



جمعه  
۱۴۰۴/۰۱/۱۵

دفترچه پاسخ

دینامیک  
(فصل ۲ دوازدهم)

# دوبینگ‌ماز

گروه آزمایشی علوم تجربی  
فیزیک

ویراستاران	طراحان	مسئول درس	درس
حسین عبدوی نژاد پویا هدایتی	سعید احمدی - امیررضا خوینی‌ها مجید رجیبی وندچالی - امیرمحمد زمانی حسین عبدوی نژاد - محمدجواد سورچی	سجاد صادقی‌زاده سعید احمدی	فیزیک

- ۴  
دوازدهم
- ۳  
دوازدهم
- ۲  
دوازدهم
- ۱  
دوازدهم
- ۳  
یازدهم
- ۲  
یازدهم
- ۱  
یازدهم
- ۴ و ۳  
دهم
- ۲ و ۱  
دهم

- هفته ششم
- هفته پنجم
- هفته چهارم
- هفته سوم
- هفته دوم
- هفته اول

۵۵ روز جمع‌بندی تا کنکور اردیبهشت

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هر گونه استفاده غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.



اهمیت مباحث این آزمون در کنکور...

آزمون امروز مربوط به فصل دوم فیزیک دوازدهم، یعنی فصل «دینامیک». این فصل از اون فصلای خیلی مهم و یه کوچولو سخته که هم تعداد تست قابل توجهی ازش در کنکور میاد و هم حسابی قابلیت ترکیب شدن با فصلای دیگه رو داره! بچه‌ها مباحث این فصل می‌تونه با فصلای «حرکت‌شناسی»، «کار و انرژی» و «نوسان و امواج» ترکیب بشه و کلی تست باحال و سخت درست کنه، پس حواستون باشه که این فصل رو جدی بگیرید که با هیچ‌کس شوخی نداره!

فصل ۲ فیزیک دوازدهم

۱- مباحث اصلی این فصل چیا هستن؟

اگه بخوایم مطالب این فصل رو دسته‌بندی کنیم، می‌تونیم به نمودار زیر برسیم.



۲- در کنکورهای اخیر چند سؤال از این فصل اومده؟

در جدول زیر، تعداد سؤالاتی که از این فصل در کنکور اومده رو براتون آوردیم.

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)	۱۴۰۳ (نوبت اول)	۱۴۰۳ (نوبت دوم)
تجربی	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
ریاضی	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴





- ۳- هنگام کوبیدن میخ در قطعه‌ای از چوب، چکش به میخ نیروی  $\vec{F}_1$  وارد می‌کند و سبب فرو رفتن میخ در چوب می‌شود. میخ نیز به چکش نیروی  $\vec{F}_2$  وارد می‌کند و حرکت چکش را کند و متوقف می‌کند. کدام یک از عبارات‌های زیر نادرست است؟
- (۱) نیروهای  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  کنش و واکنش هستند.
  - (۲) نیروهای کنش و واکنش ممکن است منجر به اثرات متفاوتی شوند.
  - (۳) نیروهای کنش و واکنش می‌توانند از دو نوع مختلف باشند.
  - (۴) نیروهای کنش و واکنش هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند.

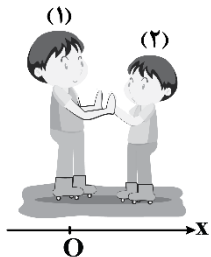
(آسان - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم‌اندازه و هم‌راستا اما در خلاف جهت وارد می‌کند. توجه کنید ممکن است نیروهای کنش و واکنش منجر به اثرات متفاوتی شود؛ مثلاً هنگام کوبیدن میخ در قطعه‌ای چوب، چکش به میخ نیرو وارد می‌کند و سبب فرورفتن میخ در چوب می‌شود. نیروی وارد از میخ به چکش حرکت چکش را کند و متوقف می‌کند. همچنین نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می‌شوند و **هم‌نوع‌اند**؛ مثلاً هر دو الکتریکی‌اند، یا هر دو مغناطیسی‌اند یا هر دو گرانشی‌اند و یا ...

گروه آموزشی ماز

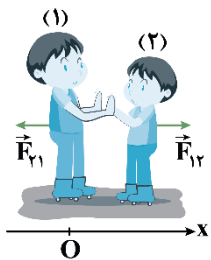
- ۴- دو شخص (۱) و (۲) به ترتیب به جرم‌های  $۷۵\text{kg}$  و  $۵۰\text{kg}$  با کفش‌های چرخ‌دار در یک سالن مسطح و صاف روبه‌روی هم ایستاده‌اند. شخص اول با نیروی  $۱۰۰\text{N}$  شخص دوم را به طرف راست هل می‌دهد. شتابی که شخص اول می‌گیرد، در SI کدام است؟



- (۱)  $2\vec{i}$   
(۲)  $-2\vec{i}$   
(۳)  $\frac{4}{3}\vec{i}$   
(۴)  $-\frac{4}{3}\vec{i}$

(آسان - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴



از قانون سوم نیوتون می‌دانیم نیرویی که شخص اول به دوم وارد می‌کند ( $\vec{F}_{12}$ ) هم‌اندازه و در خلاف جهت نیرویی است که شخص دوم به اول وارد می‌کند ( $\vec{F}_{21}$ ). با انتخاب جهت مثبت محور  $x$  به طرف راست می‌توانیم بنویسیم:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow F_{12} = F_{21} = 100\text{N} \Rightarrow \vec{F}_{21} = -(100\text{N})\vec{i}$$

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{F}_{21}}{m} = \frac{-(100\text{N})\vec{i}}{75\text{kg}} = \left(-\frac{4}{3}\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)\vec{i}$$

مشاوره

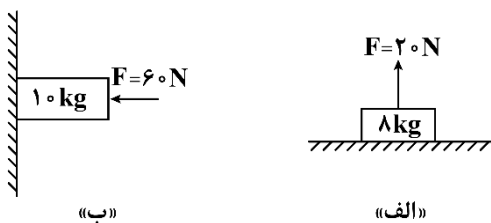
علاوه بر سؤال مفهومی که از قانون سوم نیوتون براتون طرح کردیم، حواسمون بوده که سؤال محاسباتی هم براتون بیاریم که حسابی چم‌وخم سؤالات مطرح شده از قانون سوم نیوتون براتون مرور بشه.

دام تستی

اگر حواستون به خلاف جهت بودن نیروهای کنش و واکنش نباشه در دام گزینه (۳) می‌افتید و اگر به اندیس شخص‌ها دقت نکنید در دام گزینه (۱) گرفتار می‌شوید.

گروه آموزشی ماز

- ۵- در شکل‌های زیر، اجسام، ساکن هستند. اندازه نیروی عمودی سطح واردشده بر جسم، در شکل‌های «الف» و «ب» به ترتیب چند نیوتون است؟



- ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )  
(۱) ۶۰، ۶۰  
(۲) ۶۰، ۱۰۰  
(۳) ۱۰۰، ۶۰  
(۴) ۱۰۰، ۱۰۰

(آسان - محاسباتی - ۱۴۰۲)

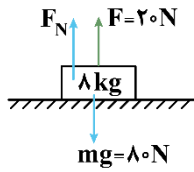
پاسخ: گزینه ۱

با توجه به این که اجسام ساکن هستند، پس نیروهای وارد بر آن‌ها متوازن بوده و برای محاسبه نیروی عمودی سطح، کافیت برابری نیروهایی که در راستای عمود بر سطح هستند را مساوی صفر قرار دهیم:

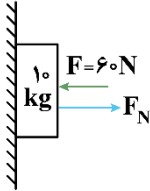


بررسی موارد:

الف



$$F_{net,y} = 0 \Rightarrow F_N + F - mg = 0 \Rightarrow F_N = mg - F = 80 - 20 = 60 \text{ N}$$



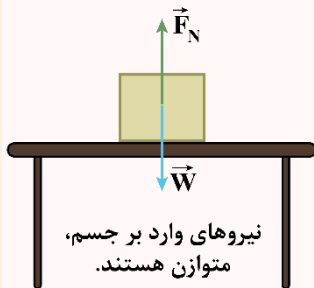
$$F_{net,x} = 0 \Rightarrow F_N - F = 0 \Rightarrow F_N = F = 60 \text{ N}$$

ب

مشاوره

محاسبه اندازه نیروی عمودی سطح همیشه پای ثابت سوالات دینامیک هست. به بهانه این سؤال، خواستیم مهارت شما رو در محاسبه نیروی عمودی سطح بالا ببریم.

نیروی عمودی سطح



متناسب شکل، جسمی را روی سطح افقی میزی در نظر بگیرید. بر جسم ساکن روی میز چه نیروهایی وارد می‌شود؟ با توجه به این که نیروی وزن بر جسم وارد می‌شود، چه نیرویی سبب خنثی شدن آن و سکون جسم می‌شود؟ چون نیروهای وارد بر جسم ساکن، متوازن‌اند، پس باید نیرویی هم‌اندازه و در خلاف جهت وزن از طرف میز (سطح) بر جسم وارد شود تا نیروی وزن را خنثی کند. به این نیرو که عمود بر سطح تماس است، نیروی عمودی سطح (تکیه‌گاه) می‌گویند و آن را با  $\vec{F}_N$  نشان می‌دهند:

$$\vec{F}_{net,y} = 0 \Rightarrow \vec{F}_N + \vec{W} = 0 \Rightarrow \vec{F}_N = -\vec{W} \Rightarrow F_N = W$$

نیروی عمودی سطح، ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است. اگر جسمی سنگین را روی یک سطح اسفنجی یا یک تشک قرار دهیم تغییر شکل اسفنج یا تشک به خوبی دیده می‌شود. حتی یک زمین به ظاهر سفت و سخت نیز وقتی جسمی روی آن قرار می‌گیرد، تغییر شکل می‌دهد. این تغییر شکل مربوط به نیروهای بین‌مولکولی است. پس نیروی عمودی سطح، از طرف سطح، عمود بر سطح و رو به بیرون به جسم وارد می‌شود.

نکته

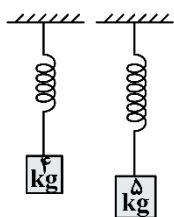
اگر جسم در آستانه جدا شدن از سطح باشد، نیروی عمودی سطح برابر با صفر خواهد بود.

توجه!

برای محاسبه نیروی عمودی سطح، باید برابری نیروهایی که در راستای عمود بر سطح هستند را تحلیل کنید.

گروه آموزشی ماز

۶- در شکل‌های زیر از دو فنر مشابه، جرم‌های ۴ kg و ۵ kg آویزان شده و طول فنرها در حالت تعادل به ۱۲ cm و ۱۳ cm رسیده است. طول اولیه این فنرها



چند سانتی‌متر است؟

- ۶ (۱)
- ۸ (۲)
- ۱۰ (۳)
- ۱۱ (۴)

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

با توجه به تعادل وزنه‌های آویخته شده، می‌توان نوشت:

$$F_{فنر} = mg \Rightarrow kx = mg$$

$$\begin{cases} \text{حالت اول: } k \times (12 - L_0) = 4 \times 10 \\ \text{حالت دوم: } k \times (13 - L_0) = 5 \times 10 \end{cases} \Rightarrow \frac{12 - L_0}{13 - L_0} = \frac{4}{5} \Rightarrow 60 - 5L_0 = 52 - 4L_0 \Rightarrow L_0 = 8 \text{ cm}$$

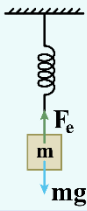
نیروی فنر

اگر فنری را از حالت آزاد خود خارج کنیم، اندازه نیروی کشش درون فنر از رابطه  $F_e = kx$  به دست می‌آید. در این رابطه  $k$  ثابت فنر (برحسب  $\frac{N}{m}$ ) و  $x$  اندازه تغییر طول فنر نسبت به حالت آزاد است که از رابطه  $x = L - L_0$  به دست می‌آید.



نکته

اگر جسمی به جرم  $m$  را از فنر قائمی آویزان کنیم، پس از تعادل مجموعه داریم:

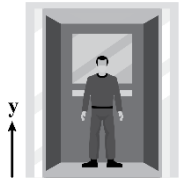


$$F_{net,y} = 0 \Rightarrow F_e = mg \Rightarrow kx = mg$$

گروه آموزشی ماز

۷- مطابق شکل، شخصی به جرم  $60\text{kg}$  درون آسانسوری قرار دارد و آسانسور با شتاب ثابت و رو به بالای  $2 \frac{m}{s^2}$  حرکت می‌کند. بردار نیروی وارد شده بر

آسانسور از طرف شخص در SI کدام است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



(۲)  $-720 \vec{j}$

(۱)  $720 \vec{j}$

(۴)  $-480 \vec{j}$

(۳)  $480 \vec{j}$

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

نیروی وارد شده بر شخص از طرف آسانسور (نیروی عمودی سطح) به سمت بالا بوده و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F_N = m(g+a) = 60 \cdot (10+2) = 720 \cdot N \Rightarrow \vec{F}_N = (720 \cdot N) \vec{j}$$

از طرفی طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که شخص به آسانسور وارد می‌کند، هم‌اندازه و در خلاف جهت نیرویی است که آسانسور به شخص وارد می‌کند؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\vec{F}'_N = -\vec{F}_N \Rightarrow \vec{F}'_N = (-720 \cdot N) \vec{j}$$

دام تستی

اگر خواسته سؤال رو با دقت نخونین در دام گزینه (۱) می‌افتید. راستی بچه‌ها دام جهت نیروهای کنش و واکنش خیلی مشهوره و حواستون جمع باشه. اگر هم دقت کنی و  $F_N$  رو با رابطه  $m(g-|a|)$  حل کنی در دام یکی از گزینه‌های (۳) یا (۴) می‌افتی.

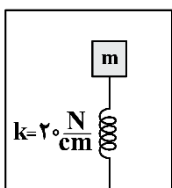
استراتژی حل سریع

در این تیپ مسائل آسانسور که به‌جز نیروی وزن و نیروی عمودی سطح (یا نیروی فنر یا نیروی کشش طناب) نیروی دیگری نیست، اگر آسانسور تندشونده رو به بالا یا کندشونده رو به پایین در حال حرکت باشد  $F_N = m(g+|a|)$  شده و اگر آسانسور تندشونده رو به پایین یا کندشونده رو به بالا در حرکت باشد  $F_N = m(g-|a|)$  می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۸- مطابق شکل زیر، وزنه‌ای به جرم  $5\text{kg}$  درون آسانسور ساکن بر روی یک فنر قرار دارد و فاصله وزنه تا کف آسانسور  $40\text{cm}$  است. اگر آسانسور از حال

سکون با شتاب  $2 \frac{m}{s^2}$  به سمت پایین شروع به حرکت کند، فاصله وزنه تا کف آسانسور چند سانتی‌متر خواهد شد؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )



(۱)  $39/5$

(۲)  $40/5$

(۳)  $39$

(۴)  $41$

(سخت - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

حالت اول:

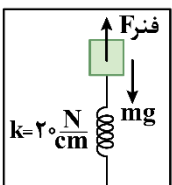
آسانسور هیچ حرکتی ندارد و در نتیجه شتاب، برابر صفر است.

$$a = 0 \Rightarrow F_{\text{فنر}} = mg \Rightarrow kx_1 = mg \quad (1)$$

حالت دوم:

چون حرکت آسانسور به سمت پایین و تندشونده است، با فرض این‌که جهت مثبت رو به پایین باشد، داریم:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow mg - F_{\text{فنر}} = ma \Rightarrow kx_2 = m(g-a) \quad (2)$$





حال طرفین دو معادله (۱) و (۲) را از هم کم می‌کنیم.

$$kx_1 - kx_2 = ma \Rightarrow 20 \times x = 5 \times 2 \Rightarrow x = 0.5 \text{ cm}$$

توجه داشته باشید که در حالت دوم نسبت به حالت اول، فشردگی فنر کمتر بوده و بنابراین فاصله وزنه از کف آسانسور افزایش می‌یابد.

$$\text{فاصله وزنه تا کف آسانسور} = 40 + 0.5 = 40.5 \text{ cm}$$

### مشاوره

ایده طرح این سؤال به شدت در سال‌های اخیر مورد توجه طراحان محترم بوده و ما هم یک نمونه براتون آوردیم. اگر این تست رو غلط حل کردی یا حل نکردی، حتماً پاسخ تشریحی رو به دقت بخون و روش حل سریع رو هم با جون‌ودل یاد بگیر تا بتونی سه‌سوته این تیپ تست‌ها رو رنده کنی.

### دام تستی

اگر در تحلیل اشتباه کنی و وزن ظاهری جسم رو بیشتر از وزن واقعی‌ش فرض کنی در دام گزینه (۱) می‌فتی!

### جرعه ذهنی

چون آسانسور، تندشونده رو به پایین حرکت کرده است، پس وزن ظاهری جسم، کمتر از وزن واقعی آن شده و میزان فشردگی فنر به اندازه  $x'$  کمتر می‌شود. همین تغییر جدید در نیروی فنر باید بتواند برآیند نیروها را که دیگر صفر نیست، جبران کند.

$$kx' = m|a| \Rightarrow 20x' = 5 \times 2 \Rightarrow x' = 0.5 \text{ cm}$$

حالا که فشردگی فنر به اندازه  $x' = 0.5 \text{ cm}$  کم شده، پس فاصله جسم از کف آسانسور هم  $0.5 \text{ cm}$  زیاد شده و برابر  $40 + 0.5 = 40.5 \text{ cm}$  می‌شود.

از دید یک طراح سؤال گوش کن: اگر آسانسور با همین شتاب، کندشونده رو به بالا در حرکت بود، باز هم به این نتیجه می‌رسیدیم؛ اما اگر آسانسور با همین بزرگی شتاب، تندشونده رو به بالا یا کندشونده رو به پایین حرکت می‌کرد اون وقت وزن ظاهری جسم بیشتر از وزن واقعی‌اش می‌شد و فنر به اندازه  $x'$  بیش‌تر فشرده می‌شد و گزینه (۱) جواب بود.

### گروه آموزشی ماز

۹- وزنه‌ای به جرم  $2 \text{ kg}$  را با طناب سبکی با شتاب  $2 \frac{m}{s^2}$  تندشونده رو به بالا می‌کشیم. نیروی کشش طناب را چند نیوتون تغییر دهیم تا وزنه با اندازه

شتاب  $2 \frac{m}{s^2}$  کندشونده به سمت بالا حرکت کند؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )

۲۴ (۴)

۱۶ (۳)

۸ (۲)

۴ (۱)

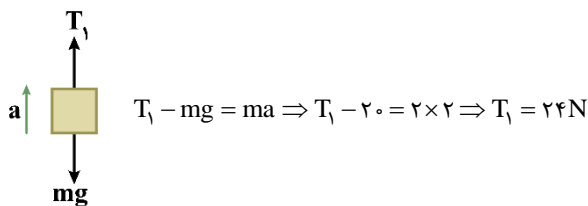
(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

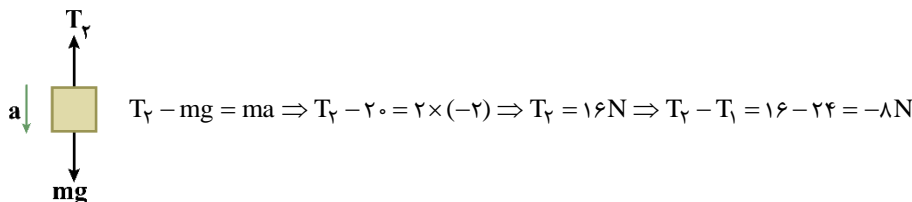
### روش اول:

هر دو حالت را بررسی می‌کنیم:

### حالت اول:



### حالت دوم:



بنابراین نیروی کشش ریسمان  $8 \text{ N}$  کاهش یافته است.

### روش دوم:

### حالت اول:

$$T_1 = m(g + |a|)$$

$$T_2 = m(g - |a|)$$

$$T_2 - T_1 = m(-2|a|) = 2(-4) = -8 \text{ N}$$

### حالت دوم:

### گروه آموزشی ماز



۱۰- کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) برای جسمی که در آستانه حرکت است، نیروی اصطکاک ایستایی متناسب با اندازه نیروی عمودی سطح است.
- (۲) ضریب اصطکاک ایستایی به عاملهایی مانند جنس سطح تماس و صافی و زبری آنها بستگی دارد.
- (۳) ضریب اصطکاک، کمیت بدون واحد است و به مساحت سطح تماس بستگی محسوسی ندارد.
- (۴) نیروی اصطکاک ایستایی بین دو جسم همواره بزرگتر از نیروی اصطکاک جنبشی بین آنهاست.

پاسخ: گزینه ۴

(آسان - مفهومی - ۱۲۰۲)

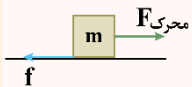
### بررسی گزینه‌ها:

۱. نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه برابر با  $\mu_s F_N$  است؛ بنابراین برای جسمی که در آستانه حرکت است (اصطکاک ایستایی بیشینه است)، این نیرو متناسب با  $F_N$  است. (✓)
۲. ضریب اصطکاک ایستایی به عاملهایی مانند جنس سطح تماس و صافی و زبری آنها بستگی دارد. (✓)
۳. ضریب اصطکاک تقریباً مستقل از مساحت سطح تماس است. (✓)
۴. همواره  $f_s \geq f_k$  نیست، بلکه همواره  $f_{s,max} \geq f_k$  صحیح است. (✗)

### مشاوره

بچه‌ها به بهانه این تست، یک درس‌نامه خیلی محشر براتون نوشتیم و حتی اگر این تست رو درست جواب دادی، باز هم توصیه می‌کنیم از درس‌نامه غافل نشو که بعداً پیشمون می‌شی!

### حرکت روی سطح دارای اصطکاک



اگر مانند شکل مقابل نیروی خالص محرکی به جسم ساکن اعمال شود:

- ۱- ابتدا مقدار ( $F_{محری}$ ) را به دست می‌آوریم که مساوی با برابند نیروهای در راستای حرکت به جز خود اصطکاک می‌شود.
  - ۲- سپس نیروی  $f_{s,max}$  را از رابطه  $f_{s,max} = \mu_s F_N$  به دست می‌آوریم.
  - ۳- مقادیر دو مرحله قبل را باهم مقایسه می‌کنیم و سه حالت پیش می‌آید:
- الف) اگر  $F_{محری} < f_{s,max}$  جسم ساکن می‌ماند؛ بنابراین:

$$نیروی اصطکاک: f = f_s = F_{محری}$$

ب) اگر  $F_{محری} = f_{s,max}$  جسم در آستانه حرکت خواهد بود؛ بنابراین:

$$نیروی اصطکاک: f = f_{s,max} = \mu_s F_N = F_{محری}$$

پ) اگر  $F_{محری} > f_{s,max}$  جسم حرکت خواهد کرد؛ بنابراین:

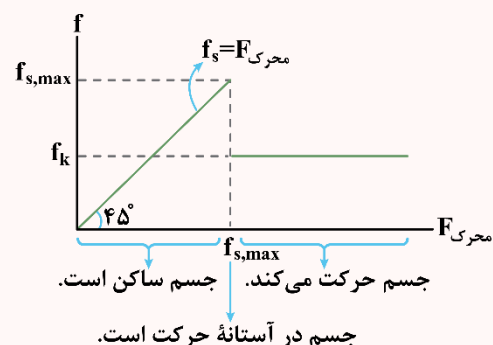
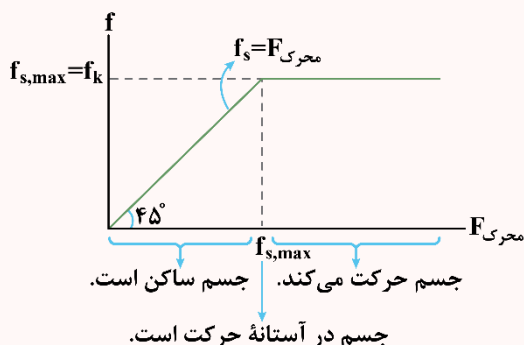
$$نیروی اصطکاک: f = f_k = \mu_k \cdot F_N$$

در روابط بالا  $\mu_s$  و  $\mu_k$  را به ترتیب ضریب اصطکاک ایستایی و ضریب اصطکاک جنبشی می‌نامیم که به ویژگی‌های سطح تماس جسم با زمین بستگی دارند و فاقد یکا هستند. در ضمن همواره:

$$f_{s,max} \geq f_k \quad \text{و} \quad \mu_s \geq \mu_k$$

اگر  $\mu_s = \mu_k$  باشد:

اگر  $\mu_s > \mu_k$  باشد:





نکته

اگر بخواهیم جسم با حداقل نیروی محرک (با حداقل شتاب) شروع به حرکت کند، باید:

$$1- (F_{\text{محرک}})_{\text{min}} = f_{s,\text{max}} = \mu_s F_N$$

$$2- f = f_k = \mu_k F_N$$

که در این حالت داریم:

$$a_{\text{min}} = \frac{(F_{\text{محرک}})_{\text{min}} - f_k}{m} = (\mu_s - \mu_k) \frac{F_N}{m}$$

در مسائلی که  $F_N = mg$  است،  $a_{\text{min}} = (\mu_s - \mu_k)g$  است.

