

Υδατική Χημεία

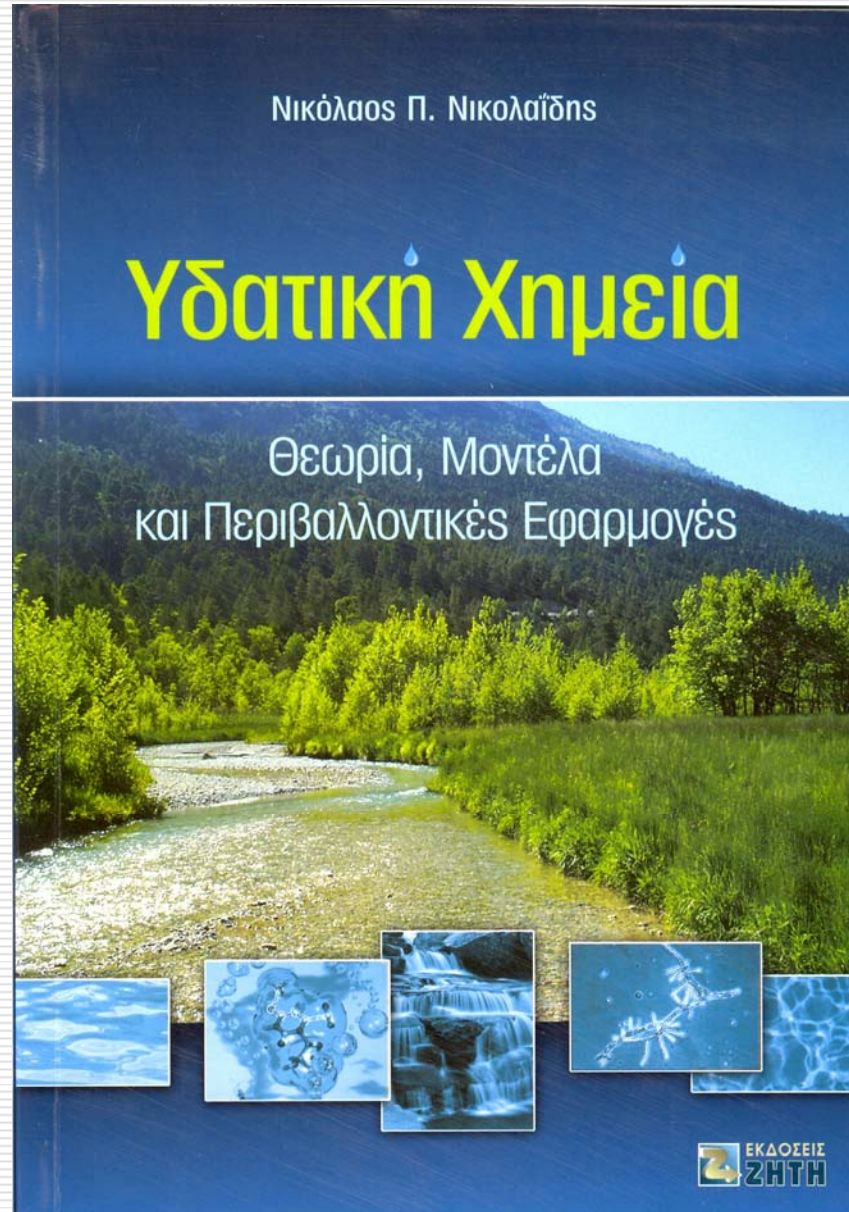
Νίκος Ξεκουκουλωτάκης

Πολυτεχνείο Κρήτης

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Γραφείο Κ1.122, τηλ.:28210-37796

e-mail:nikosxek@gmail.com



Περίληψη



- Σκοπός του μαθήματος
- Το νερό
- Απαραίτητες χημικές έννοιες
 - ✓ Χημικά στοιχεία και ενώσεις
 - ✓ Άτομα, μόρια και ιόντα
 - ✓ Στοιχειομετρία χημικών αντιδράσεων- η έννοια του mole
 - ✓ Διαλύματα
 - ✓ Τρόποι έκφρασης της συγκέντρωσης διαλυμένης ουσίας σε διάλυμα

Σκοπός του μαθήματος



- Κατανόηση των χημικών αντιδράσεων και των φυσικο-χημικών διεργασιών οι οποίες επηρεάζουν την κατανομή των διαφόρων χημικών ειδών στα φυσικά ύδατα (ποιότητα των φυσικών υδάτων).
- Εκμάθηση μεθόδων εκτίμησης της ποιότητας των φυσικών υδάτων.

Χαρακτηριστικά ποιότητας νερού



ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ Ι.Γ.Μ.Ε. Μέσος όρος 2008:

PH 7,8 Αγωγιμότητα (25° C) 282 μS/cm, Στερεό Υπόλειμμα (180°) 160 mg/Lt.,
Ολική σκληρότητα 134 mg/Lt. (CaCo3)

Κατιόντα/Cations: Ασβέστιο Ca 33,2 mg/Lt., Μαγνήσιο Mg 12,6 mg/Lt.,
Νάτριο Na 6,3 mg/Lt., Κάλιο K 0,35 mg/Lt., Αμμώνιο NH4 <0,2 mg/Lt.,
Σίδηρος Fe <100 μg/Lt., Μαγγάνιο Mn <5μg/Lt.

Ανιόντα/Anions: Οξυανθρακικά HCO3 153 mg/Lt., Χλωριούχα Cl 11,7 mg/Lt.,
Θειικά SO4 5,7 mg/Lt., Νιτρικά NO3 <5 mg/Lt., Νιτρώδη NO2 < 0,02 mg/Lt.

ΑΔΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Δ/ΝΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΝΟΜ. ΑΥΤΟΔ. ΧΑΝΙΩΝ Φ 14.19/1621/06

0,75L www.etanap.gr 0,75L

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ Ι.Γ.Μ.Ε. Μέσος όρος 2003

PH 7,8
Αγωγιμότητα (25° C) 279 μS/cm
Στερεό Υπόλειμμα (180°) 156 mg/l
Σκληρότητα ολική 128 mg/l (CaCo3)

Κατιόντα/Cations

Ασβέστιο	Ca	29	Mg/l
Μαγνήσιο	Mg	14	Mg/l
Νάτριο	Na	6,7	Mg/l
Κάλιο	K	0,5	Mg/l
Αμμώνιο	NH4	<0,26	Mg/l
Μαγγάνιο	Mn	< 10	Mg/l

Ανιόντα/Anions

Οξυανθρακικά	HCO3	147	Mg/l
Χλωριούχα	Cl	14,2	Mg/l
Θειικά	SO4	3	Mg/l
Νιτρικά	NO3	<5	Mg/l
Νιτρώδη	NO2	<0,02	Mg/l

ΑΔΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Δ/ΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΝΟΜ. ΑΥΤΟΔ. ΧΑΝΙΩΝ Φ1419/196/06-09-01
ΑΔΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Α.Τ. ΒΑΜΟΥ
712/2643/1α/3-12-81

CRETE

CRYSTAL CLEAR WATER

ΠΟΥΣ ΠΡΟΠΟΔΕΣ ΤΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΩΣ

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΤΙΜΗ 0,80 €

Μηχανικοί Περιβάλλοντος και Νερό



- Επεξεργασία νερού
- Επεξεργασία υγρών αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων
- Επεξεργασία και διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων
- Διάθεση στερεών αποβλήτων
- Εκτίμηση και αποκατάσταση των φυσικών συστημάτων (επιφανειακά και υπόγεια νερά)

Το νερό



- Το νερό είναι το πιο άφθονο υγρό στον πλανήτη μας.
- Είναι απολύτως αναγκαίο για την επιβίωση όλων των μορφών ζωής.
- Χρησιμεύει ως το μέσο μεταφοράς των διαφόρων ουσιών που είναι απαραίτητες για την διατήρηση της ζωής.
- Αποτελεί το φυσικό περιβάλλον για τα είδη που ζουν στις θάλασσες και στις λίμνες.

