Wasserparabel

Verändern Sie mit dem schwarzen Drehknopf die Drehfrequenz des flachen, mit blauer Flüssigkeit gefüllten Gefässes.

Was tun und beachten:

- *Mit zunehmender Geschwindigkeit nimmt die Krümmung eine deutliche Parabelform an.*
- *Können Sie sich einen Punkt vorstellen, welcher bei jeder Drehzahl auf der Parabel liegt?*

  (Die Lösung finden Sie auf dem Gefäss).

Wer mehr wissen möchte:

lesen Sie den Zusatztext

Idee und Konzept: Technorama
“Wasserparabel_d.indd”; Nr. 10495

Wasserparabel

Verändern Sie mit dem schwarzen Drehknopf die Drehfrequenz des flachen, mit blauer Flüssigkeit gefüllten Gefässes.

Was tun und beachten:

- *Mit zunehmender Geschwindigkeit nimmt die Krümmung eine deutliche Parabelform an.*
- *Können Sie sich einen Punkt vorstellen, welcher bei jeder Drehzahl auf der Parabel liegt?*

  (Die Lösung finden Sie auf dem Gefäss).

Wer mehr wissen möchte:

Idee und Konzept: Technorama
"Wasserparabel_d.indd"; Nr. 10495

Wasserparabel

Wer mehr wissen möchte

Auf der Erdoberfläche nimmt der Druck im Innern einer Flüssigkeit gleichmässig mit der Tiefe zu («Schweredruck»). In Wasser beträgt die Zunahme etwa 1 bar für je 10 m zusätzlicher Tiefe.

In einer rotierenden Flüssigkeit treten zusätzlich zur Schwerkraft «Fliehkräfte» auf. Die Fliehkraft steigt mit dem Abstand von der Drehachse gleichmässig an und ist gleichzeitig stark von der Drehzahl abhängig.

Bei diesem Versuch rotieren alle Flüssigkeitsteilchen mit der gleichen Drehzahl. Wenn sich bei einer bestimmten Drehzahl ein stationärer Zustand ausgebildet hat, kreist jedes Teilchen in einem konstanten Abstand um die Achse. Um die Wirkung der Fliehkraft auszugleichen, muss der Flüssigkeitsdruck gegen den Rand hin zunehmen. Dies erfolgt automatisch, indem die Oberfläche gegen aussen hin ansteigt.

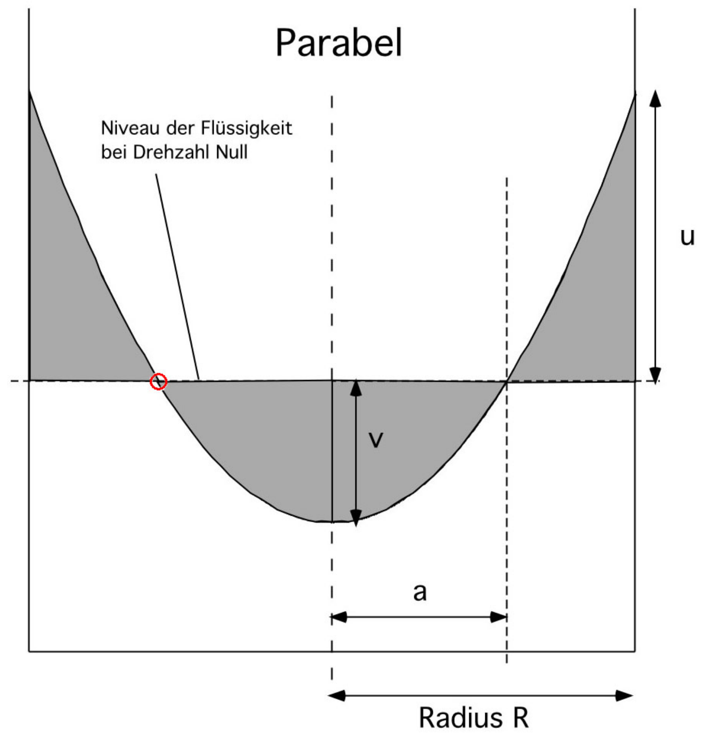
Der Druckanstieg muss nach aussen zunehmen, daher muss der Druck selber sogar mit dem Quadrat des Abstandes von der Achse ansteigen. Deshalb nimmt die Oberfläche der Flüssigkeit eine Parabelform an!

Zeichnerisch erhält man Parabeln durch Auftragen der Quadratzahlen in einem wählbaren Massstab.

Wie kommt es zum rot markierten Punkt (genauer: zu zwei symmetrisch zur Achse liegenden Punkten), durch welchen alle Parabeln hindurchgehen?

Das Flüssigkeitsvolumen bleibt ständig gleich, nur die Flüssigkeit verteilt sich unterschiedlich. Wenn man eine Parabel so durchschneidet, dass die schattierten Flächen gleich sind, liegt der Schnittpunkt immer im gleichen Bruchteil des Radius; das Verhältnis u:v ist 2:1 (siehe Figur 2).

Alle Parabeln sind einander ähnlich und können durch Dehnen oder Stauchen in vertikaler Richtung ineinander überführt werden.



Für alle Parabeln, bei denen die schattierten Flächen gleich sind, gilt:

$u = 2v$ und $a = R/\sqrt{3}$

Was tun und beachten:

Idee und Konzept: Technorama
"Wasserparabel_d.indd"; Nr. 10495

Water Parabola

A ball thrown through the air, the path of a comet, the curvature of the water surface in this tank – all of these can all be described with the help of similar mathematical functions.

To do and notice:

- *Use the black control knob to vary the rate of rotation of the water tank.*
- *The faster it spins, the more curved the water surface becomes, assuming an obvious parabolic shape.*
- *Are there points on the tank which are always at the surface of the water, whatever the rate of rotation?*

  (one is marked on the tank wall)

Want to know more?

Idea and Concept: Technorama
"Wasserparabel_d.indd"; Nr. 10495

Water Parabola

Want to know more?

At the surface of the earth, the pressure inside a fluid de-pends on how deep you are – in water, it increases by 1 bar for about every 10m increase in depth, because of the weight of the water above you.

When anything is rotating, it needs a force continually pushing (or pulling) it in towards the axis of rotation. This force is proportional to the radius of the circular motion and it also depends on the rotational speed squared.

If you think of a particle of water anywhere at the surface of the rotating water, the force on it due to the pressure in the water (i.e. the excess over the air pressure just outside) must both balance its weight and also provide the horizontal force which keeps it going in the circle. This can only happen if the surface is inclined, and greater inclination is needed as the radius increases, to provide the increased force towards the axis. It can be shown with a bit of mathematics that the surface has to be parabolic, with an equation:

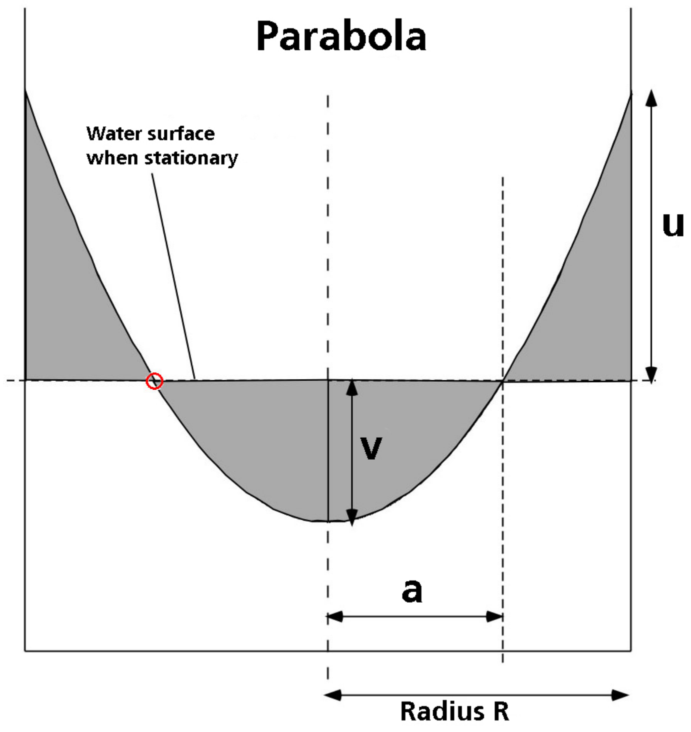
height = constant x radius squared

(The constant here involves the rotational speed and the acceleration due to gravity.)

Now about the point marked in red on the side if the tank, (and a symmetrical unmarked one) through which the parabolic surface always passes, whatever the speed of rotation?

The total volume of water remains the same, it only separates out towards the side as the speed increases. If you cut the parabola as shown (fig.2), with the line which was the flat surface level before any rotation, the shaded areas above and below are always the same, the cutting points stay at the same fraction of the radius, R, and the ratio u:v is 2:1).

All parabolas are geometrically similar and can, by extension or compression, be converted into one another.



For all paraboas where the shaded areas remain constant:

$u = 2v$ e $a = R/\sqrt{3}$

To do and notice:

Idea and Concept: Technorama
“Wasserparabel_d.indd”; Nr. 10495

Parabole d'eau

Le lancement d'une balle, certains mouvements de planètes ou la courbure de la surface de l'eau pendant la rotation – tous ces phénomènes peuvent être décrits à l'aide d'une fonction mathématique.

A vous de jouer:

- *Changez à l'aide du bouton noir tournant la fréquence de rotation du récipient plat rempli avec un liquide bleu.*
- *Quand la vitesse augmente, la courbure a de plus en plus une forme de parabole.*
- *Pouvez-vous imaginer un point qui se trouve à chaque fréquence de rotation sur la parabole?*

  (Vous trouvez la solution sur le récipient).

Pour en savoir plus:

Idée et Conception: Technorama
"Wasserparabel_d.indd"; Nr. 10495

Parabole d'eau

Pour en savoir plus

Sur la surface terrestre, la pression à l'intérieur d'un liquide augmente de manière continue avec la profondeur («pression hydrostatique»). Dans l'eau cette augmentation est d'un bar par 10m de profondeur supplémentaire.

Dans un liquide en rotation, la force centrifuge s'ajoute à la gravité. Cette force centrifuge augmente de manière continue avec la distance par rapport à l'axe de rotation et dépend fortement du nombre de tours.

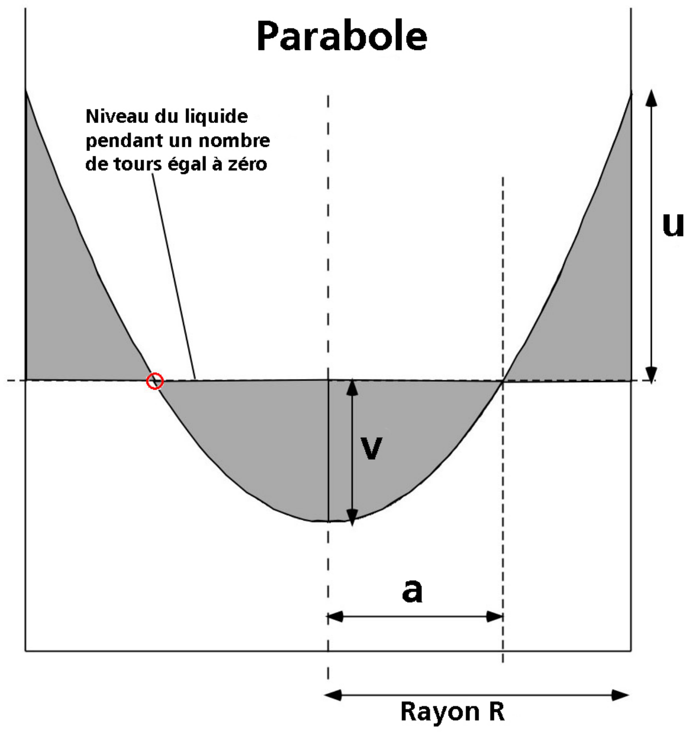
Dans cette expérience, toutes les particules du liquide sont en rotation avec le même nombre de tours. Quand on arrive à un état stationnaire avec un certain nombre de tours, chaque particule décrit des cercles avec une distance constante par rapport à l'axe de rotation. Pour compenser l'effet de la force centrifuge, la pression hydrostatique doit augmenter quand on s'approche des bords. Cela se passe automatiquement quand le niveau du liquide monte à l'extérieur.

L'augmentation de la pression doit être plus grande vers l'extérieur; la pression augmente même avec le carré de la distance par rapport à l'axe de rotation. C'est pour ça que la surface du liquide est en forme de parabole !

Comment est-ce qu'on obtient le point indiqué en rouge traversé par tous les paraboles (ou pour être plus précis: les deux points symétriques à l'axe)?

Le volume du liquide reste constant, mais la répartition du liquide change. Quand on coupe une parabole de sorte que les surfaces ombrées soient égales, l'intersection se trouve toujours à la même fraction du rayon: le rapport u:v est 2:1 (voir figure 2).

Toutes les paraboles se ressemblent et peuvent être transformées pour se superposer en les tirant ou comprimant dans une direction verticale.



Pour toutes les paraboles où les surfaces ombrées sont égales:

$u = 2v$ **et** $a = R/\sqrt{3}$

A vous de jouer:

Idée et Conception: Technorama
"Wasserparabel_d.indd"; Nr. 10495

Parabola d’acqua

La traiettoria di una palla, alcune traiettorie dei pianeti e persino la curvatura della superficie dell‘acqua a causa della rotazione... sono tutti fenomeni che si possono descrivere con una funzione matematica.

Che cosa fare:

- *Girando la manopola nera, potete variare la frequenza di rotazione del recipiente piatto riempito di liquido azzurro.*
- *Via via che cresce la velocità, la curvatura della superficie assume una chiara forma di parabola.*
- *Riuscite a immaginare un punto che tocca sempre la parabola a qualsiasi velocità di rotazione?*

  (La risposta la trovate sul recipiente.)

Vuole saperne di più?

Ideazione e progetto: Technorama
“Wasserparabel_d.indd”; Nr. 10495

Parabola d'acqua

Vuole saperne di più?

A livello del suolo, sulla Terra, la pressione all'interno di un fluido aumenta uniformemente con la profondità («pressione gravitazionale»). Nell'acqua l'aumento cor-ri-sponde circa a 1 bar per ogni 10 m di profondità crescen-te.

In un liquido rotante si aggiungono alla forza di gravità anche delle forze centrifughe. La forza centrifuga aumenta uniformemente con la distanza dall'asse di rotazione e nel contempo dipende fortemente dalla velocità di rotazione.

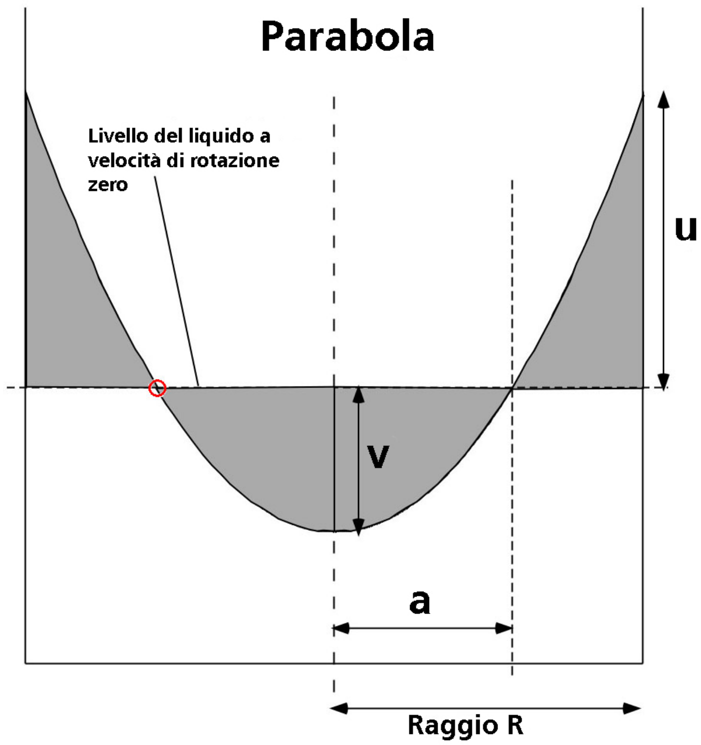
In questo esperimento tutte le molecole del fluido ruotano alla stessa velocità. Quando, in corrispondenza di una certa velocità di rotazione, si è formato uno stato stazionario, ogni molecola gira a distanza costante intorno all'asse di rotazione. Per compensare l'effetto della forza centrifuga, la pressione idraulica deve aumentare in prossimità dell'orlo del recipiente. Questo accade automaticamente dato che la superficie risale con l'aumentare della distanza dall'asse di rotazione.

L'aumento di pressione deve crescere verso l'esterno e quindi la pressione aumenta addirittura con il quadrato della distanza dall'asse di rotazione. È appunto per questo che la superficie del fluido assume la forma di una parabola!

Come si arriva al punto rosso (più precisamente ai punti segnati in posizione simmetrica rispetto all'asse) attraverso cui passano tutte le parabole?

Il volume del liquido rimane sempre lo stesso, solo che il liquido si distribuisce in maniera diversa. Quando si tag-lia una parabola in modo tale che le superfici ombreggiate siano uguali, il punto di intersezione si trova sempre nella stessa frazione del raggio: il rapporto u:v è 2:1 (v. figura 2).

Tutte le parabole sono simili fra loro e possono essere riportate l'una all'altra mediante estensione o compressione in senso verticale.



Per tutte le parabole, in cui le superfici ombreggiate sono uguali, vale:

$u = 2v$ **e** $a = R/\sqrt{3}$

Che cosa fare:

Ideazione e progetto: Technorama
“Wasserparabel_d.indd”; Nr. 10495