

فهرست مطالب

فصل ۱ | حرکت بر خط راست

درسنامه سؤال امتحانی

۱۴	۱۰	درس اول: مفاهیم اولیه حرکت شناسی
۱۹	۱۵	درس دوم: سرعت و تندی
۲۳	۲۰	درس سوم: شتاب
۲۵	۲۴	درس چهارم: معادله مکان - زمان (معادله حرکت)
۲۹	۲۶	درس پنجم: نمودار مکان - زمان
۳۳	۳۰	درس ششم: نمودار مکان - زمان و ارتباط آن با سرعت و شتاب
۳۸	۳۵	درس هفتم: معادله و نمودار سرعت - زمان
۴۲	۳۹	درس هشتم: تعیین شتاب با استفاده از نمودار سرعت - زمان و معرفی نمودار شتاب - زمان
۴۸	۴۴	درس نهم: جمع بندی مفاهیم اولیه حرکت شناسی
۵۲	۵۰	درس دهم: حرکت با سرعت ثابت
۵۵	۵۴	درس یازدهم: حرکت دو متحرک با سرعت ثابت
۶۱	۵۷	درس دوازدهم: حرکت با شتاب ثابت روی خط راست و معادله سرعت - زمان در این نوع حرکت
۶۷	۶۴	درس سیزدهم: مکان معادله مکان - زمان در حرکت با شتاب ثابت
۶۸	۶۷	درس چهاردهم: معادله مستقل از زمان
۷۱	۶۹	درس پانزدهم: نمودار مکان - زمان در حرکت با شتاب ثابت
۷۴	۷۳	درس شانزدهم: جمع بندی مفاهیم و روابط در حرکت با شتاب ثابت
۷۷	۷۶	درس هفدهم: حرکت دو متحرک که حداقل یکی از آن‌ها با شتاب ثابت حرکت می‌کند

فصل ۲ | دینامیک

درسنامه سؤال امتحانی

۸۰	۷۸	درس اول: نیرو و قانون اول نیوتون
۸۳	۸۱	درس دوم: قانون دوم نیوتون
۸۵	۸۴	درس سوم: قانون سوم نیوتون
۸۹	۸۶	درس چهارم: معرفی برخی نیروهای خاص؛ این قسمت: نیروی وزن و نیروی مقاومت شاره
۹۲	۹۱	درس پنجم: معرفی برخی نیروهای خاص؛ این قسمت: نیروی کشش طناب
۹۶	۹۳	درس ششم: معرفی برخی نیروهای خاص؛ این قسمت: نیروی عمودی سطح
۱۰۲	۹۸	درس هفتم: معرفی برخی نیروهای خاص؛ این قسمت: نیروی اصطکاک و نیروی تکیه‌گاه
۱۰۸	۱۰۶	درس هشتم: معرفی برخی نیروهای خاص؛ این قسمت: نیروی کشسانی فنر
۱۱۳	۱۱۰	درس نهم: تکانه
۱۱۷	۱۱۵	درس دهم: نیروی گرانشی

فصل ۳ | نوسان و موج

درسنامه	سؤال امتحانی	درس اول: آشنایی با حرکت هماهنگ ساده
۱۱۸	۱۲۲	درس دوم: نمودار مکان-زمان در حرکت هماهنگ ساده
۱۲۴	۱۲۵	درس سوم: نوسانگر جرم-فنر؛ شتاب و نیرو در نوسان هماهنگ ساده
۱۲۶	۱۲۹	درس چهارم: انرژی در حرکت هماهنگ ساده
۱۳۰	۱۳۳	درس پنجم: آونگ ساده
۱۳۶	۱۳۷	درس ششم: جمع بندی و مرور حرکت هماهنگ ساده
۱۳۸	۱۴۱	درس هفتم: بسامد طبیعی، نوسان واداشته و پدیده تشدید
۱۴۲	۱۴۳	درس هشتم: موج و انواع آن
۱۴۴	۱۴۹	درس نهم: بررسی دقیق تر امواج عرضی
۱۵۱	۱۵۵	درس دهم: امواج الکترومغناطیسی
۱۵۷	۱۵۹	درس یازدهم: امواج طولی و مفاهیم اولیه صوت
۱۶۱	۱۶۵	درس دوازدهم: شدت و تراز شدت صوت - ادراک شنوایی
۱۶۶	۱۶۸	درس سیزدهم: اثر دوپلر
۱۷۰	۱۷۲	درس چهاردهم: بازتاب موج؛ بخش اول: بازتاب امواج مکانیکی
۱۷۳	۱۷۷	درس پانزدهم: بازتاب موج؛ بخش دوم: بازتاب امواج الکترومغناطیسی
۱۷۹	۱۸۱	درس شانزدهم: شکست موج؛ بخش اول: شکست امواج مکانیکی
۱۸۳	۱۸۷	درس هفدهم: شکست موج؛ بخش دوم: شکست امواج الکترومغناطیسی
۱۸۸	۱۹۳	

فصل ۴ | آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

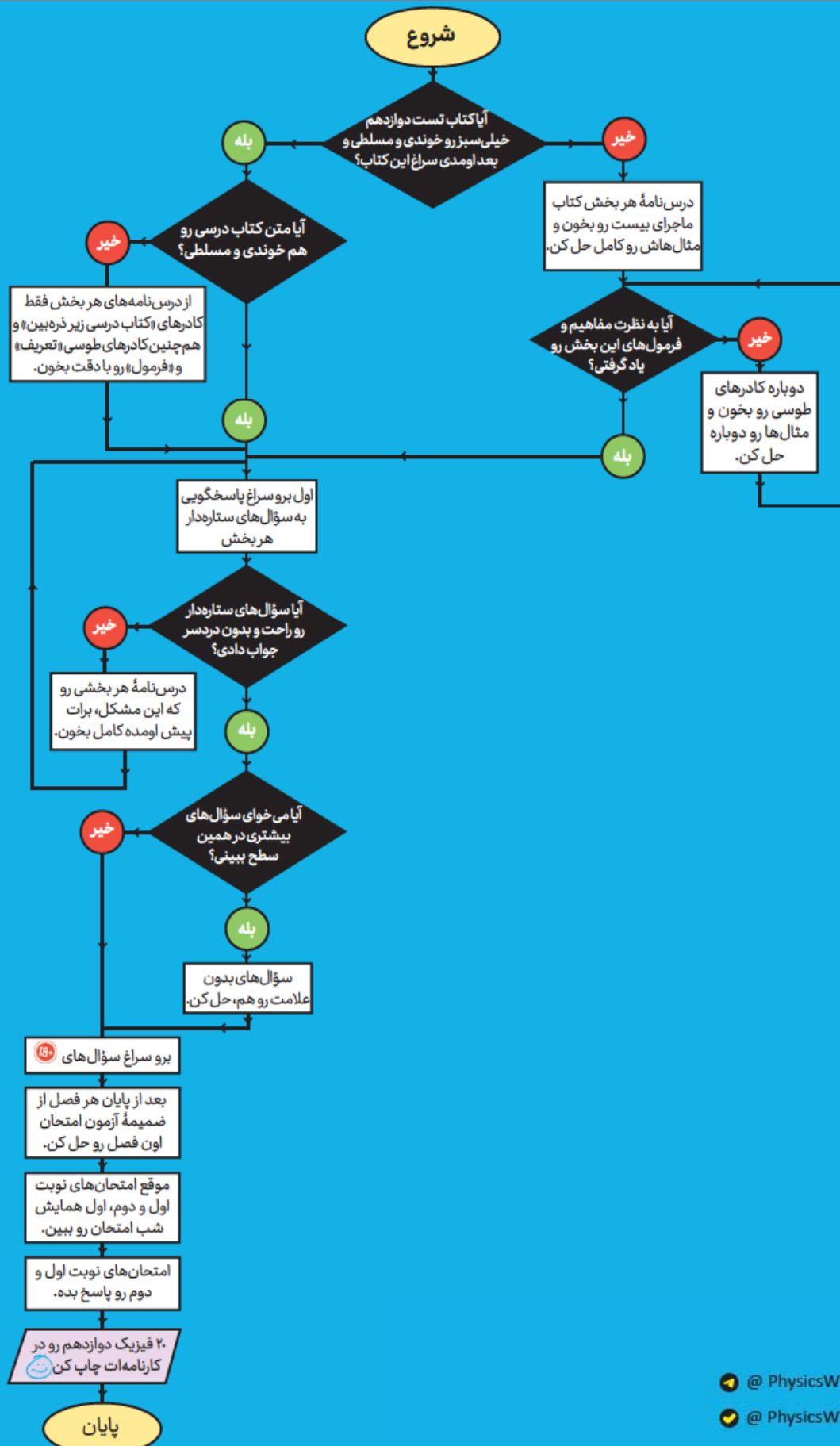
درسنامه	سؤال امتحانی	درس اول: فیزیک کلاسیک و فیزیک جدید - پدیده فتوالکتریک
۱۹۷	۲۰۰	درس دوم: طیف گسیلی خطی
۲۰۲	۲۰۵	درس سوم: سیر پیشرفت مدل‌های اتمی
۲۰۶	۲۰۹	درس چهارم: طیف جذبی - موفقیت‌ها و نارسایی‌های مدل بور
۲۱۲	۲۱۴	درس پنجم: لیزر
۲۱۵	۲۱۶	درس ششم: الفبای فیزیک هسته‌ای
۲۱۸	۲۲۰	درس هفتم: نیروی هسته‌ای و پایداری هسته
۲۲۱	۲۲۳	درس هشتم: پرتوزایی
۲۲۵	۲۲۷	درس نهم: نیمه عمر
۲۲۹	۲۳۱	

پاسخ‌نامه تشریحی

۲۳۵	پاسخ‌نامه تشریحی فصل اول
۲۶۰	پاسخ‌نامه تشریحی فصل دوم
۲۷۹	پاسخ‌نامه تشریحی فصل سوم
۳۰۷	پاسخ‌نامه تشریحی فصل چهارم

صفحه راهنمای استفاده از کتاب فیزیک دوازدهم ماجرای بیست!

(این فقط یک پیشنهاد است و هیچ ارزش مادی، معنوی، فرهنگی، هنری، ورزشی، اخلاقی و ... دیگری ندارد!)



آشنایی با ماجرای بیست فیزیک دوازدهم تجربی خیلی سبز

یک اسکن، همه چیز در دسترس

اول از همه باید فعال سازی پنل کتاب رو انجام بدی تا به همه محتواها و امکانات دسترسی داشته باشی.

گام اول



فقط کافیه QR Code کتاب رو اسکن کنی!

گام دوم



با شماره موبایلت وارد بشی.

گام سوم



کد اسکرچ رو بعد از خراشیدن، ثبت و فعال سازی کنی. (فقط برای بار اول)

حالا بریم ببینیم با فعال شدن پنل کتاب چیا گیرمون میاد!

نسخه دیجیتال کتاب، کتابخوان خیلی سبز

با خرید نسخه چاپی این کتاب، نسخه دیجیتال اون هم در اختیار شما قرار می‌گیره تا بتونید در هر زمان و مکانی به محتوای کتاب دسترسی داشته باشید. کتابخوان دیجیتال خیلی سبز به شما این امکان رو می‌ده که متناسب با سبک مطالعه خودتون، از امکانات متنوعش استفاده کنید.



امکان مطالعه در هر دستگاهی



یادداشت کردن



هایلایت کردن و علامت گذاری



همایش ویژه شب امتحان

همه دانش آموزها در هر سطحی که هستن، قبل از امتحان‌های نهایی (یا نوبت اول) نیاز دارن که یه معلم حرفه‌ای کار رو براشون جمع کنه! جواب این نیاز چیزی نیست جز همایش‌های شب امتحان خیلی سبز که ویژگی‌های زیر رو دارن:

- تدریس شده توسط بهترین دبیران
- مرور کاربردی ویژه امتحان نهایی
- تحلیل امتحان‌های نهایی سال‌های اخیر
- بررسی تمام نکات مهم و پرکاربرد
- نکات مشاوره‌ای و پیش‌بینی سؤالات امتحان نهایی
- آموزش تشریحی نویسی

۴

آموزش ویدیویی، فایل ها و Pdf های تکمیلی



آموزش ویدیویی، امتحان های نهایی، امتحان های مبحثی، خلاصه درس شب امتحانی و ... تنها بخشی از محتواهای افزوده این کتابه که کم کم براتون روی پنل کتاب آپلود می شه!



۵

نمونه سؤال های آزمون تشریحی خیلی سبز



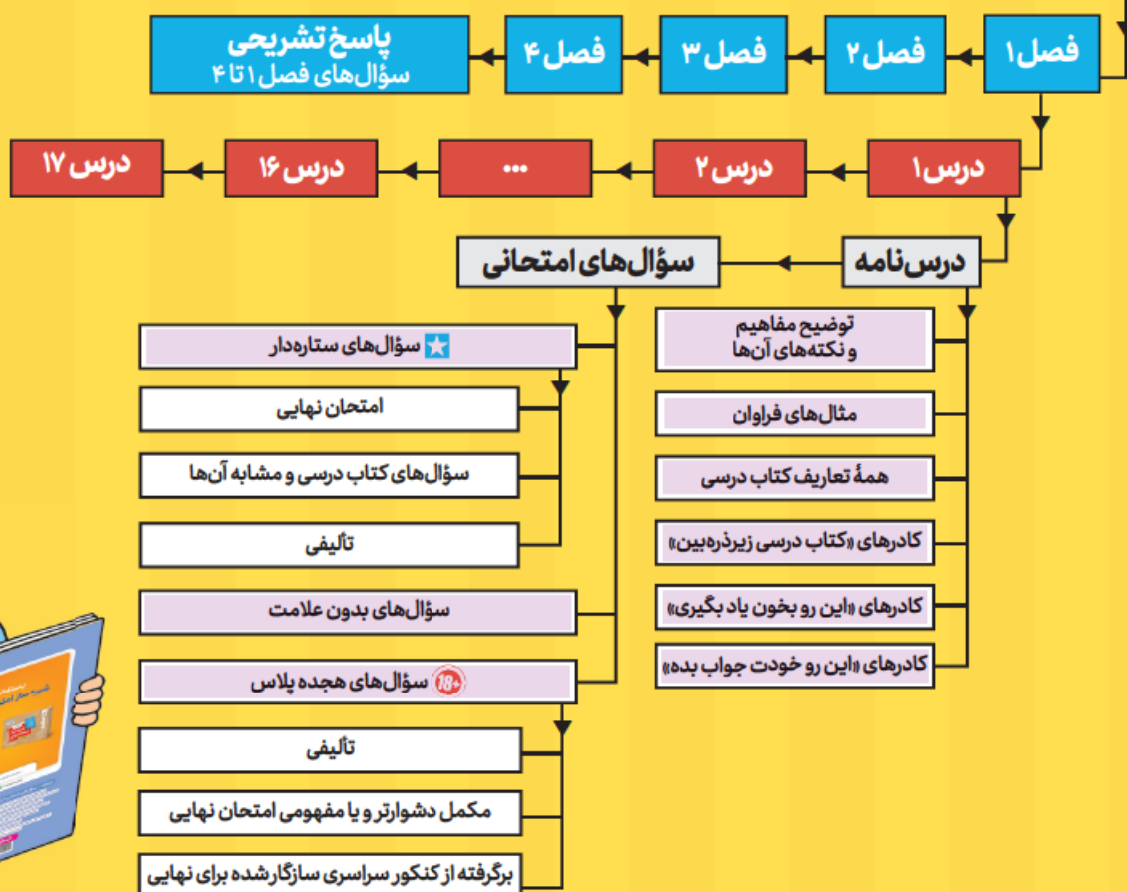
آزمون های تشریحی خیلی سبز، پرمخاطب ترین آزمون های آزمایشی در کشور هستند! این آزمون ها با کیفیت ترین و شبیه ترین سؤال ها به امتحان های نهایی رو دارن و ما آرشیو این آزمون ها رو براتون در پنل کتاب قرار دادیم.

حالا بریم ببینیم داخل کتاب چه خبره!

۶

ساختار کتاب اصلی در یک نگاه

کل کتاب اصلی





معرفی آیکون‌ها و کادرهای درس‌نامه



کادرهای فرمول و تعریف

این رو بخون یادگیری

این رو خودت جواب بده

کتاب درسی زیر ذره بین

نکته

تذکر

توجه

همه فرمول‌ها و تعریف‌هایی رو که باید، حفظ باشید، داخل این کادرها قرار داره!

در این کادرها به شما گفتیم که چه طور از فرمول یا تعریفی که یاد گرفتید، استفاده کنید.

نوبتی هم که باشه، نوبت شماست! ما تعریف، فرمول و نحوه به کار بردنشون رو براتون گفتیم، حالا شما باید خودتون دست به کار بشید و اون‌ها رو در یک سؤال به کار ببرید.

بعضی از جزئیات در کتاب درسی رفتن گوشه - کنارها مخفی شدن! در این کادر به این موارد پرداختیم.

در درس‌نامه به آیکون‌هایی مثل نکته، توجه، تذکر و ... برخورد می‌کنید. همون‌طور که از اسمشون مشخصه، باید دقتتون هنگام خوندن این‌ها چند برابر شود.



معرفی آیکون‌های بخش سؤال‌های امتحانی

فرض کنید دوتا دانش‌آموز به نام‌های دوپونت و دوپونت می‌خوان برای امتحان نهایی از این کتاب استفاده کنن.

دوپونت یه دانش‌آموز با سطح درسی قویه که از اول سال شروع به خوندن این کتاب کرده!

دوپونت یه دانش‌آموز با سطح درسی ضعیفه که خوندن این کتاب رو گذاشته برای بعد از عید و

می‌خواد نزدیک امتحان نهایی از این کتاب استفاده کنه. به نظرتون دوپونت می‌رسه همه سؤال‌هایی رو که دوپونت

در مدت ۹ ماه خونده و حل کرده یه ماه و نیمه بخونه و حل کنه؟ حتمن نه!! پس دوپونت که هدفش ۲۰گرفتنه، توی

حل کردن سؤال‌ها یه فرق‌هایی با دوپونت داره. به همین خاطر ما سؤال‌های امتحانی رو با علامت‌های ۱۸+ و ★

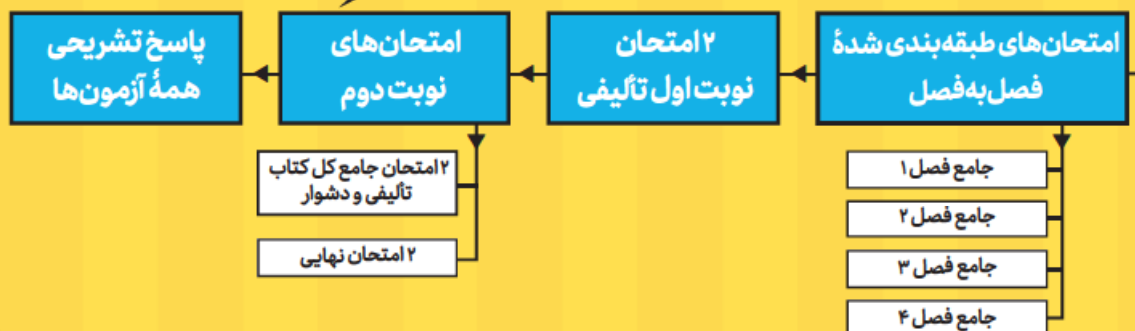
دسته‌بندی کردیم، که هر دانش‌آموز با توجه به سطح و وقتش بتونه از این کتاب استفاده کنه!

آیکون	معرفی	توصیه
★ (۲۳۰ سؤال ستاره‌دار)	حداقل چیزی که یه دانش‌آموز باید برای امتحان نهایی بلد باشه!	اگه حال داری یا نداری، ضعیف هستی یا قوی، در هر صورت سؤال‌های ★ رو حتماً یاد بگیر.
— (سؤال‌های بدون علامت)	این سؤال‌ها برای تثبیت یک ایده آموزشی طراحی شدن.	بعد از سؤال‌های ستاره‌دار برای تمرین بیشتر سؤال‌های بدون علامت را حل کنید.
18+ (بیش از ۱۸۰ سؤال هجده پلاس)	این سؤال‌ها سختن. اگه به کم‌تر از ۲۰ راضی نمی‌شی، برو سراغ سؤال‌ها. این سؤال‌ها شامل سؤال‌های تالیفی، مکمل دشوارتر سؤال‌های امتحان نهایی و سؤال‌های برگرفته از کنکور سازگار شده با اتحان نهایی است.	اگه به اندازه کافی تسلط پیدا کرده باشی، می‌تونی بری سراغ ۱۸+ ها!



ساختار کتاب ضمیمه در یک نگاه

کل کتاب ضمیمه آزمون





دَرِسْتَامَه وَ سَوَّالَاتِ إِمْتِحَانِ



حرکت بر خط راست

۱

درس

۱

مفاهیم اولیه حرکت شناسی

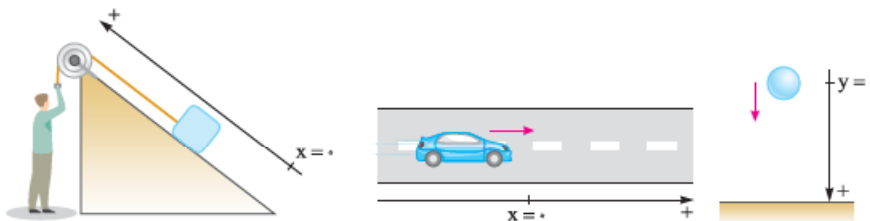
اطراف ما پُر است از اجسامی که در حال حرکت هستند، بنابراین برای درک بهتر این جهان، باید حرکت و انواع آن را بررسی کنیم. بررسی حرکت اجسام در شاخه‌ای از دانش فیزیک به نام حرکت شناسی (سینماتیک) صورت می‌گیرد. یک جسم می‌تواند در فضا (سه بعد، مثل حرکت زنبور در هوا)، صفحه (دو بعد، مثل حرکت مورچه روی زمین در جهت‌های مختلف) و یا بر خط راست (یک بعد، مثل حرکت حلزون در یک مسیر مستقیم) حرکت کند.

حرکت بر خط راست



در حرکت بر خط راست، مسیر حرکت خط راستی است که ممکن است افقی (مانند حرکت اتومبیل روی جاده‌ی راست افقی)، قائم (مانند سقوط آزاد یک سنگ) و یا مایل (مانند بالاکشیدن یک جسم از یک سطح شیب‌دار راست) باشد.

در این نوع حرکت، مسیر حرکت را به عنوان یکی از محورهای مختصات (x یا y) در نظر می‌گیریم و نقطه‌ای روی این محور را به عنوان مبدأ مکان ($x = 0$ یا $y = 0$) اختیار می‌کنیم. به شکل‌های مقابل توجه کنید.



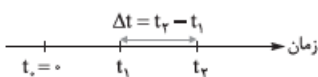
زمان



لحظه: واژه لحظه در فیزیک با کاربرد محاوره‌ای آن در زندگی روزمره متفاوت است. همه ما ممکن است عبارت «لطفاً کمی صبر کن. تنها یک لحظه طول می‌کشد» را در موارد زیادی به کار ببریم که منظور ما، یک بازه زمانی کوتاه، مثلاً چند ثانیه یا چند دقیقه است، ولی در فیزیک یک لحظه به هیچ وجه طول نمی‌کشد، لحظه به یک تک مقدار از زمان اشاره دارد. اگر کمیت زمان را روی یک محور نشان دهیم، هر نقطه از این محور، یک لحظه را نشان می‌دهد.

مبدأ زمان: به لحظه شروع بررسی حرکت (t_0) مبدأ زمان می‌گوییم و به آن عدد صفر را نسبت می‌دهیم ($t_0 = 0$). مثلاً در بررسی حرکت یک اتومبیل، بنا بر شرایط مسئله، می‌توانیم لحظه‌های مختلفی را مبدأ زمان بگیریم؛ مثل لحظه‌ای که چراغ راهنمایی سبز می‌شود، لحظه‌ای که از اتومبیل دیگری سبقت می‌گیرد و یا لحظه‌ای که در فاصله معینی از مکان مشخصی قرار دارد. (معمولاً توو امتحان توایی خودشون مبدأ زمان رو مشخص می‌کنن).

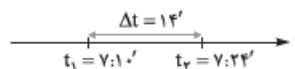
بازه زمانی: یک بازه پیوسته بین دو لحظه را بازه زمانی می‌نامیم و آن را با نماد (t_1, t_2) نشان می‌دهیم. (مواستون باشه $t_1 < t_2$ است). در واقع بازه زمانی شامل تمام لحظات بین دو لحظه t_1 و t_2 است. مثلاً بازه زمانی $(0 \text{ s}, 3 \text{ s})$ شامل تمام لحظات بین دو لحظه $t_1 = 0 \text{ s}$ تا $t_2 = 3 \text{ s}$ است. مدت زمان بین دو لحظه t_1 و t_2 که در واقع طول بازه زمانی (t_1, t_2) است، از رابطه $\Delta t = t_2 - t_1$ به دست می‌آید.



این رو بخون یادگیری

مثان دانش آموزی رأس ساعت هفت و ده دقیقه (لحظه) از منزل به راه می‌افتد و رأس ساعت هفت و بیست و چهار دقیقه (لحظه) به مدرسه می‌رسد. در این صورت طول بازه زمانی حرکت این دانش آموز برابر است با:

$$t_1 = 7:10' \Rightarrow \Delta t = t_2 - t_1 = 7:24' - 7:10' = 14' = 14 \text{ min} = 14 \times 60 \text{ s} = 840 \text{ s}$$



مکان، جابه‌جایی و مسافت



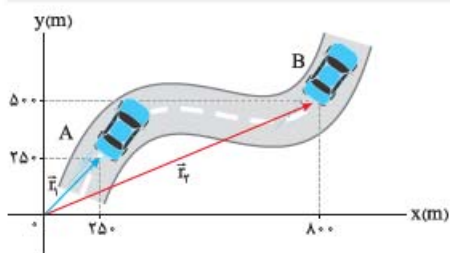
مبدأ مکان: همیشه حرکت اجسام را در یک دستگاه مختصات بررسی می‌کنیم. مبدأ این دستگاه مختصات را به عنوان مبدأ مکان در نظر می‌گیریم. مکان یک جسم در هر لحظه، نسبت به مبدأ مکان (مبدأ مختصات) سنجیده می‌شود.

بردار مکان: برداری که مبدأ مکان را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند، بردار مکان می‌نامیم.

اگر با گذشت زمان، بردار مکان یک جسم تغییر کند، می‌گوییم آن جسم جابه‌جا شده است. مثلاً در شکل مقابل، اتومبیل در لحظه t_1 در نقطه A و در لحظه t_2 در نقطه B است؛ در واقع این یعنی متحرک در بازه زمانی (t_1, t_2) از نقطه A تا نقطه B روی مسیر مشخص شده حرکت کرده است. بردارهای مکان این اتومبیل را در لحظه‌های t_1 و t_2 به صورت زیر نمایش می‌دهیم:

$$\vec{r}_1 = x_1 \vec{i} + y_1 \vec{j} = (250 \text{ m}) \vec{i} + (250 \text{ m}) \vec{j}$$

$$\vec{r}_2 = x_2 \vec{i} + y_2 \vec{j} = (800 \text{ m}) \vec{i} + (500 \text{ m}) \vec{j}$$



جابه‌جایی: برداری که مکان اولیه حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می‌کند، بردار جابه‌جایی می‌نامیم.

$$\vec{d} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

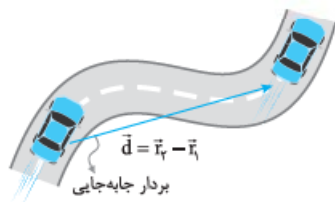
بردار جابه‌جایی که آن را با $\vec{d}$ نشان می‌دهیم و به اختصار آن را جابه‌جایی می‌نامیم، از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

نکته! جابه‌جایی کمیتی برداری است؛ پس، هم جهت دارد و هم اندازه. یکای جابه‌جایی در SI، متر (m) است.

همان طور که می‌بینید، بردار جابه‌جایی از تفاضل بردار مکان اولیه از بردار مکان ثانویه به دست می‌آید.

مثلاً در مثال اتومبیل، بردار جابه‌جایی برابر است با:

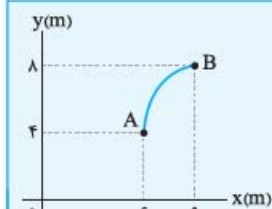
$$\begin{aligned} \vec{d} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 &= [(800 \text{ m}) \vec{i} + (500 \text{ m}) \vec{j}] - [(250 \text{ m}) \vec{i} + (250 \text{ m}) \vec{j}] \\ &= \underbrace{(800 \text{ m} - 250 \text{ m})}_{\Delta x} \vec{i} + \underbrace{(500 \text{ m} - 250 \text{ m})}_{\Delta y} \vec{j} = (550 \text{ m}) \vec{i} + (250 \text{ m}) \vec{j} \end{aligned}$$



نکته! اندازه بردار جابه‌جایی را با d یا $|\vec{d}|$ نشان می‌دهیم و آن را در دو بعد از رابطه $d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$ به دست می‌آوریم.

این رو خودت جواب بده

مثال متحرکی از نقطه A به نقطه B می‌رود؛ اندازه بردار جابه‌جایی این متحرک را به دست آورید.



$$\vec{r}_A = (6 \text{ m}) \vec{i} + (4 \text{ m}) \vec{j}, \quad \vec{r}_B = (9 \text{ m}) \vec{i} + (8 \text{ m}) \vec{j}$$

پاسخ/روش اول: ابتدا بردارهای مکان اولیه و نهایی جسم را برحسب بردارهای یک $\vec{i}$ و $\vec{j}$ می‌نویسیم:

حالا از تفاضل بردارهای مکان نهایی و مکان اولیه، بردار جابه‌جایی را به دست می‌آوریم:

$$\vec{d} = \vec{r}_B - \vec{r}_A = [(9 \text{ m}) \vec{i} + (8 \text{ m}) \vec{j}] - [(6 \text{ m}) \vec{i} + (4 \text{ m}) \vec{j}] = (3 \text{ m}) \vec{i} + (4 \text{ m}) \vec{j}$$

$$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{(3 \text{ m})^2 + (4 \text{ m})^2} = 5 \text{ m}$$

و در نهایت اندازه بردار جابه‌جایی را محاسبه می‌کنیم:

روش دوم: مطابق شکل روبه‌رو ابتدا بردار جابه‌جایی که نقطه A را به نقطه B وصل می‌کند، رسم می‌کنیم.

حالا در مثلث قائم‌الزاویه‌ای که تشکیل شده است، طبق رابطه فیثاغورس داریم:

$$AB^2 = AC^2 + CB^2 \Rightarrow AB^2 = (3 \text{ m})^2 + (4 \text{ m})^2 = 25 \text{ m}^2 \Rightarrow |\vec{d}| = AB = 5 \text{ m}$$

بردارهای مکان و جابه‌جایی در حرکت بر خط راست: در حرکت بر خط راست، بردار مکان هم‌راستا با مسیر حرکت است، اما جهت آن یا در جهت مثبت محور است

و یا در جهت منفی آن؛ مثلاً در شکل روبه‌رو، بردارهای مکان یک توپ بولینگ در

دو لحظه نشان داده شده است.

نکته! هنگام عبور متحرک از مبدأ محور x، بردار مکان متحرک تغییر جهت می‌دهد.

در حرکت بر خط راست، بردار جابه‌جایی نیز همیشه با مسیر حرکت هم‌راستا است، اما جهت آن ممکن است در جهت محور یا در خلاف جهت آن باشد.

$$\text{بردار جابه‌جایی در حرکت بر خط راست: } \vec{d} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = x_2 \vec{i} - x_1 \vec{i} = (\Delta x) \vec{i}$$

برای نمونه در مثال توپ بولینگ داریم:

$$\begin{aligned} \vec{d} &= \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (-2 \text{ m}) \vec{i} - (5 \text{ m}) \vec{i} = (-7 \text{ m}) \vec{i} \Rightarrow |\vec{d}| = d = 7 \text{ m} \end{aligned}$$

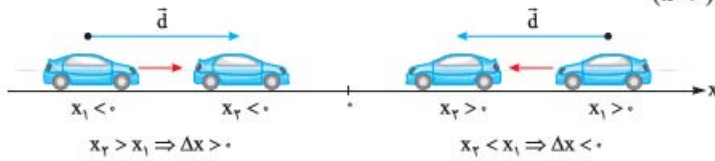
بردار جابه‌جایی





توجه! بردار جابه‌جایی به مبدأ مختصات انتخاب شده بستگی ندارد. برای مثال، در نمونه حرکت توپ بولینگ، اگر هر نقطه دیگری را به عنوان مبدأ مختصات (مکان) انتخاب کنیم، بردار جابه‌جایی همان $\vec{d} = (-7\text{m})\vec{i}$ است.

یک خبر خوب! در حرکت بر خط راست می‌توانیم مکان و جابه‌جایی را به جای بردار با یک عدد نشان دهیم. برای مکان، اگر متحرک در سمت راست مبدأ باشد، این عدد مثبت ($x > 0$) و اگر در سمت چپ مبدأ باشد، این عدد منفی است. ($x < 0$)



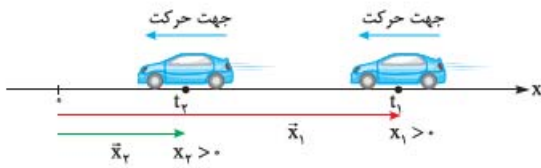
بنابراین اگر جسمی در لحظه t_1 در مکان x_1 و در لحظه t_2 در مکان x_2 باشد، جابه‌جایی جسم در بازه زمانی Δt برابر خواهد بود با:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$\Rightarrow x_2 > x_1 \Rightarrow \Delta x > 0$ اگر متحرک در جهت مثبت محور جابه‌جا شده باشد.

$\Rightarrow x_2 < x_1 \Rightarrow \Delta x < 0$ اگر متحرک در خلاف جهت مثبت محور جابه‌جا شده باشد.

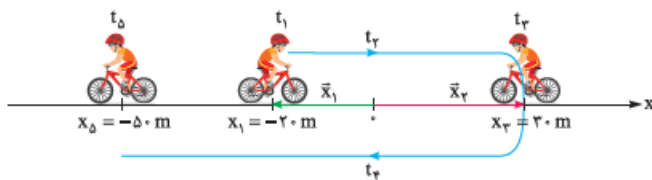
یه اشتباه رایج اما وحشتناک!



۱) لطفاً جهت بردار مکان را با جهت حرکت اشتباه نگیرید! مثلاً در شکل مقابل، در t_1 و t_2 ، جهت حرکت خودرو در خلاف جهت محور x است، اما بردار مکان آن هم در t_1 و هم در t_2 در جهت محور x است.

۲) بردار مکان در لحظه عبور از مبدأ ($x = 0$) تغییر جهت می‌دهد، اما جهت حرکت می‌تواند در هر نقطه‌ای تغییر کند. به شکل زیر توجه کنید. در این شکل کفش‌دوزک در $t_1 = 0$ از $x = 4\text{m}$ در خلاف جهت محور x شروع به حرکت می‌کند. همان‌طور که می‌بینید، جهت بردار مکان در لحظه $t_1 = 0$ در جهت محور x است. کفش‌دوزک در t_1 از مبدأ مکان عبور می‌کند و در نتیجه جهت بردار مکان آن تغییر می‌کند (اما همچنان در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند و تغییر جهت حرکت نداشته است). این کفش‌دوزک حرکت خود را در خلاف جهت محور x ادامه می‌دهد تا در t_2 به نقطه $x = -3\text{m}$ برسد. در این نقطه متوقف می‌شود و جهت حرکتش را تغییر می‌دهد و در جهت محور x به حرکت خود ادامه می‌دهد. (توجه کنید که از t_1 تا پایان حرکت در t_2 بردار مکان همواره در خلاف جهت محور x است.)

این رو بخون یادگیری



مثلاً یک دوچرخه‌سوار حواس‌پرت در لحظه t_1 از مکان x_1 به راه می‌افتد و در لحظه t_2 به مکان x_2 می‌رسد. این دوچرخه‌سوار در این لحظه متوجه می‌شود که مسیر را اشتباه آمده است؛ بنابراین دور می‌زند (لحظه تغییر جهت حرکت t_3) و در لحظه t_4 به مکان x_4 می‌رسد. در این صورت مطابق شکل روبه‌رو، مکان متحرک در لحظات t_1, t_2, t_3, t_4 به ترتیب $x_1 = -20\text{m}, x_2 = 30\text{m}, x_3 = -50\text{m}$ و $x_4 = 30\text{m}$ است.

از طرفی مطابق شکل مشخص است که در لحظات t_2, t_3 دوچرخه‌سوار از مبدأ مختصات عبور می‌کند و بردار مکان آن تغییر می‌کند. با توجه به این اطلاعات، جابه‌جایی دوچرخه‌سوار در بازه‌های زمانی ۱) (t_1, t_2) ، ۲) (t_2, t_3) و ۳) (t_1, t_4) برابر است با:

۱) $\Delta x_{(t_1, t_2)} = x_2 - x_1 = (+30\text{m}) - (-20\text{m}) = +50\text{m}$

۲) $\Delta x_{(t_2, t_3)} = x_3 - x_2 = (-50\text{m}) - (+30\text{m}) = -80\text{m}$

۳) $\Delta x_{(t_1, t_4)} = x_4 - x_1 = (-50\text{m}) - (-20\text{m}) = -30\text{m}$

مسافت و تفاوت‌های آن با جابه‌جایی



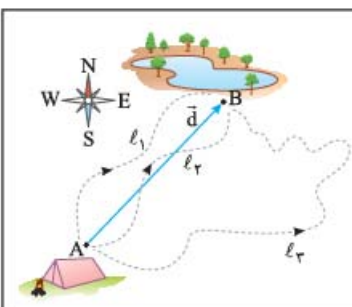
مسافت پیموده‌شده (ℓ): به مجموع طول‌های پیموده‌شده توسط متحرک (طول مسیر حرکت)، مسافت پیموده‌شده و یا به اختصار مسافت می‌گوییم.

تفاوت جابه‌جایی و مسافت هر چند یکای استاندارد مسافت طی‌شده، مانند یکای استاندارد جابه‌جایی، متر (m) است، اما این دو کمیت تفاوت‌های مهمی دارند که حالا می‌خواهیم آن‌ها را بیان کنیم:

- ۱) جابه‌جایی کمیتی برداری است؛ بنابراین علاوه بر بزرگی دارای جهت نیز است. اگر بخواهیم چند جابه‌جایی را با هم جمع کنیم، باید از جمع برداری استفاده کنیم؛ اما مسافت طی‌شده کمیتی نرده‌ای است که جهت ندارد و اگر بخواهیم چند مسافت را با هم جمع کنیم، باید آن‌ها را به صورت جبری جمع کنیم. (همون جمع معمولی فورمون)
- ۲) جابه‌جایی به مسیر حرکت بستگی ندارد، بلکه فقط به نقاط ابتدایی و انتهایی حرکت وابسته است. اما مسافت طی‌شده کاملاً به مسیر حرکت بستگی دارد. اگر چند متحرک از مسیرهای متفاوت بین دو نقطه معین جابه‌جا شوند، بردار جابه‌جایی برای همه آن‌ها یکسان است، اما مسافت‌های پیموده‌شده توسط آن‌ها یکسان نیست.



این رو بخون یادگیری

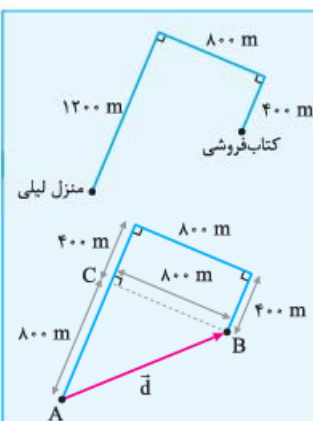


مثال در شکل مقابل، چند گردشگر از مسیرهای مختلف از کمپ خود تا دریاچه می‌روند. همان طور که در شکل می‌بینید، بردار جابه‌جایی همه آن‌ها $\vec{d}$ است که نقطه ابتدای حرکت یعنی A را به نقطه پایان حرکت یعنی B وصل می‌کند؛ اما، مسافت پیموده‌شده توسط آن‌ها (ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3) متفاوت است چون طول این مسیرها متفاوت است.

نکته اگر مسیر حرکت جسمی خط راست نباشد، مسافت طی‌شده توسط آن قطعاً از اندازه جابه‌جایی بزرگ‌تر است. فقط در حرکت بر خط راست، آن هم به شرطی که متحرک تغییر جهت ندهد، مسافت طی‌شده با اندازه جابه‌جایی برابر می‌شود؛ یعنی همواره داریم:

$$\ell \geq |\vec{d}|$$

این رو خودت جواب بده



مثال لیلی برای رفتن به کتاب‌فروشی، مسیر منزل تا کتاب‌فروشی را مطابق شکل طی می‌کند.

الف) بردار جابه‌جایی لیلی را رسم کرده و اندازه آن را به دست آورید.

ب) مسافت طی‌شده توسط لیلی را محاسبه کنید.

پاسخ الف بردار جابه‌جایی لیلی برداری است که مکان اولیه لیلی (منزل) را به مکان ثانویه او (کتاب‌فروشی) وصل می‌کند. اول این بردار ($\vec{d}$) را در شکل روبه‌رو رسم می‌کنیم:

حالا با توجه به شکل، می‌توانیم با استفاده از رابطه فیثاغورس، اندازه بردار جابه‌جایی را به دست آوریم:

$$|\vec{d}| = AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} = \sqrt{800^2 + 800^2} = 800\sqrt{2} \text{ m} \approx 1131/4 \text{ m}$$

پ مسافت طی‌شده توسط لیلی با مجموع طول‌های پیموده‌شده توسط او برابر است؛ یعنی:

$$\ell = 1200 \text{ m} + 800 \text{ m} + 400 \text{ m} = 2400 \text{ m}$$

همان طور که ملاحظه می‌کنید، چون لیلی تغییر جهت داده است، مسافت طی‌شده توسط لیلی از اندازه جابه‌جایی او بزرگ‌تر است.

