

Wiederholung vom 11.04.2019

- elektrisches **Dipolmoment**: $\vec{p} = q \cdot \vec{d}$
- Elektrischer Dipol im elektrischen Feld: $\vec{D} = \vec{p} \times \vec{E}$
- Elektrisches Feld
 - (i) einer homogenen Linienladung: $|\vec{E}| \propto \frac{\lambda}{r}$
 - (ii) eines **Plattenkondensators**:
 $|\vec{E}_{innen}| = \text{const.}$
 $|\vec{E}_{außen}| = 0$
- **Elektrischer Fluss** durch eine Fläche: $\phi_{el} = \int_{Fläche} \vec{E} d\vec{F}$

Themen heute

Gaußscher Satz + 1. Maxwell-Gleichung

Beispiele Gaußscher Satz

elektrisches Feld einer homogenen Linienladung

elektrostatischer Spitzeneffekt

Gaußscher Satz

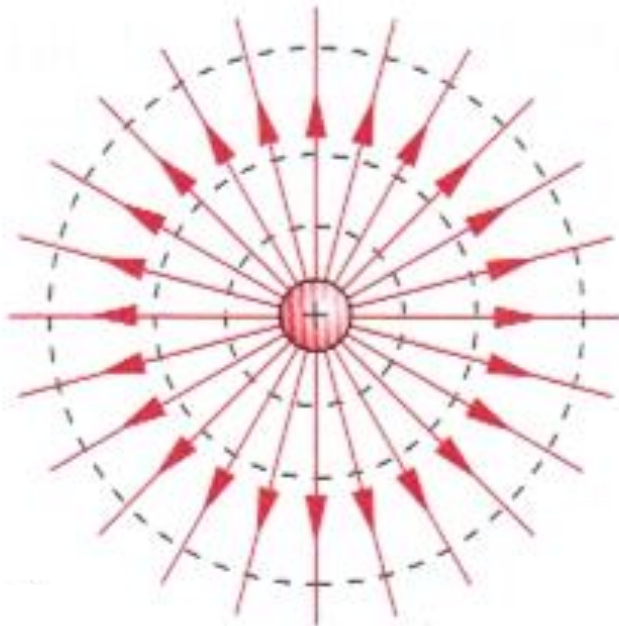
$$\oint \vec{E} d\vec{F} = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho(\vec{r}) dV$$

Der elektrische Fluss durch eine geschlossene Oberfläche ist gegeben durch die von dieser Fläche eingeschlossenen Gesamtladung.

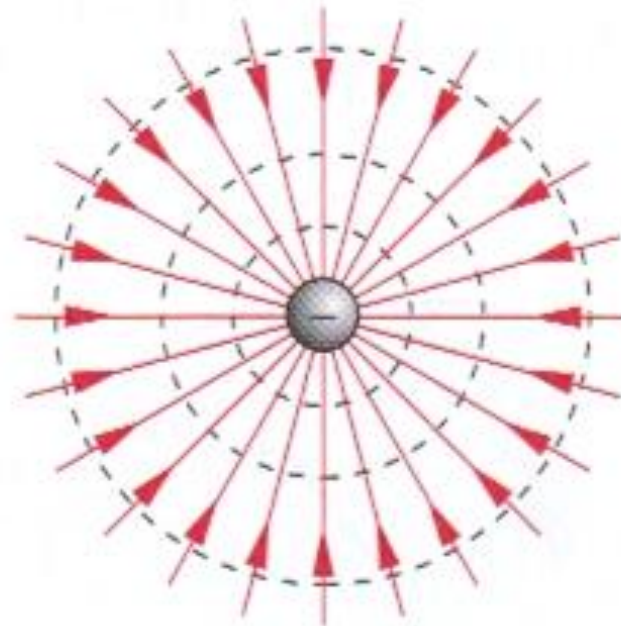
1. Maxwell-Gleichung

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho(\vec{r})$$

Ladungen sind Quellen bzw. Senken des elektrischen Feldes



positive Ladungen: Quellen



negative Ladungen: Senken

elektrostatischer Spitzeneffekt

⇒ kleiner Krümmungsradius bedingt hohe elektrische Feldstärken

- Feldemission
- Blitzableiter

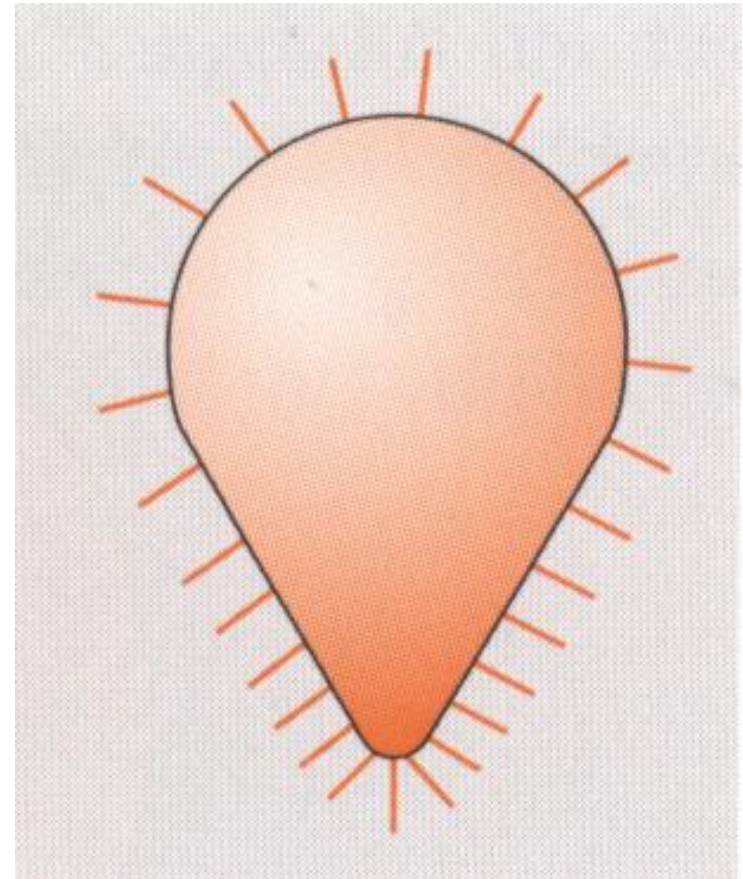
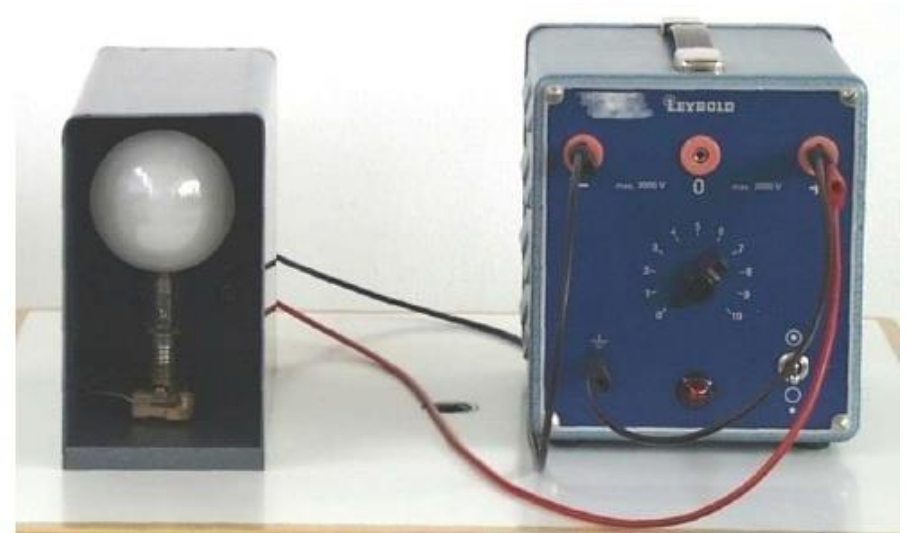


Abb.: Gerthsen, Physik, Springer (2010)

elektrostatischer Spitzeneffekt



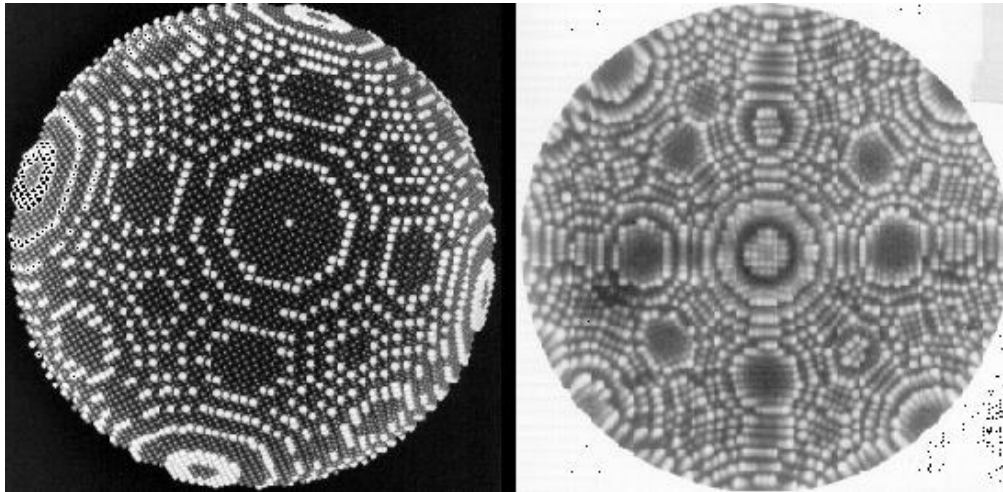
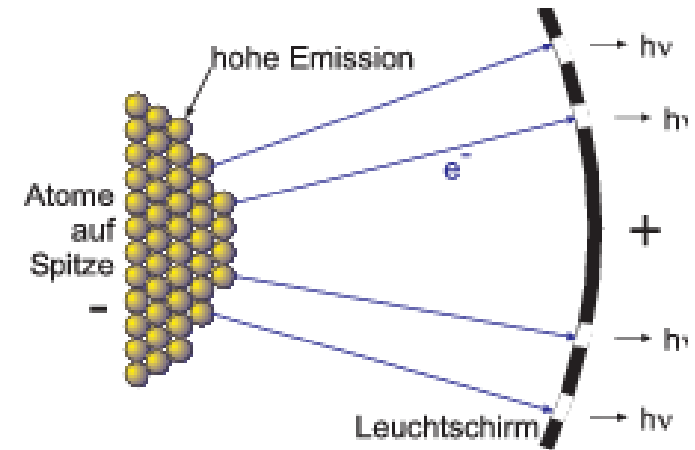
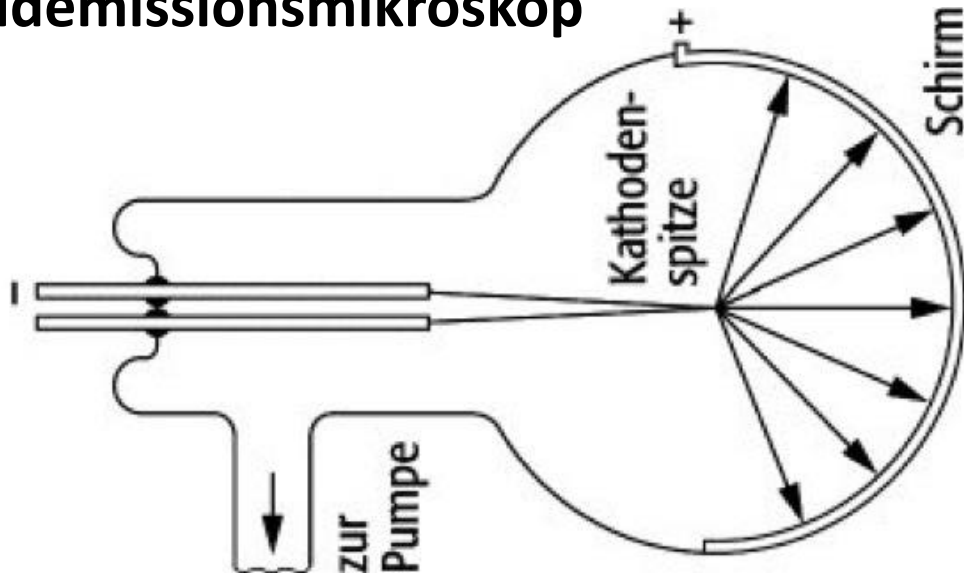
Demonstration: Spitzenwirkung



Demonstration: Feldemissionsmikroskop

1. Elektrostatik

Feldemissionsmikroskop



Modell

Bild

Mikroskopie mit atomarer Auflösung (Ni₄Mo-Spitze)