گروه آموزشی ماز

۱۱- جسمی به جرم  $5\text{kg}$  روی یک سطح افقی قرار دارد. مطابق شکل، دو نیروی افقی  $F$  و  $70\text{N}$  بر جسم وارد می‌شود. در کدام یک از محدوده‌های زیر، جسم ساکن است؟ ( $\mu_s = 0/6$ ,  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )

$$(1) \quad 20\text{N} < F < 100\text{N}$$

$$(2) \quad 40\text{N} < F < 120\text{N}$$

$$(3) \quad 20\text{N} < F < 120\text{N}$$



پاسخ: گزینه ۴

(متوسط - مفهومی/محاسباتی - ۱۴۰۲)

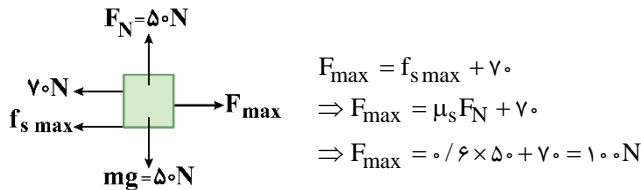
نکته

وقتی یک جسم که در تماس با یک سطح است، در آستانه حرکت باشد، نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر آن، بیشینه است و مقدار آن برابر است با:

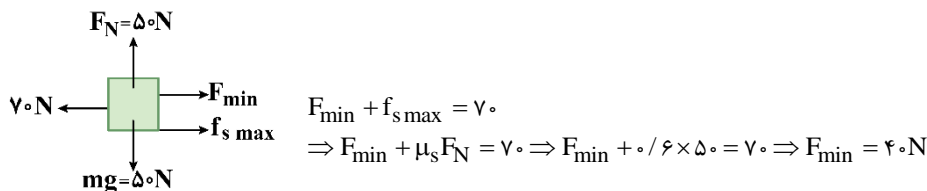
$$f_{s\text{max}} = \mu_s F_N$$

در اینجا، می‌توانیم نیروی  $F$  را آنقدر زیاد کنیم تا جسم در آستانه حرکت به سمت راست قرار گیرد و یا آنقدر کم کنیم تا جسم در آستانه حرکت به سمت چپ قرار گیرد.

آستانه حرکت به سمت راست:



آستانه حرکت به سمت چپ:



بنابراین در محدوده  $40\text{N} \leq F \leq 100\text{N}$  جسم ساکن است و تنها گزینه (۴) در این محدوده است.

مشاوره

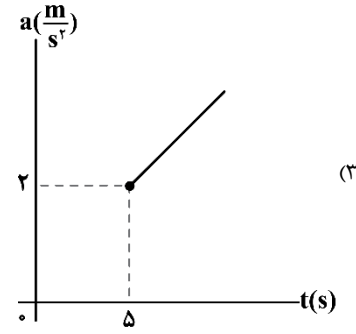
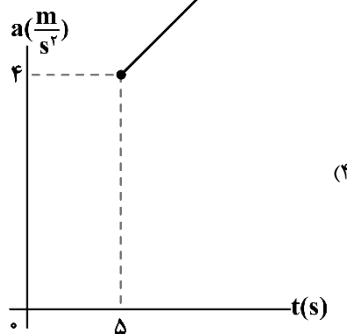
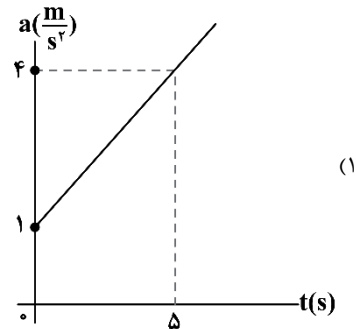
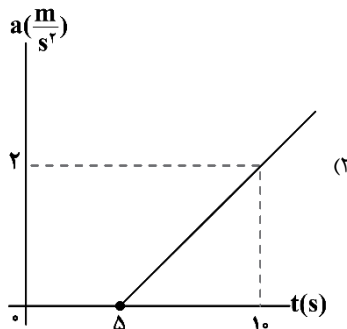
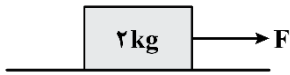
در این تیپ تست‌ها که اتفاقاً خیلی هم پرتکرار هستند، کل ماجرا از این قراره که می‌خواهیم بزرگی نیروی  $F$  در محدوده‌ای باشد که جسم ساکن بماند. کفایت یک بار جسم را در آستانه حرکت در جهت نیروی  $F$  و یک بار هم در آستانه حرکت در جهت نیروی  $70\text{N}$  در نظر بگیریم تا محدوده  $F$  برای ساکن ماندن جسم به دست آید.

گروه آموزشی ماز



۱۲- در شکل زیر، نیرویی با معادله  $F = 2t$  بر حسب نیوتون به جسم ساکن وارد می‌شود. نمودار شتاب بر حسب زمان جسم کدام می‌تواند باشد؟

$(\mu_s = 0.5, \mu_k = 0.3, g = 10 \frac{N}{kg})$



(متوسط - نموداری/محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول:

تا زمانی که مقدار نیرو به  $f_{s \max}$  برسد، جسم، ساکن مانده و شتاب برابر صفر است.

$F_N = mg = 20N, f_{s \max} = \mu_s F_N = 0.5 \times 20 = 10N$

$F = 2t = 10N \Rightarrow t = 5s$

گام آخر:

از لحظه  $t = 5s$  به بعد، جسم شروع به حرکت می‌کند و اصطکاک جنبشی تبدیل می‌شود. در لحظه شروع حرکت، شتاب برابر است با:

$f_k = \mu_k F_N = 0.3 \times 20 = 6N$

$F_{net} = 10 - f_k = ma$

$\Rightarrow F_{net} = 10 - 6 = 2a \Rightarrow a = 2 \frac{m}{s^2}$

مشاوره

اگر در حل این تست مشکل داری، درس‌نامه تست ۱۰ رو برو شیرفهم شو.

میان‌بُر

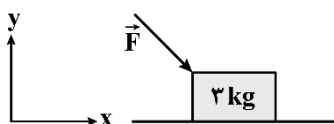
روش میان‌بُر برای پیدا کردن حداقل شتاب حرکت:

$a_{min} = (\mu_s - \mu_k)g = (0.5 - 0.3) \times 10 = 2 \frac{m}{s^2}$

گروه آموزشی ماز

۱۳- مطابق شکل زیر، جسمی به جرم ۳ kg تحت تأثیر نیروی ثابت  $\vec{F} = 3\vec{i} - 10\vec{j}$  بر حسب نیوتون، با سرعت ثابت روی سطح افقی در حال حرکت است.

نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، چه زاویه‌ای بر حسب درجه با راستای حرکت جسم می‌سازد؟  $(\cos 53^\circ = \sin 37^\circ = 0.6, g = 10 \frac{N}{kg})$



۹۰ (۲)

۴۵ (۱)

۵۳ (۴)

۳۷ (۳)

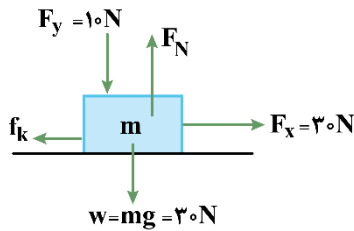


(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

گام اول:

نیروهای وارد بر جسم مطابق شکل مقابل است:



گام دوم:

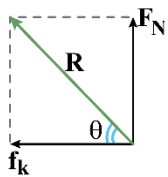
از آنجایی که جسم با سرعت ثابت روی سطح افقی حرکت می‌کند، مطابق قانون اول نیوتون بر ایند نیروهای وارد بر جسم برابر صفر است و داریم:

$$(F_{net})_y = 0 \Rightarrow F_N - F_y - W = 0 \Rightarrow F_N - 10 - 30 = 0 \Rightarrow F_N = 40 \text{ N}$$

$$(F_{net})_x = 0 \Rightarrow F_x - f_k = 0 \Rightarrow 30 - f_k = 0 \Rightarrow f_k = 30 \text{ N}$$

گام آخر:

نیروی که سطح به جسم وارد می‌کند (R) زاویه  $\theta$  با سطح افقی می‌سازد:

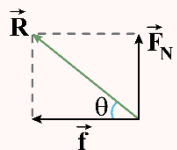


$$\tan \theta = \frac{F_N}{f_k} = \frac{40}{30} = \frac{4}{3} \Rightarrow \tan \theta = \frac{4}{3} \Rightarrow \theta = 53^\circ$$

دام تستی

اگر در محاسبه  $\tan \theta$  دقت کافی نداشته باشین در دام گزینه (۳) می‌افتین.

نیروی سطح

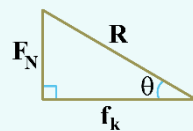
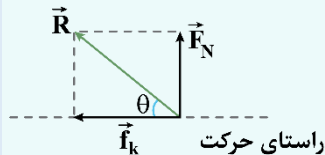


نیروی واکنش تکیه‌گاه، بر ایند دو نیروی  $\vec{F}_N$  و اصطکاک است و از آنجا که این دو نیرو برهم عمود هستند می‌توان نوشت:

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

نکته

اگر جسمی روی سطحی در حال حرکت باشد، زاویه نیروی R با راستای حرکت جسم ( $\theta$ ) را می‌توان به صورت زیر به دست آورد:



$$\tan \theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{F_N}{f_k} = \frac{F_N}{\mu_k F_N} \Rightarrow \tan \theta = \frac{1}{\mu_k}$$

این رابطه نشان می‌دهد که زاویه نیروی R با راستای حرکت جسم، فقط و فقط به  $\mu_k$  بستگی دارد.

گروه آموزشی ماز

۱۴- جسم ساکنی را در نظر بگیرید که دارای جرم  $90 \text{ kg}$  می‌باشد. دو نیروی  $F_1$  و  $F_2$  در راستای افقی و قائم به آن وارد می‌شوند. بردار نیرویی که جسم به

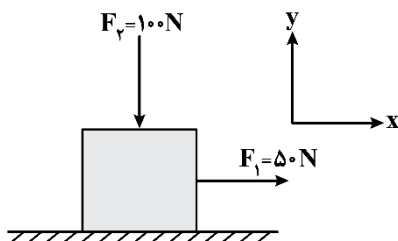
سطح وارد می‌کند، در SI کدام است؟ ( $\mu_s = 0/6$ ,  $\mu_k = 0/3$ ,  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

(۱)  $-50\vec{i} + 1000\vec{j}$

(۲)  $-270\vec{i} + 900\vec{j}$

(۳)  $50\vec{i} - 1000\vec{j}$

(۴)  $270\vec{i} - 900\vec{j}$



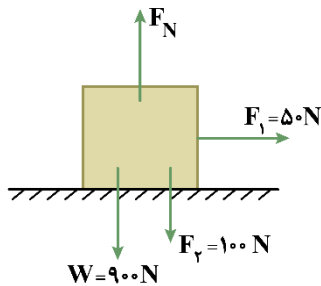


(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول:

ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم و نیروی عمودی تکیه‌گاه را به دست می‌آوریم.



$$F_N = W + F_f = 900 + 100 = 1000 \text{ N}$$

گام دوم:

برای آن که بفهمیم جسم ساکن می‌ماند یا حرکت می‌کند، مقدار بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی را محاسبه می‌کنیم:

$$f_{s \max} = \mu_s F_N = 0.6 \times 1000 = 600 \text{ N}$$

چون نیروی  $F_1$  کمتر از بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی است، پس جسم ساکن می‌ماند و نیروی اصطکاک آن برابر با  $\vec{f}_s = (-50 \text{ N})\vec{i}$  می‌باشد.

گام سوم:

نیروی که سطح به جسم وارد می‌کند:

$$\vec{R} = \vec{f}_s + \vec{F}_N = (-50\vec{i} + 1000\vec{j})\text{N}$$

گام آخر:

مطابق قانون سوم نیوتون نیرویی که جسم به سطح وارد می‌کند  $\vec{R}' = -\vec{R}$  است؛ بنابراین:

$$\vec{R}' = (50\vec{i} - 1000\vec{j})\text{N}$$

دام تستی

اگر به اشتباه، نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند رو مدنظر قرار بدی در دام گزینه (۱) می‌افتی.

گروه آموزشی ماز

۱۵- جسمی مکعب‌شکل را با سرعت افقی  $v_0$  مماس بر سطح افقی برتاب می‌کنیم. جسم پس از  $1/5$  ثانیه از لحظه برتاب متوقف می‌شود و نیز در  $0.5$  ثانیه

دوم حرکت به اندازه  $1/5$  متر جابه‌جا می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح، مطابق با کدام گزینه است؟ ( $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )

۰/۴ (۴)

۰/۳ (۳)

۰/۲ (۲)

۰/۱ (۱)

(سخت - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

گام اول:

شتاب حرکت جسم را به دست می‌آوریم:

$$a = -\mu_k g = -10\mu_k$$

گام دوم:

جسم در مدت  $1/5$  متوقف شده است و داریم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = -10\mu_k \times 1/5 + v_0 \Rightarrow v_0 = 15\mu_k$$

گام آخر:

می‌دانیم جابه‌جایی جسم در  $T$  ثانیه  $n$  از رابطه  $\Delta x_{T,n} = \frac{1}{2} a T^2 (2n-1) + T v_0$  به دست می‌آید و برای  $0.5$  ثانیه دوم ( $n = 2, T = 0.5$ ) داریم:

$$\Delta x_{0.5,2} = \frac{1}{2} (-10\mu_k)(0.5)^2 (2 \times 2 - 1) + 0.5 \times 15\mu_k = -\frac{15}{4}\mu_k + \frac{15}{2}\mu_k = \frac{15}{4}\mu_k$$

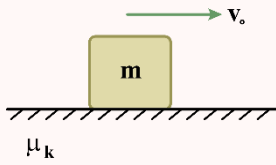
$$\frac{\Delta x_{0.5,2} = 1/5 \text{ m}}{\rightarrow 1/5 = \frac{15}{4}\mu_k \Rightarrow \mu_k = 0.4}$$

مشاوره

این‌که این تیپ تست چقدر مشهوره، مثل روز براتون روشنه! ولی اومدیم این تیپ رو با حرکت‌شناسی ترکیب کردیم تا یک ایده خلاقانه و جدید رو بهتون یاد بدیم. حتماً حواستون به درس‌نامه و مراحل تحلیل این تست باشه! چون به شدت جای این تیپ جدید در کنکور خالیه. حالا از ما گفتن.



درسنامه



وقتی جسمی به جرم  $m$  را با سرعت اولیه  $v_0$ ، مماس بر یک سطح افقی با ضریب اصطکاک جنبشی  $\mu_k$  پرتاب می‌کنیم:  
۱- شتاب حرکت جسم برابر است با  $a = -\mu_k g$  که مستقل از جرم و سرعت اولیه جسم است.

۲- مدت زمانی که طول می‌کشد تا جسم متوقف شود، برابر است با  $t = \frac{v_0}{\mu_k g}$  که مستقل از جرم جسم است.

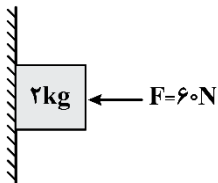
۳- مسافتی که جسم طی می‌کند تا متوقف شود، برابر است با  $\Delta x = \frac{v_0^2}{2\mu_k g}$  که مستقل از جرم جسم است.

نکته

در حرکت با شتاب ثابت، جابه‌جایی متحرک در  $T$  ثانیه  $n$ ام از رابطه  $\Delta x_{T,n} = \frac{1}{2} a T^2 (2n-1) + T v_0$  به دست می‌آید.

گروه آموزشی ماز

۱۶- در شکل زیر ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جسم و سطح قائم به ترتیب  $0/4$  و  $0/25$  می‌باشد. به ترتیب اندازه نیروی افقی  $\vec{F}$  را چند نیوتون کاهش دهیم تا جسم در آستانه حرکت قرار گیرد و اندازه این نیرو را چند نیوتون کاهش دهیم تا جسم با شتاب  $\frac{4}{3} \frac{m}{s^2}$  سقوط کند؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



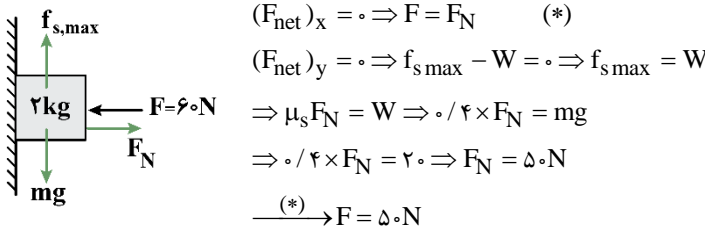
- (۱) ۱۰ و ۱۲
- (۲) ۱۰ و ۲۴
- (۳) ۲۰ و ۱۲
- (۴) ۲۰ و ۲۴

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۱

گام اول:

مطابق شکل، جسم در صورتی در آستانه حرکت قرار می‌گیرد که نیروی وزن جسم با بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی برابر باشد؛ نیروی عمودی سطح را درحالی که جسم در آستانه حرکت به سمت پایین باشد به دست می‌آوریم:



$$\begin{aligned} (F_{net})_x = 0 &\Rightarrow F = F_N \quad (*) \\ (F_{net})_y = 0 &\Rightarrow f_{s,max} - W = 0 \Rightarrow f_{s,max} = W \\ &\Rightarrow \mu_s F_N = W \Rightarrow 0/4 \times F_N = mg \\ &\Rightarrow 0/4 \times F_N = 20 \Rightarrow F_N = 50N \\ &\xrightarrow{(*)} F = 50N \end{aligned}$$

برای آن که جسم در آستانه حرکت باشد بایستی  $F = 50N$  باشد؛ بنابراین باید اندازه آن را  $10N$  کاهش دهیم.

گام آخر:

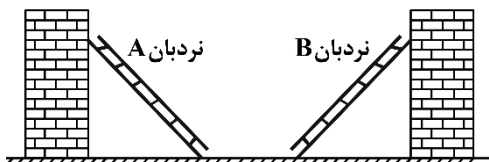
اگر بخواهیم جسم با شتاب  $\frac{4}{3} \frac{m}{s^2}$  سقوط کند، طبق قانون دوم نیوتون داریم:

$$mg - f_k = ma \Rightarrow 20 - \mu_k F = 2 \times 4 \xrightarrow{\mu_k = 0/25} F = 48N$$

بنابراین اگر نیروی  $F$  را  $12N$  کاهش دهیم، جسم با شتاب  $\frac{4}{3} \frac{m}{s^2}$  سقوط می‌کند.

گروه آموزشی ماز

۱۷- در شکل زیر، دو نردبان A و B به ترتیب با جرم‌های  $100kg$  و  $400kg$  به دیوارهای قائم و بدون اصطکاکی تکیه داده شده و در حالت تعادل قرار دارند. اگر اندازه نیرویی که دیوارهای قائم به هر نردبان وارد می‌کنند یکسان و ۳ برابر نیروی وزن نردبان A باشد، اندازه نیرویی که سطح افقی به نردبان B وارد می‌کند چند برابر اندازه نیرویی است که این سطح به نردبان A وارد می‌کند؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )



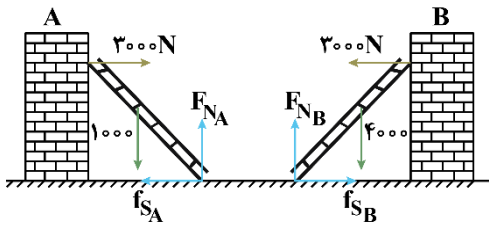
- (۱)  $\sqrt{10}$
- (۲)  $\frac{\sqrt{10}}{2}$
- (۳)  $\frac{\sqrt{10}}{10}$
- (۴)  $\frac{\sqrt{10}}{5}$



(سخت - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

نیروی که دیوارهای قائم به هر دو نردبان وارد می کنند یکسان و برابر  $F_N = 3mAg = 3000N$  است. از طرفی هم چون نردبانها در حال تعادل اند، داریم:



$$F_{net_y} = 0 \Rightarrow \begin{cases} F_{N_A} = 1000N \\ F_{N_B} = 4000N \end{cases}$$

$$F_{net_x} = 0 \Rightarrow \begin{cases} f_{sA} = 3000N \\ f_{sB} = 3000N \end{cases}$$

در نتیجه:

$$R_A = \sqrt{F_{N_A}^2 + f_{sA}^2} = \sqrt{(3000)^2 + (1000)^2} = 1000\sqrt{10}N$$

$$R_B = \sqrt{F_{N_B}^2 + f_{sB}^2} = \sqrt{(3000)^2 + (4000)^2} = 5000N$$

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{5000}{1000\sqrt{10}} = \frac{5}{\sqrt{10}} = \frac{\sqrt{10}}{2}$$

مشاوره

گاهی وقتها یک سری تستها نه از لحاظ علمی، بلکه از لحاظ زمان بر بودن سخت هستند. مثل همین تست! این مدل تستها رو حتماً برای وقت اضافه نگه دارین بچه‌ها.

### گروه آموزشی ماز

۱۸- جسمی از سطح زمین با سرعت ۷ در راستای قائم رو به بالا پرتاب می شود. از لحظه پرتاب جسم تا لحظه رسیدن آن به بالاترین ارتفاع، اندازه نیروی

مقاومت هوای وارد بر جسم و اندازه شتاب آن به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می کنند؟

- (۱) افزایش می یابد، افزایش می یابد. (۲) کاهش می یابد، افزایش می یابد. (۳) افزایش می یابد، کاهش می یابد. (۴) کاهش می یابد، کاهش می یابد.

(متوسط - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۴

از لحظه پرتاب تا رسیدن به نقطه اوج که سرعت صفر می شود، تندی جسم کاهش می یابد و نیروی مقاومت هوا کاهش می یابد (نیروی مقاومت هوا به ابعاد جسم و تندی آن بستگی دارد، پس با کاهش تندی و ثابت ماندن ابعاد، نیروی مقاومت هوا کاهش می یابد).

$$F_{net} = ma \Rightarrow -mg - f_D = ma$$

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

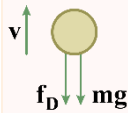
نیروی وزن ثابت مانده است اما چون نیروی مقاومت هوا کاهش می یابد، اندازه شتاب آن نیز کاهش خواهد یافت.

مشاوره

تحلیل شتاب حرکت گلوله ای که به سمت بالا پرتاب می شود از جمله مواردی هست که هم سؤال مفهومی و هم سؤال محاسباتی خوبی می شه ازش طرح کرد. یک درس نامه خیلی خفن براتون نوشتیم تا همه جوره خیالتون رو از این تیپ تستها راحت کنیم.

### نیروی مقاومت شاره

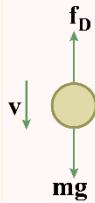
وقتی جسمی مانند یک توپ را از بالای ساختمانی رها می کنیم، علاوه بر وزن جسم، نیروی دیگری از طرف هوا به جسم در خلاف جهت حرکت وارد می شود. به طور کلی وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می کند از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می شود که به آن **نیروی مقاومت شاره** می گویند و معمولاً آن را با  $\vec{f}_D$  نشان می دهند. نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم، تندی آن و ... بستگی دارد. هرچه تندی جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد. همان طور که می دانیم اگر جسم در هوا حرکت کند، به این نیرو، **نیروی مقاومت هوا** می گویند.



بچه‌ها حواستون به بررسی شتاب حرکت جسم در این دو حالت مشهور باشه:

$$a = \frac{-mg - f_D}{m} \Rightarrow |a| = \frac{mg + f_D}{m} = g + \frac{f_D}{m}, |a| > g, \text{ در حال کاهش } |a|$$

وقتی گلوله‌ای را با تندی اولیه  $v_0$  در راستای قائم، رو به بالا پرتاب می‌کنیم، تندی گلوله و بزرگی نیروی مقاومت هوای وارد بر آن کاهش یافته و اندازه شتاب حرکت گلوله کاهش می‌یابد تا در نقطه اوج،  $|a| = g$  شود.

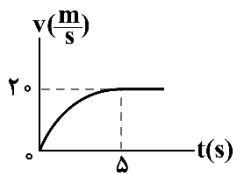


$$a = \frac{-mg + f_D}{m} \Rightarrow |a| = \frac{mg - f_D}{m} = g - \frac{f_D}{m}, |a| < g, \text{ در حال کاهش } |a|$$

هنگام بازگشت گلوله از نقطه اوج، تندی گلوله و بزرگی نیروی مقاومت هوا به تدریج افزایش می‌یابد و در نتیجه اندازه شتاب حرکت گلوله نیز به تدریج کاهش می‌یابد تا در لحظه‌ای که گلوله به تندی حدى می‌رسد،  $f_D = mg$  و  $a = 0 \frac{m}{s^2}$  می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۱۹- نمودار تغییرات تندی بر حسب زمان برای گلوله‌ای به جرم  $4 \text{ kg}$  در حین سقوط، مطابق شکل است. بزرگی متوسط نیروی مقاومت هوای وارد بر گلوله



در ۵ ثانیه اول سقوط گلوله چند نیوتون است؟ ( $g = 9.8 \frac{N}{kg}$ )

- ۲۳/۲ (۲)  
۳۲ (۴)

- ۵۵/۲ (۱)  
۲۴ (۳)

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

شتاب متوسط گلوله در ۵ ثانیه اول برابر است با:

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{5} = 4 \frac{m}{s^2}$$

مطابق شکل زیر با سقوط گلوله در هوا دو نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا بر آن وارد می‌شوند و برآیند این دو نیرو به گلوله شتابی در راستای قائم و رو به پایین می‌دهد؛ بنابراین با فرض این که جهت مثبت رو به پایین باشد داریم:

$$F_{net} = ma \Rightarrow mg - (f_D)_{av} = ma \Rightarrow a = \frac{mg - (f_D)_{av}}{m}$$

$$\Rightarrow a = g - \frac{(f_D)_{av}}{m} \Rightarrow 4 = 9.8 - \frac{(f_D)_{av}}{4}$$

$$\Rightarrow (f_D)_{av} = 23.2 \text{ N}$$

گروه آموزشی ماز

۲۰- چه تعداد از عبارتهای زیر در مورد تکانه یک جسم صحیح است؟

الف: تکانه کمیته برداری است که برابر حاصل ضرب جرم جسم در سرعت آن است.

ب: تکانه برابر حاصل ضرب نیرو در مدت زمان تأثیر آن است.

پ: در صورت وارد شدن نیروی خالص یکسان در مدت زمان یکسان به دو جسم مختلف، تغییر تکانه آنها یکسان است.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

صفر (۱)

(آسان - مفهومی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

پرسی موارد:

الف

با توجه به رابطه  $\vec{p} = m\vec{v}$ ، این عبارت صحیح است. (✓)

ب

با توجه به رابطه زیر، تغییرات تکانه برابر حاصل ضرب نیرو در مدت زمان تأثیر آن است، نه تکانه. (✗)

پ

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

با توجه به رابطه  $\Delta \vec{p} = \vec{F}_{av} \Delta t$ ، در صورت وارد شدن نیروی خالص یکسان در مدت زمان یکسان به دو جسم مختلف، تغییر تکانه آنها یکسان است؛ بنابراین این عبارت صحیح است. (✓)



تکانه

۱- حاصل ضرب جرم در سرعت یک جسم را تکانه می‌نامند. تکانه یک کمیت برداری و هم‌جهت با سرعت است.

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

$$\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$$
 تغییرات تکانه

۲- قانون دوم نیوتون با استفاده از تغییرات تکانه به صورت زیر نوشته می‌شود:

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

متوسط نیروی وارد بر جسم برابر آهنگ تغییرات تکانه است.

۳- انرژی جنبشی یک جسم را می‌توان برحسب تکانه نیز نوشت:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \frac{(mv)^2}{m} = \frac{1}{2} \frac{p^2}{m} \Rightarrow K = \frac{p^2}{2m}$$

گروه آموزشی ماز

۲۱- جسمی روی محور x در حال حرکت است. اگر تکانه جسم از  $(40 \frac{\text{kgm}}{\text{s}})\vec{i}$  به  $(50 \frac{\text{kgm}}{\text{s}})\vec{i}$  برسد، انرژی جنبشی آن به اندازه ۵۰۰J تغییر می‌کند.

جرم جسم چند کیلوگرم است؟

۱/۲ (۴)

۰/۹ (۳)

۰/۶ (۲)

۰/۳ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

رابطه انرژی جنبشی برحسب تکانه به صورت  $k = \frac{p^2}{2m}$  است، پس داریم:

$$p_2 > p_1 \Rightarrow K_2 - K_1 = 500 \Rightarrow \frac{p_2^2}{2m} - \frac{p_1^2}{2m} = 500$$

$$\Rightarrow \frac{2500 - 1600}{2m} = 500 \Rightarrow \frac{900}{2m} = 500 \Rightarrow \frac{4}{5} = 5$$

$$\Rightarrow m = \frac{4}{5} = 0.9 \text{ kg}$$

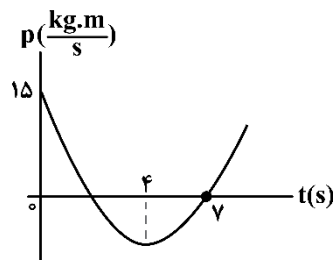
نکته

نمودار تکانه - زمان همواره با نمودار سرعت - زمان هم‌شکل است؛ بنابراین می‌توانیم مقادیر محور تکانه را بر جرم جسم تقسیم کنیم تا نمودار سرعت - زمان حاصل شود.

گروه آموزشی ماز

۲۲- نمودار تکانه - زمان جسمی به جرم ۲kg مطابق سهمی زیر است. در لحظه‌ای که نیروی خالص وارد بر جسم صفر می‌شود، تندی حرکت جسم چند

$\frac{m}{s}$  است؟



$\frac{45}{7}$  (۲)

$\frac{25}{7}$  (۱)

$\frac{45}{14}$  (۴)

$\frac{25}{14}$  (۳)

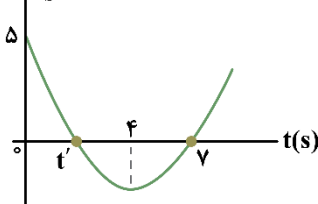
(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

نمودار تکانه - زمان همواره با نمودار سرعت - زمان هم‌شکل است؛ زیرا تکانه هم‌جهت با سرعت و با آن طبق رابطه

$p = mv$  رابطه مستقیم دارد.

$v(\frac{m}{s})$



$$\frac{t'+7}{2} = 4 \Rightarrow t' = 1s$$

$$p_0 = mv_0 \Rightarrow 15 = 2 \times v_0 \Rightarrow v_0 = 7.5 \frac{m}{s}$$



حال معادله آن را به دست می آوریم.

دقت کنید که ریشه های معادله  $v$  و  $1s$  است، پس داریم: (تقارن سهمی)

$$v = a(t-1)(t-v) \xrightarrow[t=v]{t=0} \Delta = a(-1)(-v)$$

$$\Rightarrow a = \frac{\Delta}{v} \xrightarrow{\text{در نتیجه}} v = \frac{\Delta}{v}(t-1)(t-v)$$

در لحظه  $t = 4s$  نیروی خالص وارد بر جسم صفر است زیرا شیب خط مماس بر نمودار  $v-t$  بیانگر شتاب لحظه ای است و شیب خط مماس در این لحظه صفر است و داریم:

$$v = \frac{\Delta}{v}(4-1)(4-v) \Rightarrow v = \frac{\Delta}{v} \times 3 \times (-3) = -\frac{4\Delta}{v} \frac{m}{s}$$

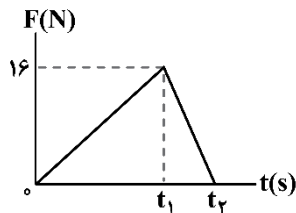
$$\Rightarrow |v| = \frac{4\Delta}{v} \frac{m}{s}$$

مشاوره

هم شکل بودن نمودار تکانه - زمان با نمودار سرعت - زمان همواره مورد توجه طراحان است. ما هم یک تیپ تست براتون آوردیم و در درس نامه هم قلق حل این تیپها رو کامل براتون نوشتیم.

گروه آموزشی ماز

۲۳- نمودار نیرو - زمان وارد بر متحرکی که روی محور  $x$  حرکت می کند، مطابق شکل زیر است. نیروی متوسط وارد بر متحرک در بازه زمانی صفر تا  $t_p$  چند



واحد SI است؟

- ۱۲ (۱)
- ۹ (۲)
- ۸ (۳)
- ۶ (۴)

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول:

تغییر تکانه یک جسم برابر با مساحت سطح زیر نمودار نیرو - زمان است؛ بنابراین:

$$\Delta p = \frac{1}{2}(16 \times t_p) \Rightarrow \Delta p = 8t_p \frac{kgm}{s}$$

گام آخر:

آهنگ تغییر تکانه جسم برابر با نیروی خالص متوسط وارد بر متحرک است؛ بنابراین:

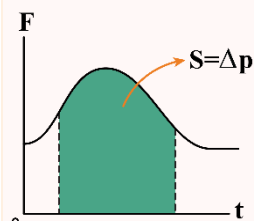
$$F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{8t_p}{t_p} = 8N$$

جرعه ذهنی

اگر نمودار نیرو - زمان، مثلثی شکل باشد، آهنگ تغییر تکانه (نیروی خالص متوسط) برابر با نصف مقدار بیشینه نیرو می شود:

$$F_{av} = \frac{1}{2}F_{max} = \frac{1}{2} \times 16 = 8N$$

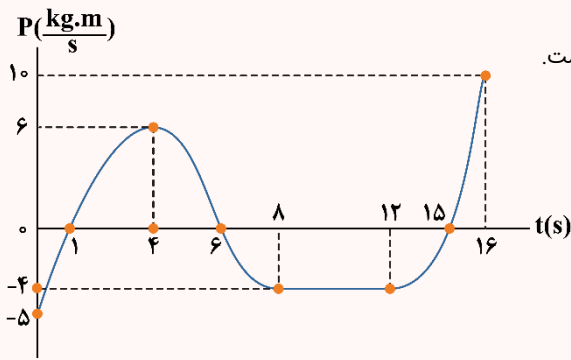
نمودار نیرو - زمان در تکانه



نیروی برابر شیب نمودار  $p-t$  است؛ به عبارت دیگر نیرو همان آهنگ تغییر تکانه است. یعنی  $F_{net} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ .  
سطح زیر نمودار نیرو - زمان در یک بازه معین برابر تغییرات تکانه در همان بازه زمانی است.



درس نامه



در ادامه می‌خواهیم ببینیم که از روی نمودار تکانه - زمان می‌توان چه نتایجی به دست آورد.  
نمودار تکانه - زمان مقابل را به عنوان مثال در نظر بگیرید که برای جسمی به جرم ۲kg رسم شده است.

۱- تکانه در زمان‌های مختلف:

ساده‌ترین چیزی که از نمودار تکانه - زمان می‌فهمیم، تکانه جسم در لحظات مختلف است. مثلاً در نمودار داده شده، تکانه در لحظه  $t = ۱s$  برابر صفر و در لحظه  $t = ۴s$  برابر  $\frac{kg.m}{s}$  است.

۲- سرعت در لحظات مختلف:

اگر جرم جسم را داشته باشیم، به راحتی با استفاده از رابطه  $p = mv$ ، سرعت آن را به دست می‌آوریم.

$$t = ۱s : p = 0 \rightarrow v = 0$$

$$t = ۴s : p = 6 \frac{kg.m}{s} \rightarrow v = \frac{p}{m} = \frac{6}{2} = 3 \frac{m}{s}$$

دقت کنید هرگاه سرعت یا تکانه، مثبت باشد، متحرک در جهت محور X حرکت می‌کند و هرگاه سرعت یا تکانه، منفی باشد، متحرک در خلاف جهت محور X حرکت می‌کند.

۳- نیروی خالص متوسط وارد بر جسم:

نیروی خالص متوسط وارد بر جسم از رابطه  $F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$  به دست می‌آید که در واقع برابر شیب خط واصل دو نقطه از نمودار تکانه - زمان است. به عنوان مثال در بازه زمانی  $۱s \leq t \leq ۴s$  داریم:

$$\begin{cases} t = ۱s : p = 0 \\ t = ۴s : p = 6 \frac{kg.m}{s} \end{cases} \rightarrow F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{6 - 0}{4 - 1} = 2N$$

۴- نیروی خالص وارد بر جسم در هر لحظه:

شیب خط مماس بر نمودار تکانه - زمان در هر لحظه برابر نیروی خالص وارد بر جسم در آن لحظه است. مثلاً در نمودار داده شده، نیروی خالص وارد بر جسم در بازه‌های زمانی  $0 < t < ۴s$  و  $۱۶s < t < ۱۲s$  مثبت است (در جهت محور X است) و در بازه  $۸s < t < ۱۲s$  و در بازه  $۴s < t < ۸s$  منفی است (در خلاف جهت محور X است) و در بازه  $۱۲s < t < ۱۶s$  صفر است. دقت کنید که در لحظه  $t = ۴s$ ، علامت شیب نمودار، تغییر کرده است، یعنی جهت نیروی خالص وارد بر جسم عوض شده است.

۵- اگر جرم جسم را داشته باشیم، علاوه بر محاسبه نیرو از نکات قبل، می‌توانیم با کمک قانون دوم نیوتون، شتاب را هم محاسبه کنیم.

۶- تندشونده و کندشونده بودن حرکت:

هرگاه نمودار از محور افقی، دور شود، حرکت، تندشونده و هرگاه به محور افقی، نزدیک شود، حرکت، کندشونده است. مثلاً در نمودار داده شده، در بازه‌های زمانی  $0 < t < ۴s$ ،  $۴s < t < ۶s$  و  $۱۲s < t < ۱۵s$  حرکت، کندشونده و در بازه‌های  $۱s < t < ۴s$ ،  $۱s < t < ۸s$  و  $۶s < t < ۸s$ ، حرکت تندشونده است. دقت کنید که در بازه زمانی  $۸s < t < ۱۲s$ ، حرکت با سرعت ثابت انجام شده است.

۷- به طور کلی به یاد داشته باشید که اگر جرم جسم را بدانیم، می‌توانیم با تقسیم محور عمودی بر جرم، نمودار تکانه - زمان را به نمودار سرعت - زمان تبدیل کنیم و در نتیجه همه نکاتی که از نمودار سرعت - زمان قابل استنباط است را می‌توانیم بفهمیم.

۸- دقت کنید که اگر به جای نمودار تکانه - زمان، معادله تکانه - زمان را هم به ما بدهند، به طور مشابه می‌توانیم همه موارد بالا را به دست آوریم. گاهی هم می‌توانیم معادله داده شده را رسم کنیم و با کمک نمودار به دست آمده به سوالات پاسخ دهیم.

گروه آموزشی ماز

۲۴- ماهواره‌ای به جرم  $۳۰۰kg$  در فاصله  $۲۶۰۰$  کیلومتری سطح زمین، روی مدار تقریباً دایره‌ای به دور زمین می‌چرخد. نیروی گرانشی بین ماهواره و زمین

و شتاب گرانشی در محل ماهواره به ترتیب از راست به چپ، تقریباً چند واحد SI است؟  $(G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{N.m^2}{kg^2})$ ، شعاع کره زمین  $۶۴۰۰km$

و  $۵/۹۸ \times 10^{24}kg$  (جرم کره زمین).

۰/۴۹ و ۱۴۷۷ (۴)

۰/۴۱ و ۱۲۳ (۳)

۴/۹ و ۱۴۷۷ (۲)

۴/۱ و ۱۲۳ (۱)



(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۲

نکته

نیروی گرانش در ارتفاع  $h$  از سطح زمین برابر است با: (این نیرو همان نیروی وزن جسم است).

$$F = \frac{GM_e m}{(R_e + h)^2}$$

با جایگذاری مقادیر داده شده داریم:

$$F = \frac{GM_e m}{(R_e + h)^2} = \frac{6/67 \times 10^{-11} \times 5/98 \times 10^{24} \times 300}{(9000 \times 10^3)^2} \approx 1477(N)$$

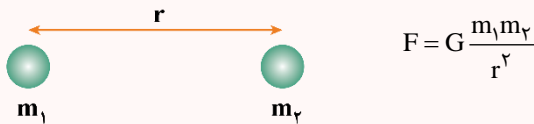
$$\Rightarrow W = 1477(N) \Rightarrow g = \frac{W}{m} = \frac{1477(N)}{300(kg)} \approx 4/9 \left(\frac{N}{kg}\right)$$

مشاوره

در همچنین سؤالاتی که به کوچولو محاسبات عجیب و غریب دارند، حتماً سعی کنید با تقریب‌های قابل قبولی به گزینه مورد نظر برسین.

گرانش

قانون گرانش عمومی: نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو جسم نسبت مستقیم و با مربع فاصله آنها از هم نسبت وارون دارد.



وزن، همان نیروی گرانشی است که زمین به اجسام نزدیک خود وارد می‌کند.

وزن یک جسم در فاصله  $h$  از سطح زمین برابر است با:

$$W = G \frac{mM_e}{(R_e + h)^2} \quad \text{ثابت گرانش عمومی: } G = 6/67 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

که  $m$  جرم جسم و  $M_e$  و  $R_e$  به ترتیب جرم و شعاع زمین است.

گروه آموزشی ماز

۲۵- اگر شتاب گرانش در سطح زمین، برابر  $10 \frac{m}{s^2}$  باشد، شتاب گرانش در فاصله ۹ برابر شعاع زمین از سطح زمین، چند متر بر مربع ثانیه است؟

۲/۵ (۴)

۱/۱۰ (۳)

۴۰/۸۱ (۲)

۱۰/۸۱ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۲)

پاسخ: گزینه ۳

با توجه به رابطه زیر می‌توان نوشت (دقت کنید  $r$  فاصله از مرکز زمین است):

$$g = \frac{GM_e}{r^2} \Rightarrow \frac{g_2}{g_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \left(\frac{R_e}{R_e + 9R_e}\right)^2 = \left(\frac{R_e}{10R_e}\right)^2 = \frac{1}{100}$$

$$\Rightarrow \frac{g_2}{10} = \frac{1}{100} \Rightarrow g_2 = \frac{1}{10} \frac{m}{s^2}$$

دام تستی

اگر حواستون نباشه که فاصله رو از مرکز زمین در نظر بگیرین، اون موقع  $r_2$  رو مساوی  $9R_e$  می‌گیرین و در دام گزینه (۱) می‌افتین.

نکته

شتاب گرانشی در فاصله  $h$  از سطح زمین از رابطه  $g = \frac{GM_e}{(R_e + h)^2}$  به دست می‌آید؛ بنابراین برای مقایسه شتاب گرانشی زمین در دو فاصله  $h_1$  و  $h_2$  از سطح زمین داریم:

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

گروه آموزشی ماز



«جمع بندی فشرده»

فصل ۲ فیزیک دوازدهم

