دوم نیوتن

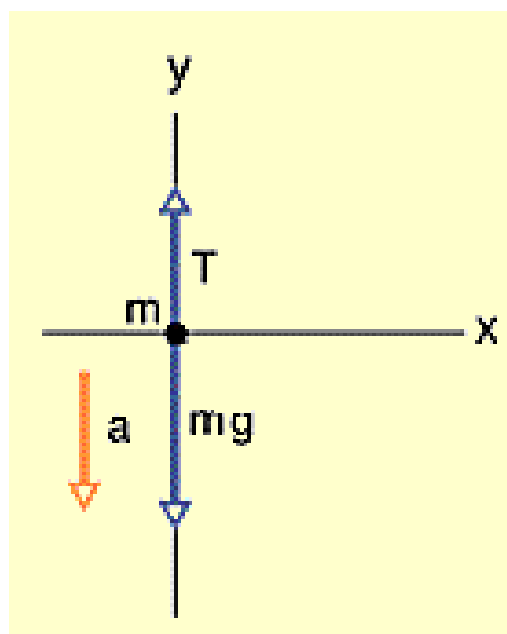
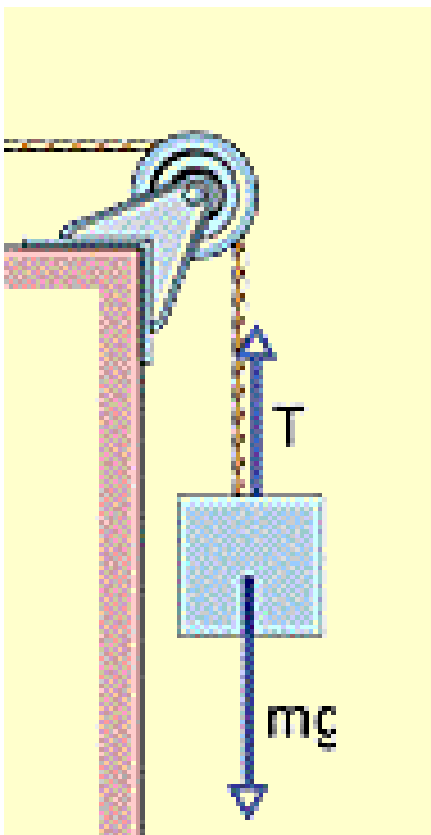
جسم $M=3.3\text{kg}$ بر روی سطح میز بدون اصطکاکی قرار دارد و توسط طنابی و قرقره بدون اصطکاکی به جسم $m=2.1\text{kg}$ وصل است. شتاب هر یک از اجسام و نیروی کشش طناب را بدست آورید.





$$\left\{ \begin{array}{l} \sum F_y = m a_y \rightarrow N - Mg = M a_y \\ a_y = 0 \rightarrow N = Mg \\ \sum F_x = M a_x \rightarrow T = M a \end{array} \right.$$

نمودار جسم-آزاد برای
قطعه لغزان به جرم M



نمودار جسم-آزاد برای
قطعه آویزان به جرم m

$$\sum F_y = m a_y \rightarrow mg - T = m a$$

حال دو معادله و دو مجهول داریم که با حل آنها شتاب دو قطعه و کشش ریسمان بدست می آید.

$$\left. \begin{array}{l} T = M a \\ m g - T = m a \end{array} \right\} \Rightarrow m g - M a = m a \Rightarrow m g = (m + M) a \Rightarrow a = \frac{m}{m + M} g$$

با قرار دادن شتاب بدست آمده در معادله $T = M a$ نیروی کشش ریسمان به صورت زیر محاسبه می شود:

$$T = M a \rightarrow T = M \frac{m}{m + M} g$$

$$a = \frac{m}{m + M} g$$

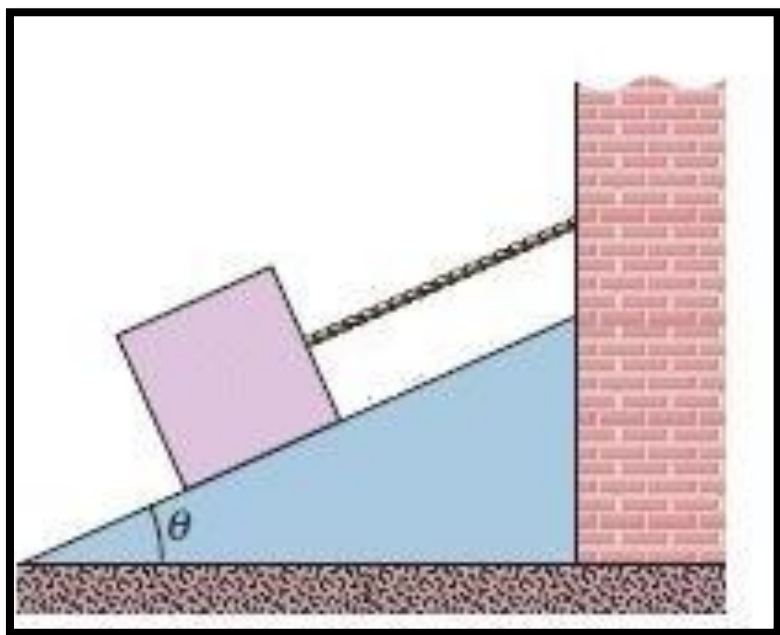
$$a = \frac{2.1}{2.1 + 3.3} \times 9.8 = 3.8 \text{ m/s}^2$$

