

# 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.  $\Rightarrow$  Optik, Teilchen, erste Quanteneffekte...



## Zusammenfassung v02 vom 18. April 2013

**Elektrische Ladung** ist eine fundamental wichtige Eigenschaft von Materie. Ladung

- existiert in 2 Polaritäten
  - positiv: z.B. bei geriebenem Glas
  - negativ: z.B. bei geriebenem Hartgummi <sup>1</sup>
- kann durch Übertragen addiert, subtrahiert werden;
- wird durch seine Kraftwirkung nachgewiesen:
  - gleichartige Ladungen stoßen sich ab
  - ungleichartige Ladungen ziehen sich an
- ist gequantelt und existiert nur in ganzzahligen Vielfachen einer Elementarladung  $e$ :

$$q = n \cdot e, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

Das leichteste stabile geladene Elementarteilchen ist das Elektron ( $e$ ). Quarks mit drittelzahligen Ladungen kommen nicht frei vor, sondern nur in Quark-Antiquark-Paaren (Mesonen) und als 3-Quark-Systeme (Baryonen).

- ist streng erhalten, d.h. sie kann weder erzeugt noch vernichtet werden. Dies gilt auch in Prozessen der Elementarteilchenphysik, wo geladene Teilchen immer nur in entgegen gesetzt geladenen Paaren erzeugt werden.

<sup>1</sup> bzgl. der Reibungselektrizität sind die Materialien in der so genannten triboelektrischen Reihe angeordnet

**Die Einheit der Ladung** ist das Coulomb (C):

$$1 \text{ C} = 6.2 \cdot 10^{19} e \quad (2)$$

**Ladungstrennung** kann durch Reiben, Influenz, thermisch in Glühdrähten, induktiv durch Magnetfelder, photoelektrisch durch Energieübertragung von Lichtquanten auf Elektronen und chemisch in Batterien erfolgen.

**Leiter, Halbleiter, Isolatoren** werden nach ihrer Fähigkeit sortiert, elektrischen Strom (= bewegte Ladung) zu transportieren:

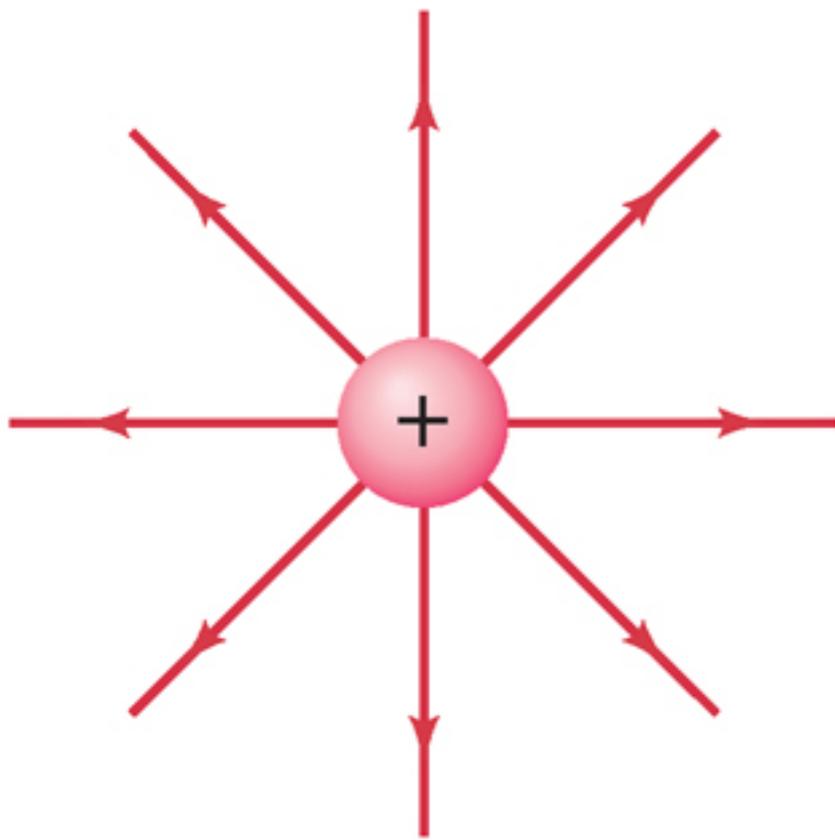
- Leiter: Elektronen sind quasi-frei beweglich;
- Halbleiter: Elektronen sind nur nach zusätzlichem Energieaufwand beweglich;
- Isolatoren: Elektronen sind verschiebbar, aber nicht beweglich.

**Das Coulombsche Gesetz** beschreibt die Kraft zwischen zwei Punktladungen  $q_1, q_2$ , die sich im Abstand  $r_{12}$  voneinander befinden:

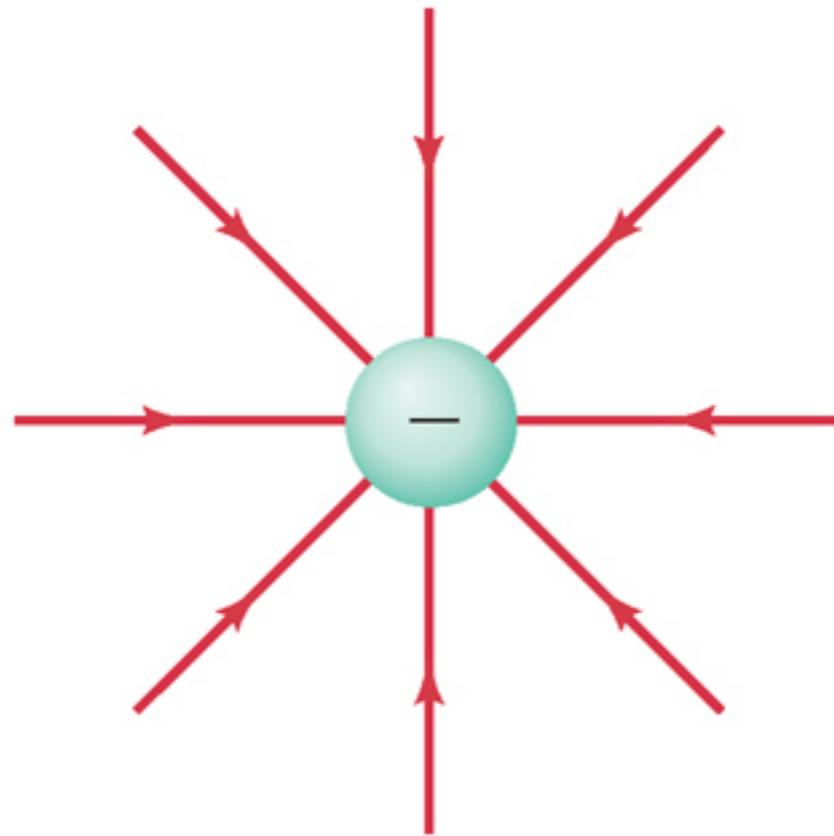
$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}} \quad (3)$$

Dabei ist  $\vec{r}_{12}$  der Ortsvektor von der Ladung  $q_1$  zur Ladung  $q_2$ . Die Dielektrizitätskonstante ist  $\epsilon_0 = 8.8 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Jm}$ . Beachte die mathematisch gleiche Form wie das Gravitationsgesetz; elektrische Kräfte sind aber viel stärker.