مسافت طی‌شده در حرکت بر خط راست: برای محاسبه مسافت طی‌شده روی خط راست، دو حالت وجود دارد:

۱ اگر متحرک بدون تغییر جهت بر خط راست حرکت کند، مسافت طی‌شده با اندازه (قدرمطلق) جابه‌جایی برابر است؛ یعنی:

$$\ell = |\Delta x|$$

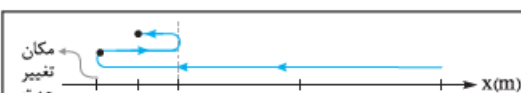
۲ اگر متحرک تغییر جهت دهد، باید اندازه (قدرمطلق) جابه‌جایی متحرک قبل از تغییر جهت حرکت را با اندازه (قدرمطلق) جابه‌جایی بعد از تغییر جهت حرکت جمع کنیم؛ یعنی:

$$\ell = |\Delta x_1| + |\Delta x_2|$$

تذکر اگر جهت حرکت متحرک بیش از یک بار تغییر کند، برای به دست آوردن مسافت، همین کار را تا آخر حرکت انجام می‌دهیم.

$$\ell = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3| + \dots$$

این رو بخون یادگیری

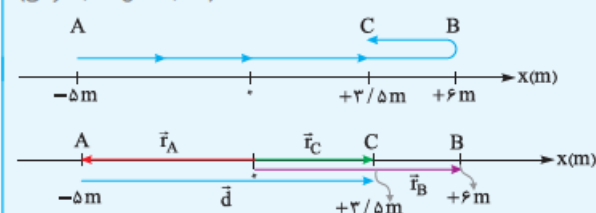


اگر مسیر حرکت یک متحرک به صورت روبه‌رو باشد، برای محاسبه مسافت طی‌شده باید به صورت زیر عمل کنیم:

$$\ell = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3| = |-10 \text{ m} - (-7 \text{ m})| + |-6 \text{ m} - (-10 \text{ m})| + |(-8 \text{ m}) - (-6 \text{ m})| = |-17 \text{ m}| + |4 \text{ m}| + |-2 \text{ m}| = 23 \text{ m}$$

این رو خودت جواب بده

(مشابه مثال کتاب درسی)



مثال متحرکی مسیری مطابق شکل را بر خط راست طی می‌کند.

الف) بردار مکان نقاط A، B و C و بردار جابه‌جایی کل حرکت را رسم کنید.

ب) اندازه جابه‌جایی و مسافت طی‌شده جسم را به دست آورید.

پاسخ الف

$$|\Delta x_{BC}| = |x_C - x_B| \Rightarrow |\Delta x_{BC}| = |3/5 \text{ m} - (-5 \text{ m})| = +8/5 \text{ m}$$

پ برای محاسبه جابه‌جایی از نقطه A تا نقطه C داریم:

اما چون متحرک در نقطه B تغییر جهت داده است، برای محاسبه مسافت طی‌شده، باید اندازه جابه‌جایی جسم از A تا B را با اندازه جابه‌جایی جسم از B تا C جمع کنیم:

$$d = |\Delta x_{AB}| + |\Delta x_{BC}| = |x_B - x_A| + |x_C - x_B| = |6 \text{ m} - (-5 \text{ m})| + |3/5 \text{ m} - 6 \text{ m}|$$

$$= |11 \text{ m}| + |-2/5 \text{ m}| = 11 \text{ m} + 2/5 \text{ m} = 13/5 \text{ m}$$



سؤال‌های امتحانی

پاسخ در صفحه ۲۳۵



سؤال‌هایی که علامت ★ دارند، مهم‌ترین سؤال‌های هر بخش هستند. اگر وقت کم‌تری برای حل سؤال‌های امتحانی دارید، اول به سراغ این سؤال‌ها بروید.
سؤال‌هایی که علامت ۱۸۰ دارند، سخت‌ترین سؤال‌های هر بخش هستند. اگر به کم‌تر از ۲۰ راضی نمی‌شوید، حتماً بعد از حل سؤال‌های دیگر، آن‌ها را هم حل کنید.

درستی یا نادرستی عبارت زیر را مشخص کنید.

۱ ★ در حرکت روی خط راست، همواره مسافت طی شده با اندازه جابه‌جایی برابر است.

جای خالی جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب کامل کنید.

۲ ★ مسافت، کمیتی است.
۳ ★ برداری که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند، نامیده می‌شود.

انتخاب کنید در جمله‌های زیر عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

۴ ★ حرکت سیاره زمین به دور خورشید، مثالی از حرکت (یک‌بعدی / دوبعدی) است.
۵ ★ در حرکت روی محور x ، وقتی متحرک به مکان آغازینش بازمی‌گردد، (جابه‌جایی / مسافت) متحرک صفر است.
۶ ★ در حرکت بر روی خط راست و بدون تغییر جهت، مسافت پیموده‌شده (برابر با / بیشتر از) اندازه جابه‌جایی است.
۷ ★ هنگام عبور متحرک از مبدأ محور x ، بردار (مکان / جابه‌جایی) متحرک تغییر جهت می‌دهد.
۸ ★ مطابق شکل مقابل، شخصی در راستای خط راست از مکان ۱ به مکان ۲ رفته و سپس در همان مسیر به مکان ۳ برمی‌گردد. اندازه بردار جابه‌جایی (بیشتر از / کم‌تر از / برابر با) مسافت پیموده‌شده است.
(نهایی ریاضی دی ۱۴۰۱)

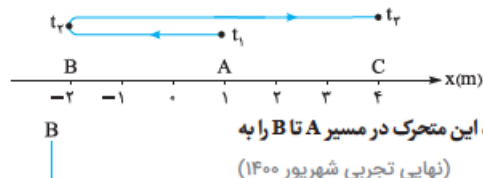
(نهایی تجربی خرداد ۱۴۰۱)
(نهایی تجربی خرداد ۱۴۰۳ و ریاضی خرداد ۱۴۰۱)

(شبه‌نهایی هماهنگ کشوری ۱۴۰۴)
(نهایی ریاضی خرداد ۱۴۰۳)

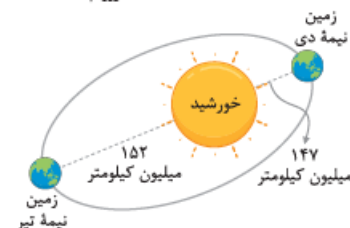


پرسش و مسئله به پرسش‌ها و مسئله‌های زیر پاسخ دهید.

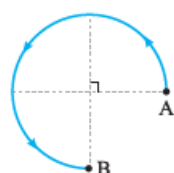
۹ ★ بردار جابه‌جایی را تعریف کنید و یکی آن را بنویسید.
۱۰ ★ مسافت را تعریف کنید.
۱۱ ★ دو تفاوت بین مسافت و جابه‌جایی را بیان کنید.
۱۲ ★ متحرکی مطابق شکل در لحظه t_1 در نقطه A، در لحظه t_2 در نقطه B و در لحظه t_3 در نقطه C قرار دارد.
(الف) جهت و اندازه بردار مکان متحرک را در لحظه t_2 بنویسید.
(ب) بردار جابه‌جایی متحرک را در بازه زمانی t_1 تا t_2 به دست آورید.
(پ) مسافت طی شده توسط متحرک در بازه زمانی t_1 تا t_2 چند متر است؟
۱۳ ★ همانند شکل مقابل، متحرکی مسیر A تا B را طی می‌کند. اندازه بردار جابه‌جایی و مسافت پیموده‌شده این متحرک در مسیر A تا B را به دست آورید و با هم مقایسه کنید.
(نهایی تجربی شهریور ۱۴۰۰)



۱۴ ★ مدار حرکت زمین به دور خورشید یک بیضی به محیط تقریبی ۹۴۰ میلیون کیلومتر است. کم‌ترین فاصله مرکز زمین از مرکز خورشید ۱۴۷ میلیون کیلومتر است که در نیمه دی‌ماه اتفاق می‌افتد. بیشترین فاصله مرکز زمین از مرکز خورشید هم در نیمه تیرماه رخ می‌دهد که این فاصله در حدود ۱۵۲ میلیون کیلومتر است. با توجه به شکل روبه‌رو، بردار جابه‌جایی زمین از نیمه تیر تا نیمه دی را رسم کنید و اندازه آن را با مسافت پیموده‌شده در این مدت مقایسه کنید.
(مشابه پرسش کتاب درسی)



۱۵ ★ در شکل مقابل متحرکی روی یک مسیر دایره‌ای به شعاع ۱۲ m در جهت نشان داده شده از نقطه A به نقطه B می‌رود. اندازه جابه‌جایی و مسافت طی شده توسط متحرک به ترتیب چند متر است؟ ($\pi \approx 3$)



۱۶ ★ ۱۸۰ علی از نقطه A روی مسیر نشان داده‌شده در شکل روبه‌رو به نقطه E می‌رود.

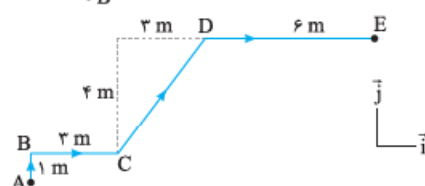
(الف) مسافت طی شده توسط علی چند متر است؟

(ب) بردار جابه‌جایی علی را رسم کنید.

(پ) اندازه جابه‌جایی علی چند متر است؟

(ت) بردار جابه‌جایی علی را برحسب بردارهای یک‌به‌بنویسید.

۱۷ ★ ۱۸۰ متحرکی از نقطه $\begin{bmatrix} 2 \\ -3 \end{bmatrix}$ m به نقطه $\begin{bmatrix} 8 \\ 2 \end{bmatrix}$ m می‌رود. این متحرک چند واحد جابه‌جا شده است؟



سرعت متوسط



با تعریف سرعت متوسط در علوم نهم آشنا شده‌اید، بیایید یک بار دیگر آن را مرور کنیم.

بردار سرعت متوسط: اگر بردار جابه‌جایی ($\vec{d}$) را بر مدت زمان جابه‌جایی (Δt) تقسیم کنیم، بردار سرعت متوسط به دست می‌آید.

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

که در آن $\vec{d}$ بر حسب متر (m)، زمان بر حسب (s) و سرعت بر حسب متر بر ثانیه (m/s) است.

نکته! با توجه به این که Δt مثبت است، سرعت متوسط هم جهت با جابه‌جایی است.

$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t}$$

اندازه سرعت متوسط: اندازه (بزرگی) سرعت متوسط از تقسیم اندازه جابه‌جایی بر مدت زمان جابه‌جایی محاسبه می‌شود:

تذکره! اگر بردار سرعت را به صورت $\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j}$ داشته باشیم، اندازه سرعت متوسط را مانند هر بردار دیگری می‌توانیم از رابطه فیثاغورس به دست آوریم:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

این رو بخون یادگیری

مثان اگر بردار جابه‌جایی متحرکی در مدت ۸ s به صورت $\vec{d} = (16\vec{i} - 2\vec{j})$ m باشد، بردار سرعت متوسط این متحرک و اندازه آن برابر است با:

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} = \frac{(16\vec{i} - 2\vec{j}) \text{ m}}{8 \text{ s}} = (2\vec{i} - \frac{1}{4}\vec{j}) \text{ m/s} \Rightarrow v = \sqrt{(2 \text{ m/s})^2 + (-\frac{1}{4} \text{ m/s})^2} = \sqrt{4 + \frac{1}{16}} \text{ m/s} = \frac{17}{4} \text{ m/s}$$

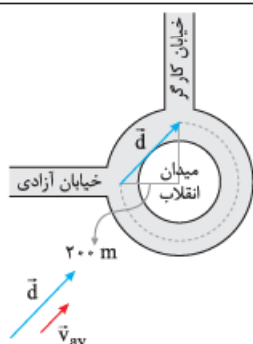
نکته! یکای متداول دیگری که برای سرعت به کار می‌رود، کیلومتر بر ساعت (km/h) است که با استفاده از رابطه زیر، به متر بر ثانیه تبدیل می‌شود:

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = \frac{1}{3.6} \text{ m/s} \Rightarrow \boxed{} \text{ km/h} \xrightarrow[\times 3.6]{\div 3.6} \bigcirc \text{ m/s}$$

این رو بخون یادگیری

$$36 \text{ km/h} \div 3.6 = 10 \text{ m/s}$$

مثان 36 km/h برابر 10 m/s است:



مثان اتومبیلی مطابق شکل روبه‌رو، از خیابان آزادی وارد میدان انقلاب می‌شود و پس از ۲۵ s از خیابان کارگر خارج می‌شود. اگر شعاع دایره‌ای که اتومبیل روی آن حرکت می‌کند، ۲۰۰ m باشد، می‌خواهیم بردار سرعت متوسط این اتومبیل

را تعیین کنیم. اول به سراغ اندازه سرعت می‌رویم. برای محاسبه اندازه سرعت متوسط اتومبیل، ابتدا با توجه به شکل روبه‌رو،

$$|\vec{d}| = \sqrt{(200 \text{ m})^2 + (200 \text{ m})^2} = 200\sqrt{2} \text{ m}$$

اندازه بردار جابه‌جایی را به دست می‌آوریم:

$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{200\sqrt{2} \text{ m}}{25 \text{ s}} = 8\sqrt{2} \text{ m/s}$$

بنابراین سرعت متوسط برابر است با:

برای تعیین جهت بردار سرعت متوسط هم به این نکته توجه می‌کنیم که بردار سرعت با بردار جابه‌جایی هم جهت است؛ بنابراین:

این رو خودت جواب بده

مسئله بردار جابه‌جایی متحرکی به صورت $\vec{d} = (16\vec{i} - 2\vec{j})$ m داده شده است. اگر این جابه‌جایی در مدت زمان ۴ ثانیه صورت گیرد، بردار سرعت متوسط و اندازه آن را به دست آورید.

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} = \frac{(16\vec{i} - 2\vec{j}) \text{ m}}{4 \text{ s}} = (4\vec{i} - \frac{1}{2}\vec{j}) \text{ m/s}$$

پاسخ ابتدا بردار سرعت متوسط را به دست می‌آوریم:

$$v_{av} = \sqrt{(4 \text{ m/s})^2 + (-\frac{1}{2} \text{ m/s})^2} = \sqrt{16 + \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{65}}{2} \text{ m/s} \approx 4.03 \text{ m/s}$$

و حالا اندازه بردار سرعت متوسط را محاسبه می‌کنیم:

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

در حرکت بر خط راست، می‌توانیم رابطه سرعت متوسط را به صورت روبه‌رو بنویسیم:

سرعت متوسط در حرکت بر خط راست



نکته! با این که سرعت متوسط کمیتی برداری است، اما در حرکت بر خط راست می‌توانیم سرعت متوسط را مانند جابه‌جایی با یک عدد مثبت و یا منفی نمایش دهیم و

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

از خواص برداری آن صرف نظر کنیم. با این فرض، رابطه سرعت متوسط در حرکت بر خط راست به شکل ساده‌تر مقابل درمی‌آید:

نکته! در حرکت بر خط راست، در یک بازه زمانی مشخص، علامت سرعت متوسط نشان‌دهنده جهت جابه‌جایی جسم در آن بازه زمانی است:

$$\Delta x > 0 \Leftrightarrow v_{av} > 0 \quad \text{جسم در جهت مثبت محور جابه‌جا شود}$$

$$\Delta x < 0 \Leftrightarrow v_{av} < 0 \quad \text{جسم در خلاف جهت مثبت محور جابه‌جا شود}$$



مثال اتومبیلی در لحظه $t_1 = 2$ s در ۱۶ متری سمت راست مبدأ قرار دارد. اگر در لحظه $t_2 = 6$ s این اتومبیل به ۱۶ متری سمت چپ مبدأ برود، سرعت متوسط اتومبیل در این بازه زمانی را به دست آورید.

پاسخ در لحظه $t_1 = 2$ s مکان متحرک $x_1 = +16$ m و در لحظه $t_2 = 6$ s مکان متحرک $x_2 = -16$ m است؛ بنابراین:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \Rightarrow v_{av} = \frac{(-16 \text{ m}) - (16 \text{ m})}{6 \text{ s} - 2 \text{ s}} = \frac{-32 \text{ m}}{4 \text{ s}} = -8 \text{ m/s}$$



مثال داستان مسابقه دوی لاک پشت و خرگوش را که شنیده اید! فرض کنید این بار مسیر مسابقه، خط راستی به طول یک کیلومتر است. خرگوش مغرور به لاک پشت ارفاق می کند و در خط شروع باقی می ماند و لاک پشت شروع به حرکت می کند. اگر سرعت متوسط خرگوش 18 km/h و سرعت متوسط لاک پشت 90 m/h باشد، پس از طی حداکثر چند متر توسط لاک پشت، خرگوش باید شروع به حرکت کند تا این بار مسابقه را به لاک پشت نبازد؟

پاسخ گام اول ابتدا حساب می کنیم که خرگوش برای طی مسافت 1000 m ، چه مدت زمانی را نیاز دارد. برای این کار ابتدا یکای سرعت متوسط خرگوش را به متر بر ثانیه تبدیل کرده و سپس زمان مورد نیاز را حساب می کنیم:

$$v_{av} = 18 \text{ km/h} \div 3.6 = 5 \text{ m/s}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v_{av}} = \frac{1000 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 200 \text{ s}$$

گام دوم حالا محاسبه می کنیم که در مدت 200 s ، لاک پشت چه مسافتی را می تواند طی کند:

$$\Delta x = v'_{av} \Delta t = \left(90 \frac{\text{m}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}\right) \times 200 \text{ s} = 5 \text{ m}$$

گام سوم وقتی که لاک پشت هنوز به ۵ متری خط پایان نرسیده است، خرگوش باید شروع به حرکت کند تا در مسابقه نبازد. اما مسئله حداکثر مقدار مسافت طی شده توسط لاک پشت قبل از حرکت خرگوش را می خواهد؛ پس:

$$\text{لاک پشت قبل از حرکت خرگوش را می خواهد؛ پس: } (1000 \text{ m}) - (5 \text{ m}) = 995 \text{ m}$$

سرعت متوسط در حرکت چند مرحله ای



اگر جسمی حرکتی را روی خط راست، در چند مرحله انجام دهد، سرعت متوسط متحرک از نسبت مجموع جابه جایی ها به مجموع زمان های سپری شده به دست می آید:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots}$$

نکته ۱ در رابطه بالا، گاهی باید Δx ها را بر حسب v ها و Δt های هر مرحله بنویسیم ($\Delta x = v \times \Delta t$) و یا گاهی Δt ها را بر حسب v ها و Δx های هر مرحله وارد رابطه

$$v_{av} = \frac{v_1 \Delta t_1 + v_2 \Delta t_2 + \dots}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots} \quad \text{یا} \quad v_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots}{\frac{\Delta x_1}{v_1} + \frac{\Delta x_2}{v_2} + \dots} \quad \text{یعنی: } (\Delta t = \frac{\Delta x}{v_{av}})$$

نکته ۲ برای به دست آوردن سرعت متوسط و تندی متوسط، باید کل زمان را در نظر بگیرید. در واقع زمان هایی که متحرک می ایستد هم جزئی از حرکت است.

این رو بخون یادگیری

مثان شخصی مسیر مستقیمی را ابتدا در مدت ۶ دقیقه با سرعت متوسط 3 m/s و سپس در مدت ۴ دقیقه با سرعت متوسط 2 m/s دویده است. می خواهیم بدانیم سرعت متوسط این شخص در کل حرکت چند متر بر ثانیه است:

ابتدا در هر قسمت از حرکت، جابه جایی این شخص را محاسبه می کنیم:

$$\text{مرحله اول} \quad \begin{cases} \Delta t_1 = 6 \text{ min} = 360 \text{ s} \\ v_{av,1} = 3 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow \Delta x_1 = v_{av,1} \Delta t_1 = (3 \text{ m/s}) \times (360 \text{ s}) = 1080 \text{ m}$$

$$\text{مرحله دوم} \quad \begin{cases} \Delta t_2 = 4 \text{ min} = 240 \text{ s} \\ v_{av,2} = 2 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow \Delta x_2 = v_{av,2} \Delta t_2 = (2 \text{ m/s}) \times (240 \text{ s}) = 480 \text{ m}$$

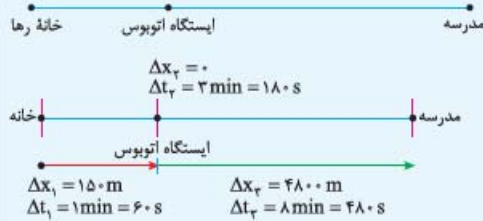
حالا سرعت متوسط این شخص را محاسبه می کنیم:

$$v_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{1080 \text{ m} + 480 \text{ m}}{360 \text{ s} + 240 \text{ s}} = \frac{1560 \text{ m}}{600 \text{ s}} = 2.6 \text{ m/s}$$



این رو خودت جواب بده

مثال رها یک روز صبح از منزل خارج می‌شود و در مسیر مستقیم و بدون تغییر جهت ابتدا ۱۵۰ متر را در مدت یک دقیقه طی می‌کند تا به ایستگاه اتوبوس برسد، سپس ۳ دقیقه را در یک نقطه می‌ایستد تا اتوبوس برسد؛ سپس ۸ دقیقه با اتوبوس که سرعت متوسط آن ۱۰ m/s است، در مسیری مستقیم تا مدرسه مطابق شکل زیر می‌رود. سرعت متوسط رها را محاسبه کنید.



پاسخ در مرحله اول $\Delta x_1 = 150 \text{ m}$ و $\Delta t_1 = 60 \text{ s}$ است، در مرحله دوم $\Delta x_2 = 4800 \text{ m}$ و $\Delta t_2 = 480 \text{ s}$ است، اما چون رها در این مدت ایستاده است، بنابراین $\Delta x_3 = 0$ و در مرحله آخر در مدت $\Delta t_3 = 3 \text{ min} = 180 \text{ s}$ رها به اندازه $\Delta x_3 = v_{av} \Delta t_3 = 10 \times 480 = 4800 \text{ m}$ جابه‌جا می‌شود.

$$v_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3} = \frac{150 + 4800 + 4800}{60 + 480 + 180} = \frac{9750}{720} = 13.5 \text{ m/s}$$

پس سرعت متوسط رها از منزل تا مدرسه برابر است با:

تندی متوسط



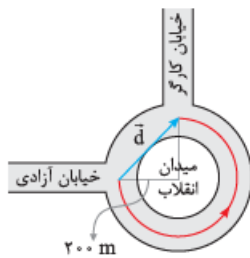
پس از آشنایی با مفهوم سرعت متوسط، نوبت به آشنایی با مفهوم تندی متوسط می‌رسد.

