9. Übung zu Physik WS 2019

Ausgabe: 30.11.2019 Prof. D. Suter

1. Käfer

Ein Käfer (*m* = 1 g) rotiert windgeschützt auf der Flügelspitze (*r* = 15 m) einer Windkraftanlage, die für eine Umdrehung *T* = 2 s braucht. Mit welcher Kraft muss sich der Käfer mit seinen kleinen Käferbeinen an dem Flügel festhalten, damit er darauf sitzen bleibt?

Damit der Käfer die Kreisbewegung mitmachen kann, muss er sich mit der dazu notwendigen Radialkraft an der Flügelspitze festkrallen.

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

Über die Geschwindigkeit ist noch nichts bekannt. Die Bewegung ist aber gleichförmig und Weg und Zeit sind bekannt. Der in 2 s zurückgelegte Weg ist der Umfang des gesamten Windrades:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T}$$

Damit erhält man die Radialkraft:

$$F = \frac{m4\pi^2 r^2}{rT^2} = \frac{4\pi^2 mr}{T^2} = 0{,}15\ N$$

Damit muss der Käfer eine Kraft von 0,15 N aufbringen, die dem 15-fachen seines Körpergewichtes entspricht.

2. Corioliskraft

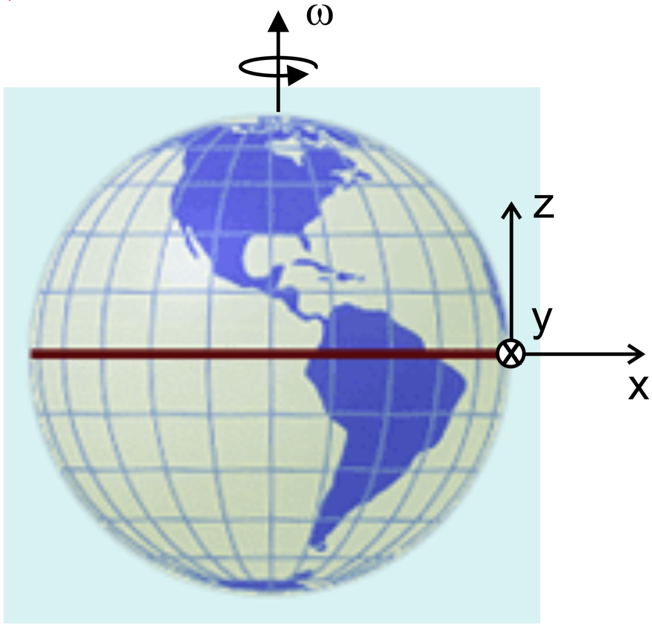
Berechnen Sie Betrag und Richtung der Corioliskraft auf einen Körper der Masse *m*, der sich am Äquator mit Geschwindigkeit *v* in beliebiger horizontaler Richtung bewegt. Beschreiben Sie den resultierenden Effekt auf die Bahnkurve des Körpers.

Die Coriolisbeschleunigung $\vec{a}_c$ lässt sich nach der Formel

$$\vec{a}_c = -2(\vec{\omega} \times \vec{v})$$

berechnen. In der Formel bezeichnen $\vec{\omega}$ die vektorielle Winkelgeschwindigkeit der Rotation des Bezugssystems, deren Betrag angibt, wie schnell das Bezugssystem rotiert, und deren

Richtung die Drehachse ist. Die Geschwindigkeit, mit der sich der Körper im rotierenden Bezugssystem bewegt, wird mit $\vec{v}$ bezeichnet.



Die Winkelgeschwindigkeit ist $\vec{\omega} = (0{,}0, \omega)$ und der Körper bewegt sich in beliebiger horizontaler Richtung $\vec{v}$=$(0, v_y, v_z)$.

$$\vec{a}_c = -2(\vec{\omega} \times \vec{v}) = -2\begin{pmatrix} -\omega v_y \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Damit wirkt die Corioliskraft $\vec{F}_c = m\vec{a}_c$ entlang der *x*-Achse, $F_c = 2m\,\omega v_y$, i.e. weg von der Erdoberfläche. Sie wird deshalb durch die Gegenkraft des Bodens, respektive der Schwerkraft kompensiert und hat somit keine Auswirkung auf die Bahnkurve des Körpers am Äquator.

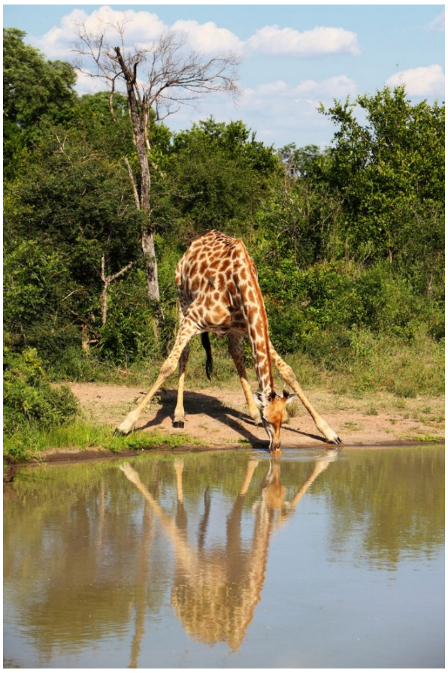
3. Giraffe

Wie trinkt eine Giraffe? Der Kopf der Giraffe befindet sich 1.8m über ihrem Herzen, wobei das Herz 2.0m über dem Boden ist. Der hydrostatische Druck des Blutes im Herzen beträgt 34 000 Pa. Nehmen Sie an, dass die Giraffe aufrecht steht und dass die Dichte des Blutes $1{,}06 \cdot 10^3$ kg/m^3 ist.

a) Berechnen Sie den Blutdruck im Gehirn.

b) Berechnen Sie den Blutdruck in den Fußen.

c) Wie viel größer wäre der Blutdruck im Gehirn, wenn die Giraffe ihren Kopf nun zum Trinken beugt, ohne ihre Beine zu bewegen? (Da dieses Szenario tödlich für die Giraffen wäre, trinken Giraffen immer mit gespreizten Vorderbeinen)



a) Der hydrostatische Druck im Gehirn der Giraffe ist

$$p_F = p_H - \rho g h = 34000\ Pa - 1{,}06 \cdot \frac{10^3 kg}{m^3} \cdot \frac{9{,}8m}{s^2} \cdot 1{,}8\ m = 15302\ Pa$$

b) Der hydrostatische Druck in den Füßen der Giraffe ist

$$p_F = p_H + \rho g h = 34000\ Pa + 1{,}06 \cdot \frac{10^3 kg}{m^3} \cdot \frac{9{,}8m}{s^2} \cdot 2\ m = 54776\ Pa$$

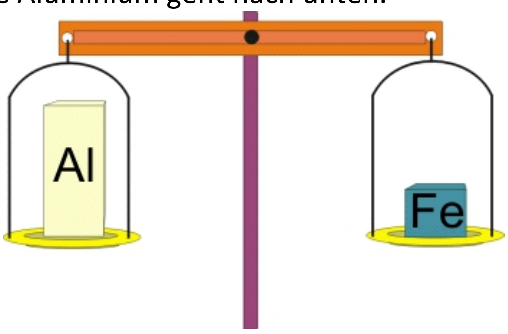
b) Der Blutdruck wurde sich um

$$\Delta p = p_F - p_G = 39474\ Pa$$

erhöhen. Es bleibt zu bemerken, dass der reale Druckanstieg tiefer ist und wohl kaum tödlich wäre. Die Giraffe muss aber diese Stellung beim Trinken einnehmen, da sie sonst das Wasser gar nicht erreichen kann. Die Beine sind 20 cm länger als der Hals. Dies wäre hingegen sehr wohl tödlich.

4. Auftrieb

Auf einer Balkenwaage liegen zwei Körper, die die gleichen Massen, aber unterschiedliche Größen haben. (z.B. Aluminium und Eisen) Die Waage ist im Gleichgewicht.
Was zeigt die Waage an, wenn man sie vollständig unter Wasser taucht?
a) Wie Waage bleibt im Gleichgewicht.
b) Die Waage neigt sich, das Eisen geht nach unten.
c) Die Waage neigt sich, das Aluminium geht nach unten.



Auf jeden Körper, der auf der Waage liegt, wirken zwei Kräfte, die Gewichtskraft nach unten und der Auftrieb nach oben. An der Luft ist auf Grund der geringen Dichte der Luft der

Auftrieb zu vernachlässigen, obwohl er wirkt. Im Wasser sieht das anders aus, Wasser hat eine viel größere Dichte als Luft und der Auftrieb macht sich bemerkbar.

Der Auftrieb hängt vom Volumen des Körpers ab. Je größer dieses ist, um so mehr Wasser wird verdrängt und der Auftrieb steigt. Das Körper aus Aluminium spürt also auf Grund seines größeren Volumens einen größeren Auftrieb als der Eisenkörper. Damit wird er trotz der gleichen Massen mehr nach oben gedrückt und die Waage neigt sich zur Eisenseite.