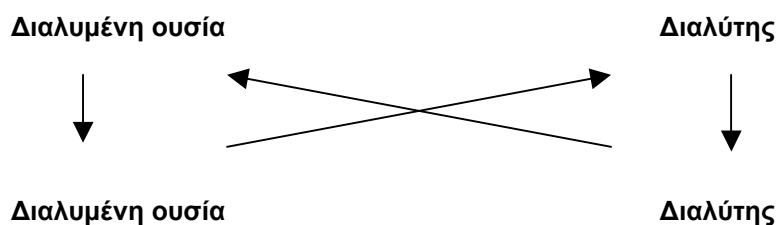


Σημειώσεις για τον καθηγητή

Το αέριο που πίνουμε - Το διοξείδιο του άνθρακα στα ανθρακούχα αναψυκτικά

Περί διαλυτότητας και αναμειξιμότητας

Οι συνηθισμένες δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων (διασωματιδιακές δυνάμεις) είναι (i) ηλεκτροστατικές δυνάμεις (δυνάμεις Coulomb) (ii) δυνάμεις Van der Waals στις ομοιοπολικές ενώσεις και (iii) δυνάμεις διασποράς London. Η διαλυτότητα μιας ουσίας σε ένα διαλύτη εξαρτάται από τρεις διασωματιδιακές δυνάμεις όπως δείχνει το ακόλουθο διάγραμμα:



Αυτές οι δυνάμεις είναι: διαλυμένη ουσία-διαλυμένη ουσία, διαλύτης- διαλύτης και διαλυμένη ουσία-διαλύτης. Όταν αυτοί οι τρεις τύποι δυνάμεων έχουν συγκρίσιμο μέγεθος, η ουσία διαλύεται στο διαλύτη, αλλιώς παραμένει αδιάλυτη. Το αποτέλεσμα είναι ότι ουσίες με πολικά μόρια διαλύονται σε πολικούς διαλύτες ενώ ουσίες που τα μόριά τους είναι μη πολικά διαλύονται σε μη πολικούς διαλύτες. Αυτή είναι η γενική αρχή της διαλυτότητας: “ **όμοια διαλύουν όμοια** ”.

Επίδραση της θερμοκρασίας στη διαλυτότητα μιας αέριας ουσίας σε ένα υγρό

Η εξωθερμικότητα ή ενδοθερμικότητα της διαδικασίας διαλυτοποίησης καθορίζει την επίδραση της θερμοκρασίας στην διαλυτότητα. Οι περισσότερες διαλυτοποιήσεις των ιοντικών (στερεών)

Ανάπτυξη: Γεώργιος Τσαπαρλής & Κωνσταντίνος Καμπουράκης

Μετάφραση: Αναστασία Αναστασίου και Γεώργιος Τσαπαρλής

Ίδρυμα: Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Χώρα: Ελλάδα

ουσιών στο νερό είναι ενδόθερμες, με αποτέλεσμα η αύξηση της θερμοκρασίας να αυξάνει τη διαλυτότητα. Η διαλυτοποίηση αέριων ουσιών σε υγρό διαλύτη είναι εξώθερμη διαδικασία, με αποτέλεσμα αύξηση της θερμοκρασίας να μειώνει τη διαλυτότητα - έτσι με τη θέρμανση σχηματίζονται φυσαλίδες αέρα.

Σε αυτή την ιδιότητα των αερίων οφείλεται το φαινόμενο της **θερμικής ρύπανσης** του περιβάλλοντος. Ζεστά υδατικά απόβλητα από τα εργοστάσια τα οποία αποτίθενται σε ποτάμια, στις λίμνες ή στις θάλασσες μειώνουν τη διαλυτότητα του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, προκαλώντας πρόβλημα επιβίωσης για τους οργανισμούς που ζουν στο νερό.

Επίδραση της πίεσης στη διαλυτότητα των αερίων σε υγρά

Η αυξημένη πίεση έχει αποτέλεσμα την αυξημένη διαλυτότητα ενός αερίου σε υγρό διαλύτη. Τα ανθρακούχα αναψυκτικά σε κλειστά μπουκάλια ή τενεκεδάκια κρατούνται υπό υψηλή πίεση. Όταν τα ανοίγουμε, η μείωση της πίεσης σε τιμές ατμοσφαιρικής πίεσης έχει αποτέλεσμα την απαέρωση του αναψυκτικού.

Μπορούμε να δώσουμε σωματιδιακή εξήγηση αυτής της επίδρασης σκεφτόμενοι τη δυναμική ισορροπία ανάμεσα στη διαλυμένη ουσία (αέρια ουσία) και του διαλύτη. Σε υψηλότερη πίεση, υπάρχει αύξηση στη συχνότητα των συγκρούσεων των μορίων των αερίων με την επιφάνεια του διαλύματος, με συνέπεια περισσότερα μόρια διαλυμένης ουσίας να εισέρχονται στο διάλυμα.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Σε συνηθισμένη θερμοκρασία και πίεση και παίρνοντας ως μέτρο τον όγκο του διοξειδίου του άνθρακα που μπορεί να διαλυθεί σε ορισμένη ποσότητα νερού, ο όγκος του οξυγόνου (O_2) που μπορεί να διαλυθεί είναι 30 φορές λιγότερος και αυτός του αζώτου (N_2) είναι 60 φορές λιγότερος.

Με σκοπό να διαλυθεί το διοξείδιο του άνθρακα στα αναψυκτικά, τα τελευταία κλείνονται σε μπουκάλια κάτω από σημαντική πίεση.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η συζήτηση για τον νόμο του Henry και των άλλων μεθοδολογιών που ακολουθούν βασίζεται στο άρθρο:

Hans de Grys, Determining the pressure inside an unopened carbonated beverage. Journal of Chemical Education, Vol. 84, No. 7, 1117-1119.

Ανάπτυξη: Γεώργιος Τσαπαρλής & Κωνσταντίνος Καμπουράκης

Μετάφραση: Αναστασία Αναστασίου και Γεώργιος Τσαπαρλής

Ίδρυμα: Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Χώρα: Ελλάδα

Νόμος του Henry

Με μια σχολική τάξη που έχει προχωρημένες γνώσεις χημείας, μπορούμε να προσφύγουμε στο νόμο του Henry για να προσδιορίσουμε την πίεση μέσα σε ένα κλειστό τενεκεδάκι με ανθρακούχο αναψυκτικό. Αντίθετα με τις άλλες μεθοδολογίες, όπου μόνο το αέριο στον κενό χώρο ανάμεσα στο τενεκεδάκι και το αναψυκτικό ήταν υπό εξέταση και το διαλυμένο αέριο δεν μετρούνταν, σε αυτή την περίπτωση ισχύει ακριβώς το αντίθετο. Ο όρος της διαλυτότητας αναφέρεται μόνο στο αέριο που είναι πράγματι διαλυμένο στο σφραγισμένο τενεκεδάκι. Η πρόκληση τότε είναι να απαερωθεί πλήρως ένα τενεκεδάκι με αναψυκτικό και να μετρηθούν τα μολ του διοξειδίου του άνθρακα που έχουν διαλυθεί.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για αυτό το σκοπό, κάποιιοι από τους οποίους παρέχουν πιο ακριβείς μετρήσεις σε σχέση με κάποιους άλλους. Η απλή ανάδευση είναι ο πιο διαδεδομένος αν και πρέπει να δοθεί προσοχή να μην χυθεί καθόλου από το υγρό περιεχόμενο. Αν είναι διαθέσιμη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια τράπεζα με αναδευτήρα υψηλής συχνότητας, οπότε η μάζα που έχει το τενεκεδάκι μετρείται πριν και μετά την ανάδευση. Ένας άλλος τρόπος είναι να θερμανθεί ήπια το τενεκεδάκι με θερμαινόμενη πλάκα και να επιτραπεί έτσι η διαφυγή του αερίου, λόγω του ότι η διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας. Αν το τενεκεδάκι θερμανθεί υπερβολικά, διαφεύγει και σημαντική ποσότητα υδρατμών προκαλώντας αποτυχία στην ακριβή μέτρηση της μάζας του CO₂.

Απαέρωση με σχηματισμό ενεργών πυρήνων. Μια άλλη μέθοδος απαέρωσης περιλαμβάνει την εισαγωγή ενεργών πυρήνων στο αναψυκτικό. Σκόρπισμα αλατιού, ζάχαρης ή ακόμα και ολόκληρες καραμέλες έχουν χρησιμοποιηθεί για να επιφέρουν γρήγορη επαέρωση του διοξειδίου του άνθρακα σε διάφορες σόδες. Οι μαθητές πρέπει να θυμηθούν να μετρήσουν την μάζα αυτών των προστιθέμενων ουσιών. Ακόμη να τις προσθέσουν αργά στο αναψυκτικό για να εμποδίσουν το έντονο ξεχείλισμα. Έτσι μπορούν να γίνουν ένα αποτελεσματικό μέσο.

Μόλις βρεθεί ο συνολικός αριθμός των μολ του CO₂ και υπολογιστεί η διαλυτότητα, είναι απλό να χρησιμοποιήσουμε το νόμο του Henry για να βρούμε την αρχική πίεση που οδήγησε σε αυτό το επίπεδο του κορεσμού με CO₂ :

$$C_{\text{gas}} = kP_{\text{gas}}$$

Χρειάζεται μόνο να βρεθεί η διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα στο σφραγισμένο τενεκεδάκι και η σταθερά του νόμου του Henry (k , η οποία είναι περίπου $3,5 \times 10^2$ M atm για CO₂ στους 25C), και η εξίσωση μπορεί να λυθεί για να βρεθεί απευθείας η πίεση.

Ανάπτυξη: Γεώργιος Τσαπαρλής & Κωνσταντίνος Καμπουράκης

Μετάφραση: Αναστασία Αναστασίου και Γεώργιος Τσαπαρλής

Ίδρυμα: Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Χώρα: Ελλάδα

Άλλες μεθοδολογίες

Το υδατικό διάλυμα διοξειδίου του άνθρακα σχηματίζει ανθρακικό οξύ, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η προσέγγιση οξέος-βάσεως. Αρχικά μετρήστε το pH ενός αναψυκτικού που μόλις ανοίχτηκε, μετά απαρρώστε το προσεκτικά και στο τέλος μετρήστε πάλι το pH. Χρησιμοποιώντας τη διαφορά του pH και την K_a του ανθρακικού οξέος μπορείτε να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα. Από αυτά τα δεδομένα και από πίνακες με τιμές σταθερών ισορροπίας, μπορεί να υπολογιστεί η μολική συγκέντρωση (molarity) του CO_2 που είναι διαλυμένο στο αναψυκτικό.

Λαμβάνοντας υπόψη την ασθενή φύση του ανθρακικού οξέος ($K_a = 4.3 \times 10^{-7}$ στους 25°C) σε συνδυασμό με την πολύ αραιή του συγκέντρωση στο αναψυκτικό (στην περιοχή 1×10^{-4} M) δεν θα μπορούσε να υπάρχει διαφορά απέναντι στο ισχυρότερο και πιο πυκνό φωσφορικό οξύ που ήδη υπάρχει στα αναψυκτικά τύπου κόλα. Το αποτέλεσμα είναι ότι το φωσφορικό οξύ επισκιάζει οποιαδήποτε αξιοπρόσεκτη αλλαγή στη $[\text{H}_3\text{O}^+]$ που οφείλεται στη απομάκρυνση του CO_2 .

Ανακάλυψη των νόμων των αερίων από τους μαθητές

M.R.P. Boregedera

Journal of Chemical Education, 2007, Vol. 84, No. 3, 465-468.

Το άρθρο που ακολουθεί περιγράφει την αυθεντική εργασία του Boyle :

Lewis, L. D. *J. Chem. Educ.* **1997**, *74*, 209–210.

Ένα οδηγός πειραμάτων για λύκειο ή πανεπιστημιακής γενικής χημείας καλύπτει κάποιους από τους νόμους των αερίων

Randall, Jack. *Advanced Chemistry with Vernier: Experiments for AP, IB, and College General Chemistry*; Vernier Software and Technology: Beaverton, OR, 2004.

Ένα άρθρο για την αξιολόγηση των γνώσεων καθηγητών και μαθητών για την κατανόηση των νόμων των αερίων είναι:

Lin, H.; Cheng, H.; Lawrenz, F. *J. Chem. Educ.* 2000, *77*, 235–238.

Για περαιτέρω βιβλιογραφία για τους νόμους των αερίων κοιτάξτε το παραπάνω άρθρο του Boregedera.

Σε αυτή τη δραστηριότητα, ο καθηγητής αφήνει τους μαθητές να “ανακαλύψουν” τους νόμους των αερίων στο εργαστήριο, χρησιμοποιώντας τα δικά τους εργαστηριακά δεδομένα. Ο

Ανάπτυξη: Γεώργιος Τσαπαρλής & Κωνσταντίνος Καμπουράκης

Μετάφραση: Αναστασία Αναστασίου και Γεώργιος Τσαπαρλής

Ίδρυμα: Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Χώρα: Ελλάδα

υπόλοιπος διδακτικός χρόνος χρησιμοποιείται για επίλυση προβλημάτων χρησιμοποιώντας τους νόμους των αερίων. Αυτή η διδακτική μέθοδος χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς με πανεπιστημιακούς φοιτητές.

Τα πειράματα διεξήχθησαν με το εύκολα διαθέσιμο, λογικά στην τιμή, λογισμικό Vernier και εργαστηριακό εξοπλισμό. Ο εργαστηριακός χρόνος αφιερώνεται στη συλλογή δεδομένων, τα οποία στη συνέχεια μεταφέρονται σε φύλλα εργασίας του Microsoft Excel για γραφικές παραστάσεις και επεξεργασία. (Το λογισμικό Logger Pro που παρέχεται από τη Vernier θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί, αν είναι επιθυμητό.)

Οι μαθητές ανέλυσαν τα δεδομένα τους ατομικά, εκτός εργαστηριακής περιόδου. Τους δόθηκαν οδηγίες να κάνουν γραφικές παραστάσεις και να εξαγωγάνου συμπεράσματα για τις σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων των αερίων, βασισμένοι σε αυτές γραφικές παραστάσεις, πριν από την παρακολουθήσουν ένα προκαταρκτικό μάθημα πριν από την εργαστηριακή τους εργασία. Κάθε μαθητής υπέβαλε την εργαστηριακή του έκθεση μερικές μέρες μετά από αυτή το μάθημα. Οι μαθητές διεξήγαγαν πειράματα και εξερεύνησαν τις σχέσεις μεταξύ των ακόλουθων ιδιοτήτων των αερίων :

Πίεση και όγκος (με τη θερμοκρασία και την ποσότητα του αερίου σταθερά).

Πίεση και θερμοκρασία (όγκος και ποσότητα του αερίου σταθερά).

Όγκος και θερμοκρασία (πίεση και ποσότητα του αερίου σταθερά).

Πίεση και αριθμός των μολ (όγκος και θερμοκρασία σταθερά) για να προσδιορίσουν την παγκόσμια σταθερά των αερίων.

Βιβλιογραφία

Atkins, W. P. (1989). Physical Chemistry. Third edition (Vol. I), pp. 13-17. Oxford University Press.

Borgford, C. L., Summerlin, L. R. (1988). Chemical Activities – Teacher edition. American Chemical Society, Washington, D.C., pp. 5-7.

Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction. Journal of Chemical Education, 76 (4), 543-547.

Graham, H. (1986). Chemistry Counts. Hodder and Stoughton, London Sydney, Auckland, Toronto, pp. 36-37.

Ανάπτυξη: Γεώργιος Τσαπαρλής & Κωνσταντίνος Καμπουράκης

Μετάφραση: Αναστασία Αναστασίου και Γεώργιος Τσαπαρλής

Ίδρυμα: Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Χώρα: Ελλάδα



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

Johnstone, A. H., Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5, 42-51.

Kampourakis, C., Tsaparlis, G. (2003). A study of the effect of a practical activity on problem solving in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice* 4 (3), 319-333. ([http:// www.rsc.org/Education/CERP](http://www.rsc.org/Education/CERP))

Laugier, A., Dumon, A. (2003). Résolution de problème et pratique expérimentale: analyse du comportement des élèves en début seconde. *Chemistry Education Research and Practice* 4 (3), 335-352. ([http:// www.rsc.org/Education/CERP](http://www.rsc.org/Education/CERP))

Nussbaum, J. (1988). The particulate nature of matter in the gaseous phase. In Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (eds), *Children's Ideas in Science*, pp. 124-144. Open University Press, Milton Keynes.

http://en.wikipedia.org/wiki/Carbonated_water

<http://en.wikipedia.org/wiki/Carbonation>

http://en.wikipedia.org/wiki/Soft_drink

Ανάπτυξη: Γεώργιος Τσαπαρλής & Κωνσταντίνος Καμπουράκης

Μετάφραση: Αναστασία Αναστασίου και Γεώργιος Τσαπαρλής

Ίδρυμα: Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Χώρα: Ελλάδα