# Elektr. Felder, Coulomb'sches Gesetz



(a)



(b)

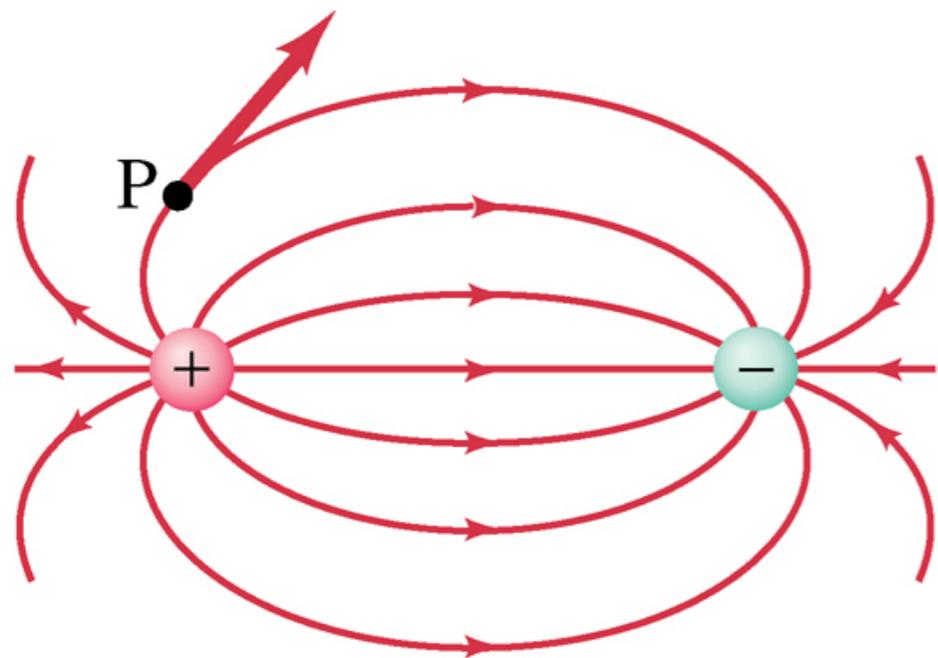
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$



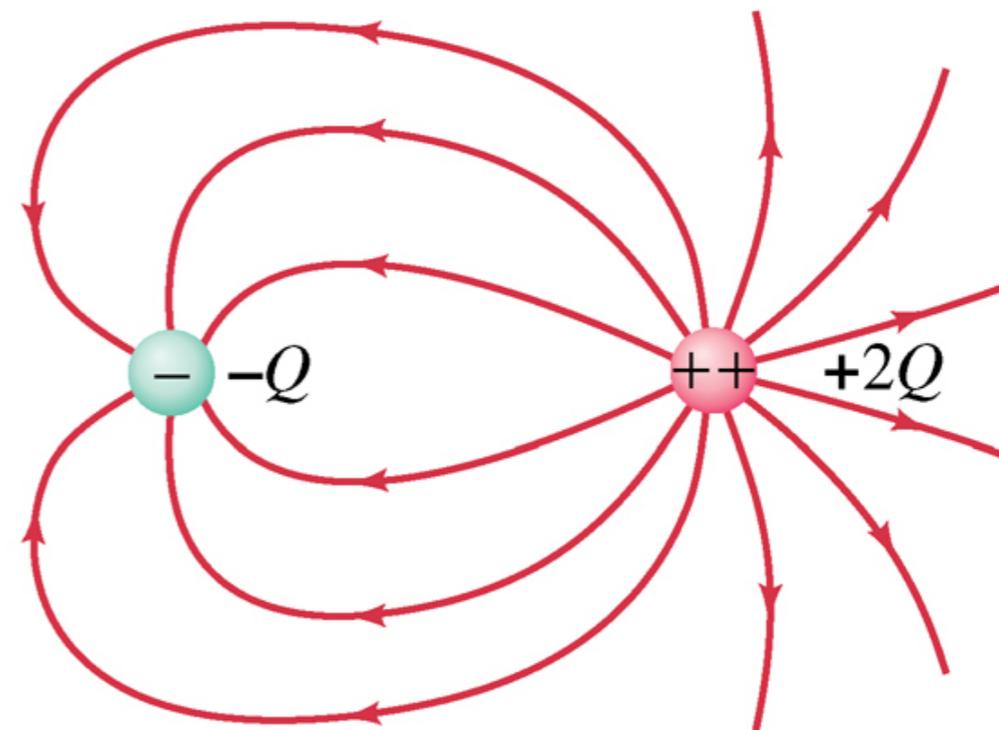
**Charles Augustin de Coulomb**  
(\* 14. Juni 1736 in Angoulême; †  
23. August 1806 in Paris)

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

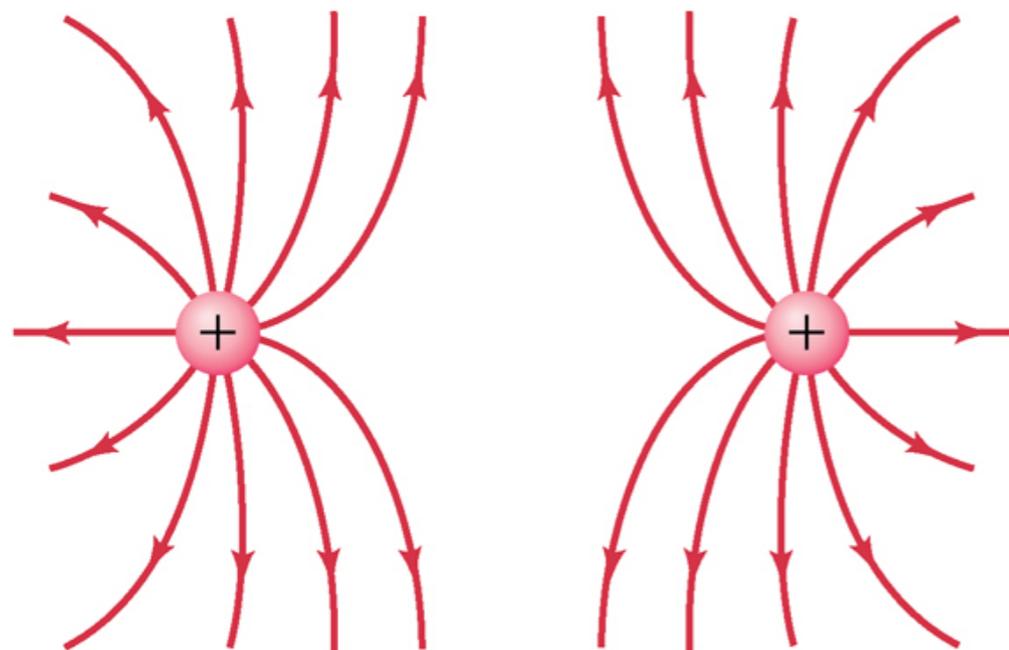
# Feldlinien



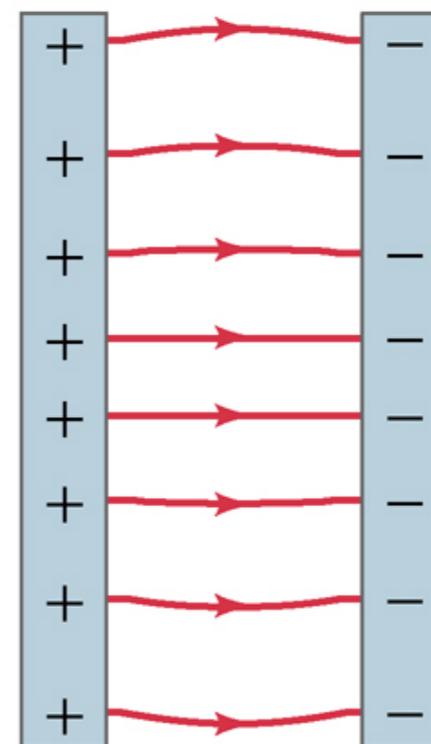
(a)



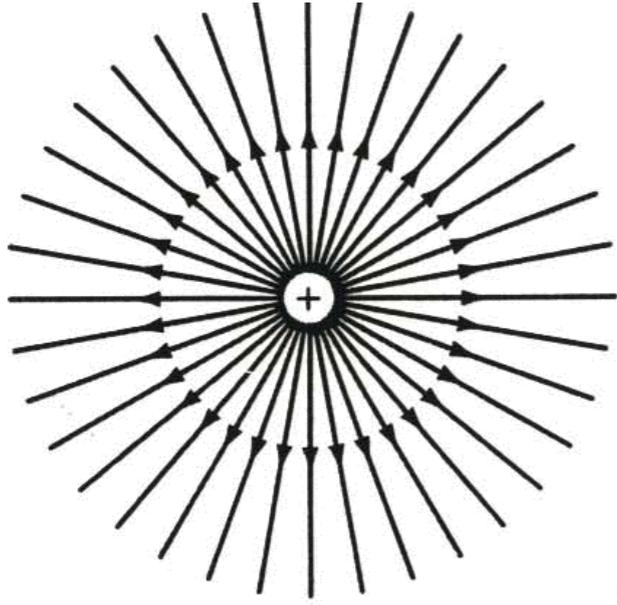
(c)



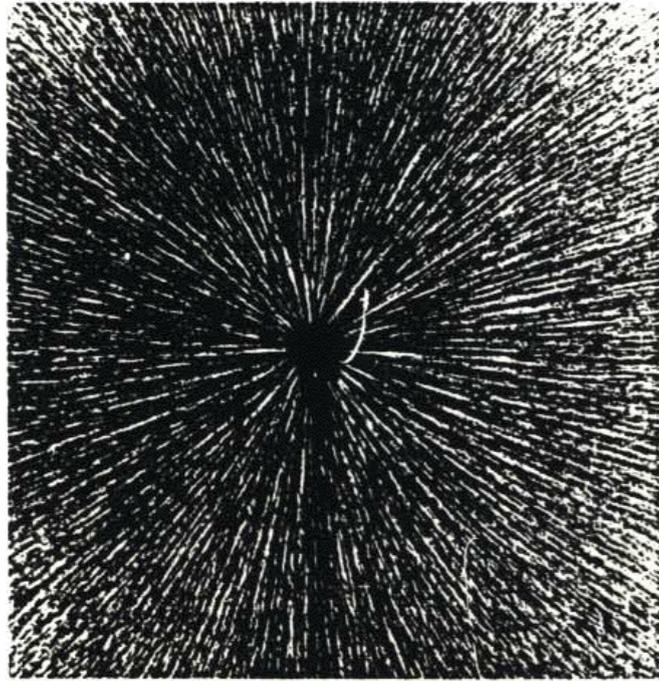
(b)



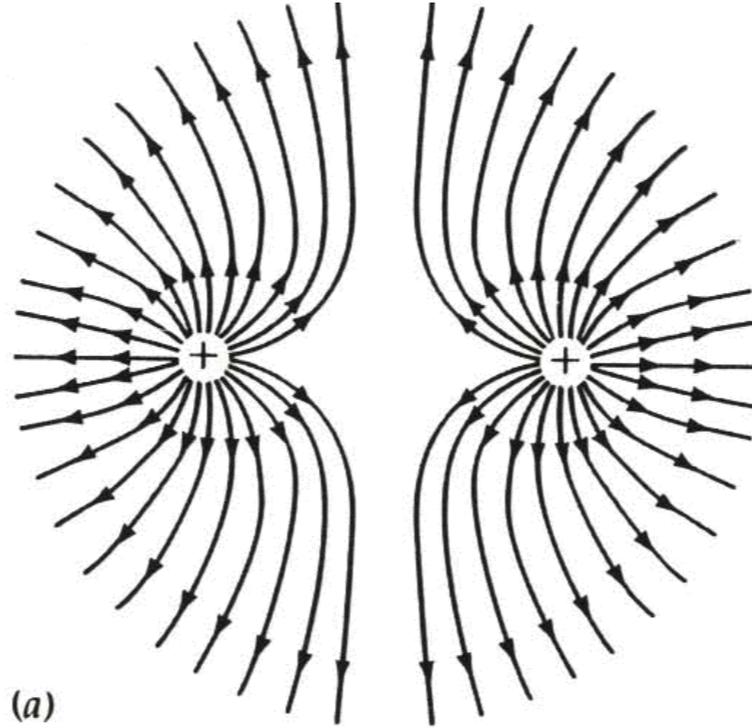
(d)



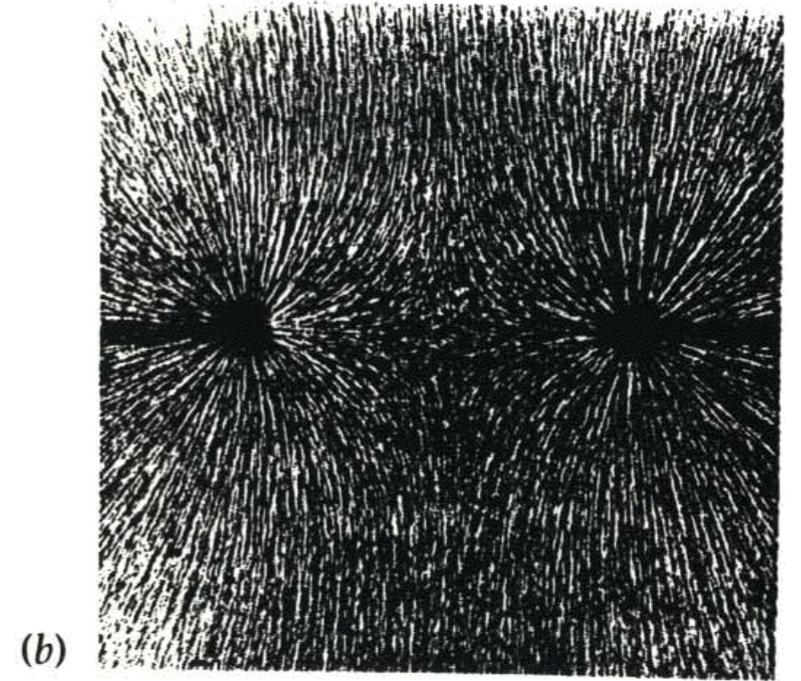
(a)



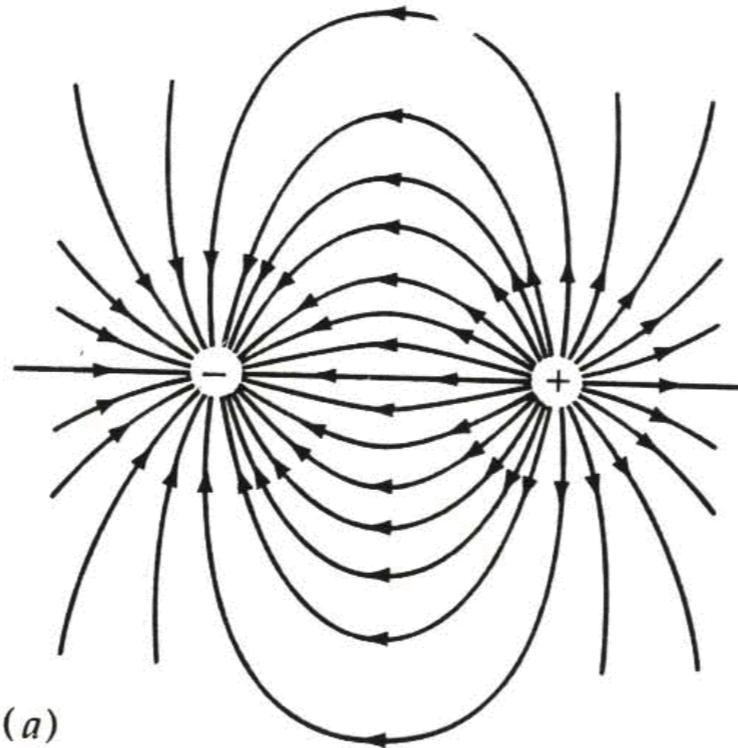
(b)



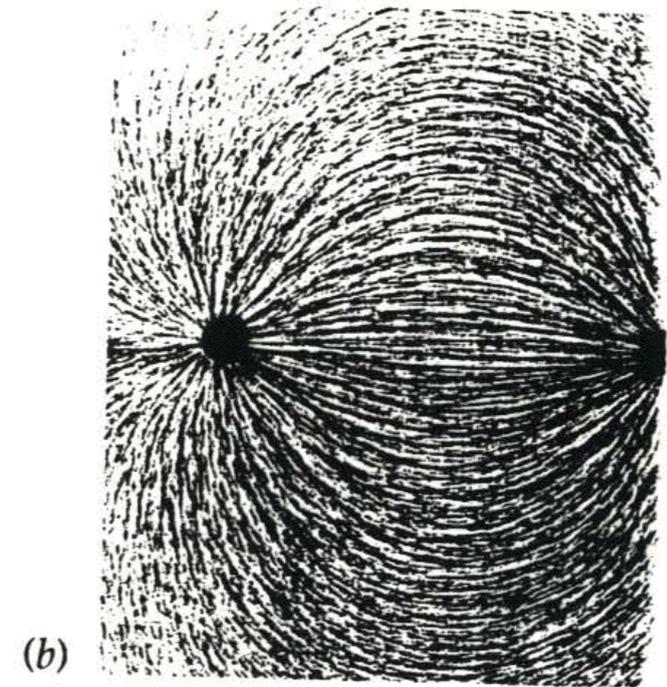
(a)



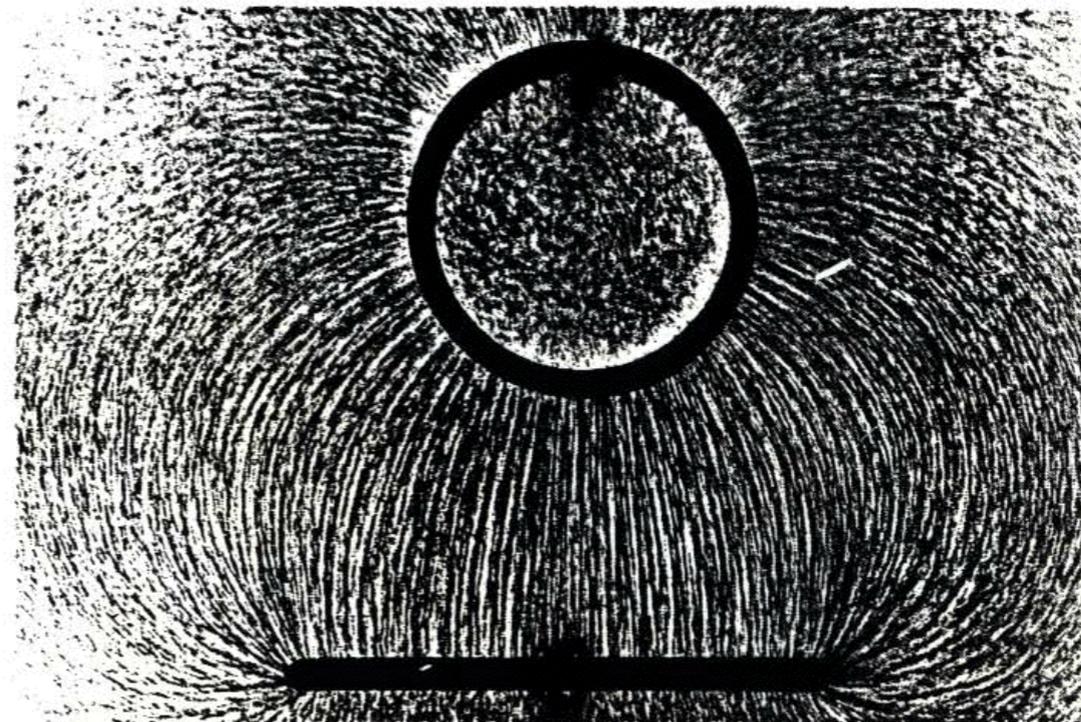
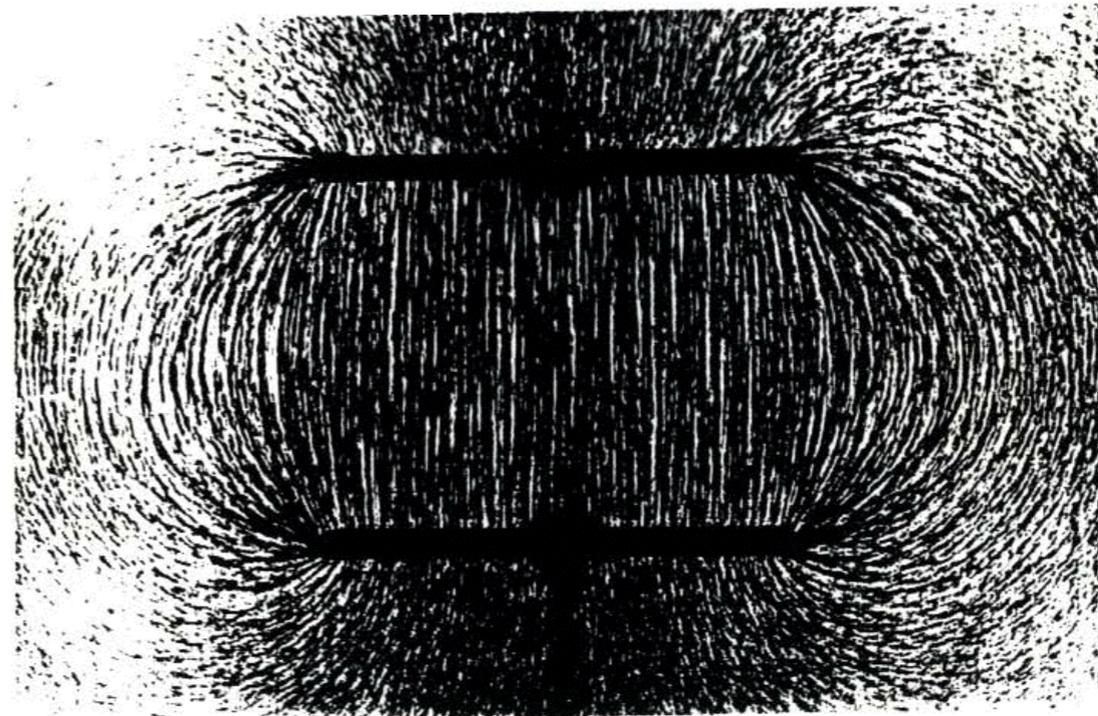
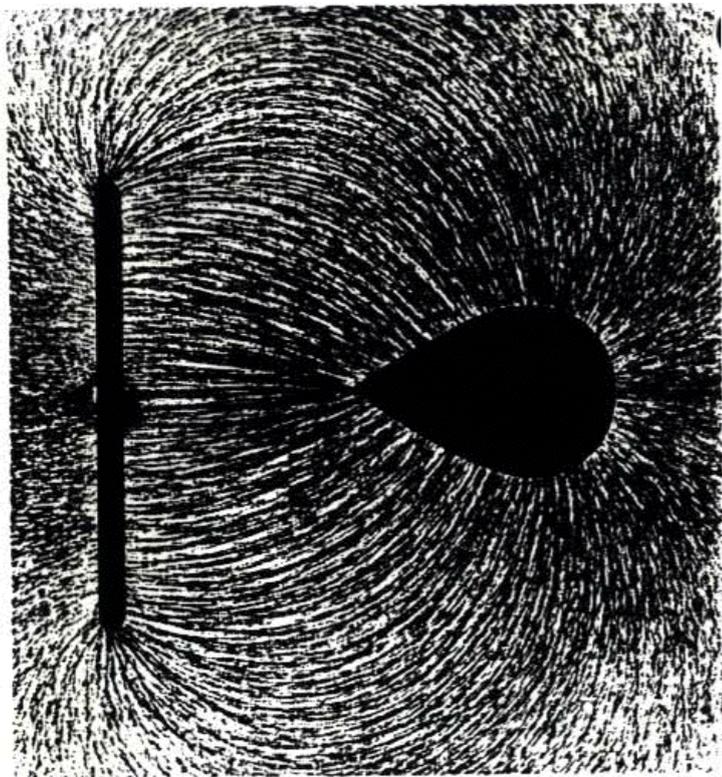
(b)



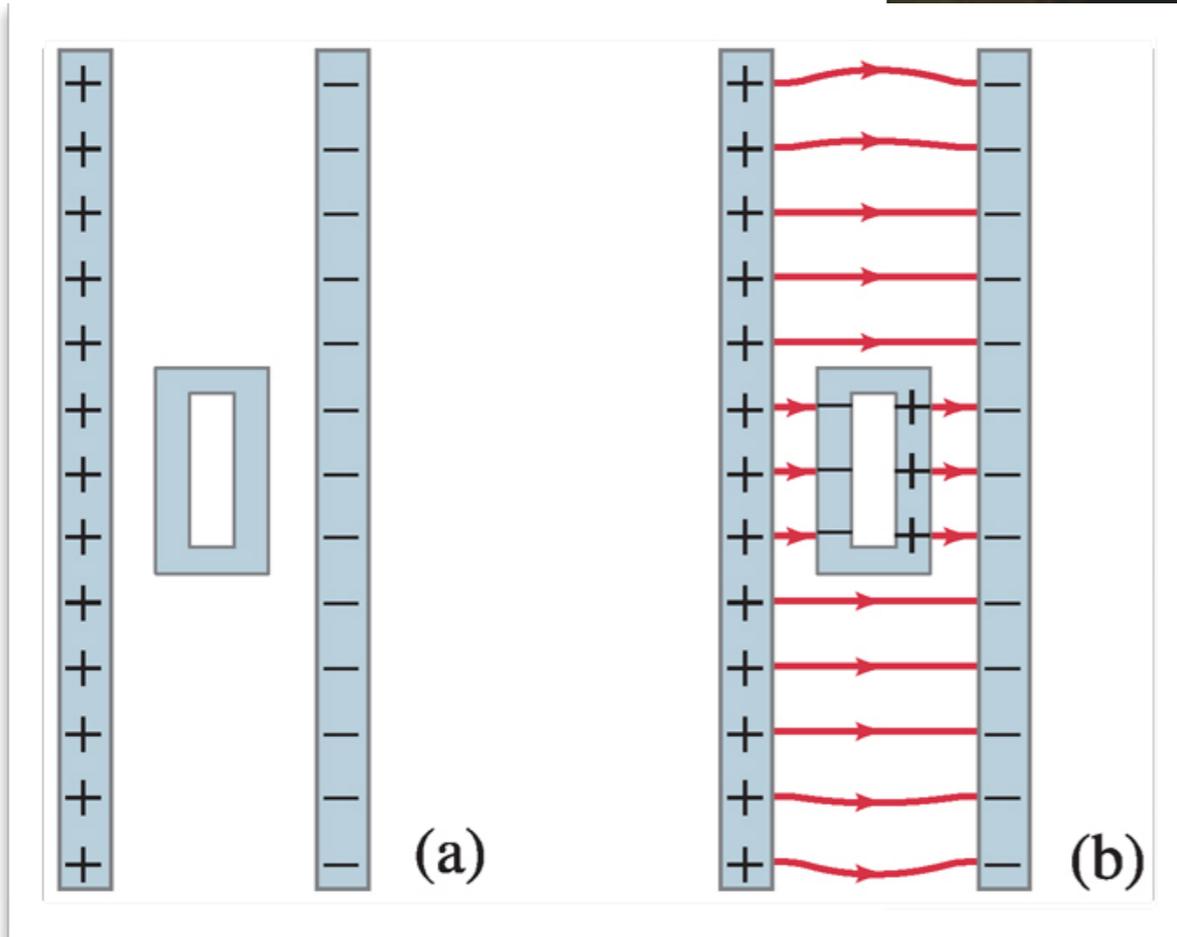
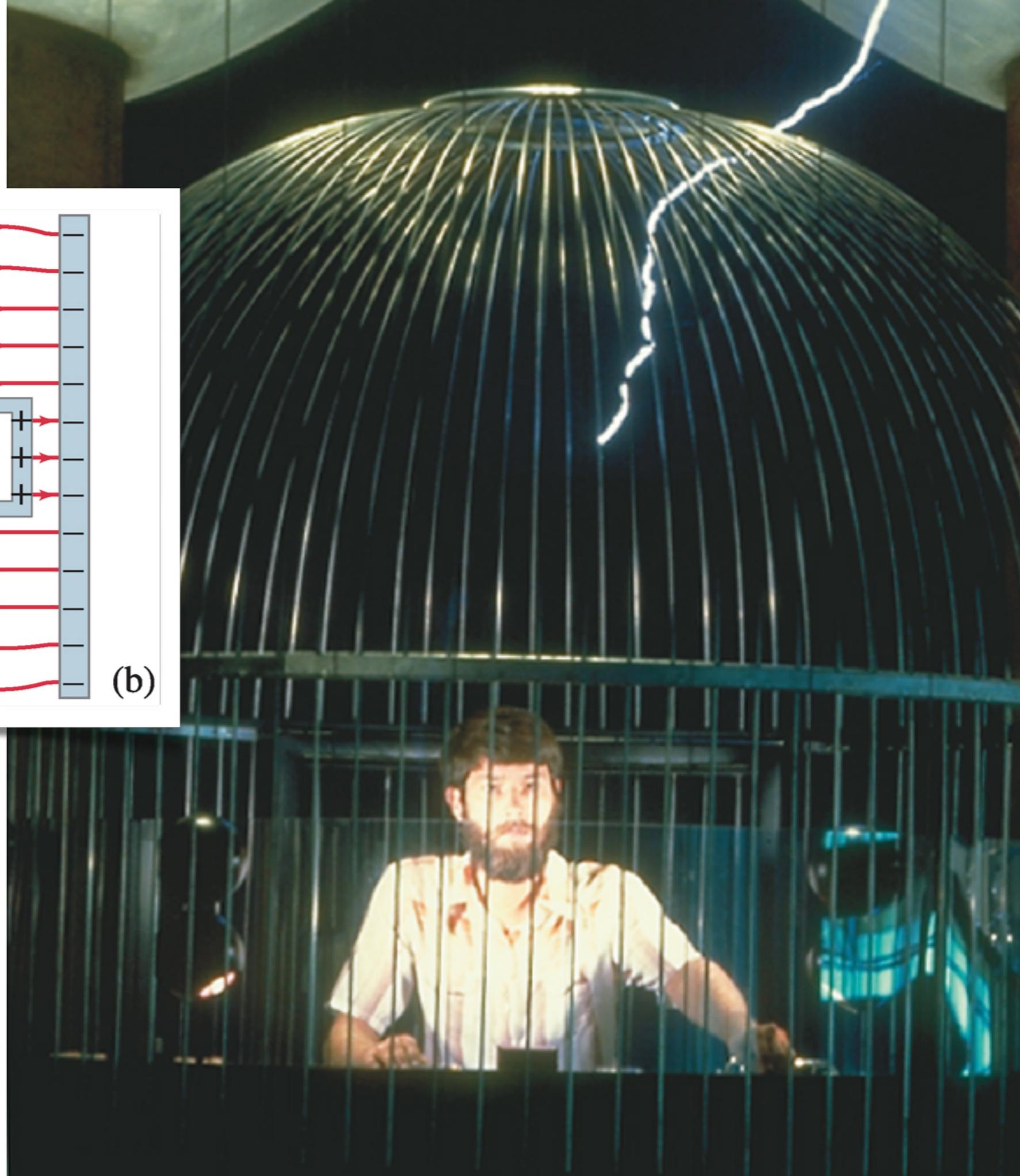
(a)



