

## **Schriftliche Abiturprüfung 2014**

### **Leistungskurs Physik**

**Mittwoch, 30. April, 9.00 Uhr**

---

#### **Unterlagen für die Prüfungsteilnehmerinnen und -teilnehmer**

---

##### **Allgemeine Arbeitshinweise**

- Tragen Sie bitte oben rechts auf diesem Blatt und auf den nachfolgenden Aufgabenblättern die Schulnummer, die schulinterne Kursbezeichnung und Ihren Namen ein.
- Schreiben Sie auf alle Entwurfsblätter (Kladde) und die Reinschrift Ihren Namen.
- Versehen Sie Ihre Reinschrift mit Seitenzahlen.

##### **Fachspezifische Arbeitshinweise**

- Die Arbeitszeit beträgt 240 Minuten.
  - Erlaubte Hilfsmittel: Rechtschreiblexikon, Formelsammlung, Taschenrechner.
- 

##### **Aufgaben**

- Sie erhalten zwei Aufgaben zur Bearbeitung.
- Überprüfen Sie bitte zu Beginn die Vollständigkeit der vorgelegten Aufgaben (Anzahl der Blätter, Anlagen, ...).
- Vermerken Sie in Ihrer Reinschrift, welche Aufgabe Sie jeweils bearbeiten.

## Aufgabe 1

### Themenbereich: Energie

Die Wirkung der Eigeninduktivität einer Spule kann mit dem in Abbildung 1 dargestellten Versuchsaufbau demonstriert werden. Wird der Schalter S zum Zeitpunkt  $t_0 = 0\text{s}$  geschlossen, steigt die Stromstärke  $I_1$  unmittelbar auf ihren maximalen Wert an, die Stromstärke  $I_2$  hingegen nur allmählich (Siehe Abbildung 1 und Diagramm 1.)

Die Abbildung einer Parallelschaltung (Verzweigung 1: Lampe 1 +  $I_1$ ; Verzweigung 2: Lampe 2 + Spule +  $I_2$ ) und das  $I(t)$ -Diagramm wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung 1

Diagramm 1

- 1.a Begründen Sie ohne Rechnung, dass sich aus diesem Versuch ergibt, dass Energie in der Spule gespeichert wird. (Anmerkung: Gehen Sie vereinfachend davon aus, dass die Spule keinen ohmschen Widerstand hat.) (6 Punkte)

In der nebenstehenden Schaltung (Abbildung 2) fließt bei der eingezeichneten Schalterstellung ein Strom  $I_{\text{oben}}$  durch die Spule.

Sobald der Schalter S zum Zeitpunkt  $t_1$  von der oberen Position in die untere Position gewechselt wird, fließt ein Strom  $I_{\text{unten}}(t)$  durch den unteren Stromkreis mit der Spule und dem Widerstand ( $I_{\text{oben}} = 0\text{A}$ ;  $I_{\text{unten}} \neq 0\text{A}$ ).

Der zeitliche Verlauf der Stromstärke  $I_{\text{unten}}(t)$  ist in Diagramm 2 dargestellt.

- 1.b Nennen Sie die Ursache für den Stromfluss  $I_{\text{unten}}(t)$ .

Begründen Sie den zeitlichen Verlauf der Stromstärke  $I_{\text{unten}}(t)$ . (8 Punkte)

Abbildung 2

Die Abbildung der Schaltung und das  $I(t)$ -Diagramm wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Diagramm 2

Aus Aufgabenteil 1.a ergibt sich, dass in einer stromdurchflossenen Spule Energie gespeichert ist. Wie viel Energie in der Spule in Abbildung 2 gespeichert wird, hängt bei vorgegebenen Bauteilen von der Anfangsstromstärke von  $I_0 = I_{\text{unten}}(t_1)$  zum Zeitpunkt  $t_1$  ab. Die Energie wird während des Abklingens des Stroms  $I_{\text{unten}}$  in dem Widerstand vollständig in Wärmeenergie  $W$  umgewandelt.

In einer Messreihe wird der Zusammenhang zwischen der Anfangsstromstärke von  $I_{\text{unten}}$  zum Zeitpunkt  $t_1$  und der frei werdenden Wärmeenergie  $W$  bestimmt.

Dazu befindet sich der Widerstand in einem Behälter mit  $m = 0,4 \text{ g}$  Heliumgas. Der Widerstand gibt an das Gas die frei werdende Wärmeenergie  $W$  ab. Die Temperatur  $\vartheta$  des Heliumgases erhöht sich dadurch.

Die gesamte Temperaturänderung  $\Delta\vartheta$  des Heliumgases wird gemessen. Die Messergebnisse sind im Diagramm 3 dargestellt.

Heliumgas hat bei konstantem Volumen die spezifische Wärmekapazität  $c_{\text{He}} = 3,22 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$ .

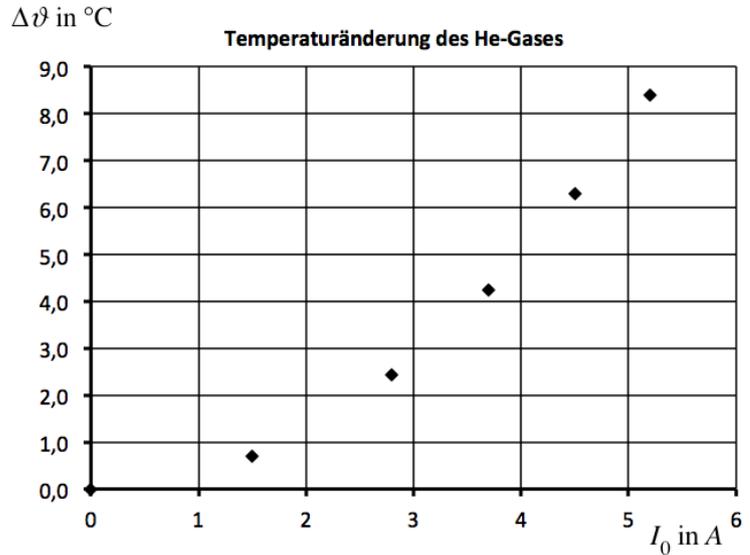


Diagramm 3

1.c Bestimmen Sie die fehlenden Werte für  $I_0$ ,  $\Delta\vartheta$  und  $W$  in Tabelle 1. Nehmen Sie hierzu auch Diagramm 3 zur Hilfe.

(Ergänzung zur Formelsammlung: Erwärmungsenergie  $\Delta W = m \cdot c \cdot \Delta T$ )

Bestätigen Sie rechnerisch den quadratischen Zusammenhang zwischen der Anfangsstromstärke  $I_0$  und der Temperaturänderung  $\Delta\vartheta$ .

Ermitteln Sie die zugehörige Funktionsgleichung  $\Delta\vartheta(I_0)$ .

Bestimmen Sie die Funktionsgleichung  $W(I_0)$ , die den Zusammenhang zwischen der Anfangsstromstärke  $I_0$  und der Wärmeenergie  $W$  beschreibt.

(Anmerkung: Sie können bei diesem Aufgabenteil davon ausgehen, dass die Wärmekapazität des Widerstands extrem klein ist und keine Wärme auf den Behälter übergeht, sodass die gesamte Wärmemenge an das Heliumgas abgegeben wird.)

(10 Punkte)

$I_0$ in A	0	1,5	2,8		4,5	5,2
$\Delta\vartheta$ in °C	0	0,7	2,4		6,3	8,4
$W$ in J	0		3,14			

Tabelle 1

Bei der Messreihe zu Aufgabenteil c) wird eine langgestreckte Spule als Energiespeicher verwendet. Die mit Luft gefüllte Spule ( $\mu_r = 1$ ) hat die Länge  $l = 0,7 \text{ m}$ , die Querschnittsfläche  $A = 0,00446 \text{ m}^2$  und  $n$  Windungen.

Die Eigeninduktivität  $L$  einer langgestreckten Spule wird mit der Formel  $L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n^2}{l} \cdot A$  beschrieben.