تندی متوسط: به نسبت مسافت پیموده‌شده به مدت زمان طی مسافت، **تندی متوسط** می‌گوییم و آن را با s_{av} نمایش می‌دهیم.

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

در رابطه تندی متوسط، ℓ مسافت طی شده برحسب متر (m)، Δt بازه زمانی طی کردن مسافت برحسب ثانیه (s) و s_{av} تندی متوسط برحسب متر بر ثانیه (m/s) است.

این رو بخون یادگیری



مثان بیایید یک بار دیگر به مثال اتومبیلی که میدان انقلاب را دور می‌زد، نگاهی بیندازیم. قبلاً سرعت متوسط آن را حساب کردیم، حالا می‌خواهیم تندی متوسطش را حساب کنیم. برای محاسبه تندی متوسط اتومبیل، ابتدا باید مسافت پیموده‌شده را به دست آوریم. مسافت طی شده (ℓ) توسط اتومبیل $\frac{3}{4}$ محیط دایره پیموده‌شده است؛ بنابراین:

$$\ell = \frac{3}{4} (2\pi R) = \frac{3}{4} \times \pi \times 200 \text{ m} = 300\pi \text{ m}$$

بنابراین:

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{300\pi \text{ m}}{25 \text{ s}} = 12\pi \text{ m/s}$$

و حالا:

تندی متوسط چه تفاوتی با سرعت متوسط دارد؟



این دو کمیت کاملاً با هم متفاوت‌اند. سرعت متوسط کمیتی برداری است؛ یعنی هم دارای اندازه و یکا و هم دارای جهت است. ولی تندی متوسط، کمیتی نرده‌ای است و فقط با یک عدد و یکای مربوطه بیان می‌شود.

نکته ۱ اگر متحرکی بدون تغییر جهت روی خط راست حرکت کند، مسافت طی شده با مقدار جابه‌جایی برابر است؛ در نتیجه اندازه سرعت متوسط با تندی متوسط برابر است.

نکته ۲ اگر مسیر حرکت جسمی خط راست نباشد، تندی متوسط متحرک قطعاً از اندازه سرعت متوسط آن بزرگ‌تر است. فقط در حرکت بر خط راست، آن هم به شرطی که متحرک تغییر جهت ندهد، تندی متوسط متحرک با اندازه سرعت متوسط برابر می‌شود، یعنی همواره داریم:

$$s_{av} \geq |v_{av}|$$

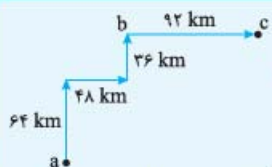
این رو بخون یادگیری

مثان تا چند سال پیش رکورد شنای ۴۰۰ متر آزاد با زمان ۳ دقیقه و ۴۰ ثانیه در اختیار «پل بیدرمن» از آلمان بود. پل برای ثبت این رکورد، طول ۲۰۰ متری استخر را به صورت رفت و برگشت شنا کرد؛ بنابراین تندی متوسط پل برابر است با:

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{400 \text{ m}}{220 \text{ s}} = 1.82 \text{ m/s}$$

اما سرعت متوسط آقای بیدرمن در این بازه زمانی صفر است؛ زیرا در انتهای مسابقه به مکان اولیه خود برگشته است و جابه‌جایی او در مدت ۳ دقیقه و ۴۰ ثانیه $d = 0 \Rightarrow v_{av} = 0$ صفر است.





مثال در زمان‌های قدیم یک مرد روستایی با یک شتر از روستای (a) مطابق شکل به ترتیب ۶۴ km را در مدت زمان ۴ ساعت، ۴۸ km را در مدت ۳ ساعت، ۳۶ km را در مدت ۲ ساعت طی می‌کند و پس از یک ساعت استراحت در روستای (b)، ۹۲ km دیگر را در مدت ۱۰ ساعت طی می‌کند تا به روستای (c) برسد.

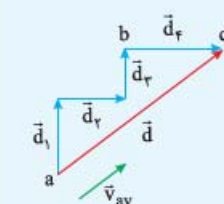
(الف) بردار سرعت متوسط شتر را در کل مسیر رسم کرده و بزرگی آن را محاسبه کنید.

(ب) تندی متوسط را حساب کنید.

پاسخ الف) اولین جابه‌جایی $\vec{d}_1 = (64 \text{ km})\hat{j}$ ، دومین جابه‌جایی $\vec{d}_2 = (48 \text{ km})\hat{i}$ ، سومین جابه‌جایی $\vec{d}_3 = (36 \text{ km})\hat{j}$ و در نهایت آخرین جابه‌جایی $\vec{d}_4 = (92 \text{ km})\hat{i}$ است. برای محاسبه سرعت متوسط، باید جابه‌جایی کل را بر مدت زمان کل (یعنی با در نظر گرفتن زمان استراحت)، تقسیم کنیم:

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} = \frac{\vec{d}_1 + \vec{d}_2 + \vec{d}_3 + \vec{d}_4}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5} = \frac{(64 \text{ km})\hat{j} + (48 \text{ km})\hat{i} + (36 \text{ km})\hat{j} + (92 \text{ km})\hat{i}}{4 \text{ h} + 3 \text{ h} + 2 \text{ h} + 1 \text{ h} + 10 \text{ h}} \Rightarrow \vec{v}_{av} = \frac{(140 \text{ km})\hat{i} + (100 \text{ km})\hat{j}}{20 \text{ h}} \Rightarrow \vec{v}_{av} = (7\hat{i} + 5\hat{j}) \text{ km/h}$$

زمان استراحت



توجه کنید که زمان یک ساعت استراحت $(\Delta t' = 1 \text{ h})$ را هم در محاسبات در نظر گرفتیم؛ زیرا این یک ساعت نیز جزئی از زمان‌های سپری شده در مدت زمان جابه‌جایی متحرک از روستای (a) به روستای (c) است. حالا بزرگی سرعت متوسط را به دست می‌آوریم:

$$|\vec{v}_{av}| = \sqrt{(7)^2 + (5)^2} \text{ km/h} = \sqrt{74} \text{ km/h} \approx 8.6 \text{ km/h}$$

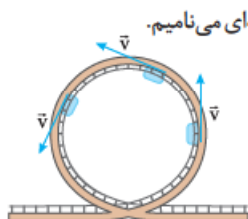
بردار سرعت متوسط همیشه هم جهت با بردار جابه‌جایی است. بردار جابه‌جایی را رسم می‌کنیم تا جهت بردار سرعت متوسط نیز مشخص شود.

ب برای محاسبه تندی متوسط، کل مسافت طی شده را بدون توجه به جهت آن، بر کل مدت زمان طی مسافت تقسیم می‌کنیم:

$$s_{av} = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5} = \frac{(64 \text{ km}) + (48 \text{ km}) + (36 \text{ km}) + (92 \text{ km})}{4 \text{ h} + 3 \text{ h} + 2 \text{ h} + 1 \text{ h} + 10 \text{ h}} \Rightarrow s_{av} = \frac{240 \text{ km}}{20 \text{ h}} = 12 \text{ km/h}$$

در این مثال هم دیدیم که چون متحرک تغییر جهت داده است، سرعت متوسط و تندی متوسط با هم برابر نیستند ($s_{av} > v_{av}$).

سرعت و تندی لحظه‌ای



سرعت متحرک در هر لحظه را «سرعت لحظه‌ای» می‌نامیم و آن را با $\vec{v}$ نشان می‌دهیم. هم چنین تندی متحرک در هر لحظه را نیز تندی لحظه‌ای می‌نامیم. **سرعت لحظه‌ای** نیز یک کمیت برداری است که مطابق با آن چه که در شکل روبه‌رو می‌بینید، همواره بر مسیر حرکت مماس است. اما **تندی لحظه‌ای** کمیتی نرده‌ای است. در واقع سرعت لحظه‌ای، اندازه و جهت سرعت در هر لحظه را نشان می‌دهد، اما تندی لحظه‌ای فقط اندازه سرعت در هر لحظه را بیان می‌کند؛ بنابراین می‌توانیم بگوییم: تندی لحظه‌ای همان اندازه سرعت لحظه‌ای است.

$$|\vec{v}| = \text{اندازه سرعت لحظه‌ای} = \text{تندی لحظه‌ای}$$

نکته ۱ حواستان باشد که سرعت لحظه‌ای و سرعت متوسط، دو کمیت کاملاً متفاوت‌اند. تنها در صورتی که در یک بازه زمانی، بردار سرعت لحظه‌ای ثابت باشد، یعنی هم اندازه و هم جهت سرعت لحظه‌ای تغییر نکنند، سرعت متوسط در آن بازه زمانی با سرعت در هر لحظه برابر است. این اتفاق فقط در حرکت بر خط راست، امکان پذیر است.

نکته ۲ عقربه تندی سنج خودروها، تندی لحظه‌ای خودرو را نشان می‌دهند.

سرعت و تندی لحظه‌ای در حرکت بر خط راست



وقتی متحرکی روی خط راست حرکت می‌کند، می‌توانیم از خواص برداری سرعت لحظه‌ای صرف نظر کنیم و سرعت لحظه‌ای را با علامتی مثبت یا منفی نشان دهیم. علامت سرعت لحظه‌ای نشان دهنده جهت حرکت متحرک در آن لحظه است. اگر سرعت مثبت بود، یعنی متحرک به سمت مثبت محور x‌ها حرکت می‌کند و اگر سرعت منفی بود، یعنی متحرک به سمت منفی محور x‌ها حرکت می‌کند.

تذکر تندی لحظه‌ای فقط اندازه سرعت لحظه‌ای را نشان می‌دهد؛ پس همواره مثبت است.

توجه از این به بعد هر جا از کلمه «سرعت» یا «تندی» به تنهایی استفاده کردیم، به ترتیب منظورمان بردار سرعت لحظه‌ای و تندی لحظه‌ای است.

تندشونده یا کندشونده بودن حرکت



حتماً برای شما خیلی پیش آمده که در یک اتومبیل نشسته‌اید و راننده اتومبیلی که در آن هستید، می‌خواهد از یک اتومبیل که جلوی شما حرکت می‌کند، سبقت بگیرد. فرض کنید در ابتدا، تندی اتومبیل شما و اتومبیل جلویی یکسان باشد. برای این که از اتومبیل جلویی سبقت بگیرید، باید راننده شما تندی اتومبیلش را افزایش دهد. در این حالت حرکت اتومبیل شما تندتر و تندتر می‌شود تا بتوانید از اتومبیل جلویی سبقت بگیرید. در واقع حرکت اتومبیل شما «تندشونده» خواهد بود. حالا فرض کنید یک نیشان آبی از جلو به سمت شما بیاید. شما و راننده اتومبیلی که سوار آن هستید، می‌دانید که راننده نیشان آبی حتماً ترمز نخواهد کرد!!! پس راننده اتومبیل شما پایش را با تمام قدرت روی پدال ترمز فشار می‌دهد و تندی اتومبیلش را کاهش می‌دهد. در این حالت حرکت شما کندتر و کندتر می‌شود. در واقع در این حالت، حرکت شما «کندشونده» خواهد بود.

جمع‌بندی

وقتی تندی یک متحرک افزایش می‌یابد، حرکت **تندشونده** است و وقتی تندی یک متحرک کاهش می‌یابد، حرکت **کندشونده** است.





سؤال‌های امتحانی

پاسخ در صفحه ۲۳۵

درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید.

- ۱۸ اگر سرعت متوسط یک متحرک صفر باشد، مسافت طی شده توسط آن متحرک حتماً صفر است.
- ۱۹ اگر در حرکت بر خط راست بین دو لحظه زمانی معین، بردار سرعت حداقل یک بار تغییر جهت دهد، در این صورت در همان بازه زمانی، تندی متوسط از اندازه سرعت متوسط کمتر است.
- ۲۰ سرعت متوسط یک کمیت برداری است که همواره با بردار تغییر مکان، هم جهت است.
- ۲۱ عقربه تندی سنج خودرو، تندی متوسط خودرو را نشان می‌دهد.

جای خالی جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب کامل کنید.

- ۲۲ اگر هنگام گزارش تندی لحظه‌ای، به جهت حرکت متحرک نیز اشاره کنیم، در واقع آن را بیان کرده‌ایم.
- ۲۳ اگر سرعت متحرک در تمام لحظات یک بازه زمانی باشد، سرعت متوسط با سرعت لحظه‌ای برابر است.

انتخاب کنید در جمله‌های زیر عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

- ۲۴ در نیم دور چرخش ماه به دور زمین، اندازه سرعت متوسط (کم‌تر / بیشتر) از تندی متوسط است.
- ۲۵ در حرکت یک جسم، در بازه‌های زمانی‌ای که سرعت متوسط خودرو (مثبت / منفی) است، خودرو در جهت محور x جابه‌جا شده است.
- ۲۶ بردار سرعت در هر نقطه از مسیر حرکت، بر مسیر حرکت (عمود / مماس) است.
- ۲۷ در حرکت یک‌بعدی، جهت حرکت با توجه به جهت (شتاب / سرعت) تعیین می‌شود.
- ۲۸ بردار سرعت متوسط با بردار (جابه‌جایی / تغییر سرعت) هم جهت است.
- ۲۹ تندی متوسط، یک کمیت (بردار / نردی) و یکای آن متر بر ثانیه است.
- ۳۰ در یک بازه زمانی معین، تندی متوسط متحرک نمی‌تواند (بزرگ‌تر / کوچک‌تر) از اندازه سرعت متوسط آن باشد.
- ۳۱ نسبت مسافت طی شده به مدت زمان حرکت (سرعت متوسط / تندی متوسط) نامیده می‌شود.

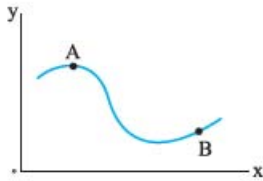
پرسش و مسئله به پرسش‌ها و مسئله‌های زیر پاسخ دهید.

- ۳۲ سرعت متوسط را تعریف کنید.
- ۳۳ مفهوم فیزیکی عبارت روبه‌رو را بیان کنید: «تندی متوسط دانش آموزی $1/4 \text{ m/s}$ است.»
- ۳۴ در چه صورت اندازه سرعت متوسط متحرک با تندی متوسط آن برابر است؟
- ۳۵ اگر شش متحرک در طی 2 s بر روی مسیری مستقیم از مکان آغازین به مکان پایانی رفته باشند، جدول زیر را کامل کنید.

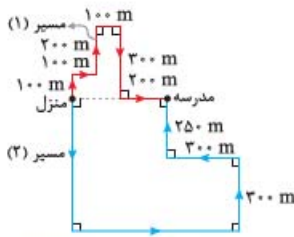
متحرک	مکان آغازین	مکان پایانی	بردار جابه‌جایی	سرعت متوسط	جهت حرکت
A	4 m	صفر			
B	$5/2 \text{ m}$	$-2/4 \text{ m}$			
C	-2 m	$4/8 \text{ m}$			
D	-10 m	-2 m			
E	8 m			$(4 \text{ m/s})\vec{i}$	
F		-6 m	$(7 \text{ m})\vec{i}$		

- ۳۶ شکل زیر، حرکت یک حشره را که در راستای محور x در حرکت است، در هر یک از لحظه‌های $t_1 = 10 \text{ s}$ و $t_2 = 40 \text{ s}$ نشان می‌دهد. (مشابه مثال کتاب درسی)
- الف) بردارهای مکان و بردار جابه‌جایی حشره را در این بازه زمانی رسم کنید.
- ب) سرعت متوسط حشره را در این بازه زمانی پیدا کنید.

- ۳۷ متحرکی در مدت زمان 8 s از مکان $\vec{d}_1 = (-4 \text{ m})\vec{i}$ به مکان $\vec{d}_2 = (+4 \text{ m})\vec{i}$ می‌رود.
- الف) جهت حرکت این متحرک را تعیین کنید.
- ب) بزرگی سرعت متوسط متحرک در مدت زمان 8 ثانیه چند متر بر ثانیه است؟
- پ) مسافت طی شده متحرک چند متر است؟



۳۸ در شکل مقابل، مسیر حرکت جسمی که با تندی ثابت در صفحه xy از A به B می‌رود، نشان داده شده است. با انتقال شکل به پاسخ‌نامه، بردارهای زیر را نشان دهید:
الف) بردار تغییر مکان (جابه‌جایی) جسم بین دو نقطه A و B.
ب) بردارهای سرعت لحظه‌ای جسم در دو نقطه A و B.



۳۹ سعید و حمید برای رفتن به مدرسه از منزل خارج می‌شوند. سعید تمام مسیر (۱) را می‌دود، ولی حمید از مسیر (۲) با تاکسی به مدرسه می‌رود. هر دو هم‌زمان و پس از ۴ دقیقه و ۱۰ ثانیه به مدرسه می‌رسند.
الف) اندازه متوسط سرعت هر یک از آن‌ها را محاسبه کنید.
ب) تندی متوسط هر یک از آن‌ها را محاسبه کنید.



۴۰ دانش‌آموزی مسیر نشان داده شده در شکل مقابل را در مدت زمان هشت دقیقه و بیست ثانیه طی کرده است:
الف) بردار جابه‌جایی را روی نقشه رسم کنید.
ب) تندی متوسط دانش‌آموز را برحسب متر بر ثانیه به دست آورید و مفهوم فیزیکی آن را بیان کنید.
پ) اندازه سرعت متوسط دانش‌آموز را برحسب متر بر ثانیه به دست آورید و جهت سرعت متوسط او را تعیین کنید.

۴۱ اتومبیلی یک میدان دایره‌شکل به شعاع 125 m را دور می‌زند. اگر سرعت متوسط اتومبیل در مدتی که نصف میدان را دور می‌زند، 5 m/s باشد، تندی متوسط اتومبیل را محاسبه کنید. ($\pi = 3/14$)

۴۲ درختی به ارتفاع 15 m را از پایین‌ترین نقطه قطع می‌کنیم و درخت در مدت $1/5\text{ s}$ بر زمین می‌افتد. سرعت متوسط بالاترین نقطه درخت در مدت زمان سقوط چند متر بر ثانیه است؟

۴۳ متحرکی روی خط راست و بدون تغییر جهت، مسافت‌های متوالی 10 m ، 20 m و 30 m را به ترتیب با سرعت‌های 2 m/s ، 4 m/s و 6 m/s طی می‌کند. سرعت متوسط آن در این حرکت چند متر بر ثانیه است؟

۴۴ در هر یک از حالات زیر، سرعت متوسط را محاسبه کنید.

الف) متحرکی بر خط راست بدون تغییر جهت دو مسافت مساوی Δx را با سرعت‌های متوسط v_1 و v_2 طی کند.
ب) متحرکی بر خط راست بدون تغییر جهت در دو بازه زمانی مساوی Δt با سرعت‌های متوسط v_1 و v_2 حرکت کند.

۴۵ متحرکی روی خط راست و بدون تغییر جهت، $1/3$ زمان حرکت خود را با سرعت 60 m/s ، $1/3$ زمان حرکت خود را با سرعت 24 m/s و مابقی را با سرعت 12 m/s طی می‌کند. سرعت متوسط حرکت متحرک چند متر بر ثانیه است؟

شتاب

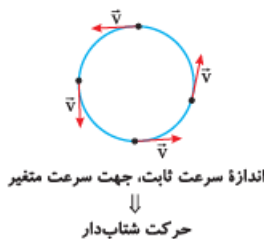
۳

درس

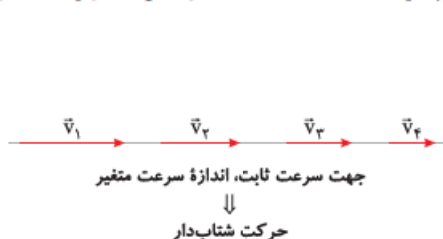
شتاب چیست؟



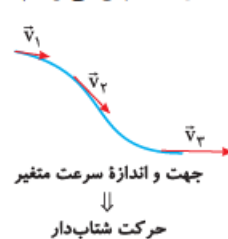
هرگاه سرعت جسمی تغییر کند، حرکت آن جسم شتاب‌دار است. در واقع اگر بردار سرعت چه از نظر اندازه و چه از نظر جهت و یا از هر دو نظر، ثابت نباشد، حرکت متحرک، شتاب‌دار است؛ پس می‌توانیم بگوییم که تمام حرکت‌های نشان داده شده در شکل‌های زیر شتاب‌دار هستند:



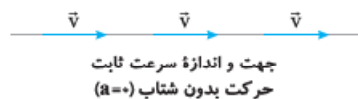
اندازه سرعت ثابت، جهت سرعت متغیر
↓
حرکت شتاب‌دار



جهت سرعت ثابت، اندازه سرعت متغیر
↓
حرکت شتاب‌دار



جهت و اندازه سرعت متغیر
↓
حرکت شتاب‌دار



جهت و اندازه سرعت ثابت
حرکت بدون شتاب ($a=0$)

نکته! حرکت بدون شتاب (حرکت با سرعت ثابت) فقط روی خط راست ممکن است، چون اگر مسیر حرکت خط راست نباشد، حتماً جهت بردار سرعت، تغییر می‌کند (حتی اگر اندازه آن ثابت باشد).

سرعت یا تغییر سرعت؟ مسئله این است! خوب دقت کنید! شتاب همواره با تغییر سرعت متناسب است نه با خود سرعت! بنابراین نمی‌توانیم بگوییم، جسمی که سرعت بیشتری دارد، حتماً شتاب بیشتری هم دارد.



پائس خہاے تشریحی



پاسخنامه فصل اول



۱ نادرست: به شرطی مسافت و اندازه جابه جایی با هم برابر هستند که علاوه بر این که متحرک روی خط راست حرکت کند، تغییر جهت هم ندهد.

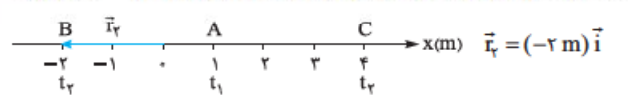
۲ نرده ای	۳ بردار مکان	۴ دوبعدی
۵ جابه جایی	۶ برابر با	۷ مکان
۸ کم تر از		

۹ پاره خط جهت داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می کند، بردار جابه جایی نامیده می شود. یکای جابه جایی، متر (m) است.

۱۰ طول مسیر پیموده شده توسط متحرک را، مسافت پیموده شده یا به اختصار مسافت می نامند.

۱۱ I جابه جایی کمیته برداری است، اما مسافت کمیته نرده ای است. II مسافت به مسیر حرکت وابسته است، اما جابه جایی به مسیر حرکت وابسته نیست و فقط به نقطه شروع و نقطه پایان حرکت وابسته است.

۱۲ الف: بردار مکان این متحرک در لحظه t_1 به صورت برداری است که مبدأ مکان را به محل حضور او در این لحظه وصل می کند. این متحرک در t_1 در $x = -2$ m قرار دارد:



ب: بردار مکان متحرک در t_1 به صورت $\vec{r}_1 = (1 \text{ m})\vec{i}$ و بردار مکان او در t_2 به صورت $\vec{r}_2 = (4 \text{ m})\vec{i}$ است؛ پس:

پ: مسافت طی شده برابر طول کلی مسیری است که متحرک طی می کند. متحرک ابتدا از $x_A = 1 \text{ m}$ به $x_B = -2 \text{ m}$ می رود و سپس از $x_B = -2 \text{ m}$ به سمت نقطه C می رود و در t_2 به $x_C = 4 \text{ m}$ می رسد؛ پس کل طولی که او طی کرده است، برابر است با:

$$\ell = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| = |-2 \text{ m} - (1 \text{ m})| + |4 \text{ m} - (-2 \text{ m})| = |-3 \text{ m}| + |6 \text{ m}| = 3 \text{ m} + 6 \text{ m} = 9 \text{ m}$$

۱۳ با توجه به شکل روبه رو، اندازه جابه جایی برابر با اندازه بردار $\vec{AB}$ است؛ پس با توجه به قضیه فیثاغورس داریم:

$$d = \sqrt{(AC)^2 + (CB)^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ m}$$

اندازه جابه جایی مسافت برابر طول مسیر حرکت است؛ پس:

$$\ell = AC + CB = 3 \text{ m} + 4 \text{ m} = 7 \text{ m}$$

$d < \ell$ است و این موضوع به این خاطر است که در حرکت، تغییر جهت داریم.

۱۴ از نقطه ابتدایی حرکت به نقطه انتهایی حرکت وصل می کنیم و بردار جابه جایی را مشخص می کنیم؛ طول این بردار برابر است با:

$$d = 152 \times 10^6 \text{ km} + 147 \times 10^6 \text{ km} = 299 \times 10^6 \text{ km}$$

$$\ell = \frac{940 \times 10^6 \text{ km}}{2} = 470 \times 10^6 \text{ km}$$

همان طور که می بینید، چون حرکت بر خط راست نیست، $d < \ell$ است.

۱۵ گام اول: مسافت طی شده توسط متحرک، یعنی طول مسیر حرکت در شکل روبه رو که برابر است با

$$\ell = \frac{3}{4} \times 2\pi R = \frac{3}{4} \times 2\pi \times (12 \text{ m}) = 54\pi \text{ m}$$

گام دوم: اندازه جابه جایی متحرک (یعنی d) با طول پاره خطی که دو نقطه A و B را به هم وصل می کند برابر است؛ پس، داریم:

$$d = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{(12 \text{ m})^2 + (12 \text{ m})^2} = 12\sqrt{2} \text{ m}$$

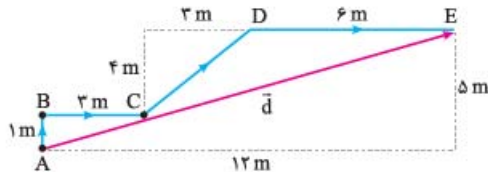
۱۶ الف: گام اول ابتدا طول قسمت CD را به کمک رابطه فیثاغورس حساب می کنیم:

$$CD^2 = 4^2 + 3^2 \Rightarrow CD^2 = 16 + 9 = 25 \Rightarrow CD = \sqrt{25} = 5 \text{ m}$$

گام دوم: مسافت طی شده برابر با طول کل مسیر است؛ پس:

$$\ell = AB + BC + CD + DE = 1 \text{ m} + 3 \text{ m} + 5 \text{ m} + 6 \text{ m} = 15 \text{ m}$$

ب: بردار جابه جایی برداری است که ابتدای مسیر را به انتهای مسیر وصل می کند؛ پس در شکل زیر بردار جابه جایی، بردار $\vec{AE}$ است.



پ: همان طور که در شکل بالا می بینید، علی مجموعاً ۱۲ m به سمت راست و ۵ m به سمت بالا حرکت کرده است؛ پس طول $\vec{d}$ برابر است با:

$$d^2 = 12^2 + 5^2 = 144 + 25 = 169 \Rightarrow d = \sqrt{169} = 13 \text{ m}$$

ت: علی ۱۲ m به سمت راست حرکت کرده است؛ پس جابه جایی در راستای افقی به صورت $\vec{i}(12 \text{ m})$ است. او هم چنین ۵ m به سمت بالا حرکت کرده است. در نتیجه جابه جایی او در راستای قائم به صورت $\vec{j}(5 \text{ m})$ است و داریم:

$$\vec{d} = \left[\begin{matrix} 12 \\ 5 \end{matrix} \right] = \left[\begin{matrix} 12 \\ 5 \end{matrix} \right] \Rightarrow \vec{d} = (12\vec{i} + 5\vec{j}) \text{ m}$$

اندازه بردار جابه جایی برابر است با:

$$|\vec{d}| = \sqrt{12^2 + 5^2} = \sqrt{144 + 25} = \sqrt{169} = 13 \text{ m}$$

۱۸ نادرست: اگر متحرک مسیری را طی کرده باشد و سپس به نقطه شروع حرکت برگشته باشد، سرعت متوسط صفر است؛ اما، مسافت طی شده صفر نیست.

۱۹ نادرست: در این حالت تندی متوسط بیشتر از اندازه سرعت متوسط خواهد بود.

۲۱ درست	۲۲ سرعت لحظه ای
۲۳ ثابت	۲۴ کم تر
۲۵ مثبت	۲۶ مماس
۲۷ سرعت	

۲۸ جابه جایی-بردار سرعت متوسط برابر با بردار جابه جایی تقسیم بر زمان است. زمان یک عدد مثبت است؛ پس بردار سرعت متوسط و بردار جابه جایی هم جهت هستند.

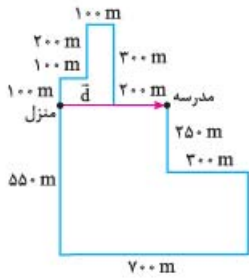
۲۹ نرده ای **۳۰** کوچک تر- همواره $v_{av} \leq |v|$ است.

۳۱ تندی متوسط **۳۲** سرعت متوسط کمیته برداری است که از تقسیم جابه جایی بر مدت زمان لازم برای جابه جایی به دست می آید و واحد آن m/s است:

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

۳۳ مفهوم فیزیکی این عبارت این است که دانش آموز به طور متوسط در هر ثانیه ۱/۴ m از طول مسیری را می پیماید.

۳۴ اگر متحرکی روی خط راست و بدون تغییر جهت حرکت کند، اندازه سرعت متوسط و تندی متوسط آن برابر است.



۳۹ الف برای محاسبه سرعت متوسط به جابه‌جایی نیاز داریم. می‌دانیم که جابه‌جایی به مسیر حرکت بستگی ندارد و فقط به نقطه ابتدایی و انتهایی مسیر بستگی دارد. بردار جابه‌جایی، برداری است که منزل را به مدرسه وصل می‌کند.

از روی شکل و با توجه به اندازه‌های داده‌شده، مشخص است که سعید و حمید هر دو در مدت ۴ دقیقه و ۱۰ ثانیه (۲۵۰ s) به اندازه ۴۰۰ متر جابه‌جا شده‌اند، بنابراین داریم:

$$|\vec{v}_{av}| = \frac{|\vec{d}|}{\Delta t} = \frac{400 \text{ m}}{250 \text{ s}} = 1.6 \text{ m/s}$$

ب برای محاسبه تندی متوسط، مسافت طی‌شده برای ما مهم است و مسافت طی‌شده به مسیر حرکت بستگی دارد که برای سعید و حمید متفاوت است. ابتدا با توجه به اعداد داده‌شده روی شکل، مسافت طی‌شده توسط سعید و حمید را محاسبه می‌کنیم:

$$\ell_{\text{سعید}} = 100 \text{ m} + 100 \text{ m} + 200 \text{ m} + 100 \text{ m} + 300 \text{ m} + 200 \text{ m} = 1000 \text{ m}$$

$$\ell_{\text{حمید}} = 550 \text{ m} + 700 \text{ m} + 300 \text{ m} + 300 \text{ m} + 250 \text{ m} = 2100 \text{ m}$$

حالا تندی متوسط هر کدام را به دست می‌آوریم:

$$s_{av, \text{سعید}} = \frac{\ell_{\text{سعید}}}{\Delta t} = \frac{1000 \text{ m}}{250 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}$$

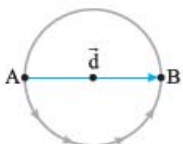
$$s_{av, \text{حمید}} = \frac{\ell_{\text{حمید}}}{\Delta t} = \frac{2100 \text{ m}}{250 \text{ s}} = 8.4 \text{ m/s}$$



۴۰ الف

ب با توجه به داده‌های روی نقشه، اگر دانش‌آموز در مدت زمان $\Delta t = 8 \text{ min} + 20 \text{ s} = 500 \text{ s}$ مسافت $\ell = 550 \text{ m}$ را از خانه تا مدرسه پیموده باشد، با توجه به رابطه $s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t}$ تندی متوسط وی برابر $s_{av} = \frac{550 \text{ m}}{500 \text{ s}} = 1.1 \text{ m/s}$ باشد. می‌شود و مفهوم فیزیکی آن این است که دانش‌آموز به طور متوسط در هر ثانیه 1.1 m از طول مسیر را پیموده است.

پ با توجه به نقشه، اندازه بردار جابه‌جایی دانش‌آموز 300 m و جهت آن به طرف جنوب غربی است. در نتیجه با توجه به رابطه $v_{av} = \frac{d}{\Delta t}$ ، اندازه سرعت متوسط وی برابر $v_{av} = \frac{300 \text{ m}}{500 \text{ s}} = 0.6 \text{ m/s}$ و جهت آن به طرف جنوب غربی است.



۴۱ وقتی اتومبیل نصف میدان را دور می‌زند، اندازه جابه‌جایی اتومبیل برابر است با قطر میدان، بنابراین:

$$|\vec{d}| = 2 \times (125 \text{ m}) = 250 \text{ m}$$

حالا با استفاده از رابطه سرعت متوسط، زمان پیمودن نیم دور را به دست می‌آوریم:

$$|\vec{v}_{av}| = \frac{|\vec{d}|}{\Delta t} \Rightarrow 5 \text{ m/s} = \frac{250 \text{ m}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{250 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 50 \text{ s}$$

حالا که زمان پیمودن نیم دور را داریم، مسافت نیم دور را که نصف محیط دایره است، به دست می‌آوریم:

$$\ell = \frac{1}{2} \times \text{محیط} = \frac{1}{2} \times 2\pi R = \frac{1}{2} \times 2 \times 3.14 \times 125 \text{ m} = 392.5 \text{ m}$$

و در آخر تندی متوسط اتومبیل برابر است با:

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{392.5 \text{ m}}{50 \text{ s}} = 7.85 \text{ m/s}$$

۳۵ متحرک A: بردار جابه‌جایی: $\vec{d}_A = \Delta x_A \vec{i} = (0 - 4 \text{ m}) \vec{i} = (-4 \vec{i}) \text{ m}$

$$\vec{v}_{av, A} = \frac{\Delta x_A}{\Delta t} \vec{i} = \frac{(-4 \text{ m})}{2 \text{ s}} \vec{i} = (-2 \text{ m/s}) \vec{i}$$

سرعت متوسط:

جهت حرکت با توجه به این که بردار جابه‌جایی به سمت منفی x ها است، منفی است. **متحرک B:** بردار جابه‌جایی:

$$\vec{d}_B = \Delta x_B \vec{i} = (-2 - 4 \text{ m} - 5/2 \text{ m}) \vec{i} = (-7/2 \text{ m}) \vec{i}$$

$$\vec{v}_{av, B} = \left(\frac{\Delta x_B}{\Delta t} \right) \vec{i} = \left(\frac{-7/2 \text{ m}}{2 \text{ s}} \right) \vec{i} = (-3/4 \text{ m/s}) \vec{i}$$

سرعت متوسط:

جهت حرکت: منفی

متحرک C: بردار جابه‌جایی:

$$\vec{d}_C = \Delta x_C \vec{i} = (4/8 \text{ m} - (-2 \text{ m})) \vec{i} = (6/8 \text{ m}) \vec{i}$$

$$\vec{v}_{av, C} = \left(\frac{\Delta x_C}{\Delta t} \right) \vec{i} = \left(\frac{6/8 \text{ m}}{2 \text{ s}} \right) \vec{i} = (3/8 \text{ m/s}) \vec{i}$$

سرعت متوسط:

جهت حرکت: مثبت

متحرک D: بردار جابه‌جایی:

$$\vec{d}_D = \Delta x_D \vec{i} = (-2 \text{ m} - (-10 \text{ m})) \vec{i} = (8 \vec{i}) \text{ m}$$

$$\vec{v}_{av, D} = \left(\frac{\Delta x_D}{\Delta t} \right) \vec{i} = \left(\frac{8 \text{ m}}{2 \text{ s}} \right) \vec{i} = (4 \text{ m/s}) \vec{i}$$

سرعت متوسط:

جهت حرکت: مثبت

متحرک E: جابه‌جایی و جهت حرکت: سرعت متوسط متحرک در مدت ۲ s برابر با 4 m/s است؛ بنابراین جهت حرکت مثبت است و جابه‌جایی آن برابر است با:

$$\vec{d}_E = (v_{av, E} \Delta t) \vec{i} = (4 \text{ m/s} \times 2 \text{ s}) \vec{i} = (8 \vec{i}) \text{ m}$$

$$\Delta x_E = x_{rE} - x_{iE} \Rightarrow 8 = x_{rE} - 0 \Rightarrow x_{rE} = 8 \text{ m}$$

مکان پایانی:

متحرک F: مکان آغازین:

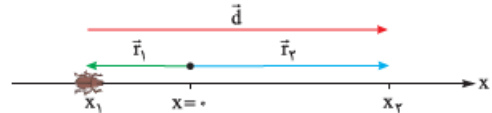
$$\Delta x_F = x_{rF} - x_{iF} \Rightarrow 7 \text{ m} = -6 \text{ m} - x_{iF} \Rightarrow x_{iF} = -13 \text{ m}$$

$$\vec{v}_{av, F} = \left(\frac{\Delta x_F}{\Delta t} \right) \vec{i} = \left(\frac{7 \text{ m}}{2 \text{ s}} \right) \vec{i} = (3.5 \text{ m/s}) \vec{i}$$

سرعت متوسط:

جهت حرکت: مثبت

۳۶ الف بردار مکان در هر لحظه، به صورت برداری است که از مبدأ مختصات به محل جسم وصل می‌شود. بردار جابه‌جایی هم محل ابتدایی جسم را به محل نهایی آن وصل می‌کند؛ پس بردار مکان اولیه $(\vec{r}_i)$ ، بردار مکان نهایی $(\vec{r}_f)$ و بردار جابه‌جایی $(\vec{d})$ به صورت زیر رسم می‌شوند.



ب چون حشره در راستای خط راست حرکت می‌کند، سرعت متوسط آن برابر است با:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_r - x_i}{t_r - t_i} = \frac{0/2 \text{ m} - (-0/2 \text{ m})}{40 \text{ s} - 10 \text{ s}} = \frac{0/2 \text{ m}}{30 \text{ s}} = 0/17 \text{ m/s}$$

مثبت بودن سرعت نشان می‌دهد که حشره در جهت مثبت محور x حرکت کرده است.

۳۷ الف متحرک در جهت مثبت محور x حرکت می‌کند.

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} = \frac{(+4 \text{ m}) \vec{i} - (-4 \text{ m}) \vec{i}}{8 \text{ s}} = (1 \text{ m/s}) \vec{i}$$

ب

بنابراین بزرگی سرعت متوسط برابر است با:

$$v_{av} = 1 \text{ m/s}$$

پ اگر متحرک روی خط راست و بدون تغییر جهت، حرکت کند، مسافت 8 m است؛ اما اگر حرکت متحرک روی خط راست نباشد، نمی‌توان مسافت را تعیین کرد.

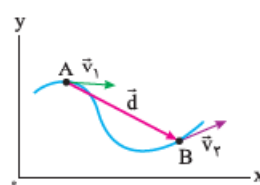
۳۸ الف بردار جابه‌جایی، نقطه ابتدایی را به نقطه انتهایی وصل می‌کند و جهت آن به سمت نقطه انتهایی است.

ب بردار سرعت لحظه‌ای، در هر نقطه بر مسیر حرکت مماس است.

از طرفی چون تندی ثابت است، اندازه

سرعت‌های لحظه‌ای و در نتیجه طول بردارهای

سرعت باید برابر باشد.



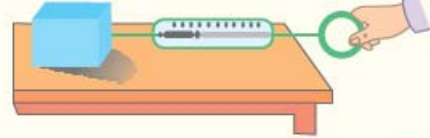


آزمائشِ ہمارے
کتابِ درسی
فیزیک
دوازدهم

۱ آزمایشی طراحی کنید که به وسیله آن بتوان ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح مشخصی را اندازه گرفت. اگر جسم را روی وجه‌های دیگر قرار دهیم، μ_s تغییر می‌کند؟ وسایل و روند آزمایش را به طور کامل بنویسید.

(نهایی تجربی شهریور ۱۴۰۴، شهریور ۱۴۰۳ و خرداد ۹۸)

وسایل موردنیاز: نیروسنج، قطعه چوبی به شکل مکعب مستطیل با وجوه یکنواخت، ترازو و خط‌کش



شرح آزمایش: ۱ مکعب چوبی را از طرف وجه بزرگ آن روی سطح افقی میز قرار دهید. **۲** نیروسنج را مانند شکل به مکعب چوبی وصل کنید و سر دیگر نیروسنج را با دست بگیرید و به طور افقی بکشید. **۳** نیروی دستتان را به آرامی افزایش دهید تا جایی که مکعب چوبی در آستانه لغزیدن قرار گیرد. در این حالت عددی را که نیروسنج نشان می‌دهد را یادداشت کنید (برای این که دقت شما افزایش یابد، لازم است آزمایش را چند بار تکرار کنید). **۴** اکنون مکعب چوبی را از طرف وجه کوچک‌تر روی سطح قرار دهید و مراحل ۲ و ۳ را تکرار کنید. **۵** با اندازه‌گیری جرم مکعب چوبی و با استفاده از رابطه $f_{s,max} = \mu_s N$ مقدار μ_s را در هر آزمایش محاسبه و یادداشت کنید. **۶** با محاسبه μ_s درمی‌یابیم که ضریب اصطکاک بین دو جسم تقریباً ثابت است، یعنی اندازه ضریب اصطکاک ایستایی بین دو جسم به مساحت سطح تماس دو جسم بستگی ندارد.

۲ آزمایشی طراحی کنید که به وسیله آن بتوان نشان داد F_N با $f_{s,max}$ رابطه مستقیم دارد. وسایل و روند آزمایش را به طور کامل بنویسید. (نهایی ریاضی شهریور ۹۸)

وسایل موردنیاز: نیروسنج، قطعه چوبی به شکل مکعب و ترازو

شرح آزمایش: مطابق شکل مقابل، به کمک نیروسنج قطعه چوبی به جرم m را می‌کشیم تا قطعه چوب در آستانه حرکت قرار بگیرد. در این حالت نیروی خالص وارد بر قطعه چوبی صفر است، بنابراین طبق قانون دوم نیوتون خواهیم داشت:

$$\text{در راستای } y: F_{net,y} = m a_y = 0 \Rightarrow F_N - mg = 0 \Rightarrow F_N = mg$$

هنگامی که قطعه چوبی در آستانه حرکت قرار می‌گیرد، عددی که نیروسنج نشان می‌دهد برابر با نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ($f_{s,max}$) است. همچنین نیروی عمودی سطح را با استفاده از رابطه $F_N = mg$ به دست می‌آوریم.

این آزمایش را با قطعه چوب‌هایی با جرم‌های مختلف تکرار می‌کنیم و در هر بار نیروی عمودی سطح و عددی که نیروسنج نشان می‌دهد را مشخص می‌کنیم. در انتها اگر عدد به دست آمده توسط نیروسنج (F) را بر نیروی عمودی سطح (F_N) تقسیم کنیم، برای تمام قطعه چوب‌ها عدد یکسانی به دست می‌آید.

