

Physikpraktikum

Versuch 2) Stoß

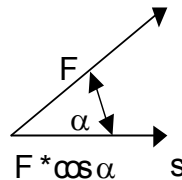
Vorbereitung:

Definition von:

Arbeit: wenn eine Kraft einen Körper auf einem bestimmten Weg verschiebt, so verrichtet sie am Körper Arbeit

$$\begin{aligned} \text{Arbeit} &= \text{Kraft} * \text{Weg} \quad W = F * S = N * m = \text{Joule (J)} \\ &= W * s = \frac{\text{kg} * \text{m}^2}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

Beachte: Kraft- und Wegrichtung müssen gleich sein (sonst Gleichung 2 benutzen)
Kraft muß während des Vorganges konstant bleiben (sonst Gleichung 3)
Bilden Kraft und Wegrichtung 90° Winkel, dann nur mit Kraft in Weg-Richtung multiplizieren



$$\text{Gleichung 2: } W = F * s * \cos \alpha$$

$$\text{Gleichung 3: } \int_{S1} F * ds$$

Kinetische Energie: um einen Körper zu beschleunigen und ihn auf eine bestimmte Geschwindigkeit zu bringen, muß Arbeit verrichtet werden. Diese ist dann in Form von kinetischer Energie in ihm gespeichert.

$$E_k = \frac{m * v^2}{2}$$

bei Änderung der Geschwindigkeit

$$\Delta E_k = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2)$$

Potentielle Energie: um den Abstand eines Körpers vom Erdmittelpunkt zu vergrößern, ihn zu heben, muß Arbeit verrichtet werden. Diese ist dann in Form von potentieller Energie im Körper gespeichert

$$E_p = m * g * h$$

Leistung: unter der Leistung P versteht man das Verhältnis der verrichteten Arbeit zur benötigten Zeit

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} \quad \frac{\text{J}}{\text{s}} = \frac{\text{kg} * \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

Kraftstoß: eine Änderung des Impulses kann (bei konstanter Masse) nur durch eine Geschwindigkeitsänderung erfolgen und dies ist in jedem Falle die Folge einer Kraftwirkung

$$\text{beschl. konst. Kraft } F = m * a = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\text{Impulsänderung } \Delta p = m * \Delta v = F * \Delta t = I$$

$$N * s = \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}} * N * s = \text{kg} * \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

das Produkt $F * \Delta t$ heißt Kraftstoß. Es ist gleich der erzielten Impulsänderung t_2

$$\text{wenn sich Kraft ändert } \Delta p = m \cdot \Delta v = \int_{t_1} F \cdot dt$$

Impuls:

unter dem Impuls p (Bewegungsgröße) eines Körpers versteht man das Produkt aus seiner Masse und seiner Geschwindigkeit

der Impuls ist eine vektorielle Größe

er hat die Richtung der Geschwindigkeit

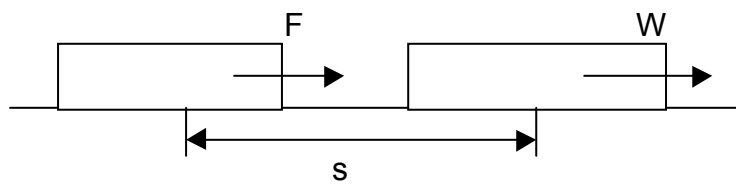
$$p = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} = \text{N} \cdot \text{s}$$

$$p = m \cdot v$$

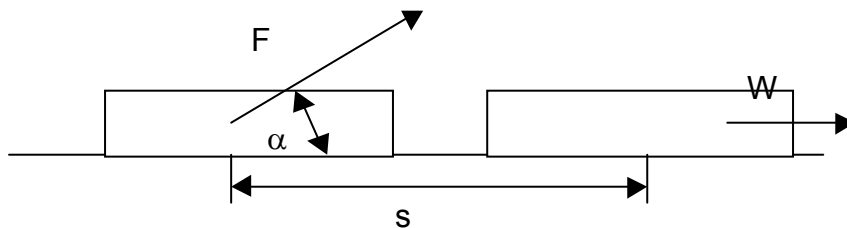
Beispiele zu Größen:

Arbeit: $W = F \cdot \cos \alpha$

Wenn Arbeit in gleiche Richtung zeigt wie Kraft, dann $\alpha = 0$, somit gilt Kraft mal Weg