$$T = M \frac{m}{m + M} g$$

$$T = 3.3 \frac{2.1}{1.1 + 3.3} \times 9.8 = 12.57 \text{ N}$$

مثال

در شکل زیر فرض کنید سطح بدون اصطکاک است و جرم قطعه $m = 8\text{ kg}$ و زاویه $\theta = 30^\circ$ است. مطلوب است



(الف) کشش ریسمان

(ب) نیروی عمودی وارد بر قطعه.

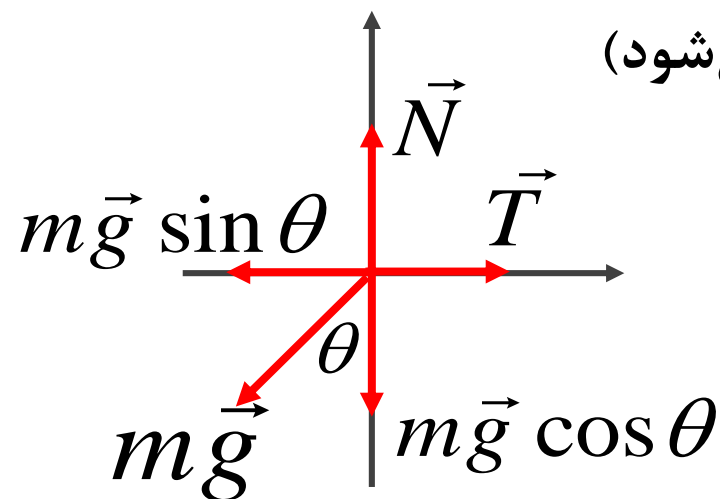
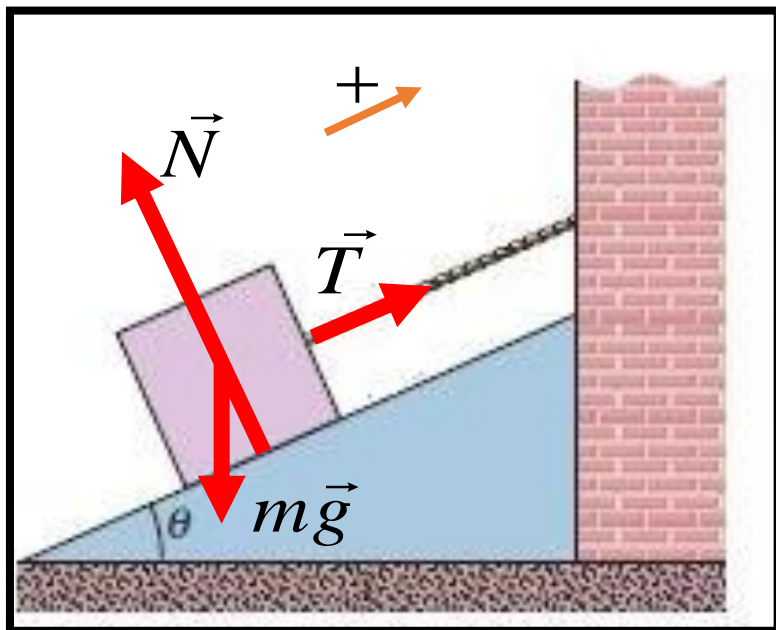
(پ) اگر ریسمان قطع شود، بزرگی شتابی را قطعه کسب می کند.

ابتدا نیروهای وارد بر جسم را مشخص می‌کنیم. سه نیرو داریم.

1. نیروی کشش طناب

2. نیروی عمودی تکیه‌گاه

3. نیروی وزن (به دو مؤلفه تجزیه می‌شود)



نمودار جسم-آزاد

(الف و ب) جسم در حال تعادل است. پس برآیند نیروهای وارد بر جسم در دو راستای x و y صفر است. یعنی جسم شتاب ندارد.

$$\sum F_x = ma_x = 0 \Rightarrow T - mg \sin \theta \Rightarrow T = mg \sin \theta$$

$$\sum F_y = ma_y = 0 \Rightarrow N - mg \cos \theta = 0 \Rightarrow N = mg \cos \theta$$

(پ) پاره شدن ریسمان به معنای حذف \vec{T} می باشد، پس جسم در راستای شیب سطح شتاب می گیرد ولی در راستای عمود بر سطح شتاب همچنان صفر است.

$$\sum F_x = m a_x \Rightarrow -mg \sin \theta = ma \Rightarrow a = -g \sin \theta$$

