

Το Υδρογόνο_Γενικά

Το υδρογόνο είναι το πρώτο στοιχείο του Π.Π. και το μόνο δραστικό στοιχείο από τα δύο της 1^{ης} περιόδου.

Εξετάζεται μόνο του επειδή δεν συνδέεται με καμμία από τις ομάδες του Π.Π.

Συνήθως, δεν αποδίδεται αριθμός ομάδας στο υδρογόνο.

Οι **φυσικές ιδιότητες** του υδρογόνου είναι παρόμοιες με τις αντίστοιχες των **αλογόνων**, καθώς χρειάζεται ένα ηλεκτρόνιο για να συμπληρώσει το φλοιό σθένους του.

Από χημική άποψη όμως, το υδρογόνο διαφέρει κατά πολύ από τα αλογόνα.

Λόγω του μοναδικού ηλεκτρονίου σθένους του, το υδρογόνο ομοιάζει και με τα **μέταλλα των αλκαλίων** της πρώτης ομάδας του ΠΠ.

➤ Έχει ένα πρωτόνιο στον πυρήνα του και ένα ηλεκτρόνιο (στη βασική κατάσταση $1s$).

Συνήθως απαντάται με **σθένος +1**, (αλλά και **-1** και **± 0**).

➤ Τα άτομα του υδρογόνου ενώνονται μεταξύ τους σε διάτομα μόρια H_2 ή με άλλα άτομα προς σχηματισμό υδρογονούχων ενώσεων.

➤ Είναι γνωστά τρία ισότοπα του υδρογόνου από τα οποία το πιο άφθονο έχει μαζικό αρ. 1.

➤ Θεωρείται από πολλούς, ότι το υδρογόνο θα αποτελέσει το **καύσιμο του μέλλοντος**.

➤ Επειδή το μόνο προϊόν της καύσης του είναι **το νερό**, η συνεισφορά του στη ρύπανση είναι **μηδενική**.

Υδρογόνο_Προέλευση

Το υδρογόνο, είναι το στοιχείο το οποίο απαντάται με τη μεγαλύτερη **αφθονία στο σύμπαν (89%)**.

Λόγω της μικρής μάζας, το βαρυτικό πεδίο της Γης δεν είναι αρκετά ισχυρό, ώστε να συγκρατήσει το ελεύθερο υδρογόνο στην επιφάνειά της.

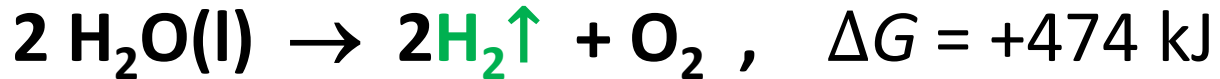
Το μέγιστο μέρος του υδρογόνου, είναι δεσμευμένο στο νερό, στα ορυκτά ή στο πετρέλαιο.

Είναι περιζήτητο ως καύσιμο, παρόλο που είναι τόσο **άφθονο (αλλά δεσμευμένο)** στους ωκεανούς.

Υδρογόνο_Εργαστηριακή παρασκευή

1. Ηλεκτρόλυση του νερού, αλλά μόνο αν ο ηλεκτρισμός παρέχεται με χαμηλό κόστος (υδατοπτώσεις, φωτοβολταϊκά, αιολικά πάρκα). $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 1/2 \text{O}_2$

2. Καταλυτική φωτοχημική διάσπαση νερού με ηλιακό φως:



(Η μέθοδος βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο, οι αποδόσεις είναι χαμηλές)

3. Αντίδραση μη ευγενούς μετάλλου ($E^\circ < 0$) και οξέος:



4. Γενικά, τα πολύ ηλεκτροθετικά μέταλλα ($E^\circ \ll 0$), όπως τα Na, K, Ca, όταν επιδράσουν **στο νερό** ελευθερώνουν υδρογόνο:



Το Υδρογόνο_Εργαστηριακή παρασκευή

Παλαιότερες Βιομηχανικές Παρασκευές:

1. Ο σίδηρος με υδρατμούς και θέρμανση $>650^{\circ}\text{C}$:



Η συγκεκριμένη αντίδραση χρησιμοποιείτο παλαιότερα ευρέως για βιομηχανική παρασκευή του υδρογόνου (*Μέθοδος Bergius*)

2. Βιομηχανική παρασκευή μέχρι το 1940, με την *αντίδραση υδραερίου* (*water gas reaction*), δηλ. την διαβίβαση υδρατμών πάνω σε διάπυρο άνθρακα:



(*υδραέριο ή αέριο σύνθεσης*)

Υδρογόνο_ Νεώτερη Βιομηχανική παρασκευή

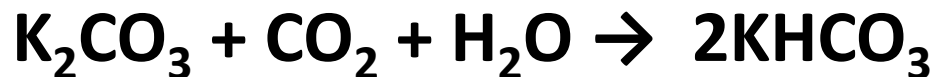
Σήμερα το υδρογόνο παράγεται **βιομηχανικά** με την **αντίδραση αναμόρφωσης του μεθανίου** (*reforming reaction*) με υδρατμούς, σε υψηλή θερμοκρασία (500°C), παρουσία καταλυτών (Ni) :



Στη συνέχεια, με την **αντίδραση μετάθεσης** (*shift reaction*) το παραγόμενο CO με υδρατμούς μετατρέπεται σε CO₂ στους 300° C με καταλύτες οξειδία του Fe ή Ni:



Τελικά το υδρογόνο απαλλάσσεται και από το CO₂ με τη διοχέτευση του αερίου μίγματος σε διάλυμα K₂CO₃ :



