Name: _____

Abiturprüfung 2016

Physik, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Aufgabe: Der radioaktive Zerfall des Caesiums-137

In dieser Aufgabe geht es um das radioaktive Isotop Caesium-137, um sein Folgeprodukt Barium-137 sowie um Prozesse, die im Zusammenhang mit dem radioaktiven Zerfall des Caesiums-137 auftreten.

Teilaufgabe 1: Der Zerfall des $^{137}_{55}Cs$ in $^{137}_{56}Ba$

Abbildung 1 zeigt das Zerfallsschema für den natürlichen radioaktiven Zerfall des $^{137}_{55}Cs$ in $^{137}_{56}Ba$.

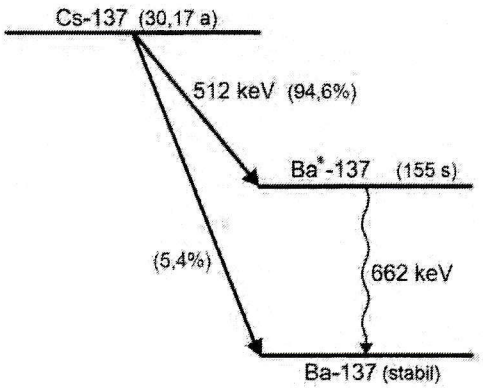

Abbildung 1: Zerfallsschema für den Zerfall des $^{137}_{55}Cs$ in $^{137}_{56}Ba$

a) • *Geben Sie die zugehörige Kernumwandlungsgleichung für den Zerfall des $^{137}_{55}Cs$ in $^{137}_{56}Ba$ an.*

• *Beschreiben Sie den bei dieser Umwandlung im Kern ablaufenden Prozess (einschließlich der zu diesem Prozess gehörenden Umwandlungsgleichung).*

b) *Bestimmen Sie die maximale Energie der dabei vom $^{137}_{55}Cs$ ausgesandten Teilchen.*

(11 Punkte)

Name: _____

Teilaufgabe 2: Die Halbwertszeit des angeregten $^{137}_{56}Ba^*$

Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass beim radioaktiven Zerfall des $^{137}_{55}Cs$ in 94,6 % der Fälle das angeregte Barium-Isotop $^{137}_{56}Ba^*$ entsteht, das anschließend mit der Halbwertszeit $T_{1/2\,Ba} = 155\ s$ in den Grundzustand $^{137}_{56}Ba$ übergeht.

Das zu einer experimentellen Ermittlung dieser Halbwertszeit nötige $^{137}_{56}Ba^*$ gewinnt man mit Hilfe eines sogenannten Isotopengenerators, der die langlebige Muttersubstanz $^{137}_{55}Cs$ enthält, aus der fortlaufend sowohl direkt das stabile $^{137}_{56}Ba$ als auch das zu untersuchende angeregte $^{137}_{56}Ba^*$ hervorgeht. Das so entstandene Barium wird mit Hilfe einer geeigneten Elutionsflüssigkeit aus dem Isotopengenerator herausgelöst (Abbildung 2). Die austretende Flüssigkeit, das Eluat, wird in einem Reagenzglas aufgefangen und die abgegebene Gamma-Strahlung von einem Geiger-Müller-Zählrohr registriert.

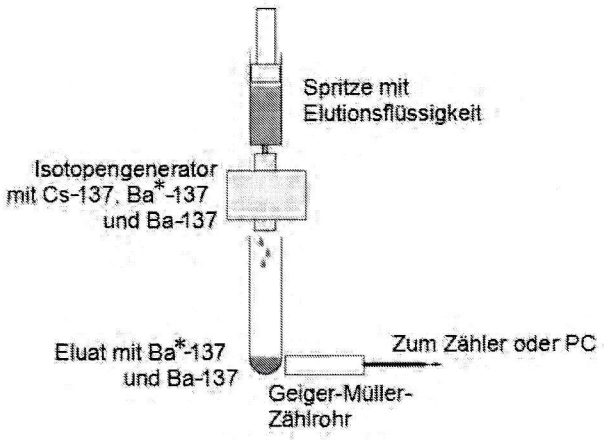

Abbildung 2: Der Isotopengenerator

Im Experiment wird die Zählrate Z (Zahl der Impulse pro 30-s-Intervall) alle 30 s notiert. In der Tabelle 1 sind die Messwerte dargestellt (die Messwerte sind bereits um den Nulleffekt bereinigt).

t in s	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510
Z in $\frac{1}{30\ s}$	319	271	233	206	193	155	150	123	117	99	74	62	59	48	46	43	39

Tabelle 1: Zählraten zur Bestimmung der Halbwertszeit des angeregten Bariums $^{137}_{56}Ba^*$

Name: _____

a) *Zeichnen Sie die Messwerte und eine Ausgleichskurve in das vorgefertigte Diagramm ein.*

