

Atommodelle

W. Spiegel

HvGG

6. Oktober 2016

Mechanisches Atommodell

- Atome als kugelförmige, ideal elastische Gebilde
- Durchmesser ca. $10^{-10} m$

Mechanisches Atommodell

- Atome als kugelförmige, ideal elastische Gebilde
- Durchmesser ca. $10^{-10} m$
- Erklärt:
 - Brownsche Molekularbewegung

Mechanisches Atommodell

- Atome als kugelförmige, ideal elastische Gebilde
- Durchmesser ca. $10^{-10} m$
- Erklärt:
 - Brownsche Molekularbewegung
 - Diffusion und Osmose

Mechanisches Atommodell

- Atome als kugelförmige, ideal elastische Gebilde
- Durchmesser ca. $10^{-10} m$
- Erklärt:
 - Brownsche Molekularbewegung
 - Diffusion und Osmose
 - Annahmen der kinetischen Gastheorie.

Mechanisches Atommodell

- Atome als kugelförmige, ideal elastische Gebilde
- Durchmesser ca. $10^{-10} m$
- Erklärt:
 - Brownsche Molekularbewegung
 - Diffusion und Osmose
 - Annahmen der kinetischen Gastheorie.

Mechanisches Atommodell: Nachteile

- Erklärt **nicht**:
 - elektrische und magnetische Eigenschaften der Atome
 - die Ionisierbarkeit der Atome

Mechanisches Atommodell: Nachteile

- Erklärt **nicht**:
 - elektrische und magnetische Eigenschaften der Atome
 - die Ionisierbarkeit der Atome
 - chemische Bindungen

Mechanisches Atommodell: Nachteile

- Erklärt **nicht**:
 - elektrische und magnetische Eigenschaften der Atome
 - die Ionisierbarkeit der Atome
 - chemische Bindungen
 - Radioaktivität

Mechanisches Atommodell: Nachteile

- Erklärt **nicht**:
 - elektrische und magnetische Eigenschaften der Atome
 - die Ionisierbarkeit der Atome
 - chemische Bindungen
 - Radioaktivität
 - Entstehung der Spektrallinien

Mechanisches Atommodell: Nachteile

- Erklärt **nicht**:
 - elektrische und magnetische Eigenschaften der Atome
 - die Ionisierbarkeit der Atome
 - chemische Bindungen
 - Radioaktivität
 - Entstehung der Spektrallinien

Thomsonsches Atommodell

- Erweiterung des mechanischen Atommodells zur Erklärung elektrischer Eigenschaften
- Ein Atom besteht aus einer
 - homogen verteilten, positiv geladenen Masse in Kugelform

Thomsonsches Atommodell

- Erweiterung des mechanischen Atommodells zur Erklärung elektrischer Eigenschaften
- Ein Atom besteht aus einer
 - homogen verteilten, positiv geladenen Masse in Kugelform
 - diese enthält Elektronen als kleinere Kugeln mit negativer Ladung

Thomsonsches Atommodell

- Erweiterung des mechanischen Atommodells zur Erklärung elektrischer Eigenschaften
- Ein Atom besteht aus einer
 - homogen verteilten, positiv geladenen Masse in Kugelform
 - diese enthält Elektronen als kleinere Kugeln mit negativer Ladung
 - die Elektronen sind **sehr viel kleiner** !

Thomsonsches Atommodell

- Erweiterung des mechanischen Atommodells zur Erklärung elektrischer Eigenschaften
- Ein Atom besteht aus einer
 - homogen verteilten, positiv geladenen Masse in Kugelform
 - diese enthält Elektronen als kleinere Kugeln mit negativer Ladung
 - die Elektronen sind **sehr viel kleiner** !
- Anzahl der negativen Ladungen = Anzahl der positiven Ladungen

Thomsonsches Atommodell

- Erweiterung des mechanischen Atommodells zur Erklärung elektrischer Eigenschaften
- Ein Atom besteht aus einer
 - homogen verteilten, positiv geladenen Masse in Kugelform
 - diese enthält Elektronen als kleinere Kugeln mit negativer Ladung
 - die Elektronen sind **sehr viel kleiner** !
- Anzahl der negativen Ladungen = Anzahl der positiven Ladungen
- elektrostatische Kräfte "fixieren" die Ladungen im Atom

Thomsonsches Atommodell

- Erweiterung des mechanischen Atommodells zur Erklärung elektrischer Eigenschaften
- Ein Atom besteht aus einer
 - homogen verteilten, positiv geladenen Masse in Kugelform
 - diese enthält Elektronen als kleinere Kugeln mit negativer Ladung
 - die Elektronen sind **sehr viel kleiner** !
- Anzahl der negativen Ladungen = Anzahl der positiven Ladungen
- elektrostatische Kräfte "fixieren" die Ladungen im Atom

Lenards Streuversuch

- Schnelle Elektronen treten aus einer Entladungsröhre durch eine wenige μm dünne Metallfolie ins Freie.
- Nachweis der Elektronen durch einen fluoreszierenden Schirm

Lenards Streuversuch

- Schnelle Elektronen treten aus einer Entladungsröhre durch eine wenige μm dünne Metallfolie ins Freie.
- Nachweis der Elektronen durch einen fluoreszierenden Schirm
- Ergebnis: nur sehr wenige Elektronen wurden in der Folie absorbiert

Lenards Streuversuch

- Schnelle Elektronen treten aus einer Entladungsröhre durch eine wenige μm dünne Metallfolie ins Freie.
- Nachweis der Elektronen durch einen fluoreszierenden Schirm
- Ergebnis: nur sehr wenige Elektronen wurden in der Folie absorbiert

Widerspruch zum Thomsonschen Atommodell

- Im Thomsonschen Modell sind die Atome homogen mit Masse gefüllt
 - Bei Atom-Durchmesser von ca. $10^{-10} m$

Widerspruch zum Thomsonschen Atommodell

- Im Thomsonschen Modell sind die Atome homogen mit Masse gefüllt
 - Bei Atom-Durchmesser von ca. $10^{-10} m$
 - und einer Foliendicke von einigen μm

Widerspruch zum Thomsonschen Atommodell

- Im Thomsonschen Modell sind die Atome homogen mit Masse gefüllt
 - Bei Atom-Durchmesser von ca. $10^{-10} m$
 - und einer Foliendicke von einigen μm
 - müssten die Elektronen einige zehntausend Atomsschichten ungestört durchdringen

Widerspruch zum Thomsonschen Atommodell

- Im Thomsonschen Modell sind die Atome homogen mit Masse gefüllt
 - Bei Atom-Durchmesser von ca. $10^{-10} m$
 - und einer Foliendicke von einigen μm
 - müssten die Elektronen einige zehntausend Atomsschichten ungestört durchdringen
 - ⚡ **Physikalisch unmöglich!** ⚡

Widerspruch zum Thomson'schen Atommodell

- Im Thomson'schen Modell sind die Atome homogen mit Masse gefüllt
 - Bei Atom-Durchmesser von ca. $10^{-10} m$
 - und einer Foliendicke von einigen μm
 - müssten die Elektronen einige zehntausend Atomsschichten ungestört durchdringen
 - ⚡ **Physikalisch unmöglich!** ⚡
- Folgerung: Das Thomson'sche Atommodell ist nicht haltbar.

Widerspruch zum Thomson'schen Atommodell

- Im Thomson'schen Modell sind die Atome homogen mit Masse gefüllt
 - Bei Atom-Durchmesser von ca. $10^{-10} m$
 - und einer Foliendicke von einigen μm
 - müssten die Elektronen einige zehntausend Atomschichten ungestört durchdringen
 - ⚡ **Physikalisch unmöglich!** ⚡
- **Folgerung: Das Thomson'sche Atommodell ist nicht haltbar.**

Rutherford's Streuversuch

- α -Strahler trifft senkrecht auf eine dünne Goldfolie
- hinter der Folie \rightarrow drehbare, bewegliche Zählvorrichtung

Rutherford's Streuversuch

- α -Strahler trifft senkrecht auf eine dünne Goldfolie
- hinter der Folie \rightarrow drehbare, bewegliche Zählvorrichtung
- registriere die Verteilung der gestreuten α -Teilchen

Rutherford's Streuversuch

- α -Strahler trifft senkrecht auf eine dünne Goldfolie
- hinter der Folie \rightarrow drehbare, bewegliche Zählvorrichtung
- registriere die Verteilung der gestreuten α -Teilchen

Ergebnisse des Streuversuchs

- Die meisten α -Teilchen werden **nicht** abgelenkt
- Kleinere Ablenkwinkel θ kommen häufiger vor

Ergebnisse des Streuversuchs

- Die meisten α -Teilchen werden **nicht** abgelenkt
- Kleinere Ablenkwinkel θ kommen häufiger vor
- Selten: Rückwärtsstreuung unter 180° (!)

Ergebnisse des Streuversuchs

- Die meisten α -Teilchen werden **nicht** abgelenkt
- Kleinere Ablenkwinkel θ kommen häufiger vor
- Selten: Rückwärtsstreuung unter 180° (!)
- Kaum Energieverlust der gestreuten α -Teilchen

Ergebnisse des Streuversuchs

- Die meisten α -Teilchen werden **nicht** abgelenkt
- Kleinere Ablenkwinkel θ kommen häufiger vor
- Selten: Rückwärtsstreuung unter 180° (!)
- Kaum Energieverlust der gestreuten α -Teilchen

Rutherfords Folgerungen

- Der größte Teil des Atoms ist leer.
- große Ablenkwinkel durch Wechselwirkung der α -Teilchen mit dem Atomkern

Rutherford's Folgerungen

- Der größte Teil des Atoms ist leer.
- große Ablenkung durch Wechselwirkung der α -Teilchen mit dem Atomkern
- Kern vereinigt fast die gesamte Masse des Atoms

Rutherford's Folgerungen

- Der größte Teil des Atoms ist leer.
- große Ablenkung durch Wechselwirkung der α -Teilchen mit dem Atomkern
- Kern vereinigt fast die gesamte Masse des Atoms
- Rückwärtsstreuung \rightarrow Kern ist positiv geladen

Rutherford's Folgerungen

- Der größte Teil des Atoms ist leer.
- große Ablenkung durch Wechselwirkung der α -Teilchen mit dem Atomkern
- Kern vereinigt fast die gesamte Masse des Atoms
- Rückwärtsstreuung \rightarrow Kern ist positiv geladen

Rutherford's Atommodell von 1911

- positiv geladener Atomkern mit $d = 10^{-14} m$
- Kern enthält nahezu die gesamte Masse

Rutherford's Atommodell von 1911

- positiv geladener Atomkern mit $d = 10^{-14} m$
- Kern enthält nahezu die gesamte Masse
- den Kern umkreisen Elektronen (\rightarrow Planetensystem)

Rutherford's Atommodell von 1911

- positiv geladener Atomkern mit $d = 10^{-14} m$
- Kern enthält nahezu die gesamte Masse
- den Kern umkreisen Elektronen (\rightarrow Planetensystem)
- Für die Kreisbahnen gilt: $F_{Coulomb} = F_{zentripetal}$

Rutherford's Atommodell von 1911

- positiv geladener Atomkern mit $d = 10^{-14} m$
- Kern enthält nahezu die gesamte Masse
- den Kern umkreisen Elektronen (\rightarrow Planetensystem)
- Für die Kreisbahnen gilt: $F_{Coulomb} = F_{zentripetal}$
- Atom nach außen elektrisch neutral

Rutherford's Atommodell von 1911

- positiv geladener Atomkern mit $d = 10^{-14} m$
- Kern enthält nahezu die gesamte Masse
- den Kern umkreisen Elektronen (\rightarrow Planetensystem)
- Für die Kreisbahnen gilt: $F_{Coulomb} = F_{zentripetal}$
- Atom nach außen elektrisch neutral
- \rightarrow Anzahl der negativen Ladungen = Anzahl der positiven Ladungen

Rutherford's Atommodell von 1911

- positiv geladener Atomkern mit $d = 10^{-14} m$
- Kern enthält nahezu die gesamte Masse
- den Kern umkreisen Elektronen (\rightarrow Planetensystem)
- Für die Kreisbahnen gilt: $F_{Coulomb} = F_{zentripetal}$
- Atom nach außen elektrisch neutral
- \rightarrow Anzahl der negativen Ladungen = Anzahl der positiven Ladungen
- Elektronenhülle = Durchmesser des Atoms: $10^{-10} m$

Rutherford's Atommodell von 1911

- positiv geladener Atomkern mit $d = 10^{-14} m$
- Kern enthält nahezu die gesamte Masse
- den Kern umkreisen Elektronen (\rightarrow Planetensystem)
- Für die Kreisbahnen gilt: $F_{Coulomb} = F_{zentripetal}$
- Atom nach außen elektrisch neutral
- \rightarrow Anzahl der negativen Ladungen = Anzahl der positiven Ladungen
- Elektronenhülle = Durchmesser des Atoms: $10^{-10} m$

Rutherford's Atommodell: Nachteile

- Atome sind nach Rutherford instabil!
 - Elektronen kreisen um den Kern → beschleunigte Ladung

Rutherford's Atommodell: Nachteile

- Atome sind nach Rutherford instabil!
 - Elektronen kreisen um den Kern → beschleunigte Ladung
 - beschleunigte Ladungen strahlen elektromagnetische Energie ab

Rutherford's Atommodell: Nachteile

- Atome sind nach Rutherford instabil!
 - Elektronen kreisen um den Kern → beschleunigte Ladung
 - beschleunigte Ladungen strahlen elektromagnetische Energie ab
 - Elektronen stürzen auf Spiralbahnen in den Kern!

Rutherford's Atommodell: Nachteile

- Atome sind nach Rutherford instabil!
 - Elektronen kreisen um den Kern → beschleunigte Ladung
 - beschleunigte Ladungen strahlen elektromagnetische Energie ab
 - Elektronen stürzen auf Spiralbahnen in den Kern!
- Bahnbegriff setzt voraus: die gleichzeitige genaue Kenntnis von Ort und Geschwindigkeit des Elektrons ζ

Rutherford's Atommodell: Nachteile

- Atome sind nach Rutherford instabil!
 - Elektronen kreisen um den Kern → beschleunigte Ladung
 - beschleunigte Ladungen strahlen elektromagnetische Energie ab
 - Elektronen stürzen auf Spiralbahnen in den Kern!
- Bahnbegriff setzt voraus: die gleichzeitige genaue Kenntnis von Ort und Geschwindigkeit des Elektrons ζ
- Der Elektronenbahnradius kann beliebige Werte annehmen . . .

Rutherford's Atommodell: Nachteile

- Atome sind nach Rutherford instabil!
 - Elektronen kreisen um den Kern → beschleunigte Ladung
 - beschleunigte Ladungen strahlen elektromagnetische Energie ab
 - Elektronen stürzen auf Spiralbahnen in den Kern!
- Bahnbegriff setzt voraus: die gleichzeitige genaue Kenntnis von Ort und Geschwindigkeit des Elektrons ↯
- Der Elektronenbahnradius kann beliebige Werte annehmen . . .
- aber: alle Atome eines Elements haben gleichen Hüllradius ↯

Rutherford's Atommodell: Nachteile

- Atome sind nach Rutherford instabil!
 - Elektronen kreisen um den Kern → beschleunigte Ladung
 - beschleunigte Ladungen strahlen elektromagnetische Energie ab
 - Elektronen stürzen auf Spiralbahnen in den Kern!
- Bahnbegriff setzt voraus: die gleichzeitige genaue Kenntnis von Ort und Geschwindigkeit des Elektrons ⚡
- Der Elektronenbahnradius kann beliebige Werte annehmen . . .
- aber: alle Atome eines Elements haben gleichen Hüllradius ⚡
- Elektronen stürzen spiraling in den Kern → Atome müssten kontinuierliches Spektrum aussenden

Rutherford's Atommodell: Nachteile

- Atome sind nach Rutherford instabil!
 - Elektronen kreisen um den Kern → beschleunigte Ladung
 - beschleunigte Ladungen strahlen elektromagnetische Energie ab
 - Elektronen stürzen auf Spiralbahnen in den Kern!
- Bahnbegriff setzt voraus: die gleichzeitige genaue Kenntnis von Ort und Geschwindigkeit des Elektrons ↯
- Der Elektronenbahnradius kann beliebige Werte annehmen . . .
- aber: alle Atome eines Elements haben gleichen Hüllradius ↯
- Elektronen stürzen spiralg in den Kern → Atome müssten kontinuierliches Spektrum aussenden
- → Linienspektren der Atome sind nicht erklärbar! ↯

Rutherford's Atommodell: Nachteile

- Atome sind nach Rutherford instabil!
 - Elektronen kreisen um den Kern → beschleunigte Ladung
 - beschleunigte Ladungen strahlen elektromagnetische Energie ab
 - Elektronen stürzen auf Spiralbahnen in den Kern!
- Bahnbegriff setzt voraus: die gleichzeitige genaue Kenntnis von Ort und Geschwindigkeit des Elektrons ⚡
- Der Elektronenbahnradius kann beliebige Werte annehmen . . .
- aber: alle Atome eines Elements haben gleichen Hüllradius ⚡
- Elektronen stürzen spiralg in den Kern → Atome müssten kontinuierliches Spektrum aussenden
- → Linienspektren der Atome sind nicht erklärbar! ⚡

Vergleich zwischen Photo- und Comptoneffekt

Photoeffekt	Comptoneffekt
Wechselwirkung eines Photons mit einem an ein Atom gebundenen Elektron.	Wechselwirkung eines Photons mit einem freien Elektron.
Das Photon überträgt seine Energie vollständig auf das Elektron.	Das Photon gibt nur einen Teil seiner Energie an das Elektron ab.
Nach der Wechselwirkung gibt es kein Photon mehr.	Nach der Wechselwirkung gibt es ein Photon geringerer Energie.
Die Photoelektronen besitzen alle die gleiche Geschwindigkeit, ihr Geschwindigkeitsspektrum ist diskret.	Comptonelektronen besitzen ein kontinuierliches Geschwindigkeitsspektrum.

Vergleich zwischen Photoeffekt und Franck-Hertz-Versuch

Photoeffekt	Franck-Hertz-Versuch
Wechselwirkung eines Photons mit einem an ein Atom gebundenen Elektron.	Wechselwirkung eines Elektrons mit einem Hg-Atom.
Das Photon überträgt seine Energie vollständig auf das Elektron.	Stoß entweder elastisch oder unelastisch, je nach Energie des Elektrons.
Nach der Wechselwirkung gibt es kein Photon mehr.	Nach der Wechselwirkung gibt es ein Elektron mit geringerer Energie.
Die Photoelektronen besitzen alle die gleiche Geschwindigkeit, ihr Geschwindigkeitsspektrum ist diskret.	Die Elektronen im Franck-Hertz-Versuch besitzen ein kontinuierliches Geschwindigkeitsspektrum.