

5 Solucionari

Solucionari del llibre de l'alumne

I ESTRUCTURA ATÒMICA

1. Els **raigs catòdics** són partícules materials carregades negativament. Són electrons. Jean Perrin, el 1845, va investigar les emissions del càtode d'un tub de descàrrega amb gasos enrarits i va suggerir que transportaven càrregues negatives.

Posteriorment, J. J. Thomson confirmà la naturalesa material d'aquestes emissions, en observar que eren capaces de fer girar les aspes d'un molinet lleuger. També va comprovar que eren desviades cap a la placa positiva per l'acció d'un camp elèctric, amb la qual cosa va confirmar la naturalesa negativa de la seva càrrega i va ser capaç de calcular-ne la càrrega específica, (càrrega/massa). A més, les identificà com a feixos d'electrons i va proposar que eren partícules constitutives dels àtoms. Més endavant, Millikan aconseguí determinar la seva càrrega i trobà un valor d' $1,6 \times 10^{-19}$ C, la qual cosa dona un valor per a la massa de $9,1 \times 10^{-31}$ kg. Avui en dia sabem que els electrons són partícules elementals, encara que els resultats experimentals recents suggereixen que podrien tenir estructura interna.

Els **raigs canals** són partícules materials carregades positivament, amb una massa molt més gran que la dels electrons. A més a més, la relació càrrega/massa depèn de la naturalesa del gas present en el tub de descàrrega. Els diferents experiments de descàrregues en gasos van proporcionar sempre partícules amb una massa múltiple a la de l'àtom d'hidrogen carregat positivament, la qual cosa va fer pensar a E. Rutherford que aquest era format per la partícula més lleugera i amb càrrega positiva constitutiva dels àtoms, i l'anomenà protó. Més endavant es va evidenciar que els raigs canals eren el resultat de la pèrdua d'electrons, per xoc amb els raigs catòdics, dels àtoms o molècules neutres del gas present en el tub de descàrrega, fenomen que generava àtoms o molècules carregades positivament, que van ser anomenats ions positius.

2. El model atòmic de Thomson va resultar inadequat per explicar els experiments de dispersió de les partícules α realitzats per Geiger i Marsden. Rutherford va interpretar aquests experiments, suposant que la càrrega positiva dels àtoms, és a dir, els protons, no estaven uniformement repartits per tot l'àtom, tal com proposava Thomson, sinó que s'agrupaven formant part d'un nucli, conseqüentment carregat positivament, i responsable de les desviacions i fortes repulsions que experimentaven les partícules α , també carregades positivament, que hi passaven a prop. Els electrons, a causa de la seva petita massa, unes dues mil vegades inferior a la dels protons del nucli, girarien a gran distància comparada amb el radi nuclear, incapaços de desviar la trajectòria de les partícules α , molt més massives. Per tant, el model atòmic de Rutherford és anàleg a un petit sistema solar.
3. a) Dalton
b) Rutherford
c) Bohr
d) Model quàntic
e) Thomson
f) Rutherford
4. a) F, b) F, c) F, d) F, e) C
5. La massa atòmica patró en el sistema internacional (SI) es calcula:

$$\text{Unitat de massa atòmica} = \frac{12 \times 10^{-3} \text{ kg}}{12 \times 6,02 \times 10^{23}} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

6. Segons la teoria de la relativitat d'Einstein, la massa pot transformar-se en energia. Si en xocar un electró i un positró, la seva massa desapareix del tot, vol dir que les dues masses es convertiran en energia. La massa d'aquestes dues partícules és igual i equival a $9,109 \times 10^{-31}$ kg, per tant, la massa total que es transformarà en energia serà:

$$m = 9,109 \times 10^{-31} \times 2 = 1,822 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

L'energia alliberada serà per tant:

$$E = m c^2 = 1,822 \times 10^{-30} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 = 1,640 \times 10^{-13} \text{ J}$$

Expressada en electró-volts:

$$E = 1,640 \times 10^{-13} \text{ J} \times \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ J}} = 1\,025\,000 \text{ eV} = 1,025 \text{ MeV}$$

7. La massa d'un nucli de carboni-12 a partir dels seus protons i neutrons serà:

Massa C-12 = $(6 \times 1,007277) + (6 \times 1,00866) = 6,0436 + 6,0519 = 12,096 \text{ u}$
 12,000 és la massa atòmica relativa d'un àtom de C-12
 (6 protons + 6 neutrons + 6 electrons).

