Collisions

Mécanique, cours 12.1

Jean-Philippe Ansermet

http://go.epfl.ch/traite-meca-1-12

EPFL

Collisions

- Définitions
- Quantité de mouvement conservée
- Energie cinétique, pas forcément
- Impacts

Mécanique | 2013 6

Hallo, willkommen zur Vorlesung Allgemeine Physik der EPFL. In dieser Lektion möchte ich Ihnen zeigen wie man die Impulserhaltung und die Energieerhaltung einsetzen kann um eine Analyse von einem Stoss zwischen zwei Massepunkte durch zu führen. Zuerst werde ich was ich mit "Stoss" als Physiker meine klar machen. Dann schaue ich einen speziellen Stoss an mit Hilfe der Impulserhaltung. Damit werden wir merken, dass es Fälle gibt wo die kinetische Energie nicht erhalten wird. Am Schluss erkläre ich ein Modell für Stösse wo Körper innerhalb von sehr kurzer Zeit zusammen prallen.

Notes

Summary

0m 04s

Définitions

Collision :
- interaction mutuelle entre deux objets,
- sans qu'il n'y ait nécessairement impact,
- interaction négligeable quand les objets sont éloignés.

Collision élastique :
- Même valeur de l'énergie cinétique avant et après ('conservée')

Collision inélastique :
- Énergie cinétique pas conservée

Mécanique | 2013 12

Ich beginne mit der Definition von einem Stoss. Ich betrachte zwei Massepunkte die mit einander während eine gewisse Zeit interagieren. Einen Zusammenprall ist nicht nötig, da wirkt einfach eine Kraft zwischen den beiden Punkten. Ich behaupte, dass wenn sich die Massepunkte weit von einander befinden, die Interaktion zwischen den beiden vernachlässigbar wird. Darum kann ich einen Anfangszustand definieren sowie einen Endzustand: es gibt einen Moment wann diese Interaktion stattfindet. Ich unterscheide zwei Typen von Stössen. Zuerst die elastische Stösse : bei denen ist die kinetische Energie am Ende dieselbe wie die am Anfang. Man sagt, dass die Energie erhalten ist. Wenn dies nicht der Fall ist, spricht man von unelastischen Stössen.

Notes

Summary

0m 57s

Conservation de la quantité de mouvement

Troisième loi de Newton, système isolé :

$$\frac{d\boldsymbol{p}}{dt} = \boldsymbol{F}^{1\to 2} + \boldsymbol{F}^{2\to 1} = 0$$

$$\boldsymbol{p}_i = \boldsymbol{p}_f$$

- C'est une propriété fondamentale des forces.
- C'est une symétrie fondamentale.

Mécanique | 2013 18

Nun benutzen wir die Erhaltung vom Impuls. Zuvor möchte ich Sie daran erinnern dass uns das dritte newtonsche Gesetz klar machte, dass wenn ein System aus zwei Körper besteht, bzw. aus zwei Punkten die miteinander interagieren, die Summe der Kräfte null ist. Wenn ich ein abgeschlossenes System betrachte, wird der Impuls mit dem zweiten Gesetz beschrieben. Wenn da nur interne Kräfte wirken die sich gegenseitig aufheben, hat man dp über dt gleich null. Dies heisst, dass der Impuls konstant bleibt. In unserem Stoss-problem bedeutet es, dass der Impuls am Anfang derselbe wie der am Ende ist. Ich habe mit der Erhaltung vom Impuls begonnen, weil es die fundamentale Eigenschaft von den Kräften ist. Wie für das dritte newtonsche Gesetz hatten wir es schon in einem anderen Kurs erwähnt. Vielleicht werden Sie später sehen, dass diese Impulserhaltung eine Konsequenz einer fundamentalen Symmetrie der Natur ist. Dies natürlich wenn das System abgeschlossen ist.

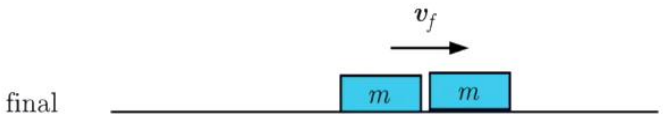
Notes

Summary

2m 03s

Exemple : choc totalement inélastique

$$\boldsymbol{p}_i = m\boldsymbol{v} + 0$$



$$\boldsymbol{p}_f = (m+m)\boldsymbol{v}_f$$

$$\boldsymbol{v}_f = \frac{1}{2}\,\boldsymbol{v}$$

$$T_i = \frac{1}{2}mv^2 \qquad T_f = \frac{1}{2}(m+m)\left(\frac{1}{2}v\right)^2 = \frac{1}{4}mv^2$$

