

EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES GÉNÉRALES

Sessions 2023 – QUESTIONNAIRE ÉCRIT

Date :	19.09.23	Durée :	08:15 - 10:45	Numéro candidat :	
Discipline :	Physique	Section(s) :	GSN		

Punkteverteilung: **T: Theorie** **P: Praktikum** **A: Aufgaben**

1. Auffahrunfall (13 Punkte)

Wagen 1 der Masse 1,6 t fährt durch eine Ortschaft als plötzlich vor ihm ein Ball auf die Fahrbahn rollt und er abbremsen muss. Von hinten kommt Wagen 2 der Masse 800 kg zu schnell angefahren und es kommt zu einem Auffahrunfall. Wagen 2 stößt mit $54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ auf Wagen 1, der nach dem Bremsen nun mit $18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ unterwegs ist und schubst ihn von hinten an. Beim Kontakt verbeulen sich die Stoßstangen und Teile der Karosserie beider Wagen, wodurch es zu einem Verlust an kinetischer Energie kommt, der 20 % der kinetischen Energie von Wagen 2 vor dem Kontakt entspricht. Beide Wagen bewegen sich während dem ganzen Vorgang auf derselben Geraden.

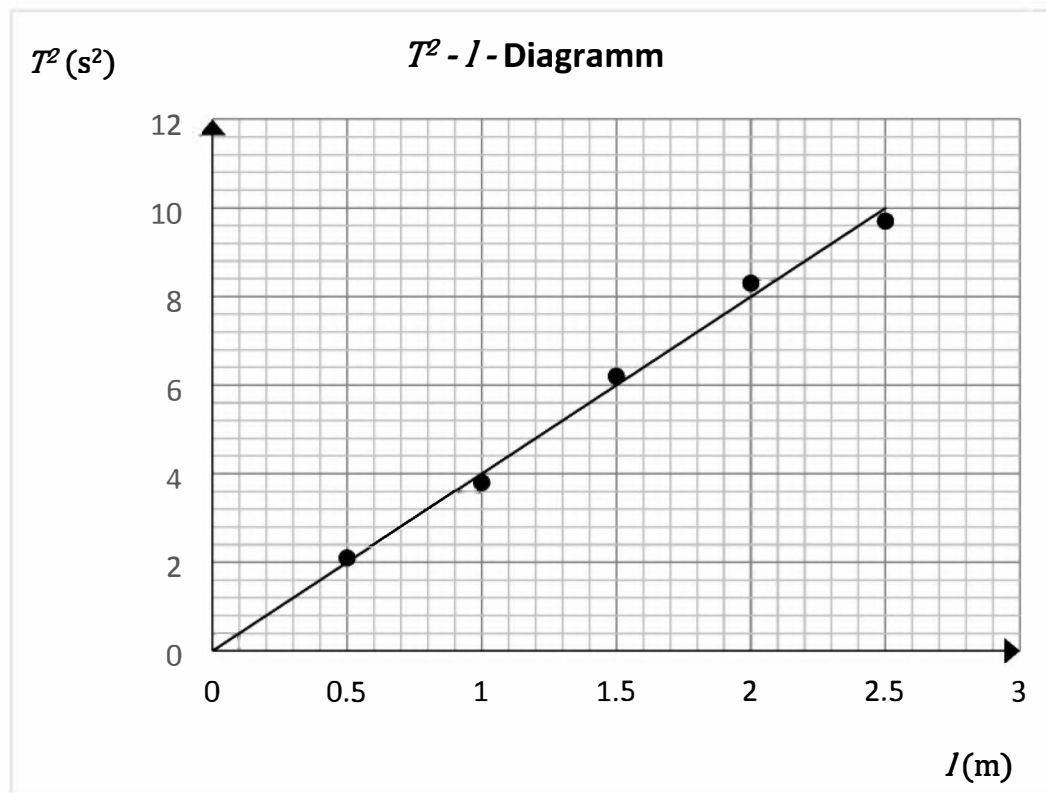
- 1.1. Um welche Art von Stoß handelt es sich bei diesem Unfall? Begründen Sie ihre Antwort. (T: 2 P)
- 1.2. Zeigen Sie, dass folgender Zusammenhang zwischen den Geschwindigkeiten beider Wagen nach dem Stoß gilt: (A: 3P)

$$v_1' = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0,5 \cdot v_2'$$

- 1.3. Gehen Sie vom allgemeinen Energieerhaltungssatz aus und bestimmen Sie die Geschwindigkeiten beider Wagen nach dem Kontakt. (Hinweis: zum Lösen der Gleichung zweiten Grades die entsprechende Funktion des Taschenrechners verwenden) (A: 8 P)

2. Praktikum Fadenpendel**(9 Punkte)**

- 2.1.** In einem ersten Versuch soll die Fallbeschleunigung g bestimmt werden. Die Schüler befestigen dazu einen langen Faden an der Decke, hängen eine Metallkugel daran und ermitteln die Periodendauer T des Fadenpendels für unterschiedliche Fadenlängen l . Bei der Auswertung ihrer Messwerte fertigen Sie folgendes Diagramm an:

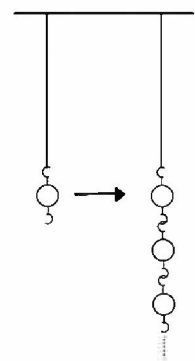


- 2.1.1** Bestimmen Sie den Wert der Fallbeschleunigung g im Klassenzimmer anhand des Diagrammes und geben Sie alle notwendigen Erklärungen an. (P: 4P)

- 2.1.2** Bestimmen Sie die relative Abweichung zum Tabellenwert der Fallbeschleunigung. (P: 2P)

- 2.2.** In einem zweiten Versuch sollen die Schüler sich einen geeigneten Aufbau ausdenken, um zu untersuchen, ob die Masse des angehängten Pendelkörpers einen Einfluss auf die Periodendauer des Fadenpendels hat. Eine Schülergruppe wählt dazu Metallkugeln mit Haken, die sie untereinander an den Faden hängen können (siehe Bild).

Sie erhalten folgende Messwerte und schlussfolgern, dass die Periodendauer des Fadenpendels mit zunehmender Pendelmasse zunimmt.



m (g)	60,0	120,0	180,0	240,0	300,0
T (s)	2,48	2,50	2,53	2,55	2,56

Entsprechen die Messwerte der Schülergruppe ihren Erwartungen? Begründen Sie ihre Antwort und bewerten Sie den Versuchsaufbau der Schülergruppe. (A: 3P)

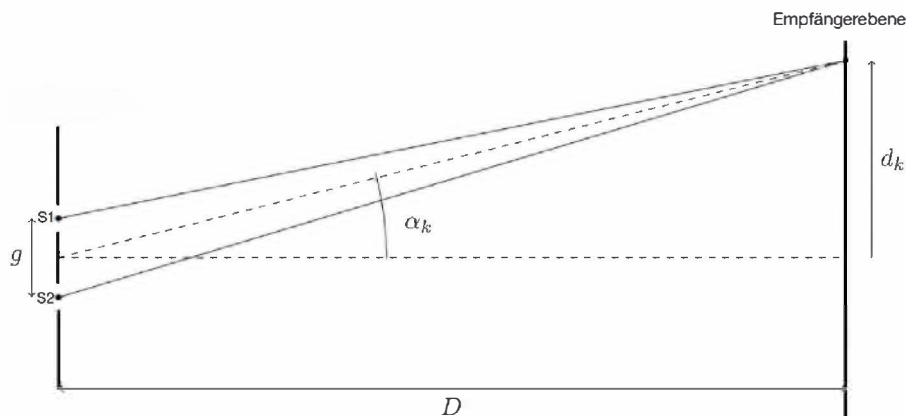
3. Beschleunigung am Federpendel**(10 Punkte)**

Ein Pendelkörper wird an eine Feder angehängt und zunächst in negative Richtung um 4 cm ausgelenkt. Dann wird der Pendelkörper losgelassen, so dass er frei schwingen kann. Nach 2 Sekunden hat der Pendelkörper seine Ausgangsposition das erste Mal wieder erreicht.

- 3.1.** Zeichnen Sie das Elongations-Zeit-Diagramm für die Schwingung dieses Federpendels über zwei Perioden. (A: 3P)
- 3.2.** Markieren Sie in Ihrem Elongations-Zeit-Diagramm mit A einen Zeitpunkt, für den die Beschleunigung des Pendelkörpers ihren höchsten positiven Wert erreicht und berechnen Sie diesen Wert. (A: 3P)
- 3.3.** Markieren Sie in ihrem Elongations-Zeit-Diagramm mit B einen Zeitpunkt, für den die Beschleunigung des Pendelkörpers ihren tiefsten negativen Wert erreicht. (A:1P)
- 3.4.** Tragen Sie die Beschleunigung a des Pendelkörpers in Abhängigkeit seiner Elongation y in einem Beschleunigung-Elongations-Diagramm auf. (A: 3P)

4. Interferenz von Mikrowellen**(12 Punkte)**

Zwei phasengleiche Mikrowellensender S_1 und S_2 mit einer Frequenz von 30 GHz, wie sie beim 5G Mobilfunknetz Einsatz finden, werden in einem geringen Abstand $g = 4$ cm zueinander aufgestellt (siehe Bild). In großer Entfernung $D = 400$ m zu den Sendern wird nun die Intensität der eintreffenden Mikrowellenstrahlung gemessen. Da die Entfernung D gegenüber dem Abstand g sehr viel größer ist, kann man das Interferenzverhalten der beiden Mikrowellen in der Empfängerebene dem Interferenzverhalten auf einem Schirm hinter einem Doppelspalt gleichsetzen.



- 4.1.** Leiten Sie folgenden Ausdruck zur Berechnung der Positionen der Intensitätsmaxima auf der Empfängerebene her und fügen Sie ihrer Antwort alle nötigen Erklärungen, Zeichnungen und Näherungen bei:

$$d_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{g} \text{ mit } k \in \mathbb{N} \quad (\text{T: 6P})$$

- 4.2.** Skizzieren Sie das erhaltene Beugungsbild. Bestimmen Sie die Positionen der 3 ersten Intensitätsmaxima und beschriften Sie damit ihr Beugungsbild. (A: 4P)

- 4.3.** Beim Umstieg vom 4G auf das 5G Mobilfunknetz wurde die Frequenz um einen Faktor 15 vergrößert. Die dabei an den Empfänger übertragene Leistung $P_{\text{Empfänger}}$ steht bei sonst gleichbleibenden Parametern in folgendem Zusammenhang mit der Wellenlänge : $P_{\text{Empfänger}} \sim \lambda^2$

Erläutern Sie ob sich die an den Empfänger übertragene Leistung $P_{\text{Empfänger}}$ durch den Wechsel von 4G auf 5G vergrößert oder verkleinert und bestimmen Sie um welchen Faktor. (A: 2P)

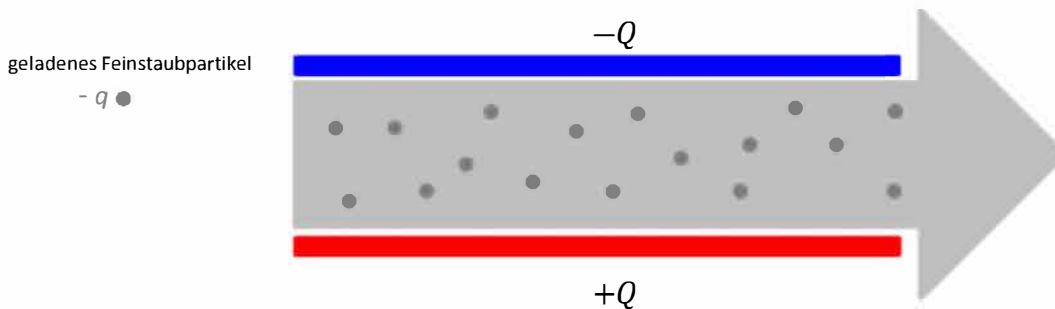
5. Photoeffekt**(5 Punkte)**

In einer Versuchsreihe wird eine Photozelle nacheinander mit LED-Licht unterschiedlicher Farben beleuchtet und die dabei entstehende Photospannung zwischen Anode und Kathode gemessen. Dazu wird von außen eine Gegenspannung angelegt und so lange erhöht bis der Photostrom zum Erliegen kommt. Diese Bremsspannung U_G entspricht dann auch dem Wert der Photospannung. Führt man den Versuch beispielsweise mit einer blauen LED der Wellenlänge 465 nm durch, dann misst man eine Photospannung von 1 V.

- 5.1.** Erläutern Sie wieso es zwischen Anode und Kathode zu einer Photospannung kommt. (T: 1P)
- 5.2.** Erläutern Sie, wie sich die Bremsspannung verändern wird, wenn anstatt der blauen nun eine grüne LED mit einer Wellenlänge von 560 nm zum Einsatz kommt, wobei der Photoeffekt immer noch eintritt. Begründen Sie ihre Aussagen. (T: 2P)
- 5.3.** Erläutern Sie, wie sich die Bremsspannung verhalten wird, wenn beide LEDs die Photozelle gleichzeitig beleuchten. (A: 2P)

6. Feinstaubfilter**(11 Punkte)**

Die Abgase einer Verbrennungsanlage werden durch einen Elektrofilter von einem Teil der mitgeführten Feinstaubpartikel befreit. Vereinfachend kann man diesen Filter als Plattenkondensator ansehen, durch den die Abgase gleichförmig hindurchströmen und wo die Feinstaubpartikel bereits vor ihrem Eintritt negativ geladen wurden (siehe Bild).



- 6.1.** Leiten Sie folgenden Zusammenhang zwischen der elektrischen Feldstärke E , der zwischen den Kondensatorplatten anliegenden Spannung U und dem Plattenabstand d her. (T: 4P)

$$E = \frac{U}{d}$$

- 6.2.** Bestimmen Sie die Masse an Feinstaub die jede Sekunde aus den Abgasen entfernt wird, wenn man eine Stromstärke von 1,2 mA zwischen den Kondensatorplatten misst und jedes Feinstaubpartikel ($m = 7,7 \cdot 10^{-15}$ kg) eine Ladung von $q = -3,7 \cdot 10^{-15}$ C trägt. (A: 2P)
- 6.3.** Bestimmen Sie die elektrostatische Kraft, die zwischen den Kondensatorplatten auf ein Feinstaubpartikel wirkt, wenn eine Spannung von 25 kV am Kondensator anliegt und zwischen den Platten ein Abstand von 25 cm besteht. (A: 2P)
- 6.4.** Um den Durchfluss der Abgase zu verbessern, möchte man den Abstand zwischen den Kondensatorplatten verdoppeln. Erläutern Sie, welche Auswirkung diese Veränderung auf die Masse an herausgefiltertem Feinstaub hat. Wie könnte man diese Masse dennoch konstant halten? Begründen Sie ihre Antwort. (A: 3P)

Physikalische Konstanten

Physikalische Konstante	Symbol	Wert	SI-Einheit
Avogadro-Konstante	N_A	$6,022 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
Elementarladung	e	$1,602 \cdot 10^{-19}$	C
Lichtgeschwindigkeit	c	$2,998 \cdot 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Planck-Konstante	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$	J · s
elektrische Feldkonstante	ϵ_0	$8,854 \cdot 10^{-12}$	$\text{C} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$
Ruhemasse des Elektrons	m_e	$9,109 \cdot 10^{-31}$	kg
Ruhemasse des Protons	m_p	$1,673 \cdot 10^{-27}$	kg
Ruhemasse des Neutrons	m_n	$1,675 \cdot 10^{-27}$	kg
Ruhemasse des α -Teilchens	m_α	$6,645 \cdot 10^{-27}$	kg

Umwandlung von Einheiten außerhalb des SI-Systems

atomare Masseneinheit	1 u	$1,6605 \cdot 10^{-27}$	kg
Elektronvolt	1 eV	$1,602 \cdot 10^{-19}$	J
Jahr	1 a	365,25	d (Tage)

Formelsammlung

Mechanik

$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$	$\sum \vec{p} = \sum \vec{p}'$	$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$
$\Delta E_{\text{mech}} = -\frac{1}{2} \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} (v_{1x} - v_{2x})^2$		
$v'_{1x} = \frac{m_1 \cdot v_{1x} + m_2 \cdot (2v_{2x} - v_{1x})}{m_1 + m_2}$	$v'_{2x} = \frac{m_2 \cdot v_{2x} + m_1 \cdot (2v_{1x} - v_{2x})}{m_1 + m_2}$	

Schwingungen

$T = \frac{t}{n}$	$f = \frac{1}{T}$	$\omega = 2\pi \cdot f$
$F_{r,y} = -D \cdot y(t)$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
$y(t) = y_{\text{max}} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$v_y(t) = \omega \cdot y_{\text{max}} \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$a_y(t) = -\omega^2 \cdot y_{\text{max}} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$
$E_{\text{pot}}(t) = \frac{1}{2} D \cdot y_{\text{max}}^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$E_{\text{kin}}(t) = \frac{1}{2} D \cdot y_{\text{max}}^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$E_{\text{ges}} = \frac{1}{2} D \cdot y_{\text{max}}^2$
$y(t) = 2y_{\text{max}} \cdot \cos\left[2\pi \cdot \left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right) \cdot t\right] \cdot \sin\left[2\pi \cdot \left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right) \cdot t\right]$	$f_s = f_1 - f_2 $	$f = \frac{f_1 + f_2}{2}$