La massa de l'electró és 0,0005486. Per tant, la massa del nucli de C-12 és:

Massa del nucli de C-12 = $12,000 - (6 \times 0,0005486) = 11,9967 \text{ u}$

El defecte de massa serà:

$$\Delta m = (12,096 - 11,9967) \times 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1,65 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

8. El Sol emet energia radiant a raó de $3,9 \times 10^{26}$ Joules per segon, durant 1 segon haurà emès:

$$E = 3,9 \times 10^{26} \text{ J}$$

Segons la teoria de la relativitat d'Einstein, la massa pot transformar-se en energia i viceversa. Tot sistema material de massa m , en repòs, té una energia E :

$$E = m c^2$$

En la qual c és la velocitat de la llum en el buit; $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

Per tant, si un sistema material allibera una energia E a l'exterior, la massa disminueix en:

$$m = \frac{E}{c^2}$$

En el nostre cas podem adaptar l'equació:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

i substituint obtenim:

$$\Delta m = \frac{3,9 \times 10^{26} \text{ J}}{(3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2} = 4,33 \times 10^9 \text{ kg}$$

9. La longitud d'ona es defineix com:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

on c és la velocitat de la llum en el buit ($c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$) i la freqüència s'expressa en s^{-1} ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$). A partir d'aquí es poden calcular les longituds d'ona de les radiacions següents:

- a) $\nu = 100 \text{ MHz}$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{100 \times 10^6 \text{ s}^{-1}} = 3 \text{ m}$$

- b) $\nu = 650 \text{ MHz}$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{650 \times 10^6 \text{ s}^{-1}} = 0,46 \text{ m}$$

- c) $\nu = 10^{19} \text{ Hz}$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{10^{19} \text{ s}^{-1}} = 3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

- d) Per què les freqüències visibles abasten des de $0,75 \times 10^{15} \text{ Hz}$ fins a $0,40 \times 10^{15} \text{ Hz}$. Cap de les ones estudiades està dins d'aquest rang.

10. Si la freqüència és $1,25 \times 10^{16}$ Hz, la seva longitud d'ona és:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,25 \times 10^{16} \text{ Hz}} = 2,4 \times 10^{-8} \text{ m} \times \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} = \mathbf{24 \text{ nm}}$$

La seva energia és:

$$\epsilon = h \nu = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 1,25 \times 10^{16} \text{ Hz} = \mathbf{8,28 \times 10^{-18} \text{ J}}$$

11. Emetrà radiació electromagnètica de més energia l'electró que s'ha excitat fins al nivell quàntic principal $n = 4$.

La radiació electromagnètica que emeti l'electró que es troba en el nivell quàntic principal $n = 4$ també serà de més freqüència, ja que l'energia i la freqüència de la radiació són magnituds directament proporcionals: energia $= h \nu$, on h és la constant de Planck i ν és la freqüència de la radiació.

En canvi, la longitud d'ona de la radiació electromagnètica que emeti l'electró que es troba en el nivell quàntic principal $n = 4$ serà menor, perquè l'energia i la longitud d'ona de la radiació són magnituds inversament proporcionals.

12. a) $-1,36 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 b) $-5,45 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 c) Emet $-4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 d) $6,17 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
 e) $4,86 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
 f) $1,62 \cdot 10^{-15} \text{ J}$

13. a) $1,94 \cdot 10^{-18} \text{ J}$; $2,93 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$; $1,02 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
 b) $4,58 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $6,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $4,34 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
 c) $1,06 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $1,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $1,87 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
 d) $2,67 \cdot 10^{-20} \text{ J}$; $4,03 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$; $7,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
 e) $7,55 \cdot 10^{-20} \text{ J}$; $1,14 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $2,63 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

14. 4 a 1 $\rightarrow 2,04 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ (*)
 3 a 4 $\rightarrow 1,06 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ (*)
 3 a 2 $\rightarrow 3,03 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 2 a 1 $\rightarrow 1,635 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
 4 a 2 $\rightarrow 4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 3 a 1 $\rightarrow 1,94 \cdot 10^{-18} \text{ J}$

15. El nivell quàntic $n = 4$ té quatre subnivells que es designen com a **s**, **p**, **d**, **f**. El subnivell **s** de $n = 5$ té menor energia que el subnivell **d** de $n = 4$ (pàgina 129 del llibre de l'alumne/a).

16. 1s, sí.

1p, no, perquè no existeix aquest subnivell en el nivell quàntic $n = 1$.

