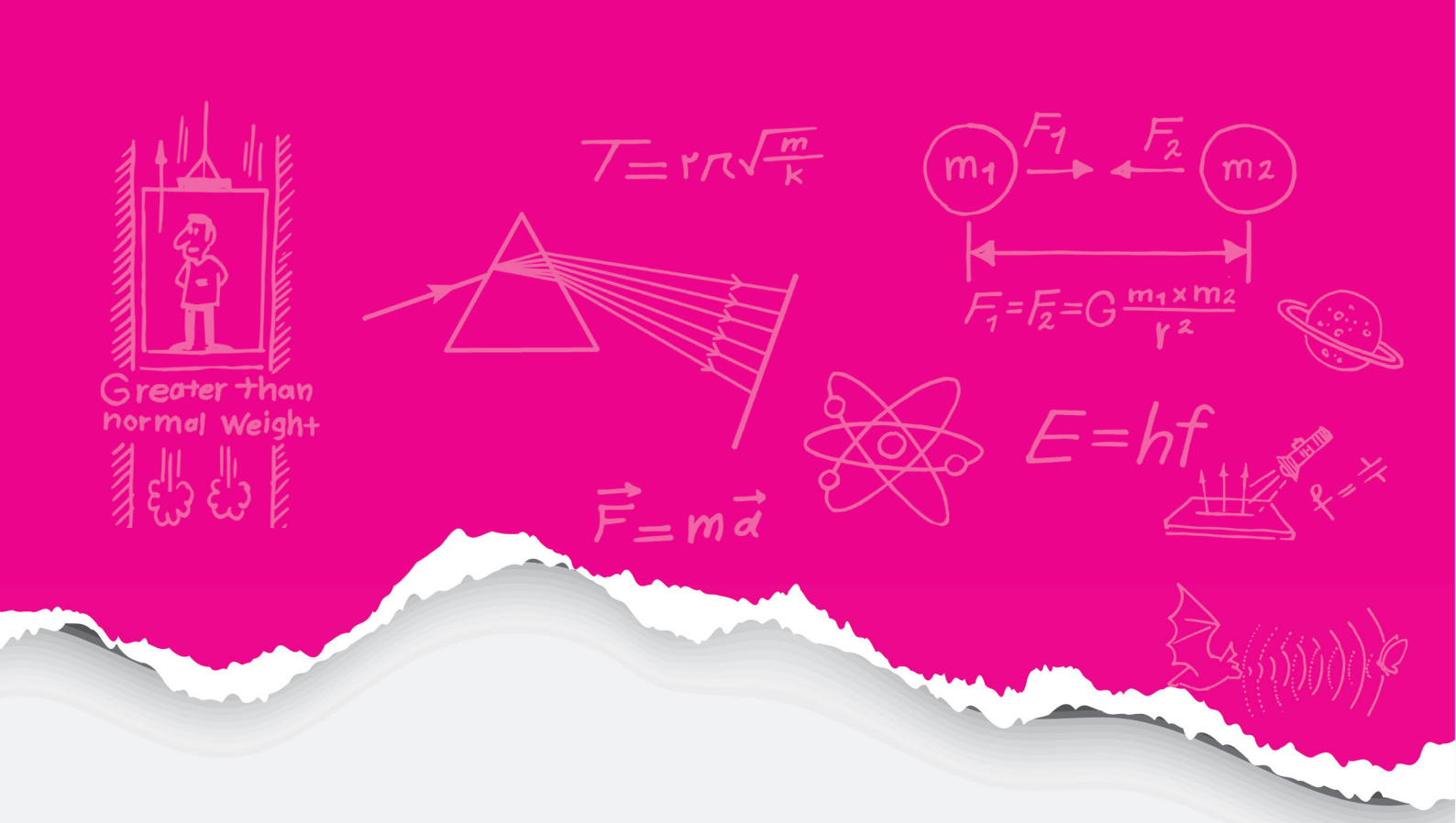


جزوهٔ کلاس کنکور

فیزیک دوازدهم

تألیف: احمد مصلایی

سرشناسه : مصلائی، احمد، ۱۳۵۴ -
عنوان و نام پدیدآور : جزوه کلاس کنکور فیزیک دوازدهم/ احمد مصلایی؛ ویراستار فنی مریم مجاور.
مشخصات نشر : تهران: کتب آموزشی پیشرو، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری : ۲۱۸ص.؛ ۲۲ ×۲۹ س‌م.
شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۹۴۵۷۴-۱-۲: ۱۶۰۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی : فیپای مختصر
شماره کتابشناسی ملی : ۸۸۲۹۱۶۲
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

کتب آموزشی پیشرو

نام کتاب : جزوهٔ کلاس کنکور فیـزیک دوازدهم
ناشر : کتب آموزشی پیشرو (کاپ)
عنوان پروژه : جزوهٔ کلاس کنکور
تألیف : احمد مصلایی
مدیر تألیف : احمد مصلایی
ناظر فنی : سیما رائفی‌نیا
صفحه‌بندی : نازنین احمدی شفق
حروف‌چینی : جواد جعفریان
ویراستار فنی : مریم مجاور
ایده طرح جلد : احمد مصلایی
تصویرسازی جلد : امیرحامد پاژتار
طراحی جلد : گروه گرافیک کاپ
لیتوگرافی و چاپ : گلپا گرافیک/ نگار نقش
سال و نوبت چاپ : ۱۴۰۱/ اول
شابک : ۹۷۸ - ۶۲۲ - ۹۴۵۷۴ -۱ -۲
شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه
قیمت : ۱۶۰۰۰۰ تومان

مرکز فروش: میـدان انقلاب- خیابان فخـررازی- خیـابان ومیـدنظری غربی- پـلاک ۸۳
تلفن: ۶۶۴۹۳۴۹۰-۰۲۱ ۶۶۹۶۱۰۷۹-۰۲۱ ۵- ۶۶۹۶۴۷۲۳-۰۲۱ صندوق پستی: ۱۳۱۱۴۵-۱۱۳۹
سایت نشر کاپ: www.cup-book.com آدرس سایت زیرزره‌بین: www.zirezarebinpub.ir

سخن مولف

یک روز از روزهای فروردین، پس از برگزاری اولین آزمون جامع آزمایشی سنجش!

[غیژژژ...: درِ کلاس باز میشه و من وارد کلاس می‌شم!]

[چیلیک: صدای بسته‌شدن در!]

[دبیر با چهره‌ای برافروخته]: بشینید! [دبیر بدون یک کلام حرف اضافه، میره روی صندلی مخصوص دبیرها(جا استادی!) می‌شینه]

سوزیلا: آقا! خدا بد نده! چیه؟! چیزی شده؟! چرا ساکتید؟!

دبیر: این سؤالیه که باید از خودتون بپرسید! درصدهای قشنگتونو دیدید؟! این نتیجهٔ ۹ ماه کلاس اومدنتونه؟! لابد می‌خواید با این درصدها دکتر هم بشین؟! تستاش سخت بود؟! کدوم‌یک از تستاش براتون تازگی داشت؟! سوزیلا! ۲۰ درصد؟! تو دیگه چرا؟!

[سوزیلا در حالی که پایین نگاه می‌کنه و بغض کرده]: نه آقا! تستاش ساده بود. این اولین آزمون جامعی بود که می‌دادیم. توی مودِ بعضی بحث‌ها نبودیم!

ام‌کلثوم: آقا! من اومدم خونه بیشتر تست‌ها رو درست حل کردم! بیشتر وقتم رفت برای زدن تست‌های زمین‌شناسی! فیزیک، زیست، ریاضی و شیمی رو وقت کم اوردم!

جنیفر: من قند خونم رفت پایین! فشارم رفت بالا! وسط جلسه حالم بد شد؛ اومدم بیرون!

سوزیلا: آقا! سر جلسه حس کردم همه چیزا از یادم رفته. مشکلم اینه نتونستم توی این هفته درس رو جمع کنم فقط فیزیک نبود بوخدا ! همه درس‌ها رو گند زدیم!!

این اتفاق، تصویر آشنایی از اتفاقاتیه که پس از اولین آزمون جامع سنجش در کلاس‌ها می‌افته. باید کاری می‌کردم. نتیجهٔ ۹ ماه برو بیا و کلاس و درس دادن و درس خوندن و سؤال پرسیدن و سؤال جواب دادن و صندلی بردن و صندلی اوردن داشت به فنا می‌رفت!! یک جزوه نوشتم و در اون همهٔ مفاهیم کتاب رو به شکل خلاصه، با استفاده از کلیدواژه‌ها و فرمی متفاوت اوردم. دانش‌آموزان باید در این مدت، کل جزوه رو می‌خوندن و حدود ۳۰۰ تا تست منتخب حل می‌کردن. آزمون جامع بعدی ورق برگشت. نتایج بهتر از اونی شد که انتظار داشتم! فقط با یک تدبیر: نوشتن یک جزوهٔ کوچک که باعث یادآوری همهٔ مطالبی بشه که در طول سال گفته شده.

این کتاب، مدل کامل‌شده و مدرن‌تر همون جزوه است. فضای رسمی کتاب‌های بازار باعث می‌شه در بخش آموزش نتونن کارایی کلاس رو داشته باشن. کتاب رو طوری طراحی کردیم که این فاصله به حداقل برسه و دانش‌آموز با خوندن کتاب به همهٔ فوت‌وفن‌های لازم برای جواب دادن به تست‌ها برسه.

ساختار کتاب

نگاهی به فصل: هر فصل از کتاب، با بخشی به نام «نگاهی به فصل» شروع می‌شود. مفاهیم اساسی هر فصل را به‌طور خلاصه در این بخش آورده‌ایم. (باورتون می‌شه نوشتن هر کدوم از این خلاصه درس‌ها ۲ تا ۳ روز زمان برد؟!) اولش می‌خواستیم اسم این بخش رو بذاریم«تقلب‌نامه» که به خاطر عدم آشنایی بچه‌ها با واژهٔ نامأنوس «تقلب» از این نام‌گذاری صرف نظر کردیم.

واحد: هر فصل به چند واحد تقسیم می‌شود. در هر واحد، یکی از مباحث کتاب درسی را به طور کامل بررسی کرده‌ایم. این بررسی به بیان مفاهیم یا نکات، حل مثال و تمرین محدود نمی‌شود! با استفاده از نمادهای زیر، به سبکی متفاوت در آموزش روی آورده‌ایم:

تکنیک شامل روش‌هایی است که مهارت دانش‌آموز را در حل تست‌ها افزایش می‌دهد.

تصویرسازی در این قسمت، برای درک ساده‌تر بعضی مفاهیم، از تصویرسازی و شبیه‌سازی‌های دم‌دستی استفاده شده است.

کدینگ امان از فراموشی برای ماندگاری بیشتر بعضی مفاهیم و روابط فرّار، یک سری رمز ساخته‌ایم (ممکنه بعضی رمزها مصطلح باشه) و در قالب »کدینگ» آورده‌ایم.

ویژه بچه‌های خفن مخاطب ما در این کتاب، تمام دانش‌آموزان، با هر سطحی از درک فیزیک هستند. ممکن است در حل بعضی تست‌ها یک سری روش‌ها مطرح شود که مخاطب آن‌ها، دانش‌آموزانی هستندکه به اندازهٔ کافی اوضاعشان خوب است. این بخش داخل کادری طوسی‌رنگ آورده می‌شود و اگر زمان کافی برای مطالعه همهٔ کتاب را ندارید یا هنوز به مفاهیم اصلی درس تسلط ندارید، از خواندن این بخش‌ها صرف‌نظر کنید.

میانبر ما در یک تست، با چهار گزینه مواجهیم. این موضوع خیلی مهمه بعضی موقع‌ها ممکنه بدون حل تشریحی تست و با توجه به گزینه‌ها یا استفاده از روش‌های فرعی به جواب صحیح تست برسیم. ما این کار را در «میان‌بر»هایمان انجام داده‌ایم!

سریع باش تمام داوطلبان کنکور، سر جلسهٔ آزمون با مشکلی به نام »کمبود وقت» برخورد می‌کنند، حتی شما دوست عزیز! باید به ترفندهای محاسباتی برای حل سریع‌تر بعضی تست‌ها مجهز شوید! در بخش «سریع باش» شما را با این ترفندها آشنا می‌کنیم.

تشکرنامه

در پایان لازم می‌دانم از همهٔ عزیزانی که در تولید این کتاب نقش داشتند، تشکر کنم. از جمله «آقای سیداحمد موسوی (مدیر انتشارات)» که اولین کتابم را با اعتماد و همراهی ایشان تألیف کردم و از آن وقت تا الان ۲۲ سال است که تألیف را کنار نگذاشته‌ام! آقای «علیرضا حاتمی» در امور تولید، «آقای جواد جعفریان» در تایپ، خانم «مریم مجاور» در ویراستاری فنی، خانم «نازنین زهرا آذریان» در ویراستاری علمی، آقای «محمد یوسفی» در گرافیک، خانم‌ها «زهرا عسگری» و «سحر زینال‌نژاد» بابت طراحی کارتون‌ها و بالاخره خانم «سیما رائفی نیا»بابت پشتیبانی فنی و خانم «نازنین احمدی شفق» بابت صفحه‌آرایی هنرمندانهٔ کتاب.

تقدیم به

این کتاب از بابت زحمت‌های زیادی که براش کشیده شده و خلاقیتی که در ساختار اون به کار رفته، خیلی خیلی برام ارزشمنده. به دو نفر تقدیمش می‌کنم. اول «همسرم» که زمانی را که باید کنار او می‌بودم به تألیف این کتاب پرداختم و دوم آقای «آراس میرشکاری» دوست خوش فکرم که ساختار کتاب «زیپ فیزیک»، را با هم‌فکری ایشان پایه‌ریزی کردیم و از تجربهٔ مثبتی که در تألیف آن کتاب داشتیم، در این کتاب استفاده کردم.

classkonkurnote
@classkonkurnote

فهرست

فصل اول ..... حرکت بر خط راست

در یک نگاه ۶
واحد ۱: مبانی حرکت‌شناسی ۸
واحد ۲: حرکت با سرعت ثابت ۳۶
واحد ۳: حرکت با شتاب ثابت ۴۳

فصل دوم ..... دینامیک

در یک نگاه ۷۹
واحد ۱: قوانین سه‌گانه نیوتون ۸۱
واحد ۲: معرفی برخی از نیروهای خاص ۸۵
واحد ۳: تکانه و قانون دوم نیوتون ۱۱۲

فصل سوم ..... نوسان و امواج

در یک نگاه ۱۱۶
واحد ۱: نوسان ۱۱۸
واحد ۲: موج و انواع آن ۱۴۱
واحد ۳: صوت ۱۵۳
واحد ۴: بازتاب موج ۱۶۳
واحد ۵: شکست موج ۱۷۹

فصل چهارم ..... آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

در یک نگاه ۱۹۳
واحد ۱: نظریهٔ فوتون اینشتن ۱۹۵
واحد ۲: طیف نور و مدل‌های اتمی ۲۰۳
واحد ۳: فیزیک هسته‌ای ۲۱۴
واحد ۴: پرتوزایی ۲۱۷

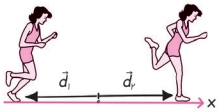
فصل ۱
حرکت بر خط راست
در یک نگاه

مبانی حرکت‌شناسی

۱ مبدأ مکان = مبدأ مختصات = مبدأ : مکانی با مختصات صفر ($x=0$ روی محور x)

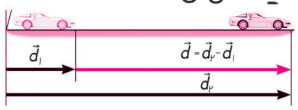
۲ مکان اولیه (x_0) : مکان متحرک در لحظهٔ $t=0$

۳ بردار مکان : برداری که مبدأ مختصات رو به مکان متحرک وصل می‌کنه.



★ بردار مکان وقتی تغییر جهت می‌ده که جسم از مبدأ عبور کنه (علامت x عوض بشه).

۴ جابه‌جایی ($\vec{d}$) : برداری که مکان اولیه رو به مکان ثانویه وصل می‌کنه.



۵ در حرکت روی محور x : $\vec{d}=(\Delta x)\vec{i}$

علامت Δx ★
- مثبت : جابه‌جایی در جهت محور x
- منفی : جابه‌جایی در خلاف جهت محور

۶ مسافت (l) : طول مسیر طی شده ـ کمیتی نرده‌ای ـ همواره مثبت ـ وابسته به مسیر

★ همیشه $l \geq |d|$. به شرطی $l=|d|$ که متحرک روی خط راست در یک جهت حرکت کنه.

سرعت و تندی

۱ سرعت متوسط : $\vec{v}_{av}=\frac{\vec{d}}{\Delta t}$ بردار

و در حرکت روی محور x : $v_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$

★ علامت v_{av} = علامت Δx

۲ تندی متوسط : $s_{av}=\frac{l}{\Delta t}$ نرده‌ای

★ $l \geq d \rightarrow s_{av} \geq |\vec{v}_{av}|$

۳ یکاهای سرعت و تندی : $1\,m/s = 3/6\,km/h$

۴ سرعت لحظه‌ای ($\vec{v}$) : سرعت در یک لحظه

۵ تندی لحظه‌ای (s) : | سرعت لحظه‌ای |

★ علامت v : نشانهٔ جهت حرکت

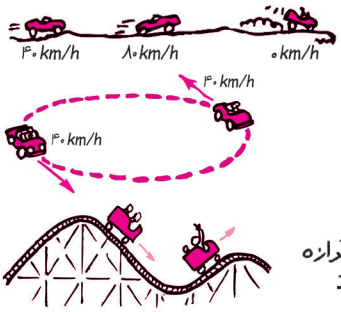
★ شرط تغییر جهت : تغییر علامت v

شتاب

۱ شتاب متوسط : $\vec{a}_{av}=\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ بردار

یکا : m/s^2

۲ عوامل شتاب‌زا :



انواع حرکت

۱ تندشونده : $|\vec{v}|$ زیاد می‌شه. $av>0$

۲ کندشونده : $|\vec{v}|$ کم می‌شه. $av<0$

۳ یکنواخت : $|\vec{v}|$ ثابته. $a=0$

حرکت با سرعت ثابت

۱ بردار سرعت ثابته : $a=0$ ← ثابت : $\vec{v}$

۲ سرعت متوسط در تمام مدت = سرعت لحظه‌ای

۳ معادلهٔ حرکت : $x=vt+x_0$

★ x تابع درجهٔ اول t است.

۴ معادلهٔ جابه‌جایی ـ زمان : $\Delta x=v\Delta t$

۵ در حرکت‌های چند مرحله‌ای :

$$v_{av}=\frac{\Delta x_{کل}}{\Delta t_{کل}}=\frac{\Delta x_1+\Delta x_2+\cdots}{\Delta t_1+\Delta t_2+\cdots}$$

۶ سرعت متحرک ۱ نسبت به متحرک ۲ :

$$\vec{v}_{12}=\vec{v}_1-\vec{v}_2$$

حرکت هم‌جهت : $|v_{12}|=|v_1-v_2|$

حرکت خلاف جهت : $|v_{12}|=|v_1|+|v_2|$

حرکت با شتاب ثابت

۱ بردار شتاب ثابته : $\vec{a}$ ثابت

۲ شتاب متوسط در تمام مدت = شتاب لحظه‌ای

★ حرکت با شتاب ثابت a متر بر مجذور ثانیه یعنی سرعت در هر ثانیه a متر بر ثانیه تغییر می‌کنه

۳ معادلهٔ سرعت ـ زمان : $v=at+v_0$

v تابع درجهٔ اول t است.

۴ معادلهٔ مکان ـ زمان : $x=\frac{1}{2}at^2+v_0t+x_0$

★ x تابع درجهٔ دوم t است.

۵ معادلهٔ مستقل از v : $\Delta x=\frac{1}{2}at^2+v_0t$

۶ معادلهٔ مستقل از v_0 : $\Delta x=-\frac{1}{2}at^2+vt$

۷ معادلهٔ مستقل از a : $\Delta x=\left(\frac{v+v_0}{2}\right)t$

۸ معادلهٔ مستقل از t : $v^2-v_0^2=2a\Delta x$

۹ زمان ترمز : $t_s=\left|\frac{v_0}{a}\right|$

۱۰ مسافت ترمز : $l_s=\left|\frac{v_0^2}{2a}\right|$

۱۱ جابه‌جایی در ثانیهٔ n ام : $\Delta x_n=(n-0/5)a+v_0$

★ جابه‌جایی در ثانیه‌های متوالی یک دنباله با قدر نسبت a می‌سازه : $\Delta x_{n+1}-\Delta x_n=a$

۱۲ جابه‌جایی در t ثانیهٔ n ام : $\Delta x_{t,n}=(n-0/5)at^2+v_0t$

★ جابه‌جایی در t ثانیه‌های متوالی یک دنباله با قدر نسبت at^2 می‌سازه : $\frac{\Delta x_{t,n}-\Delta x_{t,m}}{n-m}=at^2$

۱۳ سرعت متوسط : $v_{av}=\frac{v+v_0}{2}$

$v_{av}=\frac{1}{2}at+v_0$

★ سرعت متوسط در یک بازهٔ زمانی = سرعت در لحظهٔ وسط اون بازه $v_{av\,[t_1,t_2]}=v_{(t=\frac{t_1+t_2}{2})}$

★ اگر متحرک در لحظه‌های t_1 و t_2 با سرعت‌های $\vec{v}_1$ و $\vec{v}_2$ از یک نقطه عبور کنه : $\vec{v}_2=-\vec{v}_1$ متحرک در وسط لحظه‌های t_1 و t_2 تغییر جهت می‌ده : $t_s=\frac{t_1+t_2}{2}$

کمیت‌های قابل شناسایی از نمودار x-t

۱ مسیر حرکت: تصویر نمودار روی محور x

۲ جایگاه متحرک ← روی محور t: $x=0$
- بالای محور t: $x>0$
- زیر محور t: $x<0$

☆ به تعداد دفعاتی که نمودار از محور t عبور می‌کند، بردار مکان تغییر جهت می‌دهد.

۳ فاصله از مبدأ ← دورشونده از محور t: $|x|\uparrow$
- نزدیک شونده به محور t: $|x|\downarrow$
- موازی محور t: سکون

۴ سرعت متوسط: شیب خط واصل ۲ نقطه

۵ سرعت لحظه‌ای: شیب خط مماس بر یک نقطه

۶ جهت حرکت ← نزولی: خلاف جهت محور ($v<0$)
- صعودی: در جهت محور ($v>0$)
- افقی: سکون ($v=0$)

☆ به تعداد قله‌ها و دره‌ها، سرعت صفر و جهت حرکت تغییر می‌کند.

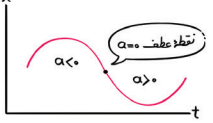
۷ نوع حرکت ← کند: بزرگی شیب ($|v|$) کاهش
- تند: بزرگی شیب ($|v|$) افزایش
- یکنواخت: بزرگی شیب ثابت

☆ حرکت، بلافاصله قبل از قله‌ها/دره‌ها به نوع کندشونده و بلافاصله بعد از آن‌ها تندشونده است.

۸ نوع شتاب ← خط مایل: یکنواخت
- نه خط، نه سهمی: شتاب متغیر
- سهمی: شتاب ثابت

۹ علامت شتاب ← تقعر رو به بالا: $a>0$
- تقعر رو به پایین: $a<0$
- بدون تقعر: $a=0$

☆ به تعداد نقاط عطف علامت a تغییر می‌کند.



کمیت‌های قابل شناسایی از نمودار v-t

۱ تندی: قدرمطلق سرعت

۲ جایگاه نمودار ← روی محور t: $v=0$
- بالای محور t: $v>0$
- زیر محور t: $v<0$

☆ به تعداد دفعاتی که نمودار از محور t عبور می‌کند، متحرک تغییر جهت می‌دهد.

۳ نوع حرکت ← تند: نزدیکی نمودار به محور t
- کند: دوری نمودار از محور t
- یکنواخت: نمودار موازی محور t

۴ شتاب متوسط: شیب خط واصل ۲ نقطه

۵ شتاب لحظه‌ای: شیب خط مماس بر یک نقطه

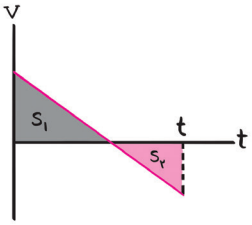
۶ شکل نمودار ← صعودی: $a>0$
- نزولی: $a<0$
- موازی محور t: $a=0$

۷ به تعداد قله‌ها و دره‌ها، شتاب (و نیرو) صفر و علامت آن تغییر می‌کند.

