SBL Physik

Einheit am 06.11.2020

Bernd Riederer

Zusammenfassung vom 30.10.2020

- Beschleunigung als Änderung der Geschwindigkeit
- Durchscnittsgeschwindigkeit vs. Momentangeschwindigkeit
- Inertialsysteme als nicht-beschleunigte Bezugssysteme
- Die 3 Newton’schen Axiome (Trägheitsprinzip, Aktionsprinzip) Wechselwirkungsprinzip) und das Superpositionsprinzip

2.3) Arbeit und Energie

Arbeit

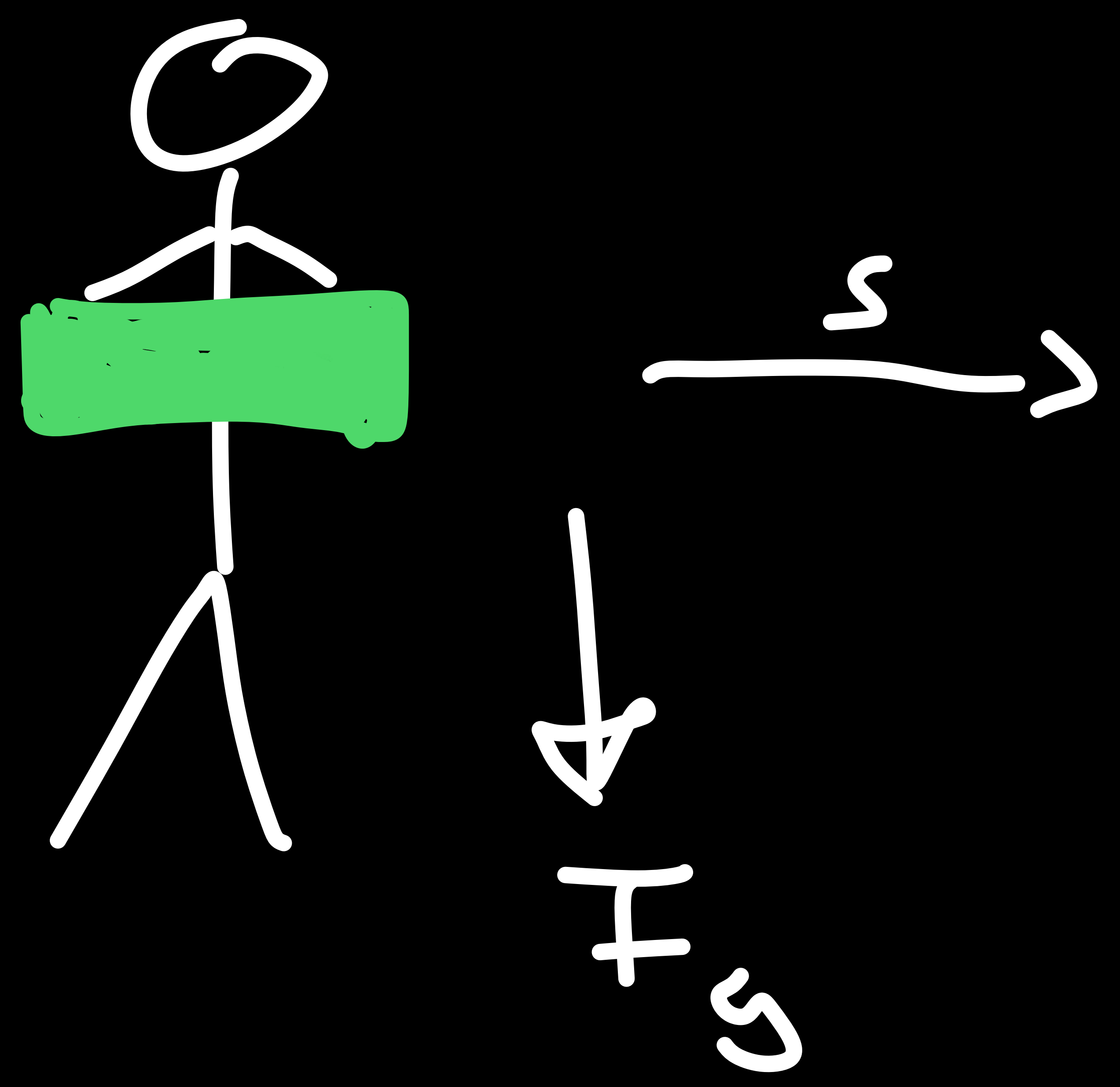
- Physikalische Arbeit
  - Kraft entlang eines Weges in Richtung der wirkenden Kraft
  - Beispiele: Schieben einer Tasse, Heben einer Kiste…
- Wie lautet nun die Formel?

