

- 1 Für die Beurteilung der Wasserqualität natürlicher Gewässer spielen Ammonium-Ionen (NH_4^+) eine wichtige Rolle, da diese in wässriger Lösung in einer Gleichgewichtsreaktion zu Ammoniak-Molekülen reagieren.
Ammoniak wirkt als Fischgift.
- 1.1 Formulieren Sie für dieses Gleichgewicht eine Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln mit bindenden und nichtbindenden Elektronenpaaren.
Geben Sie dazu das Massenwirkungsgesetz an und berechnen Sie mit Hilfe der Säurekonstanten K_s des Ammonium-Ions den Wert der Gleichgewichtskonstanten K_c . 4 VP
- 1.2 Die Abbildung 1 (siehe Blatt 2) zeigt die Abhängigkeit der Stoffmengenanteile an Ammoniak-Molekülen und Ammonium-Ionen dieses Gleichgewichts vom pH-Wert der Lösung bei verschiedenen Temperaturen.
- Nennen und erläutern Sie die Einflüsse von pH-Wert und Temperatur auf die Qualität des Wassers hinsichtlich der Belastung durch Ammoniak.
 - Zeigen Sie, wie mit Hilfe der Abbildung 1 der Wert der Säurekonstanten des Ammonium-Ions bei $\vartheta = 0^\circ\text{C}$ bestimmt werden kann. Ermitteln Sie diesen Wert. 7 VP
- 2 Ein wichtiges Ammonium-Salz ist das Ammoniumchlorid (NH_4Cl).
- 2.1 Berechnen Sie näherungsweise den pH-Wert einer Ammoniumchlorid-Lösung der Stoffmengenkonzentration $c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ bei Standardbedingungen. 2 VP
- 2.2 Mit einer Ammoniumchlorid-Lösung der Konzentration $c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ wird eine Silbernitrat-Lösung titriert. Dabei entsteht schwer lösliches Silberchlorid. Die elektrische Leitfähigkeit der Lösung wird in Abhängigkeit vom Volumen der zugegebenen Ammoniumchlorid-Lösung gemessen.
Es ergibt sich der in Abbildung 2 (siehe Blatt 2) gezeigte Verlauf.
- Fertigen Sie eine beschriftete Skizze des Versuchsaufbaus an.
 - Formulieren Sie für die bei der Titration ablaufende Reaktion eine Reaktionsgleichung.
 - Interpretieren Sie den Kurvenverlauf.
 - Berechnen Sie die Masse $m(\text{AgNO}_3)$ der in der titrierten Lösung enthaltenen Silbernitrat-Portion. 7 VP

Abbildung 1:

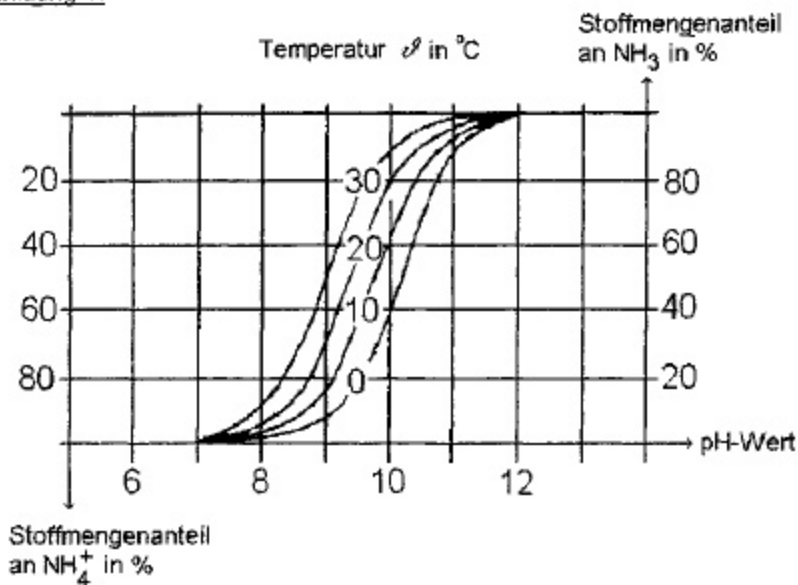
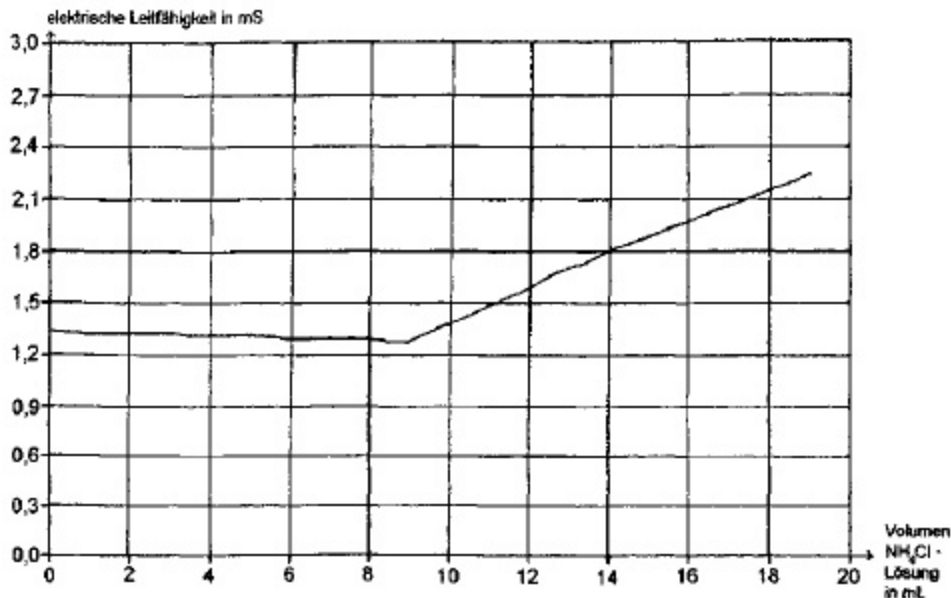


Abbildung 2:



Milch und Milchprodukte

Beantworten Sie die folgenden Fragen mit Hilfe der Informationen des Textes und der Tabelle auf Blatt 2.

- 1.1 Zeichnen Sie die Strukturformel eines Lactose-Moleküls in der Haworth-Projektion. 3 VP
- 1.2 Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung für die Vergärung von Lactose zu Milchsäure (die Verwendung von Summenformeln ist ausreichend).
Berechnen Sie die Masse der Milchsäureportion, die bei der vollständigen Vergärung von 100 Gramm Frischmilch entsteht.
Zeichnen Sie die Strukturformeln der beiden enantiomeren Milchsäuremoleküle in Fischer-Projektion und benennen Sie die Moleküle. 6 VP
- 1.3 In einem Experiment soll untersucht werden, wie weit die Milchsäuregärung in einer Milchprobe fortgeschritten ist.
Hierzu wird eine Probe Milch der Masse $m = 10$ g unter Verwendung von Natronlauge der Konzentration $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ titriert. Es werden 20 Milliliter der Natronlauge verbraucht.
Beschreiben Sie Ihr experimentelles Vorgehen unter Verwendung einer beschrifteten Skizze.
Nennen Sie einen geeigneten Indikator und begründen Sie Ihre Wahl.
Machen Sie eine Aussage über den Grad der Vergärung und belegen Sie dies durch entsprechende Berechnungen. 6 VP
- 2 Zeichnen Sie einen Formelausschnitt aus dem Caseinmolekül, der die genannte Aminosäuresequenz darstellt.
Durch die bei der Vergärung entstehende Milchsäure werden die Milcheiweiße denaturiert, die Milch „gerinnt“. Erläutern Sie die dabei ablaufenden Vorgänge. 5 VP

Milch und Milchprodukte gehören zu unseren wichtigsten Nahrungsmitteln. Die Zusammensetzung von frischer Kuhmilch ist in folgender Tabelle dargestellt:

Bestandteile der Milch	Massenanteile
Wasser	87,3 %
Kohlenhydrate (Lactose)	4,6 %
Fette	3,9 %
Proteine (Casein u.a.)	3,2 %
Mineralstoffe	0,7 %
Organische Säuren	Spuren
Vitamine	Spuren
Enzyme	Spuren

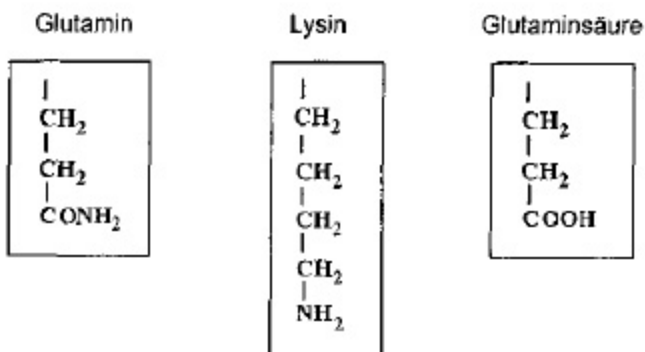
Das in der Milch enthaltene Kohlenhydrat Lactose (Milchzucker) ist ein aus D-Galactose und D-Glucose aufgebautes Disaccharid, in dem eine β -glycosidische Bindung zwischen dem Kohlenstoffatom Nr. 1 der Galactose und dem Kohlenstoffatom Nr. 4 der Glucose vorliegt. D-Galactose unterscheidet sich von D-Glucose lediglich durch die Position der Hydroxylgruppe am Kohlenstoffatom Nr. 4.

Beim Sauerwerden von Milch spalten Milchsäurebakterien die Lactose in ihre Monosaccharid-Bausteine auf und wandeln sie zu Milchsäure (2-Hydroxypropansäure) um. Diese Milchsäuregärung wird in der Lebensmitteltechnologie ausgenutzt, um verschiedene Milchprodukte herzustellen. Abhängig vom verwendeten Mikroorganismenstamm findet man hauptsächlich L-Milchsäure (z.B. in Quark, Sauermilch) oder ein Gemisch aus D-Milchsäure und L-Milchsäure (z.B. in Jogurt).

Milch enthält das Eiweiß Casein. An einer Stelle des Casein-Moleküls lautet die Aminosäuresequenz:

- **Glutamin – Lysin – Glutaminsäure** -

Neben der für alle Aminosäuren typischen Grundstruktur besitzen die genannten Aminosäuren folgende Reste:



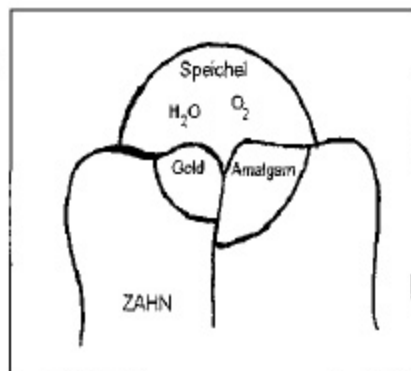
- 1 Ecoflex® ist ein Kunststoff, der für die Verpackung von Lebensmitteln eingesetzt wird. Er wird aus den Monomeren Adipinsäure (Hexandisäure), Terephthalsäure (Benzol-1,4-dicarbonsäure) und Butan-1,4-diol hergestellt.
- 1.1 Zeichnen Sie die Strukturformeln der Monomere und einen Ausschnitt aus der Strukturformel des Makromoleküls, an dessen Aufbau alle drei Monomere beteiligt sind. Benennen Sie den Reaktionstyp der Synthese, die diesen Kunststoff liefert. 5 VP
- 1.2 In einem Reaktionsansatz sollen 20 Mol Terephthalsäure und 10 Mol Adipinsäure mit der entsprechenden Stoffmenge an Butan-1,4-diol vollständig umgesetzt werden. Berechnen Sie die Masse der einzusetzenden Butan-1,4-diol-Portion sowie die Masse des gebildeten Kunststoffes. 4 VP
- 2 Ein anderer Kunststoff, der für die Verpackung von Lebensmitteln Verwendung findet, ist das Polystyrol. Erläutern Sie unter Verwendung von Strukturformeln den Mechanismus der Synthese von Polystyrol aus Styrol (Phenylethen). 3 VP
- 3 Wichtige Verfahren beim Recycling von Kunststoffen sind z.B. Umschmelzen, thermische Verwertung oder Abbau der Makromoleküle zu den Ausgangsstoffen (rohstoffliches Recycling). Beurteilen Sie, welche dieser Verfahren für das Recycling der beiden genannten Kunststoffe geeignet sind, und erläutern Sie Ihre Aussagen. 5 VP
- 4 In einer Versuchsreihe werden jeweils Terephthalsäure und Adipinsäure mit einem Gemisch aus Butan-1,4-diol und Propan-1,2,3-triol (Glycerin) zur Reaktion gebracht. Dabei wird von Ansatz zu Ansatz die Menge des Butan-1,4-diols verringert und gegen eine äquivalente Menge an Glycerin ersetzt. Erläutern Sie, wie die mechanischen und thermischen Eigenschaften der entstehenden Kunststoffe hierdurch beeinflusst werden. 3 VP

Quecksilber und seine Verbindungen

- 1 Das Metall Quecksilber und viele seiner Verbindungen sind einfach herzustellen. Trotz ihrer hohen Giftigkeit sind sie immer noch von großer technischer Bedeutung. Der Ausgangsstoff für die Herstellung von elementarem Quecksilber ist Zinnober (Quecksilbersulfid, HgS). Beim Erhitzen von Zinnober im Luftstrom auf ca. $500\text{ }^\circ\text{C}$ entstehen Quecksilberdampf und ein weiteres Gas. Geben Sie hierfür eine Reaktionsgleichung an, zeigen Sie, dass es sich um eine Redox-Reaktion handelt und benennen Sie das Reduktionsmittel. Nennen Sie eine Maßnahme zur Trennung des gebildeten Stoffgemischs und begründen Sie Ihre Angabe. Berechnen Sie die Masse der Stoffportion Zinnober, die zur Herstellung von $m = 1000\text{ g}$ Quecksilber benötigt wird.

6 VP

- 2 Seit 150 Jahren werden Legierungen von Quecksilber mit anderen Metallen („Amalgame“) in der Zahnheilkunde als sich rasch verfestigende Füllmasse verwendet. Gebräuchlich sind heute Amalgame, die neben Quecksilber noch Silber, Kupfer und Zinn enthalten. Wird in unmittelbarer Nähe der Amalgam-Füllung das Metall Gold verwendet, so dass ein elektrisch leitender Kontakt entsteht, findet an der Goldoberfläche die Reduktion des im Speichel enthaltenen Sauerstoffs statt. An der Amalgamoberfläche laufen Oxidations-Reaktionen ab.

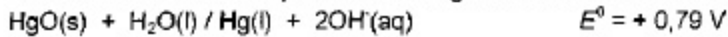


Formulieren Sie eine Teilgleichung für die Reduktion an der Goldoberfläche sowie die Teilgleichungen aller an der Amalgamoberfläche denkbaren Vorgänge. Begründen Sie, welches der Amalgam-Metalle zuerst reagiert, und formulieren Sie dazu eine Reaktionsgleichung für den Gesamtvorgang. Erklären Sie, weshalb die genannten Vorgänge nur bei elektrisch leitendem Kontakt zwischen der Gold- und der Amalgam-Füllung statt finden.

7 VP

- 3 Früher wurde in kleinen Batterien vorwiegend Quecksilber(II)-oxid eingesetzt. Heute setzt man vermehrt Silberoxid-Knopfzellen ein. Als Anodenmaterial dient in beiden Fällen Zinkpulver.

Für die Funktion der Knopfzellen sind folgende Redox-Paare verantwortlich:



- 3.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Reaktionen, die in den beiden beschriebenen Batterien bei geschlossenem Stromkreis ablaufen.

Berechnen Sie die Zellspannung einer der beiden Knopfzellen unter Standardbedingungen.

3 VP

- 3.2 Stellen Sie anhand einer beschrifteten Zeichnung dar, wie man das Standardelektrodenpotenzial des Redoxpaares Zn/Zn^{2+} experimentell bestimmen kann.

4 VP
20 VP

reduzierte Form	oxidierte Form		reduzierte Form	oxidierte Form	
Li	/ Li ⁺	+ e ⁻ -3,02	H ₂ SO ₃ + H ₂ O	/ SO ₄ ²⁻ + 4 H ⁺	+ 2e ⁻ +0,20
K	/ K ⁺	+ e ⁻ -2,92	Cu	/ Cu ²⁺	+ 2e ⁻ +0,35
Ba	/ Ba ²⁺	+ 2e ⁻ -2,90	4 OH ⁻	/ O ₂ + 2 H ₂ O	+ 4e ⁻ +0,40
Ca	/ Ca ²⁺	+ 2e ⁻ -2,76	2 I ⁻	/ I ₂	+ 2e ⁻ +0,54
Na	/ Na ⁺	+ e ⁻ -2,71	H ₂ O ₂	/ O ₂ + 2 H ⁺	+ 2e ⁻ +0,68
Mg	/ Mg ²⁺	+ 2e ⁻ -2,38	Fe ²⁺	/ Fe ³⁺	+ e ⁻ +0,77
Al	/ Al ³⁺	+ 3e ⁻ -1,67	Ag	/ Ag ⁺	+ e ⁻ +0,80
Mn	/ Mn ²⁺	+ 2e ⁻ -1,03	Hg	/ Hg ²⁺	+ 2e ⁻ +0,85
H ₂ + 2 OH ⁻	/ 2 H ₂ O	+ 2e ⁻ -0,84	2 Br ⁻	/ Br ₂	+ 2e ⁻ +1,06
Zn	/ Zn ²⁺	+ 2e ⁻ -0,76	Pt	/ Pt ²⁺	+ 2e ⁻ +1,2
Cr	/ Cr ³⁺	+ 3e ⁻ -0,74	Mn ²⁺ + 2 H ₂ O	/ MnO ₂ (s) + 4 H ⁺	+ 2e ⁻ +1,21
S ²⁻	/ S(s)	+ 2e ⁻ -0,51	2 Cr ³⁺ + 7 H ₂ O	/ Cr ₂ O ₇ ²⁻ + 14 H ⁺	+ 6e ⁻ +1,33
Fe	/ Fe ²⁺	+ 2e ⁻ -0,41	2 Cl ⁻	/ Cl ₂	+ 2e ⁻ +1,36
Pb + SO ₄ ²⁻	/ PbSO ₄ (s)	+ 2e ⁻ -0,36	Au	/ Au ³⁺	+ 3e ⁻ +1,42
Co	/ Co ²⁺	+ 2e ⁻ -0,28	Pb ²⁺ + 2 H ₂ O	/ PbO ₂ (s) + 4 H ⁺	+ 2e ⁻ +1,47
Ni	/ Ni ²⁺	+ 2e ⁻ -0,23	Mn ²⁺ + 4 H ₂ O	/ MnO ₄ ⁻ + 8 H ⁺	+ 5e ⁻ +1,51
Sn	/ Sn ²⁺	+ 2e ⁻ -0,14	PbSO ₄ (s) + 2 H ₂ O	/ PbO ₂ (s) + SO ₄ ²⁻ + 4 H ⁺	+ 2e ⁻ +1,68
Pb	/ Pb ²⁺	+ 2e ⁻ -0,13	MnO ₂ (s) + 2 H ₂ O	/ MnO ₄ ⁻ + 4 H ⁺	+ 3e ⁻ +1,68
1/2 H ₂	/ H ⁺	+ e ⁻ 0,00	2 H ₂ O	/ H ₂ O ₂ + 2 H ⁺	+ 2e ⁻ +1,77
Sn ²⁺	/ Sn ⁴⁺	+ 2e ⁻ +0,15	2 F ⁻	/ F ₂	+ 2e ⁻ +2,87

Säure	K _S	pK _S
OH ⁻	10 ⁻²⁴	24
NH ₃	10 ⁻²³	23
H ₂ O	1,8 · 10 ⁻¹⁶	15,74
HS ⁻	1,03 · 10 ⁻¹³	12,9
HPO ₄ ²⁻	4,8 · 10 ⁻¹³	12,32
H ₂ O ₂	2,4 · 10 ⁻¹²	11,62
CH ₃ NH ₃ ⁺	2,3 · 10 ⁻¹¹	10,64
HCO ₃ ⁻	4 · 10 ⁻¹¹	10,4
C ₆ H ₅ OH	10 ⁻¹⁰	10
Zn(H ₂ O) ₆ ²⁺	2,2 · 10 ⁻¹⁰	9,66
HCN	4 · 10 ⁻¹⁰	9,4
NH ₄ ⁺	5,8 · 10 ⁻¹⁰	9,24
H ₂ PO ₄ ⁻	6,2 · 10 ⁻⁸	7,21
HSO ₃ ⁻	6,4 · 10 ⁻⁸	7,2
H ₂ S	8,8 · 10 ⁻⁸	7,06
H ₂ CO ₃	3,5 · 10 ⁻⁷	6,46
Al(H ₂ O) ₆ ³⁺	1,3 · 10 ⁻⁵	4,9
C ₃ H ₅ COOH	1,33 · 10 ⁻⁵	4,88

Säure	K _S	pK _S
CH ₃ COOH	1,75 · 10 ⁻⁵	4,76
C ₆ H ₅ NH ₃ ⁺	2,65 · 10 ⁻⁵	4,58
C ₆ H ₅ COOH	6,1 · 10 ⁻⁵	4,22
HCOOH	1,7 · 10 ⁻⁴	3,77
HNO ₂	4,5 · 10 ⁻⁴	3,35
HF	7,25 · 10 ⁻⁴	3,14
Fe(H ₂ O) ₆ ³⁺	6 · 10 ⁻³	2,22
H ₃ PO ₄	1,1 · 10 ⁻²	1,96
H ₂ SO ₃	1,1 · 10 ⁻²	1,96
HSO ₄ ⁻	1,2 · 10 ⁻²	1,92
(COOH) ₂	3,5 · 10 ⁻²	1,46
HNO ₃	21	-1,32
H ₃ O ⁺	55	-1,74
H ₂ SO ₄	10 ³	-3
HCl	10 ⁶	-6
HBr	10 ⁶	-6
HI	10 ⁸	-8
HClO ₄	10 ⁹	-9

Periodensystem der Elemente

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

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