2p, sí.

3p, sí.

3d, sí.

3f, no, perquè no existeix aquest subnivell en el nivell quàntic $n = 3$.

4f, sí.

17. a) El nombre atòmic és 14, ja que si l'àtom té catorze electrons i és elèctricament neutre, també haurà de tenir el mateix nombre de protons.
 b) Catorze protons. $Z = 14$. Correspon a l'àtom de silici.
 c) No és possible determinar el nombre de neutrons, perquè l'àtom podria presentar isòtops. En concret, l'àtom de silici presenta tres isòtops estables i altres d'instables.
 d) No. Caldria saber l'abundància relativa dels altres isòtops.
 e) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

18. a) Silici, Si, ($Z = 14$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
b) Clor, Cl, ($Z = 17$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
c) Sofre, S, ($Z = 16$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
d) Oxigen, O, ($Z = 8$): $1s^2 2s^2 2p^4$
e) Calci, Ca, ($Z = 20$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
f) Argó, Ar, ($Z = 18$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
19. a) Beril·li, Be, ($Z = 4$)
b) Alumini, Al, ($Z = 13$)
20. a) Incorrecte. L'orbital 3s s'ha de completar abans de començar a omplir l'orbital 3p.
b) Incorrecte. L'orbital $4s^1$ encara no està ple i admet un electró més abans de començar a omplir el 3d.
c) Incorrecte. L'orbital $2p^8$ no pot tenir vuit electrons. Els orbitals 2p admeten sis electrons com a màxim.
d) Correcte. Es tracta del $_{17}\text{Cl}$.
21. En estat fonamental no. Aquesta correspon a una configuració electrònica d'un estat excitat.
22. La configuració d'un gas noble, tret de la de l'heli que és $1s^2$, acaba en np^6 . Tenen tots l'últim orbital ple i aquest fet els confereix una gran estabilitat. Qualsevol reacció implicaria perdre aquesta configuració electrònica, per tant perdre aquesta estabilitat.
23. a) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
b) $1s^2 2s^2 2p^6$
c) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$. Per que adquireix configuració electrònica de gas noble

II TAULA PERIÒDICA

24. Tenen vuit electrons en el darrer nivell, excepte l'heli que en té dos.
La seva configuració electrònica és $ns^2 np^6$; la de l'heli és $1s^2$.
25. El iode, el sofre, el carboni, el silici, el fòsfor, el seleni...
26. a) Al grup 2 anomenat alcalinoterris.
b) La densitat del radi ha d'ésser més gran que la del bari. El punt de fusió del radi ha d'ésser més gran que el del bari. El punt d'ebullició del radi ha d'ésser més baix que el del bari. Dades tretes d'un llibre de química: densitat Ra $\approx 5\text{g/cm}^3$; punt de fusió Ra = 960°C ; punt d'ebullició Ra $\approx 1\,140^\circ\text{C}$.
27. Les analogies que presenten els elements situats en una mateixa columna de la taula periòdica es deuen a una similitud en la seva configuració electrònica.
La periodicitat de les propietats físiques i químiques dels elements depèn del nombre d'electrons i de les energies dels orbitals que ocupen.
28. Or, tungstè, platí.
Sodi, liti, potassi.
Rubidi, cesi, plom.
Iridi, tungstè, osmi.
29. Metalls: liti, urani, vanadi, lantani i bismut.
No-metalls: iode, carboni, fòsfor, seleni.