$$\boxed{W = \overrightarrow{F} \cdot \vec{s} = F_A \cdot s \qquad [W] = \frac{kg\, m^2}{s^2} = J}$$

- Beispiel:
  - Ist das Hineinschlagen eines Nagels in ein Brett Arbeit?
- Ja aber 2 Arten:
  - Hubarbeit
  - Arbeit durch Gravitation

Achtung!
Nicht alles ist Arbeit was danach wirkt!

- Kiste auf gewisser Höhe
- Geht damit ein paar Meter
- Ist das Bewegen der Kiste Arbeit?



$$W = \vec{F}_g \cdot \vec{s} = 0$$

Kraft zeigt in andere Richtung!

Das klingt doch irgendwie seltsam!

Energie

- Energie beschreibt die Fähigkeit eines Systems Arbeit zu leisten
- 2 Arten:
    - Potentielle Energie
    - Kinetische Energie

- Potentielle Energie
  - Energie der Lage
  - Aufgrund der Gewichtskraft und der Höhe
  - Je höher ein Objekt -> mehr Arbeit während des Falls

$$E_{pot} = F_g \cdot s = m \cdot g \cdot h \qquad [E_{pot}] = J$$

- Kinetische Energie
    - Energie der Bewegung
    - Aufgrund der Geschwindigkeit und der Masse
    - Je schneller und schwerer ein Objekt -> mehr Arbeit während Bewegung

Herleiten der Formel

Wir wissen:

$E_{kin} = F \cdot s$

Kraft laut Newton:

$F = m \cdot a$

Zusammenhänge zw. a, v & s:

$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ & $v = a \cdot t$

$$\Rightarrow E_{kin} = m \cdot a \cdot \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} m \cdot (a \cdot t)^2 = \frac{m v^2}{2}$$

$[E_{kin}] = J$

- Weitere Energieformen: Wärmeenergie, Verformungsenergie, Spann-/Federenergie $(E_k = k \cdot \Delta x/2)$
- Gibt es einen Zusammenhang?
- Untersuche Fall eines Balles

Ball: Masse m=1kg auf einer Höhe von H=1m

Am Anfang:

$E_{pot} = m \cdot g \cdot h =$

$= 1\,kg \cdot 9.81\,\frac{m}{s^2} \cdot 1\,m =$

$= 9.81\,\frac{kg\,m^2}{s^2} = 9.81\,J$

$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 =$

$= \frac{1}{2} \cdot 1\,kg \cdot \left(0\,\frac{m}{s}\right)^2 =$

$= 0\,J$

Kurz vorm Aufprall:

$h \approx 0\,m$

$E_{pot} = m \cdot g \cdot h =$

$= 1\,kg \cdot 9.81\,\frac{m}{s^2} \cdot 0\,m =$

$= 0\,J$

$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 =$

$= \frac{1}{2} \cdot 1\,kg \cdot v^2 =$

$= \frac{v^2}{2}$

Die Gesamtenergie eines geschlossenen Systems bleibt erhalten, also ändert sich nicht!