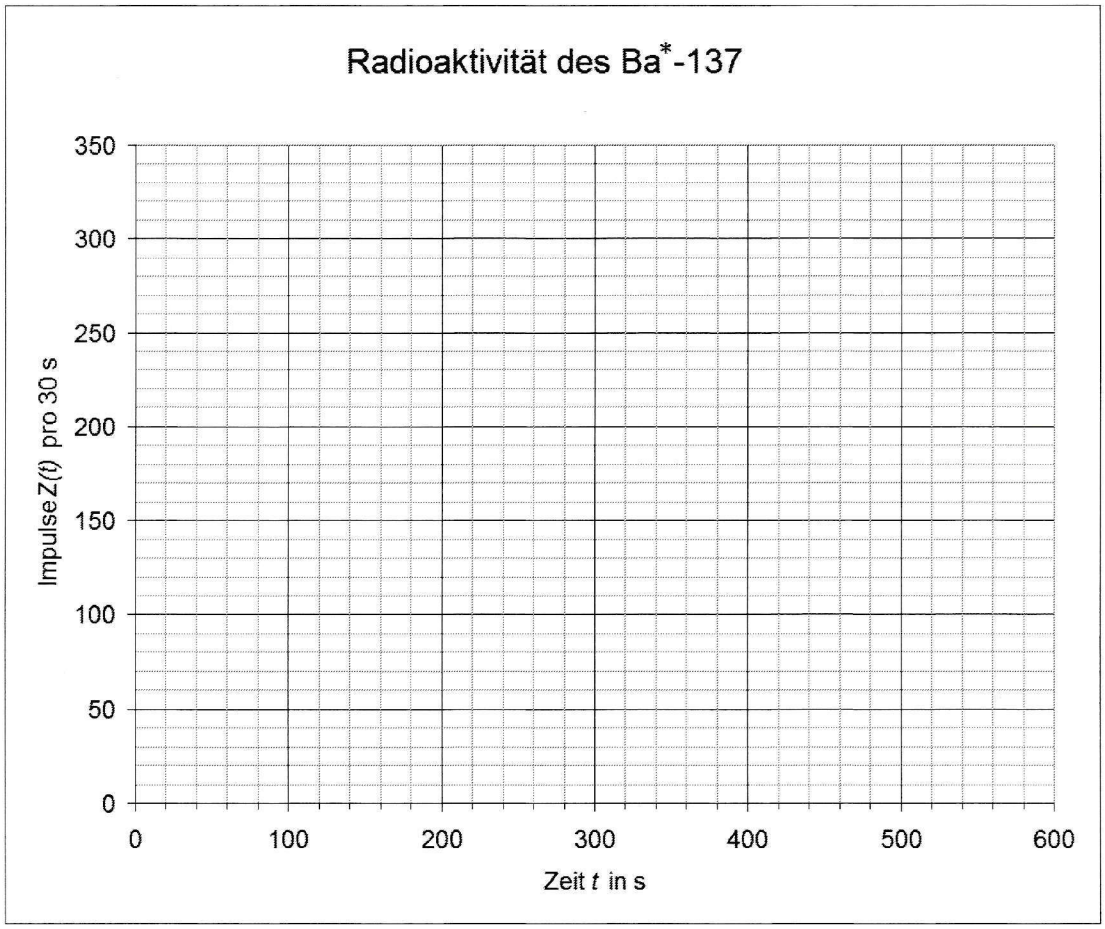

Abbildung 3: Zeitliche Abnahme der Aktivität des $^{137}_{56}Ba^{*}$

b) *Beschreiben Sie ein Verfahren, mit dem man prüfen kann, ob es sich bei der Ausgleichskurve um eine Exponentialkurve handelt.*

c) *Ermitteln Sie anhand der Ausgleichskurve die Halbwertszeit $T_{1/2}$ für die Zählraten als Mittelwert aus drei verschiedenen Ablesungen.*

(13 Punkte)

Name: _____

Teilaufgabe 3: Die Herstellung von $^{137}_{55}Cs$

Caesium-137 entsteht in Kernreaktoren zur Energiegewinnung. Eine bei diesem Prozess auftretende Kernreaktion lautet:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{137}_{55}Cs + ^{96}_{37}Rb + 3\,^{1}_{0}n + \Delta E \qquad (*)$$

Tabelle 2 gibt die Massen der an dieser Reaktion beteiligten Partner an:

Reaktionspartner		Ruhemasse m (in atomaren Einheiten u)
freies Neutron:	$^{1}_{0}n$	1,008665 u
Uran-235:	$^{235}_{92}U$	234,993461 u
Cäsium-137:	$^{137}_{55}Cs$	136,876918 u
Rubidium-96:	$^{96}_{37}Rb$	95,913976 u

Tabelle 2: Massen der Reaktionspartner beim Entstehungsprozess des Caesiums-137

Die atomare Masseneinheit beträgt $1\,u = 1{,}660539 \cdot 10^{-27} kg$.

a) • *Berechnen Sie für jede Seite der Kernreaktionsgleichung* $(*)$ *die Gesamtmasse der beteiligten Partner.*

• *Bestimmen Sie die Massendifferenz* Δm *in kg.*

[Zur Kontrolle: $\Delta m \approx 3 \cdot 10^{-28} kg$]

b) • *Berechnen Sie die in der Kernreaktionsgleichung angegebene Energie* ΔE *mit Hilfe der Gleichung* $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ *, wobei c die Lichtgeschwindigkeit darstellt.*

• *Geben Sie den Wert für* ΔE *in der Einheit J (Joule) und eV (Elektronenvolt) an.*

(14 Punkte)

Name: _____

Teilaufgabe 4: Das radioaktive Gleichgewicht des Cs-Ba*-Gemisches im Isotopengenerator

[Hinweis: Im Folgenden bezieht sich der Index „1“ auf die Muttersubstanz $^{137}_{55}Cs$ und der Index „2“ auf die Tochtersubstanz $^{137}_{56}Ba^{*}$; „A“ bezeichnet die Aktivität der jeweiligen Substanz, mit „N“ kann – bei Bedarf – die Anzahl der Atome selbst bezeichnet werden.]

Die Halbwertszeit des Caesiums-137 beträgt $T_{1/2Cs} = 30{,}17$ a ; im Isotopengenerator befinden sich $N_1(0) = 3{,}00 \cdot 10^{14}$ Caesium-Atome.

a) *Berechnen Sie die Aktivität* $A_1(0)$ *des* $^{137}_{55}Cs$.

[Zur Kontrolle: $A_1(0) = 2{,}18 \cdot 10^5$ Bq]

b) Abbildung 4 zeigt den zeitlichen Verlauf des Graphen der Aktivität $A_2(t)$ des Bariums:

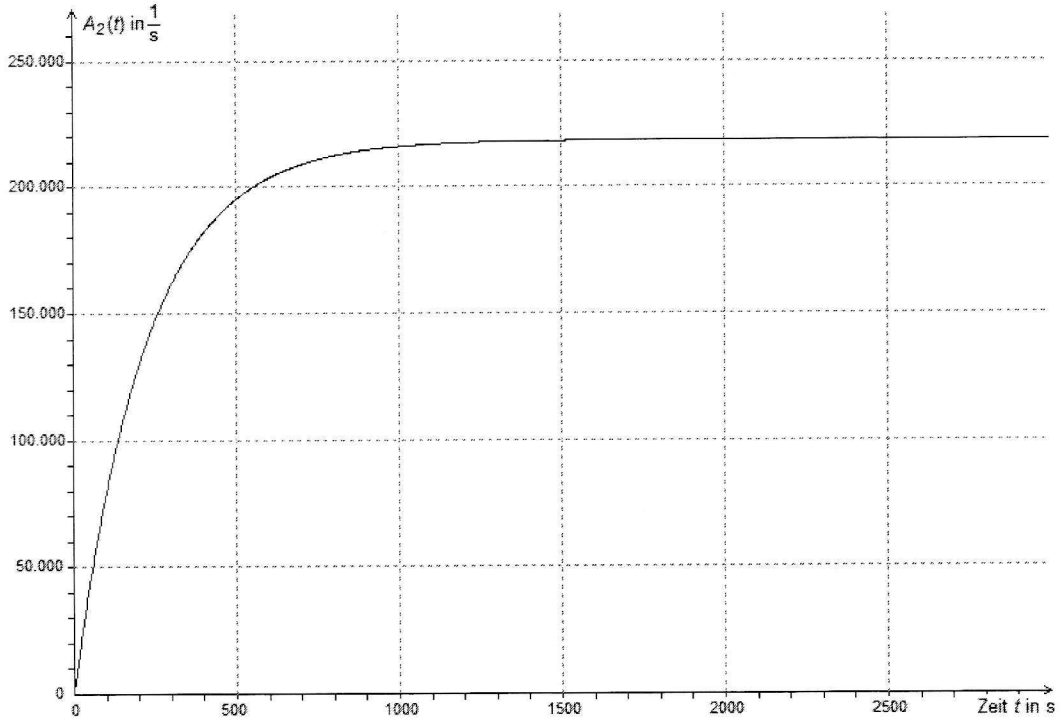

Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf der Aktivität $A_2(t)$ des Bariums

Name: _____

- *Ermitteln Sie anhand der Abbildung 4 die Aktivität A_2, die sich nach hinreichend langer Zeit einstellt.*
- *Vergleichen Sie diesen Wert mit dem Wert der Aktivität des Caesiums aus Teilaufgabe 4a).*

(12 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Physikalische Formelsammlung
- Taschenrechner (wissenschaftlicher Taschenrechner ohne oder mit Grafikfähigkeit/ CAS-Taschenrechner)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung