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 تا ۸ به ترتیب امتحان نهایی‌های خرداد ۹۸ و خرداد ۹۹ ریاضی، شهریور ۹۹ و **شهریور ۱۴۰۰ رشتهٔ ریاضی** 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 ۱۴۰۰، خرداد ۱۴۰۱، **دی ۱۴۰۰، شهریور ۱۴۰۱ رشتهٔ ریاضی** است.

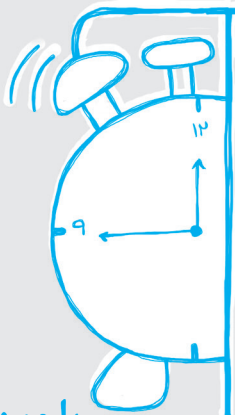
۳) پاسخ‌نامهٔ تشریحی آزمون‌ها: در پاسخ تشریحی آزمون‌ها، همهٔ آن‌چه را که شما باید در امتحان بنویسید تا نمرهٔ کامل کسب کنید، برایتان نوشته‌ایم.

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	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 ریاضی			
آزمون شمارهٔ ۶ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۳	۳۳
محتوای آزمون ۶: نهایی خرداد ۹۹ رشتهٔ ریاضی			
آزمون شمارهٔ ۷ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۵	۳۴
محتوای آزمون ۷: نهایی شهریور ۹۹ رشتهٔ ریاضی			
آزمون شمارهٔ ۸ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۷	۳۶
محتوای آزمون ۸: نهایی شهریور ۱۴۰۰ رشتهٔ ریاضی			
آزمون شمارهٔ ۹ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۱۹	۳۷
محتوای آزمون ۹: نهایی خرداد ۱۴۰۰ رشتهٔ ریاضی			
آزمون شمارهٔ ۱۰ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۱	۳۸
محتوای آزمون ۱۰: نهایی خرداد ۱۴۰۱ رشتهٔ ریاضی			
آزمون شمارهٔ ۱۱ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۳	۳۹
محتوای آزمون ۱۱: نهایی دی ۱۴۰۰ رشتهٔ ریاضی			
آزمون شمارهٔ ۱۲ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۵	۴۰
محتوای آزمون ۱۲: نهایی شهریور ۱۴۰۱ رشتهٔ ریاضی			
درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان			۴۱



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

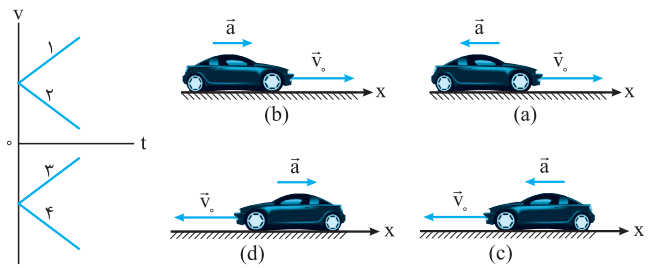
۴ گلولهٔ تفنگی با سرعت $۲۰۰\ m/s$ به تنهٔ درختی برخورد می‌کند و پس از طی $۵\ cm$ در آن متوقف می‌شود. اگر شتاب حرکت گلوله در تنهٔ درخت ثابت باشد، مقدار شتاب، چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ۱

در سؤال‌های حرکت با شتاب ثابت تنها کاری که باید بکنین اینه که ببینین چه چیزهایی رو دارین 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؟ ۱/۷۵ *(مشابه مسئلهٔ کتاب درسی)*

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. ۱ *(پرسش کتاب درسی)*

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

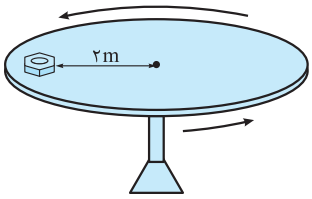
ردیف	آزمون شمارهٔ ۱	نوبت اول پایهٔ دوازدهم	نمره

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) — ۱

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

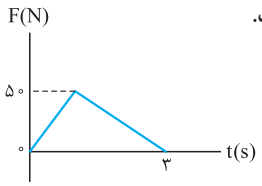
۱۴ جعبه‌ای به جرم ۵۰ kg در ابتدا روی زمین ساکن است. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و زمین ۰/۶ باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای به حرکت درآوردن جعبه چه‌قدر است؟ ($g = ۱۰ N / kg$) (مشابه تمرین کتاب درسی) — ۱

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؟ ($\pi = ۳ , g = ۱۰ N / kg$) — ۱/۵



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

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

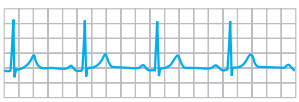
۱۷ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.
الف) با دو برابر کردن دامنهٔ نوسان یک نوسانگر جرم ـ فنر دورهٔ تناوب آن ۲ برابر می‌شود. — ۰/۲۵
ب) تندی انتشار موج‌های الکترومغناطیسی در خلأ از رابطهٔ $c = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$ به دست می‌آید. — ۰/۲۵

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 «جاخالی» مطرح می‌شه. اگه نمرهٔ سؤال‌های «جاخالی» 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 ۱۴۰۰ ریاضی	نمره

۱ در هر یک از جمله‌های زیر، عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. — نمره: ۱

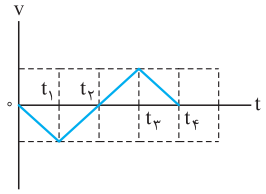
الف) در حرکت بر خط راست (با تغییر ـ بدون تغییر) جهت، اندازهٔ بردار جابه‌جایی برابر مسافت پیموده‌شده است.

ب) در حرکت با (سرعت ـ شتاب) ثابت روی خط راست، تغییرات سرعت نسبت به زمان به صورت یک تابع خطی است.

پ) سرعت (لحظه‌ای ـ متوسط) در هر لحظهٔ دلخواه، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان ـ زمان در آن لحظه است.

ت) در حرکت بر خط راست، بردار شتاب متوسط با بردار تغییر (مکان ـ سرعت) هم‌جهت است.

۲ شکل زیر نمودار سرعت ـ زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x حرکت می‌کند. با توجه به آن درستی یا نادرستی هر یک از جمله‌های زیر را با واژهٔ «درست» یا «نادرست» در پاسخ‌نامه مشخص کنید. — نمره: ۱/۲۵



الف) در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2، متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند.

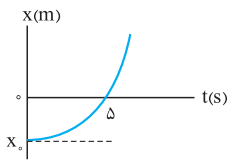
ب) در بازهٔ زمانی صفر تا t_3، متحرک در لحظهٔ t_2 تغییر جهت می‌دهد.

پ) سرعت متوسط متحرک، در کل زمان حرکت، صفر است.

ت) در بازهٔ زمانی t_2 تا t_3، بردار شتاب در خلاف جهت محور x است.

ث) در بازهٔ زمانی t_3 تا t_4، حرکت متحرک کندشونده است.

۳ شکل روبه‌رو، نمودار مکان ـ زمان متحرکی را نشان می‌دهد که با شتاب ثابت $2\ m/s^2$ در امتداد محور x شروع به حرکت می‌کند. — نمره: ۱



الف) مکان متحرک در لحظهٔ $t = 0\ s$ چند متر است؟

ب) سرعت متحرک در لحظهٔ $t = 5\ s$ چند متر بر ثانیه است؟ — نمره: ۰/۵

۴ جاهای خالی را در جمله‌های زیر با کلمه‌های مناسب پر کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. — نمره: ۱/۲۵

الف) نیروهای کنش و واکنش هم‌نوع هستند و همواره به ..... جسم وارد می‌شوند.

ب) هر چه تندی حرکت یک جسم درون شاره ..... باشد، اندازهٔ نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد.

پ) نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بین دو جسم، بستگی ..... .

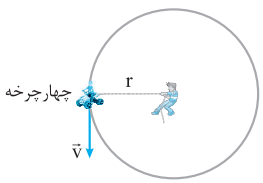
ت) معمولاً ضریب اصطکاک جنبشی میان دو سطح، از ضریب اصطکاک ایستایی میان آن دو سطح ..... است.

ث) با ۳ برابرکردن فاصلهٔ میان دو ذره، اندازهٔ نیروی گرانشی بین آن‌ها ..... برابر می‌شود.

۵ الف) خودرویی در یک جادهٔ مستقیم حرکت می‌کند. اگر سرنشینان خودرو کمربند ایمنی را نبسته باشند و راننده ناگهان ترمز کند، چرا سرنشینان خودرو به طرف جلو پرتاب (متمایل) می‌شوند؟ — نمره: ۰/۵

ب) فنری به طول $12\ cm$ را از یک نقطه آویزان می‌کنیم و به سر دیگر آن وزنهٔ $0/3$ کیلوگرمی وصل می‌کنیم. پس از رسیدن به تعادل، طول آن به $14\ cm$ می‌رسد. ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟ $(g = 10\ N/kg)$ — نمره: ۰/۷۵

۶ مطابق شکل، شخصی یک چهارچرخه را با طناب $1/8$ متری روی سطح افقی زمین به گونه‌ای می‌کشد که چهارچرخه با تندی $3\ m/s$ روی دایره‌ای حرکت کند. اگر حرکت یکنواخت و نیروی کشش طناب $120\ N$ باشد، با صرف نظرکردن از اصطکاک:



الف) دورهٔ چهارچرخه چند ثانیه است؟ $(\pi = 3)$ — نمره: ۰/۷۵

ب) جرم چهارچرخه چه‌قدر است؟ — نمره: ۰/۷۵

۷ به سؤال‌های زیر پاسخ کوتاه دهید. — نمره: ۰/۷۵

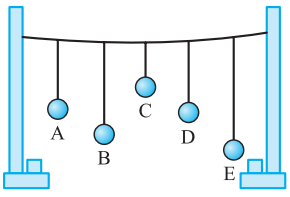
الف) در حرکت هماهنگ سادهٔ سامانهٔ جرم ـ فنر، کدام انرژی در نقاط بازگشتی به بیشینهٔ مقدار خود می‌رسد؟

ب) کدام امواج در طیف امواج الکترومغناطیسی، بیشترین طول موج را دارند؟

پ) برای امواج مکانیکی، در یک محیط جامد تندی انتشار امواج عرضی بیشتر است یا تندی انتشار امواج طولی؟

۸ دامنهٔ نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $0/05\ m$ و دورهٔ آن $0/1\ s$ است. معادلهٔ مکان ـ زمان این نوسانگر را بنویسید. — نمره: ۱

۹ در شکل مقابل، چند آونگ را از سیمی آویخته‌ایم. آونگ (A) را به نوسان درمی‌آوریم. کدام آونگ با دامنهٔ بزرگ‌تری به نوسان درمی‌آید؟ توضیح دهید. — نمره: ۰/۷۵

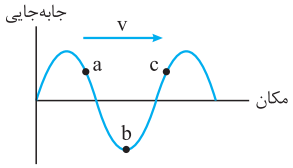


۱۰ تراز شدت صوت یک خیابان بی‌سروصدا $40\ dB$ است. شدت صوت این خیابان، چند وات بر متر مربع است؟ $(I_0 = 10^{-12}\ W/m^2)$ — نمره: ۰/۷۵

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

ردیف	آزمون شمارهٔ ۹	نوبت دوم پایهٔ دوازدهم ـ نهایی خرداد ۱۴۰۰ ریاضی	نمره

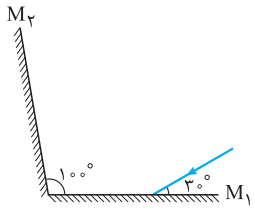
۱۱ شکل روبه‌رو یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که با تندی v در جهت محور x در طول ریسمان کشیده‌شده‌ای حرکت می‌کند. سه جزء a، b و c از این ریسمان روی شکل نشان داده شده‌اند.



الف) در این لحظه، کدام جزء به طرف پایین می‌رود؟ ۰/۲۵

ب) کاهش نیروی کشش وارد بر این ریسمان، چه اثری بر تندی انتشار موج عرضی دارد؟ ۰/۲۵

۱۲ در هر یک از پرسش‌های زیر، گزینهٔ درست را انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. ۰/۵



الف) شکل مقابل دو آینهٔ تخت M_1 و M_2 را نشان می‌دهد. پرتویی به آینهٔ M_1 می‌تابد. زاویهٔ بازتاب از آینهٔ M_2 چه‌قدر است؟

۱) ۵۰° ۲) ۳۰° ۳) ۴۰°

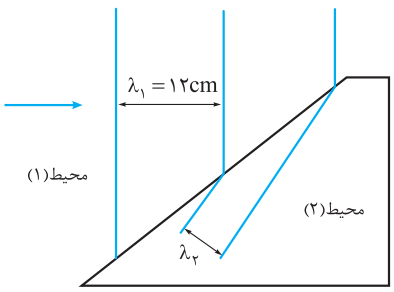
ب) آزمایش یانگ با نور تکفام سبز انجام شده است. این آزمایش با کدام نور تکفام به جای نور تکفام سبز انجام شود تا پهنای نوارهای روشن و تاریک روی پرده کاهش یابد؟

۱) قرمز ۲) آبی ۳) زرد

۱۳ مفاهیم فیزیکی روبه‌رو را تعریف کنید: ۱

الف) پژواک ب) پراش

۱۴ شکل مقابل جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که بر مرز محیط‌های (۱) و (۲) فرود آمده‌اند. اگر تندی موج عبوری در محیط (۲)، ۰/۴ برابر تندی موج فرودی در محیط (۱) باشد:



الف) طول موج λ_2، چند سانتی‌متر است؟ ۰/۷۵

ب) بسامد موج عبوری در مقایسه با بسامد موج فرودی چه تغییری می‌کند؟ ۰/۲۵

۱۵ پرتوی نوری با زاویهٔ تابش ۳۰° از یک محیط شفاف وارد هوا ($n = 1$) می‌شود. اگر زاویهٔ شکست ۶۰° باشد، ضریب شکست محیط شفاف چه‌قدر است؟ ۰/۷۵

$(\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}\ ,\ \sin 30^\circ = \frac{1}{2})$

۱۶ الف) طیف تشکیل‌شده توسط جسم جامد، نظیر رشتهٔ داغ یک لامپ چه نام دارد؟ منشأ فیزیکی تشکیل آن چیست؟ ۰/۵

ب) چرا مدل اتمی بور برای حالتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌گردد، به کار نمی‌رود؟ ۰/۵

پ) انرژی لازم برای جداکردن نوکلئون‌های یک هسته چه نام دارد؟ ۰/۲۵

ت) خواص شیمیایی هر اتم را عدد نوترونی تعیین می‌کند یا عدد اتمی؟ ۰/۲۵

۱۷ تابع کار فلزی برابر ۴/۵ eV است. طول موج نور تابیده بر سطح فلز چند نانومتر باشد تا بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل‌شده ۰/۵ eV شود؟ ۰/۷۵

$(hc = 1240\ eV.nm)$

۱۸ طول موج سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن ($n' = 3$) را به دست آورید و تعیین کنید این خط در کدام گسترهٔ طول موج‌های الکترومغناطیسی واقع است؟ $(R = 0/01\ (nm)^{-1})$ ۱

۱۹ جاهای خالی در فرایند واپاشی ستون A تنها با یکی از واپاشی‌های ستون B مرتبط است. آن‌ها را در پاسخ‌نامه مشخص کنید. (یک مورد اضافه است.) ۰/۷۵

ستون A		ستون B	
الف)	$^{27}_{13}Al \rightarrow {}^{27}_{14}Si + \cdots\cdots$	۱)	α
ب)	$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + \cdots\cdots$	۲)	β^+
پ)	$^{99}_{43}T^* \rightarrow {}^{99}_{43}T + \cdots\cdots$	۳)	β^-
		۴)	γ

۲۰ نیمه‌عمر یک نمونهٔ پرتوزا ۲۰ دقیقه است. پس از گذشت چند ساعت تعداد هسته‌های پرتوزای این نمونه به $\frac{1}{64}$ تعداد هسته‌های پرتوزای اولیه می‌رسد؟ ۱/۲۵

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

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

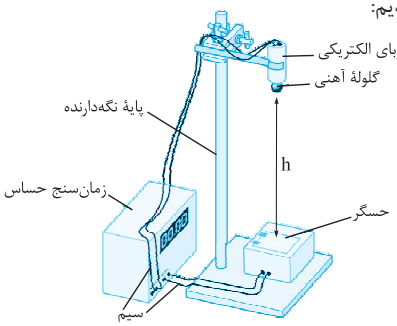
برای به دست آوردن زمان رسیدن خودرو به کامیون، باید x_1 را مساوی x_2 قرار دهیم:

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

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 زیر 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.

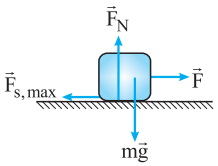
۱۲- وقتی چترباز ۱۰ s پس از پرش، چترش را باز می‌کند، سرعتش از سرعت حدی بیشتر است؛ پس، در هنگام بازشدن چتر، نیروی مقاومت هوای بزرگ‌تری نسبت به وزن چترباز به چترباز وارد می‌شود و یک شتاب بالاسو به جسم می‌دهد. این شتاب بالاسو که در خلاف جهت سرعت است، باعث کندشدن حرکت می‌شود. با کندترشدن حرکت، نیروی مقاومت 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 ۵ 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) بدون تغییر ب) شتاب
پ) لحظه‌ای ت) سرعت

۲- الف) نادرست؛ در این بازهٔ زمانی سرعت منفی است؛ پس متحرک در خلاف جهت محور در حال حرکت است.
ب) درست پ) درست
ت) نادرست؛ شیب نمودار $v-t$ در این بازهٔ زمانی مثبت است. پس شتاب مثبت و در جهت محور x است.
ث) درست

۳- الف) چون شیب خط مماس بر نمودار در $t_0 = 0$ است، سرعت اولیه صفر است و داریم:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \xrightarrow{v_0=0} x = \frac{1}{2}(2)t^2 + x_0$$

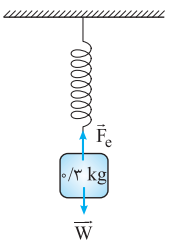
$$\Rightarrow 0 = \frac{1}{2}\times 2\times 5^2 + x_0 \Rightarrow 0 = 25 + x_0 \Rightarrow x_0 = -25\,m$$

ب) $$v = at + v_0 \xrightarrow[a=2\,m/s^2,\ t=5\,s]{v_0=0} v = 2\times 5 = 10\,m/s$$

۴- الف) دو ب) بیشتر پ) ندارد
ت) کم‌تر ث) $\frac{1}{9}$

۵- الف) طبق قانون اول نیوتون و خاصیت لختی، سرنشینان خودرو تمایل دارند حرکت رو به جلوی خود را حفظ کنند. بنابراین با ترمز ناگهانی خودرو، سرنشینان به طرف جلو پرتاب (متمایل) می‌شوند.

ب) با توجه به شکل روبه‌رو و در حال تعادل بودن جسم داریم:



$$\vec{F}_e + \vec{W} = 0 \xrightarrow[\text{به سمت پایین } \vec{W}]{\text{به سمت بالا } \vec{F}_e} F_e - W = 0$$

$$\Rightarrow k(L - L_0) - mg = 0$$

$$\Rightarrow k\times(14-12)\times 10^{-2} = 0/3\times 10 \Rightarrow k = 150\,N/m$$

۶- الف) دوره (T) برابر است با:

$$T = \frac{2\pi r}{v} \Rightarrow T = \frac{2\times 3\times 1/8}{3} \Rightarrow T = 3/6\,s$$

ب) $F_{net} = \text{کشش نخ} = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow 120 = m\times\frac{9}{1/8} \Rightarrow m = 24\,kg$

۷- الف) انرژی پتانسیل ب) امواج رادیویی
پ) امواج طولی

۸- ابتدا بسامد زاویه‌ای را تعیین می‌کنیم:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{0/1} = 20\pi\,rad/s$$

حالا با توجه به این‌که معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده به صورت $x = A\cos\omega t$ است داریم:

$$x = A\cos\omega t \Rightarrow x = 0/05\cos 20\pi t$$

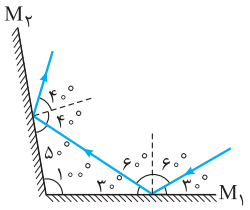
۹- آونگ (D)، چون طول آونگ (D)، با طول آونگ (A)، برابر است، طبق رابطهٔ $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$ بسامد نوسان آن‌ها با هم برابر شده و پدیدهٔ تشدید رخ می‌دهد. در نتیجه دامنهٔ نوسان‌های آن بزرگ‌تر و بزرگ‌تر می‌شود.

۱۰- $$\beta = 10\log\frac{I}{I_0} \Rightarrow 40 = 10\log\frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-8}\,W/m^2$$

۱۱- الف) جزء c ـ چون اجزای عقب‌تر از آن پایین‌تر از این جزء قرار دارند.

ب) کاهش می‌یابد $(v = \sqrt{\frac{F}{\mu}})$.

۱۲- الف) گزینهٔ «۳»؛ امتداد پرتوها را رسم می‌کنیم و زاویهٔ بازتاب از آینهٔ (۲) را حساب می‌کنیم.



ب) گزینهٔ «۲»؛ پهنای نوارهای روشن و تاریک متناسب با طول موج است؛ بنابراین، اگر بخواهیم پهناهای نوارهای روشن و تاریک کاهش یابد، باید از نوری با طول موج کم‌تر استفاده کنیم.

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

ب) به پدیده‌ای که موج در عبور از شکاف با پهنایی از مرتبهٔ طول موج به اطراف گسترده می‌شود، پراش می‌گویند.

۱۴- الف) $$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \Rightarrow \frac{0/4v_1}{v_1} = \frac{\lambda_2}{12} \Rightarrow \lambda_2 = 4/8\,cm$$

ب) ثابت می‌ماند.

۱۵- طبق قانون اسنل داریم: $n_1\sin\theta_1 = n_2\sin\theta_2 \Rightarrow n_1\times\sin 30 = 1\times\sin 60$

$$\Rightarrow n_1\times\frac{1}{2} = 1\times\frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow n_1 = \sqrt{3}$$

۱۶- الف) طیف پیوسته؛ تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازندهٔ آن است.

ب) در این مدل، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند به حساب نیامده است.

پ) انرژی بستگی هسته ت) عدد اتمی

۱۷- $$K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - W_0 \Rightarrow 0/5 = \frac{1240}{\lambda} - 4/5 \Rightarrow \lambda = 248\,nm$$

۱۸- $$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100}\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{6^2}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100}\times\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{36}\right) \Rightarrow \lambda = 1200\,nm$$

فروسرخ ـ همهٔ خط‌های رشتهٔ پاشن در ناحیهٔ فروسرخ هستند.

۱۹- الف) ۳ ـ چون با ثابت‌ماندن عدد جرمی، عدد اتمی هستهٔ دختر یک واحد افزایش یافته است.

ب) ۱ـ چون عدد جرمی هستهٔ ۴ واحد و عدد اتمی ۲ واحد کاهش یافته است.

پ) ۴- چون عدد اتمی و عدد جرمی تغییر نکرده است.

۲۰- $$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{64}N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow n = 6$$

$$\Rightarrow n = \frac{t}{T} \Rightarrow t = 20\times 6 = 120\,min = 2\,h$$

درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان

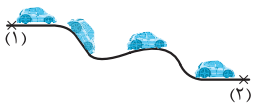
فصل ۱: حرکت بر خط راست

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.

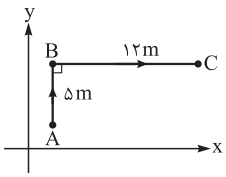
جابه‌جایی یک **کمیت برداری** است.

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؟

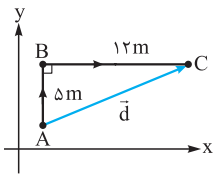
ب) اندازهٔ بردار جابه‌جایی متحرک در مسیر ABC چند متر است؟



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.

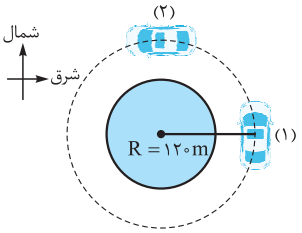
نکته سرعت متوسط هم‌جهت با بردار جابه‌جایی است.

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.



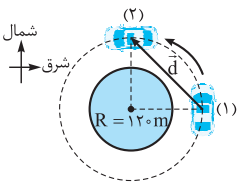
پاسخ الف) در ابتدا مسافت طی‌شده را محاسبه می‌کنیم. مسافتی که اتومبیل از مکان (۱) تا مکان (۲) طی کرده به اندازهٔ $\frac{۱}{۴}$ محیط دایره است:

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

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.

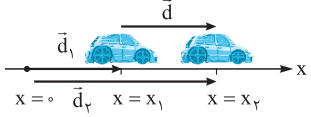
جهت بردار سرعت متوسط همان جهت بردار جابه‌جایی، یعنی شمال غربی است و اندازهٔ آن به کمک رابطهٔ $v_{av} = \frac{d}{\Delta t}$ برابر است با:

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

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.

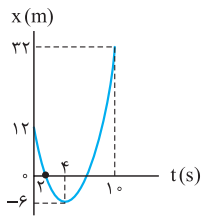
تذکر در متن‌های فیزیکی به سرعت لحظه‌ای به اختصار سرعت و به تندی لحظه‌ای، تندی گفته می‌شود.

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.

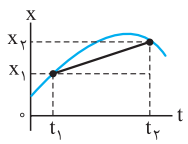
مثال **در شکل مقابل، نمودار مکان ـ زمان متحرکی را مشاهده می‌کنید که بر روی محور x در حرکت است. سرعت متوسط متحرک را در بازهٔ زمانی $(2\,s, 4\,s)$ به دست آورید.**



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:



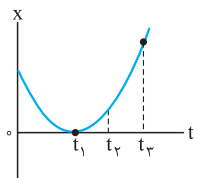
$$\text{شیب خط} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_{av}$$

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:**

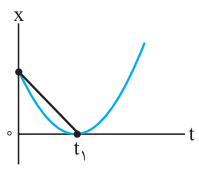


الف) علامت سرعت متوسط متحرک را از لحظهٔ شروع تا لحظهٔ t_1 تعیین کنید.

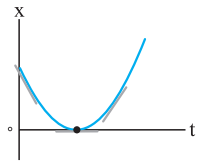
ب) در چه لحظه‌ای متحرک، جهت حرکت خود را عوض کرده است؟

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

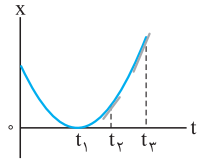
پاسخ الف) بر روی نمودار، لحظهٔ شروع تا لحظهٔ t_1 را به هم وصل می‌کنیم. شیب این خط سرعت متوسط بین این دو لحظه را نشان می‌دهد. چون شیب این خط منفی است؛ پس علامت سرعت متوسط آن نیز منفی است.



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

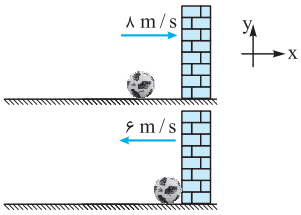
حرکت شتاب‌دار حرکتی است که در آن سرعت متحرک تغییر می‌کند. این تغییر سرعت می‌تواند ناشی از تغییر اندازهٔ سرعت، تغییر جهت بردار سرعت یا هر دو باشد.

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

حالا می‌توانیم بردار شتاب متوسط را به دست آوریم:

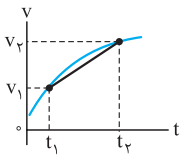
$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{(-6\,m/s)\vec{i} - (8\,m/s)\vec{i}}{0/2\,s} = \vec{a}_{av} = (-70\,m/s^2)\vec{i}$$

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

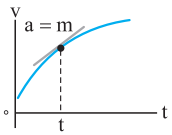
نموداری است که سرعت متحرک را در هر لحظه به ما می‌دهد.

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:

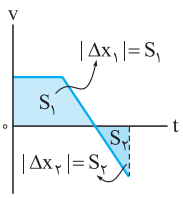


$$\text{شیب} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_{av}$$

○ شیب خط مماس بر نمودار سرعت ـ زمان 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:

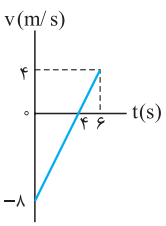


$$\Delta x_1 > 0 \quad , \quad \Delta x_2 < 0$$

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

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

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؟

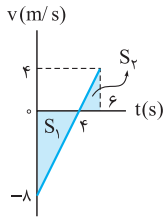
ب) جابه‌جایی متحرک تا لحظهٔ $t = 6\,s$ چند متر است؟

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:

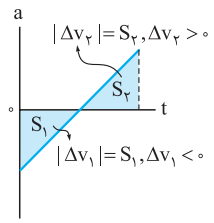
$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{20\ m}{6\ s} = \frac{10}{3}\ m/s \simeq 3/3\ m/s$$

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:

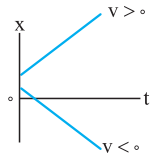


حرکت با سرعت ثابت

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:

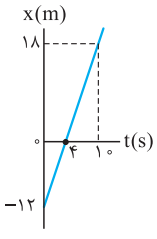
$$x = 3t - 12 \Rightarrow 9 = 3t - 12 \Rightarrow 3t = 21 \Rightarrow t = 7\ s$$

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:

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

خواستان 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:

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

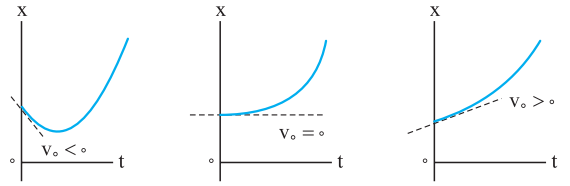
$$\Rightarrow 0 - (30\ m/s)^2 = 2(-5\ m/s^2)\Delta x \Rightarrow \Delta x = 90\ m$$

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

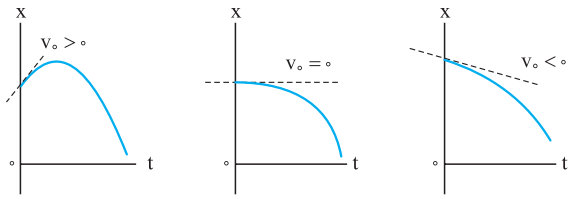
نمودارشناسی درحرکت با شتاب ثابت

نمودار مکان ـ زمان

نمودار مکان ـ زمان حرکت با شتاب ثابت بخشی از یک سهمی است. اگر $a > 0$ باشد، نمودار بخشی از یک سهمی دارای تقعر (دارای دره) است:

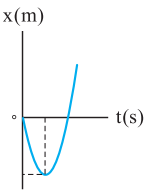


اگر $a < 0$ باشد، نمودار بخشی از یک سهمی دارای تحدب (دارای قله) است:



مثال **حرکت متحرکی از مبدأ مختصات شروع شده و معادلهٔ سرعت ـ زمان آن در SI به صورت $v = 2t - 8$ است. نمودار مکان ـ زمان آن را رسم کنید.**

پاسخ با مقایسهٔ معادلهٔ $v = at + v_0$ و معادلهٔ $v = 2t - 8$ می‌فهمیم که $a = 2\ m/s^2$ و $v_0 = -8\ m/s$ است؛ افزون بر این به علت این‌که شروع حرکت از مبدأ مختصات بوده، $x_0 = 0$ است. با توجه به علامت شتاب، مکان اولیه و سرعت اولیه، شکل اولیهٔ نمودار به صورت مقابل است:



برای تکمیل نمودار باید مکان و زمان نقطهٔ تغییر جهت حرکت و زمان عبور مجدد متحرک از مبدأ مختصات را به دست آوریم.

برای به دست آوردن زمان تغییر جهت حرکت، در معادلهٔ سرعت ـ زمان، v را مساوی صفر قرار می‌دهیم:

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

حالا $t = 4\ s$ را در معادلهٔ مکان ـ زمان قرار می‌دهیم تا مکانی که متحرک تغییر جهت داده است، به دست آید:

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

$$x = \frac{1}{2}(2\ m/s^2)(4\ s)^2 + (-8\ m/s)(4\ s) + 0 \Rightarrow x = -16\ m$$

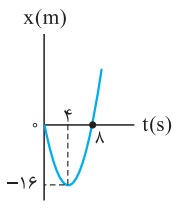
برای به دست آوردن لحظهٔ عبور متحرک از مبدأ مختصات، در معادلهٔ مکان ـ زمان، x را مساوی صفر قرار می‌دهیم:

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

$$0 = \frac{1}{2}(2\ m/s^2)t^2 + (-8\ m/s)t + 0 \Rightarrow 0 = t^2 - 8t$$

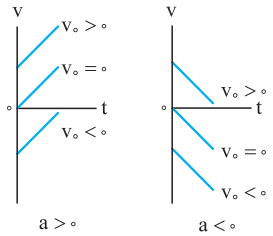
$$\Rightarrow 0 = t(t-8) \Rightarrow \begin{cases} t = 0 \\ t = 8\ s \end{cases}$$

حالا به کمک اطلاعات به دست آمده، نمودار را تکمیل می‌کنیم:

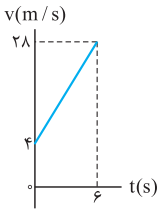


نمودار سرعت ـ زمان

نمودار سرعت ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت، خطی است که شیب آن شتاب و عرض از مبدأ آن سرعت اولیه را نشان می‌دهد.



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

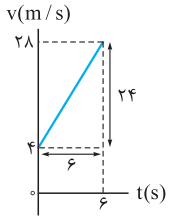


الف) شتاب حرکت را به دست آورید.

ب) سرعت متوسط متحرک را از ابتدای حرکت تا لحظهٔ $t = 6\ s$ به دست آورید.

پ) در لحظهٔ $t = 2/5\ s$، سرعت متحرک چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ الف) برای به دست آوردن شتاب حرکت، شیب خط را محاسبه می‌کنیم:



$$\text{شیب خط} = \frac{24}{6} = 4 \Rightarrow a = 4\ m/s^2$$

ب) از رابطهٔ $v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$، سرعت متوسط را در بازهٔ صفر تا $6\ s$ به دست می‌آوریم:

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{4\ m/s + 28\ m/s}{2} \quad v_{av} = 16\ m/s$$

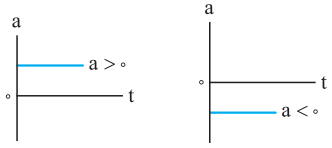
پ) برای به دست آوردن سرعت متحرک در لحظهٔ موردنظر از معادلهٔ سرعت ـ زمان استفاده می‌کنیم. برای این کار در قدم اول با توجه به شیب خط و عرض از مبدأ نمودار، معادلهٔ سرعت ـ زمان را می‌نویسیم: $v = at + v_0 \Rightarrow v = 4t + 4$

در قدم بعد $t = 2/5\ s$ را در معادله قرار می‌دهیم:

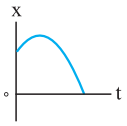
$$v = (4\ m/s^2)(2/5\ s) + 4\ m/s = 14\ m/s$$

نمودار شتاب ـ زمان

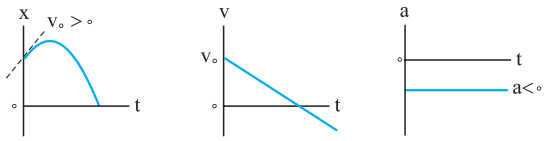
نمودار شتاب ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت خطی موازی محور t است:



مثال **نمودار مکان ـ زمان متحرکی مطابق شکل است، نمودارهای سرعت ـ زمان و شتاب ـ زمان آن را به صورت کیفی رسم کنید.**



پاسخ نمودار مکان ـ زمان داده‌شده، بخشی از یک سهمی دارای تحدب (دارای قله) است، پس شتاب حرکت منفی است. از طرفی شیب خط مماس بر نمودار در لحظهٔ شروع حرکت مثبت است؛ بنابراین سرعت اولیه حرکت مثبت است. حالا با توجه به نکات ذکرشده نمودارهای $v - t$ و $a - t$ را رسم می‌کنیم:



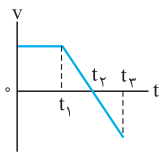
انواع حرکت

۱) **حرکت یکنواخت:** در این حرکت شتاب صفر و سرعت متحرک ثابت است.

۲) **حرکت تندشونده:** در این حرکت اندازهٔ سرعت جسم افزایش می‌یابد. در بازه‌های زمانی‌ای که شتاب و سرعت هم‌علامت باشند، حرکت تندشونده است $(av > 0)$.

۳) **حرکت کندشونده:** در این حرکت اندازهٔ سرعت جسم در حال کاهش است. در بازه‌های زمانی‌ای که علامت‌های شتاب و سرعت مخالف هم باشند، حرکت کندشونده است $(av < 0)$.

مثال **نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که بر مسیر مستقیمی حرکت می‌کند، مطابق شکل است. نوع حرکت را در هر یک از بازه‌های زمانی $(0, t_1)$، (t_1, t_2) و (t_2, t_3) مشخص کنید.**



پاسخ در بازهٔ زمانی $(0, t_1)$ شیب خط صفر است، بنابراین شتاب حرکت صفر و حرکت یکنواخت است.

در بازهٔ زمانی (t_1, t_2) علامت سرعت مثبت و شتاب حرکت (شیب خط) منفی است، بنابراین حرکت کندشونده است.

در بازهٔ زمانی (t_2, t_3) علامت سرعت منفی و علامت شتاب حرکت (شیب خط) نیز منفی است، بنابراین به علت هم‌علامت بودن شتاب و سرعت، حرکت تندشونده است.