مثال

قطعه‌ای با تندی اولیه $v_0 = 3 \frac{m}{s}$ روی سطح شیبدار بدون اصطکاکی رو به بالا پرتاب می‌شود. زاویه

شیب $\theta = 30^\circ$ است. (الف) قطعه روی سطح چقدر بالا می‌رود؟ (ب) چقدر طول می‌کشد تا به آنجا

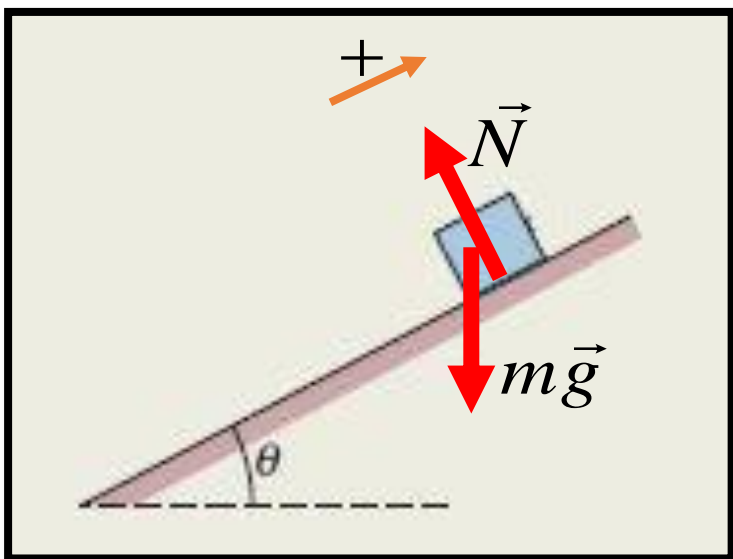
برسد؟ (پ) تندی آن وقتی به نقطه اول باز می‌گردد چقدر است؟

حل: ابتدا نیروهای وارد بر جسم را مشخص می‌کنیم.

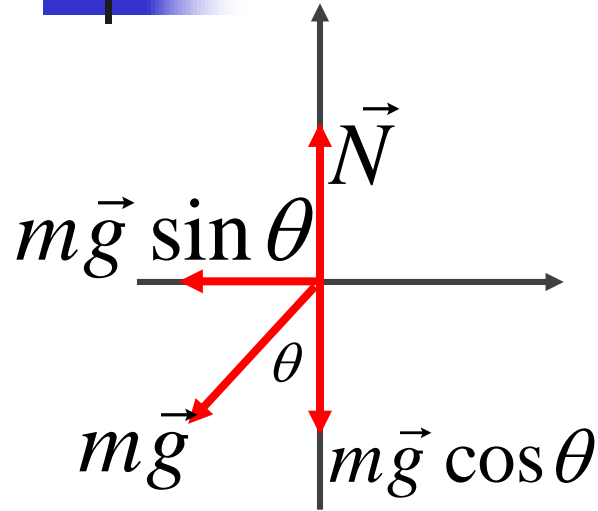
دو نیرو داریم.

1. نیروی عمودی تکیه‌گاه

2. نیروی وزن (به دو مؤلفه تجزیه می‌شود)



(الف) ابتدا باید شتاب حرکت را بدست آورد.



$$\sum F_x = m a_x \rightarrow -mg \sin \theta = ma \rightarrow a = -g \sin \theta$$

$$\sum F_y = m a_y = 0 \rightarrow N - mg \cos \theta = 0 \rightarrow N = mg \cos \theta$$

حال با استفاده از معادله مستقل از زمان می توان بیشترین مسافتی که جسم روی سطح شیبدار طی می کند را حساب کنیم. باید به این نکته توجه کرد زمانی که جسم به **بیشترین مسافت طی شده** می رسد **سرعت آن صفر** می شود.

$$\left. \begin{aligned} v^2 - v_0^2 &= 2a \Delta x \Rightarrow -v_0^2 = 2a \Delta x \Rightarrow \Delta x = -\frac{v_0^2}{2a} \\ a &= -g \sin \theta \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta x = \frac{v_0^2}{2g \sin \theta}$$

(ب) برای به دست آوردن مدت زمان لازم برای طی شدن این مسافت از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} v = at + v_0 \Rightarrow 0 = at + v_0 \Rightarrow t = -\frac{v_0}{a} \\ a = -g \sin \theta \end{aligned} \right\} \Rightarrow t = \frac{v_0}{g \sin \theta}$$

(ج) چون نیروی اصطکاک در مسأله وجود ندارد سرعت در برگشت همان سرعت اولیه است.

