

فیزیک مکانیک

فصل چهارم: حرکت در دو و سه بعد

حسین شناور

گروه فیزیک، دانشکده علوم



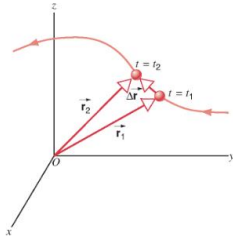
دانشگاه هرمزگان

- این مجموعه درس در ایام همه گیری کرونا در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۹ و با سرعتی بیش از حد معمول تهیه شده است؛ بنابراین، امکان وجود اشتباهات در این ارائه وجود دارد.
 - خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی را به آدرس ایمیل من ارسال کنید تا در ویرایش های بعدی تصحیحات لازم اعمال شوند:
- h.shenavar@gmail.com
- از همکاران محترم در دانشگاه صنعتی قوچان که، با تلاش بسیار، امکان ارائه آنلاین این مجموعه درس را فراهم آورده اند، سپاسگزارم.

فصل چهارم: حرکت در دو و سه بعد

- حرکت دایره ای با تندى ثابت
- حرکت نسبى و دستگاه هاى لخت

آنچه گذشت...



بردار موقعیت $\vec{r}$ و بردار جابه جایی $\Delta \vec{r}$:

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

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (x_2 - x_1)\hat{i} + (y_2 - y_1)\hat{j} + (z_2 - z_1)\hat{k}$$

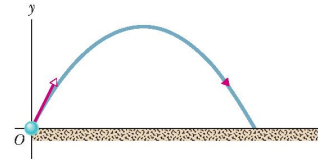
بردار سرعت لحظه ای $\vec{v}$:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \equiv \frac{d}{dt} \vec{r}(t) = \frac{dx(t)}{dt} \hat{i} + \frac{dy(t)}{dt} \hat{j} + \frac{dz(t)}{dt} \hat{k}$$

بردار شتاب لحظه ای $\vec{a}$:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \equiv \frac{d}{dt} \vec{v}(t) = \frac{dv_x(t)}{dt} \hat{i} + \frac{dv_y(t)}{dt} \hat{j} + \frac{dv_z(t)}{dt} \hat{k}$$

روابط اساسی حرکت پرتابی:



$$v_y(t) = -gt + v_0 \sin \phi_0$$

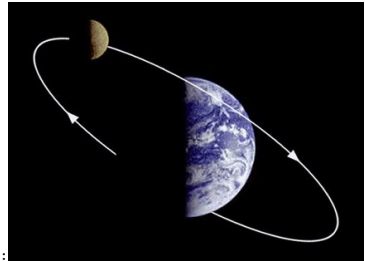
$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t \sin \phi_0 + y_0$$

$$v_x(t) = v_0 \cos \phi_0$$

$$x(t) = v_0 t \cos \phi_0 + x_0$$

شکل ها از مبانی فیزیک هالیدی، ویرایش دهم.

چند فیلم از حرکت دایره ای را ببینید.

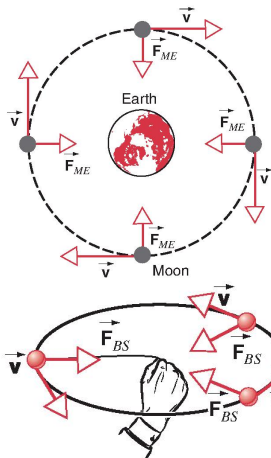


<https://freefallandcircularmotionreview.weebly.com/>

wisegeek

onlinehomework.zohosites and

ویژگی های اصلی حرکت دایره ای با تندى ثابت



شکل ها از فیزیک هالیدی،
ویرایش پنجم.

بسیاری از حرکت های روزمره (مخصوصاً در آزمایشگاه و صنعت) با تقریب خوبی به صورت دایره ای با تندى ثابت انجام می شوند. این یکی دیگر از مثال های حرکت در صفحه است. در این حرکت:

جهت بردار سرعت تغییر می کند (شکل ها را ببینید) ولی اندازه بردار سرعت ثابت است؛ یعنی $|\vec{v}| = cte$

اگر حرکت مذکور بر روی دایره ای به شعاع r و دوره تناوب T انجام پذیرد، آنگاه اندازه سرعت لحظه ای در هر نقطه از مسیر حرکت برابر است با (چرا؟):

$$|\vec{v}| = v = \frac{2\pi r}{T}$$

همچنین، اندازه شتاب مرکزگرا در حرکت دایره ای با تندى ثابت برابر است با:

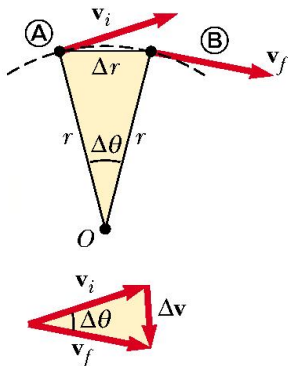
$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

جهت شتاب مرکزگرا تغییر می کند و همیشه به سمت مرکز دایره است. شکل ها را ببینید. شتاب مماسی در این نوع حرکت برابر صفر است. درباره تفاوت شتاب شعاعی (مرکزگرا) و مماسی در ادامه صحبت خواهیم کرد.

حاصلضرب جرم جسم در شتاب مرکزگرای آن را نیروی مرکزگرا می نامند ($m a_r$). هر نیروی جانب مرکزی می تواند باعث شتاب مرکزگرا شود. مثلاً گرانش نیوتنی بین دو جرم، نیروی جاذبه بین الکترون و پروتون، نیروی کشش نخ و ...

از طرف دیگر، چیزی به نام نیروی مرکزگریز (و یا گریز از مرکز) وجود ندارد! این کمیت ها در اثر استفاده از دستگاه های نالخت ظاهر می شوند و بهتر است نیروی مجازی خوانده شوند. بحث حرکت نسبى را ببینید.

اندازه شتاب مرکزگرا- اثبات اول



از تعريف شتاب متوسط داریم:

$$\vec{a}_{avg} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i}$$

از اینجا واضح است که جهت بردار شتاب به سمت مرکز است (شتاب مرکزگرا)؛ همچنین، دقت کنید که این شتاب در اثر تغییر در جهت بردار سرعت به وجود می آید و نه تغییر در اندازه بردار سرعت.

از تشابه دو مثلث در شکل روبه رو داریم:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta r}{r}$$

بنابراین، اندازه بردار شتاب متوسط به صورت زیر به دست می آید:

$$a_{avg} = \frac{v}{r} \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

در حالت حدی که بازه زمانی بسیار کوچک باشد، یعنی $\Delta t \rightarrow 0$ ، داریم $\Delta r / \Delta t = v$. بنابراین شتاب لحظه ای برابر است با:

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

شعاعی: $r : radial$

شکل ها از فیزیک هالیدی، ویرایش پنجم.

اندازه شتاب مرکزگرا- اثبات دوم

این بار شتاب را به صورت دقیق و با مشتق گیری زمانی از بردار سرعت لحظه ای به دست می آوریم:

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} = v (-\sin \theta) \hat{i} + v (\cos \theta) \hat{j} = v \left(-\frac{y}{r} \hat{i} + \frac{x}{r} \hat{j} \right)$$

حال می خواهیم مشتق بردار سرعت را محاسبه کنیم (فراموش نکنیم که اندازه سرعت v و شعاع دایره r ثابت هستند و نسبت به زمان تغییر نمی کنند):

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt} \left[v \left(-\frac{y}{r} \hat{i} + \frac{x}{r} \hat{j} \right) \right] = \frac{v}{r} \left(-\frac{dy}{dt} \hat{i} + \frac{dx}{dt} \hat{j} \right)$$

$$= \frac{v}{r} (-v_y \hat{i} + v_x \hat{j}) = \frac{v^2}{r} (-\cos \theta \hat{i} - \sin \theta \hat{j})$$

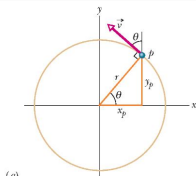
زیرا (گام آخر): $v_x = -v \sin \theta$ و $v_y = v \cos \theta$.

همچنین با توجه به اینکه $\vec{r} = \cos \theta \hat{i} + \sin \theta \hat{j}$ به این نتیجه می رسیم که بردار شتاب در جهت عکس بردار موقعیت می باشد. شکل را نیز ببینید.

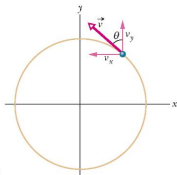
اندازه بردار شتاب مرکزگرا برابر است با:

$$a_r = |\vec{a}_r| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \frac{v^2}{r} \sqrt{\cos^2 \theta + \sin^2 \theta} = \frac{v^2}{r}$$

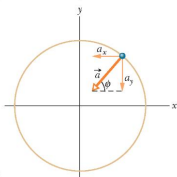
شکل ها از مبانی فیزیک هالیدی، ویرایش دهم.



