

# ABITURPRÜFUNG 2009

## LEISTUNGSFACH

### PHYSIK

#### (HAUPTTERMIN)

Bearbeitungszeit: 270 Minuten

Hilfsmittel: Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung  
Taschenrechner (nicht programmierbar, nicht grafikfähig)  
(Schüler, die einen CAS-Taschencomputer im Unterricht benutzen, dürfen diesen verwenden.)  
Tafelwerk

Wählen Sie

von den Aufgaben A1 und A2 **eine** Aufgabe und  
von den Aufgaben B1 und B2 **eine** Aufgabe und  
von den Experimenten E1 und E2 **ein** Experiment  
zur Bearbeitung aus.

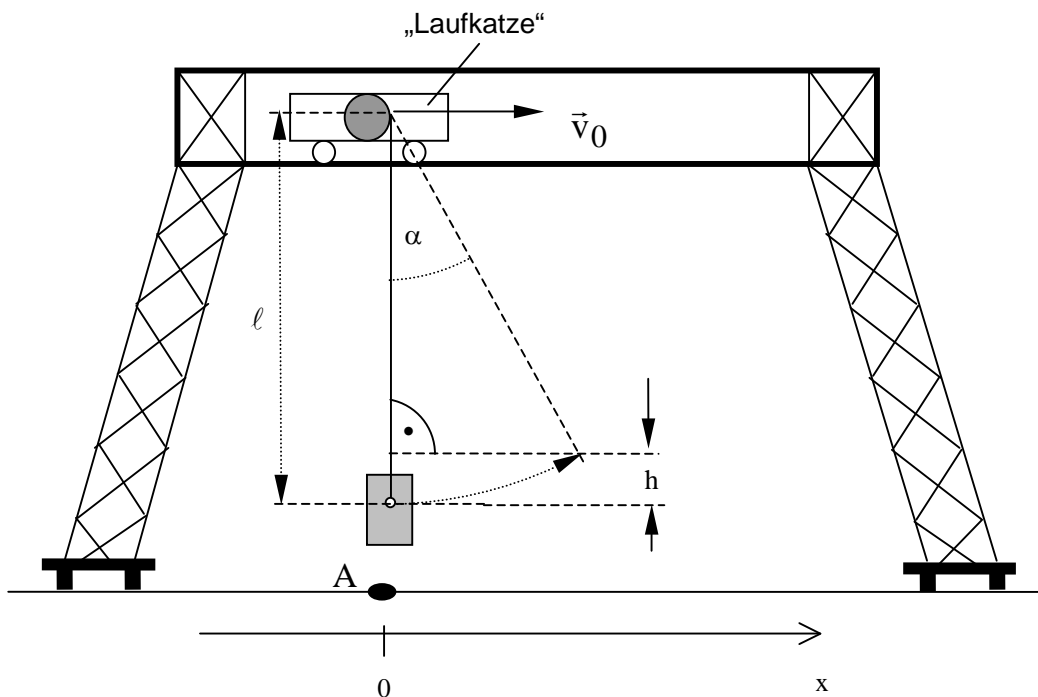
Rechts neben jeder Teilaufgabe steht die für diese Teilaufgabe maximal erreichbare Anzahl von Bewertungseinheiten (BE).

## ÖFFNUNG AM 29. APRIL 2009

## Aufgabe A1

- 1 Am Seil der „Laufkatze“ eines Krans hängt eine Last mit der Masse  $m = 10 \text{ t}$ . Der Schwerpunkt der Last befindet sich  $\ell = 6,3 \text{ m}$  unter dem Aufhängepunkt des Seils an der „Laufkatze“. Das Seil darf als undeformbar und masselos betrachtet werden. Die „Laufkatze“ bewegt sich zunächst mit der Geschwindigkeit  $v_0 = 60 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Beim ruckartigen Stoppen der „Laufkatze“ über dem Absetzpunkt A zum Zeitpunkt  $t_0 = 0 \text{ s}$  gerät das Seil in Schwingungen, die für einen hinreichend langen Zeitraum als ungedämpft angesehen werden dürfen.



Darstellung nicht maßstäblich.

- 1.1 Begründen Sie, dass die Geschwindigkeit der Last unmittelbar nach dem Stoppen der Laufkatze  $v_0 = 60 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  beträgt!
- 1.2 Zeigen Sie durch Berechnung des maximalen Auslenkwinkels, dass die Schwingung näherungsweise harmonisch ist!
- 1.3 Berechnen Sie den Maximalwert der rücktreibenden Kraft und geben Sie in allgemeiner Form die Zeitpunkte an, zu denen dieser Wert erreicht wird!

2 BE

3 BE

3 BE

- 1.4 Berechnen Sie den Maximalwert der Auslenkung und den Maximalwert der Beschleunigung!

4 BE

- 1.5 Skizzieren Sie die Graphen der Funktionen  $x = x(t)$ ,  $v = v(t)$  und  $a = a(t)$  für jeweils eine Periode in einem gemeinsamen Diagramm!

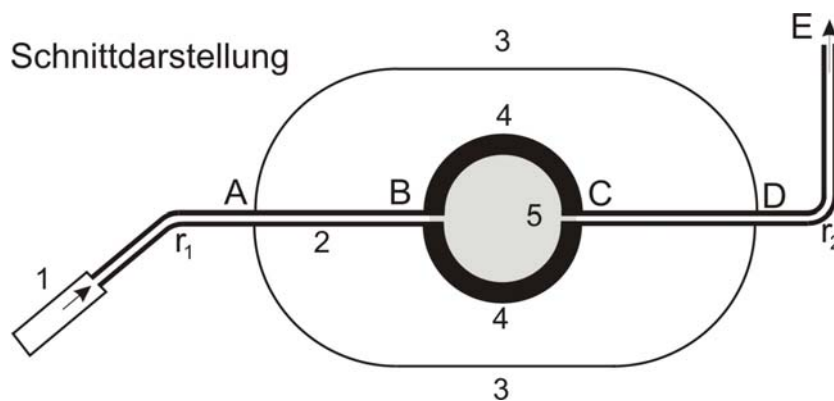
3 BE

- 1.6 Geben Sie in allgemeiner Form je eine Gleichung für die Funktionen  $E_{\text{pot}}(t)$  sowie  $E_{\text{kin}}(t)$  an!

Skizzieren Sie die zeitliche Abhängigkeit der potentiellen und der kinetischen Energie der schwingenden Last für eine Periode in einem gemeinsamen Diagramm!

4 BE

- 2 Die Schnittdarstellung zeigt einen Schwerionenbeschleuniger.



Legende:

- 1 Ionenquelle mit Vorbeschleuniger
- 2 Keramikrohr
- 3 Außenelektrode
- 4 Innenelektrode
- 5 Raum der Innenelektrode mit Gasfüllung
- $\overline{AB}$  Abstand Außenelektrode – Innenelektrode
- $\overline{CD}$  Abstand Innenelektrode – Außenelektrode
- E Endpunkt
- $r_1$  Krümmungsradius 1
- $r_2$  Krümmungsradius 2

Zwischen der Außenelektrode (3) und der Innenelektrode (4) wird die Hochspannung  $U_{34} = 5,30 \text{ MV}$  angelegt.

Hinweis: Relativistische Effekte sowie die Elektronenmasse können vernachlässigt werden.

2.1 In das evakuierte Keramikrohr werden einfach negativ geladene  $^{12}_6\text{C}$ -Ionen eingeschossen, die aus der Ruhe heraus durch eine Spannung  $U_1 = 40,0\text{kV}$  beschleunigt wurden. Die Ablenkung der Ionen in der ersten Krümmung wird durch ein geeignetes Magnetfeld  $\vec{B}_1$  erreicht, welches senkrecht zur Schnittebene wirkt. Der Krümmungsradius hat den Wert  $r_1 = 20,0\text{cm}$ .

2.1.1 Berechnen Sie den Betrag der magnetischen Flussdichte  $B_1$  und geben Sie die Richtung von  $\vec{B}_1$  an!

3 BE
------

2.1.2 Berechnen Sie die Geschwindigkeit der  $^{12}_6\text{C}$ -Ionen nach dem Durchlaufen der Strecke  $\overline{AB}$ !

3 BE
------

2.2 Wenn die Ionen die Innenelektrode durchlaufen, kommt es zu Wechselwirkungen mit den Gasmolekülen. Dabei geben die Ionen mehrere Elektronen ab, so dass sich ihre Ladung verändert.

Von Energieverlusten kann bei diesem Vorgang abgesehen werden.

Nach dem Durchlaufen der Strecke  $\overline{CD}$  wird ein Teil der  $^{12}_6\text{C}$ -Ionen durch ein Magnetfeld  $\vec{B}_2$ , welches senkrecht zur Schnittebene wirkt, so abgelenkt, dass sie über einen Kreisbogen mit  $r_2 = 100\text{cm}$  den Punkt E erreichen.

2.2.1 Beschreiben Sie die Bewegung der Ionen nach dem Verlassen der Innenelektrode bis zum Endpunkt E, geben Sie die Richtung von  $\vec{B}_2$  an und begründen Sie Ihre Antwort!

5 BE
------

2.2.2 Berechnen Sie die Ladung der  $^{12}_6\text{C}$ -Ionen, die bei einer magnetischen Flussdichte  $B_2 = 642\text{mT}$  den Punkt E erreichen! (Kontrollergebnis:  $q = 4 \cdot e$ )

2 BE
------

2.2.3 Berechnen Sie die Geschwindigkeit der  $^{12}_6\text{C}$ -Ionen beim Verlassen des Beschleunigers im Punkt E!

3 BE
------

## Aufgabe A 2

1 Radiopharmaka sind radioaktive Substanzen, die in der Medizin zur Diagnostik, aber auch zu therapeutischen Zwecken eingesetzt werden. Ein bedeutendes Radionuklid ist dabei Technetium-99. Zur Erzeugung dieses Isotops benötigt man Molybdän-99, das auf zwei verschiedenen Wegen bereit gestellt werden kann.

(1) Bestrahlung von Molybdän-98 mit thermischen Neutronen

Dabei wird die Bindungsenergie des sich anlagernden Neutrons durch einen  $\gamma$  - Quant abgeführt.

(2) Abtrennung von Molybdän-99 als eines der Spaltprodukte der Kernspaltung von Uran-235

Bei dieser Kernspaltung werden zwei thermische Neutronen freigesetzt.

Teilchen		Nuklidmasse in u
Elektron		0,000549
Neutron		1,008665
Molybdän	Mo-98	97,882960
	Mo-99	98,884642
Technetium	Tc-99	98,882960
Technetium im angeregten Zustand	Tc-99 <sup>m</sup>	98,882960
Uran	U-235	234,993531

1.1 Geben Sie für die oben beschriebenen Vorgänge (1) und (2) die Reaktionsgleichungen an und untersuchen Sie, ob der Vorgang (1) exotherm oder endotherm verläuft!

4 BE

1.2 Ein Teil der Molybdän-99-Kerne zerfällt spontan zu Technetium-99 im Grundzustand.

Geben Sie die Zerfallsgleichung an und berechnen Sie die maximale kinetische Energie der Zerfallsprodukte!

3 BE

1.3 Beim weitaus größeren Teil der Molybdän-99-Zerfälle erhält man zunächst ein Technetiumisotop im angeregten Zustand, das Technetium-99<sup>m</sup>.

1.3.1 Geben Sie eine Begründung dafür an, dass Technetium-99<sup>m</sup> für die medizinische Diagnostik besser geeignet ist als Technetium-99!

2 BE

- 1.3.2 Nach einer Stunde sind 10,9 % aller anfangs vorhandenen Technetium-99<sup>m</sup>-Kerne in den Grundzustand übergegangen. Berechnen Sie die Halbwertszeit  $T_{1/2}$  dieses Vorganges!  
[Kontrollergebnis:  $T_{1/2} = 6,0\text{h}$ ]

3 BE

- 1.4. Die Aktivität  $A$  beschreibt als physikalische Größe, wie viele radioaktive Zerfälle pro Sekunde auftreten. Es gilt
- $$A(t) = \left| \frac{dN(t)}{dt} \right|.$$

Die Einheit der Aktivität ist Becquerel:  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$

- 1.4.1 Zeigen Sie mit Hilfe des Zerfallsgesetzes, von welchen physikalischen Größen der Betrag der Aktivität zu einem bestimmten Zeitpunkt abhängig ist!

2 BE

- 1.4.2 Für eine Schilddrüsenuntersuchung wird einem erwachsenen Patienten Technetium-99<sup>m</sup> mit der Aktivität  $A = 80 \text{ MBq}$  gespritzt. Berechnen Sie die dafür erforderliche Masse des Technetium-99<sup>m</sup>-Isotops!

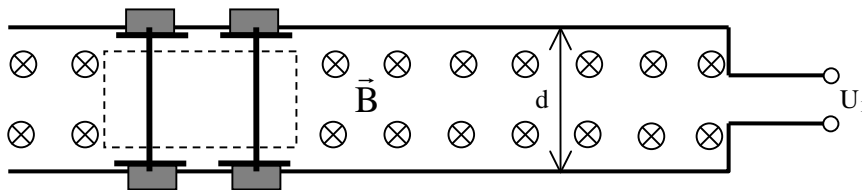
3 BE

- 1.4.3 Jod-131 hat eine deutlich größere Halbwertszeit als Technetium-99<sup>m</sup>. Für eine Schilddrüsentherapie mit Jod-131 soll die gleiche Anfangsaktivität erreicht werden wie beim Einsatz von Technetium-99<sup>m</sup>. Begründen Sie, dass die dafür erforderliche Masse des Jod-131-Isotops größer ist als die des Technitium-99m-Isotops!

2 BE

- 2 Der Wagen einer Spielzeugeisenbahn ist auf sehr langen, geraden und horizontalen Schienen beweglich. Die metallischen Achsen sind über die Räder mit den Schienen leitend verbunden.

Der Wagen hat die Masse  $m_W = 50\text{ g}$ , der Schienenabstand beträgt  $d = 0,10\text{ m}$ . Die Reibungskraft bei der Bewegung des Wagens ist  $F_R = 0,05\text{ N}$ . Die gesamte Anordnung hat den elektrischen Widerstand  $R = 0,50\Omega$ , der nahezu konstant bleibt. Ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte  $B = 30\text{ mT}$  durchsetzt die Anordnung senkrecht.



Zum Zeitpunkt  $t_0 = 0\text{ s}$  wird die Gleichspannung  $U_1 = 10\text{ V}$  an die Schienen gelegt, so dass der Wagen nach rechts bewegt wird.

- 2.1 Stellen Sie in einer beschrifteten Skizze die am Wagen zum Zeitpunkt  $t_0 = 0\text{ s}$  angreifenden horizontalen Kräfte, den Strom und die Polarität der anliegenden Spannung  $U_1$  dar!
- 2.2 Berechnen Sie die Beschleunigung  $a_0$ , mit der sich der Wagen unmittelbar nach dem Zeitpunkt  $t_0 = 0\text{ s}$  bewegt!
- 2.3 Die Beschleunigung des Wagens wird mit der Zeit kleiner.
- 2.3.1 Erklären Sie diesen Sachverhalt!
- 2.3.2 Skizzieren Sie die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Zeit und begründen Sie den Verlauf des Graphen!
- 2.3.3 Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit, die der Wagen bei ausreichend langen Schienen unter den oben beschriebenen Bedingungen theoretisch erreichen könnte!

4 BE

4 BE

2 BE

3 BE

3 BE

### Aufgabe B1

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es mehrere experimentelle Befunde, deren Deutung nicht mit den Mitteln der klassischen Physik möglich war.

- 1 Photoeffekt und COMPTON-Effekt sind zwei dieser Phänomene. Erläutern Sie, inwiefern sie experimentelle Beweise für die Quantentheorie des Lichtes sind!

5 BE

- 2 Elektromagnetische Strahlung der Wellenlänge  $\lambda = 10^{-10}$  m löst aus einer Kupferoberfläche sowohl COMPTON-Elektronen als auch Photoelektronen aus. Die Austrittsarbeit von Elektronen aus Kupfer beträgt  $W_{A\text{Cu}} = 4,84\text{eV}$ .

Beschreiben Sie, wie man die jeweils energiereichsten COMPTON-Elektronen und Photoelektronen voneinander unterscheiden kann! Belegen Sie Ihre Aussagen durch Rechnung!

Für den COMPTON-Effekt gilt:  $\Delta\lambda = \lambda_C \cdot (1 - \cos\varphi)$

5 BE

### Aufgabe B2

1860 leiteten James Clark MAXWELL und Ludwig BOLTZMANN eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für Teilchen des idealen Gases ab. Diese spielt heute als MAXWELLSche Geschwindigkeitsverteilung in der kinetisch - statistischen Thermodynamik eine wesentliche Rolle.

- 1 Skizzieren und interpretieren Sie die graphische Darstellung der MAXWELLSchen Geschwindigkeitsverteilung! Beschreiben Sie in diesem Zusammenhang den Einfluss von Temperatur und Teilchenmasse!

5 BE

- 2 Auf der Mondoberfläche kann sich bei voller Sonneneinstrahlung eine Temperatur  $\vartheta = 120^\circ\text{C}$  einstellen. Betrachtet man eine Wasserstoffwolke in der Nähe der Mondoberfläche, so stellt man fest, dass unter diesen Bedingungen immer einige Teilchen ausreichend schnell sind, um in den freien Weltraum entweichen zu können. Zeigen Sie, dass dies für Wasserstoffmoleküle mit der doppelten mittleren Geschwindigkeit möglich ist!

Hinweis:  $\bar{v} = 0,921 \cdot \sqrt{v^2}$

5 BE



## Experiment E1

Bestimmen Sie experimentell die Brennweite einer gegebenen Sammellinse! Leiten Sie die Abbildungsgleichung für dünne Linsen an Hand einer Bildkonstruktion her!

Folgende Geräte und Hilfsmittel stehen zur Verfügung:

- optische Linse mit unbekannter Brennweite
- Stativmaterial
- Lineal
- Schirm
- Halterungen (T-Füße)
- optische Leuchte mit Stromversorgungsgerät und Verbindungsleitern
- Dia mit Halterung

Das Protokoll soll enthalten:

Vorbetrachtungen und Beschreibung der Versuchsdurchführung  
 Messprotokoll  
 Auswertung  
 Fehlerbetrachtung

6 BE
3 BE
4 BE
2 BE

## Experiment E2

Bestimmen Sie experimentell die Fallbeschleunigung an Ihrem Schulort!

Folgende Geräte und Hilfsmittel stehen zur Verfügung:

- Schraubenfeder mit unbekannter Federkonstante
- Körper mit unbekannter Masse
- Lineal
- Stativmaterial
- Stoppuhr

Das Protokoll soll enthalten:

Vorbetrachtungen und Beschreibung der Versuchsdurchführung  
 Messprotokoll  
 Auswertung  
 Fehlerbetrachtung

6 BE
3 BE
4 BE
2 BE