

ادعا: آنچه‌ان که در فیلم نشان داده می‌شود، در دو طرف استوا، آب در جهات مخالف می‌چرخد و پایین می‌رود. یک طرف ساعتگرد و طرف دیگر پادساعتگرد. همچنین این پدیده مشهور را می‌توانید در مثلاً کاسهٔ توالت‌های فرنگی وقتی که سیفون کشیده می‌شود هم مشاهده کنید. در نیمکرهٔ جنوبی و شمالی جهت چرخش آب متفاوت خواهد بود.

مواد مورد نیاز:

(۱) زمین هر ۲۴ ساعت یکبار به دور خود می‌چرخد.

(۲) شعاع زمین حدود ۶۴۰۰ کیلومتر است.

(۳) زمین (تقریباً) کروی شکل است.

طرز تهیهٔ پدیدهٔ کوریولیس:

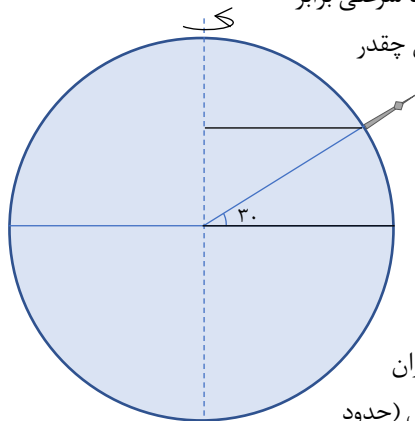
محیط زمین برابر می‌شود با: $2 \times 3.14 \times 6400$ کیلومتر = ۴۰۰۰۰ کیلومتر. یک کلبه که در استوا قرار دارد هر ۲۴ ساعت یکبار این محیط را کامل طی می‌کند. بنابراین سرعت کلبه برابر خواهد بود با ۴۰۰۰۰ کیلومتر تقسیم بر ۲۴ ساعت که می‌شود ۱۷۰۰ کیلومتر بر ساعت، یا معادل ۴۷۰ متر بر ثانیه! سرعت بسیار زیادی است، نه؟ آخر سرعت صوت ۳۳۰ متر بر ثانیه بیشتر نیست! پس سرعت کلبه که ۴۷۰ متر بر ثانیه است، به مقدار خوبی از سرعت صوت بیشتر است. پس اصلاً چطور می‌شود که هیچ اتفاق بدی برای کلبه نمی‌افتد؟ چرا مثلاً کلبه دیوار صوتی را نمی‌شکند یا اینکه کلبه را باد نمی‌برد؟ کمی بیاندیشیم....

احتمالاً به این نتیجه رسیده‌ایم که هوا و سطح زمین و کلبه همه با هم در حرکت هستند و برای همین چون سرعت همه‌شان با یکدیگر برابر (۴۷۰ متر بر ثانیه) است، سرعتشان نسبت به هم صفر خواهد بود و اینطور می‌شود که کلبه را باد نمی‌برد. همین استدلال لابد برای یک متر بالاتر از استوا هم صادق است. فقط در استوا نیست که هوا و سطح زمین با هم حرکت می‌کنند. مثلاً در تهران که خیلی بالاتر از استوا واقع هست نیز دائماً باد شدید (منظور چند صد متر بر ثانیه است) نمی‌وزد و خانه‌ها و آدم‌ها و درختها را باد از جا نمی‌کند. پس هوای تهران نیز با سرعت سطح تهران حرکت می‌کند. اصلاً بیایید ببینیم سرعت حرکت تهران چند متر بر ثانیه است.

