

مورد ۶۰: ابرتاب

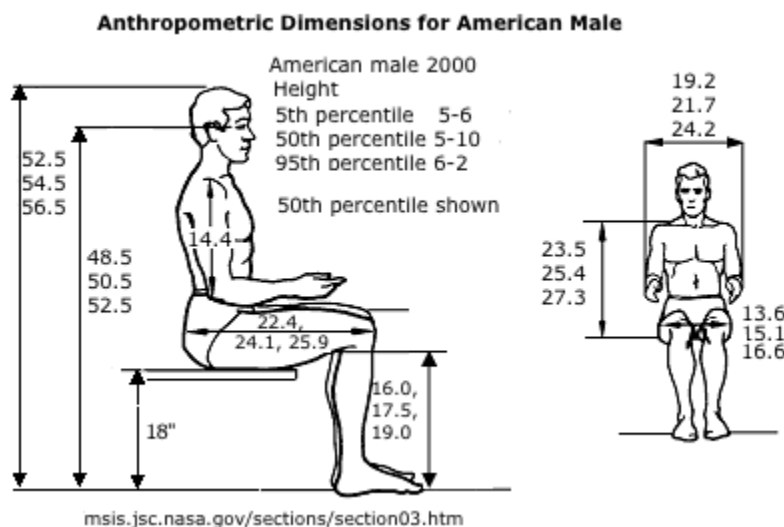


پیام پانویس فیلم: «شهربازی یعنی این 😊 😐»

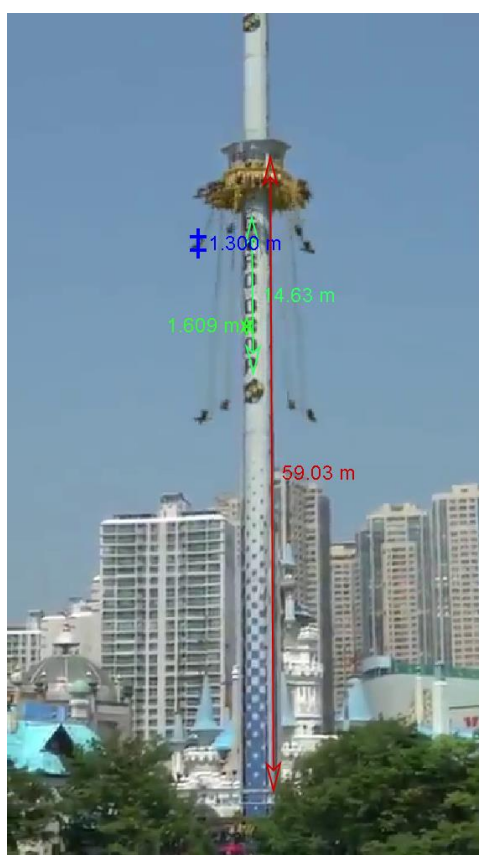
آیا به نظر شما فیلم بالا ساختگی است یا واقعی است؟

کانال الک در تلگرام: [@AlakPhysics](#)

ابتدا بیاید از تخمین ابعاد دخیل در مسئله شروع کنیم. از کف پا تا بالای سر یک انسان نشسته را می‌توان به طور میانگین حدود ۱.۳ متر گرفت. طبیعتاً این میانگین بین مردها و زن‌ها متفاوت است. اما حدود این تخمین قابل قبول است. این آمار را می‌توانید در سایت ناسا پیدا کنید.



در تصویر بالا واحد ارقامی که مربوط به طول هستند اینچ است. با جستجوی Anthropometric Dimensions در سایت NASA می‌توانید جزئیات بسیار بیشتری درباره ابعاد بدن انسان پیدا کنید.

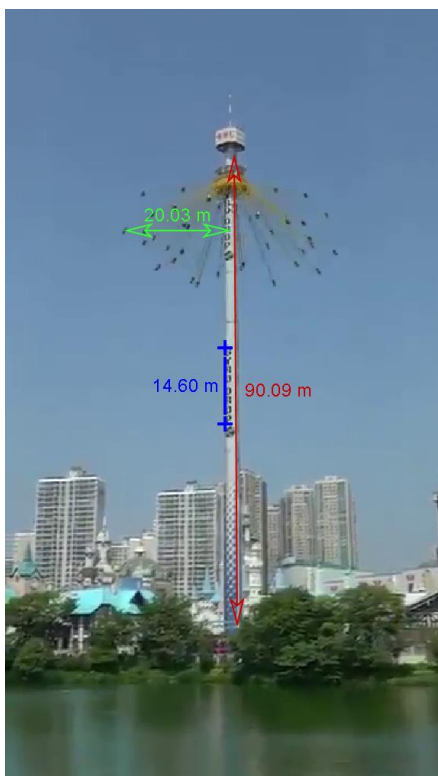


پس یکی از آدمهایی که سوار این وسیله شهر بازی است را انتخاب می‌کنیم و به عنوان معیار اندازه گیری، از کف پا تا سرش را ۱.۳ متر فرض می‌کنیم. آنوقت از قیاس این آدم با بقیه اجسام می‌توانیم ابعاد اجسام دیگر را بدست بیاوریم.

همانطور که در تصویر می‌بینید، علامت آبی همان معیار ۱.۳ متری ما، یعنی پایین تا بالای یک آدم نشسته است. آنوقت از نسبت این معیار با مثلاً یکی از حروف روی ستون مشخص می‌شود که طول آن حرف (و بقیه حروف) حدود ۱.۶ متر است. همچنین طول تمام کلمه نوشته شده روی ستون، حدود ۱۵ متر است. ایندو با رنگهای سبز مشخص شده‌اند. رنگ قرمز هم تقریباً ارتفاع ستون وسیله بازی از باز شدن را مشخص کرده که حدود ۶۰ متر است.

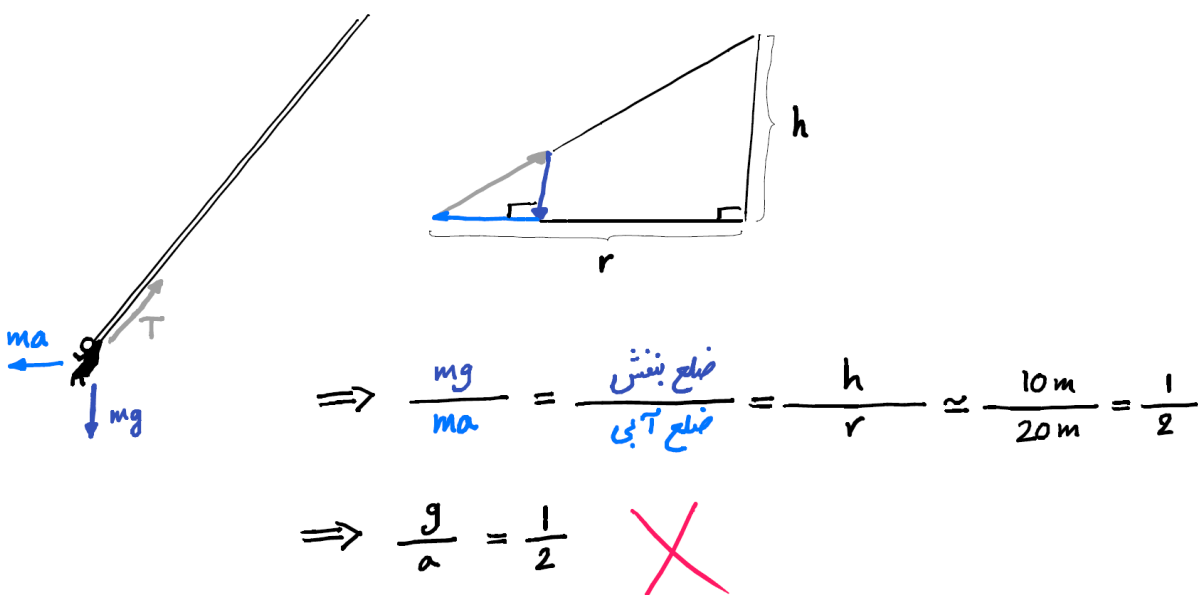
در فیلم می‌بینیم که اول ستون مثل یک تلسکوپ باز می‌شود، بعد تاب به بالا می‌رود، در میانه راه مردم را رها می‌کند - در حالی که صندلی‌هایشان با زنجیر به دایره تاب بسته شده‌اند - سپس شروع می‌کند به چرخاندن سرنشینان و در نهایت یک دور بازی را با سقوط دایره تاب تمام می‌کند.

حالا برویم به صحنه‌ای که تاب و صندلی‌ها در حال چرخیدنند. یکی از تاب‌سواران را انتخاب می‌کنیم. همانطور که قبلاً هم بحثش را کردیم (مثلاً در مورد ۳۹) جسمی که روی یک دایره در حال چرخیدن است نیرویی نیاز دارد تا



آن را حرکتش را روی دایره نگه دارد، والا از دایره خارج شده و به بیرون پرتاب می شود. به این نیروی جانب به مرکز (که به سمت مرکز است) گفته می شود. اما مثل بحثی که قبلاً (مثلاً در همان مورد ۳۹ یا مورد ۵۹) داشتیم، از دید کسی که روی جسم چرخان نشسته است، اینطور به نظر می رسد که نیرویی دارد او را به سمت بیرون پرتاب می کند (گریز از مرکز) و این صندلی و، احتمالاً، کمربند ایمنی است که جلوی پرت شدن او را می گرد و این دو نیرو همدیگر را خنثی می کنند. در حالی که از دید کسی که از بیرون به قضیه نگاه می کند فقط یک نیرو وجود دارد و آن هم همان نیروی صندلی (یا کمربند ایمنی) است، و این نیرو شتاب جانب به مرکز که عامل تغییر جهت سرعت آدم است را تأمین می کند.

همین حرف را برای کل مجموعه صندلی و آدم هم می شود زد. نیروی گریز از مرکز صندلی را به بیرون هل می دهد، اما زنجیر صندلی را به عقب می کشد، و این دو نیرو همدیگر را خنثی می کنند. شکل زیر همین مسئله را نمایش می دهد. حواسمان باشد که نیروی دیگری به نام وزن نیز وجود دارد که زنجیر باید این نیرو را نیز خنثی کند (وگرنه که آدمها باید سقوط می کردند).



در شکل بالا، T نیروی کشش زنجیر، mg نیروی وزن و ma نیروی گریز از مرکز است. a همان شتابی است که سرنشین تجربه می کند. (از دید کسانی که سوار تاب نیستند، وقتی صندلی روی دایره حرکت می کند، جهت سرعت عوض می شود. این تغییر سرعت به معنای شتاب است؛ a

همان شتاب است.) همانطور که در معادلات تصویر بالا می‌بینید، اگر T هم mg و هم ma را خنثی کند، یعنی مؤلفه عمود T به اندازه mg و مؤلفه افقی T به اندازه ma است؛ پس با اینها می‌توان یک مثلث تشکیل داد. از طرفی این مثلث مشابه یک مثلث بزرگتر دیگر است؛ مثلاً که وترش زنجیر است و ضلع افقیش شعاع چرخش. از این تشابه معادلات داخل تصویر نتیجه می‌شوند. همانطور که در شکل مشخص است نسبت h/r برابر $1/2$ است، بنابراین a باید دو برابر g باشد، ولی خواهیم دید که اینطور نیست؛ a چهار برابر g است.

از بخشهای قبلی (مثلاً ۳۹) می‌دانیم که شتاب جسمی که روی یک دایره با سرعت ثابت حرکت می‌کند به صورت زیر است:

$$a = r\omega^2$$

که r شعاع چرخش و ω سرعت دورانی است. سرعت دورانی یعنی چقدر زاویه در هر ثانیه طی می‌شود. زاویه‌ای که کل دایره را پوشش می‌دهد، 2π ، در مدت زمان یک چرخش کامل طی می‌شود. پس

$$\omega = \frac{2\pi}{\text{دوره تناوب چرخش}}$$

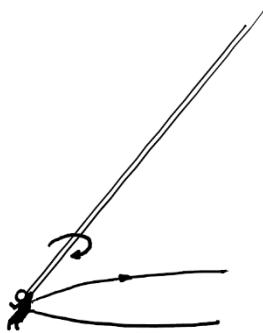
از فیلم می‌توانیم ببینیم که دوره تناوب چرخش حدود ۴ ثانیه است. پس سرعت زاویه‌ای حدوداً 1.5 (رادیان بر ثانیه) است. شعاع هم که 20 متر است. پس شتاب a حدود 45 متر بر مجذور ثانیه به دست می‌آید. یعنی بیشتر از 4 برابر شتاب جاذبه (g). یادتان که هست شتاب جاذبه زمین حدود 10 متر بر مجذور ثانیه است؟ پس همین کافی است که بگوییم فیلم کاملاً ساختگی است، اما بگذارید به موارد دیگر نیز اشاره کنیم.

دوباره بیایید معادلات بالا را برای یک سرنشین متفاوت حساب کنیم. فاصله سرنشین از ستون، که همان شعاع چرخش هست، را r بگیریم و تفاوت ارتفاعش با دایره تاب (همان دیسک زردرنگ) را h . آنوقت مانند قبل نسبت زیر برقرار خواهد بود:

$$\frac{h}{r} = \frac{mg}{ma} = \frac{mg}{mr\omega^2} = \frac{g}{r\omega^2} \Rightarrow h = \frac{g}{\omega^2}$$

بنابراین می‌بینید که مستقل از جرم و شعاع چرخش سرنشینان، ارتفاع همه‌شان باید یکسان و برابر با آخرین کسر معادله بالا باشد؛ چون g و ω برای همه یکسان است. می‌بینید که در فیلم اینطور نیست.

راستی ما شتاب گریز-از-مرکز را چقدر بدست آوردیم؟ 45 متر بر مجذور ثانیه؟! یعنی آدمهایی که سوار تاب می‌شوند بدون لباس خلبانی باید 4.5 برابر شتاب جاذبه زمین را تحمل کنند؟ بد نیست به مورد قبل (یعنی مورد ۵۹) رجوع کنید تا ببینید که چه بلایی می‌تواند سر سرنشینان بیاید. قاعدتاً از شهر بازی انتظار نمی‌رود که مجاز به مصدوم کردن مشتریان باشد! مثلاً اگر سرنشین در طول چرخش صورتش به سمت بیرون باشد، خون به جلوی بدن، از جمله صورتش، می‌رود و احتمالاً می‌توان انتظار داشت که مویرگهای چشم بسیاری صدمه ببیند. تصور کنید آدمهایی را که خندان و گریان و گیج با چشمانی سرخ (به جز مردمک) از وسیله پیاده می‌شوند. بعضی‌هاشان هم البته سر جایشان روی صندلی غش کرده‌اند و به کمر بند ایمنی آویزانند.



ولی اصلاً چرا باید در تمام مسیر صورت سرنشین به طرف بیرون باشد؟ آنطور که در فیلم نشان داده شده، صندلی‌ها با زنجیر بسته شده‌اند. خب، زنجیر می‌تواند پیچ بخورد. حتی اگر صندلی‌ها با دو یا سه زنجیر هم بسته شده باشند، باز در آن فاصله زنجیرها می‌توانند به یکدیگر پیچ بخورند و بافته شوند. پس باید شاهد این باشیم که لاقل بعضی از تاب‌سواران دور خودشان نیز می‌چرخند. چنین چیزی در فیلم دیده نمی‌شود و باز حکایت از قلابی بودنش می‌کند.

باز هم می‌توان از این فیلم ایراد گرفت (مثلاً اینکه چرا وقتی دستگاه زنجیرها را جمع می‌کند سرعت دورانی بیشتر نمی‌شود، با بیشتر شدن سرعت دورانی اندازه شتاب حتی بیشتر از قبل می‌گردد) اما حالا که چهاربار الکش کردیم دیگر بحث را همینجا تمام می‌کنیم.

