



- Référentiel
- Vitesse
- Accélération

Mécanique | 2013 3

Guten Tag und willkommen zum Kurs "Allgemeine Physik" der EPFL. In dieser Lektion werde ich die Grundlage der Kinematik des Massenpunkts. Ich werde damit beginnen ein Bezugssystem zu definieren und das wird mir erlauben eine vektorielle Geschwindigkeit und Beschleunigung zu definieren.

Notes

Summary



0m 03s

Définition : la cinématique



Description mathématique du mouvement du système étudié.

- Maintenant : le point
- Plus tard : un solide (rotation)
- Autre cours : un solide déformé, un liquide
- Note : la dynamique analyse les causes du mouvement

Mécanique | 2013 8

Zuerst möchte ich aber den Ausdruck Kinematik definieren. Die Kinematik ist dieser sehr wichtig Teil der Mechanik welcher darin besteht mathematisch die Bewegung eines Objekts zu beschreiben. Im Rahmen des Anfangs dieses Kurses werden wir mit der Bewegung eines Punktes beschäftigen. Später werden wir uns mit der Bewegung eines Festkörpers beschäftigen. An diesem Punkt werden dann auch Effekte der Rotation eine Rolle spielen. In einem anderen Kurs könntet ihr die Deformation eines Festkörpers oder sogar einer Flüssigkeit studieren. In jedem Fall muss man die Grundlagen der Kinematik festlegen. Die Dynamik ist, könnte man sagen, der andere grosse Teil der Mechanik. Die Dynamik versucht die Ursachen einer Bewegung zu beschreiben.

Notes

Summary



0m 28s

Définition : le point matériel



Modèle : on représente un objet par un point auquel on associe sa masse

- En mécanique, réputée science exacte, on doit faire des choix de modélisation
- Exemples de point matériel : une locomotive, un homme

Mécanique | 2013 11

Ich beginne mit unserem ersten Modell, dem Modell des Massenpunktes. Wir werden übereinkommen, dass man eine stichhaltige Beschreibung eines Objektes machen kann indem man seine Bewegung beschreibt. Und um seine Bewegung zu beschreiben werden wir einen Punkt anhängen, oder wenn ihr wollt, wir werden uns einen Punkt des Objekts anschauen und werden die Bewegung des Punktes beschreiben. Wir werden ebenso die ganze Masse des Objektes in diesen einen Punkt verlegen. Daher rührt der name Massenpunkt. Ihr seht, wir sind dabei die Mechanik zu lernen. Die Mechanik steht im Ruf genau zu sein, trotzdem haben wir schon begonnen grosse Annäherungen zu machen. Wir werden tatsächlich verschiedene Objekte beschreiben, zum Beispiel eine Lokomotive: eine Lokomotive ist sehr gross, eine Lokomotive hat Räder, jede Art von Mechanismen. Wir werden es wagen eine erste Beschreibung der Bewegung einer Lokomotive zu machen, indem wir sagen, dass es ein Massenpunkt ist. Ein Mann der von einer Brücke springt, mit einem Seil an den Füßen, werden wir vielleicht als Massenpunkt darstellen der die ganze Masse des Mannes besitzt.

Notes

Summary



1m 22s

Définition : le point matériel



Modèle : on représente un objet par un point auquel on associe sa masse

- En mécanique, réputée science exacte, on doit faire des choix de modélisation
- Exemples de point matériel : une locomotive, un homme
- La dynamique du solide nous montrera que le point matériel est une approximation
- L'erreur peut être quantitative (pendule), ou qualitative (boule de billard)

Mécanique | 2013 13

Wir werden sehen, dass, wenn wir uns die Dynamik eines starren Körpers anschauen, dieses erste Modell des Massenpunktes nicht wirklich das beschreibt was wir in der Wirklichkeit beobachten können. Diese Diskrepanz zwischen Vorhersage und Modell des Massenpunktes und den experimentellen Beobachtungen kann zwei Ursachen haben: es kann entweder eine quantitative Differenz sein; stellt euch ein Pendel vor, stellt euch vor, dass ich aus einer festen Stange die ich an einen Nagel hänge, ein Pendel mache und dass ich die Annäherung mache, dass diese Stange sich so verhält als ob all ihre Masse in ihrem Massenschwerpunkt konzentriert wäre. Eine Messung würde mir erlauben zu sehen, dass ich einen Fehler gemacht habe aber dieser Fehler ist nur ein quantitativer Fehler. Auf die andere Seite, wenn ihr euch Billardkugeln als Massenpunkte vorstellt, wird dieses für viele Bewegungen korrekt sein, wenn ihr aber die Billardkugel schnell um ihre eigene Achse drehen lässt, werdet ihr sehen, dass die Bewegungen nichts mit den Vorhersagen des Massenpunkt Modells zu tun haben. Ich definiere jetzt ein sehr einfaches aber sehr wichtiges Konzept.

