

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

۱- **آزمون‌های نوبت اول:** آزمون‌های شماره ۱ تا ۴ این کتاب مربوط به مباحث نوبت اول است که خودش به دو قسمت تقسیم می‌شود:  
**الف) آزمون‌های طبقه‌بندی شده:** آزمون‌های شماره 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 طبقه‌بندی نشده:** آزمون‌های شماره ۳ و ۴ را طبقه‌بندی نکرده‌ایم تا دو آزمون نوبت اول مشابه آزمونی را که معلمان از شما خواهد گرفت، ببینید.

۲- **آزمون‌های نوبت دوم:** آزمون‌های شماره ۵ تا ۱۴ از کل کتاب و مطابق امتحان پایان سال طرح شده‌اند. این قسمت هم، خودش به ۲ بخش تقسیم می‌شود:  
**الف) آزمون‌های طبقه‌بندی شده:** آزمون‌های شماره 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 شماره‌های ۵ تا ۸ به ترتیب امتحان‌های نهایی دی ۱۴۰۰، خرداد ۱۴۰۱، شهریور ۱۴۰۱ و دی ۱۴۰۱ رشته تجربی هستند.

**ب) آزمون‌های طبقه‌بندی نشده:** آزمون‌های شماره ۹ تا ۱۴ را طبقه‌بندی نکرده‌ایم؛ پس، در این بخش با ۶ آزمون نوبت دوم، مشابه آزمون پایان سال مواجه خواهید شد. این آزمون‌ها به ترتیب امتحان‌های نهایی خرداد ۱۴۰۲، شهریور ۱۴۰۲، دی ۱۴۰۲، خرداد ۱۴۰۳، شهریور ۱۴۰۳ رشته تجربی و یک آزمون چالشی‌تر با عنوان «بیست پلاس» هستند.

۳- **پاسخ‌نامه تشریحی آزمون‌ها:** در پاسخ تشریحی آزمون‌ها، همه آن‌چه را که شما باید در امتحان بنویسید تا نمره کامل کسب کنید، برایتان نوشته‌ایم. پاسخ‌های امتحانات نهایی مطابق با پاسخ‌برگ مورد تأیید آموزش و پرورش دارای ریزبارم‌بندی می‌باشد.

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

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



## بارم‌بندی درس فیزیک ۳ تجربی

| شماره فصل | نوبت اول | نوبت پایانی خرداد، شهریور و دی ماه |
|-----------|----------|------------------------------------|
| فصل اول   | ۸        | ۴                                  |
| فصل دوم   | ۸/۵      | ۴/۲۵                               |
| فصل سوم   | ۳/۵      | ۶/۷۵                               |
|           | -        |                                    |
| فصل چهارم | -        | ۵                                  |
| جمع       | ۲۰       | ۲۰                                 |

## فهرست

صفحه صفحه

نوبت آزمون پاسخ‌نامه

|                                                          |    |    |                      |
|----------------------------------------------------------|----|----|----------------------|
| آزمون شماره ۱                                            | ۳  | ۳۴ | (طبقه‌بندی شده) اول  |
| آزمون شماره ۲                                            | ۵  | ۳۵ | (طبقه‌بندی شده) اول  |
| آزمون شماره ۳                                            | ۷  | ۳۶ | (طبقه‌بندی نشده) اول |
| آزمون شماره ۴                                            | ۹  | ۳۷ | (طبقه‌بندی نشده) اول |
| آزمون شماره ۵ نهایی دی ۱۴۰۰                              | ۱۱ | ۳۸ | (طبقه‌بندی شده) دوم  |
| آزمون شماره ۶ نهایی خرداد ۱۴۰۱                           | ۱۴ | ۴۰ | (طبقه‌بندی شده) دوم  |
| آزمون شماره ۷ نهایی شهریور ۱۴۰۱                          | ۱۷ | ۴۱ | (طبقه‌بندی شده) دوم  |
| آزمون شماره ۸ نهایی دی ۱۴۰۱                              | ۱۹ | ۴۳ | (طبقه‌بندی شده) دوم  |
| آزمون شماره ۹ نهایی خرداد ۱۴۰۲                           | ۲۲ | ۴۴ | (طبقه‌بندی نشده) دوم |
| آزمون شماره ۱۰ نهایی شهریور ۱۴۰۲                         | ۲۴ | ۴۵ | (طبقه‌بندی نشده) دوم |
| آزمون شماره ۱۱ نهایی دی ۱۴۰۲                             | ۲۶ | ۴۶ | (طبقه‌بندی نشده) دوم |
| آزمون شماره ۱۲ نهایی خرداد ۱۴۰۳                          | ۲۸ | ۴۷ | (طبقه‌بندی نشده) دوم |
| آزمون شماره ۱۳ نهایی شهریور ۱۴۰۳                         | ۳۰ | ۴۸ | (طبقه‌بندی نشده) دوم |
| آزمون شماره ۱۴ بیست پلاس (چالشی‌تر) (طبقه‌بندی نشده) دوم | ۳۲ | ۵۰ |                      |

۵۲

درس‌نامه توپ برای شب امتحان

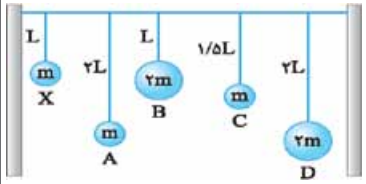
| ردیف           | فصل اول                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | نمره         |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| ۱              | درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را تعیین کنید.<br>الف) همواره در حرکت با شتاب ثابت و مثبت بر خط راست، مسافت طی شده و اندازه جابه‌جایی برابر هستند.<br>ب) شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان برابر با شتاب لحظه‌ای است.                                                                                                                                                                   | ۰/۲۵<br>۰/۲۵ |
| ۲              | جاهای خالی را با عبارتهای مناسب پر کنید.<br>الف) طول مسیری را که متحرک از مبدأ تا مقصد طی می‌کند، ..... می‌نامیم.<br>ب) در حرکت با شتاب ثابت، تغییرات ..... در واحد زمان ثابت می‌ماند.                                                                                                                                                                                                | ۰/۲۵<br>۰/۲۵ |
| ۳              | عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.<br>الف) بردار سرعت متوسط با بردار (جابه‌جایی - مکان) هم‌جهت است.<br>ب) سطح محصور بین نمودار شتاب - زمان و محور زمان برابر با تغییرات (شتاب - سرعت) است.                                                                                                                                                                                    | ۰/۲۵<br>۰/۲۵ |
| ۴              | گلوله تفنگی با تندی $200 \text{ m/s}$ به تنه درختی برخورد می‌کند و پس از طی $5 \text{ cm}$ در آن متوقف می‌شود. اگر شتاب حرکت گلوله در تنه درخت ثابت باشد، مقدار شتاب، چند متر بر مجذور ثانیه است؟<br><i>در سؤال‌های حرکت با شتاب ثابت، تنها کاری که باید بکنید اینست که بینین چه چیزهایی رو داریم و چه چیزهایی رو می‌فوییم. همین موضوع مشفق می‌کنه که سؤال با چه فرمولی حل می‌شه.</i> | ۱            |
| ۵              | در تمامی حالت‌های شکل زیر، خودروها در امتداد محور $x$ و با شتاب ثابت در حرکت‌اند.<br>الف) حرکت هر یک از خودروها، توسط کدام یک از نمودارهای $v-t$ توصیف می‌شود؟<br>ب) توضیح دهید تندی کدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندشونده) و تندی کدام خودرو در حال کاهش (حرکت کندشونده) است.<br>                                                                                                  | ۱<br>۱       |
| ۶              | خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده است. با سبز شدن چراغ، خودرو با شتاب ثابت $3 \text{ m/s}^2$ روی خط راست شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت $54 \text{ km/h}$ از آن سبقت می‌گیرد.<br>الف) چند ثانیه پس از سبز شدن چراغ، خودرو به کامیون می‌رسد؟<br>ب) خودرو پس از طی چه مسافتی به کامیون می‌رسد؟                                                                     | ۱/۲۵<br>۱    |
| ۷              | معادله سرعت - زمان متحرکی که روی محور $x$ حرکت می‌کند، به صورت $v = 6t - 21$ است. سرعت متوسط متحرک در ثانیه چهارم حرکت چند متر بر ثانیه است؟                                                                                                                                                                                                                                          | ۱/۲۵         |
| <b>فصل دوم</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              |
| ۸              | درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را تعیین کنید.<br>الف) نیروی مقاومت شاره همان نیروی شناوری است.<br>ب) ضریب اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بین دو جسم بستگی دارد.                                                                                                                                                                                                                        | ۰/۲۵<br>۰/۲۵ |
| ۹              | جاهای خالی را با عبارتهای مناسب پر کنید.<br>الف) هر چه تندی جسم بیشتر باشد، اندازه تکانه جسم ..... است.<br>ب) نیروی عمودی سطح ناشی از ..... سطح تماس دو جسم است.                                                                                                                                                                                                                      | ۰/۲۵<br>۰/۲۵ |
| ۱۰             | عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.<br>الف) طبق قانون (اول - سوم) نیوتون، یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت بر روی خط راست خود را حفظ می‌کند، مگر آن‌که نیروی خالص غیر صفری بر آن وارد شود.<br>ب) نیروی کشسانی فنر با اندازه کاهش طول نسبت به حالت عادی فنر، نسبت (مستقیم - عکس) دارد.                                                                                     | ۰/۲۵<br>۰/۲۵ |
| ۱۱             | با یک سکه، یک تکه مقوا و یک لیوان، آزمایشی طراحی کنید که در آن وجود لختی اجسام نشان داده شود.                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ۱            |
| ۱۲             | چتربازی $10 \text{ s}$ پس از پرش، چترش را باز می‌کند. حرکت چترباز را از زمان باز شدن چترش تحلیل کنید. (تندی حدی چترباز حدود $5 \text{ m/s}$ است.)<br><i>مواستون به این نوع سؤال‌های تندی هدی باشه. اول باید بررسی کنید که زمانی که چتر باز می‌شه، سرعت بیشتر از سرعت هدیه یا کم تر.</i>                                                                                               | ۱/۵          |

|                                                                                  |                      |                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|-----------|
|  | تاریخ آزمون: دی ماه  | رشته: علوم تجربی | فیزیک (۳) |
|                                                                                  | مدت آزمون: ۱۲۰ دقیقه | پایه دوازدهم     | نوبت اول  |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ۱/۲۵           | <p>۱۳ شخصی به جرم <math>60 \text{ kg}</math> درون آسانسوری روی یک ترازوی فنری ایستاده است. آسانسور در حالی که به طرف پایین حرکت می کند، با شتاب <math>2 \text{ N/kg}</math> متوقف می شود. مقداری را که ترازو نشان می دهد، به دست آورید. (<math>g = 10 \text{ N/kg}</math>)</p>                                                                                                                                                                                               | ۱۳         |
| ۱/۲۵           | <p>۱۴ جعبه ای به جرم <math>50 \text{ kg}</math> در ابتدا روی زمین ساکن است. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و زمین <math>6/0</math> باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای به حرکت درآوردن جعبه چه قدر است؟ (<math>g = 10 \text{ N/kg}</math>)</p>                                                                                                                                                                                                                                 | ۱۴         |
| ۰/۵<br>۰/۵     | <p>۱۵ با توجه به شکل روبه رو که نمودار نیروی کشسانی بر حسب تغییر طول برای سه فنر در یک آزمایش است، به سؤالات زیر پاسخ دهید.<br/>الف) ثابت کدام فنر بیشتر است؟<br/>ب) مقدار ثابت فنر <math>b</math> را بر حسب نیوتون بر متر به دست آورید.</p>                                                                                                                                                | ۱۵         |
| ۰/۵<br>۰/۵     | <p>۱۶ نمودار نیروی وارد شده به یک جسم بر حسب زمان مطابق شکل است.<br/>الف) تغییرات تکانه جسم را در بازه زمانی <math>(0, 3\text{s})</math> به دست آورید.<br/>ب) بزرگی نیروی متوسط وارد شده بر جسم در این بازه زمانی چند نیوتون است؟</p>                                                                                                                                                       | ۱۶         |
| <p>فصل سوم</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
| ۰/۲۵<br>۰/۲۵   | <p>۱۷ درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را تعیین کنید.<br/>الف) با دو برابر کردن دامنه نوسان یک نوسانگر جرم - فنر، دوره تناوب آن ۲ برابر می شود.<br/>ب) نوسانهای سینوسی یک نوع نوسان دوره ای هستند.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          | ۱۷         |
| ۰/۲۵<br>۰/۲۵   | <p>۱۸ جاهای خالی را با عبارتهای مناسب پر کنید.<br/>الف) به بیشترین فاصله نوسانگر از نقطه تعادل ..... می گویند.<br/>ب) اگر راستای نوسان ذره های محیط، موازی با راستای انتشار موج باشد، موج را ..... می نامیم.</p> <p><i>گاهی اوقات در امتحانهای فیزیک، تعاریف در قالب «باقالی» مطرح می شه. آله «جاهای خالی» براتون مهمه، تعاریف رو خوب بخونید و حفظ کنید.</i></p>                                                                                                             | ۱۸         |
| ۰/۲۵<br>۰/۲۵   | <p>۱۹ عبارتهای مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.<br/>الف) نوسان تابی که آن را از حالت تعادل خارج و سپس رها می کنیم، نمونه ای از (نوسان واداشته - نوسان آزاد) است.<br/>ب) انرژی مکانیکی نوسانگر ساده به مکان نوسانگر بستگی (دارد - ندارد).</p>                                                                                                                                                                                                                             | ۱۹         |
| ۰/۷۵           | <p>۲۰ شکل روبه رو، نمودار نوار قلب یک انسان در مدت <math>\frac{1}{15} \text{ min}</math> است. دوره تناوب و بسامد ضربان قلب این شخص را حساب کنید.</p>                                                                                                                                                                                                                                      | ۲۰         |
| ۰/۵<br>۰/۷۵    | <p>۲۱ جسمی به جرم <math>2 \text{ kg}</math> به فنری افقی با ثابت <math>8 \text{ N/cm}</math> متصل است. اگر فنر را به اندازه <math>4 \text{ cm}</math> فشرده و سپس رها کنیم:<br/>الف) تندی بیشینه جسم چند متر بر ثانیه است؟<br/>ب) وقتی تندی جسم به نصف تندی بیشینه می رسد، انرژی پتانسیل کشسانی سامانه چه قدر است؟</p> <p><i>مواستون باشه که در حرکت هماهنگ ساده وقتی تندی، نصف تندی بیشینه می شه، انرژی جنبشی نصف انرژی جنبشی بیشینه نمی شه بلکه برابر می شه با ...</i></p> | ۲۱         |
| ۲۰             | جمع نمرات                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | موفق باشید |

| ردیف | نمره        | سوال                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱    | ۱           | درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با کلمه‌های «درست» یا «نادرست» در پاسخ‌برگ مشخص کنید.<br>الف) برداری که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند، بردار جابه‌جایی جسم در آن لحظه نام دارد.<br>ب) در حرکت با شتاب ثابت، سرعت متوسط متحرک در هر بازه زمانی دلخواه، برابر سرعت لحظه‌ای آن است.<br>ج) شتاب متوسط، کمیتی برداری و هم‌جهت با بردار تغییر سرعت است.<br>د) مساحت سطح بین نمودار مکان - زمان و محور زمان در هر بازه زمانی، برابر اندازه جابه‌جایی در آن بازه است.                                                                                           |
| ۲    | ۰/۵         | آیا در حرکت با سرعت ثابت، اندازه جابه‌جایی متحرک همواره با مسافت پیموده‌شده، برابر است؟ چرا؟                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ۳    | ۰/۷۵        | شکل روبه‌رو، نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور X با شتاب ثابت در حرکت است.<br>الف) در کدام بازه زمانی، متحرک در خلاف جهت محور X حرکت می‌کند؟<br>ب) در کدام لحظه، متحرک تغییر جهت داده است؟<br>ج) در کدام لحظه، متحرک بیشترین سرعت لحظه‌ای را دارد؟                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ۴    | ۱/۲۵<br>۰/۵ | شکل روبه‌رو، نمودار شتاب - زمان یک متحرک را که در امتداد محور X از حال سکون شروع به حرکت می‌کند، نشان می‌دهد.<br>الف) با انجام محاسبات لازم، نمودار سرعت - زمان آن را در بازه زمانی صفر تا ۱۶ s رسم کنید.<br>ب) مسافت پیموده‌شده در بازه زمانی ۶ s تا ۱۶ s چند متر است؟                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ۵    | ۱/۲۵        | کلمه درست را از داخل پرانتز انتخاب و به پاسخ‌برگ منتقل کنید.<br>الف) وزن یک جسم در مکان‌های مختلف (ثابت - متغیر) است.<br>ب) با دو برابر کردن اندازه تکانه یک جسم، انرژی جنبشی آن (دو - چهار) برابر می‌شود.<br>ج) در نمودار نیروی کشسانی فنر بر حسب تغییر طول، هر چه ثابت فنر بیشتر باشد، شیب نمودار (بیشتر - کم‌تر) است.<br>د) نیروی گرانشی میان دو ذره، با حاصل ضرب جرم آن‌ها نسبت (مستقیم - وارون) دارد.<br>ه) شخصی درون آسانسوری روی یک ترازوی فنری ایستاده است. اگر آسانسور تندشونده به طرف پایین حرکت کند، ترازو عددی (کوچک‌تر - بزرگ‌تر) از وزن شخص را نشان می‌دهد. |
| ۶    | ۱           | الف) لختی را تعریف کنید.<br>ب) شخصی در حال هل دادن جعبه‌های سنگین روی سطح افقی است و این جعبه در جهت این نیرو حرکت می‌کند. با توجه به آن که نیرویی که شخص به جعبه وارد می‌کند با نیرویی که جعبه به شخص وارد می‌کند هم‌اندازه است، توضیح دهید چگونه جعبه حرکت می‌کند.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ۷    | ۱           | مطابق شکل روبه‌رو جسمی به جرم $8\text{ kg}$ روی سطح افقی در حال حرکت است. اگر شتاب جعبه در این حالت $1/5\text{ m/s}^2$ باشد، ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جعبه را به دست آورید. ( $g = 10\text{ N/kg}$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ۸    | ۱           | دو گوی هم‌اندازه را که جرم یکی سه برابر دیگری است ( $m_2 = 3m_1$ ) از بالای برجی به ارتفاع $h$ به طور هم‌زمان رها می‌کنیم. با فرض این که نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی، ثابت و یکسان باشد با نوشتن روابط لازم، شتاب حرکت گوی‌ها را با هم مقایسه کنید.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ۹    | ۰/۷۵        | جاهای خالی را با کلمات مناسب داده‌شده پر کنید. (یک کلمه اضافی است).<br>افزایش - کاهش - مکان‌یابی پژواکی - لیتوتریپسی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ۱۰   | ۰/۷۵        | الف) در حرکت هماهنگ ساده، وقتی نوسانگر به طرف نقطه تعادل حرکت می‌کند، انرژی پتانسیل آن ..... می‌یابد.<br>ب) برای اندازه‌گیری تندی شارش خون، از ..... همراه با اثر دوپلر استفاده می‌شود.<br>ج) با کاهش دما و افزایش چگالی هوا، ضریب شکست هوا ..... می‌یابد.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ۱۱   | ۰/۵         | آزمایشی را توضیح دهید که نشان دهد آیا صوت در خلأ منتشر می‌شود.<br>وسایل آزمایش: گوشی تلفن همراه، محفظه تخلیه هوای شیشه‌ای، پمپ تخلیه هوا<br>در شکل روبه‌رو، زاویه بین دو آینه چند درجه باشد تا پرتوهای تابش و بازتابیده از آینه $M_2$ بر هم منطبق گردند؟                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

