



# فصل دوم دینامیک

**توجه:** برای آماده سازی این جزوات، زمان و هزینه زیادی صرف شده است و هرگونه کپی (محتوا،

قالب، ایده و ...) حرام و غیرمجاز است.





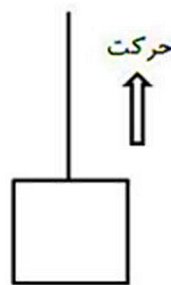
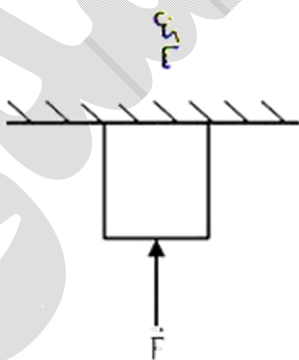
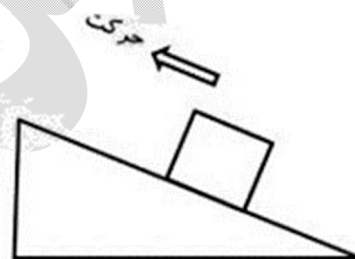
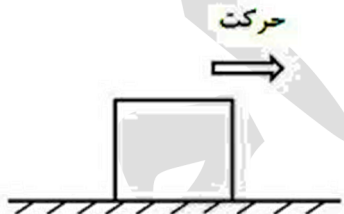
## نیرو:

تعریف نیرو: نیرو حاصل برهم کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.

- نیرو کمیتی برداری است.
- اثر نیرو بر یک جسم به شکل های مختلف خود را نشان می دهد؛ مانند شروع به حرکت کردن، توقف، کم و زیاد شدن اندازه سرعت و نندی، تغییر جهت سرعت و تغییر شکل آن

## نیروهای مهم

- $\vec{mg}$  → عمود بر سطح افقی رو به پایین
- $\vec{F}_N$  → عمود بر تکیه گاه رو به بیرون سطح
- $\vec{f}$  → خلاف جهت حرکت → جنبشی
- ایستایی
- $\vec{T}$  → در جهت طناب





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

## قانون دوم نیوتون

اگر به جسم نیروی خالصی وارد شود سرعت آن تغییر می کند و جسم تحت تأثیر 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.

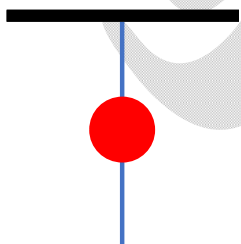
- تعریف یک نیوتون: یک نیوتون برابر با مقدار نیروی خالصی است که به جسمی به جرم یک کیلوگرم شتابی برابر با یک متر بر مجذور ثانیه می دهد.

## قانون اول نیوتون

وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند ( $\vec{F}_{net} = 0$ )، اگر جسم ساکن باشد، همچنان ساکن می ماند و اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی کند و ثابت می ماند.

**توجه:** اگر به جمیع به طور همزمان چند نیرو اثر کند و این نیروها اثر یکدیگر را خنثی کنند به عبارت دیگر براینده نیروهای وارد بر جمیع صفر شود، می گوییم نیروهای وارد بر جمیع متوازن هستند.

لختی: براساس این قانون اگر بر جسم نیروی خالص وارد نشود، جسم تمایل به حفظ وضعیت حرکت خود را دارد که به این حالت اینرسی یا لختی می گویند.

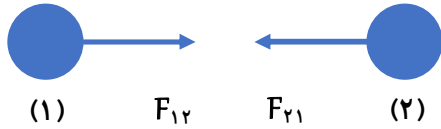


نخ را به آرامی بکشیم ← نخ در ..... گوی پاره می شود  
نخ را ناگهان بکشیم ← نخ در ..... گوی پاره می شود



## قانون سوم نیوتون

هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم اندازه و هم راستا ولی در خلاف جهت وارد می کند.



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

• اگر یکی از نیروها را کنش (عمل) بنامیم نیروی دیگر واکنش (عکس العمل) نامیده می شود.

• ویژگی های نیروهای کنش و واکنش:

۱. هم اندازه اند

۲. هم راستا اند

۳. در خلاف جهت یکدیگر هستند

۴. هم نوع (همجنس) هستند

۵. به دو جسم وارد می شوند، پس یکدیگر را خنثی نمی کنند

۶. ممکن است نیروهای عمل و عکس العمل منجر به اثرات متفاوتی شود مثلاً هنگام کوبیدن میخ در قطعه

چوب چکش به میخ نیرو وارد می کند و سبب فرو رفتن میخ در چوب می شود ولی نیروی وارد از طرف

میخ به چکش حرکت چکش را متوقف می کند.





## ۱ جاهای خالی را در جمله های زیر با کلمه های مناسب پر کنید:

- الف) اگر برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شود می گوییم نیروهای وارد بر جسم ..... هستند.
- ب) یک نیوتون برابر است با مقدار نیرویی که به جسمی به جرم ..... کیلوگرم شتابی برابر ی متر بر مجذور ثانیه می دهد.
- پ) طبق قانون ..... نیوتون اگر شما دیوار را هل دهید دیوار نیز شما را هل می دهد.
- ت) طبق قانون ..... نیوتون شتاب جسم با نیروی خالص وارد بر یک جسم نسبت مستقیم دارد.
- ث) نیروی کنش و واکنش هم اندازه و هم راستا هستند و جهت آن ها ..... است.
- ج) اگر نیروی خالص وارد بر یک جسم بزرگتر شود شتاب حاصل ..... می شود.
- چ) نیروهای کنش و واکنش هم نوع هستند و همواره به ..... جسم وارد می شوند.
- ح) نیروی خالص و ثابت وارد بر یک جسم می تواند سبب تغییر سرعت جسم یا تغییر ..... جسم می شود.
- خ) نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می شوند و ..... هستند.

## ۲ درستی یا نادرستی جمله های زیر را با علامت های (ن) یا (د) مشخص کنید.

- الف) نیروهای کنش و واکنش ممکن است منجر به اثرات متفاوتی شوند.
- ب) لختی به خاصیتی در اجسام می گویند که می خواهند وضعیت حرکت خود را تغییر دهند.
- پ) نیروهای کنش و واکنش هم نوع نبوده و اثرات یکسانی ایجاد می کنند.
- ت) نیروی کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می شوند. (ریاضی خرداد ۴۰۱)
- ث) برای جسمی که با تندی ثابت در مسیر منحنی حرکت می کند، نیروهای وارد بر جسم متوازن اند. (ریاضی دی ۴۰۱)



۳

در هر یک از موارد زیر گزینه مناسب را انتخاب کنید.

الف) برای اعمال نیرو بین دو جسم (باید - لازم نیست) دو جسم در تماس با هم باشند.

ب) هر جسم متحرک برای ادامه حرکت نیاز به نیرو (دارد - ندارد).

پ) نیروهای کنش و واکنش اثرهای (متفاوتی - یکسانی) در اجسام ایجاد می کنند.

ت) اگر جسمی با سرعت ثابت حرکت کند نیروهای وارد بر جسم متوازن (هستند - نیستند). (تجربی خرداد ۴۰۱)

ث) شتاب ایجاد شده در جسم، با (نیروی خالص وارد بر - جرم) جسم، نسبت مستقیم دارد. (تجربی خرداد ۴۰۲)

ج) نیروهای کنش و واکنش همواره هم‌نوع (هستند - نیستند). (تجربی خرداد ۴۰۱)

د) نیروهای وارد بر یک کشتی در حال حرکت، متوازن‌اند. در این صورت کشتی با (سرعت - شتاب) ثابت حرکت

می کند. (تجربی خرداد ۴۰۲)

۴

هر یک از گزاره های زیر به کدام یک از قوانین نیوتون مربوط می شود؟

الف) اگر جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند جسم دوم به جسم اول نیرویی هم اندازه و هم راستا ولی در خلاف جهت وارد می کند.

ب) یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می کند مگر آنکه نیروی خالص غیر صفری به آن وارد شود.

۵

لختی را تعریف کنید.

۶

در هنگام ترمز ناگهانی در اثر چه خاصیتی به جلو پرتاب می شویم؟



۷ وقتی در خودروی ساکنی نشسته اید و خودرو ناگهان شروع به حرکت می کند به صدلی فشرده می شوید. علت این پدیده را توضیح دهید.

۸ در هر یک از موارد زیر در شکل روبرو دو نخ به گوی سنگین و ساکنی متصل است. اگر نخ (۲) را به سرعت به سمت پایین بکشیم احتمال پاره شدن کدام نخ بیشتر است؟



(۲)

۹ در فیلمی علمی - تخیلی موتور یک کشتی فضایی در حال حرکت در فضای تهی و خارج از جو زمین و

دور از هر سیاره و خورشید از کار می افتد. آیا ممکن است حرکت کشتی کند شود و کشتی متوقف شود؟ چرا؟

ضد - چون طبق قانون اول نیوتون اگر نیروی وارد بر جسمی متوازن باشد در حال حرکت با سرعت ثابت باقی می ماند.  $F_{net} = 0$

۱۰ الف) موتور یک سفینه فضایی که در فضای تهی خارج از جو زمین و به دور به دور از هر سیاره و خورشید

در حرکت است، از کار می افتد. حرکت بعدی آن چگونه است؟  $F_{net} = 0$  سرعت ثابت

ب) هنگامی که با چکش به میخ ضربه می زنیم، حرکت چکش کند می شود. علت چیست؟ (ریاضی خرداد ۴۰۲)

طبق قانون سوم نیوتن هم به چکش

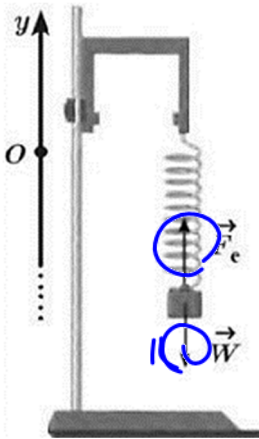
۱۱ چرا حرکت سریع مقوا در شکل سبب افتادن سکه در لیوان می شود؟





در شکل مقابل، وزنه‌ای به فنر متصل و در حالت تعادل است. دو دلیل بیاورید که نشان دهد نیروهای

۱۲

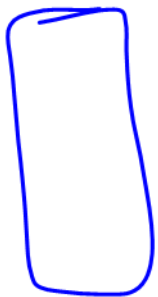


$\vec{F}_e$  و  $\vec{W}$ ، کنش و واکنش یکدیگر نیستند؟ (ریاضی دی ۴۰۱)

۱) پدید جسم وارد شدن  
۲) هم نوع لیستن

آزمایش ذهنی گالیله را مختصراً توضیح دهید.

۱۳

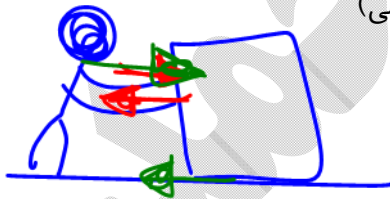


شخصی در حال هل دادن جعبه‌ای سنگین روی سطح افقی است و این جعبه در جهت این نیرو حرکت

۱۴

می‌کند. با توجه به آنکه نیرویی که شخص به جعبه وارد می‌کند با نیرویی که جعبه به شخص وارد می‌کند

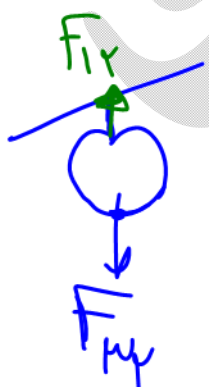
هم‌اندازه است، توضیح دهید چگونه جعبه حرکت می‌کند؟ (کتاب درسی)



سیبی را در نظر بگیرید که به شاخه درختی آویزان است و سپس از درخت جدا می‌شود. (کتاب درسی)

۱۵

الف) با رسم شکل نیروهای وارد بر سیب را قبل و بعد از جدا شدن از درخت نشان دهید.



