

EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES CLASSIQUES

Sessions 2023 – QUESTIONNAIRE ÉCRIT

Date :	08.06.23	Durée :	08:15 - 10:45	Numéro candidat :	
Discipline :	Physique	Section(s) :	GIG		

1. Strahlenoptik - Lichtbrechung

(T6 + A5 = 11 Punkte)

- 1.1. Geben Sie das Prinzip von Fermat an. Leiten Sie ausgehend von diesem Prinzip das Brechungsgesetz her. Der Herleitung ist eine ausführliche Skizze beizufügen. Geben Sie alle notwendigen Erklärungen an.
- 1.2. Ein sehr langer zylindrischer Glasstab ($n_{\text{Glas}} = 1,50$) wird an seiner Stirnfläche mit Licht bestrahlt. Beweisen Sie anhand einer Rechnung, dass, egal wie groß ihr Eintrittswinkel ist, alle im Zentrum der Stirnfläche eintretenden Strahlen auf der gegenüberliegenden Stirnseite wieder austreten. Fügen Sie den Erläuterungen eine erklärende Skizze hinzu.

2. Strahlenoptik - Linsen

(A7 = 7 Punkte)

Eine Sammellinse erzeugt von einem 4,0 cm großen Gegenstand ein 2,0 cm großes reelles Bild. Rückt man den Gegenstand um 12,5 cm näher an die Linse, dann entsteht ein 8,0 cm großes virtuelles Bild. Bestimmen Sie die Brennweite der verwendeten Linse.

3. Wellenoptik - Doppelspalt

(T2 + T6 + A4 = 12 Punkte)

- 3.1. Beschreiben Sie den Aufbau des Doppelspaltversuchs von Young und erklären Sie, wieso man ein Interferenzmuster im Bereich hinter dem Doppelspalt beobachten kann, wenn dieser mit kohärentem Licht beleuchtet wird!
- 3.2. Stellen Sie die Formel auf, welche erlaubt, die Beugungswinkel im Falle konstruktiver Interferenz beim Doppelspalt zu berechnen. Fügen Sie den Erläuterungen erklärende Skizzen hinzu.
- 3.3. Ein Doppelspalt mit Spaltabstand von $g = 0,30 \text{ mm}$ befindet sich $D = 1,20 \text{ m}$ von einem Schirm entfernt. In einer ersten Phase wird der Spalt mit rotem Licht der Wellenlänge 650 nm beleuchtet und die Position der Maxima auf dem Schirm notiert. Der rote Laser wird nun durch einen blauen Laser ersetzt. Das 2. Interferenzmaximum des blauen Lasers ist $0,16 \text{ cm}$ vom 2. Interferenzmaximum des roten Lasers entfernt. Berechnen Sie die Wellenlänge des blauen Lasers!
Der Abstand d_k der Interferenzmaxima zum zentralen Maximum lässt sich anhand folgender Formel berechnen: $d_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{g}$ wobei k der Ordnungszahl entspricht.

4. **Relativitätstheorie**

(T1 + T5 + A2 + A1 + A2 = 11 Punkte)

- 4.1. Beschreiben Sie den Aufbau und die Funktion einer Lichtuhr!
 4.2. Leiten Sie anhand des Gedankenexperiments der Lichtuhr den Ausdruck für die relativistische Zeitdilatation her. Fügen Sie den Erläuterungen eine erklärende Skizze hinzu.

Ein Zug fährt mit einer hypothetischen Geschwindigkeit von $0,6c$ durch einen Bahnhof. Ein auf dem Bahnsteig stehender Beobachter misst eine Durchfahrtszeit von $0,80 \mu\text{s}$.

- 4.3. Berechnen Sie die Dauer der Vorbeifahrt für einen sich im Zug befindlichen Beobachter.
 4.4. Berechnen Sie die Länge des Zuges für einen sich im Zug befindlichen Beobachter.
 4.5. Berechnen Sie die Länge des Zuges für den Beobachter auf dem Bahnsteig.

5. **Radioaktivität**

(A1 + P1 + P4 + P2 + P2 + P2 + P1 = 13 Punkte)

In der Medizin werden Radionuklide genutzt, um den Weg von Stoffen im menschlichen Körper zu verfolgen. Hierbei werden die zu untersuchenden Stoffe mit einem radioaktiven Indikator versetzt. Sauerstoff-15 eignet sich aufgrund seiner kurzen Halbwertszeit von $2,06 \text{ min}$ gut, um die Strahlenbelastung im Körper gering zu halten.

- 5.1. Sauerstoff-15 zerfällt nach kurzer Zeit in das stabile Isotop Stickstoff-15. Schreiben Sie die Zerfallsgleichung von Sauerstoff-15 an. Um welche Art von Zerfall handelt es sich?

