

## تحدي الماء للجاذبية الأرضية

السؤال المثير!

ما تفسير صب الماء في الطائرة وهي في وضع مقلوب وانسكابه عكس الجاذبية كما هو واضح من الصورة؟!

هل هو فوتوشوب؟ الإجابة والتفسير بالأسفل ☺

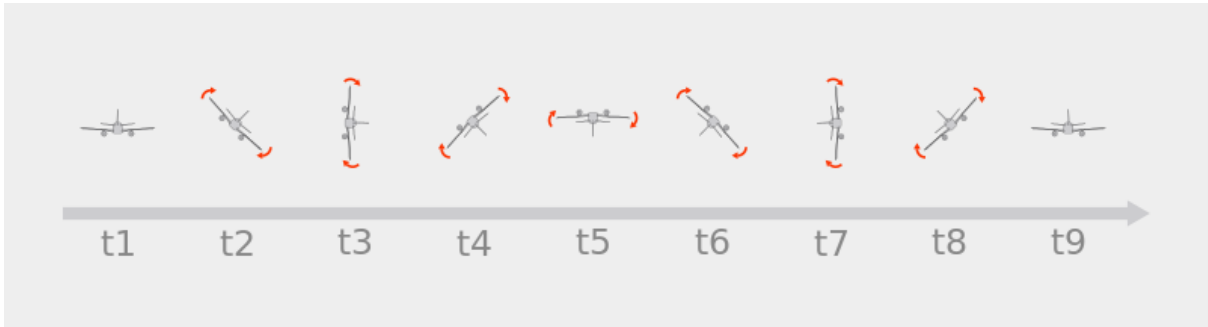


لنرى المقطع كاملا وليس فقط الصورة الثابتة..

<http://www.youtube.com/watch?v=ZoOux6DSEXQ>

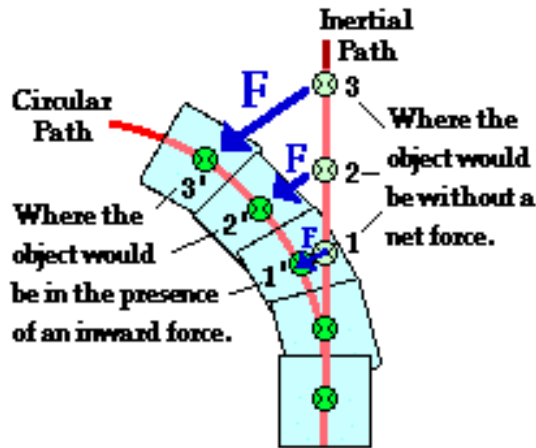
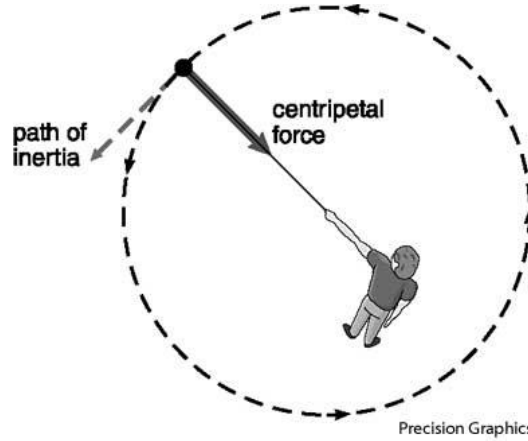
تُسمى هذه الحركة Barrel roll ، أو اللفة الاسطوانية، وأول من قام بها كان طيارا اسمه Bob Hoover.

إذا أردنا معرفة مسار الطائرة أثناء دورانها بهذا الشكل نراها موضحة في الرسمة أدناه.



يتضح أن الطائرة قامت بدورة كاملة، وهي ما نسميها في الفيزياء بالحركة الدورانية، وإذا كانت سرعة الدوران ثابتة فنسميها حركة دورانية منتظمة.

مثال للحركة الدورانية المنتظمة عندما نمسك بكرة مربوطة بخيط ونقوم بلفها، سنشعر عند الدوران أن هناك شدا في الخيط، وشد في الخيط بعني وجود قوة.. فأبسط تعريف للقوة هي أما سحب أو دفع. لكي يظل الحجر يدور يجب أن نحافظ على حد أدنى من سرعة تدويرها، الشد في الخيط نحو مركز الدائرة هو ما نسميه القوة المركزية (centripetal force).. الآن لو اقتطع الخيط فلن تستمر حركة الحجر حركة دائرية بل سيستمر في الحركة في خط مستقيم في اتجاه مماسي للدائرة التي كان يلف بها..