بنابراین نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه $f_{s,max}$ (همان عددی که نیروسنج نشان می‌دهد) با مقدار نیروی عمودی سطح وارد بر جسم (F_N) رابطه مستقیم دارد و به صورت $f_{s,max} = \mu_s F_N$ است.

۳ آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر یک جسم و μ_k را حساب کرد. هم چنین بستگی یا عدم بستگی نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت را نیز بررسی کنید. وسایل و روند آزمایش را به طور کامل بنویسید. **وسایل موردنیاز:** نیروسنج، قطعه چوبی به شکل مکعب مستطیل، ترازو و خط‌کش

شرح آزمایش: ۱ مطابق شکل زیر، به کمک یک نیروسنج، قطعه چوبی به شکل مکعب مستطیل به جرم m را می‌کشیم تا قطعه چوبی با سرعت ثابت روی سطح افقی حرکت کند. در این حالت نیروی خالص وارد بر قطعه چوبی صفر است. بنابراین طبق قانون دوم نیوتون داریم:

$$\text{در راستای } y: F_{net,y} = m a_y = 0 \Rightarrow F_N - mg = 0 \Rightarrow F_N = mg$$

$$\text{در راستای } x: F_{net,x} = m a_x = 0 \Rightarrow F - f_k = 0$$

$$\Rightarrow F = f_k = \mu_k F_N = \mu_k mg \Rightarrow \mu_k = \frac{F}{mg}$$

۲ مکعب مستطیل چوبی را از طرف وجه‌های دیگر بر روی سطح افقی قرار می‌دهیم و آزمایش را در چند نوبت تکرار می‌کنیم. عددی که نیروسنج در حالت‌های جدید نشان می‌دهد تقریباً برابر با نتیجه قسمت (۱) است. در نتیجه نیروی اصطکاک جنبشی، مستقل از مساحت سطح تماس دو جسم است.

۴ آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان ثابت فتر را حساب کرد. وسایل و روند آزمایش را به طور کامل بنویسید.

(نهایی تجربی ۱۴۰۷، خرداد ۹۹ و شهریور ۹۸/نهایی ریاضی شهریور ۱۴۰۴ و خرداد ۱۴۰۳)

وسایل موردنیاز: فتر، ترازو، چند وزنه با جرم‌های متفاوت و خط‌کش.

شرح آزمایش: مطابق شکل مقابل، ابتدا فتر را از سقف آویزان می‌کنیم و سپس به انتهای آن وزنه‌ای به جرم m متصل می‌کنیم. پس از برقراری تعادل، تغییر طول فتر (Δy) را اندازه می‌گیریم. طبق قانون دوم نیوتون، نیروی کشسانی فتر در حالت تعادل برابر نیروی وزن جسم است، یعنی:

$$F_e = mg \Rightarrow k \Delta y = mg \Rightarrow k = \frac{mg}{\Delta y}$$

اگر این آزمایش در چندین نوبت با وزنه‌هایی با جرم‌های مختلف تکرار شود، مقدار به دست آمده برای ثابت کشسانی فتر (k) از رابطه بالا باید ثابت بماند.

۵ آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان نشان داد (۱) دوره تناوب سامانه جرم-فتر با یک فتر معین ولی وزنه‌های متفاوت با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است ($T \propto \sqrt{m}$) و (۲) دوره تناوب سامانه جرم-فتر با یک وزنه معین ولی فنرهای متفاوت با جذر ثابت فتر به طور وارون متناسب است ($T \propto \frac{1}{\sqrt{k}}$) و (۳) دوره تناوب سامانه جرم-فتر مستقل از دامنه است. وسایل و روند آزمایش را به طور کامل بنویسید.

وسایل موردنیاز: چند فتر با ثابت کشسانی متفاوت، چند وزنه با جرم‌های متفاوت و ترازو

شرح آزمایش: ۱ وزنه‌هایی با جرم‌های متفاوت را به فتری با ثابت کشسانی معین متصل کرده و سپس دوره تناوب سامانه جرم-فتر را در هر حالت اندازه‌گیری و یادداشت می‌کنیم. نتایج آزمایش نشان می‌دهد که دوره تناوب با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است، یعنی $T \propto \sqrt{m}$.

۸ آزمایش طراحی کنید که به کمک آن بتوان نشان داد تندی امواج سطحی آب با افزایش عمق، افزایش و با کاهش عمق، کاهش می‌یابد.
وسایل مورد نیاز: تشت آب، تیغه شیشه‌ای، تیغه‌ای برای ایجاد امواج تخت بر روی سطح آب.

شرح آزمایش: با قراردادن یک تیغه شیشه‌ای در کف یک ظرف آب و ایجاد موج به وسیله یک تیغه تخت، مشاهده می‌شود که فاصله دو جبهه موج در قسمت کم عمق، کمتر از قسمت عمیق است.



$$\lambda_1 < \lambda_2 \xrightarrow{f \text{ ثابت}} v = \lambda f \Rightarrow v_1 < v_2$$

۹ آزمایش طراحی کنید که نشان دهد امواج الکترومغناطیسی برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند اما صوت برای انتشار نیاز به محیط مادی دارد.

(نهایی تجربی خرداد ۱۴۰۳)

شرح آزمایش: مطابق شکل زیر یک گوشی تلفن همراه را در یک محفظه تخلیه هوای شیشه‌ای آویزان کنید. با برقراری تماس با گوشی، صدای آن را خواهید شنید، ولی با به کار افتادن پمپ تخلیه هوا، صدا به



تدریج ضعیف و سرانجام خاموش می‌شود، در حالی که امواج الکترومغناطیسی هم چنان به گوشی می‌رسند، زیرا امواج صوتی، مکانیکی هستند و نیاز به محیط مادی دارند، در صورتی که امواج الکترومغناطیسی نیاز به محیط مادی ندارند.

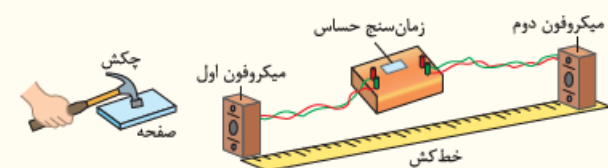
۱۰ الف) آزمایش طراحی کنید که به کمک آن بتوان تندی صوت در هوا را اندازه گرفت.

(ب) هم چنین توضیح دهید با افزایش دمای هوای محیط چه تغییری در نتیجه آزمایش رخ می‌دهد؟ (نهایی ریاضی دی ۱۴۰۲ / نهایی تجربی دی ۱۴۰۴)

الف) وسایل مورد نیاز: دو میکروفون، یک زمان سنج حساس، چکش، صفحه فلزی

شرح آزمایش: دو میکروفون را مطابق شکل به یک زمان سنج حساس متصل کنید.

وقتی چکش را به صفحه فلزی بکوبیم، امواج صوتی که به سمت دو میکروفون روانه می‌شوند، نخست میکروفون نزدیک‌تر و سپس میکروفون دورتر را متأثر می‌سازند. اختلاف فاصله میکروفون‌ها از محل برخورد چکش با صفحه فلزی را اندازه می‌گیریم. با استفاده از زمان سنج می‌توانیم تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ثبت کنیم. اکنون با استفاده از رابطه $v = \Delta x / \Delta t$ می‌توانیم تندی صوت را در هوا بیابیم.



ب) با افزایش دمای هوا اختلاف زمانی بین دریافت صوت‌ها توسط دو میکروفون اندکی کاهش می‌یابد که این نشان دهنده این است که تندی صوت افزایش یافته است؛ بنابراین، نتیجه می‌گیریم که با افزایش دمای هوا تندی صوت در هوا افزایش می‌یابد.

۲) وزنه‌ای با جرم معین را به فنرهایی با ثابت کشسانی متفاوت متصل کرده و سپس دوره تناوب سامانه جرم-فنر را در هر حالت اندازه‌گیری می‌کنیم. نتایج آزمایش نشان می‌دهد که دوره تناوب با جذر ثابت فنر به طور وارون متناسب است، یعنی $T \propto \frac{1}{\sqrt{k}}$.

۳) وزنه‌ای به جرم معین را به فنری با ثابت کشسانی معین وصل کرده و این سامانه را با دامنه‌هایی متفاوت به نوسان درمی‌آوریم. سپس دوره تناوب سامانه جرم-فنر را در هر حالت محاسبه می‌کنیم. نتایج آزمایش نشان می‌دهد که دوره تناوب سامانه جرم-فنر مستقل از دامنه است.

۶) آزمایش طراحی کنید که به کمک آن بتوان شتاب گرانش (g) را اندازه گرفت. وسایل و روند آزمایش را به طور کامل بنویسید.

(نهایی تجربی دی ۱۴۰۲ / نهایی ریاضی دی ۱۴۰۴)

وسایل مورد نیاز: آونگ، خط‌کش، وسیله‌ای نظیر کرنومتر برای اندازه‌گیری زمان
شرح آزمایش: ابتدا طول آونگ (l) را اندازه می‌گیریم. آونگ را از وضعیت تعادل اندکی منحرف کرده و سپس آن را رها می‌کنیم. در مدت زمان مشخصی (t) (به طور مثال ۱ دقیقه) تعداد نوسان‌های آن را



یادداشت می‌کنیم. سپس با استفاده از رابطه $n = \frac{t}{T}$

دوره تناوب را به دست آورده و در رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ جای‌گذاری می‌کنیم تا شتاب گرانش را به دست آوریم.

۷) دستگاه شکل مقابل چه نام دارد، برای چه منظوری استفاده می‌شود و این وسیله آزمایش چگونه کار می‌کند؟ (نهایی تجربی خرداد ۱۴۰۴)



به این دستگاه، آونگ بارتون گفته می‌شود. مطابق شکل، یک آونگ با وزنه سنگین و تعدادی آونگ سبک با طول‌های متفاوت روی نخ سوار شده‌اند که هر دو انتهای آن توسط گیره‌هایی به تخته آویز متصل شده است. به آونگ سنگین اصطلاحاً آونگ وادارنده گفته می‌شود.

آونگ وادارنده را عمود بر صفحه شکل از نقطه تعادل خارج و رها می‌کنیم. نوسان این آونگ که گلوله سنگین تری نسبت به سایرین دارد، سبب لرزش نخ افقی بالایی و در نتیجه وارد شدن نیرو به سایر آونگ‌ها می‌گردد و آن‌ها را وادار به نوسان می‌کند. اگر به سایر آونگ‌ها توجه کنیم، خواهیم دید که آونگ هم طول با آونگ وادارنده، نوسانی با دامنه بزرگ‌تر از سایرین دارد. در حقیقت بسامد طبیعی این آونگ با بسامد آونگ وادارنده مساوی است و به همین دلیل برای آن تشدید رخ می‌دهد.

نکته! برای تشدید باید بسامد نیروی وارد بر نوسانگر با بسامد طبیعی آن برابر باشد، اما اگر این بسامدها نزدیک به هم باشند، باز هم دامنه نوسان بزرگ خواهد بود، ولی نه به اندازه حالتی که بسامدها برابر باشند. به همین دلیل در این آزمایش، آونگ‌هایی که طولشان نزدیک به طول آونگ وادارنده است، دامنه نوسان قابل توجهی پیدا می‌کنند.

تذکره: صورت سؤال دیگری که برای آزمایش بالا در امتحان نهایی مطرح می‌شود، به صورت زیر است:

آزمایشی را شرح دهید که بتوان به کمک آن پدیده تشدید را مشاهده کرد.



۱۱ آزمایش طراحی کنید که به کمک آن قانون بازتاب عمومی را برای امواج

صوتی تحقیق کنید.

وسایل مورد نیاز: دو لوله با طول ۱ m متر و نقاله.

شرح آزمایش: انتهای لوله‌ها را رو به دیوار می‌گیریم به طوری که انتهای هر دو لوله در محل برخورد با دیوار به هم برسند. شخص اول با زاویه‌ای لوله را نسبت به دیوار گرفته و در آن صوتی ایجاد می‌کند. با تولید صدا در دهانه ورودی، امواج صوتی با عبور از لوله اول و بازتاب از دیواره سخت از طریق لوله دوم به گوش شنونده می‌رسد. لوله دوم را آن قدر می‌چرخانیم تا در زاویه مشخصی صدا با بیشترین بلندی به گوشمان برسد. در انتها با بررسی زاویه لوله‌های اول و دوم درمی‌یابیم که بیشترین بلندی صدای دریافتی به ازای برابری زاویه تابش و زاویه بازتابش حاصل می‌شود.



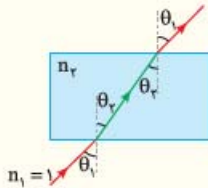
نتیجه می‌گیریم که زاویه تابش صوت با زاویه بازتاب آن برابر است.

۱۲ آزمایش طراحی کنید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغه

متوازی السطوح شفاف را اندازه گرفت. وسایل و روند آزمایش را به طور کامل

بنویسید. (نهایی ریاضی خرداد ۱۴۰۴)

وسایل مورد نیاز: تیغه متوازی السطوح (نظیر شیشه)، لیزر مدادی و نقاله
شرح آزمایش: مطابق شکل زیر، یک تیغه متوازی السطوح را روی کاغذ قرار می‌دهیم. باریکه نوری را به طور مایل به وجهی از تیغه می‌تابانیم تا از وجه مقابل تیغه خارج شود. مسیر باریکه ورودی و خروجی نور را بر روی کاغذ رسم می‌کنیم. سپس تیغه شفاف را برداشته و مسیر باریکه نور درون تیغه را رسم می‌کنیم. با استفاده از نقاله، زاویه باریکه‌های ورودی (θ_i) و خروجی (θ_r) نسبت به خط عمود را اندازه‌گیری می‌کنیم. اکنون می‌توانیم با استفاده از قانون شکست اسنل، ضریب شکست تیغه را به صورت زیر محاسبه کنیم:



$$n_1 \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r \xrightarrow{n_1=1} n_r = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r}$$

ساختار کتاب !

ضمیمهٔ آزمون کتاب فیزیک دوازدهم تجربی ماجرایی بیست به عنوان یک منبع کاربردی برای امتحان نهایی فیزیک دوازدهم رشتهٔ تجربی طراحی شده است و مباحث مورد نیاز شما را در آزمون‌های زیر در اختیارتان قرار می‌دهد:

۱- **امتحان‌های جمع‌بندی فصل:** از هر فصل یک آزمون جامع طراحی کرده‌ایم تا بعد از مطالعهٔ هر فصل بتوانید میزان یادگیری و تسلط خود را بسنجید.

۲- **امتحان‌های نوبت اول:** امتحان‌های شمارهٔ ۵ و ۶، مربوط به مباحث نوبت اول کتاب فیزیک دوازدهم رشتهٔ تجربی هستند. این امتحان‌ها تألیفی‌اند و پیشنهاد می‌کنیم قبل از امتحان نوبت اول حتماً آن‌ها را حل کنید.

۳- **امتحان‌های نوبت دوم:** امتحان‌های شمارهٔ ۷ و ۸، امتحان‌های تألیفی نوبت دوم هستند و سطح آن‌ها کمی از نهایی‌های برگزارشده سخت‌تر است و امتحان‌های شمارهٔ ۹ و ۱۰ عیناً امتحان نهایی دی و خرداد ۱۴۰۴ با کلید تصحیح آموزش و پرورش هستند تا قبل از امتحان، با مدل سؤال‌های نهایی و نحوهٔ جوابگویی به آن آشنا شوید.

توجه! برای مشاهده و دانلود «خلاصه درس فصل به فصل ویژهٔ شب امتحان» و «ضمیمهٔ مرور نهایی» کتاب فیزیک دوازدهم رشتهٔ تجربی کیوارکد کتاب را اسکن کنید و وارد پل شوید.

بارم‌بندی فیزیک ۱۲ تجربی

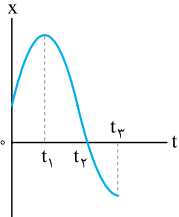
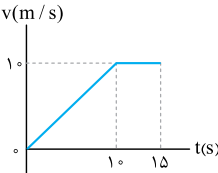
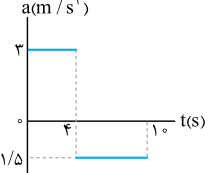
فصل	نوبت اول	نوبت دوم
۱	۸	۴/۲۵
۲	۸/۵	۴/۵
۳	۳/۵ (تا صفحهٔ ۶۲)	۶/۵
۴	-	۴/۷۵
مجموع	۲۰	۲۰

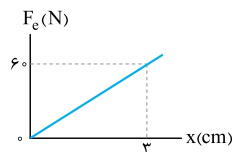
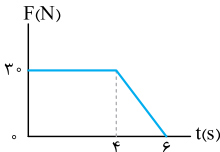
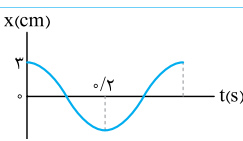
فهرست

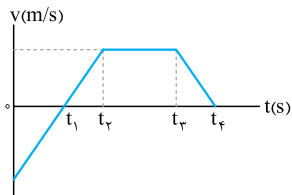
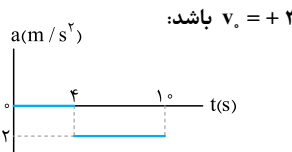
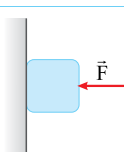
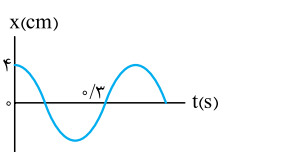
شمارهٔ آزمون	نوع آزمون	صفحهٔ آزمون	صفحهٔ پاسخ
۱	جامع فصل ۱	۵	۲۲
۲	جامع فصل ۲	۶	۲۲
۳	جامع فصل ۳	۷	۲۳
۴	جامع فصل ۴	۸	۲۳
۵	امتحان نوبت اول	۹	۲۴
۶	امتحان نوبت اول	۱۱	۲۶
۷	امتحان نوبت دوم تألیفی	۱۳	۲۷
۸	امتحان نوبت دوم تألیفی	۱۶	۲۸
۹	امتحان نوبت دوم نهایی دی ۱۴۰۴	۱۸	۳۰
۱۰	امتحان نوبت دوم نهایی خرداد ۱۴۰۴	۲۰	۳۱

امتحان‌های نوبت اول

برای مشاهده و دانلود «مرور نهایی» کتاب فیزیک دوازدهم رشته تجربی، شامل فرمول‌ها، آزمایش‌ها و حفظیات فیزیک دوازدهم، QR Code کتاب را اسکن کنید و وارد پند کتاب شوید.

ردیف	امتحان شماره ۵	رشته علوم تجربی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	نمره
۱	الف) بردار مکان را تعریف کنید. ب) در چه صورت اندازه سرعت متوسط متحرک با تندی متوسط آن برابر می‌شود؟			۰/۵
۲	شکل مقابل نمودار مکان - زمان یک متحرک که در راستای محور x حرکت می‌کند را نشان می‌دهد. الف) در کدام لحظه، متحرک بیشترین فاصله از مبدأ مختصات را دارد؟ ب) جابه‌جایی کل متحرک در جهت محور x است یا خلاف جهت محور x ؟ پ) جهت حرکت متحرک چند بار تغییر کرده است؟ ت) در کدام بازه زمانی متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است؟ ث) در کدام لحظه متحرک از مبدأ عبور می‌کند؟			۱/۲۵
۳	درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با علامت‌های (د) یا (ن) مشخص کنید. الف) شیب خطی که نمودار سرعت - زمان را در دو لحظه به هم وصل می‌کند، برابر شتاب لحظه‌ای است. ب) عقربه تندی سنج خودروها، تندی لحظه‌ای خودرو را نشان می‌دهند. پ) شتاب در یک حرکت، فقط به دلیل تغییر در اندازه بردار سرعت ایجاد می‌شود.			۰/۷۵
۴	معادله مکان - زمان متحرکی روی خط راست در SI به صورت $x = -4t + 6$ است. الف) این متحرک در چه لحظه‌ای از مبدأ مکان عبور کرده است؟ ب) آیا جهت حرکت این متحرک تغییر کرده است؟ پ) نمودار مکان - زمان این متحرک را برای ۳ ثانیه ابتدای حرکت رسم کنید.			۰/۵ ۰/۲۵ ۰/۵
۵	سرعت متوسط خودرویی که از حال سکون با شتاب $1/5 \text{ m/s}^2$ در امتداد محور x به حرکت درمی‌آید، در 4 s اول حرکت چند متر بر ثانیه است؟			۱/۲۵
۶	نمودار سرعت - زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند و در لحظه $t = 0$ از مکان $x = 0$ می‌گذرد، همانند شکل مقابل است. سرعت متوسط این متحرک در بازه زمانی صفر تا 15 s را حساب کنید.			۱
۷	نمودار شتاب - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل است. اگر سرعت متحرک در مبدأ زمان برابر 10 m/s باشد، سرعت آن در لحظه $t = 10 \text{ s}$ چه قدر است؟			۱
۸	خودرویی با سرعت 20 m/s در حال حرکت است. وقتی به فاصله $37/5$ متری مانعی می‌رسد، راننده به محض دیدن مانع ترمز می‌گیرد و سرعت خودرو با شتاب ثابت کاهش می‌یابد و با سرعت 10 m/s به مانع برخورد می‌کند. (زمان واکنش راننده ناچیز فرض شود). الف) شتاب خودرو پس از ترمزگرفتن چه قدر بوده است؟ ب) اندازه سرعت متوسط خودرو از لحظه ترمزگرفتن تا لحظه برخورد به مانع چه قدر است؟			۰/۵ ۰/۵
۹	جاهای خالی را در جمله‌های زیر با کلمه‌های مناسب پر کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. الف) نیروهای کنش و واکنش هم‌نوع هستند و همواره به جسم وارد می‌شوند. ب) هر چه تندی حرکت یک جسم درون شاره باشد، اندازه نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد. پ) نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بین دو جسم، بستگی ت) معمولاً ضریب اصطکاک جنبشی میان دو سطح، از ضریب اصطکاک ایستایی میان آن دو سطح است. ث) با ۳ برابر کردن فاصله میان دو ذره، اندازه نیروی گرانشی بین آن‌ها برابر می‌شود.			۱/۲۵
۱۰	به پرسش‌های زیر، پاسخ کوتاه دهید: الف) در هنگام ترمز ناگهانی، در اثر چه خاصیتی به جلو پرتاب می‌شویم؟ ب) نیرویی که از طرف زمین بر ماه وارد می‌شود، چه نام دارد؟ پ) با افزایش تندی جسم، تکانه آن چه تغییری می‌کند؟			۰/۷۵
۱۱	آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوان ثابت فنر را به دست آورد.			۱

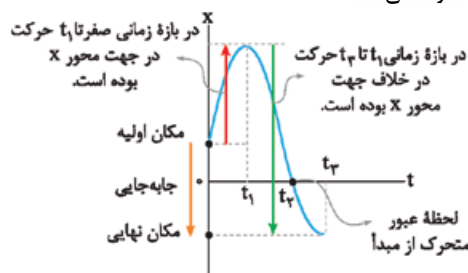
فیزیک (۳)	رشته علوم تجربی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	خلیج
ردیف	امتحان شماره ۵	امتحان نوبت اول	نمره
۱۲	به جسمی به جرم 20 kg ، نیروی $F = 80 \text{ N}$ مطابق شکل اثر می‌کند و جسم بر روی سطح افقی به حرکت درمی‌آید. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح 0.2 باشد، شتاب حرکت جسم را حساب کنید. ($g = 10 \text{ N/kg}$)		۱/۲۵
۱۳	جسمی به وزن 60 نیوتون را با طناب سبکی به طرف بالا می‌کشیم. اگر شتاب ثابت رو به بالای جسم 2 m/s^2 باشد، نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و نیروی کشش طناب را به دست آورید. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)	۱	
۱۴	ماهواره‌ای روی مدار تقریباً دایره‌ای در ارتفاع $h = 1600 \text{ km}$ از سطح زمین، به دور زمین می‌چرخد. شتاب گرانشی وارد بر ماهواره در این فاصله، چند برابر شتاب گرانشی وارد به آن در سطح زمین است؟ ($R_E = 6400 \text{ km}$)	۱	
۱۵	در شکل روبه‌رو، نمودار نیروی کشسانی بر حسب تغییر طول فنر برای یک فنر رسم شده است. ثابت فنر (k) چند نیوتون بر سانتی‌متر است؟		۰/۷۵
۱۶	مطابق نمودار مقابل، به جسم ساکنی به جرم 2 kg نیروی خالص افقی بر حسب زمان وارد می‌شود. نیروی خالص متوسط وارد بر جسم را در مدت 6 s به دست آورید.		۰/۷۵
۱۷	با توجه به واژه‌های داده‌شده، گزاره‌های زیر را کامل کنید. (یک واژه اضافه است). کمینه - افزایش - کاهش - بیشینه الف) اگر آونگ ساده‌ای را از سطح زمین به سطح ماه انتقال دهیم، دوره نوسان آونگ ساده می‌یابد. ب) در پدیده تشدید، دامنه نوسان آونگ به مقدار خود می‌رسد. پ) شتاب نوسانگر در نقطه تعادل است.	۰/۷۵	
۱۸	معادله حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI به صورت $x = \left(\frac{2}{\pi}\right) \cos 25\pi t$ است. الف) دوره تناوب این نوسانگر چند ثانیه است؟ ب) تندترین پیشینه این نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟	۰/۷۵ ۰/۷۵	
۱۹	نمودار مکان - زمان یک حرکت هماهنگ ساده به شکل مقابل است. الف) دوره این حرکت چه قدر است؟ ب) معادله حرکت آن را بنویسید.		۰/۲۵ ۰/۷۵
۲۰	دامنه نوسان یک نوسانگر جرم - فنر در حرکت هماهنگ ساده 1 m و سختی فنر آن 100 N/m است. انرژی مکانیکی نوسانگر هنگام نوسان روی یک سطح افقی بدون اصطکاک، چند ژول است؟	۰/۵	
۲۰	مجموع نمرات		

فیزیک (۳)		رشته علوم تجربی		مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه	
ردیف	امتحان شماره ۱۰		امتحان نوبت دوم: نهایی خرداد ۱۴۰۴		
۱	شکل زیر نمودار سرعت - زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محور x حرکت می کند. درستی یا نادرستی جملات زیر را با کلمه های «درست» یا «نادرست» در پاسخ برگ مشخص کنید. الف) در لحظه t_1 جهت حرکت متحرک تغییر کرده است. ب) در بازه زمانی صفر تا t_1 متحرک در جهت محور x حرکت کرده است. پ) در بازه زمانی t_2 تا t_3 متحرک ساکن است. ت) در بازه زمانی t_3 تا t_4 حرکت متحرک کندشونده است.				
۲	دونده ای با سرعت ثابت در جهت محور x حرکت می کند و در لحظه های $t_1 = 0$ s و $t_2 = 12$ s به ترتیب از مکان های $x_1 = -36$ m و $x_2 = +36$ m می گذرد. الف) بردار مکان دونده را در لحظه t_1 رسم کنید. ب) معادله مکان - زمان دونده را در SI بنویسید. پ) مسافت پیموده شده توسط دونده در بازه زمانی صفر تا ۱۲ s چند متر است؟			۰/۲۵ ۱ ۰/۲۵	
۳	شکل روبه رو نمودار شتاب - زمان یک متحرک را نشان می دهد که در امتداد محور x حرکت می کند. اگر $v_0 = +3$ m/s باشد: الف) شتاب متوسط متحرک در بازه زمانی صفر تا ۱۰ s چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ب) جابه جایی متحرک در بازه زمانی ۴ s تا ۱۰ s چند متر است؟				
۴	در جمله های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ برگ بنویسید. الف) اجسام میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آن ها (صفر - ثابت) است حفظ کنند. ب) نیروهای کنش و واکنش همواره به (یک جسم - دو جسم) وارد می شوند. پ) به ازای یک نیروی معین هر چه ثابت فنر بزرگ تر باشد تغییر طول آن (بیشتر - کمتر) است. ت) جسمی درون شاره ای حرکت می کند؛ هر چه تندی جسم کم تر باشد، نیروی مقاومت شاره (کم تر - بیشتر) می شود. ث) نیروی خالص وارد بر یک جسم برابر با تغییر (سرعت - تکانه) جسم تقسیم بر زمان تغییر آن است.			۱/۲۵	
۵	می خواهیم به جسمی که جرم آن ۲ kg است شتاب 3 m/s^2 بدهیم. اگر جسم در راستای قائم با شتاب رو به پایین شروع به حرکت کند و از مقاومت هوا صرف نظر کنیم: الف) نیروهای وارد بر جسم را رسم کنید. ب) اندازه نیرویی که باید به جسم وارد کنیم چند نیوتون است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)			۰/۵ ۰/۷۵	
۶	فاصله یک جسم از مرکز زمین چند برابر شعاع زمین (R_E) باشد تا شتاب گرانشی در محل جسم به $\frac{1}{4}$ مقدار خود در سطح زمین برسد؟			۱	
۷	جسمی به جرم ۵ kg را مانند شکل روبه رو با نیروی عمودی F به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته ایم. الف) اندازه نیروی اصطکاک را به دست آورید. ($g = 10 \text{ m/s}^2$) ب) اگر بزرگی نیروی F بیشتر شود، نیروهایی که افزایش می یابند را نام ببرید.				
۸	جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید و در پاسخ برگ بنویسید. (یک کلمه اضافه است) بیشتر - سراب - کم تر - پاشندگی - مکانیکی - الکترومغناطیسی الف) با افزایش جرم در یک سامانه جرم - فنر، دوره تناوب سامانه می شود. ب) امواج برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند. پ) دلیل پدیده آن است که ضریب شکست هر محیطی به جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد. ت) اگر ناظر از چشمه صوت ساکن دور شود، بسامد صوتی که دریافت می کند از بسامد چشمه، است. ث) از امواج انرژی به صورت انرژی جنبشی و پتانسیل در محیط انتقال می یابد.			۱/۲۵	
۹	نمودار مکان - زمان نوسانگری به جرم ۵۰۰ g مطابق شکل روبه رو است. الف) معادله حرکت این نوسانگر را در SI بنویسید. ب) انرژی جنبشی نوسانگر در لحظه $t = 0/3$ s چند ژول است؟ ($\pi^2 = 10$)				

فیزیک (۳)		رشته علوم تجربی		مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه		خبرگزاری															
ردیف	امتحان شماره ۱۰		امتحان نوبت دوم: نهایی خرداد ۱۴۰۴		نمره																
۱۰	یک چشمه موج با بسامد ۲۰ Hz در محیطی که تندی انتشار موج در آن ۲۰۰ m/s می باشد، نوسان هایی طولی ایجاد می کند. فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی در این موج چند متر است؟		۰/۷۵																		
۱۱	توان متوسط یک چشمه صوت $12 \times 10^{-4} \text{ W}$ می باشد. شنونده در چه فاصله از چشمه صوت قرار گیرد تا تراز شدت صوتی که به گوش او می رسد ۸۰ dB باشد؟ $(\pi = 3, I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2)$		۱/۲۵																		
۱۲	آزمایشی را شرح دهید که بتوان به کمک آن پدیده تشدید را مشاهده کرد. وسایل آزمایش: تخته آویز - نخ - وزنه های سبک (مخروط های کاغذی) - آونگ وادارنده		۱																		
۱۳	شکل روبه رو طرحی از بازتاب و شکست نور، در عبور یک پرتوی نور از هوا به محیط شفاف دیگر را نشان می دهد. الف) زاویه بین پرتوی بازتاب و پرتوی شکست چند درجه است؟ ب) ضریب شکست محیط دوم را به دست آورید. $(n_1 = 1, \sin 37^\circ = 0/6, \sin 3^\circ = 0/5)$				۰/۲۵ ۰/۵																
۱۴	به سؤالات زیر پاسخ دهید. الف) دو ویژگی عمده گسیل القایی را بنویسید. ب) با استفاده از مدل بور، چگونه می توان خط های تاریک در طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی را توجیه کرد؟		۰/۵ ۰/۷۵																		
۱۵	در جدول زیر برای هر گزاره از ستون (۱) عبارت مناسب را از ستون (۲) انتخاب کرده و در پاسخ برگ بنویسید. (در ستون (۲) یک مورد اضافه است.)		<table><tr><th>ستون (۱)</th><th>ستون (۲)</th></tr><tr><td>الف) این واپاشی در آشکارسازهای دود کاربرد گسترده ای دارد.</td><td>آلفا</td></tr><tr><td>ب) در این واپاشی یک پروتون درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می شود.</td><td>بتای مثبت</td></tr><tr><td>پ) می تواند از ورقه سربی به ضخامت تقریبی ۱۰۰ mm عبور کند.</td><td>بتای منفی</td></tr><tr><td>ت) اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون ها در هسته از این مرتبه است.</td><td>پرتوی گاما</td></tr><tr><td>ث) در این واپاشی عدد اتمی هسته دختر یک واحد بیشتر از عدد اتمی هسته مادر است.</td><td>MeV تا keV</td></tr><tr><td>-</td><td>eV</td></tr></table>		ستون (۱)	ستون (۲)	الف) این واپاشی در آشکارسازهای دود کاربرد گسترده ای دارد.	آلفا	ب) در این واپاشی یک پروتون درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می شود.	بتای مثبت	پ) می تواند از ورقه سربی به ضخامت تقریبی ۱۰۰ mm عبور کند.	بتای منفی	ت) اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون ها در هسته از این مرتبه است.	پرتوی گاما	ث) در این واپاشی عدد اتمی هسته دختر یک واحد بیشتر از عدد اتمی هسته مادر است.	MeV تا keV	-	eV	۱/۲۵		
ستون (۱)	ستون (۲)																				
الف) این واپاشی در آشکارسازهای دود کاربرد گسترده ای دارد.	آلفا																				
ب) در این واپاشی یک پروتون درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می شود.	بتای مثبت																				
پ) می تواند از ورقه سربی به ضخامت تقریبی ۱۰۰ mm عبور کند.	بتای منفی																				
ت) اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون ها در هسته از این مرتبه است.	پرتوی گاما																				
ث) در این واپاشی عدد اتمی هسته دختر یک واحد بیشتر از عدد اتمی هسته مادر است.	MeV تا keV																				
-	eV																				
۱۶	کوتاه ترین طول موج در رشته براکت $(n' = 4)$ هیدروژن اتمی چند نانومتر است؟ $(R = 0/01 \text{ nm}^{-1})$		۰/۷۵																		
۱۷	در اتم هیدروژن، الکترونی در یک مدار مانا با شعاع $16a_0$ قرار دارد که a_0 شعاع بور برای اتم هیدروژن است. با استفاده از رابطه $E_n = \frac{-13/6 \text{ eV}}{n^2}$ ، انرژی الکترون در این مدار چند ریذبرگ می باشد؟		۰/۷۵																		
۱۸	شکل روبه رو نمودار تغییرات تعداد هسته های مادر پرتوزای یک نمونه را برحسب زمان نشان می دهد. نیمه عمر این نمونه چند روز است؟				۰/۷۵																
۲۰	مجموع نمرات																				

برای مشاهده و دانلود امتحان های نهایی خرداد، شهریور و دی ۱۴۰۵، QR Code کتاب را اسکن کنید و وارد پتل کتاب شوید.

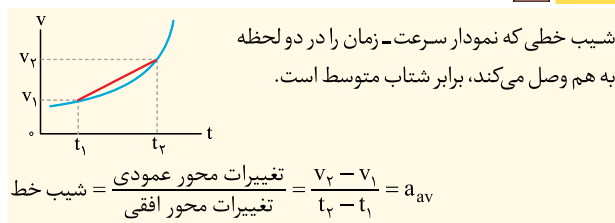
پ یک بار (۰/۲۵) - متحرک در بازه زمانی صفر تا t_1 در جهت محور x در حال حرکت بوده است. در t_1 سرعتش صفر شده و سپس تغییر جهت می دهد و در خلاف جهت محور x حرکت می کند.



ت t_1 تا t_2 (۰/۲۵)

ث t_2 (۰/۲۵) - محل برخورد نمودار $x-t$ با محور زمان لحظه عبور متحرک از مبدأ را نشان می دهد.

۳ **الف** نادرست (۰/۲۵) **ب** تعیین شتاب به کمک نمودار $v-t$ (فصل ۱ - تعیین شتاب به کمک نمودار $v-t$)



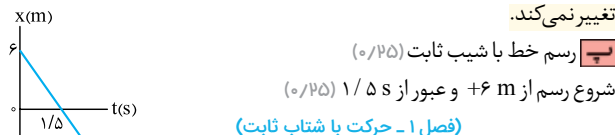
پ درست (۰/۲۵) **الف** (فصل ۱ - تندی لحظه ای و سرعت لحظه ای)

پ نادرست (۰/۲۵)؛ شتاب در یک حرکت، علاوه بر تغییر در اندازه سرعت می تواند به علت تغییر در جهت بردار سرعت هم باشد. (فصل ۱ - شتاب متوسط و شتاب لحظه ای)

۴ **الف** کافی است در معادله $x = -4t + 6$ مقدار x را صفر قرار دهیم: $0 = -4t + 6 \Rightarrow t = \frac{6}{4} = 1.5 \text{ s}$ (۰/۲۵)

(فصل ۱ - حرکت با سرعت ثابت)

ب خیر (۰/۲۵) - با توجه به معادله مکان - زمان که به صورت $x = vt + x_0$ است می فهمیم که حرکت با سرعت ثابت است. در حرکت با سرعت ثابت جهت حرکت تغییر نمی کند.



(فصل ۱ - حرکت با شتاب ثابت)

۵ ابتدا جابه جایی را در ۴ s اول به دست می آوریم:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \quad (۰/۲۵) \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2} \times (1/5) \times (4)^2 + 0 = 12 \text{ m} \quad (۰/۲۵)$$

حالا سرعت متوسط را تعیین می کنیم:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{av} = \frac{12}{4} = 3 \text{ m/s} \quad (۰/۲۵)$$

(فصل ۱ - حرکت با شتاب ثابت)

۶

بکته مساحت زیر نمودار $v-t$ با در نظر گرفتن علامت برابر با جابه جایی است.

$$\Delta x = S_{v-t} \quad (۰/۲۵) = \frac{(15+5) \times 10}{2} = 100 \text{ m} \quad (۰/۲۵)$$

بنابراین سرعت متوسط برابر است با:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100}{15} = \frac{20}{3} \text{ m/s} \quad (۰/۲۵)$$

(فصل ۱ - حرکت با شتاب ثابت)

پ این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می گردد به کار نمی رود، (۰/۲۵) این مدل نمی تواند متفاوت بودن شدت خط های طیف گسیلی را توضیح دهد. (۰/۲۵)

پ تعداد نوترون های متفاوتی دارند، (۰/۲۵) و ویژگی های فیزیکی متفاوتی دارند. (۰/۲۵)

۴ **الف** طیف خطی (۰/۲۵) **ب** نوترون (۰/۲۵) **ت** طیف پیوسته (۰/۲۵)

پ پروتون (۰/۲۵)

۵

$$P = \frac{E}{t} \quad (۰/۲۵) \Rightarrow P = \frac{nhc}{\lambda t} \quad (۰/۲۵)$$

$$\Rightarrow P = \frac{1.018 \times 6 / 4 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9} \times 1} = 0.48 \text{ W} \quad (۰/۲۵)$$

۶ کوتاه ترین طول موج نور مرئی زمانی رخ می دهد که الکترون مستقیماً از

$n = 5$ (حالت چهارم برانگیخته) به $n' = 2$ برود.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right) \quad (۰/۲۵)$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{10^4}{21} \text{ nm} = 476 \text{ nm} \quad (۰/۲۵)$$

۷ دومین خط رشته پاشن حاصل جهش الکترون از $n = 5$ به $n' = 3$ است.

$$r_n = a_0 n^2 \Rightarrow r_3 = 9a_0 = 45 \times 10^{-11} \text{ m} \quad (۰/۲۵)$$

$$r_5 = 25a_0 = 125 \times 10^{-11} \text{ m} \quad (۰/۲۵)$$

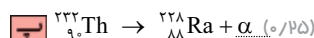
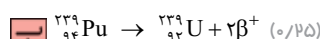
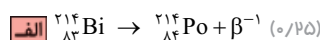
$$\Rightarrow r_5 - r_3 = 80 \times 10^{-11} \text{ m} = 0.8 \text{ nm} \quad (۰/۲۵)$$

۸ فوتونی که بلندترین طول موج را دارد حاصل پرش الکترون از $n = 5$ به

$n' = 4$ است.

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow E_5 = -\frac{13.6}{25} = -0.544 \text{ eV} \quad (۰/۲۵)$$

$$E_4 = -\frac{13.6}{16} = -0.85 \text{ eV} \quad (۰/۲۵) \Rightarrow E_{\text{فوتون}} = 0.306 \text{ eV} \quad (۰/۲۵)$$



$$n = \frac{\Delta t}{T_1} = \frac{24}{6} = 4 \quad (۰/۲۵)$$

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow N = \frac{4 \times 10^{30}}{2^4} = 2.5 \times 10^{29} \quad (۰/۲۵)$$

پاسخ نامه تشریحی امتحان شماره ۵



۱ **الف** برداری که مبدأ محور (۰/۲۵) را به مکان جسم (۰/۲۵) در هر لحظه وصل می کند. (فصل ۱ - شناخت حرکت)

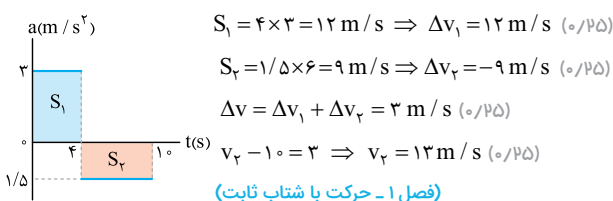
ب متحرک روی خط راست (۰/۲۵) و بدون تغییر جهت (۰/۲۵) حرکت می کند.

(فصل ۱ - تندی متوسط و سرعت متوسط)

۲ **الف** t_1 (۰/۲۵) **ب** (فصل ۱ - بررسی نمودار مکان - زمان)

خلاف جهت محور x (۰/۲۵) - همان طور که در شکل مشخص است، جابه جایی در خلاف جهت محور x است.

نکته در نمودار شتاب-زمان، مساحت بین نمودار و محور t برابر تغییر سرعت است.



