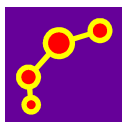




Departament de Química



Associació de  
Químics de les  
Illes Balears

XXXVI Olimpíada de  
Química a les Illes  
Balears  
9 de Març de 2023

La durada màxima de la prova és de dues hores i mitja. Heu de contestar cada apartat (a, b1, b2 i c) en quatre (o més) fulls diferents. Poseu clarament el vostre nom i el del centre d'on veniu a tots els quadernets.

**a. (30%) Exercici Teòric (Preguntes multi resposta)**

Aquesta part està constituïda per un qüestionari dividit en dues seccions, una obligatòria (15%) i una optativa (15%). Per tenir la màxima puntuació, heu de contestar les **sis preguntes obligatòries**, mentre que heu de respondre **només a sis preguntes optatives** d'entre les dotze que es plantegen. En cas de respondre a més de sis preguntes d'aquesta darrera secció, s'agafaran les sis primeres respostes i es descartaran la resta.

Cada pregunta integra quatre respostes, de les quals només pots triar-ne una. Per cada dues respostes errades es descompta una encertada. Una resposta en blanc, val zero punts.

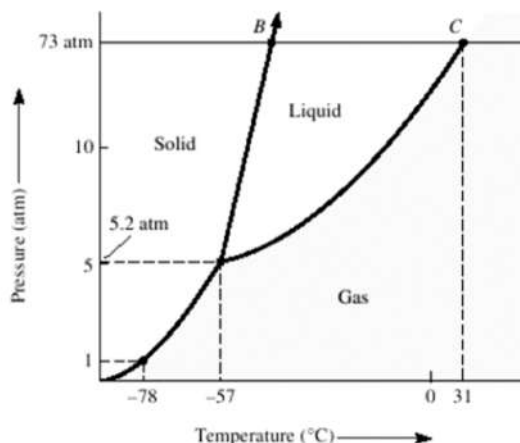
**Secció obligatòria**

- Una dissolució que conté 492,3 g de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  per litre de dissolució té una densitat de 1,34 g/mL, per tant la molaritat de la dissolució és:  
a. 2,446 M                                      b. 3,000 M                                      c. 6,001 M                                      d. 1,805 M
- El diòxid de manganès reacciona amb l'àcid clorhídric i produeix gas diclor segons la reacció:  
$$\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
  
Quin és el volum de diclor que s'obté en condicions normals quan es fan reaccionar 20 g de HCl amb diòxid de manganès?  
a. 20,01 L                                      b. 5,06 L                                      c. 3,07 L                                      d. 10,32 L
- Es fan reaccionar 0,5 mols de dibrom líquid amb la quantitat de metall necessària per obtenir 0,2 mols d'un bromur del metall. La fórmula del bromur obtingut ha d'esser:  
a.  $\text{M}_2\text{Br}_5$                                       b.  $\text{MBr}$                                       c.  $\text{MBr}_5$                                       d.  $\text{M}_5\text{Br}_2$
- Tenint en compte les següents reaccions i les seves entalpies estàndard, indica quina o quines d'elles seran espontànies només a baixa temperatura.

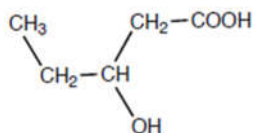
Reacció	$\Delta H^\circ(\text{kJ})$
I. $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NCl}_3(\text{l})$	230
II. $4\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$	-1648,4
III. $\text{I}_2(\text{s}) \rightarrow \text{I}_2(\text{g})$	62,24
IV. $2\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{N}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$	-225,5

- a. I i III                                      b. II i IV                                      c. IV                                      d. II

5. Tenint en compte el diagrama de fases del diòxid de carboni que es mostra a la següent figura, tria la frase correcta en relació a l'estat d'agregació d'aquest compost:



- El CO<sub>2</sub> líquid és estable només a pressions inferiors a 5,2 atm.
  - El CO<sub>2</sub> líquid és estable només a pressions superiors a 5,2 atm.
  - El CO<sub>2</sub> sòlid és estable només a pressions superiors a 5,2 atm.
  - El CO<sub>2</sub> gas és estable només a pressions inferiors a 5,2 atm.
6. ¿Quin és el nom correcte del compost descrit mitjançant la següent fórmula química?

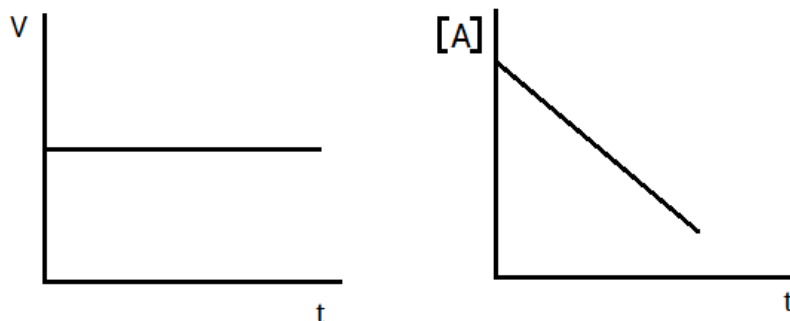


- Àcid 3-hidroxipentanoic
- Àcid pentanoic-3-ol
- Àcid 3-hidroxi-5-pentanoic
- Àcid 5-carboxi-3-pentanol

### Secció optativa

7. Dels següents conjunts de nombres quàntics ( $n, l, m, m_s$ ), tria aquell que pugui ser d'un electró de valència del vanadi ( $Z=23$ ).
- (3,1,0,-1/2)
  - (4,1,0,+1/2)
  - (3,2,1,-1/2)
  - (3,0,0,-1/1)
8. L'Itri és un element de nombre atòmic 39. Per tant, la configuració del seu estat electrònic fonamental és:
- $1s^2 2s^2p^6 3s^2p^6d^{10} 4s^2p^6d^3$
  - $1s^2 2s^2p^6 3s^2p^6d^{10} 4s^2p^6d^1 5s^2$
  - $1s^2 2s^2p^6 3s^2p^6d^{10} 4s^2p^6d^2 5s^1$
  - $1s^2 2s^2p^6 3s^2p^6d^{10} 4s^2p^6 5s^2p^1$
9. Quina de les següents sèries de substàncies està ordenada per temperatures de fusió decreixents (la primera és la de major punt de fusió i la darrera la de menor punt de fusió)?
- SiO<sub>2</sub>, NaCl, Na, Cl<sub>2</sub>
  - Cl<sub>2</sub>, Na, NaCl, SiO<sub>2</sub>
  - Na, NaCl, Cl<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>
  - NaCl, SiO<sub>2</sub>, Na, Cl<sub>2</sub>
10. El formaldehid o metanal és un compost orgànic de fórmula empírica CH<sub>2</sub>O. Tria la frase correcta relacionada amb la seva estructura molecular.
- Els quatre àtoms de la molècula estan en el mateix pla i tots els enllaços de la molècula són de tipus sigma.
  - El carboni, l'oxigen i un dels hidrògens estan en un mateix pla. L'altre hidrogen està a un altre pla perpendicular a l'anterior. La molècula té dos enllaços sigma i dos enllaços pi.
  - El carboni, l'oxigen i un dels hidrògens estan en un mateix pla. L'altre hidrogen està en un altre pla perpendicular a l'anterior. La molècula té tres enllaços sigma i un enllaç pi.
  - Els quatre àtoms de la molècula estan en el mateix pla. La molècula té tres enllaços sigma i un enllaç pi.

11. Tria la frase correcta en relació a la constant cinètica ( $k$ ) d'una reacció química i a la constant d'equilibri ( $K$ ) de la mateixa reacció, quan aquesta se sotmet a un augment de temperatura:
- Tant  $k$ , com  $K$  augmenten quan augmenta la temperatura.
  - Tant  $k$ , com  $K$  disminueixen quan augmenta la temperatura.
  - Només la  $k$  augmenta, la  $K$  pot augmentar o disminuir.
  - Només la  $K$  augmenta, la  $k$  pot augmentar o disminuir.
12. L'estudi cinètic d'una determinada reacció química proporciona les següents representacions.



En elles, la  $v$  és la velocitat de la reacció,  $t$  és el temps i  $[A]$  la concentració del reactiu A. D'acord amb les variacions observades a les representacions, l'equació de velocitat de la reacció ha d'esser ( $k$  és una constant que no depèn de  $[A]$ ):

- a.  $v = k [A]^{-1}$                       b.  $v = k [A]^0$                       c.  $v = k [A]^1$                       d.  $v = k [A]^2$

13. Es dissol 1 mol de les següents substàncies dins 1 L d'aigua:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{KCl}$  i  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Quina/es d'elles presenten un pH més baix?
- La dissolució de  $\text{NH}_3$
  - La dissolució de  $\text{NH}_4\text{Cl}$
  - La dissolució de  $\text{KCl}$
  - Les dissolucions salines de  $\text{KCl}$  i  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , les quals tenen el mateix pH
14. A l'escala de pH, el neutre és el  $\text{pH}=7$  perquè:
- La constant d'equilibri de la reacció d'autoprotòlisi de l'aigua és 14
  - La constant d'equilibri de la reacció d'autoprotòlisi de l'aigua és  $10^{14}$
  - La constant d'equilibri de la reacció d'autoprotòlisi de l'aigua és  $10^{-14}$
  - La concentració d'oxoni és 7.
15. El  $\text{pK}_a$  de l'àcid acètic és 4,8. Per tant, la constant de basicitat de l'ió acetat:
- És  $10^{-4,8}$
  - És  $10^{9,2}$
  - És  $10^{-9,2}$
  - No la puc calcular, necessito saber la concentració inicial de sal dissolta.
16. Tenint en compte l'escala estàndard dels potencials normals d'elèctrode i que el potencial normal de reducció de l'argent [ $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag})$ ] és 0,80 V, indica si es formarà sulfat de plata quan s'introdueix un tros d'argent metàl·lic dins una dissolució moderadament diluïda d'àcid sulfúric:
- Sí, ja que el procés d'oxidació de l'argent és sempre espontani.
  - Sí, perquè el potencial normal de la reacció d'oxidació és positiu.
  - No, perquè el potencial normal de la reacció d'oxidació és negatiu.
  - No ho puc saber, necessito el potencial d'oxidació de l'anió sulfat.
17. Es construeix una pila amb una barreta d'argent metàl·lica i una dissolució aquosa de nitrat d'argent, un pont salí, una barreta de coure metàl·lica i una dissolució aquosa de sulfat de coure. Sabent que  $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,80$  V i que  $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34$  V, tria la resposta correcta en relació a la pila construïda:
- El compartiment  $\text{Ag}/\text{Ag}^+(\text{aq})$  és l'ànode i el potencial normal global de la pila generada és 0,46 V.
  - El compartiment  $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$  és l'ànode i el potencial global de la pila és 0,12 V.
  - El compartiment  $\text{Ag}/\text{Ag}^+(\text{aq})$  és l'ànode i el potencial normal global de la pila generada és 0,12 V.
  - El compartiment  $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$  és l'ànode i el potencial global de la pila és 0,46 V.

18. A molts dels assajos d'investigació que es fan en el camp de la Química Biològica, és necessari tamponar les dissolucions a pHs pròxims a la neutralitat. Tria, d'entre la següent llista, aquella dissolució que permeti mantenir el pH d'una dissolució a 7,2:

Dissolució reguladora	K <sub>a</sub>
Àcid làctic/lactat de sodi	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Àcid acètic/Acetat de sodi	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Dihidrogenfosfat de sodi/hidrogenfosfat de disodi	$6,2 \cdot 10^{-8}$
Clorur d'amoni/amoniac	$5,6 \cdot 10^{-10}$

- Àcid làctic/lactat de sodi
- Àcid acètic/Acetat de sodi
- Dihidrogenfosfat de sodi/hidrogenfosfat de disodi
- Clorur d'amoni/amoniac

### b1. (25%) Exercici de problemes obligatoris

Aquesta part està constituïda per **dos problemes obligatoris**. Per tenir la màxima puntuació, heu de contestar els dos problemes.

**Problema 1.** L'àcid acetilsalicílic, conegut comercialment com aspirina, es troba format per un 60% de carboni, un 4,48% d'hidrogen i la resta per oxigen.



Al laboratori, s'evaporen 2,28 g d'aquest producte dins un recipient de 1,5 L a una temperatura de 160,4 °C i a una pressió de 0,3 atm. Amb aquestes dades, determina:

- La fórmula empírica de l'àcid acetilsalicílic.
- La seva massa molar.
- La fórmula molecular del compost.
- Coneixent que a la estructura química de l'àcid acetilsalicílic hi ha un anell benzènic amb substitucions als carbonis 1 i 2, proposa una estructura molecular per a aquest compost.

**Problema 2.** Un dels principals causants de l'escalfament global és el diòxid de carboni. Malgrat les bones intencions d'assolir una reducció efectiva de les grans quantitats de CO<sub>2</sub> que són alliberades a l'atmosfera diàriament, els estudis presentats a la cimera del clima COP27, celebrada a Egipte el passat mes de novembre, demostraren que les emissions mundials de CO<sub>2</sub> lligades al consum de combustibles fòssils (carbó, petroli i gas natural) establiren un nou record al 2022, assolint la xifra de 40.600 milions de tones de CO<sub>2</sub>. Suposant que el carbó està format exclusivament per carboni, que el gas natural està format només per metà, i que la gasolina (un dels principals derivats del petroli) està formada per octà.

- Escriu i iguala les reaccions de combustió del carbó, del gas natural i de la gasolina.
- Quin dels tres combustibles (carbó, gas natural i gasolina) produeix més CO<sub>2</sub> per kg de combustible?
- Quina de les tres substàncies (carbó, gas natural i gasolina) produeix més energia per kg de combustible?

Dades: Entalpies estàndard de formació a 298 K:  $\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2 (\text{g})) = -394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

$\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O} (\text{l})) = -286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ (\text{CH}_4 (\text{g})) = -75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^\circ (\text{C}_8\text{H}_{18} (\text{l})) = -252 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

## b2. (25%) Exercici de problemes optatius

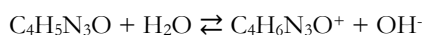
Aquesta part està constituïda per **quatre problemes optatius**. Per tenir la màxima puntuació, només heu de respondre **dos d'ells**. En cas de respondre a més de dos problemes, es consideraran únicament els dos primers que s'han respost.

**Problema 1.** Una de les conseqüències de la guerra d'Ucraïna és l'encariment a tota Europa del gas natural utilitzat a les cases per a calefacció, per a aigua calenta sanitària i per cuinar. El gas natural està format principalment per metà, encara que pot contenir petites proporcions d'età, de diòxid de carboni i d'altres gasos. Contesta de manera raonada a les següents preguntes:

- Quina serà la geometria d'una molècula de metà?
- Qui tindrà major punt d'ebullició el metà o l'età?
- Quins seran els nombres quàntics dels electrons de la darrera capa del carboni?
- Qui tindrà major energia d'ionització el carboni o l'oxigen?
- A casa volem posar una cuina de gas natural, el tècnic ens diu que hem de posar una finestreta de ventilació, per seguretat en cas d'una fuga de gas. On la posaries arran de terra o a prop del sostre?

**Problema 2.** Davant la necessitat d'intensificar la producció d'aliments i aconseguir plantes més resistents a les plagues, s'estan introduint els aliments transgènics, que són genèticament modificats, en els quals s'ha modificat l'ADN usant gens d'altres plantes.

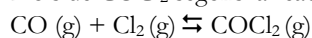
La citosina ( $C_4H_5N_3O$ ) és una de les bases nitrogenades que formen part dels àcids nucleics i del codi genètic. Quan es prepara una dissolució que conté 3,33 g de citosina dissolts dins 50 mL d'aigua, s'obté un pH de 11,1. L'equilibri de dissociació de la citosina es pot representar per l'equació:



- Quina serà la concentració de tots els ions que hi ha dins la dissolució?
- Quina serà la constant de basicitat de la citosina?
- Raona, sense fer càlculs numèrics, si quan valorem una dissolució de citosina amb àcid clorhídric, el pH en el punt d'equivalència serà àcid, bàsic o neutre.
- Indica quin dels següents indicadors seria adequat per fer aquesta valoració. Raona la resposta.

Indicador	Color àcid	Color bàsic	Interval de viratge (pH)
Blau de bromofenol	groc	violat	3,0-4,6
Vermell de fenol	groc	vermell	6,8-9,4
Timolftaleïna	incolor	blau	9,3-10,5

**Problema 3.** El foscgè,  $COCl_2$ , és el nom vulgar del clorur de carbonil i és un important component químic industrial utilitzat per a la fabricació de plàstics i pesticides. A temperatura ambient és un gas incolor extremadament tòxic i va ser utilitzat com a arma química durant la primera guerra mundial. A l'interior d'un recipient de 2 L, a 400 °C, tenim en equilibri 1 mol de CO; 1 mol de  $Cl_2$  i 2,5 mols de  $COCl_2$  segons la reacció:



- Quin valor tindrà la  $K_p$ ?
- Quines seran les concentracions de tots els components quan es duplica el volum del recipient?
- Si la reacció és exotèrmica, com afecta a l'equilibri una disminució de temperatura? Raona la resposta.
- Com variarà la  $K_p$  si afegim 1 mol de diclor? Raona la resposta.

**Problema 4.** Als darrers anys és cada vegada més freqüent la utilització de la depuració salina pel manteniment i la desinfecció de l'aigua de les piscines. A la cloració salina es genera diclor a partir de clorur de sodi mitjançant un procés electrolític. La reacció global és:  $NaCl + H_2O \rightarrow NaOH + H_2 + Cl_2$

Aquest diclor, en mitjà aquós, produeix àcid hipoclorós i àcid clorhídric. L'àcid hipoclorós és el desinfectant que destrueix els bacteris i les algues.

- Iguala pel mètode ió-electró la reacció global d'electròlisi del clorur de sodi.
- Qui actua com a reductor? Raona la resposta.
- Indica de forma raonada si aquesta reacció global serà espontània o no.
- Serà capaç el diclor d'oxidar el magnesi a magnesi (2+)? Raona la resposta.

Dades: Potencials de reducció:  $E^\circ(Cl_2/Cl^-) = 1,36$  V;  $E^\circ(Mg^{2+}/Mg) = -2,37$  V.

### c. (20%) Supòsit Pràctic

Aquesta part està constituïda per tres supòsits pràctics diferents, integrats dins dues seccions, una obligatòria (10%) i una optativa (10%).

Per tenir la màxima puntuació, heu de contestar **l'únic supòsit pràctic** que conforma la secció obligatòria, mentre que **només heu de respondre un** dels supòsits pràctics que conformen la secció optativa. En cas de respondre els dos supòsits d'aquesta darrera secció, es considerarà únicament el primer que s'ha respost.

**A les respostes, explica detalladament el procediment experimental que seguiries, tot indicant el nom del material que faries servir i incorpora un dibuix explicatiu.**

#### Secció obligatòria

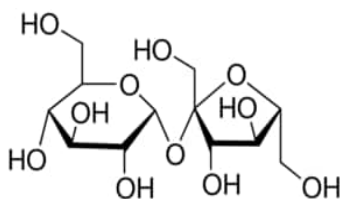
**Supòsit pràctic 1.** Són ben coneguts els múltiples efectes adversos de l'etanol sobre la salut, inclús a concentracions baixes. Malgrat això, el consum de begudes alcohòliques és inexplicablement alt. Com ho faries per demostrar que una beguda d'elevat contingut alcohòlic, com per exemple un conyac, efectivament, conté etanol? (Punt d'ebullició de l'etanol: 78,4 °C)

#### Secció optativa

**Supòsit pràctic 2.** John Frederic Daniell, l'any 1836 va publicar el disseny d'una pila que du el seu nom i que va suposar una notable millora respecte d'altres cel·les voltaiques ja conegudes en aquells anys. Basant-se en aquesta pila inventada per Daniell, s'han desenvolupats altres dissenys i útils aplicacions sense les quals la vida moderna seria inimaginable.

Explica com ho faries per construir una pila Daniell en un laboratori de química i com demostraries que passa corrent elèctric pel circuit.

**Supòsit pràctic 3.** La sal comuna i el sucre són dos ingredients molt emprats en l'elaboració d'aliments de consum humà i que podem trobar en gairebé totes les cuines. La sal comuna és clorur de sodi i el sucre és el disacàrid, anomenat sucrosa, que resulta de la unió d'una molècula de glucosa amb una de fructosa.



Fórmula de la sucrosa

Quins experiments faries per identificar el tipus d'enllaç de cadascun d'aquests dos composts?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIII			Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	0
1	H 1,00794																	2 He 4,0026
2	3 Li 6,941	4 Be 9,0122											5 B 10,811	6 C 12,0107	7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,9984	10 Ne 20,1797
3	11 Na 22,9898	12 Mg 24,3050											13 Al 26,9815	14 Si 28,0855	15 P 30,9738	16 S 32,066	17 Cl 35,4527	18 Ar 39,948
4	19 K 39,0983	20 Ca 40,078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,867	23 V 50,9415	24 Cr 51,9961	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,845	27 Co 58,9332	28 Ni 58,6934	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,224	41 Nb 92,9064	42 Mo 95,94	43 Tc (98,9063)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,905	46 Pd 106,42	47 Ag 107,8682	48 Cd 112,411	49 In 114,818	50 Sn 118,710	51 Sb 121,760	52 Te 127,60	53 I 126,9045	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,905	56 Ba 137,327	57 * La 138,906	72 Hf 178,49	73 Ta 180,948	74 W 183,84	75 Re 186,207	76 Os 190,23	77 Ir 192,217	78 Pt 195,078	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl 204,383	82 Pb 207,2	83 Bi 208,980	84 Po (208,98)	85 At (209,99)	86 Rn (222,02)
7	87 Fr (223,02)	88 Ra (226,03)	89 * Ac (227,03)	104 Rf (261,11)	105 Db (262,11)	106 Sg (263,12)	107 Bh (264,12)	108 Hs (265,13)	109 Mt (268)	110 Uun (269)	111 Uuu (272)	112 Uub (277)	113 Uut ( )	114 Uuq (285)	115 Uup ( )	116 Uuh (289)	117 Uus ( )	118 Uuo (293)

58 Ce 140,116	59 Pr 140,908	60 Nd 144,24	61 Pm (144,913)	62 Sm 150,36	63 Eu 151,964	64 Gd 157,25	65 Tb 158,925	66 Dy 162,50	67 Ho 164,930	68 Er 167,26	69 Tm 168,934	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
90 Th 232,038	91 Pa 231,036	92 U 238,029	93 Np (237,048)	94 Pu (244,06)	95 Am (243,06)	96 Cm (247,07)	97 Bk (247,07)	98 Cf (251,08)	99 Es (252,08)	100 Fm (257,10)	101 Md (258,10)	102 No (259,10)	103 Lr (262,11)

Constants:  $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 8,3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$