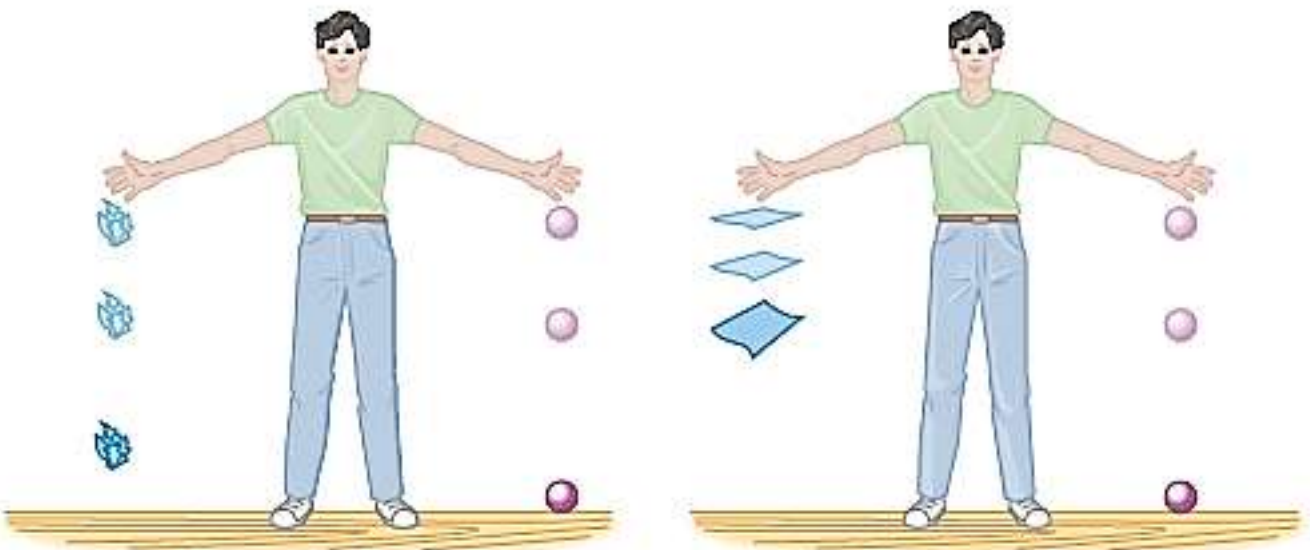
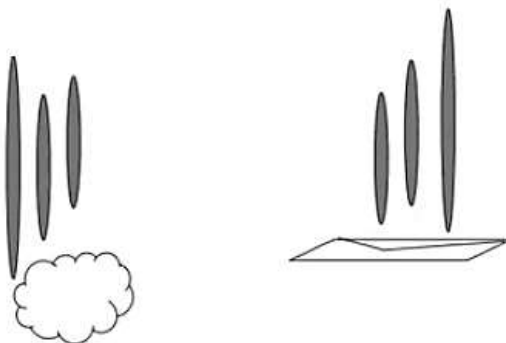


به غیر از نیروی جاذبه زمین نیروهای دیگری نیز به جسم یا فرد در حال سقوط وارد می شود که مهمترین آن نیروی مقاومت شاره (هوا) می باشد که در این مطلب می خواهیم آنرا بررسی کرده و بگوییم این نیرو به چه عواملی بستگی دارد.

یک آزمایش انجام دهید. اول دو توپ را از ارتفاع یکسان رها کنید. می بینیم که همزمان به زمین می رسند. حالا دو کاغذ را در دو دست بگیرید و در ارتفاع یکسان رها کنید. کدام یک زودتر به زمین میرسد؟



این بار یکی از کاغذها را مچاله کنید و به شکل توپ در آورید. جرم کاغذ گلوله شده و کاغذ صاف یکسان است. دوباره آنها را از ارتفاع یکسان رها کنید. این بار کدام یک زودتر به زمین می رسند؟ چرا؟ فرق این آزمایش با آزمایش قبل فقط در این بود که شکل اجسام فرق کرده بود و سطح تماس یکی کمتر از دیگری شده بود. اما بر خلاف حالت قبل که هر دو کاغذ همزمان به زمین رسیده بودند، این بار می بینیم که کاغذ گلوله شده زودتر به زمین میرسد. پس متوجه می شویم که به این کاغذها نیرویی علاوه بر گرانش وارد می شود که به سطح تماس بستگی دارد. پس این نیرو از طرف چیزی است که در تماس با جرم در حال سقوط است یعنی هوا.



به این نیرو مقاومت شاره می گویند. یعنی هر جسمی در یک شاره (مایعات و گازها) حرکت کند، یک نیروی مقاومتی به آن وارد می شود که بستگی به سرعت حرکت جسم، سطح جسم و... دارد. این نیرو را با F_D نشان می دهند. اگر جسم در هوا حرکت کند، نیروی وارد بر آن مقاومت هوا است. هر چه سرعت حرکت جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره وارد بر آن نیز بیشتر می شود. اگر دست خود را در حال حرکت از ماشین بیرون بیاورید، متوجه می شوید که با تغییر سرعت نیرویی که به دستتان وارد می شود، تغییر می کند.



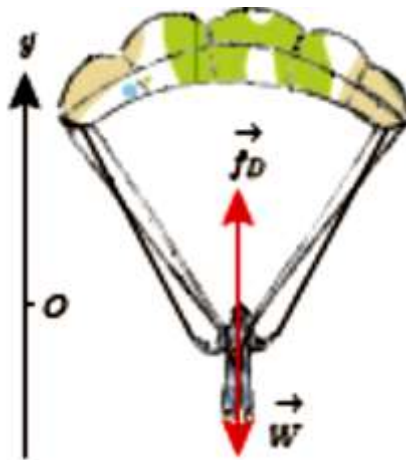
مثال 1: چتر بازی در هوای آزاد و در امتداد قائم در حال سقوط است. با رسم شکل نیروهای وارد بر چتر باز را مشخص کرده و تعیین کنید واکنش هر یک از این نیروها به چه جسمی وارد می شود؟

حل مسئله:



مولکولهای هوا به چتر در حال سقوط در مخالفت با حرکت چتر نیرو وارد می کنند که به این نیرو مقاومت هوا می گویند بنابراین عکس العمل این نیرو به خود مولکولها وارد می شود. زمین به چتر باز نیروی وزن وارد می کند. بنابراین عکس العمل این نیرو به مرکز زمین وارد می شود.

مثال 2: چتر بازی به جرم 60kg مدتی پس از یک پرش آزاد چترش را باز می کند. ناگهان نیروی مقاومت هوا به 1140N افزایش می یابد. شتاب چتر باز را در این لحظه به دست آورید و حرکت آن را تحلیل کنید. ($g=10\text{N/Kg}$)



حل مسئله:

ابتدا مطابق شکل نیروهای وارد به چتر باز را می کشیم که نیروی وزن و مقاومت هوا است. محور مختصات را رو به بالا انتخاب می کنیم و قانون دوم نیوتون را می نویسیم:

$$f_D - W = ma \rightarrow f_D - mg = ma \rightarrow$$

$$1140\text{N} - 60\text{kg} * \frac{10\text{N}}{\text{kg}} = 540\text{N} = 60\text{kg} * a \rightarrow$$

$$a = 9\text{m/s}^2$$

شتاب حرکت چتر باز 9 متر بر مربع ثانیه و رو به بالا است. یعنی سرعت چتر باز به تدریج کم می شود. با کم شدن سرعت نیروی مقاومت هوا هم کم می شود تا این که نیروی مقاومت هوا با نیروی وزن چتر باز برابر می شود و نیروی خالص وارد بر چتر باز صفر می شود و با سرعت ثابت پایین می آید. به این سرعت ثابت، **سرعت حدی** می گویند. که برای چتر باز 5 متر بر ثانیه و برای قطره باران 7 متر بر ثانیه است.

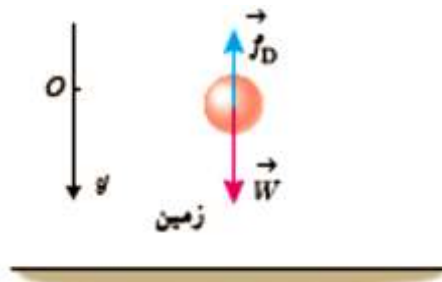
مثال 3:

دو گوی هم اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است ($m_2=2m_1$) از بالای برجی به ارتفاع h به طور همزمان رها می کنیم.

الف) با فرض اینکه نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی ثابت و یکسان باشد، تندی برخورد کدام گوی با زمین بیشتر است؟

ب) اگر در مثال بالا از مقاومت هوا صرف نظر کنیم سرعت برخورد گوی ها با زمین را با هم مقایسه کنید.

حل مسئله:



الف) نیروهای وارد بر گوی ها نیروی وزن و مقاومت هوا است. جهت مثبت محور را به سمت پایین انتخاب می کنیم و قانون دوم نیوتون را می نویسیم.

$$W - f_D = ma \rightarrow mg - f_D = ma$$

$$a = g - \frac{f_D}{m}$$

چون سطح گوی یکسان است پس نیروی مقاومت هوا یکسان است. بنابر این هرچه مقدار جرم بیشتر باشد عبارت

$$F_D/m \text{ کوچکتر می شود و مقدار شتاب بیشتر می شود. } a_1 < a_2$$

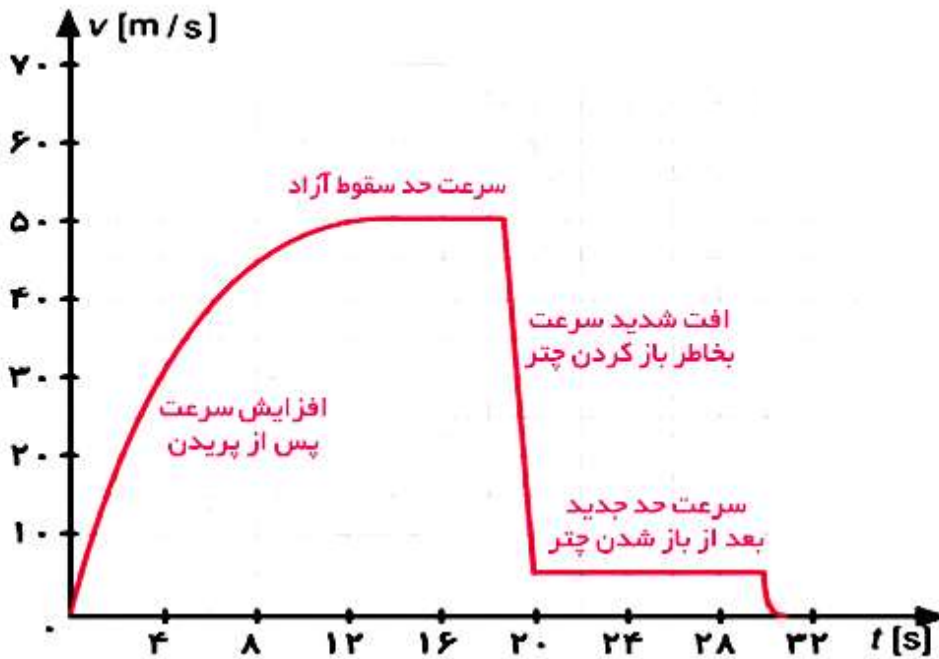
رابطه سرعت - جابجایی را مینویسیم:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta y \rightarrow v^2 - 0 = 2ah \rightarrow v = \sqrt{2ah} \rightarrow$$

$$a_1 < a_2 \rightarrow v_1 < v_2$$

ب) در رابطه بالا مقاومت هوا را برابر صفر قرار می دهیم. بنابر این شتاب هر دو گوی با هم برابر است. بنابر این طبق روابط بالا سرعت هر دو گوی با هم برابر است.

مثال 4: نمودار تندی بر حسب زمان یک چتر باز از ابتدای رها شدن تا به زمین رسیدن را رسم کنید.



توضیح نمودار بالا: ابتدا چتر باز رها می شود، پس تندی آن صفر است و کم کم به تندی آن اضافه می شود. با افزایش تندی چتر باز نیروی مقاومت هوا وارد بر او افزایش می یابد تا در نهایت برابر نیروی وزن چتر باز شود و در نتیجه شتاب حرکت چتر باز صفر می شود. این یعنی چتر باز با یک تندی ثابت به حرکت خود ادامه می دهد که همان تندی حدی چتر باز در حین سقوط (بدون باز کردن چتر) است که معمولا این مقدار 55 متر بر ثانیه است. در لحظه ای که چتر باز چترش را باز می کند، نیروی مقاومت هوا به یکباره افزایش می یابد طوری که این نیرو از وزن چتر باز بیشتر می شود. در نتیجه شتاب کند شونده به چتر باز می دهد و تندی حرکتش را کم می کند. با کاهش تندی، نیروی مقاومت هوا نیز کم می شود تا در نهایت مجددا برابر نیروی وزن شود و شتاب صفر شود. اینبار نیز چتر باز به یک تندی حدی می رسد (با چتر باز) که معمولا در حدود 5 متر بر ثانیه است و با همین تندی به زمین نزدیک می شود تا در نهایت چتر باز به زمین برسد و تندی خودش را به صفر برساند.

جالب است که بدانید گربه ها نیز تا قبل از رسیدن به سرعت حد و تا زمانی که شتاب را حس می کنند خود را جمع می کند اما وقتی حرکتشان بدون شتاب می شود با خیال راحت مثل یک سنجاب دست و پاهای خود را می کشد و

بدن خود را شبیه چتر نجات پهن می کند و با این حرکت سرعت سقوط خود را کمتر می کند و با زاویه ای که به پاهای خود می دهد موقع برخورد با زمین نیرو را به مفاصل خود هدایت می کند و بدین صورت کمترین آسیب را می بیند.



Website: <https://physicfa.ir>

Telegram: <https://t.me/physicfa>