آموزشکده فنی و کشاورزی فسا

بسم الله الرحمن الرحيم

فیزیک عمومی

مدرس : آرش دهیار

با آرزوی سلامتی برای تمامی

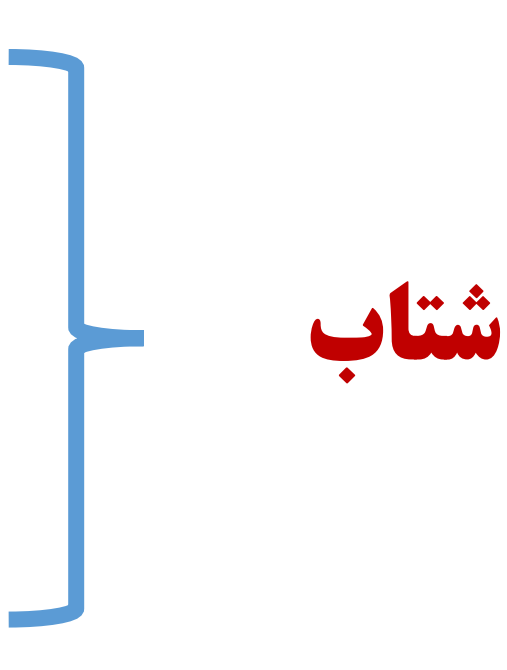
دانشجویان گرامی

فصل دوم

حرکت شناسی

شتاب:

هرگاه سرعت یک ذره یا جسم تغییر کند، حرکت را شتابدار گویند.



شتاب متوسط:

تغییرات سرعت نسبت به زمان را شتاب متوسط گویند.

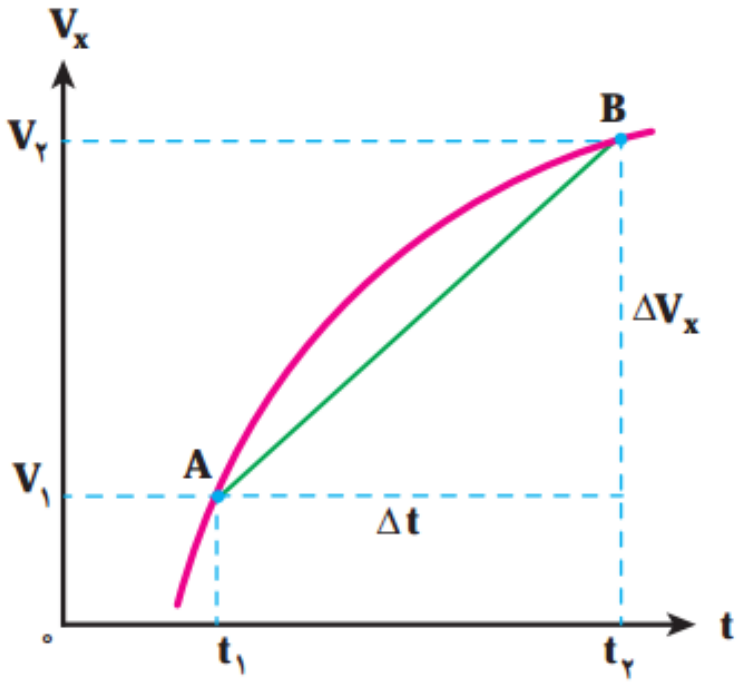
$$\bar{a} = \frac{v_۲ - v_۱}{t_۲ - t_۱} \Rightarrow \bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

شتاب کمیتی برداری است و یکای آن متر بر مجذور ثانیه است.

