

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

از سری جزوات آموزشی:

# فیزیک پایه 1

## (مکانیک)

تالیف: هریس بنسون

ترجمه: محمدرضا بهاری

ناشر: انتشارات دانشگاه پیام نور

گردآوری: واحد آموزشی انجمن علمی پژوهشی فناوری اطلاعات دانشگاه پیام نور قم

تایپ و تدوین: واحد فناوری انجمن علمی پژوهشی فناوری اطلاعات دانشگاه پیام نور قم



## فصل 4 : لفتی و حرکت دو بعدی

### قانون اول نیوتن:

هر جسمی حالت سکون یا حالت حرکت یکنواخت را روی خط راست حفظ می کند مگر ناپار شود. در اثر نیرویی که به آن وارد می شود حالتش را تغییر دهد که این قانون شامل فاصیتهی به نام لفتی (اینرسی) در همه اجسام می شود.

### حرکت دو بعدی:

در فضای سه بعدی، بردار مکان را بصورت زیر نمایش می دهیم:

$$\vec{r} = x \hat{i} + y \hat{j} + z \hat{k}$$

اگر ذره ای از نقطه  $P_1$  در مکان  $r_1$  به نقطه  $P_2$  در مکان  $r_2$  برود جایابی آن عبارتست از:

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \Delta x \hat{i} + \Delta y \hat{j} + \Delta z \hat{k}$$

در اینجا هم مانند حالت یک بعدی سرعت متوسط را برابر با جایابی به مدت سپری شده تعریف می کنیم.

$$\bar{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

با توجه به اینکه

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d \vec{r}}{dt} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}$$

پس سرعت لحظه ای برابر است با:

$$v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt}$$

به همین ترتیب شتاب لحظه ای:

$$a = \frac{d \vec{v}}{dt} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}$$

### معادلات در شتاب ثابت:

در معادلات زیر:  $\vec{r} = (r_1, r_2, r_3)$  و  $\vec{v} = (v_1, v_2, v_3)$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \frac{1}{2} (\vec{v}_0 + \vec{v}_1) t$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2$$

با توجه به اینکه ضرب اسکالر دو بردار برابر با یک عدد است ( $\vec{v} \cdot \vec{v} = v^2$ ) پس معادله مستقل از زمان به این صورت است:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \vec{a} \cdot (\vec{r} - \vec{r}_0)$$

در مورد حرکت در دو بعد در صفحه  $(x, y)$  رابطه برداری بالا بصورت 4 معادله برای  $x$  و 4 معادله برای  $y$  تعریف می شود.

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$$v_y = v_{0y} + a_y t$$

$$x = x_0 + \frac{1}{2} (v_{0x} + v_x) t$$

$$y = y_0 + \frac{1}{2} (v_{0y} + v_y) t$$

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

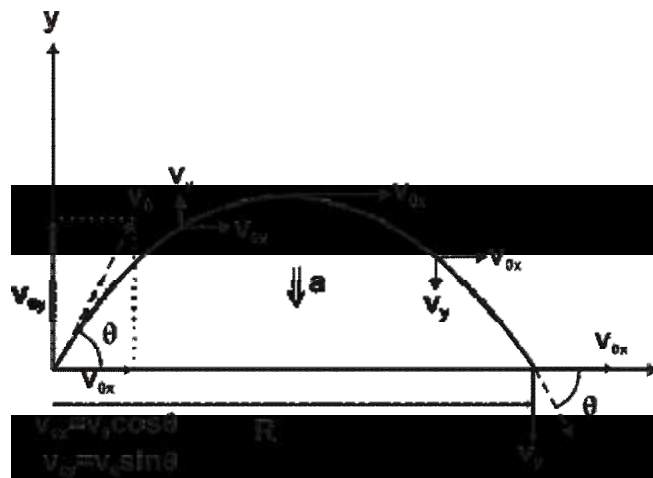
$$v_x^2 - v_{0x}^2 = 2 a_x (x - x_0)$$

$$v_y^2 - v_{0y}^2 = 2 a_y (y - y_0)$$

### حرکت پرتابه ها:

جسمی که در نزدیکی سطح زمین پرتاب شده باشد، به طور کلی دو حرکت مستقل دارد.

یک حرکت افقی با سرعت ثابت ( $v_x$ )  
 یک حرکت عمودی با شتاب ثابت ( $a_y = -g$ )  
 طبق قانون اول نیوتن در جهت افقی نیرویی به آن وارد نمی شود. و دیگری شتابدار در راستای قائم ثقل زمین است. ( $v_y = v_{0y} - gt$ )



پس با توجه به توضیحات بالا، در حرکت پرتابه ها:

$$a_x = 0 \quad , \quad a_y = -g$$

پس معادلات سینماتیک برای حرکت پرتابه :

(1) معادلات سرعت:

a)  $v_{0x} = v_0 \cos\theta$

b)  $v_{0y} = v_0 \sin\theta$

c)  $v_y = v_0 \sin\theta - gt$

(2) معادلات مکان:

d)  $x = v_{0x} \cdot t \rightarrow x = v_0 \cos\theta \cdot t$

e)  $y = y_0 + v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} gt^2 \rightarrow y = y_0 + v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2} gt^2$

f)  $v_y^2 - v_{0y}^2 = -2g(y - y_0) :$

$$v_y = v_0 \sin\theta - gt$$

$$v_{0y} = v_0 \sin\theta$$

(3) معادله ترکیبی:

با جایگزین کردن  $t = \frac{x}{v_0 \cos\theta}$  در معادله e داریم:

g)  $y = (\tan\theta) x - \frac{g}{2 (v_0 \cos\theta)^2} x^2$

(4) معادلات در نقطه اوج:

چون در نقطه اوج  $v_y = 0$  پس داریم:

h) اوج  $t = \frac{v_0 \sin\theta}{g}$  e طبق معادله

i) اوج  $h = \frac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g}$  f طبق معادله

نکته: در نقطه اوج  $v_y = 0$  پس تنها  $v_x$  در نقطه اوج وجود دارد پس سرعت در نقطه اوج برابر است با:

اوج  $v = v_0 \cos\theta$

### برد پرتابه:

طبق معادله  $h$  زمان اوج برابر است با  $\frac{v_0 \sin \theta}{g}$  پس این زمان، زمان نیمی از مسیر است پس زمان

$$T = 2 t_{\text{اوج}} = \frac{2 v_0 \sin \theta}{g}$$

کل مسیر برابر است با:

بنابر این ما زمان پرواز را در معادله  $d$  قرار می دهیم و برد را مناسبه می کنیم:

$$R = v_0 \cos \theta \times \frac{2 v_0 \sin \theta}{g} \Rightarrow R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

$$2 \sin \theta \cdot \cos \theta = \sin 2\theta$$

نکته: اگر دو پرتابه با سرعت یکسان و یکی با زاویه  $\alpha$  و دیگری با زاویه  $\theta$  پرتاب شود زمانی برد آنها برابر

$$\text{است که: } \theta + \alpha = \frac{\pi}{2}$$

نکته: بیشترین برد پرتابه با زاویه  $45^\circ$  می باشد.

$$\text{نکته: } \tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$$

نکته: اگر سه پرتابه را با سرعت های برابر به سه شکل زیر پرتاب کنیم،

بلا فاصله بعد از پرتاب



$$a_A = g + a$$

$$a_B = g - a$$

$$a_C = \sqrt{g^2 + a^2}$$

پس شتاب  $A$  از همه بیشتر است و در مورد برخورد به زمین و زمان پرواز:

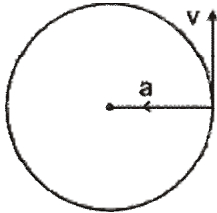
$$v_A = v_B = v_C \quad \text{و} \quad t_A > t_B = t_C$$

نکته: اگر پرتابه در جهت افقی پرتاب شود زاویه پرتاب صفر است و در معادلات  $\sin \alpha = 0$  و

$$\cos \alpha = 1 \text{ می شود.}$$

### حرکت دایره ای یکنواخت:

در حرکت دایره ای یکنواخت شتاب همیشه به مرکزگراییش دارد و سرعت نیز همیشه مماس بر مسیر می باشد پس در یک نقطه شتاب و سرعت بر هم عمودند.



**دوره تناوب:** زمانی که طول می کشد تا زره یک دور کامل بزند.

$$T = \frac{t}{n}$$

زمان  $\rightarrow$   $t$   
تعداد دور  $\rightarrow$   $n$

**سرعت زاویه ای:**

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

**سرعت قطبی:**

$$\vec{v} = r\omega$$

پس اندازه شتاب مرکزگرا برابر است با:

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{r^2 \omega^2}{r} = r\omega^2$$

### پارچوب مربع لفت:

همانطور که قبلا در فصل آکفته شد مکان و یا سرعت هر جسم فقط نسبت به اجسام دیگر معنی دارد. پارچوب مربعی که در آن قانون اول صلاق باشد پارچوب مربع لفت نامیده می شود. در پارچوب مربع لفت جسمی که تحت اثر هیچ نیروی نباشد یا برآیند نیروها بر روی جسم صفر باشد یا ساکن می ماند یا با سرعت ثابت حرکت می کند.

هر پارچوبی که نسبت به یک پارچوب لفت با سرعت ثابت حرکت کند خودش هم یک پارچوب لفت است. اگر شتاب زره ای در یک پارچوب لفت صفر باشد در تمام پارچوبهای دیگر نیز شتابش صفر است.

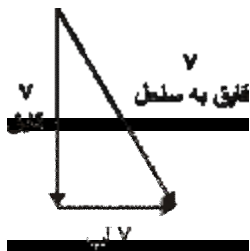
### سرعت نسبی:

گاهی لازم است حرکت جسمی را نسبت به جسم دیگر که فودش هم نسبت به زمین در حرکت است، بررسی کنیم.

به طور مثال اتومبیلی با سرعت  $35 \frac{m}{s}$  به دنبال اتومبیلی که با سرعت  $30 \frac{m}{s}$  در یک جهت در حرکت هستند، از دیدگاه مسافر اتومبیلی که در حال حرکت با  $30 \frac{m}{s}$  است اتومبیل اول با سرعت  $5 \frac{m}{s}$  حرکت می کند.

**مثال:** یک قایق موتوری عرض رودخانه ای را طی می کند. آب با سرعت  $5 \frac{m}{s}$  به طرف شرق جریان دارد و سرعت قایق نسبت به آب  $10 \frac{m}{s}$  است و قایق را در طول مسیر به سمت ساحل نگه می دارد. سرعت قایق نسبت به ساحل چقدر است؟

**حل:** آب با سرعت  $5 \frac{m}{s}$  به سمت شرق در حرکت است و قایق با سرعت  $10 \frac{m}{s}$  نسبت به آب در حرکت است. پس:



$$\text{[Blacked out]} = \sqrt{10^2 + 5^2} = 11 / 2$$

پایان فصل چهارم