Ich nehme jetzt ein Beispiel. Sie sehen hier wie das Experiment aussieht. Wir haben eine Luftkissenbahn mit zwei Gleiter. Wir betrachten einen Anfangszustand und einen Endzustand. Am Anfang habe ich einen Gleiter im Ruhezustand und der andere der auf ihn zukommt. Ich gehe davon aus, dass zwischen den beiden ein Mechanismus existiert, welches die Gleiter miteinander dann verbindet, sodass sie sich zusammen mit der Geschwindigkeit vf bewegen. Was erfahren wir von der Erhaltung des Impuls ? Zuerst : diese Erhaltung entsteht weil in diese Richtung in erster Näherung keine externe Kraft wirkt weil man die Reibung vernachlässigt. Der initiale Impuls ist der, der zukommende Masse. Danach haben wir zweimal die Masse die mit Geschwindigkeit vf gleitet. Der Impuls sieht also so aus. Jetzt setzen wir die Erhaltung ein. Diese zwei Termen sind gleich, somit ist die Geschwindigkeit am Ende die Hälfte der Geschwindigkeit vom zukommenden Gleiter. Wir berechnen nun die kinetische Energie. Am Anfang ist diese die vom bewegenden Gleiter. Am Ende haben wir die Masse durch zwei mal die Geschwindigkeit hoch zwei. Dies ist die Masse des ganzen Systems und die Geschwindigkeit ist wie gesagt die Hälfte von v.

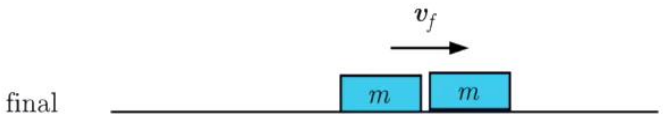
Notes

Summary

3m 23s

Exemple : choc totalement inélastique

$$\boldsymbol{p}_i = m\boldsymbol{v} + 0$$



$$\boldsymbol{p}_f = (m+m)\boldsymbol{v}_f$$

$$\boldsymbol{v}_f = \frac{1}{2}\,\boldsymbol{v}$$

$$T_i = \frac{1}{2}mv^2 \qquad T_f = \frac{1}{2}(m+m)\left(\frac{1}{2}v\right)^2 = \frac{1}{4}mv^2$$

Wenn Sie das Berechnen, verschwinden dieses 2 und dieses 2. Da bleibt ein Viertel von mv^2 aber wir hatten am Anfang eine Hälfte von mv^2. Die kinetische Energie wird also hier nicht erhalten. Einen Teil dieser Energie befindet sich im Mechanismus der die Masse zusammengebracht hatte.

Notes

Summary

5m 14s

Impact bref

Deux objets sont en collisions pendant un temps très court,
dans un champ de force extérieur.

$$\frac{d\boldsymbol{P}}{dt} = \boldsymbol{F}^{ext}$$

$$\int_{t-\varepsilon}^{t+\varepsilon} \frac{d\boldsymbol{P}}{dt}\, dt = \boldsymbol{P}_{final} - \boldsymbol{P}_{init} = \int_{t-\varepsilon}^{t+\varepsilon} \boldsymbol{F}^{ext}\, dt$$

Ich zeige Ihnen jetzt ein Model für Stösse wo es einen Zusammenprall gibt. Dies heisst, einen kurzen Zusammenprall. In diesem Fall möchte ich schauen was mit externen Kräfte passiert. Ich erkläre zuerst die Situation. Ich habe einen angespannten Faden, eine Art Behälter und eine Kugel die zukommt und die da stecken bleibt. Und ich frage mich, wie hoch dieses System gehen kann. Was hier passiert, ist eine Interaktion, die sehr schnell geschieht. Wenn die Kugel da ankommt, geschieht es innerhalb sehr kurzer Zeit. Kurz verglichen mit welcher Zeit ? Mit der, von der Bewegung des Pendels. Ich mache dann folgendes. Ist t die Dauer des Stosses, betrachte ich mein zweites newtonsche Gesetz, wo es keine Interaktionskraft gibt. Es kann also vieles passieren wenn die Kugel im Behälter ankommt, aber all dies gehört zu den internen Kräfte. Ich kümmere mich nur um die externen Kräfte. Nun integriere ich um die Zeit des Zusammenstosses. Ich schaue also mein System kurz bevor und kurz nach dem Stoss an. Ich integriere also über die Zeit. Natürlich, die Integration der zeitliche Ableitung gibt uns den Impuls. Wir haben also den Impuls kurz nach dem Stoss, zur Zeit t plus epsilon, minus den Impuls kurz zuvor.

Notes

Summary

5m 46s

Impact bref

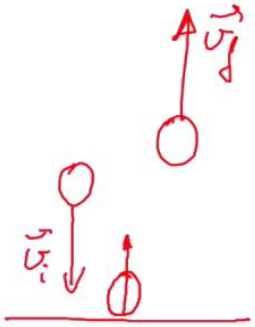
Deux objets sont en collisions pendant un temps très court,
dans un champ de force extérieur.

$$\frac{d\boldsymbol{P}}{dt} = \boldsymbol{F}^{ext}$$

$$\int_{t-\varepsilon}^{t+\varepsilon} \frac{d\boldsymbol{P}}{dt}\, dt = \boldsymbol{P}_{final} - \boldsymbol{P}_{init} = \int_{t-\varepsilon}^{t+\varepsilon} \boldsymbol{F}^{ext}\, dt$$

$2mv$

Si l'impact est bref : $\varepsilon \to 0 \implies \int_{t-\varepsilon}^{t+\varepsilon} \boldsymbol{F}^{ext} dt \to 0$



pour autant que $\boldsymbol{F}^{ext}$ soit en tout temps finie. Pas une force de contrainte!

Und dies muss gleich das Integral von den externen Kräften sein, zwischen t minus epsilon und t plus epsilon. Wir können jetzt die folgende Annäherung benutzen : wenn der Prall kurz ist nehmen wir die Limes für epsilon gegen 0 und dass dieser Term zu 0 geht. Dies heisst, dass der Impuls am Ende und am Anfang des Zusammenstosses gleich ist. Aber dies gilt nur solange die Kraft nicht unendlich wird. Ich zeige Ihnen ein Beispiel wo es nicht funktioniert. Stellen Sie sich vor, einen Ball auf den Boden prallen lassen. Hier ist ein Ball, der mit Anfangsgeschwindigkeit v fällt der aufprallt mit einer Endgeschwindigkeit von v. Am Moment - Dies heisst, sie prallt hinauf, ich habe sie so gezeichnet - Am Moment wenn der Ball auf den Boden zustosst, herrscht da eine Kraft. Behaupte ich jetzt, dass dies innerhalb kurzer Zeit geschieht, wird meine Kraft n, hier, extrem gross. Weshalb? Weil das immer stimmt. Und diese Differenz hier ist gleich 2mv in die senkrechte Richtung. Sehen Sie, wir haben eine Geschwindigkeit nach unten, dann nach oben, und die Differenz zwischen den beiden, also 2mv. Dies hier hat also einen bestimmten Wert. Und das darf nicht unendlich werden.

Notes

Summary

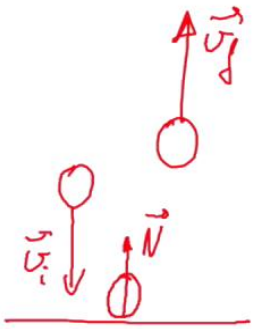
7m 46s

Impact bref

Deux objets sont en collisions pendant un temps très court,
dans un champ de force extérieur.

$$\frac{d\boldsymbol{P}}{dt} = \boldsymbol{F}^{ext}$$

$$\int_{t-\varepsilon}^{t+\varepsilon} \frac{d\boldsymbol{P}}{dt}\, dt = \underbrace{\boldsymbol{P}_{final} - \boldsymbol{P}_{init}}_{2mv} = \int_{t-\varepsilon}^{t+\varepsilon} \boldsymbol{F}^{ext}\, dt$$



Si l'impact est bref : $\varepsilon \to 0 \implies \int_{t-\varepsilon}^{t+\varepsilon} \boldsymbol{F}^{ext} dt \to 0$

pour autant que $\boldsymbol{F}^{ext}$ soit en tout temps finie. Pas une force de contrainte!

Die Zeit auf die mann integriert wird immer kleiner, und daher muss die Kraft immer grösser werden. Die Kraft n hat eine Definitionslücke. Bei solchen Fälle, ist unseres Model ungültig. Im vorteren Fall, mit der Kugel und dem hängenden Behälter, hatten alle Kräfte einen bestimmten Wert. Dann kann man die Limes für epsilon gegen 0, und dieser Term ist null, und dann haben wir Impulserhaltung beim Stoss.

Notes

Summary

9m 36s