Wenn $\alpha > 0$



$$W = F \cdot s$$

$$W = 1000 \text{ N} \cdot 2 \text{ m}$$

$$W = 2000 \text{ N} \cdot \text{m} = 2000 \text{ J}$$

$$W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

$$W (\text{bei } \alpha = 0) = 1000 \text{ N} \cdot 2 \text{ m} \cdot \cos 0$$

$$W = 2000 \text{ N} \cdot \text{m} = 2000 \text{ J}$$

$$W (\text{bei } \alpha = 45) = 1000 \text{ N} \cdot 2 \text{ m} \cdot \cos 45$$

$$W = 1414,21 \text{ J}$$

Arbeit kleiner, da Kraft nicht in Bewegungsrichtung wirkt

Energieerhaltungssatz: von Robert Mayer formuliert; Energie kann nicht verschwinden oder entstehen
- Energiesumme im geschlossenen System ist konstant

Energieerhaltungssatz der Mechanik:

- in einem abgeschlossenen mechanischen System bleibt die Summe der mechanischen Energie (potentielle und kinetische Energie einschließlich der Rotationsenergie) konstant

$$E_p + E_k + E_r = E_{\text{ges}} = \text{konstant} \text{ (gilt nur bei elastischen Stoß)}$$

Impulserhaltungssatz: der Gesamtimpuls eines abgeschlossenen Systems (es wirken keine äußeren Kräfte) ist konstant

$$p_1 + p_2 + p_3 + \dots = p_{\text{ges}} = \text{konstant}$$

Beachte: **der Gesamtimpuls ist die Vektorsumme der Einzelimpulse**
 soll der Gesamtimpuls konstant bleiben, dann muß die Vektorsumme aller
 Impulsänderungen null sein

Was versteht man unter einem Stoß?

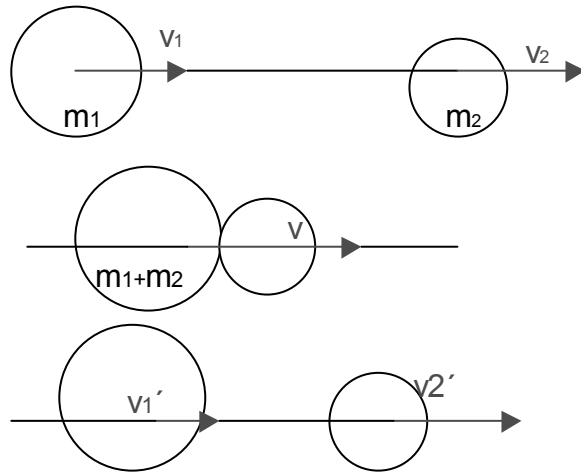
Als Stoß bezeichnet man das Zusammenprallen von zwei Körpern. Während der Berührung beider findet ein Energie- und Impulsaustausch statt. Nach dem Stoß haben beide Körper nach Betrag und Richtung veränderte Geschwindigkeiten. Bei einem geraden zentralen Stoß bewegen sich die Massenmittelpunkte beider Körper auf einer gemeinsamen Geraden. Die Wechselwirkungskräfte während des Stoßes wirken parallel zur Bewegungsrichtung.

Stoßarten

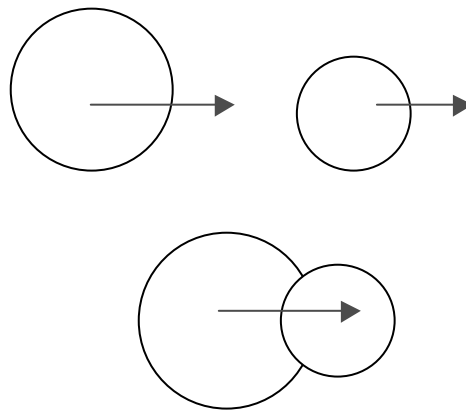
Elastischer Stoß	Unelastischer Stoß	Teilelastischer Stoß
Ist der Stoß elastisch, so bewegen sich beide Körper während einer kurzen Berührungsphase mit der gemeinsamen Geschwindigkeit v ; dann stoßen sie sich aufgrund ihrer Elastizität ab und bewegen sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten	Sind die an einem Stoßvorgang beteiligten Körper unelastisch, so verformen sie sich an den Berührungsstellen und bewegen sich dann mit gemeinsamer Geschwindigkeit weiter; die Trennung erfolgt nicht	Elastischer und unelastischer Stoß sind idealisierte Vorgänge. Bei allen realer Stoßvorgängen wird ein mehr oder weniger großer Teil der Energie durch Reibungsvorgänge im Inneren der Körper und kleinere Verformungen aufgezehrt. Von der Verformungsarbeit beim unelastischen Stoß $W = E_1 - E_2$ wird ein Teil $(E_1 - E_2)k^2$ wieder in kinetische Energie zurückverwandelt
nach Impulssatz $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ Umgestellt ergibt;	Wenn: $\Delta E = \text{Energieverlust beim teilel. Stoß}$
Oder $m_1 (v_1 - v_1') = m_2 (v_2 - v_2')$	$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$	$m_1 = \text{Masse des Körper 1}$ $m_2 = \text{Masse des Körper 2}$
Nach dem Energiesatz; $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$	Nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie ist die Bewegungsenergie nach dem Stoß kleiner als vor dem Stoß. Weil ein Teil der Energie für die Verformung der unelastischen Körper benötigt wird.	$v_1 = \text{Geschw. Körper 1 vor Stoß}$ $v_2 = \text{Geschw. Körper 2 vor Stoß}$ $v_1' = \text{Geschw. Körper 1 nach Stoß}$ $v_2' = \text{Geschw. Körper 2 nach Stoß}$ $k = \text{Stoßzahl, Stoßparameter}$ dann gilt für;
Oder $m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 (v_2^2 - v_2'^2)$	Wenn: $\Delta E_1 \sum \text{der Bewegungsenergien beider Körper vor dem Stoß}$	$\Delta E = (E_1 - E_2) - (E_1 - E_2) k^2$ oder $\Delta E = (E_1 - E_2) (1 - k^2)$ mit (**)
Klammern aufgelöst, Impulssatz eingesetzt ergibt $v_1 + v_1' = v_2 + v_2'$	$\Delta E_2 \sum \text{der Bewegungsenergien beider Körper nach dem Stoß}$	$\Delta E = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (v_1 - v_2)^2 (1 - k^2)$
Die Summe der Geschwindigkeiten ist für jedem am Stoß beteiligten Körper gleich groß $v_2' = v_1' + v_1 - v_2$ und $v_1' = v_2 + v_2' - v_1$	$\Delta E = \text{Energieverlust} = \text{Verformungsarbeit } W$	Infolge des Energieverlustes v nach dem teilelastischen Stoß kleiner als nach dem elastischen Stoß. $(v_1 - v_2)k = v_2' - v_1'$
Nach einsetzen des umgeformten Impulssatzes ergibt sich; $m_1 (v_1 - v_1') = m_2 (v_1 + v_1' - v_2 - v_2')$ und $m_1 (v_1 - v_2 - v_2' + v_1) = m_2 (v_2' - v_2)$	Dann gilt; $E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$	$v_1' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2 - (v_1 - v_2) m_2 k}{m_1 + m_2}$
Aufgelöst nach v_1' und v_2' $(*) v_1' = \frac{(m_1 - m_2) v_1 + 2 m_2 v_2}{m_1 + m_2}$	$E_2 = \frac{(m_1 + m_2) V^2}{2}$	$V_2' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2 - (v_1 - v_2) m_1 k}{m_1 + m_2}$
	Ersetzt man v durch (*), so folgt nach Umformung;	Elastischer Stoß und unelastischer Stoß sind Sonderfälle des teil. Stoß.
	$W = E_1 - E_2 = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (v_1 - v_2)^2$ (**)	$k = 0 = \text{unelastisch}$ $0 < k < 1 = \text{teilelastisch}$
	Geschwindigkeiten in Gegenrichtung sind negativ	$k = 1 = \text{elastisch}$ die Stoßzahl k ist gewissermaßen ein Grad für die Elastizität
		Experimentelle Bestimmung; Kugel auf eine Platte gleichen Materials

(*) $v_2' = \frac{(m_2 - m_1) v_2 + 2m_1 v_1}{m_2 + m_1}$		fallen und zurückprallen $k = \sqrt{h_2/h_1}$
Geschwindigkeiten in Gegenrichtung sind negativ		k ist keine reine Materialkonstante sondern auch von v_1 abhängig
Energiesumme ist vor und nach Stoß gleich, Körper erfahren keine bleibende Verformung		