Energieerhaltungssatz

Ball: Masse m=1kg auf einer Höhe von H=1m

Somit finden wir:

$$E_{ges, Anfang} = E_{kin} + E_{pot} = 0\,J + 9.81\,J = 9.81\,J$$

$$E_{ges, Ende} = E_{kin} + E_{pot} = \frac{1}{2} v^2 kg + 0\,J$$

$$\Rightarrow E_{ges, Anfang} = E_{ges, Ende}$$

$$9.81\,J = \frac{1}{2} v^2 kg$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{J}{kg}} = 4.43 \frac{m}{s} \hat{=} 16 \frac{km}{h}$$

Energieerhaltungssatz

- Energie kann nicht erzeugt oder vernichten, sondern nur umgewandelt werden
- Beispiel des Hebens der Kiste:
  - Energie am Anfang: $E_{Anfang} = 0$
  - Energie nach dem Anheben: $E_{Ende} = m \cdot g \cdot h$
  - Ist hier der Satz verletzt da $E_{Ende} \neq E_{Anfang}$?

Nein!

- Man kann das Problem auf 2 Arten lösen

1. Energiesystem erweitern:
   - Person (el. Energie -> Muskelbewegung -> Heben -> potentielle Energie)
   - Problem: Wo aufhören?
2. offenes System:
   - Durch Arbeit wurde dem offenen System Energie zugeführt
   - Energieerhaltungssatz “gebrochen”
   - Neue Definition der Arbeit: $W = \Delta E = E_{Ende} - E_{Anfang}$

2.4) Impuls

- Neben Energie wichtige physikalische Größe

- “Bewegungsspeicher”

$$\overrightarrow{p} = m \cdot \overrightarrow{v} \qquad [p] = \frac{kg\, m}{s}$$

- Zusammenfassung von Masse und Geschwindigkeit

- Wieso ist das wichtig?

Der Gesamtimpuls eines geschlossenen Systems bleibt erhalten, also ändert sich nicht!

Impulserhaltungssatz

Impulserhaltungssatz

- Sehr wichtige Grundprinzipien der Physik (viele Teilbereiche der Physik)
- Zusammen Berechnung von Kollisionen
- Unterscheidet 2 Arten
  - Elastischer Stoß
  - Inelastischer Stoß
- Außerdem: zentral vs. nicht-zentral -> Physik gleich, andere Richtung

- Elastischer Stoß
  - Impulssatz erhalten
  - Energiesatz erhalten
  - Beispiel:
    - Kugel A rollt mit konstanter Geschwindigkeit; Kugel B fix
    - Kollision
    - Kugel A fix; Kugel B rollt mit Geschwindigkeit von Kugel A

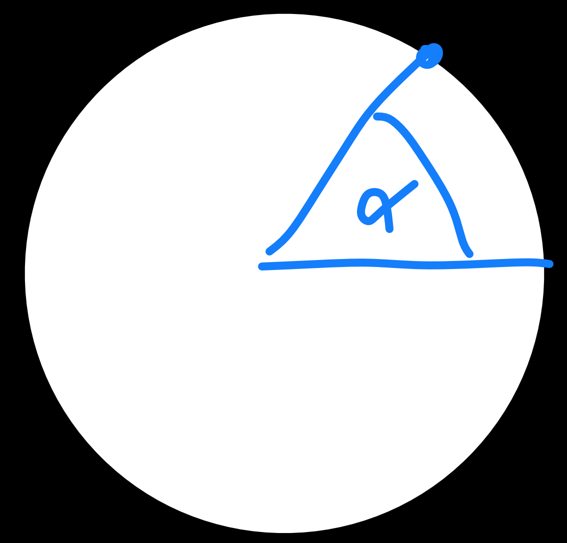
- Inelastischer Stoß
- Impulssatz erhalten
- Energiesatz NICHT erhalten
- Energie geht “verloren” durch Wärme, Verformung, Reibung..
- Oftmals sehr schwer lösbar
- Rechenbeispiel: elastischer und inelastischer Stoß?

2.5) Rotation

- Bisher: nur geradlinige Bewegung (mit Ausnahmen)
- Wichtiger Fall der nicht-geradlinigen Bewegung:
    - Rotation und Drehbewegung

Grundlagen des Kreises

- Punkt auf einem Kreis mit Radius R eindeutig definiert durch Winkel



$\alpha = 45° \mathrel{\hat{=}} \frac{\pi}{4}$ rad

- Aufgeteilt in 360° -> 360° = 0°

- Auch möglich Bogenmaß: ein Umlauf = 2π rad

$$\text{Winkel in } ° = \text{Winkel in rad} \cdot \frac{180°}{\pi}$$

Bewegung am Kreis

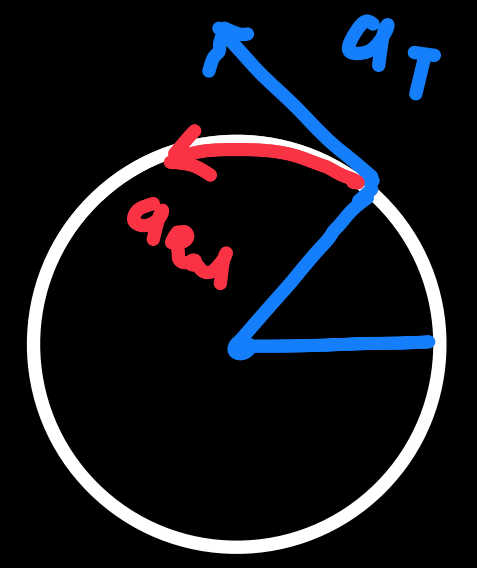
- Orte auf Kreis: durch Winkel φ
- Analog zum Ort “s” bei geradlinigen Bewegungen
- $\Delta s \to \Delta\varphi$
- Definition weiter Bewegungseigenschaften möglich

Bewegung am Kreis

- Winkelgeschwindigkeit: $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ $\quad [\omega] = \frac{rad}{s}$
- Winkelbeschleunigung: $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ $\quad [\alpha] = \frac{rad}{s^2}$
- Dies sind die Bewegungszustände des Winkels NICHT eines Punktes auf dem Kreis -> Bahnkurven

Bewegung am Kreis (Bahnkurven)

- Punkt auf Kreis: $s = \varphi \cdot R$
- Bahngeschwindigkeit: $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \omega \cdot R$
- Bahnbeschleunigung: $a_{Rad} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{\Delta v}{\Delta s}\dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{v}{R} \cdot v = \dfrac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$
- Tangentialbeschleunigung: $a_T = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \alpha \cdot R$



Rotationskräfte

- Kraft aus Bahnbeschleunigung:
  - Zentrifugalkraft: Scheinkraft
    - Nach außen gerichtete Kraft -> drückt hinaus
  - Zentripetalkraft: Scheinkraft
    - Nach innen gerichtete Kraft -> notwendig um auf Kurve zu bleiben
  - Drehmoment: $\overrightarrow{M} = \overrightarrow{R} \times \overrightarrow{F}$
    - Aufgewendete Kraft zur Rotation eines Objekts (Schraubenschlüssel)

Rotationsenergie

- Analoge Definition zur geradlinigen Bewegung, und auch erhalten
- Rotationsenergie
  - $E_{Rot} = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2$
  - Was ist J?
  - Trägheitsmoment: gibt die Massenverteilung des Objekts wieder

Rotationsenergie

- Trägheitsmoment zweier Massen $m/2$ im Abstand R

$$E_{kin,1} = \frac{mv^2}{4} \qquad E_{kin,2} = \frac{mv^2}{4}$$

$$E_{ges} = E_{kin,1} + E_{kin,2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_{ges} = \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2}(\omega \cdot r)^2 = \frac{1}{2}\, \underline{m \cdot r^2} \cdot \omega^2$$

$$E_{rot} = \frac{1}{2}\, \underline{J}\, \omega^2 \quad \Rightarrow \quad J = m r^2$$

Drehimpuls

- Analoge Definition zur geradlinigen Bewegung, und auch erhalten
- Rotationsimpuls
  - $L = J \cdot \omega$
  - Objekte mit größerer Ausdehnung drehen sich langsamer
    - größeres R -> größeres J -> L = const. -> ω wird kleiner
    - Beispiel: Pirouette