1.d Begründen Sie mit einer Einheitenbetrachtung zu dieser Formel, dass die Eigeninduktivität die Einheit  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{(\text{A} \cdot \text{s})^2}$  hat.

Berechnen Sie die Windungszahl  $n$  der Spule mittels der Ergebnisse einer Messung aus Aufgabenteil 1.c.

(Anmerkung: Für den Fall, dass Sie den Aufgabenteil 1.c nicht gelöst haben, können Sie davon ausgehen, dass in der Spule die Energie  $W = 20\text{J}$  gespeichert ist, wenn sie von einem Strom der Anfangsstromstärke  $I_0 = 7\text{A}$  durchflossen wird.) (9 Punkte)

Im Aufgabenteil 1.c erfährt das Gas eine isochore Zustandsänderung, da sich das Gefäß, in dem sich das Gas befindet, nicht ausdehnt.

Das Gas, das sich in dem Zylinder befindet, der in Abbildung 3 als Schnittbild dargestellt ist, soll sich isotherm ausdehnen und dabei den Kolben nach außen drücken.

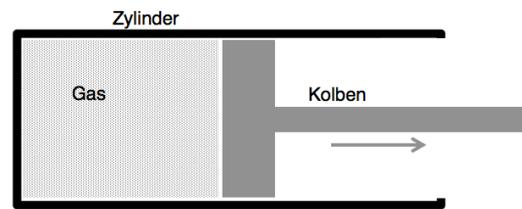


Abbildung 3

Im Diagramm 4 ist der Zusammenhang zwischen dem Druck  $p$  und dem Volumen  $V$  von  $n = 2\text{mol}$  eines expandierenden Gases dargestellt.

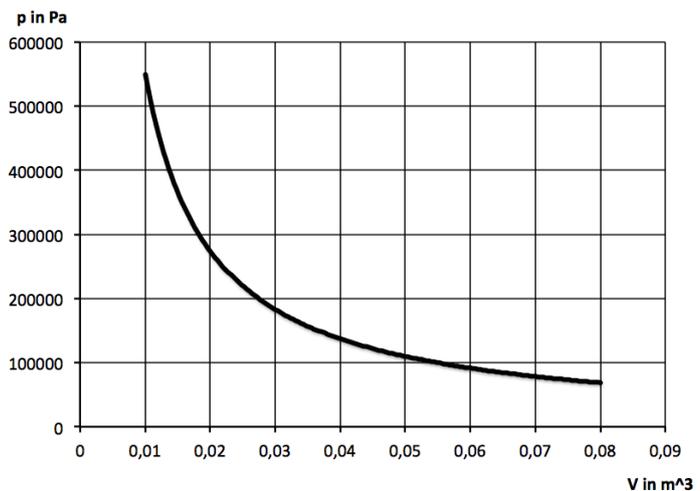


Diagramm 4

1.e Begründen Sie rechnerisch mit Hilfe von zwei Wertepaaren, dass das Diagramm 4 die isotherme Expansion eines Gases beschreibt und berechnen Sie die Temperatur  $T$  des Gases in Kelvin mittels der universellen Gasgleichung. (6 Punkte)

Expandiert das Gas in der Versuchsanordnung, wie sie in Abbildung 3 dargestellt ist, isotherm, so wird an dem Kolben die Arbeit  $\Delta W_{\text{Kolben}}$  verrichtet.

1.f Zeichnen Sie die zwischen  $V_1 = 0,01\text{m}^3$  und  $V_2 = 0,08\text{m}^3$  verrichtete Arbeit  $\Delta W_{\text{Kolben}}$  in Diagramm 5 im Anhang ein.

Berechnen Sie die Arbeit  $\Delta W_{\text{Kolben}} = n \cdot R \cdot T \cdot (\ln V_2 - \ln V_1)$ , die bei dem im Diagramm 4 beschriebenen Vorgang verrichtet wird, wenn  $T = 330\text{K}$  ist und das Gas von  $0,01\text{m}^3$  auf  $0,08\text{m}^3$  expandiert. (6 Punkte)

Ein Objekt mit  $T > 0\text{K}$  strahlt immer Energie in Form von Photonen ab.

1.g Berechnen Sie die Anzahl  $N$  der Photonen, die ein Körper im infraroten Licht der Wellenlänge  $\lambda = 1500\text{nm}$  pro einer Minute abstrahlt, wenn seine Strahlungsleistung bei dieser Wellenlänge  $P = 5,2 \cdot 10^{-4}\text{W}$  beträgt. (5 Punkte)

Anhang

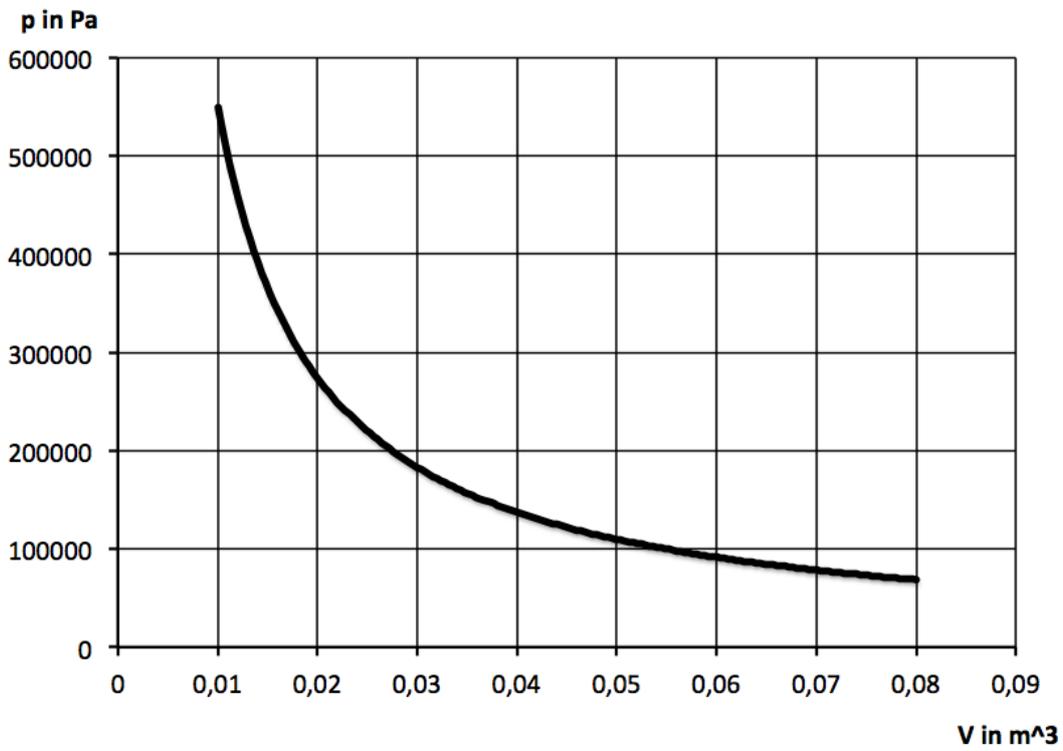


Diagramm 5 zu Aufgabe 1.f

## Aufgabe 2

### Themenbereich: Ladung

Die elektrische Ladung ist eine der grundlegenden Eigenschaften der Materie. Geladene Körper erzeugen elektrische Felder und erfahren Kräfte in elektrischen Feldern. Diese Wechselwirkungen sind Thema dieser Aufgabe.

- 2.a Wenn man einen negativ geladenen Stab einem Elektroskop nähert (nicht berührt!), schlagen die Zeiger aus (Abbildung 1). Nennen und beschreiben Sie die physikalischen Vorgänge, die diesem Experiment zugrunde liegen.

