

KULTUSMINISTERIUM DES LANDES SACHSEN-ANHALT



Abitur  
Januar/Februar 2003

Physik  
(Grundkurs)

Einlesezeit: 30 Minuten  
Bearbeitungszeit: 210 Minuten

---

Thema 1

Thermische und mechanische Prozesse

Thema 2

Bewegungen in Feldern

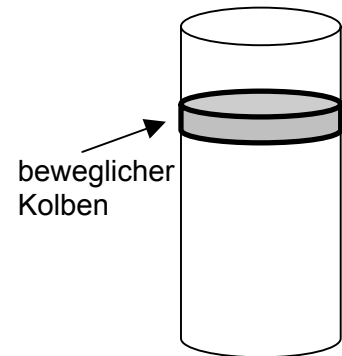
Thema 3

Stoßprozesse in der Makro- und  
Mikrophysik

## Thema 1: Thermische und mechanische Prozesse

### 1 Gasbehälter

Ein zylindrischer Behälter sei oben durch einen reibungsfrei beweglichen Kolben abgeschlossen (Bild 1). Im Behälter befinden sich im Ausgangszustand  $V_0 = 40 \text{ l}$  Helium der Temperatur  $\vartheta_0 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ .



(nicht maßstäblich)

Bild 1

Weitere Daten:

äußerer Luftdruck:

$$p_a = 1013 \text{ hPa}$$

Masse des Kolbens:

$$m = 3,25 \text{ kg}$$

Querschnittsfläche des Kolbens:  $A = 400 \text{ cm}^2$

spezifische Werte für Helium:

$$R_{\text{He}} = 2,0777 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$c_p = 5,238 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

1.1 Berechnen Sie den Druck des Gases im Behälter.

Leiten Sie eine Beziehung zur Berechnung der Dichte des Heliums in Abhängigkeit von den Größen Druck, Temperatur sowie der spezifischen Gaskonstanten her.

Ermitteln Sie die Dichte unter der Annahme, dass der Druck im Behälter 1021 hPa beträgt.

1.2 In einem Wärmebad erwärmt sich das Gas und hebt den Kolben um  $h = 5,0 \text{ cm}$  an.

Berechnen Sie die Temperaturerhöhung des Heliums, die Wärme, die von außen zugeführt werden muss, sowie die Volumenarbeit des Gases.

1.3 Der Kolben wird nun isotherm in seine Ausgangslage zurückgeschoben.

Skizzieren Sie das p-V-Diagramm für den genannten Prozess.

Beschreiben Sie, wie die am System verrichtete Arbeit bestimmt werden kann.

### 2 Carnot'scher Kreisprozess

Ein idealer Kreisprozess, der aus zwei isothermen und zwei adiabatischen Teilprozessen (Carnot'scher Kreisprozess) besteht, wird im Uhrzeigersinn durchlaufen.

Skizzieren Sie den Vorgang in einem p-V-Diagramm.

Erläutern Sie die ablaufenden Zustandsänderungen und treffen Sie mit Hilfe des 1. Hauptsatzes der Thermodynamik Aussagen über die jeweils auftretenden Wärmen, Arbeiten sowie Änderungen der inneren Energie.

Diskutieren Sie anhand der Gleichung des thermischen Wirkungsgrades Möglichkeiten seiner Erhöhung.

### 3 PKW-Fahrt

Ein PKW fährt mit einer Geschwindigkeit von  $v_0 = 36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  auf einer waagerechten Straße. Zum Zeitpunkt  $t_0 = 0$  wird er mit  $a_1 = 2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  beschleunigt bis er eine Geschwindigkeit von  $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  erreicht. Diese Geschwindigkeit wird 10 s lang beibehalten. Anschließend wird der PKW mit  $a_3 = -5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  bis zum Stillstand abgebremst.

- 3.1 Zeichnen Sie für den Gesamtvorgang das Weg-Zeit-, das Geschwindigkeit-Zeit- und das Beschleunigung-Zeit-Diagramm. Berechnen Sie alle dazu notwendigen Größen.
- 3.2 Der PKW stößt bei einem Auffahrunfall unelastisch mit einem ruhenden, in Stoßrichtung beweglichen Fahrzeug dreifacher Masse auf ebener Strecke zusammen. Die Unfallwagen kommen nach einer Strecke von  $s = 1,8 \text{ m}$  zum Stehen. Nach dem Unfall wird ein Reibungskoeffizient von  $\mu = 0,4$  ermittelt.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit des PKW vor dem Unfall.

### 4 Fahrt in der Todeskugel

Auf Jahrmärkten und Rummelplätzen gilt die Fahrt eines Motorrades in der sogenannten „Todeskugel“ als Attraktion. Ein Fahrer rast innerhalb einer Stahlnetz­kugel mit dem Durchmesser  $d = 5,0 \text{ m}$  in der horizontalen Ebene des Kugelumfangs. Dann wird die untere Kugelhälfte abgesenkt (vgl. Bild 2), während der Fahrer seine Bewegung in der oberen Kuppel­hälfte fortsetzt.

Leiten Sie anhand einer Zeichnung eine Gleichung zur Berechnung der notwendigen Geschwindigkeit des Motorrades für einen Neigungswinkel von  $\alpha = 10^\circ$  gegen die Horizontale her und berechnen Sie diese.

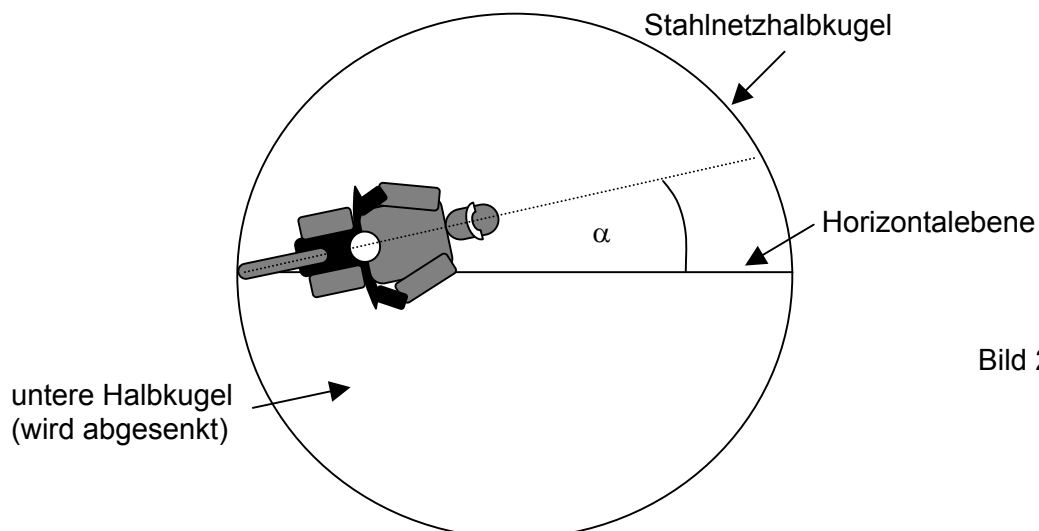


Bild 2

## Thema 2: Bewegungen in Feldern

### 1 Die Elementarladung

Beschreiben Sie den Aufbau, die Durchführung und die Auswertung der Schwebemethode nach Millikan zur Bestimmung der Elementarladung  $e$  von Elektronen. Nutzen Sie dabei eine Schaltskizze und leiten Sie die Gleichung zur Berechnung der Ladung her.

### 2 Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern

Im Bild 1 ist eine Versuchsanordnung zur Beschleunigung und Ablenkung von Elektronen dargestellt, die sich vollständig im Vakuum befindet. Dabei werden die Elektronen zwischen der Glühkatode K und der Anode A mit der Spannung  $U_1 = 100 \text{ V}$  beschleunigt. Mithilfe der Blende B wird ein

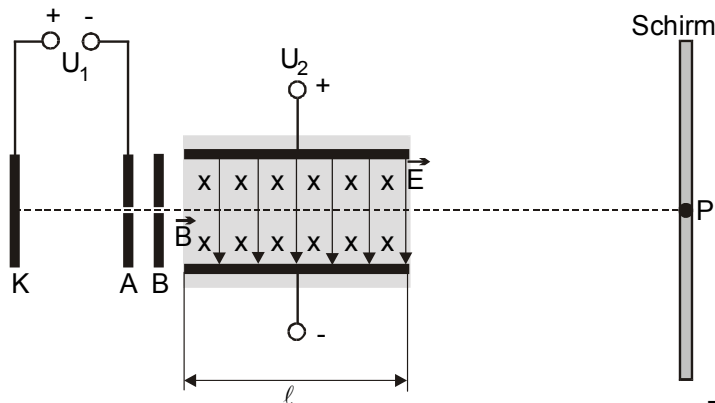


Bild 1

feiner Elektronenstrahl ausgeblendet, der jeweils senkrecht zu den Feldlinien des elektrischen und magnetischen Feldes in die Mittelebene des Ablenkkondensators eintritt. Das homogene Magnetfeld ist auf den dargestellten Bereich begrenzt. Für die Anordnung sind folgende Daten bekannt:

Plattenlänge	$\ell = 4,0 \text{ cm}$
Plattenabstand	$d = 2,0 \text{ cm}$
Magnetische Flussdichte	$B = 0,40 \text{ mT}$

- 2.1 Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Elektronen beim Passieren der Anode.  
(Ergebnis zur Kontrolle:  $v = 5,93 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- 2.2 Berechnen Sie die am Kondensator anzulegende Spannung  $U_2$ , so dass die Elektronen den Kondensator auf einer Geraden durchlaufen und auf dem Schirm im Punkt P sichtbar werden.  
(Ergebnis zur Kontrolle:  $U_2 = 47,4 \text{ V}$ )
- 2.3 Berechnen Sie die vertikale Ablenkung der Elektronen beim Austritt aus dem Kondensator, wenn das Magnetfeld bei weiter anliegender Spannung  $U_2$  ausgeschaltet wird.  
Zeigen Sie in diesem Zusammenhang, dass der Ablenkungsbetrag für diese Anordnung nicht von der Masse und der Ladung des Ladungsträgers abhängt.

### 3 Die Induktion im homogenen Magnetfeld

Auf einem Experimentierwagen ist wie im Bild 2 dargestellt eine quadratische Leiterschleife der Seitenlänge  $a = 4,0$  cm montiert. Die Masse des Wagens mit Leiterschleife beträgt  $m_W = 100$  g. Die Beschleunigung erfolgt über die Entspannung einer Schraubenfeder der Federkonstanten

$D = 40 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ , die zuvor um die Länge  $\Delta \ell = 2,5$  cm

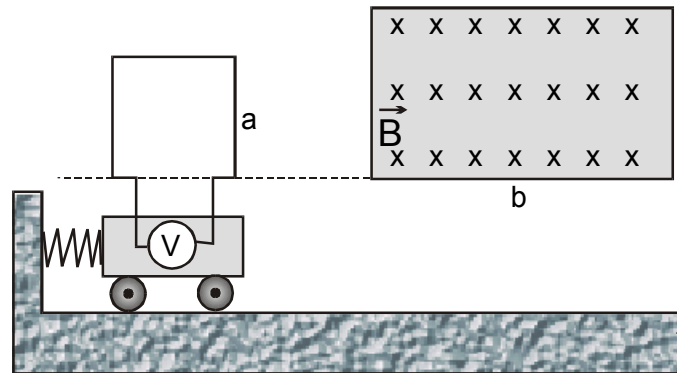


Bild 2

zusammengedrückt wird. Der Wagen bewegt sich anschließend horizontal und reibungsfrei durch ein Magnetfeld der Flussdichte  $B = 2,5$  T. Das Magnetfeld ist auf einen rechteckigen Querschnitt mit der Seitenlänge  $b = 8,0$  cm in Bewegungsrichtung begrenzt.

- 3.1 Zeigen Sie, dass der Wagen mit einer Geschwindigkeit von  $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  in das Magnetfeld eintaucht.

Stellen Sie den zeitlichen Verlauf der am Voltmeter gemessenen Induktionsspannung vom Eintritt der Leiterschleife in das Magnetfeld bis zum vollständigen Austritt aus dem Magnetfeld grafisch dar. Berechnen Sie die dazu notwendigen Größen.

- 3.2 In einem zweiten Versuch soll das Voltmeter durch einen Ohm'schen Widerstand mit geringem Widerstandswert ersetzt werden.

Welche Änderungen im zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung ergeben sich? Begründen Sie Ihre Aussagen.

### 4 Das Gravitationsfeld

Seit dem Altertum sind die fünf Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn als sogenannte Wandelsterne bekannt. Im Jahr 1781 entdeckte Friedrich Wilhelm Herschel den Planeten Uranus, dessen Durchmesser 51200 km beträgt. Ein großer Mond von Uranus ist Titania, der ihn in 8,71 Tagen auf einer kreisähnlichen Bahn mit dem Radius von  $4,36 \cdot 10^5$  km umläuft.

Berechnen Sie aus diesen Daten die Masse des Uranus. Leiten Sie die zu nutzende Gleichung her.

(Ergebnis zur Kontrolle:  $8,66 \cdot 10^{25}$  kg)

Berechnen Sie die Größe der Fallbeschleunigung auf der Oberfläche des Planeten.

### Thema 3: Stoßprozesse in der Makro- und Mikrophysik

#### 1 Draisinensprung

Zwei gleiche leichte Eisenbahnwagen (Draisinen) fahren mit gleicher Geschwindigkeit  $v_1$  in konstantem Abstand hintereinander. Eine Person springt vom vorderen Wagen mit einer Absprunggeschwindigkeit  $v_2$  ab und landet auf dem hinteren Wagen (vgl. Bild 1).

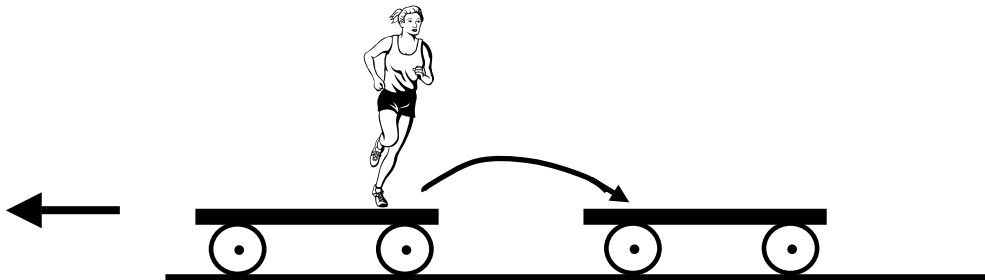


Bild 1

Daten	Masse der Wagen:	$m_1 = m_2 = 250 \text{ kg}$
	Masse der Person:	$m_P = 75 \text{ kg}$
	Geschwindigkeit der Wagen:	$v_1 = 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
	Geschwindigkeit der Person:	$v_2 = -3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Berechnen Sie die Geschwindigkeiten, die beide Wagen nach dem Sprung haben und geben Sie deren Richtungen an.

Mit welcher Geschwindigkeit müsste die Person abspringen, damit sie nach der Landung auf dem hinteren Wagen diesen zum Stehen bringt?

#### 2 Rutschbahnxperimente

Eine Rutschbahn auf Rädern kann auf einem waagerechten Tisch hin und her rollen. Ein Bremskeil kann ihre Bewegung nach links verhindern. Wenn die Rutschbahn stillsteht, wird im Punkt A ein Gleiter aus der Ruhe losgelassen (Bild 2). Er gleitet bis zum Punkt B, wo er auf die Wand aufprallt und stecken bleibt. Die Abmessungen des Gleiters sind klein im Vergleich zur Höhe  $h$ . Die Rotationsenergie der Räder und die Reibung des Gleiters auf der Rutschbahn können vernachlässigt werden.

Daten:	
Masse Rutschbahn:	$m_R = 300 \text{ g}$
Masse Gleiter:	$m_G = 100 \text{ g}$
Höhenunterschied:	$h = 20 \text{ cm}$

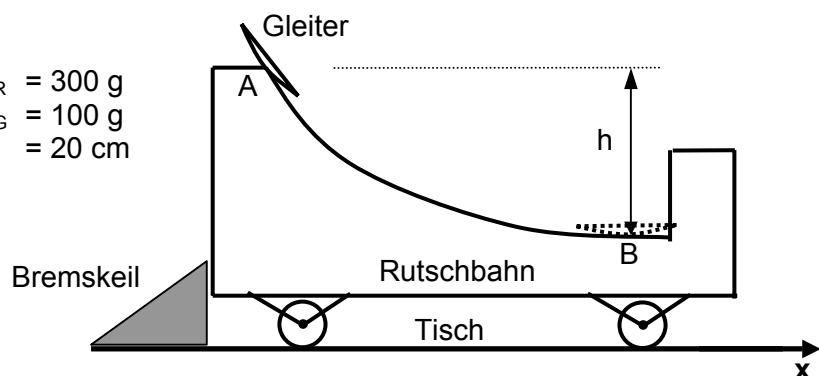


Bild 2

## 2.1 Versuch mit Bremskeil

Die Rutschbahn bleibt in Ruhe bis der Gleiter an die senkrechte Wand prallt.

Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Gleiters kurz vor seinem Aufprall sowie die Geschwindigkeit der Rutschbahn nach dem Aufprall des Gleiters.

Begründen Sie, dass der Bremskeil solange eine Kraft in x-Richtung auf die Rutschbahn ausübt, solange der Gleiter bergab rutscht.

## 2.2 Versuch ohne Bremskeil

Während der Gleiter bergab rutscht, beschleunigt die Rutschbahn nach links. Alle Geschwindigkeiten werden vom Tisch aus gemessen.

Begründen Sie, warum die Gleitergeschwindigkeit kurz vor dem Aufprall jetzt kleiner sein muss als im ersten Versuch.

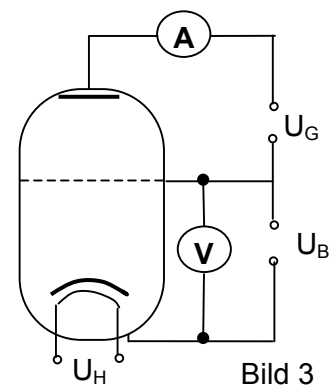
Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Rutschbahn kurz vor dem Aufprall des Gleiters auf die Wand.

Begründen Sie, warum die Rutschbahn bei diesem Versuch nach dem Aufprall wieder in Ruhe ist.

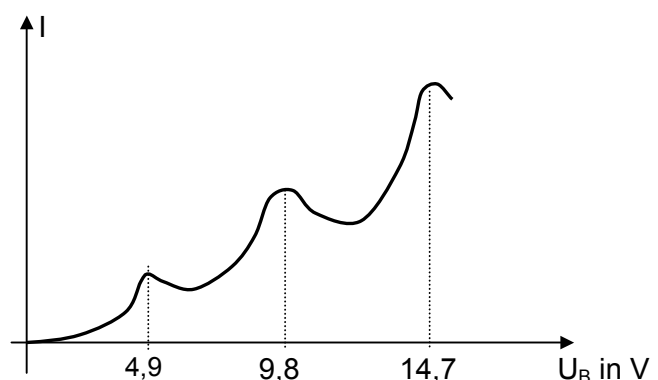
## 3 Franck-Hertz-Versuch

## 3.1 Bild 3 zeigt einen Schaltplan zur Durchführung des Frank-Hertz-Versuches.

Erläutern Sie anhand des Schaltplanes die Durchführung des Versuches. Gehen sie dabei auch auf den Zweck der angelegten Spannungen ein.



## 3.2 Erklären Sie das Zustandekommen des im Bild 4 dargestellten Stromverlaufs.

3.3 Wird dieser Versuch mit stark verdünntem Hg-Dampf durchgeführt, so werden Photonen der Wellenlänge  $\lambda = 254 \text{ nm}$  emittiert.

Erläutern Sie das Zustandekommen dieser Photonenemission und stellen Sie durch eine geeignete Rechnung einen Zusammenhang zwischen dieser Wellenlänge und dem obigen Diagrammverlauf her.

**Thema 1: Thermische und mechanische Prozesse**

<b>Aufgabe 1</b>	<b>BE</b> <b>14</b>
------------------	------------------------

$$1.1 \quad p_i = p_a + \frac{m \cdot g}{A} = 1021 \text{ hPa}$$

$$\text{Herleitung von } \rho = \frac{p_i}{R_{\text{He}} \cdot T_1}$$

$$\rho = 0,17 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$1.2 \quad T_2 = \frac{(V_1 + A \cdot h) \cdot T_1}{V_1} = 302,4 \text{ K} \quad \Delta T = 14,4 \text{ K}$$

$$Q_p = \frac{p_i \cdot V_1}{R_{\text{He}} \cdot T_1} \cdot c_p \cdot \Delta T = 515 \text{ J}$$

$$W_V = -p_i \cdot (V_2 - V_1) = -204 \text{ J}$$

- 1.3 Skizze des p-V-Diagramms  
Beschreibung der Ermittlung der Arbeit

<b>Aufgabe 2</b>	<b>10</b>
------------------	-----------

Skizze des p-V-Diagramms  
Erläuterungen der Zustandsänderungen und Aussagen zu Q, W<sub>V</sub> und U  
Diskussion

<b>Aufgabe 3</b>	<b>20</b>
------------------	-----------

$$3.1 \quad \text{Phase 1: } t_1 = \frac{\Delta v_1}{a_1} = 7,5 \text{ s} ; \quad s_1 = 0,5 a_1 \cdot t_1^2 + v_0 \cdot t_1 = 131 \text{ m}$$

$$\text{Phase 2: } s_2 = v_2 \cdot t_2 = 250 \text{ m}$$

$$\text{Phase 3: } t_3 = \frac{\Delta v_2}{a_3} = 5,0 \text{ s} ; \quad s_3 = 0,5 a_3 \cdot t_3^2 + v_2 \cdot t_3 = 62,5 \text{ m}$$

Diagramme

$$3.2 \quad v = 4 \cdot \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot s} = 54,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

<b>Aufgabe 4</b>	<b>6</b>
------------------	----------

Zeichnung

$$v = \sqrt{\frac{r \cdot g}{\tan \alpha}} = 11,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$



**Thema 2: Bewegungen in Feldern**

<b>Aufgabe 1</b>	<b>BE</b> <b>10</b>
------------------	------------------------

Aufbau, Durchführung und Auswertung der Schwebemethode nach Millikan anhand einer Schaltskizze

Herleitung von  $q = n \cdot e = \frac{m_{\text{Tropfen}} \cdot g \cdot d}{U}$

<b>Aufgabe 2</b>	<b>12</b>
------------------	-----------

2.1  $v = \sqrt{\frac{2 \cdot U_1 \cdot e}{m}} = 5,93 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2.2  $U_2 = B \cdot d \cdot v = 47,4 \text{ V}$

2.3  $\Delta y = \frac{U_2 \cdot \ell_1^2}{4 \cdot U_1 \cdot d}$  ist unabhängig von m und q  
 $\Delta y = 0,95 \text{ cm}$

<b>Aufgabe 3</b>	<b>20</b>
------------------	-----------

3.1  $v = \sqrt{\frac{D}{m_W}} \cdot \Delta \ell = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Eintauchen :

$$U_{\text{ind}} = -a \cdot B \cdot v = -50 \text{ mV}$$

$$t_1 = \frac{a}{v} = 0,08 \text{ s}$$

Austreten :

$$U_{\text{ind}} = -a \cdot B \cdot (-v) = 50 \text{ mV}$$

$$t_3 = t_1$$

$U_{\text{ind}} - t$  - Diagramm

im Magnetfeld :

$$U_{\text{ind}} = 0$$

$$t_2 = \frac{b-a}{v} = 0,08 \text{ s}$$

3.2 Nennen der Änderungen und Begründungen

<b>Aufgabe 4</b>	<b>8</b>
------------------	----------

$$M = \frac{4\pi^2}{\gamma} \cdot \frac{r^3}{T^2} \Rightarrow M_{\text{Uranus}} = 8,66 \cdot 10^{25} \text{ kg}$$

$$a = \gamma \cdot \frac{M_{\text{Uranus}}}{r_{\text{Uranus}}^2} = 8,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

**Thema 3: Stoßprozesse in der Makro- und Mikrophysik**

<b>Aufgabe 1</b>	<b>BE</b> <b>12</b>
------------------	------------------------

Geschwindigkeit der Wagen nach dem Sprung:

$$u_1 = \frac{(m_1 + m_p) \cdot v_1 - m_p \cdot v_2}{m_1} = 4,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ und}$$

$$u_2 = \frac{m_2 \cdot v_1 + m_p \cdot v_2}{m_1 + m_p} = 1,62 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Angeben der Richtungen

$$\text{Absprunggeschwindigkeit: } v_p = -\frac{m_2}{m_p} \cdot v_1 = -10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

<b>Aufgabe 2</b>	<b>22</b>
------------------	-----------

2.1  $v_G = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 1,98 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$u_R = \frac{m_G}{m_G + m} \cdot v_G = 0,50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Begründung

2.2 Begründung, z. B. mit Energieerhaltungssatz

Aus  $m_G \cdot v_G = m_R \cdot v_R$  und  $\frac{m_R}{2} \cdot v_R^2 + \frac{m_G}{2} \cdot v_G^2 = m_G \cdot g \cdot h$  folgt

$$v_R = \sqrt{\frac{m_G \cdot g \cdot h}{\frac{1}{2} \cdot m_R \cdot \left(1 + \frac{m_R}{m_G}\right)}} = 0,57 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Begründung mit Impulserhaltungssatz

<b>Aufgabe 3</b>	<b>16</b>
------------------	-----------

3.1 Erläuterung

3.2 Erklärung

3.3 Erläuterung

$$\text{Zusammenhang } \Delta E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$