Wellen

$v_{ph} = \lambda \cdot f$	$v_{ph} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$	$\mu = \frac{m}{l}$
$y(x, t) = y_{\text{max}} \cdot \sin\left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \varphi_0\right]$	$f_n = \frac{n+1}{2l} \cdot v_{ph}$	$f_n = \frac{2n+1}{4l} \cdot v_{ph}$
$\Delta s = n \cdot \lambda$	$\Delta \varphi = n \cdot 2\pi$	$\Delta s = (2n' + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$
$d_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{g}$	$d_k = \frac{k \cdot \lambda}{2 \cdot n}$	$d_k = \frac{(2k+1) \cdot \lambda}{4 \cdot n}$

Elektrotechnik

$\vec{F}_{\text{el},1 \text{ auf } 2} = -\vec{F}_{\text{el},2 \text{ auf } 1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \vec{u}_{1;2}$	$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{el}}}{q}$	$E = \frac{U}{d}$
$C = \frac{Q}{U}$	$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$	$E_{\text{pot,el}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$
$C_{\text{ges}} = \sum_{i=1}^n C_i$	$\frac{1}{C_{\text{ges}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$	$\tau = R \cdot C$
$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	$U_C(t) = U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$	$Q(t) = Q_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$
$I(t) = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	$U_C(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	$Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

Quantenmechanik

$E = h \cdot f$	$h \cdot f = W_A + E_{\text{kin}}$	$e \cdot U_G = h \cdot f - W_A$	$h = \frac{e(U_{G1} - U_{G2})}{f_1 - f_2}$
-----------------	------------------------------------	---------------------------------	--

Formelsammlung Trigonometrie

$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$	$\tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$	
$\cos^2 x = \frac{1}{1 + \tan^2 x}$	$\sin^2 x = \frac{\tan^2 x}{1 + \tan^2 x}$	$1 + \tan^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$
$\sin(-x) = -\sin(x)$	$\sin(\pi - x) = \sin(x)$	$\sin(\pi + x) = -\sin(x)$
$\cos(-x) = \cos(x)$	$\cos(\pi - x) = -\cos(x)$	$\cos(\pi + x) = -\cos(x)$
$\tan(-x) = -\tan(x)$	$\tan(\pi - x) = -\tan(x)$	$\tan(\pi + x) = \tan(x)$
$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos(x)$		$\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos(x)$
$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin(x)$		$\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin(x)$
$\tan\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cot(x)$		$\tan\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\cot(x)$
$\sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$		$\tan(x + y) = \frac{\tan x + \tan y}{1 - \tan x \tan y}$
$\sin(x - y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$		
$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$		$\tan(x - y) = \frac{\tan x - \tan y}{1 + \tan x \tan y}$
$\cos(x - y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$		
$\sin 2x = 2 \sin x \cos x$		$2 \cos^2 x = 1 + \cos 2x$
$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$		$2 \sin^2 x = 1 - \cos 2x$
$\sin 2x = \frac{2 \tan x}{1 + \tan^2 x}$	$\cos 2x = \frac{1 - \tan^2 x}{1 + \tan^2 x}$	$\tan 2x = \frac{2 \tan x}{1 - \tan^2 x}$
$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$		$\cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$
$\sin x + \sin y = 2 \sin\left(\frac{x+y}{2}\right) \cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$		$\tan x + \tan y = \frac{\sin(x+y)}{\cos x \cos y}$
$\sin x - \sin y = 2 \sin\left(\frac{x-y}{2}\right) \cos\left(\frac{x+y}{2}\right)$		$\tan x - \tan y = \frac{\sin(x-y)}{\cos x \cos y}$
$\cos x + \cos y = 2 \cos\left(\frac{x+y}{2}\right) \cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$		
$\cos x - \cos y = -2 \sin\left(\frac{x+y}{2}\right) \sin\left(\frac{x-y}{2}\right)$		
$\sin x \cos y = \frac{1}{2} [\sin(x+y) + \sin(x-y)]$		
$\cos x \cos y = \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)]$		
$\sin x \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x-y) - \cos(x+y)]$		