(6 Punkte)

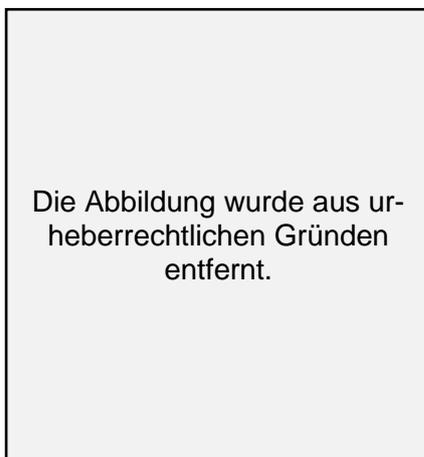


Abbildung 1

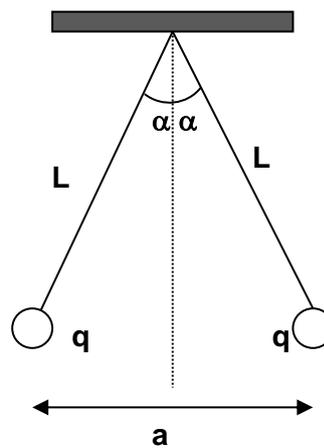


Abbildung 2

- 2.b Mit zwei an je einem Faden der Länge  $L$  aufgehängten Tischtennisbällen, die beide die (gleichnamige) Ladung  $q$  tragen, wird ein einfaches Elektroskop aufgebaut (Abbildung 2). Die Länge der Fäden bleibt konstant bei  $L = 0,31\text{m}$ , die Ladung der Kugeln wird variiert. Dabei ergaben sich folgende Messwerte für den Abstand  $a$  der beiden Bälle (Tabelle 1):

$q$ in $10^{-8}\text{C}$	2,6	3,1	4,2	4,9	5,3
$a$ in $m$	0,053	0,059	0,072	0,080	0,085

Tabelle 1

Bestätigen Sie mit allen Wertepaaren den Zusammenhang:  $a \sim \sqrt[3]{q^2}$

und ermitteln Sie den Proportionalitätsfaktor  $c$ .

Berechnen Sie mit Hilfe ihres Ergebnisses die Ladung  $q'$ , die jede Kugel tragen muss, damit sich ein Abstand von  $a' = 0,10\text{m}$  ergibt.

(12 Punkte)

- 2.c Beim Millikan-Versuch beobachtet man geladene Öltröpfchen, die innerhalb eines elektrischen Feldes schweben.

Beschreiben Sie dieses Experiment in seinen wesentlichen Grundgedanken.

Nennen Sie das Ergebnis des Millikan-Versuchs.

(7 Punkte)

2.d Stellen Sie das Feldlinienbild zweier ungleichnamiger Punktladungen mit Hilfe einer Skizze dar.

Erläutern Sie die Darstellung der Inhomogenität der Feldstärke dieses Feldes.

Erläutern Sie die Modellhaftigkeit der Darstellung des elektrischen Feldes durch Feldlinien.

(8 Punkte)

2.e Ein Kondensator wird durch eine Spannung von  $U = 120V$  aufgeladen. Die Aufschrift besagt, dass seine Kapazität  $C = 450\mu F$  beträgt.

Berechnen Sie die Ladung  $Q_{K1}$ , die darauf enthalten ist und die Energie  $W_{el}$ , die er speichert.

Nun wird der Kondensator über einen Widerstand entladen und die Entladestromstärke  $I(t)$  im Verlauf der Zeit  $t$  gemessen und in einem Diagramm aufgezeichnet (Abbildung 3).

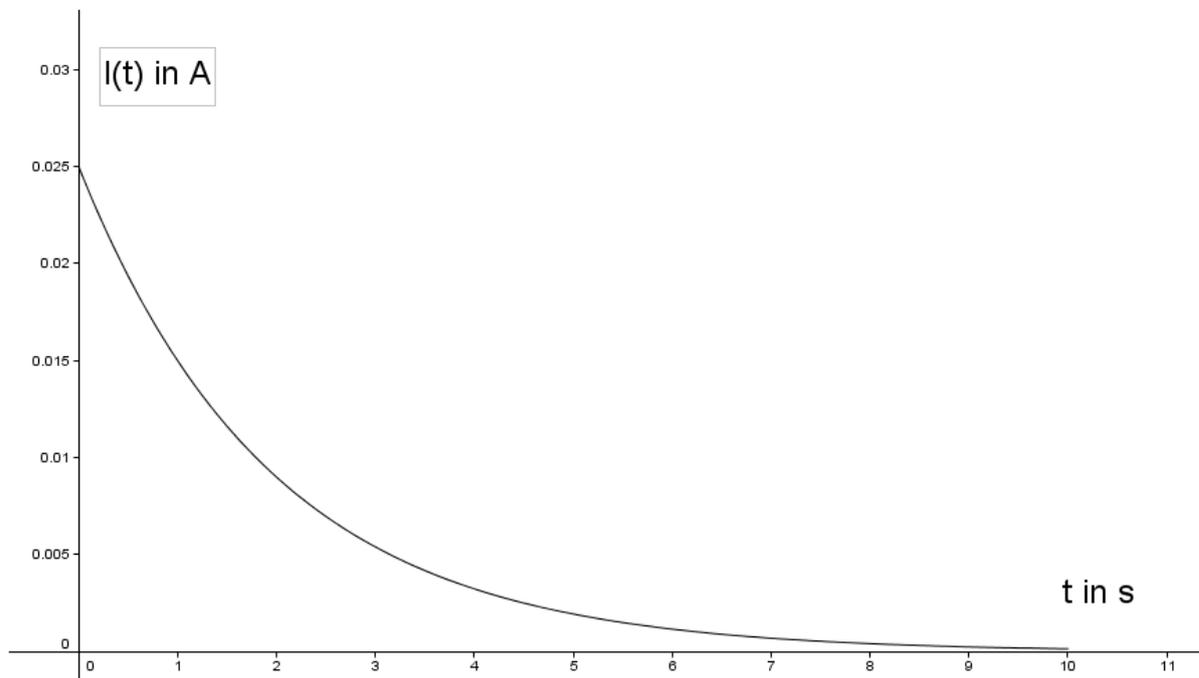


Abbildung 3

Bestimmen Sie mit Hilfe von vier abgelesenen Wertepaaren die zugehörige Exponentialfunktionsgleichung für  $I(t)$

Begründen Sie, dass man aus diesem Diagramm die auf dem Kondensator enthaltene Ladung  $Q_{K2}$  durch Integration bestimmen kann.

Berechnen Sie die in den ersten 10 s abgeflossene Ladung  $Q_{K2}$  mit Hilfe der ermittelten  $I(t)$ -Funktion.

(Gehen Sie gegebenenfalls von  $I(t) = 0,025A \cdot e^{-0,54s^{-1} \cdot t}$  aus.)

(17 Punkte)

### Aufgabe 3

#### Themenbereich: Spezielle Relativitätstheorie

Als axiomatische Voraussetzung für seine Betrachtungen zur speziellen Relativitätstheorie formulierte Albert Einstein zwei Postulate.

3.a Nennen Sie die beiden Einsteinschen Postulate zur speziellen Relativitätstheorie.