۸ نوع شتاب ← خط موازی محور t: یکنواخت
- خط مایل: شتاب ثابت
- غیرخطی: شتاب متغیر

۹ جابه‌جایی: جمع مساحت‌های بین نمودار و محور t، با رعایت علامت (جابه‌جایی‌های بالای محور t: +، جابه‌جایی‌های زیر محور t: -)

۱۰ مسافت: جمع مساحت‌های بین نمودار و محور t، بدون رعایت علامت



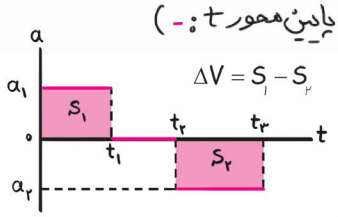
$d = S_1 - S_2$

$l = S_1 + S_2$

کمیت‌های قابل شناسایی از نمودار a-t

۱ نیرو: هرآنچه برای شتاب بیفته، برای نیرو هم میفته.

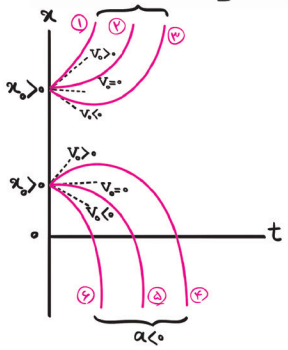
۲ تغییر سرعت: مساحت بین نمودار و محور زمان با رعایت علامت (بالای محور t: +، پایین محور t: -)

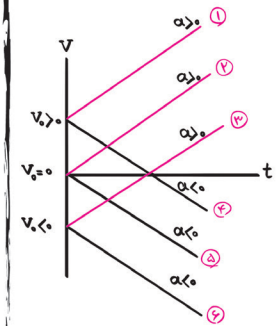


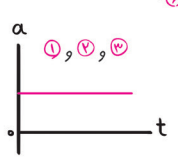
۳ نوع حرکت: به شرطی که سرعت در یک لحظه معلوم باشه، می‌تونیم سرعت در همهٔ لحظه‌ها رو حساب و با توجه به نحوهٔ تغییر v، نوع حرکت متحرک رو تشخیص بدیم.

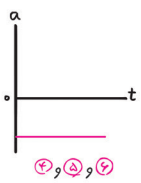
رسم نمودارها از روی یکدیگر

۱ باید نحوهٔ رسم نمودارهای a-t، v-t و x-t را از روی هم، در حرکت با شتاب ثابت، بلد باشید. به حالت‌های رسم شده در شکل‌های زیر توجه کنید.





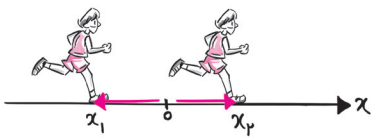




گویند بروتا بود صحبت از دل
ترسم هوسم پیش کند بُعد مسافت!
(سعدی)

مکان - مسافت - جابه‌جایی

به برداری که مبدأ مکان را به مکان متحرک وصل می‌کند، «بردار مکان» می‌گوییم و آن را با $\vec{d}$ یا x (در حرکت یک بعدی) نشان می‌دهیم.



نکته وقتی جسم در طرف مثبت محور x است ($x > 0$)، بردار مکان آن در جهت محور x و زمانی که جسم در سمت منفی محور x است ($x < 0$)، بردار مکان آن در خلاف جهت محور x است.

به برداری که مکان اولیه را به مکان ثانویه وصل می‌کند، «بردار جابه‌جایی» می‌گوییم و آن را با $\vec{d}$ یا Δx (در حرکت یک بعدی) نشان می‌دهیم.

نکته علامت بردار مکان هیچ ربطی به علامت جابه‌جایی ندارد. ممکن است متحرک سمت راست مبدأ باشد ($x > 0$) و به سمت چپ برود ($\Delta x < 0$)، یا سمت چپ مبدأ باشد ($x < 0$) و به سمت راست برود ($\Delta x > 0$).

به طول مسیر طی‌شده توسط متحرک «مسافت» می‌گوییم و آن را با l نشان می‌دهیم.

نمونه *فرض کن شما رو اشتباهی به جای ماهوارهٔ امید به شعاع ۱۰۰۰۰ کیلومتری از مرکز زمین پرتاب کردن!* اگر شما یه دور، دور زمین بچرخی و برگردی سر جای اولت، جابه‌جاییت می‌شه صفر ($d = 0$)، اما مسافتی به اندازهٔ محیط دایره‌ای به شعاع $10000\,km$ طی می‌کنی؛ یعنی:

$$l = 2\pi r = 2\pi \times 10^4 = 6/28 \times 10^4\ km$$

جدول داریم چه جدولی!! جدول تفاوت‌های جابه‌جایی و مسافت! *وای! وای!! وای!!!* (جوّ الکی!!)

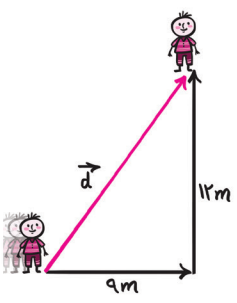
جابه‌جایی ($\vec{d}$ یا Δx)	مسافت (l)
فاصلهٔ مستقیم مبدأ تا مقصد برداری است و ممکن است مثبت یا منفی باشد. به مسیر متحرک وابسته نیست. اگر $\Delta x > 0$ باشد، متحرک در جهت محور x و اگر $\Delta x < 0$ باشد، متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند.	طول مسیر طی‌شده نرده‌ای و همواره بزرگ‌تر از صفر است (اگر $l = 0$ باشد، جسم ساکن است.) وابسته به مسیر حرکت است. امکان ندارد نزولی (کاهشی) باشد.

نکته $l \geq d$. فقط به شرطی $l = d$ است که
۱) متحرک روی خط راست حرکت کند.
۲) تغییر جهت ندهد.

محاسبهٔ مسافت در حرکت بر خط راست
۱) متحرک تغییر جهت نمی‌دهد: مسافت، برابر قدرمطلق جابه‌جایی است: $l = |\Delta x|$
۲) متحرک تغییر جهت می‌دهد:
- محاسبهٔ جابه‌جایی تا قبل از تغییر جهت (Δx_1)
- محاسبهٔ جابه‌جایی بعد از تغییر جهت (Δx_2)

بزرگی این دو را با هم جمع می‌کنیم: $l = |\Delta x_1| + |\Delta x_2|$

مثال **متحرکی ابتدا $9\,m$ به سمت شرق و سپس $12\,m$ به سمت شمال حرکت می‌کند. جابه‌جایی و مسافت طی‌شده توسط متحرک را حساب کنید.**



پاسخ: شکل روبه‌رو نشون می‌ده متحرک چه‌طور حرکت کرده. برای محاسبهٔ مسافت، هر چی طول می‌بینی با هم جمع کن:

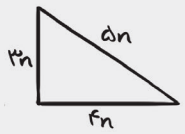
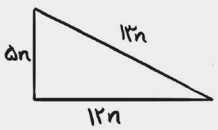
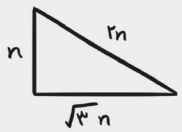
$$l = 9 + 12 = 21\,m$$

برای محاسبهٔ جابه‌جایی، چشماتو روی مسیر حرکت ببند و فقط به اول و آخر مسیر نگاه کن! جابه‌جایی، برابر طول پاره‌خطیه که ابتدا و انتهای مسیر رو به هم وصل می‌کنه.

$$d = \sqrt{9^2 + 12^2} = \sqrt{(3\times3)^2 + (3\times4)^2} = \sqrt{3^2(3^2+4^2)} = 3\sqrt{25} = 3\times5 = 15\,m$$

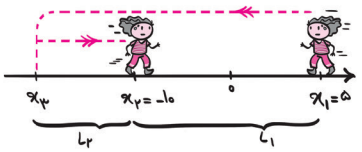
سریع باش اگر در یک مثلث قائم‌الزاویه یکی از ضلع‌های قائمه مضربی از عدد ۳ و اون یکی ضلع همون مضرب از عدد ۴ باشه، وتر همون مضرب از عدد ۵ می‌شه؛ پس اگه اسم مضربمون n باشه، با توجه به رابطهٔ فیثاغورس: $(3n)^2+(4n)^2=(5n)^2$

در مثال قبلی که $n=3$، یک ضلع 3×3 و ضلع دیگه هم 4×3 بود، وتر می‌شه 5×3. بعضی بچه‌ها به مثلثی که ضلع‌هاش $3n$، $4n$ و $5n$ باشه میگن مثلث طلایی! ما چند تا مثلث دیگه بهتون معرفی می‌کنیم!

	مثلث طلایی	مثلث نقره‌ای!!	مثلث مسی!! (یه چیزی هم باید بده ازش استفاده کنیم!)
شکل			
چند نمونه	۳ – ۴ – ۵ ۶ – ۸ – ۱۰ ۹ – ۱۲ – ۱۵ ۱۶ – ۲۰ – ۲۵	۵ – ۱۲ – ۱۳ ۱۰ – ۲۴ – ۲۶ ۱۵ – ۳۶ – ۳۹ ۲۰ – ۴۸ – ۵۲	$1-\sqrt{3}-2$ $2-2\sqrt{3}-4$ $3-3\sqrt{3}-6$ $4-4\sqrt{3}-8$

مثال **متحرکی در لحظهٔ t_1 از مکان $x_1=5m$ در جهت منفی محور x ها شروع به حرکت می‌کند و در لحظهٔ t_2 در مکان $x_2=-10m$ متوقف می‌شود. اگر در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 مسافت طی‌شده توسط متحرک، ۲/۴ برابر بزرگی جابه‌جایی آن باشد، حداکثر فاصلهٔ متحرک از نقطهٔ شروع حرکت چند متر است؟ (جهت حرکت متحرک تنها یک بار تغییر کرده است.)** *(آزمایشی کانون - ۹۷)*

۱) ۲۰/۵ ۲) ۱۹ ۳) ۲۵/۵ ۴) ۱۸



۱ ۲ ۳ ۴ با توجه به شکل روبه‌رو جابه‌جایی متحرک می‌شه:

$$\Delta x=x_2-x_1=-10-5=-15m\Rightarrow|\Delta x|=15m$$

متحرک؛ فاصلهٔ l_2 رو دوبار طی می‌کنه. کل مسافت طی‌شده رو با l نشون می‌دیم:

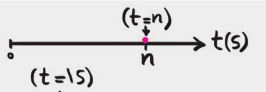
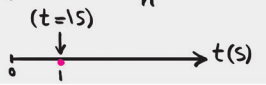
$$l=2/4|\Delta x|=2/4\times15=36m$$

$$l=l_1+2l_2\Rightarrow36=15+2l_2\Rightarrow2l_2=21\Rightarrow l_2=10/5m$$

همون‌طور که شکل نشون می‌ده، وقتی متحرک به مکان x_3 می‌رسه و تغییر جهت می‌ده، فاصله‌ش از مکان اولیه‌ش حداکثر می‌شه. در این موقعیت فاصلهٔ متحرک از مکان اولیه‌اش می‌شه: $|x_3|-x_1=l_2+l_1=10/5+15=25/5m$

زمان

در جدول زیر اصطلاحات زمانی را فهرست کرده‌ایم.

	اصطلاح	تفسیر	نمایش
لحظه	$t=n$	نقطه‌ای روی محور زمان	
	نمونه: $t=1s$	بازهٔ زمانی بی‌نهایت کوچک در همسایگی $t=1s$	
بازه زمانی	n ثانیهٔ اول حرکت	بازه زمانی $t=0$ تا $t=n$؛ به عبارتی $[0,n]$	
	نمونه: ۴ ثانیهٔ اول حرکت	از لحظهٔ $t=0$ تا $t=4s$؛ به عبارتی $[0,4s]$	
	ثانیهٔ nام	بازه زمانی $t=n-1$ تا $t=n$؛ به عبارتی $[n-1,n]$	
	نمونه: ثانیهٔ چهارم	از لحظهٔ $t=3s$ تا $t=4s$؛ به عبارتی $[3s,4s]$	
	t ثانیهٔ nام	بازه زمانی $(n-1)t$ تا nt؛ به عبارتی $[(n-1)t,nt]$	
	نمونه: ۲ ثانیهٔ چهارم	از لحظهٔ $t=(4-1)\times2=6s$ تا $t=4\times2=8s$؛ به عبارتی $[6s,8s]$	

سریع باش برای تشخیص ابتدا و انتهای یک بازه زمانی این طوری عمل کن:

۲ ثانیهٔ سوم: ۲ رو ضربدر ۳ کن؛ ۲ تا ازش کم کن:

$t_۲ = ۲\times ۳ = ۶s \Rightarrow t_۱ = ۶ - ۲ = ۴s$

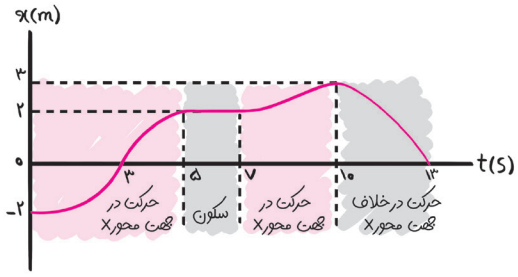
۳ ثانیهٔ پنجم: ۳ رو ضربدر ۵ کن؛ ۳ تا ازش کم کن:

$t_۲ = ۳\times ۵ = ۱۵s \Rightarrow t_۱ = ۱۵ - ۳ = ۱۲s$

حالا تو بگو ۴ ثانیهٔ ششم می‌شه از کِی تا کِی؟ باریکلا! از $t_۱ = ۲۰s$ تا $t_۲ = ۲۴s$.

نمودار مکان - زمان

نمونه فرض کن نمودار مکان ـ زمان کریس به شکل مقابله. حرکت کریس رو می‌تونیم به چهار بازه زمانی تقسیم کنیم:

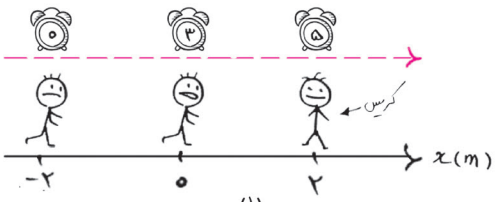


۱) $[۰,۵s]$: کریس از مکان $x_۰ = -۲m$ شروع به حرکت در جهت محور x می‌کنه و پس از ۳s از مبدأ رد می‌شه $(x_{t=۳s} = ۰)$ و در لحظهٔ $t = ۵s$ در مکان $x = ۲m$ قرار می‌گیره. (شکل ۱)

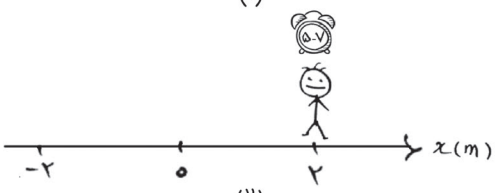
۲) $[۵s,۷s]$: کریس در این ۲s از مکان $x = ۲m$ جُم نمی‌خوره؛ یعنی در این ۲s ساکنه. (شکل ۲)

۳) $[۷s,۱۰s]$: کریس حرکتش در جهت محور x رو از سر می‌گیره (شکل ۳) و در لحظهٔ $t = ۱۰s$ به بیشترین فاصله‌اش از مبدأ می‌رسه $(x_{t=۱۰s} = ۳m)$.

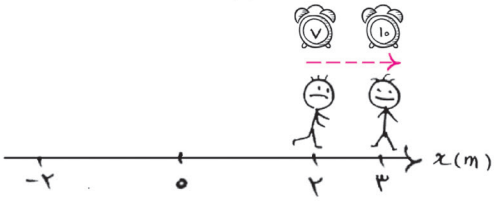
۴) $[۱۰s,۱۳s]$: لحظهٔ $t = ۱۰s$ خیلی مهمه. کریس متوجه می‌شه ماسکشو جا گذاشته! چی‌کار می‌کنه؟ تصمیم می‌گیره از مسیر اومده، برگرده. او در لحظهٔ $t = ۱۳s$ دوباره به مبدأ می‌رسه. (شکل ۴)



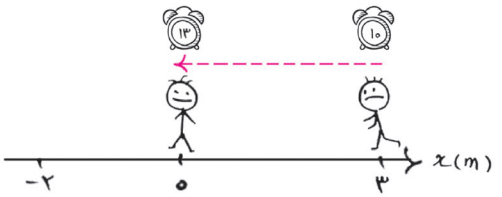
(۱)



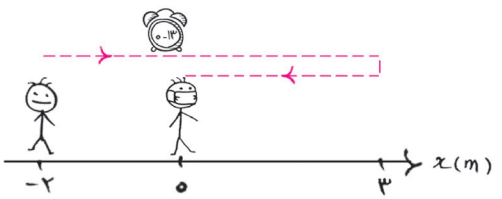
(۲)



(۳)



(۴)



(۵)

کریس چند بار در مبدأ قرار می‌گیره؟

✓ ۲ بار و در لحظه‌های $t = ۳s$ و $t = ۱۳s$

کریس چند بار از مبدأ عبور می‌کند؟

✓ ۱ بار؛ فقط در لحظهٔ $t = ۳s$. شرط عبور از مبدأ اینه که نمودار مکان - زمان، محور زمان رو قطع کنه و سپس از روش رد شه. یعنی از $x < ۰$ وارد $x > ۰$ یا از $x > ۰$ وارد $x < ۰$ بشه. در لحظهٔ $t = ۱۳s$ نمودار محور زمان رو قطع می‌کنه ولی از اون رد نمی‌شه. پس کریس در این لحظه از مبدأ مکان عبور نمی‌کنه.