(a)



(b)



(c)

تمرین

مثال: مکان ذره ای بر روی یک دایره به شعاع r در هر لحظه از زمان، توسط بردار

$$\vec{r}(t) = r \left(\sin(\omega t) \hat{i} + \cos(\omega t) \hat{j} \right)$$

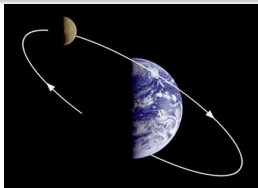
توصیف می شود که در آن $\omega = 2\pi/T$ یک عدد ثابت به نام سرعت زاویه ای است (فصل دهم را ببینید) و T دوره حرکت است .

الف) بردار سرعت ذره در هر لحظه از زمان را بیابید.

ب) بردار شتاب ذره در هر لحظه از زمان را بیابید.

پ) چه رابطه بین بردارهای شتاب و موقعیت وجود دارد؟

یک مثال مهم برای بحث های آینده

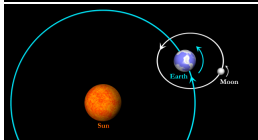


الف) شتاب حرکت ماه به دور زمین، ب) زمین به دور خورشید و پ) خورشید به دور مرکز کهکشان را بیابید.

الف) شتاب مرکزگرای حرکت ماه به دور زمین (اندیس M به ماه اشاره دارد):

$$a_M = \frac{v_M^2}{r_E} = \frac{\left(\frac{2\pi r_M}{T_M}\right)^2}{r_M} = 4\pi^2 \frac{r_M}{T_M^2} = 4\pi^2 \frac{3.82 \times 10^8 \text{ m}}{(27.3 \text{ days})^2} = 2.7 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

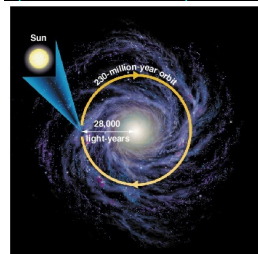
از اینجا می توان جرم زمین را به دست آورد. چطور؟



ب) شتاب مرکزگرای حرکت زمین به دور خورشید (اندیس E به زمین اشاره دارد):

$$a_E = \frac{v_E^2}{r_E} = \frac{\left(\frac{2\pi r_E}{T_E}\right)^2}{r_E} = 4\pi^2 \frac{r_E}{T_E^2} = 4\pi^2 \frac{1.5 \times 10^{11} \text{ m}}{(1 \text{ year})^2} = 6 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

از اینجا می توان جرم خورشید را به دست آورد. چطور؟



پ) شتاب مرکزگرای حرکت خورشید به دور کهکشان (اندیس S به خورشید اشاره دارد):

$$a_S = \frac{v_S^2}{r_S} = \frac{(230 \text{ km/s})^2}{2.2 \times 10^{17} \text{ m}} = 2.4 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$$

از اینجا می توان جرم کهکشان را تخمین زد. چطور؟

شکل ها از نت.

شتاب مماسی a_t و شتاب شعاعی (مرکزگرا) a_r

شتاب هر حرکت دو بعدی را می توان به دو مولفه مرکزگرا a_r (شتاب شعاعی radial) و مماسی a_t (tangential) تجزیه کرد:

$$\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_t$$

شکل بالا را ببینید.

شتاب مرکزگرا، تغییر در جهت بردار سرعت را توصیف می کند:

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

شتاب مرکزگرا a_r بر جهت حرکت عمود است.

شتاب مماسی، تغییر در اندازه بردار سرعت را توصیف می کند:

$$a_t = \frac{d|v|}{dt}$$

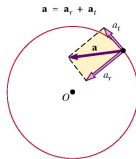
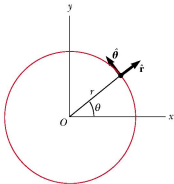
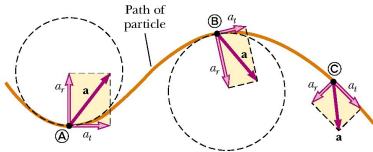
شتاب مماسی a_t در جهت حرکت است.

نوشتن شتاب ها در دستگاه مختصات قطبی (با استفاده از بردارهای یکه قطبی):

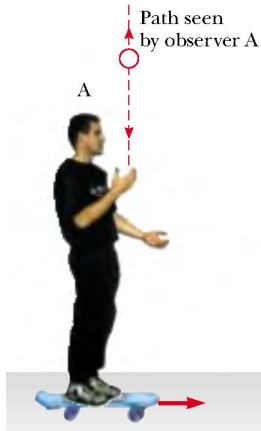
$$\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_t = -\frac{v^2}{r} \hat{r} + \frac{d|v|}{dt} \hat{\theta}$$

شکل پایین را ببینید.

شکل ها از مبانی فیزیک هالیدی، ویرایش هشتم.



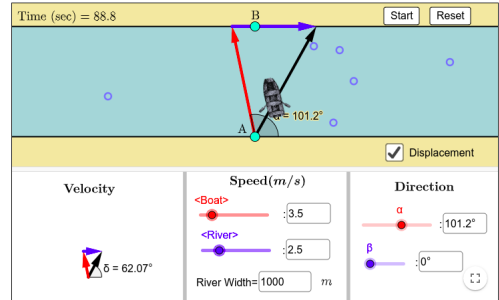
سوال: یک حرکت مشخص نسبت به ناظرهاى مختلف چطور توصیف مى شود؟



شکل از مبانی فیزیک هالیدی، ویرایش هشتم.

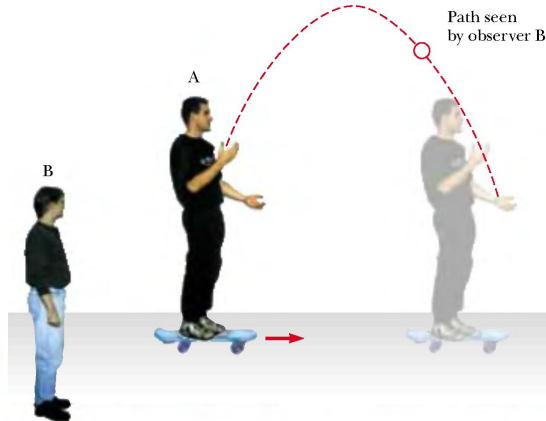
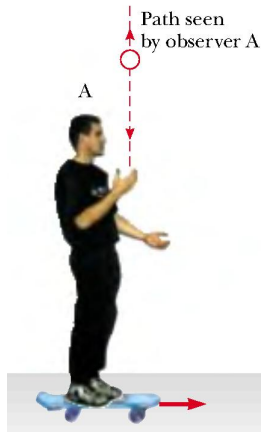
geogebra.org/m/kmsTyU2S

Gebra



برای فهم بهتر حرکت نسبى، مى توانید به بازی آنلاین
<https://www.geogebra.org/m/kmsTyU2S>
مراجعه کنید.

سوال: یک حرکت مشخص نسبت به ناظرهای مختلف چطور توصیف می شود؟

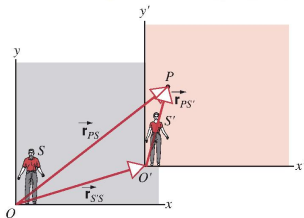
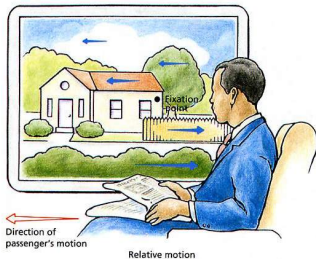


● شکل از مبانی فیزیک هالیدی، ویرایش هشتم

● ایده گالیه-نیوتن: معادلات فیزیک باید در همه دستگاه های لخت شکل یکسانی داشته باشند.

● ایده اینشتین: معادلات فیزیک باید در همه دستگاه ها شکل یکسانی داشته باشند.

سینماتیک حرکت نسبی



سوالی که می‌خواهیم به آن پاسخ دهیم این است که موقعیت، سرعت و شتاب در دستگاه های مختلف چگونه به هم ارتباط دارند؟

موقعیت ذره P در دستگاه S را می‌توان با استفاده از رابطه زیر به موقعیت این ذره در دستگاه S' مربوط کرد:

$$\vec{r}_{PS} = \vec{r}_{PS'} + \vec{r}_{S'S}$$

یعنی مکان ذره P در دستگاه S برابر است با مکان این ذره در دستگاه S' به علاوه مکان دستگاه S' نسبت به دستگاه S .

اگر آهنگ تغییر در بردارهای موقعیت در رابطه قبل را پیدا کنیم؛ آنگاه می‌توانیم رابطه بین سرعت ذره در هر دستگاه را بیابیم:

$$\frac{d}{dt} \vec{r}_{PS} = \frac{d}{dt} (\vec{r}_{PS'} + \vec{r}_{S'S}) \Rightarrow \vec{v}_{PS} = \vec{v}_{PS'} + \vec{v}_{S'S}$$

یعنی سرعت ذره P در دستگاه S برابر است با سرعت این ذره در دستگاه S' به علاوه سرعت دستگاه S' نسبت به دستگاه S .

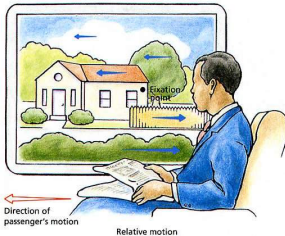
و در انتها می‌توانیم رابطه بین شتاب ذره در هر دستگاه را بیابیم:

$$\frac{d}{dt} \vec{v}_{PS} = \frac{d}{dt} (\vec{v}_{PS'} + \vec{v}_{S'S}) \Rightarrow \vec{a}_{PS} = \vec{a}_{PS'} + \vec{a}_{S'S}$$

یعنی شتاب ذره P در دستگاه S برابر است با شتاب این ذره در دستگاه S' به علاوه شتاب دستگاه S' نسبت به دستگاه S .

شکل بالا از *rhsmphysiology* و شکل پایین از فیزیک هالیدی، ویرایش پنجم.

دستگاه های لخت



اگر دو دستگاه S و S' با سرعت ثابتی نسبت به هم حرکتی کنند، یعنی $\vec{a}_{S'S} = \vec{0}$ ، آنگاه:

$$\vec{a}_{S'S} = \vec{0} \Rightarrow \vec{a}_{PS} = \vec{a}_{PS'}$$

یعنی شتاب های اندازه گیری شده توسط هر دو ناظر S و S' برابر خواهند بود. بنابراین، اگر یکی از این ناظرها دستگاه لخت محسوب شود، ناظر دیگر نیز دستگاه لخت خواهد بود. پس با شناخت یک دستگاه لخت می توان دستگاه های لخت دیگر را نیز شناسایی کرد.

دستگاه لخت دستگاهی است که قانون اول نیوتن در آن صادق باشد. یعنی اگر نیرویی به جسم وارد نشود، جسم حالت حرکت خود را حفظ کند.

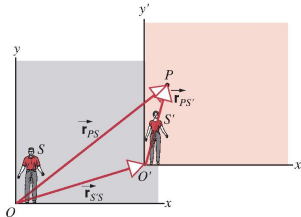
مثلا ماشینی که در $U - turn$ مشغول چرخیدن است، مطمئنا دستگاه لخت محسوب نمی شود زیرا بدون اینکه نیرویی به فرد درون ماشین وارد شود، فرد شتاب احساس می کند.

اهمیت دستگاه های لخت: معادلات فیزیک نیوتنی در دستگاه های لخت شکل یکسانی دارند.

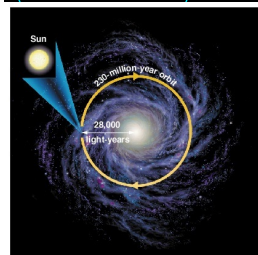
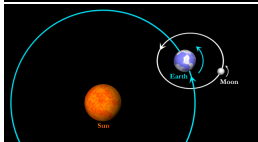
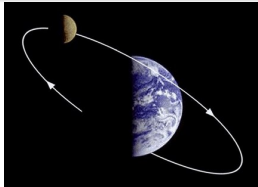
اگر سعی کنیم که مکانیک مورد نظر خود را در دستگاهی غیر لخت بنویسیم، آنگاه جملاتی از جنس $m\vec{a}_{S'S}$ در معادلات ظاهر می شوند. این جملات را اصطلاحا نیروهای مجازی می نامند (مثل نیروی مرکزگریز، نیروی کوریولی و ...). نکته مهم این است که اینها نیرو نیستند (یعنی ربطی به برهمکنش جسم با محیط اطراف ندارند) بلکه به دلیل لخت بودن دستگاه انتخابی ما ظاهر شده اند.

هیچ دستگاه دقیقا لختی وجود ندارد؛ همه دستگاه های لخت با تقریب مناسب مساله لخت محسوب می شوند (اسلاید بعد را ببینید).

شکل بالا از *rhsmpsychology* و شکل پایین از فیزیک هالیدی، ویرایش پنجم.



چطور دستگاه لخت را انتخاب کنیم؟



اگر بخواهیم حرکت پرتابی روی زمین را بررسی کنیم (برای پرتابه های کوتاه برد)، آنگاه زمین با تقریب خوبی یک سیستم لخت محسوب می شود. زیرا شتاب حرکت زمین به دور خورشید و شتاب حرکت خورشید به دور مرکز کهکشان در مقابل شتاب $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ بسیار کوچک هستند.

ولی اگر بخواهیم حرکت ماه به دور زمین را بررسی کنیم، زمین نمیتواند دستگاه لخت محسوب شود زیرا شتاب حرکت زمین به دور خورشید کاملاً با شتاب حرکت ماه به دور زمین قابل مقایسه است. در این حالت دستگاه متصل به خورشید دستگاه لخت مناسبی است زیرا شتاب حرکت خورشید به دور کهکشان نسبت به شتاب های مساله ما بسیار کوچکند.

برای مساله GPS حتی دستگاه متصل به خورشید هم دستگاه مناسبی نیست زیرا اندکی نالختی دستگاه متصل به خورشید، دقت کمیت های اندازه گیری شده را تحت تاثیر قرار میدهد. راه حل $\Leftarrow$ دستگاه متصل به ستاره های دور دست.

برای پرتابه های بلند برد، مثل موشک های بالستیک، نیز دستگاه مختصات متصل به زمین نمی تواند لخت فرض شود (بیشتر به دلیل دوران زمین به دور محور خودش).

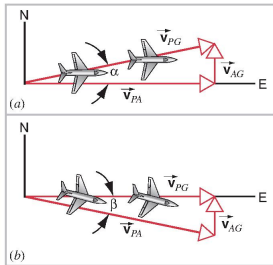
نتیجه گیری: دستگاه لخت ایده آل وجود ندارد. دستگاه لخت مناسب مساله را باید با توجه به شتاب های نوعی دخیل در مساله تعریف کرد.

تمرین: مقدار شتاب حاصل از دوران زمین به دور محور خود را به دست آورید. چه زمانی این شتاب می تواند مهم باشد؟

پرشش (برای پیگیری شخصی شما، در صورت تمایل): ما فقط حرکت خطی دستگاه ها نسبت به یکدیگر را در نظر گرفتیم. اگر دستگاه ها نسبت به هم دوران کنند (در این صورت یکی از آنها حتماً لخت نیست) چه اتفاقی می افتد؟

شکل ها از نت.

مثال از حرکت نسبی



قطب نمای درون یک هواپیما نشان می دهد که هواپیما به سمت شرق درحال حرکت است. سرعت هواپیما نسبت به هوا برابر 215 km/h می باشد. باد از جنوب به سمت شمال با سرعت 65 km/h درحال وزیدن است. الف) در این حالت سرعت هواپیما نسبت به زمین چقدر است و این بردار سرعت در کدام جهت قرار دارد؟ ب) اگر خلبان بخواهد به سمت شرق حرکت کند، باید به کدام جهت پرواز کند؟

الف) از شکل مقابل واضح است که $\vec{v}_{PG} = \vec{v}_{PA} + \vec{v}_{AG}$ که در آن بردارهای $\vec{v}_{PG}$ ، $\vec{v}_{AG}$ و $\vec{v}_{PA}$ به ترتیب سرعت هواپیما نسبت به زمین، سرعت هواپیما نسبت به هوا و سرعت هوا نسبت به زمین هستند. اندازه سرعت را می توان با استفاده از قضیه فیثاغورس به صورت زیر به دست آورد:

$$|\vec{v}_{PG}| = \sqrt{\vec{v}_{PA}^2 + \vec{v}_{AG}^2} = \sqrt{(215 \text{ km/h})^2 + (65 \text{ km/h})^2} = 225 \text{ km/h}$$

جهت $\vec{v}_{PG}$ نسبت به شرق:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{v_{AG}}{v_{PA}} = \tan^{-1} \frac{65 \text{ km/h}}{215 \text{ km/h}} = 16.8^\circ$$

G : Ground
A : Air
P : Plane

در این حالت، سرعت هواپیما نسبت به زمین برابر است با:

$$|\vec{v}_{PG}| = \sqrt{\vec{v}_{PA}^2 - \vec{v}_{AG}^2} = \sqrt{(215 \text{ km/h})^2 - (65 \text{ km/h})^2} = 205 \text{ km/h}$$

شکل از فیزیک هالیدی، ویرایش پنجم.

بنابراین خلبان باید با زاویه β در جهت جنوب نسبت به شرق پرواز کند.

$$\beta = \sin^{-1} \frac{v_{AG}}{v_{PA}} = \sin^{-1} \frac{65 \text{ km/h}}{215 \text{ km/h}} = 17.6^\circ$$

نکات مهم این درس

انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید نکات اساسی حرکت دایره ای با تندى ثابت و همچنین حرکت نسبى را بیان کنید. برای اینکار لازم است بتوانید به سوال های زیر پاسخ دهید:

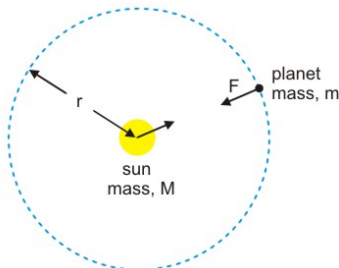
- ۱ چند نوع حرکت دایره ای را نام ببرید.
- ۲ سرعت در حرکت دایره ای را چطور می توان با استفاده از شعاع و دوره تناوب به دست آورد؟
- ۳ اندازه شتاب مرکزگرا را بنویسید و جهت آن را توضیح دهید.
- ۴ شتاب مرکزگرا و شتاب مماسی هرکدام به چه دلیلی به وجود می آیند؟
- ۵ موقعیت، سرعت و شتاب در دستگاه های مختلف چطور به هم ارتباط دارند؟
- ۶ دستگاه های لخت چه نوع دستگاهی هستند؟
- ۷ چطور دستگاه مختصات لخت را انتخاب می کنیم؟
- ۸ اهمیت دستگاه های لخت در چیست؟ به بیان دیگر، اگر مکانیک را در دستگاه های لخت ننویسیم چه اتفاقی رخ می دهد؟

اگر درباره هرکدام از مفاهیم یاد شده بالا مشکلی احساس می کنید، لطفا درس را یک بار دیگر مرور کنید.

فراموش نکنیم که بهترین راه برای درک و ”درونی سازی“ مفاهیم ریاضی و فیزیک، حل مساله است. به همین دلیل سعی کنید دانسته های خود را با حل سوالات زیر محک زده و تقویت کنید.



تمرین



مقادیر جدول از نوشته های کپلر (سال ۱۶۱۸ میلادی) استخراج شده اند. از نتیجه قسمت (ب) می توان جرم خورشید را پیدا کرد.

Planet	r (AU)	T (day)	$\frac{r^3}{T^2} (10^6 \frac{AU^3}{day^2})$
Mercury	0.389	87.77	7.64
Venus	0.724	224.70	7.52
Earth	1	365.25	7.50
Mars	1.524	686.95	7.50
Jupiter	5.2	4332.62	7.49
Saturn	9.510	10759.2	7.43

حرکت دایره ای یکنواخت:

سیاره ای به جرم m با سرعت یکنواخت v در حال دوران به دور خورشید به جرم M می باشد. شتاب جانب مرکز این دوران برابر

$$a = \frac{v^2}{r} \text{ و نیروی گرانش برابر } F = \frac{GMm}{r^2} \text{ می باشد.}$$

شعاع دوران سیاره r ، سرعت آن v و دوره تناوب آن T می باشد. (الف) رابطه بین v و T و r را بنویسید.

(ب) با استفاده از قانون دوم نیوتن ($F = ma$) مقدار کسر

$$\frac{r^3}{T^2} \text{ را بر حسب } G \text{ و } M \text{ بیابید.}$$

اطلاعات عمومی: این نتیجه را قانون سوم کپلر می نامند. بنا به این قانون، همانطور که در ستون چهارم جدول زیر می بینید، مقدار

$$\frac{r^3}{T^2} \text{ برای تمام سیارات منظومه شمسی تقریباً ثابت است.}$$

مزه ای از نسبیت

● خلبانی قرار است که به شرق پرواز کند، از نقطه A به B ، و بعد دوباره به غرب و نقطه A بازگردد. سرعت هواپیما نسبت به باد برابر $\vec{v}$ و سرعت باد نسبت به زمین برابر $\vec{u}$ می باشد. فاصله بین نقاط A و B برابر l و سرعت هواپیما نسبت به هوا ثابت است.

● الف) اگر سرعت هوا نسبت به زمین صفر باشد، یعنی $|\vec{u}| = 0$ ، نشان دهید که زمان رفت و برگشت برابر $t_0 = 2l/v$ می باشد.

● ب) فرض کنید که باد به سمت شرق (و یا غرب) می وزد. نشان دهید که زمان رفت و برگشت برابر

$$t_E = \frac{t_0}{1 - u^2/v^2}$$

● پ) فرض کنید که سرعت باد به سمت شمال و یا جنوب می باشد. نشان دهید که زمان رفت و برگشت برابر است با

$$t_E = \frac{t_0}{\sqrt{1 - u^2/v^2}}$$

تمرین

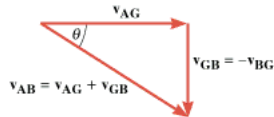
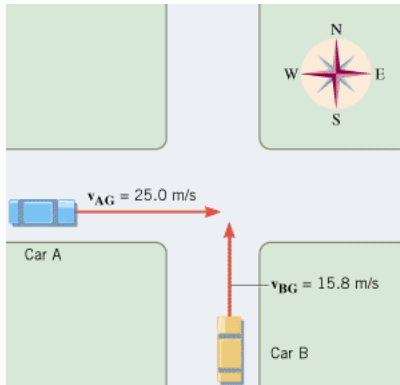
سرعت هر کدام از ماشین های A و B نسبت به زمین در شکل معلوم شده است.

الف) سرعت ماشین A نسبت به ماشین B را بیابید. زاویه θ چقدر است؟

ب) سرعت ماشین B نسبت به ماشین A را بیابید.

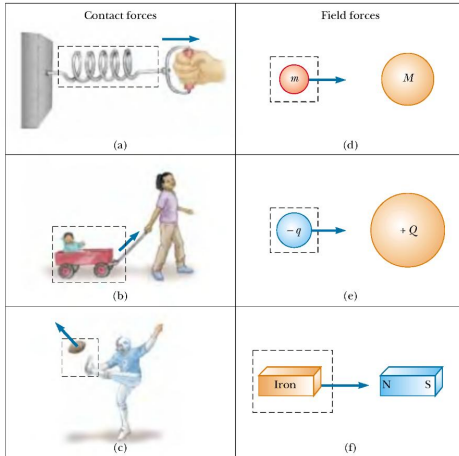
پ) سرعت های پیدا شده در جواب های الف و ب با هم چه ارتباطی دارند؟

شکل از <https://webassign.net/>



(b)

مبحث بعدی: نیروها و قوانین نیوتن



نیرو، عامل حرکت: در دو فصل بعد قوانین نیوتن (سه قانون حرکت) را فرا خواهیم گرفت. همچنین، خواهیم فهمید که برای استفاده از قوانین حرکت، باید نیروها را بشناسیم و بنابراین برهمکنش طبیعت با جسم مورد نظر خود را با یکسری قوانین تجربی (قوانین نیرو) توصیف خواهیم کرد. شکل از مبانی فیزیک، ویرایش هشتم.

مراجع

- ❶ Halliday, David, Robert Resnick, and Jearl Walker; Fundamentals of physics, 10th edn. John Wiley & Sons, 2014.
- ❷ Halliday, D., R. Resnick, and K. S. Krane. "Physics, 5th edn." (2002).
- ❸ Ohanian, Hans C., and John T. Markert. Physics for engineers and scientists, 3th edn. 2007.
- ❹ Young, Hugh D., Roger A. Freedman, and Albert Lewis Ford. Sears and Zeman-sky's university physics, 13th edn. Pearson education, 2006.

کلاس های دیگر فیزیک مکانیک

کلاس های درس فیزیک یک دانشگاه صنعتی شریف (مثلا کلاس درس دکتر محمد رضا اجتهادی و یا دکتر محمود بهمن آبادی) را می توانید از مرکز آموزش های الکترونیک دانشگاه صنعتی شریف (و یا حتی از سایت مکتب خونه) دریافت کنید.
<http://ocw.sharif.edu/>

کلاس درس دکتر والتر لوین از دانشگاه MIT در مرکز آموزش های الکترونیک این دانشگاه و یوتیوب:
<https://ocw.mit.edu/index.htm>
<https://www.youtube.com/watch?v=X9c0MRooBzQ>

The screenshot shows the MIT OpenCourseWare website in Persian. The header includes the MIT logo and navigation links. A search bar is present. Below, there's a list of courses under the heading 'فصل های آموزشی' (Educational Chapters). The list includes courses like '9.01: Classical Mechanics', '9.02: Quantum Physics', etc., each with a brief description and a link to the course page.

The screenshot shows a YouTube video player. The video is titled 'Lec 01: Units, Dimensions, and Scaling Arguments | 8.01 Classical Mechanics (Walter Lewin)'. The video shows a man in a blue shirt standing in front of a blackboard, gesturing while speaking. The video player interface includes a progress bar, volume control, and other standard YouTube controls.

The screenshot shows a website with a portrait of a man in a blue shirt. Below the portrait is a map of a campus, likely Sharif University of Technology, with various buildings and landmarks labeled. The website appears to be related to the university or a specific department.

با سپاس از توجه شما