(4 Punkte)

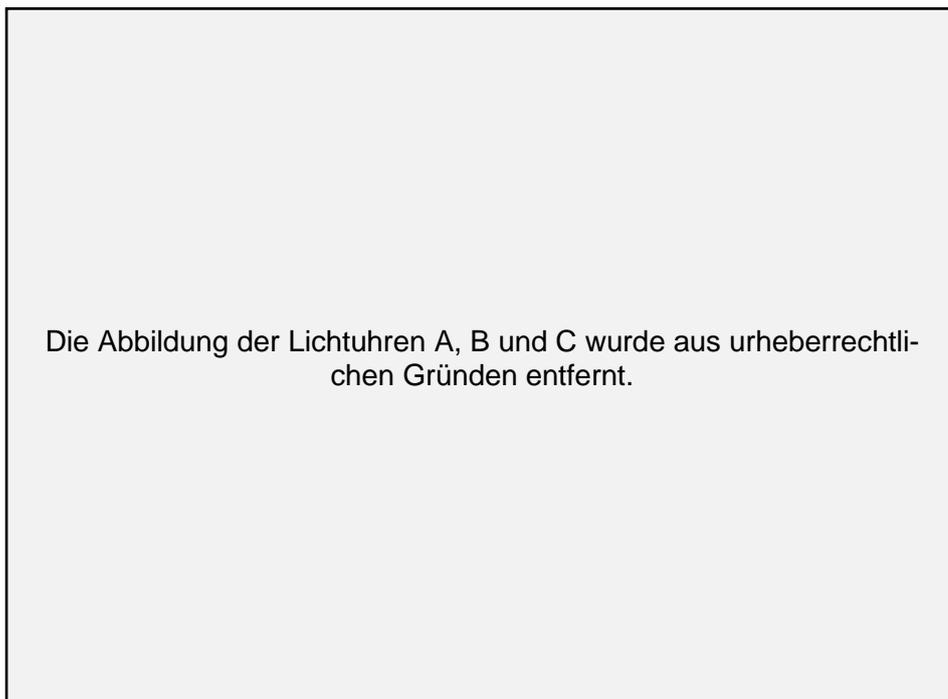
Albert Einstein hat einige berühmte Gedankenexperimente formuliert, um die Befunde der Relativitätstheorie zu veranschaulichen. Eines dieser Gedankenexperimente ist die sog. Licht- oder Einsteinuhr. Mit ihrer Hilfe soll das Phänomen der Zeitdilatation veranschaulicht werden. Die Einsteinuhr ist so konstruiert, dass ein einzelnes Photon zwischen zwei Spiegeln immer hin und her reflektiert wird. Immer wenn das Photon am oberen Spiegel reflektiert wird, wird ein Zähler um eins erhöht.

3.b Berechnen Sie den Abstand  $a$  zwischen den beiden Spiegeln für den Fall, dass diese Uhr Nanosekunden ( $1 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ ) zählt.

(4 Punkte)

Abb. 1 zeigt eine Anordnung von drei baugleichen Uhren, bei der die beiden Uhren A und B relativ zum Betrachter ruhen, während sich eine dritte Uhr C schnell an den Uhren A und B vorbei bewegt.

Abb. 1 – Licht- oder Einsteinuhren



3.c Erklären Sie mit Hilfe dieses Gedankenexperiments das Phänomen der Zeitdilatation. Leiten Sie mit Hilfe geometrischer Betrachtungen aus dem Gedankenexperiment die Formel

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ her.}$$

(10 Punkte)

Als weiteres Gedankenexperiment wird der folgende Fall betrachtet. Zwei Raketen A und B mit der gleichen Eigenlänge  $l = 1L_S$  fliegen im Ruhesystem  $S$  eines Beobachters mit gleicher Geschwindigkeit  $v = \frac{1}{3}c$ , aber in entgegengesetzter Richtung eng aneinander vorbei.

Die Abbildung der Raketen wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 2 Raketen A und B im S-System

3.d Berechnen Sie die Geschwindigkeit  $v_A$  der Rakete A im Ruhesystem der Rakete B. Berechnen Sie die Länge  $l_A$ , die die Rakete A im Ruhesystem der Rakete B aufgrund der Längenkontraktion hat.

(5 Punkte)

In dem Moment, in dem sich die Spitze der Rakete B und das Ende der Rakete A gegenüber liegen, wird am Ende der Rakete B ein Lichtblitz ausgesendet. Der Abstand der Raketen sei sehr viel geringer als ihre Eigenlänge, sodass die Laufzeit des Lichtes vernachlässigt werden kann (siehe Abb. 2).

In Anhang 1, Abb. 3 wird dieser Vorgang als Abbildung und als Minkowski-Diagramm 1 **aus Sicht der Rakete B** dargestellt. Die Rakete A erscheint aus Sicht von B verkürzt, sie wird also nicht vom Lichtblitz getroffen.

3.e Benennen Sie im Minkowski-Diagramm 1

- die Weltlinie der Spitze der Rakete A.
- die Weltlinie des Endes der Rakete B.
- das Ereignis: „Spitze von Rakete B liegt gegenüber Ende von Rakete A.“
- das Ereignis: „Lichtblitz wird am Ende der Rakete B ausgesendet.“

Begründen Sie mit Hilfe des Minkowski-Diagrammes 1, dass der Lichtblitz von Rakete B aus gesehen Rakete A nicht treffen wird.

(10 Punkte)

In Anhang 2, Abb. 4 wird ein solcher Vorgang **aus Sicht der Rakete A** dargestellt. In diesem Fall wird Rakete A vom Lichtblitz getroffen.

3.f Benennen Sie im Minkowski-Diagramm 2

- die Weltlinie der Spitze der Rakete A.
- die Weltlinie des Endes der Rakete B.

Zeichnen Sie folgende Ereignisse in das Minkowski-Diagramm 2 ein:

- „Spitze von Rakete B liegt gegenüber Ende von Rakete A.“
- „Lichtblitz wird am Ende der Rakete B ausgesendet.“

Begründen Sie mit Hilfe des Minkowski-Diagrammes 2, dass in diesem Fall der Lichtblitz Rakete A treffen wird.

(12 Punkte)

3.g Stellen Sie dar, dass sich der scheinbare Widerspruch („A wird vom Lichtblitz getroffen“ – „A wird vom Lichtblitz nicht getroffen“) mit Hilfe des Begriffes der relativen Gleichzeitigkeit auflösen lässt.

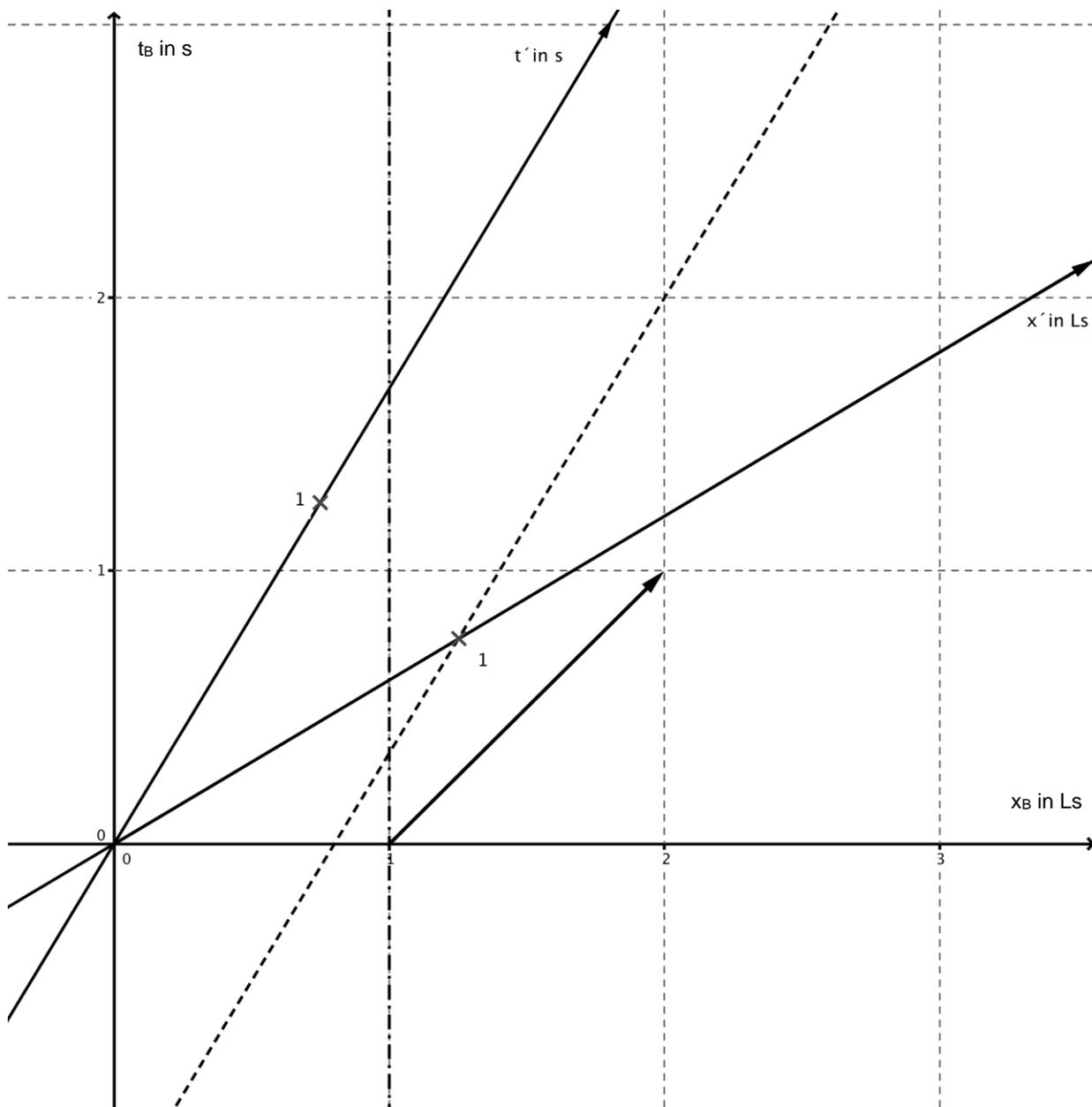
(5 Punkte)