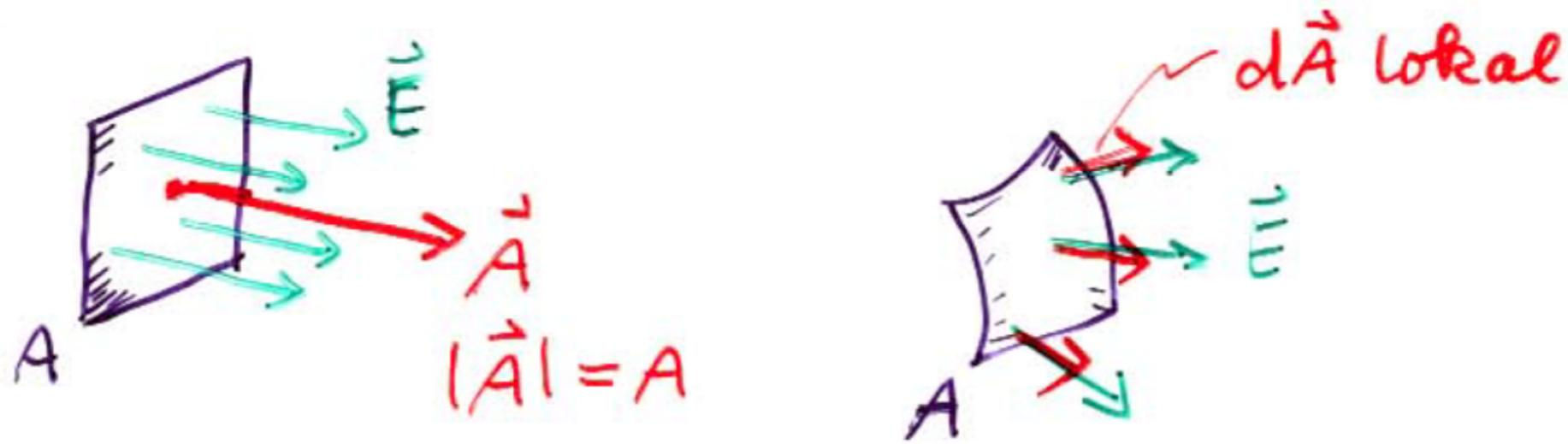
(b)



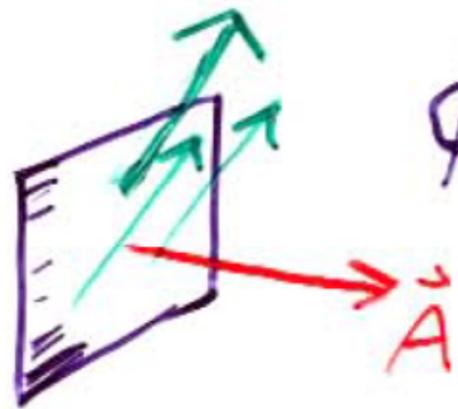
# Faraday-Käfig



# Elektrischer Fluss



$\vec{E}$  konstant, schräg zur Fläche:



$$\Phi = \vec{E} \cdot \vec{A} = E \cdot A \cdot \cos \alpha$$

$\alpha = \angle(\vec{E}, \vec{A})$  Winkel  
zwischen  $\vec{E}$  und Flächen-  
normale

# zum Gauß'schen Satz

[Gerthsen]

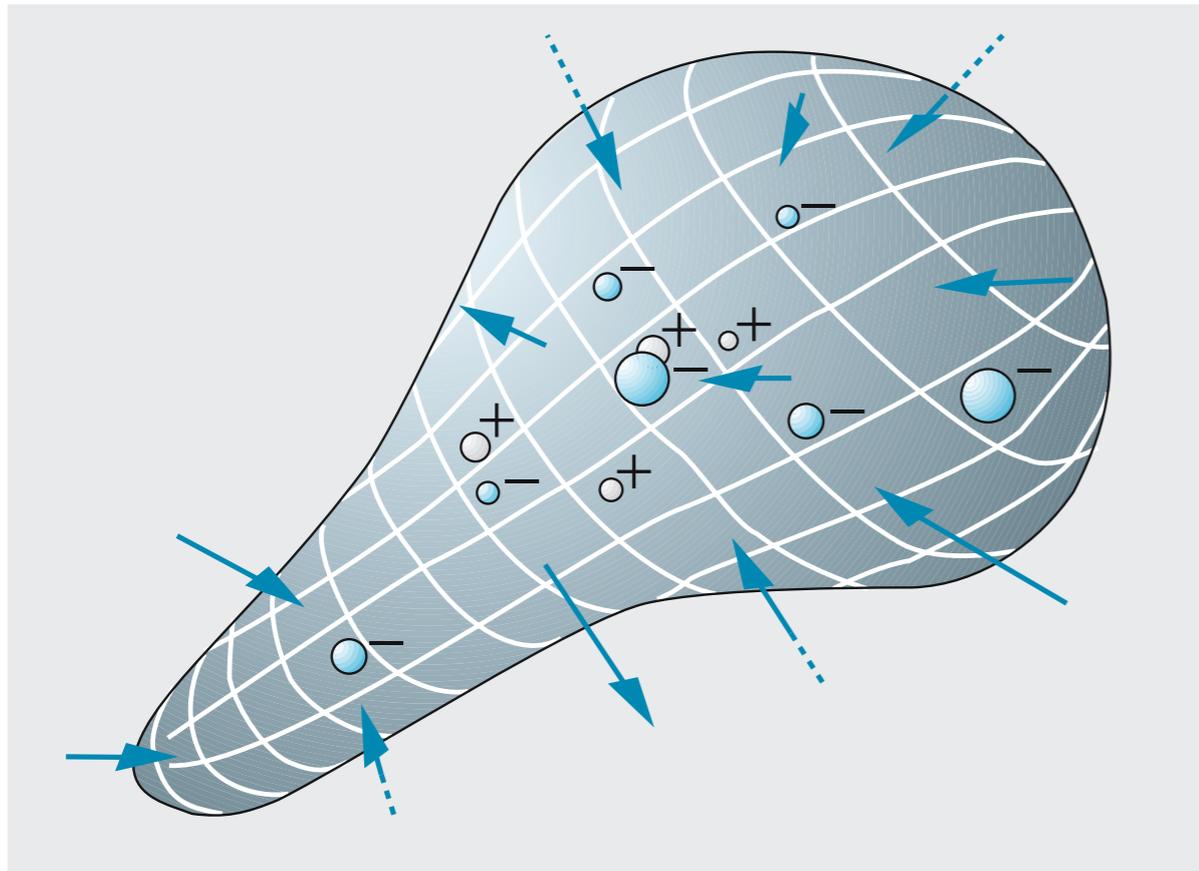


Abb. 6.3. Satz von *Gauß-Ostrogradski*: Der elektrische Fluss, der aus einer geschlossenen Fläche tritt, ist proportional zur Gesamtladung, die darin sitzt

