ساختار کتاب

کتاب شب امتحان **فیزیک (۳) دوازدهم ریاضی** از ۴ قسمت اصلی به صورت زیر تشکیل شده 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 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، ۶، ۷ و ۸ به ترتیب امتحان نهایی‌های خرداد ۱۴۰۰ و شهریور ۱۴۰۰، دی ۱۴۰۰ و دی ۱۴۰۱ 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 امتحان نهایی‌های خرداد ۱۴۰۱، خرداد ۱۴۰۲، شهریور ۱۴۰۱ و شهریور ۱۴۰۲ 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: این قسمت، برگ برندهٔ شما نسبت به کسانی است که این کتاب را نمی‌خوانند در این قسمت، همهٔ آن‌چه را که شما برای گرفتن نمرهٔ عالی در امتحان فیزیک (۳) ریاضی نیاز دارید، در ۲۵ 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	۳۱	
آزمون شمارهٔ ۲ (طبقه‌بندی‌شده)	اول	۵	۳۲	
آزمون شمارهٔ ۳ (طبقه‌بندی‌نشده)	اول	۷	۳۳	
آزمون شمارهٔ ۴ (طبقه‌بندی‌نشده)	اول	۹	۳۴	
آزمون شمارهٔ ۵ نهایی خرداد ۱۴۰۰ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۱	۳۵
آزمون شمارهٔ ۶ نهایی شهریور ۱۴۰۰ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۴	۳۶
آزمون شمارهٔ ۷ نهایی دی ۱۴۰۰ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۶	۳۷
آزمون شمارهٔ ۸ نهایی دی ۱۴۰۱ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۸	۳۸
آزمون شمارهٔ ۹ نهایی خرداد ۱۴۰۱ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۱	۳۹
آزمون شمارهٔ ۱۰ نهایی خرداد ۱۴۰۲ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۳	۴۰
آزمون شمارهٔ ۱۱ نهایی شهریور ۱۴۰۱ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۵	۴۱
آزمون شمارهٔ ۱۲ نهایی شهریور ۱۴۰۲ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۸	۴۲
درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان		۴۳	

بارم‌بندی درس فیزیک ۳ ریاضی

شماره فصل		نوبت اول	نوبت دوم
فصل اول		۷/۲۵	۳/۷۵
فصل دوم		۸/۲۵	۴
فصل سوم	تا صفحهٔ ۷۷ (سر موج طولی) و تمرین‌های مربوط از آخر فصل	۴/۵	۳/۷۵
	از صفحهٔ ۷۷ تا آخر فصل	–	
فصل چهارم		–	۳/۲۵
فصل پنجم		–	۲/۷۵
فصل ششم		–	۲/۵
جمع		۲۰	۲۰

فیزیک (۳)	رشته: ریاضی و فیزیک	مدت آزمون: ۱۱۰ 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 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

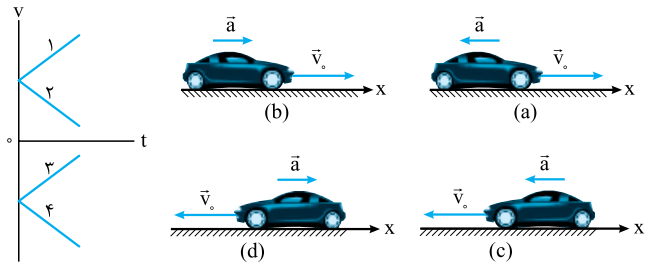
۴ گلولهٔ تفنگی با سرعت $۲۰۰\ m/s$ به تنهٔ درختی برخورد می‌کند و پس از طی $۵\ cm$ در آن متوقف می‌شود. اگر شتاب حرکت گلوله در تنهٔ درخت ثابت باشد، مقدار شتاب، چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ۱

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 $۳\ m/s^2$ شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت $۵۴\ km/h$ از آن سبقت می‌گیرد. چند ثانیه پس از سبزشدن چراغ و در چه فاصله‌ای از محل اولیه، خودرو به کامیون می‌رسد؟ *(مشابه مسئلهٔ کتاب درسی)* ۱/۷۵

۷ با وسیله‌های زیر آزمایشی را طراحی کنید که با استفاده از آن شتاب گرانش را حساب کنیم. ۱

«حسگر ـ زمان‌سنج حساس ـ پایهٔ نگه‌دارندهٔ قابل تنظیم ـ خط‌کش ـ آهنربای الکتریکی ـ گلولهٔ آهنی ـ سیم به اندازهٔ کافی»

آزمایش‌ها، در همهٔ امتحان‌ها یک الی یک‌ونیم نمره دارن. برای این‌که این نمره رو از دست ندین، حتماً آزمایش‌های کتاب درسی رو خوب بخونید.

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 عبارت 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 تغییر طول نسبت به حالت عادی فنر نسبت (مستقیم ـ عکس) دارد. ۰/۲۵

۱۱ در فیلمی علمی ـ تخیلی، موتور یک کشتی فضایی که در فضای تهی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید در حرکت است، از کار می‌افتد. در نتیجه حرکت کشتی فضایی کند می‌شود و می‌ایستد. آیا امکان وقوع چنین رویدادی وجود دارد؟ توضیح دهید. *(پرسش کتاب درسی)* 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.) ۱/۲۵

هواستون 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: ریاضی و فیزیک	مدت آزمون: ۱۱۰ 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)*

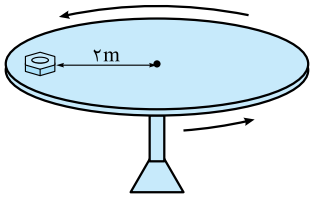
در سؤال‌های آسانسور بهترین روش اینه که جهت حرکت رو جهت مثبت در نظر بگیرید.

۱

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

۱۵ مطابق شکل روبه‌رو، مهره‌ای بر روی صفحهٔ افقی دایره‌ای‌شکلی قرار دارد و ضریب اصطکاک ایستایی بین مهره و صفحه $۰/۸$ است. دورهٔ چرخش صفحه به دور محورش حداقل چند ثانیه باشد تا مهره بر روی صفحه نلغزد؟ $(\pi = ۳ ,\ g = ۱۰\ N/kg)$



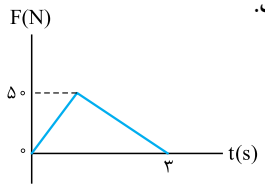
در این نوع سؤال‌ها باید تشخیص دهید که نیروی مرکزگرا برابر چه نیرویی است.

۱/۵

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



معمولاً یکی از سؤال‌های امتحانتون به مبحث تکانه اختصاص داره. لطفاً 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) تندی انتشار موج‌های الکترومغناطیسی در خلأ از رابطهٔ $c = \sqrt{\varepsilon_۰ \mu_۰}$ به دست می‌آید. ۰/۲۵

۱۸ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر 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

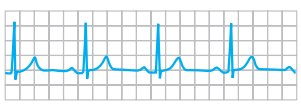
معمولاً در امتحان‌های فیزیک، تعاریف در قالب «جاهالی» مطرح می‌شه. اگه نمرهٔ سؤال‌های «جاهالی» براتون مهمه، تعاریف رو خوب بخونید و حفظ کنید.

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)*



۱

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:

الف) تندی بیشینهٔ جسم چه‌قدر است؟ ۰/۷۵

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

هواستون باشه در حرکت هماهنگ ساده وقتی تندی، نصف تندی بیشینه می‌شه، انرژی جنبشی نصف انرژی جنبشی بیشینه نمی‌شه بلکه برابر می‌شه با ... .

۲۲ در یک گیتار طول هر تار بین دو انتهای ثابت $۰/۶\ m$ و جرم تار $۰/۲\ g$ است. برای نواختن بالاترین بسامد، تارها تحت کششی برابر $\frac{۱۰۰۰}{۳}\ N$ قرار دارند. تندی انتشار موج برای ایجاد این بسامد چه‌قدر است؟ *(مشابه تمرین کتاب درسی)* ۰/۵

	موفق باشید	جمع نمرات	۲۰

فیزیک (۳)	رشته: ریاضی و فیزیک	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	

ردیف	آزمون شمارهٔ ۹	نوبت دوم پایهٔ دوازدهم ـ نهایی خرداد ۱۴۰۱ ریاضی	نمره

۱ در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید. — **۱**

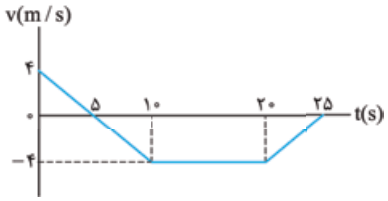
الف) تندی متوسط، یک کمیت (نرده‌ای ـ برداری) و یکان آن متر بر ثانیه است.

ب) برداری که مبدأ محور را در هر لحظه به مکان جسم وصل کند، بردار (جابه‌جایی ـ مکان) نام دارد.

پ) در حرکت با سرعت ثابت، شیب نمودار مکان ـ زمان متحرک همواره ثابت (است ـ نیست).

ت) شتاب متوسط، هم‌جهت با بردار (سرعت ـ تغییر سرعت) است.

۲ نمودار سرعت ـ زمان متحرکی در امتداد محور x مطابق شکل است:



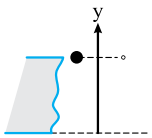
الف) متحرک در بازهٔ زمانی $10\,s$ تا $20\,s$ در جهت محور x حرکت کرده یا در خلاف جهت آن؟ — ۰/۲۵

ب) در چه لحظه‌ای جهت حرکت متحرک تغییر کرده است؟ — ۰/۲۵

پ) در کدام بازه‌های زمانی حرکت جسم کندشونده است؟ — ۰/۵

ت) جابه‌جایی متحرک را در بازهٔ زمانی صفر تا ۱۰ ثانیه پیدا کنید. — ۰/۵

۳ گلوله‌ای از یک صخره به ارتفاع ۱۸۰ متر نسبت به زمین، آزادانه سقوط می‌کند.



الف) زمان سقوط آزاد گلوله را به دست آورید. $(g = 10\,m/s^2)$ — ۰/۵

ب) سرعت برخورد گلوله به سطح زمین را پیدا کنید. — ۰/۷۵

۴ درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با علامت‌های (د) یا (ن) مشخص کنید: — **۱/۵**

الف) نیروی کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می‌شوند.

ب) نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم بستگی ندارد.

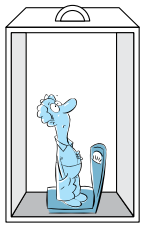
پ) وزن یک جسم، در سطح سیاره‌های مختلف یکسان است.

ت) هر چه ثابت فنر کم‌تر باشد، فنر سخت‌تر است.

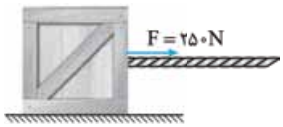
ث) تکانه یک کمیت برداری است و یکای SI آن، $\frac{kg.m}{s}$ است.

ج) دورهٔ تناوب افراد واقع بر یک دیسک‌گردان در فاصله‌های متفاوت از مرکز دیسک یکسان است.

۵ شخصی به جرم $50\,kg$ درون آسانسوری ساکن روی یک ترازوی فنری ایستاده است. وقتی آسانسور شتاب رو به پایین $2\,m/s^2$ دارد، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ $(g = 10\,m/s^2)$ — ۰/۷۵



۶ مطابق شکل جعبهٔ ساکنی به جرم $100\,kg$ را با نیروی ثابت افقی می‌کشیم. اگر ضریب اصطکاک ایستایی جعبه و سطح $0/4$ باشد، با محاسبه مشخص کنید جعبه ساکن می‌ماند یا شروع به حرکت می‌کند؟ $(g = 10\,m/s^2)$ — **۱**



۷ خودرویی در یک میدان به شعاع $160\,m$ با تندی $72\,km/h$ در حال دورزدن است. شتاب مرکزگرای خودرو را محاسبه کنید. — ۰/۷۵

۸ به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه دهید: — **۱**

الف) در طیف امواج الکترومغناطیسی کم‌ترین بسامد مربوط به امواج رادیویی است یا پرتوهای گاما؟

ب) وقتی نوسانگر به نقاط بازگشتی نزدیک می‌شود، انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد یا کاهش؟

پ) اگر در یک محیط، طول آونگ ساده‌ای را کاهش دهیم، دورهٔ تناوب آن چه تغییری می‌کند؟

ت) از دو عامل بسامد موج و دمای هوا، کدام‌یک بر تندی صوت در هوا مؤثر است؟

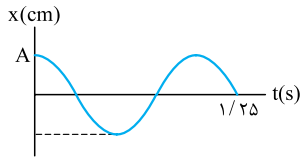
۹ فنری به جرم $0/5\,kg$ و طول $2\,m$ را با نیروی $9\,N$ می‌کشیم.

الف) تندی انتشار موج عرضی در این فنر چند متر بر ثانیه است؟ — ۰/۵

ب) اگر در فنر موج عرضی ایجاد کنیم، فاصلهٔ دو قلهٔ متوالی چه نام دارد؟ — ۰/۲۵

فیزیک (۳)	رشته: ریاضی و فیزیک	مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه	kheilisabz.com	
ردیف	آزمون شمارهٔ ۹	نوبت دوم پایهٔ دوازدهم ـ نهایی خرداد ۱۴۰۱ ریاضی		نمره

۱۰ نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر به شکل مقابل است: — ۱



الف) بسامد زاویه‌ای این نوسانگر را حساب کنید. — ۰/۲۵

ب) در چه مکانی تندی نوسانگر بیشینه است؟

۱۱ الف) در یک رستوران ساکت، شدت صوت $10^{-7}\ W/m^2$ است. تراز شدت صوت چند دسی‌بل است؟ $(I_0 = 10^{-12}\ W/m^2)$ — ۰/۵

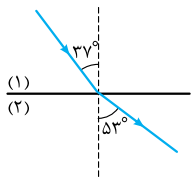
ب) شکل مقابل نشان‌دهندهٔ کدام پدیدهٔ فیزیکی است؟ — ۰/۲۵

۱۲ هر کدام از موارد ستون (الف) در جدول زیر، با یک مورد از موارد ستون (ب) ارتباط است. آن‌ها را مشخص کنید. (یک مورد در ستون (ب) اضافه است.) — ۱

ستون (الف)	ستون (ب)
الف) تداخل امواج با یکدیگر	a) شکست نور
ب) سونوگرافی	b) پراش
پ) سراب	c) پاشندگی نور
ت) گستردگی موج در عبور از یک شکاف	d) موج ایستاده
	e) بازتاب

۱۳ الف) یک جبههٔ موج نوری از هوا وارد آب می‌شود. فاصلهٔ جبهه‌های موج افزایش می‌یابد یا کاهش؟ — ۰/۲۵

ب) مطابق شکل مقابل، پرتویی از محیط شفاف (۱) به محیط شفاف (۲) می‌رود. تندی انتشار پرتوی موج شکست چند برابر تندی انتشار پرتوی موج فرودی است؟ $(\sin 37^\circ = 0/6, \sin 35^\circ = 0/8)$ — ۰/۷۵



۱۴ در یک تار پیانو موج ایستاده ایجاد می‌کنیم. اگر طول تار $1/2\ m$ و تندی انتشار موج عرضی در آن $240\ m/s$ باشد،

الف) بسامد هماهنگ چهارم آن چند هرتز است؟ — ۰/۷۵

ب) شکل موج حاصل در هماهنگ چهارم تار را رسم کنید. — ۰/۵

۱۵ الف) یک مورد از ناسایی‌های مدل بور را بنویسید. — ۰/۵

ب) در اتم هیدروژن با افزایش شمارهٔ مدار (n)، اختلاف شعاع دو مدار متوالی و اختلاف انرژی آن‌ها چه تغییری می‌کند؟ — ۰/۵

۱۶ در یک آزمایش فوتوالکتریک تابع کار فلز برابر $4\ eV$ است.

الف) طول موج آستانه چند نانومتر است؟ $(hc = 1240\ eV.nm)$ — ۰/۵

ب) اگر طول موج نور فرودی $200\ nm$ باشد، K_{max} برای فوتوالکترون‌ها چند الکترون‌ولت است؟ — ۰/۵

۱۷ کوتاه‌ترین طول موج در رشتهٔ پفوند $(n' = 5)$ هیدروژن اتمی، چند نانومتر است؟ $(R = 0/01\ (nm)^{-1})$ — ۰/۷۵

۱۸ جاهای خالی را در جمله‌های زیر با کلمه‌های مناسب تکمیل کنید: — ۱

الف) هستهٔ اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به طور کلی ..... نامیده می‌شوند.

ب) آب معمولی از جمله موادی است که به عنوان ..... نوترون‌ها در واکنش شکافت هسته‌ای استفاده می‌شود.

پ) با واردکردن ..... به داخل راکتور، آهنگ واکنش شکافت، تنظیم می‌شود.

ت) یک نوع واکنش هسته‌ای که منشأ تولید انرژی در ستارگان و از جمله خورشید است ..... نام دارد.

۱۹ واکنش‌های زیر را کامل کنید (هستهٔ دختر را ${}^{A}_{Z}Y$ بگیرید): — ۰/۵

الف) ${}^{238}_{92}U \rightarrow \cdots\cdots + {}^{4}_{2}\alpha$

ب) ${}^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + \cdots\cdots$

۲۰ پس از گذشت ۱۰۰ روز، تعداد هسته‌های پرتوزای یک نمونه، به $\frac{1}{16}$ تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است. نیمه‌عمر این ماده چند روز است؟ — ۱

	موفق باشید	جمع نمرات	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:

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

$$\Rightarrow -40000\,(m/s)^2 = (10^{-1}\,m) \times a$$

$$\Rightarrow a = \frac{-40000\,(m/s)^2}{10^{-1}\,m} = -400000\,m/s^2$$

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- معادلهٔ مکان ـ زمان هر کدام را می‌نویسیم:

خودرو: $x_1 = \frac{1}{2}a_1t^2 + v_{01}t + x_{01} = \frac{1}{2} \times 3 \times t^2 + (0) \times t + 0 = \frac{3}{2}t^2$

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

$$\Rightarrow x_2 = v_{02}t + x_{02} = 15t + 0 = 15t$$

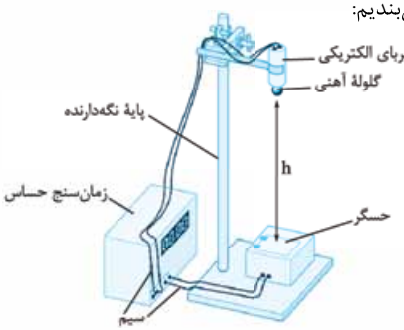
برای به دست آوردن زمان رسیدن خودرو به کامیون، باید x_1 را مساوی x_2 قرار دهیم:

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

پس از ۱۰ s خودرو به کامیون می‌رسد. حالا برای به دست آوردن فاصله از مکان اولیه، $t = 10\,s$ را در یکی از معادله‌ها قرار می‌دهیم:

$$t = 10\,s \Rightarrow x_2 = (15\,m/s) \times (10\,s) = 150\,m$$

۷- یک مدار مطابق شکل مقابل می‌بندیم:



با قطع جریان، زمان‌سنج شروع به کار می‌کند. وقتی جریان قطع می‌شود، آهنربای الکتریکی از کار می‌افتد و گلوله رها می‌شود. با سقوط گلوله روی حسگر، زمان‌سنج متوقف می‌شود و مدت‌زمان سقوط به دست می‌آید. با خط‌کش ارتفاع سقوط را تعیین می‌کنیم و با استفاده از رابطهٔ $\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2$ مقدار شتاب را به دست می‌آوریم.

۸- الف) نادرست. وقتی جسمی در یک شاره حرکت می‌کند از طرف شاره نیرویی در جهت مخالف حرکت جسم به آن وارد می‌شود که نیروی مقاومت شاره است، اما نیرویی که توسط شاره به جسم درون آن (چه حرکت کند و چه حرکت نکند) به سمت بالا وارد می‌شود، نیروی شناوری می‌گوییم.

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- خیر. امکان وقوع چنین رویدادی وجود ندارد؛ چون در فضای تهی و دور از هر جرم آسمانی دیگر نیروی خالص وارد بر کشتی، صفر است. طبق قانون اول نیوتون وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشد، سرعت جسم تغییر نمی‌کند.

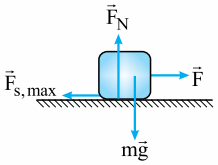
۱۲- وقتی چترباز ۱۰ s پس از پرش، چترش را باز می‌کند، سرعتش از سرعت حدی بیشتر است؛ پس، در هنگام بازشدن چتر، نیروی مقاومت هوای بزرگ‌تری نسبت به وزن چترباز به چترباز وارد می‌شود و یک شتاب بالاسو به جسم می‌دهد. این شتاب بالاسو که در خلاف جهت سرعت است، باعث کندشدن حرکت می‌شود. با کندترشدن حرکت، نیروی مقاومت 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- در این سؤال نیروی $f_{s,max}$ برابر نیروی مرکزگرا است:

$$\left.\begin{aligned} F_c &= m\frac{v^2}{r} \\ f_{s,max} &= \mu_s F_N = mg\mu_s \end{aligned}\right\} \Rightarrow \cancel{m}g\mu_s = \cancel{m}\frac{v^2}{r}$$

$$\Rightarrow v^2 = (10\,m/s^2) \times (0/8) \times (2m) = 16\,m^2/s^2 \Rightarrow v = 4\,m/s$$

دورهٔ تناوب را از رابطهٔ $T = \frac{2\pi r}{v}$ به دست می‌آوریم: $T = \frac{2 \times 3 \times (2\,m)}{4\,m/s} = 3\,s$

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

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

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) نادرست. $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$.

۱۸- الف) دامنه ب) موج طولی

۱۹- الف) نوسان آزاد ب) ندارد.

۲۰- در $t = \frac{۱}{۱۵}\min = ۴\,s$ قلب چهار نوسان کامل انجام داده است:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{۴\,s}{۴} = ۱\,s \Rightarrow f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{۱\,s} = ۱\,Hz$$

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:

$$E = K_{max} \Rightarrow \frac{۱}{۲}kA^۲ = \frac{۱}{۲}mv_{max}^۲ \Rightarrow v_{max}^۲ = \frac{k}{m}A^۲$$

$$v_{max} = A\sqrt{\frac{k}{m}} = (۴\,cm)\times\sqrt{\frac{۸\,N/cm}{۲\,kg}}$$

$$= (۴\times۱۰^{-۲}\,m)\times\sqrt{\frac{۸۰۰\,N/m}{۲\,kg}} = ۰/۸\,m/s$$

ب) وقتی تندی نصف تندی بیشینه است، داریم:

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

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

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

۲۲- ابتدا چگالی خطی تار را به دست می‌آوریم:

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{۰/۲\,g}{۰/۶\,m} = \frac{۲\times۱۰^{-۴}\,kg}{۶\times۱۰^{-۱}\,m} = \frac{۱}{۳}\times۱۰^{-۳}\,kg/m$$

حالا تندی انتشار موج را محاسبه می‌کنیم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{\frac{۱۰۰۰}{۳}\,N}{\frac{۱}{۳}\times۱۰^{-۳}\,kg/m}} = ۱۰^۳\,m/s$$

آزمون شمارهٔ ۹ (نوبت دوم)

۱- الف) نرده‌ای　　ب) مکان

پ) است　　ت) تغییر سرعت

۲- الف) خلاف جهت محور x؛ چون سرعت منفی است.

ب) در $t = ۵\ s$، در این لحظه سرعت صفر می‌شود و قبل و بعد از این لحظه علامت سرعت تغییر می‌کند؛ پس متحرک تغییر جهت می‌دهد.

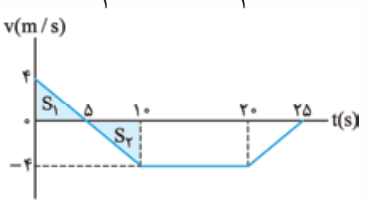
پ) **در بازهٔ زمانی صفر تا ۵ s** که تندی از $۴\ m/s$ به صفر رسیده است، حرکت کندشونده است. علاوه بر آن در **بازهٔ زمانی ۲۰s تا ۲۵ s** که تندی از $۴\ m/s$ به صفر رسیده است، حرکت کندشونده است.

ت) جابه‌جایی را از دو روش به دست می‌آوریم:

روش اول با استفاده از رابطهٔ مستقل از شتاب در این بازهٔ زمانی داریم:

$$\Delta x = (\frac{v + v_۰}{۲})\Delta t = (\frac{-۴+۴}{۲})\times ۱۰ = ۰$$

روش دوم با توجه به این‌که در نمودار سرعت ـ زمان مساحت زیر نمودار با در نظر گرفتن علامت برابر با جابه‌جایی است، داریم:



$$\Delta x = |S_۱| - |S_۲| = \frac{۴\times ۵}{۲} - \frac{۴\times ۵}{۲} = ۰$$

۳- الف) به کمک رابطهٔ $\Delta y = -\frac{۱}{۲}gt^۲$ داریم:

$$\Delta y = -\frac{۱}{۲}gt^۲ \Rightarrow -۱۸۰ = -۵t^۲ \Rightarrow t^۲ = ۳۶ \Rightarrow t = ۶\ s$$

ب) **روش اول** سرعت برخورد گلوله به سطح زمین را با استفاده از رابطهٔ $v = -gt$ تعیین می‌کنیم:

$$v = -gt = -۱۰\times ۶ = -۶۰\ m/s$$

روش دوم فرض کنید سؤال در قسمت (الف)، از ما زمان سقوط را نمی‌خواست. بدون زمان سقوط هم می‌توانیم به کمک رابطهٔ مستقل از زمان سرعت برخورد گلوله به زمین را به دست آوریم:

$$v^۲ = -۲g\Delta y \Rightarrow v^۲ = -۲\times ۱۰\times(-۱۸۰) = ۳۶۰۰$$

$$\xrightarrow{\text{جهت مثبت به سمت بالاست}} v = -۶۰\ m/s$$

۴- الف) درست

ب) نادرست؛ نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم، تندی آن و ... بستگی دارد.

