جزوه ی فیزیک نهم　　فصل ٤: حرکت

اسماعیل لامع زاده　　@ Rahalamezade

تنظیم و تایپ : دلنیا نادری دبیرستان فرزانگان سقز

حرکت: تغییر مکان جسم نسبت به مبدا حرکت.

انواع حرکت ذرات ماده:

1. **انتقالی**
2. **چرخشی (دورانی)**
3. **ارتعاشی (لرزشی)**

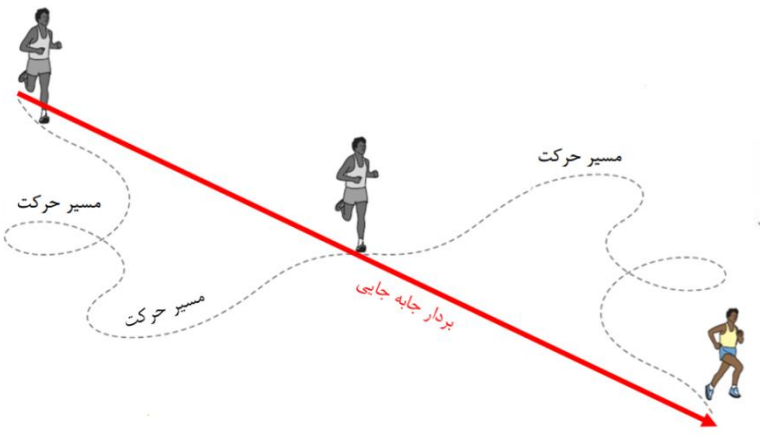
کمیت نرده ای(عددی): کمیت هایی که فقط با بزرگی(مقدار عددی) توصیف می شوند.
مثال) جرم- حجم

کمیت برداری: کمیت هایی هستند که با بزرگی و جهت توصیف می شوند. مثال) وزن- کار

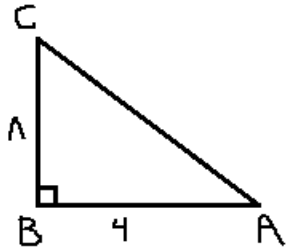
مسافت پیموده شده(d): طول کل مسیری که متحرک می پیماید. (کمیت عددی یا نرده ای)

جابه جایی(Δx): فاصله ی مستقیم بین مبدا ومقصد. (کمیت برداری)

نکته) مسافت و جابه جایی هر دو از جنس طول اند و واحد آنها در SI متراست ولی می توان آنها را با واحدهای کوچکتر و بزرگتر نیز بیان کرد .



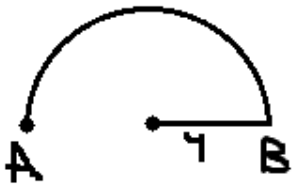
مسئله)متحرکی از نقطه A شروع به حرکت کرده و پس از عبور از نقطه B به نقطه C می رسد جابه جایی و مسافت پیموده شده را به دست آورید.



مسافت d : 8 + 6 = 14

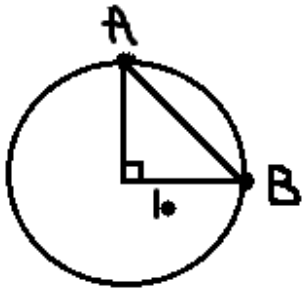
جابه جایی Δx: $8^2 + 6^2 = 64 + 36 = 100 \Rightarrow \sqrt{100} = 10$

مسئله: در شکلهای زیر جابه جایی و مسافت پیموده شده را از نقطه A تا B محاسبه کنید.($\pi = 3$) (اعداد بر حسب متر است)



مسافت d: $\frac{2\pi r}{2} = \frac{\text{محیط دایره}}{2} = 3 \times 6 = 18$

جابه جایی Δx: $2 \times 6 = 12$



مسافت d: $\frac{2\pi r}{4} = \frac{\text{محیط دایره}}{4} = \frac{2\times3\times10}{4} = 15$ m

جابه جایی Δx: $10^2 + 10^2 = 200 \Rightarrow \sqrt{200} = 10\sqrt{2}$ m

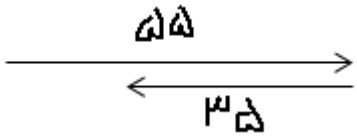
مسئله:متحرکی یک دور کامل میدانی به شعاع ۸ متر را می پیماید مسافت پیموده شده و جابه جایی متحرک را حساب کنید.