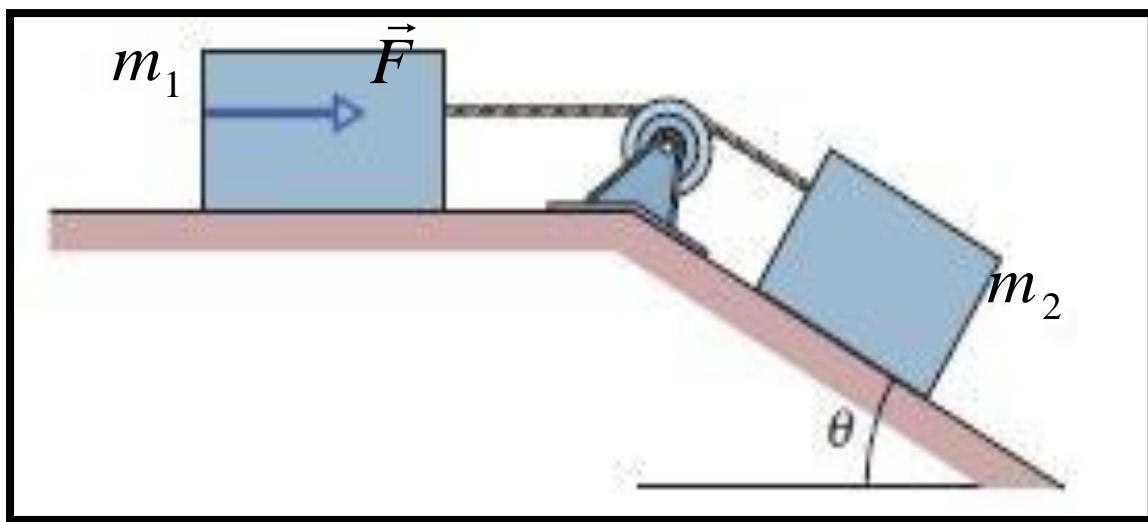
مثال

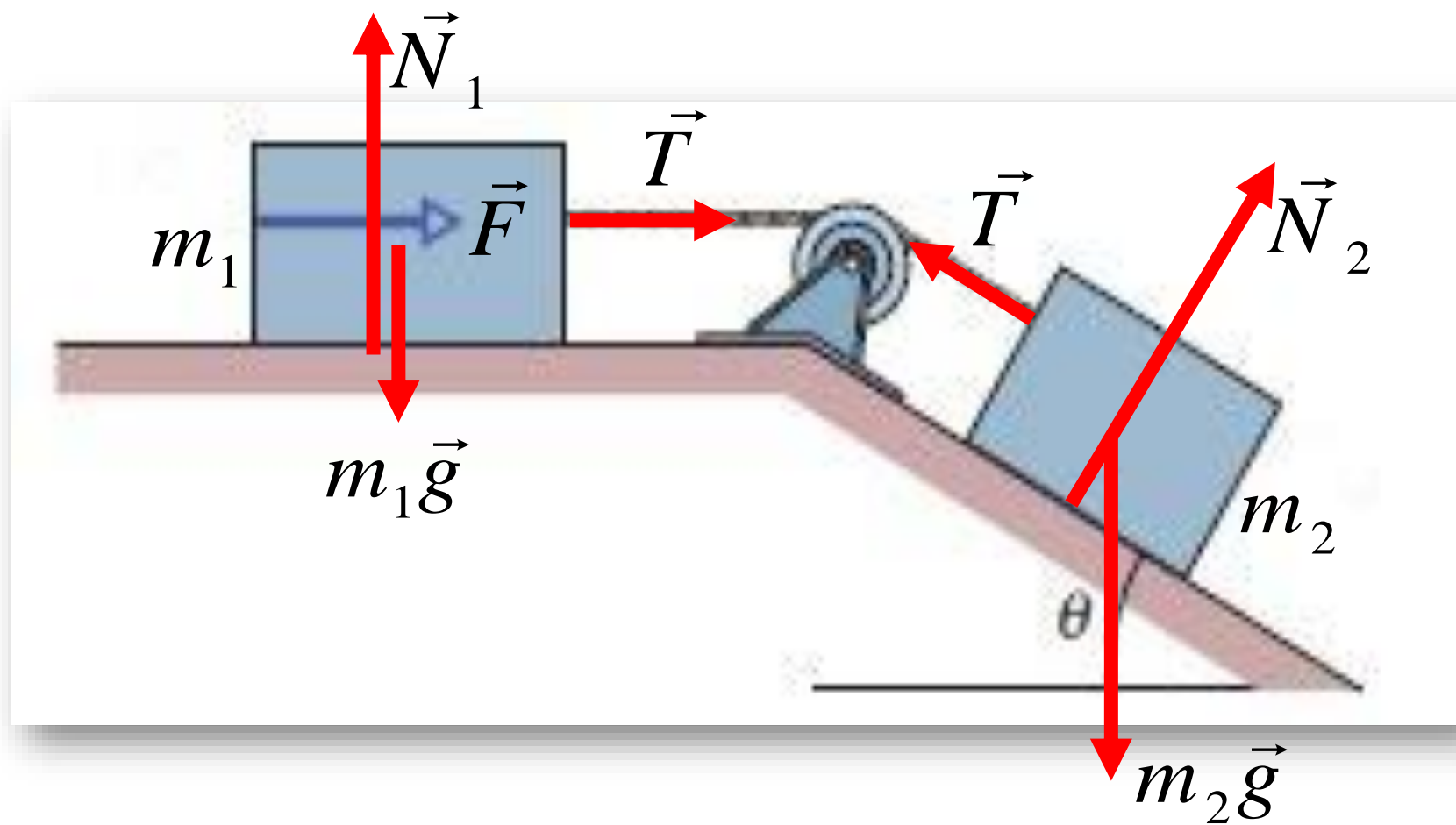
در شکل زیر جعبه‌ای به جرم $m_2 = 1 \text{ kg}$ بر روی سطح شیبدار بدون اصطکاکی با زاویه شیب $\theta = 30^\circ$ قرار دارد. این جعبه توسط ریسمانی با جرم ناچیز به جعبه دیگری به جرم $m_1 = 3 \text{ kg}$ که روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارد، متصل شده است. قرقره بدون جرم است. (الف) اگر بزرگی نیروی افقی برابر با $F = 2 \text{ N}$ باشد، کشش ریسمان چقدر است؟ بیشترین مقداری که F می‌تواند داشته باشد بدون آنکه ریسمان شل شود؟

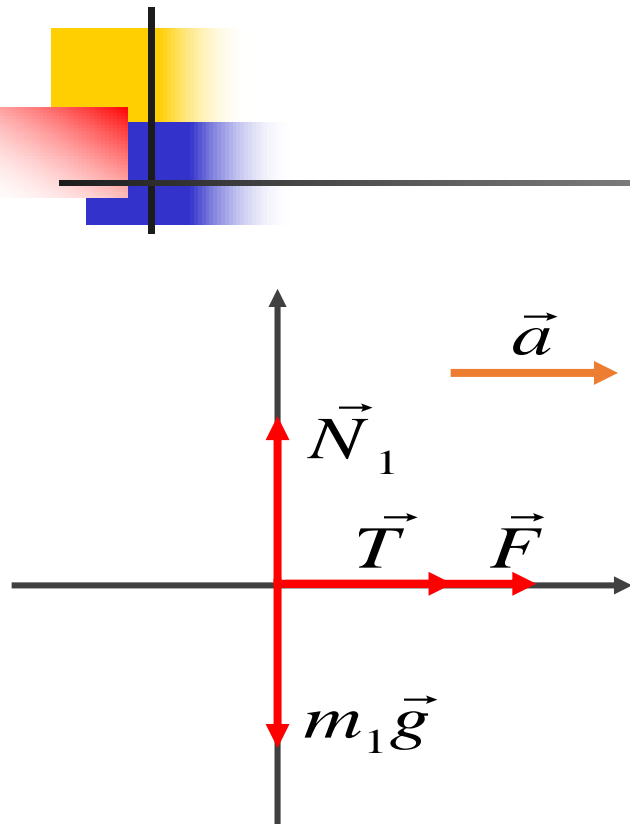
حل: ابتدا نیروهای وارد بر جسم را مشخص می‌کنیم.

سه نیرو داریم.

1. نیروی عمودی تکیه‌گاه
2. نیروی وزن (به دو مؤلفه تجزیه می‌شود).
3. نیروی کشش طناب





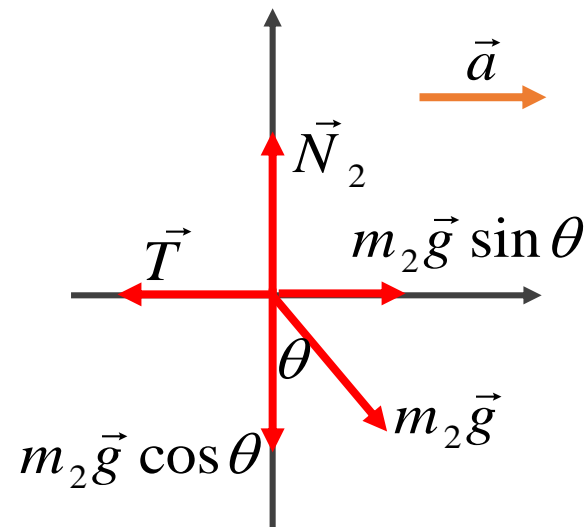


$$\sum F_x = m_1 a_x \Rightarrow F + T = m_1 a \quad 1$$

$$\sum F_y = m a_y = 0 \Rightarrow N_1 - m_1 g = 0$$

$$N_1 = m_1 g$$

$$N_1 = 3 \times 10 = 30 \text{ N}$$



$$\sum F_x = m_2 a_x \Rightarrow m_2 g \sin \theta - T = m_2 a \quad 2$$

$$\sum F_y = m a_y = 0 \Rightarrow N_2 - m_2 g \cos \theta = 0$$

$$N_2 = m_2 g \cos \theta$$

$$N_2 = 1 \times 10 \times \cos 30 = 8.6 \text{ N}$$

با تقسیم معادله یک به معادله دو به نتیجه زیر می‌رسیم:

$$\frac{F + T}{m_2 g \sin \theta - T} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow T = ?$$