۱۲ مطابق شکل روبه‌رو، چند آونگ را از سیمی آویخته‌ایم. با به نوسان درآوردن آونگ X:



الف) آیا همه آونگ‌ها شروع به نوسان می‌کنند؟  
ب) در کدام آونگ پدیده تشدید اتفاق می‌افتد؟

۱۳ معادله نوسانی یک نوسانگر در SI به صورت  $x = 0.05 \cos 10\pi t$  است.

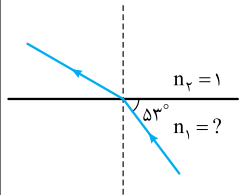
الف) بسامد زاویه‌ای آن چند رادیان بر ثانیه است؟

ب) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظه  $t = \frac{1}{400}$  s به دست آورید.  $(\cos \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2}, \pi^2 = 10)$

۱۴ شنونده‌ای از فاصله ۶۴۰ متری یک چشمه صوت به فاصله ۱۶۰ متری آن می‌رود. تراز شدت صوتی که می‌شنود چند دسی‌بل افزایش می‌یابد؟  $(\log 2 = 0.3)$

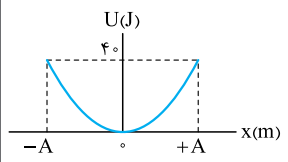
۱۵ فتری به جرم  $0.6 \text{ kg}$  و طول  $4 \text{ m}$  را با نیروی  $1/2 \text{ N}$  می‌کشیم. اگر موج عرضی ایجاد شده با بسامد  $2/8 \text{ Hz}$  در طول فنر منتشر شود، طول موج آن را به دست آورید.  $(\sqrt{2} = 1/4)$

۱۶ الف) مطابق شکل روبه‌رو، پرتوی نوری تحت زاویه  $53^\circ$  به مرز آب - هوا برخورد کرده است. اگر زاویه شکست  $53^\circ$  باشد،



ضریب شکست را به دست آورید.  $(\sin 53^\circ = 0.8, \sin 37^\circ = 0.6)$

ب) نمودار انرژی پتانسیل بر حسب مکان در سامانه جرم - فنری که به آن وزنه‌ای به جرم  $200 \text{ g}$  وصل شده است، مطابق شکل روبه‌رو می‌باشد. بیشینه سرعت نوسانگر را به دست آورید.



۱۷ در جدول زیر برای هر گزاره از ستون (۱) گزاره مناسب از ستون (۲) را انتخاب کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید. (در ستون (۲) یک مورد اضافه است).

| ستون (۱)                                                  | ستون (۲)               |
|-----------------------------------------------------------|------------------------|
| الف) امواج الکترومغناطیسی گسیل شده از یک جسم جامد ملتهب   | ۱) طیف خطی             |
| ب) کم‌ترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه | ۲) انرژی بستگی هسته‌ای |
| ج) عامل پایداری هسته                                      | ۳) نیروی هسته‌ای       |
| د) انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته           | ۴) انرژی یونش الکترون  |
|                                                           | ۵) طیف پیوسته          |

۱۸ الف) دو نارسایی مدل بور را بنویسید.

ب) فوتون متعلق به کوتاه‌ترین طول موج در رشته براکت  $(n' = 4)$  هیدروژن اتمی چند الکترون‌ولت انرژی دارد؟  $(hc = 1240 \text{ eV.nm}, R = 0.01 \text{ (nm)}^{-1})$

۱۹ نوری با طول موج  $250 \text{ nm}$  به سطحی از جنس فلز تنگستن می‌تابد و سبب گسیل فوتوالکترون‌ها از آن می‌شود.

الف) اگر توان چشمه نور فرودی  $8 \text{ W}$  باشد، در هر دقیقه چه تعداد فوتون از این چشمه گسیل می‌شود؟

ب) افزایش شدت نور فرودی، چه تأثیری در انرژی جنبشی و تعداد فوتوالکترون‌ها دارد؟  $(hc = 2 \times 10^{-25} \text{ J.m})$

۲۰ سرب  $^{210}_{82}\text{Pb}$  هسته دختر پایداری است که از واپاشی  $\alpha$  یا واپاشی  $\beta^-$  حاصل می‌شود. فرایندهای مربوط به هر یک از این واپاشی‌ها را بنویسید. در هر مورد، هسته مادر را به صورت  $^A_Z X$  در نظر گرفته و مقدارهای  $A$  و  $Z$  را مشخص کنید.

# پاسخنامه تشریحی

## آزمون شماره ۱ (نوبت اول)

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

ب) درست

۲- الف) مسافت (ب) سرعت

۳- الف) جابه‌جایی (ب) سرعت

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

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

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

$$= -4 \times 10^5 \text{ m/s}^2$$

۵- الف) a: سرعت اولیه مثبت، شتاب منفی ← نمودار شماره ۲

b: سرعت اولیه مثبت، شتاب مثبت ← نمودار شماره ۱

c: سرعت اولیه منفی، شتاب منفی ← نمودار شماره ۴

d: سرعت اولیه منفی، شتاب مثبت ← نمودار شماره ۳

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

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

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

$$\text{خودرو ۱: } x_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 + v_{0,1} t + x_{0,1} = \frac{1}{2} \times 3 \times t^2 + (0) \times t + 0 = \frac{3}{2} t^2$$

$$\text{کامیون: } v = 54 \text{ km/h} = (54 \div 3.6) \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow x_2 = v_{0,2} t + x_{0,2} = 15t + 0 = 15t$$

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

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

پس از ۱۰ s خودرو به کامیون می‌رسد.

ب) حالا برای به دست آوردن مسافت طی شده توسط خودرو،  $t = 10 \text{ s}$  را در یکی از معادله‌ها قرار می‌دهیم:

$$t = 10 \text{ s} \Rightarrow x_2 = (15 \text{ m/s}) \times (10 \text{ s}) = 150 \text{ m}$$

۷- ثانیه چهارم یعنی از  $t = 3 \text{ s}$  تا  $t = 4 \text{ s}$ . سرعت اول و آخر این بازه را به دست می‌آوریم.

$$v = 6t - 21$$

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

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

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

۸- الف) نادرست

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

۹- الف) بیشتر (ب) تغییر شکل

۱۰- الف) اول (ب) مستقیم

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



۱۲- وقتی چتر باز ۱۰ s پس از پرش، چترش را باز می‌کند، سرعتش از سرعت حدی بیشتر است؛ پس، در هنگام باز شدن چتر، نیروی مقاومت هوای بزرگ‌تری نسبت به وزن چتر باز به چتر باز وارد می‌شود و یک شتاب بالاسو به او می‌دهد. این شتاب بالاسو که در خلاف جهت سرعت است، باعث کند شدن حرکت می‌شود. با کند تر شدن حرکت، نیروی مقاومت هوا کاهش می‌یابد. کاهش یافتن نیروی مقاومت هوا تا جایی ادامه می‌یابد که اندازه آن با اندازه نیروی وزن برابر شود. در این لحظه چون نیروی خالص وارد بر چتر باز صفر می‌شود، چتر باز با تندی ثابت و حدی  $5 \text{ m/s}$  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، اندازه نیروی عمودی سطح وارد بر شخص است. جهت مثبت را به طرف بالا در نظر می‌گیریم؛ بنابراین:

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

$$= (60 \text{ kg})(10 \text{ N/kg}) + (60 \text{ kg})(2 \text{ N/kg}) = 720 \text{ N}$$

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

$$F = f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg = 0.6 \times (50 \text{ kg}) \times (10 \text{ N/kg}) = 300 \text{ N}$$

۱۵- الف) a - چون شیب نمودار  $F_e$  بر حسب x برای آن بیشتر است. (ب) با توجه به قانون هوک داریم:

$$F_e = kx \Rightarrow 20 \text{ N} = k(2 \text{ cm}) \Rightarrow 20 \text{ N} = k(0.02 \text{ m}) \Rightarrow k = \frac{20 \text{ N}}{0.02 \text{ m}}$$

$$= 1000 \text{ N/m}$$

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

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

$$F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{75 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{3 \text{ s}} = 25 \text{ N} \quad \text{(ب)}$$

۱۷- الف) نادرست. دوره تناوب حرکت نوسانگر جرم - فنر ربطی به دامنه نوسان ندارد

$$\text{و از رابطه } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ به دست می‌آید.}$$

ب) درست

۱۸- الف) دامنه (ب) موج طولی

۱۹- الف) نوسان آزاد (ب) ندارد.

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

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

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

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

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

$$= (4 \times 10^{-2} \text{ m}) \times \sqrt{\frac{800 \text{ N/m}}{2 \text{ kg}}} = 0.8 \text{ m/s}$$

(ب) وقتی تندی نصف تندی پیشینه است، داریم:

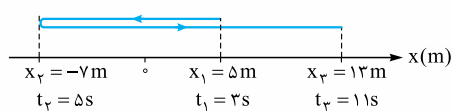
$$v = \frac{v_{\max}}{2} = \frac{0.8 \text{ m/s}}{2} = 0.4 \text{ m/s}$$

$$E = U + K \Rightarrow \frac{1}{2}kA^2 = U + \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \frac{1}{2}(\lambda \cdot 0.0 \text{ N/m}) \times (0.04 \text{ m})^2 = U + \frac{1}{2} \times (2 \text{ kg}) \times (0.4 \text{ m/s})^2 \Rightarrow U = 0.48 \text{ J}$$

### آزمون شماره ۲ (نوبت اول)

۱- الف) پاره‌خط جهت‌داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می‌کند، بردار جابه‌جایی نامیده می‌شود.

(ب) بردار سرعت متوسط



۳- در لحظه  $t = 2 \text{ s}$  سرعت متحرک صفر است:

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = 2a + v_0 \Rightarrow v_0 = -2a$$

در بازه زمانی (۰, ۲ s) سرعت متوسط متحرک را به دست می‌آوریم:

$$v_{\text{av}} = \frac{v + v_0}{2} \Rightarrow v_{\text{av}} = \frac{0 - 2a}{2} = -a \quad (1)$$

از طرفی در بازه زمانی (۰, ۲ s) سرعت متوسط را از رابطه  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$  می‌توانیم به دست آوریم:

$$v_{\text{av}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{13 \text{ m} - 5 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 4 \text{ m/s} \quad (2)$$

$$(1) \text{ و } (2) \Rightarrow -a = 4 \text{ m/s}^2 \Rightarrow a = -4 \text{ m/s}^2$$

۴- سرعت ثابت است:  $v = v_{\text{av}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{9 \text{ m} - (-12 \text{ m})}{3 \text{ s} - 0 \text{ s}} = 7 \text{ m/s}$

متحرک در مبدأ زمان در  $x_0 = -12 \text{ m}$  قرار دارد؛ پس:

$$x = vt + x_0 \Rightarrow x = 7t + (-12) = 7t - 12$$

(ب) تغییرات سرعت

۵- الف) بزرگ‌تر یا مساوی

۶- نمودار «پ» - چون از  $t_1$  تا  $t_2$  شتاب صفر است، شیب نمودار  $v - t$  در بازه زمانی صفر تا  $t_1$  باید صفر باشد (رد گزینه «الف»). از  $t_1$  تا  $2t_1$  شیب نمودار  $v - t$  باید مثبت باشد، چون شتاب مثبت است. با استدلال مشابه از  $2t_1$  تا  $3t_1$  باید شیب نمودار  $v - t$  منفی باشد. دو گزینه «پ» و «ت» این ویژگی را دارند، اما اندازه تغییرات سرعت در بازه زمانی  $t_1$  تا  $2t_1$  بیشتر از بازه زمانی  $2t_1$  تا  $3t_1$  است؛ چون:

$$\Delta v = a \Delta t \Rightarrow \begin{cases} (t_1, 2t_1): \Delta v_1 = a_1(2t_1 - t_1) = a_1 t_1 \\ (2t_1, 3t_1): |\Delta v_2| = \left| -\frac{a_1}{2}(3t_1 - 2t_1) \right| \\ = \left| -\frac{a_1 t_1}{2} \right| = \frac{a_1 t_1}{2} \end{cases}$$

در نمودار «پ» تغییرات سرعت از  $t_1$  تا  $2t_1$  بیشتر از  $2t_1$  تا  $3t_1$  است؛ پس این گزینه درست است.

۷- سرعت متوسط برابر با جابه‌جایی کل تقسیم بر زمان کل است؛ پس اول به سراغ محاسبه زمان هر یک از جابه‌جایی‌ها می‌رویم:

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta x_1}{v_1} = \frac{10 \text{ m}}{2 \text{ m/s}} = 5 \text{ s}$$

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta x_2}{v_2} = \frac{20 \text{ m}}{4 \text{ m/s}} = 5 \text{ s}$$

$$\Delta t_3 = \frac{\Delta x_3}{v_3} = \frac{30 \text{ m}}{6 \text{ m/s}} = 5 \text{ s}$$

حالا سرعت متوسط را به دست می‌آوریم:

$$v_{\text{av}} = \frac{\Delta x_{\text{T}}}{\Delta t_{\text{T}}} = \frac{10 \text{ m} + 20 \text{ m} + 30 \text{ m}}{5 \text{ s} + 5 \text{ s} + 5 \text{ s}} = \frac{60 \text{ m}}{15 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}$$

۸- الف) نادرست - نیروهایی مانند نیروی الکتریکی و یا گرانشی نیاز به تماس ندارند.

(ب) نادرست - تغییر تکانه ( $\Delta p$ ) دو برابر نمی‌شود، بلکه تکانه ( $p$ ) دو برابر می‌شود.

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

۱۰- مقدار کم‌تری را نشان می‌دهد. اگر جهت مثبت را به سمت پایین بگیریم و قانون دوم را برای شخص بنویسیم، داریم:

$$mg - F_N = ma \Rightarrow F_N = mg - ma \Rightarrow F_N = m(g - a) < W$$

۱۱- الف) نیروی مقاومت هوا در خلاف جهت حرکت است و نیروی وزن هم همواره به سمت مرکز زمین است.

(ب) برای به دست آوردن بزرگی شتاب، ابتدا باید اندازه نیروی خالص را حساب کنیم.



$$m = 120 \text{ kg} \Rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = \vec{F}_d + \vec{W} = (0.5 \text{ N})\vec{i} - (mg)\vec{j}$$

$$= (0.5 \text{ N})\vec{i} + (0.12 \text{ kg})(-10 \text{ N/kg})\vec{j}$$

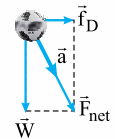
$$\Rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = (0.5 \text{ N})\vec{i} - (1.2 \text{ N})\vec{j} \Rightarrow F_{\text{net}} = (\sqrt{0.5^2 + 1.2^2}) \text{ N}$$

$$= 1.3 \text{ N}$$

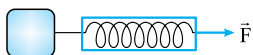
حالا می‌توانیم شتاب را حساب کنیم.

$$a = \frac{F_{\text{net}}}{m} = \frac{1.3 \text{ N}}{0.12 \text{ kg}} = \frac{130}{12} \text{ N/kg}$$

(ب) جهت شتاب همان جهت نیروی خالص است:



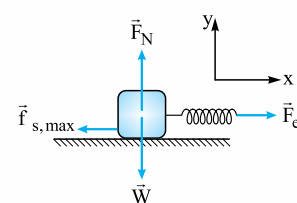
۱۲- قانون دوم نیوتون به صورت  $\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{net}}}{m}$  است. با توجه به این موضوع اگر نیرو دو برابر شود، شتاب دو برابر می‌شود. مطابق شکل روی سطح بدون اصطکاک یک قطعه یخ به جرم  $1 \text{ kg}$  را که در ابتدا ساکن بوده است، به کمک نیروسنجی با نیروی  $\vec{F}$  می‌کشیم و آن را  $1 \text{ m}$  جابه‌جا می‌کنیم. با اندازه‌گیری مدت‌زمان جابه‌جایی با استفاده از رابطه  $\Delta x = \frac{1}{2}at^2$  شتاب را حساب می‌کنیم. حالا اگر همین کار را با نیروی  $2\vec{F}$  انجام دهیم، می‌بینیم شتاب دو برابر می‌شود. در واقع اگر نیرو را  $n$  برابر کنیم، شتاب هم  $n$  برابر می‌شود. پس می‌فهمیم نیرو و شتاب رابطه مستقیم دارند.



۱۳- طبق رابطه  $F = \frac{GmM_e}{r^2}$ ، نیروی گرانشی وارد بر یک جسم از طرف زمین با مجذور فاصله آن از مرکز زمین رابطه عکس دارد؛ پس:

$$\frac{F - \frac{1}{100}F}{F} = \frac{\frac{90}{100}F}{F} = \left(\frac{R_e}{R_e + h}\right)^2 \Rightarrow \frac{90}{100} = \left(\frac{6370}{6370 + h}\right)^2$$

$$\Rightarrow 0.95 = \frac{6370}{6370 + h} \Rightarrow h \approx 335 \text{ km}$$



۱۴- ابتدا شکل ساده‌ای از مسئله را

رسم می‌کنیم و نیروهایی را که بر جسم وارد می‌شوند، نشان می‌دهیم.

چون جسم در راستای قائم حرکت نمی‌کند، در حال تعادل است. با توجه به این موضوع، قانون دوم نیوتون را برای راستای قائم می‌نویسیم و نیروی عمودی سطح را به دست می‌آوریم:

$$F_{\text{net},y} = 0 \Rightarrow F_N - W = 0 \Rightarrow F_N = W = mg$$

$$= (2/5 \text{ kg})(10 \text{ N/kg}) = 25 \text{ N}$$

# درس نامه توپ برای شب امتحان

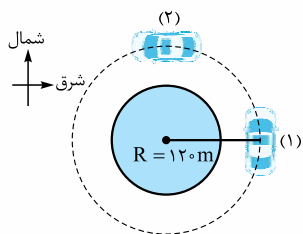
**نکته** همان طور که مسافت و جابه‌جایی دو کمیت متفاوت بودند، تندی متوسط و سرعت متوسط نیز دو کمیت متفاوت هستند.

**مثال** اتومبیلی مطابق شکل بر روی یک

مسیر دایره‌ای در حال دور زدن میدانی است. اگر فاصله اتومبیل از مرکز میدان ۱۲۰ متر باشد و یک دقیقه طول بکشد تا اتومبیل  $\frac{1}{4}$  محیط میدان را بپیماید:

الف) تندی متوسط اتومبیل چند متر بر ثانیه است؟ ( $\pi = 3$ )

ب) سرعت متوسط اتومبیل را به دست آورید.



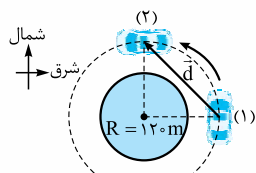
**پاسخ** الف) در ابتدا مسافت طی شده را محاسبه می‌کنیم. مسافتی که اتومبیل از مکان (۱) تا مکان (۲) طی کرده به اندازه  $\frac{1}{4}$  محیط دایره است:

$$l = \frac{1}{4}(\pi R) = \frac{1}{4}(\pi \times 3 \times 120 \text{ m}) = 180 \text{ m}$$

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

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{180 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 3 \text{ m/s}$$

ب) بردار جابه‌جایی اتومبیل را رسم کرده و اندازه بردار جابه‌جایی را به کمک رابطه فیثاغورس به دست می‌آوریم:



$$d = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2}R \Rightarrow d = 120\sqrt{2} \text{ m}$$

اندازه بردار جابه‌جایی  $120\sqrt{2} \text{ m}$  و جهت آن به سمت شمال غربی است.

جهت بردار سرعت متوسط همان جهت بردار جابه‌جایی، یعنی شمال غربی است و اندازه آن

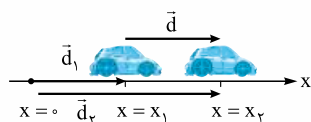
$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{120\sqrt{2} \text{ m}}{60 \text{ s}} = 2\sqrt{2} \text{ m/s}$$

به کمک رابطه  $v_{av} = \frac{d}{\Delta t}$  برابر است با:

## 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 ( $\vec{d}_2$ ) و بردار مکان اولیه ( $\vec{d}_1$ )، بردار جابه‌جایی به دست می‌آید ( $\vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1$ ).

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



$$\vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = x_2 \vec{i} - x_1 \vec{i} = \Delta x \vec{i}$$

بر مبنای بردار جابه‌جایی به دست آمده بالا، بردار سرعت متوسط را

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

برای حرکت روی محور X بازنویسی می‌کنیم:

**نکته** در حرکت بر خط راست می‌توانیم از حالت برداری صرف نظر کنیم. در این صورت مثبت بودن  $v_{av}$  یعنی متحرک در جهت محور X حرکت کرده است و منفی بودن آن بیانگر حرکت متحرک به سمت منفی محور X است.

## تندی لحظه‌ای و سرعت لحظه‌ای

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

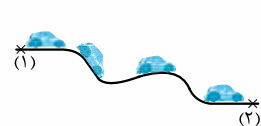
## فصل: حرکت بر خط راست

### 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 تندی 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:



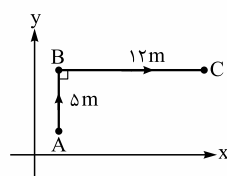
**مسافت:** به طول مسیری که متحرک طی می‌کند تا از مکانی به مکان دیگر منتقل شود، مسافت گفته می‌شود. مسافت یک کمیت عددی است و واحد آن در SI، متر (m) است.

**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 صفحه  $x-y$  از نقطه A به نقطه B و سپس از نقطه B به نقطه C می‌رود.



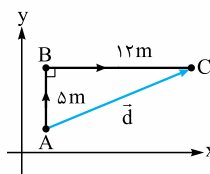
الف) مسافت طی‌شده توسط متحرک در مسیر ABC چند متر است؟

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

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

$$L = AB + BC = 12 \text{ m} + 12 \text{ m} = 24 \text{ m}$$

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



$$d = \sqrt{(AB)^2 + (BC)^2}$$

$$\Rightarrow d = \sqrt{(\Delta m)^2 + (12 \text{ m})^2} = \sqrt{169 \text{ m}^2} = 13 \text{ m}$$

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

### تندی متوسط - سرعت متوسط

اصطلاح تندی و سرعت را بارها شنیده‌اید و معمولاً این دو مفهوم را یکی در نظر گرفته‌اید؛ مثلاً عددی را که تندی سنج 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.



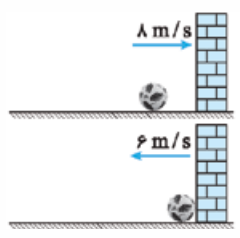
### حرکت شتاب دار

حرکت شتاب دار حرکتی است که در آن سرعت متحرک تغییر می کند. این تغییر سرعت می تواند ناشی از تغییر اندازه سرعت، تغییر جهت بردار سرعت یا هر دو باشد.

**شتاب متوسط:** به نسبت تغییرات سرعت به زمان صرف شده برای این تغییرات، شتاب متوسط گفته می شود:

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

شتاب کمیته 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 می گردد. اگر مدت زمان تماس توپ با دیوار  $0.2 s$  باشد شتاب متوسط توپ در این برخورد چند متر بر مربع ثانیه است؟

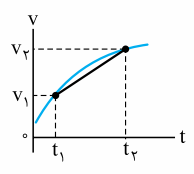
**پاسخ:** با توجه به این که حرکت در راستای محور X است، بردار سرعت های اولیه و ثانویه توپ را به صورت مقابل می نویسیم:  $\vec{v}_1 = (8 m/s)\vec{i}$  و  $\vec{v}_2 = (-6 m/s)\vec{i}$  حالا می توانیم بردار شتاب متوسط را به دست آوریم:

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{(-6 m/s)\vec{i} - (8 m/s)\vec{i}}{0.2 s} = \vec{a}_{av} = (-70 m/s^2)\vec{i}$$

**شتاب لحظه ای:** به نسبت تغییرات سرعت به یک بازه زمانی بسیار کوتاه (که در فیزیک به آن لحظه گفته می شود) شتاب لحظه ای می گوئیم.