Υδρογόνο_Χρήσεις

- ✓ **Ως καύσιμο** των διαστημικών σκαφών και πυραύλων.
Το υδρογόνο, έχει την **υψηλότερη ειδική ενθαλπία** (υψηλότερη ενθαλπία καύσεως ανά γραμμάριο), από κάθε γνωστό καύσιμο, οπότε υγροποιημένο H_2 με υγροποιημένο O_2 χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των κυρίων μηχανών των πυραύλων των διαστημοπλοίων.
- ✓ **Ως πρώτη ύλη** για την συνθετική παραγωγή της **αμμωνίας** και της **μεθανόλης**:
Κάθε χρόνο, η **μισή ποσότητα** από τα 3×10^8 t υδρογόνου που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, μετατρέπεται σε αμμωνία:
$$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$$
 (Μέθοδος Haber-Bosch)

Υδρογόνο_Χρήσεις

- ✓ **Για τη καταλυτική υδρογόνωση** των ακόρεστων φυτικών λαδιών (μαργαρίνη).
- ✓ **Ως αναγωγικό μέσο στη μεταλλουργία** για τη αναγωγή διαφόρων οξειδίων των μετάλλων και τη μετατροπή τους στα αντίστοιχα μέταλλα.
- ✓ **Στη κοπή και τη συγκόλληση μετάλλων**, επειδή η ένωση του υδρογόνου με το οξυγόνο συνοδεύεται με μεγάλη έκλυση θερμότητας.
- ✓ **Ως καύσιμο:**
 - α) στις μηχανές εσωτερικής καύσης**, όπου η θερμική ενέργεια που εκλύεται κατά τη καύση του υδρογόνου συχνά μετατρέπεται σε ηλεκτρική
 - β) στα κελιά καυσίμου** για απ' ευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Υδρογόνο_Ιδιότητες

- Αέριο, Εύφλεκτο, Άχρωμο, Άοσμο, Άγευστο, μη δηλητηριώδες, μη οξειδωτικό, Αμέταλλο, Διάτομο.
Η πυκνότητα του είναι μικρή: 0.0898 kg/m^3 (στους $0 \text{ }^\circ\text{C}$ και 1 bar).
- Το υδρογόνο είναι πολύ εύφλεκτο αέριο, αφού **αυτοαναφλέγεται εκρηκτικά** με το οξυγόνο του αέρα προς σχηματισμό νερού, (αποκαλείται και **κροτούν αέριο**):
$$\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O (l)} \quad (\Delta H = -285.8 \text{ kJ/mole})$$
- Σχεδόν όλες οι ενώσεις του παρουσιάζουν ένα πολικό χαρακτήρα εκτός από την μοριακή ένωσή του με ένα δεύτερο άτομο υδρογόνου (H_2) ή με άτομο άνθρακα (υδρογονάνθρακες).
- Υπό κατάλληλες συνθήκες μπορεί να ενωθεί απευθείας με τα περισσότερα στοιχεία.

Υδρογόνο_Ιδιότητες

- Έχει ενδιάμεση τιμή ηλεκτραρνητικότητας, ίση με **2.2**, οπότε βρίσκεται τόσο ως κατιόν H^+ , όσο και ως ανιόν H^- .
- Είναι αντιπροσωπευτικό **αναγωγικό μέσο**.
- Στα υδρίδια (H^-), επειδή η ακτίνα είναι μεγάλη 154 pm, το απλό πρωτόνιο, δυσκολεύεται να συγκρατήσει και τα δύο ηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα να χάνεται εύκολα το δεύτερο ηλεκτρόνιο.
- Δημιουργεί δεσμούς υδρογόνου, **O-H----X** ($X = \text{N}, \text{O}, \text{F}$), όπου η ισχύς του είναι περίπου το 10% του κανονικού ομοιοπολικού δεσμού **H-X**.

ΕΡΩΤΗΣΗ:

Ποιες από τις ιδιότητες του υδρογόνου δεν συνηγορούν με την κατάταξή του ως στοιχείο της 17ης Ομάδας των αλογόνων;

A. Το υδρογόνο, δε διαθέτει p -ηλεκτρόνια και έχει χαμηλή ηλεκτρονιακή συγγένεια.

B. Το υδρογόνο, έχει περισσότερο μεταλλικό χαρακτήρα.

Γ. Το υδρογόνο σχηματίζει δύο δεσμούς με άλλα στοιχεία, σε αντίθεση με τον ένα δεσμό, ο οποίος ισχύει για την Ομάδα 17.

Δ. Το υδρογόνο είναι αδρανές, όπως τα ευγενή αέρια.

Ποιες από τις ιδιότητες του υδρογόνου δεν συνηγορούν με την κατάταξή του ως στοιχείο της 17^{ης} Ομάδας;

A. Το υδρογόνο, δε διαθέτει *p*-ηλεκτρόνια και έχει χαμηλή ηλεκτρονιακή συγγένεια.

B. Το υδρογόνο, έχει περισσότερο μεταλλικό χαρακτήρα.

Γ. Το υδρογόνο σχηματίζει δύο δεσμούς με άλλα στοιχεία, σε αντίθεση με τον ένα δεσμό, ο οποίος ισχύει για την Ομάδα 17.

Δ. Το υδρογόνο είναι αδρανές, όπως τα ευγενή αέρια.

Απάντηση στη σύντομη ερώτηση: 5 από 10

Ισότοπα του Υδρογόνου

Τρία είναι τα ισότοπα του υδρογόνου:

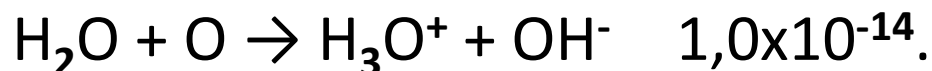
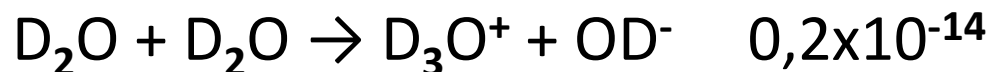
το πρώτιο ${}^1_1\text{H}$

το δευτέριο ${}^2_1\text{H}$ ή **D**

το τρίτιο ${}^3_1\text{H}$ ή **T**

Οι χημικές ιδιότητες των ισωτόπων είναι ποιοτικά σχεδόν ίδιες, υπάρχουν όμως ποσοτικές διαφορές, π.χ.

