

Organisatorisches

Vorlesung: Di, Mi, Do 9⁰⁵-10⁰⁵ s.t. HNB

Dr. F.-H. Heinsius, E-Mail: heinsius@ep1.rub.de

Material (kein Skript) und aktuelle Informationen
und Übungsblätter (jeweils ab Dienstag):

<http://www.ep1.rub.de/lehre/veranstaltungen/ws0910/physikcbg/>

Übungen: Abgabe Dienstags vor der Vorlesung in die Kästen. Geowissenschaftler geben in der Gruppe ab. Bitte Gruppennummer und Namen nicht vergessen!

Heute: 4. Arbeit, Energie und Leistung

4. Arbeit, Energie und Leistung

Letzte Stunde (aus Kapitel 3)

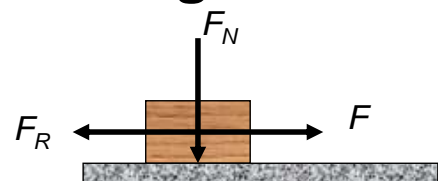
- Reibungskräfte

- Haftreibung $F_{RH} \leq \mu_0 \cdot F_N$

- Gleitreibung $F_{RG} = \mu \cdot F_N$

- Inertialsystem: Bezugssysteme die dem Trägheitsgesetz genügen ($\vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{v} = const.$)

- Trägheitskraft F_T auf Körper der Masse m im mit a_B beschleunigten Bezugssystem $\vec{F}_T = -m \vec{a}_B$



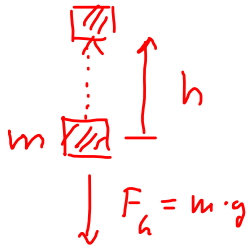
Heute

- Arbeit, potenzielle Energie/Lageenergie, kinetische Energie/Bewegungsenergie
- Energieerhaltung
- Leistung

4. Arbeit, Energie und Leistung

4.1 Mechanische Arbeit

Hubarbeit: Geleistete Arbeit = Kraft \times Höhenunterschied



$$W_{\text{Hub}} = F_g \cdot h$$

Einheit $[W] = \text{Nm} = \text{J}$ Joule

$$1 \text{ Kcal} = 4,184 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

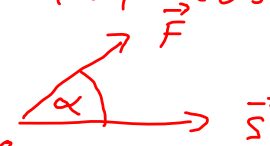
Definition der Arbeit

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cdot \cos \alpha$$

Kraft und Weg parallel: $\alpha = 0$; $\cos \alpha = 1$

$$W = F \cdot s$$

Kraft und Weg senkrecht: $\alpha = 90$, $\cos 90 = 0$ $W = 0$



Einschub: Skalarprodukt

Vektoren \vec{a} , \vec{b} $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$



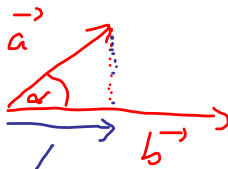
$$\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$$

$$\alpha = 90^\circ$$



$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}|$$

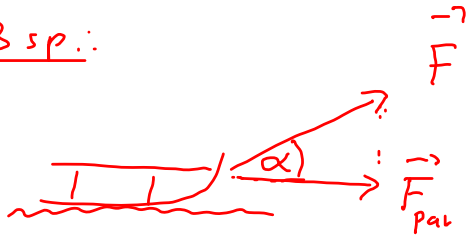
$$\alpha = 0^\circ$$



$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \alpha$$

$$|\vec{a}| \cdot \cos \alpha$$

Bsp.:



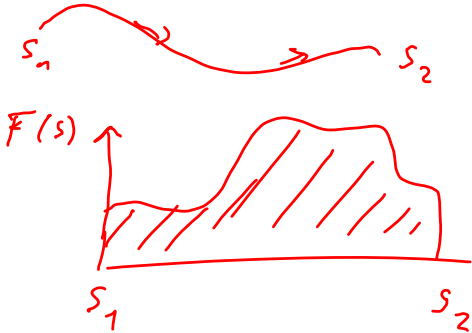
$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

$$= |\vec{F}| \cdot |\vec{s}|$$

$$|\vec{F}_{\text{par}}| = |\vec{F}| \cdot \cos \alpha$$

Universelle Definition

$$\text{Arbeit } W = \int_{s_1}^{s_2} \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_{s_1}^{s_2} F \cdot \cos \alpha \cdot ds$$



