Karlsruher Institut für Technologie

Klassische Physik 2 Elektrodynamik SS2013

Johannes Blümer

V02 18. April

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA

Inhalt Klass.Phys.I “Mechanik”

1. Einführung
   - 1.1. Was ist Physik?
   - 1.2. Physikalische Größen und Einheiten
   - 1.3. Messungen, Datenauswertung, Fehler
2. Klassische Mechanik
   - 2.1. Kinematik der Massenpunkte
   - 2.2. Dynamik der Massenpunkte
   - 2.3. Systeme von Massenpunkten
   - 2.4. Rotation
3. Gravitation
   - 3.1. Gravitationsgesetz
   - 3.2. Feld und Potential
   - 3.3. Planetenbahnen: Kepler
   - 3.4. Massenverteilungen
   - 3.5. Dunkle Materie
4. Relativistische Mechanik
   - 4.1. Bezugsysteme und Transformationen
   - 4.2. Spezielle Relativitätstheorie
   - 4.3. Relativistische Kinematik
5. Feste Körper und Flüssigkeiten
   - 5.1. Feste Körper
   - 5.2. Hydrostatik und Hydrodynamik
6. Schwingungen und Wellen
   - 6.1. Schwingungen
   - 6.2. Wellen

Zusammenfassung von V01 vom 16. April 2013

Schallwahrnehmung: “Intensität” ist die (geeignet) gemittelte Leistung I, die durch eine (hier: Schall-)welle pro Fläche A übertragen wird: I = <P> / A

Das **Ohr** hat beste Empfindlichkeit für f=1-2 kHz, reicht von der Hörschwelle $I_{min} \approx 10^{-12}$ W/m² bis zur Schmerzgrenze $I_{max} \approx 1$ W/m²

Lautstärke: linearisiertes Maß für die ~ logarithmische Empfindung,

$$b = 10 \lg(I/I_0); \text{ setze } I_0 = I_{min} \text{ -> b in dezibel (dB)}$$

Dopplereffekt bei Schall: $f_E = f_0 / (1-ß_S)$ und $f_E = f_0 (1+ß_E)$ bei Bewegung von Sender Empfänger
mit Geschwindigkeit $ß_{E,S} = v_{E,S} / c_0$ relativ zur Schallgeschwindigkeit

Fouriermethoden: eine periodische Funktion $f(x)=f(x+2\pi)$ kann durch die Fourierreihe

häufig t

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cdot \cos nx + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cdot \sin nx$$

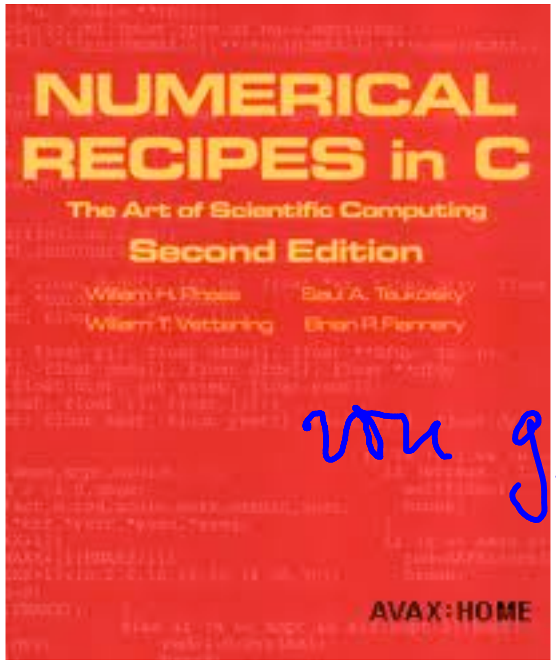
dargestellt werden

Anwendungen für Fouriermethoden

5

Zerlegung / Synthese einer Funktion
von Zeitraum ⟷ Frequenzraum

Erinnerung an V03 aus dem WS >>



von g03

Fourier methods have revolutionized fields of science and engineering, from radio astronomy to medical imaging, from seismology to spectroscopy. In this chapter, we present some of the basic applications of Fourier and spectral methods that have made these revolutions possible.

Say the word "Fourier" to a numericist, and the response, as if by Pavlovian conditioning, will likely be "FFT." Indeed, the wide application of Fourier methods must be credited principally to the existence of the fast Fourier transform. Better mousetraps stand aside: If you speed up *any* nontrivial algorithm by a factor of a million or so, the world will beat a path towards finding useful applications for it. The most direct applications of the FFT are to the convolution or deconvolution of data (§13.1), correlation and autocorrelation (§13.2), optimal filtering (§13.3), power spectrum estimation (§13.4), and the computation of Fourier integrals (§13.9).

