

۷	فصل اول: حرکت بر خط راست
۸	بخش ۱: مبانی حرکت‌شناسی
۳۴	بخش ۲: حرکت یکنواخت
۴۴	بخش ۳: حرکت با شتاب ثابت
۶۵	بخش ۴: بررسی حرکت‌های ترکیبی
۷۷	بخش ۵: تعیین نوع حرکت
۸۲	بخش ۶: سقوط آزاد
۹۳	فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره‌ای
۹۴	بخش ۱: قوانین نیوتون
۱۰۱	بخش ۲: معرفی بعضی از نیروهای خاص
۱۲۹	بخش ۳: کار انجام‌شده توسط نیرو
۱۳۰	بخش ۴: تعادل
۱۳۳	بخش ۵: تکانه
۱۴۰	بخش ۶: حرکت دایره‌ای
۱۵۷	بخش ۷: گرانش و ماهواره
۱۶۴	بخش ۸: نیروی مرکزگرای وارد بر ذرهٔ باردار
۱۶۶	فصل سوم: نوسان و موج
۱۶۷	بخش ۱: نوسان
۲۱۰	بخش ۲: موج
۲۵۴	فصل چهارم: برهم‌کنش‌های موج
۳۱۰	فصل پنجم: آشنایی با فیزیک اتمی
۳۳۶	فصل ششم: آشنایی با فیزیک هسته‌ای
۳۵۷	پاسخ‌نامهٔ تشریحی
۶۸۵	پاسخ‌نامهٔ کلیدی



بخش قوانین نیوتون

(۱) قانون اول نیوتون

نیرو: نیرو حاصل برهم کنش یا تأثیر دو جسم بر یکدیگر است.

آثار نیرو: نیرو باعث ایجاد دو تغییر در یک جسم می‌شود:

الف بردار سرعت جسم را تغییر می‌دهد.

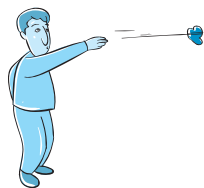
ب شکل جسم را تغییر می‌دهد.

نکته نیرو قابلیت ذخیره شدن در جسم را ندارد (برخلاف انرژی) و در لحظه قطع اثر دو جسم بر یکدیگر، نیرویی که به

هم وارد می‌کنند، از بین می‌رود. در شکل (۱) بعد از پرتاب سنگ، دیگر نیرویی از طرف شخص پرتابگر به آن وارد نمی‌شود.

قانون اول نیوتون: قانون‌های اول و دوم نیوتون، تأثیر نیرو بر حرکت یک جسم را شرح می‌دهند. مطابق قانون اول نیوتون ...

«هر جسمی حالت سکون یا حرکت راست یکنواخت خود را ادامه می‌دهد، مگر آن که نیروی خارجی خالصی بر آن اثر کند.»



(شکل ۱)

نمونه ۱ اگر به یک جسم نیروی خارجی وارد نشود، وضعیت حرکتی آن جسم تغییر نمی‌کند؛ یعنی اگر ساکن باشد، ساکن باقی می‌ماند و اگر

در حال حرکت باشد، با سرعت ثابت به حرکت خود روی خط راست ادامه می‌دهد؛ به عبارت دیگر، در غیاب نیروهای خارجی، بردار سرعت جسم

ثابت می‌ماند و شتاب آن صفر است (ثابت: $\vec{v} = 0 \Rightarrow F = 0$).

لختی: طبق قانون اول نیوتون، یک جسم مایل است وضعیت حرکتی خود را حفظ کند؛ به این خاصیت اجسام، «لختی» می‌گویند.

نمونه ۲ مطابق شکل ۲-الف، در لحظه شروع حرکت یک وسیله نقلیه

به سمت جلو، بدن راننده به سمت عقب خم می‌شود؛ زیرا طبق خاصیت

لختی، بدن او دوست دارد وضعیت اولیه‌اش (سکون) را حفظ کند؛ زمانی

که راننده به طور ناگهانی ترمز می‌کند، بدن او به سمت جلو پرتاب

می‌شود؛ زیرا بدن او تمایل به حفظ سرعت قبلی‌اش را دارد (شکل ۲-ب).



(الف)

(ب)

(شکل ۲)

نیروی خارجی: نیرویی که در قانون اول نیوتون مورد توجه قرار می‌گیرد، نیروی خارجی است. منظور از نیروی خارجی، نیرویی است که خارج

از اجزای یک دستگاه^۱ بر آن اثر می‌کند. شدیداً احساس می‌کنیم به یک نمونه احتیاج دارید!

نمونه ۳ در شکل (۳)، اگر واگن و شخص درون آن را یک دستگاه فرض کنیم، نیروی \vec{F} یک

نیروی خارجی و \vec{F}' یک نیروی داخلی است. روشن است که نیروی \vec{F} می‌تواند در حرکت واگن

مؤثر باشد؛ ولی \vec{F}' خیر. (برای همینکه وقتی ماشینتون بنزین تموم می‌کنه، زیاد نباید زور بزنید و به فرمون فشار

پیاورد!! باید از ماشین تشریف پیارید بیرون و از قارج ماشین به اون نیرو وارد کنید! باز هم بگید فیزیک به چه درد می‌خوره!!)



(شکل ۳)

نمونه ۴ در تحلیل دینامیکی یک دستگاه، نیروهای داخلی آن دستگاه، در نظر گرفته نمی‌شوند. (تا اطلاع ثانوی، فقط به نیروهای خارجی فکر کنید!)

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۴۳۷- از قانون اول نیوتون، کدام یک از گزاره‌های زیر برداشت می‌شود؟

- (۱) هر چه نیروی وارد بر جسم بزرگ‌تر باشد، سرعت آن بیشتر است.
- (۲) هر چه لختی یک جسم بیشتر باشد، به حرکت درآوردن آن مشکل‌تر است.
- (۳) برای ادامه حرکت یک جسم باید به آن نیرو وارد کرد.
- (۴) نیرو عامل تغییر سرعت جسم است.

۴۳۸- در کدام یک از موقعیت‌های زیر، ممکن است نیرویی بر یک جسم وارد نشود؟

- (۱) قرارگرفتن جسم بر سطح ماه
- (۲) حرکت جسم در فضا
- (۳) جسم، جاده‌ای را با سرعتی با اندازه ثابت دور بزند.
- (۴) سکون لحظه‌ای (صفرشدن سرعت جسم در یک لحظه)

۱- منظور از دستگاه، بخشی است که از نظر دینامیکی مورد توجه و مطالعه ما قرار می‌گیرد.



۴۳۹- آزمایش شکل روبه‌رو، نشان‌دهنده کدام‌یک از ویژگی‌های سکه است؟

- (۱) سرعت
- (۲) شتاب
- (۳) لختی
- (۴) هر سه مورد

(۲) قانون دوم نیوتون

قانون دوم نیوتون: از قانون اول نیوتون فهمیدیم که اگر بر جسمی نیرو وارد نشود، جسم شرایط قبلی‌اش را حفظ می‌کند. حالا اگر یک یا چند نیرو سر جسم بریزند، چه اتفاقی برای آن می‌افتد؟! جواب را از قانون دوم نیوتون بشنویم:
«اگر بر یک جسم نیرو یا نیروهایی اثر کند، جسم در جهت برآیند نیروها شتابی می‌گیرد که با برآیند نیروهای وارد بر جسم نسبت مستقیم و با جرم آن نسبت وارون دارد.»

بنابراین، اگر برآیند نیروهای وارد بر جسمی به جرم m برابر $\sum \vec{F}$ باشد، معادله ریاضی تعریف‌کننده قانون دوم نیوتون، چنین است:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} \Rightarrow \sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در SI، m با یکای کیلوگرم (kg)، a با یکای متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) و F با یکای نیوتون (N) بیان می‌شود؛ لذا: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2$.
طبق رابطه (۱)، یکای دیگر شتاب در SI، «نیوتون بر کیلوگرم (N/kg)» است.
جرم یک جسم، معیاری از لختی آن است؛ به این معنی که هر چه جرم جسمی بیشتر باشد، در اثر نیروی معینی که به آن وارد می‌شود، شتاب کم‌تری می‌گیرد.

تعادل: از قانون دوم نیوتون نتیجه می‌گیریم که اگر برآیند نیروهای وارد بر جسمی صفر باشد (یعنی نیروی خالصی به آن وارد نشود)، شتاب حرکت آن نیز صفر است؛ یعنی اگر جسم ساکن است، ساکن باقی می‌ماند و اگر در حرکت است، با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد؛ یعنی جسم وضعیتی مشابه آن‌چه در قانون اول بیان شد، پیدا می‌کند. چنین جسمی را **متعادل** می‌نامیم؛ بنابراین: $(\sum \vec{F} = 0 \Leftrightarrow \vec{a} = 0)$.
نتیجه دو صورت متفاوت از تعادل مکانیکی وجود دارد؛ جسم متعادل یا ساکن است (تعادل استاتیکی)، یا با سرعت ثابت روی یک خط راست حرکت می‌کند (تعادل دینامیکی).

استراتژی و نکات لازم برای حل نشت‌های این بخش

۱- نیرو یک کمیت برداری است و $\sum \vec{F}$ برآیند برداری نیروهای وارد بر جسم است.

نشت فرض کنید بر جسمی به جرم 5 kg دو نیروی $\vec{F}_1 = 3\vec{i} - 4\vec{j}$ و $\vec{F}_2 = -2\vec{i} + 4\vec{j}$ اثر می‌کند. بزرگی شتاب حرکت این جسم چه قدر است؟ (تمام مقادیر در SI هستند.)

(سراسری ریاضی - ۸۲)

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_1 - 2\vec{F}_2 = -\vec{F}_1 = -3\vec{i} + 4\vec{j} \quad |\sum \vec{F}| = |-\vec{F}_1| = \sqrt{(-3)^2 + (4)^2} = \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5 \text{ N} \quad \text{گزینه ۳}$$

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{5}{5} \Rightarrow a = 1 \text{ N/kg}$$

۲- بعضی موقع‌ها لازم می‌شود اندازه $\sum \vec{F}$ رو از روش تجزیه یا فرمول حساب کنیم. یادآور می‌شویم که برآیند دو نیروی \vec{F}_1 و \vec{F}_2 که با هم زاویه α می‌سازند، از رابطه مقابل حساب می‌شود:

$$\sum F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$$

و اگر $F_1 = F_2$ باشد:

$$\sum F = 2F_1 \cos \frac{\alpha}{2}$$

مثال دو نیروی هم‌اندازه به طور هم‌زمان به جسمی اثر می‌کنند. اگر این نیروها با زاویه 90° نسبت به یکدیگر به جسم وارد شوند، به آن شتاب 10 m/s^2 می‌دهند. بیشترین شتابی که این نیروها می‌توانند به جسم بدهند، چند متر بر مجذور ثانیه است؟

پاسخ در حالتی که نیروها بر هم عمودند، داریم:

$$F_1 = F_2 = F \Rightarrow \sum F_1 = 2F \cos \frac{\alpha}{2} = 2F \cos(45^\circ) = 2F \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}F$$

اگر نیروها به طور هم‌جهت به جسم اثر کنند، برآیند نیروهای وارد بر جسم و شتاب جسم بیشینه می‌شود؛ در این حالت، بزرگی برآیند نیروهای وارد بر جسم، برابر بزرگی هر کدام از نیروها است:

$$\sum F = ma \xrightarrow{\text{ثابت } m} \frac{\sum F_1}{\sum F_2} = \frac{a_2}{a_1} \Rightarrow \frac{2F}{\sqrt{2}F} = \frac{a_2}{10} \Rightarrow \sqrt{2} = \frac{a_2}{10} \Rightarrow a_2 = 10\sqrt{2} \text{ m/s}^2$$

با توجه به ثابت‌ماندن جرم جسم، داریم:

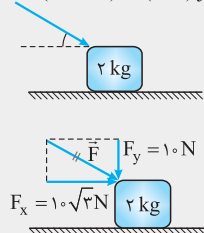


۳ اگر نیروی وارد بر جسم، دو مؤلفه در راستای محورهای X و Y داشته باشد، می توان رابطه های نرده ای زیر را جایگزین رابطه برداری (۱) کرد:

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

رابطه های بالا نشان می دهند که شتاب متحرک در هر راستا، ناشی از برآیند نیروهای وارد بر جسم در همان راستا است؛ به این معنی که شتاب جسم در راستای محور X، ناشی از نیروی خالصی است که در راستای محور X به جسم وارد می شود و نیروهایی که در راستای محور Y هستند، نمی توانند باعث شتاب گرفتن جسم در راستای محور X شوند و برعکس.

نست در شکل مقابل، نیروی \vec{F} جسم را با چه شتابی روی سطح افقی جابه جا می کند؟ (از اصطکاک جسم با سطح زمین $\vec{F} = (10\sqrt{3} \text{ N})\vec{i} - (10 \text{ N})\vec{j}$ صرف نظر می شود.)



- ۵ (۱) 10 (۲) $10\sqrt{3}$ (۳) $5\sqrt{3}$ (۴) 5

پاسخ گزینه «۳» مؤلفه قائم \vec{F} (یعنی F_y) جسم را به سطح زمین فشار می دهد و مؤلفه افقی \vec{F} (یعنی F_x) باعث می شود جسم روی سطح افقی شتاب بگیرد.

$$a_x = \frac{F_x}{m} = \frac{10\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3} \text{ m/s}^2 \xrightarrow{(a_y=0)} a = a_x \Rightarrow a = 5\sqrt{3} \text{ m/s}^2$$

مسئله های کتاب درسی محدود به مواردی می شود که نیروهای وارد بر جسم در یک راستا و یا بر یکدیگر عمود هستند.

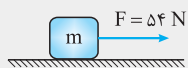
۴ در فصل قبل (حرکت شناسی)، با چهار کمیت پرکاربرد سروکار داشتیم: مکان (X)، سرعت (v)، زمان (t) و شتاب (a). در این فصل (دینامیک)، از سه کمیت نیرو (F)، جرم (m) و شتاب (a)، تا حد امکان کار می کشیم!! شتاب، کمیت مشترک بین این دو مبحث است و آن ها را به هم ارتباط می دهد. با محاسبه شتاب، می توان از مبحث سینماتیک به دینامیک (و برعکس) قدم گذاشت.

نست جسمی به جرم m تحت تأثیر نیروی ثابت و افقی ۵۴ نیوتونی روی سطح افقی بدون اصطکاک شروع به حرکت کرده و در مدت ۵ ثانیه اول حرکت

۷۵ متر می پیماید. جرم جسم چند کیلوگرم است؟

- ۶ (۱) ۹ (۲) ۱۲ (۳) ۱۸ (۴)

پاسخ گزینه «۲» کمیت های زمان (۵ s) و مسافت (۷۵ m) بوی خوشی حرکت شناسی را می دهند! شتاب حرکت جسم را با



$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \Rightarrow 75 = \frac{1}{2}a \times 5^2 \Rightarrow a = 6 \text{ m/s}^2$$

استفاده از این داده ها حساب می کنیم:

$$F = ma \Rightarrow 54 = m \times 6 \Rightarrow m = 9 \text{ kg}$$

پرسش های چهارگزینه ای

قانون دوم نیوتون

ابتدا تست هایی را بررسی می کنیم که در آن ها برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر و شرایطی مشابه قانون اول نیوتون در مورد جسم برقرار است.

۴۴۰- کدام یک از شرایط زیر، جسمی را در حال تعادل توصیف می کند؟

- (۱) اتومبیلی که با سرعت ثابت از تپه ای صاف بالا می رود.
 (۲) ماهواره ای مخابراتی که زمین را دور می زند.
 (۳) اتومبیلی که با سرعت ۳۰ km/h انحنا را دور می زند.
 (۴) توپی که درست در بالاترین نقطه از مسیر قایم قرار دارد.

۴۴۱- اگر نیروهای وارد بر یک جسم در حال حرکت متوازن باشند (برآیندشان صفر باشد):

- (۱) سرعت جسم ثابت می ماند.
 (۲) حرکت جسم با شتاب ثابت تندشونده خواهد بود.
 (۳) مسیر حرکت جسم ممکن است دایره ای یا سهمی باشد.
 (۴) سرعت جسم در مسیر مستقیم کاهش می یابد تا متوقف شود.

۴۴۲- جسمی به جرم ۱ kg تحت تأثیر دو نیروی $\vec{F}_1 = \vec{i} - \vec{j}$ و $\vec{F}_2 = \vec{i} + 2\vec{j}$ در صفحه xoy حرکت می کند. \vec{F} در (SI) کدام است؟

- (۱) $-\vec{i} + \vec{j}$ (۲) $2\vec{i} + \vec{j}$ (۳) $-\vec{i} + 3\vec{j}$ (۴) $3\vec{j}$

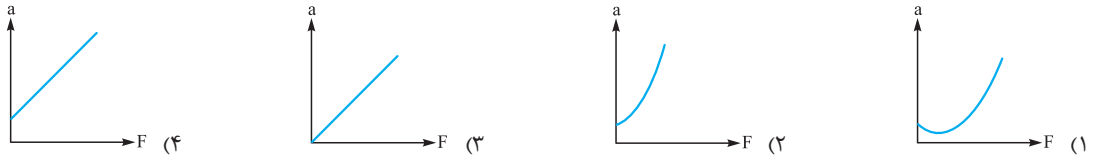
حالا تست‌هایی را می‌بینیم که در آن‌ها برابری نیروهای وارد بر جسم مخالف صفر است.

۴۴۳- کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

- (۱) تغییر بردار سرعت بر اثر اعمال نیرو است.
- (۲) بردارهای سرعت و نیرو هم‌جهت‌اند.
- (۳) بردارهای نیرو و شتاب هم‌جهت‌اند.

(۴) اگر جسمی روی خط راستی در حرکت باشد و بر آن نیرویی در خلاف جهت سرعت اعمال شود، حرکت جسم کند می‌شود.

۴۴۴- اندازه نیروی وارد بر جسمی طبق رابطه $F = t^2 - 2t + 1$ تغییر می‌کند. نمودار شتاب حرکت جسم بر حسب نیروی وارد بر آن چگونه است؟



حالا وارد تست‌های عددی این قسمت می‌شیم!

۴۴۵- به جسمی به جرم m نیروی خالص F وارد می‌شود. اگر جرم جسم 20% درصد کاهش یابد، شتاب حرکت جسم چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) 20% کاهش
- (۲) 20% افزایش
- (۳) 25% کاهش
- (۴) 25% افزایش

۴۴۶- دو مکعب توپر به ضلع‌های d و $2d$ روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. مکعب کوچک‌تر تحت اثر نیروی افقی F شتاب $4a$ و مکعب بزرگ‌تر تحت اثر نیروی افقی $2F$ شتاب a می‌گیرد. چگالی مکعب بزرگ‌تر چند برابر چگالی مکعب کوچک‌تر است؟

- (۱) $\frac{1}{2}$
- (۲) ۱
- (۳) ۲
- (۴) ۴

۴۴۷- لوکوموتیوی به جرم $5/12$ تن، 5 واگن باری هر یک به جرم $7/5$ تن را با شتاب $2/1 \text{ m/s}^2$ روی یک مسیر مستقیم افقی و بدون اصطکاک به حرکت درمی‌آورد. اگر در یک لحظه اتصال دو واگن متوالی از هم جدا شود، اندازه شتاب لوکوموتیو با همان نیروی کشش، 90 cm/s^2 تغییر می‌کند. با شمارش واگن‌ها از ۱ تا ۵ و از سمت لوکوموتیو، اتصال کدام واگن‌ها از هم جدا شده است؟

- (۱) اول و دوم
- (۲) دوم و سوم
- (۳) سوم و چهارم
- (۴) چهارم و پنجم

۴۴۸- نیروی افقی F به جعبه‌ای که بر روی سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارد، شتاب 12 m/s^2 و به آجری که بر روی همان سطح قرار دارد، شتاب 6 m/s^2 می‌دهد. اگر آجر را درون جعبه قرار دهیم، شتاب حرکت مجموعه در اثر اعمال نیروی F چند متر بر مجذور ثانیه می‌شود؟

- (۱) ۴
- (۲) ۵
- (۳) ۸
- (۴) ۹

۴۴۹- نیروی F به جسمی به جرم m_1 ، شتاب 12 m/s^2 و به جسمی به جرم m_2 ، شتاب 6 m/s^2 می‌دهد. این نیرو به جسمی به جرم $m_2 - m_1$ چه شتابی (بر حسب متر بر مجذور ثانیه) می‌دهد؟

- (۱) ۴
- (۲) ۸
- (۳) ۱۲
- (۴) ۱۸

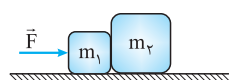
۴۵۰- جعبه‌های A و B روی سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. اگر به این جعبه‌ها به ترتیب نیروهای افقی \vec{F} و \vec{F}' وارد کنیم، شتاب جعبه B ، 3 برابر شتاب جعبه A می‌شود و اگر به این جعبه‌ها، به ترتیب نیروهای افقی \vec{F}' و \vec{F} وارد کنیم، شتاب جعبه‌ها با یکدیگر برابر می‌شود. جرم جعبه A چند برابر جرم جعبه B است؟

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

بارها گفتیم تست‌های قفل‌دار یا فرم متفاوتی از تست‌های کنگور دارند یا درجه سفتی بالاتر. تست بعدی از دسته اول است.