Notes

Summary



2m 42s

Définition : le référentiel



*Ce par rapport à quoi on mesure
une vitesse ou une accélération.*

- Un laboratoire
- Le centre du soleil et trois étoiles fixes
- En général : 4 points non-coplanaires
- Un système d'axes cartésiens

Mécanique | 2013 18

Wenn man von Geschwindigkeit und Beschleunigung reden will, muss man sich auf jeden Fall einigen in Bezug auf was man diese Geschwindigkeit oder Beschleunigung misst. Das Objekt nennt man Bezugssystem. Wenn man nun die Aufgabe einer Kreide, die man durchs Auditorium wirft, behandelt, kann man das Auditorium als Bezugssystem nehmen. Und wenn man das Experiment des freien Falles in einem Labor macht, bietet sich das Labor dar. Wenn man nun aber über den Orbit der Erde um die Sonne diskutieren will, werden wir ein sehr viel grösseres Bezugssystem in betracht ziehen müssen. So zum Beispiel, die Sonne und die weit entfernten Sterne. Im allgemeinen braucht es mindestens vier Punkte um ein Bezugssystem zu definieren und diese vier Punkte dürfen nicht auf der selben Ebene sein. Drei Punkte definieren eine Ebene, ihr nehmt nun einen vierten Punkt ausserhalb und dies reicht um ein Bezugssystem zu haben. Sehr oft sind die Bezugssysteme ein massives Objekt: die Erde oder so etwas. Es passiert, dass man als Bezugssystem ein kartesisches Achsensystem auswählt. Ehrlich gesagt glaube ich, dass wenn man dies macht, so ist es weil es, als Lehrer, viel einfacher ist drei orthogonale Achsen zu zeichnen als eine Ecke eines Labors, die Erde, oder was weiss ich was uns gerade als Bezugssystem hinhält.

Notes

Summary



4m 07s

Définition : le référentiel



*Ce par rapport à quoi on mesure
une vitesse ou une accélération.*

- Un laboratoire
- Le centre du soleil et trois étoiles fixes
- En général : 4 points non-coplanaires
- Un système d'axes cartésiens

Le choix du référentiel peut être très important !

- Force centrifuge, force de Coriolis : une question de référentiel
- La relativité : une question de référentiel aussi !

Mécanique | 2013 21

Aber macht nicht das Durcheinander das Koordinatensystem mit dem Bezugssystem zu verbinden. Das Bezugssystem spielt die Rolle die ich ihm gegeben habe, das Koordinatensystem muss nicht unbedingt gleich dem Bezugssystem sein. Wir werden davon ein frappierendes Beispiel sehen wenn wir die zylindrischen und sphärischen Koordinaten einführen werden. Die Wahl des Bezugssystems ist etwas sehr wichtiges; zum Beispiel sind die Zentrifugalkräfte und die Korioliskraft Kräfte die auftauchen wenn man eine gewisse Wahl des Bezugssystems trifft und die berühmte Einstein'sche Relativitätstheorie geht aus allgemeinen Betrachtungen über die Wahl des Bezugssystems hervor.

Notes

Summary



5m 48s

Définition : **trajectoire**



Lieu géométrique des points du référentiel occupés par le point matériel au cours du temps

- Une parabole (chute dans la pesanteur)
- Une ligne droite (zéro force)
- Une ellipse (planète autour du Soleil)

Mécanique | 2013 24

Ich komme jetzt zu einigen Definitionen. Die Flugbahn ist einfach der geometrische Ort der Punkte des Bezugssystems durch die unser Massenpunkt gehen wird. Das kann also eine Parabel sein, wenn ihr die Bewegung eines Massenpunkts im Schwerfeld studiert, das kann eine Ellipse sein die einen Planeten auf dem Weg um die Sonne beschreibt, oder es kann eine gerade Linie sein wenn ihr eine Bewegung ganz frei von Kräften habt, wie es Galileo gesagt hat, hat man, was er natürliche Bewegung genannt hat, gradlinige und gleichförmige Bewegung. Ich nenne Zeit-Weg-Funktion die Funktion welche uns die Position unseres Massepunktes als Funktion der Zeit gibt.