Here are some other elementary properties of the Fourier transform. (We'll use the "$\Longleftrightarrow$" symbol to indicate transform pairs.) If

$$h(t) \Longleftrightarrow H(f)$$

is such a pair, then other transform pairs are

$$h(at) \Longleftrightarrow \frac{1}{|a|} H(\frac{f}{a}) \qquad \text{"time scaling"} \qquad (12.0.4)$$

$$\frac{1}{|b|} h(\frac{t}{b}) \Longleftrightarrow H(bf) \qquad \text{"frequency scaling"} \qquad (12.0.5)$$

$$h(t - t_0) \Longleftrightarrow H(f)\, e^{2\pi i f t_0} \qquad \text{"time shifting"} \qquad (12.0.6)$$

$$h(t)\, e^{-2\pi i f_0 t} \Longleftrightarrow H(f - f_0) \qquad \text{"frequency shifting"} \qquad (12.0.7)$$

With two functions $h(t)$ and $g(t)$, and their corresponding Fourier transforms $H(f)$ and $G(f)$, we can form two combinations of special interest. The *convolution* of the two functions, denoted $g * h$, is defined by

$$g * h \equiv \int_{-\infty}^{\infty} g(\tau) h(t - \tau)\, d\tau \qquad (12.0.8)$$

Note that $g * h$ is a function in the time domain and that $g * h = h * g$. It turns out that the function $g * h$ is one member of a simple transform pair

$$g * h \Longleftrightarrow G(f) H(f) \qquad \text{"Convolution Theorem"} \qquad (12.0.9)$$

Inhalt Klass.Phys.II "Elektrodynamik"

1. Elektrostatik
2. Dielektrika
3. Gleichstrom
4. Elektrische Leitungsmechanismen
5. Statische Magnetfelder
6. Induktion
7. Magnetismus in Materie
8. Wechselstrom
9. Elektromagnetische Wellen
10. ⇉ Optik, Teilchen, erste Quanteneffekte...

Bemerkungen zu Fouriermethoden

Elektrostatik

"electron" = Bernstein

2

$\exists$ verschiedene Arten "Elektrizität" $\longrightarrow$ Ladung

vgl Grav: m immer positiv

geriebenes Glas $\longrightarrow$ „positiv" $\oplus$

" " Hartgummi $\rightarrow$ „negativ" $\ominus$

Kann Ladungen (q, Q) addieren, subtrahieren, neutralisieren, transportieren ...

gegenseitige Kraftwirkung hängt von der vorlieg. Polaritäten ab:

actio = reactio

$\oplus\oplus$ und $\ominus\ominus$ $\rightarrow$ Abstoßung

$\oplus\ominus$ $\ominus\oplus$ $\rightarrow$ Anziehung

~ alle Alltagskräfte ($-$ Gravitation) sind elektrischer Art [u./o. magnetischer] elektrische Ladung ist <u>gequantelt</u> und kommt nur in ganzzahligen Vielfachen einer kleinsten Ladungsmenge vor:

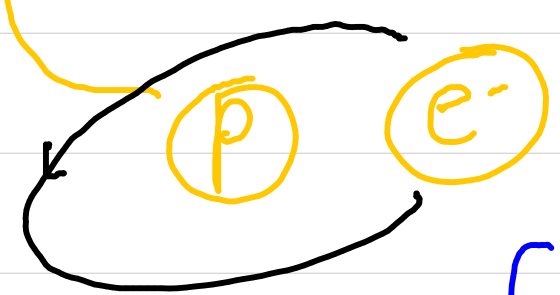
$$q = n \cdot e \ , \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \ldots \ , \quad e \text{ Elementarladung}$$

Ladung ist mit materiellen Objekten verknüpft

$q(e^-) = -e$ Elektron $\qquad q(e^+) = +e$ Positron

$q(p) = +e$ Proton $\qquad q(\bar{p}) = -e$ Antiproton

$\Big\}$ Anti-Wasserstoff ✓



Wasserstoffatom elektrisch neutral

["Quarks": drittelzahlige Ladungen, aber so nie beobachtet.]

technische Einheit : 1 Coulomb $\simeq 6.2 \times 10^{18}$ e

1 e $\simeq 1{,}6 \times 10^{-19}$ C

Ladungen sind streng erhalten, können weder erzeugt (einzeln) noch vernichtet werden, immer nur paarweise mit $\Sigma q = 0$

Blasenkammer-Photo $\gamma \longrightarrow$ (Objekt : e^- / Kern für Rückstoß) $\rightarrow e^+e^-$

Ladung hängt nicht vom Bewegungszustand ab (vgl Masse : $m = \gamma m_0$)

Leiter – Isolatoren – Halbleiter

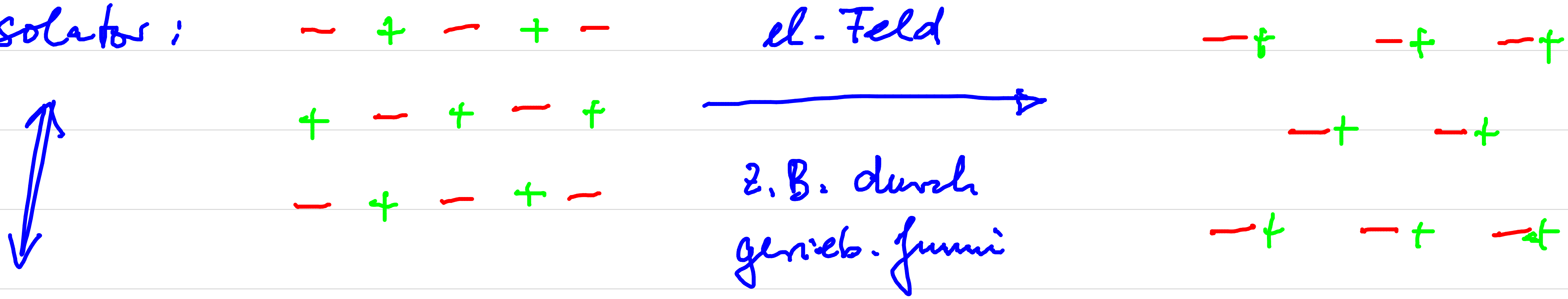
q ~ frei

q „fest" verschiebbar, nicht frei

q ~ frei oberhalb einer Energieschwelle

Bewegte Ladungsträger ergeben einen elektrischen Strom (I)

Isolator:

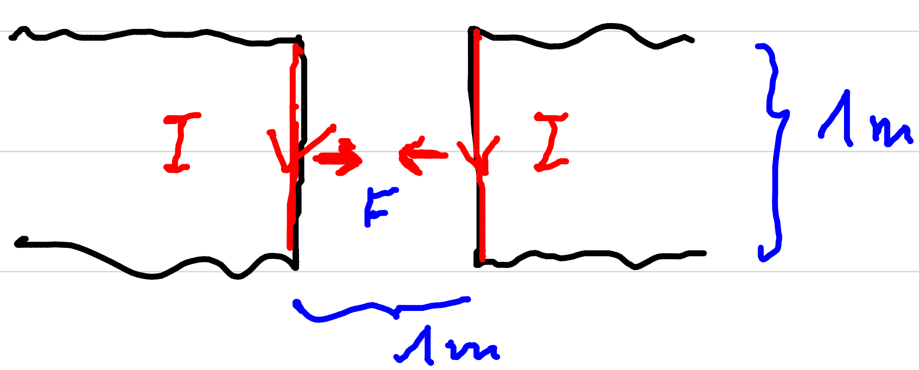


Leiter:

„e^- frei wie ein Gas"

elektr. Stromstärke ist durch die übertragene Ladungsmenge pro Zeit oder durch die Kraftwirkung des Stroms definiert

$$\langle I \rangle = \frac{\langle Q \rangle}{\Delta t}$$



$F = 2 \cdot 10^{-7}\,N$ wenn $I = 1$ Ampere $= \frac{1\,C}{s}$

Ladungstrennung: Reiben, Influenz ← mechanisch
Glühdraht thermisch
Induktion magnetisch
Photoeffekt Teilchen-WW
Batterie chemisch

Ladungen und Kräfte: Feldvorstellung: elektrisches Feld!

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$\vec{E}$ wieder gemessen durch Kraft $\vec{F}$ auf eine Probeladung q

Coulomb: $F \propto q_1$ $F \propto q_2$ $F \propto \frac{1}{r^2}$ $\vec{F}$ entlang der Verbindungslinie

$$\boxed{\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}}$$

$$\varepsilon_0 = 8.8 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Jm}$$