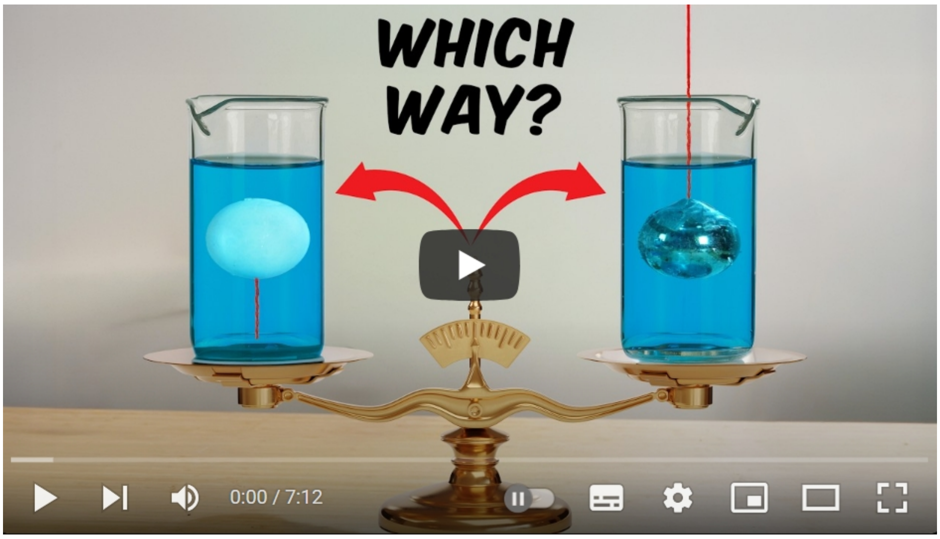
Auftrieb

gast_free

18.09.2025

1 Aufgabe

Eine schöne Statik Aufgabe aus dem Physiker Board vom 09.09.2025. Sie erinnert mich an die Aufgaben aus der Vorbereitung für das Fachabitur. Es soll heraus gefunden werden, welcher der beiden Gläser die größere Gewichtskraft besitzt.



2 Lösungsansatz

Vorgehensweise wie in der Statik. Die Bauteile, das sind hier die Gläser, werden zunächst frei gemacht. Es werden nur die Kräfte betrachtet, die Tatsächlich auf dieses Bauteil einwirken. Anschließend werden die Kräfte ermittelt, die erforderlich sind das Bauteil im Gleichgewicht zu halten. Jedes der beiden Gläser wird separat betrachtet.

3 Linkes Glas

3.1 Kräfte

$F_{Glas} = m_{Glas} \cdot g$ Gewichtskraft des leeren Glases.
$F_{Ball} = m_{Ball} \cdot g$ Gewichtskraft des Golfballs.
$F_{Fluid} = m_{Fluid} \cdot g = \rho_{Fluid} \cdot A \cdot h \cdot g$ Gewichtskraft der Flüssigkeit.

$F_{ges_L} = F_{Glas} + F_{Ball} + F_{Fluid} = g \cdot (m_{Glas} + m_{Ball} + \rho_{Fluid} \cdot A \cdot h)$

$\boxed{F_{ges_L} = F_{Glas} + F_{Ball} + g \cdot \rho_{Fluid} \cdot A \cdot h}$

Auf dem Boden muss also eine gleich große Normalkraft der Gewichtskraft des Glases entgegen wirken.

Die gesamte Gewichtskraft ist die Summe der einzelnen Kräfte. Das resultiert unmittelbar aus der Massenerhaltung. Es ist völlig egal ob er Ball schwimmt, taucht oder sonstwas. Im abgeschlossenen System Glas ist der Ball mit seiner Masse voll enthalten. Somit wirkt auf ihn auch die volle Erdanziehung.

3.2 Beweis

Der Golfball zieht mit der folgenden Kraft am Faden nach oben.
$\rho_{Fluid} > \rho_{Ball}$
$F_{Faden} = -(\rho_{Fluid} - \rho_{Ball}) \cdot V_{Ball} \cdot g$

Die Füllhöhe steigt um Δh.
$\Delta h \cdot A = V_{Ball}$
$\Delta h = \frac{V_{Ball}}{A}$

Der Druck und damit die Kraft auf dem Glasboden steigt hierbei um:
$\Delta F_{Fluid} = \rho_{Fluid} \cdot \Delta h \cdot A \cdot g$
$\Delta F_{Fluid} = \rho_{Fluid} \cdot \frac{V_{Ball}}{A} \cdot A \cdot g$
$\Delta F_{Fluid} = \rho_{Fluid} \cdot V_{Ball} \cdot g$

Die Resultierende aus zusätzlicher Druckkraft und Auftriebskraft ergibt.
$\Delta F_{Boden} = \Delta F_{Fluid} - F_{Faden}$
$\Delta F_{Boden} = \rho_{Fluid} \cdot V_{Ball} \cdot g - (\rho_{Fluid} - \rho_{Ball}) \cdot V_{Ball} \cdot g = \rho_{Ball} \cdot V_{Ball} \cdot g = m_{Ball} \cdot g$

Wie gezeigt ergeben sich aus der Differenz von Zugkraft des Seils und die zusätzliche Kraft durch den erhöhten Bodendruck gerade mal die Gewichtkraft des Golfballs. Der Faden der den Ball unter Wasser hält soll von seiner Masse her vernachlässigt werden.

4 Rechtes Glas

In diesem Fall ist die Angelegenheit etwas komplizierter. Das System Glas ist in sich nicht mehr geschlossen. Zunächst die Gewichtskräfte.

Kräfte im System Glas:
$F_{Glas} = m_{Glas} \cdot g$: Gewichtskraft des leeren Glases.
$F_{Kugel} = m_{Kuge} \cdot g$: Gewichtskraft der Metallkugel ist irrelevant.
$F_{Fluid} = m_{Fluid} \cdot g = \rho_{Fluid} \cdot A \cdot h \cdot g$ Gewichtskraft der Flüssigkeit.

Kräfte im Haltefaden:
$F_{Faden} = m_{Kugel} \cdot g - \rho_{Fluid} \cdot V_{Kugel} \cdot g = (\rho_{Kugel} - \rho_{Fluid}) \cdot V_{Kugel} \cdot g$

Die Kugel ist in der Flüssigkeit eingetaucht. Dadurch verringert sich die Kraft im Haltefaden. Die Kugel verdrängt die Flüssigkeit, wodurch die Füllhöhe zu nimmt.

Die Füllhöhe steigt um Δh.
$\Delta h \cdot A = V_{Kugel}$
$\Delta h = \frac{V_{Kugel}}{A}$

Der Druck und damit die Kraft auf dem Glasboden steigt hierbei um:
$\Delta F_{Fluid} = \rho_{Fluid} \cdot \Delta h \cdot A \cdot g$
$\Delta F_{Fluid} = \rho_{Fluid} \cdot \frac{V_{Kugel}}{A} \cdot A \cdot g$
$\Delta F_{Fluid} = \rho_{Fluid} \cdot V_{Kugel} \cdot g$

$F_{ges_R} = F_{Glas} + F_{Fluid} + \Delta F_{Fluid}$
$F_{ges_R} = F_{Glas} + F_{Fluid} + \rho_{Fluid} \cdot V_{Kugel} \cdot g$

Die Masse bzw. Gewichtskraft der Kugel spielt keinerlei Rolle.

4.1 Beweis

Schwebezustand der Kugel:
Durch das Halteseil wird die Kugel in einem Schwebezustand gehalten. Es wirken keine weiteren Kräft auf das System Glas. Der steigende Wasserdruck wird nicht kompensiert. Es ist so, als ob die Kugel die Dichte der Flüssigkeit besitzt und darin schwebt.
$\rho_{Kugel} > \rho_{Fluid}$
$F_{Kugel} - F_{Faden} = \Delta F_{Fluid}$
$\rho_{Kugel} \cdot V_{Kugel} \cdot g - (\rho_{Kugel} - \rho_{Fluid}) \cdot V_{Kugel} \cdot g = \Delta F_{Fluid}$
$\rho_{Kugel} \cdot V_{Kugel} \cdot g - \rho_{Kugel} \cdot V_{Kugel} \cdot g + \rho_{Fluid} \cdot V_{Kugel} \cdot g = \Delta F_{Fluid}$
$\rho_{Fluid} \cdot V_{Kugel} \cdot g = \Delta F_{Fluid}$

5 Ergebnis

$\rho_{Fluid} > \rho_{Ball}$
$V = V_{Ball} = B_{Kugel}$
$F_{ges_L} = F_{Glas} + F_{Ball} + F_{Fluid}$ Linkes Glas
$F_{ges_R} = F_{Glas} + F_{Fluid} + \rho_{Fluid} \cdot V_{Kugel} \cdot g$ Rechtes Glas

Vergleich:
$F_{Glas} + \rho_{Ball} \cdot V \cdot g + F_{Fluid} < F_{Glas} + F_{Fluid} + \rho_{Fluid} \cdot V \cdot g$

Beweis durch kürzen.
$\rho_{Ball} \cdot V \cdot g < \rho_{Fluid} \cdot V \cdot g$

$\boxed{\rho_{Ball} < \rho_{Fluid} \Rightarrow F_{ges_L} < F_{ges_R}}$

Die Waage neigt sich nach Rechts.