مسافت d: $2\pi r = 2 \times 8 \times 3 = 48$ m

جابه جایی Δx= 0

نکته) هر گاه متحرکی به مکان اولیه خود برگردد جابه جایی آن صفر خواهد بود.

مسئله: متحرکی ۵۵ متر به سمت مشرق (در مسیر مستقیم) سپس ۳۵ متر به سمت غرب حرکت



می کند. مسافت و جابه جایی متحرک را به دست آورید.

مسافت d: 55 +35 = 90 m

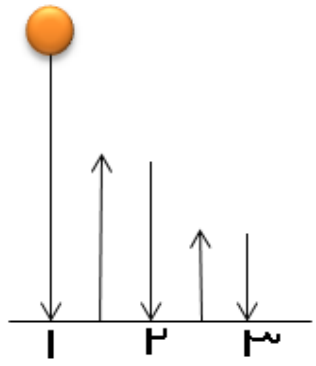
جابه جایی Δx: 55 + (-35) = 20 m

مسئله: توپی را از ارتفاع ۱ متری رها می کنیم این توپ پس از هر برخورد، نصف دفعه قبل بالا می آید.

الف) مسافت طی شده توپ از لحظه رها کردن تا برخورد سوم به زمین چه قدر است؟

1+ 0/5 + 0/5 + 0/25 + 0/25 = 2/5

ب) جابه جایی توپ در این محدوده زمانی چه قدر است؟ 1m



نکته) هر گاه مسیر حرکت متحرک مستقیم باشد مسافت و جابه جایی با هم برابر است.

تندی متوسط : مسافت پیموده شده بر واحد زمان. (کمیت عددی)

$$S = \frac{d}{t}$$

نکات)

- تندی = Speed
- تندی و مسافت هر دو وابسته به شکل مسیرند.
- واحد تندی $\frac{m}{s}$ و واحد دیگر آن $\frac{Km}{h}$ است.
- واحد متر بر ثانیه از واحد کیلومتر بر ساعت بزرگتر است.

تبدیل واحد های تندی به همدیگر

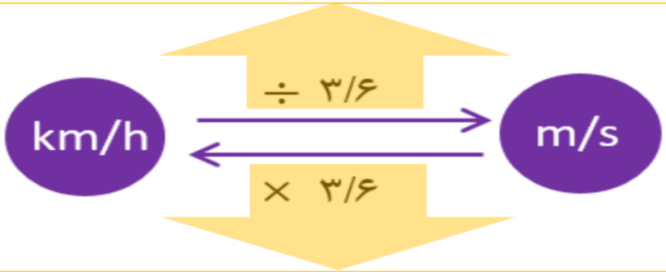
Km = 1000m و h = 3600s =>

$$\frac{1000}{3600} = \frac{1}{3/6} \Rightarrow \frac{\text{Km}}{\text{h}} \div 3/6 = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

m = $\frac{1}{1000}$Km , s = $\frac{1}{3600}$h =>

$$\frac{\frac{1}{1000}}{\frac{1}{3600}} = \frac{3600}{1000} = \frac{36}{10} = 3/6 \Rightarrow \frac{m}{s} \times 3/6 = \frac{\text{Km}}{h}$$

$$۱\,\text{km/h} = \frac{۱\,\text{km}}{۱\,\text{h}} = \frac{۱۰۰۰\,\text{m}}{۳۶۰۰\,\text{s}} = \frac{۱۰\,\text{m}}{۳۶\,\text{s}} = \frac{۱}{۳/۶}\ \text{m/s}$$



$$۱\,\text{m/s} = \frac{۱\,\text{m}}{۱\,\text{s}} = \frac{\frac{۱}{۱۰۰۰}\,\text{km}}{\frac{۱}{۳۶۰۰}\,\text{h}} = ۳/۶\ \text{km/h}$$

تندی لحظه ای: تندی متحرک در یک زمان معین.