Anhang 1:

Die Abbildung der Raketen wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 3 Vorbeiflug im Ruhesystem der Rakete B

Minkowski-Diagramm 1

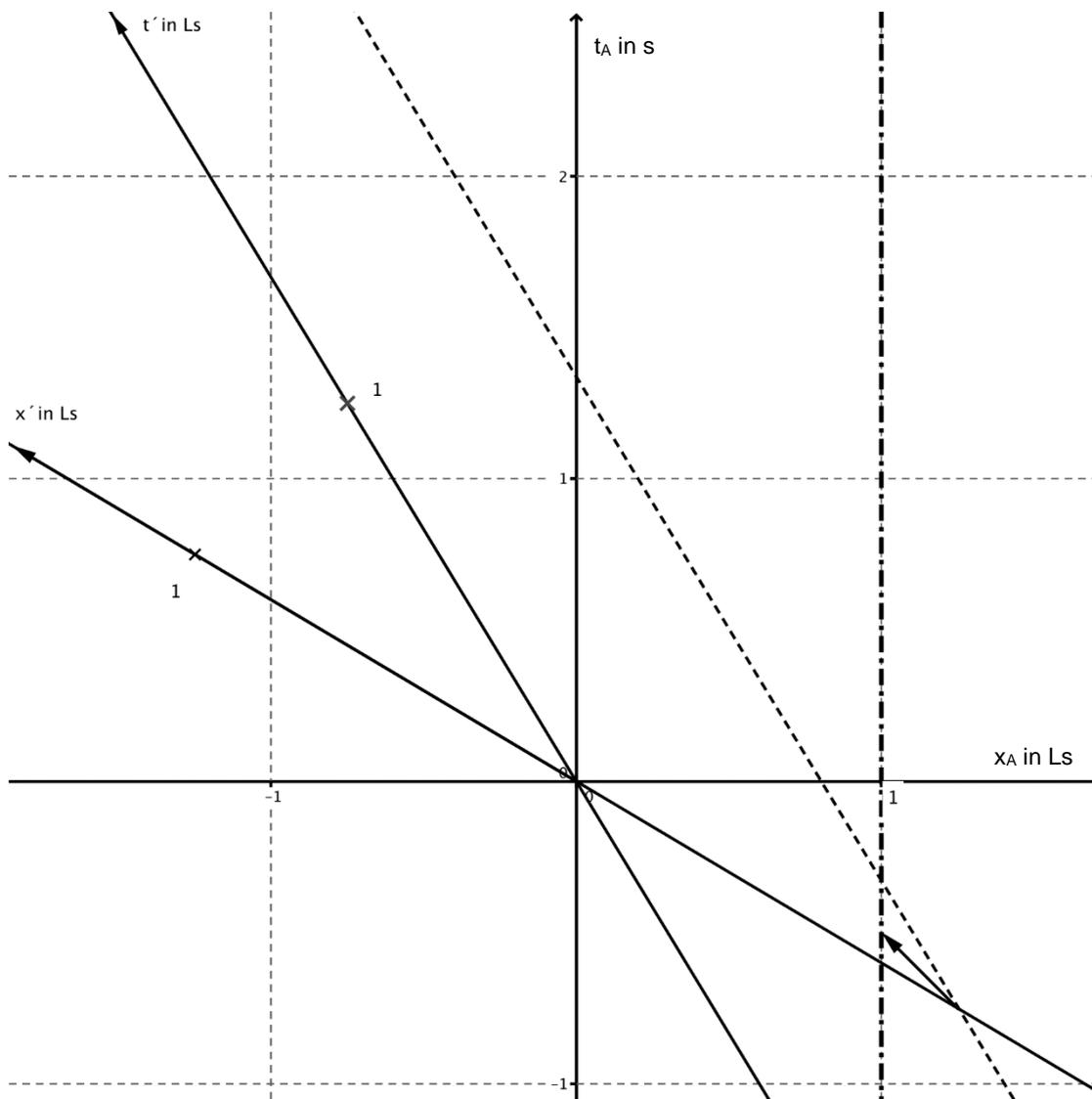


## Anhang 2

Die Abbildung der Raketen wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 4 Vorbeiflug im Ruhesystem der Rakete A

### Minkowski-Diagramm 2



## Schriftliche Abiturprüfung 2014

### Leistungskurs Physik

Mittwoch, 30. April, 9.00 Uhr

---

#### Unterlagen für Referenten und Korreferenten

- Diese Unterlagen sind nicht für Schülerinnen und Schüler bestimmt -

---

#### Diese Unterlagen enthalten ...

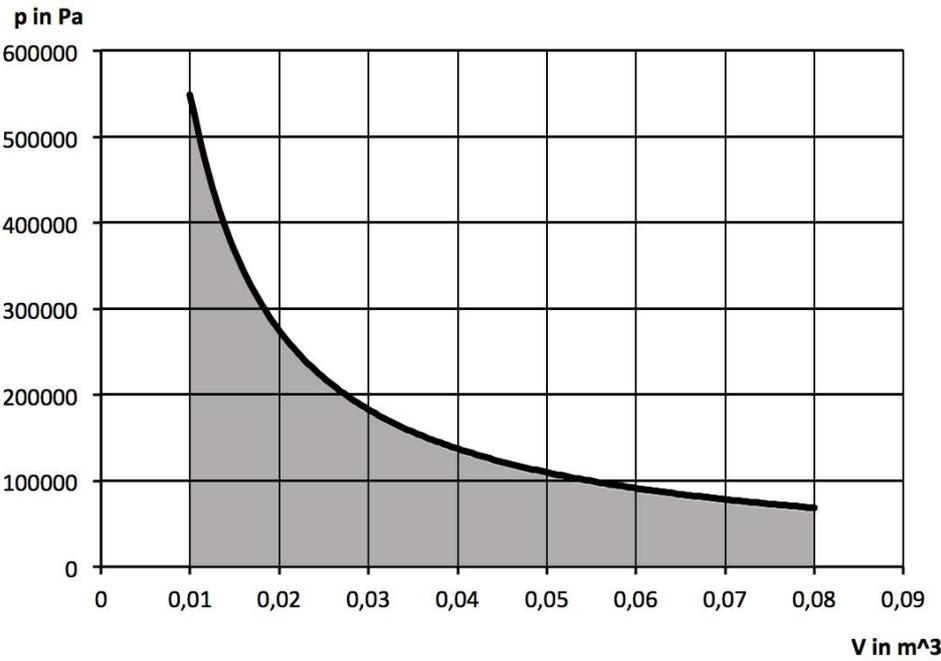
- Allgemeines,
  - Erwartungshorizonte, Bewertungen und Korrekturhinweise zu den Aufgaben,
  - keine Aufgabenstellungen – Ihre Exemplare entnehmen Sie bitte den Schüleraufgaben – ,
  - einen Protokollbogen zur Auswahl der Aufgaben für die Prüfungsakten Ihrer Schule,
  - einen Rückmeldebogen für die Zentralabiturkommission zur Auswahl der Aufgaben.
- 

#### Allgemeines

- Prüfen Sie die Prüfungsaufgaben vor der Aushändigung an die Schülerinnen und Schüler auf ihre Vollständigkeit und formale und inhaltliche Korrektheit und ergänzen Sie sie gegebenenfalls. Bei nicht ausreichender Anzahl erstellen Sie entsprechende Kopien vor Ort. Bei einem schwerwiegenden inhaltlichen Fehler informieren Sie sofort die Senatorin für Bildung und Wissenschaft über die **Hotline (0421...)** von 7.00 bis 9.30. Die von der Senatorin für Bildung und Wissenschaft vorgenommene Korrektur gibt die Schule sofort an die für die schriftliche Prüfung zuständige Lehrkraft weiter.
- Wählen Sie gemeinsam mit Ihrer Korreferentin / Ihrem Korreferenten aus den drei vorgelegten Aufgaben zwei aus. Kommt es zu keiner Einigung, bestimmt die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses die Auswahl der Aufgaben (§ 10 Abs. 2 Nr. 1 AP-V). Protokollieren Sie auf dem beigefügten Protokollformular, welche Aufgaben Sie gewählt haben (Prüferin/Prüfer und Korreferentin/Korreferent und ggf. auch die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses unterschreiben das Protokoll).
- Füllen Sie bitte für die Zentralabiturkommission Physik den beigefügten Rückmeldebogen zur Auswahl der Aufgaben aus und schicken ihn an die dort genannte Adresse.
- Fragen Sie vor Verteilung der Aufgaben nach der Arbeitsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler und weisen Sie diese auf die Regelungen des § 5 AP-V (Täuschung und Behinderung) hin.
- Machen Sie die Schülerinnen und Schüler auf die Arbeitshinweise aufmerksam, die am Anfang ihrer Unterlagen für die Prüfung stehen. Geben Sie ihnen ggf. die nötigen Angaben zur Schulnummer sowie zur genauen Kursbezeichnung.
- Die Bearbeitungszeit beträgt 240 Minuten.
- Erlaubte Hilfsmittel: Rechtschreiblexikon, Formelsammlung, Taschenrechner.

**Aufgabe 1 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen**

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung																																						
		I	II	III																																				
a.	<p>Mögliche Begründung: Wenn die Lampen 1 und 2 leuchten, verrichtet der Strom in ihnen Arbeit, es wird also elektrische Energie in Wärme- und Lichtenergie umgewandelt. Die Lampe 1 leuchtet sofort mit maximaler Helligkeit auf, die Helligkeit von Lampe 2 nimmt entsprechend der Zunahme der Stromstärke <math>I_2</math> allmählich zu. Die fehlende Energie muss nach dem Schließen des Schalters irgendwo im Stromzweig 2 gespeichert worden sein. Das einzige Bauteil, das dafür verantwortlich ist, ist die Spule, denn nur sie ist zusätzlich in dem Stromzweig eingebaut.</p>		6																																					
b.	<p>Die Ursache dafür, dass weiterhin ein Strom fließt, ist die Selbstinduktion, deren Wirkung nach der Lenz'schen Regel ihrer Ursache entgegen gesetzt ist.</p> <p>Mögliche Erklärung des zeitliche Verlaufs der Stromstärke:                  Wenn der Schalter umgelegt wird, sind die negative Änderung der Stromstärke und damit die negative Änderung des magnetischen Flusses besonders groß. Es wird also eine besonders große Spannung <math>U_{ind}</math> in der Spule induziert. <math>U_{ind}</math> ist so gerichtet ist, dass der Strom <math>I_{unten}</math> abgeschwächt weiter fließt.</p> <p>Da die Stromstärke etwas später abgenommen hat, ist im nächsten Moment ihre Änderung nicht mehr so groß und damit auch <math>U_{ind}</math>. Dieser Vorgang setzt sich kontinuierlich weiter fort, so dass sich die Stärke von <math>I_{unten}</math> asymptotisch dem Wert Null nähert.</p>		5	3																																				
c.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td><math>I_0</math> in A</td> <td>0,0</td> <td>1,5</td> <td>2,8</td> <td>3,7</td> <td>4,5</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta\vartheta</math> in <math>^{\circ}C</math></td> <td>0,0</td> <td>0,7</td> <td>2,4</td> <td>4,3</td> <td>6,3</td> <td>8,4</td> </tr> <tr> <td><math>W</math> in J</td> <td>0,0</td> <td>0,90</td> <td>3,14</td> <td>5,54</td> <td>8,10</td> <td>10,82</td> </tr> </table> <p>Dabei ist <math>W = c_{He} \cdot m \cdot \Delta\vartheta</math>                  Vermutung: <math>\Delta\vartheta \sim I_0^2</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td><math>I_0</math> in A</td> <td>0,0</td> <td>1,5</td> <td>3,7</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td><math>\Delta\vartheta</math> in <math>^{\circ}C</math></td> <td>0,0</td> <td>0,7</td> <td>4,3</td> <td>8,4</td> </tr> <tr> <td><math>\frac{\Delta\vartheta}{I_0^2}</math> in <math>\frac{K}{A^2}</math></td> <td>-</td> <td>0,31</td> <td>0,31</td> <td>0,31</td> </tr> </table> <p>Also ist : <math>\Delta\vartheta = 0,31 \frac{K}{A^2} \cdot I_0^2</math></p> <p>Für den Zusammenhang zwischen der Temperaturerhöhung <math>\Delta\vartheta</math>, der spezifischen Wärmekapazität <math>c_{He} = 3,22 \frac{J}{g \cdot K}</math>, der Masse <math>m</math> des He-Gases und der zugeführten Wärmemenge gilt: <math>W = c_{He} \cdot m \cdot \Delta\vartheta</math>. Es ist also:</p> $W = 3,22 \frac{J}{g \cdot K} \cdot 0,4g \cdot 0,31 \frac{K}{A^2} \cdot I_0^2 \Rightarrow W = 0,4 \frac{J}{A^2} \cdot I_0^2$	$I_0$ in A	0,0	1,5	2,8	3,7	4,5	5,2	$\Delta\vartheta$ in $^{\circ}C$	0,0	0,7	2,4	4,3	6,3	8,4	$W$ in J	0,0	0,90	3,14	5,54	8,10	10,82	$I_0$ in A	0,0	1,5	3,7	5,2	$\Delta\vartheta$ in $^{\circ}C$	0,0	0,7	4,3	8,4	$\frac{\Delta\vartheta}{I_0^2}$ in $\frac{K}{A^2}$	-	0,31	0,31	0,31		4	6
$I_0$ in A	0,0	1,5	2,8	3,7	4,5	5,2																																		
$\Delta\vartheta$ in $^{\circ}C$	0,0	0,7	2,4	4,3	6,3	8,4																																		
$W$ in J	0,0	0,90	3,14	5,54	8,10	10,82																																		
$I_0$ in A	0,0	1,5	3,7	5,2																																				
$\Delta\vartheta$ in $^{\circ}C$	0,0	0,7	4,3	8,4																																				
$\frac{\Delta\vartheta}{I_0^2}$ in $\frac{K}{A^2}$	-	0,31	0,31	0,31																																				

d.	$[L] = \frac{V \cdot s}{A \cdot m} \cdot \frac{1}{m} \cdot m^2 = \frac{V \cdot s}{A} = \frac{J \cdot s}{C \cdot A} = \frac{J \cdot s}{A^2 \cdot s} = \frac{kg \cdot m^2}{(A \cdot s)^2}$ <p>Für <math>I_0 = 1,5A</math> ist <math>W = 0,9J</math>. Mit <math>W = 0,5L \cdot I^2</math> ist <math>L = \frac{2 \cdot 0,9J}{(1,5A)^2} = 0,8H</math>.</p> <p>Damit ergibt sich für die Windungszahl</p> $n = \sqrt{\frac{L \cdot l}{\mu_0 \cdot A}} = \sqrt{\frac{0,8H \cdot 0,7m}{\mu_0 \cdot 0,00446m^2}} \approx 9996.$	3	6										
e.	<p>Aus der universellen Gasgleichung ergibt sich <math>T = \frac{p \cdot V}{n \cdot R}</math>. Aus Diagramm 4 lassen sich z.B. folgende Wertepaare ablesen:</p> <table border="1" data-bbox="220 741 922 898"> <thead> <tr> <th>Messung Nr.</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>V</math> in <math>m^3</math></td> <td>0,01</td> <td>0,055</td> </tr> <tr> <td><math>p</math> in <math>Pa</math></td> <td>550000</td> <td>100000</td> </tr> </tbody> </table> <p>Mit Messung Nr. 1 ist <math>T = \frac{550000Pa \cdot 0,01m^3 \cdot mol \cdot K}{2mol \cdot 8,3145J} = 330,7K</math></p> <p>Mit Messung Nr. 2 ist <math>T = \frac{100000Pa \cdot 0,055m^3 \cdot mol \cdot K}{2mol \cdot 8,3145J} = 330,7K</math></p>	Messung Nr.	1	2	$V$ in $m^3$	0,01	0,055	$p$ in $Pa$	550000	100000	5	1	
Messung Nr.	1	2											
$V$ in $m^3$	0,01	0,055											
$p$ in $Pa$	550000	100000											
f.	<p>Die Maßzahl der Fläche unter dem Graphen der Funktion im Diagramm 4 ist gleich der Maßzahl der verrichteten Arbeit.</p>  <p><math>V_1 = 0,01m^3; V_2 = 0,08m^3</math></p> $\Rightarrow \Delta W = 2mol \cdot 8,3145 \frac{J}{mol \cdot K} \cdot 330K \cdot (\ln 0,08 - \ln 0,01) = 11411J$	3	1	2									

g.	<p>Frequenz des Lichts: <math>f = \frac{c}{\lambda} \approx 2 \cdot 10^{14} \text{ Hz};</math></p> <p>Energie eines Photons: <math>W_{\text{phot}} = h \cdot f = 1,32 \cdot 10^{-19} \text{ J};</math></p> <p>Anzahl der Photonen pro 1s: <math>n = \frac{5,2 \cdot 10^{-4} \text{ W}}{1,32 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 3,94 \cdot 10^{15};</math></p> <p>Anzahl der Photonen pro 1min: <math>N = 3,94 \cdot 10^{15} \cdot 60 = 2,36 \cdot 10^{17}.</math></p>	5		
Verteilung der insgesamt <b>50</b> Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>5</b>	

**Aufgabe 2 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen**

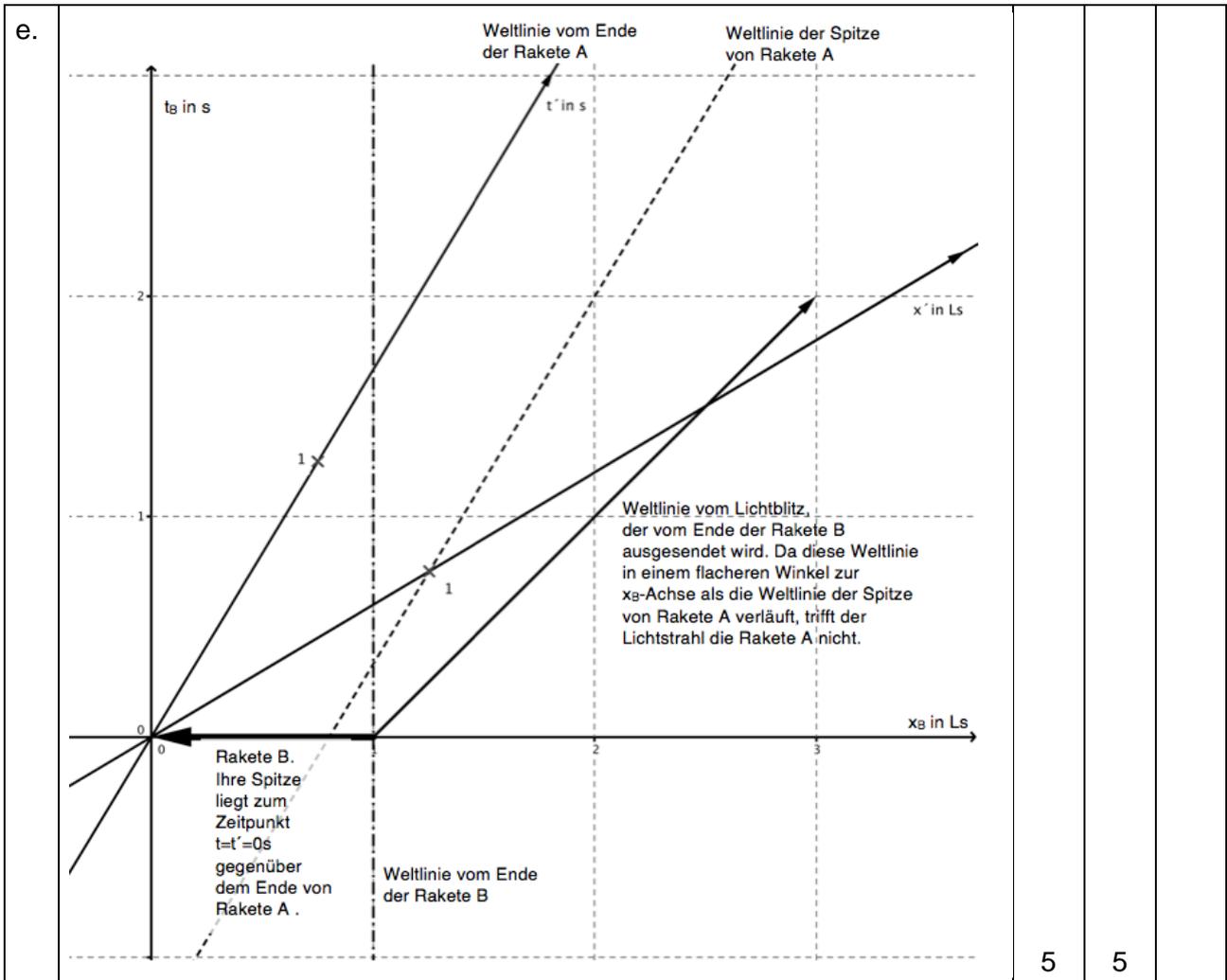
Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung																				
		I	II	III																		
a.	Das Phänomen wird als elektrische Influenz bezeichnet. Bei Annäherung an das Elektroskop werden darin durch Abstoßung die beweglichen negativen Ladungsträger in den unteren Bereich verschoben, welcher nun negativ geladen ist. Die elektrische Abstoßung bewirkt die Spreizung der Zeiger.	6																				
b.	$a \sim \sqrt[3]{q^2} \rightarrow a = c \cdot \sqrt[3]{q^2} \rightarrow c = \frac{a}{\sqrt[3]{q^2}}$ <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td><math>q</math> in <math>10^{-8}C</math></td> <td>2,6</td> <td>3,1</td> <td>4,2</td> <td>4,9</td> <td>5,3</td> </tr> <tr> <td><math>a</math> in m</td> <td>0,053</td> <td>0,059</td> <td>0,072</td> <td>0,08</td> <td>0,085</td> </tr> <tr> <td><math>c</math> in <math>m/C^{2/3}</math></td> <td>6039</td> <td>5979</td> <td>5959</td> <td>5974</td> <td>6024</td> </tr> </table> $a = 5995 \frac{m}{\sqrt[3]{C^2}} \cdot \sqrt[3]{q^2}$ <p>Es gilt also: <math>a = 5995 \frac{m}{\sqrt[3]{C^2}} \cdot \sqrt[3]{q^2} \rightarrow q = \sqrt[3]{\left(\frac{0,1m}{5995 \frac{m}{\sqrt[3]{C^2}}}\right)^3} = 6,81 \cdot 10^{-8} C</math></p>	$q$ in $10^{-8}C$	2,6	3,1	4,2	4,9	5,3	$a$ in m	0,053	0,059	0,072	0,08	0,085	$c$ in $m/C^{2/3}$	6039	5979	5959	5974	6024	2	8	2
$q$ in $10^{-8}C$	2,6	3,1	4,2	4,9	5,3																	
$a$ in m	0,053	0,059	0,072	0,08	0,085																	
$c$ in $m/C^{2/3}$	6039	5979	5959	5974	6024																	
c.	Öltröpfchen bekannter Masse werden in ein vertikales elektrisches Feld gesprüht. Durch das Einsprühen erhalten sie eine geringe elektrische Ladung. Durch Variation der Spannung werden die Tröpfchen zum Schweben gebracht, d.h. Gravitations- und elektrische Kraft heben sich auf. Daraus lässt sich ihre konkrete Ladung berechnen. Es ergab sich, dass diese immer ein Vielfaches einer Ladung von $q \approx 1,6 \cdot 10^{-19} C$ betrug. Daraus folgte man, dass die elektrische Ladung gequantelt ist. Der Wert der so genannten Elementarladung ist $e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$ .	3	4																			
d.	<p>Im inhomogenen Feld ist die elektrische Feldstärke nicht überall gleich. Das wird durch unterschiedliche Abstände der Feldlinien dargestellt. Feldlinien gibt es im physikalischen Sinn nicht, sie sind nur eine Veranschaulichung, die nicht berücksichtigt, dass es, wenn schon unendlich viele sein müssten, die trotzdem in unterschiedlicher Dichte gezeichnet werden müssten.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>Die Abbildung des elektrischen Feldes wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> </div>	4	4																			
e.	$Q_{K1} = C \cdot U = 450 \cdot 10^{-6} F \cdot 120V = 0,054C$ $W_{el} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 450 \cdot 10^{-6} F \cdot (120V)^2 = 3,24J$																					