Wiederholung vom 16.04.2019

- Gaußscher Satz: $\oint \vec{E} d\vec{F} = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho(\vec{r}) dV \left(= \frac{Q}{\epsilon_0} \right)$
- 1. Maxwell-Gleichung : $\operatorname{div} \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho(\vec{r})$
- \vec{E} -Feld einer **radialsymmetrischen** Ladungsverteilung im Außenraum wie Punktladung!
- Elektrostatischer Spitzeneffekt: Feldemissionsmikroskop

Themen heute

elektrostatisches **Potential**

Begriff der **Spannung**

Beispiel: Potential im elektrischen Feld einer Punktladung

Äquipotentiallinien

Poisson-Gleichung

Elektrische Leiter im elektrischen Feld:

Influenz und Influenzladungen

Elektrische Felder im Innen- und im Außenraum

elektrostatisches Potential

- Coulombkraftfeld ist konservatives Kraftfeld
- potentielle Energie $E_{Pot}(P_i)$

$$E_{Pot}(P_1) - E_{Pot}(P_2) = q \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} d\vec{s}$$

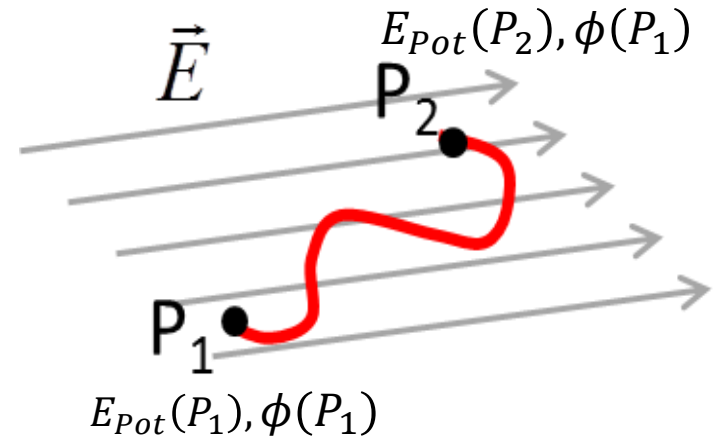
- **elektrostatisches Potential ϕ**

$$\phi(P_1) - \phi(P_2) = \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} d\vec{s}$$

- **Spannung U – Potentialdifferenz**

$$U = \phi(P_1) - \phi(P_2)$$

$$[U] = 1 \text{ Nm A}^{-1} \text{ s}^{-1} = 1 \text{ Volt} = 1 \text{ V}$$

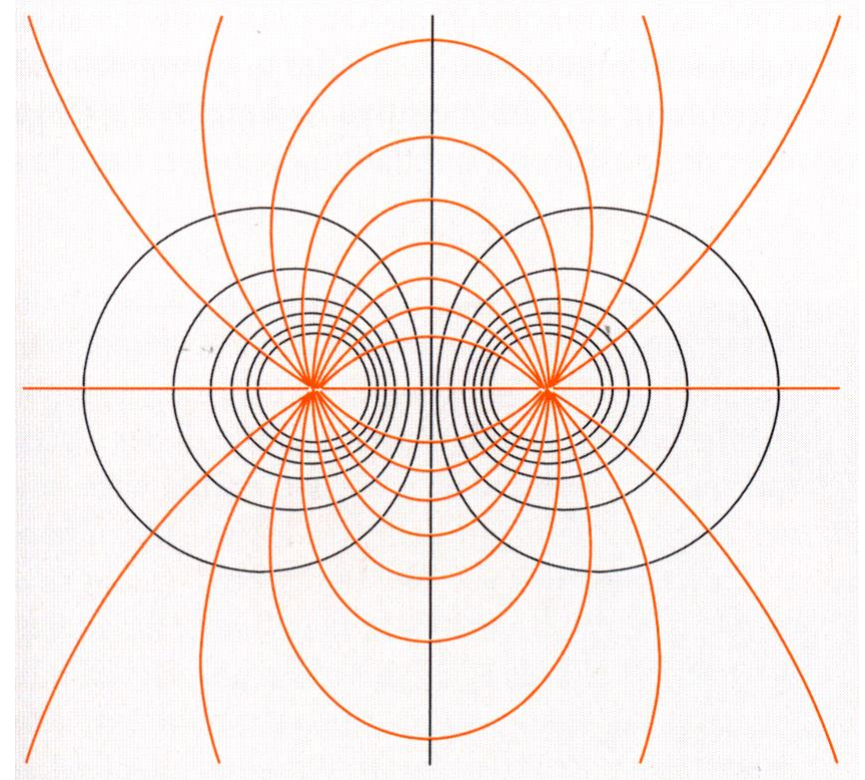
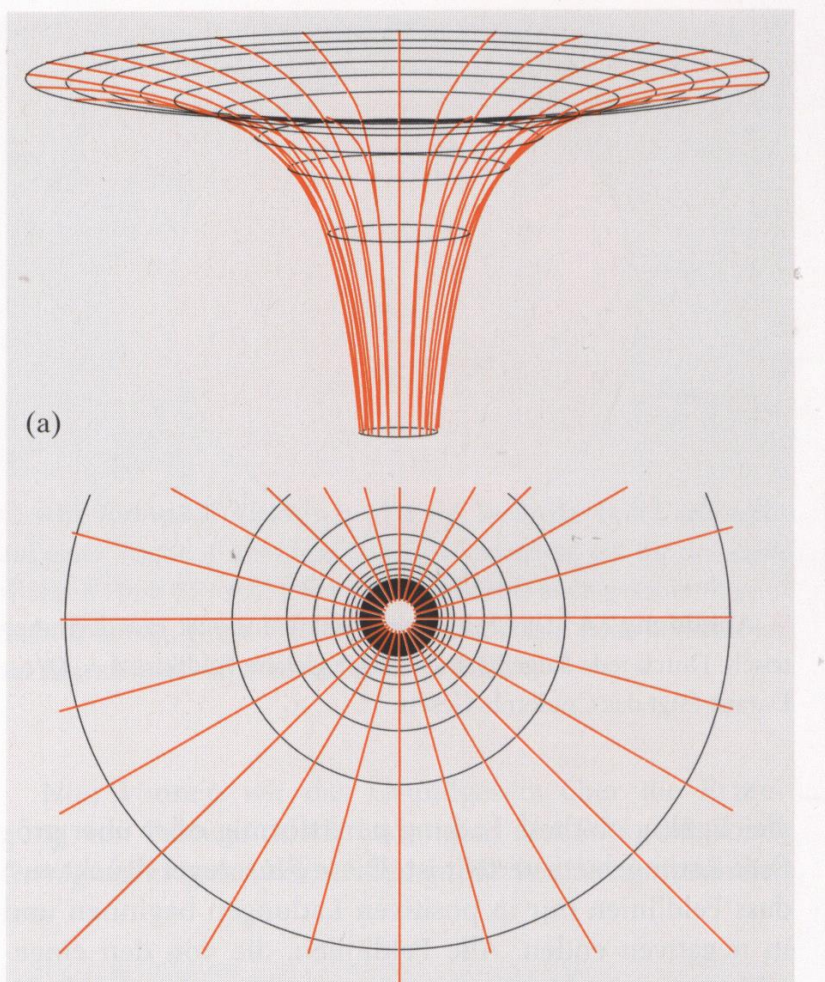


Nullpunkt von E_{Pot} und ϕ sind frei wählbar!

Äquipotentialflächen/-linien

Abb.: Gerthsen, Physik, Springer (2010)

Beispiele von elektrischen Feldlinien und Äquipotentiallinien



— Äquipotentiallinien
— Elektrische Feldlinien

Äquipotentialflächen/-linien

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}\phi$$

- $\vec{E}(\vec{r}) \perp$ auf Tangente der Äquipotentialfläche am Ort \vec{r}
- Äquipotentialflächen sind Orthogonalflächen zu den elektrischen Feldlinien

Äquipotentialflächen/-linien



Demonstration: Potentiallinien

Poissongleichung

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho(\vec{r})$$

1. Maxwell-Gleichung

$$\Delta \phi = -\frac{1}{\epsilon_0} \rho(\vec{r})$$

Poisson-Gleichung

elektrische Leiter im elektrischen Feld

elektrischer Leiter

Material mit hoher Dichte an frei beweglichen Ladungsträgern

Influenz

- *Influenz*: Verschiebung der frei beweglichen Ladungen in einem Leiter durch ein äußeres elektrisches Feld
 - Influenzladung*: durch Influenz induzierte Oberflächenladung
- das Innere eines Leiters ist **immer** feldfrei

1. Elektrostatik

Demonstrationen zum Begriff der **Influenz**



*Ladungstrennung zweier
Leiterplatten*



Influenzmaschine