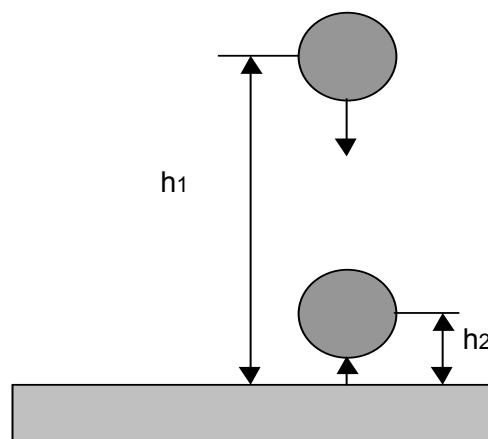
Elastischer Stoß



Unelastischer Stoß



Stoßzahl k



h_1 = Fallhöhe

h_2 = Rückprallhöhe

dann gilt mit $v_2 = 0$ und $m_2 \gg m_1$ entsprechend (***) $k = -v_1'/v_1$. Mit $v = \sqrt{2gh}$ folgt daraus $k = \sqrt{2gh_2} / \sqrt{2gh_1}$

und schließlich $k = \sqrt{h_2/h_1}$

Fehlerbetrachtung

$$\Delta k = \left| \frac{1}{x_0} \right| \Delta x_2 + \left| -\frac{1}{x_0} \right| \Delta x_1 + \left| \frac{x_2 - x_1}{x_0^2} \right| * \Delta x_0 \quad \Delta x = 0,1?$$

$$\Delta k' = \left| \frac{2}{x_0} \right| \Delta x_2 + \left| \frac{2 * x_2}{x_0^2} \right| \Delta x_0$$

Die Stoßzahl k kann auch als Maß für die beim Stoß verlorengegangene kinetische Energie angesehen werden.

$K \neq 0$ d.h. kinetische Energie wird als Verformungsenergie abgegeben (Achtung: nicht alle)

K nahe Wert 1 d.h. Stoß ist elastisch, aber auch nicht ganz, Teil der kinetischen Energie bleibt erhalten, nur geringer Teil als Verformungsenergie

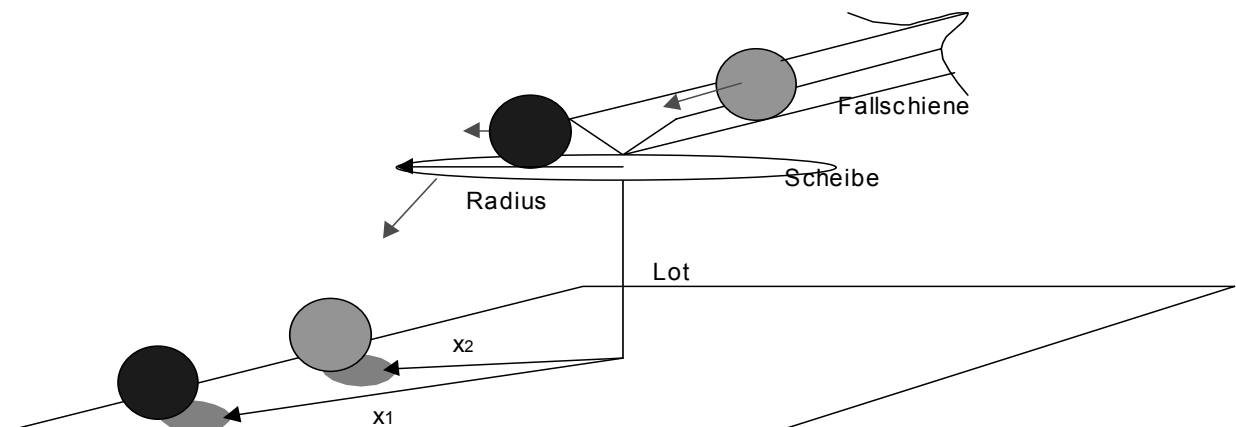
$$k = (x_2 - x_1) / x_0$$

$$k' = 2 (x_2 / x_0) - 1$$

Auswertung $k = k \pm \Delta k$

$$k' = k' \pm \Delta k'$$

Versuchsaufbau



Weshalb ist die Fallweite einer Kugel der Geschwindigkeit beim Abgang von der Scheibe proportional?

$$x = v_0 * t$$

desto höher v_0 desto größer der Wert für x und somit eine größere Verschiebung der Parabel

Berechnung der Radius: $r_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} * x_0$

$$r_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} * x_0$$

Protokollaufbau:

Betreuer

Mitarbeiter

Aufgabenstellung

Apparatur

Durchführung (Aufgaben abarbeiten)

Fehlerbetrachtung

Auswertung