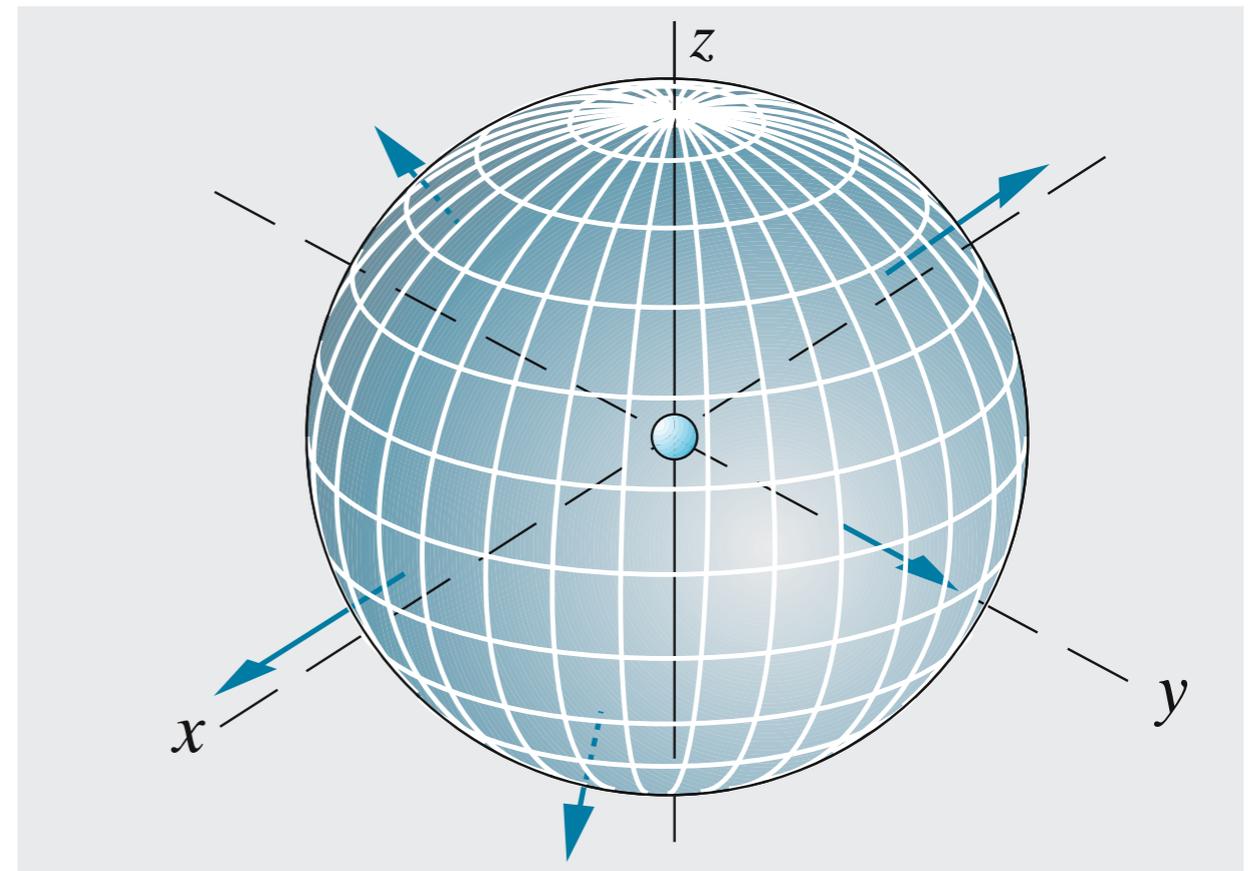
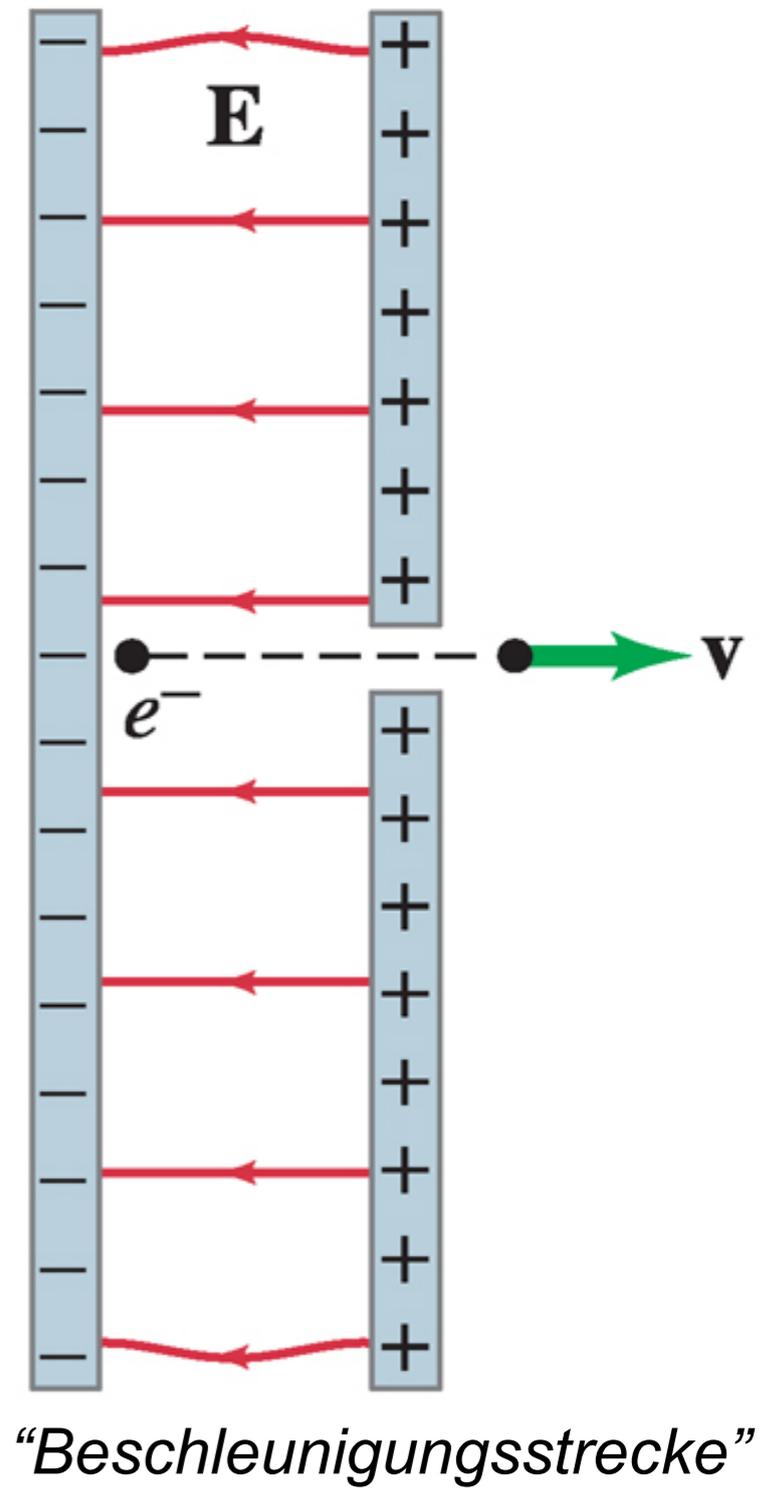
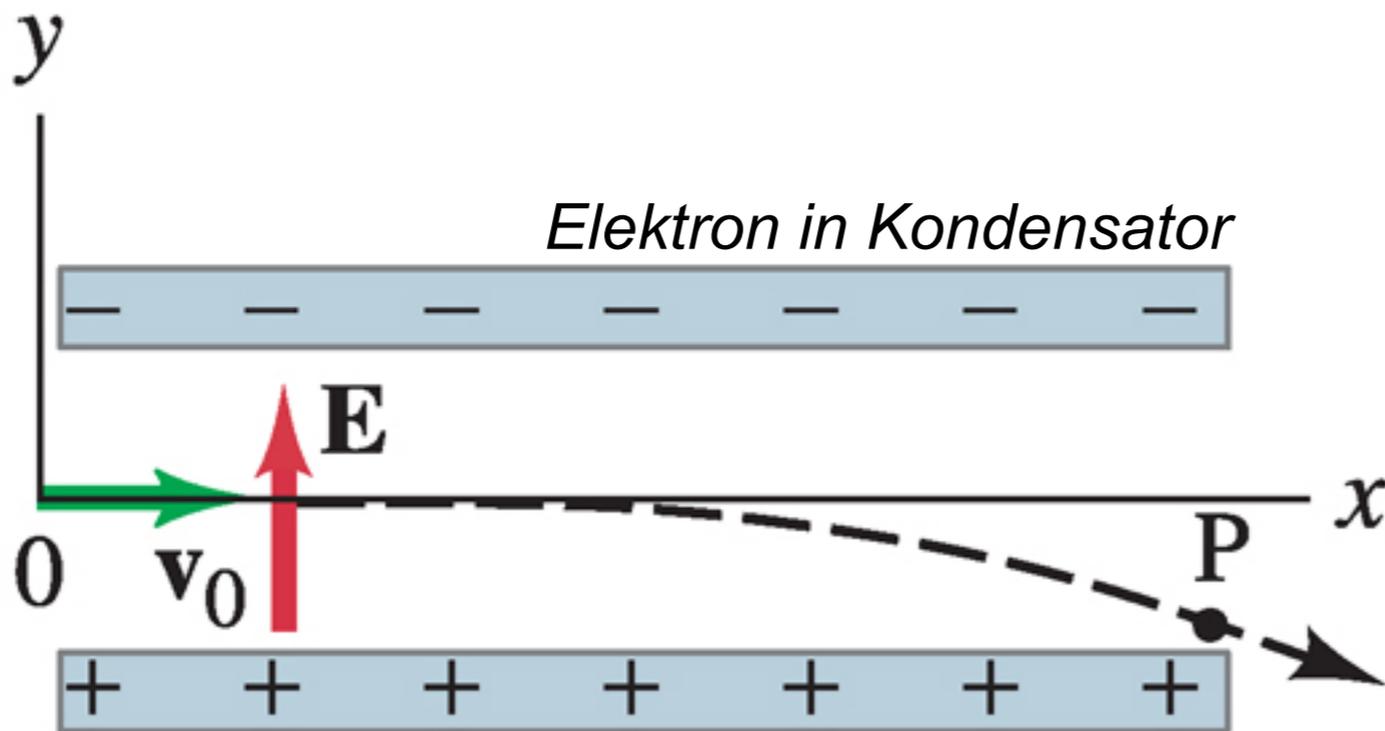
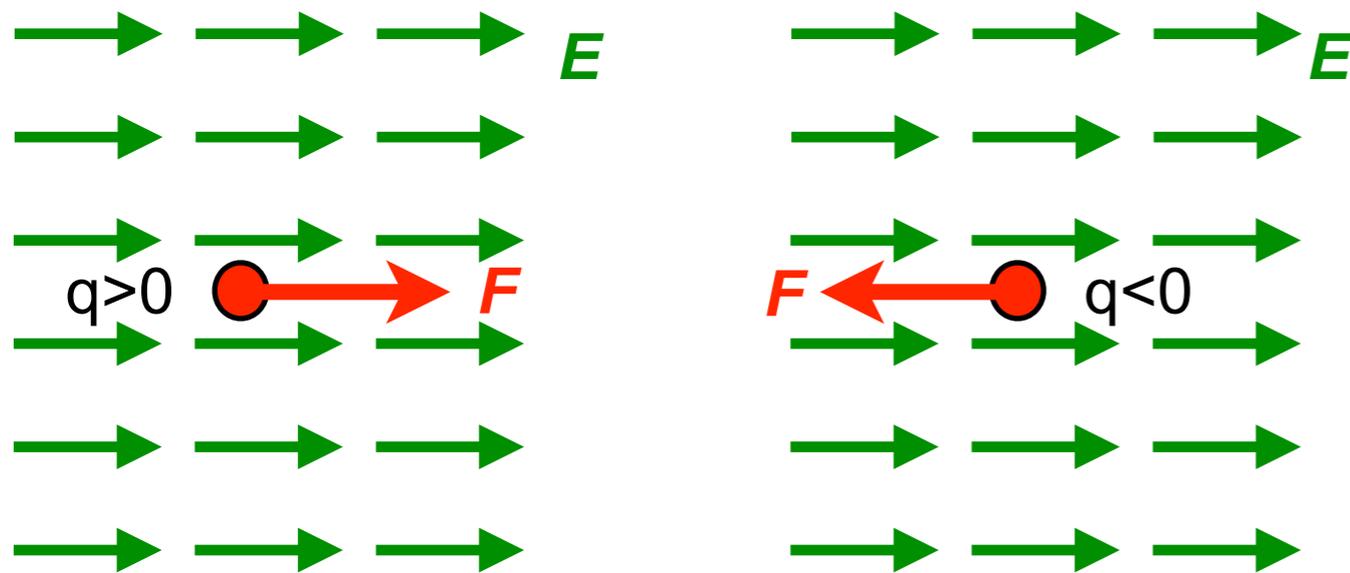


Abb. 6.4. Das Feld einer Punktladung ist radialsymmetrisch. Durch jede Kugelfläche tritt der gleiche Feldfluss  $\phi = Q/\epsilon_0$ . Daraus folgt das Coulomb-Gesetz

# Ladung im homogenen elektrischen Feld



# Potential und Verschiebungsarbeit

Ein Feld besitzt ein eindeutiges Potential, wenn die Verschiebungsarbeit wegunabhängig ist!