Notes

Summary

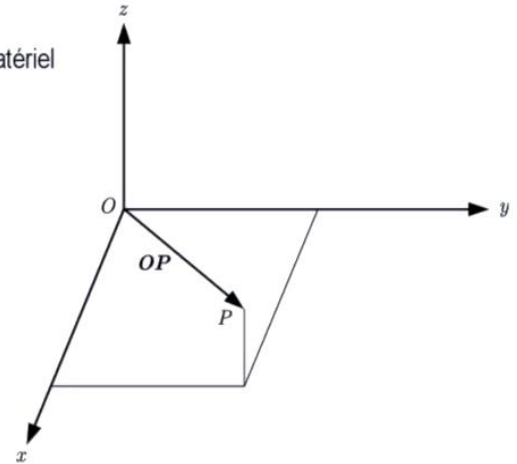


6m 37s

Position du point matériel en fonction du temps

- Plus d'information que la trajectoire
- Objectif de la mécanique du point matériel

$$\vec{OP} = \vec{r}(t)$$



Mécanique | 2013 29

Wir haben in dem Fall viel mehr Informationen als nur die Flugbahn; die Flugbahn ist einfach der geometrische Ort, wenn ich die Zeit-Weg-Funktion gebe, sage ich wo sich der Massepunkt zu welcher Zeit befindet. Wir haben also mehr Informationen. Ihr könnt annehmen, dass das ultimative Ziel der Mechanik ist, die Zeit-Weg-Funktion aller Massepunkte des Objekts in Frage anzugeben. Und hier ein typisches Diagramm: ich habe mir erlaubt, wie das so üblich ist, mein Bezugssystem mit einem kartesischen Achsensystem O, x, y, z , darzustellen. Jedes Mal wenn ich den Buchstaben O benutze wird es sein um einen Punkt des Bezugssystems zu benennen. Hier ein Punkt P . Ich finde die Position des Punktes P durch den Vektor \vec{OP} . Merkt euch diese Konvention, wenn ich einen Vektor benenne, brauche ich fettgedruckte Buchstaben, wenn der Vektor durch zwei Punkte dargestellt wird, wie hier \vec{OP} , ich habe \vec{OP} in fett geschrieben. Meine Schreibweise wäre viel zu schwerfällig wenn ich immer zwei Buchstaben benutzen würde um einen Vektor zu beschriften. Ich werde also eine vereinfachte Notation benutzen, zum Beispiel \vec{r} . Ihr werdet feststellen, dass \vec{r} fettgedruckt ist, das soll heissen: es ist ein Vektor.

Notes

Summary

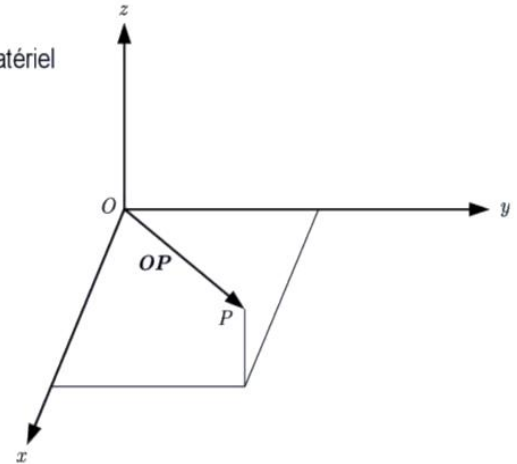


7m 37s

Position du point matériel en fonction du temps

- Plus d'information que la trajectoire
- Objectif de la mécanique du point matériel

$$\vec{OP} = \vec{r}(t)$$



Mécanique | 2013 29

Da wir annehmen, dass der Massepunkt P sich mit der Zeit fortbewegt, werden wir die Zeit mit der Variabel t und wir werden sagen, dass der Vektor r eine Funktion von t ist, um auszudrücken, dass der Massepunkt sich bewegt und schon haben wir was wir Zeit-Weg-Funktion r von t nennen.

Notes

Summary



9m 10s

Définition : vitesse vectorielle



- Référentiel
- Comment mesurer une vitesse ?
- Si la vitesse n'est pas constante : « prendre la limite »
- La vitesse est une grandeur vectorielle
- Définition mathématique

Mécanique | 2013 35

Ich komme jetzt zur Definition der Vektor-Geschwindigkeit. Wie werden wir eine Geschwindigkeit definieren? Zu aller erst bestimmen wir ein Bezugssystem. Danach werden wir ein Wegstück messen und wir werden das Wegstück durch die Zeit teilen. Das wird uns eine Geschwindigkeit geben. Wenn man die Wegstücke vektoriell misst und man dann durch die Zeit dividiert, erhält man eine Vektor-Geschwindigkeit. Nehmt zur Kenntnis, dass eine Geschwindigkeit, aus physikalischer Sichtweise grundsätzlich eine vektorielle Grösse ist. Eine Geschwindigkeit beschreibt eine Richtung, die Richtung des Objekts, der Betrag der Geschwindigkeit entspricht dem allgemeinen Verständnis und wird in der Physik Skalar-Geschwindigkeit genannt. Und jetzt muss ich rausfinden wie ich mathematisch diese Geschwindigkeit im physikalischen Sinne ausdrücken kann.

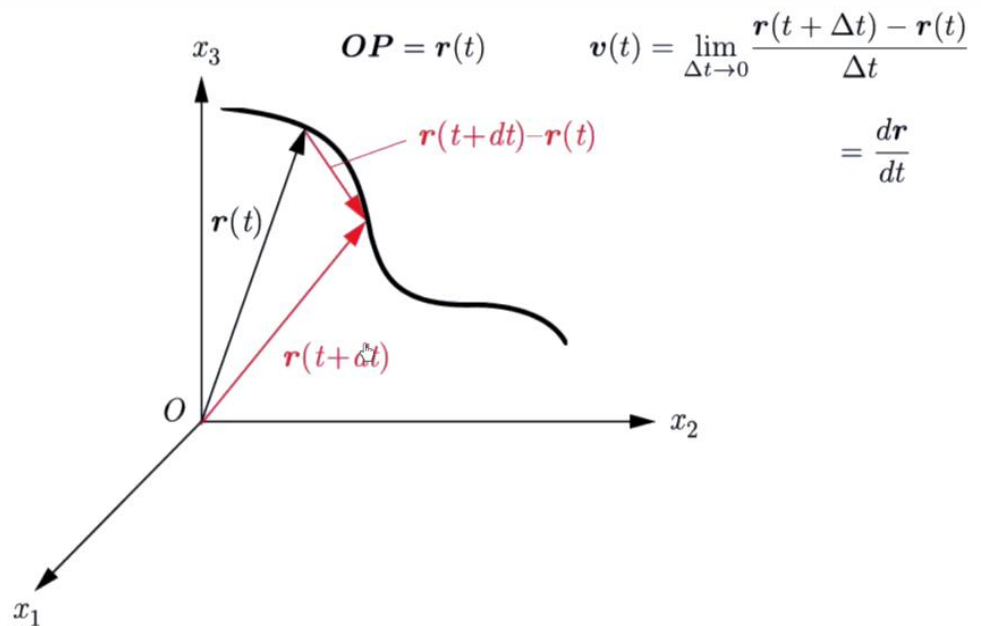
Notes

Summary



9m 38s

Définition : Vitesse vectorielle



Dies mache ich folgendermassen: ich nehme einen Vektor OP welcher mir die Position meines Massepunkts angibt, ich ermittle um wie viel die Position sich ändert während Δt , ich teile durch Δt . Hier werdet ihr feststellen, dass ich einen Vektor durch einen Skalar, Δt , teile. Ich nehme den Limes für Δt gegen Null und bekomme das was ich Vektor-Geschwindigkeit nenne. Schauen wir mal wie das aussieht wenn wir es aufzeichnen. Ich bemerke, dass ich diese Notation dr über $d(t)$ benutzen werden. Auf der Zeichnung ist dr gleich $v dt$. $v dt$ entspricht der Zunahme von r wenn wir von t zu $t + \Delta t$ gehen. Man nimmt den Limes für t gegen Null. Hier seht ihr ein kartesisches Achsensystem welches mein Bezugssystem definiert. Ich nehme an, dass ich die Flugbahn kenne. Hier. Ich gebe die Position des Massepunktes zur Zeit t mit dem Vektor r von t an. Zur Zeit $t + \Delta t$, ich brauche hier meine Schreibweise, welcher zufolge ich für Δt den Limes für $d(t)$ gegen null nehme. Ich schreibe also $d(t)$ und hier ist r von $t + d(t)$, hier ist der Weg r von $t + d(t)$ minus $r(t)$, das ist ein Vektor und ich habe natürlich auf der Zeichnung ein endliches $d(t)$ genommen und jetzt muss ich den Limes für $d(t)$ gegen Null nehmen und das wir mir die Geschwindigkeit geben.

