

**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα**

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας**

Φυσική

**Ενότητα 7:** Εξαέρωση

Κωνσταντίνος Κουρκουτάς

Τμήμα Οδοντικής Τεχνολογίας

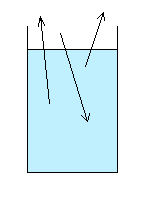
|  |  |
| --- | --- |
| Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά | Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους. |

**7. Εξαέρωση**

Η εξαέρωση ενός υγρού μπορεί να γίνεται ήπια, οπότε λέγεται **εξάτμιση**, ή βίαια, οπότε λέγεται **βρασμός**.

**7.1 Εξάτμιση και υγροποίηση**

Στην εξάτμιση ο ατμός παράγεται από την επιφάνεια του υγρού σε οποιαδήποτε θερμοκρασία. Η εξήγηση του φαινομένου της εξάτμισης είναι η εξής:



**Σχήμα 91-1**

Η κινητική ενέργεια των ατόμων, ή μορίων του υγρού δεν είναι η ίδια για όλα, αλλά ακολουθεί μια στατιστική κατανομή. Έτσι υπάρχουν πάντοτε άτομα, ή μόρια με επαρκή κινητική ενέργεια, ώστε να διαφεύγουν από την επιφάνεια του υγρού. Αυτό είναι το φαινόμενο της εξάτμισης.

Όσο προχωράει η εξάτμιση, τόσο αυξάνει το πλήθος των ατόμων ή μορίων, που έχουν διαφύγει στον περιβάλλον του υγρού και σχηματίζουν τους **ατμούς**, όμως συγχρόνως αυξάνει και το πλήθος εκείνων, που επανέρχονται στο υγρό (σχήμα 91-1). Όταν ο ρυθμός διαφυγής εξισωθεί με το ρυθμό επιστροφής, τότε παύει και το φαινόμενο της εξάτμισης. Στην κατάσταση αυτή συνυπάρχουν επομένως **σε ισορροπία** η υγρή και η αέρια φάση. Οι ατμοί λέγονται τότε **κορεσμένοι** και η κατάσταση του συστήματος **κατάσταση κόρου**.

**Στην κατάσταση κόρου συνυπάρχουν η υγρή και η αέρια φάση σε ισορροπία.**

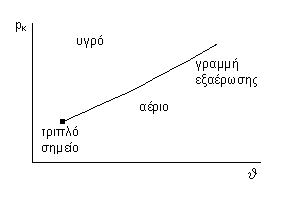
Αν απομονώσουμε τους κορεσμένους ατμούς σε ένα δοχείο όγκου ίσου με εκείνον που καταλαμβάνουν στο χώρο, τότε στα τοιχώματα του δοχείου ασκείται μια πίεση οφειλόμενη στους περιεχόμενους κορεσμένους ατμούς. Η πίεση αυτή είναι η **τάση των κορεσμένων ατμών**.

Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία, τότε αυξάνει και η **μέση** κινητική ενέργεια των ατόμων, ή μορίων του υγρού με αποτέλεσμα να διαφεύγουν όλο και περισσότερα από αυτά στο περιβάλλον. Η νέα κατάσταση κόρου περιέχει επομένως μεγαλύτερη ποσότητα ατμών και αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη τάση κορεσμένων ατμών.

**Η τάση των κορεσμένων ατμών αυξάνει με τη θερμοκρασία.**

Αφού στην κατάσταση κόρου συνυπάρχουν η υγρή και η αέρια φάση, τότε σύμφωνα και με τα αναφερόμενα στην παράγραφο 3.5.3 ισχύει:

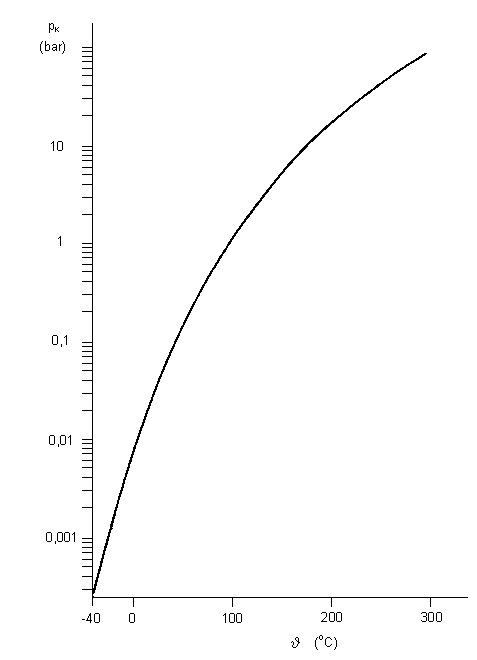
**Το διάγραμμα της τάσης των κορεσμένων ατμών- θερμοκρασίας μας δίνει τη γραμμή εξαέρωσης του διαγράμματος φάσεων.**



**Σχήμα 92-1**: Τάση κορεσμένων ατμών συναρτήσει θερμοκρασίας

Στο διάγραμμα του σχήματος 92-1 εικονίζεται η τάση των κορεσμένων ατμών συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Η **υγροποίηση** είναι η αντίστροφη διαδικασία της εξάτμισης και λαμβάνει χώρα, όταν η ποσότητα των ατμών υπερβεί την ποσότητα των κορεσμένων ατμών (ή αντίστοιχα η μερική πίεση των ατμών υπερβαίνει την τάση των κορεσμένων ατμών).



**Σχήμα 92-2**: Τάση κορεσμένων υδρατμών

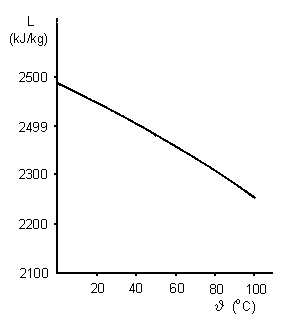
Αυτό μπορεί να συμβεί, όταν μειωθεί η θερμοκρασία. Τότε η επί πλέον ποσότητα υγροποιείται και το σύστημα επανέρχεται σε ισορροπία φάσεων. Στο διάγραμμα του σχήματος 92-2 εικονίζεται σε λογαριθμική κλίμακα η τάση των κορεσμένων υδρατμών συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Όπως αναφέραμε, η εξάτμιση είναι φαινόμενο, που οφείλεται στη διαφυγή των ατόμων, ή μορίων με τη μεγαλύτερη ενέργεια. Αυτό έχει όμως ως αποτέλεσμα τη μείωση της μέσης κινητικής ενέργειας των υπολοίπων ατόμων, η μορίων του υγρού συνεπώς και τη μείωση της θερμοκρασίας του. Επειδή έτσι διαταράσσεται η θερμική ισορροπία μεταξύ του υγρού και του περιβάλλοντος, το υγρό αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον. Το αντίστροφο συμβαίνει στην υγροποίηση. Το υγρό θερμαίνεται και αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον.

**Στην εξάτμιση το υγρό αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον, ενώ στην υγροποίηση το υγρό αποδίδει θερμότητα στο περιβάλλον.**

Για να διατηρήσουμε κατά την εξάτμιση τη θερμοκρασία του νερού σταθερή, πρέπει να προσφέρουμε επομένως στο υγρό θερμότητα. Αυτή είναι η **λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης**. Η **ειδική θερμότητα εξαέρωσης** εξαρτάται από τη θερμοκρασία στην οποία συμβαίνει και ακριβέστερα από την κλίση dp/dT της τάσης των κορεσμένων ατμών συναρτήσει της θερμοκρασίας. Η σχέση αυτή δίνεται από την

**εξίσωση Clausius- Clapeyron** . (93-1)



**Σχήμα 93-1**: Ειδική λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης νερού

όπου: ειδική θερμότητα εξαέρωσης σε J/kg

απόλυτη θερμοκρασία σε Κ

πυκνότητα ατμών σε 

 πυκνότητα υγρού σε 

**Σημείωση**: Η εξίσωση Clausius- Clapeyron ισχύει για οποιαδήποτε μετάβαση, αρκεί να ληφθούν υπ’ όψη οι αντίστοιχες πυκνότητες.

Στο διάγραμμα του σχήματος 93-1 εικονίζεται η ειδική λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης του νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας.

**Παράδειγμα 3-7**

Να υπολογίσετε σε kWh τη θερμότητα, που αφαιρείται από το περιβάλλον κατά την εξάτμιση νερού μάζας  θερμοκρασίας .

**Λύση**

Από το διάγραμμα του σχήματος 93-1 βρίσκουμε για θερμοκρασία 





 ⇒ 



**7.2 Βρασμός**

Όταν η θερμοκρασία του υγρού φθάσει στην τιμή όπου η τάση των κορεσμένων ατμών εξισώνεται με την εξωτερική, τότε στο εσωτερικό του υγρού παράγονται φυσαλίδες, οι οποίες ανέρχονται στην επιφάνεια και εκτονώνονται στο περιβάλλον. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **βρασμός** και η θερμοκρασία στην οποία συμβαίνει λέγεται **θερμοκρασία**, ή **σημείο βρασμού**.

**Ο βρασμός λαμβάνει χώρα στη θερμοκρασία, όπου εξισώνεται η τάση των κορεσμένων ατμών με την εξωτερική.**

Αυτό επιβεβαιώνει την εμπειρική γνώση μας ότι στην κανονική πίεση του περιβάλλοντος  το νερό βράζει σε θερμοκρασία  (δες και διάγραμμα του σχήματος 92-2).

Στο βρασμό η παραγωγή ατμών δε γίνεται επομένως ήπια από την επιφάνεια του υγρού μόνον, όπως συμβαίνει στην εξάτμιση, αλλά βίαια σε όλο τον όγκο του υγρού. Επειδή αυτό συμβαίνει στη θερμοκρασία, όπου εξισώνεται η τάση των κορεσμένων ατμών με την εξωτερική πίεση, η θερμοκρασία βρασμού για κάθε τιμή πίεσης βρίσκεται από τη γραμμή εξαέρωσης του υλικού. Μπορούμε επομένως να αυξήσουμε τη θερμοκρασία βρασμού αυξάνοντας την εξωτερική πίεση υπεράνω του υγρού, ή αντίστροφα να τη μειώσουμε μειώνοντας την εξωτερική πίεση. Για το νερό π.χ. η θερμοκρασία βρασμού υπό πίεση 10 bar είναι σύμφωνα με το διάγραμμα της τάσης των κορεσμένων υδρατμών (σχήμα 92-2) ίση προς  περίπου. Στον πίνακα 3.3 περιέχονται τιμές της θερμοκρασίας βρασμού και της ειδικής θερμότητας εξαέρωσης μερικών συνηθισμένων υγρών σε κανονικές συνθήκες πίεσης .Σημειώνουμε ότι το νερό έχει τη μεγαλύτερη ειδική θερμότητα εξαέρωσης μεταξύ όλων αυτών των υλικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3

πίεση 

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Υλικό | θερμοκρασία βρασμού (οC) | ειδική θερμότητα εξαέρωσης (kJ/kg) |
| Αιθέρας  Ακετόνη  Νερό  Οινόπνευμα  Τετραχλωράνθρακας (CCl4)  Υδράργυρος | 34,5  56,1  100,0  78,3  76,7  357 | 360  524  2258  842  193  302 |

**7.3 Εξάχνωση**

Η εξάχνωση είναι το φαινόμενο της μετάβασης από τη στερεή στην αέρια φάση και οφείλεται- όπως και η εξάτμιση- στη διαφυγή των μορίων με τη μεγαλύτερη ενέργεια προς το περιβάλλον. Η εξάχνωση πραγματοποιείται, όταν η πίεση του περιβάλλοντος είναι μικρότερη από εκείνη του τριπλού σημείου.

Ένα υλικό με αυτήν την ιδιότητα, που αξιοποιείται σε τεχνολογικές εφαρμογές, είναι το διοξείδιο του Άνθρακα (). Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος το  απαντά, όπως είναι γνωστό- σε αέρια μορφή, όμως όταν ψυχθεί στους  στερεοποιείται, γιατί η πίεση που αντιστοιχεί στο τριπλό σημείο του είναι υψηλότερη της ατμοσφαιρικής. Σε στερεή μορφή το  λέγεται **ξηρός πάγος**. Παρέχεται σε φιάλες και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ψύξεων σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η ειδική θερμότητα εξάχνωσης του ξηρού πάγου είναι .

3-18 Να περιγράψετε τους μηχανισμούς εξαέρωσης.

3-19 Κατά το άνοιγμα του πώματος βραστήρα μικρή ποσότητα υδρατμού θερμοκρασίας  και μάζας  (περίπου ) υγροποιείται σε χρόνο  σε επιφάνεια  της επιδερμίδας μας. Να υπολογίσετε: α) τη θερμότητα, που απορροφάται από την επιδερμίδα μας, β) τη θερμική ισχύ, που αντιστοιχεί στο ρυθμό απορρόφησης και γ) την απορροφούμενη θερμική ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας και να τη συγκρίνετε με αυτήν της ηλιακής ακτινοβολίας ().

3-20 Σε υψόμετρο 1420m η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι  έναντι της κανονικής ατμοσφαιρικής πίεσης 1,013bar στο επίπεδο της θάλασσας. Να βρείτε με τη βοήθεια της τάσης των κορεσμένων υδρατμών (σχήμα 1.15) τη θερμοκρασία βρασμού.

3-21 Ένας ποδοσφαιριστής χάνει στα 90min ενός αγώνα περίπου 4kg. Να υπολογίσετε: α) τη θερμότητα, που αποβάλλεται από την επιδερμίδα του στο περιβάλλον ως λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης, β) τη θερμική ισχύ, που αντιστοιχεί σε αυτόν το ρυθμό αποβολής. Να χρησιμοποιήσετε το διάγραμμα του σχήματος 1.16 και να λάβετε την ειδική θερμότητα εξαέρωσης του ιδρώτα ίση με εκείνη του νερού στη θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος (.

|  |
| --- |
| **Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα**  **Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας** |
| **Τέλος Ενότητας** |
| **Χρηματοδότηση**   * Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. * Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού. * Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους. |

**Σημειώματα**

**Σημείωμα Αναφοράς**

Copyright ΤΕΙ Αθήνας, Κωνσταντίνος Κουρκουτάς, 2015. Κωνσταντίνος Κουρκουτάς. «Φυσική. Ενότητα 7: Εξαέρωση». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](https://ocp.teiath.gr/).

**Σημείωμα Αδειοδότησης**

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[](file:///C:\Users\pantelis\Downloads\%5b1%5d%20http:\creativecommons.org\licenses\by-nc-sa\4.0\)

[1] http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

* που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
* που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
* που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

**Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων**

|  |  |
| --- | --- |
| © | Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του. |
| διαθέσιμο με άδεια CC0 Public Domain | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού. |
| διαθέσιμο ως κοινό κτήμα | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού. |
| χωρίς σήμανση | Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου. |

**Διατήρηση Σημειωμάτων**

* Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
* Το Σημείωμα Αναφοράς
* Το Σημείωμα Αδειοδότησης
* Τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
* Το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.