<p>Es gilt: <math>I(t) = I_0 \cdot e^{-k \cdot t} \rightarrow k = \frac{\ln \frac{I(t)}{I_0}}{-t}</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>t in s</th> <th>I(t) in A</th> <th>k in s<sup>-1</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0,025</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0,015</td> <td>0,51082</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,0085</td> <td>0,53940</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,005</td> <td>0,53647</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,003</td> <td>0,53006</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mittelwert</td> <td>0,52919</td> </tr> </tbody> </table> <p>Also gilt: <math>I(t) = 0,025A \cdot e^{-0,53s^{-1} \cdot t}</math>                  Für Konstante Stromstärken gilt: <math>Q = I \cdot t</math>                  Bei variabler Stromstärke gilt: <math>Q = \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt</math>                  (Begründung dem Unterricht entsprechend)  <math display="block">Q_{K2} = \int_0^{10} 0,025A \cdot e^{-0,53s^{-1} \cdot t} dt = -0,047 \frac{A}{s} \cdot e^{-0,53s^{-1} \cdot t} \Big _0^{10}</math>                 Also:  <math display="block">= -0,047 \frac{A}{s} \cdot e^{-0,53s^{-1} \cdot 10s} - \left( -0,047 \frac{A}{s} \cdot e^{-0,53s^{-1} \cdot 0} \right) = 0,0469C</math>                 Bzw.: <math>Q_{K2} = \lim_{x \rightarrow \infty} \int_0^x 0,025A \cdot e^{-0,53s^{-1} \cdot t} dt = 0,047C</math>                  (Mit angegebener Funktion: <math>Q_{K2} = 0,046C</math>).</p>			t in s	I(t) in A	k in s <sup>-1</sup>	0	0,025		1	0,015	0,51082	2	0,0085	0,53940	3	0,005	0,53647	4	0,003	0,53006		Mittelwert	0,52919			
t in s	I(t) in A	k in s <sup>-1</sup>																								
0	0,025																									
1	0,015	0,51082																								
2	0,0085	0,53940																								
3	0,005	0,53647																								
4	0,003	0,53006																								
	Mittelwert	0,52919																								
Verteilung der insgesamt <b>50</b> Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche			<b>5</b>	<b>9</b>	<b>3</b>																					
			<b>20</b>	<b>25</b>	<b>5</b>																					

(Sämtliche sinnvolle Antworten, welche sich aus der Behandlung des Themas im Unterricht ergeben, sind entsprechend zu werten.)

**Aufgabe 3 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen**

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	<p>1. Alle Inertialsysteme sind gleichberechtigt. Zwei Beobachter, welche sich mit konstanter Geschwindigkeit relativ zueinander bewegen, stellen dieselben physikalischen Gesetze fest.</p> <p>2. Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist für alle Beobachter eine absolute Konstante. Sie ist von der Geschwindigkeit der Lichtquelle und derjenigen des Beobachters unabhängig.</p>	4		
b.	<p>Innerhalb einer Nanosekunde muss das Photon die Strecke zwischen beiden Spiegeln zweimal zurücklegen. Es gilt</p> $\frac{2s}{t} = c \Rightarrow s = \frac{1}{2} \cdot c \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 2,998 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot 1 \cdot 10^{-9} s = 0,15m$	4		
c.	<p>Für einen Beobachter, der relativ zu A und B ruht, legt das Photon die Strecke <math>c \cdot \Delta t</math> zurück, während für einen Beobachter, der relativ zu C ruht, das Photon die kürzere Strecke <math>c \cdot \Delta t'</math> zurücklegt. Da nach dem zweiten Einsteinschen Postulat die Lichtgeschwindigkeit in allen Systemen gleich groß ist, muss die Zeitdauer in beiden Systemen unterschiedlich lang sein. Dem relativ zu A und B ruhenden Beobachter erscheint der Zeitablauf in C verlangsamt.</p> <p>Aus dem in Abb. 1 gezeigten Dreieck folgt:</p> $c^2 \Delta t'^2 + v^2 \Delta t^2 = c^2 \Delta t^2$ $\Delta t'^2 + \frac{v^2}{c^2} \Delta t^2 = \Delta t^2$ $\Delta t'^2 = \Delta t^2 - \Delta t^2 \frac{v^2}{c^2}$ $\Delta t'^2 = \Delta t^2 \left( 1 - \frac{v^2}{c^2} \right)$ $\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ $\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	2	8	
d.	<p>Relativistische Geschwindigkeitsaddition</p> $u = \frac{\frac{1}{3}c + \frac{1}{3}c}{1 + \frac{\left(\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3}\right)c^2}{c^2}} = 0,6c$ $l_A = 1Ls \sqrt{1 - \frac{0,36c^2}{c^2}} = 0,8Ls$	2	3	



<p>f.</p>	<p>Die Spitze der Rakete B liegt zum Zeitpunkt <math>t=t'=0s</math> am Ort <math>x_A=x'=0Ls</math> gegenüber dem Ende von Rakete A.</p> <p>Vektorpfeil: Weltlinie vom Lichtblitz, der vom Ende der Rakete B ausgesendet wird. Er trifft die Rakete A.</p>	<p>3</p>	<p>9</p>	
<p>g.</p>	<p>Das Ereignis „Spitze der Rakete B ist auf gleicher Höhe wie Ende der Rakete A“ findet in beiden Systemen zu verschiedenen Zeitpunkten statt, ist also nicht gleichzeitig. Dies wird als relativistische Gleichzeitigkeit bezeichnet.  <i>(Hinweis: Jede andere Erklärung, die aus unterrichtlichen Zusammenhängen den Begriff der relativistischen Gleichzeitigkeit am vorliegenden Beispiel korrekt erläutert, sollte mit der vollen BE-Zahl bewertet werden.)</i></p>			<p>5</p>
<p>Verteilung der insgesamt <b>50</b> Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche</p>		<p><b>20</b></p>	<p><b>25</b></p>	<p><b>5</b></p>