زمین یک کره است و تهران در زاویهٔ ۳۵ درجه نسبت به استوای این کره قرار دارد. اگر کلبهٔ استوایی ما روی دایره‌ای به شعاع ۶۴۰۰ کیلومتر می‌چرخد، آنوقت از شکل پایین مشخص است که برج میلاد روی دایره‌ای می‌چرخد که شعاع آن طبیعتاً از شعاع استوا (۶۴۰۰ کیلومتر) کوچکتر

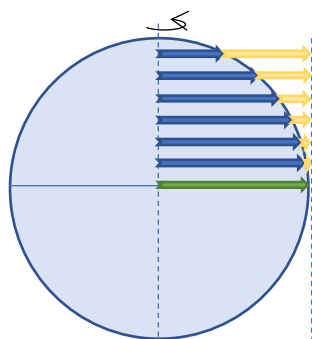
$$\text{و برابر است با: } 6400 \text{ km} \times \cos 30^\circ = 6400 \text{ km} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 5500 \text{ km}$$

پس تهران محیط دایره‌ای به شعاع ۵۵۰۰ کیلومتر را در ۲۴ ساعت طی می‌کند، که معادل است با سرعتی برابر با ۴۱۰ متربرثانیه. خودتان این عدد را به عنوان تمرین محاسبه کنید. سرعت حرکت قطب شمال چقدر است؟



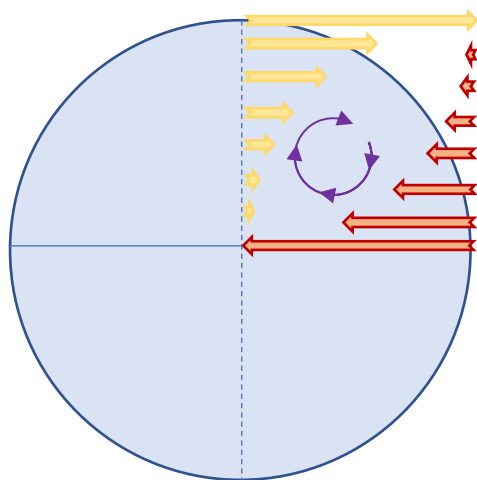
چون هوای تهران همراه تهران حرکت می‌کند و هوای استوا هم همراه استوا حرکت می‌کند، طبیعتاً نتیجه می‌گیریم که سرعت هوای استوا با سرعت هوای تهران متفاوت است. حالا به یک نتیجه مهم می‌رسیم: اگر هوای استوا بخواهد راه بیافتد و بیاید پیش هوای تهران، یک عامل خارجی باید سرعتش را از ۴۷۰ متربرثانیه به ۴۱۰ متربرثانیه کاهش دهد تا به سرعت هوای تهران برسد. اگر چنین عامل خارجی‌ای وجود نداشته باشد چه؟ آنوقت هنگامی که هوای استوا به تهران برسد سرعتش ۶۰ متربرثانیه از سطح تهران بیشتر خواهد بود و تهران یک وزش باد ۶۰ متربرثانیه‌ای (حدود ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت) را تجربه خواهد کرد!

به شکل پایین دقت کنید، پیکانهای آبی نشان می‌دهند که سرعت هوای هر عرض جغرافیایی در حالت حادی چقدر است. پیکانهای زرد نیز نشان می‌دهند که سرعت هوای هر قسمت چقدر با سرعت هوای استوا اختلاف دارد. هر چه از استوا بالاتر برویم این اختلاف بیشتر می‌شود.



پس اگر جریان هوای استوا راه بیافتد به سمت شمال، آنوقت در هر قدم سرعتش نسبت به زمین بیشتر می‌گردد. از دید کسانی که به سطح زمین چسبیده‌اند سرعت این جریان (که از استوا به شمال آمده است) به چه صورت دیده می‌شود؟ خوب به صورت آن پیکانهای زرد رنگ که اختلاف سرعت هوای استوا با سطح زمین هر منطقه را نشان می‌دهند. بد نیست حواسمان باشد که جهت این سرعت از غرب به شرق است. یعنی یک وزش باد غرب به شرقی.

پس از دید ساکنان روی زمین سرعت هوایی که از استوا به سمت شمال می‌رود به شکل پیکانهای زرد شکل زیر دیده می‌شود. همچنین اگر برعکس، هوایی از قطب شمال به سمت جنوب حرکت کند، در واقع در هر قدم بیشتر و بیشتر نسبت به حرکت زمین جا می‌ماند. پس سرعتش نسبت به زمین برعکس قبلی است. یعنی اگر جریان هوایی از قطب به جنوب بیاید، ساکنان زمین آن را به صورت وزش بادی که از شرق به غرب می‌وزد مشاهده خواهند کرد. این در شکل به صورت پیکانهای قرمز نشان داده شده است.



پس مشخص می‌شود که اگر جریان هوایی در راستای شمال-جنوب (از جنوب به شمال یا از شمال به جنوب) حرکت کند تمایل خواهد داشت که در جهت ساعتگرد به چرخش بیافتد. اگر تصویر بالا را آینه کنید معلوم می‌گردد که این تمایل در نیمکره جنوبی برعکس است، یعنی در نیمکره جنوبی جریان هوا تمایل دارد پادساعتگرد بچرخد.

طبیعتاً این مسئله محدود به هوا نمی‌شود. آب اقیانوسها نیز سیال وسیعی است که سطح زمین را پوشانده؛ پس همین اتفاق برای آن هم می‌تواند بیافتد. ولی آیا این اتفاق فقط در ابعادی مثل اقیانوس قابل مشاهده است یا نه، داخل یک تشت معمولی نیز می‌تواند دیده شود؟ اگر یادتان باشد وقتی درباره قضیه «هرم بزرگ جیزه و سرعت نور» صحبت می‌کردیم (می‌توانید به مورد ۱۷ مراجعه کنید) دیدیم که هر یک سانتیمتری که به سمت شمال زمین حرکت کنیم معادل است با 0.000001 درجه در تغییر عرض جغرافیایی! اگر حتی از یک تشت بزرگ یک متری استفاده کنیم، شمال و جنوب تشت با هم تنها 0.0001 درجه اختلاف خواهند داشت. حالا سؤال این است که سرعت حرکت زمین 0.0001 درجه بالاتر از استوا، چقدر با استوا متفاوت است؟ خب، باید همان محاسبه‌ای که برای تهران انجام دادیم اینجا نیز انجام دهیم:

$$\frac{m}{s} \approx 2 \times 10^{-8} \Rightarrow \text{اختلاف سرعت} = 470 - 470 \cos 10^{-5} = 470 \times 5 \times 10^{-11} \approx 1 - 5 \times 10^{-11} \approx \cos 10^{-5}$$

یعنی تنها 20 نانومتر بر ثانیه! در هر نانومتر حدوداً سه تا مولکول آب جا می‌شود، پس این معادل است با حرکت به اندازه فقط 60 تا مولکول آب در هر ثانیه. پس احتمالاً نیاز به توضیح بیشتر نیست تا به این نتیجه برسیم که چنین تفاوت اندکی نمی‌تواند عامل چرخاندن آب شود. هزار جور تداخل دیگر در محیط وجود دارد که از این تفاوت جزئی 20 نانومتر بر ثانیه‌ای به مراتب بزرگترند. مثل تداخلی که برگزار کننده نمایش ایجاد می‌کند: اگر هنگامی که آب را داخل تشت می‌ریزد به جای سطل و جهت آب ریختن او دقت کنید، خواهید دید که در دو طرف استوا در واقع اینها هستند که تغییر می‌کنند! به آب چرخشی اولیه می‌بخشد، سپس سوراخ تشت را باز می‌کند و بعد برگها را روی آب قرار می‌دهد. اینطوری، به نظر می‌رسد که آب بعد از باز شدن سوراخ به چرخش افتاده است. ضمناً هرچه آب چرخان به سوراخ نزدیکتر می‌شود، شعاع چرخش کمتر می‌گردد و در نتیجه سرعت زاویه‌ای آب افزایش می‌یابد که باعث می‌شود چرخش برگها بارزتر جلوه کند.

پس این گرچه فیلم حاصل دستکاری کامپیوتری نیست، اما پدیده‌ای که مشاهده می‌کنید ربطی به استوا و گردش زمین ندارد.