با حل این معادله مقدار کشش طناب بدست می‌آید.

$$\frac{2 + T}{1 \times 10 \times \sin 30 - T} = \frac{3}{1}$$

$$2 + T = 3(5 - T) \rightarrow 2 + T = 15 - 3T$$

$$5T = 13 \rightarrow T = 2.6 \text{ N}$$

(ب) چون می‌خواهیم آستانه شل شدن طناب را پیدا کنیم، فرض می‌کنیم که طناب شل شود و این یعنی اینکه کشش

طناب صفر شود

$$F + T = m_1 a$$

$$T = 0$$

$$F = m_1 a$$

$$m_2 g \sin \theta - T = m_2 a$$

\Rightarrow

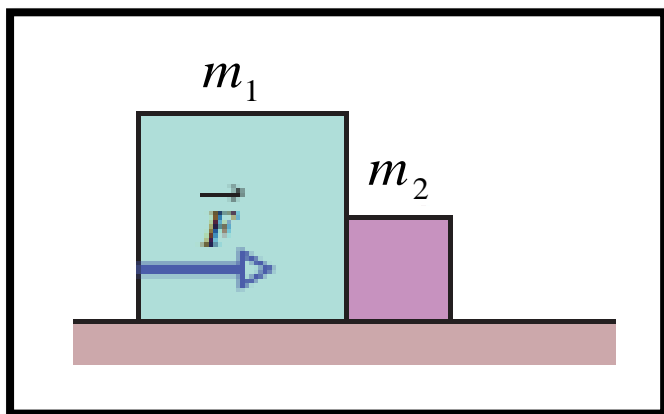
$$m_2 g \sin \theta = m_2 a \Rightarrow F_{\max} = m_1 g \sin \theta$$

$$F_{\max} = 3 \times 10 \times \sin 30 = 15 \text{ N}$$

اگر نیروی F به این مقدار برسد طناب شل می‌شود پس همواره نیروی F باید کمتر از این مقدار باشد.

مثال

دو قطعه روی میز بدون اصطکاکی با یکدیگر در تماس‌اند. یک نیروی افقی مطابق شکل بر قطعه بزرگتر وارد می‌شود. اگر $F = 3.2 \text{ N}$ ، باشد، بزرگی نیروی میان دو قطعه را وارد کنید.

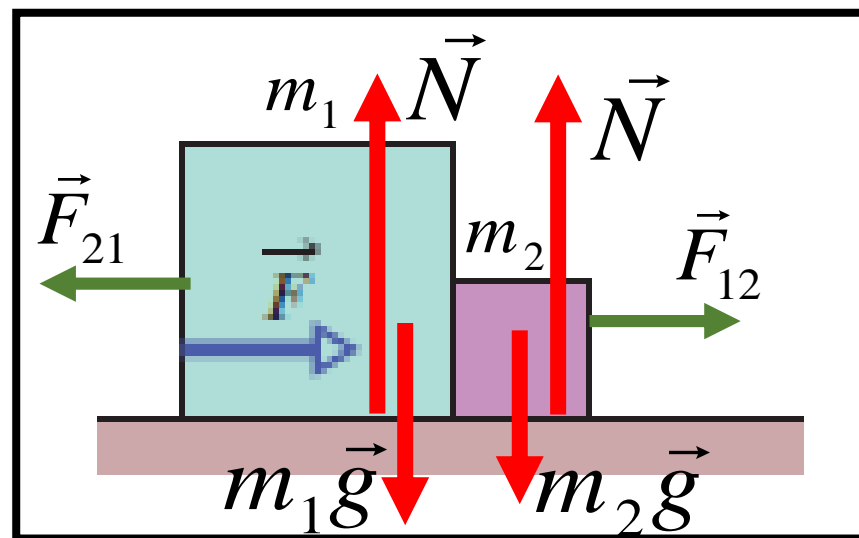


حل: ابتدا باید نیروهای وارد بر هر جسم را رسم کنیم

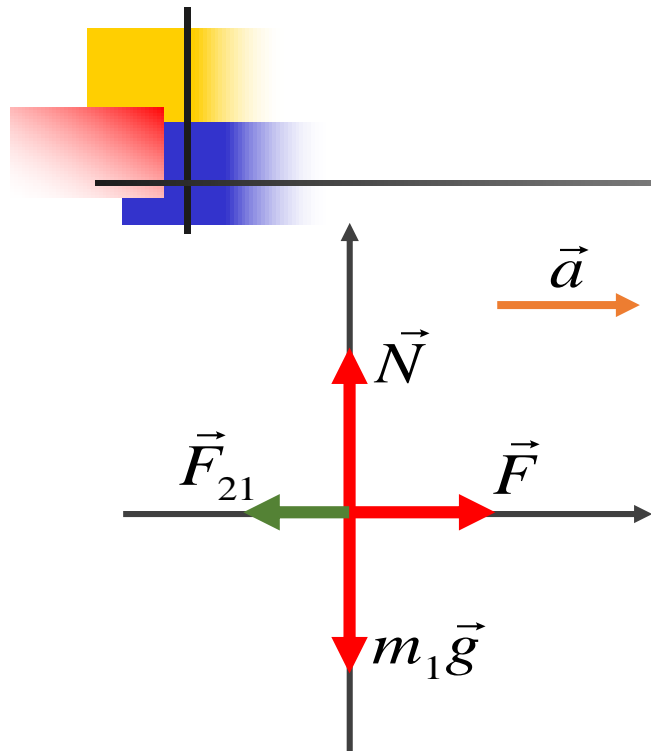
۱- نیروی وزن هر جسم

۲- نیرویی عمل و عکس‌العمل که هر جسم به دیگری وارد می‌کند.

۳- نیروی عمودی تکیه‌گاه



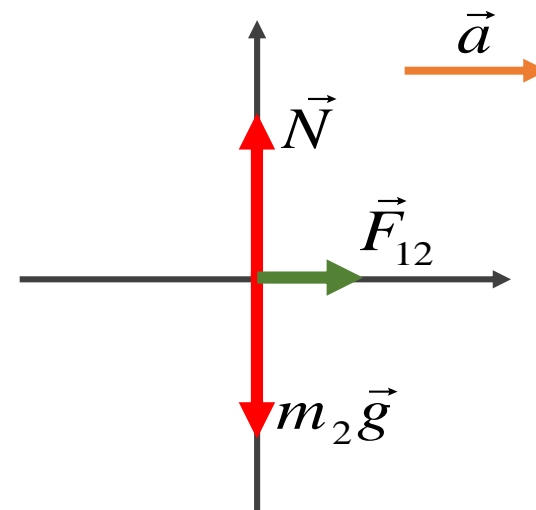
$$|\vec{F}_{21}| = |\vec{F}_{12}| = f$$



نمودار جسم-آزاد قطعه m_1

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N = m_1 g$$

$$\sum F_x = m_1 a \Rightarrow F - F_{21} = m_1 a$$



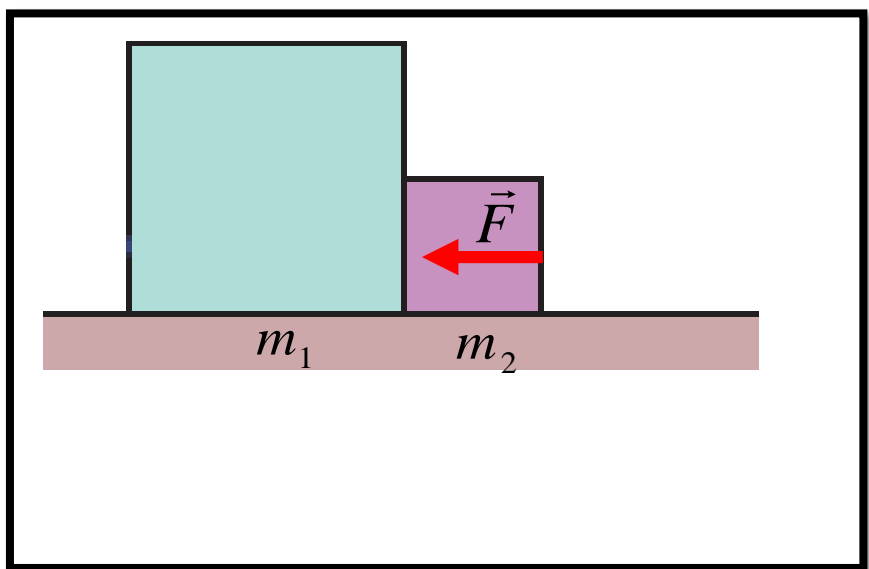
نمودار جسم-آزاد قطعه m_2

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N = m_2 g$$

$$\sum F_x = m_2 a \Rightarrow F_{12} = m_2 a$$

مثال

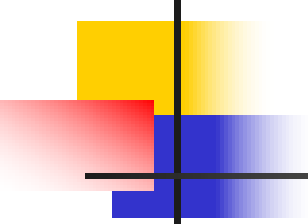
$$\left. \begin{array}{l} F - F_{21} = m_1 a \\ F_{12} = m_2 a \\ F_{12} = F_{21} = f \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} F - f = m_1 a \\ f = m_2 a \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{F - f}{f} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow f = \frac{m_2}{m_1 + m_2} F$$



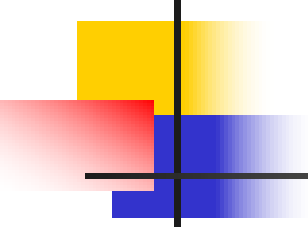
اگر نیرویی به بزرگی F ولی در خلاف جهت به جسم کوچکتر وارد شود نیروی میان دو قطعه از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$f = \frac{m_1}{m_1 + m_2} F$$

