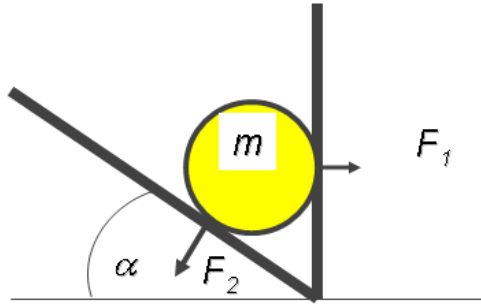
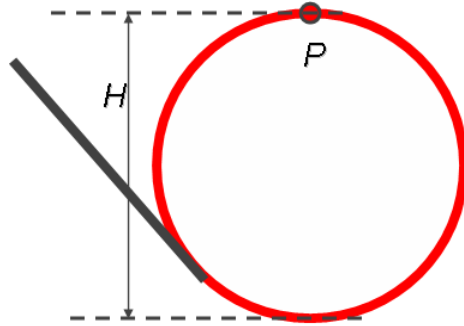


Die Vorlesungsprüfung dauert 90 Minuten, es gibt 13 Fragen zu beantworten. Beispiele dafür finden sich in nachfolgender Tabelle. Keine Frage kann nur mit einem Satz beantwortet werden. Formeln sind meist aussagekräftiger als Sätze. Wo sinnvoll sollten auch Skizzen gemacht werden. Verwendete Buchstaben sollten, wenn nicht selbsterklärend, erklärt werden. Bei jeder Frage steht die erreichbare Punktezahl. In Summe gibt es 50 Punkte. Um positiv zu sein müssen 25 Punkte erreicht werden. Bei positivem Resultat gibt es noch eine mündliche Prüfung.

Wie lautet die Bewegungsgleichung für den schiefen Wurf im Erdschwerefeld? Leite Formeln für die Höhe des Scheitels, den Auftreffpunkt (wenn Start- und Endpunkt auf gleicher Höhe sind), sowie die Bahnkurve ab.
Diskutiere die allgemeine krummlinige Bewegung im Falle nicht konstanter Beschleunigung.
Eine Masse $m$ bewege sich gradlinig-gleichförmig vom Punkt $P_1(x_1, y_1)$ zum Punkt $P_2(x_2, y_2)$ . a) Mache eine Skizze und erkläre was man unter gradlinig-gleichförmig versteht. b) Wie ist die mittlere Geschwindigkeit definiert? c) Wie ist die momentane Geschwindigkeit definiert? d) Gib den Vektor der Geschwindigkeit in kartesischen Koordinaten an. e) Wie lautet der Betrag der Geschwindigkeit in kartesischen Koordinaten?
Kreisbewegung a) Wie lautet der Zusammenhang zwischen dem Vektor der Winkelgeschwindigkeit und der Tangentialgeschwindigkeit? b) Wie lautet die Zentripetalbeschleunigung? c) Mache eine Skizze mit allen relevanten Größen.
Zeige wie sich die Zentripetalbeschleunigung bei der gleichförmigen Kreisbewegung berechnet.
Wie sind Kugelkoordinaten definiert? Mache eine Skizze und zeichne die relevanten Größen ein. Wie lauten die Umrechnungsformeln zwischen kartesischen Koordinaten und Kugelkoordinaten? Wie lautet die Formel für das Volumenelement in Kugelkoordinaten?
Wie sind Zylinderkoordinaten definiert (Skizze)? Wie lauten die Formeln für die Umrechnung von kartesischen in Zylinderkoordinaten? Wie lautet die Formel für das Volumenelement?
Welches sind die Grundeinheiten des internationalen Einheitensystems?
Wie sind die Grundeinheiten Meter, Kilogramm und Sekunde definiert?
Wie ist der Raumwinkel definiert? Wie groß ist Raumwinkel für eine Vollkugel?
Wie ist der Raumwinkel definiert? Berechne den Raumwinkel für eine Halbkugel?

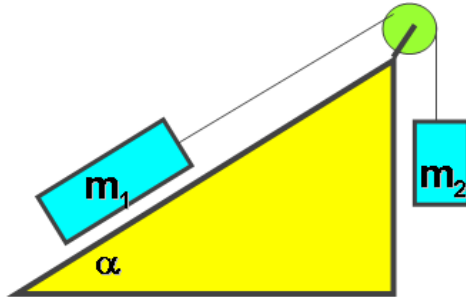
Definiere Geschwindigkeit, Impuls, Kraft, Arbeit und Leistung. Zeige wie diese Größen zusammenhängen und gib für jede Größe die entsprechenden Dimensionen bzw. Einheiten an.
Ein Körper der Masse $m$ fällt aus einer Höhe $H$ auf den Boden. a) Wie lautet die Bewegungsgleichung? b) Berechne die Fallzeit. c) Berechne die Aufprallgeschwindigkeit. d) Zeichne Zeitdiagramme für den Ort, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung.
<b>Dynamik (4 Beispiele)</b>
Wie ist Kraft definiert? Welche Dimension hat Kraft und wie hängt sie mit den Grundeinheiten zusammen?
Kräfte a) Wie hängen Kraft, Feldstärke und Potential zusammen? b) Warum werden diese Begriffe eingeführt? c) Was sind konservative Kräfte? d) Gib Beispiele für konservative und nicht konservative Kräfte an? e) Untersuche, ob die Federkraft eine konservative Kraft ist.
Welche Bedingungen muss ein konservatives Kraftfeld erfüllen? Was ergibt sich daraus für die potentielle und kinetische Energie; Gib Beispiele für konservative und nichtkonservative Felder an.
Erläutere die Größen Kraft, Feldstärke, Potential und potentielle Energie. Wie hängen diese Größen zusammen. Für welche Art von Kräften macht die Definition der potentiellen Energie Sinn und für welche nicht. Gib Beispiele an.
Geben sie den Energie- und Impulssatz im Schwerpunktsystem an; was versteht man unter der reduzierten Masse?
Wie groß sind die Kräfte $F_1$ und $F_2$ , die die Masse $m$ auf die beiden Wände ausübt? (Hinweis: zeichne das Kräfteparallelogramm)


Wie groß muss die Geschwindigkeit eines Wagens im höchsten Punkt (P) einer kreisförmigen Loopingbahn sein, damit der Wagen nicht herunterfällt? Alle Verluste (Reibung etc.) werden vernachlässigt (Erdbeschleunigung =  $10\text{m/s}^2$   $H = 20\text{m}$ )



Die beiden Massen ( $m_1 > m_2$ ) sind mit einem masselosen Seil über eine masselose und reibungsfreie Rolle verbunden. Die Masse  $m_1$  soll sich reibungsfrei auf der schiefen Ebene bewegen.

Berechnen sie die Beschleunigung und geben sie die Zugkraft im Seil an.

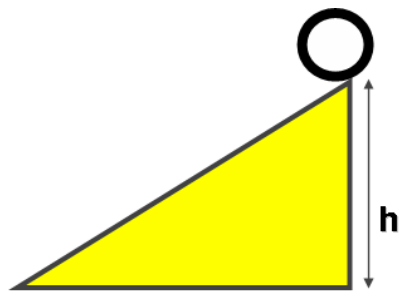


Zwei Gewichte hängen an einem Seil, das über eine masselose und reibungsfreie Rolle läuft. Das Seil sei masselos, die Gewichte haben die Masse  $m_1$  und  $m_2$ , wobei  $m_1 > m_2$  ist. Beide sind anfangs in Ruhe. Berechne die Beschleunigung der Massen, während  $m_1$  absinkt.

Verwende den Energiesatz zur Berechnung der Geschwindigkeit der beiden Massen, wenn  $m_1$  um die Strecke  $h$  gesunken ist.

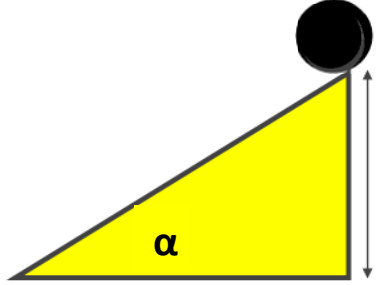


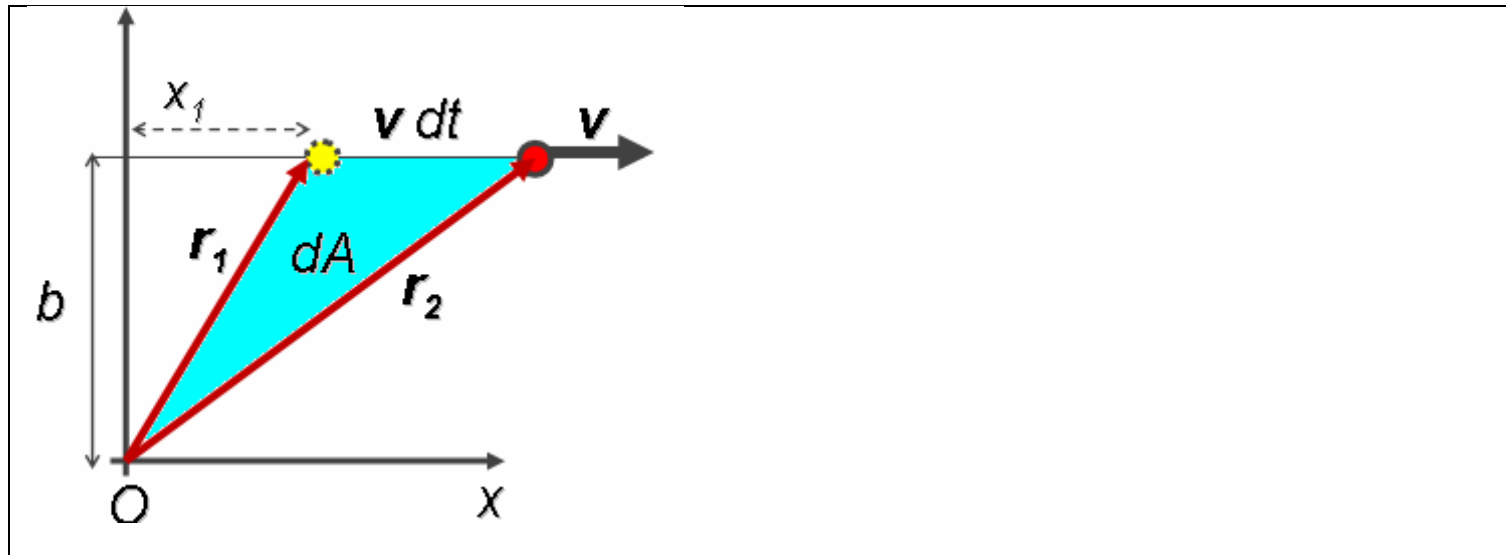
- 6) Ein **Hohlzylinder** (mit dem Trägheitsmoment  $MR^2$ ) rollt reibungsfrei die schiefe Ebene ausgehend von der Höhe  $h$  hinab.
- Wie groß ist die Geschwindigkeit am Ende der schiefen Ebene? (Hinweis: bei reibungsfreiem Rollen ist  $v = r\omega$ ).
  - Was schließen sie aus dem Vergleich dieser Geschwindigkeit mit der des freien Falles?



.../5

- Ein **Zylinder** (Masse  $M$ , Radius  $R$ , Trägheitsmoment  $MR^2/2$ ) rollt reibungsfrei die schiefe Ebene (Neigungswinkel  $\alpha$ ) ausgehend von der Höhe  $h$  hinab.
- Wie groß ist die Geschwindigkeit am Ende der schiefen Ebene? (Hinweis: bei reibungsfreiem Rollen ist  $v = r\omega$ ).
  - Was schließen sie aus dem Vergleich dieser Geschwindigkeit mit der des freien Falles?


<p>Energie</p> <p>a) Wie lautet der Energieerhaltungssatz der Mechanik?</p> <p>b) Diskutiere die einzelnen Terme.</p> <p>c) Wann ist der Energieerhaltungssatz der Mechanik anwendbar.</p> <p>d) Wie lautet der Energieerhaltungssatz der Relativitätstheorie?</p>
<p>Eine Masse <math>m</math> hänge an einer Feder (Federkonstante <math>D</math>).</p> <p>a) Zeige, dass bei Auslenkung der Masse nach unten, die aufgewandte Arbeit wegunabhängig ist.</p> <p>b) Welchen Einfluss hat die Schwerkraft auf das Ergebnis?</p>
<p>Gravitationsfeld ausgedehnter Körper</p> <p>Skizziere die Herleitung der Gravitationsfeldstärke im Falle einer Hohl- und einer Vollkugel. Skizzen und Formeln.</p>
<p>Leite aus der Arbeit im Gravitationsfeld durch eine entsprechende Nullpunktswahl die potentielle Energie her.</p>
<p>Wie lautet das effektive Potential des Gravitationsfeldes (Skizze und Formeln)?</p>
<p>a) Wie lauten die Keplergesetze?</p> <p>b) Was folgt aus dem 1. und 2. Keplergesetz für den Drehimpuls? Erkläre das mittels einer Skizze.</p> <p>c) Was versteht man unter Perihel und Aphel? Fertige eine Skizze an.</p>
<p>Ein Teilchen mit der Masse <math>m</math> bewegt sich mit der Geschwindigkeit <math>v</math> in <math>x</math>-Richtung auf einer Geraden im Abstand <math>b</math> vom Ursprung <math>O</math>. Es ist <math>dA</math> die Fläche, die der Ortsvektor <math>r</math> des Teilchens in der Zeit <math>dt</math> überstreicht. Zeigen sie, dass <math>dA/dt</math> konstant ist und dass gilt:</p> <p><math>dA/dt = L/2m</math>, wobei <math>L</math> der Betrag des Drehimpulses des Teilchens bezüglich des Ursprunges ist.</p> <p>Welcher Erhaltungssatz ergibt sich daraus?</p>



Leite die 1. und 2. kosmische Geschwindigkeit her.
Leite aus dem Energiesatz die für einen Körper der Masse $m$ erforderliche Anfangsgeschwindigkeit $v$ ab, die er zum Verlassen des Erdschwerefeldes benötigt (Erdrotation vernachlässigen).
Raketengleichung a) Welche Kräfte wirken? b) Leite die Raketengleichung her. c) Welche Geschwindigkeit hat die Rakete nach einer Brenndauer $T$ , wenn die Anfangsgeschwindigkeit $v_0$ ist.
Wie sind Kraft, Arbeit und Leistung definiert? Welche Dimension haben diese Größen und wie hängen sie mit den Grundeinheiten zusammen?
<b>Bewegte Bezugssysteme (2 Beispiele)</b>
Scheinkräfte a) Diskutiere den Begriff Scheinkraft am Beispiel der Corioliskraft. b) Gib Beispiele an, wo Corioliskraft eine Rolle spielt.
Scheinkräfte Was sind Scheinkräfte und wie kann man sie nutzen um einen Beschleunigungsmesser zu bauen?
Wie funktioniert das Foucaultsche Pendel?
Zeige, dass die Oberfläche einer Flüssigkeit in einem rotierenden

Gefäß die Form eines Rotationsparaboloids annimmt.
Was versteht man unter einem Inertialsystem? Wann müssen Scheinkräfte eingeführt werden? Geben sie Beispiele für Scheinkräfte an.
Welche Invariante gibt es in der Relativitätstheorie?
Eine Kugel ( $m_1, \vec{v}$ ) trifft elastisch und zentral auf eine ruhende zweite Masse $m_1 = m_2$ . Beschreibe diesen Fall im Laborsystem, wie groß sind die Geschwindigkeiten nach dem Stoß; wie groß ist der Energieübertrag?
Eine Kugel mit Masse $m_1$ bewege sich auf einer horizontalen Ebene mit der Geschwindigkeit $v$ und trifft elastisch und zentral auf eine ruhende zweite Masse $m_2 = m_1$ . Beschreibe diesen Fall im Laborsystem. a) Wie groß sind die Geschwindigkeiten nach dem Stoß? b) Wie groß ist der Energieübertrag? c) Was ist zu berücksichtigen, wenn die Ebene nicht horizontal ist?
Zwei Kugeln unterschiedlicher Masse ( $m_1, m_2$ ) und unterschiedlicher Geschwindigkeit ( $v_1, v_2$ ) treffen unter einem Winkel $\alpha$ aufeinander. Beschreibe die Bahn (Geschwindigkeiten und Richtungen) beider Kugeln nach dem Zusammenstoß.
Bestimmen sie die Anfangsgeschwindigkeit einer Kugel mit der Masse $m_1$ , die auf einen Holzblock der Masse $m_2$ trifft und dort stecken bleibt. Der Holzblock hängt an einer masselosen Stange mit der Länge $L$ und wird nach dem Stoß um die Höhe $h$ angehoben. Verwenden Sie dazu Energie- und Impulssatz.
Beschreibe wie man zum Minkowski Diagramm kommt. Erläutere die Begriffe Lichtkegel und Weltlinie. Zeige die Längenkontraktion im Minkowski Diagramm.
Relativitätstheorie a) Diskutieren sie Zeitdilatation und Längenkontraktion mit Hilfe der Minkowski Diagramme und geben sie ein anschauliches Beispiel für die Zeitdilatation an b) Wie lauten die relativistischen Ausdrücke für Masse, Impuls und kinetische Energie?
Vergleiche Galilei- und Lorentztransformation. Gib die Formeln an und mache Skizzen. Wann kann welche Transformation verwendet werden? Welche Konsequenzen ergeben sich?
Diskutiere die Lorentzkontraktion sowohl formelmäßig, als auch graphisch.
Relativitätstheorie Erkläre Einsteins Gedankenexperiment zur Herleitung von $E = mc^2$ .
Zeige wie die relativistische Massenzunahme aus der Betrachtung von Stößen bei relativistischen Energien abgeleitet werden kann.
Was ist das Zwillingsparadoxon? Erkläre die Lösung unter Verwendung des Minkowski-Diagrammes.
Was ist eine Invariante?

Gib Beispiele an sowohl für die Lorentz- als auch die Galileitransformation

**Starrer Körper (2 Beispiele)**

Berechne den Schwerpunkt einer homogenen Halbkugel.

Wie ist der Schwerpunkt beim starren Körper allgemein definiert? Berechne den Schwerpunkt einer homogenen Halbkugel.

Drehbewegung

a) Definiere *Drehimpuls*, *Drehmoment*, *Trägheitsmoment* und *Rotationsenergie*.

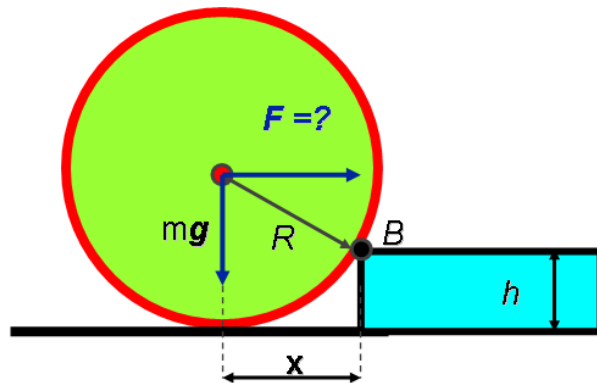
b) Welche Zusammenhänge existieren zwischen diesen Größen?

c) Gib die entsprechenden Dimensionen an.

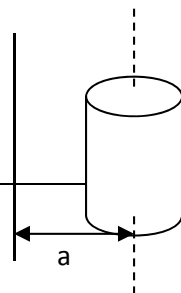
d) Welche dieser Größen ist eine Erhaltungsgröße?

e) Stelle diesen Größen die entsprechenden Größen der Translation gegenüber.

Wie groß ist die Kraft  $F$ , die nötig ist, um das Rad auf den Randstein zu heben?



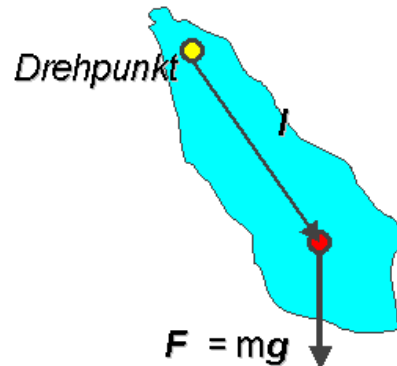
Berechne das Trägheitsmoment eines **Vollzylinders** (Masse  $M$ , Radius  $R$ , Länge  $L$ ) der im Normalabstand  $a$  parallel zur Zylinderachse rotiert.





<p>Leite das Trägheitsmoment für einen Vollzylinder mit Radius <math>R</math> und der Höhe <math>h</math> ab,  a) wenn die Drehachse gleich der Zylinderachse ist und  bi) wenn die Drehachse um die Distanz <math>a</math> parallel zur Zylinderachse verschoben ist.</p>
<p>Trägheitsmoment  a) Definiere <i>Trägheitsmoment</i>  b) Wie groß ist das Trägheitsmoment für eine Hantel (2 Kugeln der Masse <math>m</math>, die durch eine masselose Stange der Länge <math>l</math> verbunden sind)  Hinweis: das Trägheitsmoment einer Kugel ist <math>\frac{2}{5} \cdot (mR^2)</math></p> <p style="padding-left: 40px;">i) wenn die Drehachse durch den Schwerpunkt parallel zur Verbindungsstange verläuft.  ii) wenn die Drehachse durch den Schwerpunkt senkrecht auf die Verbindungsstange steht.</p>
<p>Welche Eigenschaft hat das Trägheitsmoment allgemein, bei beliebiger Drehachse?</p>
<p>Erkläre an Hand der Drehimpulserhaltung das Prinzip der Pirouette.</p>
<p>Erläutere den Begriff der Präzession beim Kreisel.  Zeige wie die Präzessionsfrequenz bestimmt werden kann.</p>
<p>Wie lautet der Drallsatz und was beschreibt er?</p>
<p>Was sind die Gleichgewichtsbedingungen für den starren Körper?</p>
<p><b>Schwingungen und Wellen (2 Beispiele)</b></p>
<p>Wie lautet die Bewegungsgleichung eines mathematischen Pendels?  Wie wird sie aufgestellt?  Was bedeuten die einzelnen Terme?  Gib einen möglichen Lösungsansatz an und zeige, dass er gültig ist.  Welche Einschränkung wurde bei der Erstellung der Bewegungsgleichung angenommen?</p>

a) Stellen sie die Schwingungsgleichung für ein physikalisches Pendel mit der Masse  $m$  auf, wenn  $I$  das Trägheitsmoment der Masse  $m$  bezüglich des Drehpunktes ist. Der Abstand des Schwerpunktes sei  $l$ . Lösen sie die Differentialgleichung; wie groß ist die Schwingungsdauer?



b) Vereinfachen sie die Beziehung für ein mathematisches Pendel gleicher Länge; wie groß ist dann die Schwingungsdauer?

Leite die Formel für die Schwingungsfrequenz eines physikalischen Pendels her.

Stelle die Bewegungsgleichung eines mathematischen Pendels auf und leite die Formel für die Schwingungsperiode her.

Wann entstehen Schwebungen. Formeln und Skizze.

Erläutere am Beispiel der Schwebung die Begriffe Phasen- und Gruppengeschwindigkeit.

Überlagere 2 zueinander senkrecht stehende Schwingungen gleicher Frequenz aber unterschiedlicher Phase und Amplitude und diskutiere das Ergebnis. Leite die Endformel her, mache Skizzen und beschreibe mögliche Anwendungen.

Geben sie die Energiebilanz beim ungedämpften harmonischen Oszillator an:

$E_{\text{kin}}(t)$ ,  $E_{\text{pot}}(t)$  und den Mittelwert beider Energien; Formeln und Skizzen

Energiebilanz des harmonischen Oszillators.

a) Ermittle kinetische und potentielle Energie zum Zeitpunkt  $t$ .

b) Ermittle den zeitliche Mittelwert der potentiellen und kinetischen Energie.

Der gedämpfte harmonische Oszillator.

a) Wie lautet die Bewegungsgleichung und wie wird sie aufgestellt?

b) Diskutiere die einzelnen Terme.

c) Wähle einen Lösungsansatz und zeige, dass er die Bewegungsgleichung erfüllt.

d) Diskutiere die möglichen Lösungen. e) Was ist das logarithmische Dekrement?
Die erzwungene Schwingung a) Wie lautet die Bewegungsgleichung und wie wird sie aufgestellt? b) Diskutiere die einzelnen Terme. c) Wähle einen Lösungsansatz und zeige, dass er die Bewegungsgleichung erfüllt. d) Diskutiere die Frequenzabhängigkeit von Amplitude und Phase im eingeschwungenen Zustand. e) Wie kommt es zur Resonanzkatastrophe und wie kann man sie vermeiden?
Wie lautet die Wellengleichung einer ebenen harmonischen Welle. Erkläre die vorkommenden Größen. Gib eine mögliche Lösung an und beweise ihre Gültigkeit.
Schallwellen im homogenen Festkörper. a) Zeige wie die Wellengleichung im Festkörper zustande kommt. b) Wie lautet die Phasengeschwindigkeit im Falle von Transversal- bzw. Longitudinalwellen im Festkörper?
Dopplereffekt a) Wie lauten die Gleichungen für die Frequenzverschiebung bei der Bewegung der Schallquelle, bzw. des Schallempfängers? b) Was ändert sich bei Austausch der Schallquelle durch eine Lichtquelle? c) Gib Beispiele für das Auftreten des Dopplereffekts an.
Diskutiere die verschiedenen Erscheinungen des Dopplereffekts für Schall und Licht. Diskutiere die Unterschiede, gib die verschiedenen Formeln. Was passiert im Falle von Überschallgeschwindigkeit?
Wie lautet die Wellengleichung allgemein (Formel und Erklärung der vorkommenden Größen)? Wie lautet die Lösung für eine ebene Welle? Zeige, dass diese Lösung die Wellengleichung erfüllt.