زمانیکه داخل اتومبیل در حال حرکت نشسته ایم وبه عقربه تندی سنج *speedometer* آن نگاه می کنیم(استفاده از واژه سرعت سنج اشتباه است) عددی که عقربه نشان می دهد، تندی لحظه ای اتومبیل در همان لحظه است.

حرکت یکنواخت: حرکتی است که تندی لحظه ای با تندی متوسط برابر است.

مثال)در حین حرکت اتومبیل عقربه تندی سنج در محل ثابتی باشد.

سرعت متوسط (Velocity): جابه جایی بر واحد زمان. (کمیت برداری) $V = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

سرعت لحظه ای: سرعت متحرک در یک زمان معین.

تندی لحظه ای+ جهت حرکت در همان لحظه = سرعت لحظه ای

نکات)

- واحد سرعت $\frac{m}{s}$ و واحد دیگر آن $\frac{Km}{h}$ است.
- سرعت = جهت + تندی
- درحرکت یکنواخت روی خط راست (مستقیم الخط سرعت لحظه ای) با سرعت متوسط برابر است.
- در حرکت یکنواخت ممکن است متحرک تغییر جهت دهد ولی از نظر اندازه عددی در بازه های زمانی مختلف یکسان باشد. (یعنی تندی ثابت ولی سرعت تغییر کرده است)

مثال) دور زدن متحرک در یک میدان: تندی ثابت ولی جهت (سرعت) تغییر می کند.

سرعت نسبی: سرعت چند متحرک نسبت به هم.

۱. دو متحرک در یک جهت حرکت می کنند. $V = V_a - V_b$ ←←

۲. دو متحرک به هم نزدیک می شوند یا از هم دور می شوند. $V = V_a + V_b$ ←→

مسئله:

دو متحرک با فاصله ۸۰۰Km از هم ، در صورتی که سرعت متحرک اول ۱۲۰$\frac{Km}{h}$ و سرعت متحرک دوم ٤٠$\frac{Km}{h}$ باشد. پس از چند دقیقه به هم می رسند؟ (دو متحرک هردو به سمت شمال حرکت می کنند)

$V_{نسبی} = 120 - 40 = 80 \frac{Km}{h}$

$V_{نسبی} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 80 = \frac{80}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 10\ h$

$10 \times 60 = 600$ دقیقه

مسئله:مایکل فیلیپس شناگر آمریکایی شنای ۱۰۰ متر آزاد را در استخری به طول ۵۰ متر در مدت ۵۰ ثانیه طی می کند.

الف) تندی متوسط را محاسبه کنید.

$$S = \frac{d}{t} \Rightarrow \frac{100}{50} = 2\ \frac{m}{s}$$

ب) سرعت متوسط را محاسبه کنید.

***چون به مکان اولیه خود برگشته است جابه جایی صفراست** $V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \frac{0}{50} = 0$

مسئله:

ماشینی در ساعت ۱۲ و ۵۲ دقیقه و ۱۲ ثانیه در فاصله ٦km سقز قرار دارد. اگر مسیر مستقیم باشد و در ساعت ۱۲ و ۵۸ دقیقه و ۱۸ ثانیه در فاصله ۱۲km سقز قرار بگیرد. سرعت متوسط متحرک را محاسبه کنید.

Δt = ٦دقیقه و٦ ثانیه = ۳٦٦ ثانیه

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x2-x1}{t2-t1} = \frac{12-6}{366} = \frac{6}{366} = 16/4$$

نکته)هرگاه مکانهای ابتدایی و انتهایی حرکت را داشته باشیم از طریق تفاضل(مقدار ثانویه منهای مقدار اولیه)جابه جایی را بدست می آوریم.

نکته)هرگاه دو لحظه داشته باشیم(معادل دو نقطه روی محور)از تفاضل آنها ، زمان حرکت بدست می آید

نکته) تندی مجاز در بزرگراه ها برای خودرو سواری $۱۲۰\frac{Km}{h}$ و برای خودرو سنگین $۱۰۰\frac{Km}{h}$ است.

این سرعت هارا برحسب $\frac{m}{s}$ محاسبه کنید.(این سرعتها بسیار پرکاربردند همیشه بخاطر بسپارید)

$120\ \frac{Km}{h} = 33/3\ \frac{m}{s}$

$72\ \frac{Km}{h} = 20\ \frac{m}{s}$

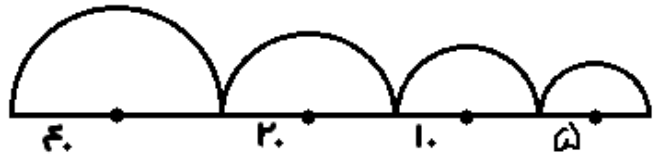
$54\ \frac{Km}{h} = 15\ \frac{m}{s}$

$100\ \frac{Km}{h} = 27/7\ \frac{m}{s}$

$36\ \frac{Km}{h} = 10\ \frac{m}{s}$

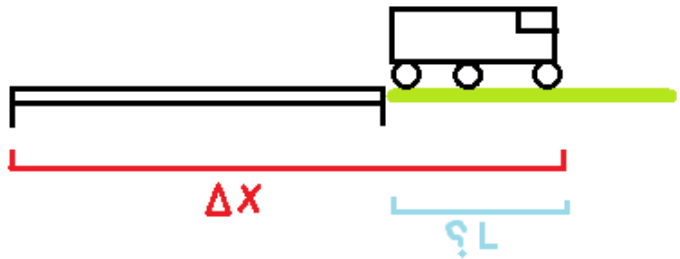
مسئله:

قطرهر نیم دایره نصف قطر نیم دایره قبل از خود است. اگر زمان لازم برای پیمودن نیم دایره اول ۱۶ ثانیه باشد. سرعت متوسط کل مسیر چه قدر است؟



$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{40 + 20 + 10 + 5}{16 + 8 + 4 + 2} = \frac{75}{30} = 2/5\ \frac{m}{s}$$

مسئله: قطاری با سرعت ثابت $۳۰\frac{m}{s}$ از روی پلی به طول ۴۰۰m می گذرد. اگر ۲۰ ثانیه طول بکشد تا قطار به طور کامل از پل بگذرد. طول قطار چند متر است؟

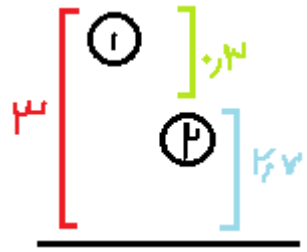


$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \quad 30 = \frac{400 + L}{20} \Rightarrow 600 = 400 + L \Rightarrow L = 200\ m$$

نکته) جابه جایی در این مسئله مجموع طول قطار و طول پل است.

مسئله:

توپی از ارتفاع ۳ متری زمین رها می شود. با برخورد به زمین پس از ۱/۵ ثانیه به ۹۰ درصد ارتفاع قبلی خود می رسد. سرعت متوسط آن را در این رفت و برگشت حساب کنید.



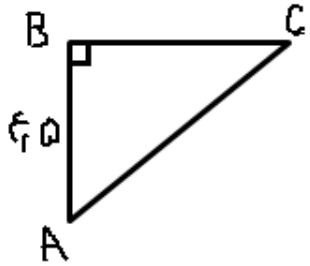
$$3 \times \frac{90}{100} = 2/7m$$

$$\Delta x = 3 - 2/7 = 0/3\ m$$

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0/3}{1/5} = 0/2\ \frac{m}{s}$$

مسئله:

در شکل مقابل جسمی مسیر ABC را در مدت ۵ ثانیه طی می کند. اگر سرعت متوسط جسم در این حرکت $\frac{m}{s}$ ۱/۵ باشد. تندی متوسط چقدر است؟



$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} => 1/5 = \frac{\Delta x}{5} => \Delta x = 7/5$$ وتر

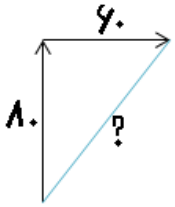
رابطه فیثاغورس: $7/5^2 = 4/5^2 + BC^2 => BC = \sqrt{36} = 6$

$$S = \frac{d}{t} = \frac{AB + BC}{5} = \frac{4/5 + 6}{5} = \frac{10/5}{5} = 2/1\frac{m}{s}$$

مسئله:

اتومبیلی با سرعت متوسط $\frac{Km}{h}$ ۴۰ به مدت دو ساعت در مسیر مستقیم به سمت شمال حرکت می کند. سپس با سرعت متوسط $\frac{Km}{h}$ ۱۲۰ ، 60 Km را به سمت مشرق می پیماید.

الف) تندی متوسط کل مسیر را به دست آورید.



مسافت= سرعت × زمان $2 \times 40 = 80$ km

زمان= سرعت÷مسافت $60 \div 120 = 0/5$ h

$$S = \frac{d}{t} = \frac{80+60}{2/5} = 56\frac{Km}{h}$$

***درهربخش چون مسیر خط راست است پس جابه جایی و مسافت یکی است**

***هرگاه مسیر متشکل از چند زمان و چند مسافت باشد با جمع کردن آنها، زمان کل و مسافت کل حرکت بدست می آید**

ب) سرعت متوسط کل مسیر را به دست آورید.

$$\text{جابه جایی } 80^2 + 60^2 = 6400 + 3600 = 10000 \Rightarrow \sqrt{10000} = 100$$

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100}{2/5} = 40\frac{Km}{h}$$

مسئله:

اتومبیلی نیمی از یک مسیر مستقیم را با سرعت $\frac{m}{s}$ ۴۰ و نیم دیگر را با سرعت $\frac{m}{s}$ ۶۰ می پیماید. سرعت متوسط کل را محاسبه کنید.

$V1 = 40\frac{m}{s}$ جابه جایی $= \frac{\Delta x}{2}$ $\Delta t1 = \frac{\Delta x}{V} = \frac{\frac{\Delta x}{2}}{40} = \frac{\Delta x}{80}$	$V2 = 60\frac{m}{s}$ جابه جایی $= \frac{\Delta x}{2}$ $\Delta t2 = \frac{\Delta x}{V} = \frac{\frac{\Delta x}{2}}{60} = \frac{\Delta x}{120}$

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\frac{\Delta x}{80} + \frac{\Delta x}{120}} = \frac{\Delta x}{\frac{3\Delta x}{240} + \frac{2\Delta x}{240}} = \frac{\frac{\Delta x}{1}}{\frac{5\Delta x}{240}} = \frac{240\Delta x}{5\Delta x} = 48$$

رسم نمودار مکان – زمان ونوشتن معادله حرکت یکنواخت:

نکات روی نمودار:

۱. شیب نمودار مکان – زمان سرعت را نشان می دهد.

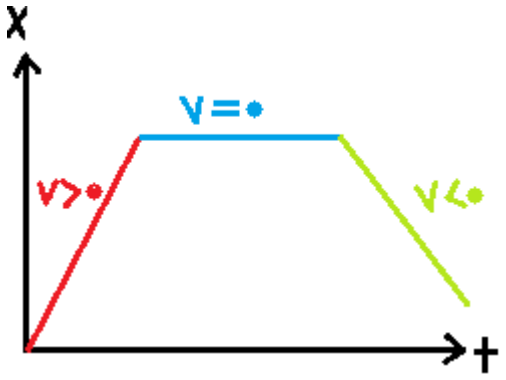
۳. اگر شیب نمودار مثبت (روبه بالا) باشد سرعت مثبت است.

٤. اگر شیب نمودار خط صفر(خط افقی) باشد سرعت صفر است.

٥. اگر شیب نمودار منفی (رو به پایین) باشد سرعت منفی است.

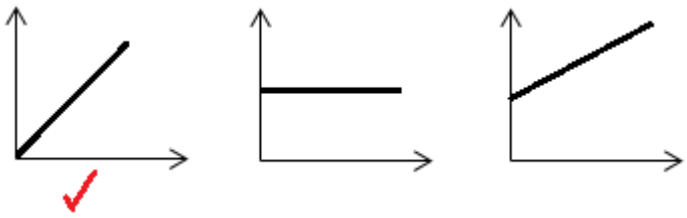
٦. معادله حرکت یکنواخت بصورت زیر است(x_0 مکان اولیه است)

$$x=vt+x_0$$



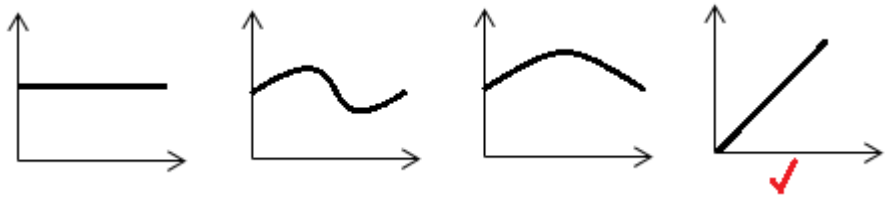
نکته) سرعت منفی یعنی متحرک برخلاف جهت اولیه اش حرکت کرده است.

*سرعت کدام متحرک از همه بیشتر است؟



زیرا شیب آن بیشتر است.

*کدام نمودار حرکت یکنواخت را نشان می دهد؟



نکته) هرگاه نمودار مکان – زمان به صورت خط راست (نه افقی) باشد حرکت یکنواخت خواهد بود.

مسئله:معادله ی حرکت جسمی روی خط راست به صورت x = 4t سرعت متوسط متحرک را در t_1= 2s و t_2 = 5s محاسبه کنید.

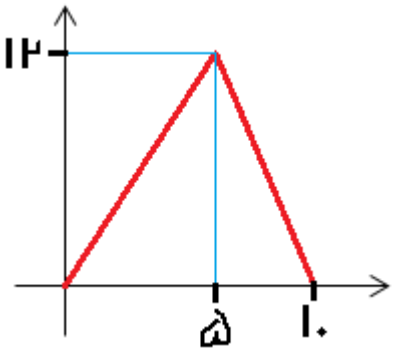
$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x2-x1}{t2-t1} = \frac{20-8}{5-2} = \frac{12}{3} = 4\ m/s$$

نکته تکراری)هرگاه مکانهای ابتدایی و انتهایی حرکت را داشته باشیم از طریق تفاضل(مقدار ثانویه منهای مقدار اولیه)جابه جایی را بدست می آوریم.

نکته تکراری)هرگاه دو لحظه داشته باشیم(معادل دو نقطه روی محور)از تفاضل آنها ، زمان حرکت بدست می آید

مسئله:

نمودار مکان – زمان جسمی به صورت زیر است. تندی متوسط و سرعت متوسط را محاسبه کنید.

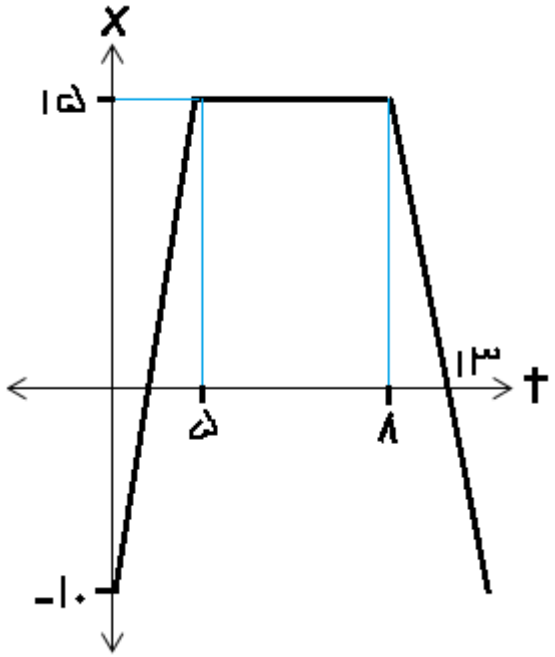


$$S = \frac{d}{t} = \frac{12+12}{5} = \frac{24}{10} = 2/4\frac{m}{s}$$

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0}{10} = 0$$

***متحرک به مکان اولیه اش برگشته بنابراین جابه جایی و در نتیجه سرعتش صفر خواهد بود.**

مسئله: نمودار مکان- زمان متحرکی به صورت زیر است سرعت متوسط متحرک در بازه های زمانی مختلف به دست آورید.



$$V(0-5s) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x2-x1}{t2-t1} = \frac{15-(-10)}{5-0} = \frac{25}{5} = 5$$

$$V(5-8s) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x2-x1}{t2-t1} = \frac{15-15}{8-5} = \frac{0}{3} = 0$$ نداده تغییرمکان

$$V(8-13s) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x2-x1}{t2-t1} = \frac{0-15}{13-8} = \frac{-15}{5} = -3$$

شتاب متوسط (acceleration): **تغییرات سرعت بر زمان تغییرات سرعت.(کمیت برداری)**

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v2-v1}{t2-t1}$$

واحدآن: متر بر مجذور ثانیه $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\frac{m}{s}}{s} = \frac{m}{s2}$

نکات شتاب:

۱. **تند شونده** $a > 0$ $V_2 > V_1$

۲. **کند شونده** $a < 0$ $V_2 < V_1$

۳. **حرکت یکنواخت** $a = 0$ $V_1 = V_2$

نکته) در حل مسائل شتاب سرعت بایستی بر اساس متر بر ثانیه باشد.

مسئله:

شتاب متوسط پرش یک ملخ $۵۰۰\frac{m}{s2}$ **است. اگر سرعت جدا شدن ملخ از زمین** $۱\frac{m}{s}$ **باشد. بدن ملخ چه مدت تحت شتاب بوده است؟**

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} => 500 = \frac{1}{\Delta t} => \Delta t = \frac{1}{500} = 0/002S$$

مسئله:

اتومبیلی با سرعت $۷۲\frac{Km}{h}$ **حرکت می کند. با دیدن مانع راننده ناگهان ترمز می کند و در مدت ۲ ثانیه سرعتش را به** $۵۴\frac{Km}{h}$ **می رساند. شتاب را حساب کنید. شتاب تند شونده است یا کند شونده؟**

$$V1 = 72\frac{Km}{h} \div 3/6 = 20\frac{m}{s}$$

$$V2 = 54\frac{Km}{h} \div 3/6 = 15\frac{m}{s}$$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v2-v1}{t2-t1} = \frac{15-20}{2} = \frac{-5}{2} = -2/5\ \frac{m}{s2}$ **شتاب کاهنده**

**شتاب یک ماشین $\frac{m}{s2}$ ۱۰است یعنی چه؟ یعنی در هر ثانیه سرعتش را $\frac{m}{s}$ ۱۰تغییر می دهد.

صفر تا صد معیاری جهانی برای مقایسه شتاب خودرو ها است و حداقل زمانی را نشان می دهد که خودرو از حالت سکون به سرعت $\frac{Km}{h}$ ۱۰۰ می رسد.

مسئله)

صفر تا صد پراید ۱۴/۵ ثانیه می باشد(۱۴/۵طول می کشد که سرعتش از ۰ تا $\frac{Km}{h}$ ۱۰۰ برسد.)

شتاب پراید را محاسبه کنید.

$$v2 = 100\frac{Km}{h} \div 3/6 = 27/7\frac{m}{s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v2 - v1}{t2 - t1} = \frac{27/7 - 0}{14/5} \cong 1/9\frac{m}{s2}$$

معادله ی حرکت شتاب دار با شتاب ثابت (معادله سرعت – زمان):

$V = V_0 + at$ => سرعت = سرعت در زمان صفر + (شتاب × زمان)

مختصات حرکت یک متحرک به صورت زیر است. شتاب را محاسبه کنید و معادله حرکت شتاب دار آن را بنویسید.

t (s)	0	1	2	3	4
v $(\frac{m}{s})$	-4	-6	-8	-10	-12

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v2 - v1}{t2 - t1} = \frac{-6 - (-4)}{1 - 0} = \frac{-2}{1} = -2\frac{m}{s2}$$

$V = V_0 + at$ => $V = -4 - 2t$

نکته) شیب نمودار سرعت – زمان شتاب را نشان می دهد.

مسئله:

توپی با سرعت $\frac{m}{s}$ ۱۰ به دیواری برخورد می کند. اگر مدت زمان برخورد توپ با دیوار ۰/۰۵ ثانیه باشد و با سرعت $\frac{m}{s}$ ۸- از دیوار جدا شود. شتاب متوسط چه قدر است؟

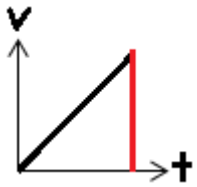
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v2 - v1}{t2 - t1} = \frac{-8 - 10}{0/05} = \frac{-18}{0/05} = -360\ \frac{m}{s2}$$

پیدا کردن جابه جایی در حرکت شتابدار با شتاب ثابت:

روش اول) $X = X_0 + \frac{1}{2}at^2 + V_0 t$

روش دوم) معادله مستقل از زمان $V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x$

روش سوم) مساحت زیر نمودار سرعت – زمان جابه جایی را نشان می دهد.



مسئله:

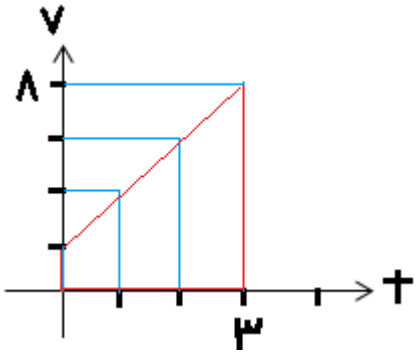
الف)نمودار سرعت – زمان متحرکی را رسم کنید که سرعت اولیه آن ۲متربرثانیه و شتاب ثابت آن ۲متربرمجذورثانیه باشد.

ب) جا به جایی متحرک را در ۳ ثانیه محاسبه کنید.

حل)

معادله $V = V_0 + at \Rightarrow V = 2 + 2t$

t	0	1	2	3
v	2	4	6	8

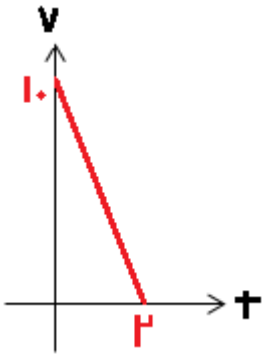


جابه جایی $= \frac{(8+2)\times 3}{2} = 15m$ = مساحت ذوزنقه

نکته) با قردادن زمانهای دلخواه در معادله حرکت، سرعت در آن زمانها بدست می آید.

مسئله:

نمودار سرعت – زمان متحرکی به صورت زیر است. جابه جایی و سرعت متوسط را در ۲ ثانیه اول محاسبه کنید.



مساحت مثلث $\Delta x = \frac{10\times 2}{2} = 10m$

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10}{2} = 5\frac{m}{s}$$

لامع زاده آبان ۹۷