الكرة المتزنة

* علقّ كرة في مجرى هوائي.

مشهد كرة ترتفع بثبات في مجرى خفيّ من الهواء هو مشهد درامي. حاول أن تسحب الكرة خارج مجرى الهواء، ستشعر بقوة تسحبها إلى الداخل، يمكنك أيضاً الشعور بحرف الكرة لمجرى الهواء. هذا النشاط يوضح القوة التي تسبب ارتفاع الطائرات إلى أعلى.

الأدوات والمواد

* النسخة المصغرة:

- مجفف شعر
- بالون كروي أو كرة تنس
- منديل ورقي
- اختياري: حامل لمجفف الشعر / شريك في العمل

*النسخة المكبرة:

- مكنسة كهربائية لها خرطوم قابل للعكس بحيث يمكن استخدامها لنفخ الهواء
- كرة شاطئ مطاطية خفيفة
- منديل ورقي
- اختياري: حامل لخرطوم المكنسة الكهربائية/ شريك في العمل

التركيب

غير ضروري.

لاحظ أنه بالاعتماد على آلة النفخ التي تختارها (مجفف الشعر أو المكنسة الكهربائية)، لا بدّ من بعض التجريب لإيجاد الكرة المناسبة. قد تحتاج لشريك في العمل أو حامل لالة النفخ، بهذه الطريقة ستكون يداك حرتين للتعامل مع الكرة في مجرى الهواء.

الإجراءات والملاحظات

- انفخ مجرى من الهواء بشكل عمودي.

- بحذر وازن الكرة فوق مجرى الهواء.

- اسحب الكرة ببطء خارج المجرى.

- لاحظ أنه عندما يكون نصف الكرة فقط خارج مجرى الهواء، يمكنك الشعور بأنه يتم امتصاصها للداخل.

- افلت الكرة ولاحظ كيف تتذبذب ذهاباً وإياباً ثم تستقر قرب مركز مجرى الهواء.

- بإحدى يديك اسحب الكرة بشكل جزئي خارج مجرى الهواء، وباليد الأخرى قم بتدلية المنديل الورقي فوق الكرة وابحث عن مجرى الهواء.

- لاحظ أن الكرة تحرف مجرى الهواء خارجاً.

- في النسخة المكبرة من هذه التجربة يمكنك الشعور بوضوح بمجرى الهواء يضرب يدك.

- احرف مجرى الهواء إلى أحد الجانبين ولاحظ أن الكرة يمكن أن تبقى معلقة.

- وازن الكرة في مجرى الهواء ثم حرك آلة النفخ والكرة باتجاه الحائط (حاول باتجاه زاوية الغرفة).

- لاحظ الزيادة الكبيرة في ارتفاع الكرة المعلقة.

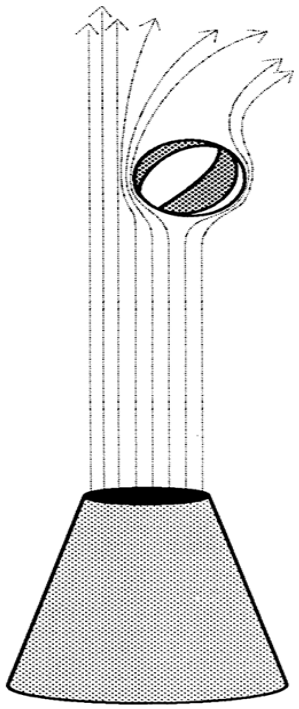
ما الذي يجري؟

عندما كانت الكرة معلقة في مجرى الهواء كان الهواء الصاعد يضرب أسفل الكرة فيتباطأ مولداً منطقة من الضغط المرتفع. منطقة الضغط المرتفع تحت الكرة تمسكها بعكس اتجاه الجاذبية الأرضية.

عندما تسحب الكرة بشكل جزئي خارج مجرى الهواء، يندفع الهواء على جانب السطح المنحني للكرة القريب من مركز مجرى الهواء، يتسارع الهواء في قوس حول قمة الكرة ثم يكمل خارجا فوق الكرة.

هذا الهواء المندفع خارجاً يولد قوة جذب نحو الداخل على الكرة، تماماً كما يولد الهواء المندفع أسفل الطائرة العمودية قوة دفع على مراوح الطائرة إلى أعلى. هذا التفسير يعتمد على قانون نيوتن في الفعل ورد الفعل.

يمكن تفسير ذلك بطريقة أخرى حيث عندما ينحني الهواء حول الكرة ينخفض ضغطه عليها سامحاً للضغط الجوي للهواء الساكن على الجانب الاخر من الكرة بدفعها إلى داخل مجرى الهواء.



يبدأ الناس فوراً بطرح العديد من الأسئلة عندما يسمعون التفسير الثاني: لماذا يولد الهواء المندفع فوق سطح منحني ضغطا أقل على السطح؟ للإجابة على هذا السؤال، تخيل راكباً في عربة أفعوانيه متجهاً إلى أعلى المنحدر بسرعة عالية، القوة التي يولدها الراكب على المقعد تتناقص عندما تصل العربة إلى القمة، بنفس المعنى الهواء الذي ينحني حول جانب الكرة يولد قوة أقل على الكرة.

لماذا يتبع الهواء سطح الكرة؟ تخيل ماذا يمكن أن يحدث إذا لم ينحني الهواء حول الكرة، منطقة ظل هواء (فراغ هوائي) ستتشكل فوق الكرة، منطقة ظل الهواء ستكون منطقة ضغط منخفض، عندها سيندفع الهواء إلى منطقة الضغط المنخفض لظل الهواء وهكذا يدور الهواء حول الكرة.

تفسير بديل يمكن تقديمه بواسطة مبدأ برنولي، إذا سحبت الكرة خارج مجرى الهواء بما يكفي عندها سيندفع الهواء حول جانب واحد من الكرة فقط، في الحقيقة مجرى الهواء يتسارع أثناء اندفاعه حول الكرة بسبب أن وسط الكرة مغموس في مجرى الهواء أكثر من قمة الكرة أو قاعها، بما أن نفس الكمية من الهواء يجب أن تندفع حول جميع أجزاء الكرة خلال الثانية فعليه أن يندفع بشكل أسرع عندما ينضغط عند الوسط. مبدأ برنولي ينص على أنه "عندما تزداد سرعة الهواء ينخفض ضغطه". فرق الضغط بين الهواء الساكن والهواء المتحرك يدفع الكرة إلى داخل مجرى الهواء.

عندما تقوم بتقريب الكرة المتزنة من الجدار، تُصبح منطقة الضغط المرتفع تحت الكرة منطقة ذات ضغط أعلى مما كانت عليه. الهواء الذي يضرب أسفل الكرة لا يستطيع الاستمرار متجاوزاً الجدار، لذلك يقود الكرة إلى ارتفاع أعلى.

الذهاب أبعد

هذا النشاط يمثل واحداً من أسباب طيران الطائرات، جناح مستوي يمكن أن يطير إذا كان مائلاً بحيث يدفع الهواء إلى الأسفل. قانون نيوتن الثالث ينص على أنه "لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه": الجناح يؤثر بقوة على الهواء إلى أسفل فيؤثر الهواء بقوة على الجناح إلى أعلى. يمكنك الشعور بقوة الرفع هذه عندما تخرج يدك خارج نافذة سيارة متحركة وتميلها بحيث توجه الهواء إلى أسفل.

جناح منحني إلى أعلى سيحرف الهواء إلى أسفل منتجاً قوة رفع حتى لو لم يكن مائلاً. تفسير هذا هو بالأساس نفس التفسير الذي تقدمه هذه التجربة، الجناح يصطدم بالهواء مولداً منطقة من الضغط المرتفع أمام الجناح، هذا الضغط المرتفع يولد سحباً أو دفعاً دائماً ما يكون مرتبطاً بالرفع. الهواء ذو الضغط المرتفع أمام الجناح يسارع الهواء فوق السطح المنحني للجناح. الطائرات تطير لأن أجنحتها تدفع الهواء إلى أسفل.

أحياناً يقال إن الهواء يجب أن يندفع بشكل أسرع فوق السطح المنحني للجناح منه أسفل السطح السفلي المستوي. يقال إن هذا يحدث لأن الهواء يجب أن يلتقي ثانيةً عند نهاية الجناح وبما أن الهواء يقطع مسافة أكبر فوق السطح المنحني للجناح فلذلك عليه أن يتحرك بسرعة أكبر، وهذا ليس صحيحاً، حزمتان من الهواء تبدآن معاً ثم تنفصلان للجريان فوق سطحين مختلفين من جناح ليس شرطاً أن تلتقيا عند نهاية الجناح.

Exploratorium Teacher Institute, 2017

© 2017 by the Exploratorium Teacher Institute.
The A.M. Qattan Foundation and its Science Studio have translated this selection of the Exploratorium's Science Snacks into Arabic. The original Snacks are published at exploratorium.edu/snacks. Science Snacks are made available under a Creative Commons Attribution-Noncommercial-ShareAlike 4.0 License (International); read the full license in English or Arabic.