Notes

Summary



Définition : accélération vectorielle

- Référentiel
- Changement par unité de temps de la vitesse vectorielle.
- Utilisons les maths ...

$$\mathbf{a}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\mathbf{v}(t + \Delta t) - \mathbf{v}(t)}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

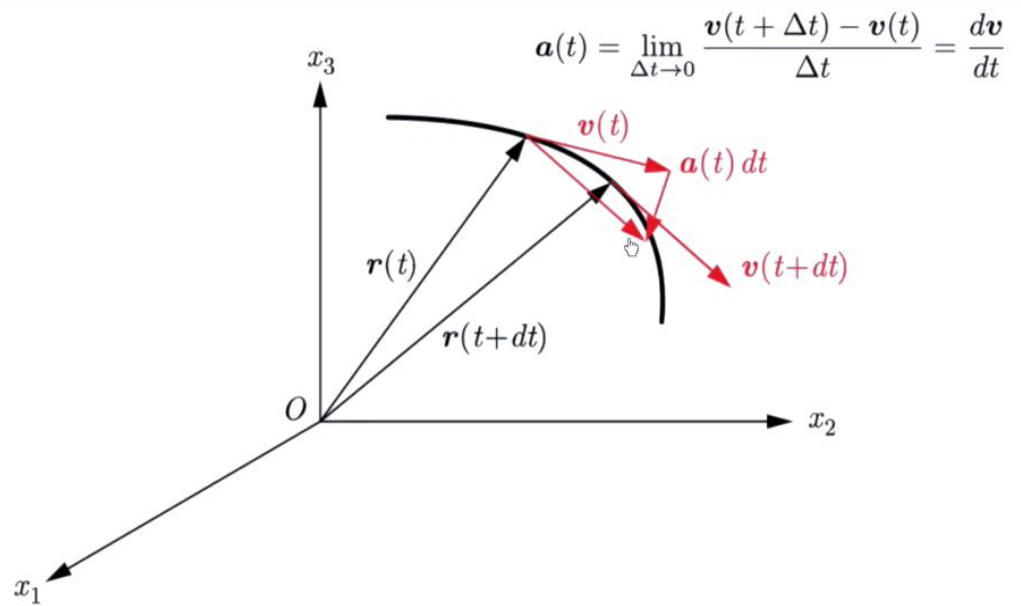
Kommen wir nun zur Definition der Vektor Beschleunigung. Was ist denn nun eine Beschleunigung? Das muss eine Veränderung der Geschwindigkeit pro Zeiteinheit sein. Unsere Definition der Beschleunigung wird also gezwungenermassen durch die Wahl eines sehr wichtigen Bezugssystems gegeben sein, trivial, schnell gefunden aber sehr wichtig. Und wir werden es mathematisch aufschreiben, dass wir eine Veränderung der Geschwindigkeit pro Zeiteinheit ausrechnen wollen. Und hier wie man es macht: wir rechnen \mathbf{v} zur Zeit t plus Δt minus \mathbf{v} zur Zeit t , die Veränderung der Geschwindigkeit geteilt durch Δt , wir nehmen den Limes für Δt gegen Null und wir erhalten die Beschleunigung. Die Beschleunigung ist die Ableitung der Geschwindigkeit nach der Zeit. Dies kann man so schreiben.

Notes

Summary



12m 40s



Lasst uns das aufzeichnen. Zur Erinnerung hier nochmals die Formel für die Beschleunigung. Wir schreiben d von v gleich a mal $d(t)$. Wir möchten das nun aufzeichnen. Nehmen wir an, dass wir die Flugbahn kennen. Ich zeichne die Position des Massepunktes zur Zeit t und zur Zeit t plus $d(t)$. Wir kennen nun die Geschwindigkeit zur Zeit t , welche hier in Rot dargestellt ist. Hier ist die Geschwindigkeit zur Zeit t plus Δt und ich verschiebe nun, um die Zunahme von v von t plus Δt minus v von t auszurechnen, diesen Vektor der Geschwindigkeit an die Position p . Die muss nun gleich a mal $d(t)$ sein. d von v ist gleich a mal $d(t)$. a mal $d(t)$ ist dieser Vektor hier. Ich habe natürlich hier auf der Zeichnung ein sehr grosses $d(t)$ gewählt. Man muss nun den Limes für $d(t)$ gegen Null nehmen. Dies werden wir in einer anderen Lektion machen um unser Verständnis der Beschleunigung zu verbessern.

Notes

Summary