Eine kleine Menge Sauerstoff-15 wurde in einem Labor vor das Zählrohr eines Geiger-Müller-Zählers gebracht und die Anzahl Z der Impulse zu regelmäßigen Zeitpunkten registriert. Die Messungen liegen in der Tabelle vor. Die Hintergrundstrahlung im Labor betrug $0,50 \text{ s}^{-1}$.

- 5.2. Erklären Sie, wieso die Anzahl Z der gemessenen Impulse nur einem Bruchteil der Anzahl der Zerfälle in der Sauerstoff-15 Probe entspricht!
 5.3. Kopieren Sie die Tabelle auf ihr Blatt und erweitern Sie sie mit den notwendigen Spalten, um $\ln z_q$ in Funktion der Zeit t grafisch darstellen zu können. z_q entspricht der um die Hintergrundstrahlung bereinigten Zählrate der Probe.
 5.4. Tragen Sie $\ln z_q$ in Funktion der Zeit t grafisch auf!
 5.5. Beweisen Sie anhand der Zerfallsgleichung, dass die Zerfallskonstante λ der Steigung der Geraden im $\ln z_q = f(t)$ Schaubild entspricht.
 5.6. Bestimmen Sie den Wert der Halbwertszeit von Sauerstoff-15 anhand der Steigung der Geraden.
 5.7. Berechnen Sie die relative Abweichung vom Literaturwert $T_{\frac{1}{2}} = 2,06 \text{ min}$.

$t_n \text{ (s)}$	Z
0	0
40	540
80	960
120	1320
160	1600
200	1810

6. **Quantenmechanik - Wasserstoffatom**

(T3 + A3 = 6 Punkte)

Eine Gasentladungslampe besteht aus einer gasgefüllten Glasröhre, in welcher es bei Anlegen einer Mindestspannung zur Aussendung von Licht kommt. Ist die Röhre mit Wasserstoff gefüllt, so erhält man folgendes Emissionsspektrum im sichtbaren Bereich.



- 6.1. Beschreiben Sie die Vorgänge, die in den Gasatomen ablaufen und dazu führen, dass ein Linienspektrum entsteht.
- 6.2. Das dargestellte Emissionsspektrum von Wasserstoff im sichtbaren Bereich entspricht den Übergängen der Balmer Serie (= Serie der Übergänge zum ersten angeregten Zustand: $n = 2$). Berechnen Sie die Wellenlänge der roten Spektrallinie.

Formelsammlung Trigonometrie*Formules trigonométriques*

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

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)

Periodensystem der Elemente

Tableau périodique des éléments

I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII
1,0 H 1																	4,0 He 2
6,9 Li 3	9,0 Be 4											10,8 B 5	12,0 C 6	14,0 N 7	16,0 O 8	19,0 F 9	20,2 Ne 10
23,0 Na 11	24,3 Mg 12	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA			IA	IIA	27,0 Al 13	28,1 Si 14	31,0 P 15	32,1 S 16	35,5 Cl 17	39,9 Ar 18
39,1 K 19	40,1 Ca 20	45,0 Sc 21	47,9 Ti 22	50,9 V 23	52,0 Cr 24	54,9 Mn 25	55,8 Fe 26	58,9 Co 27	58,7 Ni 28	63,5 Cu 29	65,4 Zn 30	69,7 Ga 31	72,6 Ge 32	74,9 As 33	79,0 Se 34	79,9 Br 35	83,8 Kr 36
85,5 Rb 37	87,6 Sr 38	88,9 Y 39	91,2 Zr 40	92,9 Nb 41	95,9 Mo 42	(98,6) Tc 43	101,1 Ru 44	102,9 Rh 45	106,4 Pd 46	107,9 Ag 47	112,4 Cd 48	114,8 In 49	118,7 Sn 50	121,8 Sb 51	127,6 Te 52	126,9 I 53	131,3 Xe 54
132,9 Cs 55	137,3 Ba 56	138,9 La 57	178,5 Hf 72	180,9 Ta 73	183,9 W 74	186,2 Re 75	190,2 Os 76	192,2 Ir 77	195,1 Pt 78	197,0 Au 79	200,6 Hg 80	204,4 Tl 81	207,2 Pb 82	209,0 Bi 83	(209) Po 84	(210) At 85	(222) Rn 86
(223) Fr 87	226,0 Ra 88	227,0 Ac 89	(261) Rf 104	(262) Ha 105	(263) Sg 106												

140,1 Ce 58	140,9 Pr 59	144,2 Nd 60	(145) Pm 61	150,4 Sm 62	152,0 Eu 63	157,3 Gd 64	158,9 Tb 65	162,5 Dy 66	164,9 Ho 67	167,3 Er 68	168,9 Tm 69	173,0 Yb 70	175,0 Lu 71
232,0 Th 90	231,0 Pa 91	238,0 U 92	237,0 Np 93	(244) Pu 94	(243) Am 95	(247) Cm 96	(247) Bk 97	(251) Cf 98	(254) Es 99	(257) Fm 100	(258) Md 101	(259) No 102	(260) Lr 103