ساختار کتاب

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

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

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

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

۲- آزمون‌های نوبت دوم: آزمون‌های شمارهٔ ۵ تا ۱۱ 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.

ب) آزمون‌های طبقه‌بندی‌نشده: آزمون‌های شمارهٔ ۹ تا ۱۱ را طبقه‌بندی نکرده‌ایم؛ پس، در این بخش با ۳ آزمون نوبت دوم، مشابهِ آزمون پایان سال مواجه خواهید شد.

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 ۲۷ 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	آزمون	شمارهٔ صفحه: پاسخ‌نامه
آزمون شمارهٔ ۱ (طبقه‌بندی‌شده)	اول	۳	۲۵
آزمون شمارهٔ ۲ (طبقه‌بندی‌شده)	اول	۵	۲۶
آزمون شمارهٔ ۳ (طبقه‌بندی‌نشده)	اول	۷	۲۷
آزمون شمارهٔ ۴ (طبقه‌بندی‌نشده)	اول	۹	۲۸
آزمون شمارهٔ ۵ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۱	۳۰
آزمون شمارهٔ ۶ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۳	۳۱
آزمون شمارهٔ ۷ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۵	۳۲
آزمون شمارهٔ ۸ (طبقه‌بندی‌شده)	دوم	۱۷	۳۴
آزمون شمارهٔ ۹ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۱۹	۳۵
آزمون شمارهٔ ۱۰ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۱	۳۷
آزمون شمارهٔ ۱۱ (طبقه‌بندی‌نشده)	دوم	۲۳	۳۸
درس‌نامهٔ توپ برای شب امتحان			۴۱

فیزیک (۳)	رشته: ریاضی و فیزیک	مدت آزمون: ۱۱۰ دقیقه	kheilisabz.com

ردیف	آزمون شمارهٔ ۱	نوبت اول پایهٔ دوازدهم دورهٔ متوسطهٔ دوم	نمره

فصل اول

۱ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید. **۰/۵**

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

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

۲ جاهای خالی را پر کنید. **۰/۵**

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

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

۳ عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید. **۰/۵**

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

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

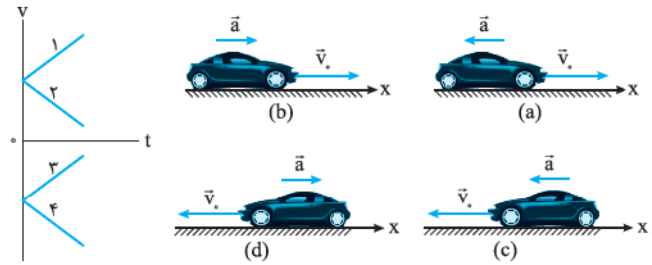
۴ گلولهٔ تفنگی با سرعت $200\ m/s$ به تنهٔ درختی برخورد می‌کند و پس از طی $5\ cm$ در آن متوقف می‌شود. اگر شتاب حرکت گلوله در تنهٔ درخت ثابت باشد، مقدار شتاب، چند متر بر مجذور ثانیه است؟ **۱**

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. **۲** *(فعالیت کتاب درسی)*

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

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



۶ خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده است. با سبزشدن چراغ، خودرو با شتاب $3\ m/s^2$ شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت $54\ km/h$ 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. **۰/۵**

الف) نیروی مقاومت شاره همان نیروی شناوری است.

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

۹ جاهای خالی را با عبارت مناسب پر کنید. **۰/۵**

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

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

۱۰ عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید. **۰/۵**

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.

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

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)*

فیزیک (۳)	رشته: ریاضی و فیزیک	مدت آزمون: ۱۱۰ دقیقه	kheilisabz.com

ردیف	آزمون شمارهٔ ۱	نوبت اول پایهٔ دوازدهم دورهٔ متوسطهٔ دوم	نمره

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

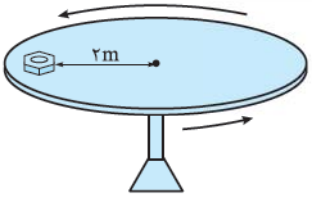
هواستون به این نوع سؤال‌های تندی حدی باشه. اول باید بررسی کنید که زمانی که چتر باز می‌شه، سرعت بیشتر از سرعت حدیه یا کم‌تر.

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.

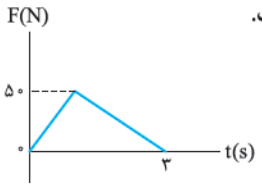
۱۴ جعبه‌ای به جرم ۵۰ kg در ابتدا روی زمین ساکن است. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و زمین ۰/۶ باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای به حرکت درآوردن جعبه چه‌قدر است؟ *(مشابه تمرین کتاب درسی)* — ۱

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؟ (π = 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.
ب) نیروی متوسط واردشده بر جسم در این بازه چند نیوتون است؟ — ۱



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

فصل سوم

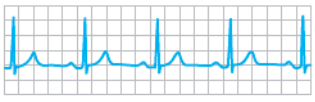
۱۷ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید. — ۰/۵
الف) با دو برابر کردن دامنهٔ نوسان یک نوسانگر جرم ـ فنر دورهٔ تناوب آن ۲ برابر می‌شود.
ب) تندی انتشار موج‌های الکترومغناطیسی در خلأ از رابطهٔ $c = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$ به دست می‌آید.

۱۸ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید. — ۰/۵
الف) به بیشترین فاصلهٔ نوسانگر از نقطهٔ تعادل ..... می‌گویند.
ب) اگر راستای نوسان ذره‌های محیط، موازی با راستای انتشار موج باشد، موج را ..... می‌نامیم.

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. — ۰/۵
الف) نوسان تابی که آن را از حالت تعادل خارج و سپس رها می‌کنیم، نمونه‌ای از (نوسان واداشته ـ نوسان آزاد) است.
ب) انرژی مکانیکی نوسانگر ساده به مکان نوسانگر بستگی (دارد ـ ندارد).

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: — ۱/۵
الف) تندی بیشینهٔ جسم چه‌قدر است؟
ب) وقتی تندی جسم به نصف تندی بیشینه می‌رسد، انرژی پتانسیل کشسانی سامانه چه‌قدر است؟

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: ۱۱۰ دقیقه	kheilisabz.com

ردیف	آزمون شمارهٔ ۹	نوبت دوم پایهٔ دوازدهم دورهٔ متوسطهٔ دوم	نمره

۱ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید. — نمره: ۱

الف) شیب خط مماس بر نمودار سرعت ـ زمان برابر شتاب لحظه‌ای است.

ب) نیروی عمودی سطح همواره هم‌اندازهٔ وزن است.

پ) در یک موج عرضی در وسط فاصلهٔ بین دو جمع‌شدگی بیشینهٔ متوالی یا دو بازشدگی بیشینهٔ متوالی، اندازهٔ جابه‌جایی هر جزء از فنر از وضعیت تعادلش بیشینه است.

ت) شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن متفاوت است.

۲ عبارت‌های مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید. — نمره: ۱

الف) در یک موج الکترومغناطیسی بسامد میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی (برابر ـ متفاوت) است.

ب) اگر موج تخت از یک محیط با تندی کم‌تر به محیط با تندی بیشتر برود، (جبهه‌های ـ پرتوی) موج به خط عمود بر سطح نزدیک می‌شود.

پ) اگر بر کلاهک برق‌نمایی که دارای بار مثبت است، پرتو X بتابانیم، انحراف ورقه‌ها (کاهش ـ افزایش) می‌یابد.

ت) انرژی بستگی هسته از اختلاف جرم (نوترون‌ها ـ نوکلئون‌ها) و جرم هسته ناشی می‌شود.

۳ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید. — نمره: ۱

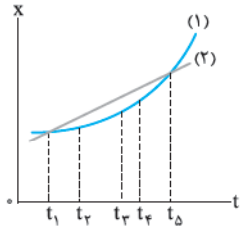
الف) طبق قانون ..... نیوتون اجسام علاقه‌مند هستند که وضعیت حرکتی خود را حفظ کنند.

ب) تندی انتشار صوت به ویژگی‌های ..... بستگی دارد.

پ) در روزهای گرم که سطح زمین نسبتاً داغ است، با افزایش دما، ضریب شکست هوای نزدیک به سطح زمین ..... می‌یابد.

ت) به کمک طیف گسیلی ..... می‌توان به جنس یک گاز پی برد.

۴ شکل روبه‌رو نمودار مکان ـ زمان دو خودرو را نشان می‌دهد که در جهت محور x در حرکت‌اند. — نمره: ۱



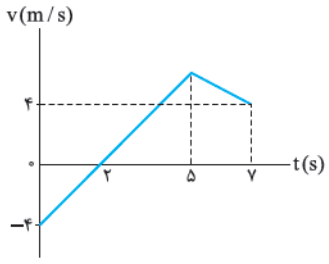
الف) در چه لحظه‌هایی دو خودرو از کنار یکدیگر عبور می‌کنند؟

ب) در چه لحظه‌هایی تندی دو خودرو تقریباً یکسان است؟

پ) سرعت متوسط دو خودرو را در بازهٔ زمانی t_1 تا t_5 با هم مقایسه کنید.

۵ خودرویی یک مسیر مستقیم را بدون تغییر جهت در مدت‌زمان T می‌پیماید. اگر این خودرو در طول مسیر مدت $\frac{1}{4}T$ را با سرعت v، مدت $\frac{1}{5}T$ را با سرعت $2v$، و بقیهٔ مدت‌زمان حرکت را با $3v$، طی کرده باشد، سرعت متوسطش چند v است؟ — نمره: ۱

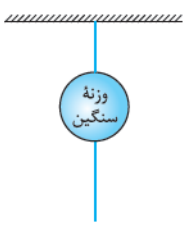
۶ نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، به شکل روبه‌رو است. *(مشابه تمرین کتاب درسی)* — نمره: ۱/۵



الف) مسافت کل پیموده‌شده را توسط متحرک حساب کنید.

ب) نمودار شتاب ـ زمان متحرک را رسم کنید.

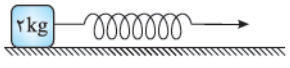
۷ با توجه به شکل روبه‌رو، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. — نمره: ۰/۵



الف) برای این‌که نخ پایینی پاره شود، چگونه باید نیروی وارد بر گوی را زیاد کنیم؟

ب) این آزمایش بیانگر چه خاصیتی است؟

۸ مطابق شکل روبه‌رو، جسمی به جرم $2\,kg$ را توسط فنری به طور افقی روی یک سطح با سرعت ثابت می‌کشیم. اگر ضریب اصطکاک جنبشی جسم و سطح $0/2$ و ثابت فنر $100\,N/m$ باشد، تغییر طول فنر چند سانتی‌متر است؟ — نمره: ۱/۲۵



۹ گلوله‌ای به جرم $100\,g$ با تکانهٔ $20\,\frac{kg.m}{s}$ از دهانهٔ تفنگی خارج می‌شود. انرژی جنبشی این گلوله چند ژول است؟ — نمره: ۰/۷۵

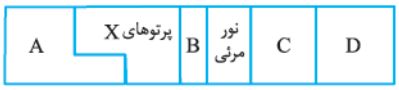
فیزیک (۳)	رشته: ریاضی و فیزیک	مدت آزمون: ۱۱۰ دقیقه	kheilisabz.com

ردیف	آزمون شمارهٔ ۹	نوبت دوم پایهٔ دوازدهم دورهٔ متوسطهٔ دوم	نمره

۱۰ نوک پرهٔ یک بالگرد با تندی ثابت $900\ m/s$ می‌چرخد. اگر این پره با $4500\ rpm$ بچرخد، فاصلهٔ نوک پرهٔ بالگرد تا مرکز دوران پره چند متر است؟ $(\pi = 3)$ — نمره: ۱

۱۱ ساعتی آونگ‌دار با آونگ ساده در تهران تنظیم شده است. اگر این ساعت به منطقه‌ای در استوا برده شود، عقب می‌افتد یا جلو؟ اثبات کنید. $(g_{\text{استوا}} < g_{\text{تهران}})$ — نمره: ۱

۱۲ شکل مقابل طیف موج‌های الکترومغناطیسی را با یک مقیاس تقریبی نشان می‌دهد. — نمره: ۱/۲۵

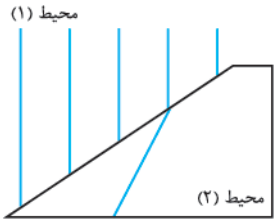


الف) نام قسمت‌های A، B، C و D را بنویسید.

ب) کدام مشخصهٔ موج‌های A بزرگ‌تر از موج‌های B است.

۱۳ کودکی بین دو کوه ایستاده است. کودک فریاد می‌زند و اولین پژواک صدای خود را از پس از ۲ ثانیه می‌شنود. اگر تندی صوت در هوا $320\ m/s$ باشد و فاصلهٔ بین دو کوه ۸۰۰ متر باشد، چند ثانیه پس از پژواک اول، کودک برای دومین بار پژواک صدای فریاد خود را می‌شنود؟ — نمره: ۰/۷۵

۱۴ مطابق شکل روبه‌رو، جبهه‌های موجی بر مرز بین محیط‌های (۱) و (۲) فرود می‌آید. — نمره: ۲



الف) ادامهٔ جبهه‌های موج را در محیط (۲) رسم کنید.

ب) در کدام محیط تندی جبهه‌های موج بیشتر است؟ چرا؟

پ) چگونه می‌توان با استفاده از این شکل، نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی را محاسبه کرد؟

۱۵ به وسیلهٔ دو عدد میکروفون، زمان‌سنج حساس، چکش و خط‌کش آزمایشی را طرح کنید که بتوانیم در آن سرعت صوت را اندازه‌گیری کنیم. — نمره: ۱

۱۶ یک اتم هیدروژن در حالت $n = 6$ قرار دارد. — نمره: ۱/۲۵

الف) با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن اگر این اتم به حالت پایه برود، چند نوع فوتون با انرژی مختلف گسیل می‌شود؟

ب) فرض کنید که فقط گذارهای $\Delta n = 1$ مجاز باشند. در این صورت چند نوع فوتون با انرژی مختلف گسیل می‌شود؟

۱۷ در نقشهٔ مفهومی زیر، جاهای خالی را با عبارت مناسب کامل کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید. *(نهایی ریاضی - شهریور ۹۶)* — نمره: ۰/۷۵

انواع طیف	الف) طیف ..... طیفی است که خط‌های روشن در زمینهٔ تاریک دارد. ب) طیف ..... طیفی است که خط‌های تاریک در زمینهٔ روشن دارد. پ) طیف ..... طیفی است که بین طول موج‌های آن فاصله وجود ندارد.

۱۸ نقش گرافیت در راکتورهای هسته‌ای چیست؟ *(نهایی تجربی - شهریور ۹۶)* — نمره: ۰/۵

۱۹ واکنش‌های زیر را تکمیل کنید. *(نهایی تجربی - دی ۹۱)* — نمره: ۱

الف) $^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{94}Pu + \cdots$

ب) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + \cdots + 200\ MeV$

۲۰ چرا در فرایندهای هسته‌ای معمولاً جرم محصولات نهایی فرایند از جرم ذرات اولیه کم‌تر است؟ *(نهایی ریاضی - خرداد ۹۷)* — نمره: ۰/۵

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:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - (200\,m/s)^2 = 2\times a\times(5\times10^{-2}\,m)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

خودرو: $x_1 = \frac{1}{2}a_1t^2 + v_{01}t + x_{01} = \frac{1}{2}\times3\times t^2 + (0)\times t + 0 = \frac{3}{2}t^2$

کامیون: $v = 54\,km/h = (54\div3/6)\,m/s = 15\,m/s$

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

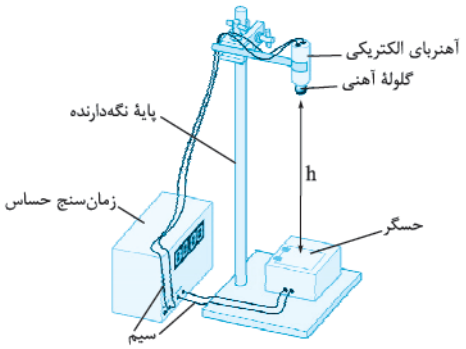
برای به دست آوردن زمان رسیدن خودرو به کامیون، باید x_1 را مساوی x_2 قرار دهیم:

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

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

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 وقتی نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشد، سرعت جسم تغییر نمی‌کند.

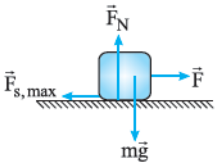
۱۲- وقتی چترباز ۱۰ s پس از پرش، چترش را باز می‌کند، سرعتش از سرعت حدی بیشتر است؛ پس، در هنگام بازشدن چتر، نیروی مقاومت هوای بزرگ‌تری نسبت به وزن چترباز به چترباز وارد می‌شود و یک شتاب بالاسو به جسم می‌دهد. این شتاب بالاسو که در خلاف جهت سرعت است، باعث کندشدن حرکت می‌شود. با کندترشدن حرکت، نیروی مقاومت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

$$T = \frac{2\times3\times(2\,m)}{4\,m/s} = 3\,s$$

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

$$\Delta p = (\frac{50\times3}{2})\,\frac{kg.m}{s} = 75\,\frac{kg.m}{s}$$

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 $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ به دست می‌آید.

ب) نادرست. $c = \frac{۱}{\sqrt{\varepsilon_{۰}\mu_{۰}}}$

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) درست

ب) نادرست ـ اندازهٔ نیروی عمودی سطح می‌تواند کم‌تر، بیشتر و یا مساوی با وزن باشد.

پ) نادرست ـ در موج طولی در وسط فاصلهٔ بین یک جمع‌شدگی بیشینه و یک بازشدگی بیشینهٔ مجاور هم، اندازهٔ جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل بیشینه است.

ت) درست

۲- الف) برابر ب) جبهه‌های

پ) افزایش ـ با تاباندن پرتو X به کلاهک الکترون از سطح کلاهک کنده می‌شود و بار برق‌نما بیشتر می‌شود و در نتیجه انحراف ورقه‌ها افزایش می‌یابد.

ت) نوکلئون

۳- الف) اول ب) محیط انتشار پ) کاهش ت) خطی

۴- الف) t_1 و t_5 ـ در این لحظه‌ها مکان دو خودرو برابر است و این یعنی این دو خودرو از کنار هم عبور می‌کنند.

ب) t_3 ـ در این لحظه شیب مماس بر نمودار مکان ـ زمان خودرو (۱) موازی با شیب نمودار مکان ـ زمان خودرو (۲) است؛ بنابراین تندی دو خودرو در این لحظه تقریباً برابر می‌شود.

پ) $v_{av,1} = v_{av,2}$ ـ دو متحرک در بازهٔ زمانی مساوی $(\Delta t_1 = \Delta t_2)$ جابه‌جایی $(\Delta x_1 = \Delta x_2)$ برابر داشته‌اند؛ پس سرعت متوسط دو خودرو برابر است:

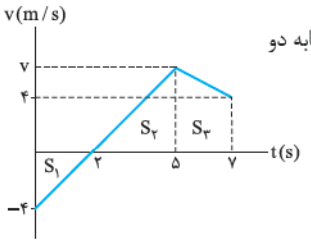
$$\frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} \Rightarrow v_{av,1} = v_{av,2}$$

۵- متحرک مدت‌زمان $T - (\frac{T}{4} + \frac{T}{5}) = \frac{11}{20}T$ را با سرعت $3v$ حرکت کرده است:

$$v_{av} = \frac{\Delta x_T}{\Delta t_T} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{T} = \frac{v(\frac{1}{4}T) + 2v(\frac{1}{5}T) + 3v(\frac{11}{20}T)}{T}$$

$$= \frac{(\frac{1}{4} + \frac{2}{5} + \frac{33}{20})vT}{T} = \frac{(\frac{5+8+33}{20})vT}{T} = \frac{46}{20}v = 2/3\,v$$

۶- الف) گام ۱: با توجه به نمودار روبه‌رو و تشابه دو مثلث S_1 و S_2، مقدار v_1 را حساب می‌کنیم:



$$\frac{v-0}{0-4} = \frac{5-2}{2-0} \Rightarrow \frac{v}{4} = \frac{3}{2}$$

$$\Rightarrow v_1 = 6\ m/s$$

گام ۲: مساحت زیر نمودار بدون درنظرگرفتن علامت برابر با مسافت طی‌شده است:

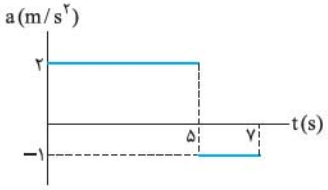
$$L = |S_1| + |S_2| + |S_3| = \frac{2\times4}{2} + \frac{6\times(5-2)}{2} + \frac{(6+4)\times(7-5)}{2}$$

$$= 4 + 9 + 10 = 23\ m$$

ب) شتاب برابر شیب نمودار $v-t$ است.

$$۵\ s\ \text{تا}\ ۰: a_۱ = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(۶-(-۴))\ m/s}{۵\ s} = ۲\ m/s^۲$$

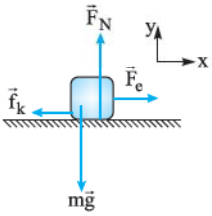
$$۷\ s\ \text{تا}\ ۵\ s: a_۲ = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(۴-۶)\ m/s}{۲\ s} = -۱\ m/s^۲$$



۷- الف) برای این‌که نخ پایینی پاره شود باید نخ را سریع بکشیم.

ب) لختی

۸- گام ۱: با توجه به شکل مقدار نیروی عمودی سطح را به دست می‌آوریم:



$$F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N - mg = ۰$$

$$\Rightarrow F_N = mg = (۲\ kg)(۱۰\ m/s^۲) = ۲۰\ N$$

گام ۲: چون حرکت با سرعت ثابت است، داریم:

$$F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F_e - f_k = ۰ \Rightarrow F_e = f_k$$

$$\Rightarrow k_x = \mu_k F_N \Rightarrow (۱۰۰\ N/m)x = (۰/۲)\times(۲۰\ N)$$

$$\Rightarrow x = \frac{۴\ N}{۱۰۰\ N/m} = ۰/۰۴\ m = ۴\ cm$$

۹-

$$K = \frac{P^۲}{۲m} = \frac{(۲۰\frac{kg.m}{s})^۲}{۲\times(۱۰۰\ g)} = \frac{۴۰۰(\frac{kg.m}{s})^۲}{۲\times(۰/۱\ kg)} = ۲۰۰۰\ J$$

۱۰- در این سؤال شعاع را می‌خواهیم. برای این‌که شعاع را به دست آوریم، اول دورهٔ تناوب را حساب می‌کنیم. در هر دقیقه پرهٔ بالگرد ۴۵۰۰ دور می‌زند.

$$T = \frac{۱\ min}{۴۵۰۰\ \text{دور}} \times \frac{۶۰\ s}{۱\ min} = \frac{۱}{۷۵}\ s$$

حالا شعاع را حساب می‌کنیم:

$$v = \frac{۲\pi r}{T} \Rightarrow ۹۰۰\ m/s = \frac{۲\times۳\times r}{\frac{۱}{۷۵}\ s} \Rightarrow ۹۰۰\ m/s \times (\frac{۱}{۷۵}\ s)\times\frac{۱}{۶} = ۲\ m$$

۱۱- دورهٔ تناوب آونگ از رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ به دست می‌آید. در این رابطه L طول آونگ است که در این سؤال ثابت می‌ماند:

$$\frac{T_{\text{تهران}}}{T_{\text{استوا}}} = \sqrt{\frac{L_{\text{تهران}}}{L_{\text{استوا}}}} \times \sqrt{\frac{g_{\text{استوا}}}{g_{\text{تهران}}}} \overset{L_{\text{تهران}}=L_{\text{استوا}}}{=\!=\!=} \sqrt{\frac{g_{\text{استوا}}}{g_{\text{تهران}}}} < ۱ \Rightarrow T_{\text{تهران}} < T_{\text{استوا}}$$

بنابراین مدت‌زمان یک دور کامل در استوا بیشتر است و ساعت در استوا عقب می‌افتد.

۱۲- الف) A: گاما ـ B: فرابنفش ـ C: فروسرخ ـ D: میکروموج

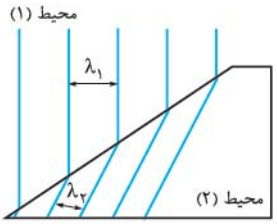
ب) بسامد

۱۳- پژواک اول پس از ۲ s شنیده می‌شود. یعنی ۱ s طول می‌کشد تا صدای کودک به کوه برسد و در این مدت صوت مسافت ۳۲۰ m را طی می‌کند. فاصلهٔ بین کودک تا کوه دورتر برابر $d_۲ = ۸۰۰\ (m) - ۳۲۰\ (m) = ۴۸۰\ m$ است مدت‌زمان لازم برای رسیدن صوت از کودک به کوه دورتر $(t_۲)$ برابر است با:

$$d_۲ = v\times t_۲ \Rightarrow t_۲ = \frac{۴۸۰\ (m)}{۳۲۰\ (m/s)} = ۱/۵\ s$$

بنابراین مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا کودک برای دومین بار پژواک صدای خودش را بشنود برابر $۲t_۲ = ۳\ s$ است. از این رو پژواک دوم یک ثانیه پس از پژواک اول توسط کودک شنیده می‌شود:

۱۴- الف)



ب) محیط (۱) ـ هر چه تندی جبهه‌های موج در محیطی کم‌تر باشد، فاصلهٔ بین جبهه‌های موج در آن محیط کم‌تر است و در نتیجه طول موج کم‌تر خواهد بود. از آن‌جایی که فاصلهٔ بین جبهه‌های موج در محیط (۱) بیشتر است، می‌توان نتیجه گرفت که موج منتشرشده در این محیط طول موج بیشتری دارد و در نتیجه تندی جبهه‌های موج بیشتر است.

پ) بسامد (f) موج منتشرشده با عبور از مرز بین دو محیط تغییر نمی‌کند. بنابراین، رابطهٔ بین طول موج و تندی انتشار جبهه‌های موج در دو محیط به صورت زیر است:

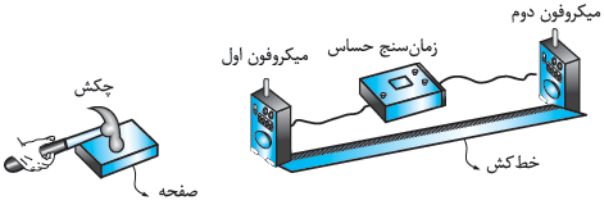
(موج عبوری) $v_۲ = \lambda_۲ f$ و (موج فرودی) $v_۱ = \lambda_۱ f$

در نهایت نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{v_۲}{v_۱} = \frac{\lambda_۲ f}{\lambda_۱ f} = \frac{\lambda_۲}{\lambda_۱}$$

و این یعنی نسبت طول موج جبهه‌های موج عبوری به موج فرودی برابر نسبت تندی موج عبوری به تندی موج فرودی است.

۱۵- دو میکروفون را مطابق شکل به یک زمان‌سنج حساس متصل کنید. این زمان‌سنج می‌تواند بازه‌های زمانی را با دقت میلی‌ثانیه اندازه‌گیری کند. وقتی چکش را به صفحهٔ فلزی بکوبیم، امواج صوتی که به سمت دو میکروفون روانه می‌شوند، نخست میکروفون نزدیک‌تر و سپس میکروفون دورتر را متأثر می‌سازند. اختلاف فاصلهٔ میکروفون‌ها از محل برخورد چکش با صفحهٔ فلزی را اندازه می‌گیریم. با استفاده از زمان‌سنج می‌توانیم تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ثبت کنیم. اکنون با استفاده از رابطهٔ $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ می‌توانیم تندی صوت را در هوا بیابیم. در صورتی که این اسباب را در مدرسه دارید با استفاده از آن، تندی صوت را در هوا اندازه بگیرید.



۱۶- الف) با فرض این‌که تمام گذارها ممکن باشد، برای این‌که الکترونی از تراز $n = ۶$ به $n = ۱$ برود، باید تمامی گذارهای بین ترازهای میانی را هم به حساب آورد:

$$n_۱ = ۶ \rightarrow \begin{cases} n_۲ = ۵ \\ n_۲ = ۴ \\ n_۲ = ۳ \\ n_۲ = ۲ \\ n_۲ = ۱ \end{cases}$$ ۵ حالت

$$n_۱ = ۵ \rightarrow \begin{cases} n_۲ = ۴ \\ n_۲ = ۳ \\ n_۲ = ۲ \\ n_۲ = ۱ \end{cases}$$ ۴ حالت

$$n_۱ = ۴ \rightarrow \begin{cases} n_۲ = ۳ \\ n_۲ = ۲ \\ n_۲ = ۱ \end{cases}$$ ۳ حالت

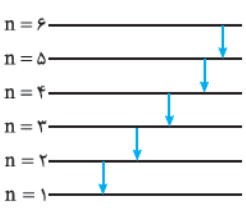
$$n_۱ = ۳ \rightarrow \begin{cases} n_۲ = ۲ \\ n_۲ = ۱ \end{cases}$$ ۲ حالت

$$n_۱ = ۲ \rightarrow n_۲ = ۱$$ ۱ حالت

در مجموع ۱۵ حالت گذار مختلف با ۱۵ نوع فوتون با انرژی مختلف داریم و یا انتخاب ۲ حالت مانا از بین ۶ حالت مانا:

$$\binom{۶}{۲} = \frac{۶\times۵}{۲} = ۱۵ \text{ حالت}$$

ب) اگر فقط گذارهای $\Delta n = ۱$ مجاز باشد، آن‌وقت الکترون پس از هر گذار یک تراز انرژی پایین می‌آید:



در این حالت فقط ۵ گذار داریم.

۱۷- الف) گسیلی خطی ب) جذبی خطی

پ) گسیلی پیوسته

۱۸- گرافیت کُندساز نوترون‌های پرانرژی است تا راحت‌تر جذب هستهٔ ^{235}U شوند.

۱۹- الف) عدد جرمی هستهٔ دختر برابر عدد جرمی نوترون به اضافهٔ عدد جرمی اورانیم یعنی $238+1=239$ است.

از طرفی، عدد اتمی دو واحد افزایش یافته است؛ پس باید دو الکترون گسیل شده باشد که بدون تغییر در عدد جرمی، باعث افزایش عدد اتمی شود:

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{94}Pu + 2(^{0}_{-1}e)$$

ب) مجموع عدد اتمی طرف چپ معادلهٔ زیر برابر $92+0=92$ است.

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{56}B + ^{92}_{36}Kr + \cdots + 200\ MeV$$

در سمت راست هم مجموع عدد اتمی هسته‌ها برابر $92=36+56$ است؛ پس، جای خالی را باید با ذره‌ای پر کنیم که عدد اتمی را تغییر ندهد، یعنی یا $^{0}_{0}\gamma$ یا $^{1}_{0}n$، حالا به سراغ عدد جرمی می‌رویم؛ اگر عدد جرمی تغییر نکرده باشد، انتخاب ما $^{0}_{0}\gamma$ و اگر تغییر کرده باشد، انتخاب ما $^{1}_{0}n$ است. مجموع عدد جرمی سمت چپ برابر $235+1=236$ است، اما مجموع عدد جرمی در سمت راست برابر $141+92=233$ است؛ پس، برای پرکردن جای خالی باید نوترون $(^{1}_{0}n)$ را انتخاب کنیم. اگر ۳ نوترون را در جای خالی قرار دهیم، همه چیز درست می‌شود:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3(^{1}_{0}n) + 200\ MeV$$

۲۰- چون قسمتی از جرم به انرژی تبدیل می‌شود، این مقدار انرژی از رابطهٔ $E=mc^2$ به دست می‌آید.

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.

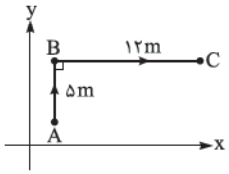
○ جابه‌جایی یک **کمیت برداری** است.

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

مثال **متحرکی در صفحهٔ x ـ y از نقطهٔ A به B و سپس از نقطهٔ B به نقطهٔ C می‌رود.**

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

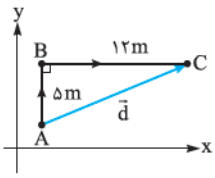
ب) اندازهٔ بردار جابه‌جایی متحرک در مسیر ABC چند متر است؟



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:

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

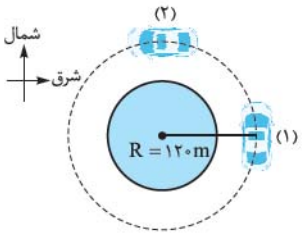
سرعت متوسط کمیتی **برداری** است که یکای اندازه‌گیری آن در SI، m/s است.

نکته 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.



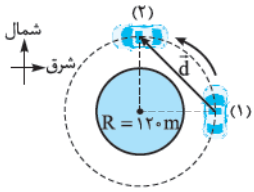
پاسخ الف) در ابتدا مسافت طی‌شده را محاسبه می‌کنیم. مسافتی که اتومبیل از مکان (۱) تا مکان (۲) طی کرده به اندازهٔ $\frac{۱}{۴}$ محیط دایره است:

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

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.

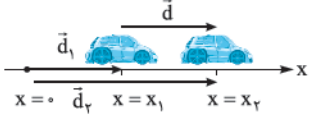
جهت بردار سرعت متوسط همان جهت بردار جابه‌جایی، یعنی شمال غربی است و اندازهٔ آن به کمک رابطهٔ $v_{av} = \frac{d}{\Delta t}$ برابر است با:

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

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.

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

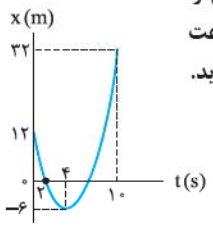
تذکر در متن‌های فیزیکی به سرعت لحظه‌ای به اختصار سرعت و به تندی لحظه‌ای، تندی گفته می‌شود.

نمودار مکان ـ زمان

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

تذکر نمودار مکان ـ زمان با مسیر حرکت متفاوت است.

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

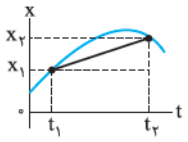


پاسخ در بازهٔ زمانی $(2\,s, 4\,s)$ متحرک از $x_1 = 0$ تا $x_2 = -6\,m$ جابه‌جا شده است:

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

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

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



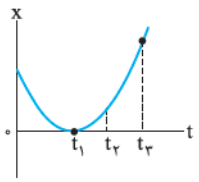
$$\text{شیب خط} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_{av}$$

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

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

شیب خط مماس بر نمودار مکان ـ زمان 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:**

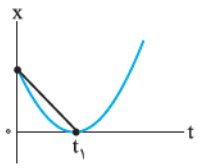


الف) علامت سرعت متوسط متحرک را از لحظهٔ شروع تا لحظهٔ t_1 تعیین کنید.

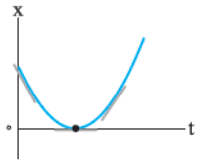
ب) در چه لحظه‌ای متحرک، جهت حرکت خود را عوض کرده است؟

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

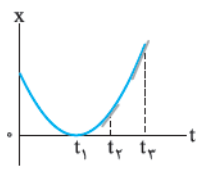
پاسخ الف) بر روی نمودار، لحظهٔ شروع تا لحظهٔ t_1 را به هم وصل می‌کنیم. شیب این خط سرعت متوسط بین این دو لحظه را نشان می‌دهد. چون شیب این خط منفی است؛ پس علامت سرعت متوسط آن نیز منفی است.



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 شتاب دار

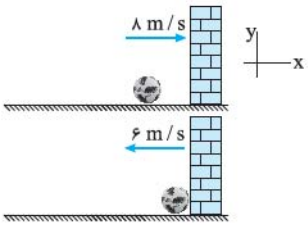
حرکت شتاب‌دار حرکتی است که در آن سرعت متحرک تغییر می‌کند. این تغییر سرعت می‌تواند ناشی از تغییر اندازهٔ سرعت، تغییر جهت بردار سرعت یا هر دو باشد.

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

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

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:

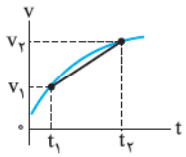
$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{(-6\,m/s)\vec{i} - (8\,m/s)\vec{i}}{0/2\,s} = \vec{a}_{av} = (-70\,m/s^2)\vec{i}$$

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

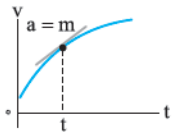
نموداری است که سرعت متحرک را در هر لحظه به ما می‌دهد.

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:

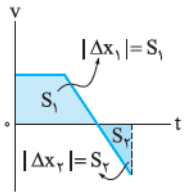


$$\text{شیب} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_{av}$$

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



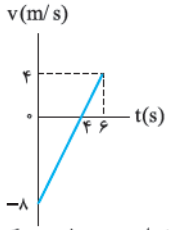
○ مساحت محصور بین نمودار سرعت ـ زمان و محور t، جابه‌جایی متحرک را در آن بازهٔ زمانی نشان می‌دهد. اگر نمودار بالای محور t باشد، جابه‌جایی مثبت و اگر زیر محور t باشد، جابه‌جایی منفی است: $\Delta x_1 > 0$, $\Delta x_2 < 0$



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

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

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



الف) شتاب متحرک در بازهٔ زمانی (۱s تا ۳s) چند متر بر مربع ثانیه است؟

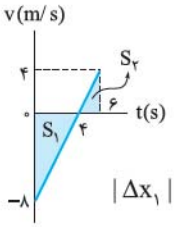
ب) جابه‌جایی متحرک تا لحظهٔ $t = 6\,s$ چند متر است؟

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 (۰s تا ۶s) می‌توانیم به شتاب متحرک در بازهٔ زمانی (۱s تا ۳s) نیز دست یابیم:

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

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 Δx ها 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:

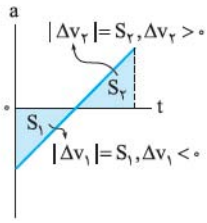
$$S_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{20\ m}{6\ s} = \frac{10}{3}\ m/s \simeq 3/3\ m/s$$

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:

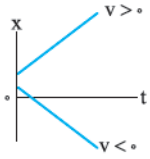


حرکت با سرعت ثابت

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:

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

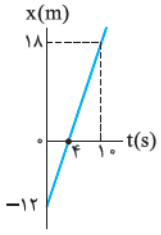
پ) برای رسم نمودار در قدم اول مکان متحرک را در لحظهٔ $t = 10\ s$ به دست می‌آوریم:

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

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

معادلهٔ مکان ـ زمان

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ب) برای به دست آوردن سرعت متوسط، اول مکان متحرک را در $t = 5s$ به دست می‌آوریم: $x = 2t^2 - 16t + 24 \xrightarrow{t=5s} x = 2(5)^2 - 16(5) + 24 = -6\ m$

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.