MINT Lernstudio Kamm

PHYSIK | IN DEPTH | KLASSE 10 · MECHANIK

Drehmoment und Drehimpuls

Warum sich der Drehstuhl schneller dreht, wenn man die Arme anzieht

Video auf YouTube

Spickzettel · S. 1 | **Aufgaben · S. 2** | **Lösungen · S. 4**

Zum Austeilen ohne Lösungen: vor Seite 4 aufhören.

Bildungsplan Baden-Württemberg: Vertiefung zu 3.3.5.3 Erhaltungssätze (Klassen 9/10)

Spickzettel: Drehimpuls

Jede Größe der geradlinigen Bewegung hat ein Gegenstück bei der Drehung

1 Translation und Rotation im Vergleich

Video 0:43

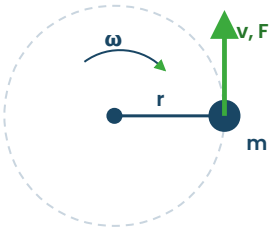
geradlinig (Translation)	Drehung (Rotation)	Video
Kraft F	**Drehmoment** $M = r \cdot F$ (F senkrecht zu r)	1:25
Masse m	**Trägheitsmoment** $J = m \cdot r^2$ (Punktmasse)	4:14
Geschwindigkeit v	Winkelgeschwindigkeit ω, $v = r \cdot \omega$	3:32
Beschleunigung a	Winkelbeschleunigung $\alpha = \Delta\omega / \Delta t$	3:54
$F = m \cdot a$	$M = J \cdot \alpha$	4:14
Impuls $p = m \cdot v$	**Drehimpuls** $L = m \cdot r \cdot v = J \cdot \omega$	5:38
$\Delta p = F \cdot \Delta t$	$\Delta L = M \cdot \Delta t$	4:56

2 Wo die Masse sitzt, zählt

Das Trägheitsmoment hängt **quadratisch** vom Abstand zur Achse ab. Doppelter Abstand heißt vierfaches Trägheitsmoment.

MERKE: DREHIMPULSERHALTUNG

Wirkt von außen kein Drehmoment, bleibt L konstant:
$J_1 \cdot \omega_1 = J_2 \cdot \omega_2$



Kraft senkrecht zum Radius erzeugt ein Drehmoment

© Felix Kamm · mint-lernstudio.de · Lizenz CC BY-NC-SA 4.0: frei für Unterricht und Lernen, nicht kommerziell

3 Der Pirouetteneffekt

Video 5:59

Zieht die Person auf dem Drehstuhl die Arme an, rücken Hände und Gewichte näher an die Achse: J wird kleiner. Weil L erhalten bleibt, muss ω größer werden. Sie dreht sich schneller, ohne dass jemand anschiebt. Genauso: die Eiskunstläuferin, der Turmspringer, der sich für die Salti zusammenrollt.

TYPISCHE FEHLER

- ✗ Drehmoment mit einer Kraft verwechselt, die nicht senkrecht zum Radius steht. Es zählt nur der senkrechte Anteil.
- ✗ Das Quadrat in $J = m \cdot r^2$ vergessen.
- ✗ „Die Person erzeugt beim Anziehen ein Drehmoment." Nein: Ohne äußeres Drehmoment bleibt L gleich, nur die Massenverteilung ändert sich.

Übungsaufgaben: Drehimpuls

Vier Aufgaben, drei Anforderungsbereiche

AFB I wiedergeben · AFB II anwenden · AFB III übertragen und beurteilen. Erst selbst lösen, dann nachsehen.

Aufgabe 1 AFB I

Du ziehst eine Schraube mit einem 25 cm langen Schraubenschlüssel an und drückst am Ende senkrecht mit 40 N. Berechne das Drehmoment. Wie ändert es sich bei einem halb so langen Schlüssel?

Aufgabe 2 AFB II

Eine kleine Kugel ($m = 2$ kg) kreist an einer Schnur mit $r = 0{,}5$ m und $\omega = 4\ s^{-1}$. Berechne Trägheitsmoment und Drehimpuls.

Aufgabe 3 AFB II

Eine Person auf einem Drehstuhl hat mit ausgestreckten Armen $J_1 = 4{,}0\ kg \cdot m^2$ und dreht sich mit $\omega_1 = 2{,}0\ s^{-1}$. Mit angezogenen Armen ist $J_2 = 2{,}5\ kg \cdot m^2$. Berechne ω_2.

© Felix Kamm · mint-lernstudio.de · Lizenz CC BY-NC-SA 4.0: frei für Unterricht und Lernen, nicht kommerziell

Aufgabe 4 AFB III

Die Bewegungsenergie einer Drehung ist $E = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2$. Berechne sie für Aufgabe 3 vorher und nachher. Der Drehimpuls bleibt gleich, die Energie nicht. Erkläre, woher die zusätzliche Energie kommt.

SELBSTCHECK: ICH KANN …

- ☐ zu jeder Größe der Translation das Gegenstück der Rotation nennen.
- ☐ Drehmoment, Trägheitsmoment und Drehimpuls berechnen.
- ☐ den Pirouetteneffekt mit der Drehimpulserhaltung erklären.

© Felix Kamm · mint-lernstudio.de · Lizenz CC BY-NC-SA 4.0: frei für Unterricht und Lernen, nicht kommerziell

Lösungen

Vollständige Rechenwege

Aufgabe 1: $M = r \cdot F = 0{,}25\ m \cdot 40\ N =$ **10 Nm**. Mit halbem Hebel nur noch 5 Nm. Für dasselbe Drehmoment bräuchte man 80 N.

Aufgabe 2: $J = m \cdot r^2 = 2\ kg \cdot (0{,}5\ m)^2 =$ **0,5 kg·m²**. $L = J \cdot \omega = 0{,}5\ kg{\cdot}m^2 \cdot 4\ s^{-1} =$ **2 kg·m²/s**.

Aufgabe 3: $J_1 \cdot \omega_1 = J_2 \cdot \omega_2 \rightarrow \omega_2 = 4{,}0 \cdot 2{,}0 \,/\, 2{,}5\ s^{-1} =$ **3,2 s⁻¹**.

Aufgabe 4: Vorher $E_1 = ½ \cdot 4{,}0 \cdot 2{,}0^2\ J =$ **8,0 J**, nachher $E_2 = ½ \cdot 2{,}5 \cdot 3{,}2^2\ J =$ **12,8 J**. Die zusätzlichen 4,8 J stammen aus der Arbeit der Armmuskeln: Beim Anziehen müssen die Arme gegen die Fliehkraft nach innen gezogen werden. Diese Arbeit steckt danach in der schnelleren Drehung.

Alles verstanden? Probier es selbst auf einem Bürostuhl aus: Arme raus, anschubsen lassen, Arme anziehen.

Mehr dazu, alle Videos und alle Blätter: mint-lernstudio.de/beitraege/drehimpuls

© Felix Kamm · mint-lernstudio.de · Lizenz CC BY-NC-SA 4.0: frei für Unterricht und Lernen, nicht kommerziell