شاخه ۱  
سیب ۲  
زمین ۳

ب) در هر حالت واکنش این نیروها بر چه اجسامی وارد می‌شود؟







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

جسمی وارد می‌شود؟ (کتاب درسی)

الف) خودرویی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی در حال حرکت است. *مقاومت هوا  $f$*

ب) کشتی‌ای با سرعت ثابت در حال حرکت است. *مقاومت  $f$*

پ) قایقرانی در حال پارو زدن است. *مقاومت  $f$*

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 باستانی قائم به زمین برخورد می‌کند و برمی‌گردد. *در حال پایین آمدن*

رسم و محاسبه بریزد

عمود برهم	خلاف جهت	هم جهت	$\vec{i}$ و $\vec{j}$
			$\vec{F}_1 = F_{x1}\vec{i} + F_{y1}\vec{j}$ $\vec{F}_2 = F_{x2}\vec{i} + F_{y2}\vec{j}$
$F_{net} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$	$F_{net} = F_1 - F_2$	$F_{net} = F_1 + F_2$	$F_{net} = (F_{x1} + F_{x2})\vec{i} + (F_{y1} + F_{y2})\vec{j}$



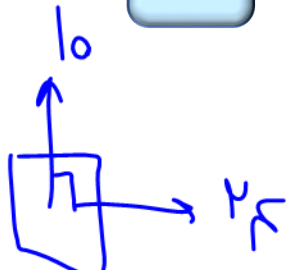
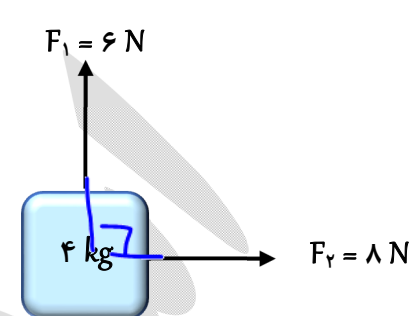
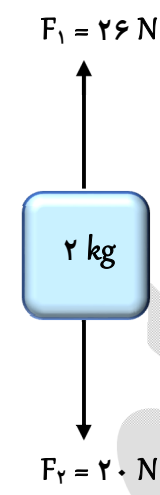
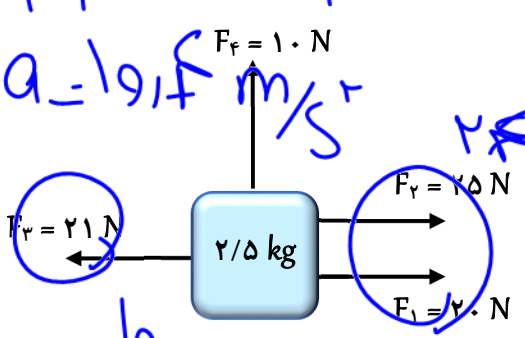
در هر یک از شکل های زیر مقدار و جهت برایندها را حساب کرده و مقدار و جهت شتاب وارد بر

جسم را مشخص کنید.

$$F_{net} = ma$$

$$24 = 2/a$$

$$a = 12 \text{ m/s}^2$$



$$F_{net} = \sqrt{10^2 + 25^2}$$

$$= \sqrt{100 + 625}$$

$$= \sqrt{725} = 27$$

$$F_{net} = F_1 - F_2$$

$$= 26 - 20 = 6$$

$$F_{net} = ma$$

$$6 = 2a \Rightarrow a = 3 \text{ m/s}^2$$

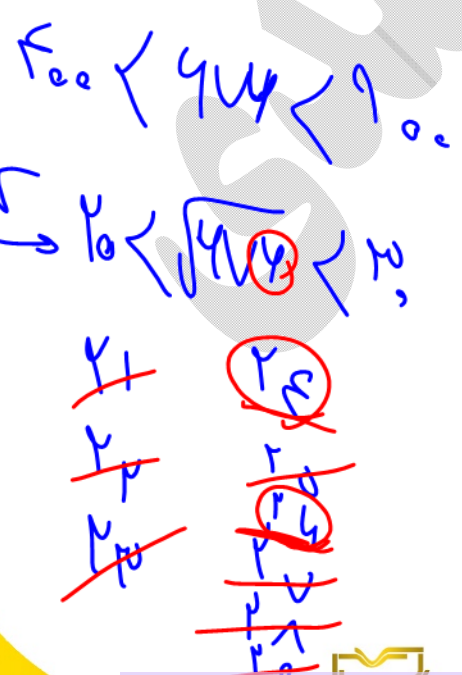
$$F_{net} = \sqrt{4^2 + 8^2}$$

$$= \sqrt{16 + 64} = \sqrt{80} = 8.94$$

$$F_{net} = ma$$

$$8.94 = 4a$$

$$a = 2.23 \text{ m/s}^2$$

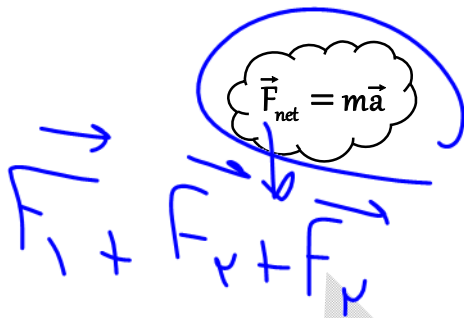




**کاربرد قانون دوم نیوتون:**

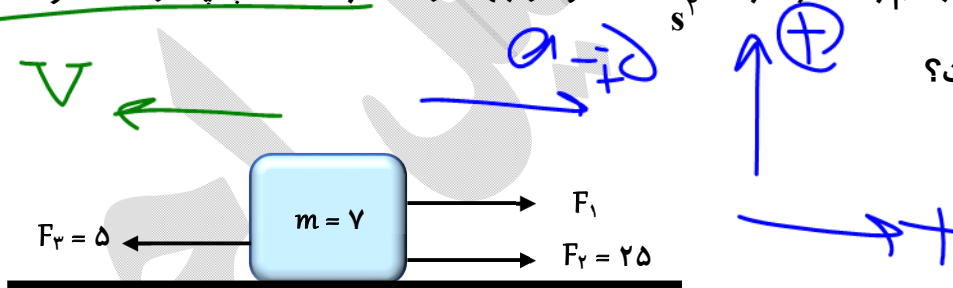
گام اول: تعیین جهت نیروها، حرکت و شتاب

گام دوم: تعیین جهت مثبت (در حرکت افقی معمولاً سمت راست را مثبت فرض می کنند و در حرکت قائم معمولاً سمت بالا را جهت مثبت فرض می کنند).



گام سوم:

**مثال:** اگر جسم با شتاب ثابت  $a = \frac{m}{s^2}$  و در جهت راست، به سمت چپ در حال حرکت باشد،  $F_1$  چند نیوتن است؟



Handwritten calculations and notes:

$$F_{net} = ma$$

$$F_1 + F_2 + F_3 = ma \Rightarrow F_1 + 25 - 5 = 7 \times (+10)$$

Additional handwritten notes include:

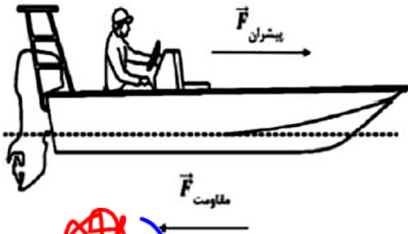
- $F_1 + 25 - 5 = 7 \times (+10)$  (circled in red)
- $F_1 + 25 - 5 = 7 \times (+10)$  (circled in red)
- $F_1 = 70 - 20 = 50$  (circled in red)
- A note: "فرمول های شتاب ثابت" (Formulas for constant acceleration) with an arrow pointing to  $a_1$ .
- A note: "نیوتن است؟" (Is it in Newtons?) with an arrow pointing to the final result.
- A circled equation:  $F_{net} = ma$ .



۱) نیروی موتور یک قایق موتوری که جرم آن با سرنشینش ۴۰۰ کیلوگرم است. به گونه‌ای تنظیم می‌شود که در بازه زمانی معینی همواره نیروی افقی خالص ۸۰۰ نیوتون به طرف جلو بر قایق وارد می‌کند. (کتاب درسی)

$F_{net} = 800$

الف) اگر نیروی پیشران ۱۴۰۰ نیوتون باشد نیروی مقاومت در آن لحظه چقدر است؟



$F_{net} = F_{پیشران} + F_{مقاومت}$

ب) شتاب این قایق چقدر و در چه جهت است؟

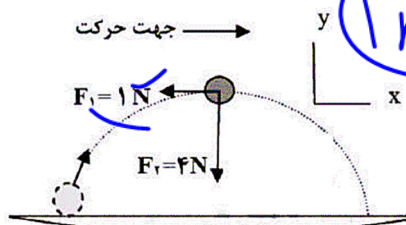
$1000 = 1400 + F_{مقاومت} \Rightarrow F_{مقاومت} = -400$   
 $V_0 = 0$   
 $V = at + V_0$

پ) چقدر طول می‌کشد تا سرعت قایق از حالت سکون به  $15 \frac{m}{s}$  برسد؟ در این مدت قایق چقدر جابه‌جا می‌شود؟

$F_{net} = ma \Rightarrow +1000 = 400a \Rightarrow a = +2.5 \frac{m}{s^2}$   
 $V = at + V_0$   
 $15 = 2.5t + 0 \Rightarrow t = 6s$   
 $V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x$   
 $15^2 - 0 = 2 \times 2.5 \Delta x$   
 $225 = 5 \Delta x \Rightarrow \Delta x = 45m$

$V_0 = 0$   
 $V = 15$   
 $a = 2.5$   
 $\Delta x = 45$

۲) شکل روبرو نیروهای وارد بر توپی به جرم ۰/۴ کیلوگرم را در بالاترین نقطه مسیرش نشان می‌دهد. (کتاب درسی)



الف) بردار شتاب این توپ را در نقطه نشان داده شده بر حسب بردارهای یکدیگر بنویسید.

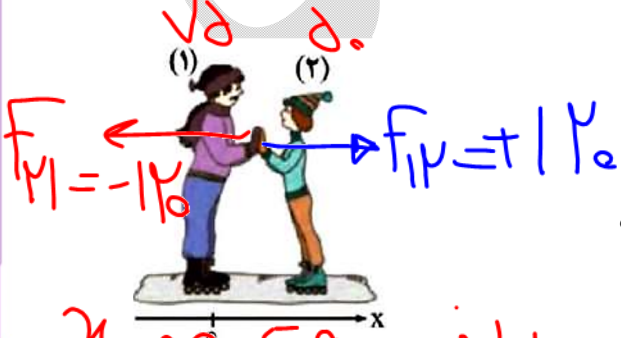
$F_{net} = ma \Rightarrow -1i - 4j = 0.4a$

$a = \frac{-1i - 4j}{0.4} = -2.5i - 10j$

$a = \sqrt{2.5^2 + 10^2} = \sqrt{6.25 + 100} = \sqrt{106.25} = 10.31 \frac{m}{s^2}$

۳) دو شخص به جرم های ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم با کفش‌های چرخ دار در یک سالن مسطح و صاف روبروی هم ایستاده اند. شخص اول با نیروی ۱۲۰ نیوتون شخص دوم را هل می‌دهد.

الف) شتابی که شخص دوم می‌گیرد چقدر است؟



$F_{12} = 120$   
 $F_{12} = m_2 a_2 \Rightarrow 120 = 50 a_2$   
 $a_2 = 2.4 \frac{m}{s^2}$

ب) شتابی که شخص اول می‌گیرد چقدر است و در چه جهتی است؟

$F_{21} = -120$   
 $F_{21} = m_1 a_1 \Rightarrow -120 = 75 a_1$   
 $a_1 = -1.6 \frac{m}{s^2}$



## شناخت نیروها:

- نیروی وزن  $(\vec{mg})$
- نیروی مقاومت شاره  $(\vec{f}_r)$
- نیروی عمودی، سطح  $(\vec{F}_N)$
- نیروی اصطکاک  $(\vec{f})$
- نیروی سطح  $(\vec{R})$
- نیروی طناب  $(\vec{T})$
- نیروی فنر  $(\vec{F}_e)$



## نیروی وزن:

وزن یک جسم روی زمین نیروی گرانشی است که از طرف زمین به جسم وارد می شود.

نکته

وقتی جسم را در نزدیکی سطح زمین رها می کنیم وزن

آن باعث می شود تا جسم به طرف زمین شتاب پیدا کند

بنابر این طبق قانون دوم نیوتون داریم:

و شتاب گرانشی زمین  
در جهت



$$F_{net} = ma$$

$$\vec{w} = m\vec{g}$$

$$m/s^2$$

$$N/kg$$

جهت وزن و نتیجه شتاب گرانشی همواره به طرف زمین (مرکز زمین) است.

جرم یک جسم در مکان های مختلف ثابت است اما وزن آن به مقدار شتاب گرانشی (g) در آن مکان

بستگی دارد.

کدره زمین

عکس العمل نیروی وزن به ..... وارد می شود.

حتی اگر جسم در حال سقوط آزاد نباشد، باز هم نیروی وزن به آن وارد می شود.



نیروی مقاومت شاره ( $f_D$ ) ← مایع و گاز  
 جهت اندازه

نیروی که از طرف شاره به جسمی که درون آن حرکت می کند وارد می شود که این نیرو در خلاف جهت حرکت جسم است.

### نکته

عوامل موثر بر نیروی مقاومت شاره:

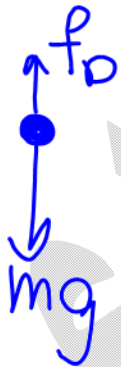
تندی ← نسبت متعین

بزرگی جسم ← نسبت متعین

• اگر جسم در هوا حرکت کند به نیروی مقاومت شاره در این حالت نیروی مقاومت هوا می گویند.

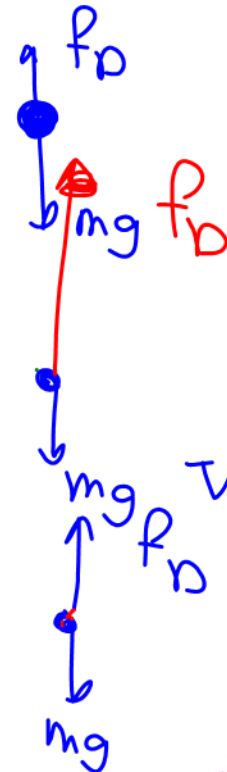
• تندی حدی: به تندی که در آن جا نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا با هم برابر می شوند، تندی حدی

می گویند.

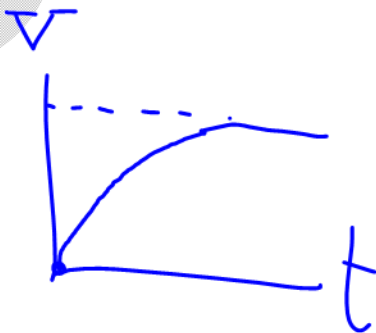


$a, F_{net}$

↑ باز شدن چتر



↓  $v$   
 باز شدن چتر



سرعت ثابت



۱

جاهای خالی را در جمله های زیر با کلمه های مناسب پر کنید.

مركز زهین

الف) جهت نیروی وزن و در نتیجه شتاب گرانشی همواره به طرف ..... است.

ب) نیروی مقاومت یک شاره مانند هوا به ..... بزرگی جسم و تندی آن بستگی دارد.پ) هر چه تندی حرکت یک جسم درون شاره ..... بیشتر باشد اندازه نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد.ت) چتربازی اندکی پس از یک پرش آزاد، چترش را باز می کند و پس از مدتی به تندی حدی خود می رسد. در این حالت نیروی مقاومت هوا که به چتر باز وارد می شود برابر با نیروی وزن است.

