Totale 40 punti

A. Solfato di rame

Il **solfato di rame** o **solfato rameico** è un composto di formula $CuSO_4$ solubile in acqua.

In forma solida, esiste in forme diverse a seconda del grado di idratazione, cioè in funzione di quante molecole di acqua entrano a far parte della sua struttura cristallina per ogni unità di formula $CuSO_4$. La forma anidra, $CuSO_4$, è di colore bianco grigiastro, mentre la più comune forma pentaidrata, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, è blu brillante.

Il solfato di rame anidro, $CuSO_4$ (peso formula 159), è commercialmente molto meno importante della forma pentaidrata, e si prepara per disidratazione della forma pentaidrata; è igroscopico e basta la presenza di umidità a riformare $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (peso formula 249)

Tabella della solubilità del $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ in acqua in funzione della temperatura. (*Tabella 1*)

Temperatura	20°C	30°C	40°C	60°C	80°C	100°C
Solubilità (g/100 g H_2O)	32	37.8	44.6	61.8	83.8	114

A.1. Ti viene consegnata una soluzione A, ottenuta ponendo 70 g di $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (solfato di rame pentaidrato) impuro in 200 mL di acqua e mescolando a lungo a 20°C, fino ad ottenere una soluzione satura; la soluzione presenta sul fondo impurezze insolubili. Il produttore del solfato di rame certifica che tutte le impurezze sono insolubili in acqua.

Chi1. È possibile che sul fondo vi sia altro oltre alle impurezze? Se sì, che cosa? Se no, perché?

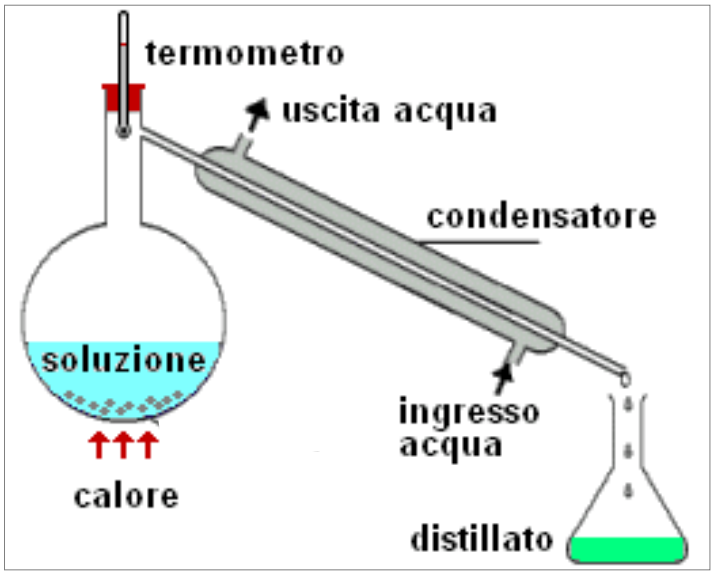
Chi2. In base alle informazioni a tua disposizione qual è il valore peggiore (ovvero il più basso) di purezza che potrebbe avere il solfato di rame pentaidrato utilizzato? *Rispondi con una percentuale, e riporta i tuoi calcoli giustificando anche a parole, molto sinteticamente, il ragionamento seguito.*

Chi3. Quale tecnica di separazione useresti per ottenere una soluzione B priva di impurezze?
Rispondi segnando la risposta corretta e schematizza con un disegno
A) filtrazione B) titolazione C) distillazione D) cristallizzazione E) combustione

Chi4. Quali sostanze contiene ora la soluzione B purificata?

Chi5. Quale massa di $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (solfato di rame pentaidrato) puro si dovrebbe aggiungere alla soluzione B per avere una soluzione C, satura a 55 °C? *Rispondi con un numero (in grammi), e riporta i tuoi calcoli.*

A.2. Con l'apparecchiatura di distillazione riportata qui a fianco si possono separare i componenti della soluzione B, la quale viene inizialmente interamente trasferita nel pallone.



Chi6. *Quale sostanza X rimarrà nel pallone a fine distillazione e quale sostanza Y viene raccolta nella beuta?*
Chi7. *Quale massa di X ti aspetti di ottenere dopo prolungato raffreddamento all'aria?*

A.3. La sostanza X viene poi trasferita in un crogiolo (recipiente resistente ad alte temperature) e scaldata fino a diventare bianco-grigiastra e poi lasciata raffreddare in essiccatore, quindi pesata.
Chi8. *Quale trasformazione è avvenuta?*
Chi9. *Quale massa di sostanza Z ti aspetti?*
Chi10. *Se si aggiunge acqua a Z che cosa ci si può aspettare di vedere?*

B. Un po' di Chimica Organica

Introduzione

Ecco alcune informazioni che ti servirà sapere per risolvere gli esercizi successivi:

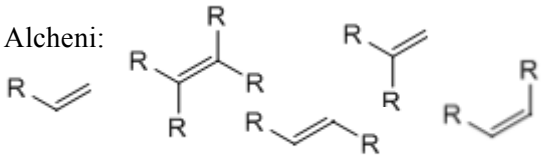
Formule di struttura: In chimica organica le molecole vengono rappresentate con una serie di segmenti e vertici, rappresentanti rispettivamente i legami e gli atomi di carbonio. Atomi diversi da carbonio e idrogeno sono sempre indicati. Un vertice di un segmento senza altri atomi o gruppi legati ad esso corrisponde al gruppo metile CH_3

Gruppi funzionali: alcuni gruppi di atomi si ripetono nelle molecole organiche e possiedono delle caratteristiche simili a prescindere dalla molecola cui sono legati

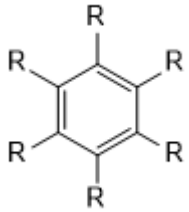
Esempi di classi di composti organici definite da particolari gruppi funzionali:

N.B. 'R' indica un generico sostituente (una parte di molecola) che inizia con un atomo di carbonio. Gli R possono essere diversi fra loro.

- Alcheni:

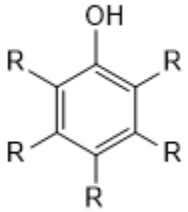


- Composti aromatici: in questo esercizio gli unici composti aromatici sono del seguente tipo:

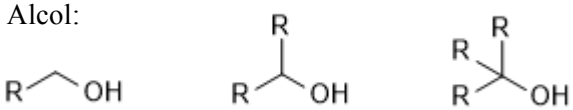


In questo caso R non deve per forza cominciare con un atomo di C

Un fenolo è un composto aromatico in cui uno dei gruppi R è un OH:

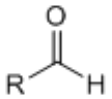


- Alcol:

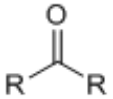


(Cioè rispettivamente alcol primari, secondari e terziari, accomunati dal gruppo alcolico OH)

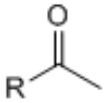
- Aldeidi:



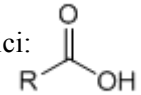
- Chetoni:



- Un metilchetone è un composto chetone in cui almeno uno dei gruppi R è un CH_3:



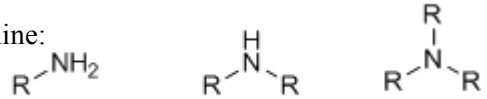
- Acidi carbossilici:



N.B. Il gruppo funzionale che caratterizza gli acidi carbossilici non è considerato un gruppo alcolico

Gli acidi carbossilici generalmente sono composti acidi, e in ambiente basico formano composti ionici insolubili in solventi apolari.

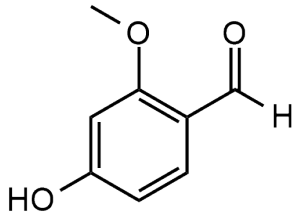
- Ammine:



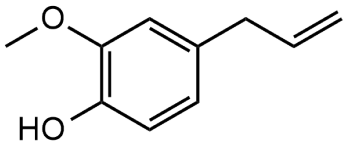
Le ammine generalmente sono composti basici e in ambiente acido formano composti ionici insolubili in solventi apolari.
N.B. se l'azoto è legato ad un C a sua volta legato ad un ossigeno con doppio legame (N–C=O), allora quell'azoto *non* fa parte di un gruppo amminico, e *non* conferisce caratteristiche basiche alla molecola.

Saggi: (*ovvero reazioni chimiche che consentono di determinare la presenza di determinati gruppi funzionali)*
N.B. Gli esiti di questi saggi sono semplificati, nella realtà ciascuno di essi presenta interferenti ed eccezioni
Saggio di Jones: Dà esito positivo per alcoli primari e secondari
Saggio con bromo in CCl_4: Dà esito positivo per alcheni e fenoli
Saggio di Friedel-Crafts: Dà esito positivo per composti aromatici
Saggio dello iodoformio: Dà esito positivo per metilchetoni
Saggio con 2,4-DNF: Dà esito positivo per composti carbonilici (aldeidi e chetoni)
Saggio di Tollens: Dà esito positivo per le aldeidi

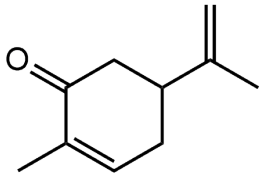
B.1. Sei in laboratorio e hai 3 provette etichettate come A, B e C. Ognuna contiene un composto diverso fra vanillina (aroma di vaniglia), eugenolo (aroma di chiodi di garofano) e carvone (aroma di menta selvatica):



Vanillina



Eugenolo



Carvone

Purtroppo sei raffreddato, quindi per riconoscerli devi fare dei saggi.

Risultati dei saggi condotti sulla **provetta A**:
Negativo al saggio dello iodoformio
Positivo al saggio di Friedel-Crafts
Positivo al saggio con 2,4-DNF

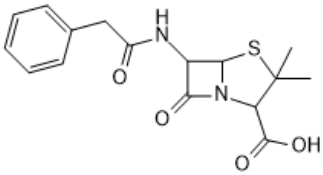
Risultati dei saggi condotti sulla **provetta B:**
1) Non sviluppa effervescenza con bicarbonato di sodio
2) Negativo al saggio dello iodoformio
3) Positivo al saggio di Friedel-Crafts

Risultati dei saggi condotti sulla **provetta C:**
1) Positivo al saggio con bromo in CCl_4
2) Positivo al saggio con 2,4-DNF
3) Non sviluppa effervescenza con bicarbonato di sodio

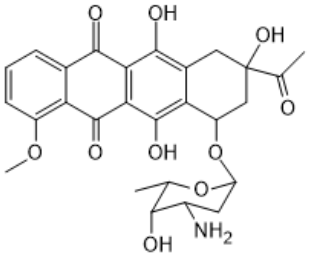
Chi11. Completa sul foglio risposte la tabella assegnando a ciascuna provetta il composto corretto.

Chi12. Per identificare la provetta contenente vanillina sarebbe bastato condurre un solo saggio fra quelli descritti nell'introduzione. Quale?

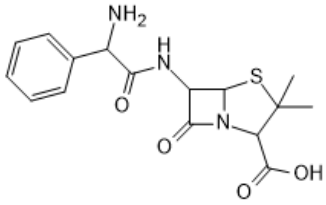
B.2. Stai facendo un tirocinio in una farmacia e ti accorgi che le etichette di 3 confezioni di antibiotici (X, Y e Z) sono tutte rovinate. Grazie alle tue abilità in chimica riuscirai a non farli buttare via, riconoscendoli attraverso dei saggi. Ogni confezione contiene un antibiotico con un principio attivo diverso fra penicillina G, daunorubicina e ampicillina:



Penicillina G



Daunorubicina



Ampicillina

Risultati dei saggi condotti sulla confezione **X**:
1) Insolubile in solvente organico apolare in ambiente basico
2) Positivo al saggio di Friedel-Crafts

Risultati dei saggi condotti sulla **confezione Y:**
1) Insolubile in solvente organico apolare in ambiente acido
2) Positivo al saggio dello iodoformio

Risultati dei saggi condotti sulla **confezione Z:**
1) Insolubile in solvente organico apolare in ambiente acido
2) Positivo al saggio di Friedel-Crafts

Chi13. Completa sul foglio risposte la tabella assegnando a ciascuna confezione il composto corretto.

C. Intermezzo

Chi14. Qual è la concentrazione molare dell'acqua pura a temperatura ambiente? *Rispondi con il valore corretto e riporta il calcolo che ti ha permesso di ottenere il risultato. Dovrà risultare chiaro quali grandezze e/o costanti fisiche hai utilizzato nel calcolo.*

Chi15. Qual è la concentrazione molare di un gas puro a 1 bar e 25°C? ($R = 8.31$ L bar K^{-1} mol^{-1}). *Rispondi con il valore corretto e riporta il calcolo che ti ha permesso di ottenere il risultato. Dovrà risultare chiaro quali grandezze e/o costanti fisiche hai utilizzato nel calcolo.*

D. Cinetica chimica

Due sostanze A (di peso molecolare M_A) e B (di peso molecolare M_B) reagiscono, secondo la Reazione 1 riportata qui di seguito, per dare un unico prodotto C (di peso molecolare M_C):

$$A + 2B \rightarrow C \quad \text{(Reazione 1)}$$

Chi16. Indichiamo con n_X la quantità di sostanza (il "numero di moli") di una sostanza X. Considerando la Reazione 1 di sopra, il reagente A è in eccesso se:

A) $n_A < 2n_B$ B) $n_B < n_A$ C) $2n_A > n_B$ D) $2n_B < n_A$ E) $n_B > n_A$

Chi17. Qual è il valore del peso molecolare di C?

A) M_A+M_B B) $2M_A+M_B$ C) M_A+2M_B D) ½ M_A+M_B E) altro, oppure i dati sono insufficienti

Chi18. Se la reazione avviene a completezza con un *largo eccesso* di reagente A, quale formula matematica lega la massa m_C di prodotto C alle masse iniziali m_A e m_B dei due reagenti e ai pesi molecolari M_A, M_B, M_C? *N.B. Usa il simbolo M_C, a prescindere dalla risposta data alla domanda precedente.*

Come hai potuto osservare nel primo esperimento pratico a novembre, la velocità di una reazione chimica dipende dalla concentrazione dei reagenti. Per velocità di una reazione si intende l'entità della variazione della concentrazione di reagenti o prodotti nell'unità di tempo.

Prima o poi ti capiterà di studiare che in una reazione semplice, ad una data temperatura, la velocità è generalmente direttamente proporzionale al prodotto delle concentrazioni dei reagenti, elevate ciascuna ad un esponente pari al coefficiente stechiometrico. Nel caso della Reazione 1, per esempio:

$$v \propto [A] \cdot [B]^2 \qquad \text{(Equazione 1)}$$

Ora proverai a determinare in forma approssimata il grafico dell'andamento della concentrazione del prodotto C nel tempo.

Si parte da una concentrazione iniziale, al tempo t = 0 minuti, di reagenti pari a $[A]_0 = 0.100$ M e $[B]_0 = 0.200$ M e assenza di prodotto C.

Chi19. A reazione completa (e resa di reazione del 100%) la concentrazione di C, $[C]_{100\%}$, sarà pari a:

A) 0.05 M B) 0.2 M C) 0.15 M D) 0.02 M E) altro: _____ (indica il valore)

Assumi che **ogni minuto** la concentrazione di C **aumenti** di una quantità Δ[C] data dalla seguente formula:

$$\Delta[C] = 5M^{-2} \cdot [A] \cdot [B]^2 \qquad \text{(Equazione 2)}$$

Nota 1: in questa analisi approssimata le concentrazioni [A] e [B] nella relazione sono da intendersi come quelle all'inizio dell'intervallo di tempo di un minuto
Nota 2: l'unità di misura M^{-2} della costante di proporzionalità è necessaria per avere un risultato dimensionalmente corretto, espresso in mol/L.

Se [C] aumenta, nello stesso lasso di tempo [A] e [B] diminuiscono in base alla stechiometria della Reazione 1, perciò le variazioni delle loro concentrazioni sono espresse da:

$$\Delta[A] = -\Delta[C] \qquad \text{e} \qquad \Delta[B] = -2\Delta[C] \qquad \text{(Equazioni 3\&4)}$$

Chi20. Ora completa la Tabella 2 seguendo le istruzioni.

Per ogni riga:

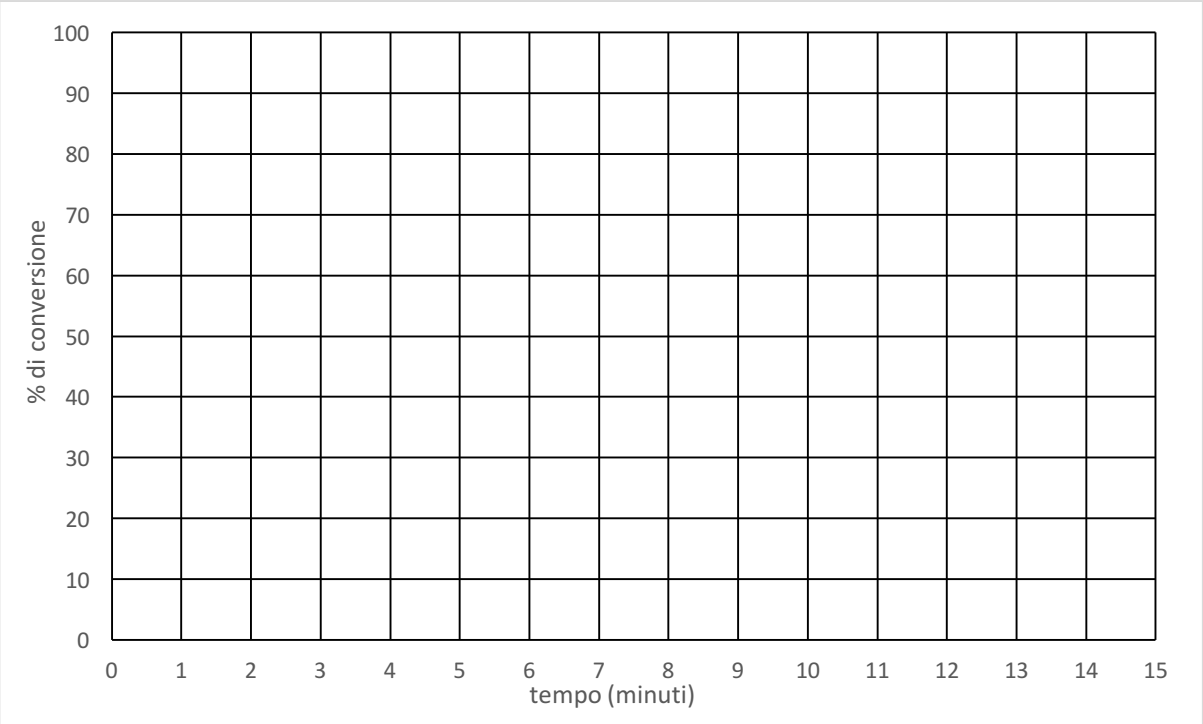
1. Calcola la nuova concentrazione di C sommando al valore della cella soprastante il valore della variazione Δ[C] calcolata in base alla Equazione 2, a partire dai valori di [A] e [B] presenti sulla riga precedente.
2. Calcola la percentuale di conversione della reazione a partire dal rapporto tra la [C] e il valore di $[C]_{100\%}$, che hai indicato nella domanda **Chi19**.
3. Riporta i nuovi valori di [A] e [B], diminuiti rispetto a quelli della riga precedente come indicato nelle Equazioni 3&4.

Tabella 2. – **ricordati di completarla sul foglio risposte!**

tempo (minuti)	[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	[C] (mol/L)	% di conversione
0	0.100	0.200	0.000	0%
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Chi21. Riporta sul Grafico 1 i valori della percentuale di conversione in funzione del tempo

Grafico 1. – **ricordati di completarlo sul foglio risposte!**



Chi22. Dopo quanto tempo la reazione raggiunge il 50% di conversione?

Chi23. È possibile che attendendo ulteriore tempo la velocità di reazione diventi costante o torni ad aumentare? Perché?

Chi24. Per passare dal 50% all'80% la reazione impiega più o meno tempo che per passare dallo 0 al 50%? Sei in grado di giustificarlo, eventualmente basandoti sul grafico?

Chi25. Per accelerare una reazione lenta può convenire aumentare la concentrazione dei reagenti. Ma ciò non è sempre possibile per diverse ragioni. In base a quale/i delle seguenti caratteristiche un reagente può risultare adatto all'utilizzo in largo eccesso? *Segna con una X una o più delle seguenti:*

A) Basso costo
B) Facilità di separazione dai prodotti
C) Resistenza al calore
D) Elevata solubilità nei solventi di reazione
E) Gli altri reagenti sono solubili in esso
F) Stabilità all'aria umida

TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI

GRUPPO RACCOMANDAZIONI DI IUPAC (1985) — GRUPPO CHEMICAL ABSTRACT SERVICE (1986)

NUMERO ATOMICO — SIMBOLO — MASSA ATOMICA RELATIVA (1) — NOME DELL' ELEMENTO

PERIODO	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 1.008 H IDROGENO																	2 4.0026 He ELIO
2	3 6.94 Li LITIO	4 9.0122 Be BERILLIO											5 10.81 B BORO	6 12.011 C CARBONIO	7 14.007 N AZOTO	8 15.999 O OSSIGENO	9 18.998 F FLUORO	10 20.180 Ne NEO
3	11 22.990 Na SODIO	12 24.305 Mg MAGNESIO											13 26.982 Al ALLUMINIO	14 28.085 Si SILICIO	15 30.974 P FOSFORO	16 32.06 S SOLFO	17 35.45 Cl CLORO	18 39.948 Ar ARGO
4	19 39.098 K POTASSIO	20 40.078 Ca CALCIO	21 44.956 Sc SCANDIO	22 47.867 Ti TITANIO	23 50.942 V VANADIO	24 51.996 Cr CROMO	25 54.938 Mn MANGANESE	26 55.845 Fe FERRO	27 58.933 Co COBALTO	28 58.693 Ni NICHEL	29 63.546 Cu RAME	30 65.38 Zn ZINCO	31 69.723 Ga GALLIO	32 72.64 Ge GERMANIO	33 74.922 As ARSENICO	34 78.971 Se SELENIO	35 79.904 Br BROMO	36 83.798 Kr CRIPTO
5	37 85.468 Rb RUBIDIO	38 87.62 Sr STRONZIO	39 88.906 Y ITTRIO	40 91.224 Zr ZIRCONIO	41 92.906 Nb NIOBIO	42 95.95 Mo MOLIBDENO	43 (98) Tc TECNETO	44 101.07 Ru RUTENIO	45 102.91 Rh RODIO	46 106.42 Pd PALLADIO	47 107.87 Ag ARGENTO	48 112.41 Cd CADMIO	49 114.82 In INDIO	50 118.71 Sn STAGNO	51 121.76 Sb ANTIMONIO	52 127.60 Te TELLURIO	53 126.90 I IODIO	54 131.29 Xe XENO
6	55 132.91 Cs CESIO	56 137.33 Ba BARIO	57-71 La-Lu Lantanidi	72 178.49 Hf AFNIO	73 180.95 Ta TANTALIO	74 183.84 W WOLFRAMIO	75 186.21 Re RENIO	76 190.23 Os OSMIO	77 192.22 Ir IRIDIO	78 195.08 Pt PLATINO	79 196.97 Au ORO	80 200.59 Hg MERCURIO	81 204.38 Tl TALLIO	82 207.2 Pb PIOMBO	83 208.98 Bi BISMUTO	84 (209) Po POLONIO	85 (210) At ASTATO	86 (222) Rn RADON
7	87 (223) Fr FRANCIO	88 (226) Ra RADIO	89-103 Ac-Lr Attinidi	104 (267) Rf RUTHERFORDIO	105 (268) Db DUBNIO	106 (271) Sg SEABORGIO	107 (272) Bh BOHRIO	108 (277) Hs HASSIO	109 (276) Mt MEITNERIO	110 (281) Ds DARMSTADTIO	111 (280) Rg ROENTGENIO	112 (285) Cn COPERNICIO	113 (. . .) Uut UNUNTRIO	114 (287) Fl FLEROVIO	115 (. . .) Uup UNUNPENTIO	116 (291) Lv LIVERMORIO	117 (. . .) Uus UNUNSEPTIO	118 (. . .) Uuo UNUNOCTIO

Copyright © 2016 Eni Generalić

LANTANIDI

57 138.91 La LANTANIO	58 140.12 Ce CERIO	59 140.91 Pr PRASEODIMIO	60 144.24 Nd NEODIMIO	61 (145) Pm PROMETIO	62 150.36 Sm SAMARIO	63 151.96 Eu EUROPIO	64 157.25 Gd GADOLINIO	65 158.93 Tb TERBIO	66 162.50 Dy DISPROSIO	67 164.93 Ho OLMIO	68 167.26 Er ERBIO	69 168.93 Tm TULIO	70 173.05 Yb ITTERBIO	71 174.97 Lu LUTEZIO

ATTINIDI

89 (227) Ac ATTINIO	90 232.04 Th TORIO	91 231.04 Pa PROTOATTINIO	92 238.03 U URANIO	93 (237) Np NETTUNIO	94 (244) Pu PLUTONIO	95 (243) Am AMERICIO	96 (247) Cm CURIO	97 (247) Bk BERKELIO	98 (251) Cf CALIFORNIO	99 (252) Es EINSTEINIO	100 (257) Fm FERMIO	101 (258) Md MENDELEVIO	102 (259) No NOBELIO	103 (262) Lr LAWRENTIO

www.periodni.com

(1) Pure Appl. Chem., **88**, 265-291 (2016)