کریس کلاً چند ثانیه در جهت محور x حرکت کرده؟

✓ در بازه‌های $[۰,۵s]$ و $[۷s,۱۰s]$ که در مجموع می‌شه ۸s.

کریس چند ثانیه در طرف مثبت محور x بوده؟

✓ نمودار از لحظهٔ $t = ۳s$ تا لحظهٔ $t = ۱۳s$ بالای محور زمانه؛ در این بازهٔ زمانی x مثبته. پس کریس به مدت ۱۰s در مکان‌های مثبت بوده.

در چه لحظه‌ای بردار مکان کریس تغییر جهت داده؟

✓ در لحظهٔ $t = ۳s$ که نمودار از محور زمان عبور می‌کنه، علامت x و جهت بردار مکان عوض می‌شه.

در چه لحظه‌ای خود کریس تغییر جهت می‌ده؟

✓ کریس تا قبل از لحظهٔ $t = ۱۰s$ در جهت محور x و بعد از اون در خلاف جهت محور x حرکت می‌کنه. پس در لحظهٔ $t = ۱۰s$ تغییر جهت می‌ده.

مسیر حرکت کریس چه شکلیه؟

این شکلیه:

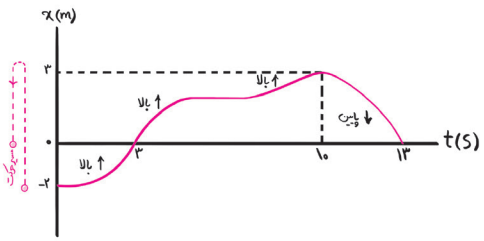
یعنی کرگدن بیشتر از تو می‌فهمه!! کریس روی خط راست (محور x) حرکت می‌کنه و اصطلاحاً حرکتش یک بُعدیه. اون شکلی که تو نشون دادی، حرکت دو بُعدی (حرکت در صفحه) است.

مسیر حرکت رو ما در شکل ۵ رسم کردیم. این شکلی:

پس یادت باشه نمودار مکان - زمان با مسیر حرکت فرق می‌کنه. مسیر حرکت یه چیزه، نمودار مکان - زمان یه چیز دیگه است!

راه ساده‌تری برای رسم مسیر حرکت نیست؟

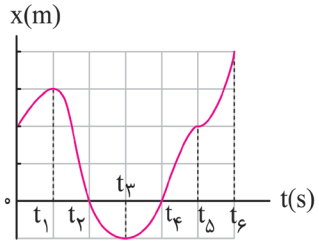
چرا! کافیه تصویر نمودار مکان - زمان رو روی محور x رسم کنی. تا لحظهٔ $t = 10s$ نمودار بالا می‌ره. تو هم روی محور x بالا برو. از لحظهٔ $t = 10s$ به بعد نمودار پایین می‌یاد. تو هم روی محور x پایین بیا. اگه این کارو انجام بدی، شکل خط‌چین ایجاد می‌شه که مسیر حرکت رو نشون می‌ده.



با یک جدول، همهٔ نکات گفته‌شده را یک‌جا می‌آوریم.

آنچه از نمودار مکان - زمان می‌فهمیم	توضیح
مسیر حرکت	نمودار را روی محور x تصویر می‌کنیم.
جایگاه متحرک	۱- نمودار بالای محور t است: متحرک در مکان مثبت است $(x > 0)$. ۲- نمودار روی محور t است: متحرک در روی مبدأ مکان است $(x = 0)$. ۳- نمودار زیر محور t است: متحرک در مکان منفی است $(x < 0)$.
جهت حرکت	۱- نمودار صعودی است: متحرک در جهت محور حرکت می‌کند $(\Delta x > 0)$. ۲- نمودار افقی است: متحرک ساکن است $(\Delta x = 0)$. ۳- نمودار نزولی است: متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند $(\Delta x < 0)$.
تعداد دفعات عبور از مبدأ (تغییر جهت بردار مکان)	به تعداد دفعاتی که نمودار محور زمان را قطع می‌کند، متحرک از مبدأ مکان می‌گذرد.
تعداد دفعات تغییر جهت	به تعداد قله‌ها و دره‌های روی نمودار، متحرک، تغییر جهت می‌دهد.
تعداد دفعات عبور از مکان $x = a$	به تعداد دفعاتی که خط $x = a$ نمودار را قطع می‌کند، متحرک از مکان $x = a$ عبور می‌کند.
فاصله از مبدأ	۱- نمودار از محور زمان دور می‌شود: متحرک از مبدأ دور می‌شود. $(\uparrow \lvert x \rvert)$. ۲- فاصلهٔ نمودار از محور زمان ثابت است: جسم ساکن است (ثابت: $\lvert x \rvert$). ۳- نمودار به محور زمان نزدیک می‌شود: متحرک به مبدأ نزدیک می‌شود $(\downarrow \lvert x \rvert)$.
جابه‌جایی	تفاضل مکان اولیه از مکان ثانویه $(\Delta x = x_2 - x_1)$.
مسافت	جابه‌جایی در جهت مثبت + $\lvert$جابه‌جایی در جهت منفی$\rvert$

مثال **با توجه به نمودار مکان - زمان شکل روبه‌رو، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:**



الف) متحرک چند بار از مبدأ مکان عبور می‌کند؟

ب) در کدام بازه‌های زمانی متحرک در حال دور شدن از مبدأ است؟

پ) در کدام بازه‌های زمانی متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است؟

ت) جهت حرکت چند بار تغییر کرده است؟ در چه لحظه‌هایی؟

ث) جابه‌جایی کل در جهت محور x است یا خلاف آن؟

(پرسش ۳-۱ کتاب درسی)

پاسخ: الف) یعنی چند بار نمودار محور زمان رو قطع می‌کنه: ۲ بار در لحظه‌های $t_۲$ و $t_۴$.

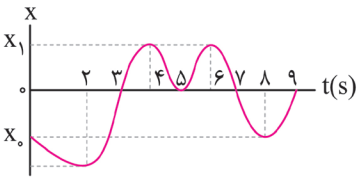
ب) یعنی چه موقع‌هایی نمودار از محور زمان دور می‌شه: بازه‌های زمانی $[۰,t_۱]$، $[t_۲,t_۳]$ و $[t_۴,t_۶]$.

پ) یعنی چه موقع‌هایی نمودار به محور زمان نزدیک می‌شه: بازه‌های زمانی $[t_۱,t_۲]$ و $[t_۳,t_۴]$.

ت) یعنی مجموع قله‌ها و دره‌ها چندتاست: ۲ تا و در لحظه‌های $t_۱$ و $t_۳$.

ث) جابه‌جایی کل می‌شه: $\Delta x = x_{t_۶} - x_۰$. چون $x_{t_۶} > x_۰$ است، $\Delta x > ۰$ است. جابه‌جایی کل در جهت محور x است.