ث) وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با ..... است که از طرف آن سیاره به جسم وارد می شود.

نیروی گرانشی

۲

گزینه مناسب را انتخاب کنید.

الف) نیروی وزن اجسام در مکان های مختلف (ثابت است - فرق می کند).

ب) نیروی وزن یک جسم، به مکانی که جسم در آن قرار دارد، وابسته است - نیست).پ) هنگام حرکت جسم در راستای قائم به طرف بالا، جهت نیروی مقاومت هوا به طرف بالا - پایین است. (تجربی

خرداد ۴۰۱)

۳

کدام یک از نیروهای زیر نیروی گرانشی است که از طرف زمین به جسم وارد می شود؟

الف) نیروی مقاومت شاره      ب) نیروی کشش طناب      پ) نیروی وزن

۴

نیرویی که از طرف شاره بر جسم خلاف جهت حرکت وارد می شود چه نام دارد؟

f

نیروی مقاومت شاره

۵

نیروی مقاومت شاره را تعریف کنید.





۶ دو عامل مؤثر بر بزرگی نیروی مقاومت شاره را نام ببرید.

۷ معنای تندی حدی چیست؟

۸ چتربازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است. واکنش هر یک از نیروهای وارد بر آن بر

چه جسمی وارد می‌شود. (ریاضی شهریور ۴۰۱)



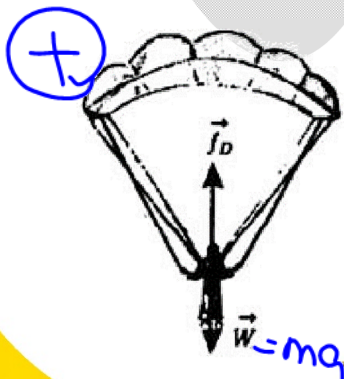
۹ منظور از تندی حدی در حرکت چتر باز چیست؟

۱۰ چتربازی در هوای آرام در حال سقوط است. در چه شرایطی چتر باز تندی حدی به طرف پایین حرکت

می‌کند؟ (تجربی خرداد ۴۰۰)

۱۱ چتر بازی به جرم ۶۰ کیلوگرم مدتی پس از پرش آزاد چترش را باز می‌کند. ناگهان نیروی مقاومت

هوا به ۳۰۰۰ نیوتون افزایش می‌یابد شتاب چتر باز را در این لحظه به دست آورید و حرکت آن را تحلیل کنید.



$$F_{net} = ma$$

$$+F_D - mg = ma \Rightarrow 1000 - 400 = 40a$$

$$a = 15 \text{ m/s}^2$$



۱۲

چتربازی در هوای آرام و در امتداد قائم چتر خود را باز می کند و در ارتفاع ۶۰۰ متری سطح زمین به

تندی حدی خود که  $5 \text{ m/s}$  است می رسد. چند ثانیه طول می کشد تا چتر باز به سطح زمین برسد؟ (تجربی می

(۴۰۱)



$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v_{e0}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 12 \text{ s}$$

۱۳

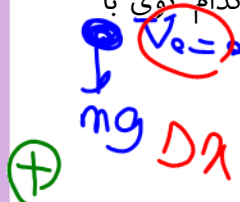
دو گوی هم اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است از بالای برجی به ارتفاع  $h$  به طور همزمان رها

می کنیم:

$$v_{e0} = 0$$

$$f_{D2} = f_{D1}, \quad m_2 = 2m_1$$

الف) با فرض آن که نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی ثابت و یکسان باشد، تندی برخورد کدام گوی با



$$f_{net} = -ma \Rightarrow +mg - f_D = ma \Rightarrow g - \frac{f_D}{m} = a$$

$$v - v_0 = a \Delta x \Rightarrow v = a \Delta x$$

ب) اگر از مقاومت هوا صرف نظر کنیم، سرعت برخورد گوی با زمین را با هم مقایسه کنید.

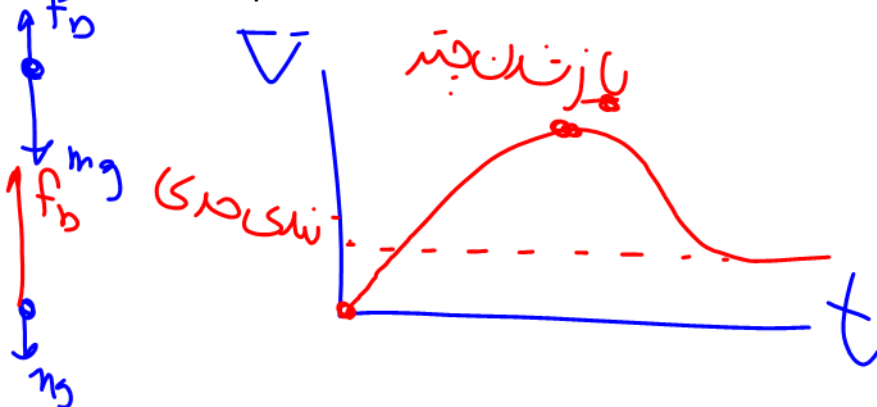
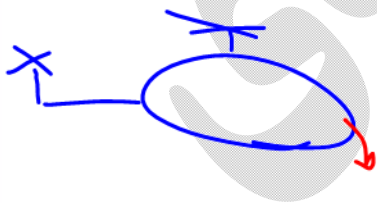
$$mg = ma \Rightarrow a = g$$

۱۴

چتربازی از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی قرار دارد، به بیرون می پرد و پس از

مدتی چتر خود امتداد قائم سقوط می کند. حرکت چتر باز را باز می کند و در از لحظه پرش تا رسیدن به زمین

تحلیل کنید و نموداری تقریبی از تندی آن بر حسب زمان رسم کنید. (کتاب دسی)





## نیروی عمودی سطح: $F_N$

به نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می شود و عمود بر سطح تماس است نیروی عمودی سطح (عمودی

تکیه گاه) می گویند و با نماد  $F_N$  نشان می دهند.



•  $F_N$  همیشه عمود بر سطح و از طرف سطح به طرف جسم است.

• نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است.

• واکنش نیروی عمودی سطح به صورت عمودی و در خلاف جهت از طرف جسم به سطح

• برای محاسبه  $F_N$  کافیست که  $\vec{F}_{net} = m\vec{a}$  را در راستای  $F_N$  بررسی کنیم.



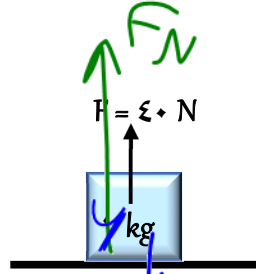
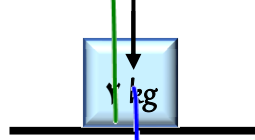
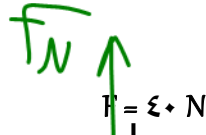
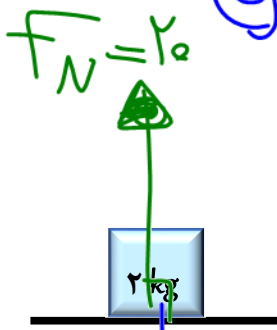
$$F_N = K_0 + 20 = 40$$

$$F_N + K_0 = 40 \Rightarrow F_N = 20$$

در حالت های زیر نیروی عمودی سطح را در هر حالت رسم و محاسبه کنید.

۱

$(g=10)$   
 $F_N = 20$



$$K_0 = F_N$$

$F_{net} = mg$   
 $mg = 20$

شون  
 $mg = 20$

جسم ساکن در استاکم  $F_N$  ←  
 $F_N + نیروی عمودی سطح = وزن جهت ها$

همانند شکل روبرو نیروی  $F = 20 \text{ N}$  به جعبه ای به جرم  $5 \text{ کیلوگرم}$  که روی میز افقی قرار دارد وارد می شود.

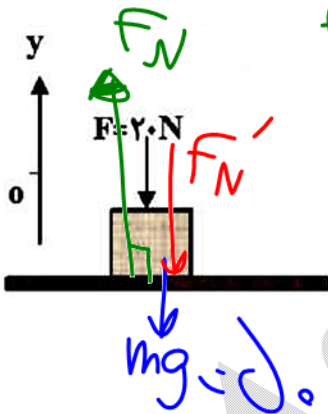
۲

(تجربی خرداد ۴۰۰)

$$m$$

$(g=10)$

الف) نیروی عمودی سطح چند نیوتون است؟



$$F_N = 20 + 50 = 70 \text{ N}$$

ب) واکنش نیروی عمودی سطح در چه جهتی است؟  $(g = 10 \text{ N/kg})$   
در خلاف جهت حور واکها

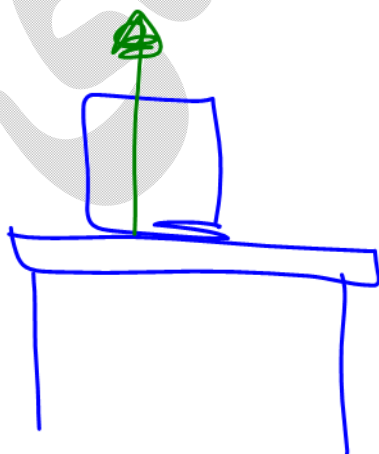
جسمی روی میز افقی و در حالت ساکن قرار دارد. واکنش نیروی عمودی سطح وارد بر جسم:

۳

الف) به میز وارد می شود.

ب) به زمین وارد می شود.

پ) به جسم وارد می شود.



از میز به جسم  $F_N$

از جسم به میز  $F_N'$



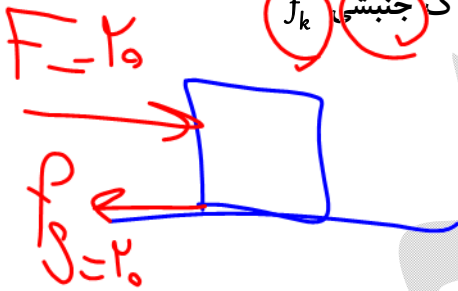


## نیروی اصطکاک

وقتی می خواهیم جسمی را روی سطحی به حرکت در آوریم، چه جسم حرکت کند و چه ساکن بماند با مقاومتی روبرو می شویم که به آن نیروی اصطکاک می گویند.

- عوامل مؤثر بر نیروی اصطکاک جنس سطح دو جسم - زبری و نرمی آن ها ~~مساحت~~
- نیروی اصطکاک به علت ناهمواری های محل تماس دو جسم ایجاد می شود.
- نیروی اصطکاک عمدتاً به عنوان نیروی اتلافی شناخته می شود اما با این وجود برای زندگی روزمره لازم است. بدون اصطکاک حتی ایستادن ناممکن است، حتی کمترین جابجایی سبب لغزیدن و افتادن می شود.

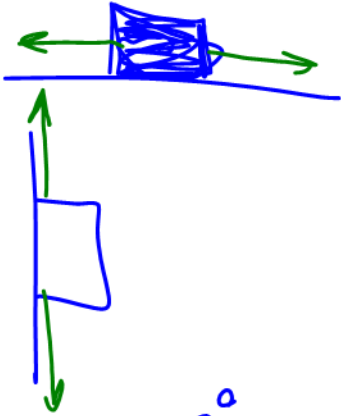
- دو نوع نیروی اصطکاک داریم:  $f$ 
  - اگر جسم ساکن باشد ← اصطکاک ایستایی  $f_s$
  - اگر جسم حرکت کند ← اصطکاک جنبشی  $f_k$





### اصطکاک ایستایی ( $f_s$ )

اگر به جسم ساکنی نیرو وارد کنیم و جسم حرکت نکند، نیرویی با حرکت جسم مخالفت می کند که نیروی اصطکاک ایستایی است.



• تعیین جهت  $f_s$

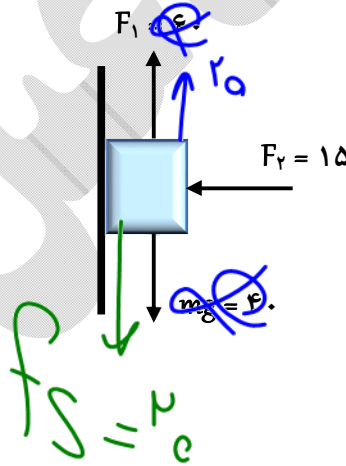
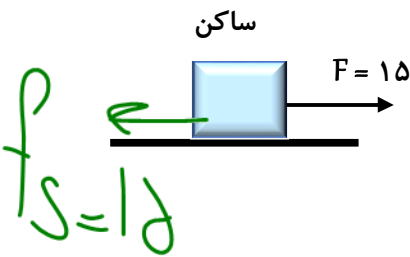
۱- هر دو نوع نیروی اصطکاک در راستای سطح تماس هستند.

۲- برای تعیین جهت  $f_s$  ابتدا سایر نیروهای هم راستا سطح را برآیند بگیرید.

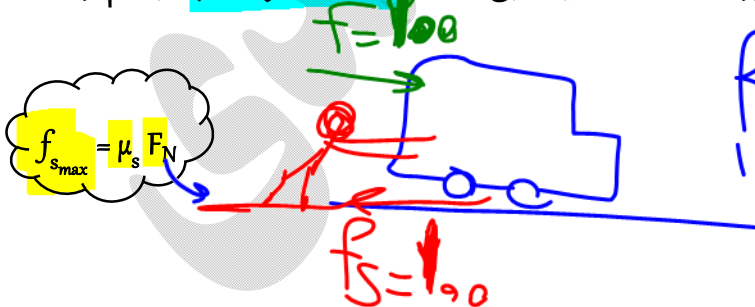
۳-  $F_{net} = ma$  در راستای  $f_s$  بررسی کنید.