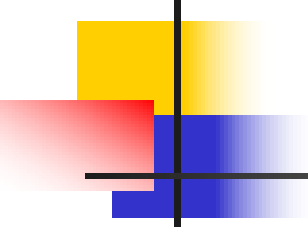
* ۱ یک جسم $۳/۰$ کیلوگرمی فقط تحت اثر دو نیروی افقی قرار می گیرد و می تواند روی یک سطح بی اصطکاک حرکت کند. یکی از نیروها $۹/۰\text{ N}$ در جهت خاور و نیروی دیگر $۸/۰\text{ N}$ است که تحت زاویه ی ۶۲ درجه ی شمال محور باختری اثر می کند. بزرگی شتاب جسم چقدر است؟



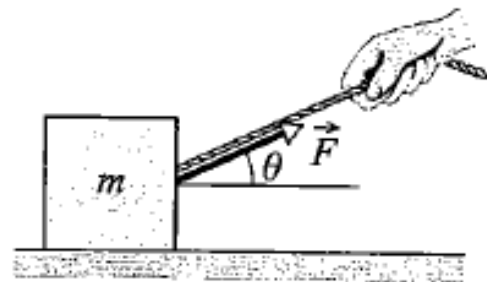
۴ ** هرگاه به ذره‌ای دو نیرو وارد شود، ذره با سرعت ثابت $\vec{v} = (3 \text{ m/s})\hat{i} - (4 \text{ m/s})\hat{j}$ حرکت می‌کند. اگر یکی از نیروها $\vec{F}_1 = (2 \text{ N})\hat{i} + (-6 \text{ N})\hat{j}$ باشد، نیروی دیگر چیست؟



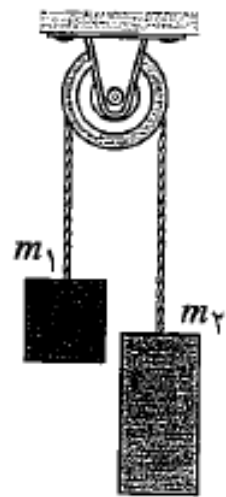
۸ ** یک شیء ۲٫۰۰ کیلوگرمی تحت تاثیر سه نیرو دارای شتاب $\vec{a} = -(۸٫۰۰ \text{ m/s}^2)\hat{i} + (۶٫۰۰ \text{ m/s}^2)\hat{j}$ می‌شود. اگر دو تا از این نیروها به صورت $\vec{F}_1 = (۳۰٫۰ \text{ N})\hat{i} + (۱۶٫۰ \text{ N})\hat{j}$ و $\vec{F}_2 = -(۱۲٫۰ \text{ N})\hat{i} + (۸٫۰۰ \text{ N})\hat{j}$ باشند، نیروی سوم را پیدا کنید.



۴۴ ** در درون آسانسوری که با شتاب کند کننده $۲/۴ \text{ m/s}^2$ به سمت پایین حرکت می کند، لامپی به وسیله ی سیمی از سقف آویزان است. (الف) اگر نیروی کشش سیم ۸۹ N باشد، جرم لامپ چقدر است؟ (ب) وقتی آسانسور با شتاب تند کننده $۲/۴ \text{ m/s}^2$ به بالاسو حرکت می کند، نیروی کشش سیم چقدر است؟



*** ۴۹ در شکل ۵-۴۵، جسمی به جرم $m = 5/00 \text{ kg}$ به وسیله‌ی ریسمانی که نیروی $F = 12/0 \text{ N}$ را تحت زاویه‌ی $\theta = 25/0^\circ$ وارد می‌کند، روی یک سطح افقی بی‌اصطکاک کشیده می‌شود. (الف) بزرگی شتاب جسم چقدر است؟ (ب) بزرگی نیروی \vec{F} را به تدریج افزایش می‌دهیم. مقدار این نیرو درست پیش از بلند شدن (کامل) جسم از روی سطح چقدر است؟ (پ) بزرگی شتاب جسم درست پیش از بلند شدن (کامل) آن از روی سطح، چقدر است؟



۵۱ ** شکل ۵-۴۷ دو جسم را نشان می‌دهد که به وسیله‌ی یک طناب (با جرم ناچیز) در حال گذشتن از روی یک قرقره‌ی بی‌اصطکاک (با جرم ناچیز) به هم وصل شده‌اند. این آرایش را ماشین آتوود^۱ می‌نامند. جرم یک جسم $m_1 = ۱٫۳۰\text{ kg}$ و جرم جسم دیگر $m_2 = ۲٫۸۰\text{ kg}$ است. (الف) بزرگی شتاب اجسام و (ب) نیروی کشش طناب، چقدر است؟



امام عسکری علیه السلام :

**دو خصلت است که بالاتر از آنها چیزی نیست : ایمان به خدا و
سود رساندن به برادران**

ولادت امام حسن عسکری(ع) بر شما مبارک