مثال **شکل مقابل نمودار مکان - زمان متحرکی را در حرکت روی خط راست نشان می‌دهد. این متحرک ..... بار از مبدأ مکان عبور کرده و ..... بار از نقطهٔ شروع حرکت عبور کرده و در ثانیهٔ ..... در حال نزدیک شدن به مبدأ است.** (آزمایشی مدارس برتر - ۹۸)

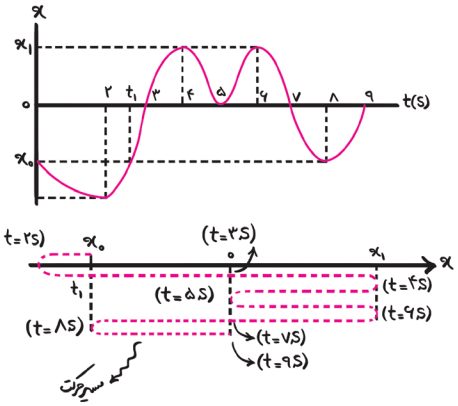


۱) ۳ - ۲ - چهارم

۲) ۲ - ۱ - چهارم

۳) ۳ - ۲ - پنجم

۴) ۲ - ۱ - پنجم



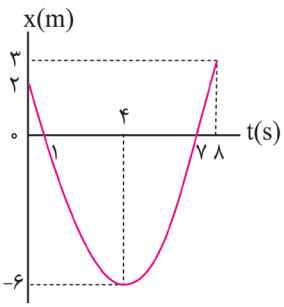
گزینهٔ ۴ نمودار دو بار و در لحظه‌های ۳s و ۷s از محور زمان رد می‌شه؛ پس متحرک ۲ بار از مبدأ مکان عبور می‌کنه. شکل‌های روبه‌رو نشون می‌دن متحرک فقط یک بار و در لحظهٔ $t_۱$ دوباره از مکان اولیه‌اش $(x_۰)$ عبور می‌کنه.

پس لحظهٔ $t = ۸s$ چی؟

متحرک در این لحظه به مکان اولیه‌اش می‌رسه ولی همین لحظه تغییر جهت می‌ده؛ پس متحرک در لحظهٔ $t = ۸s$ در مکان اولیه‌اش قرار می‌گیره ولی از این نقطه عبور نمی‌کنه!

نمودار در ثانیهٔ چهارم $[۳s, ۴s]$ از محور زمان دور و در ثانیهٔ پنجم $[۴s, ۵s]$ به محور زمان نزدیک می‌شه. پس متحرک در ثانیهٔ چهارم از مبدأ دور و در ثانیهٔ پنجم به مبدأ نزدیک می‌شه.

مثال **نمودار مکان - زمان متحرکی در حرکت بر محور x مطابق شکل مقابل است. در ۸ ثانیهٔ اول حرکت .....**



الف) متحرک چند ثانیه در جهت محور مکان حرکت می‌کند؟

ب) چند ثانیه بردار مکان در جهت محور x است؟

پ) جهت بردار مکان متحرک در کدام لحظه تغییر می‌کند؟

ت) جهت حرکت متحرک در چه لحظه‌ای تغییر می‌کند؟

پاسخ: الف) در بازه زمانی $[۴s, ۸s]$ نمودار به شکل صعودیه و متحرک در جهت محور حرکت می‌کنه.

این بازهٔ زمانی ۴s طول می‌کشه: $\Delta t = ۸ - ۴ = ۴s$

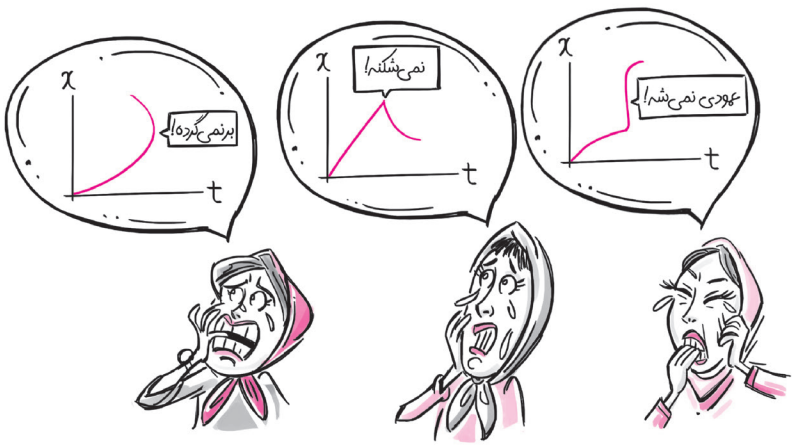
ب) در بازه‌های زمانی $[۰,۱s]$ و $[۷s, ۸s]$ نمودار بالای محور زمانه. در این بازه‌های زمانی $x > ۰$ و بردار مکان در جهت محور x است. مجموع این دو بازهٔ زمانی ۲s طول می‌کشه: $\Delta t = (۱-۰) + (۸-۷) = ۲s$

پ) نمودار در لحظه‌های ۱s و ۷s از محور زمان رد می‌شه. در این دو لحظه علامت بردار مکان و جهت بردار مکان تغییر می‌کنه.

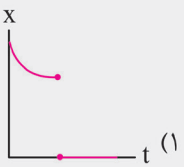
ت) متحرک تا لحظهٔ ۴s در خلاف جهت محور x و بعد از اون در جهت محور x حرکت می‌کنه؛ یعنی متحرک در لحظهٔ ۴s تغییر جهت می‌ده.

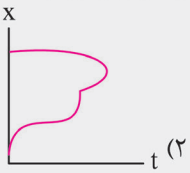
نمودار مکان ـ زمان

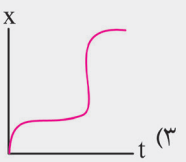
- برنمی‌گرده (چون زمان به عقب برنمی‌گرده: time will not turn back!)
- نمی‌شکنه (چون نمی‌تونیم در یک لحظه دو تا سرعت داشته باشیم. بعداً می‌فهمی!)
- عمود نمی‌شه (اگه بشه یعنی متحرک در یک لحظه در چند تا مکانه!)

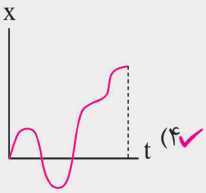


تمرین کدام‌یک از نمودارهای زیر می‌تواند معرف نمودار مکان - زمان یک متحرک باشد که روی خط راست حرکت می‌کند؟ (آزمون مدارس برتر - ۹۸)

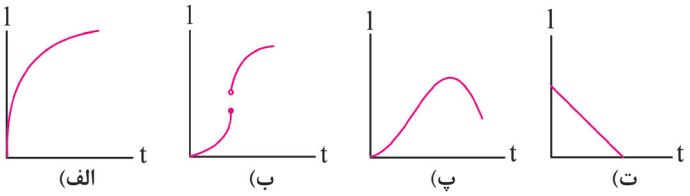
۱) 

۲) 

۳) 

۴) ✓ 

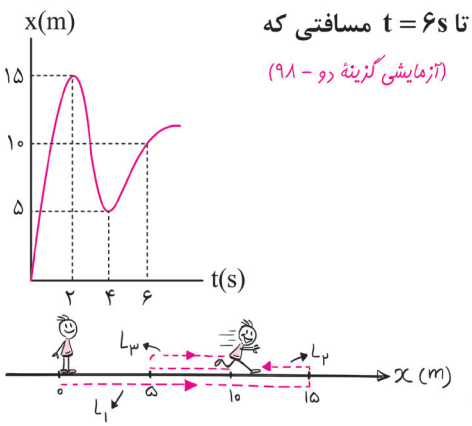
مثال چه تعداد از نمودارهای زیر می‌توانند بیانگر نمودار مسافت پیموده‌شده برحسب زمان برای یک متحرک روی خط راست باشند؟



۱) ۳ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) صفر

۴ ۳ ۲ ۱ مکان و مسافت هر دو کمیتی پیوسته‌اند (شکل ب: ✗). از طرفی مسافت یک کمیت همواره صعودیه (شکل‌های پ و ت: ✗) فقط شکل الف می‌تونه درست باشه.