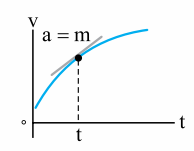
### نمودار سرعت-زمان

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

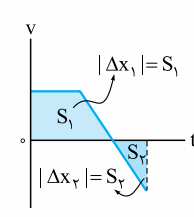


**نکته:** شیب خطی که دو نقطه از نمودار سرعت-زمان را به هم وصل کند، شتاب متوسط را در آن بازه زمانی به ما می دهد:

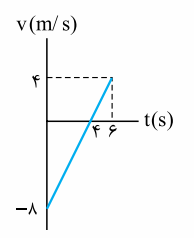
$$\text{شیب} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_{av}$$



● شیب خط مماس بر نمودار سرعت-زمان، شتاب متحرک را در آن لحظه نشان می دهد:



● مساحت محصور بین نمودار سرعت-زمان و محور t، جابه جایی متحرک را در آن بازه زمانی نشان می دهد. اگر نمودار بالای محور t باشد، جابه جایی مثبت و اگر زیر محور t باشد، جابه جایی منفی است:  $\Delta x_1 > 0$ ,  $\Delta x_2 < 0$   
 $\Delta x_{کل} = \Delta x_1 + \Delta x_2$   
مسافت  $l = |\Delta x_1| + |\Delta x_2|$



**مثال:** نمودار سرعت-زمان متحرکی مطابق شکل است. الف) شتاب متحرک در بازه زمانی (1s تا 3s) چند متر بر مربع ثانیه است؟  
ب) جابه جایی متحرک تا لحظه  $t = 6 s$  چند متر است؟  
پ) تندی متوسط متحرک در 6 ثانیه اول حرکت چند متر بر ثانیه است؟

**پاسخ:** الف) در نمودار سرعت-زمان، شیب نمودار بین دو نقطه شتاب متوسط متحرک را در آن بازه زمانی نشان می دهد. شیب نمودار ثابت است؛ پس شتاب متحرک در 6 ثانیه اول حرکت ثابت است. با توجه به این موضوع، با محاسبه شیب خط یا شتاب در بازه زمانی (0s تا 6s) می توانیم به شتاب متحرک در بازه زمانی (1s تا 3s) نیز دست یابیم:

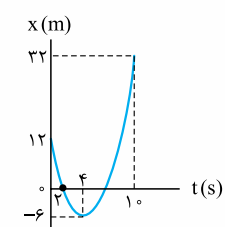
$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{4 m/s - (-8 m/s)}{6 s - 0} \Rightarrow a_{av} = 2 m/s^2$$

**سرعت لحظه ای:** اگر علاوه بر تندی لحظه ای جهت حرکت جسم را نیز مشخص کنیم، سرعت لحظه ای متحرک را مشخص کرده ایم، از این رو تندی لحظه ای را با v و سرعت لحظه ای را با  $\vec{v}$  نمایش می دهیم.

**نکته:** در متن های فیزیکی به سرعت لحظه ای به اختصار سرعت و به تندی لحظه ای، تندی گفته می شود.

### نمودار مکان-زمان

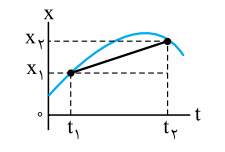
نمودار مکان-زمان، نموداری است که به کمک آن مکان متحرک را می توان در هر لحظه مشخص کرد.



**نکته:** نمودار مکان-زمان با مسیر حرکت متفاوت است. **مثال:** در شکل مقابل، نمودار مکان-زمان متحرکی را مشاهده می کنید که بر روی محور X در حرکت است. سرعت متوسط متحرک را در بازه زمانی (2s, 4s) به دست آورید.

**پاسخ:** در بازه زمانی (2s, 4s) متحرک از  $x_1 = 0$  تا  $x_2 = -6$  جابه جا شده است:

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



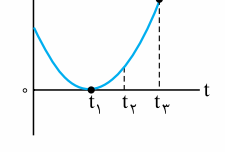
**نکته:** شیب خطی که دو نقطه از نمودار مکان-زمان را به هم وصل می کند، سرعت متوسط را بین آن دو نقطه به ما نشان می دهد. اگر شیب خط مثبت باشد، علامت سرعت متوسط مثبت و اگر شیب خط منفی باشد، علامت سرعت متوسط منفی است. مثلاً در نمودار مقابل داریم:

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

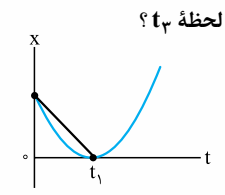
**نکته:** به کمک نمودار مکان-زمان می توان سرعت لحظه ای را به دست آورد. برای این کار کافی است در لحظه مورد نظر مماسی را بر نمودار رسم کنیم.

شیب خط مماس بر نمودار مکان-زمان در هر لحظه سرعت لحظه ای متحرک را نشان می دهد. 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.

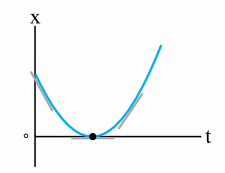
### نمودار مکان-زمان متحرکی که بر خط راست حرکت می کند مطابق شکل است:



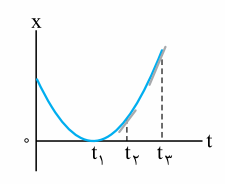
الف) علامت سرعت متوسط متحرک را از لحظه شروع تا لحظه  $t_1$  تعیین کنید.  
ب) در چه لحظه ای متحرک، جهت حرکت خود را عوض کرده است؟



پ) اندازه سرعت متحرک در لحظه  $t_2$  بیشتر است یا در لحظه  $t_1$ ؟  
**پاسخ:** الف) بر روی نمودار، لحظه شروع تا لحظه  $t_1$  را به هم وصل می کنیم. شیب این خط سرعت متوسط بین این دو لحظه را نشان می دهد. چون شیب این خط منفی است؛ پس علامت سرعت متوسط آن نیز منفی است.



ب) متحرک در لحظه  $t_1$  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 لحظه های  $t_1$  و  $t_2$  مشاهده می کنیم که شیب خط مماس در لحظه  $t_2$  بیشتر از لحظه  $t_1$  است، بنابراین سرعت متحرک در لحظه  $t_2$  بیشتر است.