ساختار کتاب

کتاب شب امتحان **فیزیک (۳) دوازدهم تجربی** از ۴ قسمت اصلی تشکیل شده است که به صورت زیر است:

۱- آزمون‌های نوبت اول: آزمون‌های شمارهٔ ۱ تا ۴ این کتاب مربوط به مباحث نوبت اول است که خودش به دو قسمت تقسیم می‌شود:

الف) آزمون‌های طبقه‌بندی‌شده: آزمون‌های شمارهٔ ۱ و ۲ را فصل به فصل طبقه‌بندی کرده‌ایم؛ بنابراین شما به راحتی می‌توانید پس از خواندن هر فصل از درس‌نامه تعدادی سؤال را بررسی کنید. حواستان باشد این آزمون‌ها هم، ۲۰ نمره‌ای و مثل یک آزمون کامل هستند. در کنار سؤال‌های این آزمون‌ها **نکات مشاوره‌ای** نوشته‌ایم. این نکات به شما در درس‌خواندن قبل از امتحان و پاسخگویی به آزمون در زمان امتحان کمک می‌کند.

ب) آزمون‌های طبقه‌بندی‌نشده: آزمون‌های شمارهٔ ۳ و ۴ را طبقه‌بندی نکرده‌ایم تا دو آزمون نوبت اول مشابه آزمونی را که معلمتان از شما خواهد گرفت، ببینید.

۲- آزمون‌های نوبت دوم: آزمون‌های شمارهٔ ۵ تا ۱۲ از کل کتاب و مطابق امتحان پایان سال طرح شده‌اند. این قسمت هم، خودش به ۲ بخش تقسیم می‌شود:

الف) آزمون‌های طبقه‌بندی‌شده: آزمون‌های شمارهٔ ۵ تا ۸ را که برای نوبت دوم طرح شده‌اند هم طبقه‌بندی کرده‌ایم. با این کار باز هم می‌توانید پس از خواندن هر فصل تعدادی سؤال مرتبط را پاسخ دهید. هر کدام از این آزمون‌ها هم، ۲۰ نمره دارند؛ در واقع در این بخش، شما ۴ آزمون کامل را می‌بینید. این آزمون‌ها هم **نکات مشاوره‌ای** دارند. آزمون‌های شمارهٔ ۵ و ۶ به ترتیب امتحان‌های نهایی خرداد ۹۸، خرداد ۹۹، شهریور ۹۹ و **شهریور ۱۴۰۰ رشتهٔ تجربی** هستند.

ب) آزمون‌های طبقه‌بندی‌نشده: آزمون‌های شمارهٔ ۹ تا ۱۲ را طبقه‌بندی نکرده‌ایم؛ پس، در این بخش با ۴ آزمون نوبت دوم، مشابهِ آزمون پایان سال مواجه خواهید شد. آزمون‌های شمارهٔ ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ به ترتیب امتحان‌های نهایی خرداد ۱۴۰۰، خرداد ۱۴۰۱، دی ۱۴۰۰ و **شهریور ۱۴۰۱ رشتهٔ تجربی** است.

۳- پاسخ‌نامهٔ تشریحی آزمون‌ها: در پاسخ تشریحی آزمون‌ها، همهٔ آن‌چه را که شما باید در امتحان بنویسید تا نمرهٔ کامل کسب کنید، برایتان نوشته‌ایم.

۴- درس‌نامهٔ کامل شب امتحانی: در این قسمت، همهٔ آن‌چه را که شما برای گرفتن نمرهٔ عالی در امتحان فیزیک (۳) تجربی نیاز دارید، در ۲۱ صفحه آورده‌ایم، بخوانید و لذتش را ببرید!

یک راهکار: موقع امتحان‌های نوبت اول می‌توانید از سؤال‌های فصل‌های اول تا سوم آزمون‌های ۵ تا ۸ هم استفاده کنید.

فهرست

	نوبت	صفحهٔ آزمون	صفحهٔ پاسخ‌نامه
آزمون شمارهٔ ۱ (طبقه‌بندی‌شده)	اول	۳	۲۸
آزمون شمارهٔ ۲ (طبقه‌بندی‌شده)	اول	۵	۲۹
آزمون شمارهٔ ۳ (طبقه‌بندی‌نشده)	اول	۷	۳۰
آزمون شمارهٔ ۴ (طبقه‌بندی‌نشده)	اول	۹	۳۱
آزمون شمارهٔ ۵ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۱	۳۲
محتوای آزمون ۵: نهایی خرداد ۹۸ رشتهٔ تجربی			
آزمون شمارهٔ ۶ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۳	۳۳
محتوای آزمون ۶: نهایی خرداد ۹۹ رشتهٔ تجربی			
آزمون شمارهٔ ۷ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۵	۳۴
محتوای آزمون ۷: نهایی شهریور ۹۹ رشتهٔ تجربی			
آزمون شمارهٔ ۸ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۸	۳۶
محتوای آزمون ۸: نهایی شهریور ۱۴۰۰ رشتهٔ تجربی			
آزمون شمارهٔ ۹ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۰	۳۷
محتوای آزمون ۹: نهایی خرداد ۱۴۰۰ رشتهٔ تجربی			
آزمون شمارهٔ ۱۰ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۲	۳۸
محتوای آزمون ۱۰: نهایی خرداد ۱۴۰۱ رشتهٔ تجربی			
آزمون شمارهٔ ۱۱ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۴	۳۹
محتوای آزمون ۱۱: نهایی دی ۱۴۰۰ رشتهٔ تجربی			
آزمون شمارهٔ ۱۲ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۶	۴۰
محتوای آزمون ۱۲: نهایی شهریور ۱۴۰۱ رشتهٔ تجربی			
درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان		۴۲	

بارم‌بندی درس فیزیک ۳ تجربی

شماره فصل		نوبت اول	نوبت دوم
فصل اول		۸	۴
فصل دوم		۸/۵	۴/۲۵
فصل سوم	تا صفحهٔ ۶۲ (ابتدای ۳-۶ مشخصه‌های موج) و تمرین‌های مربوط از آخر فصل	۳/۵	۶/۷۵
	(ابتدای ۳-۶ مشخصه‌های موج) تا آخر فصل	–	
فصل چهارم		–	۵
جمع		۲۰	۲۰

فیزیک (۳)	رشته: علوم تجربی	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com
ردیف	آزمون شمارهٔ ۱	نوبت اول پایهٔ دوازدهم	نمره

فصل اول

۱ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

الف) همواره در حرکت با شتاب ثابت و مثبت بر خط راست، مسافت طی‌شده و اندازهٔ جابه‌جایی برابر است. ۰/۲۵

ب) شیب خط مماس بر نمودار سرعت ـ زمان برابر با شتاب لحظه‌ای است. ۰/۲۵

۲ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید.

الف) طول مسیری را که متحرک از مبدأ تا مقصد طی می‌کند ..... می‌نامیم. ۰/۲۵

ب) در حرکت با شتاب ثابت، تغییرات ..... در واحد زمان ثابت می‌ماند. ۰/۲۵

۳ عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف) بردار سرعت متوسط با بردار (جابه‌جایی ـ مکان) هم‌جهت است. ۰/۲۵

ب) سطح محصور بین نمودار شتاب ـ زمان و محور زمان برابر با تغییرات (شتاب ـ سرعت) است. ۰/۲۵

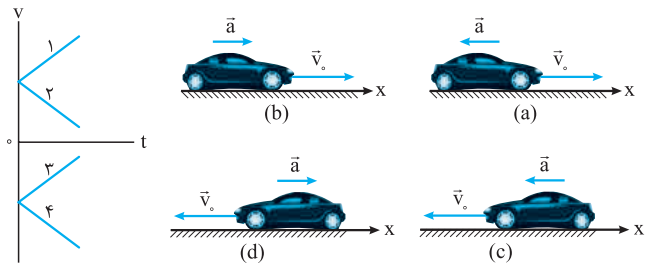
۴ گلولهٔ تفنگی با سرعت $۲۰۰\ m/s$ به تنهٔ درختی برخورد می‌کند و پس از طی $۵\ cm$ در آن متوقف می‌شود. اگر شتاب حرکت گلوله در تنهٔ درخت ثابت باشد، مقدار شتاب، چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ۱

در سؤال‌های حرکت با شتاب ثابت تنها کاری که باید بکنین اینه که ببینین چه چیزهایی رو داریم و چه چیزهایی رو می‌خوایم. همین موضوع مشخص می‌کنه که سؤال از چه فرمولی حل می‌شه.

۵ در تمامی حالت‌های شکل زیر، خودروها در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت‌اند. *(فعالیت کتاب درسی)*

الف) حرکت هر یک از خودروها، توسط کدام‌یک از نمودارهای $v-t$ توصیف می‌شود؟ ۱

ب) توضیح دهید تندی کدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندشونده) و تندی کدام خودرو در حال کاهش (حرکت کندشونده) است؟ ۱



۶ خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده است. با سبزشدن چراغ، خودرو با شتاب ثابت $۳\ m/s^2$ روی خط راست شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت $۵۴\ km/h$ از آن سبقت می‌گیرد. *(مشابه مسئلهٔ کتاب درسی)*

الف) چند ثانیه پس از سبزشدن چراغ، خودرو به کامیون می‌رسد؟ ۱/۲۵

ب) خودرو پس از طی چه مسافتی به کامیون می‌رسد؟ ۱

۷ معادلهٔ سرعت ـ زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، به صورت $v = ۶t - ۲۱$ است. سرعت متوسط متحرک در ثانیهٔ چهارم حرکت چند متر بر ثانیه است؟ ۱/۲۵

فصل دوم

۸ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

الف) نیروی مقاومت شاره همان نیروی شناوری است. ۰/۲۵

ب) ضریب اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بین دو جسم بستگی دارد. ۰/۲۵

۹ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید.

