

Serie 9 : Impuls und Stösse

Ziele der Serie :

- 1) Kenntnis und Benutzung des ein- und zweidimensionalen Impulserhaltungsgesetzes.
- 2) Verstehen des Unterschieds zwischen elastischem und unelastischem Stoss.
- 3) Anwenden des zweiten Newtonschen Gesetzes um die Bewegung eines Objektes mit veränderbarer Masse wie einer Rakete zu beschreiben.
- 4) Wissen und Verstehen der kinetischen Rotationsenergie.
- 5) Anwenden des zweiten Newtonschen Gesetzes der Rotationen, mit dem Drehimpuls ausgedrückt.

Üb 1: Eishockey

Arthur, ein Eishockeyspieler mit dem Gewicht 756 N, bewegt sich mit der Geschwindigkeit 13 m/s. Bastien (Gewicht 900 N) bewegt sich mit 18 km/h auf Arthur zu. Nach dem Zusammenstoss bewegt sich Arthur mit 2.5 m/s. Die von aussen durch das Eis während dem Zusammenstoss einwirkenden Kräfte werden vernachlässigt.

- a) Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich Bastien unmittelbar nach dem Zusammenstoss?
- b) Berechnen Sie die Veränderung der gesamten kinetischen Energie der beiden Eishockeyspieler.
- c) Welches Resultat würde man bei einem elastischen Stoss erhalten, wenn beide Eishockeyspieler das gleiche Gewicht hätten und (i) die gleiche Geschwindigkeit mit entgegengesetzter Richtung und (ii) der eine vor dem Stoss sich nicht bewegen würde?

Üb 2: Bowling

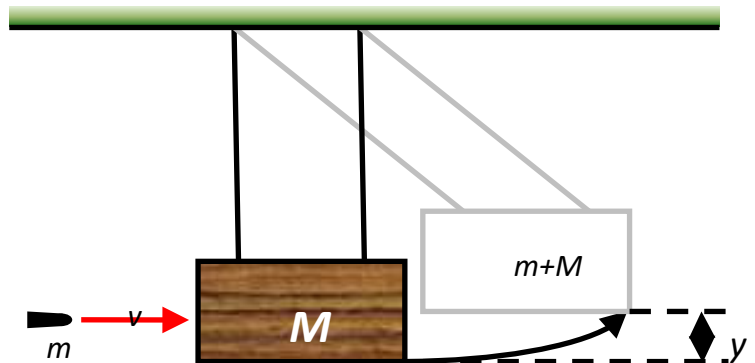
Um beim Bowling einen «tough split » zu erhalten (d.h. einer oder mehrere Kegel werden vom ersten Kegel, der von der Kugel berührt worden ist, umgeworfen), darf der erste Kegel nur auf einer Seite von der Kugel berührt werden. Wir nehmen an, dass die Kugel eine Anfangsgeschwindigkeit von 13 m/s hat und dass deren Masse fünf Mal grösser ist als die Masse eines Kegels. Nach dem Zusammenstoss bewegt sich der Kegel mit einem Winkel von 75° zur ursprünglichen Bewegungsrichtung der Kugel. Der Zusammenstoss soll vollkommen elastisch sein.

- a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Kegels und der Kugel nach dem Zusammenstoss.
- b) Berechnen Sie den Ablenkungswinkel der Kugel nach dem Stoss (Winkel zur ursprünglichen Bewegungsrichtung).

Üb 3: Ballistisches Pendel

Mit einem ballistischen Pendel kann die Geschwindigkeit eines Geschosses bestimmt werden (siehe Abbildung). Das Geschoss mit der Masse m dringt in einen Holzblock mit der Masse M ein (unendlich schnell). Nach dem vollkommen unelastischen Stoss bleibt das Geschoss im Holzblock stecken und beide zusammen bewegen sich auf eine maximale Höhe y .

Wie gross ist die Geschwindigkeit v des Geschosses, wenn die Werte von y , m und M bekannt sind?



Üb 4: Raketenantrieb

Man betrachtet eine 13'000 kg schwere Rakete, die 8'600 kg Treibstoff transportiert. Es wird angenommen, dass während dem Antrieb die Gravitationskraft vernachlässigt werden kann und dass die Geschwindigkeit des ausgestoßenen Materials (d.h. der verbrannte Treibstoff) nicht von der Zeit abhängt.

- Drücken Sie v_{ex} , die Treibstoffgeschwindigkeit, d.h. die Geschwindigkeit des ausgestoßenen Materials im Bezugssystem der Rakete, aus als Funktion der Treibstoffgeschwindigkeit v_{fuel} und der Geschwindigkeit der Rakete im Bezugssystem eines Beobachters.
- Bestimmen Sie die Endgeschwindigkeit der Rakete v_{finale} als Funktion von v_{ex} , wobei angenommen wird, dass die Anfangsgeschwindigkeit der Rakete gleich Null ist.

Üb 5: Starwars

Während einer Schlacht, muss Luke Skywalker mit seinem „X-wing Starfighter“ ($m_0=10'000\text{kg}$ inkl. Treibstoff) ein Manöver vollbringen, das einer 90° -Bahnkurve mit Radius $R=10\text{ km}$ mit konstanter Geschwindigkeit ($1'000\text{m/s}$) entspricht. Das einzige Hilfsmittel besteht aus einem chemischen Antrieb, wobei ein Gases mit relativer Geschwindigkeit $v_{rel}=5\text{km/s}$ ausgestossen wird.

- Es wird angenommen, dass der Gasdurchfluss genügend ist, um von Mars abzuheben. Bestimmen Sie die Schwerkraft, drücken Sie sie in Einheiten von g aus ($R_M=3'400\text{ km}$, $M=0.6 \cdot 10^{24}\text{kg}$). Wie gross ist der minimale notwendige Gasdurchfluss?
- Machen Sie eine Skizze mit der auf den Starfighter einwirkenden resultierende Kraft in der 90° Bahnkurve und bestimmen Sie den Betrag (algebraischen Ausdruck). Wie lange dauert es mindestens, um dieses Manöver zu realisieren?
- Bestimmen Sie die maximale Masse des Gases, die aus dem Starfighter während dieses Manövers ausgestoßen werden muss. Skizzieren Sie die Masse des Fahrzeugs in Funktion der Zeit.

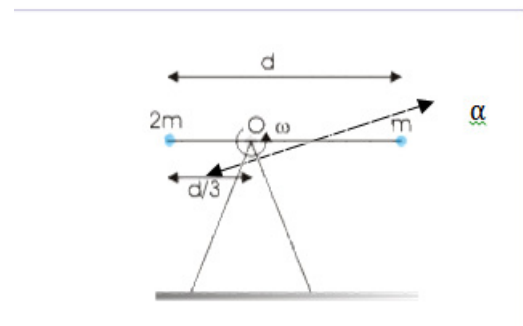
Üb. 6 : Einführung in den Drehimpuls

Frei bewegliche Massen :

- Drücken Sie die kinetische Energie einer Punktmasse auf einer Kreisbahn in Funktion des Drehimpulses aus.
- Eine Punktmasse bewegt sich geradlinig und gleichförmig. Beschreiben Sie die zeitliche Änderung des Impulses bezogen auf einen Punkt der nicht zur Bahn der Bewegung gehört.
- Zeigen Sie für zwei Punktmassen mit gleich grossem aber entgegengesetzt gerichtetem Impuls und die sich auf beliebigen Bahnen bewegen, dass der gesamte Drehimpuls nicht vom Bezugssystem abhängt.

Massen mit einwirkenden Kräften:

- Zwei Punktmassen m und $2m$ sind an einer masselosen Stange mit der Länge d befestigt. Gemäss Abbildung befindet sich der Drehpunkt in O . Die Stange kann sich frei um diesen Drehpunkt bewegen. Wenn ω die Winkelgeschwindigkeit ist, wie gross ist der Drehimpuls der beiden Massen um die Rotationsachse? Zeigen Sie, dass der Drehimpuls für jeden beliebigen Winkel α erhalten bleibt.



Üb 7 : Drehimpuls eines konischen Pendels

Diese Figur haben Sie bereits in der Vorlesung gesehen. Eine Kugel (Position 1, punktförmige Masse) hängt an einem Faden, dessen Masse vernachlässigt werden kann und bewegt sich mit der Winkelgeschwindigkeit ω_1 auf einem Kreis. Eine Person zieht an der Schnur, bis die Kugel die Position 2 angenommen hat, wo sie sich mit der Winkelgeschwindigkeit ω_2 bewegt.

- Bleibt der Drehimpuls erhalten?
- Wie verändert sich die Winkelgeschwindigkeit, wenn $R_2 < R_1$?
- Bei welcher Position wird die Kugel die grösste kinetische Energie haben? Welche Kraft übt die notwendige Arbeit aus um diese Position zu erreichen? Berechnen Sie diese Arbeit in Funktion von R_1 , R_2 , h_1 und h_2 .