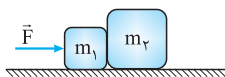
۴۵۱- جعبه‌ای روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارد و درون آن تعدادی گلوله مشابه وجود دارد. این جعبه را با استفاده از نیروی افقی $F = 66 \text{ N}$ می‌کشیم و جعبه با شتاب ثابت a حرکت می‌کند. اگر یکی از گلوله‌ها را برداریم، شتاب جعبه 10% درصد افزایش و اگر گلوله مشابه دیگری به جعبه اضافه کنیم، شتاب جعبه 1 m/s^2 کاهش می‌یابد. به ترتیب تعداد گلوله‌های درون جعبه چند عدد است و جرم هر گلوله چند گرم است؟ (از جرم جعبه صرف نظر کنید.)

- (۱) $300, 10$
- (۲) $500, 10$
- (۳) $300, 11$
- (۴) $500, 11$



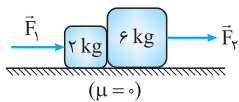
۴۵۲- در شکل مقابل، دو وزنه به جرم‌های $m_1 = 2 \text{ kg}$ و $m_2 = 3 \text{ kg}$ روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند و نیروی افقی \vec{F} به بزرگی 30 N به وزنه m_1 وارد می‌شود. بزرگی برابری نیروهای وارد بر وزنه‌های m_1 و m_2 به ترتیب (از راست به چپ) چند نیوتون است؟

- (۱) $10, 15$
- (۲) $15, 10$
- (۳) $18, 12$
- (۴) $12, 18$



۴۵۳- در شکل روبه‌رو، دو وزنه به جرم‌های m_1 و $m_2 = 2m_1$ روی سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند و نیروی افقی \vec{F} به وزنه m_1 وارد می‌شود. اگر بزرگی برابری نیروهای وارد بر وزنه m_1 باشد، $|\vec{F}|$ چند نیوتون است؟

- (۱) ۱۵ (۲) ۲۲/۵ (۳) ۳۰ (۴) ۴۵



۴۵۴- در شکل روبه‌رو، نیروهای اصطکاک ناچیزند. اگر اندازه نیروها در SI و در لحظه t ، برابر $F_1 = 2t + 3$ و $F_2 = 4 + 7t$ باشد، در چه لحظه‌ای بر حسب ثانیه، دو وزنه از یکدیگر جدا می‌شوند؟ (سطح افقی به اندازه کافی بلند و جهت مثبت نیروها رو به سمت راست شکل است.)

- (۱) ۲/۵ (۲) ۳ (۳) ۵ (۴) ۶

برای حل تست‌های زیر باید به مطالب مطرح شده در مبث بردار (به ویژه روش‌های برابری از هند بردار) مسلط باشید.

۴۵۵- سه نیرو، هم‌زمان به جرم 5 kg اثر می‌کنند. اگر بردار نیروها در SI به صورت $\vec{F}_1 = 2\hat{i} - 5\hat{j}$ ، $\vec{F}_2 = 10\hat{i} + 2\hat{j}$ و $\vec{F}_3 = -10\hat{j}$ باشند، بزرگی شتاب حاصل از این نیروها چند متر بر مربع ثانیه است؟ (سراسری ریاضی - ۹۳، قارج از کشور)

- (۱) ۵ (۲) $5\sqrt{2}$ (۳) ۱۰ (۴) $10\sqrt{2}$

۴۵۶- دو نیروی هم‌جهت $\vec{F}_1 = 2\hat{i} + b\hat{j}$ و $\vec{F}_2 = 3\hat{i} + 6\hat{j}$ به جسمی به جرم 5 kg وارد می‌شوند. شتاب حرکت جسم چند متر بر مجذور ثانیه است؟

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

۴۵۷- سه نیروی \vec{F}_1 ، \vec{F}_2 و \vec{F}_3 به جسمی به جرم m اثر می‌کنند و جسم ساکن است. اگر نیروی \vec{F}_1 حذف شود، جسم با شتاب \vec{a} و اگر نیروی \vec{F}_2 حذف شود، جسم با شتاب \vec{b} حرکت درمی‌آید. در صورت حذف نیروی \vec{F}_3 ، جسم با چه شتابی (در SI) به حرکت درمی‌آید؟ (مقادیر شتاب‌ها در SI داده شده‌اند.)

- (۱) $\vec{i} + \vec{j}$ (۲) $-\vec{i} + \vec{j}$ (۳) $\vec{i} - \vec{j}$ (۴) $-\vec{i} - \vec{j}$

۴۵۸- جسمی به جرم 2 kg تحت تأثیر دو نیروی $\vec{F}_1 = m\hat{i} + 2\hat{j}$ و $\vec{F}_2 = 3\hat{i} + n\hat{j}$ با شتاب 5 m/s^2 در صفحه xoy در حرکت است. اگر به این جسم نیروی دیگر $\vec{F}_3 = n\hat{i} - (n+2)\hat{j}$ وارد شود، بردار سرعت جسم ثابت می‌ماند. m و n به ترتیب کدام‌اند؟ (مؤلفه همه نیروها در SI هستند.)

- (۱) $8, 5$ (۲) $8, -5$

(۳) $6, -9$ (۴) هر یک از گزینه‌های (۱) و (۳) ممکن است درست باشند.

۴۵۹- دو نیروی هم‌اندازه هم‌جهت به یک جسم شتاب 2 m/s^2 می‌دهند. اگر این دو نیرو به طور عمودی به همان جسم وارد شوند، به جسم چه شتابی می‌دهند؟

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

۴۶۰- بر جسمی به جرم m هم‌زمان دو نیروی \vec{F}_1 و \vec{F}_2 اثر می‌کند. حداقل و حداکثر شتاب ممکن که این دو نیرو به جسم می‌دهند، به ترتیب ۱ و ۷ متر بر مجذور ثانیه است. اگر دو نیرو بر هم عمود باشند، جسم با شتاب چند متر بر مجذور ثانیه حرکت می‌کند؟

- (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۵ (۴) ۶

۴۶۱- سه نیروی ۸، ۶ و ۱۲ نیوتونی با هم به جسمی به جرم ۴ کیلوگرم اعمال شده و جسم ساکن است. هرگاه نیروی ۶ نیوتونی حذف شود، جسم با چه شتابی بر حسب متر بر مجذور ثانیه حرکت می‌کند؟

- (۱) ۱ (۲) ۱/۵ (۳) ۲/۵ (۴) ۵

۴۶۲- سه نیروی $F_1 = 8 \text{ N}$ ، $F_2 = 6 \text{ N}$ و $F_3 = 12 \text{ N}$ به جسمی به جرم 4 kg اثر می‌کنند و جسم ساکن است. اگر بدون تغییر جهت، اندازه نیروهای \vec{F}_2 و \vec{F}_3 دو برابر شود، جسم با شتاب چند متر بر مجذور ثانیه به حرکت درمی‌آید؟

- (۱) ۳ (۲) ۳/۵ (۳) ۶ (۴) ۷

۴۶۳- به جسمی به جرم 5 kg ، سه نیروی $F_1 = 5 \text{ N}$ ، $F_2 = 4 \text{ N}$ و $F_3 = 8 \text{ N}$ وارد می‌شوند و جسم ساکن است. اگر اندازه نیروی \vec{F}_3 نصف شود، جسم با چه شتابی (بر حسب متر بر مجذور ثانیه) و در چه جهتی شروع به حرکت می‌کند؟

- (۱) ۱، در جهت \vec{F}_3 (۲) ۱، در خلاف جهت \vec{F}_3 (۳) ۰/۸، در جهت \vec{F}_3 (۴) ۰/۸، در خلاف جهت \vec{F}_3

۴۶۴- سه نیروی $F_1 = 10 \text{ N}$ ، $F_2 = 20 \text{ N}$ و $F_3 = 30 \text{ N}$ به طور هم‌زمان، بر جسم ساکنی به جرم 5 kg وارد می‌شوند و در اثر آن، جسم با شتاب 1 m/s^2 در خلاف جهت نیروی \vec{F}_1 به حرکت درمی‌آید. اندازه برابری نیروهای \vec{F}_2 و \vec{F}_3 چند نیوتون است؟

- (۱) ۱۵ (۲) ۵ (۳) ۱۰ (۴) ۲۵

نشست‌های ترکیبی دینامیک و سینماتیک

۴۶۵- گلوله‌ای به جرم ۲۰ گرم با سرعت 100 m/s به تخته‌ای به ضخامت 1 cm برخورد کرده و با سرعت 40 m/s از طرف دیگر تخته خارج شده است.

اگر حرکت گلوله با شتاب ثابت فرض شود، نیرویی که از طرف تخته به گلوله وارد شده، تقریباً چند نیوتون است؟

- ۶۰ (۱) ۶۰۰۰ (۲) ۸۴۰۰ (۳) ۸۴۰۰۰ (۴)

۴۶۶- نیروی افقی \vec{F} به جسم ساکنی که بر روی سطح افقی بدون اصطکاکی قرار دارد، وارد می‌شود. سرعت جسم، پس از طی مسافت x از صفر به v و پس از طی مسافت x' ، از صفر به $2v$ می‌رسد. نسبت $\frac{x'}{x}$ کدام است؟

- ۱ (۱) $\sqrt{2}$ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴)

۴۶۷- یک اتومبیل به جرم ۱ تن و یک کامیون به جرم ۵ تن به ترتیب با تندی‌های 20 m/s و 10 m/s در جاده‌ای مستقیم و افقی در حرکت‌اند. در یک جابه‌جایی برابر، نیروی لازم برای توقف اتومبیل چند برابر نیروی لازم برای توقف کامیون است؟

- ۰/۴ (۱) ۰/۸ (۲) ۱/۲۵ (۳) ۲/۵ (۴)

۴۶۸- دو نیروی عمود بر هم به جسم ساکنی به جرم 5 kg وارد می‌شوند، طوری که جسم در راستایی که با نیروی بزرگ‌تر زاویه 37° می‌سازد به حرکت درمی‌آید و پس از 5 s مسافت 25 m را می‌پیماید. نیروی کوچک‌تر چند نیوتون است؟ ($\sin 37^\circ = 0/6$)

- ۳ (۱) ۴ (۲) ۶ (۳) ۸ (۴)

۴۶۹- اتومبیلی به جرم m تحت اثر 5 ثانیه‌ای نیروی خالص 10 kN ، مسیری را با سرعت متوسط 72 km/h می‌پیماید. اگر سرعت اتومبیل در پایان مسیر، ۳ برابر سرعت اولیه آن باشد، m چند کیلوگرم است؟

- ۱۵۰۰ (۱) ۲۵۰۰ (۲) ۳۰۰۰ (۳) ۴۰۰۰ (۴)

۴۷۰- جسمی به جرم 500 g با سرعت ثابت $\vec{v} = 2\vec{i}$ در جهت محور x حرکت می‌کند. از لحظه‌ای که جسم از مکان $x = -10 \text{ m}$ عبور می‌کند، نیروی خالص $\vec{F} = 3\vec{i}$ به آن وارد می‌شود. جسم 4 s پس از وارد آمدن نیرو از چه مکانی (برحسب متر) عبور می‌کند؟

- ۱۰ (۱) ۲۰ (۲) ۴۶ (۳) ۵۶ (۴)

۴۷۱- معادله سرعت - زمان متحرکی که روی محور x و از مکان $x_0 = 4 \text{ m}$ حرکت خود را آغاز می‌کند، در 5 ثانیه اول و در SI به صورت $v = 2t - 3$ است. اگر نیروی خالص وارد بر جسم از لحظه $t = 5 \text{ s}$ به بعد صفر شود، در لحظه $t = 8 \text{ s}$ ، متحرک در چه مکانی (x) برحسب متر خواهد بود؟

- ۳۵ (۱) ۳۲ (۲) ۳۰ (۳) ۲۵ (۴)

۴۷۲- دو جسم A و B هر یک به جرم 1 kg در یک نقطه بر روی سطح افقی ساکن‌اند. به طور هم‌زمان به این دو جسم به ترتیب نیروهای افقی $F_B = 4 \text{ N}$ و $F_A = 6 \text{ N}$ وارد می‌کنیم. پس از 5 s به جسم B چه نیرویی در جهت \vec{F}_B (برحسب نیوتون) وارد کنیم تا هر دو جسم پس از 10 s از لحظه شروع حرکت به یکدیگر برسند؟

- ۴ (۱) ۵ (۲) ۸ (۳) ۱۰ (۴)

۴۷۳- در شکل مقابل، دو وزنه به جرم‌های $m_1 = 20 \text{ kg}$ و $m_2 = 10 \text{ kg}$ با یک نخ به هم متصل‌اند و توسط نیروی افقی $F = 15 \text{ N}$ بر روی سطح افقی بدون اصطکاکی کشیده می‌شوند. پس از 2 s از لحظه شروع حرکت، نخ بین دو وزنه پاره می‌شود. 4 s بعد از این لحظه (پاره شدن نخ)، فاصله بین دو وزنه به چند متر می‌رسد؟

- ۶ (۱) ۷ (۲) ۱۰ (۳) ۱۴ (۴)

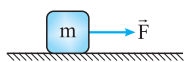
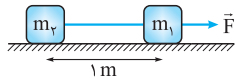
سرعت رو به توان ۲ برسوزن، ضربدر نصف پرم‌کن، می‌شه انرژی جنبشی !!

۴۷۴- جسمی به جرم 2 kg روی سطح افقی بدون اصطکاکی ساکن است. جسم در اثر نیروی افقی $F = 10 \text{ N}$ به حرکت درمی‌آید. پس از چند ثانیه انرژی جنبشی جسم به 100 J می‌رسد؟

- ۱ (۱) ۲ (۲) ۴ (۳) ۸ (۴)

۴۷۵- جسمی مطابق شکل، روی سطح افقی بدون اصطکاکی ساکن است و در اثر نیروی ثابت و افقی \vec{F} ، انرژی جنبشی آن در مدت t از صفر به K می‌رسد. چه مدت پس از این لحظه انرژی جنبشی جسم $2K$ می‌شود؟

- $\frac{\sqrt{2}}{2}t$ (۱) t (۲) $\sqrt{2}t$ (۳) $(\sqrt{2}-1)t$ (۴)



۳) قانون سوم نیوتون

قانون سوم نیوتون: اگر جسم A نیرویی بر جسم B وارد کند، جسم B نیز نیرویی بر جسم A وارد می‌کند. این دو نیرو هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند.

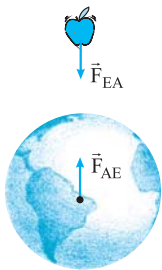
اگر نیرویی را که A به B وارد می‌کند، با \vec{F}_{AB} و نیرویی را که B به A وارد می‌کند، با \vec{F}_{BA} نشان دهیم، صورت ریاضی قانون سوم نیوتون چنین خواهد بود:

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

کنش، واکنش: باهال‌ترین نتیجه‌ای که از قانون سوم نیوتون می‌توان گرفت، زوج‌بودن نیروها است! معمولاً یکی از این زوج‌ها را «کنش» می‌نامیم و دیگری را «واکنش».

عین ترجمه قانون سوم نیوتون از کتاب «اصول» او، به این شرح است:

«برای هر کنشی، همیشه واکنشی هم‌اندازه و خلاف آن وجود دارد.» یا «برهم‌کنش متقابل دو جسم بر یکدیگر، همیشه هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگر است.»
 اصل اهمیت ندارد که کدام نیرو را کنش بنامید و کدام را واکنش؛ زیرا این دو نیرو به طور هم‌زمان ظاهر می‌شوند و هیچ‌گونه تأخیر زمانی‌ای در پدیدایش آن‌ها وجود ندارد. (مثلاً این پوری نیست که شما یک مشت مکالمه به دیوار بگویید، دیوار پند ثانیه صبر کنه؛ بعرض هواپ مشت شما بره!)



(شکل ۴)

نمونه فرض کنید مطابق شکل (۴)، سیبی به سمت زمین سقوط می‌کند. دو نیرو در این برهم‌کنش ظاهر می‌شوند؛ یکی نیرویی که زمین به سیب وارد می‌کند (\vec{F}_{EA}) که همان وزن سیب است و دیگری واکنش این نیرو است که از طرف سیب به زمین وارد می‌شود (\vec{F}_{AE}). نیرویی که زمین به سیب وارد می‌کند، باعث می‌شود که سیب با شتابی برابر شتاب گرانش (در خلأ) سقوط کند.

$$a_A = \frac{F_{EA}}{m_A} = \frac{m_A g}{m_A} = g \quad (a_A: \text{شتاب سیب و } m_A: \text{جرم سیب})$$

نیرویی که سیب به زمین وارد می‌کند، باعث حرکت زمین به سمت سیب می‌شود! درست خواندید! (اشتباه تاپیی در کار نیست!) اگر شتاب حرکت زمین را با a_E نشان دهیم، خواهیم داشت: (m_E : جرم زمین)

$$a_E = \frac{F_{AE}}{m_E} \quad (F_{AE} = F_{EA}) \rightarrow a_E = \frac{m_A}{m_E} g$$

$$a_E = \frac{1}{10^{24}} \times 10 = 10^{-23} \text{ m/s}^2 \approx 0$$

نسبت جرم زمین به جرم سیب، از مرتبه 10^{24} است؛ بنابراین:

پس، شتاب حرکت زمین به سوی سیب، در حدی نیست که به حساب بیاید!



پرسش کشاورزی از الاغش خواهش می‌کند گاری حامل باری را بکشد! الاغ با این استدلال که طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که به گاری وارد می‌کند (\vec{F})، با نیرویی که گاری به او وارد می‌کند (\vec{F}')، خنثی شده و در نتیجه، گاری به حرکت در نمی‌آید، این کار را بی‌حاصل می‌داند و از انجام آن خودداری می‌کند! آیا جانور راست می‌گوید؟



پاسخ خیر! الاغ به شدت، در درس فیزیک مشکل داره! نیروی \vec{F} به گاری وارد می‌شود و نیروی \vec{F}' به الاغ. بنابراین، این دو نیرو به دو جسم مختلف وارد می‌شوند و اثر یکدیگر را از بین نمی‌برند. \vec{F} گاری را به جلو می‌کشد و \vec{F}' از شتاب حرکت الاغ کم می‌کند؛ بنابراین، فقط نیروی \vec{F} می‌تواند در حرکت گاری نقش داشته باشد و \vec{F}' هیچ تأثیری در حرکت گاری ندارد.

نتیجه نیروهای کنش و واکنش، هم‌اندازه‌اند، قرینه‌اند، هم‌جنس هستند (مثلاً هر دو الکتریکی‌اند یا هر دو گرانشی‌اند) و بر دو جسم مختلف اثر می‌کنند (به عبارت دقیق‌تر، نقطه اثر متفاوت دارند).

