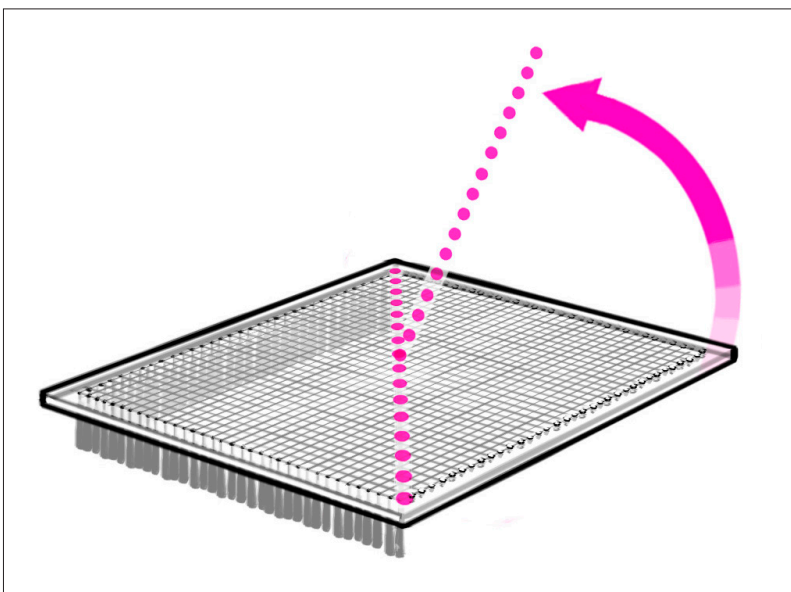
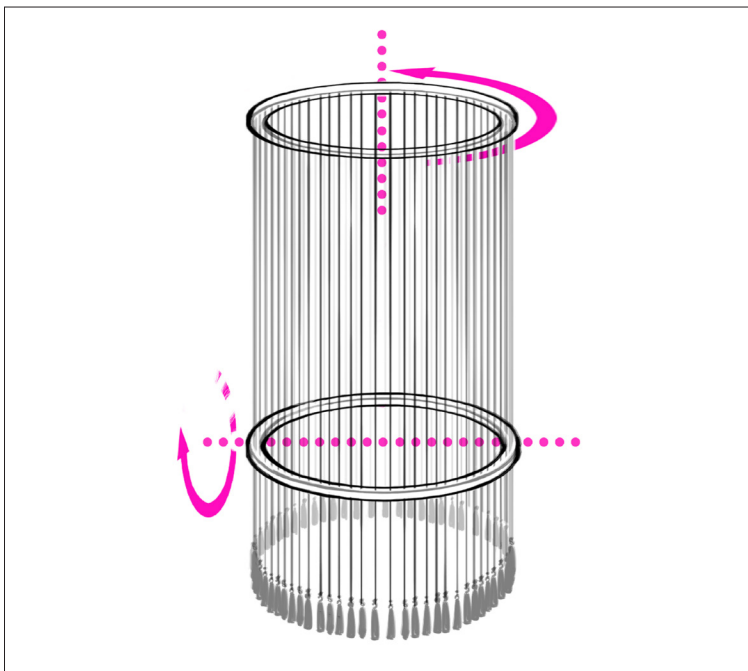




Fadenmodelle



Hier entstehen aus geraden
"Fäden" gekrümmte Flächen.



Was tun und beachten:

Verdrehbares Zylindermodell

In der Ausgangsstellung (grüner Punkt genau nach vorne) bilden die Fäden einen Zylinder.

- *Verdrehen Sie den oberen Ring und beobachten Sie, wie sich die Form des Körpers verändert.*
- *Den unteren Ring können Sie kippen. Beobachten Sie, wie bzw. ob sich die Form des Körpers dabei ändert.*

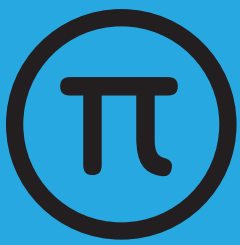
Bewegliches Flächenmodell

In der Ausgangsstellung (heruntergeklappt) bilden die Fäden eine ebene Fläche.

- *Klappen Sie Fläche an der hinteren Ecke langsam nach oben und beobachten Sie dabei, wie sich die durch die Fäden gebildete Fläche verändert.*

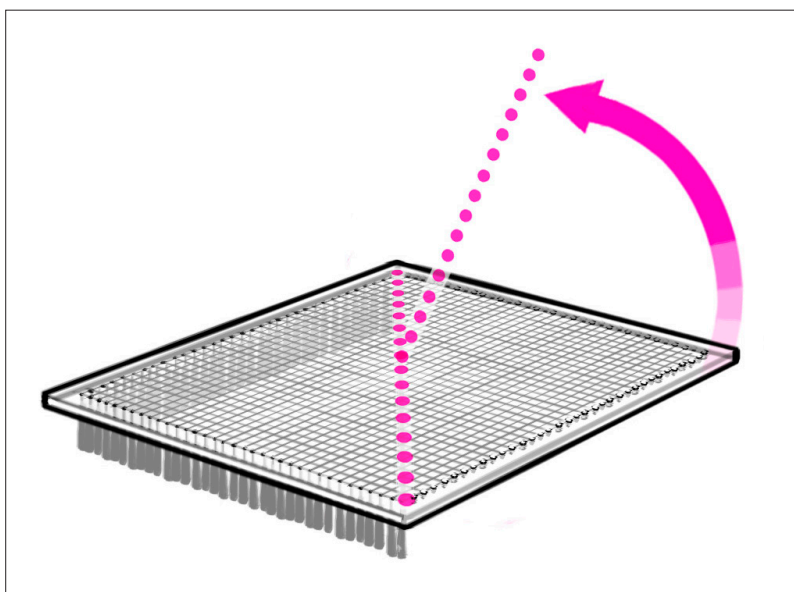
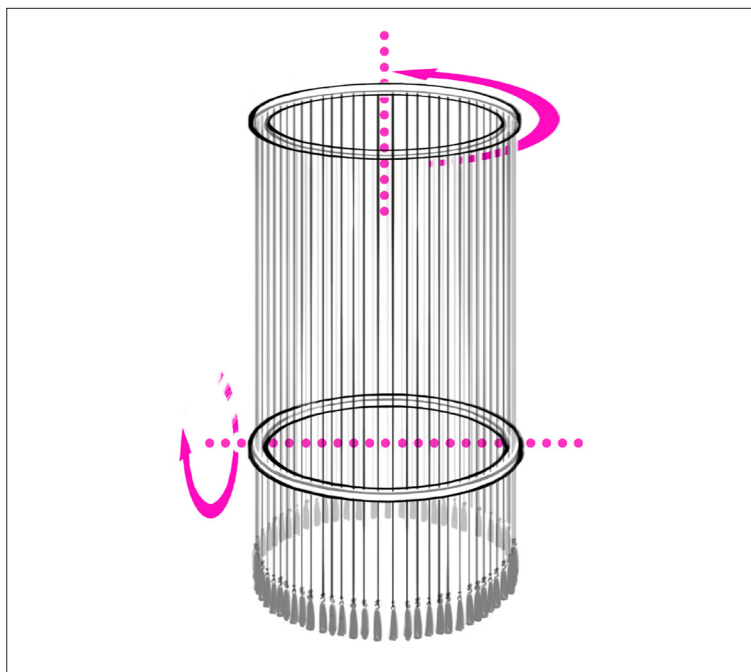
Wer mehr wissen möchte:

lesen Sie den Zusatztext



Fadenmodelle

Hier entstehen aus geraden
"Fäden" gekrümmte Flächen.



Was tun und beachten:

Verdrehbares Zylindermodell

In der Ausgangsstellung (grüner Punkt genau nach vorne) bilden die Fäden einen Zylinder.

- *Verdrehen Sie den oberen Ring und beobachten Sie, wie sich die Form des Körpers verändert.*
- *Den unteren Ring können Sie kippen. Beobachten Sie, wie bzw. ob sich die Form des Körpers dabei ändert.*

Bewegliches Flächenmodell

In der Ausgangsstellung (heruntergeklappt) bilden die Fäden eine ebene Fläche.

- *Klappen Sie Fläche an der hinteren Ecke langsam nach oben und beobachten Sie dabei, wie sich die durch die Fäden gebildete Fläche verändert.*

Wer mehr wissen möchte:





Fadenmodelle



Wer mehr wissen möchte

Verdrehbares Zylindermodell

Beim geringfügigen Verdrehen des oberen Ringes verändert sich die Mantelfläche (so bezeichnet man die Fläche eines Zylinders, die Sie durch das «Abwickeln» des Zylinders erhalten): aus einem Rechteck wird ein einschaliges Hyperboloid, eine Fläche, die aus der Drehung einer Hyperbel entsteht. Wenn Sie den oberen Ring um 180° verdrehen (Schraube am Anschlag!) entsteht ein Doppelkegel. Dabei berühren sich alle Fäden in einem Punkt.

Bewegliches Flächenmodell

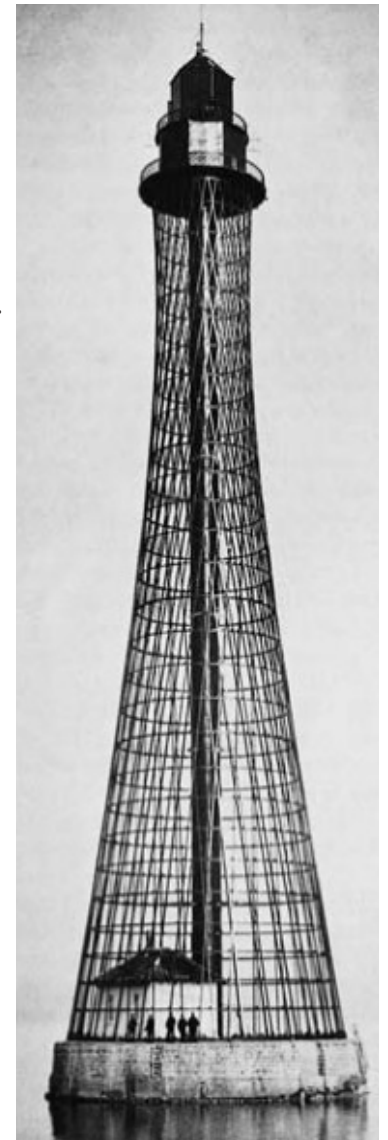
Hier wird eine ebene Fläche (ein „Rhombus“) gekrümmt. Dabei entsteht eine Sattelfläche. Darunter versteht man eine Fläche, die in den beiden Hauptrichtungen entgegengesetzt gekrümmt ist. In diesem Fall handelt es sich um eine regelmässige Sattelfläche, die als hyperbolisches Paraboloid bezeichnet wird.

Interessant ist, dass bei beiden Modellen die Fäden gerade bleiben, d.h. die gekrümmte Fläche wird aus Geraden gebildet. Dabei liegt jeder Punkt dieser Fläche auf genau zwei Geraden, die ganz in der Fläche enthalten sind (also nicht nur die Fläche durchstossen) - probieren Sie es aus, indem Sie den Ring aus der Mittelstellung (Zylinderform) nacheinander in beide Richtungen gleich verdrehen. Die beiden Geraden verlaufen dann einmal von links oben nach rechts unten bzw. von rechts oben nach links unten.

Oder schauen Sie bei dem Flächenmodell einmal von der Kante an einem Faden entlang - er ist wortwörtlich „schnurgerade“.

Diese Eigenschaft wird auch in der Technik bzw. im Bauwesen genutzt. Da die Fläche aus geraden Elementen erzeugt werden kann, erreicht man eine einfache, stabile und materialsparende Konstruktion. Insbesondere der russische Ingenieur Vladimir Suchov hat mit seinem „Adziogol“-Leuchtturm (Baujahr 1910) ein Beispiel gesetzt - dem übrigens sogar die technische Berufsschule in Zürich folgte.

Übrigens würde ein Seifenfilm in einem Rahmen der gleichen Form wie die Modelle auch eine solche Fläche bilden: eine Fläche, die bei dem durch den Rahmen vorgegebenen Rand den kleinstmöglichen Flächeninhalt besitzt - und daher „Minimalfläche“ heisst.



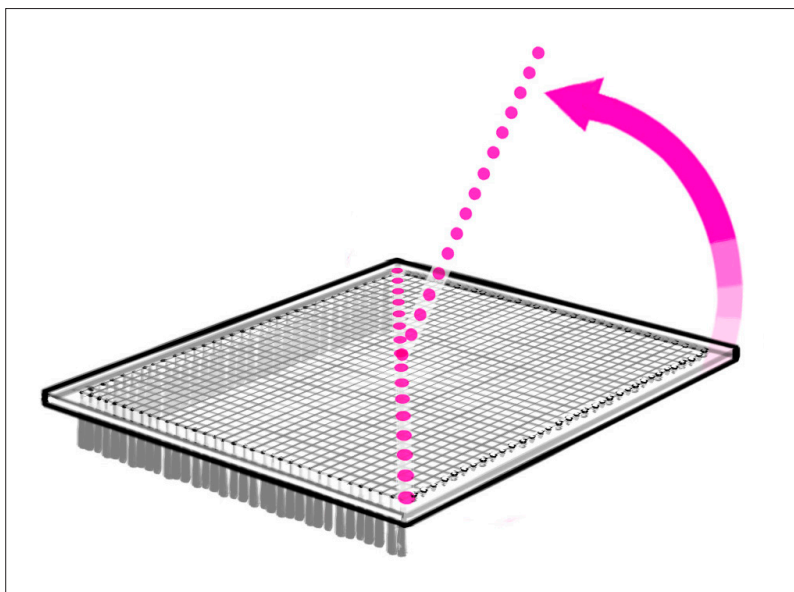
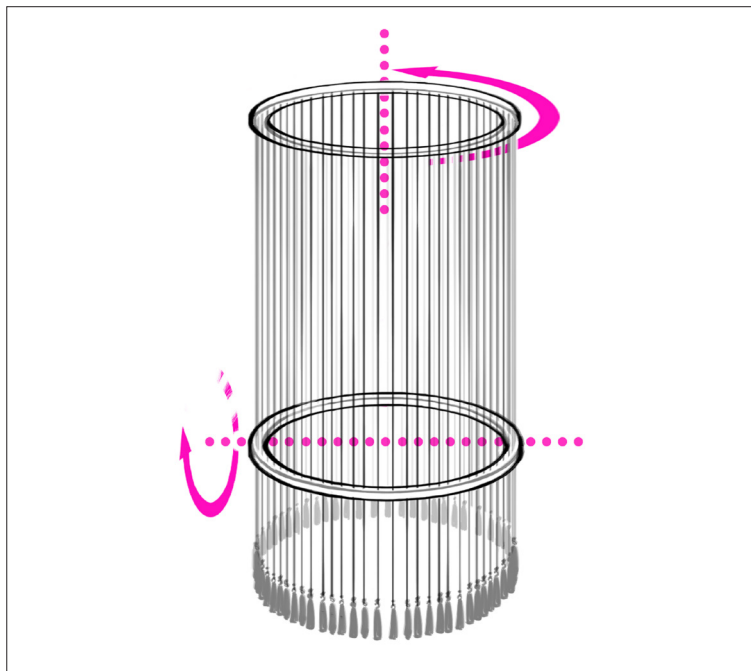
Was tun und beachten:





Thread Models

Straight threads can make curved surfaces.



To do and notice:

Twistable Cylinder

In the starting position (green dot exactly at the front) the threads form a cylinder.

- *Twist the upper ring and watch what happens to the cylinder.*
- *You can tilt the lower ring. See whether this alters the form of the thread "surface".*

Moveable Thread Sheet

In the starting position, the threads form a flat sheet.

- *Lift the back corner of the frame slowly upwards and watch what happens to the flat surface.*

Want to know more?





Thread Models

Want to know more?

Twistable Cylinder

To begin with, the threads have a cylindrical envelope, which can be “unwrapped” into a flat rectangle without distortion. As you twist the top ring, the threads form a curved surface, which is called a hyperboloid of revolution *of one sheet*. This surface is produced when a hyperbola (one of the sections of a cone) is rotated about an axis. As you rotate the top ring through 180 degrees, the hyperboloid surface gradually turns into that of a double cone. This is when all of the threads cross in a single point.

Moveable Surface Model

Here the surface (envelope) of the threads starts off flat, inside the rhombus shaped frame. When the frame is folded, the envelope becomes saddle-shaped; the curvature at any point is upwards across one diagonal and equally curved downwards across the other diagonal. This surface is called a hyperbolic paraboloid.

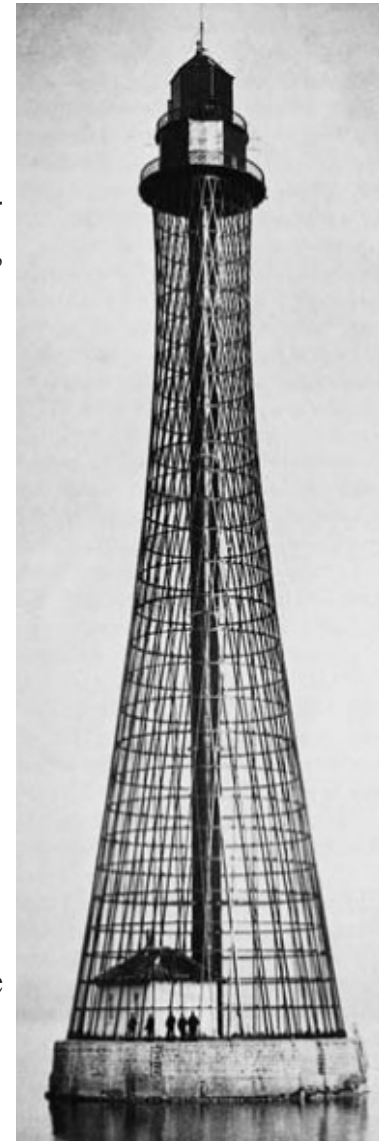
You will notice that in both of these models, the threads remain straight in the curved surfaces which they form. Every point on the surface sits on a pair of straight lines crossing there, and lying in the surface.

In the first model you see only one set of lines, so you have to rotate the ring by the same amount in the opposite direction to see the others.

In the flat frame case, you see both sets of straight lines crossing at all points in the surface.

This property of “doubly ruled” surfaces, which applies to both models, is very important in building steel structures. The surfaces can be built using straight beams, which results in simple, stable and economical structures. The Russian engineer, Vladimir Suchov was a pioneer in the use of this technique – his “Adziogol” lighthouse (1910) is pictured here, and, incidentally, the ETH (Technical Institute) in Zuerich has great interest in these types of structure.

It is interesting to note that a soap film on a frame behaves in the same way as the threads on these models. The same pressure on either side means the total curvature must be zero (saddle-shaped, as both are) and the surface across the frame has the minimum possible area.



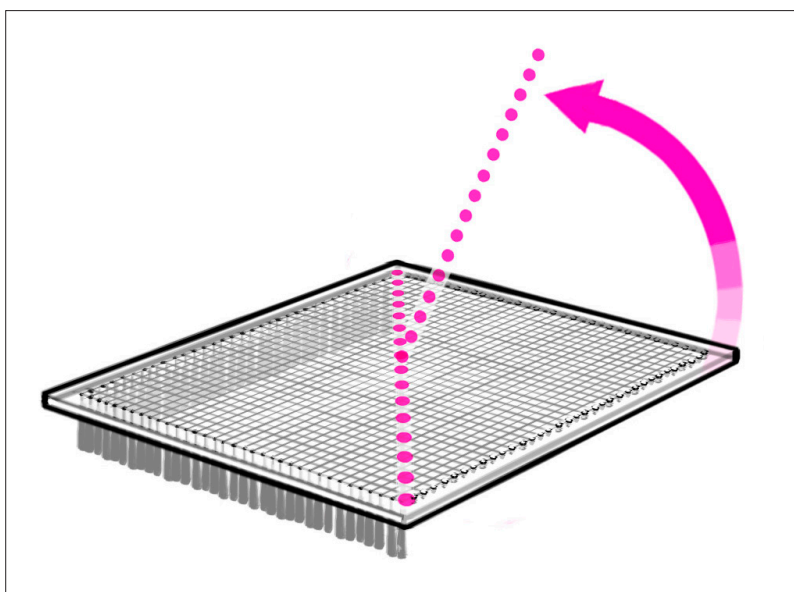
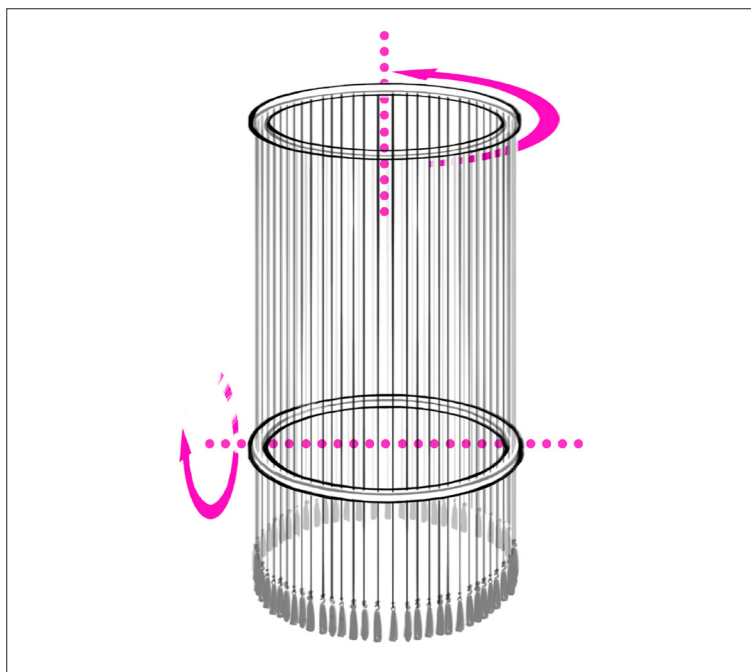
To do and notice:





Modèles de ficelles

A partir de ficelles rectilignes on peut former des surfaces courbes.



A vous de jouer:

Modèle cylindrique déformable

Dans la position de départ (le point vert est devant), les ficelles forment un cylindre.

- Tordez l'anneau supérieur et observez comment la forme du corps change.
- Basculez l'anneau inférieur. Observez comment la forme du corps change.

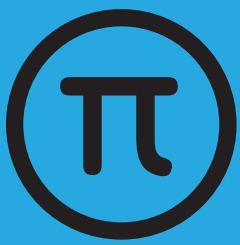
Modèle de ficelles mobiles

Dans la position de départ (basculé vers le bas) les ficelles forment une plaine lisse.

- Basculez le plan doucement vers le haut en prenant le coin arrière. Observez comment la surface formée par les ficelles change.

Pour en savoir plus:





Modèles de ficelles

Pour en savoir plus

Modèle cylindrique déformable

Quand on tord l'anneau supérieur légèrement la «surface convexe latérale» change (c'est la surface d'un cylindre que vous avez obtenu en déplaçant les ficelles): le rectangle devient un hyperboloïde, une surface créée par la torsion d'une hyperbole. Quand vous tordez l'anneau supérieur de 180° (de la vis à la butée !) vous obtenez un cône double où toutes les ficelles se touchent en un point.

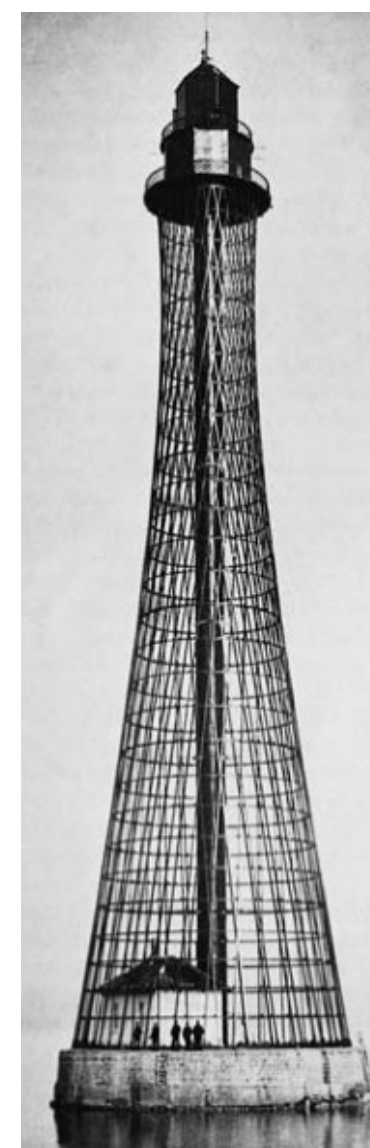
Modèle de ficelles mobiles

Ici, on courbe une surface lisse (un «losange»). Ainsi on obtient une surface en forme de selle de cheval. C'est une surface dont les deux axes principaux sont courbés dans des sens opposés. Dans ce cas il s'agit d'une surface en forme de selle régulière que l'on appelle parabololoïde hyperbolique. Il est intéressant que dans les deux modèles les ficelles restent droites, c'est-à-dire que la surface courbée est constituée de droites. Chaque point de cette surface se trouve sur exactement deux droites qui font partie de la surface (donc qui ne la coupent pas seulement) – essayez-le en tordant l'anneau en position intermédiaire (forme cylindrique) dans les deux sens. Les droites vont une fois d'en haut à gauche vers en bas à droite, et l'autre fois d'en haut à droite vers en bas à gauche.

Dans le modèle de surface plate, suivez avec le regard une ficelle en partant du bord – elle est vraiment comme «tracée au cordeau». On utilise cette propriété pour les techniques et les constructions. Comme la surface peut être créée à partir d'éléments droits, on obtient une construction simple, stable et économique.

L'ingénieur russe Vladimir Suchov a donné un exemple avec son phare «Adziogol» (construit en 1910) – qui a été même adopté par la Technische Berufsschule à Zurich.

D'ailleurs un film de savon aurait la même surface s'il était dans un cadre avec la même forme que nos modèles: une surface déterminée par le bord du cadre et qui est la plus petite possible et que l'on appelle pour cette raison «surface minimale».



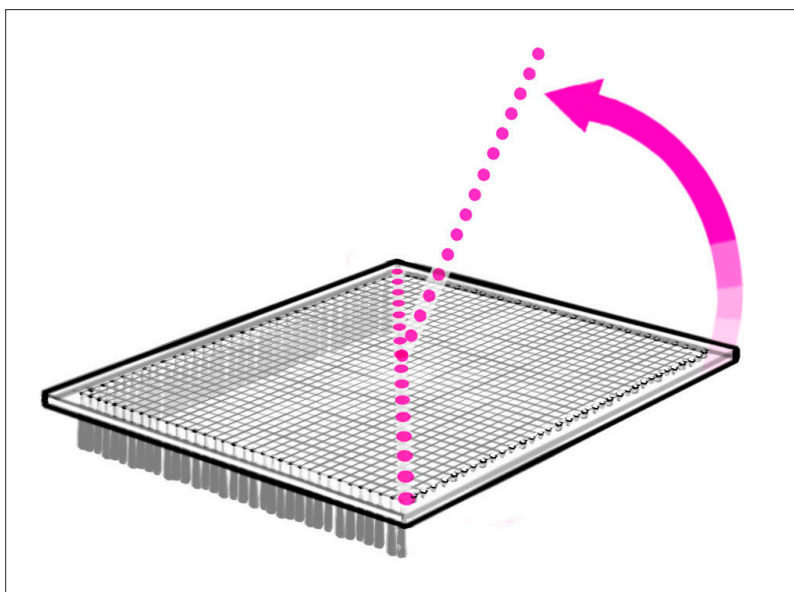
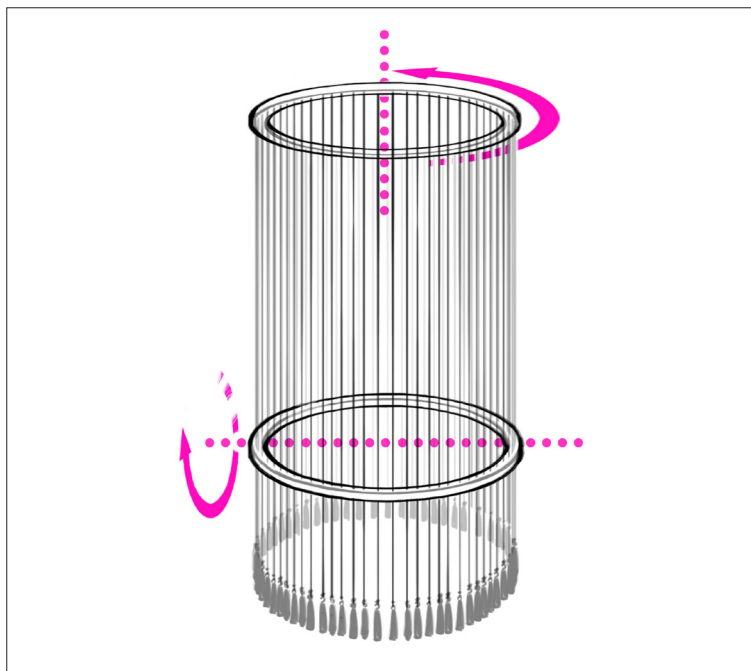
A vous de jouer:





Modelli di fili

Qui da „fili“ rettilinei si ottengono superfici curve.



Che cosa fare:

Torsione di un cilindro

Nella posizione di partenza (punto verde posizionato verso avanti) i fili formano un cilindro.

- *Ruotate l'anello superiore e osservate come cambia la forma del solido.*
- *Ora provate a fare basculare l'anello inferiore. Osservate come cambia la forma del solido.*

Modello di superfici mobili

Nella posizione di partenza (ribaltato verso il basso) i fili formano una superficie piana.

- *Ora provate ad alzare lentamente la superficie verso l'alto e osservate come cambia la superficie formata dai fili.*

Vuole saperne di più?





Modelli di fili

Vuole saperne di più?

Torsione di un cilindro

Con una leggera rotazione dell'anello superiore, si modifica la superficie del mantello (così viene chiamata la superficie di un cilindro che si ottiene con lo „srotolamento“ del cilindro): da un rettangolo si ottiene un iperboloido a una falda, cioè una superficie che generata dalla rotazione di un'iperbole. Se si ruota l'anello superiore di 180° (fino al segno della vite!), si ottiene un doppio cono. Allora tutti i fili si toccano in un punto.

Modello di superfici mobile

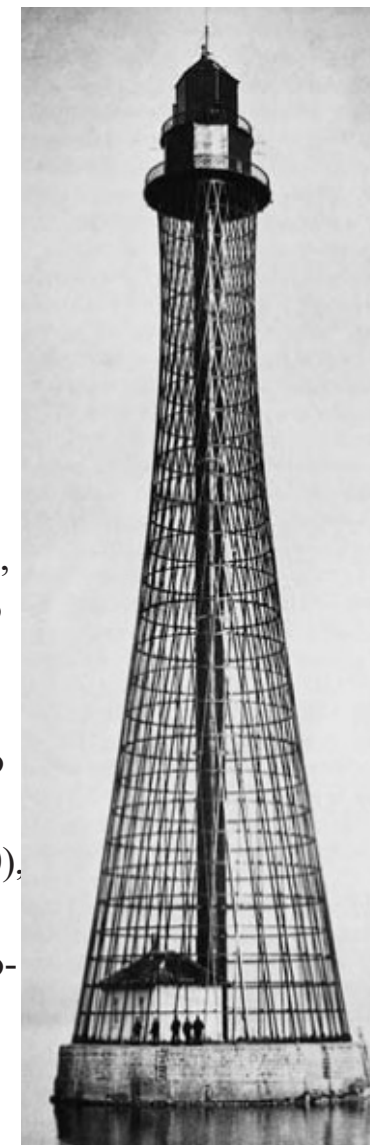
Qui una superficie piana (un rombo) viene piegata. Ne deriva una superficie a sella. Con questo termine si intende una superficie che è incurvata nelle due direttrici principali. In questo caso si tratta di una superficie a sella regolare, che viene definita paraboloido iperbolico.

È interessante che i fili rimangono diritti in entrambi i modelli, vale a dire che la superficie incurvata viene formata da rette. Ogni punto di questa superficie fa parte di due rette che sono contenute nella superficie (e quindi non si limitano a intersecare la superficie): fate la prova, girando l'anello dalla posizione mediana in ambedue le direzioni successivamente. Le due rette corrono allora da sinistra in alto verso destra in basso e rispettivamente da destra in alto verso sinistra in basso.

Oppure provate a guardare il modello di superfici dal punto di vista dello spigolo lungo un filo: è diritto come un filo a piombo, nel verso senso della parola.

Questa caratteristica viene sfruttata anche nella tecnica, in particolare nell'ingegneria delle costruzioni. Dato che la superficie può essere ottenuta con elementi diritti, si raggiunge una costruzione semplice, stabile ed economica sotto il profilo del consumo di materiali. Un esempio di queste possibilità è stato fornito soprattutto dall'ingegnere russo Vladimir Suchov con il suo faro Adziogol (anno di costruzione 1910), che del resto è stato studiato addirittura dalla scuola tecnica professionale di Zurigo.

Anche una pellicola di sapone su una cornice si disporrebbe su una superficie che ha la forma di questi modelli: una superficie che, dati i margini prefissati dalla cornice, comprende la minore superficie possibile e per questo viene chiamata „superficie minima“.



Che cosa fare:

