



# SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2013

### PHYSIK (ERHÖHTES ANFORDERUNGSNIVEAU)

#### Prüfungsaufgaben

---

Auswahlzeit:	30 Minuten
Bearbeitungszeit:	300 Minuten

---

Wählen Sie je ein Thema aus den beiden Themenblöcken zur Bearbeitung aus und kreuzen Sie diese beiden Themen an.  
Bestätigen Sie die Entscheidung mit einer Unterschrift.

#### Themenblock Grundlagen

**Thema G 1:** Arbeit und Energie

**Thema G 2:** Physik am Fahrrad

#### Themenblock Vertiefung

**Thema V 1:** Kompressionsvorgänge

**Thema V 2:** Atommodelle (Themaufgabe)

**Thema V 3:** Impuls von Photonen

Unterschrift des Prüflings:

## Thema G 1: Arbeit und Energie

### 1 Arbeit und Energie beim Fotoeffekt

- 1.1 Die beim Fotoeffekt freigesetzten Elektronen haben unterschiedliche kinetische Energien.

Beschreiben Sie anhand einer Skizze den Aufbau, die Durchführung und die Auswertung eines Experiments zur Bestimmung der maximalen kinetischen Energie der herausgelösten Elektronen bei der Verwendung einer monochromatischen Lichtquelle.

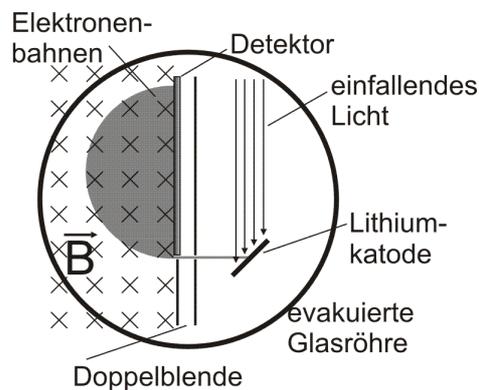
- 1.2 In den Jahren 1912 bis 1915 führte Robert Andrews Millikan Versuche mit der Gegenfeldmethode durch, um das Planck'sche Wirkungsquantum auf diese Weise näher zu bestimmen. Für verschiedene Wellenlängen des genutzten Lichts wurden die zugehörigen Gegenspannungen bestimmt. In der Tabelle ist eine dieser Messreihen dargestellt, welche mit einer Lithiumkatode gewonnen wurde.

Wellenlänge $\lambda$ in nm	433,9	404,7	365,0	312,5	253,5
Gegenspannung U in V	0,55	0,73	1,09	1,67	2,57

Zeichnen Sie die Einstein'sche Gerade für Millikans Werte in ein  $E_{\text{kin}}(f)$  - Diagramm und lesen Sie daraus die Austrittsarbeit und die Grenzfrequenz für das Katodenmaterial Lithium ab.

Bestimmen Sie mithilfe der Geraden einen Näherungswert für das Planck'sche Wirkungsquantum.

- 1.3 In einem weiteren Experiment zur Bestimmung der kinetischen Energie der schnellsten herausgelösten Elektronen wird die nebenstehende Anordnung genutzt (Bild 1). Durch das auftretende Licht treten Elektronen aus der Lithiumkatode heraus. Einige davon gelangen als Elektronenstrahl in ein scharf begrenztes homogenes Magnetfeld bekannter Flussdichte  $B$ . Nach dem Durchlaufen eines Halbkreises treffen sie auf einen Detektor, welcher die Elektronen registriert.



Begründen Sie, dass sich die Elektronen auf vielen Kreisbahnen unterschiedlicher Radien bis zum Detektor bewegen.

Bild 1

Bei der Verwendung von Licht der Wellenlänge  $\lambda = 253,5 \text{ nm}$  und einer magnetischen Flussdichte von  $B = 1,11 \cdot 10^{-4} \text{ T}$  wird der größte Halbkreisradius mit  $r_{\text{max}} = 5,0 \text{ cm}$  registriert.

Berechnen Sie damit die kinetische Energie der schnellsten Fotoelektronen und vergleichen Sie dieses Ergebnis mit der Messung Millikans.

## 2 Arbeit und Energie bei der Bewegung auf einem Achterbahnstück

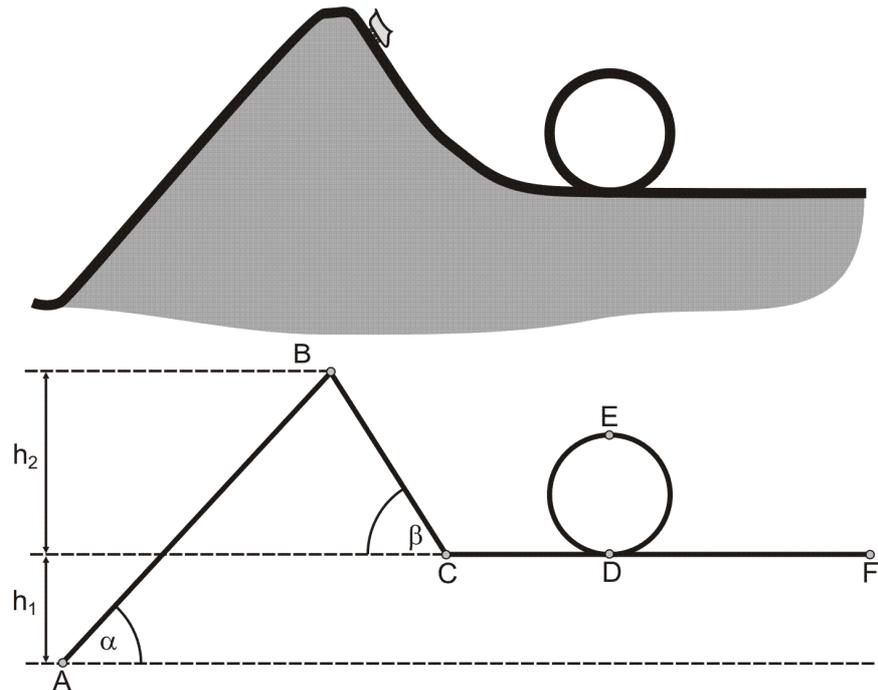
Es wird die Fahrt eines Wagens der Masse  $m$  auf einem Stück einer Achterbahn mit kreisförmigem Looping untersucht. Für die Rechnungen soll das reale Profil durch die darunter dargestellten geraden Abschnitte angenähert werden (Bild 2).

Hinweis:

Der Einfachheit halber werden die Reibungsverluste im Looping der Reibungsarbeit auf der Strecke  $\overline{BC}$  gleichgesetzt.

Es sind folgende  
Daten bekannt:

$$\begin{aligned} m &= 200 \text{ kg} \\ h_1 &= 3,00 \text{ m} \\ h_2 &= 12,00 \text{ m} \\ \overline{BC} &= 13,90 \text{ m} \\ \overline{CD} &= 6,00 \text{ m} \\ \overline{DF} &= 14,00 \text{ m} \\ \beta &= 60^\circ \\ \mu &= 0,005 \end{aligned}$$



(Skizze nicht maßstabsgerecht)

Bild 2

- 2.1 Beschreiben Sie die Energieumwandlungen des Wagens auf dem Weg von B über C, D und E nach F. Gehen Sie dabei von einer zu vernachlässigenden Anfangsgeschwindigkeit im Punkt B aus.

Berechnen Sie die kinetische Energie im Punkt F und den Verlust an mechanischer Energie auf dem Weg von B nach F. Beachten Sie dabei den Hinweis in der Einleitung.

- 2.2 Das Heraufziehen des Wagens von A nach B erfolgt mithilfe eines Elektromotors, dessen Betriebsspannung  $U = 400 \text{ V}$  beträgt. Der Wirkungsgrad des Aufzugs wird mit  $\eta = 92 \%$  angegeben.

Berechnen Sie den Neigungswinkel  $\alpha$  unter Berücksichtigung der Reibung, wenn das Heraufziehen  $t = 19,6 \text{ s}$  dauert und eine Stromaufnahme des Motors von  $I = 4,1 \text{ A}$  gemessen wird.

### 3 Beschleunigungsarbeit im Linearbeschleuniger

Linearbeschleuniger werden häufig als erste Beschleunigungsstufe einer Beschleunigerkaskade eingesetzt. Die hauptsächlichen Vorteile dieses Beschleunigertyps sind in der kaum auftretenden Strahlung und der einfachen Auskopplung von Teilchen mit verschiedenen Energien zu finden.

3.1 Erläutern Sie die Funktionsweise eines Linearbeschleunigers mithilfe von Bild 3.

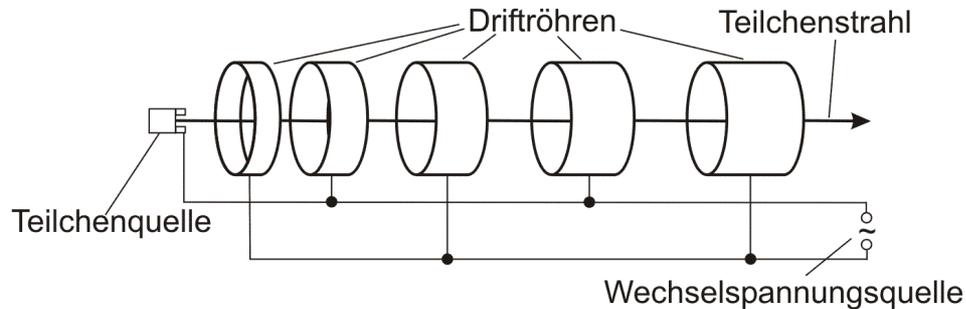


Bild 3

3.2 Im einfachsten Fall erfolgt die Beschleunigung von Teilchen im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators.

Berechnen Sie die maximale Beschleunigungsspannung für Elektronen, so dass diese 10 % der Lichtgeschwindigkeit erreichen, also noch klassisch behandelt werden können.

3.3 Im größten Linearbeschleuniger der Welt, am Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) in Kalifornien, werden Elektronen und Positronen z. B. auf eine Gesamtenergie von 50 GeV beschleunigt.

Zeigen Sie, dass die relativistische kinetische Energie mit der Gleichung

$$E_{\text{kin,rel}} = m_0 \cdot c^2 \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

berechnet werden kann.

Begründen Sie, dass es am SLAC legitim ist, die Ruheenergie der Elektronen bei diesen Berechnungen zu vernachlässigen.

## Thema G 2: Physik am Fahrrad

### 1 Kräfte an den Speichen

Für die Räder eines Fahrrades werden Speichen mit der maximal zulässigen Zugkraft  $F_{\max} = 1100 \text{ N}$  verwendet. Die Speichen sind an der Felge befestigt.

- 1.1 Stellen Sie die wirkenden Zugkräfte und die Gesamtkraft für ein Vorderrad in einem Kräfteparallelogramm in einer Skizze dar.

Daten für ein Vorderrad (Bild 1):

$$a_1 = a_2 = 30 \text{ mm}$$

$$r_1 = 23 \text{ mm}$$

$$r_2 = 300 \text{ mm}$$

Berechnen Sie den Betrag der Gesamtkraft  $F_{\text{ges}}$ , wenn die Speichen mit der maximal zulässigen Zugkraft gespannt sind.

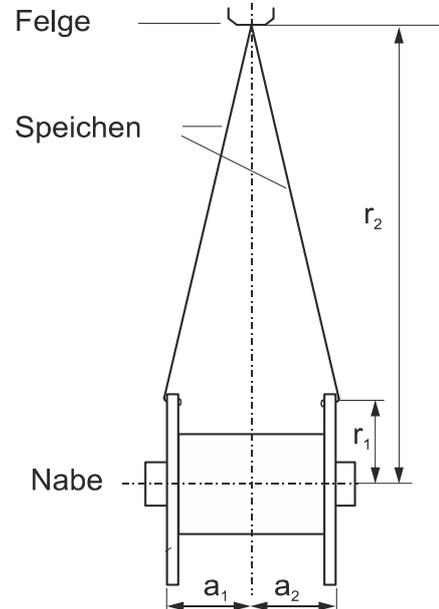


Bild 1

- 1.2 Bei Hinterrädern sind die Speichen auf der linken Seite etwas länger als auf der rechten Seite. Dadurch ist der linke Abstand  $a_1$  größer als der rechte Abstand  $a_2$ .

Begründen Sie anhand einer Skizze, dass die Speichen auf der rechten Seite des Hinterrades stärker belastet werden. Beachten Sie, dass die resultierende Kraft auch hier senkrecht auf der Nabe steht.

### 2 Bremsversuche

Auf einer waagerechten Fahrbahn und an einem Berg mit dem Steigungswinkel  $\varphi = 12^\circ$  werden Bremsversuche mit einem Fahrrad durchgeführt. Das Abbremsen erfolgt mit beiden Bremsen jeweils aus der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 42 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  bis zum Stillstand ohne Blockieren der Räder.

Die Haftreibungszahl zwischen Reifen und Straße beträgt  $\mu_H = 0,80$ . Der Luftwiderstand, die Rollreibung der Räder auf der Straße und deren Rotationsenergie werden vernachlässigt.

- 2.1 Berechnen Sie den kürzesten Bremsweg  $s_1$ , der bei dieser Haftreibungszahl auf waagerechter Fahrbahn möglich ist.

- 2.2 Danach wird der Versuch unter gleichen Bedingungen bergab wiederholt.

Beschreiben Sie die Energieumwandlungen für diesen Vorgang.

Zeigen Sie, dass für den bergab zurückgelegten kürzesten Bremsweg  $s_2$  gilt:

$$s_2 = \frac{v_0^2}{2g(\mu_H \cdot \cos \varphi - \sin \varphi)}$$

Berechnen Sie die Länge des Bremsweges  $s_2$ .

- 2.3 Wie verändern sich die Bremswege qualitativ, wenn die Räder beim Bremsvorgang blockieren? Begründen Sie Ihre Aussage.

### 3 Nabendynamo

Moderne Fahrräder sind oft mit einem Nabendynamo (Generator) ausgestattet.

- 3.1 Bild 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Nabendynamos. Der Magnet ist drehbar gelagert. Die feststehenden Spulen sind in Reihe geschaltet. In der Zeichnung ist die Lampe des Scheinwerfers an den Spulen angeschlossen.

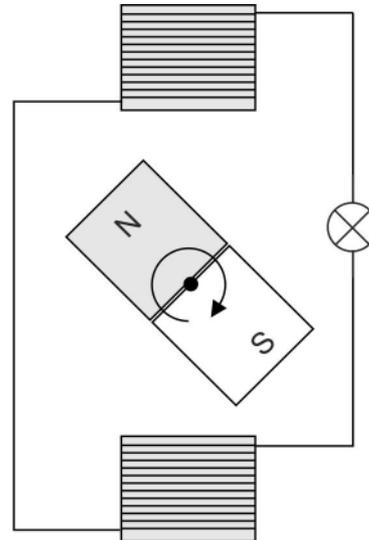


Bild 2

Erklären Sie anhand der Abbildung die Erzeugung einer Induktionsspannung.

Schlussfolgern Sie aus dem Induktionsgesetz drei Möglichkeiten, eine möglichst hohe Induktionsspannung zu erzeugen.

- 3.2 Zum Betrieb von Nabendynamos bei eingeschaltetem Licht ist eine mechanische Antriebsleistung  $P$  erforderlich, die durch den Fahrer aufgebracht wird. Im Bild 3 ist die Antriebsleistung in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit für einen bestimmten Dynamo dargestellt.

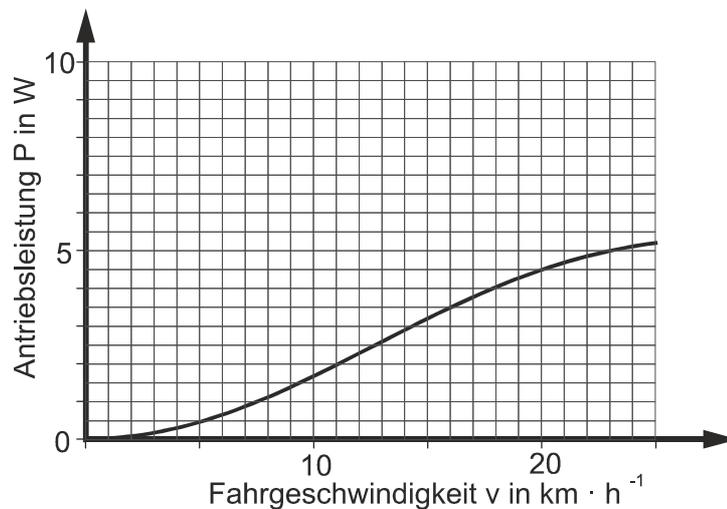


Bild 3

Ein Radfahrer wiegt mit seinem Rad zusammen  $m_g = 90 \text{ kg}$  und fährt mit  $v = 18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Berechnen Sie den Anstiegswinkel einer Fahrbahn, damit für das „Bergauffahren“ dieses Radfahrers (ohne Licht) die gleiche Antriebsleistung notwendig ist wie zum Betreiben des Nabendynamos. Die Rollreibung ist bei der Rechnung zu vernachlässigen.

(Ergebnis zur Kontrolle:  $\alpha \approx 0,05^\circ$ )

#### 4 Scheinwerfer mit Standlichtfunktion (Schülerexperiment)

In dieser Aufgabe ist ein Experiment durchzuführen. Bearbeiten Sie dazu die Aufträge der Vorbetrachtungen und führen Sie das Experiment durch. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit gibt es Scheinwerfer mit Standlichtfunktion. Als Energiespeicher dienen Kondensatoren. Das Standlicht wird durch Leuchtdioden (LED) erzeugt, die während des Entladevorgangs beim Unterschreiten einer bestimmten Spannung  $U_e$  aufhören zu leuchten.

##### Aufgabe

Ermitteln Sie die Kapazität eines Kondensators durch einen Entladevorgang über einen Widerstand.

##### Vorbetrachtungen

Ein Kondensator soll aufgeladen und anschließend über einen Widerstand entladen werden. Dabei ist die Spannung am Kondensator zu messen.

- 1 Zeichnen Sie einen geeigneten Schaltplan.
- 2 Skizzieren Sie das  $U(t)$  - Diagramm für den Aufladevorgang.
- 3 Beim Entladevorgang gilt für die Kondensatorspannung  $U(t)$  unter der Annahme  $R = \text{konst.}$  und  $C = \text{konst.}$  die Gleichung

$$U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \quad (1).$$

Geben Sie an, welchen Einfluss der Widerstand  $R$  und die Kapazität  $C$  auf den Entladevorgang haben. Begründen Sie Ihre Antwort.

##### Ablauf des Experimentes

Bauen Sie die Schaltung für den Entladevorgang nach Ihrem Schaltplan auf.

Laden Sie den Kondensator auf und messen Sie die Ladespannung  $U_0$ .

Entladen Sie den Kondensator über den Widerstand. Messen Sie die Zeit  $t$  für den Entladevorgang bis zum Erreichen der Spannung  $U_e = 0,25 U_0$ . Die Größe des Entladewiderstands  $R$  wird Ihnen von der Lehrkraft mitgeteilt.

Führen Sie diesen Versuch unter gleichen Bedingungen insgesamt mindestens fünfmal durch.

##### Auswertung

- 1 Berechnen Sie den Mittelwert der Zeit  $\bar{t}$ .
- 2 Ermitteln Sie mithilfe von Gleichung (1) und der Zeit  $\bar{t}$  die Kapazität des verwendeten Kondensators.
- 3 Für die gespeicherte Energie eines Kondensators mit der Kapazität  $C$  bei der Spannung  $U$  gilt die Gleichung

$$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2.$$

Berechnen Sie die Energie, die der Kondensator beim Entladen bis zum Erreichen der Spannung  $U_e$  abgibt.

Wie lange könnte eine herkömmliche Glühlampe der Leistung  $P = 0,6 \text{ W}$  mit dieser Energie leuchten, wenn die Stromstärke als konstant angenommen wird?

- 4 Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch.

## Thema V 1: Kompressionsvorgänge

Die Kompression dient der Verdichtung von Gasen in einem Kessel, um sie volumenreduziert zu speichern oder mit erhöhtem Druck zur Verfügung zu haben.

An einem Gerät zur Kompression (Kompressor) ist das abgebildete Typenschild angebracht (Bild 1).

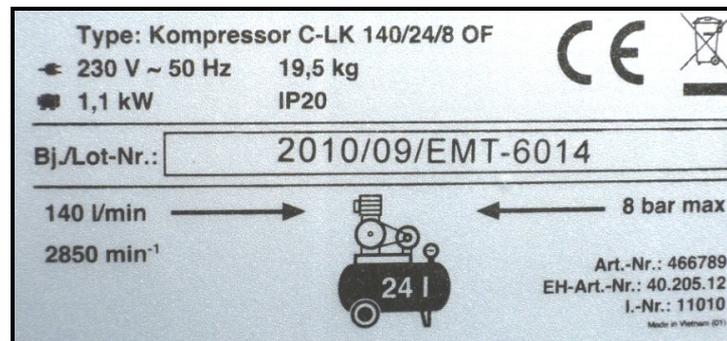


Bild 1

Daten

Motorleistung:	1,1 kW
Ansaugleistung:	140 $\ell$ /min
maximaler Kesseldruck:	8 bar
Kesselvolumen:	24 $\ell$

Eine Automatik sorgt dafür, dass der Kompressor bei 8 bar abgeschaltet wird.

### 1 Füllung des Kessels

1.1 Während des Vorganges erhöht sich die Temperatur auf 21 °C.

Berechnen Sie das angesaugte Luftvolumen und die Dauer des Füllvorganges, wenn am Beginn des Prozesses im Kessel bei einer Temperatur von 20 °C ein Druck  $p = 1$  bar herrscht.

1.2 Zeigen Sie durch Rechnung, dass man den Prozess in guter Näherung als isotherme Zustandsänderung betrachten kann. Geben Sie die prozentuale Abweichung von dem in Aufgabe 1.1 berechneten Volumen an.

### 2 Arbeit des Kompressors

Nachfolgend wird stets davon ausgegangen, dass es sich um eine isotherme Zustandsänderung handelt.

2.1 Stellen Sie den Kompressionsvorgang in einem  $p(V)$  - Diagramm dar. Berechnen Sie die dazu erforderlichen Werte.

2.2 Berechnen Sie mithilfe der gegebenen Daten den Wirkungsgrad des Kompressors. Leiten Sie dazu die Gleichung zur Berechnung der Volumenarbeit her.

## Thema V 2: Atommodelle (Themaufgabe)

Stellen Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form die Entwicklung der Vorstellungen über den Atomaufbau ausgehend vom Bohr'schen Atommodell dar.

Gehen Sie dabei z. B. auf die folgenden Schwerpunkte ein:

- Leistungen und Grenzen des Bohr'schen Atommodells,
- Quantisierung der Energie im Bohr'schen Atommodell und deren Bestätigung im Franck-Hertz-Experiment,
- Anwendung der Quantisierung auf die Deutung des Emissions- und Absorptionsspektrums des Wasserstoffatoms,
- Elektronenverteilung und Energiewerte im Modell „Linearer Potentialtopf“

oder

Orbitalmodell des Wasserstoffatoms.

In Ihre Betrachtungen können Sie das vorgegebene Material einbeziehen.

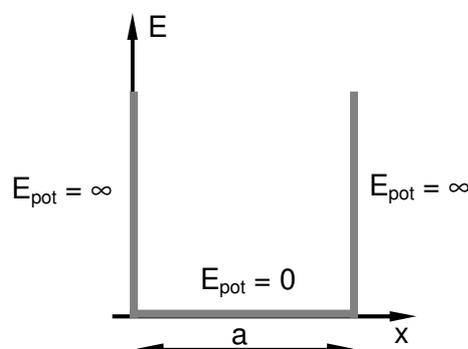
### Material 1

„Was wir heutzutage aus der Sprache der Spektren heraus hören, ist eine wirkliche Sphärenmusik des Atoms, ein Zusammenklingen ganzzahliger Verhältnisse, eine bei aller Mannigfaltigkeit zunehmende Ordnung und Harmonie. Für alle Zeiten wird die Theorie der Spektrallinien den Namen Bohrs tragen. Aber noch ein anderer Name wird dauernd mit ihr verknüpft sein, der Name Plancks. Alle ganzzahligen Gesetze der Spektrallinien und der Atomistik fließen letzten Endes aus der Quantentheorie. Sie ist das geheimnisvolle Organon, auf dem die Natur die Spektralmusik spielt und nach dessen Rhythmus sie den Bau der Atome und der Kerne regelt.“

Sommerfeld, Arnold: Atombau und Spektrallinien - Nachdruck 8. Aufl. - Verlag Harri Deutsch, Thun 1978 - Vorwort der 1. Auflage (1919)

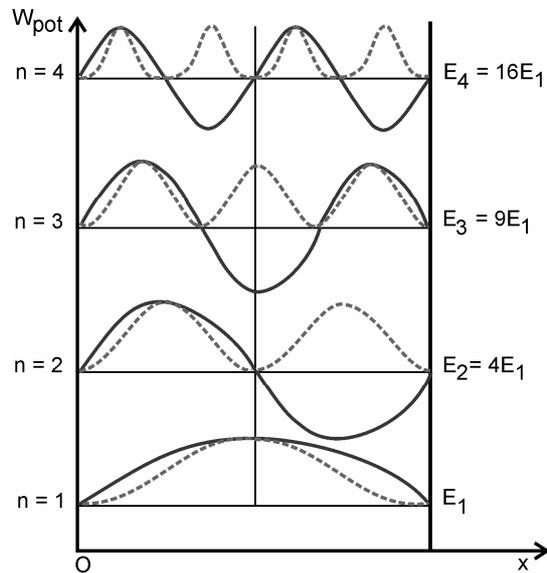
### Material 2

Modelldarstellung „Linearer Potentialtopf“



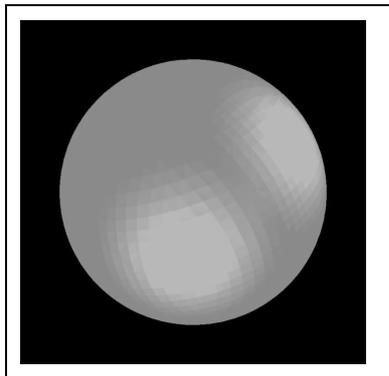
**Material 3**

Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit im „Linearen Potentialtopf“

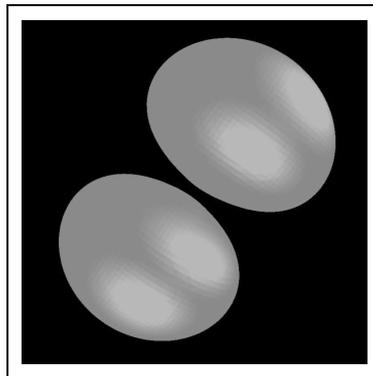


**Material 4**

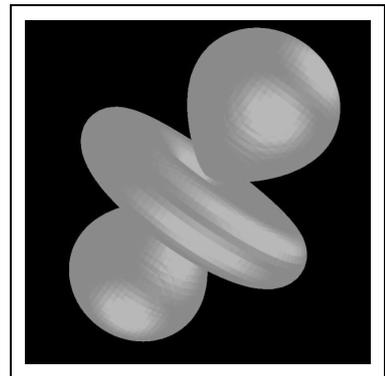
3D-Darstellung verschiedener Energiezustände des Wasserstoffatoms im Orbitalmodell



(1,0,0)



(2,1,0)



(3,2,0)

Quelle: <http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/software/hydrogenlab/images/>, abgefragt am 27.11.2012

### Thema V 3: Impuls von Photonen

Nach der Einstein'schen Photonenhypothese kann jedem Photon ein Impuls zugeordnet werden. Da moderne Laser Lichtblitze großer Energie abgeben können, kann zum Nachweis des Photonenimpulses folgendes Experiment dienen:

Ein Laserblitz der Energie  $E_L$  trifft auf einen ideal reflektierenden Spiegel der Masse  $m_S$ . Der Spiegel ist an einem langen, sehr dünnen (als masselos zu betrachtenden) Faden bifilar aufgehängt (Bild 1).

Daten:

$$m_S = 10 \text{ mg}$$

$$\lambda_{\text{Laser}} = 1052 \text{ nm}$$

$$\ell_{\text{Pendel}} = 0,5 \text{ m}$$

$h_s$  - Auslenkhöhe des Spiegels

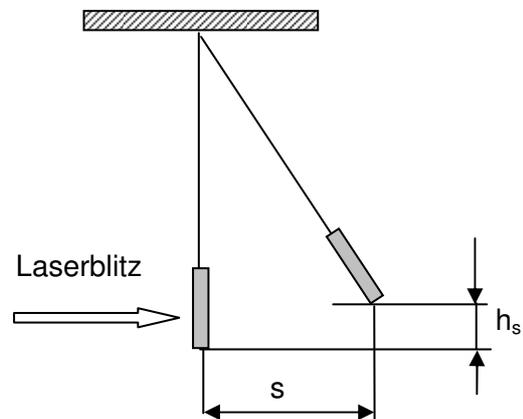


Bild 1

Im Experiment wird die Auslenkung  $s$  des Spiegels in Abhängigkeit von der Energie  $E_L$  des Laserpulses mit folgenden Werten bestimmt:

$E_L$ in J	2,5	5,0	7,5	10,0	15,0	20,0
$s$ in mm	0,36	0,76	1,11	1,54	2,24	3,02

- 1 Berechnen Sie die Anzahl der Photonen in einem Laserpuls der Energie  $E_L = 10 \text{ J}$ .
- 2 Zeigen Sie mittels Impuls- und Energieerhaltungssatz, dass sich für diese experimentelle Anordnung folgende Gleichung für die Auslenkhöhe  $h_s$  ergibt:

$$h_s = \frac{2E_L^2}{c^2 \cdot m_S^2 \cdot g}$$

Beachten Sie dabei, dass die Reflexion der Photonen ein elastischer Stoß ist und die Beträge des Photonenimpulses vor und nach der Wechselwirkung gleich groß sind.

- 3 Stellen Sie die Messwerte in einem  $s(E_L)$  - Diagramm dar.  
Ermitteln Sie aus einem Messwertepaar oder dem Diagramm den Photonenimpuls. Bei der Geometrie dieser Anordnung mit  $h_s \ll s$  kann in guter Näherung  $s = \sqrt{2\ell \cdot h_s}$  angenommen werden. Berücksichtigen Sie, dass der Photonenimpuls mit  $p = \frac{h \cdot f}{c}$  gegeben ist.
- 4 Vergleichen Sie den erhaltenen Wert mit dem theoretisch zu erwartenden. Interpretieren Sie das Ergebnis des Vergleichs.