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۴۷۶- جرم کره زمین تقریباً ۸۰ برابر جرم کره ماه است. بزرگی نیرویی که ماه بر زمین وارد می‌کند، چند برابر اندازه نیرویی است که زمین بر ماه وارد می‌کند؟

- (۱) ۸۰ (۲) $۴\sqrt{۵}$ (۳) ۳۶۰ (۴) صفر است.

۴۷۷- هنگامی که جسمی در هوا در حال سقوط است، عکس‌العمل (واکنش) نیروهای وارد بر جسم است.

- (۱) بر هوا وارد می‌شود. (۲) بر زمین و بر هوا وارد می‌شود. (۳) بر زمین وارد می‌شود. (۴) صفر است.

۴۷۸- در موقع پرتاب موشک از پایگاه، کدام یک از عوامل زیر، موشک را به بالا می‌راند؟

- (۱) واکنش زمین در برابر گازی که از قاعده موشک خارج می‌شود و با زمین برخورد می‌کند.
 (۲) خروج گاز با سرعت زیاد از قاعده موشک که واکنش آن نیروی پیشران موشک را تأمین می‌کند.
 (۳) واکنش هوا در برابر فشار گازی که از قاعده موشک خارج شده و با هوا برخورد می‌کند.
 (۴) ازدیاد فوق‌العاده فشار هوا در زیر موشک در اثر خروج گاز بسیار داغ از قاعده آن.

۴۷۹- توپی را در راستای قائم به زمین می‌زنیم و سپس (توپ) به طرف بالا برمی‌گردد. در تماس توپ با زمین، نیروی وارد بر توپ را در هنگام گندشدن

- \vec{F}_1 و موقع برگشتن \vec{F}_2 می‌نامیم. کدام گزینه درباره جهت نیروهای \vec{F}_1 و \vec{F}_2 صحیح است؟
 (۱) پایین و بالا (۲) پایین و پایین (۳) بالا و پایین (۴) بالا و بالا



۴۸۰- مطابق شکل مقابل، شخصی بر روی یک ارابه آهنی قرار می‌گیرد و آهن‌ربایی را در مقابل ارابه قرار می‌دهد. در این صورت، چه اتفاقی برای مجموعه (دستگاه) می‌افتد؟ (از اصطکاک ارابه با سطح زمین صرف نظر می‌شود).
 (با اقتباس از کتاب «گلوته مفاهیم فیزیک را درک کنیم؟»، نوشته «لوییز ایشترین»)

- (۱) حرکت نمی‌کند.
 (۲) شروع به حرکت می‌کند.
 (۳) ابتدا حرکت می‌کند و سپس می‌ایستد.
 (۴) بسته به جرم آن، ممکن است حرکت کند و ممکن است حرکت نکند.

۴۸۱- یک بازیکن هاکی به جرم ۸۰ kg که روی سطح افقی بدون اصطکاک ساکن است، ناگهان توپی به جرم ۱۶۰ g را با سرعت افقی ۲۰ m/s به

سمت جلو پرتاب می‌کند. او با سرعت سانتی‌متر بر ثانیه به رانده می‌شود.

- (۱) ۴۰ ، جلو (۲) ۲۰ ، جلو (۳) ۴۰ ، عقب (۴) ۲۰ ، عقب

۴۸۲- تانکی به جرم ۵ تن با سرعت ۵ m/s در حرکت است. این تانک گلوله‌ای به جرم ۵۰ kg را با سرعت ۴۰ m/s در جهت حرکت خود پرتاب

می‌کند. بر اثر پرتاب گلوله، سرعت تانک چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) ۵ ، کاهش (۲) ۵ ، افزایش (۳) ۸ ، کاهش (۴) ۸ ، افزایش

بخش ۲ معرفی بعضی از نیروهای خاص

۴) نیروی وزن

$$\vec{W} = m\vec{g} \quad (\text{رابطه ۲})$$

وزن یک جسم نیروی گرانشی است که زمین به جسم وارد می‌کند و از رابطه (۲) به دست می‌آید:

\vec{g} بردار شتاب گرانشی (شتاب جاذبه) است که بزرگی آن در سطح زمین تقریباً $۹/۸$ N/kg است.

$$\begin{cases} \vec{W} = m\vec{g} \\ \vec{F} = m\vec{a} \end{cases} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g}$$

نتیجه از مقایسه رابطه‌های (۱) و (۲) نتیجه می‌گیریم شتاب یک جسم در هنگام سقوط آزاد، برابر \vec{g} است.

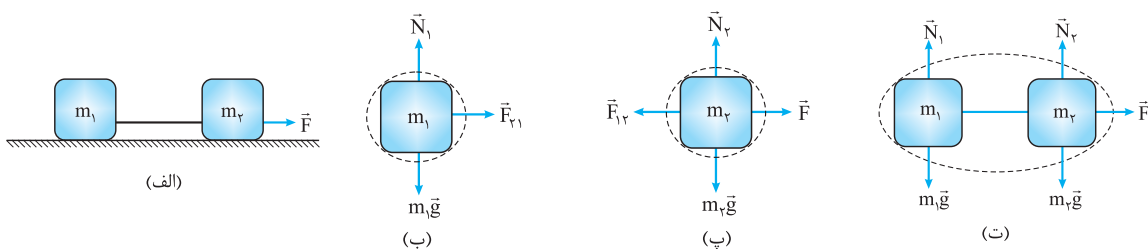


استراتژی و نکات لازم برای حل نشت‌های دینامیک

تا الان کم‌وبیش با روش حل تست‌های دینامیک آشنا شده‌اید. برای حل یک مسئله دینامیک، باید مراحل زیر را پشت سر بگذارید:

- می‌خواهید سرعت، شتاب، جابه‌جایی یا ... را برای چه چیزی (یا چیزهایی) حساب کنید؟! آن چیز (چیزها) را مشخص می‌کنیم و اسم آن را دستگاه می‌گذاریم.

- نمودار نیروهای خارجی وارد بر دستگاه را رسم کنید (رسم نمودار جسم آزاد). نیازی به رسم واکنش این نیروها و رسم نیروهای داخلی نیست. **نمونه** فرض کنید دو وزنه m_1 و m_2 توسط نخ سبکی به هم وصل‌اند و مطابق شکل ۵-الف، توسط نیروی افقی \vec{F} روی سطح بدون اصطکاکی به حرکت درمی‌آیند. هر قسمت از این مجموعه را می‌توانید به عنوان دستگاه انتخاب کنید و برای آن قوانین نیوتون را بنویسید. اگر کسی m_1 را به عنوان دستگاه انتخاب کرد، نیروهای وارد بر دستگاه، مطابق شکل ۵-ب و اگر کسی m_2 را به عنوان دستگاه انتخاب کرد، نیروهای وارد بر دستگاه، مطابق شکل ۵-پ خواهند بود. ممکن است شخصی هر دو وزنه را به عنوان دستگاه انتخاب کند؛ در این صورت نمودار نیروهای خارجی وارد بر دستگاه، مطابق شکل ۵-ت است. دقت کنید که در دستگاه شکل (ت)، نیروهایی که دو نخ به هم وارد می‌کنند (\vec{F}_{21} و \vec{F}_{12}) جزء نیروهای داخلی محسوب می‌شوند و آن‌ها را رسم نمی‌کنیم.



(شکل ۵)

خط‌چین رسم‌شده دور دستگاه را «مرز منزوی‌کننده» می‌نامیم.

نکته در صورتی می‌توانید چند جسم را به عنوان یک دستگاه انتخاب کنید که شتاب حرکت آن جسم‌ها برابر باشد.

- یک دستگاه مختصات مناسب انتخاب می‌کنیم و سپس مؤلفه‌های نیروهای وارد بر جسم را روی این محورها مشخص می‌کنیم. منظور از دستگاه مختصات مناسب این است که یکی از محورهای دستگاه در راستای شتاب حرکت جسم باشد.

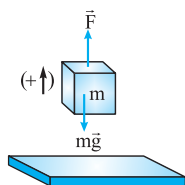
- برایند نیروهای وارد بر جسم در راستای محوری که هم‌راستا با شتاب حرکت جسم است، برابر ma و برایند نیروهای وارد بر جسم در راستاهای محورهای دیگر برابر صفر است.

نتیجه اگر یک دستگاه در راستای افقی حرکت کند، برایند نیروهای وارد بر دستگاه در راستای قائم صفر است و اگر یک دستگاه در راستای قائم حرکت کند، برایند نیروهای وارد بر دستگاه در راستای افقی صفر است.

مثال جسمی به جرم 2 kg بر روی سطح زمین قرار دارد. آن را با نیروی $F = 24 \text{ N}$ در شرایط خلأ در راستای قائم به سمت بالا می‌کشیم. جسم پس از 3 s در چه ارتفاعی از سطح زمین قرار می‌گیرد؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

- | | | | |
|--------|--------|-------|---------|
| ۱۸ (۴) | ۱۲ (۳) | ۹ (۲) | ۴/۵ (۱) |
|--------|--------|-------|---------|

پاسخ گزینه ۲ مطابق شکل روبه‌رو، دو نیرو بر جسم وارد می‌شود: یکی نیروی محرک \vec{F} که در جهت حرکت جسم به آن وارد می‌شود و دیگری نیروی مقاوم $m\vec{g}$ که در خلاف جهت حرکت جسم است. با توجه به این موضوع، داریم:



$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{F - mg}{m} = \frac{24 - 2 \times 10}{2} = \frac{24 - 20}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ N/kg}$$

$$\Delta y = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t = \frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 + 0 \Rightarrow \Delta y = 9 \text{ m}$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

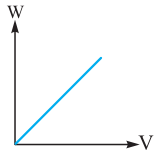
۴۸۳- نیروی یک نیوتونی به جسمی به وزن یک نیوتون، چه شتابی بر حسب متر بر مجذور ثانیه می‌دهد؟ ($g = 9/8 \text{ m/s}^2$) (سر اسری تهری - قریبی)

- | | | | |
|---------|---------|-------|-----------|
| ۹/۸ (۴) | ۴/۸ (۳) | ۱ (۲) | ۱/۹/۸ (۱) |
|---------|---------|-------|-----------|

۴۸۴- وزن یک جسم در سطح سیاره مشتری ۲/۵ برابر وزن آن در سطح زمین است. اگر جسمی از 10^6 متری سطح سیاره مشتری رها شود، با تندی تقریبی چند متر بر ثانیه به سطح سیاره می‌رسد؟

- | | | | |
|--------|--------|------------------|-----------------|
| ۵۰ (۴) | ۲۵ (۳) | $10\sqrt{5}$ (۲) | $2\sqrt{5}$ (۱) |
|--------|--------|------------------|-----------------|

۴۸۵- نمودار تغییرات وزن مقداری آب در سطح زمین بر حسب حجم آن مطابق شکل زیر است. اندازه شیب این نمودار در SI تقریباً چه قدر است؟



۱ (۱)

۱۰ (۲)

10^3 (۳)

10^4 (۴)

۴۸۶- گلوله‌ای از ارتفاع ۴۰ متری سطح زمین رها می‌شود و با شتاب ثابت سقوط می‌کند و با سرعت 20 m/s به زمین می‌رسد. حداقل چند نیرو ممکن است در طول مسیر، بر گلوله اثر کرده باشد؟

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۴۸۷- در شرایط خلأ، گلوله‌ای را با نیروی قائم \vec{F} به سمت بالا می‌کشیم. گلوله با سرعت ثابت 1 m/s حرکت می‌کند. اگر نیروی \vec{F} در راستای قائم و روبه پایین به گلوله وارد شود، شتاب حرکت آن چند برابر شتاب گرانش می‌شود؟

۳ (۴)

۲ (۳)

$1/5$ (۲)

۱ (۱)

۴۸۸- به جسمی به جرم 100 kg نیروی ثابت $F = 1500 \text{ N}$ در راستای قائم به طرف بالا وارد می‌شود. جسم از حال سکون از سطح زمین به طرف بالا حرکت می‌کند و پس از 20 s نیروی \vec{F} حذف می‌شود. جسم تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$ و از مقاومت هوا چشم‌پوشی می‌شود).

۲۰۰۰ (۴)

۱۵۰۰ (۳)

۱۰۰۰ (۲)

۵۰۰ (۱)

۴۸۹- جسمی به جرم یک کیلوگرم از ارتفاع ۵ متری روی توده‌ی شن می‌افتد. اگر جسم ۵ سانتی‌متر در شن فرو رود و در حرکتی با شتاب ثابت متوقف شود، اندازه‌ی نیرویی که توده‌ی شن روی جسم وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

(کارشناسی ارشد فیزیک)

۱۰۱۰ (۴)

۱۰۰۰ (۳)

۲۵۰ (۲)

۱۰ (۱)

۵) نیروی مقاومت شاره



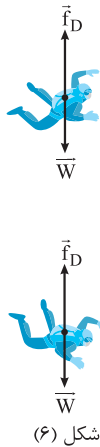
نیروی مقاومت شاره: وقتی جسمی در یک شاره به حرکت درمی‌آید، نیرویی از طرف شاره در خلاف جهت حرکت جسم به آن وارد می‌شود که به آن «نیروی مقاومت شاره» می‌گوییم و آن را با \vec{F}_D نشان می‌دهیم. وقتی جسم در هوا سقوط می‌کند، به این نیرو «نیروی مقاومت هوا» می‌گوییم. **نیروی مقاومت هوا:** تا الان با مقاومت هوا کار نداشتیم و فرض می‌کردیم همه اجسام در خلأ با شتاب مساوی (\vec{g}) سقوط می‌کنند. اگر اجسام در هوا سقوط کنند، این تساوی از بین می‌رود. هوا به اجسامی که داخل خود حرکت می‌کنند، نیرویی وارد می‌کند که حاصل برخورد مولکول‌های هوا با جسم است و به آن «نیروی مقاومت هوا» می‌گوییم.

ویژگی‌های نیروی مقاومت هوا:

۱) نیروی مقاومت هوا همیشه در خلاف جهت حرکت جسم است.

۲) هر چه تندی جسم بیشتر باشد، تعداد مولکول‌های هوایی که در هر ثانیه به جسم برخورد می‌کنند، بیشتر می‌شود و نیروی مقاومت هوا افزایش می‌یابد.

۳) هر چه مساحت مقطعی از جسم که در معرض برخورد مولکول‌های هوا است، بیشتر باشد، نیروی مقاومت هوا هم بیشتر است.



شکل (۶)

تندی حدی: به شکل (۶) نگاه کنید. وقتی جسمی در هوا سقوط می‌کند، ابتدا به سمت پایین شتاب می‌گیرد و سرعتش لحظه به لحظه افزایش می‌یابد. با افزایش سرعت، نیروی مقاومت هوا هم زیاد می‌شود؛ بالأخره زمانی می‌رسد که نیروی مقاومت هوا هم‌اندازه با نیروی وزن و در خلاف جهت آن می‌شود. در این شرایط، برآیند نیروها و شتاب جسم، صفر می‌شود.

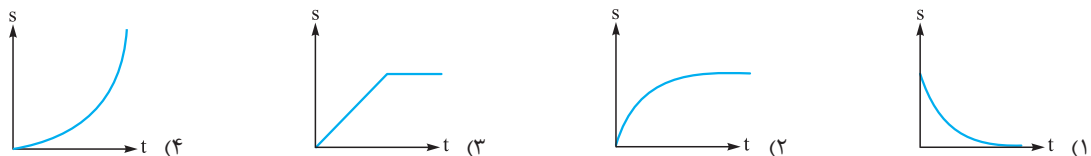
$$\sum F_y = W - f_D = 0 \Rightarrow f_D = W$$

از این لحظه به بعد جسم با تندی ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد که به این تندی می‌گوییم «تندی حدی». تندی حدی اجسام مختلف با هم فرق دارد، ولی برای یک چترباز در حدود 5 m/s است.

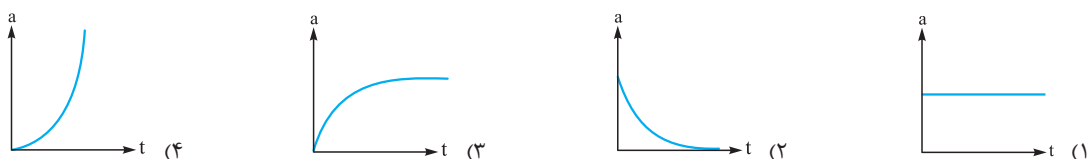
پرسش‌های چهارگزینه‌ای

نیروی مقاومت شاره

- ۴۹۰- نیروی مقاومت شاره در برابر حرکت جسم به کدام یک از عوامل زیر بستگی ندارد؟
 (۱) مساحت سطحی از جسم که بر مسیر حرکت عمود است. (۲) تندی جسم
 (۳) شکل جسم (۴) جرم جسم
- ۴۹۱- گلوله‌ای را در هوا در راستای قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد نیروی مقاومت هوا درست است؟
 (۱) در بالاترین نقطه مسیر بیشینه است.
 (۲) در موقع بالارفتن هم‌سو با حرکت و در موقع پایین آمدن در خلاف جهت حرکت است.
 (۳) در موقع بالارفتن کاهش و در موقع پایین آمدن افزایش می‌یابد.
 (۴) در تمام طول مسیر افزایش می‌یابد.
- ۴۹۲- جسمی در هوا از ارتفاع بسیار بلند سقوط می‌کند. تندی جسم چگونه تغییر می‌کند؟
 (۱) همواره افزایش می‌یابد. (۲) ابتدا افزایش، سپس کاهش می‌یابد.
 (۳) ابتدا افزایش می‌یابد، سپس ثابت می‌ماند. (۴) همواره ثابت می‌ماند.
- ۴۹۳- جسمی در هوا از ارتفاع بسیار بلند سقوط می‌کند. شتاب حرکت جسم چگونه تغییر می‌کند؟
 (۱) ابتدا افزایش می‌یابد، سپس صفر می‌شود. (۲) ابتدا کاهش می‌یابد، سپس صفر می‌شود.
 (۳) همواره افزایش می‌یابد. (۴) همواره کاهش می‌یابد.
- ۴۹۴- نمودار تندی - زمان جسمی که در هوا از ارتفاع بلند سقوط می‌کند، مطابق کدام یک از شکل‌های زیر است؟



۴۹۵- نمودار بزرگی شتاب بر حسب زمان برای جسمی که در هوا از ارتفاع بلند سقوط می‌کند، مطابق کدام یک از شکل‌های زیر است؟



۴۹۶- چتربازی پس از چند متر پرش آزاد از ارتفاع بالا، ناگهان چترش را باز می‌کند. بلافاصله پس از آن، اندازه مقاومت هوا از مقدار ناچیز اولیه به ۲ برابر وزن چترباز می‌رسد. جهت و اندازه بردار شتاب چترباز پس از باز کردن چتر، چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) ابتدا روبه‌بالا و سپس روبه‌پایین است و اندازه‌اش ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.
- (۲) ابتدا روبه‌پایین و سپس روبه‌بالا است و اندازه‌اش ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.
- (۳) همواره روبه‌بالا است و اندازه‌اش همواره کاهش می‌یابد تا به صفر برسد.
- (۴) همواره روبه‌پایین است و اندازه‌اش همواره کاهش می‌یابد تا به صفر برسد.



۴۹۷- یک چترباز در هنگام سقوط، مطابق شکل روبه‌رو، بدن خود را به حالت افقی و به شکل گسترده درمی‌آورد. چترباز با این کار نیروی مقاومت هوا را و تندی حدى خود را می‌دهد.

- (۱) افزایش، افزایش
- (۲) افزایش، کاهش
- (۳) کاهش، افزایش
- (۴) کاهش، کاهش

۴۹۸- رابطه نیروی مقاومت هوا و سرعت جسم به صورت کدام گزینه می‌تواند باشد؟ (b عددی ثابت و مثبت است.)

$$f = \frac{b}{v} \quad (1) \quad f = -\frac{b}{v} \quad (2) \quad \vec{f} = b\vec{v} \quad (3) \quad \vec{f} = -b\vec{v} \quad (4)$$

۴۹۹- گلوله‌ای را در هوا در راستای قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. گلوله با شتابی به بزرگی $a = 12 \text{ m/s}^2$ از نقطه معینی بالا می‌رود و با شتابی به بزرگی a' از همین نقطه پایین می‌آید. کدام گزینه درست است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$a' = 8 \text{ m/s}^2 \quad (1) \quad 8 \text{ m/s}^2 < a' < 10 \text{ m/s}^2 \quad (2) \quad 10 \text{ m/s}^2 < a' < 12 \text{ m/s}^2 \quad (3) \quad a' = 12 \text{ m/s}^2 \quad (4)$$

۵۰۰- در یک هوای آرام توپی به جرم 200 g را در راستای مایل به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. اگر نیرویی که هوا به توپ در بالاترین نقطه مسیر وارد می‌کند، 1 N باشد، شتاب توپ در این نقطه چند متر بر مربع ثانیه است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

$$5 \quad (1) \quad 5\sqrt{2} \quad (2) \quad 5\sqrt{5} \quad (3) \quad 6 \quad (4)$$

۵۰۱- چتربازی با تندی حدى $\frac{1}{2} \text{ m/s}$ به سمت زمین سقوط می‌کند. در یک لحظه چترباز از کنار سنگی می‌گذرد که در همان لحظه از بالای ساختمانی به ارتفاع 45 m رها می‌شود. اگر مقاومت هوا در برابر حرکت سنگ ناچیز باشد، چند ثانیه پس از برخورد سنگ به زمین، چترباز به زمین می‌رسد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$8 \quad (1) \quad 7 \quad (2) \quad 6 \quad (3) \quad 5 \quad (4)$$

۵۰۲- یک قطره باران به قطر 1 mm در هوا سقوط می‌کند. اگر رابطه بین بزرگی نیروی مقاومت هوا و سرعت قطره در SI به صورت $f = 2/5 \times 10^{-6} v^2$ باشد، قطره با تندی تقریبی چند متر بر ثانیه به سطح زمین می‌رسد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$ ، $\pi = 3$ و چگالی آب 1000 kg/m^3 است.)

$$4 \times 10^{-2} \quad (1) \quad 16 \times 10^{-2} \quad (2) \quad 4 \quad (3) \quad 16 \quad (4)$$

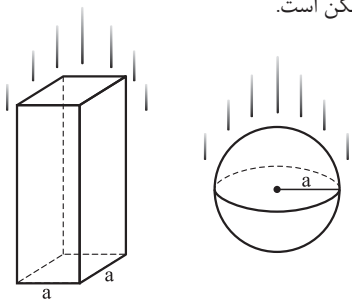
۵۰۳- اگر تندی حدى یک قطره باران و یک قطره تگرگ با ابعاد مشابه را به ترتیب با s_1 و s_2 نشان دهیم، کدام گزینه درست است؟

- (۱) $s_1 = s_2$
- (۲) $s_2 > s_1$
- (۳) $s_1 > s_2$
- (۴) هر یک از گزینه‌های قبلی ممکن است.

۵۰۴- یک کره و یک مکعب هم‌جرم به شکل مقابل را در هوا رها می‌کنیم. نیروی مقاومت

هوای وارد بر هر دو جسم از رابطه $f = \frac{1}{4} Av^2$ به دست می‌آید (v بزرگی سرعت و A مساحت مقطعی از جسم است که عمود بر مسیر حرکت است). تندی حدى کره تقریباً چند برابر تندی حدى مکعب است؟ ($\pi = 3$)

$$\frac{\sqrt{3}}{3} \quad (1) \quad \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (2) \quad 3 \quad (3) \quad 3 \quad (4)$$



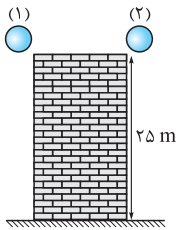
دینامیک حرکت جسم در هنگام سقوط در هوا

۵۰۵- شخصی که جرمش 90 kg است، توسط یک چتر نجات با شتاب $2/8 \text{ m/s}^2$ پایین می‌آید (جرم چتر مزبور 10 kg است). نیروی وارد از طرف هوا بر چتر چند نیوتون است؟ ($g = 9/8 \text{ m/s}^2$ و از نیرویی که هوا بر شخص وارد می‌کند، صرف نظر می‌شود.) (مسابقه علمی آموزشده‌های فنی)

$$280 \quad (1) \quad 700 \quad (2) \quad 800 \quad (3) \quad 900 \quad (4)$$

۵۰۶- جسمی به جرم 200 g از ارتفاع 4 m متری، بدون سرعت اولیه در هوا سقوط می‌کند و با سرعت 8 m/s به زمین می‌رسد. مقدار متوسط نیروی مقاومت هوا در مقابل حرکت جسم چند نیوتون خواهد بود؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$0/2 \quad (1) \quad 0/4 \quad (2) \quad 0/6 \quad (3) \quad 1/5 \quad (4)$$



۵۰۷ مطابق شکل، دو گوی هم‌اندازه (۱) و (۲) با جرم‌های $m_1 = 1 \text{ kg}$ و $m_2 = 2 \text{ kg}$ ، هم‌زمان از بالای ساختمانی به ارتفاع 25 m رها می‌شوند. اگر نیروی مقاومت هوا برای هر گوی ثابت و برابر 1 N باشد، اختلاف تندی برخورد گوی‌ها با زمین، تقریباً چند متر بر ثانیه است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

- ۱ (۵) ۱ (۲)
۳ (۵) ۲ (۴)

۵۰۸ در شرایط خلأ، گلوله‌ای به جرم 1 kg را از بلندی به ارتفاع h با سرعت اولیه 25 m/s در راستای قائم به سمت پایین پرتاب می‌کنیم و گلوله پس از 5 s به زمین می‌رسد. اگر در هوای آزاد مقاومت هوا در برابر حرکت گلوله، ثابت و برابر 10 N باشد، گلوله را با چه سرعتی بر حسب متر بر ثانیه به سمت پایین پرتاب کنیم تا در زمان مشابه (5 s) به زمین برسد؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

- ۱ (۳۰) ۲ (۳۵) ۳ (۴۰) ۴ (۴۵)

۵۰۹ گلوله‌ای به جرم 800 g از ارتفاع h در هوا رها می‌شود و پس از 5 s به زمین می‌رسد. اگر همین گلوله در خلأ و از ارتفاع $h' = h + 5$ (بر حسب متر) رها شود، باز هم 5 s طول می‌کشد تا به زمین برسد. اندازه نیروی مقاومت هوا، با فرض ثابت بودن، برابر با چند درصد از اندازه وزن گلوله است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

- ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴ (۵)

۵۱۰ یک گوی در هوا با نیروی مقاومت f ، بدون سرعت اولیه سقوط می‌کند و در ثانیه سوم 2125 cm جابه‌جا می‌شود. اگر نیروی مقاومت هوا برای گوی هم‌جرم دیگری که از همان مکان رها شده، $2f$ باشد، در مقایسه جابه‌جایی گوی‌ها در ثانیه سوم، گوی دوم چقدر سانتی‌متر کم‌تر از گوی اول جابه‌جا می‌شود؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

- ۱ (۴۷۵) ۲ (۴۲۵) ۳ (۳۷۵) ۴ (۳۲۵)

۵۱۱ یک بالن تحقیقاتی به جرم کلی M در راستای قائم با شتاب a فرود می‌آید. چه جرمی از وزنه‌های تعادل، باید از بالن به بیرون ریخته شود تا بالن شتابی برابر a به طرف بالا پیدا کند؟ (از نیروی مقاومت هوا بر بالن، صرف نظر می‌شود؛ در ضمن، نیروی بالابر بالن را در هر دو حالت، یکسان بگیرد.)

(کارشناسی ناپوسته سراسری - ۸۲)

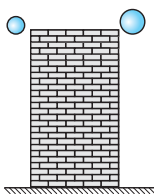
- ۱ ($\frac{g-a}{2Ma}$) ۲ ($\frac{g+a}{Ma}$)
۳ ($\frac{2Ma}{g+a}$) ۴ ($\frac{Ma}{g-a}$)

۵۱۲ در روزی که باد نمی‌وزد، گلوله‌ای را با سرعت اولیه v_0 در راستای قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. گلوله در مدت t_1 به نقطه اوج خود می‌رسد. اگر همین آزمایش در خلأ انجام شود، گلوله در مدت t_2 به نقطه اوجش می‌رسد. کدام گزینه درست است؟

- ۱ ($t_2 > t_1$) ۲ ($t_2 < t_1$)
۳ ($t_2 = t_1$) ۴ (بسته به جرم گلوله، هر سه گزینه قبلی ممکن است.)

۵۱۳ در یک هوای آرام گلوله‌ای را از سطح زمین با سرعت اولیه v_0 در راستای قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. اگر زمان بالارفتن گلوله را t_1 و زمان پایین آمدن آن را t_2 نشان دهیم، کدام گزینه درست است؟

- ۱ ($t_1 = t_2$) ۲ ($t_1 > t_2$)
۳ ($t_2 > t_1$) ۴ (بسته به جرم گلوله، هر سه گزینه قبلی ممکن است.)



۵۱۴ مطابق شکل، دو گوی غیرهم‌اندازه و با جرم‌های برابر با $m = 1 \text{ kg}$ از بالای ساختمانی رها می‌شوند و شتاب سقوط یکی از گوی‌ها 50% بزرگ‌تر از شتاب سقوط گوی دیگر است. اگر مجموع اندازه نیروهای ثابت مقاومت هوای وارد بر دو گوی، برابر با نصف وزن هر گوی باشد، نیرویی که هوا به گوی کوچک‌تر وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

- ۱ (۲) ۲ (۴)
۳ (۶) ۴ (۸)

۵۱۵ چتربازی به جرم 75 kg از هلی‌کوپتری که در ارتفاع h به حالت سکون قرار دارد به بیرون می‌پرد. اگر این چتر باز پس از 50 m سقوط آزاد چتر خود را باز کند، شتابش در نقطه باز شدن چتر 1 m/s^2 و روبه پایین می‌شود. اگر این چتر باز پس از 200 m سقوط آزاد چترش را باز کند، شتابش چند متر بر مجذور ثانیه و چگونه است؟ (از نیروی مقاومت هوا تا قبل از باز شدن چتر صرف نظر کنید، $g = 10 \text{ N/kg}$ و نیروی مقاومت هوا متناسب با سرعت چتر باز فرض شود. ($f \propto v$))

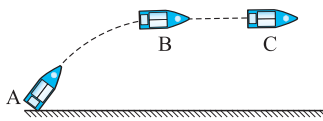
- ۱ (۴، روبه پایین) ۲ (۴، روبه بالا) ۳ (۶، روبه پایین) ۴ (۶، روبه بالا)

۵۱۶- دو کره مسی به جرم‌های $m_1 = m$ و $m_2 = 8m$ در حال سقوط در هوای آزاد هستند. در یک لحظه شتاب حرکت دو کره با یکدیگر مساوی و برابر $\frac{3}{4}g$ است. در این لحظه، سرعت کره (۱) چند برابر سرعت کره (۲) است؟ (بزرگی نیروی مقاومت هوای وارد بر هر کره از رابطه $f = kv^2$ به دست می‌آید که k ضریبی ثابت، v شعاع و v سرعت کره است.)

- (۱) $\frac{1}{4}$ (۲) $\frac{1}{2}$ (۳) ۲ (۴) ۴

۵۱۷- چتربازی به جرم 50 kg ، بدون سرعت اولیه، از بالای کوه بلندی به پایین رها می‌شود. پس از s سقوط اولیه، چترش را باز می‌کند و در این لحظه، نیروی مقاومت هوا از مقدار ثابت و اولیه 100 N به مقدار ثابت و ثانویه 1000 N می‌رسد و چترباز با تندی کمی به زمین می‌خورد. اگر در دو لحظه t_1 و t_2 ، تندی حرکت چترباز نصف بیشترین تندی‌اش در طول حرکت باشد، $\Delta t = t_2 - t_1$ چند ثانیه است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

- (۱) $2/4$ (۲) $3/6$ (۳) $4/2$ (۴) $4/8$



۵۱۸- مطابق شکل، موشکی به جرم 240 kg از نقطه A پرتاب می‌شود و هنگامی که به بالاترین نقطه مسیر یعنی B می‌رسد، موتور موشک روشن شده و موشک با شتاب ثابت 10 m/s^2 در راستای افق (مسیر BC) به حرکت خود ادامه می‌دهد. اگر بر اثر روشن شدن موتور موشک دو نیرو: یکی نیروی عمودی و روبه بالا و دیگری نیروی در راستای افق بر موشک وارد شود و برآیند این دو نیرو 4000 N باشد، نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت موشک چند نیوتون است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

- (۱) ۵۰۰ (۲) ۶۰۰ (۳) ۸۰۰ (۴) ۱۰۰۰

۴۳۷ گزینه ۳

یکایک گزینه‌های تست ۱ را زیر ذره‌بین می‌بریم!

۱) این جمله نادرست است. مطابق قانون دوم نیوتون هر چه نیروی وارد بر جسم بزرگ‌تر باشد، شتاب آن بیشتر است. (نه سرعت آن!)

۲) این جمله هم صحیح است؛ اما پاسخ صحیح تست نیست!

۳) طبق قانون اول نیوتون، یک متحرک برای ادامه حرکت خود، محتاج نیرو نیست. حرکت یک ذره آزاد (ذره‌ای که تحت تأثیر هیچ نیرویی نباشد) از خاصیت

لختی جسم برای ادامه حرکت خود ناشی می‌شود (نه از عاملی به نام نیرو)؛ پس، نیرو علت ادامه حرکت نیست. (گرچه علت شروع حرکت هست!)

۴) بله! اگر نیروی خالصی به جسم وارد شود، بردار سرعت جسم تغییر می‌کند.

۴۳۸ گزینه ۲

هر گزینه‌ای ساز خود را می‌زند! آن‌ها را جداجدا بررسی می‌کنیم!

۱) جسمی که بر سطح ماه قرار دارد، وزن دارد؛ نیروی وزن!

۲) نیرو را اجسام به یکدیگر وارد می‌کنند. اگر جسمی به دور از تأثیر هر جسم دیگری باشد، نیرویی به آن وارد نمی‌شود؛ بنابراین، در فضای دوردست، این

امکان وجود دارد که به جسم نیرویی وارد نشود.

۳) بردار سرعت یک متحرک به دو صورت می‌تواند تغییر کند: یکی تغییر در اندازه و دیگری تغییر در جهت. هر کدام از این تغییرها باعث می‌شود که حرکت

جسم شتابدار - و به عبارتی نیرودار (!) - باشد. جهت بردار سرعت جسم در حین دور زدن تغییر می‌کند؛ بنابراین، شتاب حرکت آن مخالف صفر است و نیروی

خالصی به آن وارد می‌شود.

۴) اگر جسمی در یک بازه زمانی ساکن باشد (سکون دائمی)، در آن بازه زمانی نیروی خالصی به جسم وارد نمی‌شود؛ اما اگر سرعت جسمی فقط در یک لحظه

صفر شود (سکون لحظه‌ای)، شتاب حرکت آن مخالف صفر است و حتماً به آن نیروی خالصی وارد می‌شود؛ برای نمونه، هنگامی که یک جسم را در راستای

قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم، سرعت جسم برای یک لحظه (در نقطه اوج) صفر می‌شود؛ با این حال، نیروی وارد بر جسم صفر نیست و جسم در زمان

حرکتش، تحت تأثیر نیروی وزن است.

۴۳۹ گزینه ۳

مطابق شکل صورت تست، ورقه مقوا به سرعت از زیر سکه کشیده می‌شود، اما سکه همراه با مقوا به حرکت در نمی‌آید و در مدتی که با

مقوا تماس دارد، وضعیت اولیه‌اش را حفظ می‌کند. این مقاومت سکه در برابر تغییر وضعیت حرکتی‌اش، به خاصیت لختی آن مربوط می‌شود.

۴۴۰ گزینه ۱

در ۲ و ۳، جهت سرعت و در ۴، هم جهت و هم اندازه سرعت تغییر می‌کند؛ پس، همه این حرکت‌ها شتابدار و نامتعادل‌اند.

فقط در ۱ بردار سرعت جسم ثابت است.

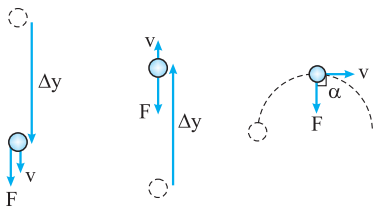
۴۴۱ گزینه ۱

در این شرایط، بردار سرعت جسم ثابت می‌مونه؛ یعنی هم اندازه‌اش ثابت می‌مونه هم جهتش.

۴۴۲ گزینه ۱

اگر بردار سرعت جسمی ثابت باشد، یا نیرویی به آن وارد نمی‌شود، یا چند نیرو با برابری صفر به آن وارد می‌شوند.

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \Rightarrow \vec{F}_2 = -\vec{F}_1 \Rightarrow \vec{F}_2 = -\vec{i} + \vec{j}$$



الف) $\alpha = 0^\circ$ ب) $\alpha = 180^\circ$ پ) $\alpha = 90^\circ$

۴۴۳ گزینه ۲

یکایک گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

۱) تغییر بردار سرعت جسم به معنی حرکت شتابدار آن و شتاب جسم به مفهوم اعمال نیرو بر آن است.

۲) نیرو در جهت شتاب و شتاب در جهت تغییر بردار سرعت است (نه سرعت!). از فصل پیش

می‌دانید بردار شتاب هر زاویه‌ای ممکن است با بردار سرعت بسازد؛ پس الزاماً نیروی وارد بر جسم

هم‌جهت با بردار سرعت آن نیست. در شکل‌های روبه‌رو، زاویه نیرو و سرعت (α) در سه حالت خاص

مشخص شده است (نیروی وارد بر جسم در هر سه حالت در جهت نیروی وزن و روبه‌پایین است).

۳) بحثی نیست!

۴) اگر نیروی وارد بر جسم متحرک در خلاف جهت حرکت آن باشد، \vec{a} و \vec{v} در خلاف جهت هم خواهند بود و حرکت متحرک کندشونده است.

۴۴۴ گزینه ۱

مطابق رابطه (۱)، نمودار شتاب یک جسم (با جرم ثابت) برحسب نیروی وارد بر آن، خطی مایل با شیب مثبت ($\frac{1}{m}$) و عرض از مبدأ

صفر است. حالا معادله نیروی وارد بر جسم هم هر پی که می‌خواه باشه، باشه!!

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{m_1}{m_1 - 0.20m_1} = \frac{m_1}{0.8m_1} = \frac{5}{4} \Rightarrow \frac{a_2 - a_1}{a_1} = \frac{5 - 4}{4} \Rightarrow \frac{\Delta a}{a_1} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{\Delta a}{a_1} \times 100 = 25\%$$

۴۴۵ گزینه ۲

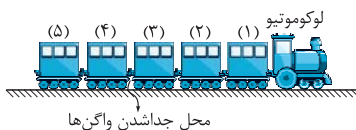
زیروند (۱) برای مکعب کوچک‌تر و زیروند (۲) برای مکعب بزرگ‌تر:

۴۴۶ گزینه ۲

$$\sum F = ma \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{m_2}{m_1}\right) \left(\frac{a_2}{a_1}\right) \Rightarrow \frac{2F}{F} = \left(\frac{m_2}{m_1}\right) \times \left(\frac{a}{4a}\right) \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = 2 \times 4 = 8 \quad (I)$$

رابطه چگالی، پاسخ‌گشا است! (حجم مکعب با ضلع d ، $V = d^3$ است.)

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = \rho d^3 \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right) \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^3 \xrightarrow{(I)} 8 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \left(\frac{2d}{d}\right)^3 \Rightarrow 8 \frac{\rho_2}{\rho_1} = 8 \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1$$



۴۴۷ گزینہ ۳ مطابق شکل، واگن‌ها از (۱) تا (۵) شماره‌گذاری شده‌اند. جرم لوکوموتیو را M و جرم هر واگن را m می‌گیریم. تعداد واگن‌های متصل به لوکوموتیو در دو حالت را هم با n_1 و n_2 نمایش می‌دهیم. آشکار است که در حالت دوم با جداشدن تعدادی از واگن‌ها و عدم صحبت از تغییر نیروی کشش لوکوموتیو، شتاب سامانه افزایش می‌یابد.

$$a_2 = a_1 + \Delta a \quad (\Delta a = 90 \text{ cm/s}^2 = 90 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2 = 9 \text{ m/s}^2) \rightarrow a_2 = 2/1 + 9 = 11 \text{ m/s}^2$$

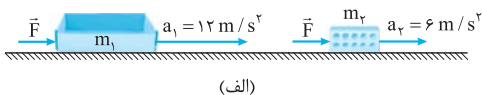
$$a = \frac{\sum F}{m} \quad (\sum F: \text{ثابت}) \rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{M + n_1 m}{M + n_2 m} \Rightarrow \frac{11}{2/1} = \frac{12/5 + 5 \times 7/5}{12/5 + n_2 \times 7/5}$$

مقایسه شتاب‌ها:

$$\Rightarrow \frac{11}{2} = \frac{12 + 7n_2}{12 + 7n_1} \Rightarrow 11(12 + 7n_1) = 2(12 + 7n_2) \Rightarrow 132 + 77n_1 = 24 + 14n_2 \Rightarrow 77n_1 - 14n_2 = -108$$

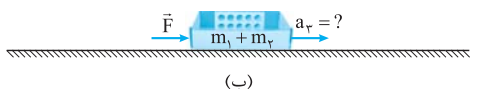
توجه کنید که چون با نسبت جرم‌ها سروکار داریم، کافی است جرم‌ها با یکای یکسان (در این جا تُن) جاگذاری شوند. خوب در حالت دوم، لوکوموتیو همراه سه واگن متصل به آن داریم. پس مطابق شکل بالا، واگن‌ها از اتصال بین واگن سوم و چهارم جدا شده‌اند.

۴۴۸ گزینہ ۱ در شکل (الف)، جرم جعبه را با m_1 و جرم آجر را با m_2 نشان داده‌ایم.



$$F = m_1 a_1 \Rightarrow m_1 = \frac{F}{a_1}, \quad F = m_2 a_2 \Rightarrow m_2 = \frac{F}{a_2}$$

وقتی آجر را درون جعبه قرار می‌دهیم، جرم مجموعه به $m_1 + m_2$ می‌رسد؛ در این صورت، مطابق شکل (ب)، داریم:



$$F = (m_1 + m_2) a_2 \Rightarrow F = \left(\frac{F}{a_1} + \frac{F}{a_2} \right) a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} \Rightarrow a_2 = 4 \text{ m/s}^2$$

۴۴۹ گزینہ ۳ جواب نهایی مستقل از مقدار F است و هر عددی به F بدهیم، جواب نهایی، یکسان است. (آگه مقدار F مهم بود، طراح قطعاً اونو مطرح می‌کرد!) پس به عدد قشنگ به F بره و با اون عدد، تست رو حل کن! البته نه هر عددی! به عددی که به ۱۲ و ۶ راحت سازه بشه. ۱۲ فوبه؟ پس برو بریم:

$$F = m_1 a_1 \Rightarrow 12 = m_1 \times 12 \Rightarrow m_1 = 1 \text{ kg}, \quad F = m_2 a_2 \Rightarrow 12 = m_2 \times 6 \Rightarrow m_2 = 2 \text{ kg}$$

$$F = (m_1 + m_2) a_2 \Rightarrow 12 = (1 + 2) \times a_2 \Rightarrow 3a_2 = 12 \Rightarrow a_2 = 4 \text{ m/s}^2$$

$$F = (m_2 - m_1) a_2$$

شبهه پاسخ تست قبلی، می‌نویسیم: ۴۴۹ گزینہ ۳

$$F = \left(\frac{F}{a_2} - \frac{F}{a_1} \right) a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{a_1 a_2}{a_1 - a_2} = \frac{12 \times 6}{12 - 6} = \frac{12 \times 6}{6} \Rightarrow a_2 = 12 \text{ m/s}^2$$

(شما با عددگذاری تست رو حل کنید و نشون بدید چه قدر تیزید!)

۴۵۰ گزینہ ۳ گام اول: برای حالتی که نیروهای F و F' به ترتیب بر جعبه‌های A و B وارد می‌شوند، شتاب جعبه B برابر شتاب جعبه A می‌شود، بنابراین:

$$F_A = m_A a_A \Rightarrow F = m_A a_A, \quad F_B = m_B a_B \Rightarrow F' = m_B (3a_A)$$

$$\frac{F}{F'} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{a_A}{3a_A} \Rightarrow \frac{F}{F'} = \frac{m_A}{3m_B} \quad (I)$$

گام دوم: و برای حالتی که نیروهای F' و F به ترتیب بر جعبه‌های A و B وارد می‌شوند، شتاب دو جعبه با یکدیگر برابر می‌شود، پس:

$$F_A = m_A a_A \Rightarrow F' = m_A a, \quad F_B = m_B a_B \Rightarrow F = m_B a$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{a}{a} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{m_A}{m_B} \Rightarrow \frac{F}{F'} = \frac{m_B}{m_A} \quad (II)$$

$$\frac{m_A}{3m_B} = \frac{m_B}{m_A} \Rightarrow m_A^2 = 3m_B^2 \Rightarrow m_A = \sqrt{3}m_B$$

گام سوم: و در پایان از مقایسه دو رابطه (I) و (II) داریم:

۴۵۱ گزینہ ۴ گام اول: با فرض این که m جرم یک گلوله و n تعداد گلوله‌های درون جعبه باشد، در حالت اول با اعمال نیروی F به جعبه، شتاب حرکت a می‌شود؛ پس:

$$F = (nm)a \quad (I)$$

گام دوم: با برداشتن یک گلوله از جعبه، شتاب حرکت 10% درصد افزایش می‌یابد: $F = (n-1)m(1/10)a \Rightarrow F = 1/10(n-1)ma \quad (II)$

و با گذاشتن یک گلوله در جعبه، شتاب حرکت 1 m/s^2 کاهش می‌یابد؛ در نتیجه: $F = (n+1)m(a-1) \quad (III)$

گام سوم: از مقایسه دو رابطه (I) و (II) تعداد گلوله‌ها را به دست می‌آوریم: $(nm)a = 1/1(n-1)ma \Rightarrow n = 1/1(n-1) \Rightarrow 0/1n = 1/1 \Rightarrow n = 11$
و از مقایسه دو رابطه (I) و (III) شتاب حرکت جعبه را محاسبه می‌کنیم:

$$(nm)a = (n+1)m(a-1) \Rightarrow na = (n+1)(a-1) \Rightarrow 11a = (11+1)(a-1) \Rightarrow 11a = 12a - 12 \Rightarrow a = 12 \text{ m/s}^2$$

و در پایان با مشخص بودن n ، a و F از رابطه (I) جرم یک گلوله را به دست می‌آوریم: $F = (nm)a \Rightarrow 66 = 11m \times 12 \Rightarrow m = 0.5 \text{ kg} = 500 \text{ g}$

گام اول: دو وزنه را به هم چسبیده و معادل وزنه‌ای به جرم مجموع m_1 و m_2 در نظر می‌گیریم و شتاب آن را حساب می‌کنیم: گزینه ۳ ۴۵۲

$$F = (m_1 + m_2)a \Rightarrow 30 = (2+3)a \Rightarrow a = 6 \text{ N/kg}$$

گام دوم: وزنه‌های m_1 و m_2 با شتاب فوق حرکت می‌کنند؛ پس: $\sum F_1 = m_1a = 2 \times 6 = 12 \text{ N}$ ، $\sum F_2 = m_2a = 3 \times 6 = 18 \text{ N}$

تنها نیرویی که در راستای افقی به وزنه m_2 وارد می‌شود، نیرویی است که m_1 به آن وارد می‌کند.

بزرگی برایند نیروهای وارد بر وزنه‌های m_1 و m_2 را به ترتیب با F_1 و F_2 نشان می‌دهیم. گزینه ۴ ۴۵۳

$$\begin{cases} F_1 = m_1 a_1 \\ F_2 = m_2 a_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow \frac{F_2}{12} = \frac{3}{2} \Rightarrow F_2 = 30 \text{ N}$$

$$F = (m_1 + m_2)a = m_1a + m_2a = F_1 + F_2 = 12 + 30 = 42 \text{ N}$$

تا زمانی که دو وزنه با هم حرکت می‌کنند، سرعت و شتاب یکسانی دارند. اگر قرار باشد، در یک لحظه دو وزنه از هم جدا شوند، چون گزینه ۳ ۴۵۴

سرعت لحظه‌ای برابری در آن لحظه دارند، باید شتاب وزنه $m_2 = 6 \text{ kg}$ از آن لحظه به بعد، از شتاب لحظه‌ای وزنه $m_1 = 2 \text{ kg}$ بیشتر شود تا وزنه m_2 از آن به بعد، با سرعت بیشتر، از وزنه m_1 جدا شود؛ توجه کنید که در لحظه جدایی، وزنه‌ها نیرویی به هم وارد نمی‌کنند.

$$a_2 \geq a_1 \Rightarrow a_2 - a_1 \geq 0 \Rightarrow \frac{F_2}{m_2} - \frac{F_1}{m_1} \geq 0 \Rightarrow \frac{3t+4}{6} - \frac{2t+3}{2} \geq 0 \xrightarrow{\text{(طرفین } \times 6)} 3t+4 - 3(2t+3) \geq 0 \Rightarrow 3t+4 - 6t-9 \geq 0 \Rightarrow -3t-5 \geq 0 \Rightarrow t \geq 5 \text{ s}$$

بنابراین، در لحظه $t = 5 \text{ s}$ ، دو وزنه از هم جدا می‌شوند.

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (20\vec{i} - 50\vec{j}) + (10\vec{i} + 20\vec{j}) + (-10\vec{j}) = 30\vec{i} - 40\vec{j}$$

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} = \frac{30\vec{i} - 40\vec{j}}{5} = 6\vec{i} - 8\vec{j} \Rightarrow |\vec{a}| = \sqrt{6^2 + (-8)^2} = \sqrt{36 + 64} = \sqrt{100} \Rightarrow a = 10 \text{ m/s}^2$$

چون دو نیرو هم‌جهت‌اند، شیبشان برابر است: گزینه ۴ ۴۵۵

$$\begin{cases} \vec{F}_1 \text{ شیب} = \frac{b}{2} \\ \vec{F}_2 \text{ شیب} = \frac{c}{3} \end{cases} \Rightarrow \frac{b}{2} = \frac{c}{3} \Rightarrow b = \frac{2c}{3} \Rightarrow \sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (2\vec{i} + 4\vec{j}) + (3\vec{i} + 6\vec{j}) = 5\vec{i} + 10\vec{j}$$

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} = \frac{5\vec{i} + 10\vec{j}}{5} = \vec{i} + 2\vec{j} \Rightarrow a = \sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5} \text{ m/s}^2$$

گام اول: بر اثر اعمال سه نیروی \vec{F}_1 ، \vec{F}_2 ، \vec{F}_3 جسم ساکن و شتاب حرکت آن صفر است: گزینه ۳ ۴۵۶

$$\vec{F}_t = m\vec{a}_t \xrightarrow{\vec{a}_t = 0} \vec{F}_t = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0 \quad (I)$$

با حذف \vec{F}_1 فقط نیروهای \vec{F}_2 و \vec{F}_3 بر جسم اعمال می‌شوند و شتاب حرکت جسم \vec{i} می‌شود؛ در نتیجه: $\vec{F}'_t = m\vec{a}'_t \Rightarrow \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = m\vec{i} \quad (II)$

و با حذف \vec{F}_2 شتاب حرکت جسم \vec{j} می‌شود؛ بنابراین: $\vec{F}''_t = m\vec{a}''_t \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_3 = m(-2\vec{i} + \vec{j}) \quad (III)$

و چنان‌چه نیروی \vec{F}_3 را حذف کنیم فقط نیروهای \vec{F}_1 و \vec{F}_2 بر جسم وارد شده و شتاب آن برابر \vec{a} می‌شود؛ پس: $\vec{F}'''_t = m\vec{a}'''_t \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m\vec{a} \quad (IV)$

گام دوم: از جمع طرفین رابطه‌های (III)، (II) و (IV) داریم: $(\vec{F}_2 + \vec{F}_3) + (\vec{F}_1 + \vec{F}_3) + (\vec{F}_1 + \vec{F}_2) = m\vec{i} + m(-2\vec{i} + \vec{j}) + m\vec{a}$

$$\Rightarrow 2(\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3) = m(\vec{i} - 2\vec{i} + \vec{j} + \vec{a}) \xrightarrow{(I)} 2 \times 0 = m(-\vec{i} + \vec{j} + \vec{a}) \Rightarrow -\vec{i} + \vec{j} + \vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{a} = \vec{i} - \vec{j}$$

گام اول: در ابتدا جسم تحت تأثیر دو نیروی \vec{F}_1 و \vec{F}_2 با شتاب 5 m/s^2 در حرکت است. اگر برایند نیروهای وارد بر جسم را در این گزینه ۳ ۴۵۷

حالت با \vec{F}_t نشان دهیم، داریم: $\vec{F}_t = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow \vec{F}_t = (m\vec{i} + 2\vec{j}) + (3\vec{i} + n\vec{j}) = (m+3)\vec{i} + (n+2)\vec{j} \Rightarrow F_t = \sqrt{(m+3)^2 + (n+2)^2}$

از طرفی مطابق با قانون دوم نیوتون، داریم: $F_t = ma_t \Rightarrow \sqrt{(m+3)^2 + (n+2)^2} = 2 \times 5 = 10 \Rightarrow (m+3)^2 + (n+2)^2 = 100 \quad (I)$



گام دوم: با اعمال نیروی دیگر یعنی \vec{F}_p به جسم، حرکت جسم یکنواخت و در نتیجه شتاب آن صفر می‌شود؛ پس:

$$\begin{aligned} \vec{F}_t' = m\vec{a}_t' = m \times 0 &\Rightarrow \vec{F}_t' = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_p + \vec{F}_r = 0 \\ \Rightarrow (m\vec{i} + r\vec{j}) + (r\vec{i} + n\vec{j}) + (n\vec{i} - (n+r)\vec{j}) &= 0 \Rightarrow (m+r+n)\vec{i} + (r+n-n-r)\vec{j} = 0 \\ \Rightarrow (m+n+r)\vec{i} = 0 &\Rightarrow m+n+r=0 \Rightarrow m+r=-n \quad \text{(II)} \end{aligned}$$

گام سوم: از قراردادن رابطه (II) در رابطه (I) داریم:

$$(-n)^r + (n+r)^r = 100 \Rightarrow n^r + n^r + rn + r = 100 \Rightarrow 2n^r + rn - 96 = 0$$

$$\Rightarrow n^r + 2n - 48 = 0 \Rightarrow (n+8)(n-6) = 0 \Rightarrow (n=-8 \xrightarrow{\text{II}} m=5), (n=6 \xrightarrow{\text{II}} m=-9)$$

اندازه هر نیرو را با F و برآیند دو نیرو را در حالت‌های اول و دوم به ترتیب با $\sum F_1$ و $\sum F_p$ نشان می‌دهیم:

۴۵۹- گزینه ۲

$$\begin{cases} \sum F_1 = F + F = 2F \\ \sum F_p = \sqrt{F^2 + F^2} = \sqrt{2}F \end{cases} \xrightarrow[\text{(م: ثابت)}]{(\sum F=ma)} \frac{\sum F_p}{\sum F_1} = \frac{a_p}{a_1} \Rightarrow \frac{\sqrt{2}F}{2F} = \frac{a_p}{2} \Rightarrow a_p = \sqrt{2} \text{ m/s}^2$$

هنگامی که دو نیروی \vec{F}_1 و \vec{F}_p به طور هم‌جهت بر جسم اثر کنند، برآیند آن‌ها بیشترین مقدار ممکن و هنگامی که این دو نیرو در خلاف جهت

۴۶۰- گزینه ۳

یکدیگر بر جسم اثر کنند، برآیند آن‌ها کمترین مقدار ممکن است؛ بنابراین:

$$F_{\max} = F_1 + F_p \Rightarrow ma_{\max} = F_1 + F_p \Rightarrow m \times 7 = F_1 + F_p \Rightarrow F_1 + F_p = 7m$$

$$F_{\min} = F_1 - F_p \Rightarrow ma_{\min} = F_1 - F_p \Rightarrow m \times 1 = F_1 - F_p \Rightarrow F_1 - F_p = m$$

$$F_1 = 4m, F_p = 3m$$

از مقایسه دو رابطه بالا داریم:

در نتیجه هنگامی که این دو نیرو به صورت عمود بر هم بر جسم به جرم m وارد می‌شوند، برآیند آن‌ها برابر است با:

$$F_t = \sqrt{F_1^2 + F_p^2} = \sqrt{(4m)^2 + (3m)^2} = \sqrt{16m^2 + 9m^2} = \sqrt{25m^2} \Rightarrow F_t = 5m \Rightarrow ma = 5m \Rightarrow a = 5 \text{ m/s}^2$$

باید یادی از بحث بردار کنیم!

۴۶۱- گزینه ۲

یادآوری

اگر برآیند چند بردار صفر باشد، اندازه هر بردار، برابر اندازه برآیند بردارهای دیگر است.

بنابراین، اگر برآیند بردارهای $\vec{F}_1, \vec{F}_p, \dots$ و \vec{F}_n صفر باشد، داریم:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_p + \vec{F}_r + \dots + \vec{F}_n = 0 \Rightarrow \vec{F}_p + \vec{F}_r + \dots + \vec{F}_n = -\vec{F}_1 \Rightarrow |\vec{F}_p + \vec{F}_r + \dots + \vec{F}_n| = |-\vec{F}_1| \xrightarrow{|\vec{F}_1| = |\vec{F}_1|} |\vec{F}_p + \vec{F}_r + \dots + \vec{F}_n|$$

$$|\vec{F}_n| = |\vec{F}_1 + \vec{F}_p + \dots + \vec{F}_{n-1}|, \quad |\vec{F}_p| = |\vec{F}_1 + \vec{F}_r + \dots + \vec{F}_n|$$

برمی‌گردیم به تست خودمان که معتقد است سه نیروی $F_1 = 8 \text{ N}, F_p = 6 \text{ N}, F_r = 12 \text{ N}$ به جسمی وارد شده‌اند و جسم ساکن است؛ حتماً برآیند این

$$|\vec{F}_r| = |\vec{F}_1 + \vec{F}_p| = 6 \text{ N}$$

سه نیرو صفر است و مطابق یادآوری قبل:

وقتی نیروی \vec{F}_p حذف می‌شود، فقط نیروهای \vec{F}_1 و \vec{F}_r به جسم وارد می‌شوند. برآیند این دو نیرو چند نیوتون است؟ حساب کردیم: 6 N . جسم در اثر این

نیروها، با چه شتابی حرکت می‌کند؟ حساب خواهیم کرد:

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{|\vec{F}_1 + \vec{F}_p|}{m} = \frac{6}{4} \Rightarrow a = 1.5 \text{ m/s}^2$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_p + \vec{F}_r = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_p = -\vec{F}_r$$

با توجه به این که جسم در ابتدا ساکن است، داریم:

۴۶۲- گزینه ۱

پس از این که اندازه نیروهای \vec{F}_1 و \vec{F}_p دو برابر می‌شود، تعادل جسم به هم می‌خورد. در این صورت، برآیند نیروهای وارد بر جسم برابر است با:

$$\sum \vec{F} = 2\vec{F}_1 + 2\vec{F}_p + \vec{F}_r = 2(\vec{F}_1 + \vec{F}_p) + \vec{F}_r \xrightarrow{(\vec{F}_1 + \vec{F}_p = -\vec{F}_r)} \sum \vec{F} = 2 \times (-\vec{F}_r) + \vec{F}_r = -2\vec{F}_r + \vec{F}_r = -\vec{F}_r$$

$$\Rightarrow |\sum \vec{F}| = |-\vec{F}_r| = |\vec{F}_r| = 12 \text{ N} \Rightarrow a = \frac{\sum F}{m} = \frac{12}{4} \Rightarrow a = 3 \text{ m/s}^2$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_p + \vec{F}_r = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_p = -\vec{F}_r \quad \text{(I)}$$

چون جسم در ابتدا ساکن است، برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است:

۴۶۳- گزینه ۴

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_p + \frac{\vec{F}_r}{2}$$

اگر اندازه \vec{F}_p نصف شود، برآیند نیروهای وارد بر جسم برابر می‌شود با:

$$\sum \vec{F} = -\vec{F}_r + \frac{\vec{F}_r}{2} = -\frac{\vec{F}_r}{2} \Rightarrow |\sum \vec{F}| = \frac{F_r}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ N} \Rightarrow a = \frac{\sum F}{m} = \frac{6}{8} = 0.75 \text{ N/kg}$$

جسم در جهت $\sum \vec{F}$ یعنی در خلاف جهت \vec{F}_p شروع به حرکت می‌کند.

۱- ضرب بردار در عدد -۱، فقط جهت آن را تغییر می‌دهد، ولی اندازه آن را تغییر نمی‌دهد؛ بنابراین: $|\vec{F}| = |-\vec{F}|$.



$$\sum F = ma = 5 \times 1 = 5 \text{ N} \xrightarrow{(F_1=10 \text{ N})} \sum F = \frac{F_1}{\gamma} \quad \text{اندازه برایند نیروهای وارد بر جسم برابر است با:} \quad \text{گزینه ۴۶۴}$$

چون جسم در خلاف جهت نیروی \vec{F}_1 به حرکت درمی آید، $\sum \vec{F}$ در خلاف جهت \vec{F}_1 است؛ بنابراین:

$$\sum \vec{F} = -\frac{\vec{F}_1}{\gamma} \quad \sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \Rightarrow -\frac{\vec{F}_1}{\gamma} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \Rightarrow \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = -\frac{\gamma}{\gamma} \vec{F}_1 \Rightarrow |\vec{F}_2 + \vec{F}_3| = \frac{\gamma}{\gamma} |\vec{F}_1| = \frac{\gamma}{\gamma} \times 10 \Rightarrow |\vec{F}_2 + \vec{F}_3| = 15 \text{ N}$$

زود دست به کار شوید و شتاب گلوله رو حساب کنید! فقط فراموش نکنید! (تبدیل یکای cm به m و g به kg) فراموش نشه! گزینه ۴۶۵

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 40^2 - 1000^2 = 2a \times (1 \times 10^{-2}) \Rightarrow 1600 - 1000000 = 2 \times 10^{-2} a \Rightarrow -84 \times 10^2 = 2 \times 10^{-2} a \Rightarrow a = -42 \times 10^4 \text{ m/s}^2$$

$$\sum F = ma = (20 \times 10^{-2}) \times (-42 \times 10^4) = -8400 \text{ N}$$

(علامت منفی $\sum F$ نشان می دهد که برایند نیروهای وارد بر جسم در خلاف جهت حرکت آن است و باعث کندشدن حرکت می شود؛ در ضمن، از نیروی وزن گلوله در مقایسه با نیروی تخته صرف نظر می شود.)

چون نیروی ثابتی به جسم وارد می شود، شتاب حرکت آن نیز ثابت است؛ بنابراین، می توان نوشت: گزینه ۴۶۶

$$\begin{cases} v^2 - v_0^2 = 2ax \xrightarrow{(v_0=0)} v^2 = 2ax \\ (2v)^2 - v_0^2 = 2ax' \xrightarrow{(v_0=0)} 4v^2 = 2ax' \end{cases} \Rightarrow \frac{4v^2}{v^2} = \frac{2ax'}{2ax} \xrightarrow{(v \neq 0)} \frac{x'}{x} = 4$$

با توجه به این که در این تست، زمان مقفول اثر است (t)، دو بار از رابطه مستقل از زمان استفاده می کنیم تا نسبت شتاب دو متحرک را به دست آوریم. ویژگی های اتومبیل و کامیون را به ترتیب با زیروندهای A و B نشان می دهیم. گزینه ۴۶۷

$$\begin{cases} v_A^2 - v_{0A}^2 = 2a_A \Delta x \Rightarrow 0^2 - 20^2 = 2a_A \Delta x \Rightarrow \frac{20^2}{10^2} = \frac{2a_A \Delta x}{2a_B \Delta x} \xrightarrow{(\Delta x \neq 0)} \frac{a_A}{a_B} = 4 \quad (I) \\ v_B^2 - v_{0B}^2 = 2a_B \Delta x \Rightarrow 0^2 - 10^2 = 2a_B \Delta x \end{cases}$$

$$\sum F = ma \Rightarrow \frac{\sum F_A}{\sum F_B} = \left(\frac{m_A}{m_B}\right) \left(\frac{a_A}{a_B}\right) = \left(\frac{1}{5}\right) \times 4 = 0.8$$

گام اول: شتاب و نیروی وارد بر جسم را حساب می کنیم: $\Delta x = \frac{1}{\gamma} at^2 + v_0 t \Rightarrow 25 = \frac{1}{\gamma} a \times (5)^2 + 0 \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2$ گزینه ۴۶۸

$$F_1 = ma = 5 \times 2 = 10 \text{ N} \quad (I)$$

گام دوم: چون جسم در ابتدا ساکن است، بر اثر اعمال دو نیروی عمود بر هم F_1 و F_2 در جهت برایند این دو نیرو یعنی F_1 به حرکت درمی آید؛ با فرض این که F_2 بزرگ تر از F_1 است، شکل مقابل را با توجه به صورت تست رسم می کنیم:

$$\sin 37^\circ = \frac{F_1}{F_2} \Rightarrow \frac{6}{10} = \frac{F_1}{10} \Rightarrow F_1 = 6 \text{ N}$$

نیروی خالص ثابت، شتاب ثابت را به جسم هدیه می دهد! اول سراغ رابطه های حرکت با شتاب ثابت می رویم و v_0 را پیدا می کنیم: گزینه ۴۶۹

$$v_{av} = \frac{v_0 + v}{\gamma} \xrightarrow{(v_{av} = 72 \text{ km/h} = \frac{72}{3.6} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s})} 20 = \frac{v_0 + 3v_0}{\gamma} \Rightarrow 4v_0 = 40 \Rightarrow v_0 = 10 \text{ m/s}$$

$$\sum F = ma = m \frac{(v - v_0)}{t} \xrightarrow{(v_0 = 10 \text{ m/s}), (v = 3v_0 = 3 \times 10 = 30 \text{ m/s})} 10 \times 10^2 = \frac{m \times (30 - 10)}{5}$$

$$\Rightarrow 4m = 10 \times 10^2 \Rightarrow m = 2/5 \times 10^2 = 2500 \text{ kg}$$

شتابی که جسم پس از وارد آمدن نیرو به خود می گیرد، برابر است با: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{3\vec{i}}{5/5} = 6\vec{i}$ گزینه ۴۷۰

این شتاب در جهت سرعت اولیه متحرک ($\vec{v}_0 = 2\vec{i}$) است. با توجه به معادله مکان - زمان در حرکت با شتاب ثابت داریم:

$$x = \frac{1}{\gamma} at^2 + v_0 t + x_0 = \frac{1}{\gamma} \times 6 \times 4^2 + 2 \times 4 - 10 = 48 + 8 - 10 = 46 \text{ m}$$

در پنج ثانیه اول طبق رابطه $v = at + v_0$ و مقایسه آن با رابطه داده شده ($v = 2t - 3$) در SI ، متوجه می شویم که متحرک با شتاب گزینه ۴۷۱

ثابت $a = 2 \text{ m/s}^2$ و سرعت اولیه $v_0 = -3 \text{ m/s}$ حرکت می کند. مکان متحرک در لحظه $t = 5 \text{ s}$ را به دست می آوریم:

$$x_5 = \frac{1}{\gamma} at^2 + v_0 t + x_0 = \frac{1}{\gamma} \times 2 \times 5^2 + (-3) \times 5 + 4 = 25 - 15 + 4 = 10 + 4 = 14 \text{ m}$$

در ادامه، نیروی خالص وارد بر جسم صفر می شود و طبق قانون اول نیوتون، متحرک با سرعت ثابت (سرعت در لحظه $t = 5 \text{ s}$)، به حرکت خود ادامه می دهد؛

$$v = v_5 \xrightarrow{(v = 2t - 3)} v = v_5 = 2 \times 5 - 3 = 7 \text{ m/s}$$

بنابراین:

$$x_8 = v\Delta t + x_5 = 7 \times (8 - 5) + 14 = 7 \times 3 + 14 = 21 + 14 \Rightarrow x_8 = 35 \text{ m}$$

و در لحظه $t = 8 \text{ s}$ با حرکت راست خط یکنواخت:



۴۷۲- گزینه ۲

گام اول: در طول مسیر بر جسم A فقط نیروی ۶ نیوتونی وارد می‌شود و مدت زمان حرکت آن تا رسیدن جسم B به آن، برابر ۱۰ s است، پس:
 $F_A = m_A a_A \Rightarrow 6 = 1 \times a_A \Rightarrow a_A = 6 \text{ m/s}^2$, $\Delta x_A = \frac{1}{2} a_A t^2 + v_0 t = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^2 + 0 = 300 \text{ m}$
 گام دوم: فرض کنید جسم B در ۵ ثانیه اول به اندازه Δx_B جابه‌جا شده و به سرعت v_B می‌رسد.

$F_B = m_B a_B \Rightarrow 4 = 1 \times a_B \Rightarrow a_B = 4 \text{ m/s}^2$ (در ۵ ثانیه اول حرکت)
 $\Delta x_B = \frac{1}{2} a_B t_1^2 + v_{0B} t_1 = \frac{1}{2} \times 4 \times 5^2 + 0 = 50 \text{ m}$, $v_B = a_B t_1 + v_{0B} = 4 \times 5 + 0 = 20 \text{ m/s}$
 به جسم B پس از ۵ s نیروی ΔF (در جهت \vec{F}_B) وارد می‌شود و این نیرو در مدت (Δt) باعث می‌شود B به A برسد؛ یعنی 250 m را طی کند:
 $\Delta x'_B = 300 - \Delta x_B = 300 - 50 = 250 \text{ m}$

شتاب ثانویه حرکت B برابر است با:

$$\Delta x'_B = \frac{1}{2} a'_B t_2^2 + v_B t_2 \Rightarrow 250 = \frac{1}{2} a'_B \times 5^2 + 20 \times 5 \Rightarrow a'_B = 12 \text{ m/s}^2 \quad (t_2 = t_{\text{کل}} - t_1 = 10 - 5 = 5 \text{ s})$$

$$a'_B = \frac{F_B + \Delta F}{m} \Rightarrow 12 = \frac{4 + \Delta F}{1} \Rightarrow 4 + \Delta F = 12 \Rightarrow \Delta F = 8 \text{ N}$$

۴۷۳- گزینه ۲ شتاب حرکت دو وزنه در آغاز حرکت (پیش از پاره‌شدن نخ):
 $a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{15}{20 + 10} = 0.5 \text{ N/kg}$

سرعت حرکت وزنه‌ها ۲ s پس از لحظه شروع حرکت (در لحظه پاره‌شدن نخ):
 $v = at + v_0 = 0.5 \times 2 + 0 = 1 \text{ m/s}$

بعد از پاره‌شدن نخ، برابند نیروهای وارد بر وزنه m_2 صفر می‌شود و این وزنه با سرعت ثابت $v = 1 \text{ m/s}$ به حرکت خود بر روی سطح افقی بدون اصطکاک ادامه می‌دهد و در مدت ۴ s، به اندازه ۴ m جابه‌جا می‌شود:

$$\Delta x_2 = v_2 t \xrightarrow{(v_2=v)} \Delta x_2 = 1 \times 4 = 4 \text{ m}$$

پس از پاره‌شدن نخ، وزنه m_1 تحت تأثیر نیروی F، شتاب a_1 را به دست می‌آورد:

$$a_1 = \frac{F}{m_1} = \frac{15}{20} = \frac{3}{4} \text{ m/s}^2$$

جابه‌جایی وزنه m_1 پس از گذشت ۴ s (از لحظه پاره‌شدن نخ):
 $\Delta x_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 + v_{01} t \xrightarrow{(v_{01}=v)} \Delta x_1 = \frac{1}{2} \times \frac{3}{4} \times 4^2 + 1 \times 4 = 10 \text{ m}$

پس وزنه m_1 ، در همان ۴ s، ۶ متر بیشتر از وزنه m_2 جابه‌جا می‌شود؛ ۱ m هم که از اول کار جلوتر بود (d_1)! پس فاصله بین دو وزنه (d_2) به ۷ m می‌رسد؛ یعنی:
 $d_2 = d_1 + (\Delta x_1 - \Delta x_2) = 1 + (10 - 4) \Rightarrow d_2 = 7 \text{ m}$

۴۷۴- گزینه ۲
 $K = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow 100 = \frac{1}{2} \times 2 \times v^2 \Rightarrow v^2 = 100 \Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{10}{2} = 5 \text{ N/kg} \quad , \quad v = at + v_0 \Rightarrow 10 = 5t + 0 \Rightarrow t = 2 \text{ s}$$

۴۷۵- گزینه ۲ چون نیروی ثابتی به جسم وارد می‌شود، شتاب آن ثابت است:

$$\frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \left(\frac{at_2}{at_1}\right)^2 = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{2} t$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \sqrt{2} t - t = (\sqrt{2} - 1) t$$

۴۷۶- گزینه ۱ اندازه نیروهایی که دو جسم به هم وارد می‌کنند، یکسان است؛ حتی اگر جرمشان برابر نباشد.

۴۷۷- گزینه ۲ زمین و هوا بر جسم نیرو وارد می‌کنند و جواب آن را هم از طرف جسم می‌گیرند!

۴۷۸- گزینه ۲ تست آنتیک، ولی مهم‌تره!! برای پاسخ به اون، بد نیست به یک داستان تاریخی اشاره کنم! در اولین

روزهای پرتاب موشک به فضا، در انتشارات معتبری مثل «نیوپورک تایمز»، در این مورد بحث می‌کردند و اعتقاد داشتند که موشک باید مثل یک بادکنک، هوا را به عقب براند و هوا آن را به جلو و چون در فضای دوردست هوایی برای به جلوراندن موشک وجود ندارد، موشک نمی‌تواند کار کند؛ ولی در واقع، موشک به دلیل نیروی واکنش حاصل از گازهای خروجی به خود موشک، حرکت می‌کند.

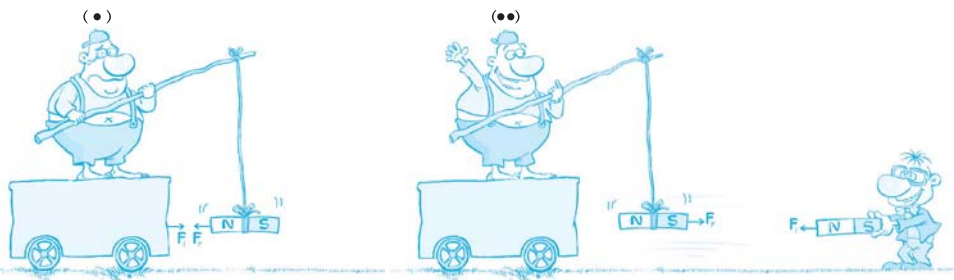
۴۷۹- گزینه ۲ نیروهای \vec{F}_1 و \vec{F}_2 واکنش زمین در برابر نیروهایی است که توپ در دو حالت به زمین وارد می‌کند؛ در نتیجه، جهت هر دوی این نیروها، روبه‌بالا است. (البته \vec{F}_1 و \vec{F}_2 عملکرد متفاوتی دارند؛ \vec{F}_1 در خلاف جهت حرکت توپ بر آن وارد می‌شود و حرکت آن را کند می‌کند، ولی \vec{F}_2 محرک توپ به سمت بالا است.)

۴۸۰- گزینه ۱ مطابق شکل زیر (●)، نیرویی که اربابه به آهن‌ربا وارد می‌کند (\vec{F}_2)، هم‌اندازه و در خلاف جهت نیرویی است که آهن‌ربا به اربابه وارد می‌کند

(\vec{F}_1)؛ بنابراین، مجموعه نه در جهت \vec{F}_2 به راست می‌رود و نه در جهت \vec{F}_1 به چپ. البته، طور دیگری هم می‌شود استدلال کرد: اگر مجموعه اربابه، شخص و آهن‌ربا را یک دستگاه در نظر بگیریم، نیروهای \vec{F}_1 و \vec{F}_2 جزء نیروهای داخلی (نیروهای بین اجزای دستگاه) هستند و نمی‌توانند منجر به حرکت دستگاه شوند. اگر مطابق شکل زیر (●●)، آهن‌ربای دومی خارج از دستگاه نصب شود، نیروی آن نیرویی خارجی خواهد بود که می‌تواند باعث حرکت اربابه (و دستگاه) به سمت آن آهن‌ربا شود.



نیروی پیشران توسط گازهای خارج‌شده، به موشک وارد می‌شود.



۴۸۱- گزینه ۳ اگر نیرویی را که بازیکن به توپ وارد می‌کند، با \vec{F}_1 و نیرویی را که توپ به بازیکن وارد می‌کند، با \vec{F}_2 نشان دهیم، داریم:

$$F_1 = F_2 \Rightarrow m_1 a_1 = m_2 a_2 \Rightarrow m_1 \left(\frac{\Delta v_1}{\Delta t} \right) = m_2 \left(\frac{\Delta v_2}{\Delta t} \right)$$

$$(v_{01} = 0 \Rightarrow \Delta v_1 = v_1) \quad , \quad (v_{02} = 0 \Rightarrow \Delta v_2 = v_2)$$

چون هم بازیکن و هم توپ در ابتدا ساکن بوده‌اند، داریم:

$$\Rightarrow m_1 v_1 = m_2 v_2 \Rightarrow 0/16 \times 20 = 80 v_2 \Rightarrow v_2 = 0/04 \text{ m/s} \Rightarrow v_2 = 4 \text{ cm/s} \quad (m_1 = 160 \text{ g} = 0/16 \text{ kg} \quad , \quad m_2 = 80 \text{ g})$$

چون \vec{F}_1 در خلاف جهت \vec{F}_2 و رو به عقب است، شخص با سرعت v_2 به عقب رانده می‌شود.

۴۸۲- گزینه ۳ زیروند A را به کمیت‌های وابسته به تانک و زیروند B را به کمیت‌های وابسته به گلوله اختصاص می‌دهیم. مطابق قانون سوم نیوتون

اندازه نیرویی که از طرف تانک بر گلوله وارد می‌شود ($|\vec{F}_{AB}|$)، برابر اندازه نیرویی است که از طرف گلوله بر تانک وارد می‌شود ($|\vec{F}_{BA}|$) و جهت این دو

نیرو در خلاف یکدیگر است، بنابراین:

$$F_{AB} = -F_{BA} \Rightarrow m_B a_B = -m_A a_A \Rightarrow m_B \frac{\Delta v_B}{\Delta t_B} = -m_A \frac{\Delta v_A}{\Delta t_A}$$

زمان اثر دو نیرو بسیار کوتاه و با یکدیگر برابر است ($\Delta t_A = \Delta t_B$)، پس:

$$m_B \Delta v_B = -m_A \Delta v_A \Rightarrow m_B (v_B - v_{0B}) = -m_A (v_A - v_{0A})$$

$$\Rightarrow 50(40 - 0) = -5000(v_A - 5) \Rightarrow v_A - 5 = -0/4 \Rightarrow v_A = 4/6 \text{ m/s}$$

در نتیجه تغییر سرعت تانک برابر است با:

$$F = W \Rightarrow ma = mg \Rightarrow a = g = 9/8 \text{ m/s}^2$$

۴۸۳- گزینه ۴

ویژگی‌های مربوط به سیاره مشتری (jupiter) را با زیرنویس J و مربوط به زمین را با زیرنویس e نشان می‌دهیم.

