Modulprüfung zur Vorlesung "Experimentelle Physik VI" - Modul Experimentalphysik D (SS 2015)
Erster Termin (23.07.2015)
Prof. G. Schmidt

Name:_____ Matrikelnummer:_____

Aufgabe	Erreichbare Punkte	Erreichte Punkte
1	10	
2	13	
3	6	
4	10	
5	6,5	
6	8,5	
Σ	**54**	
Note		

Hinweise:

Die Lösungen bitte ausschließlich auf die Aufgabenblätter!

Naturkonstanten sowie weitere Konstanten und ein Periodensystem der Elemente siehe Extrablatt!

Aufgabe 1: Bethe-Weizsäcker-Formel (10 Punkte)

Die Bethe-Weizsäcker-Formel lässt sich in folgender Form darstellen:

$$E_B = a_1 \cdot A^v - a_2 \cdot A^w - a_3(N-Z)^2 \cdot A^x - a_4 Z^2 \cdot A^y + \delta a_5 \cdot A^z$$

Dabei entsprechen die a_i Konstanten, A entspricht der Nukleonen-, Z der Protonen- und N der Neutronenanzahl.

a) Benennen Sie die einzelnen Terme. (2,5 Punkte)

b) Geben Sie die Potenzen für die Nukleonenzahl (v, w, x, y, z) an. (2,5 Punkte)

c) Erläutern Sie das Zustandekommen der jeweiligen Potenzen von A. (5 Punkte)

Konstanten:

$a_1 = 15{,}84$ MeV

$a_2 = 18{,}33$ MeV

$a_3 = 23{,}20$ MeV

$a_4 = 0{,}714$ MeV

$a_5 = 12$ MeV

Name: _____

Aufgabe 2: Stabilitätskriterien von Kernen (13 Punkte)

Anhand der Bethe-Weizsäcker-Massenformel lassen sich Stabilitätsaussagen zu isobaren Kernen machen. Diese lassen sich in den Stabilitätsparabeln in den Abbildungen unten anschaulich machen.

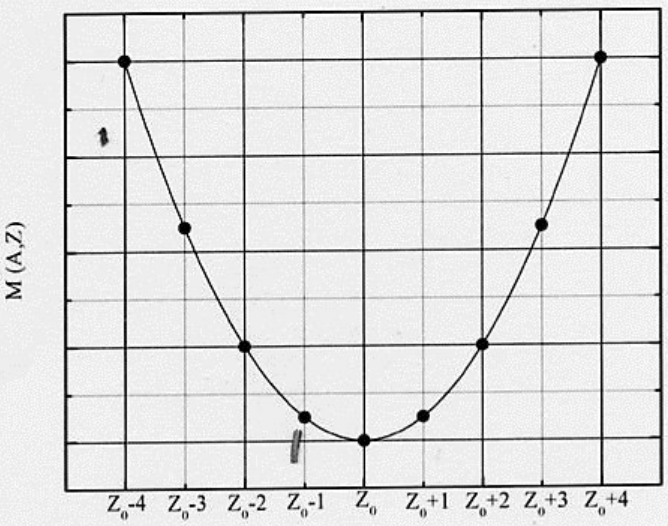
(a) Leiten Sie mithilfe der Bethe-Weizsäcker-Formel einen allgemeinen Ausdruck für die gezeigten Parabeln her. (2 Punkte)

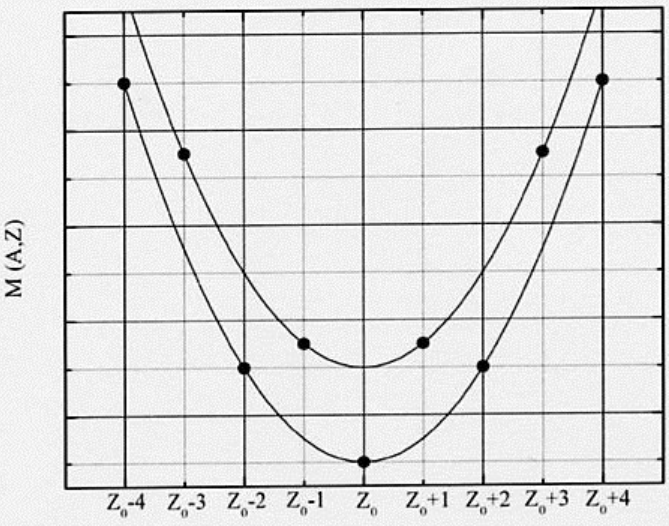
(b) Ordnen Sie die verschiedenen Stabilitätsparabeln den ug-, gu-, gg- und uu-Kernen zu und begründen Sie die Zuordnung. (2 Punkte)

(c) Welche Art des radioaktiven Zerfalls findet zwischen Isobaren statt? Zeichnen Sie alle Zerfälle ein, die zwischen den Kernen der Stabilitätsparabeln auftreten können. (3 Punkte)

(d) Erläutern Sie anhand der Abbildungen die Mattauchsche Isobarenregel. Was müsste gelten, damit für ungerade Massenszahlen A doch zwei stabile Isobare existieren können? (3 Punkte)

(e) Betrachten Sie folgende Elemente mit $M(^{74}_{35}Br) > M(^{74}_{33}As) > M(^{74}_{34}Se) > M(^{74}_{31}Ga) > M(^{74}_{32}Ge)$. Dabei befindet sich Germanium im Minimum der Stabilitätsparabel und ist stabil. Welche Zerfälle sind für die anderen Elemente möglich? Welche Elemente sind stabil und warum? (3 Punkte)





Name:_____

Aufgabe 3: Radionuklidgenerator (6 Punkte)

Im $^{99}Mo/^{99m}Tc$-Generator wird neben β^-- und γ-Zerfall auch innere Konversion beobachtet.

a) Erläutern Sie die Zerfallsreaktion der inneren Konversion. (2 Punkte)

b) Stellen Sie die Zerfallsreaktion der inneren Konversion für den angeregten Kern $^{99m}Tc^*$ auf. (2 Punkte)

c) In welchem Spektrum (β^-- oder γ) kann man wie erkennen, dass innere Konversion vorliegt. (2 Punkte)

Name:_____

Aufgabe 4: Kernfusion (10 Punkte)

Das Wasserstoffbrennen ist die hauptsächliche Energiequelle von Sternen während des Großteiles ihres Lebenszyklus. Dieses kann auf zwei unterschiedlichen Wegen stattfinden, wovon einer der Bethe-Weizsäcker-Zyklus (CNO-Zyklus) ist.

a) Geben Sie die einzelnen Reaktionsschritte des CNO-Zyklus an! (3Punkte)

b) Wie lautet die Bilanzgleichung der umgesetzten Kerne? Berechnen Sie wie viel Energie wird pro Zyklus frei wird! (3 Punkte)

c) Welcher Reaktionsschritt müsste die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmen, wenn man ein einfaches Modell für die Coulomb-Barriere annimmt? (2 Punkte)

d) Aus welcher Reaktion stammt der zuvor entstandene Kohlenstoff? (2 Punkte)

Name: _____

Aufgabe 5: Leuchtkraft von Sternen (6,5 Punkte)

Die effektive Temperatur T_{eff} eines Sterns kann aus dessen Leuchtkraft L ermittelt werden.

a) Was versteht man unter der effektiven Temperatur T_{eff} eines Sterns. (2 Punkte)

b) Die Leuchtkraft der Sonne beträgt $3{,}846 \cdot 10^{26}$ W/m^2. Berechnen Sie daraus die effektive Temperatur T_{eff} der Sonne. (2 Punkte)

c) Berechnen Sie die Solarkonstante aus der Leuchtkraft der Sonne. (2,5 Punkte)

astronomische Daten:

mittlerer Radius der Sonne:	$6{,}96342 \cdot 10^8$ m
mittlerer Radius der Erde:	$6{,}371 \cdot 10^6$ m
Astronomische Einheit:	$1{,}496 \cdot 10^{11}$ m

Name:_____

Aufgabe 6: Elementarteilchen und Hadronen (8,5 Punkte)

(a) Bennen Sie alle Leptonen und ordnen Sie jene mit bekannter Ruhemasse entsprechend ihrer Masse. (3,5 Punkte)

(b) An welchen Wechselwirkungen des Standardmodells nehmen Hadronen und Leptonen jeweils teil? (2 Punkte)

(c) Pionen ($\pi -$, $\pi +$) können direkt in der Atmosphäre durch hochenergetische Protonen erzeugt werden, z.B. über die folgenden Prozesse:

$p + n \rightarrow n + n + \pi^+$

$p + n \rightarrow p + p + \pi^-$

Aus welchen zwei Quarks müssen π^+/π^- zusammengesetzt sein, wenn p und n aus up(u)- und down(d)-Quarks bestehen. Die Ladung des up-Quarks beträgt $Q(u) = \frac{2}{3}e$ und die des down-Quarks $Q(d) = -\frac{1}{3}e$. (3 Punkte)

Name:_____

Konstanten:

$$c_0 = 2{,}9979 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

$$k_B = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$$

$$e = 1{,}6022 \cdot 10^{-19} C$$

$$\sigma = 5{,}6704 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$$

$$m_{Proton} = 1{,}007276 \cdot u$$

$$m_{Neutron} = 1{,}6749 \cdot 10^{-27}\ kg$$

$$m_{Elektron} = 5{,}4858 \cdot 10^{-4} \cdot u$$

$$m_{\mu} = 1{,}8835 \cdot 10^{-28} kg$$

$$m_{\alpha} = 4{,}00151 \cdot u$$

$$u = 1{,}6605 \cdot 10^{-27}\ kg$$

$$u \cdot c^2 = 931{,}49\ MeV$$

$$h = 6{,}6261 \cdot 10^{-34}\ Js$$

Periodic Table of the Elements

1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
11 Na 22.990	12 Mg 24.305											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.88	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.93	26 Fe 55.847	27 Co 58.933	28 Ni 58.69	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.906	46 Pd 106.42	47 Ag 107.868	48 Cd 112.411	49 In 114.82	50 Sn 118.72	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.906	54 Xe 131.29
55 Cs 132.905	56 Ba 137.327	71 Lu 174.967	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.207	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.383	82 Pb 207.2	83 Bi 209.980	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.025	103 Lr (262)	104 (261)	105 (262)	106 (263)	107 (262)	108 (265)	109 (268)	110 (269)	111 (272)	112 (277)						

57 La 138.906	58 Ce 140.115	59 Pr 140.908	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.965	64 Gd 157.25	65 Tb 158.925	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04
89 Ac 227.028	90 Th 232.038	91 Pa 231.036	92 U 238.029	93 Np 237.048	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (260)	102 No (259)