پ) نادرست؛ وزن هر جسم در هر سیاره از رابطهٔ $\vec{W} = m\vec{g}$ به دست می‌آید. با توجه به این‌که $\vec{g}$ (شتاب گرانش) در سیاره‌های مختلف متفاوت است، وزن در سیاره‌های مختلف متفاوت است.

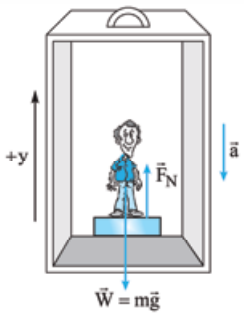
ت) نادرست؛ هر چه ثابت فنر بیشتر باشد، فنر سخت‌تر است.

ث) درست؛ تکانه از رابطهٔ $\vec{p} = m\vec{v}$ به دست می‌آید؛ پس، این کمیت برداری و یکای آن برابر است با:

$$[\text{یکای تکانه}] = [\text{یکای سرعت}][\text{یکای جرم}] = kg\times(\frac{m}{s}) = \frac{kg.m}{s}$$

ج) درست

۵- **گام ۱** نیروهای وارد بر شخص را رسم می‌کنیم:



گام ۲ با توجه به این‌که شتاب حرکت به سمت پایین است، داریم:

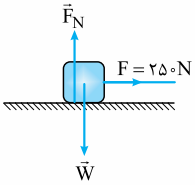
$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_N + \vec{W} = m\vec{a}$$

$$\xrightarrow[\vec{W}\text{ و }\vec{a}\text{ به سمت پایین}]{F_N\text{ به سمت بالا}} F_N - W = -ma \Rightarrow F_N - mg = -ma$$

$$\Rightarrow F_N - ۵۰\times ۱۰ = -۵۰\times ۲ \Rightarrow F_N = ۵۰۰ - ۱۰۰ = ۴۰۰\ N$$

بنابراین ترازو مقدار $۴۰۰\ N$ را نشان می‌دهد.

۶- **گام ۱** با توجه به شکل و این‌که در راستای عمود جسم ساکن است، مقدار F_N را تعیین می‌کنیم.



$$\vec{F}_{net,y} = ۰$$

$$\vec{F}_N + \vec{W} = ۰ \xrightarrow[\vec{W}\text{ به سمت پایین}]{\vec{F}_N\text{ به سمت بالا}} F_N - W = ۰ \Rightarrow F_N = W = mg$$

$$= ۱۰۰\times ۱۰ = ۱۰۰۰\ N$$

گام ۲ حالا با استفاده از رابطهٔ $f_{s,max} = \mu_s F_N$ مقدار نیروی اصطکاک را تعیین می‌کنیم:

$$f_{s,max} = ۰/۴\times ۱۰۰۰ = ۴۰۰\ N$$

گام ۳ با توجه به این‌که $F < f_{s,max}$ است، جعبه ساکن می‌ماند.

۷- **گام ۱** ابتدا تندی را برحسب متر بر ثانیه به دست می‌آوریم:

$$v = ۷۲\ km/h = ۲۰\ m/s$$

گام ۲ با استفاده از رابطهٔ $a = \frac{v^۲}{r}$ داریم:

$$a = \frac{۲۰^۲}{۱۶۰} = \frac{۴۰۰}{۱۶۰} = ۲/۵\ m/s^۲$$

۸- الف) امواج رادیویی

ب) در نقاط بازگشتی تندی صفر می‌شود؛ بنابراین وقتی نوسانگر از نقطهٔ تعادل دور می‌شود و به یکی از نقاط بازگشتی نزدیک می‌شود، انرژی جنبشی آن کاهش می‌یابد.

پ) با توجه به رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ با کاهش طول آونگ ساده، دورهٔ تناوب کاهش می‌یابد.

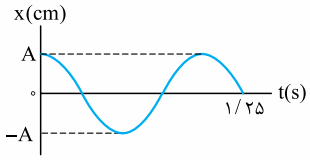
ت) دمای هوا

۹- الف) به راحتی و با استفاده از رابطهٔ $v=\sqrt{\frac{F}{\mu}}=\sqrt{\frac{FL}{m}}$ می‌توانیم تندی موج را در فنر تعیین کنیم:

$$v=\sqrt{\frac{F}{\mu}}=\sqrt{\frac{FL}{m}}=\sqrt{\frac{۹\times ۲}{۰/۵}}=\sqrt{\frac{۱۸}{۰/۵}}=\sqrt{۳۶}=۶\ m/s$$

ب) طول موج

۱۰- الف) گام ۱: همان‌طور که در شکل روبه‌رو مشخص است $\frac{۵T}{۴}=۱/۲۵\ s$ است؛ بنابراین، داریم:



$$\frac{۵T}{۴}=۱/۲۵\ s \Rightarrow T=\frac{۱/۲۵\times ۴}{۵}=\frac{۵}{۵}=۱\ s$$

گام ۲: حالا با استفاده از رابطهٔ $\omega=\frac{۲\pi}{T}$، بسامد زاویه‌ای را تعیین می‌کنیم:

$$\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{۱}=۲\pi\ rad/s$$

ب) در نقطهٔ تعادل (مرکز نوسان)

۱۱- الف)

$$\beta=۱۰\log\frac{I}{I_۰}=۱۰\log\frac{۱۰^{-۷}}{۱۰^{-۱۲}}=۱۰\log۱۰^{۵}=۵۰\ dB$$

ب) اثر دوپلر

۱۲- الف) d ب) e

پ) a ت) b

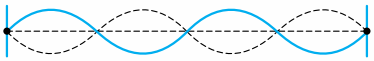
۱۳- الف) کاهش؛ با ورود جبههٔ موج نور از هوا به آب تندی آن کاهش می‌یابد؛ بنابراین با توجه به رابطهٔ $\lambda=\frac{v}{f}$ و ثابت‌ماندن بسامد، طول موج که برابر با فاصلهٔ دو جبههٔ موج متوالی است، کاهش می‌یابد.

ب) $\frac{\sin\theta_۲}{\sin\theta_۱}=\frac{v_۲}{v_۱}\Rightarrow\frac{۰/۸}{۰/۶}=\frac{v_۲}{v_۱}\Rightarrow\frac{v_۲}{v_۱}=\frac{۴}{۳}$

۱۴- الف)

$$f=\frac{nv}{۲L}\Rightarrow f=\frac{۴\times ۲۴۰}{۲\times ۱/۲}=۴۰۰\ Hz$$

ب)



۱۵- الف) یکی از موارد زیر باید نوشته شود:

۱) این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد، به کار نمی‌رود.

۲) این مدل نمی‌تواند متفاوت‌بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد.

ب) اختلاف شعاع دو مدار متوالی، افزایش و اختلاف انرژی دو مدار متوالی کاهش می‌یابد.

۱۶- الف) $\lambda_۰=\frac{hc}{W_۰}\Rightarrow\lambda_۰=\frac{۱۲۴۰}{۴}=۳۱۰\ nm$

ب) $K_{max}=\frac{hc}{\lambda}-W_۰\Rightarrow K_{max}=\frac{۱۲۴۰}{۲۰۰}-۴=۲/۲\ eV$

۱۷- کوتاه‌ترین طول موج در هر رشته مربوط به گذار از بی‌نهایت به تراز مورد نظر است.

$$\frac{۱}{\lambda}=R(\frac{۱}{n'^{۲}}-\frac{۱}{n^{۲}})\Rightarrow\frac{۱}{\lambda}=\frac{۱}{۱۰۰}(\frac{۱}{۲۵}-\frac{۱}{\infty})\Rightarrow\lambda=۲۵۰۰\ nm$$

۱۸- الف) نوکلئون ب) کُندساز

پ) میله‌های کنترل ت) گداخت یا هم‌جوشی هسته‌ای

۱۹- الف) $^{۲۳۴}_{۹۰}Y$ ب) $^{۰}_{-۱}e^{-}$ (واپاشی β^{-})

۲۰-

$$N=\frac{N_۰}{۲^{n}}\Rightarrow N=\frac{N_۰}{۱۶}=\frac{N_۰}{۲^{۴}}\Rightarrow n=۴$$

$$n=\frac{t}{T}\Rightarrow T=\frac{۱۰۰}{۴}=۲۵\ \text{روز}$$

درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان

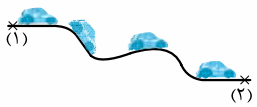
فصل ۱: حرکت بر خط راست

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:



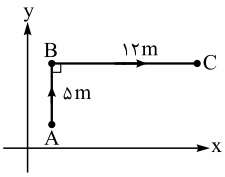
مسافت: به طول مسیری که متحرک طی می‌کند تا از مکانی به مکان دیگر منتقل شود، مسافت گفته می‌شود. مسافت یک کمیت عددی است و واحد آن در SI، متر (m) است.

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 x - y از نقطهٔ A به نقطهٔ B و سپس از نقطهٔ B به نقطهٔ C می‌رود.**



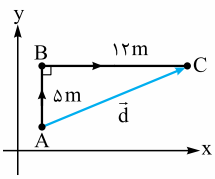
الف) مسافت طی‌شده توسط متحرک در مسیر ABC چند متر است؟

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:

$$d = \sqrt{(AB)^۲ + (BC)^۲}$$

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

تذکر 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:

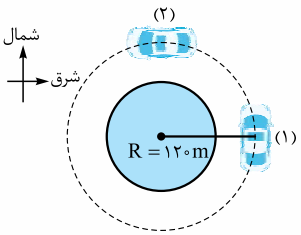
$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$

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.

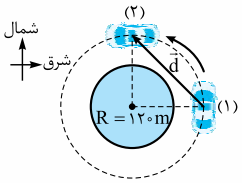
پاسخ الف) در ابتدا مسافت طی‌شده را محاسبه می‌کنیم. مسافتی که اتومبیل از مکان (۱) تا مکان (۲) طی کرده به اندازهٔ $\frac{۱}{۴}$ محیط دایره است:

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

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.

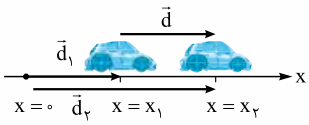
جهت بردار سرعت متوسط همان جهت بردار جابه‌جایی، یعنی شمال غربی است و اندازهٔ آن به کمک رابطهٔ $v_{av} = \frac{d}{\Delta t}$ برابر است با:

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

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.

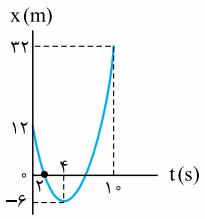
تذکر در متن‌های فیزیکی به سرعت لحظه‌ای به اختصار سرعت و به تندی لحظه‌ای، تندی گفته می‌شود.

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.

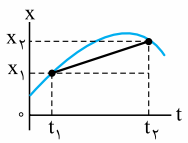
مثال **در شکل مقابل، نمودار مکان ـ زمان متحرکی را مشاهده می‌کنید که بر روی محور x در حرکت است. سرعت متوسط متحرک را در بازهٔ زمانی $(2\,s, 4\,s)$ به دست آورید.**



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

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

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:



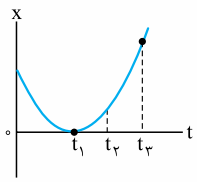
$$\text{شیب خط} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_{av}$$

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:**

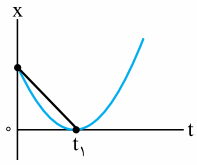


الف) علامت سرعت متوسط متحرک را از لحظهٔ شروع تا لحظهٔ t_1 تعیین کنید.

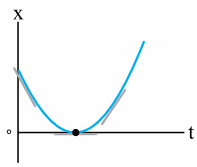
ب) در چه لحظه‌ای متحرک، جهت حرکت خود را عوض کرده است؟

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

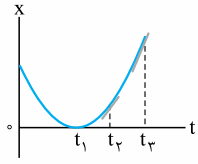
پاسخ الف) بر روی نمودار، لحظهٔ شروع تا لحظهٔ t_1 را به هم وصل می‌کنیم. شیب این خط سرعت متوسط بین این دو لحظه را نشان می‌دهد. چون شیب این خط منفی است؛ پس علامت سرعت متوسط آن نیز منفی است.



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_3 بیشتر از لحظهٔ t_2 است، بنابراین سرعت متحرک در لحظهٔ t_3 بیشتر است.



حرکت شتاب‌دار

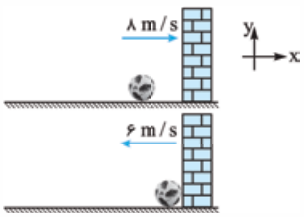
حرکت شتاب‌دار حرکتی است که در آن سرعت متحرک تغییر می‌کند. این تغییر سرعت می‌تواند ناشی از تغییر اندازهٔ سرعت، تغییر جهت بردار سرعت یا هر دو باشد.

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: $\vec{v}_2 = (-6\,m/s)\vec{i}$ و $\vec{v}_1 = (8\,m/s)\vec{i}$

حالا می‌توانیم بردار شتاب متوسط را به دست آوریم:

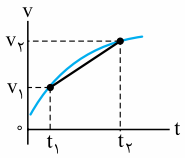
$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{(-6\,m/s)\vec{i} - (8\,m/s)\vec{i}}{0/2\,s} = \vec{a}_{av} = (-70\,m/s^2)\vec{i}$$

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

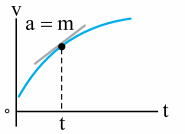
نموداری است که سرعت متحرک را در هر لحظه به ما می‌دهد.

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:

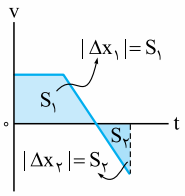


$$\text{شیب} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_{av}$$

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



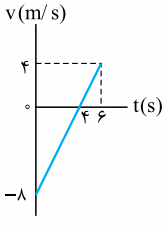
- مساحت محصور بین نمودار سرعت ـ زمان و محور t، جابه‌جایی متحرک را در آن بازهٔ زمانی نشان می‌دهد. اگر نمودار بالای محور t باشد، جابه‌جایی مثبت و اگر زیر محور t باشد، جابه‌جایی منفی است: $\Delta x_1 > 0\ ,\ \Delta x_2 < 0$



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

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

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؟

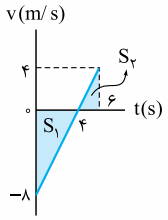
ب) جابه‌جایی متحرک تا لحظهٔ $t = 6\,s$ چند متر است؟

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:

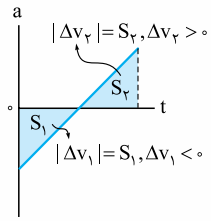
$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{20\,m}{6\,s} = \frac{10}{3}\,m/s \simeq 3/3\,m/s$$

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:

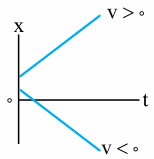


حرکت با سرعت ثابت

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:

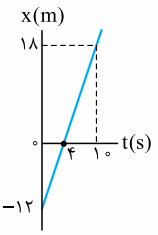
$$x = 3t - 12 \Rightarrow 9 = 3t - 12 \Rightarrow 3t = 21 \Rightarrow t = 7\,s$$

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 $t = 5\,s$ 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.