۴۸۴- گزینه ۲

$$W = mg \xrightarrow{(m: \text{ثابت})} \frac{W_j}{W_e} = \frac{g_j}{g_e} \xrightarrow{(g=10 \text{ m/s}^2)} 2/5 = \frac{g_j}{10} \Rightarrow g_j = 25 \text{ m/s}^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta y \Rightarrow v^2 - 0^2 = 2 \times 25 \times 10 \Rightarrow v^2 = 500 \Rightarrow v = 10\sqrt{5} \text{ m/s}$$

شیب خط برابر نسبت تغییرات کمیت واقع بر محور قائم به کمیت واقع بر محور افقی است؛ پس:

۴۸۵- گزینه ۳

$$\text{شیب خط} = \frac{W}{V} = \frac{mg}{V} = \frac{\rho V g}{V} = \rho g \xrightarrow{(\rho_{\text{پ}} = 10^3 \text{ kg/m}^3)} \xrightarrow{(g=10 \text{ m/s}^2)} 10^4 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta y \Rightarrow 20^2 - 0^2 = 2a \times 40 \Rightarrow a = 5 \text{ m/s}^2$$

پون که فواهی مل کنی این تست ناب، از شتاب رو برمتاب!!

۴۸۶- گزینه ۳

اگر فقط نیروی وزن گلوله بر آن اثر می‌کرد، گلوله شتابی معادل شتاب گرانشی ($g = 10 \text{ m/s}^2$) پیدا می‌کرد، پس قطعاً نیروی دومی هم باید بر گلوله اثر

کرده باشد؛ نیروی مقاومی که از شتاب سقوط گلوله کم می‌کند.

۴۸۷- گزینه ۳ در حالت اول (شکل الف)، گلوله با سرعت ثابت حرکت می‌کند؛ پس نیروی بالاسوی \vec{F}

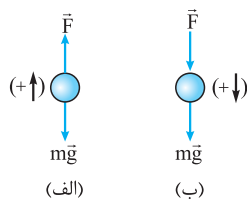
با نیروی پابین‌سوی $m\vec{g}$ موازنه می‌شود: $\sum F = 0 \Rightarrow F - mg = 0 \Rightarrow F = mg$ (ثابت: v)

در حالت دوم (شکل ب) که نیروی \vec{F} به سمت پایین بر گلوله وارد می‌شود، داریم:

$$\sum F = ma \Rightarrow F + mg = ma \Rightarrow mg + mg = ma \Rightarrow 2mg = ma \Rightarrow a = 2g$$

(در هر یک از حالت‌های بالا، جهت حرکت را مثبت فرض کردیم و علامت پشت نیروهای \vec{F} و $m\vec{g}$ را با توجه

به هم‌سویی یا عدم هم‌سویی با جهت حرکت گلوله، مشخص کردیم.)





۴۸۸ - گزینه ۳

با توجه به این که جسم به سمت بالا حرکت می‌کند، برآیند نیروهای وارد بر آن با توجه به شکل (الف) برابر است با:

$$\sum F = F - mg = 1500 - 1000 \times 10 = 1500 - 10000 = 500 \text{ N}$$

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{500}{100} = 5 \text{ N/kg}$$

سرعت جسم را پس از ۲۰ s با v_1 نشان می‌دهیم:

$$v_1 = at + v_0 = 5 \times 20 + 0 = 100 \text{ m/s}$$

جابه‌جایی جسم در ۲۰ ثانیه اول حرکت برابر است با:

$$\Delta y = \left(\frac{v_1 + v_0}{2}\right)t = \left(\frac{100 + 0}{2}\right) \times 20 = 1000 \text{ m}$$

بعد از حذف نیروی F ، فقط نیروی وزن به جسم وارد می‌شود و جسم تا ارتفاع h بالا می‌رود.

با توجه به شکل (ب) و به کارگیری قانون پایستگی انرژی مکانیکی h را حساب می‌کنیم:

$$E_1 = E_2$$

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + 0 = 0 + mgh \Rightarrow v_1^2 = 2gh \Rightarrow 100^2 = 2 \times 10 \times h \Rightarrow h = 500 \text{ m}$$

$$H = \Delta y + h = 1000 + 500 \Rightarrow H = 1500 \text{ m}$$

کل ارتفاعی که جسم بالا می‌رود، برابر است با:

سرعت جسم در لحظه برخورد به توده شنی (v_1) را حساب می‌کنیم: **گزینه ۴** - ۴۸۹

$$v_1^2 - v_0^2 = 2g\Delta y \Rightarrow v_1^2 - 0^2 = 2 \times 10 \times 5 \Rightarrow v_1 = 10 \text{ m/s}$$

این سرعت را می‌توان سرعت اولیه جسم در مدت زمان حرکت در شن منظور کرد. حالا، به کمک رابطه مستقل از زمان، شتاب حرکت جسم را در داخل شن حساب می‌کنیم:

$$v_1^2 - v_0^2 = 2a\Delta y \Rightarrow 10^2 - 0^2 = 2a \times (5 \times 10^{-2}) \Rightarrow a = -1000 \text{ m/s}^2$$

$$mg - F_{\text{شن}} = ma \Rightarrow F_{\text{شن}} = mg - ma = 1 \times 10 - 1 \times (-1000) = 10 + 1000 \Rightarrow F_{\text{شن}} = 1010 \text{ N}$$

راجع به تأثیر مساحت سطحی از جسم که بر مسیر حرکت عمود است (یعنی در معرض برخورد مولکول‌های شاره است) و تندی جسم **گزینه ۴** - ۴۹۰

بر نیروی مقاومت شاره قبلاً صحبت کردیم. فرض کنید که یک تکه خمیر را یک بار به شکل نون بربری و بار دیگر به شکل نون قلقلی درمی‌آوریم (!) و آن‌ها را در هوا رها می‌کنیم. جرم خمیرها برابر است، اما خمیری که تخت شده در معرض برخورد با مولکول‌های بیشتری از هوا قرار می‌گیرد و نیروی بزرگ‌تری از طرف هوا به آن وارد می‌شود. این مثال ساده نشان می‌دهد شکل جسم در نیروی مقاومت شاره مؤثر است، اما جرم آن نه!

تک تک گزینه‌ها را با هم ببینیم! **گزینه ۳** - ۴۹۱

۱) تندی گلوله در موقع بالارفتن کاهش و در موقع پایین آمدن افزایش می‌یابد. سرعت گلوله در نقطه اوج یک لحظه صفر می‌شود و سپس تغییر جهت می‌دهد.

نیروی مقاومت هوا به اجسام ساکن وارد نمی‌شود؛ پس نیروی مقاومت هوا بر گلوله در نقطه اوج صفر است.

۲) نیروی مقاومت هوا در هر صورتی در خلاف جهت حرکت جسم است.

۳) بله! نیروی مقاومت هوا تابع اندازه سرعت جسم است و در مدت بالارفتن گلوله، کاهش و موقع پایین آمدن گلوله، افزایش می‌یابد.

۴) وقتی ۳ درست است، ۴ غلطه درگه!

جسم اول به سمت پایین شتاب می‌گیرد و تندی‌اش افزایش می‌یابد. وقتی برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شد، شتاب حرکت آن صفر **گزینه ۳** - ۴۹۲

می‌شود و جسم با تندی ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

شکل روبه‌رو جسمی را نشان می‌دهد که در هوا سقوط می‌کند. با توجه به جهت حرکت جسم برآیند نیروهای **گزینه ۲** - ۴۹۳

وارد بر آن برابر است با:

$$\sum F = mg - f_D, \quad a = \frac{\sum F}{m} = \frac{mg - f_D}{m}$$

با افزایش سرعت جسم، نیروی مقاومت هوا افزایش و برآیند نیروهای وارد بر جسم ($\sum F = W - f_D$) و شتاب جسم کاهش می‌یابد

($f_D \uparrow \Rightarrow a \downarrow$). تا کی؟ تا زمانی که $f_D = mg$ شود. در این حالت، شتاب حرکت جسم صفر می‌شود و از این به بعد تندی جسم

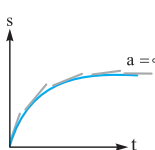
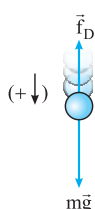
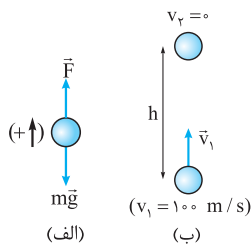
تغییر نمی‌کند.

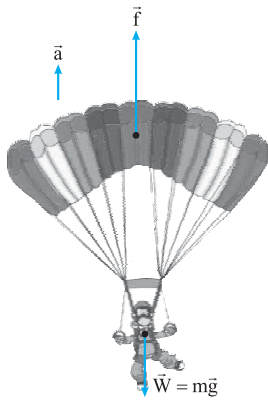
تندی جسم باید به تدریج زیاد شود (رد ۱) تا به مقدار ثابتی برسد (رد ۴). از طرفی شیب خط مماس بر **گزینه ۲** - ۴۹۴

نمودار تندی - زمان بیانگر اندازه شتاب متحرک است. چون به تدریج شتاب متحرک کاهش می‌یابد، شیب نمودار $s - t$ باید به تدریج کم

شود (رد ۳) تا این که در پایان که جسم به حد تندی خود می‌رسد، شتاب صفر می‌شود. نمودار رسم شده در (رد ۲) این ویژگی را دارد.

قرار است شتاب به تدریج کم شود تا به صفر برسد؛ یعنی **گزینه ۲** - ۴۹۵





۴۹۶- گزینه ۲ با توجه به شکل، پس از باز کردن چتر، دنیروی \vec{f} (مقاومت هوا روبه بالا) و $\vec{W} = m\vec{g}$ (وزن روبه پایین) به

سامانه چتر و چتر باز وارد می شوند. (مانند کتاب درسی، از جرم چتر در برابر جرم چتر باز چشم پوشی کردیم!) قانون دوم نیوتون می گوید:

$$\vec{f} + \vec{W} = m\vec{a} \Rightarrow f - W = ma \xrightarrow{\substack{f=2mg \\ W=mg}} 2mg - mg = ma \Rightarrow mg = ma \Rightarrow a = g$$

جهت بردار شتاب در این شرایط، هم جهت با نیروی بزرگ تر (\vec{f}) یعنی روبه بالا است. چون چتر باز روبه پایین حرکت

می کند (به دلیل سرعت اولیه روبه پایین که پیش از باز شدن چتر داشته است)، چتر باز ابتدا حرکت کندشونده ای را

تجربه می کند و اندازه سرعت روبه پایین آن کاهش می یابد؛ به طور هم زمان، با کاهش سرعت، اندازه \vec{f} هم کم می شود

تا اندازه اش از $2mg$ به mg برسد؛ در این شرایط، \vec{f} و \vec{W} موازنه شده ($f = mg$) و نیروی خالص وارد بر سامانه

صفر و حرکت آن یکنواخت می شود. در این حالت اندازه سرعت روبه پایین جسم ثابت می ماند (شتاب صفر)، ولی بردار \vec{f}

همواره روبه بالا می ماند؛ پس در کل، بردار شتاب \vec{a} همواره روبه بالا است و اندازه اش از g (روبه بالا) به صفر کاهش می یابد.

۴۹۷- گزینه ۲ چتر باز سعی می کنند بدن خود را به شکل افقی و عمود بر مسیر حرکت (عمود بر \vec{v}) در آورند (به این شکل بدن می گویند «spread eagle»

به معنی «عقاب گسترده بال»). این وضعیت باعث می شود نیروی مقاومت هوا به بیشترین مقدار و تندی حدی به کم ترین مقدار ممکن برسد.

۴۹۸- گزینه ۴ نیروی مقاومت هوا: الف) با افزایش سرعت جسم، افزایش می یابد (رد ۱) و ب) در خلاف جهت سرعت جسم است (رد ۳).

۴۹۹- گزینه ۲ گام اول: وقتی گلوله بالا می رود (شکل الف):

$$a = \frac{mg + f_D}{m} = g + \frac{f_D}{m} \Rightarrow 12 = 10 + \frac{f_D}{m} \Rightarrow \frac{f_D}{m} = 2 \Rightarrow f_D = 2m$$

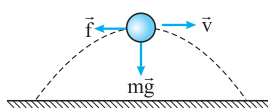
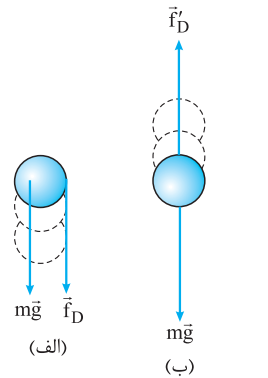
گام دوم: وقتی گلوله پایین می آید (شکل ب):

$$a' = \frac{mg - f'_D}{m} = g - \frac{f'_D}{m} \Rightarrow a' < g \Rightarrow a' < 10 \text{ m/s}^2$$

تندی گلوله در زمان پایین آمدن از یک نقطه از تندی آن در زمان بالا رفتن از همان نقطه کم تر است، چرا که مقاومت هوا باعث کاهش انرژی مکانیکی جسم می شود. پس بزرگی نیروی مقاومت هوا وارد بر گلوله در موقع پایین آمدن کم تر

از بزرگی نیروی مقاومت هوا وارد بر گلوله در موقع بالا رفتن است: $f'_D < f_D \Rightarrow f'_D < 2m \Rightarrow \frac{f'_D}{m} < 2$ (I)

$$a' = 10 - \frac{f'_D}{m} \xrightarrow{(I)} a' > 8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow 8 \text{ m/s}^2 < a' < 10 \text{ m/s}^2$$



۵۰۰- گزینه ۲ شکل روبه رو مسیر حرکت توپ را نشان می دهد. بردار سرعت همیشه مماس بر مسیر حرکت است

و در بالاترین نقطه مسیر به شکل افقی است. نیروی مقاومت هوا در خلاف جهت حرکت توپ به آن وارد می شود. پس در

بالاترین نقطه مسیر، نیروی مقاومت هوا عمود بر وزن جسم است و برابری این دو نیرو (F) برابر است با:

$$F = \sqrt{(mg)^2 + f^2} = \sqrt{(0.2 \times 10)^2 + 1^2} = \sqrt{5} \text{ N} \quad a = \frac{F}{m} = \frac{\sqrt{5}}{0.2} = 5\sqrt{5} \text{ m/s}^2$$

۵۰۱- گزینه ۳ مبدأ زمان را لحظه رها شدن سنگ (۱) در نظر می گیریم و چتر باز (۲) در همین لحظه، با تندی حدی 5 m/s (یعنی با حرکت یکنواخت)

و هم زمان با سقوط آزاد سنگ، سقوط غیر آزاد (یکنواخت) می کند. $\Delta y = \frac{1}{2}gt_1^2 \Rightarrow 45 = \frac{1}{2} \times 10 \times t_1^2 \Rightarrow t_1^2 = \frac{45}{5} = 9 \Rightarrow t_1 = \sqrt{9} = 3 \text{ s}$

(۲) $\Delta y = v_{\text{حدی}} t_2 \Rightarrow 45 = 5t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{45}{5} = 9 \text{ s}$

بنابراین، ابتدا در لحظه $t_1 = 3 \text{ s}$ سنگ و سپس در لحظه $t_2 = 9 \text{ s}$ چتر باز به زمین می رسند. چند ثانیه پس از برخورد سنگ به زمین، چتر باز به زمین می رسد؟

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 9 - 3 = 6 \text{ s}$$

۵۰۲- گزینه ۲ گام اول: شعاع قطره 1 mm و حجم تقریبی آن برابر است با:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 \approx \frac{4}{3} \times \pi \times (1 \times 10^{-3})^3 = 4 \times 10^{-9} \text{ m}^3$$

گام دوم: جرم قطره برابر است با:

$$m = \rho V = 1000 \times 4 \times 10^{-9} = 4 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

گام سوم: تندی یک جسم زمانی به مقدار حدی خود می رسد که نیروی مقاومت هوا دقیقاً نیروی وزن جسم را خنثی کند.

$$f = mg \Rightarrow 2/5 \times 10^{-6} v^2 = 4 \times 10^{-6} \times 10 \Rightarrow v^2 = \frac{40}{2/5} = 100 \Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$$



۵۰۳ - گزینه ۲

چگالی آب بیشتر از چگالی یخ است؛ پس جرم یک قطره باران (m_1) از جرم یک قطره نگرگ با همان حجم (m_p) بیشتر است:

$$m = \rho V \xrightarrow{(\rho_{\text{نگرگ}} > \rho_{\text{آب}})} m_1 > m_p \Rightarrow m_1 g > m_p g \Rightarrow W_1 > W_p$$

$$f = W$$

زمانی قطره‌ها به تندی حدى می‌رسند که وزنشان برابر نیروی مقاومت هوا شود:

$$W_1 > W_p \Rightarrow f_1 > f_p$$

پس نیرویی که هوا به قطره وارد می‌کند، بزرگ‌تر از نیرویی است که هوا به نگرگ وارد می‌کند:

$$s_1 > s_p$$

نیروی مقاومت هوا تابع تندی جسم است؛ پس تندی حدى قطره باران بزرگ‌تر از تندی حدى نگرگ است:

۵۰۴ - گزینه ۲

زمانی تندی جسم به مقدار حدى‌اش می‌رسد که نیروی وزن آن با نیروی مقاومت هوا موازنه شود؛ یعنی:

$$f = mg \Rightarrow \frac{1}{4} A v^2 = mg \Rightarrow v = \sqrt{\frac{4mg}{A}}$$

چون وزن دو جسم یکسان است، تندی حدى دو جسم با جذر A نسبت عکس دارد (مساحت مقطعی از کره که عمود بر مسیر حرکت است برابر $A = \pi r^2$ است):

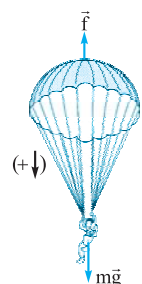
$$\frac{v_{\text{کره}}}{v_{\text{مکعب}}} = \frac{\sqrt{A_{\text{مکعب}}}}{\sqrt{A_{\text{کره}}}} = \sqrt{\frac{a^2}{\pi a^2}} = \sqrt{\frac{1}{\pi}} = \sqrt{\frac{1}{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

۵۰۵ - گزینه ۲

در این تست، وزن دستگاه (چترباز و چتر)، نیروی محرک و نیروی مقاومت هوا، نیروی مقاوم در برابر

حرکت دستگاه محسوب می‌شود. اگر جرم دستگاه را با m ، نیروی مقاومت هوا را با f و جهت حرکت دستگاه را مثبت فرض

کنیم، خواهیم داشت:



$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{mg - f}{m} = \frac{(90 + 10) \times 9 / 8 - f}{90 + 10}$$

$$a = 2 / 8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow 2 / 8 = \frac{90 - f}{100} \Rightarrow 90 - f = 20 \Rightarrow f = 90 - 20 = 70 \text{ N}$$

۵۰۶ - گزینه ۲

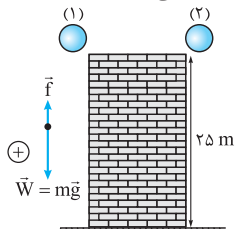
$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow \lambda^2 - 0^2 = 2a \times 4 \Rightarrow 64 = 8a \Rightarrow a = 8 \text{ m/s}^2$$

$$\sum F = ma \Rightarrow mg - f = ma \Rightarrow 0 / 2 \times 10 - f = 0 / 2 \times 8 \Rightarrow 2 - f = 1 / 6 \Rightarrow f = 2 - 1 / 6 = 0 / 4 \text{ N}$$

۵۰۷ - گزینه ۲

با توجه به شکل و داده‌های صورت تست، قانون دوم نیوتون برای گوی‌ها را می‌نویسیم. (جهت حرکت گوی‌ها یعنی جهت روبه پایین را

جهت مثبت می‌گیریم.)



$$m_1 g - f = m_1 a_1 \xrightarrow{(f=2\text{N})} 1 \times 10 - 2 = 1 \times a_1 \Rightarrow a_1 = 8 \text{ m/s}^2$$

$$m_2 g - f = m_2 a_2 \xrightarrow{(f=2\text{N})} 2 \times 10 - 2 = 2 a_2 \Rightarrow 18 = 2 a_2 \Rightarrow a_2 = 9 \text{ m/s}^2$$

تندی برخورد گوی‌ها با زمین:

$$v_1^2 - 0^2 = 2 a_1 \Delta y_1 \xrightarrow{(\Delta y_1 = h = 25\text{m})} v_1^2 = 2 \times 8 \times 25 = 16 \times 25 \Rightarrow v_1 = 4 \times 5 = 20 \text{ m/s}$$

$$v_2^2 - 0^2 = 2 a_2 \Delta y_2 \xrightarrow{(\Delta y_2 = h = 25\text{m})} v_2^2 = 2 \times 9 \times 25 \Rightarrow v_2 = \sqrt{2 \times 3 \times 25} = 15 \sqrt{2} = 15 \times 1 / 4 = 21 \text{ m/s}$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 21 - 20 = 1 \text{ m/s}$$

اختلاف تندی‌های برخورد به زمین:

۵۰۸ - گزینه ۱ گام اول: در ابتدا ارتفاع h را با استفاده از اطلاعات وابسته به حرکت گلوله در شرایط خلأ به دست می‌آوریم:

$$h = \frac{1}{2} g t^2 + v_0 t = \frac{1}{2} \times 10 \times 5^2 + 25 \times 5 = 250 \text{ m}$$

گام دوم: شتاب حرکت گلوله در هوای آزاد را با استفاده از قانون دوم نیوتون محاسبه می‌کنیم:

$$F_t = ma \Rightarrow mg - f = ma \Rightarrow 5 \times 10 - 10 = 5a \Rightarrow 5a = 40 \Rightarrow a = 8 \text{ m/s}^2$$

و در پایان سرعت اولیه گلوله را که باید با آن به سمت زمین پرتاب شود، به دست می‌آوریم:

$$h = \frac{1}{2} a t^2 + v_0' t \Rightarrow 250 = \frac{1}{2} \times 8 \times 5^2 + v_0' \times 5 \Rightarrow 250 = 100 + 5v_0' \Rightarrow 5v_0' = 150 \Rightarrow v_0' = 30 \text{ m/s}$$

۵۰۹ - گزینه ۴ گام اول: اول بریم سراغ سقوط آسان‌تر (در خلأ):

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \xrightarrow{(y=h')} h' = \frac{1}{2} \times 10 \times 4^2 = 5 \times 16 = 80 \text{ m} \xrightarrow{(h'=h+4)} h + 4 = 80 \text{ m} \Rightarrow h = 80 - 4 = 76 \text{ m}$$

$$y = \frac{1}{2} a t^2 \xrightarrow{(t=4\text{s})} 76 = \frac{1}{2} a \times 4^2 \Rightarrow \lambda a = 76 \Rightarrow a = 9 / 5 \text{ m/s}^2$$

گام دوم: حالا بریم سراغ سقوط در هوا (که h لاش رو در گام اول به دست آوردیم): جهت مثبت را جهت حرکت گلوله روبه پایین می‌گیریم. طبق قانون دوم نیوتون:

$$W - f = ma \Rightarrow mg - f = ma \Rightarrow 0 / 80 \times 10 - f = 0 / 80 \times 9 / 5 \Rightarrow f = 0 / 8 \times 10 - 0 / 8 \times 9 / 5 = 0 / 8 \times (10 - 9 / 5) = 0 / 8 \times 41 / 5 = 0 / 4 \text{ N}$$

$$\frac{f}{mg} \times 100 = \frac{0 / 4}{0 / 8 \times 10} \times 100 = \frac{0 / 4}{0 / 8} \times 100 = \frac{10}{2} = 50\%$$

درصد ناقابل خواسته شده:

۵۱۰- گزینه ۳
با توجه به ثابت بودن نیروی مقاومت هوا برای هر گوی، هر کدام یک حرکت راست‌خط با شتاب ثابت را تجربه می‌کنند. از فصل گذشته به یاد دارید که در حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت، جابه‌جایی در ثانیه n م چگونه به دست می‌آید. حالا چون حرکت گوی‌ها در راستای قائم (هر چند با $a \neq g$) صورت

می‌گیرد، از نماد y_n به جای x_n استفاده می‌کنیم:
$$y_n = \frac{1}{2} a (2n-1) + v_0 \xrightarrow{(v_0=0)} y_3 = \frac{1}{2} a \times (2 \times 3 - 1) + 0 \Rightarrow y_3 = \frac{5}{2} a \quad (I)$$

ابتدا رابطه کلی شتاب را برای دو گوی در نظر می‌گیریم (جهت مثبت روبه پایین):
$$mg - f = ma \Rightarrow a = \frac{mg-f}{m} = \frac{mg}{m} - \frac{f}{m} \Rightarrow a = g - \frac{f}{m} \quad (II)$$

حالا رابطه (II) برای گوی اول به جرم m و شتاب a_1 و نیروی مقاومت هوای $f_1 = f$:
$$a_1 = g - \frac{f_1}{m} = 10 - \frac{f}{m} \quad (III)$$

$$y_3 = 2125 \text{ cm} = 21/25 \text{ m} \xrightarrow{(I)} \frac{5}{2} a_1 = 21/25 \xrightarrow{(III)} \frac{5}{2} \times (10 - \frac{f}{m}) = 21/25$$

$$\Rightarrow 25 - \frac{5}{2} (\frac{f}{m}) = 21/25 \Rightarrow \frac{5}{2} (\frac{f}{m}) = 25 - 21/25 = 3/75 \text{ m} \quad (IV)$$

می‌توانیم کسر $\frac{f}{m}$ و حتی a_1 را حساب کنیم ولی در ادامه می‌بینید که اگر حساب نکنیم، اتفاقی نمی‌افتد! و حالا رابطه (II) برای گوی دوم به جرم m و شتاب

$$a_2 = g - \frac{f_2}{m} = 10 - \frac{2f}{m} \quad (V) \quad f_2 = 2f \text{ و نیروی مقاومت هوای}$$

به کمک جابه‌جایی گوی دوم در ثانیه سوم (y'_3):
$$y'_3 = \frac{5}{2} a_2 \xrightarrow{(V)} y'_3 = \frac{5}{2} \times (10 - \frac{2f}{m})$$

اختلاف جابه‌جایی دو گوی در ثانیه سوم:
$$\Delta y_3 = y_3 - y'_3 = \frac{5}{2} \times (10 - \frac{f}{m}) - \frac{5}{2} \times (10 - \frac{2f}{m}) = \frac{5}{2} \times (10 - \frac{f}{m} - 10 + \frac{2f}{m})$$

$$\Rightarrow \Delta y_3 = \frac{5}{2} \times \frac{f}{m} \xrightarrow{(IV)} \Delta y_3 = 3/75 \text{ m} = 375 \text{ cm}$$



۵۱۱- گزینه ۳
در شکل مقابل، نیروی بالابر بالن را با

F نشان داده‌ایم. فرض می‌کنیم جرم وزنه‌هایی که از بالن به بیرون پرت شده، m باشد. در این صورت:

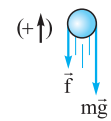
با توجه به شکل (الف)، داریم:
$$Mg - F = Ma$$

با توجه به شکل (ب)، داریم:
$$F - (M - m)g = (M - m)a$$

طرفین رابطه‌های بالا را با هم می‌همیم!!

$$Mg - (M - m)g = Ma + (M - m)a \Rightarrow mg = 2Ma - ma \Rightarrow mg + ma = 2Ma \Rightarrow m(g + a) = 2Ma \Rightarrow m = \frac{2Ma}{g + a}$$

۵۱۲- گزینه ۱
مطابق شکل روبه‌رو، در آزمایش اول، نیروی مقاومت هوا (\vec{f}) در خلاف جهت حرکت گلوله، بر آن اثر می‌کند.



$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{-mg - f}{m} = -g - \frac{f}{m}$$

شتاب حرکت گلوله در این حالت برابر است با:

$$t_s = \frac{-v_0}{a} \xrightarrow{(t_s = t_1)} t_1 = \frac{v_0}{g + \frac{f}{m}}$$

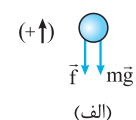
و زمان اوج گلوله در این حالت، برابر است با:

$$t_s = -\frac{v_0}{a} \xrightarrow{(a = -g)} \xrightarrow{(t_s = t_2)} t_2 = \frac{v_0}{g}$$

اگر آزمایش در خلأ انجام شود، شتاب حرکت گلوله $-g$ می‌شود؛ در این صورت:

$$g + \frac{f}{m} > g \Rightarrow \frac{v_0}{g + \frac{f}{m}} < \frac{v_0}{g} \Rightarrow t_1 < t_2$$

از مقایسه t_1 و t_2 ، می‌فهمیم:



$$\sum F = ma \quad \text{گام اول: شتاب حرکت گلوله در موقع بالارفتن (شکل الف) برابر است با:}$$

$$-mg - f = ma_1 \Rightarrow a_1 = \frac{-(mg + f)}{m}$$

سرعت گلوله در پایان این مرحله (یعنی نقطه اوج) به صفر می‌رسد ($v_1 = 0$). با توجه به رابطه مستقل از سرعت اولیه داریم:

$$h = -\frac{1}{2} a t_1^2 + v_1 t_1 \Rightarrow h = (\frac{mg + f}{2m}) t_1^2 \quad (I)$$



گام دوم: شتاب حرکت گلوله را در موقع پایین آمدن (شکل ب) حساب می‌کنیم:

$$\sum F = ma$$

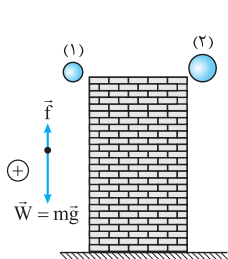
$$mg - f = ma_y \Rightarrow a_y = \frac{mg - f}{m}$$

سرعت گلوله در ابتدای این مرحله برابر $v_1 = 0$ است. با توجه به رابطه جابه‌جایی - زمان می‌نویسیم:

$$h = \frac{1}{2} a_y t_y^2 + v_1 t_y \Rightarrow h = \left(\frac{mg - f}{2m}\right) t_y^2 \quad (II)$$

گام سوم: با مقایسه رابطه‌های (I) و (II) نتیجه می‌گیریم:

$$\left(\frac{mg + f}{2m}\right) t_1^2 = \left(\frac{mg - f}{2m}\right) t_2^2 \xrightarrow{(mg+f > mg-f)} t_1 < t_2$$



۵۱۴- **گزینه ۱** مطابق شکل، گوی کوچک‌تر را با زیربند (۱) و گوی بزرگ‌تر را با زیربند (۲) همراه می‌کنیم. شتاب سقوط گوی‌ها را به کمک قانون دوم نیوتون پیدا می‌کنیم. (جهت حرکت گوی‌ها یعنی جهت پایین را جهت مثبت می‌گیریم.)

$$mg - f = ma \Rightarrow a = \frac{mg - f}{m} = \frac{2 \times 10 - f}{2} = \frac{20 - f}{2} = 10 - \frac{f}{2} \quad (I)$$

گوی (۱) کوچک‌تر و مساحت جلوی آن (سطح مقطع) کوچک‌تر از گوی (۲) است؛ بنابراین، نیروی مقاومت هوا در برابر گوی (۱) کمتر از نیروی مقاومت هوا برای گوی (۲) است ($f_1 < f_2$)؛ بنابراین طبق رابطه (I)، شتاب گوی (۱) بزرگ‌تر از شتاب

گوی (۲) می‌باشد ($a_1 > a_2$) و طبق فرض تست:

$$a_1 = a_2 + 0.5 a_2 = 1.5 a_2 \Rightarrow a_1 = \frac{3}{2} a_2 \quad (II)$$

به کمک رابطه‌های (I) و (II):

$$10 - \frac{f_1}{2} = \frac{3}{2} \left(10 - \frac{f_2}{2}\right) \xrightarrow{(دوطرف \times 2)} 40 - 2f_1 = 60 - 3f_2 \Rightarrow 3f_2 - 2f_1 = 60 - 40 = 20 \quad (III)$$

فرض تست: $f_1 + f_2 = \frac{mg}{2} = \frac{2 \times 10}{2} = 10 \text{ N} \Rightarrow f_2 = 10 - f_1 \xrightarrow{(III)} 3 \times (10 - f_1) - 2f_1 = 20 \Rightarrow 30 - 3f_1 - 2f_1 = 20 \Rightarrow 5f_1 = 10 \Rightarrow f_1 = 2 \text{ N}$

گام اول: در ابتدا نیروی مقاومت هوا در لحظه‌ای که چتر باز، چترش را پس از 50 m سقوط آزاد باز می‌کند به دست می‌آوریم:

$$F_t = ma_1 \Rightarrow mg - f_1 = ma_1 \Rightarrow f_1 = m(g - a_1) = 75(10 - 2) = 600 \text{ N}$$

گام دوم: سرعت چتر باز را پس از 50 m و 200 m سقوط آزاد به دست می‌آوریم و نسبت این دو سرعت را محاسبه می‌کنیم:

$$v_1^2 - v_0^2 = 2g\Delta y_1 \Rightarrow v_1^2 - 0 = 2g \times 50 \Rightarrow v_1^2 = 100g$$

$$v_2^2 - v_0^2 = 2g\Delta y_2 \Rightarrow v_2^2 - 0 = 2g \times 200 \Rightarrow v_2^2 = 400g$$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{100g}{400g} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{2} \quad (I)$$

گام سوم: حالا می‌توانیم نیروی مقاومت هوا را در لحظه‌ای که چتر باز، چترش را پس از 200 m سقوط آزاد باز می‌کند، حساب کنیم:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{v_1}{v_2} \xrightarrow{(I)} \frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{600}{f_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow f_2 = 1200 \text{ N}$$

گام چهارم: در پایان، شتاب چتر باز در لحظه‌ای که چترش را پس از 200 m سقوط آزاد باز می‌کند، به دست می‌آوریم:

$$F_t' = ma_y \Rightarrow mg - f_2 = ma_y \Rightarrow 750 - 1200 = 75a_y \Rightarrow a_y = \frac{-450}{75} \Rightarrow a_y = -6 \text{ m/s}^2$$

۵۱۶- **گزینه ۲** گام اول: اندازه نیروی مقاومت هوا برای هر یک از کره‌های مسی را در لحظه t به دست می‌آوریم؛ شتاب دو کره در این لحظه با یکدیگر

مساوی و برابر $\frac{3}{4}g$ است، بنابراین:

(۱) کره مسی: $F_1 = m_1 a_1 \Rightarrow m_1 g - f_1 = m_1 \left(\frac{3}{4}g\right) \Rightarrow f_1 = \frac{1}{4} m_1 g$

(۲) کره مسی: $F_2 = m_2 a_2 \Rightarrow m_2 g - f_2 = m_2 \left(\frac{3}{4}g\right) \Rightarrow f_2 = \frac{1}{4} m_2 g$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{m}{\lambda m} \Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{\lambda} \quad (I)$$

گام دوم: با توجه به رابطه‌ای که بین جرم دو کره مسی وجود دارد، نسبت شعاع‌های دو کره را به دست می‌آوریم:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{\lambda m}{m} = \lambda \xrightarrow{(m=\rho V)} \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{V_2}{V_1} = \lambda \xrightarrow{(\rho_2=\rho_1)} \frac{V_2}{V_1} = \lambda \Rightarrow \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3 = \lambda \Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \sqrt[3]{\lambda} \Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{\sqrt[3]{\lambda}} \quad (II)$$

گام سوم: با توجه به رابطه $\frac{3}{4}g$ می‌نویسیم:

$$\frac{f_1}{f_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{(II)} \frac{1}{\lambda} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{r_1}{r_2}\right) \times \frac{1}{\sqrt[3]{\lambda}} = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{\sqrt[3]{\lambda}}$$

۵۱۷- گزینه ۲

گام اول: (شتاب پیش از بازکردن چتر): نیروی مقاومت هوا (\vec{f}_1) روبه بالا و کمتر از نیروی وزن (\vec{W}) روبه پایین است. پس جسم به صورت تندشونده روبه پایین حرکت می کند (با شتاب روبه پایین). در این حالت، جهت مثبت را روبه پایین می گیریم؛ بنابراین:

$$W - f_1 = ma_1 \Rightarrow mg - f_1 = ma_1 \Rightarrow 50 \times 10 - 100 = 50a_1 \Rightarrow 50a_1 = 400 \Rightarrow a_1 = 8 \text{ m/s}^2$$

گام دوم: (شتاب پس از بازکردن چتر): پس از بازکردن چتر، بزرگی نیروی مقاومت هوا (\vec{f}_2) روبه بالا بر بزرگی نیروی وزن (\vec{W}) روبه پایین، پیشی می گیرد و بردار شتاب روبه بالا و حرکت چتر باز کندشونده است. باز هم جهت مثبت را روبه پایین می گیریم (شتاب منفی می شود): پس:

$$W - f_2 = ma_2 \Rightarrow mg - f_2 = ma_2 \Rightarrow 50 \times 10 - 1000 = 50a_2 \Rightarrow 50a_2 = -500 \Rightarrow a_2 = -10 \text{ m/s}^2$$

گام سوم: می بینید که پیش از بازکردن چتر، چتر باز به مدت ۴ s با شتاب 8 m/s^2 حرکت تندشونده دارد و پس از بازکردن چتر، حرکتی کندشونده با شتاب 10 m/s^2 را تجربه می کند تا به تندی حدی برسد و حرکت یکنواختی را تجربه کند، بنابراین، بیشترین تندی حرکت چتر باز مربوط به لحظه $t = 4 \text{ s}$ است. (در طول حرکت، بردار سرعت روبه پایین می ماند).

$$v_{\max} = v_{(t=4 \text{ s})} = a_1 t + v_0 = 8 \times 4 + 0 \Rightarrow v_{\max} = 32 \text{ m/s}$$

در لحظه t_1 از حرکت کندشونده، تندی چتر باز نصف تندی بیشینه می شود.
و در لحظه t_2 از حرکت کندشونده هم تندی چتر باز نصف تندی بیشینه اش می شود. توجه کنید که سرعت اولیه حرکت کندشونده، همان سرعت در آخرین لحظه حرکت کندشونده (یعنی v_{\max}) است.

$$v_1 = at_1 + v_0 \xrightarrow{(v_1 = \frac{v_{\max}}{2} = \frac{32}{2} = 16 \text{ m/s})} 16 = 8t_1 + 0 \Rightarrow t_1 = 2 \text{ s}$$

$$v_2 = a(t_2 - 4) + v' \xrightarrow{(v_2 = \frac{v_{\max}}{2} = v_1 = 16 \text{ m/s})} 16 = -10(t_2 - 4) + 32 \Rightarrow 10(t_2 - 4) = 16 \Rightarrow t_2 - 4 = 1/6 \Rightarrow t_2 = 5/6 \text{ s}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 5/6 - 2 = 7/6 \text{ s}$$

و خواسته تست:

۵۱۸- گزینه ۳

گام اول: با روشن شدن موتور موشک در نقطه B، دو نیروی عمود بر هم بر موشک اعمال می شود؛ نیروی F_1 در راستای قائم و روبه بالا و نیروی F_2 در راستای افق (شکل مقابل). براینند این دو

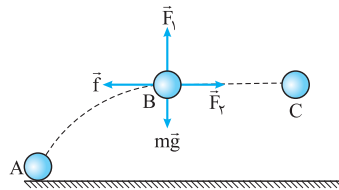
$$\sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 4000 \quad (I)$$

نیرو طبق صورت تست، ۴۰۰۰ N است؛ پس:

همچنین بر موشک دو نیروی دیگر وزن و مقاومت هوا (f) هم وارد می شوند.

گام دوم: چون حرکت موشک در راستای افق (مسیر BC) است، براینند نیروهای وارد بر آن در راستای قائم صفر است، پس:

$$F_1 = mg = 240 \times 10 = 2400 \text{ N}$$



اکنون می توان با استفاده از رابطه (I)، نیروی F_2 را نیز به دست آورد:

$$\sqrt{(2400)^2 + F_2^2} = 4000 \Rightarrow F_2 = \sqrt{(4000)^2 - (2400)^2} = 3200 \text{ N}$$

گام سوم: و در پایان برای محاسبه نیروی مقاومت هوا، قانون دوم نیوتون را برای موشک در راستای افق می نویسیم:

$$F_x = ma_x \Rightarrow F_2 - f = ma_x \Rightarrow 3200 - f = 240 \times 10 \Rightarrow f = 3200 - 2400 = 800 \text{ N}$$