30. Perquè els períodes s'estableixen en funció de l'ordre en què es van omplint els orbitals dels àtoms. Així, els àtoms que només tenen electrons en el primer nivell quàntic principal, $n = 1$, s'agrupen en el primer període. Els àtoms que només tenen electrons ocupant orbitals del primer i del segon nivell quàntic principal, $n = 1$ i $n = 2$, s'agrupen en el segon període. I així successivament. Per tant, el sodi, l'alumini i el clor estan situats en el tercer període, perquè només tenen electrons en els tres primers nivells quàntics principals, $n = 1$, $n = 2$ i $n = 3$. El sodi té un electró en aquest tercer nivell, l'alumini en té tres i el clor, set.
31. a) El seu nombre atòmic és vuit.
b) En el seu darrer nivell té sis electrons.
c) Es troba en el segon període de la taula periòdica.
32. Els elements representatius o elements tipus es caracteritzen per tenir els subnivells *s* o *p* parcialment ocupats i, per tant, tenen la configuració electrònica del darrer nivell compresa entre ns^1 i np^5 .
33. a) Grup catorze i període dos. És el carboni.
b) Grup dos i període tres. És el magnesi.
34. Ió Al^{3+} ($Z = 13$) $1s^2 2s^2 2p^6$
Ió S^{2-} ($Z = 16$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
35. a) Gas noble
b) Element de transició
c) Alcalí
d) Grup 17
e) Lantànid
f) 3r període
36. a) L'element C és un gas noble perquè té l'últim nivell energètic ple amb els dos electrons permesos com a màxim.
b) Són metalls l'element A i l'element B, perquè és una característica dels metalls tenir pocs electrons a l'últim nivell energètic. En concret, l'element A té un electró a l'últim nivell, i l'element B, en té dos.
Són no-metalls l'element D i l'element E, perquè és característic dels no-metalls tenir l'últim nivell energètic amb molts electrons. L'element D té 7 electrons en aquest últim nivell i l'element E en té sis.
c) L'element A, a més a més de ser un metall, és un metall de transició, perquè és característic que vagin addicionant electrons als orbitals d.
37. a) Element A ($Z = 9$): $1s^2 2s^2 2p^5$
Element B ($Z = 20$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
b) L'element A pertany al grup disset, perquè té set electrons a l'últim nivell energètic, i al període 2.
L'element B pertany al grup dos, perquè té dos electrons a l'últim nivell energètic, i al període 4.
c) El potencial d'ionització és l'energia necessària per arrencar un electró d'un àtom en fase gasosa i en estat fonamental. En funció del nombre atòmic, el potencial d'ionització varia periòdicament. L'element B és un metall, presenta un potencial d'ionització menor que el de l'element A, que és un no-metall.
Cal tenir en compte també que els electrons de l'última capa ($4s^2$) de l'element B estan més lluny del nucli ja que són del nivell quàntic $n = 4$, per tant, costaran menys d'arrencar que els electrons de l'última capa de l'element A ($2p^5$) que són del nivell quàntic $n = 2$.
38. L'energia d'ionització és l'energia necessària per arrencar un electró d'un àtom en fase gasosa i en estat fonamental. En un mateix període, l'energia d'ionització augmenta d'esquerra a dreta, perquè creix en el mateix sentit que la càrrega nuclear i disminueix el radi atòmic, per tant, l'electró resulta atret més fortament pel nucli i resulta més difícil d'arrencar. En un mateix grup, l'energia d'ionització disminueix de dalt cap a baix, perquè el volum atòmic augmenta i, per tant, l'electró és atret amb menys intensitat pel nucli.
Conseqüentment, l'àtom calci presentarà una energia d'ionització superior a la de l'àtom potassi, de resultes que estan situats en el mateix període quatre i l'àtom de calci és a la dreta de l'àtom de potassi.

Unitat 4 • Estructura atòmica. Taula periòdica

L'àtom sodi presentarà una energia d'ionització superior a la de l'àtom rubidi, de resultes que estan situats en el mateix grup 1 i l'àtom de sodi està per sobre de l'àtom de rubidi.

L'àtom d'estranci presentarà una energia d'ionització superior a la de l'àtom de rubidi, de resultes que estan situats en el mateix període cinc i l'àtom d'estranci és a la dreta de l'àtom de rubidi.

39. Sèrie 1: Potencial d'ionització creixent: Cs, Rb, K, Na, Li

Sèrie 2: Potencial d'ionització creixent: I, Br, Cl, F

40. a) $EI(\text{Na}) = 493 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \times \frac{10^3 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} \times \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ J}} \times \frac{1 \text{ mol de Na}}{6,02 \times 10^{23} \text{ àtoms de Na}} =$
 $= 5,12 \text{ eV/àtom}$

b) Si la ionització del sodi es produeix per mitjà d'una radiació electromagnètica, cada fotó d'aquesta radiació haurà de tenir, com a mínim, una energia de 5,12 eV, que expressada en Joule és:

$$5,12 \text{ eV} \times \frac{1,6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 8,192 \times 10^{-19} \text{ J}$$

La freqüència d'aquesta radiació és:

$$\nu = \frac{\varepsilon}{h} = \frac{8,192 \times 10^{-19} \text{ J}}{6,63 \times 10^{-34} \text{ Js}} = 1,23 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

$$\nu = 1,23 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

41. El procés d'ionització del liti és:



El potencial d'ionització del liti és:

$$EI(\text{Li}) = 517 \text{ kJ/mol d'àtoms} \times \frac{1 \text{ mol Li}}{6,02 \times 10^{23} \text{ àtoms Li}} \times \frac{10^3 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} =$$
$$= 8,58 \times 10^{-19} \text{ J/àtom}$$

Si la ionització del liti es produeix per mitjà d'una radiació electromagnètica, cada fotó d'aquesta radiació haurà de tenir, com a mínim, l'energia del potencial d'ionització.

La freqüència de la radiació electromagnètica de $\lambda = 50 \text{ nm}$ és:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{50 \text{ nm}} \times \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} = 6 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} = 6 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

L'energia de cada fotó de la radiació electromagnètica ultraviolada és:

$$\varepsilon = h\nu = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 6 \times 10^{15} \text{ Hz} = 3,98 \times 10^{-18} \text{ J}$$

L'energia de la radiació incident és més gran que el potencial d'ionització, per la qual cosa aquests fotons tenen energia suficient per ionitzar els àtoms de liti.

42. Els **metalls de transició** són elements que van afegint electrons als orbitals d. Reben aquest nom perquè els elements que els formen són metàl·lics però amb propietats que varien gradualment d'esquerra a dreta.

La característica comuna és que tots els elements de transició tenen com a última capa d'electrons la capa d.

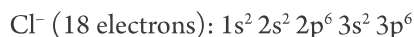
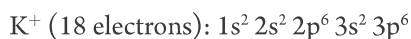
43. L'element amb una energia d'ionització més alta és l'heli, ja que és un gas noble i té una configuració electrònica molt estable i, a més a més, els electrons estan molt a prop del nucli, per la qual cosa hi ha una gran atracció nuclear i cal molta energia per arrancar-los.

44. a) Grup 1 i període 4.

b) És el potassi, K.

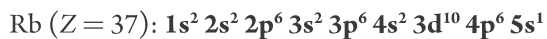
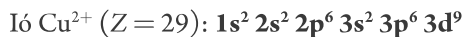
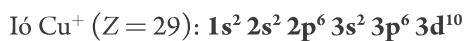
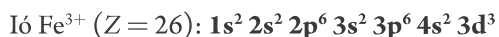
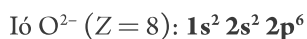
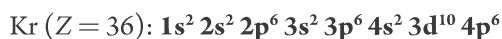
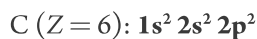
c) $\text{Ió K}^+ (Z = 19) 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

45. Si comparem les configuracions electròniques del K^+ i del Cl^- :



Veiem que tenen el mateix nombre d'electrons, però això no vol dir que els dos ions siguin iguals perquè el nombre de protons i de neutrons és diferent.

46. Les configuracions electròniques són:



Nota: La configuració electrònica del Cu és una anomalia i és $[Ar] 3d^{10} 4s^1$, d'aquesta manera s'emplena tota la capa d.

INVESTIGA

47. Respostes d'investigació.

48. Respostes d'investigació.

Avaluació diagnòstica. Elements descoberts els últims anys

1. A part dels electrons, les partícules que formen els àtoms són els protons i els neutrons.
2. Tant els neutrons com els protons es troben al nucli de l'àtom, i els electrons es troben als orbitals atòmics, el que antigament es coneixia com a escorça de l'àtom, la seva zona perifèrica.
3. Sí, les partícules són les mateixes: protons, neutrons i electrons. El que canvia és el nombre de partícules que constitueixen l'àtom, aspecte que ve definit pel nombre atòmic i el nombre màssic.
4. En un mateix element no tots els àtoms són iguals. Tots tenen el mateix nombre de protons, però el nombre d'electrons es pot veure afectat i aleshores tenim els ions (cations i anions). El nombre de neutrons també pot variar, la qual cosa dóna lloc als isòtops.
Els ions tenen càrrega diferent en signe i valor, i això els dóna propietats diferents. Els isòtops també presenten característiques diferents; així per exemple, n'hi ha alguns que són radioactius, d'altres no, alguns són estables i d'altres no, etc. Difereixen també quant a l'abundància en què es troben a la natura.
5. No és inamovible. De fet la taula periòdica ha anat evolucionant al llarg de la història, i s'hi han anat col·locant els elements nous i de nova síntesi. A mesura que se'n van sintetitzant de nous, es van col·locant al lloc que els pertoca segons el nombre atòmic, però calen encara molts anys per poder determinar-ne algunes de les característiques físiques i químiques.