Integral \equiv Fläche

Bsp. Federkraft

$$F(s) = k s$$



$$W = \int_0^s F(s) \cdot ds = k \int_0^s s \, ds = \frac{1}{2} k s^2$$

Verspannungsarbeit

Beschleunigungsarbeit

$$v = \frac{ds}{dt} \Rightarrow ds = v \cdot dt$$

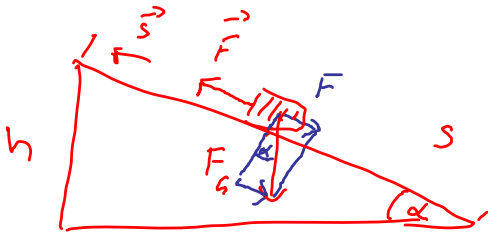


$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int F \, ds = \int F \cdot v \cdot dt$$

$$\vec{F} = m \cdot a = m \frac{dv}{dt} \quad \left| \quad W = \int_0^v m \cdot \frac{dv}{dt} \cdot v \cdot dt \right.$$

$$W = \int_0^v m \cdot v \cdot dv = m \int_0^v v \, dv = \underline{\underline{\frac{1}{2} m v^2}}$$

Rechnung zur Arbeit



$$F = F_g \cdot \sin \alpha$$

$$s = h / \sin \alpha$$

$$W = F s = F_g \cdot \cancel{\sin \alpha} \cdot \frac{h}{\cancel{\sin \alpha}}$$

$$W = m \cdot g \cdot h$$

Arbeit ist unabhängig von der Steigung
(Reibung vernachlässigt)

4.2 Energie

Die Energie eines Systems ist seine Fähigkeit Arbeit zu verrichten.

Einheit Energie E

$$[E] = [W] = \text{Nm} = \text{J}$$

Potenzielle Energie

$$= W s$$

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

= Hubarbeit

$$E_{\text{pot, Feder}} = \frac{1}{2} k s^2$$

= Verspannungsarbeit

Kinetische Energie

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

Zuwachs an Energie
durch Bewegung

= Beschleunigungsarbeit

Energieerhaltungssatz

$$E_{\text{pot.}} + E_{\text{kin}} = \text{const.} \quad (\text{Mechanik})$$

In einem abgeschlossenen System, das keine Energie mit der Außenwelt austauscht, bleibt die Gesamtenergie erhalten.

Energie kann nicht vernichtet werden, aber Umwandlung in andere Energieformen ist möglich:

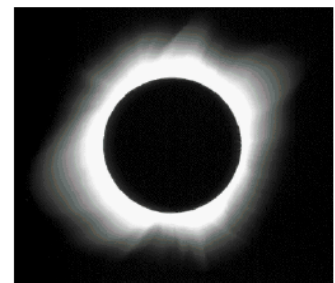
Wärme



Elektrische Energie



Strahlungsenergie

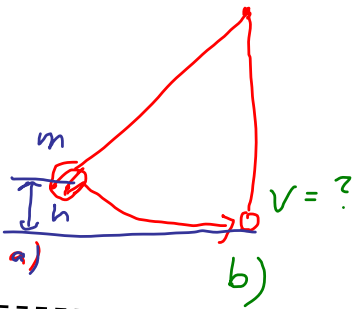


Verformungsenergie



Bsp Energieerhaltung

1) Pendel



a) Potenzielle Energie

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Kinetische Energie

$$E_k = 0$$

b) $E_p = 0$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

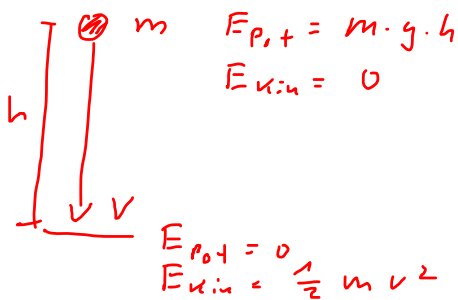
a)

b)

$$m \cdot g \cdot h + 0 = 0 + \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

2) Freier Fall



$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

4.3 Leistung

Arbeit pro Zeit einheit

$$\text{Leistung } P = \frac{dW}{dt}$$

$$[P] = \frac{Nm}{s} = \frac{J}{s} = W$$

Watt

Bsp.

mittlere Dauerleistung Mensch $\approx 70 W$

- 11 - Pferd = 736 W = (1 PS)

Großkraftwerk = $10^9 W = 1000 MW$

Pumpspeicherwerk

Koepchenwerk in Herdecke: Leistung 150 MW für ca. 4 Stunden



Physik I (Biochemie, Chemie und Geowissenschaften) WS 09/10

F.-H. Heinsius

13

Zusammenfassung

- Arbeit (1 J = 1 Nm): $W = \int_{s_1}^{s_2} \vec{F} \, d\vec{s}$

- „Arbeit = gespeicherte Energie“

- Energie (1 J = 1 Nm)

 - potenzielle Energie (Lageenergie)

$$E_{\text{pot.}} = m g h$$

 - kinetische Energie (Bewegungsenergie)

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

- **Energieerhaltung** $\sum E_i = \text{const.}$

- Leistung (1 W = 1 J/s) $P = dW / dt$

Physik I (Biochemie, Chemie und Geowissenschaften) WS 09/10

F.-H. Heinsius

15