








فهرست

فصل اول: فیزیک و اندازه‌گیری	۷
فصل دوم: کار، انرژی و توان	۱۸
فصل سوم: ویژگی‌های فیزیکی مواد	۳۵
فصل چهارم: دما و گرما	۵۷
فصل پنجم: ترمودینامیک	۸۸
فصل ششم: الکتروسیسته ساکن	۱۰۸
فصل هفتم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم	۱۳۶
فصل هشتم: مغناطیس	۱۶۹
فصل نهم: القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب	۱۸۶
فصل دهم: حرکت بر خط راست	۲۰۵
فصل یازدهم: دینامیک و حرکت دایره‌ای	۲۳۹
فصل دوازدهم: نوسان و موج	۲۶۹
فصل سیزدهم: برهم‌کنش‌های موج	۳۰۱
فصل چهاردهم: آشنایی با فیزیک اتمی	۳۲۹
فصل پانزدهم: آشنایی با فیزیک هسته‌ای	۳۴۷
آزمون‌های جامع	۳۶۰
پاسخ‌نامه تشریحی آزمون‌های جامع	۳۷۵
پاسخ‌نامه کلیدی	۳۹۶

راهنمای آی‌کون‌های کتاب:

 هشدار	 توجه	 نکته
 حواستان باشد	 پاسخ	 مثال
		 یادآوری



فصل دهم حرکت بر خط راست

الفبای حرکت در راستای خط راست

برای شناخت حرکت، لازم است با مفاهیم زیر آشنا شویم:
مسافت و جابه‌جایی: مسافت کمیتی نرده‌ای و جابه‌جایی کمیتی برداری است که به صورت زیر تعریف می‌شوند:

مسافت (l)	بردار جابه‌جایی (\vec{d})
طول مسیر حرکت	برداری که نقطه اول حرکت را به نقطه انتهای حرکت وصل می‌کند. $\vec{d} = \Delta x \vec{i}$
<p>متحرک از نقطه (۱) به (۲) و سپس به (۳) رفته است.</p>	<p>متحرک روی محیط دایره از نقطه (۱) به (۲) رفته است.</p>

در حالت کلی، $l > |\vec{d}|$ است؛ اما اگر متحرکی در حرکت روی یک خط راست تغییر جهت ندهد، داریم: $l = |\vec{d}|$.

لحظه و بازه زمانی: تفاوت لحظه و بازه زمانی را در نمودار روبه‌رو نشان داده‌ایم:
 تفاضل دو لحظه، نشان‌دهنده بازه زمانی بین آن دو لحظه است:
 $\Delta t = t_2 - t_1$

تندی متوسط و سرعت متوسط: تندی کمیتی نرده‌ای و سرعت کمیتی برداری است و مقدار متوسط آن از فرمول‌های زیر به دست می‌آید:

تندی متوسط	سرعت متوسط
$S_{av} = \frac{l}{\Delta t}$ → مسافت (m) → زمان حرکت (s)	$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \vec{i} \Rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ علامت جبری Δx و v_{av} جهت حرکت را نشان می‌دهند.

تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای

تندی لحظه‌ای (v): تندی متحرک در هر لحظه از زمان یا در هر نقطه از مسیر (مثال: تندی لحظه‌ای یک متحرک 5 m/s است).

سرعت لحظه‌ای (\vec{v}): تندی لحظه‌ای با در نظر گرفتن جهت حرکت (مثال: سرعت لحظه‌ای همان متحرک 5 m/s به طرف شمال است).

وقتی می‌گوییم «تندی» و «سرعت»، منظورمان تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای است.

متحرکی روی محور x حرکت می کند و در مبدأ زمان از مکان $x_0 = -40 \text{ m}$ می گذرد و در لحظه $t_1 = 6 \text{ s}$ به مکان $x_1 = 100 \text{ m}$ می رسد و در نهایت در لحظه $t_2 = 10 \text{ s}$ از مکان $x_2 = 20 \text{ m}$ می گذرد. سرعت متوسط این متحرک در SI در این 10 s ، کدام است؟ (تقریبی ۹۸)

۲۲ (۱) ۱۴ (۲) ۶ (۳) ۲ (۴)

گزینه «۳» کافی است اطلاعات مفید مسئله را در فرمول $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ بگذاریم:

$$v_{av} = \frac{x_2 - x_0}{t_2 - t_0} = \frac{20 - (-40)}{10 - 0} = \frac{60}{10} = 6 \text{ m/s}$$

(همین طور که دیدید $t_1 = 6 \text{ s}$ و $x_1 = 100 \text{ m}$ اطلاعات بی مصرف و اضافی بودن.)

شتاب

هرگاه سرعت جسمی تغییر کند، حرکت آن شتاب دار است. شتاب متوسط از فرمول زیر حساب می شود:

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

سرعت اولیه سرعت نهایی

تغییر سرعت (m/s) بازه زمانی تغییر سرعت (s)

شتاب متوسط برای حرکت در یک راستا (m/s^2)

شتاب لحظه ای \vec{a} : شتاب متحرک در هر لحظه از زمان

وقتی می گوئیم «شتاب» منظورمان شتاب لحظه ای است.

جهت ها: جابه جایی، سرعت و شتاب کمیت هایی برداری هستند و تعیین جهت آن ها برای ما مهم است. برای حرکت در راستای محور x ، این جهت ها را به شکل زیر تعیین می کنیم:

جهت جابه جایی: اگر متحرک به سمت x های مثبت برود، جابه جایی مثبت و اگر به سمت x های منفی برود، جابه جایی منفی است.

جهت سرعت: بردار سرعت همواره با بردار جابه جایی هم جهت (هم علامت) است.

جهت شتاب: بردار شتاب با بردار تغییر سرعت (و نه خود سرعت) هم جهت (هم علامت) است؛ یعنی:

سرعت ثابت $\Leftarrow \Delta v = 0 \Leftarrow$ شتاب صفر ($a = 0$)

$\Leftarrow \Delta v > 0 \Leftarrow$ شتاب مثبت ($a > 0$) سرعت در جهت مثبت و در حال زیاد شدن

$\Leftarrow \Delta v < 0 \Leftarrow$ شتاب منفی ($a < 0$) سرعت در جهت منفی و در حال کم شدن

$\Leftarrow \Delta v > 0 \Leftarrow$ شتاب مثبت ($a > 0$) سرعت در جهت منفی و در حال زیاد شدن

$\Leftarrow \Delta v < 0 \Leftarrow$ شتاب منفی ($a < 0$) سرعت در جهت مثبت و در حال کم شدن

متحرکی در مسیر مستقیم حرکت می کند و معادله سرعت - زمان آن در SI، به صورت

$$v = 2t^2 - 4t - 2$$

است. شتاب متوسط آن در ۲ ثانیه دوم چند متر بر مجذور ثانیه است؟ (تقریبی خارج ۹۸)

۲ (۱) ۴ (۲) ۶ (۳) ۸ (۴)

گزینه «۳» **گام اول** چند صفحه جلوتر درباره t ثانیه m خواهیم خواند؛ اما این جا لازم

است بدانیم که ۲ ثانیه دوم حرکت، یعنی از $t_1 = 2 \text{ s}$ تا $t_2 = 4 \text{ s}$. برای این که شتاب متوسط در این بازه را به دست آوریم باید سرعت لحظه ای در ابتدا و انتهای این بازه را تعیین کنیم.

معادله سرعت - زمان برابر $v = 2t^2 - 4t - 2$ است؛ پس داریم:

$$t = 2 \text{ s} \Rightarrow v_1 = 2(2)^2 - 4(2) - 2 = -2 \text{ m/s}$$

$$t = 4 \text{ s} \Rightarrow v_2 = 2(4)^2 - 4(4) - 2 = 14 \text{ m/s}$$

گام دوم با توجه به این که شتاب متوسط از رابطه $a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ به دست می‌آید، داریم:

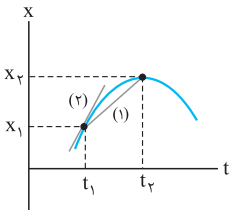
$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{14 - (-2)}{4 - 2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ m/s}^2$$

معرفی کلی نمودارهای حرکت

نمودار مکان-زمان

از این نمودار می‌توان اطلاعات زیر را به دست آورد:

- مکان جسم در هر لحظه: x_1 مکان جسم در لحظه t_1 و x_2 مکان جسم در لحظه t_2 است.



- **سرعت متوسط:** سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه از زمان، برابر شیب خطی است که نقاط متناظر با آن دو لحظه را به هم وصل می‌کند.

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = (1) \text{ شیب خط}$$

- **سرعت لحظه‌ای:** شیب مماس بر نمودار در یک نقطه، برابر سرعت لحظه‌ای متحرک در آن لحظه است. سرعت لحظه‌ای متحرک در لحظه t_1 = شیب خط (۲)

- دور و نزدیک شدن به مبدأ:

دور شدن	نمودار	محور افقی (t) به معنای	دور شدن	از
نزدیک شدن	نمودار	محور افقی (t) به معنای	نزدیک شدن	به

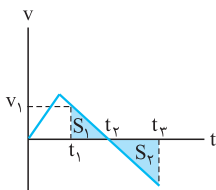
- **ساکن بودن:** اگر نمودار $x - t$ در بازه‌ای از زمان، خطی افقی موازی محور t باشد، نشان‌دهنده ساکن بودن متحرک در آن بازه زمانی است. همین‌طور اگر خط مماس بر نمودار در یک لحظه افقی باشد، یعنی متحرک در آن لحظه ساکن بوده است.

- **تغییر جهت متحرک:** در لحظه‌هایی که نمودار بیشینه یا کمینه است، متحرک در حال تغییر جهت است. (مثلاً در نمودار بالا در لحظه t_2 متحرک تغییر جهت می‌دهد.)

نمودار سرعت-زمان

از این نمودار می‌توان اطلاعات زیر را به دست آورد:

- **سرعت متحرک در هر لحظه:** در نمودار مقابل، سرعت متحرک در لحظه t_1 برابر v_1 است.



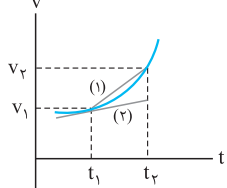
- **تغییر جهت متحرک:** در لحظه‌ای که نمودار، محور t را قطع می‌کند و علامت سرعت در دو طرف آن متفاوت می‌شود، متحرک تغییر جهت داده است. در نمودار $v - t$ مقابل، t_2 لحظه تغییر جهت متحرک است.

• **جابه‌جایی:** مساحت سطح محصور بین نمودار و محور t برابر با جابه‌جایی متحرک است. اگر این سطح بالای محور t باشد، جابه‌جایی در جهت مثبت و اگر پایین محور t باشد، جابه‌جایی در جهت منفی است. جابه‌جایی کل، مجموع تمام جابه‌جایی‌های مثبت و منفی است. در نمودار صفحه قبل:

$$\left. \begin{aligned} S_1 > 0 &= \text{جابه‌جایی بین دو لحظه } t_1 \text{ تا } t_2 \\ S_2 < 0 &= \text{جابه‌جایی بین دو لحظه } t_2 \text{ تا } t_3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{جابه‌جایی در بازه زمانی } t_1 \text{ تا } t_3 = S_1 + S_2$$

• **مسافت:** مجموع مساحت سطح‌های محصور بین نمودار و محور t (بدون در نظر گرفتن علامت منفی برای سطح‌های زیر محور t) برابر با مسافت طی شده توسط متحرک است. در نمودار صفحه قبل:

$$\text{مسافت طی شده در بازه } t_1 \text{ تا } t_3 = |S_1| + |S_2|$$



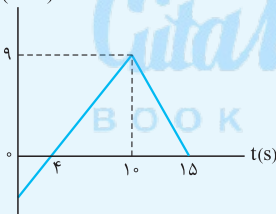
• **شتاب متوسط:** شیب خط وصل بین دو نقطه از نمودار $v-t$ ، برابر شتاب متوسط در آن بازه زمانی است.

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = (1) \text{ شیب خط}$$

شتاب متوسط بین زمان‌های t_1 تا t_2

• **شتاب لحظه‌ای:** شیب خط مماس بر نمودار $v-t$ در یک لحظه، برابر شتاب لحظه‌ای متحرک در آن لحظه است. شتاب لحظه‌ای در لحظه t_1 = شیب خط (۲)

v (m/s)



■ **نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل است. شتاب متوسط متحرک در بازه زمانی $t = 0$ تا $t = 15$ S چند متر بر مربع ثانیه است؟**

(تیربی قارچ ۹۳ - مشابه تیربی ۹۲ - مشابه تیربی ۸۹)

○ / ۴ (۱)

○ / ۶ (۲)

○ / ۸ (۳)

■ **گزینه ۱»** **گام اول** سرعت متحرک در لحظه $t = 0$ را تعیین می‌کنیم. برای این کار باید

شیب نمودار را در بازه $t = 0$ تا $t = 10$ S به دست آوریم و برای آن از مختصات دو لحظه $t_1 = 4$ S و

$$t_2 = 10$$
 S و استفاده می‌کنیم: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{9 - 0}{10 - 4} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2}$ شتاب m شیب نمودار

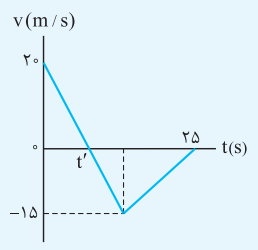
$$v = at + v_0 \Rightarrow v = \frac{3}{2}t + v_0$$

برای تعیین v_0 ، مقدار $v = 9$ m/s را به ازای $t = 10$ S در رابطه به دست آمده قرار می‌دهیم:

$$9 = \frac{3}{2} \times 10 + v_0 \Rightarrow v_0 = -6 \text{ m/s}$$

■ **گام دوم** سرعت نهایی متحرک در لحظه $t = 15$ S برابر صفر است؛ بنابراین:

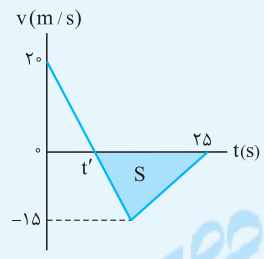
$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{0 - (-6)}{15 - 0} = \frac{6}{15} = \frac{2}{5} = 0.4 \text{ m/s}^2$$



نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور Xها حرکت می کند، مطابق شکل مقابل است. بزرگی سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی که حرکت متحرک خلاف جهت محور Xها است، چند متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۹۴ - مشابه تهرنی خارج ۹۰ - مشابه ریاضی ۸۹)

- (۱) صفر
 (۲) $2/5$
 (۳) $7/5$
 (۴) 10

گزینه «۳» هنگامی که متحرک خلاف جهت محور X حرکت می کند، نمودار $v - t$ آن، زیر محور t قرار دارد. در لحظه t' سرعت متحرک صفر شده و از آن لحظه تا $t = 25$ S در خلاف جهت محور Xها حرکت کرده است.

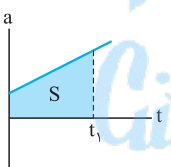


مساحت سطح رنگ شده برابر است با جابه جایی متحرک در خلاف جهت محور Xها؛ بنابراین داریم:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{|S|}{25 - t'}$$

$$= \frac{|-15 \times (25 - t')|}{25 - t'} = \frac{15}{2} = 7.5 \text{ m/s}$$

نمودار شتاب - زمان

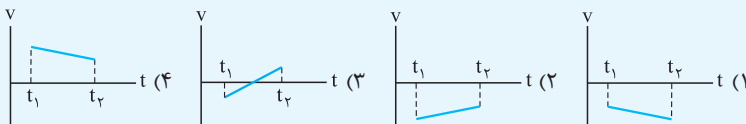


این نمودار، شتاب متحرک در هر لحظه را نشان می دهد و سطح محصور بین نمودار و محور t در یک بازه زمانی، نشان دهنده تغییر سرعت متحرک در آن بازه است. $S = \Delta v$

رندشونده، کندشونده، یکنواخت

حرکت کندشونده	حرکت یکنواخت	حرکت تندشونده
حرکتی است که در آن، اندازه سرعت متحرک در حال کم شدن است. $a \cdot v < 0$ حرکت کندشونده	حرکتی است که در آن، سرعت متحرک ثابت باشد. $a = 0$ حرکت با سرعت ثابت	حرکتی است که در آن، اندازه سرعت متحرک در حال زیاد شدن است. $a \cdot v > 0$ حرکت تندشونده
حرکت کندشونده \Leftrightarrow نزدیک شدن نمودار سرعت به محور t	حرکت یکنواخت \Leftrightarrow افقی بودن نمودار سرعت	حرکت تندشونده \Leftrightarrow دور شدن نمودار سرعت از محور t

کدام نمودار، مربوط به متحرکی است که در بازه زمانی نشان داده شده، حرکت آن پیوسته تندشونده است؟



گزینه «۱» حرکت تندشونده حرکتی است که طی آن، اندازه سرعت جسم همواره در حال افزایش است. در «۲» و «۴» اندازه سرعت در حال کاهش است. در «۳» اندازه سرعت ابتدا کاهش و پس از صفرشدن افزایش یافته است. فقط در «۱» است که اندازه سرعت از زمان t_1 تا t_2 در حال زیادشدن است.

حرکت با سرعت ثابت

اگر در یک حرکت، تندی (اندازه سرعت) و جهت سرعت متحرک (جهت حرکت متحرک) در طول مسیر ثابت باشد، آن حرکت را حرکت با سرعت ثابت می‌نامیم. در حرکت با سرعت ثابت، شتاب صفر ($a = 0$) و در هر بازه زمانی، سرعت متوسط مساوی سرعت لحظه‌ای ($v = v_{av}$) است.

معادله حرکت با سرعت ثابت:

$$X = v t + X_0$$

مکان اولیه متحرک (m/s) ← سرعت (m/s)
 مکان متحرک در لحظه t ← X
 زمان (s) ↓

نمودارهای حرکت با سرعت ثابت: اگر معادله بالا را در صفحه $X - t$ رسم کنیم، نمودار خطی است که شیب آن برابر v و عرض از مبدأ آن X_0 است. تمام نمودارهای این حرکت را در جدول زیر می‌بینید:

وضعیت متحرک	نمودار شتاب - زمان	نمودار سرعت - زمان	نمودار مکان - زمان
با سرعت ثابت در جهت X ‌های مثبت حرکت می‌کند.			
با سرعت ثابت در جهت X ‌های منفی حرکت می‌کند.			



تبدیل یکاهای سرعت: برای تبدیل یکاهای (km/h) و (m/s) به یکدیگر، در حالت کلی داریم:

$$\text{km/h} \xleftrightarrow{\times 3/6} \text{m/s}$$

اما در بیشتر مسائل با یکی از عدددهای جدول زیر روبه‌رو می‌شویم که بهتر است آن‌ها را به خاطر بسپاریم:

v (km/h)	$18 \xrightarrow{+18} 36 \xrightarrow{+18} 54 \xrightarrow{+18} 72 \xrightarrow{+18} 90 \xrightarrow{+18} 108$
v (m/s)	$5 \xrightarrow{+5} 10 \xrightarrow{+5} 15 \xrightarrow{+5} 20 \xrightarrow{+5} 25 \xrightarrow{+5} 30$

در یک حرکت با سرعت ثابت، متحرک در لحظه‌های $t_1 = 1\text{ s}$ و $t_2 = 12\text{ s}$ به ترتیب در مکان‌های

$$x_1 = -2/5\text{ m} \quad \text{و} \quad x_2 = 25\text{ m} \quad \text{قرار دارد. مکان اولیه این متحرک در چند متری مبدأ بوده است؟}$$

(۱) صفر (۲) -۱ (۳) -۲/۵ (۴) -۵

گزینه «۴» صورت کلی معادله حرکت با سرعت ثابت را نوشته و مختصات داده‌شده را در آن

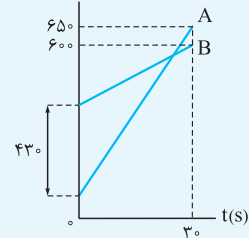
جای گذاری می‌کنیم و از حل دستگاه دو معادله - دو مجهول، مکان اولیه (x_0) را به دست می‌آوریم:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= vt_1 + x_0 \\ x_2 &= vt_2 + x_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} -2/5 &= v(1) + x_0 \\ 25 &= v(12) + x_0 \end{aligned}$$

معادله بالایی را از معادله پایینی کم می‌کنیم:

$$27/5 = 11v \Rightarrow v = 2/5\text{ m/s} \quad \text{به دست آمده را در معادله اول قرار می‌دهیم} \quad -2/5 = 2/5 + x_0 \Rightarrow x_0 = -5\text{ m}$$

نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B به صورت شکل



مقابل است. سرعت متحرک A چند متر بر ثانیه بیشتر از

(تهرپی فارغ ۹۴)

سرعت متحرک B است؟

(۱) ۱۲

(۲) ۱۲/۶

(۳) ۱۶

(۴) ۱۶/۳

گزینه «۳» روش اول: نمودار داده‌شده، دو متحرک در حرکت با سرعت ثابت را نشان

می‌دهد. معادله حرکت با سرعت ثابت را برای هر کدام می‌نویسیم:

$$\left. \begin{aligned} x_A &= v_A t + x_{0A} \\ x_B &= v_B t + x_{0B} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} 65 &= v_A(30) + x_{0A} \\ 60 &= v_B(30) + x_{0B} \end{aligned}$$

$$5 = 30(v_A - v_B) + (x_{0A} - x_{0B})$$

با توجه به نمودار، $x_{0A} - x_{0B} = -۴۳\text{ m}$ ؛ در نتیجه داریم:

$$\Delta_0 = ۳۰(v_A - v_B) - ۴۳ \Rightarrow v_A - v_B = \frac{\Delta_0 + ۴۳}{۳} = ۱۶\text{ m/s}$$

روش دوم: در حرکت با سرعت ثابت، سرعت لحظه‌ای و متوسط برابر است. از روی نمودار مشخص است که متحرک A در ابتدای حرکت ۴۳ m از متحرک B عقب‌تر و در پایان حرکت ۵۰ m از آن جلوتر است. پس در مدت زمان ۳ s ، متحرک A به اندازه $۴۸\text{ m} = ۴۳ + ۵۰$ بیشتر

از متحرک B حرکت کرده است: $v_A - v_B = \frac{\Delta x_A - \Delta x_B}{۳} = \frac{۴۸}{۳} = ۱۶\text{ m/s}$

معادلات حرکت با شتاب ثابت

در این حرکت، شتاب متوسط مساوی شتاب لحظه‌ای ($a = a_{av}$) است. در بررسی حرکت با شتاب ثابت، چند معادله اصلی داریم که کمیت‌های Δx ، v ، v_0 ، a و t را به هم مربوط می‌کنند. در حل هر تست باید ببینیم که داده‌ها و خواسته سؤال چیست و رابطه مناسبی را که بین آن‌ها ارتباط برقرار می‌کند، از بین معادله‌های زیر انتخاب کنیم.

معادله سرعت - زمان (مستقل از جابه‌جایی):

$$v = at + v_0$$

شتاب (m/s^2)
 سرعت اولیه (m/s)
 زمان (s)
 سرعت جسم در لحظه t (m/s)

معادله مکان - زمان (مستقل از سرعت نهایی):

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

مکان اولیه
 مکان جسم در لحظه t

معادله مستقل از زمان:

$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$$

مکان اولیه
 مکان نهایی
 سرعت اولیه (m/s)
 سرعت نهایی (m/s)

معادله سرعت متوسط:

$$v_{av} = \frac{v_0 + v}{2}$$

معادله مستقل از شتاب:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

در معادله‌های سرعت - زمان و مکان - زمان، t حتماً یک لحظه است. حواستان باشد آن را با یک بازه زمانی (Δt) اشتباه نگیرید.

برای محاسبه مکان نسبی بین دو متحرک A و B در هر لحظه می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم:

$$x_B - x_A = \frac{1}{2}(a_B - a_A)t^2 + (v_{0B} - v_{0A})t + (x_{0B} - x_{0A})$$

متحرکی از حال سکون از مبدأ مختصات با شتاب ثابت $\vec{a} = 1 \vec{i}$ به حرکت در می‌آید. بردار مکان آن در لحظه $t = 4$ کدام است؟ (کمیت‌ها در SI است.) (ریاضی ۹۵ با تغییر)

$\vec{d} = \lambda \vec{i}$ (۱) $\vec{d} = 4 \vec{i}$ (۲) $\vec{d} = 2 \vec{i}$ (۳) $\vec{d} = 1 \vec{i}$ (۴)

$x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + x_0 \xrightarrow[x_0=0, v_0=0]{a=1} x = \frac{1}{2} \times 1 \times 16 = 8$ گزینه «۱»

$\vec{d} = x \vec{i} \Rightarrow \vec{d} = 8 \vec{i}$

دو متحرک روی خط راست با شتاب‌های ثابت a و $(a + 1/5) \text{ m/s}^2$ از یک نقطه شروع به حرکت می‌کنند و بعد از مدت t ، سرعت آن‌ها به ترتیب 10 m/s و 22 m/s می‌شود. t چند ثانیه است؟

10 (۱) 8 (۲) 6 (۳) 4 (۴) (ریاضی خارج ۹۶)

گزینه «۲» وقتی می‌گوییم متحرک شروع به حرکت کرده است، یعنی $v_0 = 0$ ، با توجه به این، معادله $v = at + v_0$ را برای هر دو متحرک می‌نویسیم:

$$\begin{cases} v_1 = at \\ v_2 = (a + 1/5)t \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 10 = at \\ 22 = at + 1/5 t \end{cases} \xrightarrow[\text{پایین کم می‌کنیم}]{\text{معادله بالا را از معادله}} 12 = 1/5 t \Rightarrow t = 8 \text{ s}$$

متحرکی در مسیر مستقیم و با شتاب ثابت فاصله 80 متری از A تا B را در مدت 8 ثانیه طی می‌کند و در لحظه رسیدن به نقطه B سرعتش به 15 m/s می‌رسد. شتاب متحرک چند متر بر مربع ثانیه است؟ (ریاضی ۸۹)

$\frac{5}{4}$ (۴) $\frac{5}{2}$ (۳) $\frac{3}{4}$ (۲) $\frac{3}{2}$ (۱)

گزینه «۴» نقطه A را مبدأ مکان و زمان فرض می‌کنیم. معادله‌های $x - t$ و $v - t$ در حرکت با شتاب ثابت را برای نقطه B می‌نویسیم:

$$\begin{cases} \Delta x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t \\ v = at + v_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 80 = \frac{1}{2} a(8)^2 + v_0(8) \\ 15 = a(8) + v_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 80 = 32a + 8v_0 \\ (15 = 8a + v_0) \times 8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 80 = 32a + 8v_0 \\ 120 = 64a + 8v_0 \end{cases}$$

$$40 = 32a \Rightarrow a = \frac{40}{32} = \frac{5}{4} \text{ m/s}^2$$

دو متحرک A و B از یک نقطه بدون سرعت اولیه در یک مسیر مستقیم شروع به حرکت می‌کنند. اگر شتاب متحرک A ، 4 برابر شتاب متحرک B باشد، در یک جابه‌جایی مساوی سرعت متوسط متحرک A چند برابر سرعت متوسط متحرک B است؟ (ریاضی خارج ۹۲)

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

گزینه «۲» روش اول: با استفاده از رابطه مستقل از زمان، سرعت نهایی دو متحرک را در جابه‌جایی دلخواه Δx به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} v_A^2 - 0 = 2a_A \Delta x \\ v_B^2 - 0 = 2a_B \Delta x \end{cases} \Rightarrow \frac{v_A^2}{v_B^2} = \left(\frac{a_A}{a_B}\right)^2 = \frac{a_A}{a_B} = 4 \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = 2$$

حالا با توجه به این‌که سرعت اولیه دو متحرک، صفر و شتاب حرکت آن‌ها ثابت بوده، سرعت متوسط آن‌ها را حساب می‌کنیم:

$$\frac{v_{avA}}{v_{avB}} = \frac{\frac{v_A + 0}{2}}{\frac{v_B + 0}{2}} = \frac{v_A}{v_B} = 2$$

روش دوم: از رابطه $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$ ($v_0 = 0$) استفاده می‌کنیم و نسبت زمان حرکت دو متحرک را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \Delta x = \frac{1}{2}a_A(\Delta t)_A^2 \\ \Delta x = \frac{1}{2}a_B(\Delta t)_B^2 \end{cases} \Rightarrow 1 = \frac{a_A(\Delta t)_A^2}{a_B(\Delta t)_B^2} \Rightarrow 1 = 4 \times \left(\frac{\Delta t_A}{\Delta t_B}\right)^2 \Rightarrow \frac{\Delta t_A}{\Delta t_B} = \frac{1}{2}$$

حالا می‌توانیم نسبت سرعت‌های متوسط A و B را به دست آوریم:

$$\frac{v_{avA}}{v_{avB}} = \frac{\frac{\Delta x}{\Delta t_A}}{\frac{\Delta x}{\Delta t_B}} = \frac{\Delta t_B}{\Delta t_A} = 2$$

جابه‌جایی در ثانیه n م - جابه‌جایی در ثانیه n م

ثانیه n م حرکت: یک بازه زمانی به طول یک ثانیه است. ($\Delta t_n = t_n - t_{n-1}$)



نمونه در نمودار مقابل، ثانیه سوم حرکت را نشان داده‌ایم:

t ثانیه n م حرکت: اگر با چنین چیزی روبه‌رو شدید، t را در n ضرب کنید و سپس t ثانیه از آن کم

کنید. بازه زمانی موردنظر از لحظه $t - nt$ ثانیه تا لحظه nt ثانیه است.

مثلاً اگر گفته شد ۲ ثانیه پنجم، ۲ را در ۵ ضرب کرده و ۲ ثانیه از آن کم می‌کنیم تا لحظه اول بازه

به دست آید ($8 = 2 \times 5 - 2$)، بازه موردنظر می‌شود: از ۸ s تا ۱۰ s.

جابه‌جایی متحرک در ثانیه n م حرکت: $\Delta x_n = \frac{1}{2}a(2n-1) + v_0 = (n-0.5)a + v_0$

جابه‌جایی متحرک در t ثانیه n م حرکت: $\Delta x_{t,n} = \frac{1}{2}at^2(2n-1) + v_0t = (n-0.5)at^2 + v_0t$

اگر در یک حرکت با شتاب ثابت a ، متحرکی در یک ثانیه Δx متر جابه‌جا شود، در ثانیه بعدی

$\Delta x + a$ متر جابه‌جا می‌شود.

اگر مسئله‌ای دربارهٔ جابه‌جایی در t ثانیه‌های غیرمتوالی بود، از این رابطه کمک بگیرید:

$$at^2 = \frac{\Delta x_{t,n} - \Delta x_{t,m}}{n - m}$$

جابه‌جایی در t ثانیه n ام جابه‌جایی در t ثانیه m ام

متحرکی در یک مسیر مستقیم و از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. اگر مسافت طی شده در ثانیهٔ اول ۴ متر باشد، مسافت طی شده در ثانیهٔ سوم چند متر است؟

۲۰ (۴) ۱۶ (۳) ۱۲ (۲) ۸ (۱)

= گزینهٔ «۴» $\Delta x_1 = (1 - 0 / \Delta t)a + 0 \Rightarrow 4 = 0 / \Delta t a \Rightarrow a = \frac{4}{0 / \Delta t} = 8 \text{ m/s}^2$

$\Delta x_3 = (3 - 0 / \Delta t)a + 0 \Rightarrow \Delta x_3 = 2 / \Delta t \times 8 = 20 \text{ m}$

نمودارهای حرکت با شتاب ثابت

نمودارهای $x-t$ و $v-t$ ، $a-t$ مربوط به حرکت با شتاب ثابت را در جدول زیر ببینید:

مکان - زمان	سرعت - زمان	شتاب - زمان	ویژگی
			$v_0 = 0$ و $a > 0$
			$v_0 > 0$ و $a > 0$
			$v_0 < 0$ و $a > 0$
			$v_0 = 0$ و $a < 0$

ویژگی	شتاب - زمان	سرعت - زمان	مکان - زمان
$v_0 > 0$ و $a < 0$			
$v_0 < 0$ و $a < 0$			

معادله مکان - زمان حرکت با شتاب ثابت، معادله درجه دوم است و نمودار آن یک سهمی است. معادله این سهمی در حالت کلی به شکل $x = At^2 + Bt + C$ است. از این معادله و نمودار مربوط به آن می‌توانیم اطلاعات زیر را به دست آوریم:

• A برابر نصف شتاب حرکت است: $A = \frac{1}{2}a$.

• در نقطه رأس سهمی، یعنی در زمان $t = \frac{-B}{2A}$ و مکان

$$x = \frac{4AC - B^2}{4A}$$

سرعت متحرک صفر شده و جهت حرکت عوض می‌شود.

• سهمی نسبت به زمان $t = \frac{-B}{2A}$ متقارن است. بعضی از تست‌ها را می‌توان با توجه به همین تقارن حل نمود.

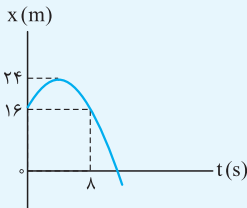
• اگر جهت تقعر سهمی رو به بالا باشد (∪)، شتاب مثبت ($a > 0$) و اگر جهت تقعر سهمی رو به پایین باشد (∩)، شتاب منفی ($a < 0$) است.

• شیب مماس بر نمودار مکان - زمان در هر لحظه، سرعت در آن لحظه را به دست می‌دهد. اگر اندازه شیب مماس بر این نمودار در حال کاهش باشد، حرکت کندشونده و اگر اندازه شیب در حال افزایش باشد حرکت تندشونده است.

• اگر در لحظه $t = 0$ شیب مماس بر نمودار مکان - زمان مثبت باشد (↗) سرعت اولیه مثبت، اگر شیب مماس منفی باشد (↘) سرعت اولیه منفی و اگر شیب مماس صفر باشد (—) سرعت اولیه صفر است.

• نمودار $v - t$ حرکت شتاب ثابت یک خط است. شیب خط برابر با شتاب حرکت و عرض از مبدأ آن برابر سرعت اولیه است.

توصیه: رسم نمودارهای مختلف یک حرکت از روی یکدیگر را تمرین کنید. برخی از تست‌ها با این شگرد به راحتی حل می‌شوند.



گزینه ۱: نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل مقابل به صورت سهمی است. در بازه زمانی صفر تا ۸ s بزرگی شتاب متوسط و سرعت متوسط در SI، کدام است؟ (ریاضی ۹۷)

- ۱(۱) و صفر
۱(۳) و ۱(۲)
۲(۲) و صفر
۲(۴) و ۲(۲)

گزینه ۱: **گام اول** سرعت متوسط: مکان متحرک در صفر و ۸ s یکسان است.

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{16 - 16}{8 - 0} = 0 \Rightarrow \text{حذف ۲ و ۳}$$

گام دوم شتاب: معادله کلی سهمی را نوشته و ضرایب آن را با کمک نمودار به دست می‌آوریم:

$$x = At^2 + Bt + C \xrightarrow{t=0} 16 = A(0) + B(0) + C \Rightarrow C = 16$$

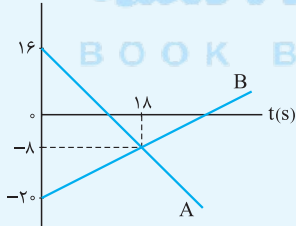
$$\text{به دلیل تقارن، نقطه رأس سهمی در } 4 \text{ s است.} \quad 24 = A(16) + B(4) + 16 \xrightarrow{t=4}$$

$$\xrightarrow{t=4} 2 = 4A + B \quad (1)$$

$$\xrightarrow{t=8} 16 = A(64) + B(8) + 16 \xrightarrow{t=8} 0 = 8A + B \quad (2)$$

$$(1), (2) \Rightarrow A = -\frac{1}{2} = \frac{a}{2} \Rightarrow a = -1 \text{ m/s}^2$$

$v \text{ (m/s)}$



گزینه ۲: نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B که روی

محور X حرکت می‌کنند، مطابق شکل مقابل است. در مدتی که متحرک A در جهت محور X حرکت کرده است، بزرگی جابه‌جایی متحرک B، چند متر است؟ (ریاضی ۹۵)

- ۱۸۶ (۱)
۱۹۲ (۲)
۲۲۸ (۴)
۲۰۰ (۳)

گزینه ۲: **گام اول** تا وقتی سرعت متحرک A مثبت (بالای محور t) است، یعنی در

جهت محور X حرکت می‌کند. لحظه صفرشدن سرعت، پایان حرکت در جهت محور X است.

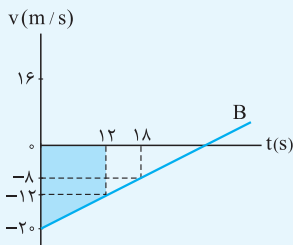
معادله $v - t$ را برای متحرک A نوشته و زمان صفرشدن سرعت را به دست می‌آوریم:

$$A \text{ متحرک} \quad \text{شیب نمودار } v - t = a_A = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-8 - 16}{18} = \frac{-24}{18} = \frac{-4}{3} \text{ m/s}$$

$$v_A = a_A t + v_{0A} \Rightarrow 0 = \frac{-4}{3} t + 16 \Rightarrow t = 12 \text{ s}$$

$$B \text{ متحرک} \quad \text{شیب نمودار } v - t = a_B = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-8 - (-20)}{18} = \frac{12}{18} = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2 \quad \text{گام دوم}$$

$$t = 12 \text{ s در B محاسبه سرعت: } v_B = a_B t + v_{0B} \Rightarrow v_B = \frac{2}{3} \times 12 - 20 = -12 \text{ m/s}$$



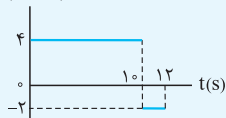
روش اول: سطح محصور بین نمودار سرعت B و محور t تا لحظه $t = 12$ s برابر جابه‌جایی خواسته شده است:

$$S = |\Delta x_B| = \frac{(20 + 12) \times 12}{2} = 192 \text{ m}$$

روش دوم: از رابطه مستقل از شتاب داریم:

$$\Delta x_B = \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta t = \frac{-20 + (-12)}{2} \times 12 = -192 \text{ m} \Rightarrow |\Delta x_B| = 192 \text{ m}$$

$a \text{ (m/s}^2\text{)}$



نمودار شتاب - زمان متحرکی که سرعتش در مبدأ زمان

$+5 \text{ m/s}$ است. به شکل مقابل می‌باشد. سرعت متوسط متحرک

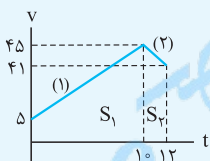
در این ۱۲ ثانیه، چند متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۹۴ - مشابه تیرگی مارچ ۹۸)

۱۴ (۲)

۱۳/۵ (۱)

۲۸ (۴)

۲۷ (۳)



روش اول: از روی نمودار $a-t$ داده شده،

نمودار $v-t$ را رسم می‌کنیم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow \begin{cases} \text{معادله خط (۱): } v = 4t + 5 \\ \Rightarrow \text{سرعت در } (t = 10 \text{ s}): } v = 4(10) + 5 = 45 \text{ m/s} \\ \text{معادله خط (۲): } v = -2(t - 10) + 45 \\ \Rightarrow \text{سرعت در } (t = 12 \text{ s}): } v = -2(12 - 10) + 45 = 41 \text{ m/s} \end{cases}$$

سطح زیر نمودار که از دو دوزنقه تشکیل شده، برابر با جابه‌جایی متحرک در مدت ۱۲ s است.

$$\Delta x = S_1 + S_2 = \frac{(5 + 45) \times 10}{2} + \frac{(45 + 41) \times 2}{2} = 250 + 86 = 336 \text{ m}$$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{336}{12} = 28 \text{ m/s}$$

روش دوم: با استفاده از معادلات $x-t$ و $v-t$ در حرکت با شتاب ثابت، مجموع جابه‌جایی‌های

$$\Delta x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{1}{2} (4)(10)^2 + 5 \times 10 = 250 \text{ m}$$

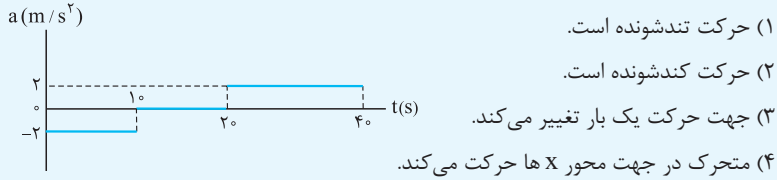
$$v = at + v_0 \Rightarrow \text{سرعت در لحظه } 10 \text{ s}: } v = 4(10) + 5 = 45 \text{ m/s}$$

$$\Delta x_2 = \frac{1}{2} (-2)(12 - 10)^2 + 45(12 - 10) = 86 \text{ m}$$

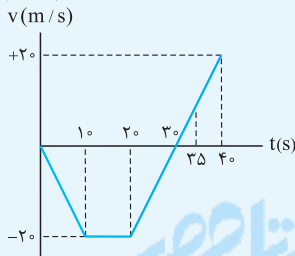
$$\Rightarrow \Delta x_{\text{کل}} = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 250 + 86 = 336 \text{ m}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x_{\text{کل}}}{\Delta t} = \frac{336}{12} = 28 \text{ m/s}$$

نمودار شتاب- زمان متحرکی که از حال سکون روی محور X ها حرکت می کند، مطابق شکل زیر است. در بازه زمانی $t_1 = 20\text{ s}$ تا $t_2 = 35\text{ s}$ ، کدام مورد درست است؟ (تجربی ۹۴)



= گزینه «۳» چون تمام گزینه های داده شده به نحوی به سرعت و جهت آن مربوط می شوند، بهترین کار آن است که با توجه به نمودار $a-t$ داده شده، نمودار $v-t$ حرکت را رسم کنیم: همان طور که از روی شکل پیدا است، در بازه $t_1 = 20\text{ s}$ تا $t_2 = 35\text{ s}$ ، حرکت ابتدا کندشونده و سپس تندشونده است. (حذف ۱ و ۲).
 متحرک یک بار در لحظه $t = 30\text{ s}$ تغییر جهت می دهد (درست بودن ۳) و تا قبل از تغییر جهت، در خلاف جهت محور X حرکت می کند. (حذف ۴).



سقوط آزاد

سقوط آزاد حرکتی است با شتاب ثابت g ($g = 9.8\text{ m/s}^2 \approx 10\text{ m/s}^2$) که طی آن فقط نیروی وزن بر جسم اثر می کند.

معادله های سقوط آزاد بدون سرعت اولیه

همان معادلات حرکت با شتاب ثابت را با فرض $v_0 = 0$ و انجام دو تغییر $y \rightarrow -y$ و $x \rightarrow -g$ برای سقوط آزاد به کار می بریم:

معادله سرعت - زمان: $v = -gt$ ← سرعت جسم در لحظه t (m/s)

معادله مکان - زمان: $y = -\frac{1}{2}gt^2 + y_0$ ← مکان اولیه

معادله مستقل از زمان: $v^2 = -2g(y - y_0)$ ← سرعت نهایی (مکان اولیه / مکان نهایی)

در حل مسائل سقوط آزاد قرارداد می کنیم که جهت محور y رو به بالا باشد؛ بنابراین هنگام سقوط، $v < 0$ و $\Delta y < 0$ است.

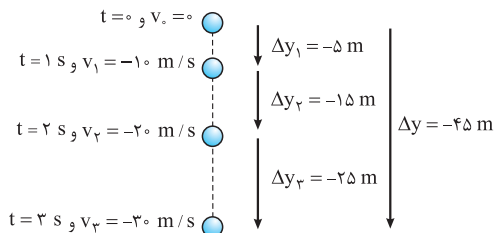
معمولاً محل رهاشدن جسم را مبدأ مکان فرض می کنیم. در این صورت $y_0 = 0$ خواهد بود.

جابه جایی ثانیه n ام: مشابه حرکت با شتاب ثابت داریم: $\Delta y_n = -(n - 0)g$ ← جابه جایی ثانیه n ام

اگر سرعت جسم را در ابتدا و انتهای ثانیه n ام حرکت داشته باشیم،

جابه جایی در ثانیه n ام: $\Delta y_n = \frac{v_n + v_{n-1}}{2}$

◀ **تصاد حسابی:** در سقوط آزاد، هم سرعت‌ها و هم جابه‌جایی‌ها در ثانیه‌های متوالی تشکیل تصاعد حسابی می‌دهند. این تصاعد، حل خیلی از تست‌ها را سریع‌تر می‌کند. در جدول و شکل زیر می‌توانید این مطلب را با فرض $g = 10 \text{ m/s}^2$ ببینید:



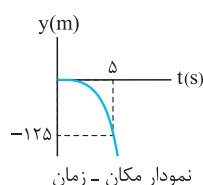
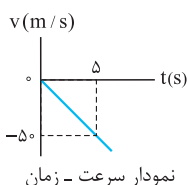
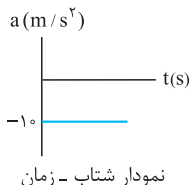
Δy (m)	Δy (m) در یک ثانیه	v (m/s) متوسط	v (m/s)	t (s)
-۵	-۵	-۵	-۱۰	۱
-۲۰	-۱۵	-۱۰	-۲۰	۲
-۴۵	-۲۵	-۱۵	-۳۰	۳
-۸۰	-۳۵	-۲۰	-۴۰	۴
-۱۲۵	-۴۵	-۲۵	-۵۰	۵
-۱۸۰	-۵۵	-۳۰	-۶۰	۶

تکنیک از جدول بالا پیداست که صرفاً از جهت تساوی عددی می‌توانیم از تساوی زیر در تست‌ها استفاده کنیم:

$$\Delta y_n - 5 = v_n$$

◀ نمودارهای سقوط آزاد

با فرض‌هایی که دربارهٔ سقوط آزاد کردیم ($v_0 = 0$ و $a = -10 \text{ m/s}^2$) و جهت مثبت رو به بالا، نمودارهای سقوط آزاد به شکل زیر است:



📌 **گلوله‌ای در شرایط خلأ بدون سرعت اولیه از ارتفاع h رها می‌شود. اگر این گلوله مسافتی را که در ثانیهٔ آخر حرکت طی کرده، ۳ برابر مسافتی باشد که تا قبل از آن طی کرده است، h چند متر است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)**

(ریاضی ۹۶)

۸۰ (۴)

۷۵ (۳)

۲۵ (۲)

۲۰ (۱)



«گزینه ۱» روش اول: اگر نقطهٔ رهاشدن را به عنوان مبدأ در نظر بگیریم، مکان کلوله در

هر لحظه از رابطهٔ $y = \frac{-1}{\gamma} gt^2$ به دست می‌آید. حالا از فرض سؤال استفاده می‌کنیم:

$$y_{(t+1)} - y_t = 3y(t) \Rightarrow \frac{-1}{\gamma} g(t+1)^2 - \left(-\frac{1}{\gamma} gt^2\right) = 3 \times \frac{-1}{\gamma} gt^2$$

$$\xrightarrow{\div \left(\frac{-1}{\gamma} g\right)} (t+1)^2 = 4t^2 \Rightarrow t+1 = 2t \Rightarrow t = 1 \text{ s}$$

$$y = y_{(t+1)} \Rightarrow \Delta y = \frac{-1}{\gamma} g(t+1)^2 \xrightarrow[\substack{t=1 \text{ s} \\ g=10 \text{ m/s}^2}]{\quad} \Delta y = \frac{-1}{\gamma} \times 10 \times (1+1)^2$$

$$\Rightarrow \Delta y = -20 \Rightarrow h = |\Delta y| = 20 \text{ m}$$

روش دوم: با توجه به جدول تصاعد حسابی در سقوط آزاد می‌بینیم که جابه‌جایی در ثانیهٔ اول سقوط، $\Delta y_1 = -5 \text{ m}$ و در ثانیهٔ دوم، $\Delta y_2 = -15 \text{ m}$ است. بنابراین، جابه‌جایی در ثانیهٔ دوم، سه برابر جابه‌جایی ثانیهٔ اول است و جابه‌جایی کل برابر است با:

$$\Delta y = \Delta y_1 + \Delta y_2 = -20 \text{ m}$$

فرمول‌های فصل

الفبای حرکت در راستای خط راست

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} \quad \text{تندی متوسط:}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{سرعت متوسط:}$$

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{شتاب متوسط:}$$

$$a \cdot v > 0 \Leftrightarrow \text{حرکت تندشونده} \quad \bullet \text{ تندشونده، کندشونده}$$

$$a \cdot v < 0 \Leftrightarrow \text{حرکت کندشونده}$$

$$\bullet \text{ حرکت با سرعت ثابت}$$

$$x = vt + x_0 \quad \text{معادلهٔ حرکت با سرعت ثابت:}$$

$$\text{km/h} \xrightarrow[\times 3/6]{\div 3/6} \text{m/s} \quad \text{تبدیل یكاهای سرعت:}$$

$$\bullet \text{ معادلات حرکت با شتاب ثابت}$$

$$v = at + v_0 \quad \text{معادلهٔ سرعت - زمان:}$$

$$x = \frac{1}{\gamma} at^2 + v_0 t + x_0 \quad \text{معادلهٔ مکان - زمان:}$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a \Delta x \quad \text{معادلهٔ مستقل از زمان:}$$

$$v_{av} = \frac{v_0 + v}{2} \quad \text{معادله سرعت متوسط:}$$

$$\Delta x = \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta t \quad \text{معادله مستقل از شتاب:}$$

● جابه‌جایی در ثانیه n ام - t ثانیه n ام

$$\Delta x_n = (n - 0.5) a + v_0$$

$$\Delta x_{t,n} = (n - 0.5) at^2 + v_0 t$$

● سقوط آزاد (بدون سرعت اولیه)

$$v = -gt \quad \text{معادله سرعت - زمان:}$$

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + y_0 \quad \text{معادله مکان - زمان:}$$

$$v^2 = -2g(y - y_0) \quad \text{معادله مستقل از زمان:}$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

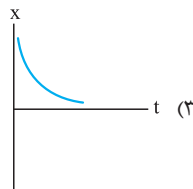
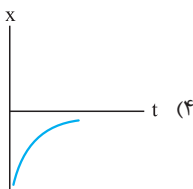
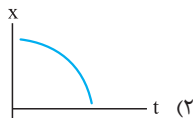
۲۳۵- پرنده‌ای که روی لبه ساختمان بلندی به ارتفاع 50 متر نشسته بود، ابتدا پرواز کرده و به پای ساختمان می‌رسد، سپس 40 متر به سمت مشرق حرکت می‌کند و در نهایت 30 متر به سمت شمال می‌رود. جابه‌جایی کل این پرنده چند متر است؟ (ریاضی قارچ ۹۷)

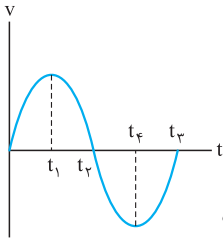
$$40\sqrt{2} \quad (۴) \quad 50 \quad (۳) \quad 50\sqrt{2} \quad (۲) \quad 120 \quad (۱)$$

۲۳۶- بردار سرعت متحرکی که در صفحه حرکت می‌کند، در مدت 5 ثانیه، از $\vec{v}_1 = 2\vec{i} - 5\vec{j}$ به $\vec{v}_2 = 10\vec{i} + 17\vec{j}$ می‌رسد (در SI). بزرگی شتاب متوسط در این مدت چند متر بر مربع ثانیه است؟

$$5 \quad (۴) \quad 3 \quad (۳) \quad 5\sqrt{2} \quad (۲) \quad 3\sqrt{2} \quad (۱)$$

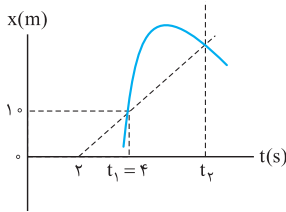
۲۳۷- اتومبیلی که از قسمت منفی محور x در حال حرکت به سمت مبدأ بوده، ترمز می‌گیرد. کدام نمودار می‌تواند مربوط به حرکت این اتومبیل باشد؟





۲۳۸- نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور X حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل است. در بازه زمانی بین t_1 و t_2 ، حرکت متحرک شونده و در محور X است. (تبری ۸۶)

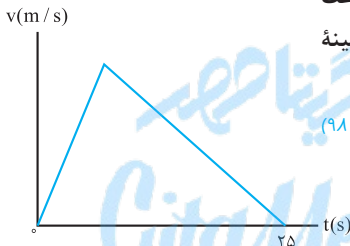
- (۱) کند - جهت
(۲) تند - جهت
(۳) کند - خلاف جهت
(۴) تند - خلاف جهت



۲۳۹- نمودار مکان-زمان متحرکی در SI مطابق شکل روبه‌رو است.

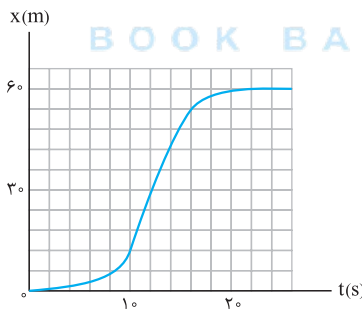
سرعت متوسط این متحرک در بازه زمانی t_1 تا t_2 کدام است؟

- (۱) $+2/5$
(۲) $+5$
(۳) $-2/5$
(۴) -5



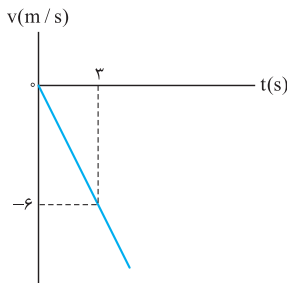
۲۴۰- نمودار سرعت - زمان متحرکی که در مسیری مستقیم در حرکت است، به صورت شکل روبه‌رو است. اگر سرعت متوسط متحرک در این ۲۵ s برابر 10 m/s باشد، بیشینه سرعت متحرک در ضمن حرکت، چند متر بر ثانیه است؟ (تبری ۹۸)

- (۱) ۲۰
(۲) ۲۵
(۳) ۴۰
(۴) ۵۰



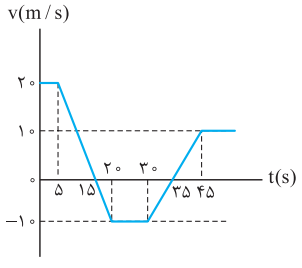
۲۴۱- شکل مقابل، نمودار مکان - زمان متحرکی است که در مسیر مستقیم حرکت کرده است. بیشینه سرعت آن چند متر بر ثانیه است؟ (تبری فارغ ۹۵)

- (۱) ۳
(۲) ۵
(۳) ۷
(۴) ۹



۲۴۲- شکل روبه‌رو، نمودار سرعت - زمان متحرکی است که روی محور X حرکت می‌کند. مسافتی که متحرک در ۵ ثانیه اول پیموده است، چند متر است؟ (ریاضی فارغ ۹۸ - مشابه ریاضی ۹۸)

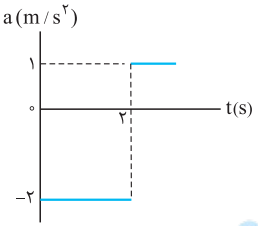
- (۱) ۱۰
(۲) ۲۱
(۳) ۲۵
(۴) ۲۹



۲۴۳- نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی مسیر مستقیم حرکت می کند، مطابق شکل داده شده است. سرعت متوسط این متحرک در بازه $t_1 = 5s$ تا $t_2 = 15s$ چند برابر سرعت متوسط آن در بازه $t_3 = 20s$ تا $t_4 = 45s$ است؟

- (۱) $\frac{10}{3}$ (۲) $\frac{-10}{3}$
 (۳) $\frac{10}{7}$ (۴) $\frac{-10}{7}$

۲۴۴- متحرکی از حال سکون در مسیر مستقیم به حرکت درمی آید و نمودار شتاب - زمان آن مطابق شکل است. در کدام لحظه (برحسب ثانیه)، جهت سرعت عوض می شود؟



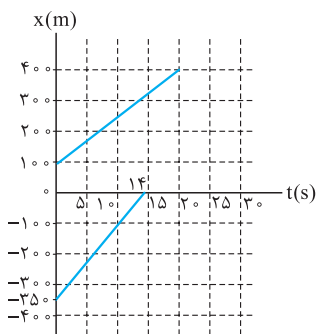
- (۱) ۲ (۲) ۴
 (۳) ۶ (۴) ۸

۲۴۵- معادله های سرعت و شتاب متحرکی در SI به صورت $v = 6t^2 - 4t + 2$ و $a = 12t - 4$ است. در کدام یک از لحظات زیر (برحسب ثانیه) اندازه سرعت متحرک در حال کاهش است؟ (ریاضی شارج ۹۲ با تغییر)

- (۱) ۰/۲ (۲) ۰/۴ (۳) ۰/۵ (۴) ۱/۵

۲۴۶- دوچرخه سواری فاصله ۹۰ کیلومتری مستقیم بین دو شهر را در مدت ۴/۵ ساعت می پیماید. وی با سرعت ثابت ۲۴ کیلومتر بر ساعت رکاب می زند؛ اما برای رفع خستگی، توقف هایی هم دارد. مدت کل توقف او چند دقیقه است؟

- (۱) ۸۰ (۲) ۴۵ (۳) ۳۰ (۴) ۱۵



۲۴۷- نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B که با سرعت ثابت حرکت می کنند مطابق شکل روبه رو است. چند ثانیه پس از شروع حرکت، این دو متحرک به هم می رسند؟

- (۱) ۴۵ (۲) ۵۰ (۳) ۵۵

(۴) دو متحرک هیچ گاه به هم نمی رسند.

۲۴۸- متحرکی بدون سرعت اولیه در مبدأ زمان از مبدأ مکان روی محور x با شتاب ثابت به حرکت درآمده و در لحظه $t = 5s$ به مکان $x = -122/5 m$ می رسد. بزرگی سرعت متحرک در این لحظه (ریاضی ۹۸)

- (۱) ۱۹/۶ (۲) ۳۲/۴ (۳) ۴۵/۰ (۴) ۴۹/۰

۲۴۹- اتومبیلی روی یک خط راست با سرعت 108 km/h در حال حرکت است. راننده با دیدن مانعی در فاصله 165 m ، با شتاب ثابت 3 m/s^2 ترمز می‌کند و درست جلوی مانع می‌ایستد. اگر زمان واکنش راننده t_1 و زمانی که حرکت اتومبیل کندشونده بوده، t_2 باشد، $\frac{t_2}{t_1}$ کدام است؟ (ریاضی ۹۶)

- ۵ (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴)

۲۵۰- متحرکی در یک مسیر مستقیم با شتاب ثابت 5 m/s^2 به حرکت درمی‌آید و پس از مدتی حرکتش یکنواخت می‌شود و در نهایت با شتاب 5 m/s^2 حرکتش کند شده و می‌ایستد. اگر کل زمان حرکت 25 ثانیه و سرعت متوسط در این مدت 20 m/s باشد، زمانی که حرکت متحرک یکنواخت بوده است، چند ثانیه است؟ (تجربی ۹۷)

- ۵ (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴)

۲۵۱- معادله مکان-زمان متحرکی در SI به صورت $x = 2t^2 + 4t - 8$ است. در فاصله زمانی $t_1 = 0 \text{ s}$ تا $t_2 = 2 \text{ s}$ ، مسافتی که متحرک طی می‌کند، چند برابر اندازه جابه‌جایی آن است؟ (ریاضی قارچ ۹۸)

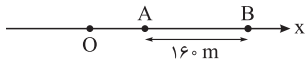
- ۱ (۱) ۱/۵ (۲) ۱/۶ (۳) ۲ (۴)

۲۵۲- قطار A به طول 200 متر با سرعت ثابت 40 m/s در حال حرکت است. قطار B به طول 225 متر که روی ریل مجاور توقف کرده است، به محض این‌که قطار A کاملاً از آن عبور کرد، با شتاب ثابت 2 m/s^2 در همان جهت حرکت قطار A شروع به حرکت می‌کند و سرعت خود را به 50 m/s می‌رساند و با همان سرعت، حرکت خود را ادامه می‌دهد. قطار B چند ثانیه پس از شروع حرکت، از قطار A سبقت گرفته و از کنار آن کاملاً عبور می‌کند؟ (ریاضی ۹۳)

- ۵۷/۵ (۱) ۸۲/۵ (۲) ۸۰ (۳) ۱۰۵ (۴)

۲۵۳- مطابق شکل زیر، متحرکی با شتاب ثابت 2 m/s^2 روی محور x حرکت می‌کند. اگر فاصله بین دو نقطه A و B را در مدت 8 s طی کند و در نقطه O سرعتش صفر باشد، فاصله OA چند متر است؟ (تجربی ۹۸ - مشابه ریاضی قارچ ۸۹)

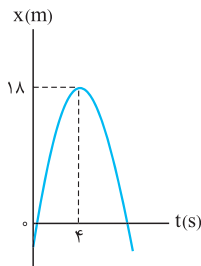
- ۱۸ (۱) ۳۶ (۲) ۴۵ (۳) ۷۲ (۴)



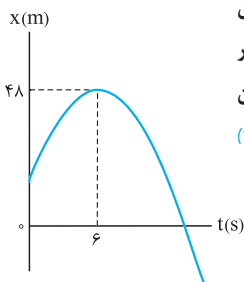
۲۵۴- متحرکی با شتاب ثابت و سرعت اولیه v_0 در 2 ثانیه اول حرکت خود، 13 متر، و در 2 ثانیه سوم حرکت خود، 25 متر را طی می‌کند. شتاب حرکت در SI کدام است؟ (تجربی ۹۱)

- ۱/۵ (۱) ۲/۵ (۲) ۳ (۳) ۵ (۴)

۲۵۵- نمودار مکان-زمان متحرکی که روی محور xها حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل به صورت سهمی است. چند ثانیه پس از لحظه $t = 0$ بزرگی سرعت متحرک برابر بزرگی سرعت اولیه می‌شود؟ (ریاضی قارچ ۹۳)

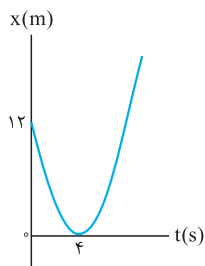


- ۶ (۱) ۷ (۲) ۸ (۳) ۹ (۴)



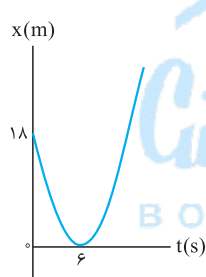
۲۵۶- نمودار مکان- زمان متحرکی که روی محور X حرکت می کند، مطابق شکل مقابل، به صورت سهمی است. اگر مسافت طی شده توسط متحرک در بازه زمانی $t = 3$ s تا $t = 9$ s برابر ۱۲ متر باشد، جابه جایی متحرک در این بازه چند متر است؟ (ریاضی ۹۳)

- (۱) صفر
(۲) ۳
(۳) ۶
(۴) ۱۲



۲۵۷- مطابق شکل مقابل، نمودار مکان- زمان متحرکی به صورت سهمی است. سرعت متحرک در لحظه $t = 8$ s چند متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۹۸)

- (۱) ۳
(۲) ۴
(۳) ۶
(۴) ۱۲



۲۵۸- مطابق شکل روبه رو، نمودار مکان- زمان متحرکی به صورت یک سهمی است. شتاب حرکت چند متر بر مجذور ثانیه است؟ (ریاضی فارغ ۹۸)

- (۱) ۳
(۲) ۱
(۳) -۱
(۴) -۳

۲۵۹- متحرکی روی محور X حرکت می کند و معادله مکان- زمان آن در SI به صورت $x = -2t^2 + 12t - 40$ است. مسافتی که این متحرک در بازه زمانی صفر تا $t = 5$ s طی می کند، چند متر است؟ (ریاضی فارغ ۹۳)

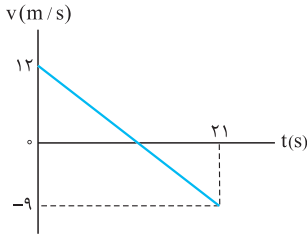
- (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۴ (۴) ۲۶

۲۶۰- معادله سرعت- زمان متحرکی که بر یک مسیر مستقیم حرکت می کند، در SI به صورت $v = -4t$ است. این متحرک در لحظه $t = 0$ از مکان $x_0 = -3$ m عبور می کند. معادله مکان- زمان متحرک کدام است؟

- (۱) $-2t^2 + 3$ (۲) $-4t^2 + 3$ (۳) $-4t^2 - 3$ (۴) $-2t^2 - 3$

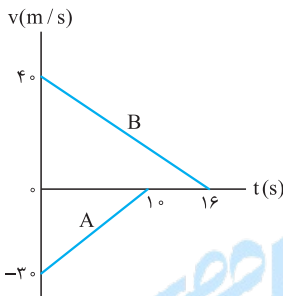
۲۶۱- متحرکی روی محور X با شتاب ثابت در حرکت است و در مبدأ زمان با سرعت $v = +3$ m/s از مکان $x = +4$ m می گذرد. اگر متحرک در لحظه $t = 4$ s در جهت مثبت محور X ها در بیشترین فاصله خود از مبدأ باشد، در لحظه $t = 8$ s در چند متری مبدأ خواهد بود؟ (ریاضی فارغ ۹۰)

- (۱) ۴ (۲) ۶ (۳) ۸ (۴) ۱۲



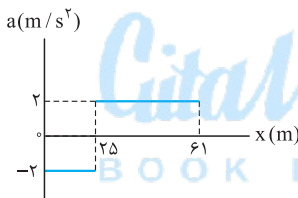
۲۶۲- نمودار سرعت- زمان متحرکی که روی محور x ها حرکت می کند، مطابق شکل روبه رو است. بزرگی جابه جایی متحرک در فاصله زمانی $t = 6\text{ s}$ تا $t = 12\text{ s}$ چند متر است؟ (تهری ۹۳)

- (۱) ۱۲
(۲) ۱۸
(۳) $22/5$
(۴) $32/5$



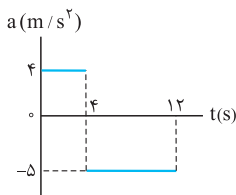
۲۶۳- نمودار سرعت- زمان دو قطار A و B که روی یک ریل مستقیم به طرف هم حرکت می کنند، مطابق شکل مقابل است. در لحظه $t = 0$ فاصله قطارها از هم 500 m است. لحظه ای که قطار A می ایستد، قطار B در چه فاصله ای از آن قرار دارد؟ (تهری خارج ۹۷)

- (۱) ۲۵
(۲) ۷۵
(۳) ۱۰۰
(۴) ۱۲۵



۲۶۴- نمودار شتاب - مکان متحرکی که روی محور x حرکت می کند، مطابق شکل مقابل است. اگر متحرک در لحظه $t = 0$ از مبدأ با سرعت 10 m/s عبور کند، سرعت آن در مکان $x = 61\text{ m}$ چند متر بر ثانیه است؟ (تهری ۹۷)

- (۱) ۲۲
(۲) ۱۲
(۳) ۸
(۴) ۶



۲۶۵- نمودار شتاب - زمان متحرکی که در مبدأ زمان با سرعت ۴ متر بر ثانیه از مبدأ مکان می گذرد، مطابق شکل است. مسافت طی شده در بازه زمانی صفر تا ۱۲ ثانیه، چند متر است؟ (تهری خارج ۹۲)

- (۱) ۴۸
(۲) ۹۶
(۳) ۱۲۸
(۴) ۱۶۰

۲۶۶- اگر گلوله کوچکی در شرایط خلأ بدون سرعت اولیه سقوط کند و $g = 10\text{ m/s}^2$ باشد، اندازه سرعت متوسط گلوله در ۳ ثانیه اول سقوط چند متر بر ثانیه است؟ (کنکور قدیمی)

- (۱) ۱۰
(۲) ۱۵
(۳) ۲۰
(۴) ۳۰

۲۶۷- گلوله A از ارتفاع 70 متری سطح زمین رها می شود. $1/5\text{ s}$ بعد گلوله B از همان نقطه رها می شود. 2 s پس از رها شدن گلوله B ، فاصله دو گلوله از هم چند متر است؟ (از مقاومت هوا صرف نظر شود و $g = 10\text{ m/s}^2$)

- (۱) $11/25$
(۲) ۲۰
(۳) ۳۰
(۴) $41/25$

۲۶۸- دو گلوله در شرایط خلأ به فاصله زمانی $2/5$ s از یک نقطه بالای زمین رها می‌شوند. چند ثانیه پس از رهاشدن گلوله اول، فاصله دو گلوله به $68/75$ m می‌رسد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$) (ریاضی ۹۱)

۲/۵ (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۴/۵ (۴)

۲۶۹- گلوله‌ای در شرایط خلأ از ارتفاع h رها می‌شود و در لحظه‌ای که به 50 متری سطح زمین می‌رسد، سرعتش 15 m/s می‌شود. این گلوله چند ثانیه پس از رهاشدن به زمین می‌رسد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$) (ریاضی ۱۹)

۲ (۱) ۳/۵ (۲) ۵ (۳) ۶/۵ (۴)

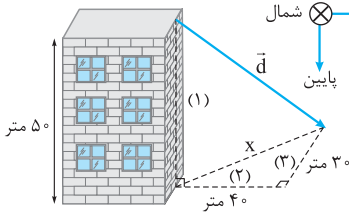
۲۷۰- فاصله از لبه یک چاه تا سطح آب درون آن 45 متر است. شخصی سنگی را از لبه چاه رها می‌کند و صدای برخورد سنگ با آب را می‌شنود. فاصله بین پرتاب سنگ و شنیدن صدا تقریباً چند ثانیه است؟ (تئوری ۹۰ با تغییر)

($g = 10 \text{ m/s}^2$ ، مقاومت هوا ناچیز و سرعت صوت در هوا 340 m/s است.)

۱/۸ (۱) ۲/۱ (۲) ۲/۶ (۳) ۳/۱ (۴)



پاسخ‌نامه تشریحی



مسیر حرکت پرنده مطابق شرق \otimes شمال

۲۳۵- گزینه «۲»

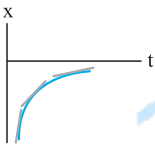
شکل مقابل است. ابتدا مسیرهای (۲) و (۳) را در نظر گرفته و با قضیه فیثاغورس، X را حساب می‌کنیم. بعد همین کار را برای X و مسیر (۱) انجام می‌دهیم تا طول \vec{d} به دست آید.

$$x = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ m} \Rightarrow d = \sqrt{50^2 + 50^2} = 50\sqrt{2} \text{ m}$$

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{(17\vec{i} + 10\vec{j}) - (2\vec{i} - 5\vec{j})}{5} = \frac{(15\vec{i} + 15\vec{j})}{5}$$

۲۳۶- گزینه «۱»

$$\Rightarrow \vec{a}_{av} = 3\vec{i} + 3\vec{j} \Rightarrow |a_{av}| = \sqrt{3^2 + 3^2} = \sqrt{3^2 \times 2} = 3\sqrt{2} \text{ m/s}^2$$



اتومبیل در قسمت منفی محور X حرکت می‌کند

۲۳۷- گزینه «۴»

(حذف ۲ و ۳). هنگامی که اتومبیل ترمز می‌گیرد، تندی آن (شیب مماس بر نمودار $x-t$) کاهش می‌یابد. در ۲ شیب مماس در حال کاهش است.

۲۳۸- گزینه «۱» در نمودار $v-t$ هر وقت نمودار به محور t نزدیک شود، یعنی اندازه سرعت

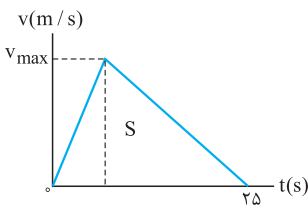
در حال کم شدن است. در بازه t_1 تا t_2 نمودار به محور t نزدیک شده و حرکت کندشونده است.

چون این قسمت از نمودار، بالای محور t قرار دارد، پس در این بازه سرعت مثبت است و متحرک در جهت محور X حرکت می‌کند.

۲۳۹- گزینه «۲» سرعت متوسط در بازه t_1 تا t_2 برابر شیب خط واصل دو نقطه متناظر این

زمان‌ها در نمودار است. این خط (خط‌چین)، امتداد خطی است که از $t = 2s$ شروع می‌شود؛ پس اگر شیب خط‌چین را در بازه $2s$ تا $4s$ پیدا کنیم، سرعت متوسط در بازه t_1 تا t_2 را پیدا کرده‌ایم:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10 - 0}{4 - 2} = +5 \text{ m/s}$$



۲۴۰- گزینه «۱» می‌دانیم که جابه‌جایی متحرک برابر

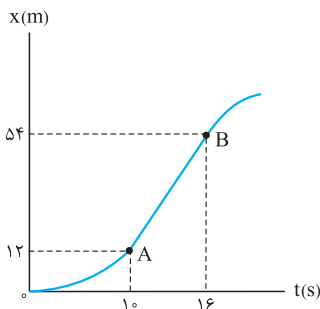
سطح زیر نمودار $v-t$ است. پس برای نمودار روبه‌رو داریم:

$$\Delta x = S = \frac{v_{\max} \times 25}{2} = \frac{25}{2} v_{\max}$$

هم‌چنین طبق فرمول سرعت متوسط ($v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$) داریم:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 10 = \frac{25}{2} \frac{v_{\max}}{(25 - 0)} \Rightarrow v_{\max} = 20 \text{ m/s}$$

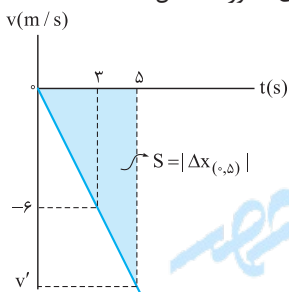
تکنیک در نمودارهای این شکلی (مثلثی) همیشه سرعت متوسط برابر نصف سرعت بیشینه است.



۲۴۱- گزینه «۳» شیب مماس بر نمودار، از ابتدای حرکت تا نقطه A افزایش می‌یابد (حرکت تندشونده). از نقطه A تا B شیب ثابت است (سرعت ثابت) و از نقطه B به تدریج کاهش می‌یابد (حرکت کندشونده). بنابراین، بیشترین سرعت متحرک بین A تا B بوده و شیب پاره‌خط AB بیشینه سرعت متحرک است:

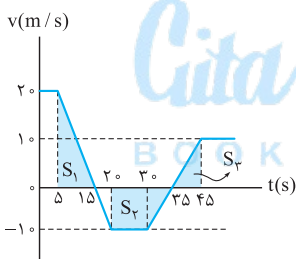
$$v_{AB} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A} = \frac{54 - 12}{16 - 10} = 7 \text{ m/s}$$

هر یک از خانه‌های محور X معادل ۶ m و هر یک از خانه‌های محور t معادل ۲ s است.



۲۴۲- گزینه «۳» در نمودار روبه‌رو، مسافت طی شده توسط متحرک در ۵ ثانیه اول برابر با سطح زیر نمودار در این بازه زمانی است. پس ابتدا باید اندازه v' را پیدا کنیم و بعد مساحت S را محاسبه نماییم:

$$\begin{aligned} \text{از تشابه مثلث‌ها: } \frac{|v'|}{6} &= \frac{5}{3} \Rightarrow |v'| = 10 \text{ m/s} \\ |\Delta x(0,5)| = S &= \frac{5 \times 10}{2} = 25 \text{ m} \end{aligned}$$



۲۴۳- گزینه «۲» سطح زیر نمودار $v-t$ برابر جابه‌جایی است. سطح زیر نمودار را در بازه‌های داده‌شده به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} \text{بازه } (5 \text{ s تا } 15 \text{ s}): S_1 &= \frac{(15 - 5) \times 20}{2} = 100 \\ \Rightarrow v_{av_1} &= \frac{S_1}{\Delta t} = \frac{100}{10} = 10 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{بازه } (15 \text{ s تا } 45 \text{ s}): S_2 + S_3 &= \left[\frac{(30 - 20) \times (-10)}{2} \right] + \left[\frac{(45 - 30) \times (-10)}{2} \right] + \left[\frac{(45 - 25) \times 10}{2} \right] \\ &= -100 - 25 + 50 = -75 \\ \Rightarrow v_{av_2} &= \frac{S_2 + S_3}{\Delta t} = \frac{-75}{45 - 15} = -3 \text{ m/s} \Rightarrow \frac{v_{av_1}}{v_{av_2}} = \frac{10}{3} \end{aligned}$$

۲۴۴- گزینه «۳» مطابق نمودار، شتاب ثابت منفی باعث می‌شود که متحرک به سمت X های منفی سرعت گرفته و سرعتش افزایش یابد. با مثبت شدن شتاب، سرعت متحرک کاهش می‌یابد تا سرعت صفرشده و پس از آن، جهت سرعت به سمت مثبت تغییر کند.

لحظه تغییر جهت سرعت، لحظه‌ای است که سرعت صفر می‌شود. برای پیدا کردن این لحظه باید ببینیم در کدام لحظه، اندازه Δv_1 (تغییر سرعت در حرکت تندشونده) با اندازه Δv_2 (تغییر سرعت در حرکت کندشونده) برابر می‌شوند.

سطح زیر نمودار $a - t$ برابر است با Δv . بنابراین:

$$\left. \begin{aligned} |\Delta v_1| = |\Delta v_2| &\Rightarrow \left. \begin{aligned} |\Delta v_1| = |-2 \times 2| = 4 \text{ m/s} \\ |\Delta v_2| = |1 \times (t-2)| = 4 \text{ m/s} \end{aligned} \right\} \Rightarrow t-2=4 \Rightarrow t=6 \text{ s} \end{aligned}$$

۲۴۵- گزینه «۱» اندازه سرعت متحرک در حرکت کندشونده در حال کاهش است. شرط

کندشونده بودن حرکت این است که $av < 0$ ؛ پس باید معادله‌های v و a را تعیین علامت کنیم: معادله v ریشه ندارد؛ چون $0 < -32 = 16 - 4AC = 16 - 48 = -32$ و به خاطر مثبت بودن ضریب t^2 ، این معادله همواره مثبت است. در نتیجه حرکت وقتی کندشونده است که a منفی باشد.

t	$t < \frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$t > \frac{1}{3}$
a	-	0	+

به ازای t های کوچکتر از $\frac{1}{3}$ ، حرکت کندشونده است. در بین گزینه‌های داده شده فقط ۱ از $t = \frac{1}{3} \text{ s}$ کوچکتر است.

۲۴۶- گزینه «۲» در گام اول، محاسبه می‌کنیم که اگر دوچرخه‌سوار بدون توقف رکاب می‌زد، چند ساعت طول می‌کشید تا به مقصد برسد:

$$\Delta x = v \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{90 \text{ km}}{24 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 3 \frac{1}{4} \text{ h}$$

اختلاف این زمان با زمانی که دوچرخه‌سوار در راه بوده، زمان توقف او را مشخص می‌کند:

$$\Delta t' = 4 \frac{1}{5} - 3 \frac{1}{4} = 0 \frac{1}{20} \text{ h} = 0 \frac{1}{20} \times 60 \text{ min} = 3 \text{ min}$$

۲۴۷- گزینه «۱» گام اول شیب نمودار $x - t$ (سرعت) را برای A و B به دست می‌آوریم:

$$v_A = \frac{\Delta x_A}{\Delta t} = \frac{400 - 100}{20} = 15 \text{ m/s}, \quad v_B = \frac{\Delta x_B}{\Delta t} = \frac{0 - (-350)}{14} = 25 \text{ m/s}$$

گام دوم معادله مکان - زمان دو متحرک را می‌نویسیم و آن‌ها را مساوی قرار می‌دهیم. با محاسبه t در این حالت، زمان تلاقی دو متحرک به دست می‌آید:

$$\left. \begin{aligned} x = vt + x_0 &\Rightarrow \left. \begin{aligned} x_A = 15t + 100 \\ x_B = 25t - 350 \end{aligned} \right\} \Rightarrow 15t + 100 = 25t - 350 \Rightarrow 10t = 450 \Rightarrow t = 45 \text{ s} \end{aligned}$$

۲۴۸- گزینه «۴» در این حرکت شتاب ثابت که متحرک در لحظه $t_0 = 0$ در مکان $x_0 = 0$ بوده

است، سرعت اولیه، زمان حرکت و جابه‌جایی را داریم و بزرگی سرعت نهایی را می‌خواهیم؛ پس از آن‌جایی که شتاب نه داده و نه خواسته شده است، از رابطه مستقل از شتاب به جواب می‌رسیم:

$$\frac{v_0 + v}{2} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \frac{0 + v}{2} = \frac{-122/5 - 0}{5 - 0} \Rightarrow v = -49 \text{ m/s} \Rightarrow |v| = 49 \text{ m/s}$$



۲۴۹- گزینه «۴» راننده در مدت t_1 (زمان واکنش راننده نسبت به مانع)، مسافت x_1 را با سرعت ثابت $30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h}$ طی کرده است، سپس در مدت زمان t_2 مسافت x_2 را با شتاب ثابت $a = -3 \text{ m/s}^2$ طی کرده تا سرعت نهایی اتومبیل به صفر برسد. کل مسافتی که اتومبیل طی کرده برابر $x = x_1 + x_2 = 165 \text{ m}$ است، حال با توجه به نوع حرکت اتومبیل در هر مرحله می توان نوشت:

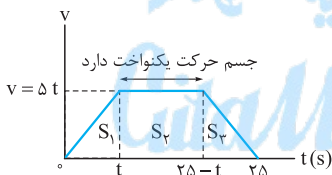
$$\begin{cases} v = at + v_0 \xrightarrow{v_0 = 30 \text{ m/s} \text{ و } v = 0} 0 = -3 \times t_2 + 30 \Rightarrow t_2 = 10 \text{ s} \\ \Delta x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t \xrightarrow{t = t_2 = 10 \text{ s} \text{ و } v_0 = 30 \text{ m/s}} x_2 = \frac{1}{2} \times (-3) \times 10^2 + 30 \times 10 \\ \Rightarrow x_2 = 150 \text{ m} \end{cases}$$

بنابراین ۱۰ ثانیه بعد از ترمزگرفتن اتومبیل متوقف می شود.

$$x = x_1 + x_2 \Rightarrow 165 = x_1 + 150 \Rightarrow x_1 = 15 \text{ m}$$

حرکت در مرحله اول:

$$\Delta x = vt \xrightarrow{v = v_0 = 30 \text{ m/s} \text{ و } \Delta x = x_1} 15 = 30 \times t_1 \Rightarrow t_1 = 0.5 \text{ s} \xrightarrow{t_2 = 10 \text{ s}} \frac{t_2}{t_1} = 20$$



حرکت کندشونده است و t ثانیه طول می کشد و شتاب $-a \text{ m/s}^2$ است.
حرکت تندشونده است و t ثانیه طول می کشد و شتاب $+a \text{ m/s}^2$ است.

۲۵۰- گزینه «۳» اگر برای این تست، نمودار $v-t$ را رسم کنیم، به سادگی می توانیم تست را حل کنیم. مساحت زیر نمودار برابر جابه جایی است.

$$\bar{v} = \frac{\Delta x (=S)}{\Delta t} \Rightarrow 20 = \frac{\Delta x (=S)}{25}$$

$$\Rightarrow S = 500 \text{ m} = S_1 + S_2 + S_3 = \frac{\delta t^2}{2} + (25 - 2t)\delta t + \frac{\delta t^2}{2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t = 5 \text{ s} \quad \checkmark \\ t = 20 \text{ s} \quad \times \end{cases}$$

با این حساب S_2 منفی می شود که غیرقابل قبول است.

متحرک به مدت $25 - 2t$ ثانیه حرکت یکنواخت داشته است:

۲۵۱- گزینه «۱» چون معادله از نوع درجه ۲ است، می توانیم بگوییم متحرک در لحظه

$$t' = \frac{-B}{2A} = -1 \text{ s} \quad \text{یعنی: } t' = \frac{-B}{2A}$$

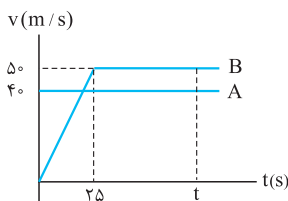
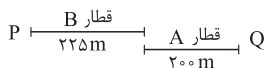
منفی شدن t' نشانه این است که متحرک تغییر جهت نداده است؛ پس مسافت طی شده (ℓ) برابر اندازه جابه جایی ($|\Delta x|$) است و داریم:

$$\ell = |\Delta x| \Rightarrow \frac{\ell}{|\Delta x|} = 1$$

متحرک تغییر جهت نداده است.



۲۵۲- گزینه «۴» قطار B هنگامی از قطار A سبقت می‌گیرد که نقطه P از نقطه Q عبور کند. یعنی باید زمانی را پیدا کنیم که طی آن، قطار B به اندازه مجموع طول دو قطار ($425 \text{ m} = 225 + 200$)، بیشتر از قطار A حرکت کند.



نمودارهای سرعت - زمان دو متحرک را رسم می‌کنیم:

فرض می‌کنیم در لحظه t ، جابه‌جایی قطار B به اندازه 425 m بیشتر از جابه‌جایی قطار A است (یعنی همان مقداری که لازم است تا P از Q عبور کند). سطح زیر هر نمودار، برابر جابه‌جایی آن قطار است.

$$t \text{ لحظه } t: \Delta x_B - \Delta x_A = S_B - S_A = 425 \text{ m} \Rightarrow S_A = 40t$$

$$S_B = \left[\frac{t + (t - 25)}{2} \right] \times 50 = 50t - 625 \Rightarrow (50t - 625) - (40t) = 425$$

$$\Rightarrow 10t - 625 = 425 \Rightarrow 10t = 1050 \Rightarrow t = 105 \text{ s}$$

این تست را می‌توان با روش‌های دیگری نیز حل کرد.

۲۵۳- گزینه «۲» کافی است فرمول جابه‌جایی - زمان حرکت شتاب ثابت ($\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$)

را یک بار برای جابه‌جایی OA و یک بار هم برای جابه‌جایی OB بنویسیم و سپس با توجه به این که فاصله AB را داریم، مسئله را حل کنیم:

$$\Delta x_1 = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \xrightarrow{\Delta x_1 = \overline{OA}, v_0 = 0} \overline{OA} = \frac{1}{2} \times 2 \times t^2 + 0 = t^2$$

$$\Delta x_2 = \frac{1}{2}a(t+8)^2 + v_0(t+8) \xrightarrow{\Delta x_2 = \overline{OB}, v_0 = 0} \overline{OB} = \frac{1}{2} \times 2 \times (t+8)^2 + 0 = t^2 + 16t + 64$$

حالا با توجه به شکل روبه‌رو داریم:

$$\overline{OB} - \overline{OA} = 160 \Rightarrow (t^2 + 16t + 64) - t^2 = 160$$

$$\Rightarrow 16t + 64 = 160 \xrightarrow{-64} t + 4 = 10 \Rightarrow t = 6 \text{ s}$$

تست، فاصله \overline{OA} را می‌خواهد: $\overline{OA} = t^2 = (6)^2 = 36 \text{ m}$

۲۵۴- گزینه «۱» روش اول: متحرک در دو ثانیه اول به اندازه Δx_1 و در دو ثانیه سوم (از

$t = 4 \text{ s}$ تا $t = 6 \text{ s}$) به اندازه Δx_2 جابه‌جا شده است.

$$\Delta x_1 = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \Rightarrow 13 = \frac{1}{2}a(2)^2 + v_0(2) \Rightarrow 13 = 2a + 2v_0 \quad (I)$$

$$\Delta x_2 = x_6 - x_4 = \left[\frac{1}{2}a(6)^2 + v_0(6) + x_0 \right] - \left[\frac{1}{2}a(4)^2 + v_0(4) + x_0 \right]$$

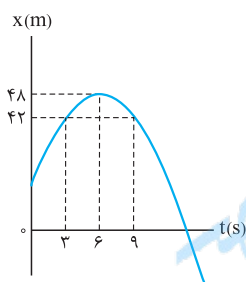
$$\Rightarrow 25 = 10a + 2v_0 \quad (II)$$

$$\xrightarrow{(II)-(I)} ۱۲ = \lambda a \Rightarrow a = \frac{۱۲}{\lambda} = \frac{۳}{۲} = ۱/۵ \text{ m/s}^2$$

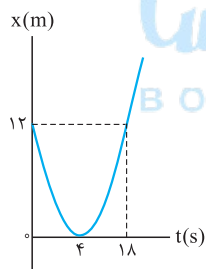
$$at^2 = \frac{\Delta x_{t,n} - \Delta x_{t,m}}{n-m} \Rightarrow a(t)^2 = \frac{\Delta x_{۳,۲} - \Delta x_{۳,۱}}{۳-۱} \Rightarrow ۴a = \frac{۲۵-۱۳}{۲} = ۶ \text{ روش دوم:}$$

$$\Rightarrow a = \frac{۶}{۴} = ۱/۵ \text{ m/s}^2$$

۲۵۵- گزینه «۳» سهمی داده شده نسبت به $t = ۴ \text{ s}$ متقارن است. بنابراین، اندازه شیب مماس بر نمودار در لحظه $t = ۰$ با اندازه شیب نمودار در لحظه $t = ۸ \text{ s}$ برابر است. این اندازه‌ها همان بزرگی سرعت متحرک است.

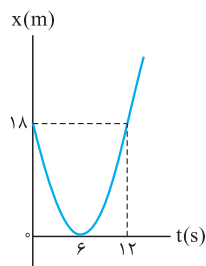


۲۵۶- گزینه «۱» با توجه به تقارن سهمی و این که سهمی داده شده نسبت به $t = ۶ \text{ s}$ متقارن است، به راحتی می توان فهمید که مکان متحرک در لحظه های ۳ s و ۹ s یکسان است. زیرا این دو نقطه نسبت به $t = ۶ \text{ s}$ متقارن هستند. از روی شکل هم پیدا است که $x_{t=۳} = x_{t=۹}$ و جابه جایی متحرک در این بازه صفر است. توضیح شکل مقابل: چون مسافت طی شده از ۳ s تا ۹ s برابر ۱۲ m بوده و حرکت متقارن است، پس متحرک از ۳ s تا ۶ s ، به اندازه ۶ m را طی کرده است: $۴۸ - ۶ = ۴۲ \text{ m}$.



۲۵۷- گزینه «۳» به نمودار نگاه کنید. در لحظه ۴ s شیب نمودار مکان - زمان صفر است؛ پس در این لحظه سرعت هم برابر صفر است. به راحتی به کمک رابطه مستقل از شتاب $(\frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{\Delta x}{\Delta t})$ برای بازه زمانی $(۴ \text{ s}, ۸ \text{ s})$ به جواب می رسیم:

$$\frac{v_{(۴)} + v_{(۸)}}{2} = \frac{\Delta x_{(۴,۸)}}{\Delta t} \Rightarrow \frac{0 + v_{(۸)}}{2} = \frac{۱۲ - 0}{۸ - 4} \Rightarrow v_{(۸)} = ۶ \text{ m/s}$$



۲۵۸- گزینه «۲» با توجه به نمودار، سرعت متحرک در لحظه $t = ۶ \text{ s}$ صفر است و جابه جایی متحرک در بازه ۶ s تا ۱۲ s برابر ۱۸ m است؛ پس برای بازه $(۶ \text{ s}, ۱۲ \text{ s})$ داریم:

$$\Delta x = \frac{1}{2} a (\Delta t_{(۶,۱۲)})^2 + v_{(۶)} \Delta t_{(۶,۱۲)}$$

$$\Rightarrow ۱۸ = \frac{1}{2} a (۱۲ - ۶)^2 + 0 \Rightarrow a = ۱ \text{ m/s}^2$$

تکنیک می توانیم برای بازه $(۰, ۶ \text{ s})$ حرکت را برعکس کنیم تا سرعت اولیه برابر صفر شود. در این

$$\Delta x = \frac{1}{2} a' t'^2 \Rightarrow -۱۸ = \frac{1}{2} a' t'^2 \Rightarrow a' = -۱ \text{ m/s}^2 \text{ صورت داریم:}$$

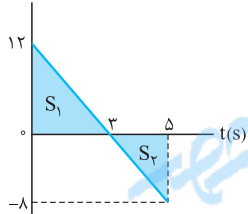


چون حرکت را برعکس کرده‌ایم علامت شتاب منفی شده، پس شتاب حرکت برابر $a = 1 \text{ m/s}^2$ است. با توجه به این که تقعر سهمی رو به بالاست، علامت شتاب حتماً مثبت است. یعنی با یک نگاه می‌توانیم بگوییم ۳ و ۶ غلطاند.

۲۵۹- گزینه «۴» **گام اول** از روی معادله مکان - زمان داده‌شده، معادله سرعت - زمان را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} x = -2t^2 + 12t - 4 \\ x = -\frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{2}a = -2 \Rightarrow a = -4 \text{ m/s}^2 \\ v_0 = 12 \text{ m/s} \end{cases} \xrightarrow{v=at+v_0} v = -4t + 12$$

$v \text{ (m/s)}$



گام دوم نمودار $v-t$ را رسم می‌کنیم.

مسافت طی شده در ۳ ثانیه اول S_1

مسافت طی شده در بازه زمانی $t = 3 \text{ s}$ تا $t = 5 \text{ s}$

$$\begin{aligned} |S_p| &= t = 5 \text{ s تا } t = 3 \text{ s} \\ \text{مسافت طی شده} &= S_1 + |S_p| = \frac{12 \times 3}{2} + \frac{(5-3) \times 8}{2} \\ &= 18 + 8 = 26 \text{ m} \end{aligned}$$

۲۶۰- گزینه «۴» **گام اول** با مقایسه معادله سرعت - زمان داده‌شده با معادله سرعت - زمان در حرکت با شتاب ثابت، شتاب و سرعت اولیه را تعیین می‌کنیم:

$$\begin{cases} v = at + v_0 \\ v = -4t \end{cases} \Rightarrow a = -4 \text{ m/s}^2 \text{ و } v_0 = 0$$

گام دوم a ، v_0 و x_0 در معادله مکان - زمان حرکت با شتاب ثابت قرار می‌دهیم:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow x = \frac{1}{2}(-4)t^2 + (0)t - 3 \Rightarrow x = -2t^2 - 3$$

۲۶۱- گزینه «۱» معادله $x-t$ در حرکت با شتاب ثابت را نوشته و با توجه به داده‌های مسئله،

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow x = \frac{1}{2}at^2 + 3t + 4$$

مقادیر v_0 و x_0 را در آن جای گذاری می‌کنیم:

این تابع معادله سهمی است و در نقطه رأس سهمی بیشترین مقدار را دارد. این بیشترین مقدار به ازای $t = 4 \text{ s}$ اتفاق می‌افتد. در این لحظه، سرعت متحرک صفر می‌شود:

$$v = at + 3 = 0 \xrightarrow{t=4 \text{ s}} 4a + 3 = 0 \Rightarrow a = -\frac{3}{4} \text{ m/s}^2$$

حالا می‌توانیم معادله $x-t$ این حرکت را به طور کامل نوشته و با قراردادن $t = 8 \text{ s}$ در آن، مکان

$$x = \frac{-3}{8}t^2 + 3t + 4 \xrightarrow{t=8 \text{ s}} x = \frac{-3}{8}(8)^2 + 3(8) + 4 = 4$$

متحرک را به دست آوریم:

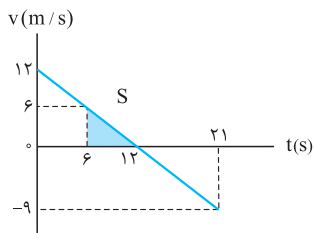
۲۶۲- گزینه «۲» با توجه به نمودار داده شده، شیب آن را که همان شتاب ثابت حرکت است

$$a = \frac{-9 - 12}{21 - 0} = \frac{-21}{21} = -1 \text{ m/s}^2$$

تعیین می کنیم:

حالا می توانیم سرعت متحرک در لحظه های $t = 6 \text{ s}$ و $t = 12 \text{ s}$ را به دست آوریم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow v = -t + 12 \Rightarrow \begin{cases} (t = 6 \text{ s}): v = -6 + 12 = 6 \text{ m/s} \\ (t = 12 \text{ s}): v = -12 + 12 = 0 \end{cases}$$



بزرگی جابه جایی متحرک در زمان خواسته شده برابر است با مساحت قسمت رنگ شده در شکل مقابل:

$$S = \frac{(12 - 6) \times 6}{2} = 18 \text{ m}$$

۲۶۳- گزینه «۲» در لحظه $t = 10 \text{ s}$ قطار A می ایستد، پس جابه جایی هر دو قطار را تا لحظه

$t = 10 \text{ s}$ محاسبه می کنیم:

ابتدا جابه جایی قطار B را تا لحظه $t = 10 \text{ s}$ به دست می آوریم. برای این کار نیاز به شتاب قطار B

$$a_B = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{-40}{16} = -2.5 \text{ m/s}^2$$

داریم:

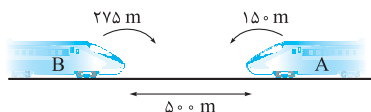
$$\Delta x_B = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t = \frac{1}{2} \times (-2.5) \times 10^2 + 40(10) = 275 \text{ m}$$

حالا جابه جایی قطار A را به کمک سطح زیر نمودار محاسبه می کنیم:

$$\Delta x_A = \frac{30 \times 10}{2} = -150 \text{ m}$$

یعنی جهت حرکت قطار A و B مخالف یکدیگر

است. به شکل مقابل توجه کنید.



پس فاصله قطار B از قطار A به سادگی محاسبه

می شود:

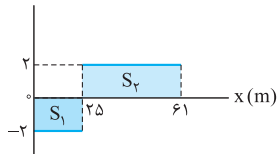
$75 \text{ m} = 500 - 150 - 275 =$ مقدار مسافتی که به هم نزدیک شدند - فاصله اولیه

۲۶۴- گزینه «۲» نموداری که در این تست معرفی شده است نمودار $a-x$ است؛ یعنی

شتاب - مکان. به فرمول مستقل از زمان $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$ توجه کنید. عبارت $a\Delta x$ همان

مساحت زیر نمودار در نمودار شتاب - مکان است.

$a(\text{m/s}^2)$



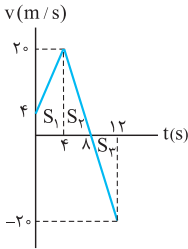
(مساحت مستطیل های رنگ شده = طول (Δx) \times عرض (a))

$$S_1 + S_2 = -50 + 36 \times 2 = 22 = a\Delta x$$

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

مساحت زیر نمودار

$$v^2 - 100 = 2 \times 22 \Rightarrow v^2 = 144 \Rightarrow v = 12 \text{ m/s}$$



$$S_1 = \frac{(4+20) \times 4}{2} = 48$$

$$S_2 = \frac{(8-4) \times 20}{2} = 40$$

$$|S_3| = \frac{(12-8) \times 20}{2} = 40 \Rightarrow S_1 + S_2 + |S_3| = 128 \text{ m}$$

۲۶۶- گزینه «۲» **روش اول:** حرکت سقوط آزاد، یک حرکت با شتاب ثابت است و می‌توانیم سرعت متوسط را به شکل زیر به دست آوریم:

$$v_{av} = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{0 - gt}{2} = \frac{-10 \times 3}{2} = -15 \text{ m/s} \Rightarrow |v_{av}| = 15 \text{ m/s}$$

روش دوم: می‌دانیم که جابه‌جایی گلوله در ۳ ثانیه اول برابر است با: $|\Delta y| = 5 + 15 + 25 = 45 \text{ m}$

$$\Rightarrow |v_{av}| = \frac{|\Delta y|}{\Delta t} = \frac{45}{3} = 15 \text{ m/s}$$

۲۶۷- گزینه «۴» **گام اول:** زمان حرکت گلوله A، $\frac{3}{5} \text{ s}$ و گلوله B، \square است؛ پس داریم:

$$\Delta y_A = -\frac{1}{2} g t_A^2 = -\frac{1}{2} \times 10 \times \left(\frac{3}{5}\right)^2 = -61/25 \text{ m}$$

$$\Delta y_B = -\frac{1}{2} g t_B^2 = -\frac{1}{2} \times 10 \times (2)^2 = -20 \text{ m}$$

گام دوم: مطابق شکل روبه‌رو، فاصله دو گلوله از هم (Δh)، برابر اندازه اختلاف جابه‌جایی آن‌ها است:

$$\Delta h = |\Delta y_A - \Delta y_B| = |-61/25 - (-20)| = 41/25 \text{ m}$$

۲۶۸- گزینه «۳» معادله مکان - زمان در سقوط آزاد را برای دو گلوله می‌نویسیم:

$$\begin{cases} \Delta y_1 = -\frac{1}{2} g t_1^2 \\ \Delta y_2 = -\frac{1}{2} g t_2^2 \end{cases} \xrightarrow[\substack{t_2 = t_1 - 2/5 \\ g = 10 \text{ m/s}^2}]{\quad} \begin{cases} \Delta y_1 = -5 t_1^2 \\ \Delta y_2 = -5 (t_1 - 2/5)^2 \end{cases}$$

در لحظه موردنظر (t_1)، گلوله اول $68/75 \text{ m}$ پایین‌تر از گلوله دوم است. معادلات مکان دو گلوله را از هم کم کرده و مساوی $68/75 \text{ m}$ قرار می‌دهیم:

$$-5 t_1^2 - [-5 (t_1^2 + 6/25 - 5 t_1)] = -5 t_1^2 + 5 t_1^2 + 31/25 - 25 t_1 = -68/75$$

$$\Rightarrow -25 t_1 = -100 \Rightarrow t_1 = 4 \text{ s}$$

۲۶۹- گزینه «۲»

گام اول زمان قسمت اول حرکت را حساب می‌کنیم:

$$v = -gt_1 \Rightarrow -15 = -10t_1 \Rightarrow t_1 = 1/5 \text{ s}$$

گام دوم ارتفاع سقوط در قسمت اول حرکت را با توجه به زمان $1/5 \text{ s}$ به دست می‌آوریم:

$$\Delta y_1 = -\frac{1}{2}gt_1^2 \Rightarrow \Delta y_1 = \frac{-1}{2} \times 10 \times 2/25 = -11/25 \text{ m}$$

گام سوم محاسبه کل ارتفاع سقوط:

$$h = \Delta y_{\text{کل}} = \Delta y_1 + \Delta y_2 = -11/25 - 50 = -61/25 \text{ m}$$

گام چهارم محاسبه زمان کل سقوط:

$$h = \Delta y_{\text{کل}} = \frac{-1}{2}gt^2 \Rightarrow -61/25 = \frac{-1}{2} \times 10 \times t^2 \Rightarrow t^2 = 12/25 \Rightarrow t = 3/5 \text{ s}$$

۲۷۰- گزینه «۴»

گام اول زمان رسیدن سنگ به آب (t_1): از جدول تضاد حسابی سقوط آزاد

$$5 + 15 + 25 = 45 \text{ m}$$

می‌دانیم که 45 m سقوط، 3 s طول می‌کشد: $t_1 = 3 \text{ s}$.

گام دوم زمان رسیدن صوت از آب به گوش (t_2):

$$\Delta x = vt \Rightarrow 45 = 340t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{45}{340} \approx 0/13$$

$$t = t_1 + t_2 = 3 + 0/13 = 3/13$$

گام سوم محاسبه زمان کل:

