



SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2007

PHYSIK (Leistungskursniveau)

Einlesezeit: 30 Minuten
Bearbeitungszeit: 300 Minuten

Aus jedem Themenblock ist ein Thema auszuwählen und anzukreuzen.

Gewählte Themen:

Themenblock Grundlagen

Thema G1	Untersuchungen zur relativistischen Massenzunahme	<input type="checkbox"/>
Thema G2	Bewegungen in Gravitationsfeldern	<input type="checkbox"/>

Themenblock Vertiefungen

Thema V1	Wärmeübertragung	<input type="checkbox"/>
Thema V2	Zusammenhang zwischen Spektrallinien und Atommodellen (Themaufgabe)	<input type="checkbox"/>
Thema V3	Kennlinien	<input type="checkbox"/>

Unterschrift des Prüflings:

Thema G1: Untersuchungen zur relativistischen Massenzunahme

1 Dynamische Masse m

- 1.1 Die Grundlage der speziellen Relativitätstheorie (SRT) Einsteins bilden zwei Postulate. Formulieren Sie diese Postulate.
- 1.2 Ein wichtiges Ergebnis der speziellen Relativitätstheorie Einsteins ist die relativistische Massenzunahme bewegter Körper.

Stellen Sie in einem Diagramm die Abhängigkeit von $\frac{m}{m_0}$ vom Verhältnis der Geschwindigkeiten $\frac{v}{c}$ im Intervall $0 \leq \frac{v}{c} \leq 0,9$ dar.

2 Experiment von Bucherer

Im Jahr 1908 entwickelte Bucherer eine Versuchsanordnung mit dem Ziel, die von Einstein in der SRT abgeleitete relativistische Massenzunahme experimentell zu bestätigen.

Im Bild 1 ist der Aufbau der von Bucherer verwendeten Anordnung schematisch dargestellt. Zwischen die Platten eines Plattenkondensators mit der elektrischen Feldstärke \vec{E} wird ein radioaktives Präparat P eingebracht, das Elektronen mit einer Geschwindigkeit aussendet, die wesentlich größer als $0,1 c$ ist.

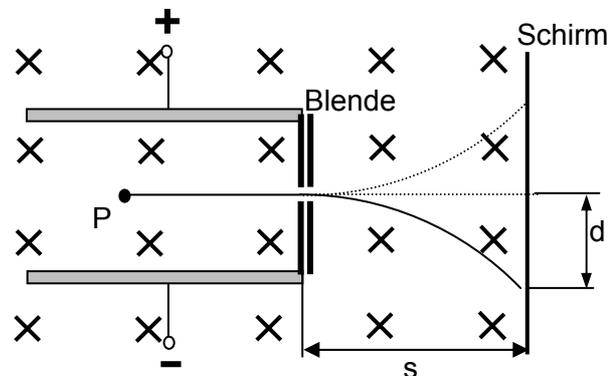


Bild 1

Der gesamte Aufbau, der sich im Vakuum befindet, ist in ein homogenes magnetisches Feld der Flussdichte \vec{B} eingebettet, so dass $\vec{E} \perp \vec{B}$ gilt. Die Versuchsanordnung garantiert, dass nur solche Elektronen aus dem Kondensator austreten, die sich parallel zu dessen Platten bewegen. Die Elektronen, die die Blende passiert haben, werden im homogenen Magnetfeld abgelenkt und auf dem Schirm registriert.

Durch Wechsel der Feldrichtungen des elektrischen und magnetischen Feldes entstehen außerhalb des Kondensators spiegelbildliche Bahnen.

- 2.1 Begründen Sie, dass nur Elektronen einer bestimmten Geschwindigkeit den Kondensator parallel zu dessen Platten verlassen können. Erklären Sie den Verlauf der jeweiligen Bahn außerhalb des Kondensators.
- 2.2 Für die beschriebene Versuchsanordnung ergibt sich für die Bestimmung der spezifischen Ladung folgende Gleichung:
$$\frac{e}{m} = \frac{2 E \cdot d}{B^2 \cdot (s^2 + d^2)}$$

Berechnen Sie die spezifische Ladung der Elektronen für folgende Messbedingungen:

$$E = 7,2 \cdot 10^5 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}; \quad B = 3,0 \text{ mT}; \quad s = 8,25 \text{ cm}; \quad d = 4,5 \text{ mm}.$$

Ermitteln Sie die Geschwindigkeit der Elektronen und zeigen Sie, dass diese Messung die Massenzunahme nach der speziellen Relativitätstheorie bestätigt.

2.3 Die Untersuchung der Abhängigkeit der spezifischen Ladung von der Geschwindigkeit der Elektronen liefert folgende Ergebnisse:

$\frac{v}{c}$	0,23	0,46	0,60	0,73	0,81	0,88
$\frac{e}{m}$ in $10^{11} \frac{As}{kg}$	1,7	1,6	1,4	1,2	1,1	0,8

Bestimmen Sie aus den Messergebnissen das jeweilige Verhältnis $\frac{m}{m_0}$ in Abhängigkeit

von $\frac{v}{c}$ und tragen Sie die Werte in das in Aufgabe 1.2 angefertigte Diagramm ein.

Vergleichen Sie die Werte mit der theoretischen Kurve und bewerten Sie das Ergebnis hinsichtlich des Zieles des Experimentes.

3 Ein Präzisionsexperiment

1963 führte eine Schweizer Forschergruppe ein Präzisionsexperiment zur Messung der relativistischen Massenzunahme durch. Der prinzipielle Aufbau dieses Experiments ist in Bild 2 dargestellt.

Nach dem Durchlaufen der Beschleunigungsspannung durchfliegen die Elektronen im Bereich I ein homogenes magnetisches Feld, das die Elektronen auf einen Halbkreis mit dem Radius r_B ablenkt.

Im Bereich II des zylindersymmetrischen elektrischen Feldes wirkt die auf der Kreisbahn konstante Coulombkraft als Radialkraft und die Elektronen werden auf einen Viertelkreis mit dem Radius r_E abgelenkt.

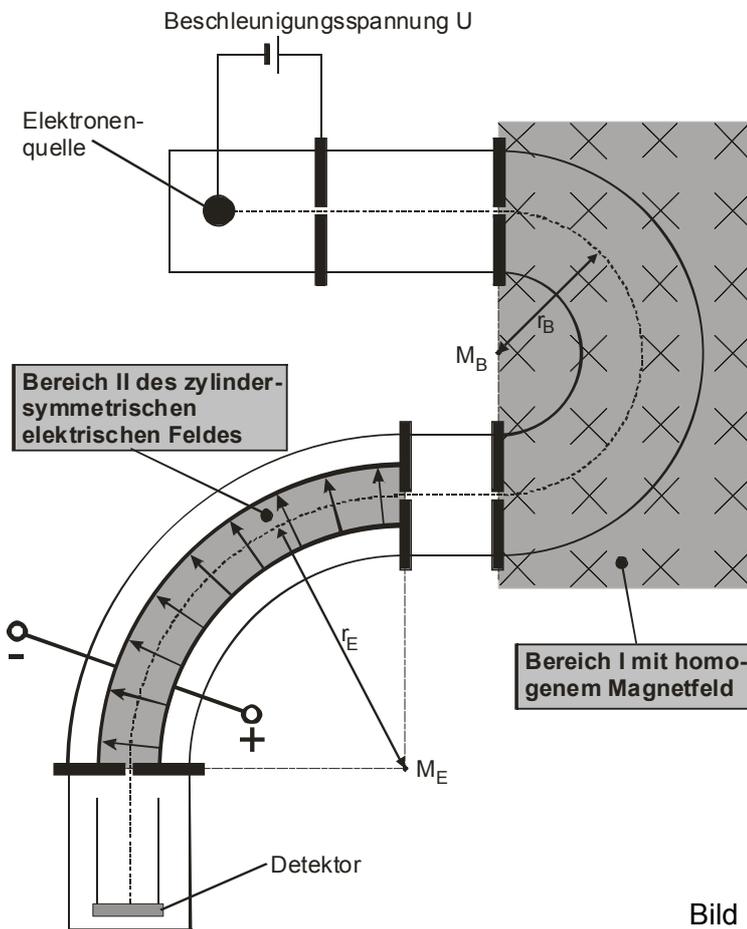


Bild 2

In den anderen, nicht gekennzeichneten Bereichen der evakuierten Röhre erfolgt keine Ablenkung, da die Gravitationswirkung als vernachlässigbar anzusehen ist.

3.1 Zeigen Sie, dass für die spezifische Ladung der Elektronen, die den Detektor erreichen, folgende Gleichung gelten muss: $\frac{e}{m} = \frac{E \cdot r_E}{B^2 \cdot r_B^2}$.

3.2 Bei einer Beschleunigungsspannung U durchfliegen die Elektronen den angegebenen Bahnverlauf, wenn im Bereich I ein Magnetfeld mit der Flussdichte B und im Bereich II ein elektrisches Feld mit der Feldstärke E anliegen.

Daten:

$$r_B = 0,50000 \text{ m}$$

$$r_E = 1,00000 \text{ m}$$

$$U = 2,53000 \cdot 10^6 \text{ V}$$

$$B = 2,00000 \cdot 10^{-2} \text{ T}$$

$$E = 2,95529 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$$

Berechnen Sie für diese Bedingungen die relativistische Masse der Elektronen und die von ihnen erreichte Geschwindigkeit.

Berechnen Sie die Ruhenergie und die relativistische kinetische Energie der Elektronen und begründen Sie unter Einbeziehung einer Rechnung, dass diese Messung die Einstein'sche Gleichung $E = m \cdot c^2$ mit sehr guter Genauigkeit bestätigt.

Hinweis: Nutzen Sie bei der Berechnung die volle Genauigkeit der Naturkonstanten Ihres Tafelwerkes und runden Sie in diesem Fall die Taschenrechnerwerte nicht.

Thema G2: Bewegungen in Gravitationsfeldern**1 Eigenschaften des Gravitationsfeldes**

Erläutern Sie den Feldbegriff anhand des Gravitationsfeldes.

Gehen Sie dabei insbesondere auf die Entstehungsursache, die Beschreibungsmöglichkeiten sowie die auf Probekörper wirkende Kraft ein.

2 Bewegungen von Körpern in der Nähe der Erdoberfläche

Alle Körper, die sich im Gravitationsfeld der Erde bewegen, unterliegen dem Einfluss der Gravitation. Von der Bewegungsrichtung hängt es ab, in welcher Weise diese auf den Bewegungsablauf einwirkt.

Den Diagrammen I und II (Bild 1) liegen Bewegungen unter dem Einfluss der Gravitation in y-Richtung zugrunde. Die Reibung kann vernachlässigt und die Gravitationsfeldstärke als konstant betrachtet werden.

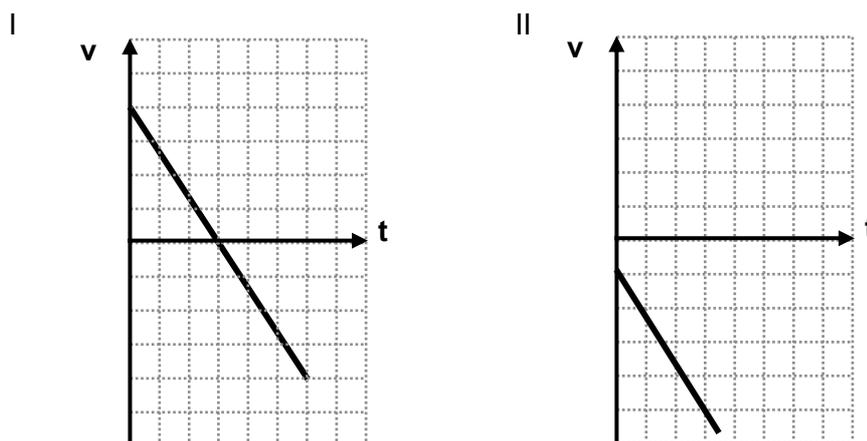


Bild 1

- 2.1 Analysieren Sie die in den Diagrammen dargestellten Bewegungen.
- 2.2 Skizzieren Sie den prinzipiellen Verlauf der Graphen in $y(t)$ - Diagrammen, die zu den Bewegungen I und II gehören.

3 Bewegungen von Körpern in größerer Entfernung von der Erdoberfläche

Das Erreichen größerer Entfernungen über der Erdoberfläche oder das Verlassen der Erde ermöglichte erst die Raketentechnik. Ein zu lösendes Problem ist das Erreichen einer ausreichenden Geschwindigkeit.

Eine einstufige Versuchsrakete wird nach dem Lösen der Haltevorrichtung mit einer konstanten Schubkraft senkrecht zur Erdoberfläche gestartet. Nach dem Brennschluss fällt sie wieder zur Erdoberfläche zurück.

Das Diagramm (Bild 2) zeigt vereinfacht den zugehörigen Geschwindigkeitsverlauf innerhalb eines Zeitraumes von 130 s unter den Voraussetzungen, dass

- zum Zeitpunkt $t_b = 100$ s der gesamte Treibstoff verbrannt ist,
- die auftretenden Reibungskräfte nicht betrachtet werden und
- die Fallbeschleunigung konstant ist.

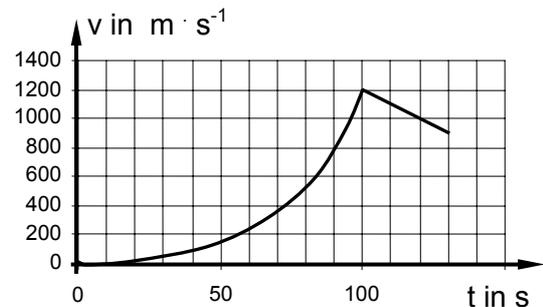


Bild 2

Interpretieren Sie das Diagramm und begründen Sie den Verlauf des Graphen im Abschnitt 1: $0 \text{ s} \leq t_1 \leq 100 \text{ s}$ und im Abschnitt 2: $100 \text{ s} < t_2 \leq 130 \text{ s}$ unter Einbeziehung der wirkenden Kräfte.

Beschreiben Sie, wie sich im Abschnitt 1 der Verlauf des Graphen ändert, wenn

- (I) die Fallbeschleunigung nicht konstant ist und die auftretenden Reibungskräfte nicht betrachtet werden,
- (II) die auftretenden Reibungskräfte berücksichtigt werden und die Fallbeschleunigung konstant ist.

4 Abhängigkeit der Zugkräfte an der geneigten Ebene von deren Neigungswinkel und der Reibungskraft (Schülerexperiment)

In dieser Aufgabe ist ein Experiment durchzuführen und auszuwerten. Beantworten Sie dazu die Fragen zur Vorbetrachtung und führen Sie das Experiment durch. Die Auswertung erfolgt nach den angegebenen Vorgaben. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

Auftrag:

Untersuchen Sie an einer geneigten Ebene, bis zu welchem Neigungswinkel α_G sich eine Krafteinsparung beim Hinaufziehen eines Körpers gegenüber dem senkrechten Anheben erreichen lässt.

Vorbetrachtungen:

1 Zeigen Sie, dass für die Zugkraft F_{zug} auf der geneigten Ebene die Beziehung

$$F_{\text{zug}} = F_G (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \text{ gilt.}$$

2 Berechnen Sie mithilfe dieser Gleichung die Zugkraft F_{zug} in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α für $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ in geeigneten Abständen. Zur Berechnung der Zugkräfte werden Ihnen die Gleitreibungszahl μ und die Gewichtskraft F_G von der Lehrkraft mitgeteilt.

Stellen den Zusammenhang in einem $F_{\text{zug}}(\alpha)$ - Diagramm dar.

Ablauf des Experimentes:

Ihnen wird die Experimentieranordnung entsprechend Bild 3 zur Verfügung gestellt.

Messen Sie für geeignete Anstiegswinkel α im Intervall $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ die Zugkraft F_{zug} , die beim Hinaufziehen eines Holzquaders auf einer geneigten Ebene angewendet werden muss.

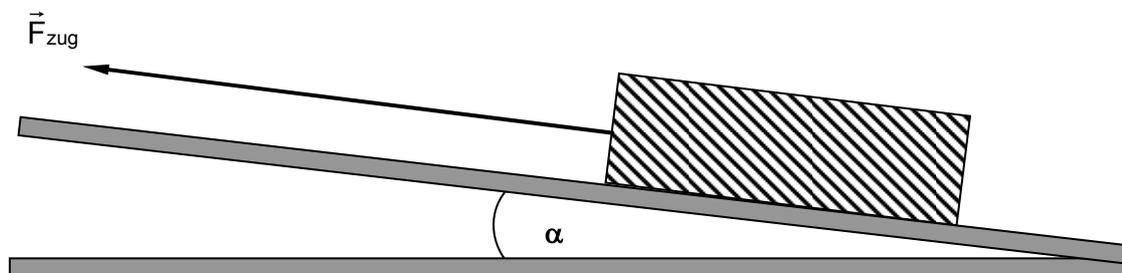


Bild 3

Auswertung:

- 1 Zeichnen Sie in das $F_{\text{zug}}(\alpha)$ - Diagramm der Aufgabe 2 der Vorbetrachtungen mit Ihren Messwerten einen weiteren Graphen ein.
- 2 Ermitteln Sie anhand des Graphen, bis zu welchem Neigungswinkel α_G unter den gegebenen Bedingungen die Zugkraft F_{zug} kleiner als die Gewichtskraft F_G des Körpers ist.

Ziehen Sie aus dem Verlauf der Graphen eine begründete Schlussfolgerung für die praktischen Einsatzmöglichkeiten einer geneigten Ebene zur Krafteinsparung.

- 3 Berechnen Sie anhand von drei Messwertpaaren den mittleren Gleitreibungskoeffizienten $\bar{\mu}$.
- 4 Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch.

Thema V1: Wärmeübertragung**1 Mischungsvorgänge**

1 Ein Kalorimeter ist mit Wasser der Masse $m = 300 \text{ g}$ und der Temperatur $\vartheta_W = 26 \text{ }^\circ\text{C}$ gefüllt. Nun werden Eiswürfel mit der Temperatur ϑ_E hinzugegeben. In Abhängigkeit von der Masse des Eises m_E und der Temperatur ϑ_E können sich nach dem Einstellen des thermischen Gleichgewichtes drei qualitativ verschiedene Endzustände ergeben. (Die Wärmekapazität des Kalorimeters kann vernachlässigt werden.)

1.1 Beschreiben Sie diese Zustände bezüglich der am Ende vorliegenden Aggregatzustände. Begründen Sie Ihre Aussagen.

1.2 Die Eiswürfel haben zu Beginn des Mischungsexperimentes die Temperatur $\vartheta_E = -28 \text{ }^\circ\text{C}$.

Berechnen Sie die Masse der Eiswürfel,

a) wenn sich die Mischungstemperatur $\vartheta_m = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ einstellen soll.

b) so dass sich nach dem Einstellen des thermischen Gleichgewichtes ein Drittel Eis und zwei Drittel Wasser bezogen auf die Gesamtmasse im Kalorimeter befinden.

Hinweise: $c_{\text{Eis}} = 2,09 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Überlegen Sie für den Fall b, welcher Anteil des Eises schmilzt.

2 Abkühlvorgänge

Für das Abkühlen einer Flüssigkeit wurde von Newton um 1700 der Zusammenhang $\vartheta(t) = \vartheta_U + (\vartheta_A - \vartheta_U) \cdot e^{-kt}$ gefunden. Die Umgebungstemperatur ϑ_U , die Anfangstemperatur ϑ_A und die Konstante k bestimmen den exponentiellen Zusammenhang.

2.1 Beschreiben Sie, welchen Einfluss die Größe von k auf den Abkühlvorgang hat. Nennen Sie zwei Faktoren, die die Konstante k beeinflussen.

2.2 Eine Tasse ist mit heißem Kaffee gefüllt. Die Temperatur ϑ des Kaffees wird in Abhängigkeit von der Zeit t gemessen. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse dargestellt. Die Umgebungstemperatur beträgt $\vartheta_U = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

t in s	0	100	200	300	400	500	600	700
ϑ in $^\circ\text{C}$	85,0	74,8	66,3	59,0	52,9	47,8	43,4	39,8

Überprüfen Sie mithilfe von zwei Messwertpaaren aus der Wertetabelle, dass für dieses Experiment gilt: $k = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$.

Ermitteln Sie die Zeit, nach der sich die Flüssigkeit auf $25 \text{ }^\circ\text{C}$ abgekühlt hat.

**Thema V2: Zusammenhang zwischen Spektrallinien und Atommodellen
(Themaufgabe)**

Bringt man Gase zum Leuchten, entstehen charakteristische Spektren. Anfang des 20. Jahrhunderts vermutete man, dass zwischen der Emission und der Absorption von Licht und dem atomaren Aufbau dieser Gase ein Zusammenhang besteht.

1922 erhielt Niels Bohr für seine Verdienste um die Erforschung der Struktur der Atome und der von ihnen ausgehenden Strahlung den Nobelpreis für Physik.

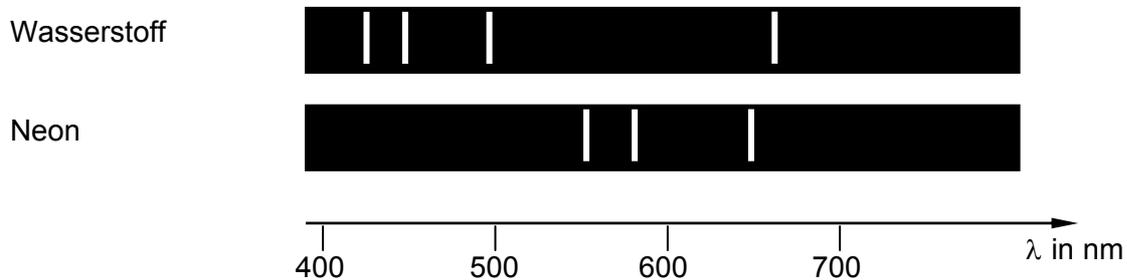
Stellen Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form die wechselseitige Beeinflussung von Modell und Experiment, Theorie und Praxis am Beispiel der Entwicklung der Vorstellungen über den Atombau her. Gehen Sie dabei auf die folgenden Schwerpunkte ein:

- Streuversuch von Rutherford,
- Atommodell von Rutherford – Leistungen und Grenzen,
- Linienspektren durch Emission und Absorption,
- Atommodell von Bohr – Leistungen und Grenzen,
- Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuches.

Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung kann nachfolgendes Material verwendet werden.

Material:

Spektrallinien von atomarem Wasserstoff und Neon



Thema V3: Kennlinien**1 Einschaltvorgang einer Glühlampe**

Bei einer Glühlampe wird ein fester Stoff durch elektrischen Strom so hoch erhitzt, dass er sichtbares Licht aussendet. Die Lichtintensität soll besonders groß sein. Um das dafür nötige weiße Licht zu erhalten, muss die Schmelztemperatur des Drahtes möglichst hoch sein. Wolframlegierungen mit $\vartheta_S > 3000 \text{ °C}$ erfüllen diese Forderung. Dennoch begrenzt man im Dauerbetrieb die Drahttemperaturen auf etwa 2700 °C , um eine durchschnittliche Lebensdauer von 1000 Stunden zu erreichen.

Eine Glühlampe geht oftmals direkt nach dem Einschalten kaputt.

Nachfolgend soll mit einer Messreihe untersucht werden, warum gerade der Einschaltvorgang die Glühwendel so stark belastet, dass sie reißt.

Versuchsdurchführung

Mit einem Messsystem werden die Stromstärke und der Widerstand einer Glühlampe ($3,5 \text{ V} / 0,2 \text{ A}$) gemessen. Damit kann der Einschaltvorgang elektronisch sicher erfasst werden.

Messwerte

Tabelle 1 enthält einen Auszug der vollständigen Messtabelle.

Messung Nr.	t in s	I in A	R in Ω
.....			
10	0,009	0,210	2,19
11	0,010	0,290	2,32
12	0,011	0,414	2,39
13	0,012	0,543	2,57
14	0,013	0,625	3,11
15	0,014	0,625	3,99
17	0,016	0,633	4,41
19	0,018	0,600	5,02
21	0,020	0,460	7,19
31	0,030	0,291	11,4
41	0,040	0,240	14,0
51	0,050	0,213	15,7
61	0,060	0,206	16,3
81	0,080	0,205	16,5
101	0,100	0,205	16,6

Tabelle 1

- 1.1 Zeichnen Sie das $I(t)$ - und das $R(t)$ - Diagramm über den gesamten Messbereich mit ausgewählten Messwerten.

Beschreiben Sie den Verlauf der Graphen.

Interpretieren Sie das $I(t)$ - Diagramm.

- 1.2 Die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur kann mit der Gleichung $R=R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$ beschrieben werden.

Bestimmen Sie damit den Temperaturzuwachs des Glühfadens zwischen $t_1 = 0,010$ s und $t_2 = 0,100$ s, wenn der Koeffizient $\alpha = 0,0048$ K^{-1} beträgt.

- 1.3 Begründen Sie mithilfe der Messergebnisse bzw. der Diagramme, warum Glühlampen insbesondere beim Einschalten so stark belastet werden.

Berücksichtigen Sie dabei, dass durch die Herstellung und den Betrieb geringfügige Einschnürungen an einzelnen Stellen des Drahtes vorhanden sind. Betrachten Sie dabei den Draht als Reihenschaltung mehrerer Widerstände (Bild 1).

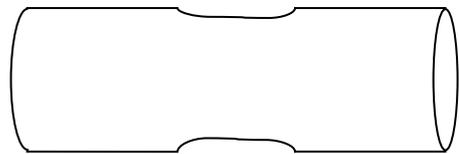


Bild 1

2 Lichtintensität einer Glühlampe

In einem weiteren Experiment wird der Zusammenhang zwischen der an der Lampe anliegenden Spannung U und der Intensität I_{Licht} des von ihr ausgesendeten sichtbaren Lichts untersucht. Dabei werden die folgenden Werte ermittelt und das abgebildete Diagramm (Bild 2) gezeichnet:

U in V	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
I_{Licht} in Skalenteilen (Skt.)	4,1	5,8	7,9	10,0	12,4	15,5

Der Zusammenhang von Spannung und Intensität kann annähernd mit der Gleichung $I_{\text{Licht}} = 2,682 \cdot e^{k \cdot U} - 7,75$ beschrieben werden.

Bestimmen Sie die Konstante k .

(Hinweis zur Kontrolle:

$$k = 0,54 \text{ V}^{-1})$$

Ermitteln Sie, ab welcher Spannung U_{min} die untersuchte Glühlampe sichtbares Licht aussenden würde.

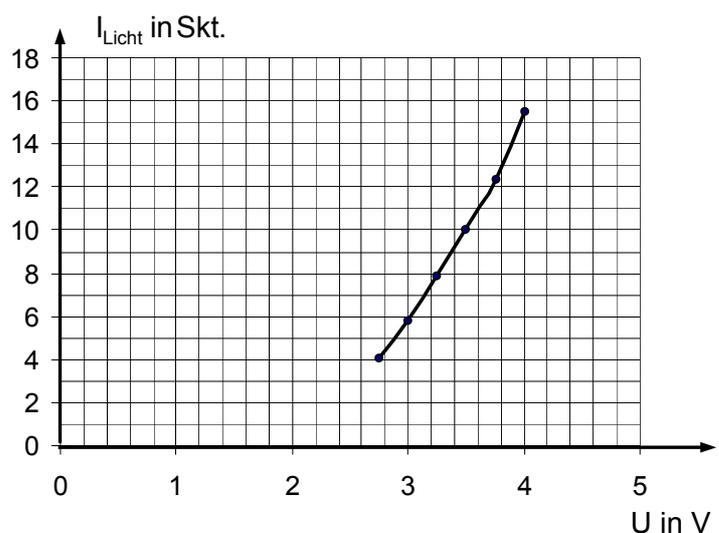


Bild 2