

۳- تعیین معادله خطی که از دو نقطه می‌گذرد:

معادله خطی که از دو نقطه $A(x_1, y_1)$ و $B(x_2, y_2)$ می‌گذرد عبارت است از:

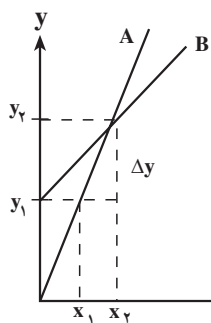
$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1)$$

۲- تعیین معادله خط با شیب نمودار: معادله‌ی خطی

که از نقطه $A(x_1, y_1)$ می‌گذرد و شیب آن m است، عبارت است از:

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

تمرین ۲ - ۵



هدف: شیب کدام یک از دو خط A و B در شکل ۲-۲۰ بیشتر (تندتر) است؟

است؟

$$m_A = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

پاسخ:

$$m_B = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

در نتیجه شیب خط A تندتر است. ($m_A > m_B$).

شکل ۲-۲۰

توصیه آموزشی



آشنایی با اصل شیب نمودار دانش‌آموزان را در تحلیل نمودارها و توصیف حرکت توانا تر می‌سازد.

در صورت آمادگی کلاس این اصل را آموزش می‌دهیم.

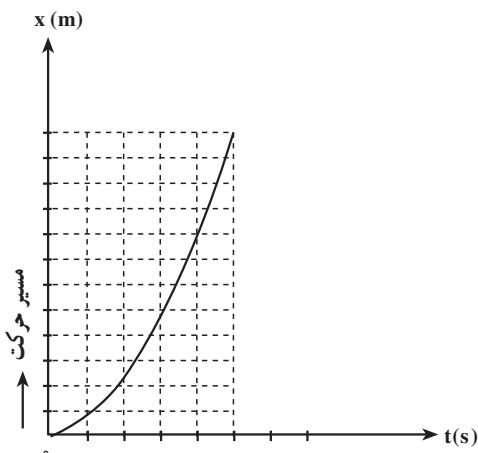
اصل شیب نمودار $(x - t)$

از روی شیب نمودار «مکان - زمان» یک متحرک می‌توانیم نوع حرکت آن را توصیف کنیم.

اگر شیب نمودار مثبت باشد، تغییرات مکان در یک بازه‌ی زمانی افزایش یافته است.

اگر شیب نمودار منفی باشد تغییرات در یک بازه‌ی زمانی کاهش یافته است.

تمرین ۲ - ۶



هدف: رسم نمودار مکان - زمان در حرکت غیر یکنواخت

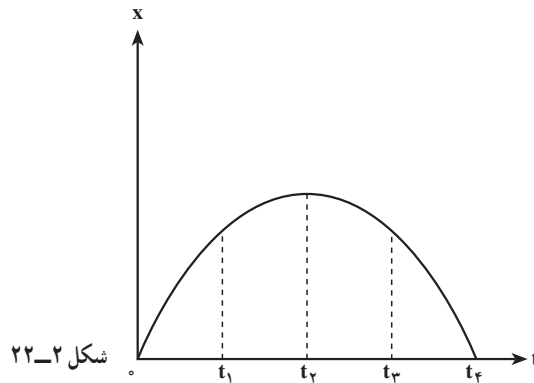
پاسخ: به شکل ۲-۲۱ توجه کنید متحرک تغییر جهت

نداشته است.

شکل ۲-۲۱



- ۱- رابطه‌ی مکان - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند در SI به صورت $x = -4t + 5$ است. الف) در چه لحظه‌ای متحرک به مبدأ می‌رسد؟ جابه‌جایی متحرک تا این لحظه چقدر است؟ ب) نمودار مکان - زمان متحرک را در ۳ ثانیه اول حرکت رسم کنید.
- ۲- در کدام یک از لحظه‌های نشان داده شده در شکل ۲-۲ متحرک بیش‌ترین فاصله را از مبدأ دارد؟



- ۳- در جدول زیر مکان شخصی که در مسیری مستقیم راه می‌رود در چند لحظه‌ی مختلف داده شده است.

t (s)	0	1	3	5	6	7	8
x (m)	0	1	7	18	18	18	20

- الف) نمودار مکان - زمان این شخص را رسم کنید.
- ب) در بازه‌ی زمانی ۵ تا ۷ ثانیه درباره‌ی حرکت شخص توضیح دهید.
- ب) جابه‌جایی شخص در ۷ ثانیه‌ی اول حرکت چند متر است؟

پاسخ:

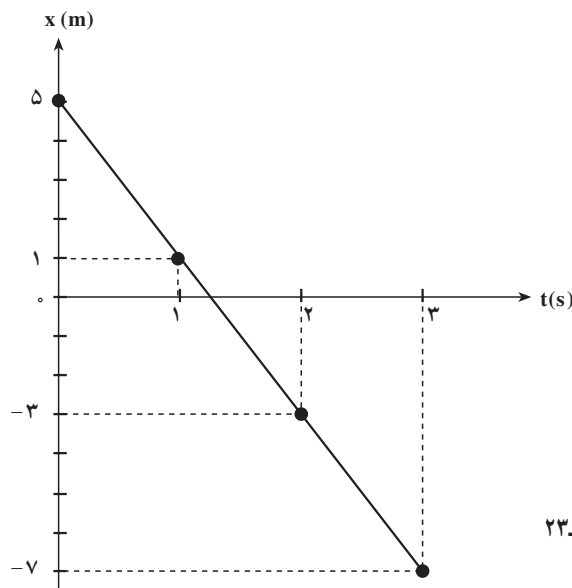
$$x = -4t + 5 \Rightarrow 0 = -4t + 5 \Rightarrow t = \frac{5}{4} \text{ s}$$

الف)

$$\Delta x = x_7 - x_1 = 0 - 5 = -5 \text{ m}$$

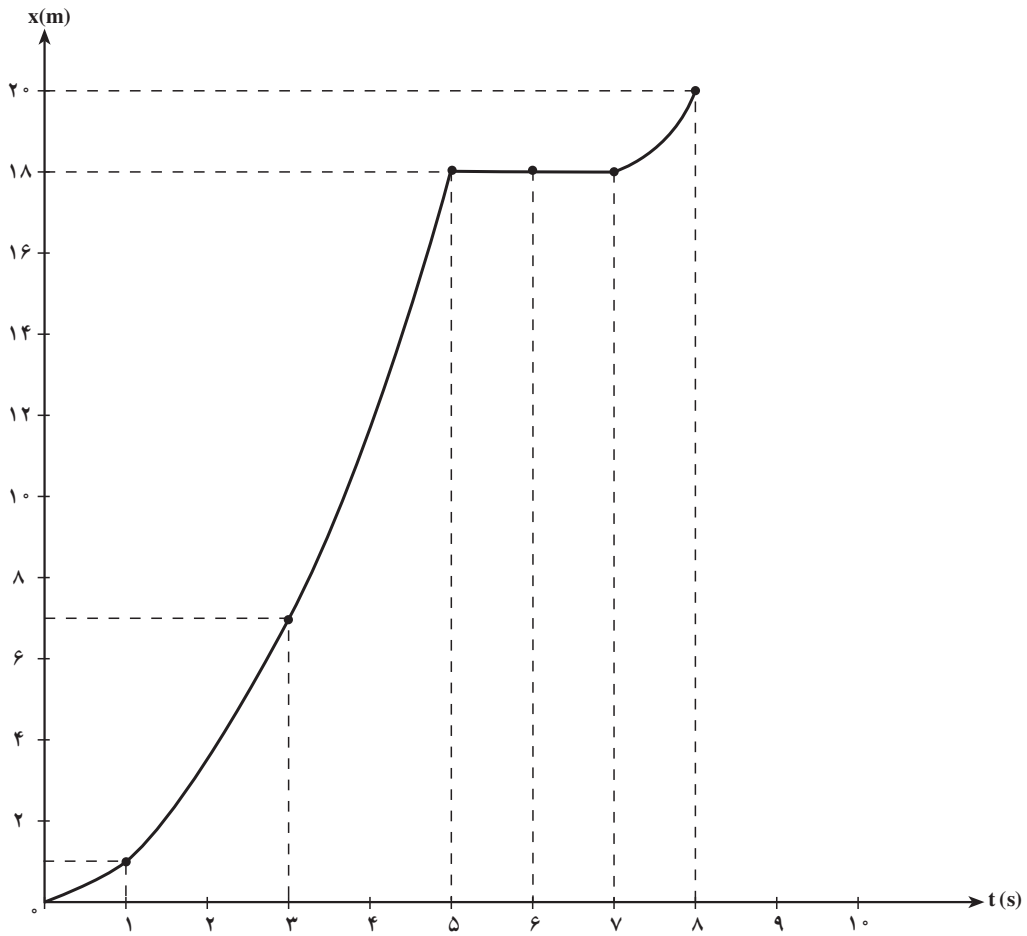
ب)

t (s)	x (m)
0	5
1	1
2	-3
3	-7



شکل ۲-۳

- ۲- در لحظه‌ی t_1 متحرک بیش‌ترین فاصله را از مبدأ دارد.
 ۳- الف) نمودار مکان- زمان دونده در شکل ۲-۲۴ رسم شده است.



شکل ۲-۲۴

- ب) در بازه‌ی 0 تا 7 ثانیه متحرک در حال سکون بوده است.



$$\Delta x = x_V - x_0 = 18 - 0 = 18 \text{ m}$$

(پ)



۲-۲-۴- سرعت متوسط

هدف‌ها:

۱- آشنایی با ویژگی‌های سرعت متوسط

۲- محاسبه سرعت متوسط به روش‌های متفاوت

راهنمای تدریس: در شروع این درس از دانش‌آموزان

می‌خواهیم سرعت را تعریف کنند، سپس در یک فعالیت گروهی فاصله‌ی خانه‌های خود تا مدرسه (جابه‌جایی) را تخمین بزنند و سرعت متوسط حرکت خود را از خانه تا مدرسه، محاسبه کنند.

سپس با کشیدن شکل ۲-۱۵ کتاب (و یا مشابه آن) روی تخته کلاس به متن کتاب می‌پردازیم و از دانش‌آموزان می‌خواهیم جابه‌جایی و سرعت متوسط را در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه کنند.

با اشاره به این نکته که: وجود پاره‌خط روی نمودار کمیت فیزیکی برای نشان دادن متوسط آن کمیت به کار می‌رود،

رابطه سرعت متوسط $(\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t})$ را روی تخته کلاس می‌نویسیم

و سرعت متوسط را مطابق متن کتاب تعریف می‌کنیم. برای تأکید و تعمق، جملات زیر را روی تخته کلاس می‌نویسیم.

● سرعت متوسط، نسبت جابه‌جایی به زمان جابه‌جایی است.

● سرعت متوسط کمیتی برداری است که با بردار جابه‌جایی هم‌جهت است. اگر جابه‌جایی مثبت باشد سرعت متوسط مثبت است و اگر جابه‌جایی منفی باشد سرعت متوسط هم منفی است.

۲-۲-۴- سرعت متوسط

شکل ۲-۱۵ مکان اومبیل را که در حرکت است در چند لحظه متفاوت نشان می‌دهد.

مثال ۲-۱۵

الف- بزرگی جابه‌جایی را در بازه‌های ۱-۱، ۲-۱، ۳-۱، ۴-۱ و ۵-۱ بدست آورید.

ب- در هر یک از این بازه‌ها اومبیل به‌طور متوسط در هر ثانیه چقدر جابه‌جا شده است؟

ج- الف- جابه‌جایی در بازه ۱-۱، ۲-۱، ۳-۱، ۴-۱ و ۵-۱ را حساب کنید.

د- جابه‌جایی در بازه ۱-۱، ۲-۱، ۳-۱، ۴-۱ و ۵-۱ را حساب کنید.

ه- با تقسیم جابه‌جایی به بازه زمانی مربوط به آن، معلوم می‌شود متحرک به‌طور متوسط در هر ثانیه چقدر جابه‌جا شده است.

۱-۱: $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{110}{1} = 110 \text{ m/s}$

۲-۱: $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{110}{2} = 55 \text{ m/s}$

به این ترتیب می‌توان با معلوم بودن جابه‌جایی در یک بازه زمانی، متوسط جابه‌جایی در هر ثانیه را در آن بازه زمانی بدست آورد که آن را سرعت متوسط در آن بازه زمانی می‌نامیم. اگر بزرگی سرعت متوسط را با نماد v نشان دهیم، داریم:

(۲-۱) $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

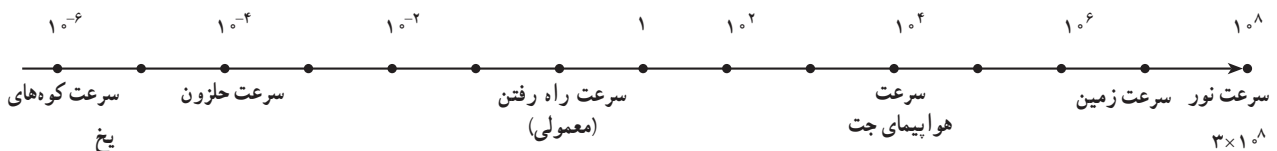
سرعت متوسط کمیتی برداری است که با بردار جابه‌جایی هم‌جهت است. یکای سرعت متوسط متر بر ثانیه (m/s) است.

مثال ۲-۳

در شکل ۲-۱۶ (۱۶=۲۱) نمودار مکان-زمان متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند، نشان داده شده است.

الف- در جدولی هر یک از بازه‌های زمانی صفر تا ۴s و ۴s تا ۶s و ۶s تا ۸s و جابه‌جایی مربوط به هر بازه را نشان دهید.

جهت آشناکردن دانش‌آموزان با اندازه‌های سرعت در محیط اطرافشان، روی تخته کلاس یک محور افقی مدرج می‌کشیم و متوسط برخی سرعت‌های قابل توجه را برحسب m/s روی آن نشان می‌دهیم (شکل ۲-۲۵). بیش‌ترین سرعت مربوط به سرعت نور است.



شکل ۲-۲۵

برای مثال، وقتی می‌گوییم سرعت متوسط متحرکی 30 m/s است، آیا می‌توانیم بگوییم که این متحرک در بین راه اصلاً با سرعت 45 m/s حرکت نکرده است؟ و یا هیچ‌گاه توقف نداشته است؟ البته خیر! و یا در مورد متحرکی که بعد از طی مسیری مکان انتها و ابتدای آن بر هم منطبق است. (سرعت متوسط آن صفر است.)

توجه دانش‌آموزان را به این نکته جلب می‌کنیم که: سرعت متوسط معرف رفتار متوسط متحرک در بازه‌ی زمانی Δt است و هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد سرعت متحرک در طول مسیر به ما نمی‌دهد. (این بدان معنی است که جزئیات حرکت بین x_1 و x_2 نادیده گرفته شده است.)

تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان-زمان

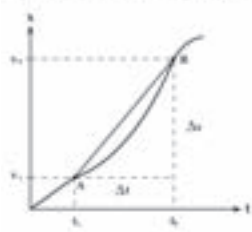
هدف: محاسبه‌ی سرعت متوسط با شیب نمودار

راهنمای تدریس: مقایسه‌ی سرعت متوسط بین دو نقطه

از نمودار $x-t$ و شیب خط واصل بین آن‌ها را به دانش‌آموزان

می‌سپاریم.

تجربین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان-زمان نمودار مکان-زمان متحرکی در شکل (۱۷-۲) نشان داده شده است. متحرک در لحظه ۱ در مکان ۱ و در لحظه ۲ در مکان ۲ است. سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی Δt برابر است با $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. همان‌طور که در درس



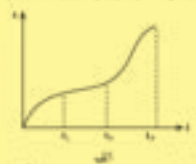
یادمانی داده‌اید نسبت $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ شیب خطی است که دو نقطه $A(1, 1)$ و $B(2, 2)$ را به یکدیگر وصل می‌کند.

با توجه به این که $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ است، می‌توان گفت سرعت متوسط بین دو نقطه از نمودار مکان-زمان برابر شیب خطی است که آن دو نقطه را به یکدیگر وصل می‌کند.

شکل ۱۷-۲

مثال ۵-۳

در نمودار شکل (۱۸-۲) القای سرعت متوسط را در بازه‌های $t_1=1$ و $t_2=2$ با هم مقایسه کنید.



الف



ب

حل: در شکل (۱۸-۲) با خط‌های

AB و AC به ترتیب بین دو لحظه ۱ و ۲ و دو لحظه ۱ و ۳ رسم شده‌اند. شیب

بازه خط AB برابر سرعت متوسط در بازه

$t_1=1$ است و شیب بازه خط AC برابر

سرعت متوسط در بازه $t_2=2$ است و

چون شیب بازه خط AC بیش از شیب بازه

خط AB است، بنابراین سرعت متوسط در

بازه $t_2=2$ بزرگتر از سرعت متوسط در

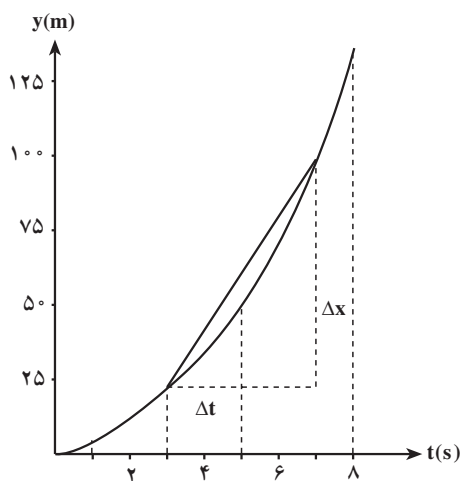
بازه $t_1=1$ است.

شکل ۱۸-۲

به این منظور از آن‌ها می‌خواهیم نمودار $x-t$ یک حرکت

را با داده‌های جدول، رسم کنند. (در مثالی مشابه مثال زیر)

t (s)	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
x (m)	۰	۲	۷/۸	۱۷/۶	۳۱/۴	۴۹	۷۰/۶	۹۶	۱۳۵



شکل ۲۶-۲

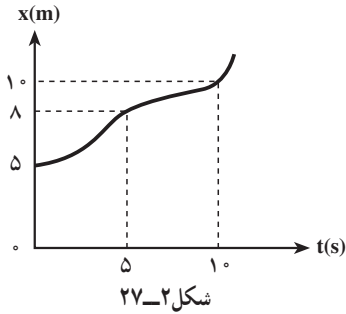
و در یک بازه‌ی زمانی $(t_1$ و $t_2)$ سرعت متوسط را محاسبه کنند.

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{96 - 7}{7 - 2} = \frac{89}{5}$$

سپس دو نقطه (x_1, t_1) و (x_2, t_2) را با یک خط راست

به هم وصل کنند (شکل ۲۶-۲) و می‌پرسیم شیب این خط $\frac{\Delta x}{\Delta t}$

چقدر است؟ شیب خط را با بزرگی سرعت متوسط مقایسه کنید.



۱- نمودار مکان- زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می کند مطابق شکل ۲-۲۷ است. نسبت سرعت میانگین متحرک در ۵ ثانیه ی دوم حرکت به سرعت متوسط آن در ۵ ثانیه ی اول حرکت کدام است؟

۲- معادله ی مکان- زمان متحرکی در SI به صورت $x = 8t - 2t^2$ است. الف) نمودار $x - t$ این متحرک را بین دو لحظه ی $t = 0$ و $t = 5$ s رسم کنید. ب) به کمک نمودار $x - t$ ، سرعت متوسط متحرک را در این بازه ی زمانی به دست آورید.

۳- شکل ۲-۲۸ نمودار مکان- زمان متحرکی را در مسیری مستقیم نشان می دهد. سرعت متوسط متحرک در ۴ ثانیه اول حرکت چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ:

۱- در ۵ ثانیه ی اول داریم

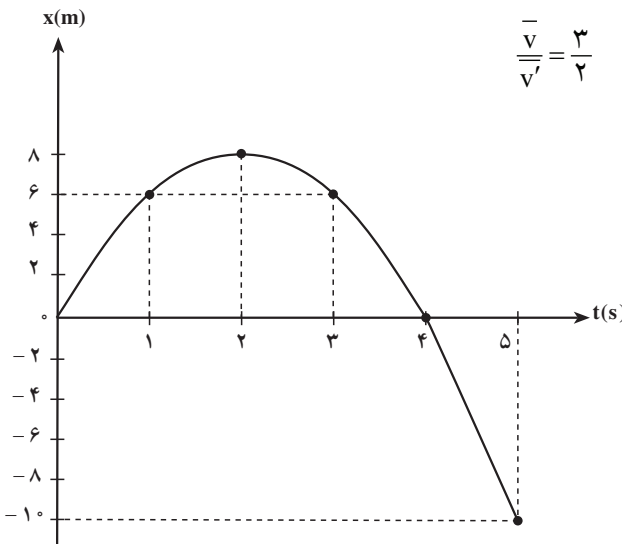
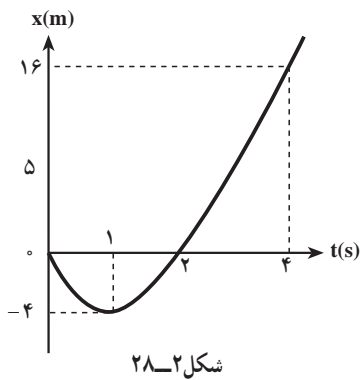
$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t} = \frac{8 - 5}{5} = \frac{3}{5} \text{ m/s}$$

به طور مشابه در ۵ ثانیه ی دوم داریم

$$\bar{v}' = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10 - 8}{5} = \frac{2}{5} \text{ m/s}$$

$$\frac{\bar{v}}{\bar{v}'} = \frac{3}{2}$$

به این ترتیب
۲- الف)



t (s)	x (m)
0	0
1	6
2	8
3	6
4	0
5	-10

ب) $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t} = \frac{-10 - 0}{5} = -2 \text{ m/s}$

۳- $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t} = \frac{16 - 0}{4} = 4 \text{ m/s}$

۲-۵- سرعت لحظه‌ای

هدف‌ها :

۱- آشنایی با مفهوم سرعت لحظه‌ای

۲- به دست آوردن سرعت با سرعت متوسط

راهنمای تدریس: درس را با نشان دادن تصویر از یک

سرعت سنج و یا نمایش فیلمی از عقربه متحرک سرعت سنج یک اتومبیل در حال حرکت و با پرسش و پاسخ در مورد آن شروع می‌کنیم :

معمولاً سرعت مجاز حرکت در اتوبان‌ها ۱۲۰ کیلومتر در ساعت است و راننده‌ای که این قانون را رعایت نکند جریمه می‌شود. پلیس با دوربین مخصوص سرعت اتومبیل‌ها را کنترل می‌کند. به نظر شما وقتی به راننده‌ای گفته می‌شود سرعت غیرمجاز شما ۱۸۰ کیلومتر در ساعت بوده است، یعنی چه؟

آیا این سرعت، سرعت متوسط اتومبیل است؟ در چه بازه‌ی زمانی؟ دانش‌آموزان می‌توانند حدس بزنند که این سرعت در بازه‌ی زمانی کوتاهی اندازه‌گیری می‌شود. (مثلاً یک لحظه) و به این ترتیب سرعت لحظه‌ای را تعریف می‌کنیم. و از دانش‌آموزان می‌خواهیم مواردی را نام ببرند که سرعت لحظه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. مثل سرعت توپ در بازی فوتبال و ...

تعیین سرعت لحظه‌ای به کمک نمودار $x-t$

هدف : تعریف سرعت لحظه‌ای روی نمودار $x-t$

راهنمای تدریس : با کشیدن شکل ۲-۳ روی تخته

کلاس، چگونگی حرکت یک اتومبیل را نشان می‌دهیم و از دانش‌آموزان می‌خواهیم با توجه به اعداد روی شکل، نمودار $x-t$ حرکت را روی کاغذ میلی‌متری رسم کنند و سرعت متوسط را با اتصال نقطه‌های A و B و با استفاده از شیب خط AB به دست آورند (شکل ۲-۳).

۲-۳ مثال
 هنگامی که یک اتومبیل در حرکت است اگر به سرعت سنج آن نگاه کنیم متوجه می‌شویم که عقربه آن در هر لحظه مقدار مشخصی را نشان می‌دهد. اگر سرعت اتومبیل زیاد شود عقربه مقدار بیشتری را نشان می‌دهد. رابطه بین سرعت متوسط و سرعتی که به سرعت سنج اتومبیل نشان می‌دهد چیست؟ برای پاسخ به این پرسش به مثال زیر توجه کنید.

۲-۳ مثال
 شکل (۲-۳) اتومبیلی را که در مسیر مستقیم در حال حرکت است در لحظه‌های مختلف نشان می‌دهد. مکان و مقداری که به سرعت سنج اتومبیل نشان می‌دهد در لحظه‌های صفر، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ در شکل نشان داده شده است.

۲-۳ مثال
 الف- بازه‌های زمانی ۱-، ۲-، ۳-، ۴-، ۵-، ۶-، ۷-، ۸-، ۹-، ۱۰- را با جابجایی سرعت متوسط مربوط به هر یک از این بازه‌ها را در جدولی ثبت کنید.
 ب- در کدام بازه زمانی سرعت متوسط به مقداری که به سرعت سنج اتومبیل در لحظه ۵ نشان می‌دهد نزدیکتر است؟
 حل: الف

Δt (s)	Δx (m)	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ (m/s)
$t_1 - t_0 = 1 - 0 = 1$	$x_1 - x_0 = 12 - 0 = 12$	۱۲
$t_2 - t_1 = 1 - 1 = 0$	$x_2 - x_1 = 15 - 12 = 3$	۳
$t_3 - t_2 = 1 - 2 = 1$	$x_3 - x_2 = 17 - 15 = 2$	۲
$t_4 - t_3 = 1 - 3 = 1$	$x_4 - x_3 = 17 - 17 = 0$	۰
$t_5 - t_4 = 1 - 4 = 1$	$x_5 - x_4 = 17 - 17 = 0$	۰
$t_6 - t_5 = 1 - 5 = 1$	$x_6 - x_5 = 17 - 17 = 0$	۰
$t_7 - t_6 = 1 - 6 = 1$	$x_7 - x_6 = 17 - 17 = 0$	۰
$t_8 - t_7 = 1 - 7 = 1$	$x_8 - x_7 = 17 - 17 = 0$	۰
$t_9 - t_8 = 1 - 8 = 1$	$x_9 - x_8 = 17 - 17 = 0$	۰
$t_{10} - t_9 = 1 - 9 = 1$	$x_{10} - x_9 = 17 - 17 = 0$	۰

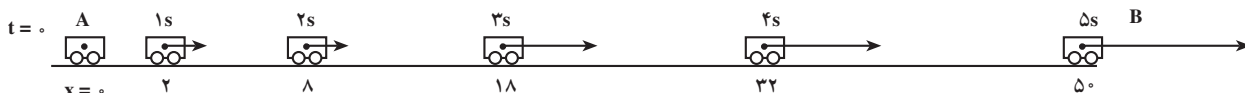
ب- همان‌طور که در جدول دیده می‌شود، سرعت متوسط در بازه زمانی ۵-۴، ۵-۳، ۵-۲، ۵-۱ کوچکتر از حاد است.

از حاد به جابجایی به سمت راست می‌توان نتیجه گرفت که هر چه بازه زمانی کوچکتر باشد سرعت متوسط به سرعتی که به سرعت سنج نشان می‌دهد نزدیکتر خواهد بود. سرعت متوسط در حاد

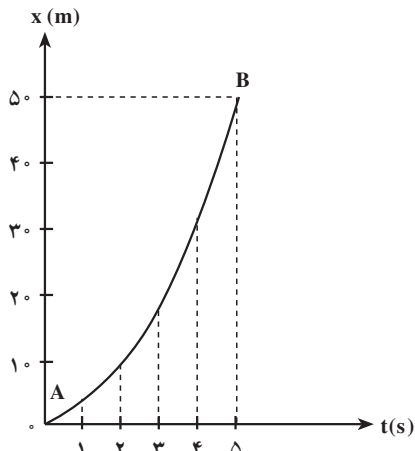
که بازه زمانی طولانی‌تر، کوچکتر می‌شود، سرعت لحظه‌ای تعیین می‌شود. در واقع می‌توان گفت که سرعت سنج اتومبیل سرعت لحظه‌ای را نشان می‌دهد. سرعت لحظه‌ای را از این به بعد برای اختصار سرعت می‌نامیم.

تعیین سرعت لحظه‌ای به کمک نمودار مکان-زمان
 در هر لحظه از زمان، سرعت متوسط بین دو لحظه نسبت خطی است که نمودار مکان-زمان را در آن دو لحظه قطع می‌کند. در شکل (۲-۳) می‌بینیم که اگر A و B به هر نزدیک‌تر می‌شوند، خطی که از A و B عبور می‌کند، کوچک‌تر می‌شود. و هر چقدر خطی به هر نزدیک‌تر می‌شوند، در نهایت خط AB در لحظه A بر نمودار مماس می‌شود. در این حالت، شیب خط مماس برابر سرعت لحظه‌ای متحرک در لحظه A است.
 پس می‌توان نتیجه گرفت که سرعت در هر لحظه برابر شیب مماس بر نمودار مکان-زمان در آن لحظه است.

۲-۳ مثال
 در شکل زیر شیب مماس، سرعت در لحظه A و شیب مماس، سرعت در لحظه B است. در کدام لحظه سرعت بیشتر است؟
 حل: همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، چون شیب مماس در لحظه A بیشتر از شیب مماس در لحظه B است، سرعت در لحظه A بیشتر از سرعت در لحظه B است. با اندازه‌گیری شیب مماس بر مماس نمودار مکان-زمان می‌توان سرعت لحظه‌ای را به دست آورد.



شکل ۲-۳



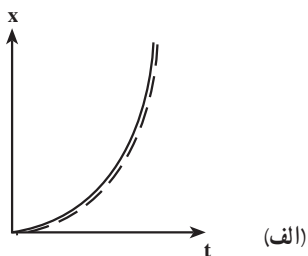
شکل ۲-۳۱

سپس از یکی از دانش‌آموزان فعال می‌خواهیم این نمودار را روی تخته کلاس با مقیاس مناسب بکشد و سرعت متوسط را بین دو نقطه A و B پیدا کند. از روی این نمودار سرعت لحظه‌ای را مطابق با متن کتاب آموزش می‌دهیم و سرعت لحظه‌ای را شیب خط مماس بر منحنی در هر لحظه معرفی می‌کنیم. و از دانش‌آموزان می‌خواهیم مثال ۲-۶ کتاب درسی را حل کنند و حل خود را با حل در کتاب مقایسه کنند.

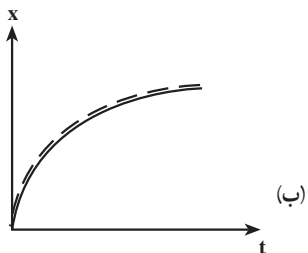
توصیه آموزشی



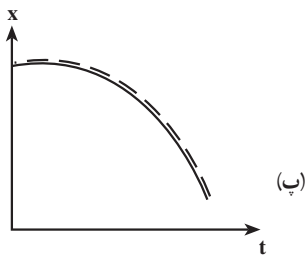
برای افزایش قدرت تحلیل نمودارهای غیرخطی $x - t$ توجه دانش‌آموزان را به شیب متغیر خط‌های خمیده جلب می‌کنیم (شکل ۲-۳۲). شیب خط خمیده متغیر است.



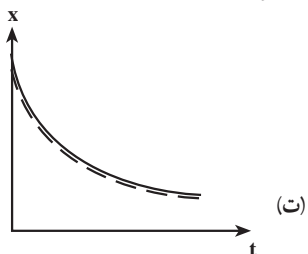
در نمودارهای غیرخطی، تغییر شیب نمودار تغییر سرعت را نشان می‌دهد. سرعت مثبت رو به افزایش در نمودار «الف» نشان داده شده است. در این نمودار شیب مرتباً افزایش دارد.



سرعت مثبت رو به کاهش در نمودار «ب» نشان داده شده است. شیب این نمودار رو به کاهش است.



سرعت منفی رو به افزایش در نمودار «پ» نشان داده شده است. شیب این نمودار منفی و رو به افزایش است.



سرعت منفی رو به کاهش در نمودار «ت» نشان داده شده است. شیب این نمودار منفی ولی رو به کاهش است.

شکل ۲-۳۲

تمرین ۲-۷



هدف: تحلیل نمودار مکان-زمان

پاسخ:

الف) سرعت رو به افزایش است.

ب) سرعت در لحظه‌ی t صفر است. یعنی متحرک یک لحظه توقف داشته است.

تمرین پیشنهادی



۱- معادله‌ی حرکت جسمی روی خط راست در SI با رابطه‌ی $x = 2t^2 - 4t + 1$ بیان می‌شود.

الف) بردار مکان جسم را در لحظه‌های $t = 0, 1, 2, 3$ ثانیه روی محور x ها نشان دهید.

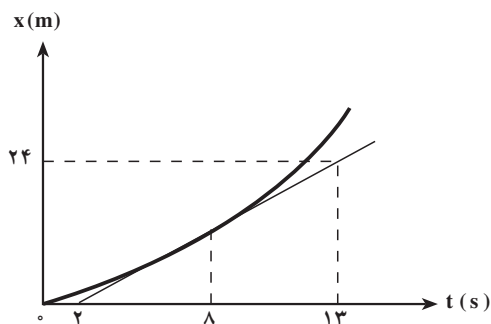
ب) نمودار مکان-زمان آن را رسم کنید.

پ) سرعت متوسط متحرک را در بازه‌ی زمانی $t_1 = 2s$ تا $t_2 = 4s$ به دست آورید.

ت) با توجه به نمودار مکان-زمان (قسمت ب) تعیین کنید در چه لحظه‌ای سرعت متحرک صفر است؟

۲- با توجه به نمودار مکان-زمان متحرکی که در شکل ۲-۳۳ نشان داده شده است، سرعت لحظه‌ای آن را

در $t = 8s$ پیدا کنید.

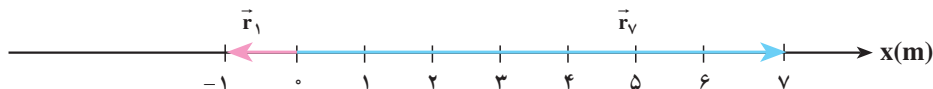


شکل ۲-۳۳

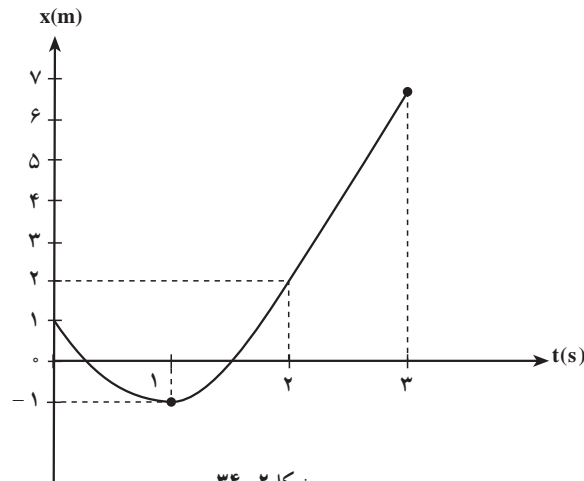
پاسخ:

۱- الف) برای نمونه، بردار مکان در لحظه‌های $t = 1s$ و $t = 3s$ رسم شده است.

t (s)	x (m)
0	1
1	-1
2	1
3	7



(ب)



شکل ۲-۳۴

(ب) با توجه به نمودار در $t=1s$ ، شیب مماس بر نمودار صفر است. بنابراین سرعت لحظه‌ای در $t=1s$ برابر صفر است.

$$v = \frac{44}{13-2} = 4 \text{ m/s}$$

۲- شیب خط مماس بر منحنی در لحظه‌ی مورد نظر برابر است با

۲-۶- حرکت یکنواخت بر خط راست

هدف‌ها :

۱- تعریف حرکت یکنواخت

۲- معرفی ویژگی‌های حرکت یکنواخت

راهنمای تدریس: دانش‌آموزان در انجام فعالیت‌ها و

مثال‌های قبلی با حرکت یکنواخت آشنا شده‌اند و می‌توانند این

حرکت را تعریف کنند. از آن‌ها می‌خواهیم با مشورت و هم‌فکری

با گروه‌های خود حرکت‌های طبیعی یکنواخت مثل حرکت

پرتوهای نور و امواج صوتی (در محیط همگن) مثال بزنند و با

پرسش و پاسخ حرکت یکنواخت را تعریف کنند.

تمرین ۷-۳

شکل (۲۲-۲) نمودار مکان-زمان
متحرکی را نشان می‌دهد.
الف- از لحظه صفر تا ۱ سرعت رو به
افزایش است یا کاهش؟
ب- اگر در لحظه ۱ مماس بر نمودار
موازی محور ۱ باشد، سرعت در این لحظه
چقدر است؟

شکل ۲۲-۲

۲-۶- حرکت یکنواخت بر خط راست

هرگاه سرعت لحظه‌ای متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند، در تمام لحظه‌ها یکسان باشد، حرکت آن یکنواخت نامیده می‌شود. در این حرکت نمودار مکان-زمان یک خط راست است (جزای ۱) و در نتیجه سرعت متوسط بین هر دو لحظه دلتا x برابر با سرعت لحظه‌ای می‌شود. چرا؟ بنابراین:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2-2)$$

از رابطه (۲-۲) می‌توان نوشت:

$$\Delta x = v \Delta t \quad (2-3)$$

هرگاه فاصله متحرک تا مبدأ در لحظه $t=0$ برابر x_0 و فاصله آن تا مبدأ در لحظه t برابر x باشد:

$$x - x_0 = v(t - 0)$$

و یا:

$$x = vt + x_0 \quad (2-4)$$

در این رابطه که آن را معادله حرکت یکنواخت می‌نامند، x فاصله تا مبدأ (مکان) بر حسب متر، t سرعت لحظه‌ای بر حسب متر بر ثانیه، t زمان بر حسب ثانیه و x_0 فاصله تا مبدأ در لحظه صفر بر حسب متر است. با توجه به آنچه قبلاً گفته شد، ممکن است مکان مثبت یا منفی باشد. سرعت هم در صورتی که در جهت محور x یا $-x$ باشد مثبت، در غیر این صورت منفی است.

تمرین ۲-۸

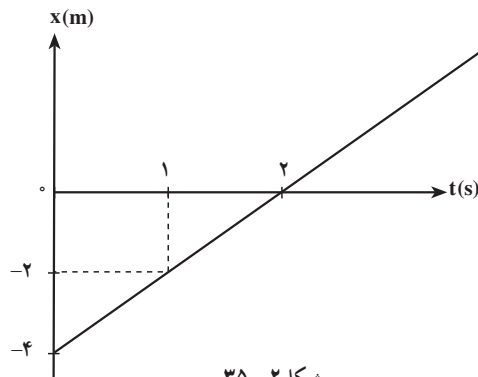


$$\Delta x = v\Delta t \Rightarrow (36 - 6) = v(20 - 5) \Rightarrow v = 2 \text{ m/s}$$

$$x = vt + x_0 \Rightarrow 6 = 2 \times 5 + x_0 \Rightarrow x_0 = -4 \text{ m}$$

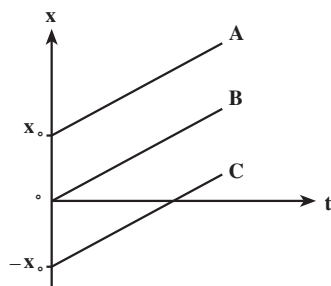
$$x = 2t - 4$$

t (s)	x (m)
0	-4
1	-2
2	0



شکل ۲-۳۵

تمرین پیشنهادی



شکل ۲-۳۶

۱- شکل ۲-۳۶ نمودار مکان - زمان سه متحرک را نشان می‌دهد که حرکت آن‌ها یکنواخت و بر خط راست است. معادله‌ی حرکت هر متحرک را بنویسید.

۲- معادله‌ی حرکت متحرکی در SI به صورت $x = 12t - 24$ است.

الف) تغییر مکان متحرک در ۲ ثانیه‌ی اول حرکت چقدر است؟

ب) در چه لحظه‌ای متحرک به مبدأ مکان می‌رسد؟

پ) نمودار مکان زمان متحرک را رسم کنید.

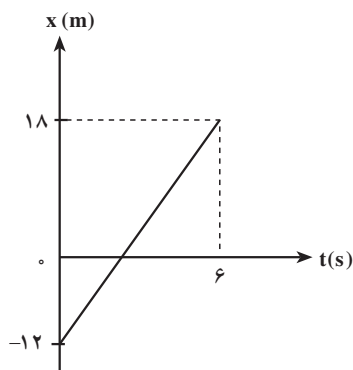
۳- شکل ۲-۳۷ نمودار مکان - زمان متحرکی را در ۶ ثانیه‌ی اول

حرکت نشان می‌دهد.

الف) نوع حرکت متحرک را تعیین کنید.

ب) معادله‌ی حرکت متحرک را بنویسید.

پ) جابه‌جایی متحرک در ۲ ثانیه‌ی اول حرکت چقدر است؟



شکل ۲-۳۷

$$x_A = v_A t + x_0$$

$$x_B = v_B t$$

$$x_C = v_C t - x_0$$

پاسخ :

۱-

۲- الف)

$$t_1 = 0 \rightarrow x_1 = -24 \text{ m}$$

$$t_2 = 2 \text{ s} \rightarrow x_2 = 0$$

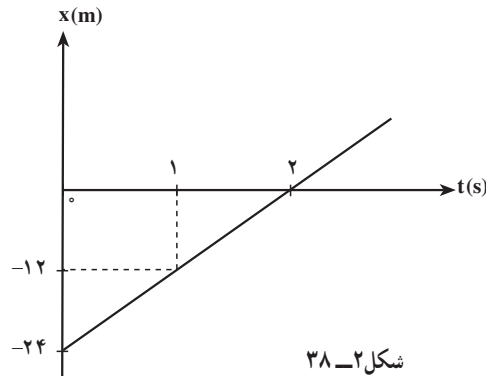
$$\Delta x = x_2 - x_1 = 0 - (-24 \text{ m}) = 24 \text{ m}$$

$$x = 0 \Rightarrow 12t - 24 = 0 \Rightarrow t = 2 \text{ s}$$

ب)

پ)

t (s)	x(m)
0	-24
1	-12
2	0



شکل ۲-۳۸

۳- الف) یکنواخت در امتداد محور x

$$x_0 = -12 \text{ m}, v = 5 \text{ m/s} \Rightarrow x = 5t - 12$$

ب)

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = 0 \rightarrow x_1 = -12 \text{ m} \\ t_2 = 2 \text{ s} \rightarrow x_2 = -2 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta x = x_2 - x_1 = -2 - (-12) = 10 \text{ m}$$

پ)

۲-۷- نمودار سرعت - زمان

راهنمای تدریس:

نمودار سرعت - زمان را ابزار دیگری برای توصیف حرکت معرفی می‌کنیم و با عنوان کردن این نکته که برای رسم این نمودارها از روش‌های متفاوتی استفاده می‌شود، به روش‌های زیر اشاره می‌کنیم:

۱- مشخص بودن سرعت متحرک در هر لحظه (جدول

داده‌ها)

۲- به کمک نمودار مکان - زمان

۳- از روی معادله‌ی سرعت - زمان

۲-۷-۱ نمودار سرعت - زمان

دینم از نمودار مکان - زمان می‌توان اطلاعاتی در مورد حرکت جسم، مثلاً سرعت یا مکان متحرک و سرعت متوسط آن به‌دست آورد. به همین ترتیب می‌توان از نمودار سرعت - زمان هم اطلاعاتی در باره حرکت جسم به‌دست آورد. برای رسم نمودار سرعت - زمان در دستگاه مختصات ۱- محور قائم برای سرعت و محور افقی را برای زمان اختیار می‌کنیم و به ترتیبی که برای نمودار مکان - زمان گفته شد، این نمودار را رسم می‌کنیم.

مثال ۲-۳

متحرکی با سرعت ثابت در مسیر مستقیم در حرکت است. در لحظه $t_1 = 2 \text{ s}$ در فاصله 5 m از مرکز و در لحظه $t_2 = 12 \text{ s}$ در فاصله 25 m از مرکز است. نمودار سرعت - زمان آن را رسم کنید.

حل: در حرکت با سرعت ثابت داریم:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{25 - 5}{12 - 2} = 2 \text{ m/s}$$

شکل ۲-۳

چون در حرکت یکگانه سرعت ثابت است، نمودار سرعت - زمان به صورت یک خط راست موازی محور زمان است.

مثال ۲-۴

در جدول زیر سرعت متحرکی که بر روی خط راست در حرکت است در چند لحظه مشخص شده است. نمودار سرعت - زمان آن را رسم کنید.

زمان (s)	سرعت (m/s)
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8

تمرین ۲-۹

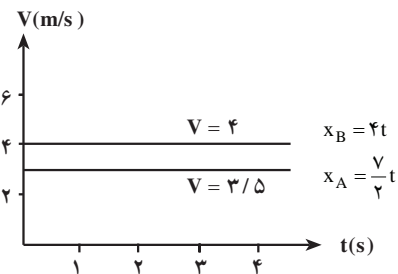


هدف: رسم نمودار سرعت - زمان از روی نمودار مکان - زمان

پاسخ:

$$v_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{26 - 12}{4} = 3.5 \text{ m/s}$$

$$v_B = \frac{8 - 0}{4} = 2 \text{ m/s}$$



شکل ۲-۳۹

حالت زمان‌ها را بر روی محور افقی و سرعت‌ها را بر روی محور قائم نشان می‌کنیم و به ترتیب که برای نمودار مکان-زمان گشته اند نمودار سرعت-زمان را رسم می‌کنیم.

شکل ۲-۳۸

تمرین ۳-۹

شکل (۲۷-۳) نمودار مکان-زمان دو متحرک A و B را نشان می‌دهد. سرعت هر یک از آن‌ها را حساب کنید و نمودار سرعت - زمان هر کدام را رسم و معادله حرکت هر یک از آن‌ها را بنویسید.

شکل ۲-۳۷

۴-۹. شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای

تنگانی که توپبیل از حال سکون به راه می‌افتد، با مشاهده سرعت‌سنج توپبیل ملاحظه می‌شود که سرعت آن به تدریج افزایش می‌یابد و در هنگام تمرکز بر حرکت آن به تدریج کاهش می‌یابد. در این موارد که سرعت متحرک تغییر می‌کند می‌گوئیم حرکت، شتابدار یا غیر یکنواخت است. شتاب متوسط و از نسبت تغییر سرعت به بازه زمانی است که سرعت تغییر کرده است. اگر تغییر سرعت در بازه زمانی Δt را Δv بگذاریم داریم:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad (2-4)$$

تمرین پیشنهادی

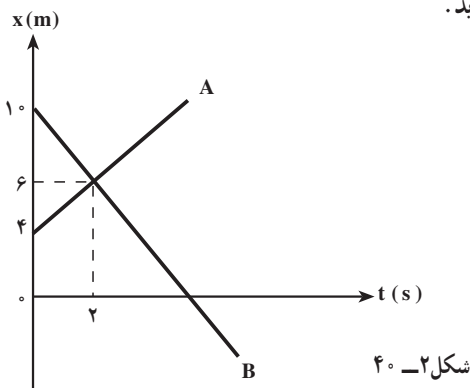


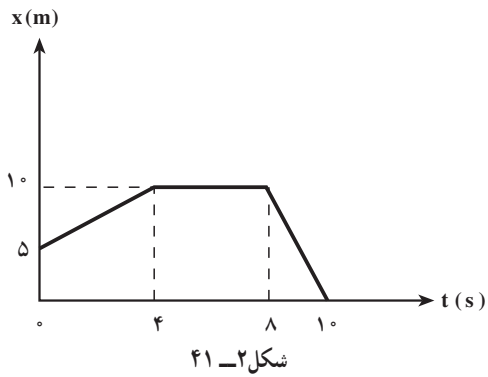
۱- متحرکی در امتداد خط راست در حرکت است. این متحرک در ۲ ثانیه‌ی اول حرکت با سرعت ثابت 4 m/s ، آن‌گاه به مدت 4 s با سرعت ثابت 6 m/s و بقیه‌ی مسیر را به مدت 5 s با سرعت 3 m/s طی می‌کند. نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم کنید.

۲- نمودار مکان - زمان دو متحرک مطابق شکل ۲-۴۰ است.

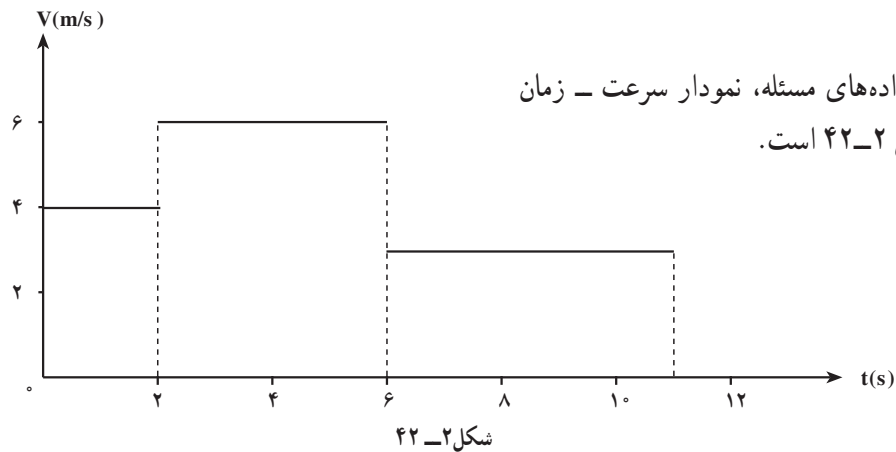
الف) معادله مکان - زمان این دو متحرک را به دست آورید.

ب) نمودار سرعت - زمان این دو متحرک را رسم کنید.





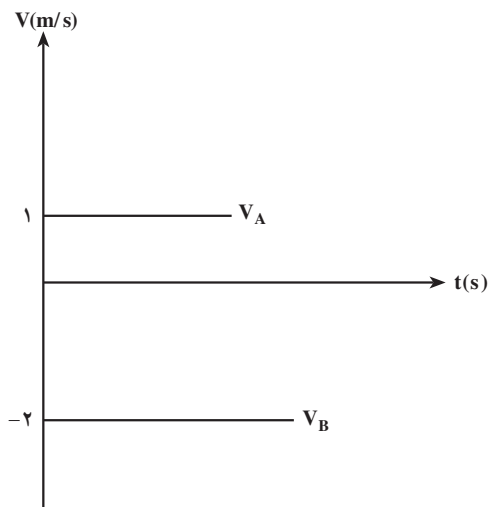
۳- شکل ۲-۴۱ نمودار مکان- زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد خط راست حرکت می‌کند. الف) جابه‌جایی متحرک در کل زمان حرکت چقدر است؟ ب) سرعت متوسط متحرک را در هر بازه‌ی زمانی و هم‌چنین در کل زمان حرکت به دست آورید. پ) معادله‌ی حرکت متحرک را در هر بازه‌ی زمانی بنویسید.



پاسخ:

۱- با توجه به داده‌های مسئله، نمودار سرعت- زمان متحرک به صورت شکل ۲-۴۲ است.

۲- الف) $x_A = t + 4$, $x_B = -2t + 10$



شکل ۲-۴۳

۳- الف) $t = 0 \rightarrow x_0 = 5m$, $t = 10s \rightarrow x = 0$

$\Delta x = x - x_0 = 0 - 5 = -5m$

ب) با استفاده از تعریف سرعت متوسط $\bar{v} = \Delta x / \Delta t$ داریم

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10 - 5}{4} = 1.25 \text{ m/s}$$

در بازه‌ی (۴ و ۰)

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10 - 10}{4} = 0$$

در بازه‌ی (۸ و ۴)

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 - 10}{2} = -5 \text{ m/s}$$

در بازه‌ی (۱۰ و ۸)

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 - 5}{10} = -0.5 \text{ m/s}$$

در بازه‌ی (۱۰ و ۰)

$$x = \frac{5}{4}t + 5$$

ب) در بازه‌ی (۴ و ۰)

در بازه‌ی (۸ و ۴) متحرک ساکن است.

$$x = -5t + 5$$

در بازه‌ی (۱۰ و ۸)

۲-۸- شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای

هدف: آشنایی با مفهوم شتاب و تفاوت شتاب متوسط و

شتاب لحظه‌ای

دانش‌آموزان کاغذ میلی‌متری همراه بیاورند.

راهنمای تدریس: دانش‌آموزان اغلب می‌دانند که

اتومبیل‌ها از نظر شتاب با هم متفاوت هستند و انواع اتومبیل‌های

شتابدار را می‌شناسند. از آن‌ها می‌خواهیم صحنه‌ای را تصور کنند

که دو اتومبیل (با شتاب کم و زیاد) پشت چراغ قرمز ایستاده‌اند و

با سبز شدن چراغ هر دو با هم شروع به حرکت می‌کنند ولی یکی از

دیگری جلو می‌افتد. (نمایش یک فیلم و یا انیمیشن کامپیوتری که

همراه با حرکت اتومبیل تغییرات بردار سرعت روی آن نشان داده

شود به درک مفهوم شتاب کمک بیش‌تری می‌کند) و شکل حرکت

اتومبیل را همراه با بردار سرعت روی تخته کلاس می‌کشیم و با

پرسش‌هایی مانند این که آیا در این دو حرکت سرعت تغییر می‌کند؟

تغییر سرعت کدام یک بیش‌تر است؟ علت جلو افتادن یکی را

حل زمان‌ها را بر روی محور افقی و سرعت‌ها را بر روی محور قائم ثبت می‌کنیم و بازه‌ی که برای نمودار مکان-زمان رسم شده‌اند سرعت-زمان را رسم می‌کنیم.

شکل ۲-۲

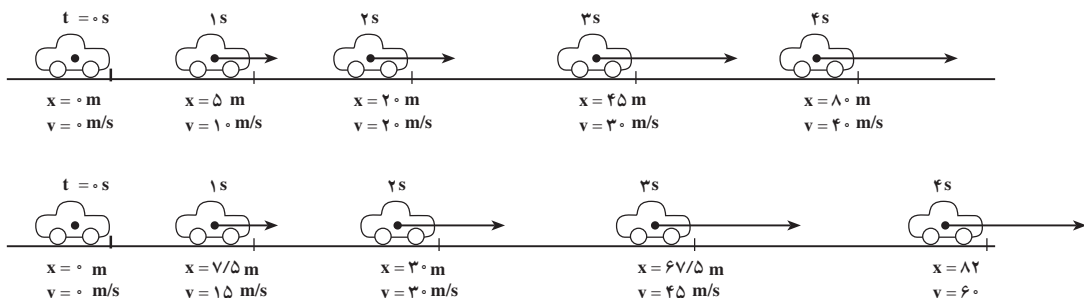
تمرین ۹-۴

شکل (۲-۲) نمودار مکان-زمان دو متحرک A و B را نشان می‌دهد. سرعت هر یک از آن‌ها را حساب کنید و نمودار سرعت-زمان هر کدام را رسم و معادله حرکت هر یک از آن‌ها را بنویسید.

شکل ۲-۲

۲-۸- شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای

هنگامی که اتومبیل از حال سکون به راه می‌افتد، با مشاهده سرعت‌سنج اتومبیل ملاحظه می‌شود که سرعت آن به تدریج افزایش می‌یابد و در هنگام زور زدن سرعت آن به تدریج کاهش می‌یابد. در این موارد که سرعت متحرک تغییر می‌کند می‌گویم حرکت، شتابدار یا غیر شتابدار است. شتاب متوسط و نرخ نسبت تغییر سرعت به بازه زمانی است که سرعت تغییر کرده است. اگر تغییر سرعت در بازه زمانی Δt و در Δv باشد داریم:

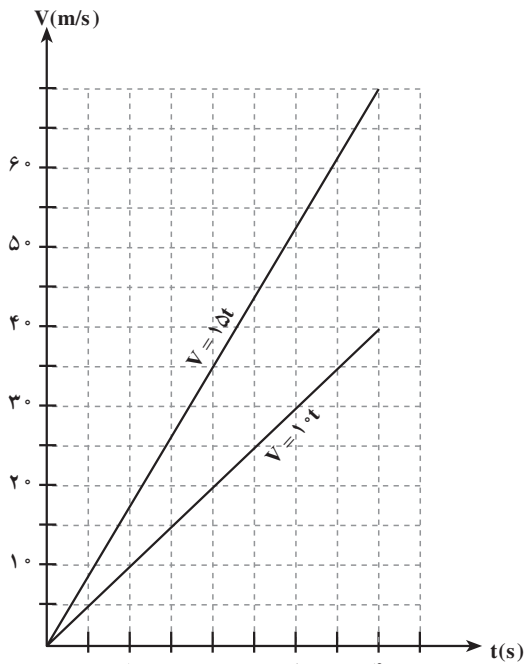
$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad (2-7)$$


نسبت به دیگری توجیه و دانش‌آموزان را با مفهوم شتاب آشنا می‌کنیم.

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

را آموزش می‌دهیم.

در ادامه از دانش‌آموزان می‌خواهیم با هم فکری در گروه خود، شتاب متوسط این دو اتومبیل را در بازه‌ی زمانی $(t_2 - t_1)$ محاسبه و آن‌ها را با هم مقایسه کنند و نمودار «سرعت - زمان» اتومبیل‌ها را در یک دستگاه محور مختصات (روی کاغذ میلی‌متری) بکشند (شکل ۲-۴۴).



شکل ۲-۴۴

که در آن \bar{a} شتاب متوسط و Δt بازه‌ی زمانی است.

مثال ۳-۱۳
 سرعت متحرکی در لحظه $t_1 = 20$ برای $v_1 = 10$ و در لحظه $t_2 = 40$ برای $v_2 = 40$ است. شتاب متوسط آن بین دو لحظه t_1 و t_2 چقدر است؟

حل:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{40 - 10}{40 - 20} = 1.5 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

تعیین شتاب متوسط به کمک نمودار سرعت - زمان: در شکل (۲۸-۲) نمودار سرعت - زمان متحرکی نشان داده شده است. با توجه به تعریف شتاب متوسط معلوم می‌شود که شتاب متوسط بین دو لحظه برابر نسبت خطی است که نمودار سرعت - زمان را در آن دو لحظه (یعنی دو لحظه t_1 و t_2) که معادل دو نقطه A و B روی نمودار است قطع کند.

شکل ۲۸-۲

شتاب لحظه‌ای: در حرکت نامدار نیز می‌توان گفت که متحرک در هر لحظه دارای شتابی است که آنرا شتاب لحظه‌ای می‌نامیم و با a نشان می‌دهیم.

همان‌طور که در سرعت لحظه‌ای دیدیم در اینجا نیز اگر در رابطه $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ بسیار کوچک شود، شتاب متوسط خیلی نزدیک به شتاب لحظه‌ای می‌شود. در این صورت دو نقطه A و B بسیار به هم نزدیک می‌شوند و می‌توان نتیجه گرفت که شتاب لحظه‌ای برابر نسبت عماس و نمودار سرعت - زمان در آن لحظه است. در شکل (۲۹-۲) نسبت عماس و نمودار $v = t$ در لحظه t_1 برای

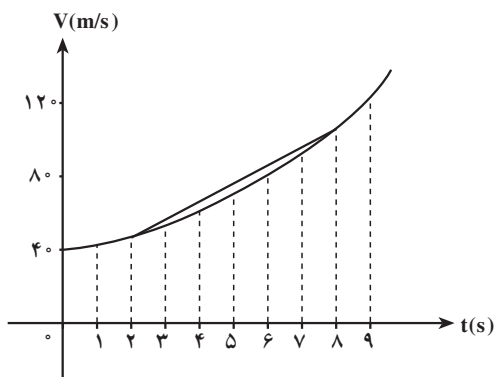
سپس از یکی از دانش‌آموزان می‌خواهیم نمودارها را روی تخته‌ی کلاس هم بکشند. توجه داشته باشید که در کتاب ریاضی سال اول معادله‌ی خط و رسم آن آموزش داده می‌شود. می‌توانیم از کلاس بخواهیم داوطلب شوند و معادله‌ی نمودارها را بنویسند و تأکید می‌کنیم که:

معادله ریاضی نمودار «سرعت - زمان»، معادله‌ی سرعت نامیده می‌شود و برای این که دانش‌آموزان را با تنوع حرکت‌ها آشنا کنیم؛ در غالب یک فعالیت گروهی حرکتی را به آن‌ها معرفی می‌کنیم که تغییرات سرعت آن ثابت نباشد.

تعیین شتاب متوسط به کمک نمودار $v - t$

راهنمای تدریس: درس را با یک فعالیت گروهی مشابه فعالیت زیر شروع کنیم. سرعت سنج یک اتومبیل در حال حرکت (در جاده‌ی مستقیم)، تغییرات سرعت را مطابق آن چه در جدول ثبت شده است نشان می‌دهد.

t (s)	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
v (m/s)	۴۰	۴۱	۴۸	۵۵	۶۴	۷۵	۸۸	۱۰۳	۱۲۰



شکل ۲-۴۵

با مشورت در گروه خود نمودار سرعت - زمان این اتومبیل را روی کاغذ میلی متری رسم کنید. با توجه به تعریف شتاب متوسط، بازه‌های زمانی مختلف را روی نمودار تعیین و شتاب متوسط اتومبیل را نشان دهید. پس از انجام این فعالیت از یکی از دانش‌آموزان می‌خواهیم نمودار را روی تخته کلاس بکشید و تغییرات سرعت را در یک بازه زمانی روی نمودار نشان می‌دهیم (شکل ۲-۴۵). و شتاب متوسط بین دو لحظه را با شیب خط واصل بین آن دو مقایسه می‌کنیم. سپس مطابق متن کتاب شتاب متوسط را تعریف می‌کنیم و از روی نمودار به تعریف شتاب لحظه‌ای می‌پردازیم.

تمرین ۲ - ۱۰

پاسخ:

الف:

$$\bar{a} = \frac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0} = \frac{8 - 0}{5 - 0} = 1.6 \text{ m/s}^2$$

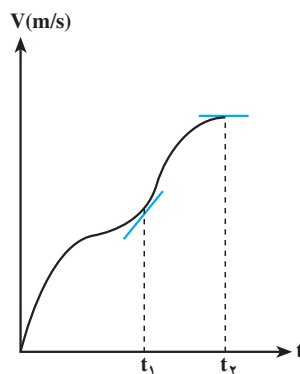
$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{14 - 8}{12 - 5} = \frac{6}{7} \approx 0.85 \text{ m/s}^2$$

ب: شیب خط مماس

بر منحنی در t_1 بیش‌تر از

شیب خط مماس در t_2 است.

در نتیجه $a_1 > a_2$



شکل ۲-۴۶

شتاب در لحظه ۱ و شیب مماس در لحظه ۱
برای شتاب در لحظه ۱ است. با توجه به آن که
در شکل (۲-۴۶) شیب مماس در لحظه ۱ بیشتر
از شیب مماس در لحظه ۲ است، می‌توان نتیجه
گرفت که شتاب در لحظه ۱ بیشتر از شتاب در
لحظه ۲ است.

شکل ۲-۴۵

تمرین ۳-۱۰
نمودار سرعت - زمان متحرکی مطابق شکل زیر است. با توجه به آن توضیح
دهید:
الف - در بازه‌های زمانی
(۰ تا ۱) و (۱ تا ۲) شتاب متوسط
چقدر است؟
ب - در کدام یک از دو
لحظه ۱ و ۲ شتاب بیشتر
است؟

شکل ۲-۴۷

تمرین ۳-۱۱
الف - در حرکت یکواخت شتاب
حرکت چقدر است؟
ب - در شکل زیر محور نمودار
موضع - زمان متحرکی است که روی خط
راست حرکت می‌کند. شتاب متحرک را
در دو لحظه ۱ و ۲ با هم مقایسه کنید.

شکل ۲-۴۸

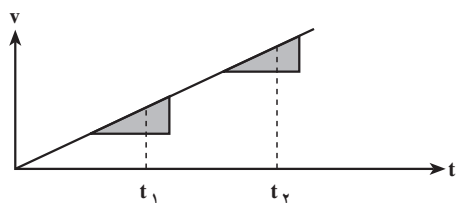
تمرین ۲ - ۱۱

هدف: توجه به رابطه‌ی شتاب و شیب نمودار $v - t$

الف: در حرکت یکواخت شتاب حرکت صفر است، زیرا

سرعت تغییر نمی‌کند.

ب: شتاب در هر دو لحظه یکسان و برابر است با شیب خط



شکل ۲-۴۷

تمرین ۱۲-۲

شماره حرکت = زمان
 دو متحرک A و B در شکل در دو
 نشان داده شده است. شتاب این
 دو متحرک را با هم مقایسه کنید.

شکل ۲-۳

آزمایش ۱-۲

وسایل لازم:

- ۱- نخه نیاردار با جنسهای خوب رود، به طول ۲ متر
- ۲- مکعبهای شیشه‌ای به ضخامت‌های ۱cm
- ۳- گلوله‌های شیشه‌ای ابتدا با ساجدهای فیزی
- ۴- زمان‌سنج ایزوپنیا
- ۵- شتاب‌سنج

شکل ۲-۴

روی آزمایش‌بانک سرکه جو سبزه را مطابق شکل (۲۳-۲) بالای بکر از
 مکعبهای شیشه‌ای قرار دهید. بکر از گلوله‌های شیشه‌ای را از فاصله کمتری
 انتهایی میله که عملاً یکی از مکعب‌ها را در آنجا قرار داده‌اید رها کنید و در این لحظه
 کرومومتر را به کار اندازید. وقتی گلوله حرکتش فراموش فراموش و لحظه‌ای که
 خط قرمز روی دایره کرومومتر را به کار اندازید، انعطاف‌پذیری که گلوله به مکعب انتهایی
 می‌رسد بخورد، می‌کند. کرومومتر را جویز کنید.

آزمایش را برای فواصل ۱cm،
 ۲cm و ۳cm تکرار کنید و نتیجه را در
 جدول درج کنید.

نمودار $x-t$ و $v-t$ رسم کنید.
 شیب آن‌ها را اندازه و تحلیل کنید.

فاصله x	زمان t	طول s	رابطه
۱			
۲			
۳			

تمرین ۲ - ۱۲



هدف: مقایسه شیب دو نمودار

پاسخ: شتاب متحرک A بیش‌تر از B است زیرا

شیب نمودار آن بیش‌تر از شیب نمودار B است.

آزمایش ۲-۱

هدف: بررسی حرکت جسمی با شتاب ثابت

دانش‌آموزان در انجام این آزمایش باید به

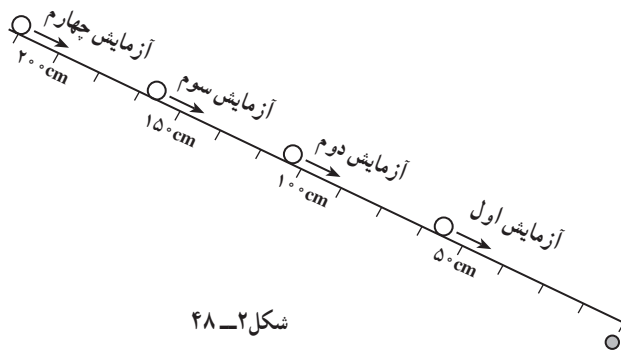
نکته‌های زیر توجه کنند.

۱- شیب میله را در طول آزمایش تغییر

نمی‌دهیم.

۲- برای تعیین فواصل مبدأ را ابتدای میله

می‌گیریم.



شکل ۲-۴

نتیجه‌گیری: اگر آزمایش با دقت انجام شود، اعداد ستون چهارم جدول با تقریب خوبی یکسان می‌شود.

(حاصل عددی کم‌تر از نصف شتاب جاذبه یعنی $\frac{9}{8} \text{ m/s}^2$ خواهد شد.)

ثابت بودن مقدار $\frac{x}{t^2}$ نشانه‌ی حرکت با شتاب ثابت است.

تعمیم آزمایش ۲-۱

۱- نمودار $v-t$ را از روی نمودار $x-t$ رسم کنید و با تحلیل نمودارها، نوع حرکت روی سطح شیب‌دار را

تعیین کنید.

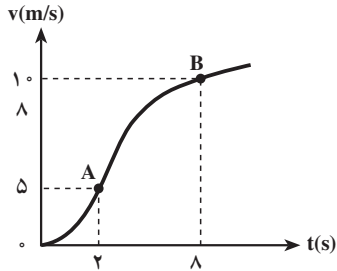
۲- شیب مسیر حرکت را تغییر دهید و آزمایش را تکرار کنید. آیا شتاب تغییر می‌کند؟ تغییر شتاب نسبت به تغییر

شیب مسیر چگونه است؟ آیا با افزایش شیب، شتاب افزایش می‌یابد؟



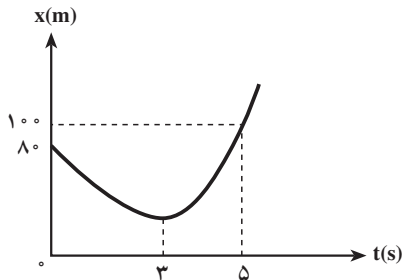
۱- شکل ۲-۴۹ نمودار سرعت - زمان متحرکی را نشان می دهد. اگر شیب خط عبوری از دو نقطه‌ی نمودار در بازه‌ی زمانی ۲ تا ۸ ثانیه برابر ۱ باشد،

الف) شتاب متوسط متحرک را پیدا کنید.
ب) سرعت متحرک در نقطه‌ی B چقدر است؟



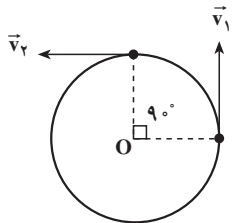
شکل ۲-۴۹

۲- نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل ۲-۵۰ است. الف) سرعت متوسط متحرک را در ۵ ثانیه اول حرکت پیدا کنید. ب) اگر سرعت متحرک در لحظه‌ی $t = 5s$ برابر $8 m/s$ و شیب نمودار $x - t$ در لحظه‌ی $t = 3s$ صفر باشد، شتاب متوسط متحرک را در بازه‌ی زمانی ۳ تا ۵ ثانیه به دست آورید.



شکل ۲-۵۰

۳- ذره‌ی متحرکی روی یک مسیر دایره‌ای مطابق شکل ۲-۵۱ به طور پادساعتگرد حرکت می کند. سرعت این متحرک در دو لحظه‌ی $t_1 = 0$ و $t_2 = 2s$ با بردارهای \vec{v}_1 و \vec{v}_2 نشان داده شده است. بزرگی شتاب متوسط ذره بین این دو لحظه چقدر است؟ فرض کنید بزرگی بردارهای \vec{v}_1 و \vec{v}_2 به ترتیب $8 m/s$ و $6 m/s$ است.

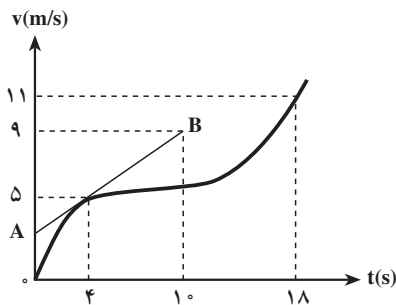


شکل ۲-۵۱

۴- نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می کند مطابق شکل ۲-۵۲ است. در این نمودار هم چنین پاره خط AB رسم شده است که در لحظه‌ی $t = 4s$ بر منحنی مماس است و محور سرعت را در نقطه‌ی A (سرعت برابر $3 m/s$) قطع کرده است.

الف) شتاب متوسط متحرک را در هر یک از بازه‌های زمانی $(0, 4)$ ، $(4, 18)$ و $(0, 18)$ پیدا کنید.

ب) شتاب متحرک در لحظه‌ی $t = 4s$ چقدر است؟



شکل ۲-۵۲

پاسخ: ۱- الف و ب) ابتدا سرعت متحرک را در نقطه‌ی B به دست می آوریم. چون شیب خط AB برابر ۱

است، داریم:

$$1 = \frac{v_B - v_A}{t_B - t_A} \Rightarrow 1 = \frac{v_B - 3}{18 - 4} \Rightarrow v_B = 11 m/s$$

بنابراین شتاب متوسط متحرک در بازه‌ی $(0, 18)$ برابر است با

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{11 - 0}{8 - 0} = \frac{11}{8} \text{ m/s}^2$$

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10 - 8}{5} = 4 \text{ m/s}^2 \quad \text{(الف-۲)}$$

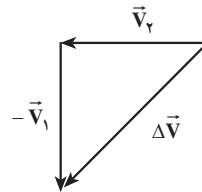
ب) چون شیب نمودار مکان- زمان در لحظه‌ی $t = 3 \text{ s}$ صفر است، سرعت متحرک نیز در این لحظه صفر

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8 - 0}{5 - 3} = 4 \text{ m/s}^2 \quad \text{است. بنابراین شتاب متوسط در بازه‌ی (۳, ۵) برابر است با}$$

۳- ابتدا اندازه‌ی بردار $\vec{\Delta v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ را به دست می‌آوریم.

$$\Delta v = \sqrt{v_2^2 + v_1^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ m/s}$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}^2$$



(الف-۴)

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{9 - 5}{10 - 4} = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2 \quad \text{در بازه‌ی (۴, ۱۰)}$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{11 - 5}{18 - 4} = \frac{3}{7} \text{ m/s}^2 \quad \text{در بازه‌ی (۴, ۱۸)}$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{11 - 0}{18 - 0} = \frac{11}{18} \text{ m/s}^2 \quad \text{در بازه‌ی (۰, ۱۸)}$$

ب) چون خط AB در لحظه‌ی $t = 4 \text{ s}$ بر منحنی $v - t$ مماس است، شیب این خط برابر شتاب متحرک در

لحظه‌ی $t = 4 \text{ s}$ است.

$$a = \text{شیب خط AB} = \frac{9 - 3}{10} = 0.6 \text{ m/s}^2 \quad \text{(در لحظه‌ی } t = 4 \text{ s)}$$



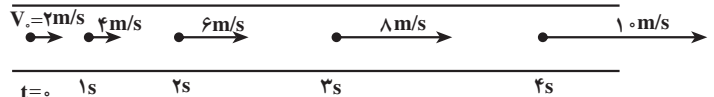
۹-۲- حرکت بر خط راست با شتاب ثابت

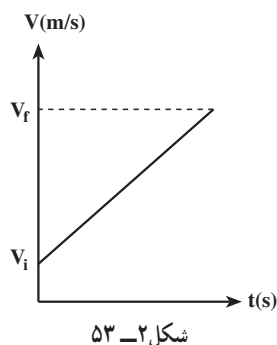
هدف: به دست آوردن معادله‌ی سرعت و رابطه‌ی سرعت

متوسط

راه‌نمای تدریس: درس را با گزارش تصویری از یک

حرکت با شتاب ثابت شروع می‌کنیم (مثال زیر).



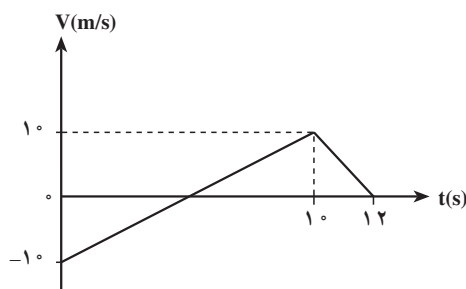


از دانش‌آموزان می‌خواهیم نمودار «مکان - زمان» این حرکت را رسم کنند و معادله‌ی آن (که همان معادله‌ی سرعت است) را بنویسند (شکل ۲-۵۳). سپس به متن کتاب می‌پردازیم و اثبات ریاضی معادله‌ی سرعت و رابطه‌ی سرعت متوسط را به دست می‌آوریم؛ و در پایان مثال ۲-۱۳ کتاب درسی را روی تخته کلاس برای دانش‌آموزان حل می‌کنیم.

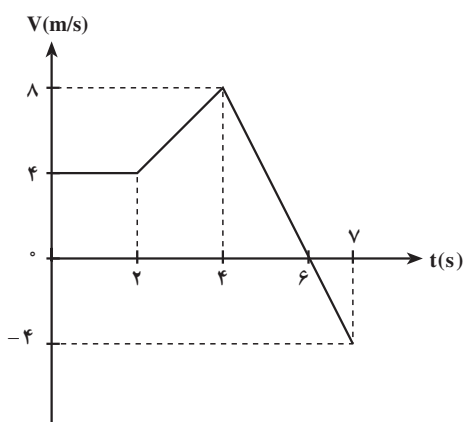
تمرین پیشنهادی



- ۱- معادله‌ی سرعت - زمان متحرکی در SI به صورت $v = 2t + 5$ است. سرعت متوسط متحرک در ۵ ثانیه‌ی اول حرکت چقدر است؟
- ۲- نمودار سرعت - زمان متحرکی در مسیر مستقیم مطابق شکل ۲-۵۴ است. سرعت متوسط متحرک در مدت ۱۲ ثانیه چقدر است؟



شکل ۲-۵۴



شکل ۲-۵۵

- ۳- متحرکی در مسیری مستقیم با شتاب ثابت حرکت می‌کند. سرعت اولیه و شتاب این متحرک به ترتیب 4 m/s و 4 m/s^2 است، سرعت متوسط متحرک در دو ثانیه اول حرکت چند m/s است؟
- ۴- دو متحرک به طور هم‌زمان، از حال سکون و از یک نقطه به حرکت در می‌آیند. یکی با شتاب a و دیگری با شتاب $(a+2)$ در SI. پس از t ثانیه، سرعت آن‌ها به ترتیب به 10 و 12 متر بر ثانیه می‌رسد. شتاب a چقدر است؟
- ۵- نمودار $v-t$ متحرکی که در امتداد خط راست حرکت می‌کند مطابق شکل ۲-۵۵ است. شتاب متحرک را در هر بازه‌ی زمانی پیدا کنید.

پاسخ: ۱- چون معادله $v-t$ مربوط به حرکت با شتاب ثابت است داریم

$$\bar{v} = \frac{v + v_0}{2} = \frac{15 + 5}{2} = 10 \text{ m/s}$$

۲- با توجه به تقارن نمودار در بازه‌ی $(0^\circ, 1^\circ)$ ، جابه‌جایی متحرک در این بازه صفر است و جابه‌جایی متحرک

در بازه‌ی $(1^\circ, 12^\circ)$ برابر است با $\Delta x = 10 \text{ m}$. بنابراین سرعت متوسط متحرک در مدت 12 ثانیه برابر است با

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10 \text{ m}}{12 \text{ s}} = \frac{5}{6} \text{ m/s}$$

$$v = 4t + 4, \quad \bar{v} = \frac{12 + 4}{2} = 8 \text{ m/s} \quad \text{—۳}$$

۴- با استفاده از رابطه‌ی $v = at + v_0$ داریم $a = 10 \text{ m/s}^2$.

۵- در بازه‌ی $(0, 2)$ برابر است با: صفر

در بازه‌ی $(2, 4)$ برابر است با: 2 m/s^2

در بازه‌ی $(4, 7)$ برابر است با: -4 m/s^2

۱۰-۴ معادله مکان-زمان در حرکت با شتاب ثابت بر خط راست
با به رابطه‌های (۹-۲) و (۹-۳) در حرکت با شتاب ثابت

و از آنجا

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{v_0 + v}{2}$$

$$\Delta x = \frac{v_0 + v}{2} \Delta t \quad (9-4)$$

در این رابطه Δx جابه‌جایی در بازه Δt و v_0 و v به ترتیب سرعت در لحظه t_0 و سرعت در لحظه t است. اگر $t_0 = 0$ و $v_0 = 0$ و سرعت متحرک در این لحظه‌ها به ترتیب v_0 و v و مکان متحرک در این لحظه‌ها x_0 و x باشد در این صورت

$$x - x_0 = \frac{v_0 + v}{2} t$$

و بنا به رابطه (۹-۴)

$$x - x_0 = \frac{v_0 + v}{2} t \quad (10-4)$$

این رابطه معادله مکان-زمان حرکت بر روی خط راست با شتاب ثابت است. اگر زمان را از رابطه (۹-۴) بیست آوریم و در رابطه (۱۰-۴) قرار دهیم رابطه‌ی بین مکان و سرعت، مستقل از زمان بیست می‌آید.

بنابراین رابطه (۹-۴)

$$x - x_0 = \frac{v_0 + v}{2} t$$

اگر در رابطه (۱۰-۴) به جای x مقدار اخیر را قرار دهیم خواهیم داشت:

$$x - x_0 = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{v_0 + v}{2} \left(\frac{2(x - x_0)}{v_0 + v} \right) = x - x_0$$

که با ساده کردن این رابطه داریم:

$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0) \quad (11-4)$$

مثال ۱۵-۳
متحرکی با شتاب ثابت $a = 2 \text{ m/s}^2$ از حال سکون و روی خط راست شروع به حرکت می‌کند. پس از 20 m جابه‌جایی سرعت آن چقدر می‌شود؟

۲-۱۰ معادله‌ی مکان-زمان در حرکت با شتاب ثابت بر خط راست

هدف: محاسبه‌ی معادله‌ی مکان-زمان و مستقل از

زمان

راهنمای تدریس: در این بخش دانش‌آموزان باید با حل

مثال‌های متعدد تسلط کافی در خصوص استفاده از معادله‌های

حرکت با شتاب ثابت بر روی خط راست به دست آورند. به

همین جهت ضمن بررسی مثال‌های کتاب در کلاس، می‌توانید

تمرین‌های پیشنهادی را با توجه به زمانی که در اختیار دارید

در کلاس مطرح کنید و یا از دانش‌آموزان بخواهید که به عنوان

فعالیت در منزل آن‌ها را حل کنند.

حل: بنا به رابطه $(v^2 - v_0^2) = 2a(x - x_0)$

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

$$v^2 - 0 = 2 \times (-10) \times (-1)$$

$$v = 20 \text{ m/s}$$

مثال ۱۷-۳

شکل روبرو نمودار مکان-زمان متحرکی است که با شتاب ثابت بر روی خط راست در حرکت است. فرض کنید $v_0 = 2 \text{ m/s}$ است. نمودار سرعت-زمان را رسم کنید.

حل:

شکل ۳۳-۲

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

$$27 = \frac{1}{2}a \times 3^2 + 2 \times 3 + 1$$

$$27 = 1.5a + 6 + 1$$

$$27 = 1.5a + 7 \Rightarrow 20 = 1.5a$$

$$a = 13.33 \text{ m/s}^2$$

$$v = at + v_0$$

$$v = 13.33t + 2$$

$$0 = 13.33t + 2 \Rightarrow t = -0.15 \text{ s}$$

$$x = 13.33 \times (-0.15)^2 + 2 \times (-0.15) + 1$$

$$x = 0.3 - 0.3 + 1 = 1 \text{ m}$$

شکل ۳۳-۳

مفروضه آزاد سقوط آزاد نمونه‌ای طبیعی حرکت با شتاب ثابت است. در این حرکت مسیر خط راست است و در هنگام سقوط، تنها نیروی وارد به جسم، وزن آن است. مثل سقوط یک جسم در آب، در صورتیکه مقاومت محیطی در غیاب آن در نظر گرفته نشود. در این کتاب تنها باید

سقوط آزاد

ادامه‌ی راهنمای تدریس: همان‌طور که در زیرنویس این قسمت در کتاب آمده است تنها باید سقوط آزاد برای جسم‌هایی که از ارتفاع مشخصی بدون سرعت اولیه رها شده است بررسی شود.

تمرین ۲ - ۱۳



اگر مبدا مکان را سطح زمین و رو به بالا را جهت مثبت بگیریم خواهیم داشت

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0t + y_0$$

A جسم: $0 = -\frac{1}{2} \times 10 \times t^2 + 0 + 20 \Rightarrow t^2 = 4 \rightarrow t_A = 2 \text{ s}$

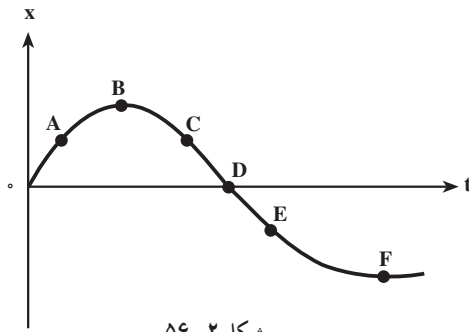
B جسم: $0 = -\frac{1}{2} \times 10 \times t^2 + 0 + 45 \Rightarrow t^2 = 9 \rightarrow t_B = 3 \text{ s}$

بنابراین جسم B نسبت به جسم A یک ثانیه دیرتر به زمین می‌رسد.

$$v_A = -gt_A = -10 \times 2 = -20 \text{ m/s}$$

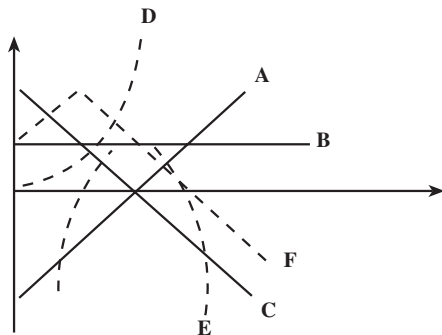
$$v_B = -gt_B = -10 \times 3 = -30 \text{ m/s}$$

علامت منفی نشان می‌دهد که جهت سرعت جسم به طرف زمین است.



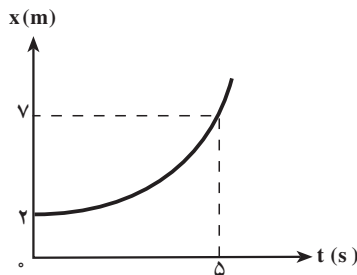
شکل ۵۶-۲

- ۱- شکل ۵۶-۲ نمودار مکان - زمان جسم متحرکی را نشان می‌دهد. در کدام نقطه یا نقطه‌ها
 الف) جسم به طرف چپ حرکت می‌کند؟
 ب) سرعت جسم رو به افزایش است؟
 پ) سرعت جسم رو به کاهش است؟
 ت) جهت حرکت جسم وارونه می‌شود؟



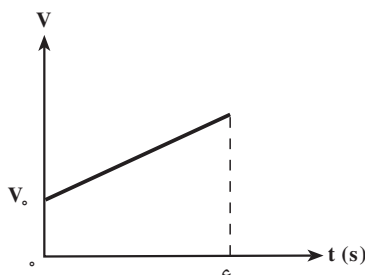
شکل ۵۷-۲

- ۲- شکل ۵۷-۲ چند نمودار را با محورهای بدون علامت نشان می‌دهد.
 الف) کدام نمودار سرعت بر حسب زمان را برای جسمی که با سرعت ثابت در حرکت است بهتر نشان می‌دهد؟
 ب) کدام نمودار مکان بر حسب زمان را برای جسمی که با شتاب منفی ثابت در حرکت است بهتر نشان می‌دهد؟
 پ) اگر نمودار E مکان بر حسب زمان را نشان دهد، کدام نمودار سرعت بر حسب زمان آن را بهتر نشان می‌دهد؟



شکل ۵۸-۲

- ۳- نمودار مکان - زمان متحرکی که از حال سکون با شتاب ثابت روی مسیر مستقیم به حرکت درمی‌آید مطابق شکل ۵۸-۲ است.
 الف) سرعت متحرک در لحظه $t = 5s$ چقدر است؟
 ب) نمودار سرعت - زمان این متحرک را رسم کنید.



شکل ۵۹-۲

- ۴- نمودار سرعت - زمان متحرکی در مدت ۶ ثانیه‌ی اول حرکت مطابق شکل ۵۹-۲ است. در چه لحظه‌ای سرعت آن با سرعت متوسط در کل زمان ۶ ثانیه برابر است؟

- ۵- گلوله‌ای در شرایط خلأ و بدون سرعت اولیه از ارتفاعی رها می‌شود و در ثانیه‌ی اول حرکت مسافتی به اندازه‌ی h_1 و در ثانیه‌ی دوم مسافت h_2 را طی می‌کند. نسبت $\frac{h_2}{h_1}$ کدام است؟

۶- دو گلوله به فاصله‌ی زمانی یک ثانیه از نقطه‌ای به ارتفاع h در شرایط خلأ رها می‌شوند. اگر بیش‌ترین فاصله‌ی بین آن‌ها در طول حرکت 45m باشد، ارتفاع h چند متر است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)

پاسخ:

- ۱- الف) E, D, C (ب) A
 ب) F, B (ت) F, B
 ۲- الف) B
 ب) E
 پ) C

$$\Delta x = \left(\frac{v + v_0}{2}\right)t$$

۳- الف)

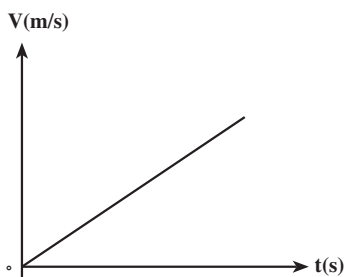
$$v - 2 = \left(\frac{v + 0}{2}\right) \times 5 \Rightarrow v = 2\text{m/s}$$

$$v = at + v_0$$

(ب)

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow v = \frac{1}{2}a \times 5^2 + 0 + 2 \Rightarrow a = \frac{2}{5}\text{m/s}^2$$

$$v = \frac{2}{5}t$$



شکل ۲-۶۰

$$\bar{v} = v \Rightarrow \frac{v_0 + a + v_0}{2} = at + v_0 \Rightarrow t = 3\text{s}$$

۴-

$$\frac{h_2}{h_1} = 3 \quad \text{بنابراین} \quad h_2 = \frac{3}{4}g \quad \text{و} \quad h_1 = \frac{1}{4}g$$

۵-

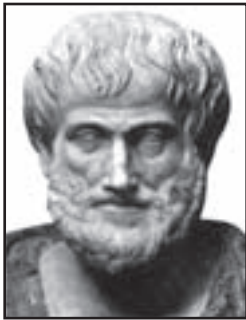
۶- معادله‌ی حرکت هر متحرک به صورت $g = -\frac{1}{4}gt^2 + h$ است. (زمین را مبدا مختصات و رو به بالا را مثبت فرض کرده‌ایم). بنابراین برای هر یک از متحرک‌ها داریم:

$$0 = -\frac{1}{4}gt^2 + h, \quad 45 = -\frac{1}{4}g(t-1)^2 + h$$

$$\Rightarrow t = 5\text{s}, \quad h = 125\text{m}$$



زمینه‌های تاریخی و ارتباط مفاهیم حرکت به یکدیگر



اولین کسی که در درک نوین از مفهوم شتاب سهم عمده‌ای داشت گالیلهو گالیله بود، که سال‌های زیادی را صرف مطالعه‌ی رفتار اجسام متحرک کرد. او در مطالعاتش، علاوه بر استدلال منطقی و ریاضیاتی، از آزمایش‌های ساده و صریح نیز استفاده می‌کرد. مثلاً برای بررسی حرکت اجسام افتان، آن‌ها را روی سطوح شیب‌دار صافی به غلش درآورد (تا حرکت‌شان کندتر از حالت سقوط آزاد باشد)، و با استفاده از روش‌های نادقیق اندازه‌گیری زمان که در آن دوران موجود بود توانست رابطه‌ی میان مسافت طی شده و زمان سپری شده (یعنی متناسب بودن d با t^2) را پیدا کند. مطالعات گالیله این

اعتقاد قدیمی (ارسطویی) را که اجسام سنگین‌تر سریع‌تر از اجسام سبک‌تر (یعنی متناسب با نسبت وزن‌هایشان) سقوط می‌کنند، باطل کرد. گالیله نشان داد که همه‌ی اجسام – البته اگر به یک شکل باشند و مقاومت هوا برایشان فرقی نکند – با آهنگ یکسانی (یعنی با شتاب یکسانی) سقوط می‌کنند؛ بستگی شتاب سقوط به شکل اجسام از مقاومت هوا ناشی می‌شود. مطالعات گالیله درباره‌ی حرکت یکنواخت (بی‌شتاب) منجر به کشف قانون لختی شد. او قانون لختی را در مورد اجسام متحرک به این صورت مطرح کرد که اگر جسمی روی سطح افقی نامحدود کاملاً بدون اصطکاک و ایده‌آلی به حرکت درآورده شود، تا ابد به حرکت یکنواختش ادامه خواهد داد. وی هم‌چنین اظهار داشت که اگر جسمی از ارتفاع بسیار زیادی سقوط کند، سرانجام به سرعتی خواهد رسید که در آن مقاومت هوا جاذبه‌ی گرانشی را خنثی خواهد کرد، و از آن پس جسم به‌طور یکنواخت (با سرعت ثابت) سقوط خواهد کرد. اساس قانون لختی این است که وقتی هیچ نیروی خارجی خالصی بر جسم وارد نشود، حرکت طبیعی آن حرکتی یکنواخت است. اما، این حکم برای ناظر شتابدار (یعنی ناظری که در چارچوب مرجع شتابداری واقع باشد) صادق نیست. (در زبان امروزی، برای ارجاع به ناظرانی که نسبت به هم در حرکت‌اند از عبارت «چارچوب مرجع» استفاده می‌کنیم.) چارچوب‌های مرجعی که قانون لختی در آن‌ها صدق می‌کند، چارچوب‌های مرجع لخت نامیده می‌شوند، و این که گالیله قانون لختی را روی زمین کشف کرد نشان می‌دهد که زمین هم با تقریب خیلی خوبی یک چارچوب لخت است. گالیله هم‌چنین نشان داد که اگر جسمی در عرشه‌ی کشتی متحرکی رها شود، از نظر مسافران کشتی در راستای قائم سقوط می‌کند، اما از نظر کسانی که در ساحل‌اند این جسم درست همان سرعت افقی کشتی را هم دارد تا همیشه با آن همگام باشد. به این ترتیب، حرکت جسم از نظر ساحل‌نشینان در مسیری سهمی خواهد بود. حرکت جسم افتان در کشتی، از دید چارچوب مرجع کسانی که در کشتی هستند درست همانند حرکت جسم افتان در ساحل برای ساحل‌نشینان است. این مشاهده به این نظر می‌انجامد: در چارچوب مرجعی که در حرکت یکنواخت (نسبت به هر چارچوب لخت) باشد، شکل ریاضی قوانین طبیعت باید درست همانی باشد که در چارچوب لخت هست. (به عبارت دیگر، چارچوبی که حرکت یکنواخت دارد نیز یک چارچوب لخت است.) این مفهوم را نسبت گالیله می‌گویند.

ما برای درک امروزی‌مان از حرکت، نیرو، و صورت‌های فیزیک کلاسیک (فیزیک پیش از قرن بیستم) بیش از هر دانشمند دیگری به آیزاک نیوتون مدیونیم. او قانون لختی را به شکل جدیدی، که گاهی قانون اول نیوتون نامیده می‌شود، بیان کرد: در هر چارچوب لخت، جسمی که ساکن باشد میل به حفظ سکون دارد و جسمی که در حرکت

یکنواخت باشد تمایل دارد که در همین حرکت یکنواخت بماند، مگر آن که از نیروی خارجی متأثر شود. پس در غیاب نیروهای خارجی، شتاب صفر است. قانون دوم نیوتون، رابطه‌ی دقیق میان حرکت جسم و نیروهای وارد بر آن را بیان می‌کند. نیوتون (در قانون دوم) نشان داد که شتاب هر جسم متناسب با نیروی خالص F (برایند برداری همه‌ی نیروهای خارجی وارد بر جسم) است:

$$F = ma = m \frac{dv}{dt}$$

$$F = \frac{dP}{dt}$$

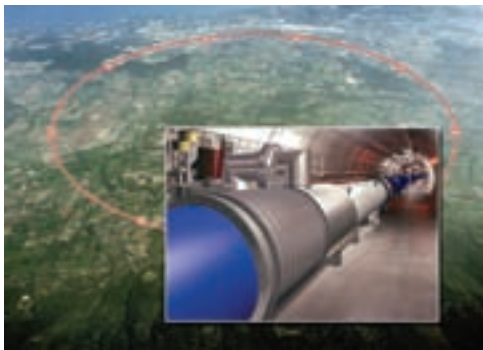
که در آن m جرم جسم است. قانون دوم، به صورت دیگری هم فرمول‌بندی می‌شود: که در آن $p = mv$ تکانه‌ی جسم است. (همین شکل قانون دوم، برحسب تکانه، است که در تعمیم اینشتین از قوانین حرکت وارد می‌شود). نیوتون شکل ریاضی نیروی گرانش بین دو جسم را پیدا کرد، و آن را همراه با قانون دوم خود برای تبیین رصدهای نجومی حرکت سیاره‌ها و قمرهایشان و همچنین برای حرکت اجسام معمولی در سطح زمین به کار گرفت. (او برای انجام این کار بزرگ، حساب دیفرانسیل و انتگرال را ابداع کرد). این فرمول‌بندی تعینی و ریاضیاتی دقیق قوانین حرکت، الگوی نخستین فرمول‌بندی قوانین فیزیکی شد. این درک تعینی یا «دترمینیستی» جهان، روی مفاهیم فلسفی نیز اثرات مهمی برجای گذاشت. تأثیر جهان‌بینی جدید، مبنی بر این که آینده را قوانین دقیق ریاضی تعیین می‌کند حتی در آثار و نوشتار همگانی نیز به‌طور گسترده‌ای دیده می‌شود.

شتاب‌سنج‌ها: برای اندازه‌گیری شتاب، سنجه‌هایی ساخته



شده‌اند که شتاب‌سنج نامیده می‌شوند. در بسیاری از آن‌ها، از نیروی ظاهری در چارچوب شتابدار استفاده می‌شود. معمولاً این نیروی ظاهری موجب می‌شود قطعه‌ای در شتاب‌سنج به حرکت درآید، و این تغییر مکان به روش‌های الکتریکی یا الکترونیکی آشکارسازی می‌شود. از شتاب‌سنج‌ها در کار طراحی اتومبیل بسیار استفاده می‌شود؛ مثلاً عامل اصلی به کار انداختن کیسه‌های هوا در اتومبیل‌ها همین دستگاه شتاب‌سنج است.

شتاب‌دهنده‌ها: مطالعه‌ی ماده و برهم‌کنش‌های آن، معمولاً



مستلزم بمباران یک هدف (یا باریکه‌ای از ذرات) با باریکه‌ای از ذرات بسیار پرانرژی است. برای شتاب دادن ذرات تا انرژی‌های بسیار زیاد، انواع متعددی از شتاب‌دهنده‌های پیشرفته ساخته شده‌اند. بعضی از آن‌ها، مسیرهای بیضی شکلی برای باریکه‌هایشان دارند که از یک شهر هم بزرگ‌تر است. بخشی از اطلاعاتی که از این ماشین‌های عظیم به‌دست می‌آید، برای کاوش در ساختار بنیادی ماده و همچنین برای درک شرایط حاکم در لحظات آغازین عالم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

حل تمرین های فصل دوم

تمرین های فصل دوم

۱- شکل ۹-۴ نمودار مکان - زمان حرکت یک دونه روی استقامت و روی یک خط راست را نشان می دهد. ابتدا بین کدام دو نقطه دونه سریع تر حال دومن بوده است؟ ابتدا بین کدام دو نقطه دونه ایستاده است؟ ابتدا سرعت دونه را بین دو نقطه A و B حساب کنید. ابتدا سرعت دونه را بین دو نقطه C و D حساب کنید. ابتدا سرعت متوسط دونه را در کل زمان حرکت حساب کنید. ۲- معادله حرکت جسمی که بر روی خط راست در حرکت است در صورت $s = 3t - 4$ است. الف- چه مدت پس از لحظه صفر متحرک به مبدأ می رسد؟ ب- متحرک در لحظه $t = 10$ در چه فاصله ای از مبدأ قرار دارد و جابه جایی آن بین دو لحظه $t = 10$ و $t = 50$ چقدر است؟ ۳- رانندگی فاصله بین دو شهر را چتر نیمه زو می نماید. ابتدا به مدت یک ساعت با سرعت متوسط 120 km/h رانندگی کرده و پس از آن به مدت 10 دقیقه توقف می کند. آنگاه با سرعت متوسط 200 km/h به مدت 30 دقیقه به رانندگی ادامه می دهد و بقیه مسیر را با قطعه به مدت یک ربع ساعت با سرعت متوسط 120 km/h رانندگی می کند. الف- فاصله بین دو شهر چند کیلومتر است؟ ب- سرعت متوسط او در کل مسیر چند کیلومتر و ساعت است؟ پ- سرعت متوسط او در طول مدت رانندگی چقدر است؟ ۴- الف- اومبیل در یک مسیر دارای شکل به شعاع 100 متر دور می زند. مسافتی که اومبیل در نمودار می نماید، چند متر است؟ شکل مسیر را رسم و بردار جابه جایی را روی شکل مشخص کند و ویژگی آن را بدست آورد.

۱- الف) بین A و B ، زیرا شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان، سرعت حرکت جسم را تعیین می کند.
ب) C , B

$$v_{AB} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2000 \text{ m}}{250 \text{ s}} = 8 \text{ m/s} \quad \text{پ)}$$

$$v_{CD} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{5000 - 2000}{1000 - 500} = 6 \text{ m/s} \quad \text{ت)}$$

$$\bar{v}_{AB} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{5000}{1000} = 5 \text{ m/s} \quad \text{ث)}$$

$$x = 0 \rightarrow 3t - 4 = 0 \Rightarrow t = \frac{4}{3} \text{ s} \quad \text{۲- الف)}$$

ب)

$$\text{در لحظه ی } t = 1 \text{ s} \rightarrow x_1 = 3 \times 1 - 4 = -1 \text{ m}$$

$$\text{در لحظه ی } t = 5 \text{ s} \rightarrow x_2 = 3 \times 5 - 4 = 11 \text{ m}$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 11 - (-1) = 12 \text{ m}$$

۳- الف) جابه جایی متحرک در هر بازه ی زمانی برابر است با

$$\Delta x_1 = \bar{v}_1 \Delta t = (15 \text{ m/s}) \times (3600 \text{ s}) = 54000 \text{ m}$$

$$\Delta x_2 = \bar{v}_2 \Delta t = 0 \times 60 \text{ s} = 0$$

$$\Delta x_3 = \bar{v}_3 \Delta t = (20 \text{ m/s}) \times (1800 \text{ s}) = 36000 \text{ m}$$

$$\Delta x_4 = \bar{v}_4 \Delta t = (12 \text{ m/s}) \times (900 \text{ s}) = 10800 \text{ m}$$

$$\Delta x = 54000 \text{ m} + 36000 \text{ m} + 10800 \text{ m} = 100800 \text{ m}$$

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100800 \text{ m}}{3600 \text{ s} + 600 \text{ s} + 1800 \text{ s}} = 16/8 \text{ m/s} \quad \text{ب)}$$

پ) برای به دست آوردن سرعت متوسط در حین رانندگی باید زمان توقف را در نظر نگیریم.

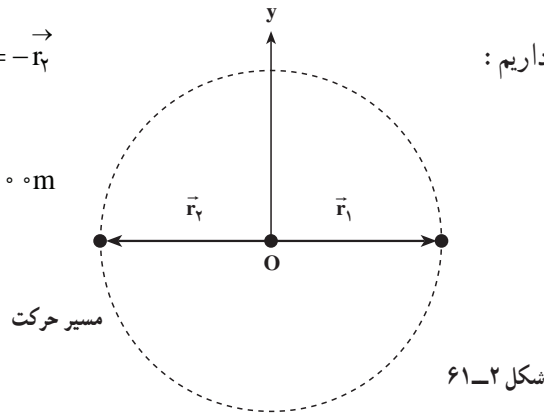
$$2\pi r = 2 \times 3/14 \times 100 \text{ m} = 628 \text{ m}$$

۴- الف) محیط مسیر دایره ای شکل برابر است با :

$$\vec{\Delta r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1, \quad \vec{r}_1 = -\vec{r}_2$$

$$\vec{\Delta r} = -2\vec{r}_2$$

$$\Delta r = 2 \times 1.0 \text{ m} = 2.0 \text{ m}$$

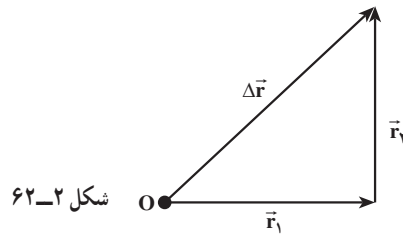


باتوجه به شکل ۶۱-۲ داریم:

(ب) با توجه به شکل ۶۲-۲، بزرگی جابه‌جایی اتومبیل در $\frac{1}{4}$ دور برابر است با:

$$\Delta r = \sqrt{r_1^2 + r_2^2}$$

$$= \sqrt{1.0^2 + 1.0^2} = 1.0\sqrt{2} \text{ m} \approx 1.4 \text{ m}$$



(ج) صفر

۱- بزرگی جابه‌جایی اتومبیل را در یک چهارم دور حساب کنید.
 ج- جابه‌جایی اتومبیل در یک دور کامل چقدر است؟
 ۲- سرعت یک اتومبیل در مدت ۲۰ ثانیه بر روی یک مسیر مستقیم از ۱۰ m/s به ۱۸ m/s می‌رسد.
 الف- شتاب متوسط اتومبیل در این مدت چقدر است؟
 ب- اگر سرعت اتومبیل با همین شتاب تغییر کند، پس از چه مدت سرعت آن به ۱۰۸ کیلومتر بر ساعت می‌رسد؟
 ۳- سرعت لحظه‌ای ۳۰ ثانیه پس از شروع حرکت به ۱۲۰ km/h می‌رسد. شتاب متوسط آن چقدر است؟ این شتاب چند برابر $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ است؟
 ۴- راننده اتومبیلی که با سرعت ۴۲ km/h در حرکت است، در یک لحظه مانع را مقابل خود می‌بیند و سرعت خود را گویا به‌طوری که پس از ۸ ثانیه می‌ایستد.
 الف- شتاب متوسط حرکت از لحظه‌ای که ترمز حرکت تا توقف آن چقدر است؟
 ب- اگر در مدت کند ترمز حرکت اتومبیل، شتاب آن ثابت فرض شود، اتومبیل چه مسافتی را تا لحظه توقف پیموده است؟
 ۵- اتومبیلی در مسیری مستقیم با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند و پس از ۲۰ ثانیه سرعتش به ۲۶ km/h می‌رسد. سپس با همین سرعت به مدت ۱۰ دقیقه به حرکت ادامه می‌دهد. پس از آن ترمز می‌کند و بعد از ۵ ثانیه متوقف می‌شود. اگر در مدت ترمز کردن شتاب ثابت باشد،
 الف- جهت سرعت و شتاب حرکت را در هر مرحله معلوم کنید.
 ب- نمودار سرعت-زمان را از لحظه شروع حرکت تا لحظه توقف اتومبیل رسم کنید.
 ۶- متحرکی که بر روی خط راست با شتاب ثابت در حرکت است در فاصله ۱۰ متری مبدأ سرعتش ۲۰ m/s و در فاصله ۱۹ متری مبدأ سرعتش ۱۸ km/h است.
 الف- شتاب حرکت آن چقدر است؟
 ب- پس از چه مدت از ۱۰ متری مبدأ به ۱۹ متری مبدأ رسیده است؟
 ۷- شکل ۲۱-۲ نمودار سرعت-زمان متحرکی را در ۲۶ ثانیه نشان می‌دهد.
 الف- شتاب هر یک از فرجه‌های OA و AB و BC چقدر است؟
 ب- شتاب متوسط در بازه‌های OA و BC چقدر است؟

۵- الف)

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{18 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}^2$$

(ب)

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow 4 \text{ m/s}^2 = \frac{(v - 18) \text{ m/s}}{t}$$

$$t = 3 \text{ s}$$

۶-

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{333 - 0}{30} = 11.1 \text{ m/s}^2$$

$$\bar{a} = \frac{11/1}{9/8} g \approx 1/13 g$$

۷- الف)

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(0 - 20) \text{ m/s}}{1 \text{ s}} = -20 \text{ m/s}^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \quad (\text{ب})$$

$$0 - (20 \text{ m/s})^2 = 2(-2/5 \text{ m/s}^2)\Delta x$$

$$\Delta x = 100 \text{ m}$$

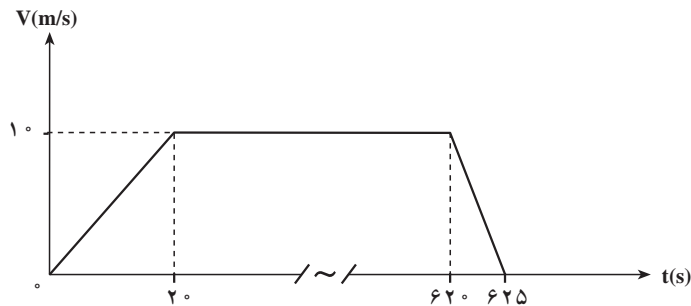
۸- الف) مرحله اول: حرکت با شتاب ثابت و تندشونده است. جهت سرعت و شتاب در جهت حرکت اند.

مرحله دوم: حرکت یکنواخت (با سرعت ثابت) و جهت سرعت در جهت حرکت است.

مرحله سوم: حرکت با شتاب ثابت و کند شونده است. جهت سرعت در جهت حرکت و جهت شتاب در

خلاف جهت حرکت است.

(ب)



$$x_1 = -10 \text{ m}, \quad v_1 = -4 \text{ m/s} \quad \text{—۹}$$

$$x_2 = -19 \text{ m}, \quad v_2 = -5 \text{ m/s}$$

توجه کنید علامت منفی نشان می‌دهد که جهت حرکت (سرعت) متحرک در خلاف جهت محور x است.

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \quad (\text{الف})$$

$$25 - 16 = 2a(-19 + 10) \Rightarrow a = -0.5 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta x = \left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right)t \Rightarrow (-19 + 10) = \left(\frac{-4 - 5}{2}\right)t \quad (\text{ب})$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(6 - 0) \text{ m/s}}{8 \text{ s}} = \frac{3}{4} \text{ m/s}^2$$

۱- الف) مرحله‌ی OA :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6 - 6}{20 - 8} = 0$$

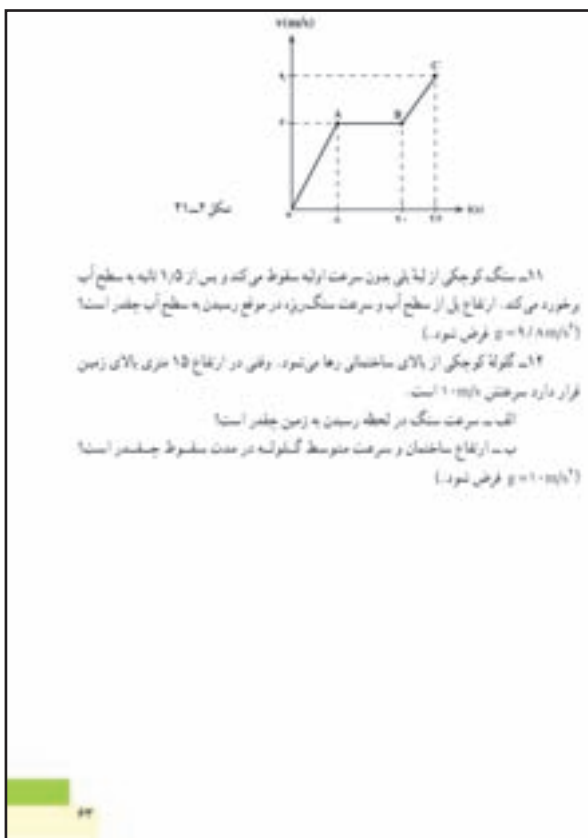
مرحله‌ی AB :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(9 - 6) \text{ m/s}}{(26 - 20) \text{ s}} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

مرحله‌ی BC :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(9 - 0) \text{ m/s}}{26 \text{ s}} \approx 0.35 \text{ m/s}^2$$

(ب)



۱۱- اگر سطح آب را مبدا مکان بگیریم، خواهیم داشت:

$$g = -\frac{1}{2}gt^2 + y_0$$

$$0 = -\frac{1}{2} \times 9.8 \times (1/5)^2 + y_0$$

$$\Rightarrow y_0 = 1.1 \text{ m}$$

۱۲- الف) اگر زمین را مبدا مکان بگیریم، خواهیم داشت:

$$v^2 - v_0^2 = -2g(y - y_0)$$

$$v^2 - (10)^2 = -2 \times 10 \times (0 - 15)$$

$$v^2 = 400 \Rightarrow v = -20 \text{ m/s}$$

علامت منفی نشان می‌دهد جهت سرعت به طرف زمین است.

$$v^2 - v_0^2 = -2g(y - y_0)$$

(ب)

$$400 - 0 = -2 \times 10 \times (0 - y_0) \Rightarrow y_0 = 20 \text{ m}$$

$$\bar{v} = \frac{v + v_0}{2} = \frac{-20 + 0}{2} = -10 \text{ m/s}$$