

# Fragen zu Rotationsbewegungen und Schwerpunkt

## Verständnisfragen

1. Warum ist eine Kreisbewegung immer eine beschleunigte Bewegung?
2. Warum ist die Zentrifugalkraft eine Scheinkraft, die Zentripetalkraft jedoch nicht?
3. Welcher Zusammenhang zwischen Zentrifugal- und Zentripetalkraft besteht in einem Körper, der sich auf einer gleichmäßigen Kreisbahn bewegt?
4. Was geschieht wenn die Zentrifugal- oder Zentripetalkraft größer ist als die jeweils andere?

## Rechenaufgaben

1. Das Ligamentum patellae ist ein ca. 5cm langes Band, welches sich von der Unterseite der Kniescheibe zu seinem Ansatzpunkt an der Vorderseite des Schienbeins zieht. Es dient als Verbindung zum Musculus quadriceps femoris, dem großen Beinstrecker, der für die Streckung des menschlichen Beines sorgt. Die Kniescheibe hat eine Dicke von etwa 1cm. Stark vereinfacht lässt sich dieses Konstrukt als ein Dreieck ansehen. Berechnen Sie das Drehmoment, das auf das Schienbein ausgeübt wird, wenn an der Ligamentum patellae mit 3N gezogen wird. Warum ist die Kniescheibe ein wichtiger Bestandteil des Kniegelenks?
2. Sie möchten eine Blutprobe zentrifugieren. Zur Verfügung stehen Ihnen zwei Zentrifugen jeweils mit der RZB (Relative Zentrifugalbeschleunigung) von 18109,37 und 27164,05. Die RZB berechnet sich folgendermaßen:  $RZB = \frac{4\pi^2}{g} r f^2$  wobei g die Erdbeschleunigung, r der Radius der Zentrifuge und f die Frequenz ist. Mit welcher Zentrifuge wird die Auftrennung des Blutes schneller erfolgen? Begründen Sie Ihre Antwort.
3. Eine Probe eines Stoffes soll aufzentrifugiert werden. Sie nutzen dazu eine Zentrifuge mit einer Umdrehungszahl von  $f = 18000 \frac{1}{min}$  und einem Durchmesser von 10cm am Einsteckpunkt des Probentubes. Der Tube ist 5cm lang, hat einen Durchmesser von 0,8cm und ist bis zu einer Höhe von 3,8cm mit Flüssigkeit gefüllt. Während des Zentrifugierens ist der Tube um  $\alpha = 45^\circ$  gegen die Senkrechte geneigt.

- a) Berechnen Sie die am oberen und unteren Ende der Flüssigkeit wirkende Radialbeschleunigung. Nehmen Sie dazu an, dass die Aufhängung des Tubes an seinem Mittelpunkt erfolgt.
- b) Ein Wassermolekül wiegt etwa  $3 \cdot 10^{-23} \text{ g}$ . Berechnen Sie die auf das Molekül wirkende Fliehkraft am oberen und unteren Ende der Flüssigkeit.
- c) Berechnen Sie den Betrag der Kraftkomponente, die in Richtung der Symmetrieachse des Tubes zeigt an beiden Punkten.
- d) Das Hauptgewinde, an dem die Zentrifuge in ihrem Mittelpunkt aufgehängt ist erträgt eine seitliche Scherkraft von 1000N. Berechnen Sie die seitlich wirkende Kraft, die bei der Zentrifugation des Tubes auf das Hauptgewinde entsteht. Nehmen Sie dazu einen zylinderförmigen Tube mit einer Masse von 5g und eine Dichte Ihrer Probe von  $0,98 \text{ g/cm}^3$  an. Warum ist es wichtig, bei Zentrifugen auf eine symmetrische Bestückung zu achten?
4. Sie haben auf dem Flohmarkt eine altertümliche Balkenwaage gekauft. Leider ist diese nicht ganz austariert: Ihr Auflagepunkt liegt nicht genau in der Mitte des Waagenbalkens, sondern ist um 2,3mm gegen diesen verschoben. Zusätzlich ist aus der Waagschale am längeren Balkenstück ein Stück herausgebrochen, weshalb diese 4g leichter ist als ihr Gegenstück. Die Schalen sollten jeweils 50g wiegen. Nehmen Sie an, der Waagbalken habe eine einfache Kantholzform und eine Länge von 15cm.
- a) Bestimmen Sie die Lage des Schwerpunkts des Waagschalen-Waagbalken-Systems.
- b) Sie möchten die Unstimmigkeit nun mit kleinen Gewichten ausmerzen. Wie viel Gewicht müssen Sie in welche Waagschale geben?
5. Ein Schwirrholz ist eine flache, ovale oder quaderförmige Scheibe aus Holz oder Knochen, die an einem Seil kreisförmig um den Nutzer geschwungen wird. Durch die vorbeiströmende Luft wird die Scheibe in Rotation und Schwingung versetzt und erzeugt einen tiefen, brummenden Ton. Das Gerät wird noch heute von den Aborigines und Ureinwohnern Nordamerikas zur Kommunikation über weite Strecken eingesetzt, da sein durchdringender Ton weithin zu hören ist. Die Tonhöhe kann durch die Rotationsgeschwindigkeit variiert werden. Nehmen Sie an, die Masse eines solchen Schwirrholzes beträgt 480g und es hat eine Abmessung von 2cm x 7cm x 25cm. Die Schnur, an der es mit seiner kleinsten Seitenfläche angebracht ist, wird der Einfachheit halber als masselos angenommen.
- a) Das Trägheitsmoment einer Masse  $m$  im Abstand  $r$  von seiner Rotationsachse beträgt  $\theta = mr^2$ . Das Schwirrholz wird nun in einem Kreis mit einem Durchmesser von 2,5m mit einer Frequenz von 180Hz geschwungen. Bestimmen Sie den Drehimpuls des Systems.
- b) Der Durchmesser des Kreises wird nun während des Schwingens durch ein Verkürzen der Schnur auf 2m reduziert. Wie verändert sich die Rotationsfrequenz?

- c) Die Rotation des Schwirrholzes um sich selbst beträgt typischerweise etwa 80Hz. Das Trägheitsmoment eines um eine seiner Symmetrieachsen rotierenden Quaders beträgt  $\theta = \frac{1}{12}m(a^2 + b^2)$  wobei a und b die Längen der Quaderseiten sind, zu denen die Rotationsachse nicht parallel liegt. Bestimmen Sie die Rotationsenergie des Schwirrholzes um sich selbst und des Schwirrholzes um den Kreismittelpunkt. Welche Energie überwiegt?