$F_{net} = ma$

مثال: ساکن  
↓  
 $f_s$



نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ( $f_{s\ max}$ ): بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی که در آستانه حرکت به جسم وارد می شود از رابطه مقابل به دست می آید.



$f_s = 10 \dots 100$

• ضریب اصطکاک ایستایی نام دارد که به جنس سطوح تماس و میزان نرمی و زبری سطوح بستگی دارد.

$F_N = 40$   
 $m = 4\ kg$   
 $g = 10$   
 $\mu_s = \frac{4}{10}$   
 $f_{s\ max} = \mu_s F_N = \frac{4}{10} \times 40 = 16$



# جهت ← خلاف جهت حرکت

## اصطکاک جنبشی $(f_k)$

### اندازه

هنگامی که جسمی بر روی سطحی کشیده می شود از طرف سطح نیرویی موازی با سطح و در خلاف جهت حرکت به جسم وارد می شود و با حرکت آن مخالفت می کند. با این نیروی اصطکاک جنبشی گفته می شود.

$$f_k = \mu_k F_N$$

• جهت  $f_k$ : در خلاف جهت حرکت

• اندازه  $f_k$ :

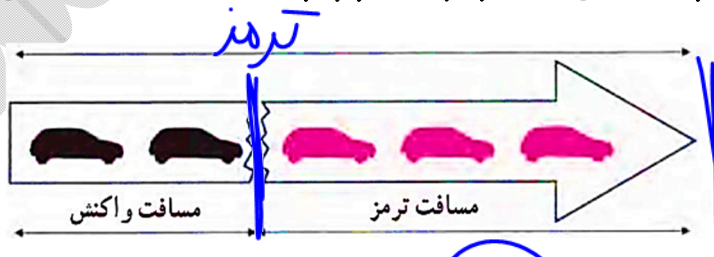
$$\mu_k = \text{ضریب اصطکاک جنبشی}$$

•  $\mu_k$  ضریب اصطکاک جنبشی است که به جنس سطوح تماس و میزان زبری و نرمی آن ها بستگی دارد و به اندازه سطوح تماس بستگی ندارد

$$\mu_k \leq \mu_s$$

• برای یک جسم و سطح معین:

**توجه:** برای یک راننده دانستن کل مسافت توقف خودرو اهمیت دارد. همان طور که شکل نشان می دهد کل مسافت توقف، دو قسمت دارد؛ مسافت واکنش (مسافتی که خودرو از لحظه دیدن مانع تا ترمز گرفتن طی می کند) و مسافت ترمز (مسافتی که خودرو از لحظه ترمز گرفتن تا توقف کامل طی می کند).



$$\text{کل مسافت توقف} = \text{مسافت ترمز} + \text{مسافت واکنش}$$

له سرعت ثابت

تاب ثابت



- درستی یا نادرستی جمله های زیر را با علامت (ن) یا (د) مشخص کنید.
- الف) آزمایش نشان می دهد که بیشینه اصطکاک ایستایی با اندازه نیروی عمودی سطح متناسب است.  $f_{smax} = \mu_s F_N$
- ب) ضریب اصطکاک ایستایی معمولا از ضریب اصطکاک جنبشی کوچکتر است.
- پ) نگه داشتن یک قلم در دست بدون نیروی اصطکاک ممکن نیست.
- (ریاضی شهریور ۴۰۱)

جای خالی را با کلمه مناسب پر کنید:

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

در هر یک از پرسش های زیر گزینه درست را انتخاب کنید:

$$f_s \leq \mu_s F_N$$

الف) کدام یک از روابط زیر در مورد اندازه نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه درست است؟

$$f_s \leq f_{smax}$$

$$f_{smax} < \mu_s F_N \quad (3)$$

$$f_{smax} > \mu_s F_N \quad (2)$$

$$f_{smax} = \mu_s F_N \quad (1)$$

ب) یک مکعب چوبی روی یک میز افقی با نیروی ثابت و افقی  $F$  کشیده می شود. اگر مکعب روی سطح بلغزد نیروی اصطکاک بین مکعب چوبی و سطح میز به کدام عامل یا عوامل زیر وابسته است؟ (تجربی خرداد ۴۰۰)



۱) میزان زبری سطح میز

۲) مساحت سطح تماس مکعب با میز

$$F_N = mg$$

$$f = \mu_k (mg)$$

پ) ضریب اصطکاک ایستایی میان دو سطح به کدام عامل بستگی دارد؟

۱) نیروی عمودی سطح

۲) وزن

۳) جنس دو سطح

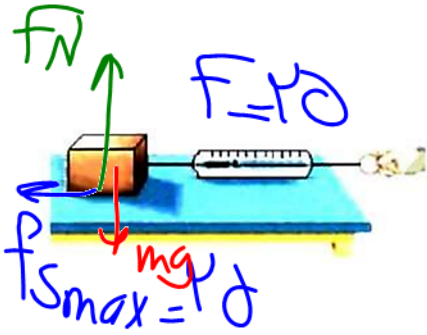
ت) نیروی اصطکاک جنبشی به (ضریب اصطکاک جنبشی - مساحت سطح تماس دو جسم) بستگی ندارد.

ث) مسافتی که خودرو از لحظه دیدن مانع تا ترمز گرفتن طی می کند، مسافت واکنش - ترمز نام دارد.

دو عامل مؤثر بر ضریب اصطکاک ایستایی بین دو سطح را بنویسید.

جنس سطح + زبری و زبری آنها  $N = \mu_0$





۵ شکل مقابل آزمایشی را نشان می دهد:

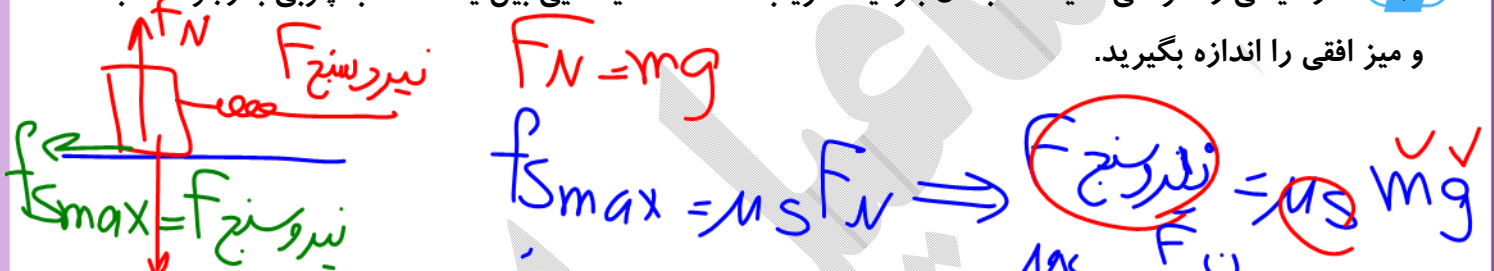
هدف از این آزمایش چیست؟

اندازه  $\mu_s$  و  $f_{smax}$

اگر جرم قطعه چوب را تغییر دهیم چه نتیجه ای در مورد نیروی اصطکاک بیشینه می گیریم؟

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

۶ آزمایشی را طراحی کنید که با آن بتوانید ضریب اصطکاک ایستایی بین یک مکعب چوبی با وجود مشابه و میز افقی را اندازه بگیرید.



$$F_N = mg$$

$$f_{smax} = \mu_s F_N \Rightarrow \text{نیروی سنج} = \mu_s mg$$

$$\mu_s = \frac{F_N}{mg}$$

۷ آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد  $f_{smax}$  متناسب با  $F_N$  است.

$$f_{smax} = \mu_s F_N \Rightarrow F_N = \frac{f_{smax}}{\mu_s}$$

۸ آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید: (کتاب درسی)

الف) نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسمی مانند یک قطعه چوب در حال لغزش روی سطح را اندازه بگیرید و با



استفاده از آن  $\mu_k$  را به دست آورید.

$$F_{net} = a = 0$$

$$f_k = \mu_k F_N$$

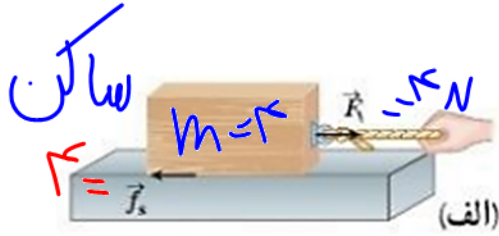
ب) بستگی یا عدم بستگی نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس دو جسم را تحقیق کنید.

$$f_k = \mu_k F_N \Rightarrow \mu_k = \frac{f_k}{F_N} = \frac{\mu_k mg}{mg} = \mu_k$$



اگر در شکل‌های مقابل جرم جسم  $4\text{ kg}$  و بزرگی نیروها  $F_1 = 4\text{ N}$  و  $F_2 = 8\text{ N}$  و  $F_3 = 16\text{ N}$  باشد و جسم

در شکل الف و ب در حال سکون و در شکل پ در آستانه حرکت است: (کتاب درسی)



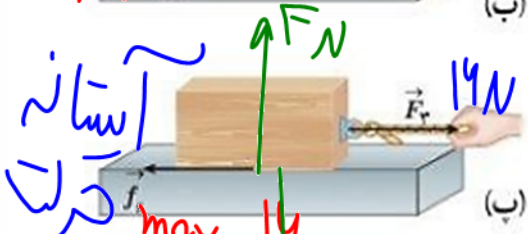
الف) بزرگی نیروی اصطکاک در هر حالت چقدر است؟

ب) ضریب اصطکاک ایستایی را پیدا کنید.



$$F_{s\max} = \mu_s F_N$$

$$14 = \mu_s \times 4$$



$$\mu_s = \frac{14}{4} = \frac{7}{2}$$

$$f_{s\max} = 14$$

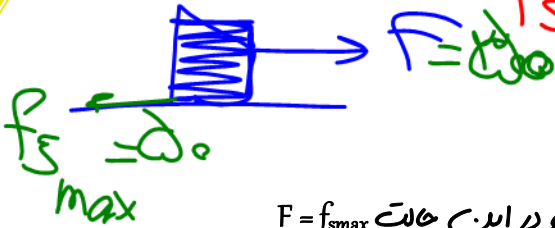
$$F_N = mg = 4$$



**نکته**

اگر به جسم ساکن نیرویی اضافه شود و بخواهیم نوع نیروی اصطکاک را تعیین کنیم؛ ابتدا

$f_{s \max}$  را تعیین می‌کنیم پس:



$F < f_{s \max}$ : جسم ساکن است و در این حالت  $f_s = F$

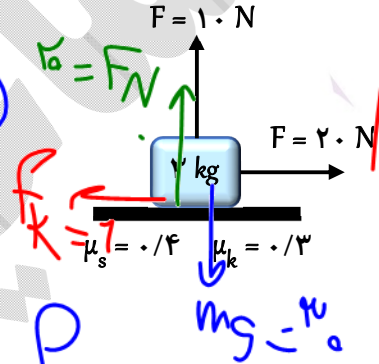
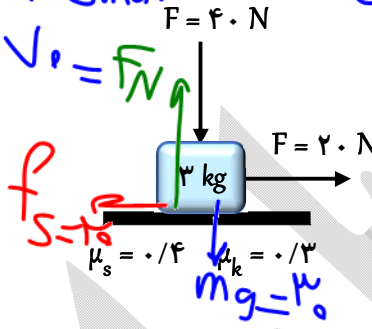
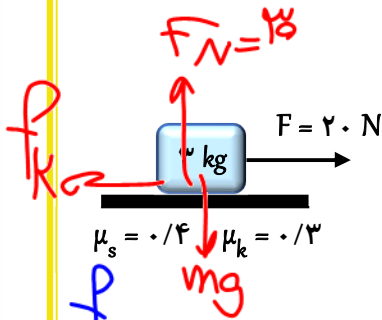
$F = f_{s \max}$ : جسم ساکن است و اصطلاحاً در آستانه حرکت قرار دارد در این حالت  $f_s = F$

جسم در حال حرکت است و بنابراین نیروی اصطکاک از نوع جنبشی است. از رابطه  $f_k = \mu_k F_N$  بدست

$f_{s \max} = \mu_s F_N = \frac{1}{10} \times 10 = 1 \text{ N}$   
 حرکت نیکنه  $\rightarrow$

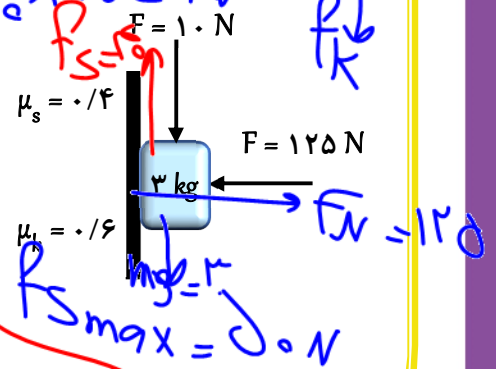
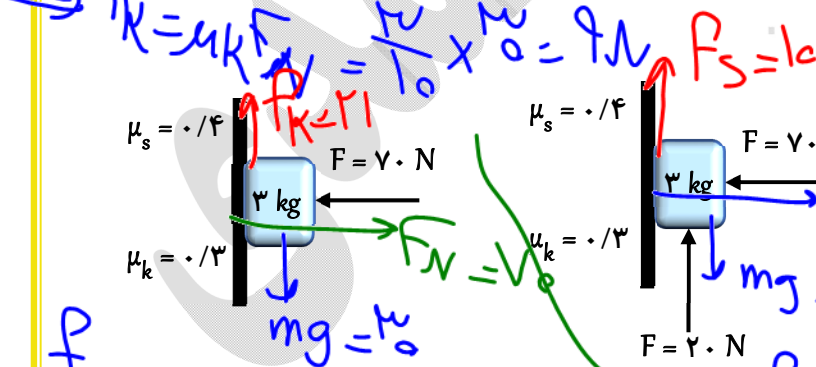
می‌آید.

مثال:



$f_{s \max} = \mu_s F_N = \frac{1}{10} \times 10 = 1 \text{ N}$   
 $F > f_{s \max} \rightarrow$  حرکت نیکنه

$f_{s \max} = \mu_s F_N = \frac{1}{10} \times 10 = 1 \text{ N}$   
 $F > f_{s \max} \rightarrow$  حرکت نیکنه  
 $f_k = \mu_k F_N = \frac{3}{10} \times 10 = 3 \text{ N}$



$f_{s \max} = \mu_s F_N = \frac{1}{10} \times 10 = 1 \text{ N}$   
 $F > f_{s \max} \rightarrow$  حرکت نیکنه  
 $f_k = \mu_k F_N = \frac{3}{10} \times 10 = 3 \text{ N}$

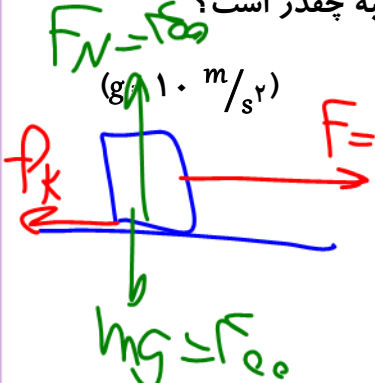
$f_{s \max} = \mu_s F_N = \frac{1}{10} \times 10 = 1 \text{ N}$   
 $F > f_{s \max} \rightarrow$  حرکت نیکنه



شخصی یک جعبه ۴۰ کیلوگرمی را بر روی یک سطح افقی به ضریب اصطکاک جنبشی ۰/۲۵ توسط

۱

یک طناب افقی می کشد. اگر نیروی کشش طناب ۴۰۰ نیوتون باشد شتاب حرکت جعبه چقدر است؟



$$F_k = \mu_k F_N = \frac{25}{100} \times 1000 = 100 \text{ N}$$

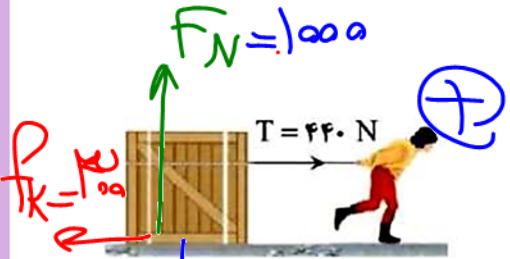
$$F_{net} = ma \Rightarrow +400 - 100 = 100a$$

$$a = \frac{300}{100} = 3 \text{ m/s}^2$$

شکل مقابل شخصی با طناب افقی جعبه ۱۰۰ کیلوگرمی را می کشد. اگر ضریب اصطکاک ایستایی و

۲

جنبشی بین جعبه و سطح به ترتیب ۰/۴ و ۰/۳ باشد ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



الف) با محاسبه نشان دهید چرا جعبه شروع به حرکت می کند؟

ب) شتاب حرکت جعبه را حساب کنید.

$$F_k = \mu_k F_N = \frac{3}{10} \times 1000 = 300 \text{ N}$$

$$F_{net} = ma \Rightarrow +440 - 300 = 100a$$

$$+140 = 100a$$

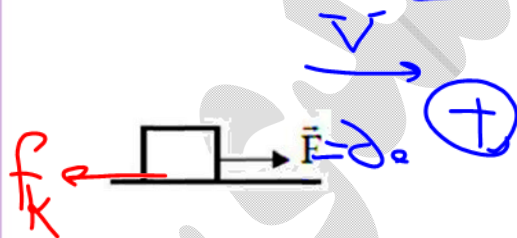
$$a = +1.4 \text{ m/s}^2$$

$T > F_{kmax} \Rightarrow$  حرکتی است

همانند شکل زیر، به جسمی به جرم ۲۰ کیلوگرم، نیروی افقی  $F = 50 \text{ N}$  وارد می شود و جسم با

۳

شتاب  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  ثابت روی سطح افقی به طرف راست حرکت می کند.



الف) آیا نیروهای وارد بر جسم متوازن اند؟

ب) اندازه و جهت نیروی اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح را تعیین کنید.

$$F_{net} = ma$$

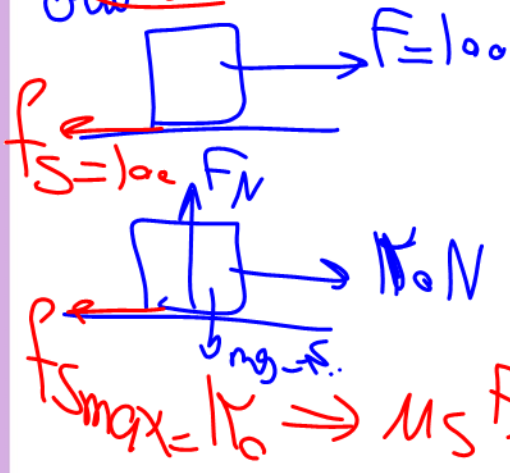
$$+F - F_k = ma \Rightarrow +50 - F_k = 20(+2) \Rightarrow F_k = 10 \text{ N}$$



۴

جعبه ساکنی به جرم ۴۰ کیلوگرم روی سطح افقی قرار دارد. ابتدا جعبه را با نیروی ثابت افقی ۱۰۰ نیوتون هل می دهیم و جعبه ساکن می ماند. هنگامی که نیروی افقی را به ۱۲۰ نیوتون می رسانیم جعبه در آستانه حرکت قرار می گیرد.  $(g = 10 \text{ m/s}^2)$

ساکن



الف) نیروی اصطکاک ایستایی در حالت اول چند نیوتون است؟

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

پ) آیا نیروهای وارد بر جسم در حالت دوم متوازن هستند؟

$\mu_s \cdot 400 = 120 \Rightarrow \mu_s = \frac{3}{10}$

**نکته**

در مسائل پرتاب و ترمز: فقط  $f_k$

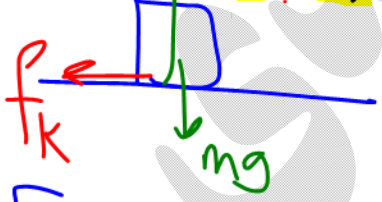
$F_{net} = ma$

$-f_k = ma \Rightarrow -\mu_k mg = va$

۵

قطعه چوبی را با سرعت افقی ۱۰ متر بر ثانیه روی سطحی افقی پرتاب می کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی  $0.2$  است. (کتاب درسی)

$v_0 = 10 \text{ m/s}$



$v = 0$

الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می ایستد؟  $\Delta x = ?$

ب) آیا جرم چوب تاثیری در مسافت توقف دارد؟

$F_{net} = ma$

$-f_k = ma \Rightarrow -\mu_k F_N = ma$

$-\mu_k mg = ma \Rightarrow -2 = a$

$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$

$0 - 10^2 = 2(-2)\Delta x$

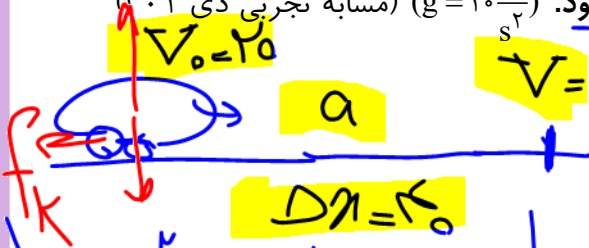
$\Delta x = 25 \text{ m}$



$$V_0 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1}{3.6} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

راننده خودرویی که با سرعت ۷۲ کیلومتر بر ساعت در یک مسیر مستقیم در حال حرکت است با دیدن

مانعی اقدام به ترمز می‌کند و پس از طی مسافت ۴۰ متر متوقف می‌شود. (مشابه تجربی دی ۴۰۱)  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$



الف) ضریب اصطکاک جنبشی لاستیک با سطح آسفالت چقدر است؟

$$V - V_0 = at$$

$$0 - 20 = a \times 4$$

$$a = -5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

ب) از لحظه ترمز تا توقف کامل خودرو چقدر طول می‌کشد؟

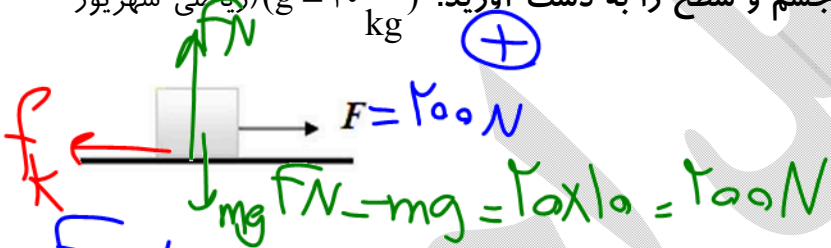
$$F_{\text{net}} = ma$$

$$-f_k = ma$$

$$-\mu_k F_N = ma \Rightarrow -\mu_k mg = ma \Rightarrow \mu_k = \frac{-a}{g} = \frac{5}{10} = 0.5$$

۷) مطابق شکل جسمی به جرم ۲۰ kg بر روی سطحی افقی با نیروی افقی  $F = 200 \text{ N}$  با سرعت ثابت

کشیده می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح را به دست آورید. (ریاضی شهریور ۱۴۰۱)  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$



$$F_N - mg = 200 - 20 \times 10 = 0$$

۴۰۱) سرعت ثابت  $a = 0$

$$F_{\text{net}} = ma$$

$$F - f_k = ma \Rightarrow F = f_k \Rightarrow 200 = \mu_k F_N \Rightarrow 200 = \mu_k \times 200 \Rightarrow \mu_k = 1$$

۸) در شکل روبه رو نیروی  $F = 50 \text{ N}$  به جسمی به جرم ۱۰ kg وارد می‌شود. اگر جسم در آستانه حرکت

قرار داشته باشد ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح را محاسبه کنید. (تجربی شهریور ۱۴۰۱)  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

$$F_N = mg = 100$$



$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F - f_{s,\text{max}} = m \times 0$$

$$\Rightarrow F = f_{s,\text{max}} \Rightarrow 50 = \mu_s F_N \Rightarrow \mu_s = \frac{50}{100} = 0.5$$



$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

یک راننده با دیدن مانعی در جلوی خود اقدام به ترمز گرفتن می کند: (کتاب درسی)

الف) دو عامل مؤثر در مسافت واکنش را بنویسید.  
سرعت ثابت

ب) زمان واکنش راننده‌ای ۰/۶۰s است. در طی این زمان، خودرو مسافت ۱۸m را طی می کند با فرض ثابت بودن سرعت در این مدت، اندازه آن را حساب کنید.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{18}{0.6} = 30 \text{ m/s}$$

پ) اگر در این سرعت راننده ترمز کند و خودرو پس از ۵/۰s متوقف شود، مسافت ترمز و مسافت خود را حساب کنید.

$$v_{av} = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{30 + 0}{2} = 15 \text{ m/s}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 15 = \frac{\Delta x}{5} \Rightarrow \Delta x = 75 \text{ m}$$

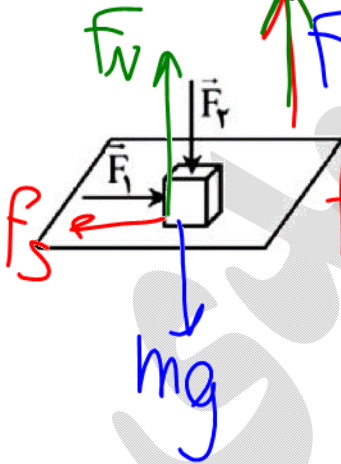
ت) وقتی خودرو ترمز می کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ جرم خودرو را ۱۵۰۰kg فرض کنید. (کتاب

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = 5a + 30 \Rightarrow a = -6 \text{ m/s}^2$$

$$F_{net} = ma = 1500 \times -6 = -9000 \text{ N}$$

مطابق شکل نیروی افقی  $\vec{F}_1$  بر جعبه وارد می شود اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت

بزرگی نیروی قائم  $\vec{F}_2$  از صفر شروع به افزایش کند کمیت های زیر چگونه تغییر می کنند؟



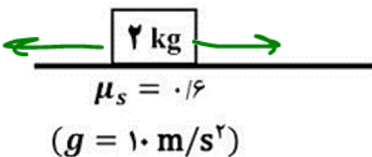
الف) اندازه نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه افزایش می کند.  
 $F_N = F_2 + mg$

ب) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه ثابت است.  
 $f_s = F_1$

پ) اندازه بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی افزایش می یابد.  
 $f_{smax} = \mu_s F_N$

ت) نیروی خالص وارد بر جسم  $F_{net} = mg$

در شکل مقابل جسم بر روی سطح افقی ساکن است. نیروی اصطکاک جسم با سطح چند نیوتون است؟



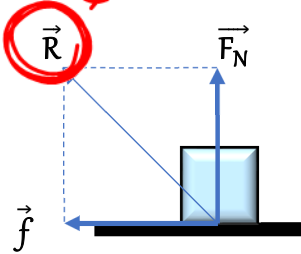
$$f_s = 0$$



# نیروی عمودی سطح $F_N$ نیروی سطح $R$

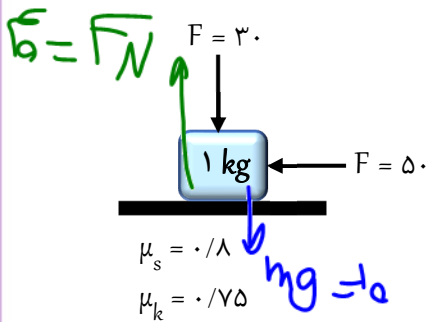
**نیروی سطح ( $\vec{R}$ )**

به نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می شود نیروی سطح می گویند که از برآیند دو نیروی  $F_N$  و  $f$  به دست می آید.



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

• واکنش نیروی سطح از طرف ..... به ..... وارد می شود.



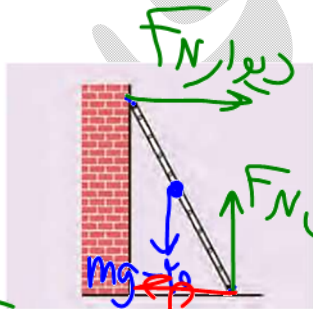
1 جسم مقابل در حال حرکت است نیروی سطح را محاسبه کنید.

$$F_N = F + mg = 10 + 20 = 30 \text{ N}$$

$$f_k = \mu_k F_N = \frac{0.75}{1.00} \times 30 = 22.5 \text{ N}$$

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_k^2} = \sqrt{30^2 + 22.5^2} = \sqrt{1500} = 38.7 \text{ N}$$

2 در شکل روبرو نردبان به جرم 2 kg به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان 0.75 است. در آستانه سر خوردن نردبان ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) (کتاب درسی)



الف) سطح زمین به نردبان چه نیرویی وارد می کند؟

$$R = \sqrt{F_{Nz}^2 + F_{sz}^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = 25 \text{ N}$$

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

$$R_{\text{دیوار}} = \sqrt{F_N^2 + f^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = 25 \text{ N}$$

$$F_{N \text{ دیوار}} = F_{s \text{ max}} = \mu_s F_{N \text{ زمین}} = \frac{0.75}{1.00} \times 20 = 15 \text{ N}$$

$$F_{N \text{ زمین}} = mg = 20 \text{ N}$$





$m$

۳ مطابق شکل، شخصی، یک یخچال به جرم  $100\text{ kg}$  را بر روی سطحی افقی با نیروی  $F = 500\text{ N}$  هل می‌دهد

و یخچال در آستانه حرکت قرار می‌گیرد. (ریاضی دی ۴۰۱)

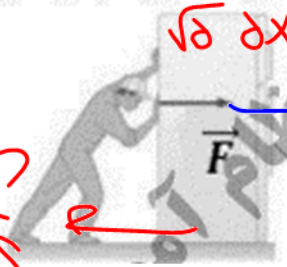
$$\sqrt{1250000} = \sqrt{500^2 + 1000000}$$

$$\sqrt{500^2 + 1000000} = 1000\sqrt{5}\text{ N}$$

$$F = 500$$

$f_{smax}$

الف) ضریب اصطکاک ایستایی بین یخچال و سطح چه قدر است؟



ب) اندازه نیرویی که سطح زمین به یخچال وارد میکند را محاسبه کنید؟ ( $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )

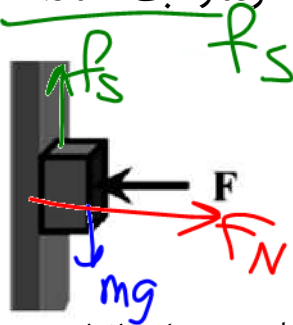
$$R = \sqrt{F_N^2 + F^2} = \sqrt{1000^2 + 500^2}$$

$$= \sqrt{1250000} = 1000\sqrt{5}\text{ N}$$

$$F_{net} = ma \Rightarrow F - f_{smax} = mg$$

$$\mu_s F_N = 500 \quad F_N = mg = 1000\text{ N} \quad \mu_s \times 1000 = 500 \rightarrow \mu = 0.5$$

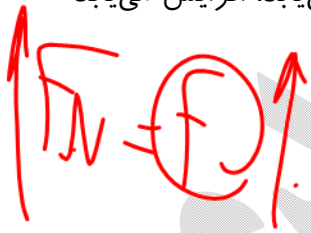
۴ همانند شکل روبرو جسمی به وزن یک نیوتون را با نیروی افقی  $F$  به دیوار فشرده و ثابت نگاه داشته‌ایم.



الف) مقدار نیروی اصطکاک چقدر است؟

$$f_s = mg = 1\text{ N}$$

ب) اگر نیروی  $F$  افزایش دهیم تعیین کنید با این کار اندازه هر یک از نیروهای زیر کاهش می‌یابد، افزایش می‌یابد یا ثابت است؟



ثابت:  $mg$

(۲) نیروی وزن

افزایش

(۱) نیروی عمودی سطح

ثابت:  $f_s = mg$

(۴) نیروی اصطکاک

افزایش

(۳) نیروی اصطکاک بیشینه

(۶) نیرویی که دیوار به جسم وارد می‌کند

(۵) نیروی خالص وارد بر جسم



افزایش

ثابت:  $F_{net} - mg$

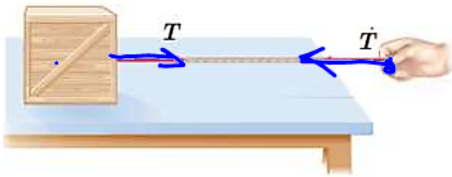


# جهت کش طناب

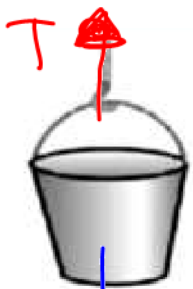
## نیروی کش طناب (T)

نکته

وقتی طناب متصل به جرمی را می کشیم طناب جرم را با نیروی می کشد که جهت آن از جرم به سمت بیرون و در راستای طناب است. در این حالت طناب تحت کش قرار دارد به این نیرو نیروی کش طناب گفته می شود و آن را با T نشان می دهند همانطور که در شکل می بینید طناب دست را با نیروی T می کشد. این نکته بیان می کند که نیروی کش دست با طناب برابر است.



۱ شخصی یک سطل محتوی مصالح به جرم ۲۰ کیلوگرم را با طناب سبکی به طرف بالا می کشد. اگر تندی



(+) ↑ v

(g=۱۰)

$$F_{net} = ma$$

$$+T - mg = ma \Rightarrow T - 200 = 0$$

$$a = 0$$

$$T = 200N$$

۲ جعبه‌ای به جرم ۴۰kg مطابق شکل، با شتاب ثابت رو به پایین  $\frac{2}{5}m/s^2$  حرکت می کند. اگر نیروی مقاومت

هوا در برابر حرکت جسم ۱۰۰N باشد، نیروی کش طناب را حساب کنید. (ریاضی خرداد ۴۰۲)  $(g = 10 \frac{N}{kg})$



$$F = 100$$

جهت حرکت ↓

$$100 = mg$$

$$a = 2$$

$$F_{net} = ma$$

$$+mg - T - F = ma$$

$$100 - T - 100 = 40(-2)$$

$$T = 200N$$

$$F_{net} = ma$$

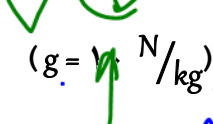
$$+T + f - mg = ma$$

$$T + 100 - 400 = 40(-2)$$

$$T = 200N$$

۳ جسمی به وزن ۶۰ نیوتون را با طناب سبکی به طرف بالا می کشیم. اگر شتاب ثابت رو به بالای جسم

۲ متر بر مجذور ثانیه باشد نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و نیروی کش طناب را به دست آورید



(g = 10 N/kg)

a = 2

$$F_{net} = ma$$

$$+T - mg = ma \Rightarrow T - 60 = 4(2)$$

$$T = 72N$$

$$mg = 40 \Rightarrow m \times 10 = 40 \Rightarrow m = 4kg$$

۴۰ = mg

دانلود از وبسایت و اپلیکیشن پادرس



۴

یک خودروی باری با طناب افقی محکمی یک خودروی ۱۵۰۰ کیلوگی را می کشد. نیروی اصطکاک و

مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری ۲۲۰ نیوتون و ۳۸۰ نیوتون است. (کتاب درسی)

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

ب) اگر خودرو با شتاب ثابت ۲ متر بر مجذور ثانیه به طرف راست کشیده شود نیروی کشش طناب چقدر است؟

$m = 1500$   
 $F_p = 319 \text{ N}$   
 $F_f = 220 \text{ N}$   
 $F_{net} = ma$   
 $T - F_p - F_f = ma \Rightarrow T = F_p + F_f = 400 \text{ N}$   
 $T - F_p - F_f = ma \Rightarrow T - 220 - 319 = 1500(2) \Rightarrow T = 3419 \text{ N}$

۵

در شکل روبرو شخصی با یک طناب افقی جعبه ۱۰۰ کیلوگرمی را با نیروی T می کشد.

الف) اگر جعبه در آستانه حرکت و  $T = 400 \text{ N}$  باشد ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و سطح را محاسبه کنید.  
 ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

$F_{net} = ma$   
 $T - F_{smax} = ma \Rightarrow T = F_{smax}$   
 $400 = \mu_s F_N$   
 $F_N - mg = 0 \Rightarrow F_N = mg = 1000$   
 $\mu_s = \frac{400}{1000} = 0.4$

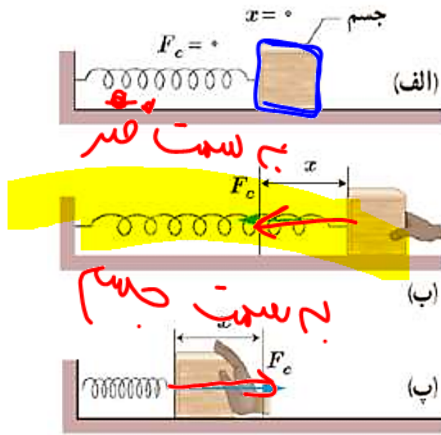
ب) اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جعبه و سطح ۰/۳ و  $T = 440 \text{ N}$  باشد شتاب حرکت جعبه را پس از حرکت حساب کنید.

$F_{net} = ma \Rightarrow T - F_k = ma$   
 $440 - 300 = 1000a$   
 $a = 1/10 \text{ m/s}^2$

$F_k = \mu_k F_N = 0.3 \times 1000 = 300 \text{ N}$

نیروی کشسانی فنر ( $F_e$ )
$$\Delta x$$

اگر فنری را که طول عادی دارد به اندازه  $x$  بکشیم یا فشرده کنیم فنر نیرویی به طرف نقطه تعادل به جسم وارد می کند که نیروی کشسانی فنر نام دارد و از رابطه زیر (قانون هوک) بدست می آید.



تغییر طول فنر نسبت به حالت عادی ( $m$ )

$$F_e = kx$$

نیروی کشسانی فنر ( $N$ )

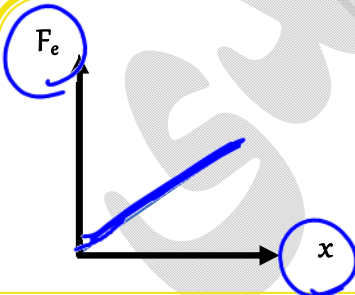
ثابت فنر ( $N/m$ )

قانون هوک:

ثابت فنر: از مشخصات فنر است و به اندازه و شکل و ساختار ماده ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد. واحد آن نیوتون بر متر است. برای یک فنر انعطاف پذیر عددی کوچک (حدود ۱۰۰) و برای یک فنر سفت عددی بزرگ (حدود ۱۰۰۰) است.

## نکته

در نمودار  $F_e$  بر حسب  $x$  شیب نمودار برابر است با ثابت فنر ( $k$ )





$$F_e = k \Delta x$$

جاهای خالی را در جمله های زیر با کلمات مناسب پر کنید:

الف) هر چه فنر را بیشتر فشرده کنیم (در محدوده معینی تغییر طول فنر) نیروی کشسانی فنر بیشتر می شود.

ب) نیروی کشسانی فنر با اندازه تغییر طول آن نسبت مستقیم دارد.

هر چه ثابت فنر کمتر باشد، فنر (سخت تر - نرم تر) است. (ریاضی خرداد ۴۰۱)

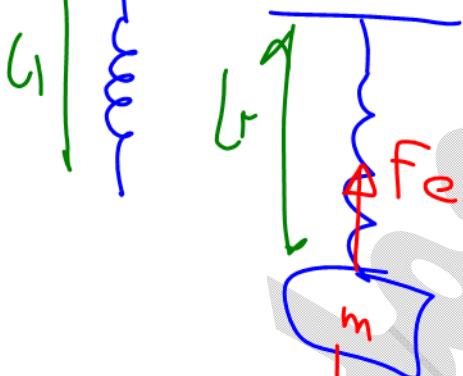
ثابت فنر به کدام یک از عوامل زیر بستگی ندارد؟

(۳) اندازه فنر

(۲) شکل فنر

(۱) تغییر طول فنر

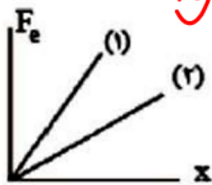
با طراحی یک آزمایش ثابت یک فنر ( $k$ ) را به دست آورید. (تجربی خرداد ۴۰۲)



$$F_e = mg$$

$$k \Delta x = mg \Rightarrow k = \frac{mg}{\Delta x}$$

نمودار نیروی کشسانی بر حسب تغییر طول برای دو فنر (۱) و (۲) مطابق شکل است.



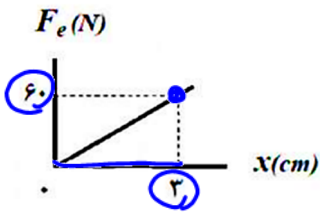
الف) ثابت کدام فنر بزرگتر است؟ چرا؟ (۱)

ب) ثابت هر فنر به چه عامل هایی بستگی دارد؟ (دو مورد)



در شکل روبرو نمودار نیروی کشسانی بر حسب تغییر طول فنر برای یک فنر رسم شده است. ثابت فنر

چند نیوتون بر سانتی متر است؟

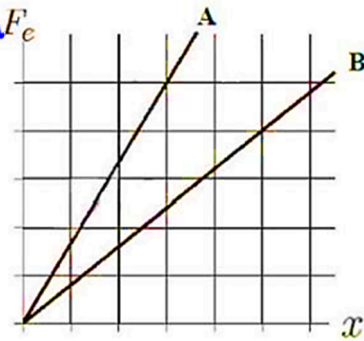


$$F_e = k \Delta x$$

$$\Rightarrow k = \frac{F_e}{\Delta x} = \frac{40}{3} = 13.3 \frac{N}{cm}$$

در شکل مقابل، نمودار نیرو بر حسب تغییر طول را برای دو فنر A و B مشاهده می کنید ثابت فنر کدام یک بیشتر است؟

تجربی شهریور (۴۰۱)



در شکل روبرو وقتی وزنه  $20\text{ N}$  را به فنری با طول اولیه  $12$  سانتی متر آویزان می کنیم طول فنر  $16$

سانتی متر می شود. ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟



$$\Delta x = x_2 - x_1 = 14 - 12 = 2 \text{ cm}$$

$$F_e - mg \Rightarrow k \Delta x = mg \Rightarrow k \frac{2}{100} = 20$$

$$k = 1000 \frac{N}{m}$$

همانند شکل روبرو وزنه  $4$  کیلوگرم را به فنر آویزان می کنیم. پس از رسیدن به تعادل طول فنر  $14$

سانتی متر می شود. اگر ثابت فنر  $k = 1000 \text{ N/m}$  باشد طول اولیه فنر را بدست آورید؟

$(g = 10 \text{ N/kg})$



$$F_e = mg \Rightarrow k \Delta x = mg$$

$$1000 \Delta x = 4 \times 10 \Rightarrow \Delta x = \frac{40}{1000} = 4 \text{ cm}$$

$$x_2 - x_1 = 4 \Rightarrow 14 - x_1 = 4 \Rightarrow x_1 = 10 \text{ cm}$$



۱۰ در شکل زیر اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح افقی برابر  $0.1$ ، ثابت فنر برابر  $100 \text{ N/m}$  و تغییر طول فنر از حالت اولیه آن برابر  $40 \text{ cm}$  باشد شتاب حرکت جسم چند متر بر مجذور ثانیه است؟

$F_{net} = ma$  (از جرم فنر صرف نظر کنید)  $g = 10 \text{ N/kg}$

$F_e - f_k = ma \Rightarrow k \Delta x - \mu_k F_N = ma$

$F_N = mg = 20 \text{ N}$

$100 \times 0.4 - \frac{1}{10} \times 20 = 20a \Rightarrow a = 1 \text{ m/s}^2$

۱۱ جسمی روی یک سطح افقی تحت تأثیر نیروی افقی  $F$  با سرعت ثابت کشیده می‌شود. اگر افزایش طول فنر در ضمن حرکت  $5$  سانتی‌متر باشد ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح کدام است؟ ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

$F_{net} = ma \Rightarrow F_e - f_k = m \cdot 0$

$F_e = k \Delta x$

$f_k = \mu_k F_N$

$k \Delta x = \mu_k F_N$

$200 \times 5 = \mu_k \times 50 \Rightarrow \mu_k = \frac{2}{1}$

۱۲ مطابق شکل فنر سبکی از سقف آویزان است. اگر فنر را بکشیم تا طول آن  $12 \text{ cm}$  شود نیروی کشسانی فنر  $2 \text{ N}$  است و اگر فنر را فشرده کنیم تا طول آن  $7 \text{ cm}$  شود نیروی کشسانی فنر  $3 \text{ N}$  می‌شود. طول عادی فنر چند سانتی‌متر است؟

$F_e = k \Delta x$

$2 = k (\frac{12}{100} - x_0)$

$3 = k (\frac{7}{100} - x_0)$

$\Rightarrow k = \frac{100}{1}$

۱۳ به یک فنر قائم با ثابت  $k$  یک بار وزنه  $1$  نیوتونی و یک بار وزنه  $8$  نیوتونی آویزان می‌کنیم. اگر مقدار افزایش طول فنر در حالت دوم  $3/5 \text{ cm}$  بیشتر از حالت اول باشد، ثابت فنر چند نیوتون بر سانتی‌متر است؟

$\Delta x_2 = \Delta x_1 + \frac{7}{5}$

$F_1 = k \Delta x_1 \Rightarrow 1 = k \Delta x_1 \Rightarrow k = \frac{1}{\Delta x_1}$

$F_2 = k \Delta x_2 \Rightarrow 8 = k (\Delta x_1 + \frac{7}{5})$

$\Rightarrow \Delta x_1 = 1 \text{ cm}$

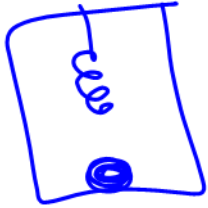


$$(I) \rightarrow \Delta m_1 - \Delta m_1 = 1.5 \Rightarrow \sqrt{\Delta m_1} = 1.5 \text{ cm}$$

$$\Delta m_1 = 1.5 \text{ cm} \quad (II)$$

$$K = \frac{1}{\Delta m_1} \rightarrow K = \frac{1}{1.5} = 2 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

آسانسور:



• اگر جسم نسبت به آسانسور در راستای قائم جابجا نشود ← آسانسور  $a = a_{\text{جسم}}$

• شروع به حرکت کردن ← نوعی حرکت تندشونده

• توقف ← نوعی حرکت کندشونده

• عددی که ترازو نشان می دهد همان  $F_N$  است.

• سقوط آزاد ← یعنی جسم با شتابی برابر شتاب گرانشی زمین ( $g$ ) پایین می آید.

یادآوری: حرکت تند شونده  $\leftarrow a_v > 0$  : یعنی بردار شتاب و سرعت هم جهت اند.

حرکت آند شونده  $\leftarrow a_v < 0$  : یعنی بردار شتاب و سرعت ~~هم~~ جهت اند.

تلف



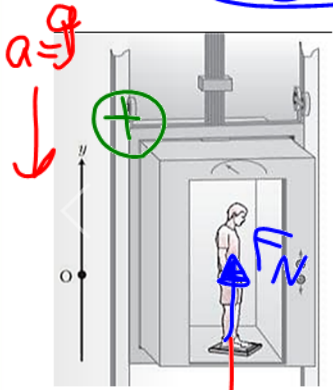




شخصی درون آسانسوری ساکن روی یک ترازوی فنری ایستاده است. در این حالت ترازو عدد ۵۸۸۸

۱

را نشان می دهد. (کتاب درسی)



الف) جرم شخص چند کیلوگرم است؟  
 $F_N = mg \Rightarrow 5888 = m \times 9.8 \Rightarrow m = 600 \text{ kg}$

ب) وقتی آسانسور شتاب رو به بالای  $2/0.0 \text{ m/s}^2$  دارد ترازو چه عددی را نشان می دهد؟

$F_{net} = ma \Rightarrow +F_N - mg = ma \Rightarrow F_N - 5888 = 600 \times 2$   
 $F_N = 7088 \text{ N}$

پ) وقتی آسانسور شتاب رو به پایین  $2/0.0 \text{ m/s}^2$  دارد ترازو چه عددی را نشان می دهد؟

$F_{net} = ma \Rightarrow +F_N - mg = ma \Rightarrow F_N - 5888 = 600 \times (-2)$   
 $F_N = 4688 \text{ N}$

ت) اگر کابل آسانسور پاره شود و آسانسور سقوط آزاد کند ترازو چه عددی را نشان می دهد؟ ( $g = 9.8 \text{ N/kg}$ )

$F_{net} = ma \Rightarrow +F_N - mg = ma \Rightarrow F_N - 5888 = 600 \times (-9.8)$   
 $F_N = 0$

شخصی درون یک آسانسور بر روی یک ترازوی فنری ایستاده است. در هر یک از حالت های زیر با

۲

ذکر دلیل عددی که ترازوی فنری نشان می دهد را با وزن شخص مقایسه کنید.



الف) آسانسور رو به بالا شروع به حرکت کند.  
 $F_{net} = ma$   
 $F_N - mg = ma \Rightarrow F_N = ma + mg$

ب) آسانسور رو به پایین شروع به حرکت کند.  
 $F_{net} = ma \Rightarrow F_N - mg = ma$

پ) آسانسور ساکن باشد  $a = 0$   
 $F_N = mg$

ت) آسانسور با سرعت ثابت به طرف بالا در حال حرکت باشد.  
 $a = 0$

ث) آسانسور در حالی که به طرف بالا حرکت می کند، متوقف شود.  
 $F_{net} = ma \Rightarrow F_N - mg = ma$   
 $F_N = mg + ma$

ج) آسانسور در حالی که به طرف پایین حرکت می کند، متوقف شود.  
 $F_{net} = ma \Rightarrow F_N - mg = ma$



شخصی درون آسانسور ساکن روی ترازوی فنری ایستاده است و ترازو وزن او را  $600$  نیوتون نشان می دهد. در لحظه شروع حرکت آسانسور رو به بالا ترازو عدد  $750$  نیوتون را نشان می دهد. شتاب حرکت

$$F_N - mg = 400 \text{ N} \Rightarrow m \times 10 = 400 \quad (g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \Rightarrow m = 40 \text{ kg}$$

$F_N = 750$   $F_{\text{net}} = ma$   
 $750 - 400 = 40a \Rightarrow a = 2.5 \text{ m/s}^2$

شخصی به وزن  $600$  نیوتن درون آسانسوری روی یک ترازوی فنری ایستاده است. اگر آسانسور با

سرعت ثابت در حال حرکت باشد ترازو چه عددی را نشان می دهد؟ چرا؟

$F_N = 600$   $F_{\text{net}} = ma$   
 $600 - 600 = 60a \Rightarrow a = 0$

شخصی به جرم  $60$  درون آسانسور ساکنی روی ترازوی فنری ایستاده است.  $(g = 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$  (تجربی

خرداد ۴۰۲)

الف) هرگاه آسانسور با شتاب رو به پایین  $3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  حرکت کند ترازو چه عددی را نشان می دهد؟

ب) اگر کابل آسانسور پاره شود و آسانسور سقوط آزاد کند ترازو و عدد صفر را نشان می دهد. دلیل آن را توضیح دهید.

دانش آموزی به جرم  $60$  کیلوگرم روی یک ترازوی فنری در یک آسانسور ساکن، ایستاده است آسانسور با شتاب ثابت  $1/2$  متر بر مجذور ثانیه رو به بالا شروع به حرکت می کند در این حالت ترازو چند نیوتن را نشان

می دهد؟  $(g = 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$



شخصی به جرم ۵۰ کیلوگرم در یک آسانسور بر روی نیروسنجی ایستاده است. نیروسنج وزن او را وقتی آسانسور با شتاب ثابت ۳ متر بر مجذور ثانیه رو به پایین شروع به حرکت می‌کند، چقدر نشان می‌دهد؟

$$(g = 9.8 \frac{N}{kg})$$



شخصی به جرم ۶۰ kg روی یک ترازوی فنری داخل آسانسور ایستاده است. اگر ترازو عدد ۵۰۰N را نشان دهد در این حالت کدام گزینه صحیح است؟ (تجربی دی ۴۰۱)

- ۱) حرکت آسانسور کندشونده رو به پایین است.
- ۲) حرکت آسانسور تندشونده رو به بالا است.
- ۳) حرکت آسانسور می‌تواند تند شونده رو به پایین یا کندشونده رو به بالا باشد.



می‌خواهیم به جسمی که جرم آن ۵/۰ kg است، شتاب  $2 \frac{m}{s^2}$  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.



۱۰

جسمی به جرم ۳ کیلوگرم را به انتهای فنری با ثابت ۵۰ نیوتون بر سانتی متر می بندیم و فنر را از سقف

یک آسانسور آویزان می کنیم. اگر آسانسور با شتاب ثابت به طرف بالا شروع به حرکت کند و تغییر طول فنر

۰/۷۲ سانتی متر باشد شتاب آسانسور چقدر است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

۱۱

وزنه ای به جرم ۲ کیلوگرم را به انتهای فنری به طول ۰/۲ متر که ثابت ۱۰۰۰ نیوتون بر متر است

می بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می کنیم. اگر آسانسور با شتاب ثابت ۲ متر بر مجذور ثانیه از

حال سکون به طرف پایین شروع به حرکت کند طول فنر در این حال چقدر است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

۱۲

وزنه ای به جرم ۲ کیلوگرم را به انتهای فنری به طول ۱۵ سانتی متر که ثابت ۱۰ نیوتون بر سانتی متر

است می بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می کنیم. اگر آسانسور در حالی که به طرف پایین حرکت

می کند با شتاب ثابت ۲ متر بر مجذور ثانیه از حال سکون به طرف پایین متوقف شود، طول فنر در این حال

چقدر است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )



## تکانه ( $\vec{p}$ ):

حاصل ضرب جرم جسم در سرعت آن تکانه جسم نامیده می شود و آن را با نماد  $\vec{p}$  نشان می دهیم.

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

P: تکانه ( $\frac{kg \cdot m}{s}$ )

m: جرم (kg)

v: سرعت (m/s)

**توجه:** در بحث تکانه حواستون به جهت سرعت ها باشه!!!



• تکانه کمیتی برداری است و در جهت سرعت جسم است.

رابطه نیرو با تکانه :

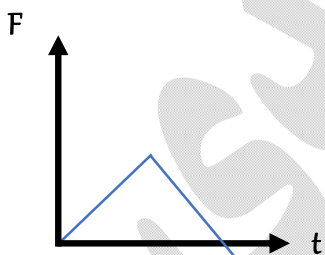
$$\vec{F}_{net} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

نیروی خالص متوسط :

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

رابطه تکانه و انرژی جنبشی :

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



• نمودار نیرو - زمان:

مساحت زیر نمودار =  $\Delta \vec{p}$





۱

درستی یا نادرستی هر یک از عبارات های زیر را مشخص کنید.

(الف) هر چه مدت زمان تاثیر نیرو خالص وارد بر جسم بیشتر باشد تغییر تکانه جسم کمتر است.

(ب) تغییر تکانه ناشی از نیروی متوسط برابر با تغییر تکانه نیروی واقعی متغیر با زمان است.

(پ) تکانه یک کمیت برداری است و یکای SI آن  $kgm/s$  است.

(ت) با افزایش تندی جسم بزرگی تکانه آن بیشتر می شود. (ریاضی شهریور ۴۰۱)

(ث) به لحاظ فیزیکی، برای متوقف کردن یک جسم در زمان معین، هر چه تکانه بیشتر باشد باید نیروی بیشتری به

آن وارد کنیم. (ریاضی دی ۴۰۱)

۲

عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید:

(الف) در حرکت یک جسم بردار تکانه همواره بر مسیر حرکت (ماس - عمود) است.

(ب) انرژی جنبشی جسم با (تکانه - مربع تکانه) نسبت مستقیم دارد.

(پ) سطح زیر نمودار نیرو - زمان برای یک جسم، با تغییر (تکانه - سرعت) جسم، برابر است. (تجربی شهریور ۴۰۲)

۳

جای خالی را پر کنید.

(الف) حاصل ضرب جرم جسم در سرعت آن ..... جسم است. (تجربی خرداد ۴۰۱)

(ب) در هر حرکتی، بردار تکانه همواره بر مسیر حرکت ..... است. (تجربی شهریور ۴۰۲)

۴

اندازه تکانه جسمی به جرم ۲ کیلوگرم که با سرعت ثابت ۱۰ متر بر ثانیه در حرکت است را حساب

کنید.

۵

گلوله ای به جرم  $0.05$  کیلوگرم با تندی افقی  $20$  متر بر ثانیه به دیواری برخورد می کند و بصورت

افقی با تندی  $15$  متر بر ثانیه در جهت خلاف بر می گردد. اندازه تغییر تکانه گلوله را محاسبه کنید.



۶ شخصی به جرم ۶۰ کیلوگرم از یک بلندی روی یک تشک سقوط می کند. اگر تندی او هنگام رسیدن به تشک ۵ متر بر ثانیه باشد و پس از ۰/۲ ثانیه متوقف شود اندازه نیروی متوسطی که تشک بر او وارد کرده است چقدر است؟

۷ تویی به جرم ۰/۴ کیلوگرم با تندی افقی ۱۰ متر بر ثانیه به بازیکنی نزدیک می شود. بازیکن با مشت به توپ ضربه می زند و باعث می شود توپ با تندی ۱۵ متر بر ثانیه در جهت مخالف برگردد. اگر مشت بازیکن ۰/۰۵ ثانیه با توپ در تماس باشد، اندازه نیروی متوسط وارد بر توپ از طرف مشت بازیکن چقدر است؟ (تجربی خرداد ۴۰۲)

۸ شکل مقابل شخصی را نشان می دهد که بر جعبه ۷۵ کیلوگرمی نیروی افقی  $F$  وارد می کند. (تجربی خرداد ۴۰۲)

الف) اگر جعبه در ابتدا ساکن باشد حداقل نیروی لازم برای به حرکت در آوردن جعبه چقدر است؟ ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و سطح ۰/۶ است.

ب) اگر شخص جعبه را با نیروی  $F = 500\text{N}$  به حرکت در آورد و ضریب اصطکاک جنبشی بین جعبه و سطح ۰/۵ باشد، تغییر تکانه آن را ۲ ثانیه پس از شروع حرکت حساب کنید. ( $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )





۹ تویی به جرم  $0.7 \text{ kg}$  با سرعت ثابت  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  به طور افقی حرکت می‌کند. (تجربی شهریور ۴۰۲)

الف) تکانه توپ را حساب کنید.

ب) اگر تکانه توپ دو برابر شود، انرژی جنبشی آن چند برابر می‌شود؟ چرا؟

۱۰ شکل روبه‌رو صحنه‌ای از یک آزمون تصادف را نشان می‌دهد که در آن خودرویی به جرم  $1200 \text{ kg}$  به

دیواری برخورد کرده و سپس بر می‌گردد. اگر تندی اولیه و نهایی خودرو به ترتیب  $54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  و  $9 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  باشد

و تصادف  $0.15 \text{ s}$  طول بکشد. (کتاب درسی)



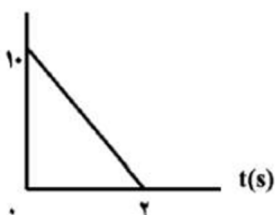
الف) تغییر تکانه خودرو را پیدا کنید.

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

۱۱ نمودار تغییر تکانه متحرکی بر حسب زمان در SI مطابق شکل روبه‌رو است. اندازه نیروی خالص متوسط

وارد بر این متحرک در بازه زمانی صفر تا ۲ ثانیه چند نیوتون است؟

P (kg.m/s)

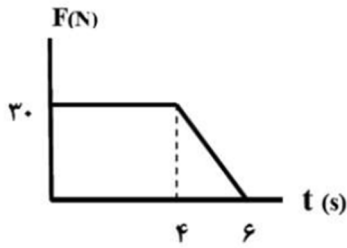






۱۲

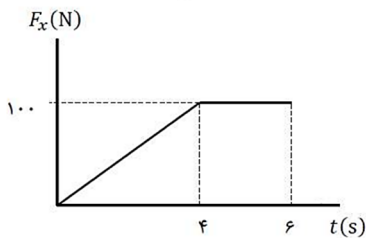
مطابق نمودار روبرو به جسم ساکنی به جرم ۲ کیلوگرم نیروی خالص افقی بر حسب زمان وارد می شود. نیروی خالص متوسط وارد بر جسم را در مدت ۶ ثانیه به دست آورید.



۱۳

شکل مقابل نمودار نیروی خالص بر حسب زمان برای جسمی به جرم  $100 \text{ kg}$  که در لحظه  $t = 0 \text{ s}$  بر سطح افقی در حال سکون است را نشان می دهد. جسم پس از اعمال نیرو روی محور  $x$  شروع به حرکت می کند. اندازه سرعت آن در لحظه  $t = 6 \text{ s}$  چند متر بر ثانیه است؟

(تجربی شهریور ۴۰۱)



۱۴

با ذکر دلیل، نقش کیسه هوا در کم شدن آسیب در تصادفات را بنویسید. (ریاضی شهریور ۴۰۱)

۱۵

نشان دهید بین اندازه تکانه ( $P$ ) و انرژی جنبشی ( $k$ ) جسمی به جرم  $m$ ، رابطه  $K = \frac{P^2}{2m}$  برقرار است.

(کتاب درسی)





خودرویی در جاده مستقیم حرکت می کند اگر سرنشینان خودرو کمربند ایمنی را نبسته باشند و راننده

ناگهان ترمز کند.

الف) چرا سرنشینان خودرو به طرف جلو پرتاب می شوند؟

ب) نقش کمربند ایمنی و کیسه هوا در کم شدن آسیب‌ها در تصادف‌ها را بیان کنید. (کتاب درسی)

اسماعیل احمدی



## نیروی گرانشی:

قانون گرانش عمومی: نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصلضرب جرم نسبت مستقیم و با مربع فاصله آن ها از یکدیگر نسبت وارون دارد.

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

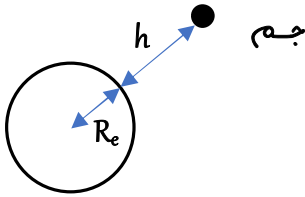
G: ثابت گرانش عمومی

• وزن یک جسم روی زمین برابر با نیروی گرانشی است که زمین به جسم وارد می کند.

$$\left. \begin{array}{l} F = G \frac{M_e m}{r^2} \\ F = mg \end{array} \right\} \rightarrow g = G \frac{M_e}{r^2}$$



اگر جسم در ارتفاع h از سطح زمین باشد



$$r = R_e + h$$



روابط متقیم و عکس:

عکس	متقیم

$$AB = C$$

$$\frac{A}{B} = C$$

$$\frac{A}{B} = \frac{C}{D}$$



نکته

نوشتن فرمول نسبت:

$$F = K\Delta x$$

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{K}{K} \times \frac{\Delta x}{\Delta x}$$

•  $F$  با  $K$  و  $\Delta x$  رابطه مستقیم دارد. پس:

$$\frac{F_A}{F_B} = \frac{\Delta x}{\Delta x}$$

•  $K$  با  $\Delta x$  رابطه عکس دارد. پس:

۱ جاهای خالی را با عبارت مناسب پر کنید.

- الف) جهت نیروی وزن و در نتیجه شتاب گرانشی همواره به طرف ..... است.
- ب) وزن ماهواره ای که در ارتفاع  $R_e$  از سطح زمین قرار دارد ..... برابر وزن آن روی سطح زمین است.
- پ) نیروی گرانشی بین دوزره با مربع فاصله بین آن ها از یکدیگر نسبت ..... دارد.
- ت) هنگامی که از سطح زمین به طرف بالا برویم شتاب گرانشی زمین ..... می یابد.
- ث) با ۳ برابر کردن فاصله ی میان دو ذره اندازه نیروی گرانشی بین آن ها ..... برابر می شود.
- ج) جرم زمین تقریباً ۸۰ برابر جرم ماه است، نیروی گرانشی بر ماه (برابر - نابرابر) با نیروی گرانشی ماه بر زمین است. (تجربی خرداد ۴۰۲)

۲ گزینه درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

- الف) نیروی گرانشی بین دو ذره با (فاصله - مربع فاصله) آن ها از یکدیگر نسبت وارون دارد.
- ب) اگر بر ماه نیرویی وارد شود، ماه باید به صورت (مستقیم - دایره‌ای) حرکت کند. (تجربی خرداد ۴۰۱)





درستی یا نادرستی عبارت های زیر را مشخص کنید

۳

الف) نیروی گرانشی بین دو ذره با فاصله آن ها از یکدیگر نسبت وارون دارد.

ب) اگر فاصله ماهواره از مرکز زمین نصف شود نیروی گرانشی وارد بر ماهواره دو برابر می شود.

نیرویی که از طرف زمین بر ماه وارد می شود چه نام دارد؟

۵

قانون گرانش عمومی را تعریف کنید.

۶

نمودار نیروی گرانشی وارد بر یک ماهواره را بر حسب فاصله از سطح زمین به طور کیفی رسم کنید.

۷

(تجربی شهریور ۴۰۱)

نشان دهید که شتاب گرانشی در سطح زمین از رابطه  $g = G \frac{M_e}{R_e^2}$  به دست آید.

۸





۹ دو کره توپر همگن به جرم های ۱۲۰ و ۴۰ کیلوگرم را در نظر بگیرید که فاصله مرکز آن ها از یکدیگر

۴ متر است. نیروی گرانشی که این دو کره به یکدیگر وارد می کنند چند نیوتون است؟

$$(G = 6/6 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2)$$

۱۰ دو جسم در فاصله ۲m از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک  $1/100 \times 10^{-8} \text{ N}$  جذب می کنند.

اگر جرم یکی از اجسام ۵kg باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟  $(G = 6/6 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2)$

(کتاب درسی)

۱۱ سیاره ای به شعاع  $10^4$  کیلومتر و جرم  $2 \times 10^{25} \text{ kg}$  به دور خود می چرخد. شتاب گرانشی در این

سطح سیاره چقدر است؟  $(G = 6/6 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2)$



۱۲

ماهواره‌ای در فاصله ۱۶۰۰ کیلومتری از سطح زمین روی مدار تقریباً دایره‌ای شکل به دور زمین می‌چرخد.

الف) وزن این ماهواره در این ارتفاع چند برابر وزن آن روی سطح زمین است؟ ( $R_e = 6400 \text{ km}$ )

ب) شتاب گرانشی وارد بر ماهواره در این ارتفاع چند برابر شتاب گرانشی وارد بر آن در سطح زمین است؟ (تجربی خرداد ۴۰۱)

پ) نمودار نیروی گرانشی وارد بر ماهواره را بر حسب فاصله آن از مرکز رسم کنید. (کتاب درسی)

۱۳

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

۱۴

جرم و شعاع سیاره‌ای به ترتیب ۵ و ۲ برابر جرم و شعاع زمین است. شتاب گرانشی در این سیاره چند برابر شتاب گرانشی در سطح زمین است؟



۱۵) اگر جرم ماهواره‌های  $250 \text{ kg}$  باشد، وزن آن در ارتفاع  $36000$  کیلومتری از سطح زمین چقدر خواهد شد؟

$$(M_e = 5/98 \times 10^{24} \text{ kg} \text{ و } R_e = 6400 \text{ km})$$

۱۶) اگر فاصله زمین تا خورشید  $150 \text{ km}$  و فاصله زمین تا ماه  $4 \times 10^5 \text{ km}$  و نیز جرم خورشید و زمین و ماه به

ترتیب  $2 \times 10^{30} \text{ kg}$ ،  $6 \times 10^{24} \text{ kg}$  و  $6 \times 10^{22} \text{ kg}$  باشد:  $(G = 6 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{\text{kg}^2})$  (کتاب درسی)

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

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

۱۷) الف) سفینه‌ای به جرم  $3/00 \times 10^4 \text{ kg}$  در وسط فاصله بین زمین و ماه قرار دارد. نیروی گرانشی خالصی را

که از طرف زمین و ماه به این سفینه در این مکان وارد می‌شود به دست آورید (از داده‌های مسئله‌های قبل استفاده کنید).

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

(کتاب درسی)

۱۸) با طراحی آزمایش چگونگی اندازه‌گیری شتاب گرانشی زمین را به کمک یک آونگ ساده شرح دهید.

(تجربی دی ۴۰۱)