البعض ركب الألعاب التالية:

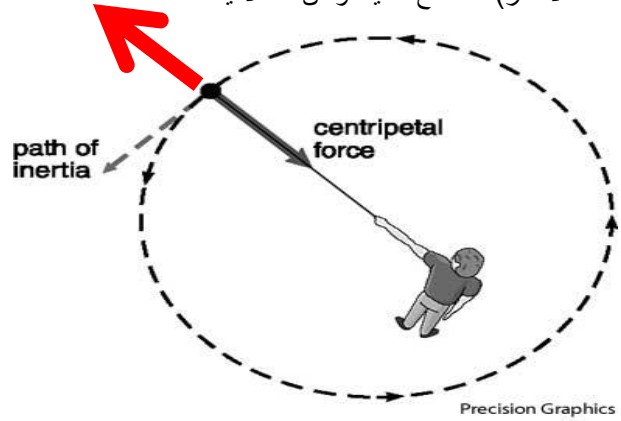


وأثناء الدوران نشعر بقوة تدفعنا نحو الجدار في اللعبة الأولى أو المقعد في اللعبة الثانية.

عندما نسأل لماذا يحدث ذلك؟ فسيجيب الكثير أنها "قوة الطرد المركزي" (centrifugal force)! ولكن هذه القوة ليست قوة حقيقية! قد يتفاجأ البعض من هذا الكلام ولكنها الحقيقة..

لقد ذكرنا أن القوة هي إما دفع أو سحب، لو كانت هناك فعلا قوة طرد مركزي فإنه عند قطع الخيط فلن يتخذ الحجر مسار مماسي ولكن سيتحرك باتجاه "قوة الطرد المركزي".. لكن هذا لا يحدث! إذا لا توجد قوة تدفع الجسم للخارج.

لو كانت هناك «قوة طرد مركزي» تدفع للخارج فسيتحرك الحجر باتجاه (السهم الأحمر) عند قطع الخيط ولكن هذا لا يحدث



طالما هذا لا يحدث، و فقط نشعر بقوة تدفع للخارج.. السؤال الآن، إذا ما الذي يعطينا هذا الشعور؟

ينص قانون نيوتن الأول للحركة "الجسم الساكن يظل ساكنا والجسم المتحرك يظل متحركا بسرعة منتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر على قوة خارجية". فمثلا إذا كنت في سيارة في المقعد الخلفي والسيارة تسير للأمام وفجأة انعطفت السيارة يسارا فستشعر بقوة تدفع نحو اليمين فترطم بالباب الأيمن، يحاول الباب إبقائك في السيارة فيدفع عليك نحو مركز دوران السيارة (هذه القوة المركزية).. أنت حسب قانون نيوتن الأول تريد أن تستمر في خط مستقيم ولكن باب السيارة يريد أن ينعطف فيضغط الباب عليك. أنت تريد أن تستمر في خط مستقيم فترطم بباب السيارة بشكل مستمر فيعطيك الشعور بأن قوة تدفعك للخارج (قوة الطرد المركزي الوهمية).

ما مقدار قوة الشعور بالدفع؟ هو نفسه مقدار القوة المركزية.

لعل هذا المقطع يوضح ماذا يحدث ويوضح الفرق بين القوة المركزية و "قوة الطرد المركزية" الوهمية..

[http://www.youtube.com/watch?v=yAfg\\_8OLjvs](http://www.youtube.com/watch?v=yAfg_8OLjvs)

استمرار الجسم في الحركة في خط مستقيم هو ما نسميه القصور الذاتي (inertia).

الآن بعد أن استبعدنا ما يُسمى "قوة الطرد المركزي" لنفهم ماذا حدث للماء في الكوب عندما دارت الطائرة رأسا على عقب. أي نريد النظر للدوران الآن ولكن ليس أفقيا بل رأسيا! (يمكننا التخمين أن جاذبية الأرض سيتلعب دورا، أليست هي التي تجذب كل شيء نحوها فتسقط الأشياء!)

هذه تجربة بسيطة لعل البعض قام بها ..

[http://www.youtube.com/watch?v=ylinCC\\_CMJO](http://www.youtube.com/watch?v=ylinCC_CMJO)

لماذا بقي الماء في السطل ولم يسقط؟

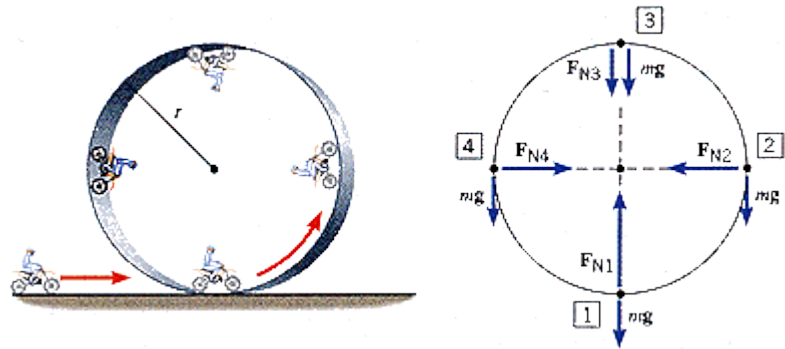
للإجابة على هذا السؤال لنرى هذا المقطع.. لاحظوا ماذا يحدث للكرة أثناء دورانها في المسار عند زيادة سرعة الكرة..

[http://www.youtube.com/watch?v=dA\\_UO86MjLY](http://www.youtube.com/watch?v=dA_UO86MjLY)

لاحظتم أنه كلما زادت سرعة الكرة (تركناها تسقط من مكان أكثر ارتفاعا فزادت سرعتها) استطاعت الكرة التغلب على قوة جذب الأرض لها..

رأينا تنافسا بين قوة الجاذبية (متجهة لأسفل) والقوة المركزية (أيضا لأسفل ولكنها المسببة في منع الكرة من الاستمرار في خط مستقيم). فإذا تغلبت الجاذبية سقطت الكرة وإن تغلبت القوة المركزية تظل الكرة في مسارها الدائري. فأقل حد لبقاء الكرة في المسار الدائري هو أن تتساوى قوة الجاذبية مع القوة المركزية.

لنرى ذلك على الرسم (الأسهم توضح القوة المؤثرة على الدراجة أثناء الدوران..



أثناء حركة الكرة (أو الدراجة) في حركة دائرة رأسية فستؤثر عليها قوتين:

قوة الجاذبية = الكتلة \* عجلة الجاذبية الأرضية (تساوي 9.8 متر/ثانية<sup>2</sup> ولكن للتبسيط هنا سنقربها إلى 10 متر/ثانية<sup>2</sup>)

القوة المركزية = الكتلة \* السرعة<sup>2</sup> / نصف قطر المسار الدائري (أي كلما زادت سرعة الدوران زادت القوة المركزية).

الآن لنضع بعض الأرقام البسيطة في المعادلات لكي نكتشف لماذا انسكب الماء في الطائرة عكس الجاذبية..

لنفرض أن كتلة الكرة 1 كلغم وستدور في مسار دائري نصف قطر نصف متر

قوة الجاذبية = الكتلة \* عجلة الجاذبية الأرضية = (1) \* (10) = 10 نيوتن

### الحالة الأولى:

إذا كانت سرعة الكرة أثناء دورانها 1 م/ث فإن

القوة المركزية = الكتلة \* السرعة<sup>2</sup> / نصف القطر = (1) (1) / (0.5) = 2 نيوتن

لاحظوا القوة المركزية أصغر من قوة الجاذبية فيسقط الجسم نحو الأرض.

## الحالة الثانية:

إذا كانت سرعة الكرة أثناء دورانها 2.2 م/ث فإن

$$\text{القوة المركزية} = \text{الكتلة} * \text{السرعة}^2 / \text{نصف القطر} = (1) (2.3)^2 / (0.5) = 10.6 \text{ نيوتن}$$

لاحظوا القوة المركزية تساوي تقريبا قوة الجاذبية فلا يسقط الجسم نحو الأرض. وستشعر الكرة بلحظة قصيرة وكأنها معدومة الوزن (لعل البعض شعر بانعدام الوزن أثناء لعبة roller coaster عندما يصل للقمة).

## الحالة الثالثة

إذا كانت سرعة الكرة أثناء دورانها 4.5 م/ث فإن

$$\text{القوة المركزية} = \text{الكتلة} * \text{السرعة}^2 / \text{نصف القطر} = (1) (4.5)^2 / (0.5) = 40.5 \text{ نيوتن}$$

لاحظوا القوة المركزية أكبر بكثير من قوة الجاذبية، تقريبا 4 أضعاف. وستشعر الكرة بدفعها نحو المسار بقوة هي أربعة أضعاف وزنها.. فما هي الآن محصلة القوة على الكرة؟

بالتأكيد الجميع يستطيع حساب المحصلة، ولعل الرسمة التالية تساعد على فهم عملية القيام بذلك

$$\begin{array}{l} \begin{array}{c} \xrightarrow{5} + \xrightarrow{5} = \xrightarrow{10} \\ \xrightarrow{5} + \xleftarrow{-5} = 0 \\ \xrightarrow{5} + \xrightarrow{10} = \xrightarrow{15} \\ \xrightarrow{5} + \xleftarrow{-10} = \xleftarrow{-5} \\ \xrightarrow{5} + \xleftarrow{-15} = \xleftarrow{-10} \\ \uparrow 10 + \downarrow -5 = \uparrow 5 \end{array} \end{array}$$

الآن الجاذبية تجذب الكرة لأسفل بمقدار 10 نيوتن (g) والقوة المركزية تبذل قوة مقدارها تقريبا 40 نيوتن (4g) فتشعر الكرة أنها اندفعت نحو المسار عند قمته بمحصلة هاتين القوتين، أي بقوة مقدارها 30 نيوتن (3g = ثلاث أضعاف قوة الجاذبية الأرضية).

هذا ما يُسمى بالشعور بـ 3g (بعض الألعاب يكتب عليها كم مقدار أضعاف قوة الجاذبية التي ستشعر بها)

إذا ختاماً، لماذا الماء انسكب عكس الجاذبية؟ لأن أثناء قيام الطيار بالدوران دار بسرعة كافية تجعل من القوة المركزية أكبر من قوة الجاذبية فانسكب الماء في اتجاه هو عكس اتجاه الجاذبية ☺

فالخلاصة هي ليست فوتوشوب ولكنها الفيزياء الممتعة!! ☺

في المرة القادمة التي تزورون بها الملاهي، فكروا بهذه القوى ولكن لا تكثرُوا من الدوران حتى لا تشعروا بالغثيان ☺