1) η σταθερά διάστασης στο **βαρύ νερό** D_2O , είναι πιο μικρή απ' αυτή του νερού, στη συνήθη θερμοκρασία:



2) το κοινό μοριακό υδρογόνο, H_2 διασπάται ταχύτερα σε σχέση με το μοριακό δευτέριο, D_2 .

3) το νερό H_2O αντιδρά με το χλώριο 13,4 φορές πιο γρήγορα από το βαρύ νερό D_2O .

Ισότοπα του Υδρογόνου

- Το δευτέριο παρασκευάζεται με ηλεκτρόλυση από το βαρύ νερό :



- Το τρίτιο δεν είναι σταθερό στη φύση, είναι ραδιενεργό και εκπέμπει **ακτίνες β** :



Τεχνητά το τρίτιο παράγεται σε πυρηνικό αντιδραστήρα με βομβαρδισμό του λιθίου με δέσμη νετρονίων, **n**:



Σημείωση: ακτινοβολία α: πυρήνες He

ακτινοβολία β: ηλεκτρόνια e

ακτινοβολία γ: ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ισχυρότερη των ακτίνων X
(μικρότερο μήκος κύματος)

Ιδιότητες Υδρογόνου, Δευτέριου, Τρίτιου

Ιδιότητα:	H ₂	D ₂	T ₂
Σημείο τήξης (°K)	13,96	18,73	20,62
Σημείο ζέσης	20,39	23,67	25,04
Μήκος δεσμού (pm)	74,14	74,14	74,14
Ενέργεια διάσπασης (kJ/mol)	435,9	443,4	446,9
Ενέργεια εξαερίωσης (kJ/mol)	0,90	1,23	1,39

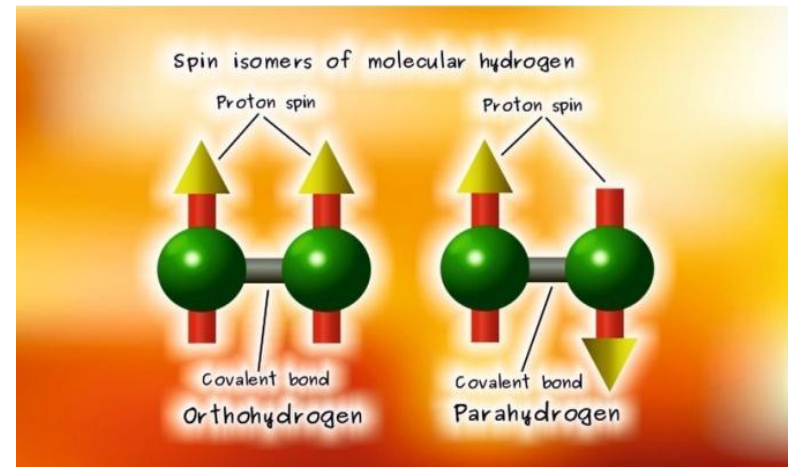
Τα πολύ χαμηλά σημεία τήξης και ζέσης και ενέργειας εξαερίωσης όλων δείχνουν ότι οι ενδομοριακές ελκτικές δυνάμεις είναι πολύ ασθενείς (μη πολικά μόρια με μικρή μάζα και μικρή πολωσιμότητα).

Όρθο- και Πάρα- Υδρογόνο

- Το μόριο του υδρογόνου βρίσκεται σε δύο ισομερείς μορφές, το **όρθο-** και **πάρα-υδρογόνο**, οι οποίες διαφέρουν ως προς τη φορά του spin των πρωτονίων των δύο πυρήνων.

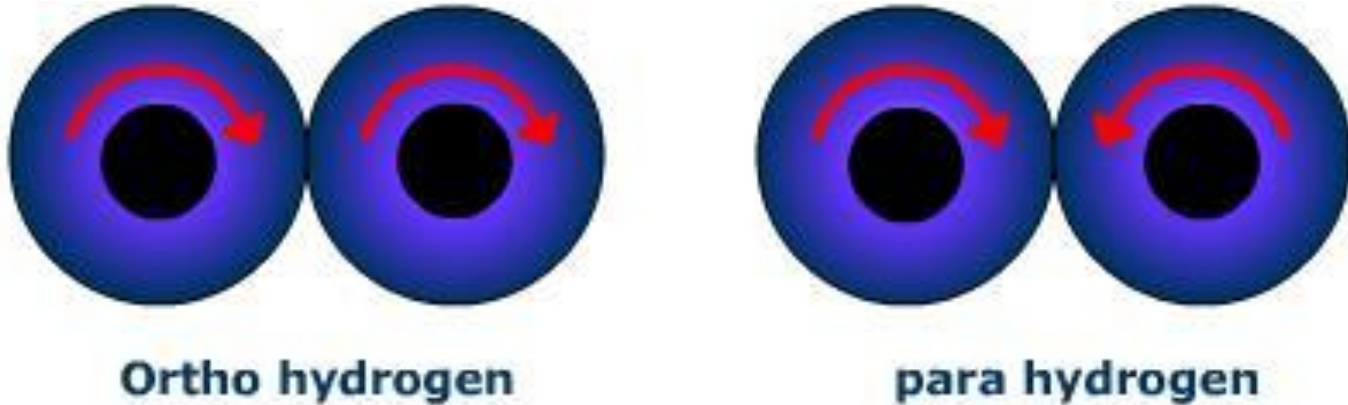
όρθο- H_2 : παράλληλο spin

πάρα- H_2 : αντιπαράλληλο



- Οι δύο μορφές εμφανίζουν διαφορές:
το **πάρα- H_2** έχει πιο χαμηλά σημεία τήξης και ζέσης, μεγαλύτερη ειδική θερμότητα και θερμική αγωγιμότητα και είναι πιο πτητικό από το **όρθο- H_2** .
- **Η μετάπτωση: $o-H_2 \rightarrow p-H_2$, είναι εξώθερμη.**

Όρθο- και πάρα-υδρογόνο



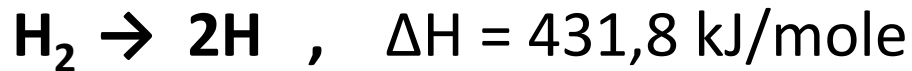
Το ποσοστό των ορθο- και πάρα-υδρογόνων εξαρτάται από την θερμοκρασία:

- Στους **0 °K**, το υδρογόνο υπάρχει κυρίως στην **πάρα-μορφή**.
- Στη θερμοκρασία υγροποίησης του αέρα (-180 έως -190°C) ο λόγος **όρθο : πάρα** είναι **1 : 1**
- Στην θερμοκρασία περιβάλλοντος ο λόγος **όρθο : πάρα** είναι **3 : 1**
- Σε οποιαδήποτε άλλη ανώτερη θερμοκρασία ο λόγος **όρθο : πάρα** δεν ξεπερνά το **3 : 1**

Επομένως είναι δυνατό να απομονωθεί καθαρό πάρα-υδρογόνο με ψύξη (κάτω των 20 °K), αλλά δεν είναι ποτέ δυνατό να απομονώσουμε υδρογόνο που να περιέχει περισσότερο από 75 % όρθο-υδρογόνο.

Δραστικές μορφές του Υδρογόνου

Ατομικό υδρογόνο. Όταν το μόριο του υδρογόνου απορροφήσει ενέργεια, διασπάται σε άτομα:



Το ατομικό υδρογόνο είναι πολύ πιο δραστικό από το μοριακό:

1) αντιδρά απευθείας με τα στοιχεία Ge, Sn, As, S και Te:



2) ανάγει το θειϊκό βάριο σε θειούχο:



Υδρογόνο “εν τω γεννάσθαι” (*in situ nascenti*).

Το υδρογόνο τη στιγμή της παρασκευής του είναι πιο δραστικό απ' ό τι συνήθως, π.χ. μπορεί και ανάγει τον τρισθενή σίδηρο:



Η δραστικότητα του οφείλεται στο ότι βρίσκεται σε πολύ **λεπτό διαμερισμό** (πολύ μικρές φυσαλίδες, μεγάλη δραστική επιφάνεια και μεγάλη συγκέντρωση).

Ενώσεις του Υδρογόνου_Υδρίδια

Γενικά, στις ενώσεις του το υδρογόνο βρίσκεται στις οξειδωτικές καταστάσεις: **+1**, **-1**, και **± 0**.

Στην οξειδ. **κατάσταση +1** σχηματίζει το ιόν (H^+) και μοιάζει με τα **αλκάλια**.

Στην οξειδ. **κατάσταση -1**, σχηματίζει το ιόν H^- , και μοιάζει με τα **αλογόνα**.

Οι υδρογονούχες ενώσεις του υδρογόνου με **αμέταλλα** έχουν τον δεσμό **H-X**, είναι μοριακές ενώσεις και ονομάζονται **μοριακά υδρογονίδια** ή **υδρίδια**. (HCl , H_2S)

Οι υδρογονούχες ενώσεις του υδρογόνου με **αλκαλι-μέταλλα** και **αλκαλικές γαίες** είναι **ιοντικές ενώσεις** και ονομάζονται **αλατοειδή υδρίδια** (NaH , CaH_2 κ.λ.).

Υδρίδια

Τα **μέταλλα** της 1^{ης} και 2^{ης} ομάδας σχηματίζουν **αλατοειδή υδρίδια**.

Τα **αμέταλλα**, σχηματίζουν **ομοιοπολικά μοριακά υδρίδια**.

Τα μοριακά υδρίδια είναι πτητικά. Τα αέρια υδρίδια, συμπεριλαμβάνουν την αμμωνία, τα υδραλογόνα (HF, HCl, HBr, HI), και τους υδρογονάνθρακες, όπως το μεθάνιο, το αιθάνιο, το αιθυλένιο και το αιθίνιο.

The diagram shows a periodic table with 18 columns. The elements are color-coded as follows:

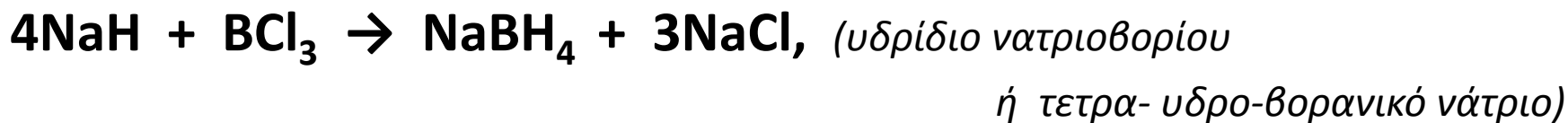
- Αλατα (Salts):** Elements in groups 1 and 2 (columns 1 and 2).
- Μεταλλικά (Metals):** Elements in groups 3, 4, 5, 6, 11, and 12 (columns 3, 4, 5, 6, 11, 12).
- Μοριακά (Molecular):** Elements in groups 13, 14, 15, 16, and 17 (columns 13, 14, 15, 16, 17).
- Μη χαρακτηρισμένα ή άγνωστα (Not characterized or unknown):** Elements in groups 8, 9, 10, and 18 (columns 8, 9, 10, 18).

Legend:

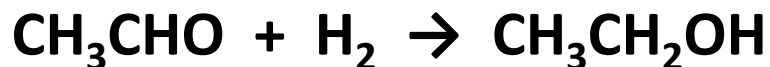
- Αλατα
- Μεταλλικά
- Μοριακά
- Μη χαρακτηρισμένα ή άγνωστα

Αλατοειδή Υδρίδια

- Παρασκευάζονται με απευθείας αντίδραση των μετάλλων με H_2 :
 $2\text{K} + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{KH}$, $\text{Ba} + \text{H}_2 \rightarrow \text{BaH}_2$
- Είναι ισχυρά αναγωγικά αντιδραστήρια.
- Με οξέα ή νερό απελευθερώνουν πάντοτε αέριο H_2 :
 $\text{NaH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Na}^+ + \text{H}_2$, $\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$
- Με ηλεκτρόλυση των τηγμάτων τους εκλύεται H_2 στην άνοδο.
- Το ιόν H^- μπορεί να σχηματίσει **σύμπλοκα υδρίδια**, τα οποία χρησιμοποιούνται ως **ισχυρά αναγωγικά μέσα**.



Το υδρίδιο του λιθιοαργιλίου, LiAlH_4 (*Lithal*) χρησιμοποιείται ως ισχυρό αναγωγικό μέσο στην οργανική χημεία, π.χ. σε αντιδράσεις υδρογόνωσης αλδεύδης προς σχηματισμό αλκοόλης:



Μεταλλικά Υδρίδια

Η οξειδ. κατάσταση ± 0 αποτελεί ειδική περίπτωση:

Το υδρογόνο αντιδρά με **μεταβατικά μέταλλα του d τομέα** και σχηματίζει ουσίες σκληρές και με μεταλλική λάμψη (**μεταλλικά υδρίδια**).

Σε μερικές περιπτώσεις υπάρχει στοιχειομετρική αναλογία, π.χ. UH_3 σε άλλες όμως όχι, π.χ. PdH_n .

Όταν το υδρογόνο διαχέεται στο μέταλλο, το άτομο του υδρογόνου συμπληρώνει τα κενά στο πλέγμα του μετάλλου.

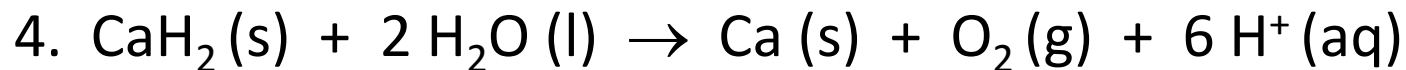
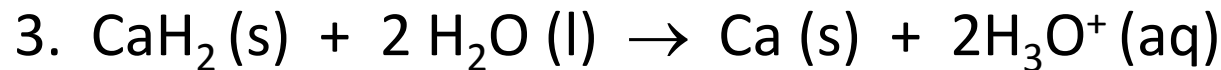
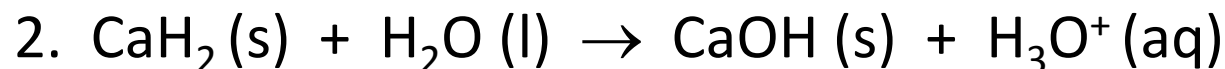
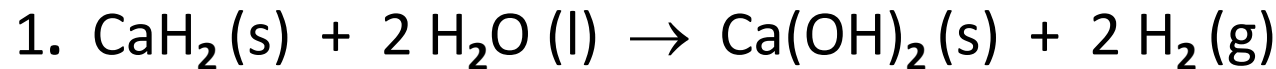
Το σύστημα **Μέταλλο-H** συμπεριφέρεται ως “**κραματικό υλικό**” και δικαιολογεί την **καταλυτική συμπεριφορά** των μετάλλων στις αντιδράσεις **υδρογόνωσης**.

Αποθηκευμένο υδρογόνο σε κράματα μετάλλων, χρησιμοποιείται σε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες **νικελίου – υδριδίου μετάλλου, (Ni-MH)** (ηλεκτροκίνητα οχήματα).

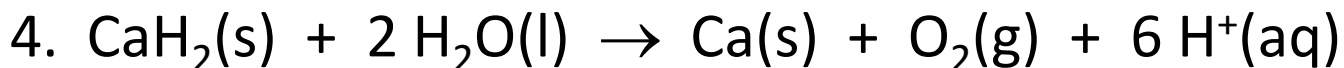
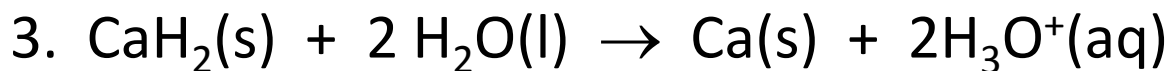
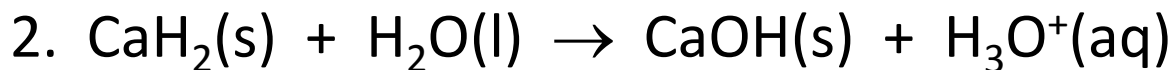
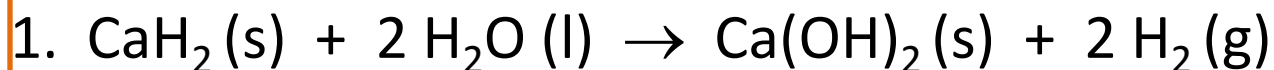
ΕΡΩΤΗΣΗ:

Τα υδρίδια των μετάλλων, χρησιμοποιούνται πολλές φορές για την **απομάκρυνση ιχνών νερού από οργανικούς διαλύτες**.

Να γράψετε μια ισοσταθμισμένη εξίσωση για την αντίδραση του υδριδίου του ασβεστίου με το νερό



Τα υδρίδια των μετάλλων, χρησιμοποιούνται πολλές φορές για την απομάκρυνση ιχνών νερού από μη πολικούς διαλύτες. Να γράψετε μια ισοσταθμισμένη εξίσωση για την αντίδραση του υδριδίου του ασβεστίου με το νερό



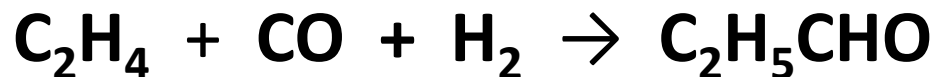
Τα υδρίδια των μετάλλων με το νερό, πάντοτε παράγουν αέριο υδρογόνο *(η αντίδραση μεταξύ H^- και H^+ δίνει H_2).*

Ενεργοποίηση του Υδρογόνου

Το μοριακό υδρογόνο δεν είναι δραστικό, μπορεί όμως να ενεργοποιηθεί είτε σε υψηλές θερμοκρασίες, είτε παρουσία καταλυτών ή ορισμένων σύμπλοκων ενώσεων:

1) **Υδρογόνωση ολεφινών** με το σύμπλοκο **Wilkinson** $\text{RhCl}(\text{PPh}_3)_3$ για την μετατροπή ακόρεστων ελαίων σε κορεσμένα λίπη (**παρασκευή μαργαρίνης**).

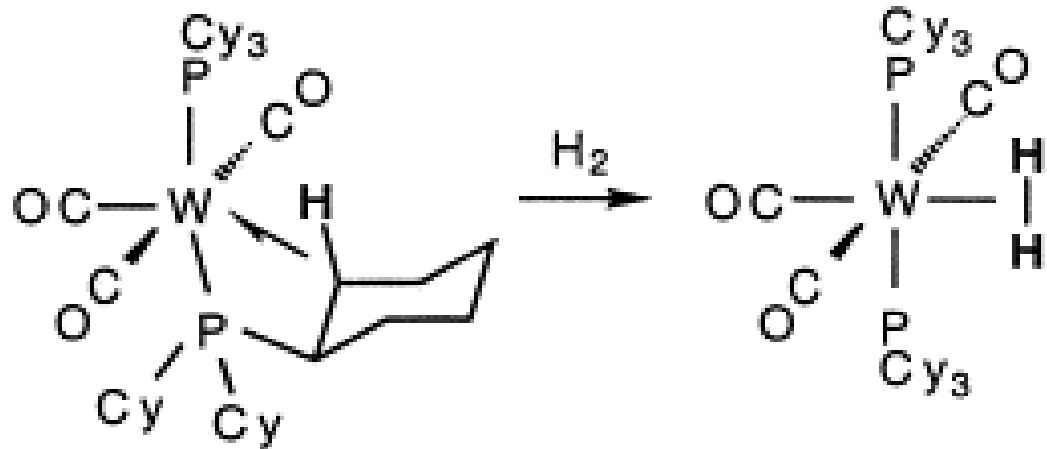
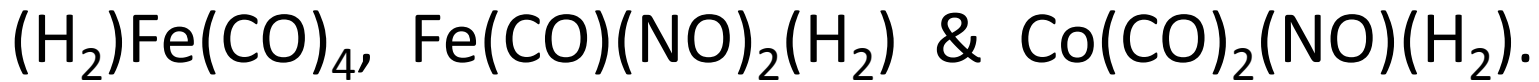
2) **Υδροφορμυλίωση ολεφινών** με σύμπλοκα κοβαλτίου $\text{HCo}(\text{CO})_4$



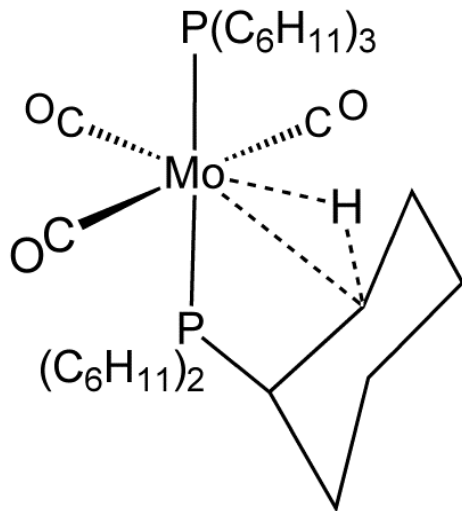
(**μετατροπή ολεφίνης σε αλδεΐδη με ένα άτομο άνθρακα επιπλέον**)

Σύμπλοκες ενώσεις του Υδρογόνου

Γνωστά σύμπλοκα του **δι-υδρογόνου** H_2 :



agostic complex



Αγαστικά σύμπλοκα στην Οργανομεταλλική Χημεία είναι σύμπλοκα μεταξύ ενός κεντρικού μεταλλοκατιόντος με κενά d-τροχιακά και των δύο ηλεκτρονίων ενός δεσμού C-H που οδηγεί σε **δεσμό τριών κέντρων – δύο ηλεκτρονίων**.

Το **αγαστικό άτομο του υδρογόνου** ενώνεται με τον άνθρακα και το κεντρικό μεταλλοκατιόν

Ανίχνευση Υδρογόνου

Το υδρογόνο ανιχνεύεται με :

- ✓ Αναγωγή διαλύματος χλωριούχου παλλαδίου PdCl_2 σε μεταλλικό Pd με μοριακό H_2



- ✓ Φασματοσκοπικές τεχνικές (φασματοσκοπία μάζας, φασματοσκοπία υπερύθρου)
- ✓ Αέρια χρωματογραφία
- ✓ Θερμική αγωγιμότητα.

Άσκηση αυτοαξιολόγησης 8Α.2Α

Ένα στοιχείο (“E”) στην **Περίοδο 4** σχηματίζει **μοριακό υδρίδιο** το οποίο έχει τύπο **H-E**.

Ταυτοποιείστε το στοιχείο.

Απάντηση

Στοιχείο: Βρώμιο,

Υδρίδιο: **HBr**

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H Υδρογόνο 1,008																	2 He Ήλιο 4,003
2	3 Li Λίθιο 6,94	4 Be Βηρύλλιο 9,012											5 B Βόριο 10,81	6 C Άνθρακας 12,01	7 N Άζωτο 14,007	8 O Οξυγόνο 16,00	9 F Φθόριο 19,00	10 Ne Νέον 20,18
3	11 Na Νάτριο 22,99	12 Mg Μαγνήσιο 24,31											13 Al Αργίλιο 26,98	14 Si Πυρίτιο 28,09	15 P Φώσφορος 30,97	16 S Θείο 32,06	17 Cl Χλώριο 35,45	18 Ar Αργό 39,95
4	19 K Κάλιο 39,10	20 Ca Ασβέστιο 40,08	21 Sc Σκάνδιο 44,96	22 Ti Τίτανο 47,87	23 V Βανάδιο 50,94	24 Cr Χρώμιο 51,996	25 Mn Μαγγάνιο 54,94	26 Fe Σίδηρος 55,85	27 Co Κοβάλτιο 58,93	28 Ni Νικέλιο 58,69	29 Cu Χαλκός 63,55	30 Zn Ψευδάργυρος 65,38	31 Ga Γάλλιο 69,72	32 Ge Γερμάνιο 72,63	33 As Αρσενικό 74,92	34 Se Σελήνιο 78,97	35 Br Βρώμιο 79,90	36 Kr Κρυπτό 83,80
5	37 Rb Ρουβίδιο 85,47	38 Sr Στρόντιο 87,62	39 Y Ύψιριο 88,91	40 Zr Ζιρκόνιο 91,22	41 Nb Νιόβιο 92,91	42 Mo Μολυβδαίνιο 95,95	43 Tc Τεχνητό (98)	44 Ru Ρουθένιο 101,07	45 Rh Ρόδιο 102,90	46 Pd Παλλάδιο 106,42	47 Ag Αργυρός 107,87	48 Cd Κάδμιο 112,41	49 In Ινδίο 114,82	50 Sn Κασσάτερος 118,71	51 Sb Αντιμόνιο 121,76	52 Te Τελλούριο 127,60	53 I Ιώδιο 126,90	54 Xe Ξένο 131,29
6	55 Cs Καίσιο 132,90	56 Ba Βάριο 137,33	57-71	72 Hf Ηφνίο 178,49	73 Ta Ταντάλιο 180,94	74 W Βολφράμιο 183,84	75 Re Ρήνιο 186,21	76 Os Όσμιο 190,23	77 Ir Ιρίδιο 192,22	78 Pt Λευκάργυρος 195,08	79 Au Χρυσός 196,96	80 Hg Υδράργυρος 200,59	81 Tl Θάλλιο 204,38	82 Pb Μόλυβδος 207,20	83 Bi Βισμούθιο 208,98	84 Po Πολώνιο (209)	85 At ΑΣτατο (210)	86 Rn Ραδόνιο (222)
7	87 Fr Φράγκιο (223)	88 Ra Ράδιο (226)	89-103	104 Rf Ραδεφρόνιο (267)	105 Db Ντουμπνιο (268)	106 Sg Σιμπόργκιο (271)	107 Bh Μπόριο (272)	108 Hs Χάσιο (270)	109 Mt Μαϊτνέριο (276)	110 Ds Νταρμσταντίο (281)	111 Rg Ρεντγκένιο (280)	112 Cn Κοπερνίκιο (285)	113 Nh Νιχόνιο (284)	114 Fl Φλερόβιο (289)	115 Mc Μασκόβιο (288)	116 Lv Λιβερμόριο (293)	117 Ts Τενεσίνο (294)	118 Og Ογκανέσσο (294)
	57 La Λανθάνιο 138,90	58 Ce Διμήτριο 140,11	59 Pr Πρασινοδύμιο 140,90	60 Nd Νεοδύμιο 144,24	61 Pm Προμήθειο (145)	62 Sm Σαμάριο 150,36	63 Eu Ευρώπιο 151,96	64 Gd Γαδολίνιο 157,25	65 Tb Τέρβιο 158,92	66 Dy Δυσπρόσιο 162,50	67 Ho Όλμιο 164,93	68 Er Έρβιο 167,26	69 Tm Θούλιο 168,93	70 Yb Υτέριο 173,05	71 Lu Λουτρίτιο 174,97			
	89 Ac Ακτίνιο (227)	90 Th Θόριο 232,03	91 Pa Πρωακτίνιο 231,03	92 U Ουράνιο 238,02	93 Np Προακτιδίου (237)	94 Pu Πλουτώνιο (244)	95 Am Αμερίκιο (243)	96 Cm Κιούριο (247)	97 Bk Μπερκέλιο (247)	98 Cf Καλιφόρνιο (251)	99 Es Αϊνστάινιο (252)	100 Fm Φέρμιο (257)	101 Md Μεντελέβιο (258)	102 No Νομπόλιο (259)	103 Lr Λωρένσιο (262)			

C Στερεά
Hg Υγρά
H Αέρια
Rf Αγνωστα

Μεταλλοειδή

Αμέταλλα
Άλλα Αμέταλλα
Αλογόνα
Ευγενή Αέρια

Μέταλλα
Αλκάλια
Αλκαλικές γαίες
Λανθανίδες
Ακτινίδες
Στοιχεία μετάπτωσης
Άλλα Μέταλλα

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Ο Ήλιος μας δίνει όλη την ενέργεια την οποία χρειαζόμαστε.

Το 55% της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, και το 45% μετατρέπεται σε θερμότητα (θερμική κίνηση) υπό μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, συνίσταται στην **παγίδευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας** από ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας.

Το οξυγόνο και το άζωτο, τα οποία αποτελούν περίπου το 99% της ατμόσφαιρας, **δεν απορροφούν** υπέρυθρη ακτινοβολία.

Οι υδρατμοί, το CO₂ και το μεθάνιο απορροφούν.

Παρ' όλον ότι το CO₂ είναι μόνο το 1% του συνόλου των αερίων, ανεβάζει τη θερμοκρασία της Γης.

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

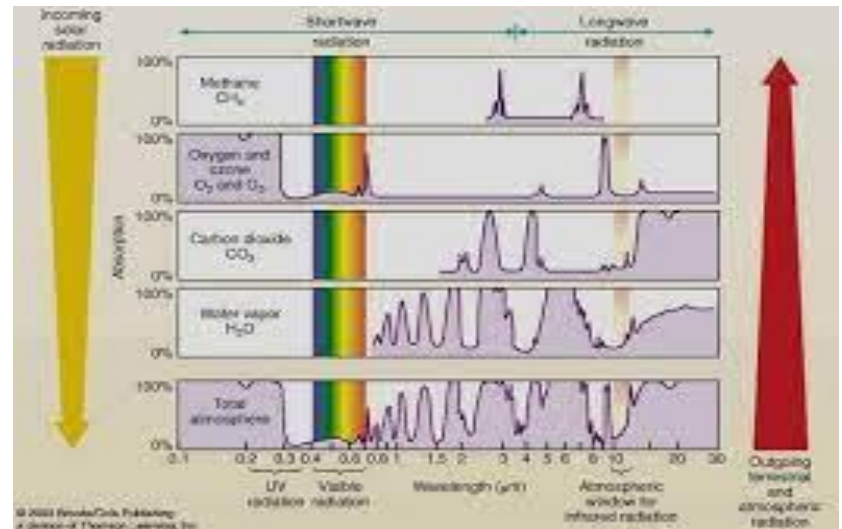
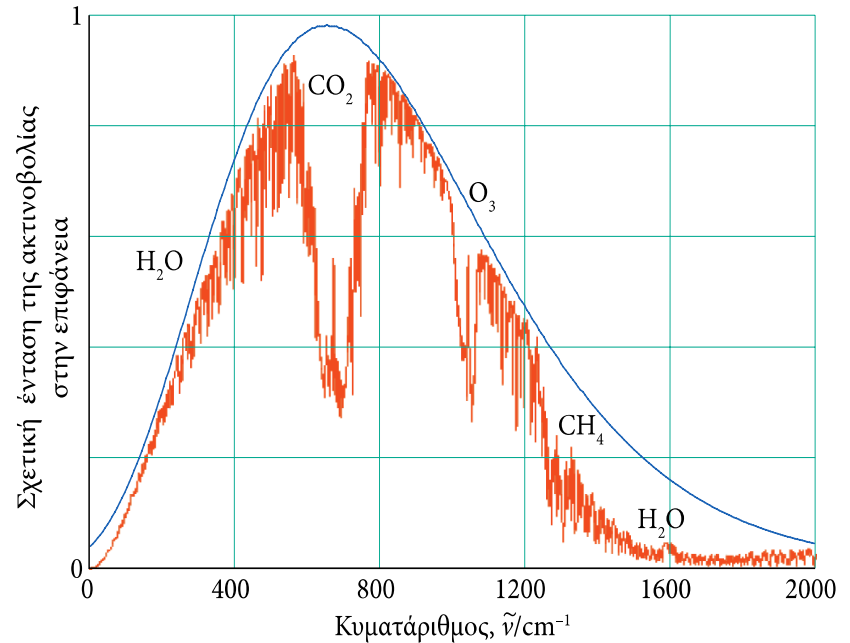
Οι υδρατμοί, είναι το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου. Απορροφά ισχυρά κοντά στα 6.3 μm και στα 12 μm .

Το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα απορροφά περίπου τη μισή από την υπέρυθη ακτινοβολία στα 14–16 μm .

Οι υδρατμοί, είναι σταθεροί για χιλιάδες χρόνια.

Το CO_2 άρχισε να αυξάνεται από το 1750.

Φάσματα Απορρόφησης



Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Πηγές προέλευσης του πρόσθετου CO₂

Η θέρμανση του ασβεστολίθου, CaCO₃, για την βιομηχανική παραγωγή **CaO** και **τσιμέντου**.

Η αποψίλωση των δασών, στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η καύση θάμνων και δένδρων, απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Η καύση των ορυκτών καυσίμων, η οποία άρχισε να γίνεται σε μεγάλη κλίμακα από το 1850.

Το μεθάνιο, προέρχεται κυρίως από την πετρελαϊκή βιομηχανία και την παραγωγή αγροτο-κτηνοτροφικών προϊόντων (**βιοαέριο**).

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) υπολόγισε, ότι το 2100, η θερμοκρασία της Γης θα αυξηθεί κατά 3 °C, με το επίπεδο της θάλασσας να ανεβαίνει κατά 0.5 m.

Αύξηση κατά 3 °C ίσως να μη φαίνεται πολύ μεγάλη.

Ωστόσο, η θερμοκρασία κατά την **περίοδο των παγετώνων** ήταν μόλις κατά **6 °C χαμηλότερη** από την παρούσα θερμοκρασία.

Είναι πιθανό να αυξηθεί η ταχύτητα μεταβολής της θερμοκρασίας.

Έχει τη δυνατότητα ο πλανήτης μας να αντέξει αυτές τις **γρήγορες μεταβολές της θερμοκρασίας ;**

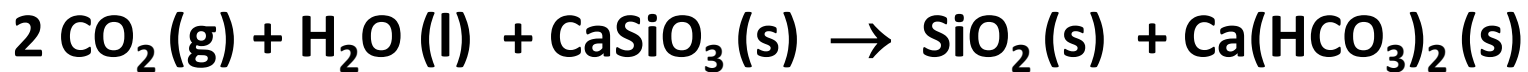
Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου: Απομάκρυνση του CO₂

Τα εναλλακτικά καύσιμα, όπως το υδρογόνο δεν παράγουν CO₂.

Το **κάρβουνο**, το οποίο αποτελείται κατά κύριο λόγο από άνθρακα, είναι δυνατό να μετατραπεί σε **μεθάνιο, CH₄**, το οποίο μειώνει τις εκπομπές CO₂.

Κάποιοι προτείνουν την **παροχέτευση CO₂ στα βάθη των ωκεανών**, όπου διαλύεται σχηματίζοντας ανθρακικό οξύ και όξινα ανθρακικά ανιόντα.

Το διοξείδιο του άνθρακα, είναι επίσης δυνατό να δεσμευθεί από τους **σταθμούς παραγωγής ενέργειας**, διοχετεύοντας τα καπναέρια διαμέσου υδατικών αιωρημάτων πυριτικού ασβεστίου:



Τελευταία η επιστημονική έρευνα επικεντρώνεται στην καθοδική **ηλεκτροχημική αναγωγή και μετατροπή του CO₂** σε χρήσιμα χημικά προϊόντα, όπως **μεθάνιο, μεθανόλη, φορμαλδεύδη** κ.ά.