الف به کمک رابطه مستقل از زمان، شتاب را تعیین می‌کنیم:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \quad (0/25) \Rightarrow (10)^2 - (20)^2 = 2a(37/5)$$

$$\Rightarrow a = \frac{100 - 400}{75} = \frac{-300}{75} = -4 \text{ m/s}^2 \quad (0/25)$$

ب چون حرکت با شتاب ثابت است، داریم:

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{20 + 10}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ m/s} \quad (0/25)$$

فصل ۱ - حرکت با شتاب ثابت

- ۹** **الف** دو (۰/۲۵) **ب** بیشتر (۰/۲۵) **پ** ندارد (۰/۲۵) **ت** کم‌تر (۰/۲۵)
- ۱۰** **الف** لختی (۰/۲۵) **ب** گرانشی (۰/۲۵) **پ** افزایش می‌یابد (۰/۲۵)

فصل ۲ - قوانین حرکت نیوتون، معرفی برخی نیروهای خاص و نیروی گرانشی

- ۱۰** **الف** لختی (۰/۲۵) **ب** گرانشی (۰/۲۵) **پ** افزایش می‌یابد (۰/۲۵)

فصل ۲ - قوانین حرکت نیوتون، تکانه و قانون دوم نیوتون و نیروی گرانشی

۱۱ طول اولیه فنر (L_0) را اندازه‌گیری کرده (۰/۲۵) و آن را از یک نقطه به طور قائم‌الوزن و به سر دیگر آن جسمی به جرم m وصل می‌کنیم. پس از رسیدن فنر به حالت تعادل، طول ثانویه فنر را اندازه‌گیری می‌کنیم و از رابطه زیر ثابت فنر را به دست می‌آوریم: (۰/۲۵)

$$k\Delta L - mg = 0 \Rightarrow k = \frac{mg}{\Delta L} \quad (0/25)$$

آزمایش را چند بار تکرار کرده و میانگین مقادیر به دست آمده را به عنوان ثابت فنر گزارش می‌کنیم. (۰/۲۵)

۱۲ نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم:

با توجه به این‌که جسم در راستای عمودی حرکت ندارد:

$$\vec{F}_{\text{net}, y} = 0 \Rightarrow \vec{F}_N + \vec{W} = 0$$

$$\vec{F}_N \text{ به سمت بالا} \quad \vec{W} \text{ به سمت پایین} \quad F_N - W = 0$$

$$\Rightarrow F_N = W = mg = 20 \times 10 = 200 \text{ N} \quad (0/25)$$

حالا قانون دوم را برای مسیر افقی جسم می‌نویسیم:

$$\vec{F}_{\text{net}, x} = m\vec{a} \Rightarrow F - f_k = ma \Rightarrow F - \mu_k F_N = ma \quad (0/25)$$

$$\Rightarrow 100 - 0/2 \times 200 = 20a \Rightarrow 40 = 20a \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2 \quad (0/25)$$

فصل ۲ - نیروی اصطکاک

۱۳ تنها دو نیروی کشش طناب و وزن به جسم وارد می‌شود که مطابق شکل روبه‌رو است. **رسم نیروها** (۰/۲۵)

چون شتاب به سمت بالا است، داریم:

$$T - mg = ma \quad m = \frac{60}{10} = 6 \text{ kg}$$

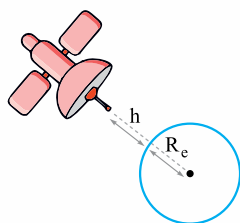
$$T - 60 = 6 \times 2 \quad (0/25)$$

$$\Rightarrow T - 60 = 12 \Rightarrow T = 72 \text{ N} \quad (0/25)$$

فصل ۲ - نیروی کشش طناب

۱۴ با توجه به شکل زیر و رابطه $g = G \frac{M_c}{R^2}$ که در آن R فاصله از مرکز زمین است، داریم:

$$g = G \frac{M_c}{R^2} \quad (0/25)$$



$$\Rightarrow \frac{g}{g_0} = \left(\frac{R_c}{R_c + h} \right)^2 \quad (0/25)$$

$$\Rightarrow \frac{g}{g_0} = \left(\frac{6400}{6400 + 1600} \right)^2 \quad (0/25)$$

$$= \left(\frac{6400}{8000} \right)^2 = \left(\frac{4}{5} \right)^2 = 0/64 \quad (0/25)$$

فصل ۲ - نیروی گرانشی

$$F_c = kx \Rightarrow 60 = k(3) \Rightarrow k = 20 \text{ N/cm} \quad (0/25)$$

توجه کنید که چون ثابت فنر بر حسب نیوتون بر سانتی‌متر خواسته شده است، لازم نبود تبدیل واحد انجام دهیم. **فصل ۲ - نیروی کشسانی فنر**

۱۶ مساحت زیر نمودار $F-t$ برابر با تغییرات تکانه است:

$$\Delta p = \frac{20 \times (4+6)}{2} = 100 \frac{\text{kg.m}}{\text{s}} \quad (0/25)$$

می‌دانیم که تغییرات تکانه تقسیم بر تغییرات زمان برابر با نیروی خالص متوسط وارد بر جسم است:

$$F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{100}{6} = 16.67 \text{ N} \quad (0/25)$$

فصل ۲ - تکانه و قانون دوم نیوتون

۱۷ **الف** افزایش (۰/۲۵) **ب** بیشینه (۰/۲۵)

فصل ۳ - آونگ ساده، تشدید و حرکت هماهنگ ساده

۱۸ **الف** معادله حرکت یک نوسانگر ساده به صورت $x = A \cos \omega t$ است:

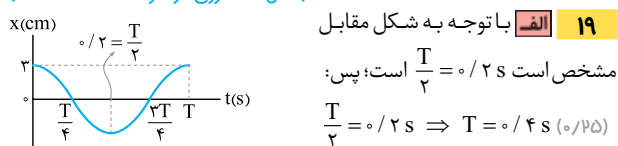
بنابراین در این سؤال $A = \frac{2}{\pi} \text{ m}$ و $\omega = 2\pi \text{ rad/s}$ است:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 2\pi = \frac{2\pi}{T} \quad (0/25)$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{2\pi} \text{ s} \Rightarrow T = 1 \text{ s} \quad (0/25)$$

$$v_{\text{max}} = A\omega \Rightarrow v_{\text{max}} = \frac{2}{\pi} \times 2\pi \Rightarrow v_{\text{max}} = 4 \text{ m/s} \quad (0/25)$$

فصل ۳ - انرژی در حرکت هماهنگ ساده



ب فرم کلی معادله حرکت یک نوسانگر ساده به صورت $x = A \cos \omega t$ است:

پس اول ω را به دست می‌آوریم و سپس معادله حرکت را می‌نویسیم:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{0/4} = 4\pi \text{ rad/s} \quad (0/25)$$

$$x = A \cos \omega t \quad A = 3 \text{ cm} = 0/03 \text{ m} \Rightarrow x = 0/03 \cos 4\pi t \quad (0/25)$$

فصل ۳ - حرکت هماهنگ ساده

۲۰

نکته انرژی مکانیکی یک نوسانگر جرم-فنر در حرکت هماهنگ ساده از رابطه $E = \frac{1}{2} kA^2$ به دست می‌آید.

$$E = \frac{1}{2} kA^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times (0/1)^2 = 0/5 \text{ J} \quad (0/25)$$

فصل ۳ - انرژی در حرکت هماهنگ ساده

$$F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad (o/v\Delta)$$

$$|F_{av}| = \left| \frac{o/v(-5-1)o}{o/v1} \right| \quad (o/v\Delta) \quad |F_{av}| = 300 \text{ N} \quad (o/v\Delta)$$

(فصل ۲)

$$\frac{W'}{W} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 \quad (o/v\Delta)$$

$$\frac{1}{4} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 \quad \frac{1}{2} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right) \Rightarrow h = R_e = 6400 \text{ km} \quad (o/v\Delta)$$

(فصل ۲)

ب- تشدید (o/vΔ)

۱۰ الف افزایش (o/vΔ)

ت- پاشندگی نور (o/vΔ)

پ- کم تر (o/vΔ)

ث- عرضی (o/vΔ)

(فصل ۳)

۱۱ الف تندی صوت در هوا (o/vΔ)

ب- دو میکروفون را مطابق شکل به یک زمان سنج حساس متصل می‌کنیم (o/vΔ)
وقتی چکش را به صفحه فلزی بگوییم، امواج صوتی که به سمت دو میکروفون روانه می‌شوند، نخست میکروفون نزدیک تر و سپس میکروفون دورتر را متأثر می‌سازند (o/vΔ)
با استفاده از زمان سنج می‌توانیم تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ثبت کرده و با استفاده از رابطه $v = \Delta x / \Delta t$ تندی صوت را در هوا اندازه بگیریم. (o/vΔ)

ب- کندشونده (o/vΔ)

۱۲ الف بالا (o/vΔ)

(فصل ۳)

پ- $\frac{\lambda}{4}$ (o/vΔ)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (o/v\Delta)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = o/v1s \quad (o/v\Delta)$$

$$v_{\max} = A\omega \quad (o/v\Delta)$$

$$v_{\max} = o/v0.1 \times 2.0\pi = o/v2\pi \text{ m/s} \quad (o/v\Delta)$$

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \quad (o/v\Delta)$$

$$E = \frac{1}{2} \times o/v \times (2.0\pi)^2 \times (o/v0.1)^2 = 4 \times 10^{-2} \text{ J} \quad (o/v\Delta)$$

(فصل ۳)

$$I_r = 10^0 I_1 \quad \Delta\beta = 10 \log \left(\frac{I_r}{I_1} \right) \quad (o/v\Delta)$$

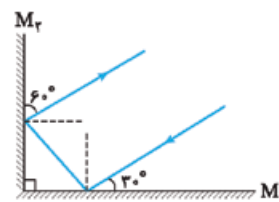
$$\Delta\beta = 10 \log \left(\frac{10^0 I_1}{I_1} \right) \quad (o/v\Delta)$$

$$\Delta\beta = 20 \text{ dB} \quad (o/v\Delta)$$

(فصل ۳)

۱۵ رسم کامل مسیر پرتوها (o/vΔ)

زاویه ۶۰ درجه (o/vΔ)



(فصل ۳)

$$n_r \sin \theta_r = n_i \sin \theta_i \quad (o/v\Delta)$$

$$n_r \times o/v7 = 1 \times o/v8.5 \quad (o/v\Delta) \quad n_r = 1/21 \quad (o/v\Delta)$$

(فصل ۳)

ب- ۵ (یا ۷) (o/vΔ)

۱۷ الف ۲ (یا MeV) (o/vΔ)

(فصل ۴)

پ- ۱ (یا α) (o/vΔ)

۱۸ الف ۱- یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود. ۲- فوتون گسیل شده هم جهت با فوتون ورودی حرکت می‌کند. ۳- فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام (هم‌فاز یا هم‌بسامد) است. (دو مورد از این سه مورد کافی است.) (o/vΔ) و هر مورد (o/vΔ)

ب- ۱- اگر الکترون نسبت به هسته ساکن فرض شود بر اثر نیروی ربایش الکتریکی، روی هسته سقوط می‌کند.

۲- اگر الکترون دور هسته بچرخد، طیفی پیوسته گسیل می‌کند و سرانجام روی هسته فرو می‌افتد. (یک مورد از این دو مورد کافی است.) (هر مورد (o/vΔ)) (فصل ۴)

$$P = \frac{E}{t} \quad (o/v\Delta) \quad P = \frac{nhf}{t} \quad (o/v\Delta)$$

۱۹

$$10^{-2} = \frac{2 \times 10^{18} \times 6 / 6 \times 10^{-34} \times 5 \times 10^{14}}{t} \quad (o/v\Delta)$$

$$t = \frac{10 \times 10^{14} \times 6 / 6}{10^{-2}} = 66 \text{ s} \quad (o/v\Delta)$$

(فصل ۴)

۲۰ الف گسیل (o/vΔ)

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \quad (o/v\Delta)$$

$$E_r = \frac{-13/6}{3^2} = -1/51 \text{ eV} \quad (o/v\Delta)$$

$$E_r = \frac{-13/6}{3^2} = -3/4 \text{ eV} \quad (o/v\Delta) \quad \Delta E = 1/89 \text{ eV} \quad (o/v\Delta)$$

ب-

(فصل ۴)

۲۱ به یکی از دو روش پاسخ، نمره داده شود.

$$N = \frac{N_o}{r^n} \quad (o/v\Delta)$$

$$\frac{N_o}{16} = \frac{N_o}{r^n} \Rightarrow n = 4 \quad (o/v\Delta)$$

روش اول

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \quad (o/v\Delta)$$

$$4 = \frac{\lambda}{T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = 2h \quad (o/v\Delta)$$

یا روش دوم

تعداد نیمه‌عمرهای سپری شده	هسته‌های مادر باقی‌مانده
۰	N_o
۱	$\frac{1}{2} \times N_o = \frac{N_o}{2}$
۲	$\frac{1}{4} \times N_o = \frac{N_o}{4}$
۳	$\frac{1}{8} \times N_o = \frac{N_o}{8}$
۴	$\frac{1}{16} \times N_o = \frac{N_o}{16}$

$$4 = \frac{\lambda}{T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = 2h \quad (o/v\Delta)$$

جدول بالا (o/vΔ)

(فصل ۴)

پاسخ‌نامه تشریحی امتحان شماره ۱۰



۱ الف درست (o/vΔ)

ب- نادرست (o/vΔ) - در نمودار $v-t$ در بازه‌ای که نمودار پایین محور t باشد، متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند.

پ- نادرست (o/vΔ) - در بازه زمانی t_1 تا t_2 سرعت متحرک ثابت است.

(فصل ۱ - بررسی نمودار سرعت - زمان)

ت درست (o/vΔ)

$$-36 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow x(\text{m}) \quad (o/v\Delta)$$

۲ الف

(فصل ۱ - شناخت حرکت)

ب- چون سرعت دهنده ثابت می‌باشد، معادله حرکت آن یک معادله درجه (۱) است:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_r - x_l}{\Delta t} \quad (o/v\Delta)$$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{36 - (-36)}{12} = 6 \text{ m/s} \quad (o/v\Delta)$$

$$x = vt + x_o \quad (o/v\Delta) \Rightarrow x = 6t - 36 \quad (o/v\Delta)$$

(فصل ۱ - حرکت با سرعت ثابت)

$$l = 36 + 36 = 72 \text{ m} \quad (o/v\Delta)$$

ب-

! نکته در حرکت با سرعت ثابت جابه‌جایی هم‌اندازه مسافت طی شده است.

(فصل ۱ - حرکت با سرعت ثابت)



۳ الف در نمودار $a-t$ ، مساحت بین نمودار و محور t برابر تغییر سرعت است:

$$S = \Delta v \text{ (o/ps)} \Rightarrow \Delta v = -2 \times (10 - 4) = -12 \text{ m/s (o/ps)}$$

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ (o/ps)} \Rightarrow a_{av} = \frac{-12}{10} = -1.2 \text{ m/s}^2 \text{ (o/ps)}$$

ب بازه زمانی صفر تا ۴ s شتاب صفر است، پس سرعت اولیه در بازه زمانی ۴ s تا ۱۰ s برابر $3 \text{ m/s} + 3$ است:

$$\Delta x = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + v_0 \Delta t \text{ (o/ps)}$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2} \times (-2) \times (10 - 4)^2 + 3 \times (10 - 4) = -18 \text{ m (o/ps)}$$

(فصل ۱ - حرکت با شتاب ثابت)

(فصل ۲ - قوانین حرکت نیوتون)

(فصل ۲ - قوانین حرکت نیوتون)

(فصل ۲ - نیروی کشسانی فنر)

(فصل ۲ - نیروی مقاومت شاره)

(فصل ۲ - تکانه و قانون دوم نیوتون)

۵ الف نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت همواره مخالف جهت حرکت و مماس بر مسیر حرکت است: (هر بردار نیرو (o/ps))



$$\vec{W} = m\vec{g}$$

$$F_{net} = ma \text{ (o/ps)} \Rightarrow F - mg = -ma \text{ (o/ps)}$$

$$\Rightarrow F = 2 \times (10 - 3) = 14 \text{ N (o/ps)}$$

(فصل ۲ - قوانین حرکت نیوتون)

$$g = G \frac{M_e}{r^2} \text{ (o/ps)} \Rightarrow \frac{g_r}{g_1} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 \text{ (o/ps)}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 \Rightarrow h = R_e \text{ (o/ps)}$$

$$r = R_e + h = 2R_e \text{ (o/ps)}$$

(فصل ۲ - نیروی گرانشی)

۷ الف

$$F_{net} = 0 \Rightarrow f_s = mg \text{ (o/ps)} \Rightarrow f_s = 0.5 \times 10 = 5 \text{ N (o/ps)}$$

ب نیروی عمودی تکیه‌گاه (o/ps) - نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه یا نیروی سطح (o/ps)

(فصل ۲ - نیروی اصطکاک)

(فصل ۳ - نوسان سامانه جرم - فنر)

(فصل ۳ - امواج الکترومغناطیسی)

(فصل ۳ - پاشندگی نور)

(فصل ۳ - اثر دوپلر)

(فصل ۳ - مشخصه‌های موج)

۹ الف دامنه و دوره تناوب نوسانگر را به کمک نمودار به دست می‌آوریم:

$$\frac{3T}{4} = 0.2 \Rightarrow T = 0.27 \text{ s (o/ps)}$$

$$x = A \cos \frac{2\pi}{T} t \text{ (o/ps)} \Rightarrow x = 0.04 \cos 5\pi t \text{ (o/ps)}$$

(فصل ۳ - حرکت هماهنگ ساده)

ب در لحظه $t = 0.2 \text{ s}$ نوسانگر از نقطه تعادل عبور می‌کند و در این نقطه انرژی جنبشی آن بیشینه است.

$$v_{max} = A\omega \text{ (o/ps)} \Rightarrow v_{max} = 0.04 \times \frac{2\pi}{0.27} = 0.92 \text{ m/s (o/ps)}$$

$$K_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 \text{ (o/ps)}$$

$$\Rightarrow K_{max} = \frac{1}{2} \times 0.05 \times (0.92)^2 = 0.21 \text{ J (o/ps)}$$

(فصل ۳ - انرژی مکانیکی نوسانگر ساده)

۱۰ فاصله بین یک تراکم و یک انبساط بیشینه متوالی برابر نصف طول موج است:

$$v = \lambda f \text{ (o/ps)} \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{10}{2} = 5 \text{ m (o/ps)}$$

(فصل ۳ - موج طولی)

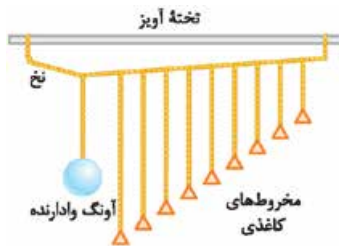
۱۱

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ (o/ps)} \Rightarrow 10 = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow I = 10^{-4} \text{ W/m}^2 \text{ (o/ps)}$$

$$I = \frac{P_{av}}{A} \text{ (o/ps)} \Rightarrow 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-4}}{4\pi r^2} \text{ (o/ps)} \Rightarrow r = 1 \text{ m (o/ps)}$$

(فصل ۳ - تراز شدت صوت)

۱۲ مطابق شکل زیر آونگ‌هایی با طول‌های متفاوت را از تخته آویز می‌آوریم. (o/ps) سپس آونگ وادارنده را به نوسان درمی‌آوریم. (o/ps) مشاهده می‌کنیم همه آونگ‌ها نوسان می‌کنند. (o/ps) برای آونگی که طول آن با طول آونگ وادارنده یکسان است، پدیده تشدید رخ می‌دهد. (o/ps)



۱۳ الف 113° (o/ps)

ب به کمک رابطه اسنل شکست محیط دوم را به دست می‌آوریم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \text{ (o/ps)}$$

$$\Rightarrow 1 \times \sin 37^\circ = n_2 \sin 30^\circ \Rightarrow n_2 = \frac{0.6}{0.5} = 1.2 \text{ (o/ps)}$$

(فصل ۳ - شکست موج)

۱۴ الف ۱- فوتون گسیل شده در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند. (o/ps) ۲- فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است. (o/ps)

(فصل ۴ - لیزر)

ب بنا بر مدل بور انرژی الکترون‌ها کوانتیده‌اند و الکترون‌ها می‌توانند با جذب فوتون از ترازهای پایین‌تر به ترازهای بالاتر بروند. (o/ps) در این حالت انرژی فوتون جذب شده دقیقاً با اختلاف انرژی بین دو تراز برابر است (o/ps) و خط‌های تاریک در طیف جذبی، طول موج‌هایی را مشخص می‌کنند که با فرایند جذب فوتون برداشته شده‌اند. (o/ps)

(فصل ۴ - مدل اتم بور)

الف ← آلفا (o/ps)

ب ← بتای مثبت (o/ps)

ت ← بتای منفی (o/ps)

۱۵ پ → پرتو گاما (o/ps)

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda = 1600 \text{ nm (o/ps)}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \text{ (o/ps)}$$

(فصل ۴ - طیف خطی)

۱۷ ابتدا شماره تراز الکترون را مشخص می‌کنیم، سپس انرژی آن را در این تراز به دست می‌آوریم:

$$r_n = a_0 n^2 \text{ (o/ps)} \Rightarrow n = 4 \text{ (o/ps)} \Rightarrow E_4 = \frac{-1}{16} E_R \text{ (o/ps)}$$

(فصل ۴ - ترازهای انرژی الکترون)

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2} \right)^n \text{ (o/ps)}$$

$$\Rightarrow 250 = 1000 \left(\frac{1}{2} \right)^n \Rightarrow n = 2 \text{ (o/ps)}$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda}{T_1} = 2 \Rightarrow T_1 = 4 \text{ روز (o/ps)}$$

(فصل ۴ - نیمه‌عمر)