Άνθρωπος και νερό



- Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από 65%-75% κατά βάρος από νερό.
- Κάθε άνθρωπος χρειάζεται περίπου 1.5-2 λίτρα νερού κάθε μέρα.
- Ο άνθρωπος δεν μπορεί να επιβιώσει χωρίς νερό παραπάνω από λίγες μέρες.

Νερό και πληθυσμός της Γης



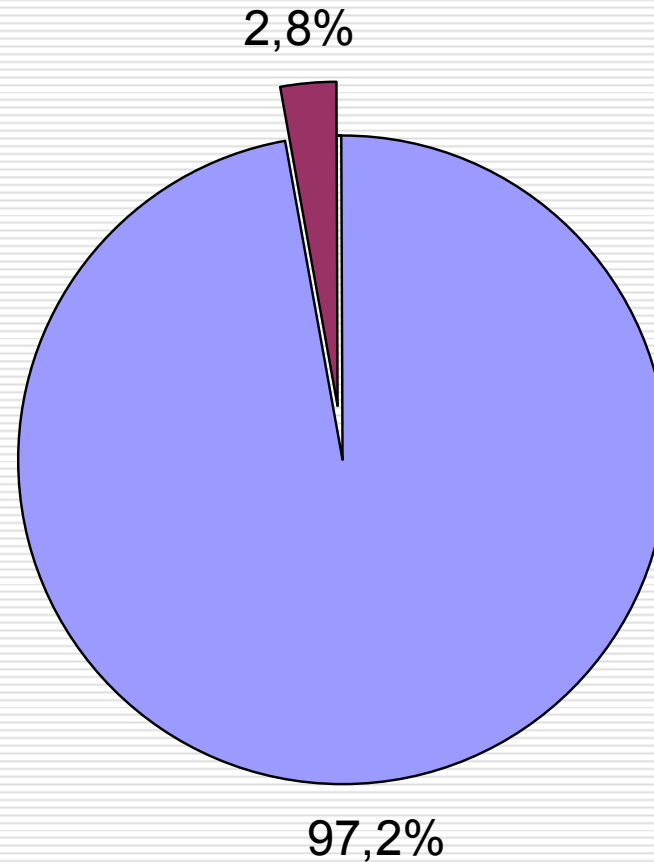
- Ο πληθυσμός της Γης συνεχίζει να μεγαλώνει με αυξανόμενους ρυθμούς.
- Η ανάγκη για καθαρό νερό γίνεται όλο και πιο επιτακτική.
- Για αρκετούς ανθρώπους η ποιότητα του περιβάλλοντος καθορίζεται περισσότερο από οτιδήποτε άλλο από την ποιότητα του νερού που υπάρχει διαθέσιμο γύρω τους.

Το νερό στον πλανήτη Γη



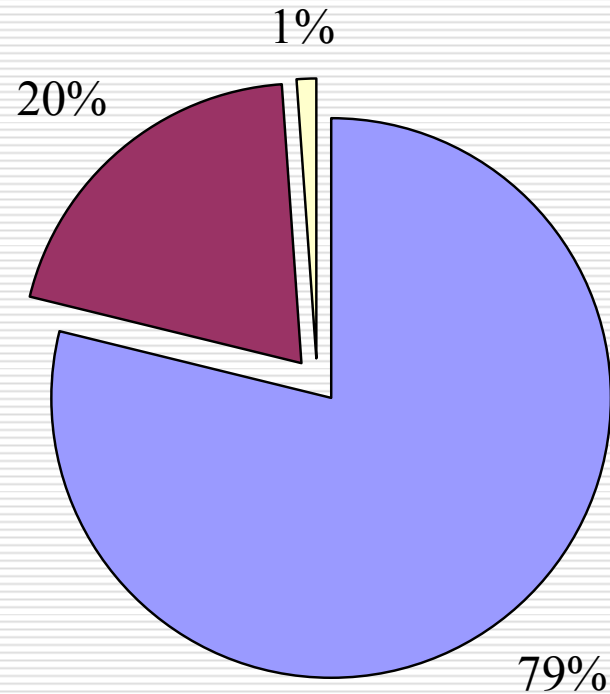
- Το νερό καλύπτει το 73% της επιφάνειας της Γης, σχεδόν τρεις φορές περισσότερο από την επιφάνεια που καλύπτουν οι ήπειροι.
- Είναι βασικό συστατικό της ατμόσφαιρας και του εδάφους.

Κατανομή του νερού της Γης



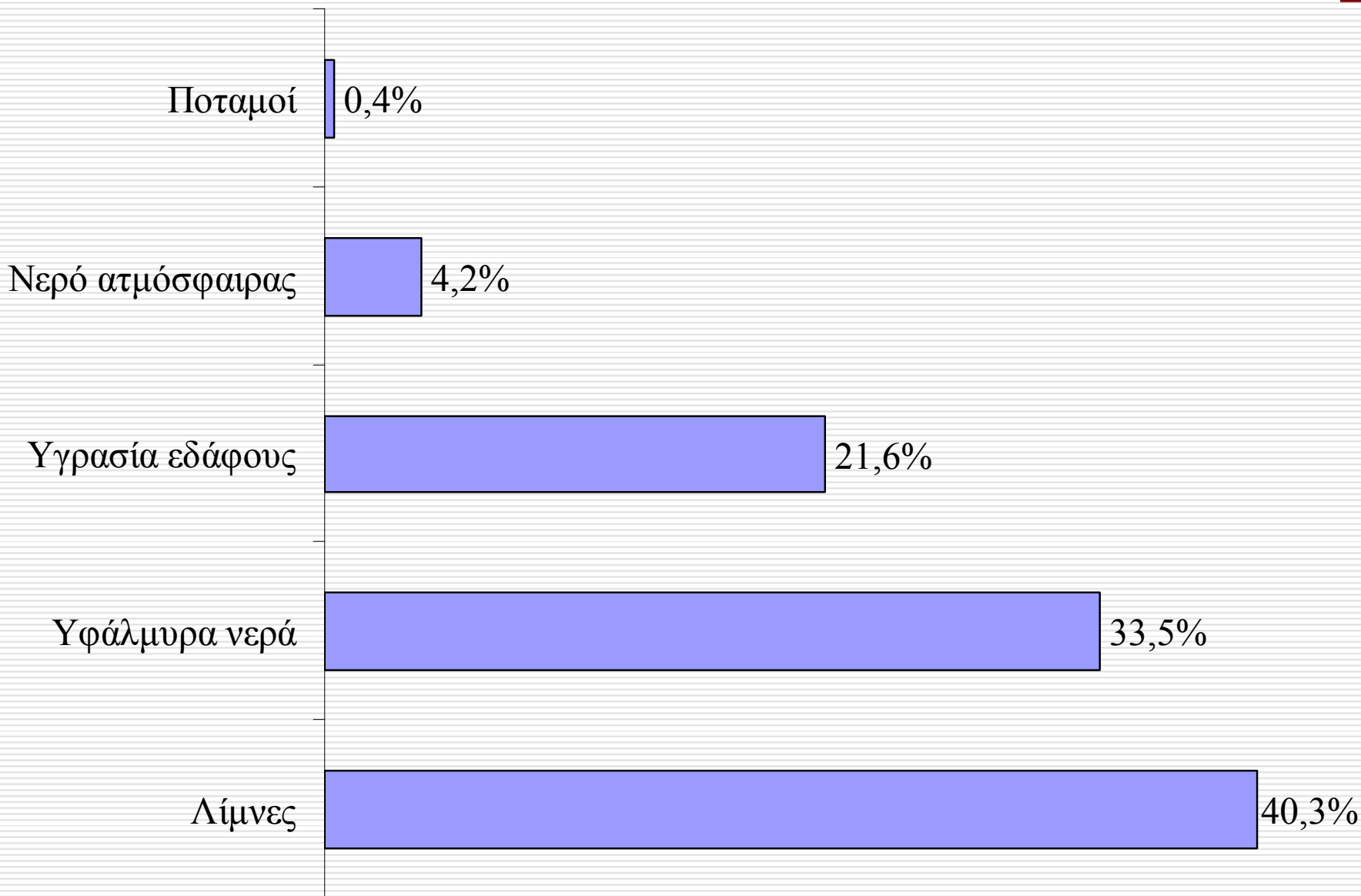
■ Θάλασσες-Ωκεανοί ■ Γλυκό νερό

Γλυκό νερό



■ Πάγοι και χιόνια ■ Υπόγεια νερά ■ Επιφανειακά νερά

Επιφανειακά νερά



Το γλυκό νερό στον πλανήτη Γη



- Συνολικά το ποσοστό του γλυκού νερού που είναι διαθέσιμο για ανθρώπινη χρήση είναι αρκετά μικρό (λιγότερο από 1%).
- Παρόλο όμως το μικρό ποσοστό του διαθέσιμου νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, έχει υπολογιστεί ότι το νερό αυτό επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες 20 έως 40 δισεκατομμυρίων ανθρώπων.

Γιατί υπάρχει έλλειψη νερού?



- Παρόλο που ο πληθυσμός της Γης είναι λίγο πάνω από 6 δισεκατομμύρια, υπάρχει έλλειψη νερού σε πολλά σημεία του πλανήτη.
- Σε αρκετές περιοχές υπάρχει άφθονο νερό μια εποχή του χρόνου και έλλειψη σε μια άλλη.
- Σε άλλες περιοχές το νερό δεν είναι κατάλληλο για ανθρώπινη χρήση εξαιτίας φυσικής ή ανθρώπινης μόλυνσης.

Προκύπτει λοιπόν η ανάγκη



- ✓ Για σωστή και ορθολογική διαχείριση των διαθέσιμων υδατικών πόρων,
- ✓ Για προστασία του νερού από τις διάφορες πηγές μόλυνσης

...αλλά λίγο το νερό

για να το 'χεις Θεό και να κατέχεις τι
σημαίνει ο λόγος του

Οδυσσέας Ελύτης, Άξιον Εστί, Η Γένεσις

Απαραίτητες χημικές έννοιες



- Χημικά στοιχεία και ενώσεις
- Άτομα, μόρια και ιόντα
- Στοιχειομετρία χημικών αντιδράσεων-mole
- Διαλύματα
- Τρόποι έκφρασης της συγκέντρωσης διαλυμένης ουσίας σε διάλυμα
- Ασκήσεις

Χημικά στοιχεία και ενώσεις



- Οι χημικές ουσίες χωρίζονται σε:
 - ✓ χημικά στοιχεία (elements)
 - ✓ χημικές ενώσεις (compounds)
- Χημικά στοιχεία: δεν μπορούν να διασπαστούν σε απλούστερες χημικές ουσίες. Αποτελούνται από ένα μόνο είδος ατόμων. π.χ. H_2 , O_2 , N_2 , C , Na , Ca , ...
- Χημικές ενώσεις: αποτελούνται από δύο ή περισσότερα είδη ατόμων. Π.χ. H_2O , $NaCl$, H_2SO_4 , NH_3 , CH_4 , CH_3CH_2OH , CH_3COOH , ...

Χημικά στοιχεία: 116, <http://www.webelements.com>

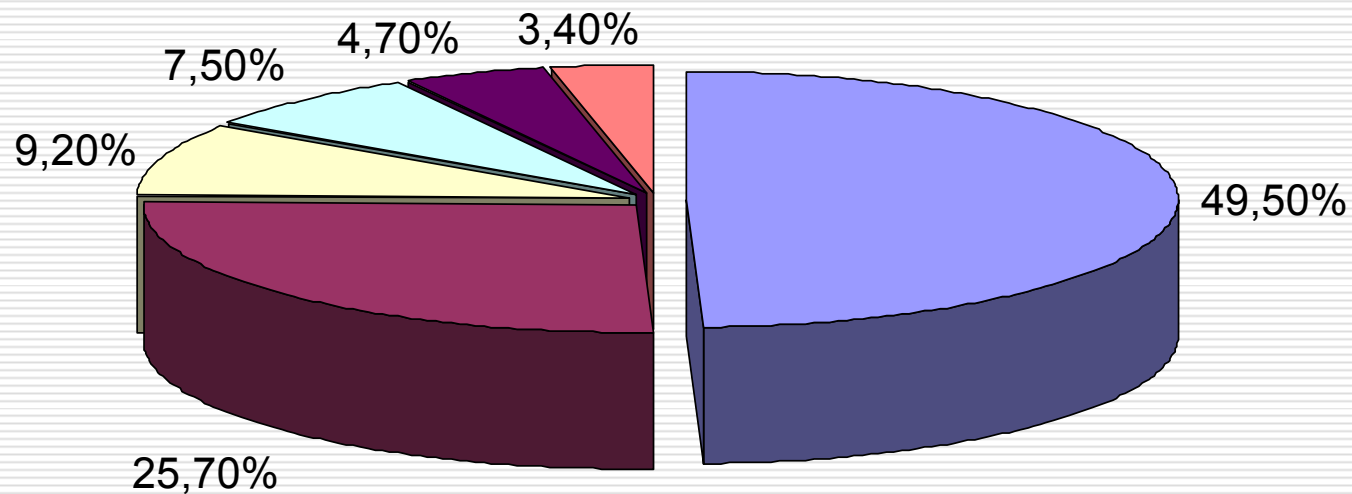


PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

Main groups												Main groups											
1A ^a 1		2A 2		Transition metals								3A 13					4A 14	5A 15	6A 16	7A 17	8A 18		
1	H 1.00794																					He 4.002602	
2	Li 6.941	Be 9.012182												B 10.811	C 12.0107	N 14.0067	O 15.9994	F 18.998403	Ne 20.1797				
3	Na 22.989770	Mg 24.3050	3B 3	4B 4	5B 5	6B 6	7B 7	8B 8 9 10		1B 11	2B 12	Al 26.981538	Si 28.0855	P 30.973761	S 32.065	Cl 35.453	Ar 39.948						
4	K 39.0983	Ca 40.078	Sc 44.955910	Ti 47.867	V 50.9415	Cr 51.9961	Mn 54.938049	Fe 55.845	Co 58.933200	Ni 58.6934	Cu 63.546	Zn 65.39	Ga 69.723	Ge 72.64	As 74.92160	Se 78.96	Br 79.904	Kr 83.80					
5	Rb 85.4678	Sr 87.62	Y 88.90585	Zr 91.224	Nb 92.90638	Mo 95.94	Tc [98]	Ru 101.07	Rh 102.90550	Pd 106.42	Ag 107.8682	Cd 112.411	In 114.818	Sn 118.710	Sb 121.760	Te 127.60	I 126.90447	Xe 131.293					
6	Cs 132.90545	Ba 137.327	Lu 174.967	Hf 178.49	Ta 180.9479	W 183.84	Re 186.207	Os 190.23	Ir 192.217	Pt 195.078	Au 196.96655	Hg 200.59	Tl 204.3833	Pb 207.2	Bi 208.98038	Po [208.98]	At [209.99]	Rn [222.02]					
7	Fr [223.02]	Ra [226.03]	Lr [262.11]	Rf [261.11]	Db [262.11]	Sg [266.12]	Bh [264.12]	Hs [269.13]	Mt [268.14]														

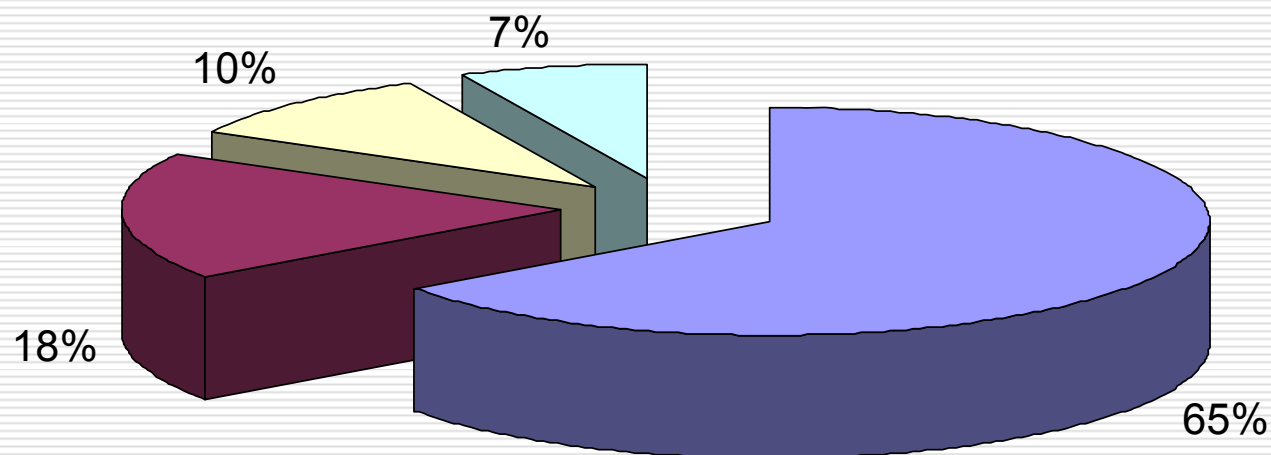
*Lanthanide series	*La 138.9055	Ce 140.116	Pr 140.90765	Nd 144.24	Pm [145]	Sm 150.36	Eu 151.964	Gd 157.25	Tb 158.92534	Dy 162.50	Ho 164.93032	Er 167.259	Tm 168.93421	Yb 173.04
†Actinide series	†Ac [227.03]	Th 232.0381	Pa 231.03588	U 238.02891	Np [237.05]	Pu [244.06]	Am [243.06]	Cm [247.07]	Bk [247.07]	Cf [251.08]	Es [252.08]	Fm [257.10]	Md [258.10]	No [259.10]

Κατανομή των στοιχείων στο φλοιό της Γης



■ Οξυγόνο ■ Πυρίτιο ■ Άλλα ■ Αργίλιο ■ Σίδηρος ■ Ασβέστιο

Κατανομή των στοιχείων στο ανθρώπινο σώμα



■ Οξυγόνο ■ Άνθρακας ■ Υδρογόνο ■ Άλλα

Χημικές ενώσεις



- Τα χημικά στοιχεία ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν χημικές ενώσεις (όπως τα γράμματα της αλφαβήτου ενώνονται και σχηματίζουν λέξεις).
- 1990: 10 εκατομμύρια
- 21 Νοεμβρίου 2008: 40 εκατομμύρια
- 7 Σεπτεμβρίου 2009: 50 εκατομμύρια
- 3 Οκτωβρίου 2009: 50.558.487
- Πηγή: American Chemical Society, Chemical Abstracts Service (CAS), CAS Registry, <http://www.cas.org>

Ατομική θεωρία της ύλης (John Dalton)

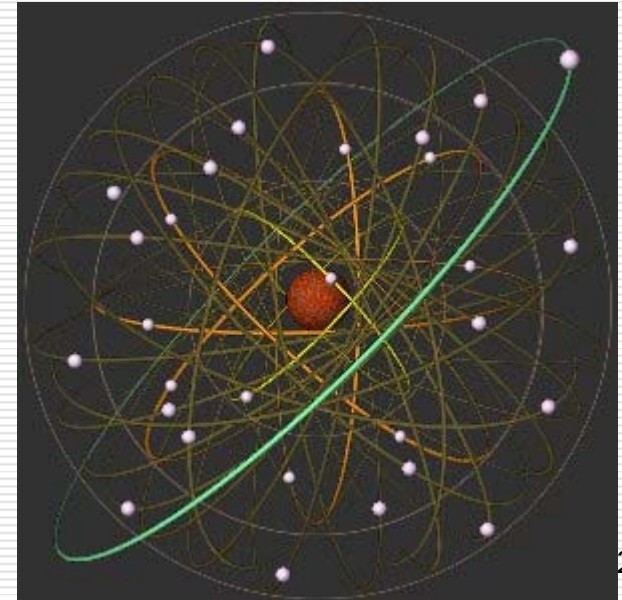
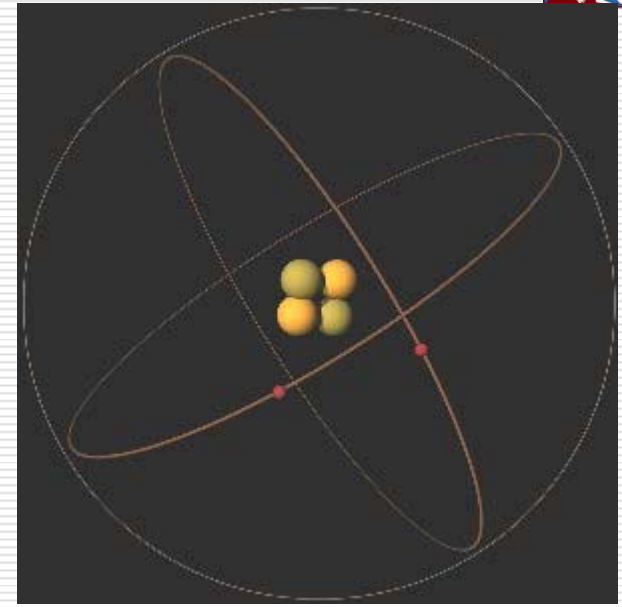


- Κάθε στοιχείο αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια τα οποία ονομάζονται **άτομα** (atoms)
- Όλα τα άτομα ενός στοιχείου είναι ίδια μεταξύ τους και διαφέρουν από τα άτομα των άλλων στοιχείων
- Στις χημικές αντιδράσεις τα άτομα των στοιχείων παραμένουν αναλλοίωτα (τα άτομα ούτε δημιουργούνται ούτε καταστρέφονται)
- Οι χημικές ενώσεις σχηματίζονται όταν ενώνονται μεταξύ τους τα άτομα περισσότερων του ενός στοιχείου

Δομή του ατόμου



- Πυρήνας ατόμου:
 - ✓ πρωτόνια (p^+)
 - ✓ νετρόνια (n^0)
- Τα ηλεκτρόνια (e^-) κινούνται σε τροχιές γύρω από τον πυρήνα
- Σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη στον πυρήνα του: $m_p \approx m_n \approx 1836m_e$
- Μάζες ατόμων: 10^{-24} έως 10^{-22} g
- Διάμετρος ατόμων: 1×10^{-10} έως 5×10^{-10} m (100-500 pm)



Ατομικός και μαζικός αριθμός



Μαζικός αριθμός (A)
Αριθμός πρωτονίων και νετρονίων

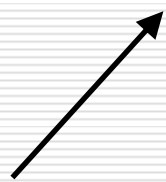


12

C

← σύμβολο του στοιχείου

6



Ατομικός αριθμός (Z)
Αριθμός πρωτονίων

Να συμπληρωθεί ο πίνακας



Στοιχείο	Z	A	p	n	e
C	6	12	6	6	6
C	6	13	6	7	6
C	6	14	6	8	6
H	1	1	1	0	1
N	7	14	7	7	7
O	8	16	8	8	8
Na	11	23	11	12	11
Ca	20	40	20	20	20
Cl	17	35	17	18	17
Cl	17	37	17	20	17

Ατομικό βάρος, A_r



- Η μέτρηση της μάζας των ατόμων σε γραμμάρια είναι δυσχερής λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των ατόμων (μάζες ατόμων: 10^{-24} έως 10^{-22} g).
- Σχετικό ατομικό βάρος ή σχετική ατομική μάζα (A_r): η μάζα των στοιχείων υπολογίζεται ως προς μια αυθαίρετη μονάδα μάζας ατομικών διαστάσεων.
- Αρχικά (Dalton, 1803-07) επιλέχθηκε ως μονάδα μέτρησης της μάζας, η μάζα του υδρογόνου στην οποία δόθηκε αυθαίρετα η τιμή 1,00

Ατομικό βάρος, A_r



- Αργότερα (Aston, 1921) χρησιμοποιήθηκε ως μονάδα μέτρησης το $1/16$ της μάζας του ισοτόπου του ^{16}O .
- Το 1961 ορίστηκε η ενοποιημένη ατομική μονάδα μάζας (unified atomic mass unit, amu ή u) ως το $1/12$ της μάζας του ισοτόπου του ^{12}C .
 - ✓ Μάζα του $^{12}\text{C}=12$ amu
 - ✓ Μάζα του $^1\text{H}=1,0078$ amu
 - ✓ Μάζα του $^{16}\text{O}=15,9949$ amu

Ατομικά βάρη των στοιχείων



PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

Main groups												Main groups						
1A ^a																	8A	
1	2A											3A	4A	5A	6A	7A	2	
1	2											13	14	15	16	17	18	
1	H 1.00794																He 4.002602	
2	Li 6.941	Be 9.012182	Transition metals										B 10.811	C 12.0107	N 14.0067	O 15.9994	F 18.998403	Ne 20.1797
3	Na 22.989770	Mg 24.3050	3B 3	4B 4	5B 5	6B 6	7B 7	8B 8 9 10		1B 11	2B 12	Al 26.981538	Si 28.0855	P 30.973761	S 32.065	Cl 35.453	Ar 39.948	
4	K 39.0983	Ca 40.078	Sc 44.955910	Ti 47.867	V 50.9415	Cr 51.9961	Mn 54.938049	Fe 55.845	Co 58.933200	Ni 58.6934	Cu 63.546	Zn 65.39	Ga 69.723	Ge 72.64	As 74.92160	Se 78.96	Br 79.904	Kr 83.80
5	Rb 85.4678	Sr 87.62	Y 88.90585	Zr 91.224	Nb 92.90638	Mo 95.94	Tc [98]	Ru 101.07	Rh 102.90550	Pd 106.42	Ag 107.8682	Cd 112.411	In 114.818	Sn 118.710	Sb 121.760	Te 127.60	I 126.90447	Xe 131.293
6	Cs 132.90545	Ba 137.327	Lu 174.967	Hf 178.49	Ta 180.9479	W 183.84	Re 186.207	Os 190.23	Ir 192.217	Pt 195.078	Au 196.96655	Hg 200.59	Tl 204.3833	Pb 207.2	Bi 208.98038	Po [208.98]	At [209.99]	Rn [222.02]
7	Fr [223.02]	Ra [226.03]	Lr [262.11]	Rf [261.11]	Db [262.11]	Sg [266.12]	Bh [264.12]	Hs [269.13]	Mt [268.14]	[271.15]	[272.15]	[277]	[284]	[289]	[288]	[292]		

*Lanthanide series	57 *La 138.9055	58 Ce 140.116	59 Pr 140.90765	60 Nd 144.24	61 Pm [145]	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92534	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93032	68 Er 167.259	69 Tm 168.93421	70 Yb 173.04
†Actinide series	89 †Ac [227.03]	90 Th 232.0381	91 Pa 231.03588	92 U 238.02891	93 Np [237.05]	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]

Μέσες ατομικές μάζες των στοιχείων



- Σχεδόν όλα τα χημικά στοιχεία απαντώνται στη φύση ως μίγματα ισοτόπων.
- Για παράδειγμα ο άνθρακας απαντάται στη φύση ως μίγμα δύο ισοτόπων, του ^{12}C σε αναλογία 98,93% και του ^{13}C σε αναλογία 1,07%.
- Μάζα ^{12}C =12 amu (εξ' ορισμού)
- Μάζα ^{13}C =13,00335 amu

Ατομική μάζα του άνθρακα στη φύση

$$0,9893 \times 12 + 0,0107 \times 13,00335 = 12,0107 \text{ amu}$$

Μόρια



- Τα άτομα ενώνονται μεταξύ τους μέσω των χημικών δεσμών προς σχηματισμό μορίων.
- Μόρια στοιχείων: H_2 , N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2
- Μόρια χημικών ενώσεων: H_2O , H_2O_2 , NH_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 , CO_2 , CH_4 , ...
- Σχετικό μοριακό βάρος, M_r : υπολογίζεται με βάση το μοριακό τύπο της ένωσης και τα ατομικά βάρη των στοιχείων.

$$M_r(H_2SO_4) = 2 \times A_r(H) + A_r(S) + 4 \times A_r(O) = \\ 2 \times 1,008 + 32,065 + 4 \times 15,999 = 98,077 \text{ amu}$$

Ιόντα



- Τα ιόντα (ions) είναι φορτισμένα άτομα ή ομάδες ατόμων, π.χ. Na^+ , Ca^{2+} , Fe^{3+} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}
- Τα θετικά φορτισμένα ιόντα ονομάζονται κατιόντα (cations), ενώ τα αρνητικά φορτισμένα ονομάζονται ανιόντα (anions)
- Τα ιόντα προκύπτουν με αποβολή ή πρόσληψη ηλεκτρονίων από ουδέτερα άτομα ή ομάδες ατόμων.





Το πρόβλημα

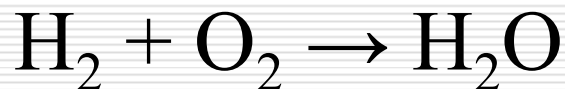
- Σε ένα κλειστό δοχείο τοποθετούνται 8 γραμμάρια O_2 και 2 γραμμάρια H_2 σε κατάλληλες συνθήκες ώστε να πραγματοποιηθεί χημική αντίδραση. Να βρεθεί πόσα γραμμάρια H_2O θα σχηματιστούν.

Στοιχειομετρία χημικών αντιδράσεων

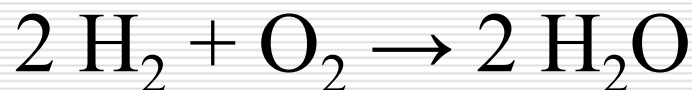


- Υπολογισμός των ποσοτήτων των αντιδρώντων που καταναλώνονται και των προϊόντων που παράγονται σε μια χημική αντίδραση.
- **Νόμος Lavoisier:** Σε κάθε χημική αντίδραση η μάζα των αντιδρώντων ισούται με τη μάζα των προϊόντων.

Χημικές εξισώσεις



- Σε κάθε χημική αντίδραση, τα άτομα ούτε δημιουργούνται ούτε καταστρέφονται.
- Ο αριθμός των ατόμων πρέπει να είναι ίσος σε κάθε πλευρά της χημικής εξίσωσης.



ή



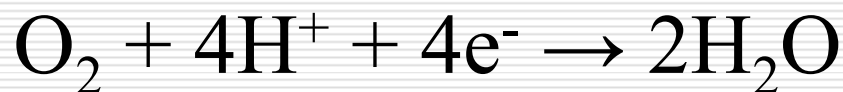
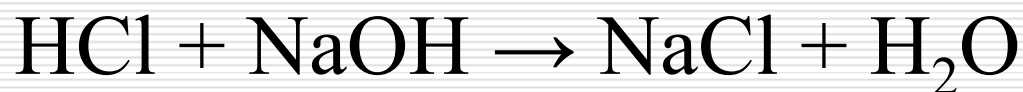
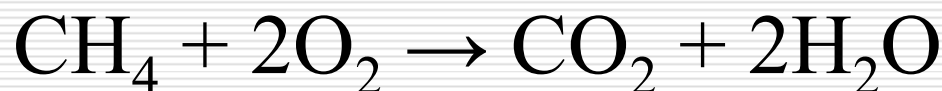
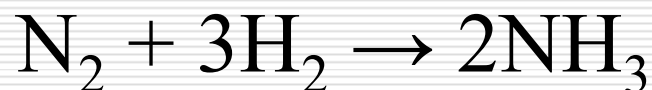
στοιχειομετρικοί συντελεστές

Τι εκφράζουν οι στοιχειομετρικοί συντελεστές?



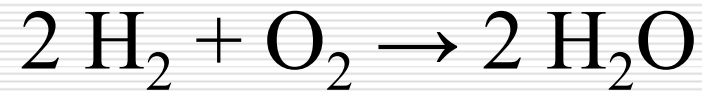
- Εκφράζουν την **αναλογία των μορίων** αντιδρώντων και προϊόντων, π.χ.:
- ✓ 2 μόρια υδρογόνου αντιδρούν με 1 μόριο οξυγόνου και σχηματίζονται 2 μόρια νερού
- ✓ 500 μόρια υδρογόνου αντιδρούν με 250 μόρια οξυγόνου και σχηματίζονται 500 μόρια νερού
- ✓ $2n$ μόρια υδρογόνου αντιδρούν με n μόρια οξυγόνου και σχηματίζονται $2n$ μόρια νερού

Βρείτε τους συντελεστές



- Παρατήρηση: στις χημικές εξισώσεις στις οποίες συμμετέχουν ιόντα ή/και ηλεκτρόνια το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων των αντιδρώντων και των προϊόντων είναι ίσο

Το πρόβλημα



$$2 \text{ g} + 8 \text{ g} = ??? \text{ g}$$

H_2



O_2



Επαναδιατύπωση του προβλήματος



- Θέλουμε να παρασκευάσουμε χυμό φρούτων αποτελούμενο από κεράσια και πορτοκάλια χρησιμοποιώντας διπλάσιο αριθμό κερασιών από ότι πορτοκαλιών.
- Διαθέτουμε 2 κιλά κεράσια και 8 κιλά πορτοκάλια.
- Υπολογίστε πόσα κιλά κεράσια και πόσα κιλά πορτοκάλια θα χρησιμοποιήσετε **με βάση τη συνταγή** και πόσα κιλά χυμού θα παρασκευάσετε.

Λύση του προβλήματος



- Χρειάζεται να γνωρίζουμε τη **μάζα** του κερασιού και του πορτοκαλιού (όλα τα κεράσια είναι όμοια μεταξύ τους, όπως και όλα τα πορτοκάλια).
- Μάζα κερασιού, $M_{\kappa}=10$ g/κεράσι
- Μάζα πορτοκαλιού, $M_{\pi}=200$ g/πορτοκάλι

Λύση του προβλήματος



- Υπολογίζουμε τον αριθμό των κερασιών και των πορτοκαλιών:
- ✓ αριθμός κερασιών = $m_{\kappa} / M_{\kappa} = 2000 / 10 = 200$
κεράσια
- ✓ αριθμός πορτοκαλιών = $m_{\pi} / M_{\pi} = 8000 / 200 = 40$
πορτοκάλια
- Άρα απαιτούνται 40 πορτοκάλια (8 kg) και 80 κεράσια (0,8 kg) και θα παρασκευαστούν 8,8 kg χυμού.
- Περισσεύουν 120 κεράσια (1,2 kg).

Αριθμός Avogadro και η έννοια του mole



- Ορισμός του **mole** (mol): ποσότητα της ύλης η οποία περιέχει τον ίδιο αριθμό στοιχειωδών σωματιδίων (άτομα, μόρια ή οποιαδήποτε άλλα αντικείμενα) με τον αριθμό των ατόμων που περιέχονται σε 12 g του ισοτόπου του ^{12}C .
- Σε 12 g του ισοτόπου του ^{12}C περιέχονται **$6,0221421 \times 10^{23}$** (αριθμός **Avogadro**) άτομα.
- Άρα, 1 mol ύλης περιέχει $6,022 \times 10^{23}$ στοιχειώδη σωματίδια.

1 mol



- 1 mol ατόμων ^{12}C = $6,022 \times 10^{23}$ άτομα ^{12}C
 - 1 mol μορίων H_2O = $6,022 \times 10^{23}$ μόρια H_2O
 - 1 mol ιόντων NO_3^- = $6,022 \times 10^{23}$ ιόντα NO_3^-
 - 1 mol πέτρες = $6,022 \times 10^{23}$ πέτρες
 - 1 mol άνθρωποι = $6,022 \times 10^{23}$ άνθρωποι
 - 1 mol ευρώ = $6,022 \times 10^{23}$ ευρώ
- ... είναι πολλά τα λεφτά ...

1 mol ζυγίζει όσο το A_r ή το M_r σε g



- 1 mol ατόμων ^{12}C ζυγίζει 12 g (εξ' ορισμού)
- 1 mol ατόμων, μορίων ή ιόντων ζυγίζει όσο το ατομικό ή το μοριακό βάρος σε g.
- 1 mol ατόμων H ζυγίζει 1 g
- 1 mol ατόμων Na ζυγίζει 23 g
- 1 mol μορίων H_2O ζυγίζει 18 g
- 1 mol ιόντων NO_3^- ζυγίζει 62 g

Υπολογισμός του αριθμού των mol



$$n = \frac{m}{A_r} \quad \text{ή} \quad n = \frac{m}{M_r}$$

όπου:

n : αριθμός mol

m : μάζα της ουσίας σε g

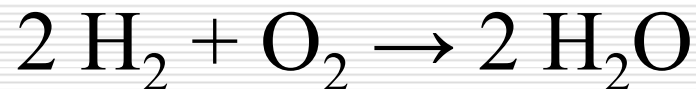
A_r ή M_r : ατομικό ή μοριακό βάρος σε g/mol

Να υπολογιστεί ο αριθμός των mol



- 4,5 g H₂O
- 2 g NaOH
- 4,9 g H₂SO₄
- 3 g CH₃COOH
- 5 g CaCO₃
- 6,3 HNO₃
- 5,26 g Fe₂(SO₄)₃·7H₂O
- 4,74 g KAl(SO₄)₂·12H₂O
- 9,16 Na₂SO₄·Al₂(SO₄)₃·24H₂O

Στοιχειομετρικοί συντελεστές και mol



- Σε κάθε χημική αντίδραση οι στοιχειομετρικοί συντελεστές εκφράζουν την **αναλογία των mol** των αντιδρώντων και των προϊόντων της αντίδρασης.
- 2 mol H_2 αντιδρούν με 1 mol O_2 και σχηματίζονται 2 mol H_2O .
- 0,1 mol H_2 αντιδρούν με 0,05 mol O_2 και σχηματίζονται 0,1 mol H_2O
- ... ΚΟΚ

Μεθοδολογία λύσης των προβλημάτων



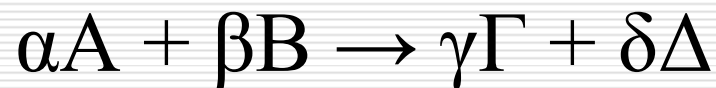
Δεδομένα:

**μάζες των
αντιδρώντων
A ή/και B**



Ζητούμενα:

**μάζες των
προϊόντων
Γ ή/και Δ**



↓
χρήση των μοριακών
μαζών

↑
χρήση των μοριακών
μαζών

↓
**mol των
αντιδρώντων
A ή/και B**

→
χρήση των
στοιχειομετρικών
συντελεστών της χημικής
εξίσωσης

↑
**mol των
προϊόντων
Γ ή/και Δ**

Το πρόβλημα



$$\text{H}_2: n = \frac{m}{M_r} = \frac{2 \text{ g}}{2 \text{ g / mol}} = 1 \text{ mol}$$

$$\text{O}_2: n = \frac{m}{M_r} = \frac{8 \text{ g}}{32 \text{ g / mol}} = 0,25 \text{ mol}$$

mol	2 H ₂	+	O ₂	→	2 H ₂ O
Αρχικά	1		0,25		
Αντιδρούν/παράγονται					
Τελικά					

Άρα παράγονται $0,5 \times 18 = 9 \text{ g H}_2\text{O}$ και **περισσεύουν**
 $0,5 \times 2 = 1 \text{ g H}_2$

Διαλύματα



- Διάλυμα = ομογενές μίγμα
- Διάλυμα
 - ✓ Διαλύτη: συνήθως βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία, π.χ. νερό
 - ✓ Διαλυμένη(ες) ουσία(ες): βρίσκονται συνήθως σε μικρότερη αναλογία και μπορεί να είναι αέριες (O_2 , CO_2), υγρές (αιθανόλη: CH_3CH_2OH) ή στερεές ($NaCl$, γλυκόζη: $C_6H_{12}O_6$).

Τρόποι έκφρασης της περιεκτικότητας



- Περιεκτικότητα επί τοις εκατό βάρος κατά βάρος (% w/w ή % wt): Η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας σε g η οποία περιέχεται σε 100 g διαλύματος.
- Περιεκτικότητα επί τοις εκατό όγκο κατ' όγκο (% v/v ή % vol): Ο όγκος της διαλυμένης ουσίας σε mL η οποία περιέχεται σε 100 mL διαλύματος.
- Περιεκτικότητα επί τοις εκατό βάρος κατ' όγκο (% w/v): Η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας σε g η οποία περιέχεται σε 100 mL διαλύματος.

Άλλοι τρόποι έκφρασης της συγκέντρωσης



- Η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας σε mg ή μg η οποία περιέχεται σε 1 λίτρο διαλύματος:

$$\text{mg ή } \mu\text{g/L} = \frac{\text{μάζα διαλυμένης ουσίας σε mg ή } \mu\text{g}}{\text{όγκος του διαλύματος σε L}}$$

- Μέρη στο εκατομμύριο (parts per million, ppm) ή μέρη στο δισεκατομμύριο (parts per billion, ppb):

$$\text{ppm ή ppb} = \frac{\text{μάζα διαλυμένης ουσίας σε mg ή } \mu\text{g}}{\text{μάζα του διαλύματος σε kg}}$$

- Η πυκνότητα του νερού είναι $\rho=1 \text{ kg/L}$
- Άρα: **mg/L=ppm** και **μg/L=ppb**

Μοριακή συγκέντρωση



- Μοριακή συγκέντρωση κατ' όγκο ή (γραμμο)μοριακότητα (Molarity, M): Τα moles της διαλυμένης ουσίας τα οποία περιέχονται σε 1 λίτρο διαλύματος:

όπου:

$$c = \frac{n}{V}$$

c = συγκέντρωση (concentration) σε mol/L=M
 n = moles της διαλυμένης ουσίας
 V = όγκος του διαλύματος σε L

- Μοριακή συγκέντρωση κατά βάρος (Molality): Τα moles της διαλυμένης ουσίας τα οποία περιέχονται σε 1 kg διαλύτη

Συγκέντρωση και moles



$$\left. \begin{aligned} n &= \frac{m}{M_r} \\ c &= \frac{n}{V} \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow c = \frac{m}{M_r V}$$

Κανονικότητα (Normality, N)



- Τα (γραμμο)ισοδύναμα (gr-eq ή eq) της διαλυμένης ουσίας τα οποία περιέχονται σε 1 λίτρο διαλύματος.
- Το ισοδύναμο βάρος (EW) μιας ουσίας σχετίζεται με το μοριακό της βάρος.
- Ορίζεται με βάση το είδος της ουσίας ή τη χημική αντίδραση στην οποία συμμετέχει.

Ισοδύναμο βάρος, EW



$$EW = \frac{M_r}{\alpha}$$

- Για ιόντα: α = φορτίο του ιόντος
- Για οξέα και βάσεις: α = αριθμός των H^+ ή των HO^- που αντιδρούν
- Για οξειδο-αναγωγικές αντιδράσεις: α = αριθμός των ηλεκτρονίων που ανταλλάσσονται

Ισοδύναμα και κανονικότητα



➤ Ισοδύναμα: $eq = \frac{m}{EW}$

όπου:

eq : ισοδύναμα

m : μάζα της ουσίας σε g

EW : ισοδύναμο βάρος

➤ Κανονικότητα: $N = \frac{eq}{V}$

όπου:

N : κανονικότητα σε eq/L

eq : ισοδύναμα

V : όγκος του διαλύματος σε L

Κανονικότητα και Μοριακότητα

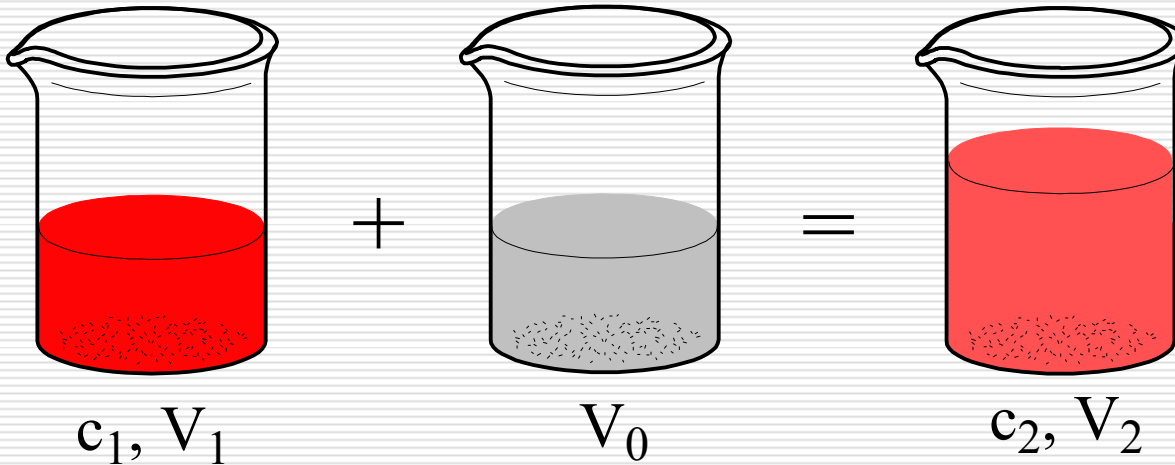


$$N = \frac{eq}{V} = \frac{m}{EW \times V} = \frac{m}{\frac{M_r}{\alpha} \times V} = \alpha \times M$$

δηλαδή

$$N = \alpha \times M$$

Αραίωση διαλυμάτων



Διάλυμα 1

Νερό

Διάλυμα 2

$$n_1 = c_1 \times V_1$$

$$n_2 = c_2 \times V_2$$

Τα moles της διαλυμένης ουσίας είναι ίδια πριν και μετά την αραίωση

$$n_1 = n_2 \Leftrightarrow c_1 \times V_1 = c_2 \times V_2$$

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

Παραδείγματα



- 1.1. Να γίνει η μετατροπή 120 mg/L CO_3^{2-} σε κανονική συγκέντρωση
- 1.2. Να γίνει η μετατροπή 50 mg/L HCl σε κανονική συγκέντρωση ($\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$)
- 1.3. Να μετατραπούν 10 mg/L O_2 σε κανονική συγκέντρωση ($\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$)

Παραδείγματα



- 1.4. Ένα δείγμα νερού περιέχει $[\text{Ca}^{2+}] = 92 \text{ mg/L}$
 $[\text{Mg}^{2+}] = 34 \text{ mg/L}$. Ποια είναι η σκληρότητά του εκφρασμένη σε mg/L CaCO_3 ;
- 1.5. Ποιο είναι το περιεχόμενο σε άνθρακα εκφρασμένο σε mg/L C ενός διαλύματος που περιέχει $2 \text{ mg/L C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$;

Ασκήσεις



1. Υπολογίστε τη γραμμομοριακότητα (molarity) 500 mL διαλύματος που περιέχει 4 g διαλυμένης ουσίας με μοριακό βάρος 80 g/mol.
2. Πόσα γραμμάρια διαλυμένης ουσίας με μοριακό βάρος 80 g/mol απαιτούνται για την παρασκευή διαλύματος 250 mL μοριακότητας 0,3 M;
3. Απαιτείται η παρασκευή 500 mL διαλύματος NaOH 0,1M. Πόση ποσότητα διαλύματος 2M και πόση ποσότητα νερού πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του επιθυμητού διαλύματος;

Ασκήσεις

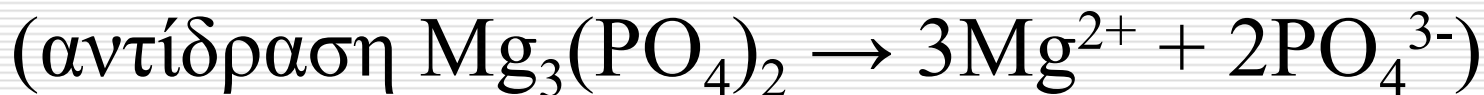


4. Υπολογίστε την κανονικότητα των παρακάτω διαλυμάτων:

α) Διάλυμα 90 mg/L CO_3^{2-}



β) Διάλυμα 90 mg/L $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$



Ασκήσεις



5. Υπολογίστε την κανονικότητα των ακόλουθων διαλυμάτων:

α) 146 mg/L HCl (αντίδραση $\text{HCl} + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$)

β) 30 mg/L H_2SO_4 (αντίδραση $\text{H}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$)

γ) 90 mg/L HCO_3^- (αντίδραση $\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$)

Ασκήσεις



6. Υπολογίστε την κανονικότητα και την γραμμομοριακότητα διαλύματος που παρασκευάζεται με την διάλυση $10 \text{ g H}_2\text{SO}_2$ στο νερό, ώστε να προκύψουν 500 mL διαλύματος.
7. Ένα πρότυπο διάλυμα οξαλικού οξέος έχει κανονικότητα $0,1\text{N}$. Πόση ποσότητα νερού πρέπει να προσθέσουμε σε 50 mL αυτού του πρότυπου διαλύματος ώστε να προκύψει διάλυμα $0,02\text{N}$;