الف) هر چه تندی جسم بیشتر باشد، اندازهٔ تکانهٔ جسم ..... است. ۰/۲۵

ب) نیروی عمودی سطح ناشی از ..... سطح تماس دو جسم است. ۰/۲۵

۱۰ عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف) طبق قانون (اول ـ سوم) نیوتون، یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت بر روی خط راست خود را حفظ می‌کند، مگر آن‌که نیروی خالص غیرصفری بر آن وارد شود. ۰/۲۵

ب) نیروی کشسانی فنر با اندازهٔ کاهش طول نسبت به حالت عادی فنر نسبت (مستقیم ـ عکس) دارد. ۰/۲۵

۱۱ با یک سکه، یک تکه مقوا و یک لیوان، آزمایشی طراحی کنید که در آن وجود لختی اجسام نشان داده شود. ۱

۱۲ چتربازی $۱۰\ s$ پس از پرش، چترش را باز می‌کند. حرکت چترباز را از زمان بازشدن چترش تحلیل کنید. (تندی حدی چترباز حدود $۵\ m/s$ است.) ۱/۵

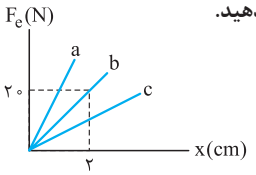
خواستون به این نوع سؤال‌های تندی حدی باشه. اول باید بررسی کنید که زمانی که چتر باز می‌شه، سرعت بیشتر از سرعت حدیه یا کم‌تر.

فیزیک (۳)	رشته: علوم تجربی	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	
ردیف	آزمون شمارهٔ ۱	نوبت اول پایهٔ دوازدهم		نمره

۱۳ شخصی به جرم ۶۰ kg درون آسانسوری روی یک ترازوی فنری ایستاده است. آسانسور در حالی که به طرف پایین حرکت می‌کند، با شتاب ۲ N / kg متوقف می‌شود. مقداری را که ترازو نشان می‌دهد، به دست آورید. (g = ۱۰ N / kg) (مشابه مثال کتاب درسی) — *در سؤال‌های آسانسور بهترین روش اینه که جهت حرکت رو جهت مثبت در نظر بگیرید.* — ۱/۲۵

۱۴ جعبه‌ای به جرم ۵۰ kg در ابتدا روی زمین ساکن است. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و زمین ۰/۶ باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای به حرکت درآوردن جعبه چه‌قدر است؟ (g = ۱۰ N / kg) (مشابه تمرین کتاب درسی) — ۱/۲۵

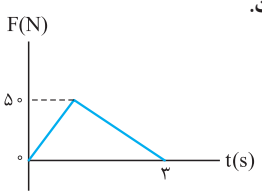
۱۵ با توجه به شکل روبه‌رو که نمودار نیروی کشسانی برحسب تغییر طول برای سه فنر در یک آزمایش است، به سؤالات زیر پاسخ دهید.



الف) ثابت کدام فنر بیشتر است؟ — ۰/۵

ب) مقدار ثابت فنر b را برحسب نیوتون بر متر به دست آورید. — ۰/۵

۱۶ نمودار نیروی واردشده به یک جسم برحسب زمان مطابق شکل است.



الف) تغییرات تکانهٔ جسم را در بازهٔ (۰,۳s) به دست آورید. — ۰/۵

ب) نیروی متوسط واردشده بر جسم در این بازه چند نیوتون است؟ — ۰/۵

متمن یکی از سؤال‌های امتحانتون به مبحث تکانه اختصاص داره. لطفن این مبحث رو جدی بگیرید!

فصل سوم

۱۷ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

الف) با دو برابر کردن دامنهٔ نوسان یک نوسانگر جرم ـ فنر دورهٔ تناوب آن ۲ برابر می‌شود. — ۰/۲۵

ب) نوسان‌های سینوسی یک نوع نوسان دوره‌ای هستند. — ۰/۲۵

۱۸ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید. — *معمولاً در امتحان‌های فیزیک، تعاریف در قالب «جاخالی» مطرح می‌شه. اگه «جاهای خالی» براتون مهمه، تعاریف رو خوب بخونید و حفظ کنید.*

الف) به بیشترین فاصلهٔ نوسانگر از نقطهٔ تعادل ..... می‌گویند. — ۰/۲۵

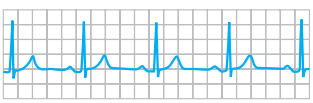
ب) اگر راستای نوسان ذره‌های محیط، موازی با راستای انتشار موج باشد، موج را ..... می‌نامیم. — ۰/۲۵

۱۹ عبارت‌های مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف) نوسان تابی که آن را از حالت تعادل خارج و سپس رها می‌کنیم، نمونه‌ای از (نوسان واداشته ـ نوسان آزاد) است. — ۰/۲۵

ب) انرژی مکانیکی نوسانگر ساده به مکان نوسانگر بستگی (دارد ـ ندارد). — ۰/۲۵

۲۰ شکل روبه‌رو نمودار نوار قلب یک انسان در مدت $\frac{۱}{۱۵}$ min است. دورهٔ تناوب و بسامد ضربان قلب این شخص را حساب کنید. (برگرفته از شکل کتاب درسی)

 — ۰/۷۵

۲۱ جسمی به جرم ۲ kg به فنری افقی با ثابت ۸ N / cm متصل است. اگر فنر را به اندازهٔ ۴ cm فشرده و سپس رها کنیم: (مشابه مسئلهٔ کتاب درسی)

الف) تندی بیشینهٔ جسم چند متر بر ثانیه است؟ — *خواستون باشه در حرکت هماهنگ ساده وقتی تندی، نصف تندی بیشینه می‌شه، انرژی جنبشی نصف انرژی جنبشی بیشینه نمی‌شه بلکه برابر می‌شه با ... .* — ۰/۵

ب) وقتی تندی جسم به نصف تندی بیشینه می‌رسد، انرژی پتانسیل کشسانی سامانه چه‌قدر است؟ — ۰/۷۵

	موفق باشید	جمع نمرات ۲۰

فیزیک (۳)	رشته: علوم تجربی	زمان آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com
ردیف	آزمون شمارهٔ ۱۰	نوبت دوم پایهٔ دوازدهم ـ نهایی خرداد ۱۴۰۱ تجربی	نمره

۱ با توجه به واژه‌های داده‌شده، گزاره‌های زیر را کامل کنید. (یک واژه اضافه است.) — نمره: ۱

تکانه ـ نرده‌ای ـ جابه‌جایی ـ شتاب ـ هم‌نوع

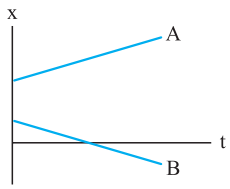
الف) مسافت، کمیتی ..... است.

ب) مساحت سطح بین نمودار سرعت ـ زمان و محور زمان در هر بازهٔ زمانی، برابر با اندازهٔ ..... در آن بازه است.

پ) نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می‌شوند و ..... هستند.

ت) حاصل‌ضرب جرم جسم در سرعت آن ..... جسم است.

۲ نمودار مکان ـ زمان دو متحرک A و B که با سرعت ثابت در راستای محور x حرکت می‌کنند به صورت شکل روبه‌رو است.



الف) جهت حرکت هر متحرک را مشخص کنید. — نمره: ۰/۵

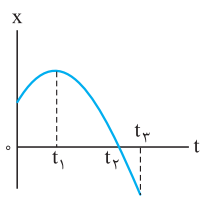
ب) آیا ممکن است این دو متحرک به هم برسند؟ — نمره: ۰/۲۵

۳ معادلهٔ سرعت ـ زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند در SI به صورت $v = -2t + 2$ است. اگر متحرک در لحظهٔ $t_0 = 0\ s$ در مکان $x_0 = 1\ m$ باشد؛

الف) معادلهٔ مکان ـ زمان این متحرک را بنویسید. — نمره: ۰/۷۵

ب) سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی $t_0 = 0\ s$ تا $t = 3\ s$ چند متر بر ثانیه است؟ — نمره: ۰/۷۵

۴ شکل مقابل نمودار مکان ـ زمان جسمی را که روی محور x با شتاب ثابت حرکت می‌کند نشان می‌دهد. — نمره: ۱/۲۵



الف) در کدام لحظه متحرک بیشترین فاصله را از مبدأ محور دارد؟

ب) جهت حرکت متحرک چند بار تغییر کرده است؟

پ) در بازهٔ زمانی $0\ s$ تا t_1، حرکت تندشونده است یا کندشونده؟

ت) در کدام بازهٔ زمانی، متحرک به مبدأ محور نزدیک می‌شود؟

ث) شتاب متحرک در جهت محور x است یا خلاف جهت محور x؟

۵ واژهٔ مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. — نمره: ۰/۷۵

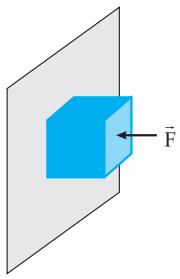
الف) اگر جسمی با سرعت ثابت حرکت کند، نیروهای وارد بر جسم متوازن (هستند ـ نیستند).

ب) هنگام حرکت جسم در راستای قائم به طرف بالا، جهت نیروی مقاومت هوا به طرف (بالا ـ پایین) است.

پ) اگر بر ماه نیرویی وارد نشود، ماه باید به صورت (مستقیم ـ دایره‌ای) حرکت کند.

۶ فنری با ثابت $20\ N/cm$ از سقف یک آسانسور آویزان است. اگر جسمی به جرم $2\ kg$ از انتهای فنر آویزان شده و آسانسور با شتاب ثابت $2\ m/s^2$ از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند، تغییر طول فنر چند سانتی‌متر است؟ $(g = 10\ N/kg)$ — نمره: ۱

۷ مانند شکل روبه‌رو، جسمی را با نیروی عمودی $\vec{F}$ به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته‌ایم.



توضیح دهید، تأثیر افزایش نیروی $\vec{F}$ بر هر یک از کمیت‌های زیر چگونه است؟

الف) اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جسم — نمره: ۰/۵

ب) اندازهٔ نیروی عمودی سطح — نمره: ۰/۵

۸ ماهواره‌ای روی مدار تقریباً دایره‌ای در ارتفاع $h = 1600\ km$ از سطح زمین، به دور زمین می‌چرخد. شتاب گرانشی وارد بر ماهواره در این فاصله، چند برابر شتاب گرانشی وارد به آن در سطح زمین است؟ $(R_e = 6400\ km)$ — نمره: ۱

فیزیک (۳)	رشته: علوم تجربی	زمان آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com
ردیف	آزمون شمارهٔ ۱۰	نوبت دوم پایهٔ دوازدهم ـ نهایی خرداد ۱۴۰۱ تجربی	نمره

۹ درستی یا نادرستی هریک از گزاره‌های زیر را با واژهٔ «درست» یا «نادرست» در پاسخ‌نامه مشخص کنید. — ۱/۵

الف) با افزایش ثابت فنر در سامانهٔ جرم ـ فنر (با جرم یکسان) دورهٔ تناوب نوسان‌ها کوتاه‌تر می‌شود.

ب) نوسان تاب بدون هل‌دادن، یک نوسان نامیرا است.

پ) در امواج دایره‌ای ایجادشده بر سطح آب، فاصلهٔ بین دو برآمدگی مجاور برابر یک طول موج است.

ت) بیشترین بسامد در طیف امواج الکترومغناطیسی، متعلق به امواج رادیویی است.

ث) امواج صوتی هنگام انتشار در هوا، عرضی هستند.

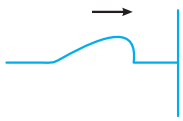
ج) با حرکت یک چشمهٔ صوتی، فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلوی چشمه، بیشتر از پشت آن می‌شود.

۱۰ دامنهٔ نوسان یک نوسانگر جرم ـ فنر در حرکت هماهنگ ساده $0/1\,m$ و سختی فنر آن $100\,N/m$ است. انرژی مکانیکی نوسانگر هنگام نوسان روی یک سطح افقی بدون اصطکاک، چند ژول است؟ — ۰/۷۵

۱۱ در یک طناب تحت کشش با چگالی خطی جرم $0/2\,kg/m$، تندی انتشار موج $5\,m/s$ است. نیروی کشش طناب را به دست آورید. — ۰/۷۵

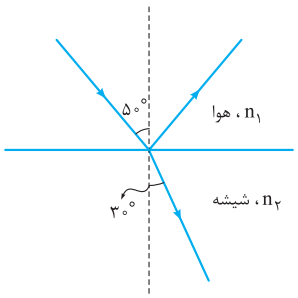
۱۲ الف) امواج الکترومغناطیسی تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش در یک نقطه کانونی می‌شوند. از این سازوکار در چه وسایلی استفاده می‌شود؟ (۲ مورد) — ۰/۵

ب) مانند شکل روبه‌رو، تپی را در یک ریسمان کشیدهٔ بلند که یک سر آن بر تکیه‌گاهی ثابت شده است روانه می‌کنیم. بازتاب این تپ را در پاسخ‌نامه رسم کنید. — ۰/۵



۱۳ یک موج صوتی با توان $1/6\times10^{-4}\,W$ از صفحه‌ای با مساحت $4\,m^2$ در راستای عمود بر صفحه می‌گذرد. شدت صوت عبوری از این صفحه چه‌قدر است؟ — ۰/۷۵

۱۴ در شکل روبه‌رو موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط بازمی‌تابد و بخشی دیگر شکست می‌یابد و وارد شیشه می‌شود.



الف) زاویهٔ بازتابش چند درجه است؟ — ۰/۲۵

ب) ضریب شکست شیشه را حساب کنید. $(n_1=1,\ \sin30^\circ=0/5,\ \sin50^\circ=0/75)$ — ۰/۷۵

۱۵ موارد زیر را تعریف کنید. — ۱/۵

الف) پژواک ب) پاشندگی نور پ) تابش گرمایی

۱۶ در آزمایش فوتوالکتریک، فوتون‌هایی با طول موج $248\,nm$ بر سطح یک فلز تابش می‌شود. انرژی هر فوتون چند الکترون‌ولت است؟ $(hc=1240\,eV.nm)$ — ۰/۷۵

۱۷ در هریک از پرسش‌های زیر، گزینهٔ درست را انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. — ۰/۷۵

الف) در اتم هیدروژن، هنگام گذار الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر؛

۱) یک فوتون جذب می‌شود. ۲) یک فوتون گسیل می‌شود. ۳) اتم برانگیخته می‌شود.

ب) کدام‌یک از پرتوهای زیر، بیشترین نفوذ را در ورقهٔ سربی دارند؟

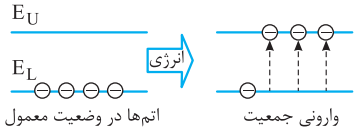
۱) پرتوی گاما ۲) پرتوی آلفا ۳) پرتوی بتا

پ) کدام مورد دربارهٔ نیروی هسته‌ای درست است؟

۱) بلندبرد است. ۲) کوتاه‌برد است. ۳) رانشی است.

۱۸ سومین طول موج در رشتهٔ پاشن $(n'=3)$ هیدروژن اتمی را به دست آورید و تعیین کنید که این طول موج در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد. $(R\simeq0/01(nm)^{-1})$ — ۱

۱۹ شکل روبه‌رو دو مرحله از فرایند ایجاد باریکهٔ لیزر را به طور طرح‌وار نشان می‌دهد.



الف) منظور از عبارت «اتم‌ها در وضعیت معمول» چیست؟ — ۰/۲۵

ب) منظور از «وارونی جمعیت» چیست؟ — ۰/۲۵

۲۰ الف) معادلهٔ واپاشی روبه‌رو را کامل کنید. (هستهٔ دختر با نماد ${}^{A}_{Z}Y$ نوشته شود.) — ۰/۵

$${}^{222}_{86}Rn \rightarrow \cdots + {}^{4}_{2}\alpha$$

ب) نیمه‌عمر یک هستهٔ پرتوزا ۴ ساعت است. پس از گذشت ۱۶ ساعت، چه کسری از مادهٔ اولیه باقی می‌ماند؟ — ۱

جمع نمرات	موفق باشید	۲۰

پاسخ‌نامهٔ تشریحی

آزمون شمارهٔ ۱ (نوبت اول)

۱- الف) نادرست. اگر علامت سرعت اولیه منفی باشد و متحرک تغییر جهت دهد، مسافت طی‌شده با اندازهٔ جابه‌جایی برابر نیست.

ب) درست

۲- الف) مسافت ب) سرعت

۳- الف) جابه‌جایی ب) سرعت

۴- برای حل این سؤال، از معادلهٔ مستقل از زمان استفاده می‌کنیم؛ چون سرعت ابتدایی و نهایی و هم‌چنین جابه‌جایی را داریم:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - (200\,m/s)^2 = 2 \times a \times (5 \times 10^{-2}\,m)$$

$$\Rightarrow -400\,(m/s)^2 = (10^{-1}\,m) \times a \Rightarrow a = \frac{-400\,(m/s)^2}{10^{-1}\,m} = -4000\,m/s^2$$

۵- الف) a: سرعت اولیهٔ مثبت، شتاب منفی ← نمودار شمارهٔ ۲

b: سرعت اولیهٔ مثبت، شتاب مثبت ← نمودار شمارهٔ ۱

c: سرعت اولیهٔ منفی، شتاب منفی ← نمودار شمارهٔ ۴

d: سرعت اولیهٔ منفی، شتاب مثبت ← نمودار شمارهٔ ۳

ب) حرکت a و d کندشونده است، چون علامت سرعت و شتاب مخالف‌اند ($av < 0$).

حرکت c و b تندشونده است، چون علامت سرعت و شتاب مشابه‌اند ($av > 0$).

۶- الف) معادلهٔ مکان ـ زمان هر کدام از خودروها را می‌نویسیم.

خودرو: $x_1 = \frac{1}{2}a_1t^2 + v_{0_1}t + x_{0_1} = \frac{1}{2} \times 3 \times t^2 + (0) \times t + 0 = \frac{3}{2}t^2$

کامیون: $v = 54\,km/h = (54 \div 3/6)\,m/s = 15\,m/s$

$$\Rightarrow x_2 = v_{0_2}t + x_{0_2} = 15t + 0 = 15t$$

برای به دست آوردن زمان رسیدن خودرو به کامیون، باید x_1 را مساوی x_2 قرار دهیم:

$$x_1 = x_2 \Rightarrow \frac{3}{2}t^2 = 15t \Rightarrow t^2 - 10t = 0 \Rightarrow \begin{cases} t = 0\,s \\ t = 10\,s \end{cases}$$

پس از ۱۰ s خودرو به کامیون می‌رسد.

ب) حالا برای به دست آوردن مسافت طی‌شده توسط خودرو، $t = 10\,s$ را در یکی از معادله‌ها قرار می‌دهیم: $t = 10\,s \Rightarrow x_2 = (15\,m/s) \times (10\,s) = 150\,m$

۷- ثانیهٔ چهارم یعنی از $t = 3\,s$ تا $t = 4\,s$. سرعت اول و آخر این بازه را به دست می‌آوریم. $v = 6t - 21$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_1 = (6(3) - 21)m/s = (18 - 21)m/s = -3\,m/s \\ v_2 = (6(4) - 21)m/s = (24 - 21)m/s = 3\,m/s \end{cases}$$

در حرکت با شتاب ثابت، سرعت متوسط برابر با $\frac{v_1 + v_2}{2}$ است:

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{-3\,m/s + 3\,m/s}{2} = 0\,m/s$$

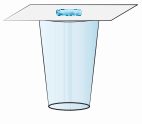
۸- الف) نادرست

ب) نادرست. ضریب اصطکاک جنبشی به جنس دو جسم و میزان صافی و زبری وابسته است و ربطی به مساحت سطح تماس ندارد.

۹- الف) بیشتر ب) تغییر شکل

۱۰- الف) اول ب) مستقیم

۱۱- مطابق شکل روبه‌رو، مقوا را روی دهانهٔ لیوان قرار می‌دهیم و سکه را روی آن می‌گذاریم. وقتی مقوا را خیلی سریع از زیر سکه بکشیم، سکه به خاطر لختی‌اش تمایل دارد در جای خود باقی بماند. در نتیجه بعد از حرکت مقوا، زیر سکه خالی شده و به درون لیوان می‌افتد.



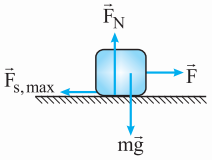
۱۲- وقتی چترباز ۱۰ s پس از پرش، چترش را باز می‌کند، سرعتش از سرعت حدی بیشتر است؛ پس، در هنگام بازشدن چتر، نیروی مقاومت هوای بزرگ‌تری نسبت به وزن چترباز به چترباز وارد می‌شود و یک شتاب بالاسو به جسم می‌دهد. این شتاب بالاسو که در خلاف جهت سرعت است، باعث کندشدن حرکت می‌شود. با کندترشدن حرکت، نیروی مقاومت هوا کاهش می‌یابد. کاهش‌یافتن نیروی مقاومت هوا تا جایی ادامه می‌یابد که اندازهٔ آن با اندازهٔ نیروی وزن برابر شود. در این لحظه چون نیروی خالص وارد بر چترباز صفر می‌شود، چترباز با تندی ثابت و حدی $5\,m/s$ به سمت پایین حرکت می‌کند.

۱۳- آسانسور به طرف پایین حرکت می‌کند و متوقف می‌شود؛ پس، جهت سرعت آن به طرف پایین و حرکت آن کندشونده است. با توجه به این موضوع شتاب در خلاف جهت سرعت و به طرف بالا است. مقداری هم که ترازو نشان می‌دهد اندازهٔ نیروی عمودی سطح وارد بر شخص است. جهت مثبت را به طرف بالا در نظر می‌گیریم؛ بنابراین:

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_N + \vec{W} = m\vec{a} \Rightarrow F_N - W = ma$$

$$\Rightarrow F_N = W + ma = (60\,kg)(10\,N/kg) + (60\,kg)(2\,N/kg) = 720\,N$$

۱۴- برای به حرکت درآوردن جعبه حداقل نیرویی برابر نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه نیاز است. با توجه به شکل و این‌که جعبه ساکن است، $F_N = mg$ است و داریم:



$$F = f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg = 0/6 \times (50\,kg) \times (10\,N/kg) = 300\,N$$

۱۵- الف) a ـ چون شیب نمودار F_e برحسب x برای آن بیشتر است.

ب) با توجه به قانون هوک داریم:

$$F_e = kx \Rightarrow 20\,N = k(2\,cm) \Rightarrow 20\,N = k(0/02\,m)$$

$$\Rightarrow k = \frac{20\,N}{0/02\,m} = 1000\,N/m$$

۱۶- الف) مساحت زیر نمودار $F - t$ برابر تغییرات تکانه است؛ پس:

$$\Delta p = \left(\frac{50 \times 3}{2}\right)\frac{kg.m}{s} = 75\,\frac{kg.m}{s}$$

ب)
$$F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{75\,\frac{kg.m}{s}}{3\,s} = 25\,N$$

۱۷- الف) نادرست. دورهٔ تناوب حرکت نوسانگر جرم ـ فنر ربطی به دامنهٔ نوسان ندارد و از رابطهٔ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ به دست می‌آید.

ب) درست

۱۸- الف) دامنه ب) موج طولی

۱۹- الف) نوسان آزاد ب) ندارد.

۲۰- در $t = \frac{1}{15}\,min = 4\,s$ قلب چهار نوسان کامل انجام داده است:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{4\,s}{4} = 1\,s \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1\,s} = 1\,Hz$$

۲۱- الف) جسم در نقطهٔ تعادل، بیشترین سرعت را دارد؛ یعنی زمانی که انرژی پتانسیل کشسانی برابر صفر است و انرژی مکانیکی با انرژی جنبشی برابر است:

$$E = K_{max} \Rightarrow \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2 \Rightarrow v_{max}^2 = \frac{k}{m}A^2$$

$$v_{max} = A\sqrt{\frac{k}{m}} = (4\,cm) \times \sqrt{\frac{8\,N/cm}{2\,kg}}$$

$$= (4 \times 10^{-2}\,m) \times \sqrt{\frac{800\,N/m}{2\,kg}} = 0/8\,m/s$$

ب) وقتی تندی نصف تندی بیشینه است، داریم:

$$v = \frac{v_{max}}{۲} = \frac{۰/۸\ m/s}{۲} = ۰/۴\ m/s$$

$$E = U + K \Rightarrow \frac{۱}{۲}kA^۲ = U + \frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}(۸۰۰\ N/m)\times(۰/۰۴\ m)^۲$$

$$= U + \frac{۱}{۲}\times(۲\ kg)\times(۰/۴\ m/s)^۲ \Rightarrow U = ۰/۴۸\ J$$

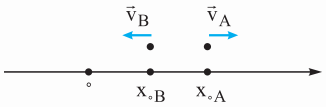
آزمون شمارهٔ ۱۰ (نوبت دوم)

۱- الف) نرده‌ای ب) جابه‌جایی

پ) هم‌نوع ت) تکانه

۲- الف) متحرک A در جهت محور x و متحرک B در خلاف جهت محور x در حال حرکت است.

ب) خیر؛ همان‌طور که در شکل زیر مشخص است این دو متحرک با سرعت ثابت در حال دورشدن از یکدیگر هستند. باید به این موضوع توجه کنید که چون سرعت ثابت است، دو متحرک A و B تغییر جهت حرکت نمی‌دهند.



۳- الف) با توجه به فرم کلی معادلهٔ سرعت ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت داریم:

$$\left.\begin{array}{l} v = a\,t + v_\circ \\ v = -۲t + ۲ \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{cases} a = -۲\ m/s^۲ \\ v_\circ = ۲\ m/s \end{cases}$$

متحرک در لحظهٔ $t_\circ = \circ$ در $x_\circ = ۱\ m$ قرار دارد؛ پس معادلهٔ مکان ـ زمان این متحرک به صورت زیر است:

$$x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_\circ t + x_\circ \Rightarrow x = \frac{۱}{۲}(-۲)t^۲ + ۲t + ۱ = -t^۲ + ۲t + ۱$$

ب) ابتدا سرعت متحرک در دو لحظهٔ $t_\circ = \circ$ و $t = ۳\ s$ را حساب می‌کنیم:

$$t_\circ = \circ \Rightarrow v_\circ = -۲(\circ) + ۲ = ۲\ m/s$$

$$t = ۳\ s \Rightarrow v = -۲(۳) + ۲ = -۴\ m/s$$

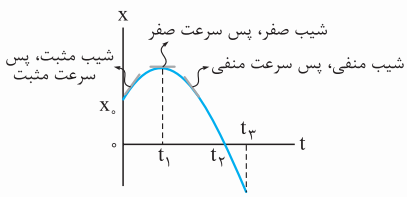
چون حرکت با شتاب ثابت است، داریم:

$$v_{av} = \frac{v_\circ + v}{۲} = \frac{۲ + (-۴)}{۲} = -۱\ m/s$$

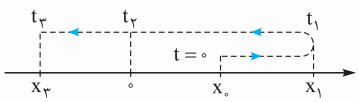
۴- الف) $t_۱$

ب) یک بار ـ همان‌طور که در شکل زیر مشخص است شیب مماس بر نمودار مکان ـ زمان قبل از $t_۱$ مثبت، در لحظهٔ $t_۱$ صفر و بعد از آن منفی است؛ پس متحرک در $t_۱$ تغییر جهت حرکت داده است.

پ) در این بازهٔ زمانی حرکت کندشونده است. چون تندی متحرک از یک مقدار غیرصفر در $t = \circ$ به صفر در $t_۱$ رسیده است.



ت) $t_۱$ تا $t_۲$؛ شکل مقابل مسیر حرکت متحرک را روی محور x نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینید، متحرک در بازهٔ زمانی $t_۱$ تا $t_۲$ در حال نزدیک‌شدن به مبدأ است.



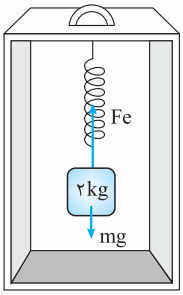
ث) در خلاف جهت محور x ـ چون گودی نمودار x ـ t به سمت پایین است.

۵- الف) هستند ـ مطابق با قانون اول نیوتون وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند، اگر جسم ساکن باشد، همچنان ساکن باقی می‌ماند و اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند.

ب) پایین ـ جهت نیروی مقاومت هوا همواره در خلاف جهت حرکت (جهت سرعت) متحرک است.

پ) مستقیم ـ وقتی به جسمی که در حال حرکت است، نیرویی وارد نشود، با سرعت ثابت به حرکت خود روی مسیر مستقیم ادامه می‌دهد.

۶- مطابق شکل روبه‌رو نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم و قانون دوم نیوتون را برای آن می‌نویسیم:



$a = ۲\ m/s$

$$F_{net} = ma$$

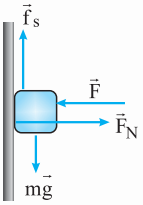
$$F_e - mg = ma \Rightarrow F_e = mg + ma$$

$$\Rightarrow F_e = ۲\times۱۰ + ۲\times۲ = ۲۴\ N$$

حالا به کمک رابطهٔ $F_e = kx$ تغییر طول فنر را تعیین می‌کنیم:

$$۲۴ = ۲۰۰\times x \Rightarrow x = \frac{۲۴}{۲۰۰} = ۱/۲\ cm$$

۷- الف) با توجه به شکل روبه‌رو و این‌که جسم در راستای عمودی و افقی حرکت نمی‌کند، داریم:



$$F_{net,y} = \circ \Rightarrow f_s - mg = \circ \Rightarrow f_s = mg$$

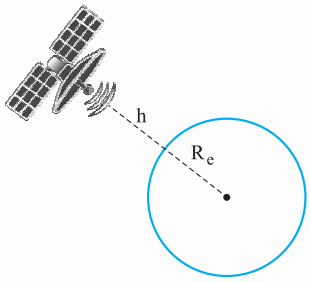
چون اندازهٔ نیروی وزن ثابت است، بنابراین اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی تغییر نمی‌کند.

ب) چون در راستای افقی هم متحرک حرکت نمی‌کند، داریم:

$$F_{net,x} = \circ \Rightarrow F_N - F = \circ \Rightarrow F_N = F$$

بنابراین با افزایش F، نیروی عمودی سطح افزایش می‌یابد.

۸- با توجه به شکل روبه‌رو و رابطهٔ $g = G\frac{M_e}{R^۲}$ که در آن R فاصله از مرکز زمین است، داریم:



$$g = G\frac{M_e}{R^۲} \Rightarrow \frac{g}{g_\circ} = \left(\frac{R_e}{R_e + h}\right)^۲ \Rightarrow \frac{g}{g_\circ} = \left(\frac{۶۴۰۰}{۶۴۰۰ + ۱۶۰۰}\right)^۲$$

$$= \left(\frac{۶۴۰۰}{۸۰۰۰}\right)^۲ = (۰/۸)^۲ = ۰/۶۴$$

۹- الف) درست ـ با توجه به رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ با افزایش ثابت فنر در سامانهٔ جرم ـ فنر با جرم ثابت، دورهٔ تناوب‌ها کوتاه می‌شود.

ب) نادرست ـ نوسان تاب بدون هل‌دادن یک نوسان **میرا** است.

پ) درست

ت) نادرست ـ بیشترین بسامد در طیف امواج الکترومغناطیسی متعلق به امواج **گاما** است.

ث) نادرست ـ امواج صوتی هنگام انتشار در هوا، **طولی** هستند.

ج) نادرست ـ با حرکت یک چشمهٔ صوتی، فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلوی چشمه، کم‌تر از پشت آن است.

۱۰- انرژی مکانیکی یک نوسانگر جرم ـ فنر در حرکت هماهنگ ساده از رابطهٔ $E = \frac{۱}{۲}kA^۲$ به دست می‌آید و داریم:

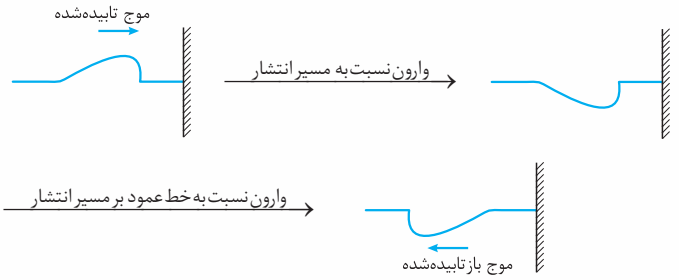
$$E = \frac{۱}{۲}kA^۲ = \frac{۱}{۲}\times۱۰۰\times(۰/۱)^۲ = ۰/۵\ J$$

۱۱- تنها کاری که باید انجام دهیم این است که مقادیر داده‌شده را در رابطهٔ $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ قرار دهیم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow ۵ = \sqrt{\frac{F}{۰/۲}} \Rightarrow ۲۵ = \frac{F}{۰/۲} \Rightarrow F = ۵\ N$$

۱۲- الف) آنتن‌های بشقابی ـ اجاق‌های خورشیدی

ب) تپ پس از برخورد به دیوار نسبت به مسیر انتشار و خط عمود بر مسیر انتشار وارون می‌شود.

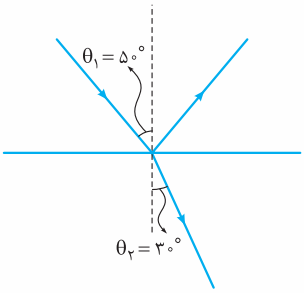


۱۳-

$$I = \frac{P_{av}}{A} = \frac{۱/۶\times۱۰^{-۴}}{۴} = ۴\times۱۰^{-۵}\ W/m^۲$$

۱۴- الف) براساس قانون عمومی بازتاب، زاویهٔ تابش و زاویهٔ بازتابش با هم برابر است:

$$\theta_r = \theta_i = ۵۰^\circ$$



ب) براساس قانون شکست اسنل داریم:

$$\frac{\sin\theta_۲}{\sin\theta_۱} = \frac{n_۱}{n_۲} \Rightarrow \frac{\sin ۳۰^\circ}{\sin ۵۰^\circ} = \frac{۱}{n_۲} \Rightarrow \frac{۰/۵}{۰/۷۵} = \frac{۱}{n_۲} \Rightarrow n_۲ = ۱/۵$$

۱۵- الف) اگر صوت پس از بازتاب با تأخیر زمانی به گوش شنونده‌ای برسد که صوت اولیه را مستقیماً می‌شنود به چنین بازتابی پژواک می‌گویند.

ب) وقتی باریکهٔ نور سفید به وجهی از یک منشور می‌تابد، هنگام عبور از منشور به رنگ‌های مختلفی تجزیه (پاشیده) می‌شود.

پ) همهٔ اجسام در هر دمایی که باشند از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند که به آن تابش گرمایی گفته می‌شود.

۱۶- انرژی هر فوتون از رابطهٔ $E = \frac{hc}{\lambda}$ به دست می‌آید و داریم:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰\ eV.nm}{۲۴۸\ nm} = ۵\ eV$$

۱۷- الف) گزینهٔ «۲» ـ در اتم هیدروژن، هنگام گذار الکترون از تراز انرژی بالاتر بر تراز انرژی پایین‌تر الکترون انرژی از دست می‌دهد و این انرژی از دست رفته به صورت یک فوتون گسیل می‌شود.

ب) پرتوی گاما ـ پرتوهای گاما از جنس امواج الکترومغناطیس هستند و انرژی بسیار زیادی دارند.

پ) کوتاه‌برد است.

۱۸- سومین طول موج در رشتهٔ پاشن در گذر از تراز ۶ به تراز ۳ صورت می‌گیرد؛ بنابراین داریم:

$$\frac{۱}{\lambda} = R\left(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}\right) = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۳^۲} - \frac{۱}{۶^۲}\right) = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۹} - \frac{۱}{۳۶}\right)$$

$$= \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۴-۱}{۳۶}\right) = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۳}{۳۶}\right) = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۱۲}\right) = \frac{۱}{۱۲۰۰} \Rightarrow \lambda = ۱۲۰۰\ nm$$

تمام طول موج‌های رشتهٔ پاشن در ناحیهٔ فروسرخ قرار دارند.

۱۹- الف) بیشتر الکترون‌ها در تراز انرژی پایین‌تر قرار دارند.

ب) بیشتر الکترون‌ها در تراز بالاتر (در مقایسه با تراز پایین‌تر) قرار دارند.

۲۰- الف) در واپاشی آلفا عدد جرمی هستهٔ دختر ۴ واحد و عدد اتمی آن ۲ واحد کاهش می‌یابد.

ب) گام ۱: تعداد نیمه‌عمرهای گذشته پس از ۱۶ ساعت را تعیین می‌کنیم:

$$n = \frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}} = \frac{۱۶}{۴} = ۴$$

گام ۲: حالا مقدار مادهٔ باقی‌مانده از مادهٔ اولیه را تعیین می‌کنیم:

$$N = N_۰\left(\frac{۱}{۲}\right)^n \Rightarrow \frac{N}{N_۰} = \left(\frac{۱}{۲}\right)^۴ = \frac{۱}{۱۶}$$

درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان

فصل ۱: حرکت بر خط راست

شناخت حرکت

برای شناخت حرکت، نیاز داریم تعاریف و مفاهیمی را در فیزیک به دقت بررسی کنیم. این تعاریف عبارت‌اند از: مسافت و جابه‌جایی، سرعت و تندیِ متوسط و لحظه‌ای، مکان و ...

مسافت و جابه‌جایی

از نظر شما شاید در نگاه اول دو مفهوم مسافت و جابه‌جایی فرقی با هم نداشته باشند، اما این دو کمیت در فیزیک، دو کمیت متفاوت از هم هستند:

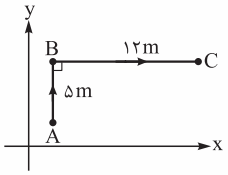
مسافت: به طول مسیری که متحرک طی می‌کند تا از مکانی به مکان دیگر منتقل شود، مسافت گفته می‌شود. مسافت یک کمیت عددی است و واحد آن در SI، متر (m) است.

جابه‌جایی: به پاره‌خط جهت‌داری که مکان شروع حرکت را به مکان پایان آن وصل کند، بردار جابه‌جایی گفته می‌شود.

جابه‌جایی یک **کمیت برداری** است.

برای درک بهتر این دو مفهوم به مثال زیر توجه کنید:

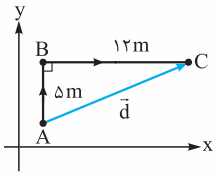
مثال **متحرکی در صفحهٔ y ـ x از نقطهٔ A به نقطهٔ B و سپس از نقطهٔ B به نقطهٔ C می‌رود.**
الف) مسافت طی‌شده توسط متحرک در مسیر ABC چند متر است؟
ب) اندازهٔ بردار جابه‌جایی متحرک در مسیر ABC چند متر است؟



پاسخ الف) مسافت طی‌شده از جمع طول مسیرهای AB و BC به دست می‌آید:

$$L = AB + BC = ۵\ m + ۱۲\ m = ۱۷\ m$$

ب) بردار جابه‌جایی را با وصل‌کردن A به C رسم می‌کنیم.



برای به دست آوردن اندازهٔ بردار جابه‌جایی از رابطهٔ فیثاغورس استفاده می‌کنیم:

$$d = \sqrt{(AB)^۲ + (BC)^۲}$$

$$\Rightarrow d = \sqrt{(۵\ m)^۲ + (۱۲\ m)^۲} = \sqrt{۱۶۹\ m^۲} = ۱۳\ m$$

نکته در یک حرکت رفت و برگشت به نقطهٔ اول، جابه‌جایی صفر است، اما مسافت طی‌شده صفر نیست.

تندی متوسط ـ سرعت متوسط

اصطلاح تندی و سرعت را بارها شنیده‌اید و معمولاً این دو مفهوم را یکی در نظر گرفته‌اید؛ مثلاً عددی را که تندی‌سنج اتومبیل به ما نشان می‌دهد، به عنوان سرعت اتومبیل در نظر گرفته‌اید. اما در فیزیک بین تندی و سرعت تفاوت‌هایی وجود دارد.

تندی متوسط: به نسبت **مسافت** طی‌شده به مدت‌زمان صرف‌شده برای طی مسافت، تندی متوسط گفته می‌شود:

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$$

تندی متوسط کمیتی **عددی** است که یکای اندازه‌گیری آن در SI، m/s است.

سرعت متوسط: به نسبت **جابه‌جایی** به مدت‌زمان صرف‌شده برای جابه‌جایی، سرعت متوسط گفته می‌شود:

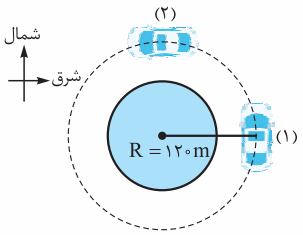
$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$

سرعت متوسط کمیتی **برداری** است که یکای اندازه‌گیری آن در SI، m/s است.

نکته سرعت متوسط هم‌جهت با بردار جابه‌جایی است.

نکته همان‌طور که مسافت و جابه‌جایی دو کمیت متفاوت بودند، تندی متوسط و سرعت متوسط نیز دو کمیت متفاوت هستند.

مثال **اتومبیلی مطابق شکل بر روی یک مسیر دایره‌ای در حال دور زدن میدانی است. اگر فاصلهٔ اتومبیل از مرکز میدان ۱۲۰ متر باشد و یک دقیقه طول بکشد تا اتومبیل $\frac{۱}{۴}$ محیط میدان را بپیماید:**
الف) تندی متوسط اتومبیل چند متر بر ثانیه است؟ ($\pi = ۳$)
ب) سرعت متوسط اتومبیل را به دست آورید.



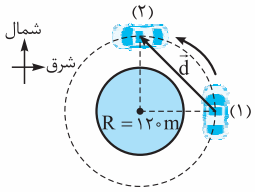
پاسخ الف) در ابتدا مسافت طی‌شده را محاسبه می‌کنیم. مسافتی که اتومبیل از مکان (۱) تا مکان (۲) طی کرده به اندازهٔ $\frac{۱}{۴}$ محیط دایره است:

$$l = \frac{۱}{۴}(۲\pi R) = \frac{۱}{۴}(۲ \times ۳ \times ۱۲۰\ m) = ۱۸۰\ m$$

حالا با استفاده از مسافت به دست آمده، تندی متوسط را به دست می‌آوریم:

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{۱۸۰\ m}{۶۰\ s} = ۳\ m/s$$

ب) بردار جابه‌جایی اتومبیل را رسم کرده و اندازهٔ بردار جابه‌جایی را به کمک رابطهٔ فیثاغورس به دست می‌آوریم:



$$d = \sqrt{R^۲ + R^۲} = \sqrt{۲}R \Rightarrow d = ۱۲۰\sqrt{۲}\ m$$

اندازهٔ بردار جابه‌جایی $۱۲۰\sqrt{۲}\ m$ و جهت آن به سمت شمال غربی است.

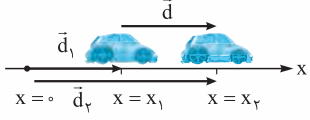
جهت بردار سرعت متوسط همان جهت بردار جابه‌جایی، یعنی شمال غربی است و اندازهٔ آن به کمک رابطهٔ $v_{av} = \frac{d}{\Delta t}$ برابر است با:

$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{۱۲۰\sqrt{۲}\ m}{۶۰\ s} = ۲\sqrt{۲}\ m/s$$

بردار مکان

به برداری که مبدأ حرکت را در هر لحظه به مکان جسم وصل می‌کند، **بردار مکان** گفته می‌شود. از تفاضل برداری بردار مکان نهایی $(\vec{d}_۲)$ و بردار مکان اولیه $(\vec{d}_۱)$، بردار جابه‌جایی به دست می‌آید $(\vec{d} = \vec{d}_۲ - \vec{d}_۱)$.

مثلاً اگر حرکت بر روی خط راست یا بر روی یک محور انجام شود، بردار جابه‌جایی به صورت زیر به دست می‌آید:



$$\vec{d} = \vec{d}_۲ - \vec{d}_۱ = x_۲\vec{i} - x_۱\vec{i} = \Delta x\vec{i}$$

بر مبنای بردار جابه‌جایی به دست آمدهٔ بالا، بردار سرعت متوسط را برای حرکت روی محور x بازنویسی می‌کنیم:

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i}$$

نکته در حرکت بر خط راست می‌توانیم از حالت برداری صرف‌نظر کنیم. در این صورت مثبت‌بودن v_{av} یعنی متحرک در جهت محور x حرکت کرده است و منفی‌بودن آن بیانگر حرکت متحرک به سمت منفی محور x است.

تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای

تندی لحظه‌ای: اگر تندی متوسط جسم را در بازهٔ زمانی بسیار کوتاهی که به آن لحظه گفته می‌شود به دست آوریم، تندی لحظه‌ای جسم را مشخص کرده‌ایم. تندی لحظه‌ای، تندی متحرک در هر لحظهٔ معین است. مثلاً تندی‌سنج اتومبیل، تندی اتومبیلی را در هر لحظه نمایش می‌دهد. تندی لحظه‌ای کمیتی نرده‌ای است.

سرعت لحظه‌ای: اگر علاوه بر تندی لحظه‌ای جهت حرکت جسم را نیز مشخص کنیم، سرعت لحظه‌ای متحرک را مشخص کرده‌ایم، از این رو تندی لحظه‌ای را با v و سرعت لحظه‌ای را با $\vec{v}$ نمایش می‌دهیم.

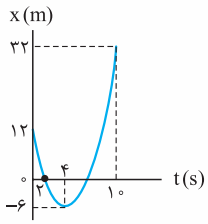
تذکر در متن‌های فیزیکی به سرعت لحظه‌ای به اختصار سرعت و به تندی لحظه‌ای، تندی گفته می‌شود.

نمودار مکان ـ زمان

نمودار مکان ـ زمان، نموداری است که به کمک آن مکان متحرک را می‌توان در هر لحظه مشخص کرد.

تذکر نمودار مکان ـ زمان با مسیر حرکت متفاوت است.

مثال **در شکل مقابل، نمودار مکان ـ زمان متحرکی را مشاهده می‌کنید که بر روی محور x در حرکت است. سرعت متوسط متحرک را در بازهٔ زمانی $(2\,s, 4\,s)$ به دست آورید.**

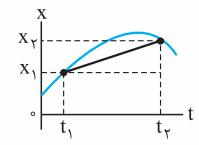


پاسخ در بازهٔ زمانی $(2\,s, 4\,s)$ متحرک از $x_1 = 0$ تا $x_2 = -6\,m$ جابه‌جا شده است:

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{-6\,m - 0}{4\,s - 2\,s}\vec{i} = -3\,(m/s)\vec{i}$$

نکته شیب خطی که دو نقطه از نمودار مکان ـ زمان را به هم وصل می‌کند، سرعت متوسط را بین آن دو نقطه به ما نشان می‌دهد. اگر شیب خط مثبت باشد، علامت سرعت متوسط مثبت و اگر شیب خط منفی باشد، علامت سرعت متوسط منفی است. مثلاً در نمودار مقابل داریم:



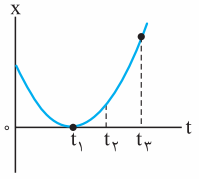
$$\text{شیب خط} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_{av}$$

نکته به کمک نمودار مکان ـ زمان می‌توان سرعت لحظه‌ای را به دست آورد.

برای این کار کافی است در لحظهٔ موردنظر مماسی را بر نمودار رسم کنیم.

شیب خط مماس بر نمودار مکان ـ زمان در هر لحظه سرعت لحظه‌ای متحرک را نشان می‌دهد. اگر شیب مثبت باشد، سرعت مثبت و حرکت در جهت مثبت محور xها است. اگر شیب منفی باشد، سرعت منفی و حرکت در جهت منفی محور xها است.

مثال **نمودار مکان ـ زمان متحرکی که بر خط راست حرکت می‌کند مطابق شکل است:**

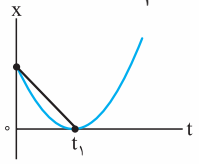


الف) علامت سرعت متوسط متحرک را از لحظهٔ شروع تا لحظهٔ t_1 تعیین کنید.

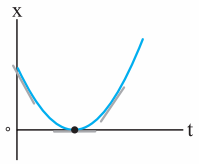
ب) در چه لحظه‌ای متحرک، جهت حرکت خود را عوض کرده است؟

پ) اندازهٔ سرعت متحرک در لحظهٔ t_2 بیشتر است یا در لحظهٔ t_3؟

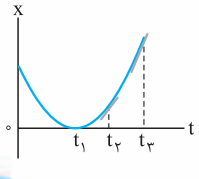
پاسخ الف) بر روی نمودار، لحظهٔ شروع تا لحظهٔ t_1 را به هم وصل می‌کنیم. شیب این خط سرعت متوسط بین این دو لحظه را نشان می‌دهد. چون شیب این خط منفی است؛ پس علامت سرعت متوسط آن نیز منفی است.



ب) متحرک در لحظهٔ t_1 جهت حرکت خود را عوض کرده است. در این لحظه شیب خط صفر و در دو سمت این لحظه علامت شیب خط‌ها متفاوت است.



پ) با رسم مماس بر نمودار در لحظه‌های t_2 و t_3 مشاهده می‌کنیم که شیب خط مماس در لحظهٔ t_2 بیشتر از لحظهٔ t_3 است، بنابراین سرعت متحرک در لحظهٔ t_2 بیشتر است.



حرکت شتاب‌دار

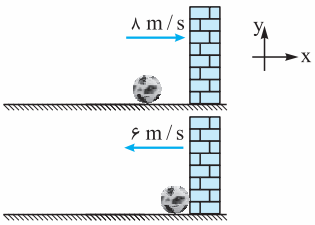
حرکت شتاب‌دار حرکتی است که در آن سرعت متحرک تغییر می‌کند. این تغییر سرعت می‌تواند ناشی از تغییر اندازهٔ سرعت، تغییر جهت بردار سرعت یا هر دو باشد.

شتاب متوسط: به نسبت تغییرات سرعت به زمان صرف‌شده برای این تغییرات، شتاب متوسط گفته می‌شود:

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

شتاب کمیتی برداری و یکای آن در SI، متر بر مربع ثانیه (m/s^2) است.

مثال **مطابق شکل توپی با سرعت $8\,m/s$ به دیواری برخورد کرده و با سرعت $6\,m/s$ باز می‌گردد. اگر مدت‌زمان تماس توپ با دیوار $0/2\,s$ باشد شتاب متوسط توپ در این برخورد چند متر بر مربع ثانیه است؟**



پاسخ با توجه به این‌که حرکت در راستای محور x است، بردار سرعت‌های اولیه و ثانویهٔ توپ را به صورت مقابل می‌نویسیم: $\vec{v}_1 = (8\,m/s)\vec{i}$ و $\vec{v}_2 = (-6\,m/s)\vec{i}$

حالا می‌توانیم بردار شتاب متوسط را به دست آوریم:

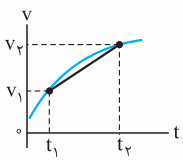
$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{(-6\,m/s)\vec{i} - (8\,m/s)\vec{i}}{0/2\,s} = \vec{a}_{av} = (-70\,m/s^2)\vec{i}$$

شتاب لحظه‌ای: به نسبت تغییرات سرعت به یک بازهٔ زمانی بسیار کوتاه (که در فیزیک به آن لحظه گفته می‌شود) شتاب لحظه‌ای می‌گوییم.

نمودار سرعت ـ زمان

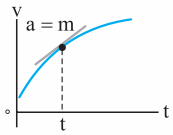
نموداری است که سرعت متحرک را در هر لحظه به ما می‌دهد.

نکته شیب خطی که دو نقطه از نمودار سرعت ـ زمان را به هم وصل کند، شتاب متوسط را در آن بازهٔ زمانی به ما می‌دهد:

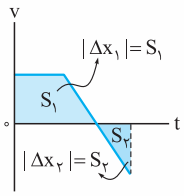


$$\text{شیب} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_{av}$$

- شیب خط مماس بر نمودار سرعت ـ زمان، شتاب متحرک را در آن لحظه نشان می‌دهد:



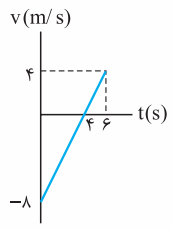
- مساحت محصور بین نمودار سرعت ـ زمان و محور t، جابه‌جایی متحرک را در آن بازهٔ زمانی نشان می‌دهد. اگر نمودار بالای محور t باشد، جابه‌جایی مثبت و اگر زیر محور t باشد، جابه‌جایی منفی است: $\Delta x_1 > 0\ ,\ \Delta x_2 < 0$



$$\Delta x_{\text{کل}} = \Delta x_1 + \Delta x_2$$

$$\text{مسافت } l = |\Delta x_1| + |\Delta x_2|$$

مثال **نمودار سرعت ـ زمان متحرکی مطابق شکل است.**



الف) شتاب متحرک در بازهٔ زمانی $(1\,s$ تا $3\,s)$ چند متر بر مربع ثانیه است؟

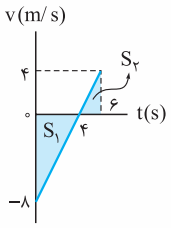
ب) جابه‌جایی متحرک تا لحظهٔ $t = 6\,s$ چند متر است؟

پ) تندی متوسط متحرک در ۶ ثانیهٔ اول حرکت چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ الف) در نمودار سرعت ـ زمان، شیب نمودار بین دو نقطه شتاب متوسط متحرک را در آن بازهٔ زمانی نشان می‌دهد. شیب نمودار ثابت است؛ پس شتاب متحرک در ۶ ثانیهٔ اول حرکت ثابت است. با توجه به این موضوع، با محاسبهٔ شیب خط یا شتاب در بازهٔ زمانی $(0\,s$ تا $6\,s)$ می‌توانیم به شتاب متحرک در بازهٔ زمانی $(1\,s$ تا $3\,s)$ نیز دست یابیم:

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{4\,m/s - (-8\,m/s)}{6\,s - 0} \Rightarrow a_{av} = 2\,m/s^2$$

ب) مساحت دو ناحیهٔ رنگ‌شده را محاسبه می‌کنیم. دقت کنید که چون S_1 پایین محور t قرار دارد، $\Delta x_1 < 0$ و چون S_2 بالای محور t قرار دارد، $\Delta x_2 > 0$ است:



$$|\Delta x_1| = S_1 = \frac{1}{2}(8\ m/s)(4\ s) = 16\ m \Rightarrow \Delta x_1 = -16\ m$$

$$|\Delta x_2| = S_2 = \frac{1}{2}(4\ m/s)(2\ s) = 4\ m \Rightarrow \Delta x_2 = +4\ m$$

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = -16\ m + 4\ m = -12\ m$$

پ) برای به دست آوردن تندی متوسط باید در قدم اول مسافت طی‌شده را محاسبه کرد. برای این کار قدرمطلق Δxها را با هم جمع می‌کنیم:

$$l = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| = 16\ m + 4\ m = 20\ m$$

در قدم بعد به کمک رابطهٔ $s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$، تندی متوسط را محاسبه می‌کنیم:

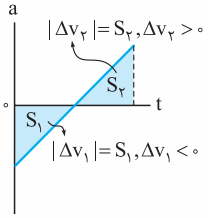
$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{20\ m}{6\ s} = \frac{10}{3}\ m/s \simeq 3/3\ m/s$$

نمودار شتاب ـ زمان

این نمودار شتاب متحرک را در هر لحظه به ما نشان می‌دهد.

به کمک مساحت محصور بین نمودار و محور t می‌توان تغییرات سرعت را محاسبه کرد.

اگر نمودار زیر محور t باشد، تغییرات سرعت منفی و اگر بالای محور t باشد، تغییرات سرعت مثبت است:

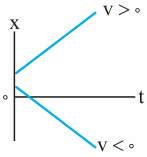


حرکت با سرعت ثابت

ساده‌ترین نوع حرکت، حرکت با سرعت ثابت است. در این نوع حرکت، اندازه و جهت سرعت متحرک در طول مسیر ثابت است.

معادله و نمودار مکان ـ زمان حرکت با سرعت ثابت

معادلهٔ حرکت با سرعت ثابت، یک معادلهٔ درجه‌یک و به صورت $x = vt + x_0$ است که در آن x_0 مکان اولیه و v سرعت حرکت است. نمودار مکان ـ زمان برای این حرکت مطابق شکل مقابل است:



مثال **معادلهٔ حرکت متحرکی در SI به صورت $x = 3t - 12$ است.**

الف) سرعت و مکان اولیهٔ حرکت را مشخص کنید.

ب) در چه لحظه‌ای متحرک در مکان $x = 9\ m$ است؟

پ) نمودار مکان ـ زمان حرکت را تا لحظهٔ $t = 10\ s$ رسم کنید.

پاسخ الف) با مقایسهٔ معادلهٔ $x = vt + x_0$ و $x = 3t - 12$ می‌فهمیم که $v = 3\ m/s$ و $x_0 = -12\ m$ است.

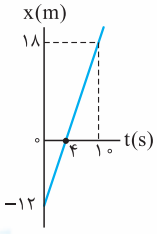
ب) مکان $x = 9\ m$ را در معادله قرار می‌دهیم:

$$x = 3t - 12 \Rightarrow 9 = 3t - 12 \Rightarrow 3t = 21 \Rightarrow t = 7\ s$$

پ) برای رسم نمودار در قدم اول مکان متحرک را در لحظهٔ $t = 10\ s$ به دست می‌آوریم:

$$x = 3t - 12 \xrightarrow{t=10\ s} x = 3(10) - 12 = 18\ m$$

بهتر است که در قدم بعد، لحظه‌ای که متحرک از مبدأ مختصات عبور کرده و نمودار محور t را قطع می‌کند، پیدا کنیم. برای این کار به جای x در معادله صفر قرار می‌دهیم:



$$x = 3t - 12 \xrightarrow{x=0} 0 = 3t - 12 \Rightarrow t = 4\ s$$

در قدم آخر با توجه به اطلاعات به دست آمده نمودار مکان ـ زمان را رسم می‌کنیم:

حرکت با شتاب ثابت

هرگاه شتاب متحرک در لحظه‌های مختلف یکسان باشد، حرکت جسم را حرکت با شتاب ثابت می‌نامیم.

نکته در این حرکت شتاب در هر لحظه برابر با شتاب متوسط در هر بازهٔ زمانی دلخواه است.

نکته در حرکت با شتاب ثابت، اگر در یک بازهٔ زمانی سرعت اولیه v_1 و سرعت نهایی v_2 باشد، سرعت متوسط از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید:

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

حواستان باشد که رابطهٔ بالا فقط در حرکت با **شتاب ثابت** قابل استفاده است.

معادلهٔ مکان ـ زمان

معادله‌ای است که به ما کمک می‌کند تا مکان متحرک را در هر لحظه مشخص کنیم، این معادله در حرکت با شتاب ثابت یک معادلهٔ درجهٔ ۲ است:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$$

که در آن x_0 مکان اولیه و v_0 سرعت اولیه است.

مثال **معادلهٔ مکان ـ زمان متحرکی که بر روی محور x حرکت می‌کند، به صورت $x = 2t^2 - 16t + 24$ است.**

الف) شتاب، سرعت اولیه و نقطهٔ آغاز حرکت را مشخص کنید.

ب) سرعت متوسط متحرک را در بازهٔ زمانی (۰٫۵ s) به دست آورید.

پاسخ الف) با مقایسهٔ معادله‌های $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$ و $x = 2t^2 - 16t + 24$ می‌توان شتاب، سرعت اولیه و نقطهٔ آغاز حرکت را مشخص کرد:

$$\frac{1}{2}a = 2\ m/s^2 \Rightarrow a = 4\ m/s^2$$

$$v_0 = -16\ m/s \text{ و } x_0 = +24\ m$$

ب) برای به دست آوردن سرعت متوسط، اول مکان متحرک را در $t = 5s$ به دست می‌آوریم:

$$x = 2t^2 - 16t + 24 \xrightarrow{t=5\ s} x = 2(5)^2 - 16(5) + 24 = -6\ m$$

حالا سرعت متوسط متحرک را از رابطهٔ $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ محاسبه می‌کنیم:

$$v_{av} = \frac{x_5 - x_0}{t_5 - t_0} = \frac{-6\ m - 24\ m}{5\ s - 0} = -6\ m/s$$

معادلهٔ سرعت ـ زمان

معادلهٔ سرعت ـ زمان معادله‌ای است که سرعت متحرک را در هر لحظه مشخص می‌کند؛ این معادله در حرکت با شتاب ثابت به صورت یک معادلهٔ درجهٔ یک است:

$$v = at + v_0$$

مثال **معادلهٔ سرعت ـ زمان متحرکی که بر خط مستقیم حرکت می‌کند به صورت $v = 4t - 8$ است. در چه لحظه‌ای متحرک، جهت حرکت خود را عوض می‌کند؟**

پاسخ در حرکت با شتاب ثابت، در لحظه‌ای که سرعت متحرک صفر شود، جهت حرکتش عوض می‌شود. با توجه به این موضوع باید لحظه‌ای را به دست آوریم که در آن $v = 0$ است:

$$v = 4t - 8 \xrightarrow{v=0} 0 = 4t - 8 \Rightarrow t = 2\ s$$

معادلهٔ مستقل از زمان

معادله‌ای است که نشان می‌دهد متحرک در هر مکانی دارای چه سرعتی است. معادلهٔ مستقل از زمان برای حرکت با شتاب ثابت به صورت مقابل است:

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

مثال **خودرویی با سرعت $30\ m/s$ بر روی مسیر مستقیمی در حرکت است. ناگهان راننده مانع ثابتی را در فاصلهٔ $95\ m$ می‌بیند. بلافاصله با شتاب $-5\ m/s^2$ ترمز می‌کند. آیا خودرو به مانع برخورد می‌کند؟**

پاسخ ابتدا به کمک معادلهٔ مستقل از زمان محاسبه می‌کنیم که خودرو پس از چند متر جابه‌جایی متوقف می‌شود. سپس این مقدار را با فاصلهٔ اولیهٔ خودرو از مانع مقایسه می‌کنیم. اگر این مقدار کم‌تر یا مساوی فاصلهٔ اولیه باشد برخوردی اتفاق نمی‌افتد، در غیر این صورت خودرو به مانع برخورد می‌کند:

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

$$\Rightarrow 0 - (30\ m/s)^2 = 2(-5\ m/s^2)\Delta x \Rightarrow \Delta x = 90\ m$$

Δx کم‌تر از فاصلهٔ اولیه است، پس خودرو به مانع برخورد نمی‌کند.