مثال نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل مقابل است. در بازهٔ زمانی $t=0$ تا $t=6s$ مسافتی که متحرک طی کرده چند برابر اندازه (بزرگی) جابه‌جایی آن است؟ (آزمایشی گزینهٔ دو - ۹۸)



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

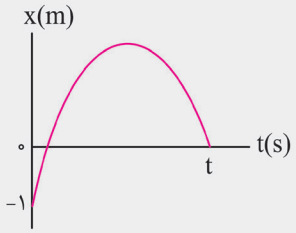
۴ ۳ ۲ ۱ متحرک از مبدأ مکان ($x_۰=۰$) به حرکت درآمده و در لحظهٔ $t=6s$ در مکان $x_{t=6s}=10m$ قرار می‌گیره. پس $10m$ جابه‌جا می شه:

$$\Delta x = x_{t=6s} - x_۰ = ۱۰ - ۰ = ۱۰m$$

با توجه به شکل بالا که مسیر حرکت متحرک رو نشون می‌ده، مسافت طی‌شده توسط متحرک برابره با:

$$l = l_۱ + l_۲ + l_۳ = ۱۵ + (۱۵-۵) + (۱۰-۵) = ۱۵ + ۱۰ + ۵ = ۳۰m \Rightarrow \frac{l}{\Delta x} = \frac{۳۰}{۱۰} = ۳$$

تمرین مطابق شکل مقابل، نمودار مکان - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند، به‌صورت یک سهمی داده شده است. اگر مسافت پیموده‌شده توسط متحرک در t ثانیهٔ اول، ۵ برابر اندازهٔ جابه‌جایی‌اش در این مدت باشد، متحرک در چند متری مبدأ حرکتش، تغییر جهت می‌دهد؟ *(آزمایشی کانون - ۹۷)*



۱) ۱ ۲) ۲ ✓ ۳) ۳ ۴) ۴

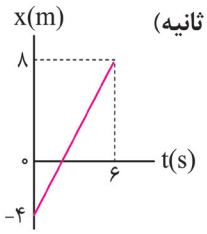
تعیین مکان متحرک در نمودارهای x − t خطی

۱) استفاده از قضیهٔ تالس

۲) نوشتن معادلهٔ خط

۳) استفاده از مفهوم شیب ثابت در خط راست

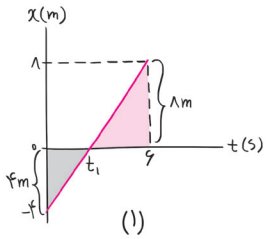
مثال نمودار مکان - زمان ذره‌ای که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. این ذره در چه لحظه‌ای (بر حسب ثانیه) از مبدأ مکان عبور می‌کند؟



۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۳ ۴) ۴

۴ ۳ ۲ ۱ راه‌حل اول (قضیهٔ تالس): از تشابه مثلث‌های مشخص‌شده در شکل (۱)، نتیجه می‌گیریم:



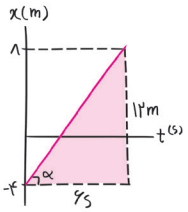
(۱)

نسبت ارتفاع‌ها = نسبت قاعده‌ها

$$\frac{۶-t_1}{t_1}=\frac{۸}{۴}\Rightarrow\frac{۶-t_1}{t_1}=۲\Rightarrow ۶-t_1=۲t_1\Rightarrow ۳t_1=۶\Rightarrow t_1=۲s$$

متحرک در لحظهٔ $t_1=۲s$ از مبدأ عبور می‌کند.

راه‌حل دوم (نوشتن معادلهٔ خط): باتوجه به شکل (۲)، شیب خط می‌شه:



(۲)

$$m=\tan\alpha=\frac{۱۲m}{۶s}=۲m/s$$

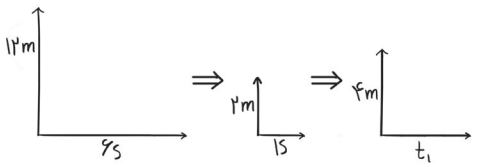
معادلهٔ خط رو می‌نویسیم:

$$x=mt+x_۰=۲t-۴$$

در لحظهٔ عبور از مبدأ $x=۰$ می‌شه:

$$۲t-۴=۰\Rightarrow t=۲s$$

راه‌حل سوم (استفاده از مفهوم شیب): نمودار ۶s که جلو می‌ره، ۱۲m خیز برمی‌داره. پس در هر ۱s، ۲m جابه‌جا می‌شه. متحرک پس از t_1 ثانیه ۴m جابه‌جا می‌شه و از مبدأ مکان ($x=۰$) عبور می‌کنه. شکل مقابل همین حرف‌ها رو به شکل رمزی نشون می‌ده.



جابه‌جایی (m)	زمان (s)
۱۲	۶
۴	t_1

$$\Rightarrow t_1\times ۱۲=۶\times ۴\Rightarrow t_1=۲s$$

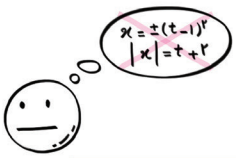
معادلهٔ مکان ـ زمان در حرکت روی محور x

معادلهٔ مکان ـ زمان (یا معادلهٔ حرکت) یک رابطهٔ ریاضی است که مکان را به شکل تابعی از زمان بیان می‌کند.

نمونه رابطهٔ $x = 2t - 1$ معادلهٔ مکان ـ زمان متحرکی است که مکان اولیهٔ آن $-1m$ است: $x_0 = 2\times 0 - 1 = -1m$

و در لحظهٔ $t = 0/5s$ از مبدأ مکان عبور می‌کند: $x = 2t - 1 = 0 \Rightarrow 2t = 1 \Rightarrow t = 0/5s$

نمونه رابطهٔ $x = \pm(t+1)^2$ نمی‌تونه معادلهٔ حرکت یک جسم باشه؛ چون تابع نیست. (به ازای یک t دو تا x به‌دست می‌یاد؛ *جسم که نمی‌تونه در یک لحظه دو جا باشه!!*)



حتماً تا حالا فهمیدین جدول‌های ما با جدول‌های اونا فرق داره!! جدول زیر رو ببین!

اصطلاح	توضیح
مکان اولیه (x_0)	مکان جسم در مبدأ زمان ($t = 0$)
جابه‌جایی بین دو لحظهٔ t_1 و t_2	تفاضل مکان متحرک در لحظهٔ t_2 از مکان آن در لحظهٔ t_1 ($\Delta x = x_2 - x_1$)
لحظهٔ عبور متحرک از مبدأ مکان	لحظه‌ای که به ازای آن $x = 0$ می‌شود.
حرکت متحرک در جهت محور x	جابه‌جایی متحرک در هر بازهٔ زمانی مثبت است.
حرکت متحرک در خلاف جهت محور x	جابه‌جایی متحرک در هر بازهٔ زمانی منفی است.
متحرک تغییر جهت می‌دهد.	جهت جابه‌جایی تغییر می‌کند.
بردار مکان تغییر جهت می‌دهد.	متحرک از مبدأ مکان عبور می‌کند.
بیشترین فاصلهٔ متحرک از مبدأ	$\lvert x_{max} \rvert$
کم‌ترین فاصلهٔ متحرک از مبدأ	$\lvert x_{min} \rvert$
دو متحرک از کنار یکدیگر عبور می‌کنند.	دو متحرک در یک مکان واقع می‌شوند ($x_1 = x_2$).
فاصلهٔ دو متحرک از یکدیگر	بزرگی تفاضل مکان دو متحرک از هم ($\lvert x_2 - x_1 \rvert$ = فاصله)

نمونه فرض کنید معادلهٔ مکان ـ زمان متحرکی در SI به صورت $x = t^2 - 2t - 3$ است.

مکان اولیهٔ جسم چند متر است؟

کلاً در توابع درجهٔ nام ($x = At^n + Bt^{n-1} + \ldots + C$) عدد ثابت (C) معرف مقدار اولیهٔ تابع است:

$t = 0 \Rightarrow x_0 = 0^2 - 2\times 0 - 3 = -3m$

فاصلهٔ اولیهٔ جسم از مبدأ مکان چند متر است؟

فاصلهٔ جسم از مبدأ یعنی $\lvert x \rvert$؛ فاصله، منفی بشو نیست. $\lvert x_0 \rvert = 3m$

متحرک در چه لحظه (یا لحظه‌هایی) از مبدأ مکان عبور می‌کند؟

مبدأ مکان یعنی $x = 0$؛ باید ببینیم در چه لحظه‌هایی $x = 0$ می‌شود:

$x = 0 \Rightarrow t^2 - 2t - 3 = 0 \Rightarrow (t-3)(t+1) = 0 \begin{cases} t = 3s \checkmark \\ t = -1s \times \end{cases}$

با زمان‌های منفی کاری نداریم. در ضمن اگه از شما می‌پرسیدند، بردار مکان متحرک در چه لحظه‌ای تغییر جهت می‌ده، باید همین جواب رو انتخاب می‌کردید.

جابه‌جایی متحرک در ثانیهٔ سوم چند متر است؟

ثانیهٔ سوم از لحظهٔ $t_1 = 2s$ شروع و در لحظهٔ $t_2 = 3s$ تموم می‌شه. برای محاسبهٔ جابه‌جایی در یک بازهٔ زمانی باید مکان متحرک در انتهای بازه رو از مکان اون در ابتدای بازه کم کنیم:

$$\begin{cases} t_1 = 2s : x_1 = 2^2 - 2\times 2 - 3 = -3m \\ t_2 = 3s : x_2 = 3^2 - 2\times 3 - 3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \Delta x = x_2 - x_1 = 0 - (-3) = 3m$$