نمودار سرعت – زمان

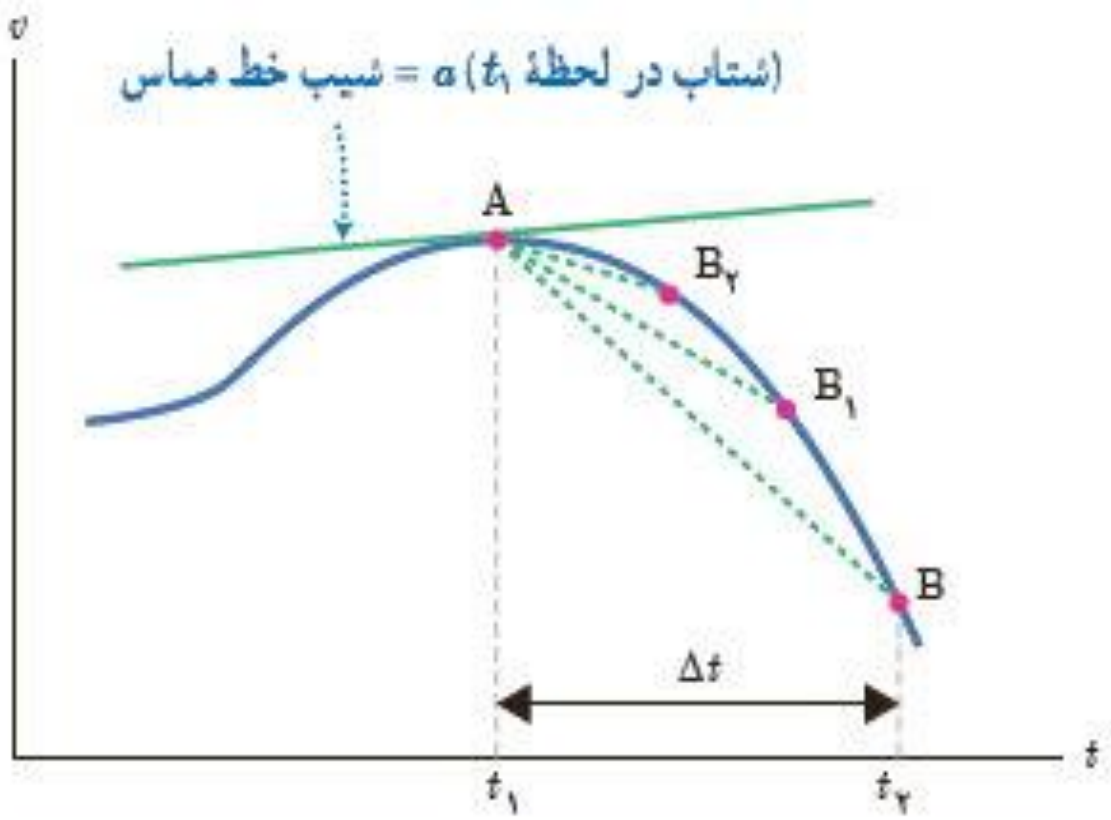
نمودار سرعت – زمان نموداری است که محور افقی آن زمان(t) و محور عمودی آن سرعت(v) را نشان می دهد. همانطور که عنوان شد نقاط روی این نمودار نشان می دهند که متحرک در هر لحظه چه سرعتی دارد.

نکته:شیب خط AB (خط سبز رنگ)در نمودار سرعت – زمان، شتاب متوسط را نشان می دهد.



شتاب لحظه ای:

شتاب متوسط در نمودار سرعت – زمان برابر با شیب خطی است که دو نقطه از نمودار را به هم متصل می کند. اگر این دو نقطه به قدری به یکدیگر نزدیک شوند که **Δt** به سمت صفر میل کند، و آنگاه خطی که از این دو نقطه می گذرد را رسم کنیم، شیب آن خط نشان دهنده **شتاب لحظه ای** متحرک است. در شکل زیر فاصله دو نقطه **A** و **B** را آنقدر کم می کنیم تا شتاب لحظه ای متحرک را در لحظه t_1 نشان دهیم.



$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow a = \frac{dv}{dt}$$

مثال:

معادله حرکت جسمی در سیستم SI به صورت $x = t^{۳} - ۶t^{۲} + ۹t + ۱$ است.

۱–شتاب متوسط جسم در را در بازه زمانی $t_۱ = ۱(s), t_۲ = ۲(s)$ به دست اورید؟

۲– شتاب جسم در لحظه $t = ۳(s)$ را محاسبه نمائید؟

حل:

برای محاسبه شتاب متوسط، بایستی سرعت جسم در لحظه $t_۱ = ۱(s), t_۲ = ۲(s)$ به دست آوریم. پس از معادله مکان نسبت به زمان مشتق گرفته تا به معادله سرعت برسیم.

$$v = \frac{dx}{dt} \rightarrow v = ۳ \times ۲t^{۳-۱} - ۶ \times ۲t^{۲-۱} + ۹t^{۱-۱} + ۰ \rightarrow v = ۳t^{۲} - ۱۲t + ۹$$

$$t_۱ = ۱(s) \rightarrow v_۱ = ۳(۱^{۲}) - ۱۲(۱) + ۹ = ۳ - ۱۲ + ۹ = ۰ \left(\frac{m}{s}\right)$$

$$t_۲ = ۲(s) \rightarrow v_۲ = ۳(۲^{۲}) - ۱۲(۲) + ۹ = ۱۲ - ۲۴ + ۹ = -۳ \left(\frac{m}{s}\right)$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{-3 - 0}{2 - 1} \rightarrow \bar{a} = -3 \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

حال برای محاسبه شتاب در لحظه $t = 2(s)$ بایستی از معادله سرعت نسبت به زمان مشتق گرفته تا به معادله شتاب برسیم. با جایگذاری زمان در معادله شتاب، شتاب در لحظه مشخص شده به دست می آید:

$$v = 3t^2 - 12t + 9$$

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow a = 6t - 12$$

به این رابطه،معادله شتاب گویند.

$$t = 3(s) \rightarrow a = 6(3) - 12 \rightarrow a = 6 \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

حرکت با شتاب ثابت :

در حرکت با شتاب ثابت ، شتاب متوسط در هر بازه ی زمانی برابر با شتاب لحظه ای است .

معادلات حرکت با شتاب ثابت :

x :مکان نهایی جسم است
x_o :مکان اولیه جسم است
v :سرعت نهایی جسم است
v_o :سرعت اولیه جسم است
a :شتاب جسم است
t :زمان است

(۱) $$x = \frac{۱}{۲} a t^{۲} + v_o t + x_o$$

(۲) $$v = at + v_o$$

(۳) $$v^{۲} - v_o^{۲} = ۲a(x - x_o)$$

مثال:

هواپیمای کوچکی با سرعت اولیه(m/s)۷۰ در حال پرواز است، سرعتش را با شتاب ثابت ۱.۵ متر بر مجذور ثانیه کاهش می‌دهد. پس از گذشت ۴۰ ثانیه، سرعت آن به چقدر می‌رسد؟

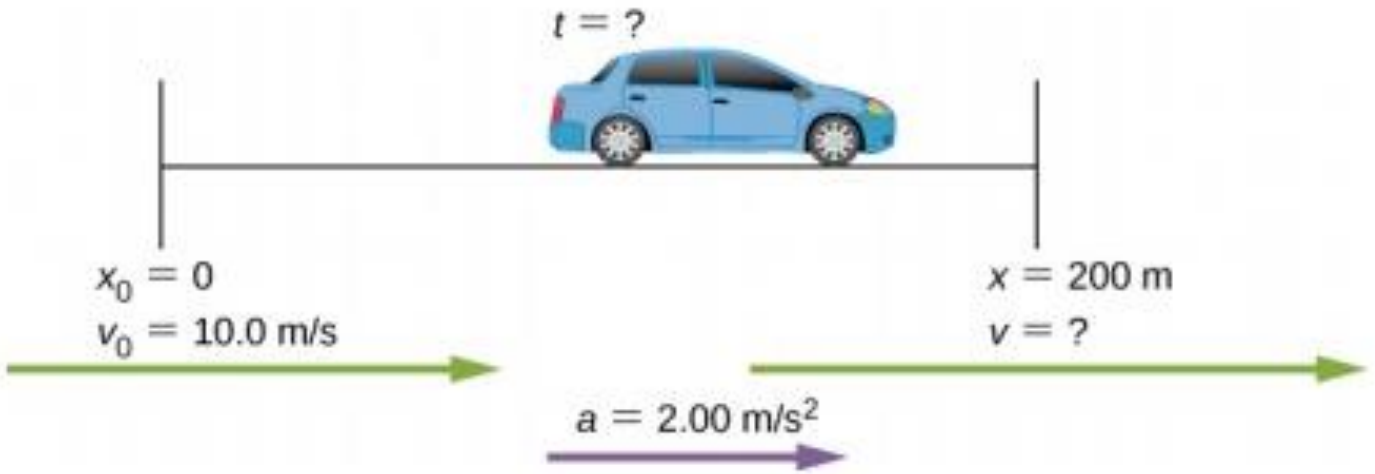
حل:

برای حل این سوال می‌توانیم از رابطه (۲) یعنی معادله سرعت حرکت با شتاب ثابت استفاده کنیم. توجه شود که در اینجا به دلیل اینکه جهت شتاب خلاف جهت سرعت است، آن را با علامت منفی در معادله جایگذاری می‌کنیم. یعنی حرکت هواپیما کندشونده است. با جایگذاری مقادیر معلوم از صورت مساله، در معادله (۲) نتیجه می‌شود:

$$v = at + v_0 = -1.5 \times 40 + 70 = 10\frac{m}{s}$$

از معادله فوق، نتیجه می‌گیریم که در پایان ثانیه ۴۰، سرعت هواپیما به $10\frac{m}{s}$ رسیده است.

خودرویی با سرعت $10\frac{m}{s}$ در حال حرکت است. چه مدت طول می‌کشد که مسافت ۲۰۰ متر را با شتاب $2\frac{m}{s^2}$ طی کند؟



برای راحتی کار می‌توانیم $x_0 = 0$ فرض کنیم. از معادله حرکت (۸) داریم:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow 200 = \frac{1}{2} \times 2 \times t^2 + 10 \times t \rightarrow t = -20s\ ,\ 10s$$

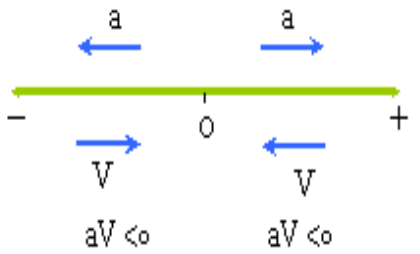
واضح است که زمان منفی غیر قابل قبول است.

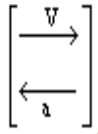
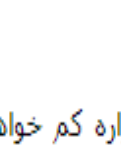
تمرین:

ماشینی در مسیر مستقیم با سرعت ثابت $36\frac{m}{s}$ در حال حرکت است. ناگهان ترمز گرفته و سرعت خود را با شتاب $4\frac{m}{s^2}$ کاهش می‌دهد. مدت زمانی که طول می‌کشد ماشین به طور کامل متوقف شود، چند ثانیه است؟ در این زمان، ماشین چه مسافتی را طی کرده است؟

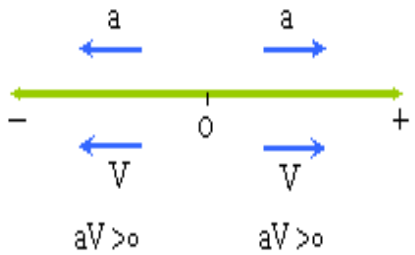
حرکت شتابدار به طور کلي دو نوع است:

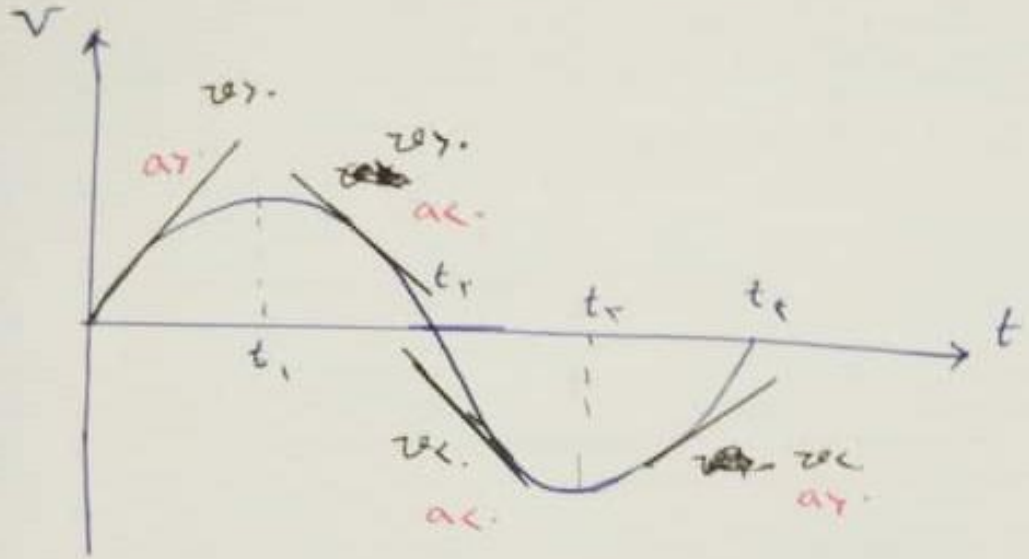
1- حرکت شتابدار تند شونده
2- حرکت شتابدار کند شونده



<u>حرکت شتابدار کندشونده:</u> اگر در يك حرکت شتابدار سرعت و شتاب غير همجهت باشند يعني اگر سرعت مثبت و شتاب منفي باشد  و يا اگر سرعت منفي و شتاب مثبت باشد  در اين صورت حرکت، شتابدار کند شونده خواهد بود يـعني a اندازه سرعت را همواره کم خواهد کرد. بطور کلي براي آسانتر بيان کردن مطلب مي‌گوييم در حرکت شتابدار کندشونده رابطه $(av < o)$ برقرار است.

<u>حرکت شتابدار تند شونده:</u> اگر در يك حرکت شتابدار سرعت و شتاب هم جهت باشند يعني شتاب و سرعت همواره مثبت و يا همواره منفي باشند و يا به عبارت ديگر براي ساده تر بيان کردن مطلب $(av > o)$ باشد، مي‌گوييم حرکت شتابدار تندشونده است.





$0 - t_1$:

بازه زمانی	علامت سرعت	علامت شتاب	علامت a_{cm}	نوع حرکت
$0 - t_1$	مثبت	مثبت	مثبت	تند شونده در جهت محور
$t_1 - t_2$	مثبت	منفی	منفی	کند شونده در جهت محور
$t_2 - t_3$	منفی	منفی	مثبت	تند شونده در خلاف جهت محور
$t_3 - t_4$	منفی	مثبت	منفی	کند شونده در خلاف جهت محور

گرانش (جاذبه زمین)

یک جسم سنگین و یک پَر را در نظر بگیرید که از ارتفاعی مشخص به پایین سقوط می‌کنند. اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، کدام یک از آن‌ها زودتر به سطح زمین می‌رسد؟

یکی از واقعیت‌های غیرمنتظره در خصوص سقوط اجسام، این است که اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، در تمامی نقاط کُره زمین، سقوط همه اجسام به سمت مرکز زمین و با شتابی ثابت صورت می‌گیرد که این شتاب مستقل از جرم اجسام است. شاید پذیرفتن این مطلب که جسم سنگین و پر به صورت یکسان و همزمان به سطح زمین رسند، برایتان غیرقابل قبول باشد. اغلب مردم انتظار دارند که اجسام سنگین‌تر، به هنگام سقوط، شتاب بیشتری داشته و زودتر به سطح زمین برسند. این مطلب همیشه درست نبوده و در غیاب مقاومت هوا، هر دو جسم به صورت هم‌زمان به سطح زمین می‌رسند.

شتاب ناشی از گرانش، در همه‌جای کره زمین (البته نه در ارتفاع‌های خیلی بالا) ثابت بوده و مقدار متوسط آن به صورت زیر است:

$$g = 9.834 \frac{m}{s^2}$$

موقعیت جغرافیایی روی مقدار g موثر است. اما برای راحتی کار در مسائل ساده، همیشه مقدار آن را ثابت در نظر می‌گیریم. با صرف نظر از چرخش زمین، جهت شتاب گرانشی g همیشه به سمت پایین (مرکز زمین) است. البته توجه داشته باشید که علامت شتاب در معادلات سینماتیکی به مختصاتی که ما آن را تعریف می‌کنیم بستگی دارد. اگر جهت بالا را مثبت در نظر بگیریم، شتاب g را به صورت منفی ($a = -g = -9.8 \frac{m}{s^2}$) در معادلات جایگذاری می‌کنیم؛ چرا که جهت g به سمت زمین (پایین) است و اگر جهت پایین را مثبت تعریف کنیم، شتاب g را به صورت مثبت ($a = g = 9.8 \frac{m}{s^2}$) در معادلات جایگذاری می‌کنیم. معمولاً در اکثر مراجع به هنگام بررسی مسائل حرکت سقوط آزاد در فیزیک پایه، جهت بالا را مثبت تعریف کرده و لذا علامت g را به صورت منفی در نظر می‌گیرند.

حرکت سقوط آزاد (حرکت یک بعدی با شتاب ثابت)

برای بررسی حرکت سقوط آزاد اجسام، می‌توانیم از معادلات سینماتیکی بهره ببریم. از آنجایی که سقوط آزاد، حرکتی یک بعدی در راستای قائم است، برای روشنی و نمایش بهتر مطلب نماد y را به جای x و شتاب ثابت گرانشی g را به جای a در معادلات قرار می‌دهیم.
اگر جهت بالا را مثبت در نظر گرفتید،علامت g را به صورت منفی در معادلات استفاده کنید. در مسائل، ما جهت بالا را مثبت در نظر می‌گیریم.

$$y - y_0 = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t$$

(۱)

$$v = -gt + v_0$$

(۲)

$$v^2 - v_0^2 = -2g(y - y_0)$$

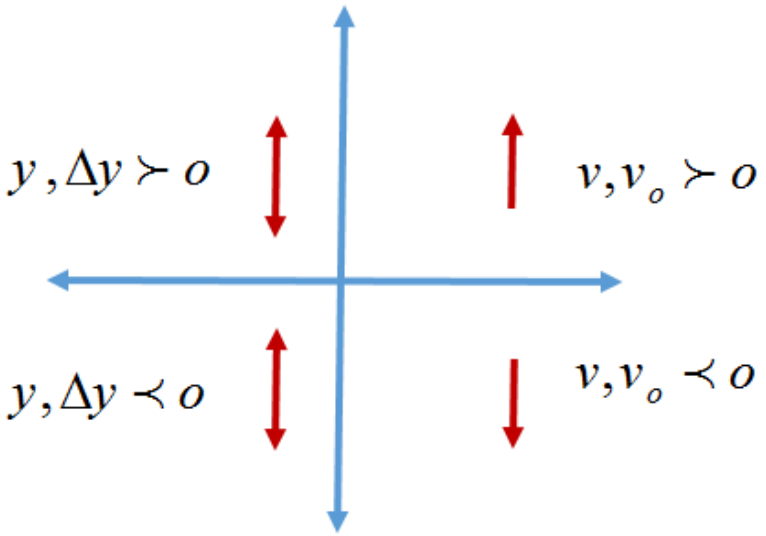
(۳)

حل مسائل حرکت سقوط آزاد:

۱- مبدا مختصات را در محل پرتاب قرار می دهیم.

۲- جا به جایی در بالای مبدا مختصات را با علامت مثبت و جابه جایی پایین مبدا مختصات را با علامت منفی در روابط قرار می دهیم.

۳- در صورت پرتاب به سمت بالا یا حرکت رو به بالا، سرعت یا سرعت اولیه را با علامت مثبت و در صورت پرتاب به سمت پایین یا حرکت رو به پایین، سرعت یا سرعت اولیه را با علامت منفی در روابط قرار می دهیم.



مثال :

فرض کنید که در بالای یک بلندی ایستاده و سنگی را رها می‌کنید.
الف)پس از گذشت ۱ ثانیه، سنگ چه مسافتی را طی می‌کند؟
ب) پس از گذشت این زمان، سرعت سنگ چقدر است؟

حل:

برای حل این مسئله، جهت رو به بالا را مثبت در نظر می‌گیریم. در نتیجه شتاب ثابت گرانشی g را با علامت منفی در معادلات جایگذاری می‌کنیم. همچنین مکانی که سنگ رها شده را **0** در نظر می‌گیریم؛ یعنی مکان اولیه سنگ در نقطه **0** محور مختصاتی است($y_o = o$) .همچنین توجه داشته باشید که رها کردن یک جسم، به منزله سقوط آن بدون سرعت اولیه است. پس در اینجا $v_o = o$ بوده و در نتیجه از رابطه (۱) داریم:

$$y - y_0 = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t \Rightarrow y = -\frac{1}{2}gt^2 = -\frac{1}{2} \times 9.81 \times 1^2 = -4.9m$$

در واقع جابه‌جایی طی شده توسط سنگ $\triangle y = y - y_0 = -4.9m$ بوده و مسافت طی شده $4.9m$ است. برای به دست آوردن سرعت پس از گذشت ۱ ثانیه نیز از رابطه (۲) استفاده می‌کنیم.

$$v = -gt + v_0 \Rightarrow v = -gt = -9.8 \times 1 = -9.8\frac{m}{s}$$

بیان کردیم که سقوط آزاد حرکتی یک بعدی با شتاب ثابت $g = 9.8\frac{m}{s^2}$ است. یعنی با توجه به مفهوم شتاب، با گذشت هر ثانیه، مقدار $9.8\frac{m}{s}$ بر سرعت جسم افزوده می‌شود. در اینجا که سرعت اولیه صفر است، در پایان ثانیه اول، مقدار $9.8\frac{m}{s}$ بر سرعت سنگ اضافه می‌شود.

مثال:

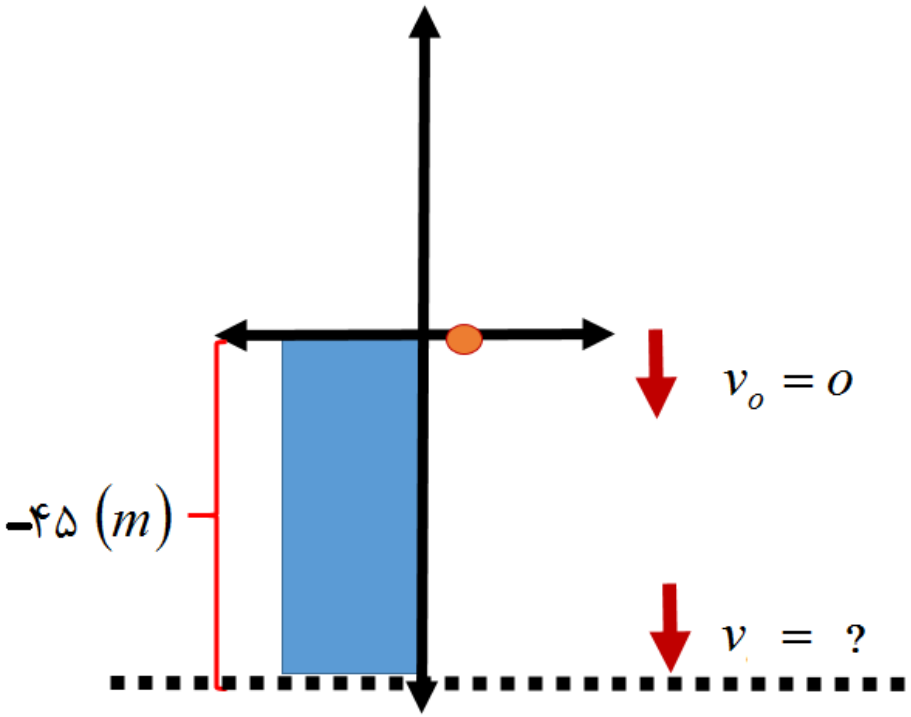
سنگی را از بالای ساختمانی به ارتفاع ۴۵ متر رها می کینم:

الف) سنگ پس از چند ثانیه به زمین می رسد؟

ب) سرعت آن هنگام رسیدن به زمین چقدر است؟ $g = ۱۰\left(\frac{m}{s^۲}\right)$

حل:

محل پرتاب را مبدا مختصات در نظر می گیریم. این نقطه بالای ساختمان است



$$\Delta y = -\frac{۱}{۲} g t^{۲} + v_o t \xrightarrow{v_o = o} \Delta y = -\frac{۱}{۲} g t^{۲}$$

$$-۴۵ = -\frac{۱}{۲} \times ۱۰ \times t^{۲} \rightarrow -۴۵ = -۵ t^{۲} \rightarrow t^{۲} = \frac{-۴۵}{-۵} \rightarrow t^{۲} = ۹$$

$$t = ۳(s)$$

$$t = -۳(s)$$

از آنجائیکه زمان همیشه مثبت است پس زمان منفی غیر قابل قبول است. پس ۳ ثانیه طول می کشد تا سنگ به زمین برسد.

$$v = -gt + v_o \xrightarrow{v_o = o} v = -gt$$

$$v = -۱۰ \times (۳)^{۲} \rightarrow v = -۹۰ \left(\frac{m}{s} \right)$$

علامت منفی سرعت به دلیل این است که جهت حرکت سنگ به سمت پایین است.

تمرین:

سنگی با سرعت اولیه ۲۰ متر بر ثانیه در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می کنیم:

$g = ۱۰ \left(\frac{m}{s^۲} \right)$

الف) چه زمانی طول می کشد تا سنگ به بالاترین ارتفاع خود برسد؟

ب) سنگ تا چه ارتفاعی بالا می رود؟

ج) چه زمانی طول می کشد تا سنگ به نقطه پرتاب برسد؟

د) سرعت زمین در سطح زمین پس از بازگشت چقدر است؟

موفق و پیروز باشید