



## Δραστηριότητα GREEN-EDU

Τίτλος: Πρασινίζοντας τα εργαστήρια Χημείας του σχολείου

Συγγραφέας: Anatolia College

### Περίληψη

Οι ενέργειες που έγιναν για την εφαρμογή του "πρασίνου" στο εργαστηριακό πρόγραμμα σπουδών είναι: εισαγωγή χημείας σε μικροκλίμακα, αραίωση των διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται, αφαίρεση επικίνδυνων υλικών και αντικατάσταση μη περιβαλλοντικά ασφαλών πρακτικών, εισαγωγή μικροκυμάτων, σύνθεση φυσικών πολυμερών και παρουσίαση των δώδεκα αρχών της πράσινης χημείας μαζί με πρακτικά παραδείγματα.

Τομέας	Πράσινη Χημεία
Θέμα	Μετατροπή των εργαστηρίων Χημείας σε πιο φιλικά προς το περιβάλλον
Ηλικία μαθητών	Μαθητές Λυκείου 15-17
Χρόνος προετοιμασίας	30 λεπτά
Χρόνος διδασκαλίας	100 λεπτά
Υλικό για διαδικτυακή διδασκαλία (links)	<i>Introducing Green Chemistry: The Science of Solutions</i> <a href="https://blossoms.mit.edu/videos/lessons/introducing_green_chemistry_science_solutions">https://blossoms.mit.edu/videos/lessons/introducing_green_chemistry_science_solutions</a>
Υλικό για διδασκαλία	<a href="https://www.beyondbenign.org/bbdocs/pdfs/Lactic_Acid_Titration_Extension.pdf">https://www.beyondbenign.org/bbdocs/pdfs/Lactic_Acid_Titration_Extension.pdf</a> <ul style="list-style-type: none"><li>"12 Principles of Green Chemistry" from Figure 4.1: (p.30). 12 Principles of Green Chemistry from Green Chemistry: Theory and Practice (1998) by Anastas P and Warner J. By Permission of <a href="#">Oxford University Press</a>.</li><li><a href="#">American Chemical Society Green Chemistry Institute</a></li><li><a href="#">EPA Green Chemistry</a></li><li><a href="#">Beyond Benign</a></li></ul>



- [Plastics Bioplastics - American Chemical Society](#)
- <https://greenchemistry.yale.edu/sites/default/files/files/Recycling%20PLA.pdf>

## Στόχοι του μαθήματος

Στο τέλος αυτού του μαθήματος οι μαθητές θα μάθουν για:

- 1) Πράσινες δραστηριότητες
- 2) Χημεία σε μικροκλίμακα
- 3) Αραίωση διαλυμάτων
- 4) Επικίνδυνα χημικά
- 5) Περιβαλλοντικά ασφαλή πρακτικά
- 6) Τεχνική Χημείας
- 7) Στοιχειομετρία
- 9) Χρήση μικροκυμάτων στα εργαστήρια
- 10) Πράσινα πολυμερή
- 11) Παραδείγματα Πράσινης Χημείας
- 12) Ατομική οικονομία

## Λέξεις κλειδιά

Problem Based learning, Collaborative Learning

## Δραστηριότητες

Τίτλος δραστηριότητας	Διαδικασία	Χρόνος
Εισαγωγή στην Πράσινη Χημεία	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ξεκινήστε το μάθημα με <b>εισαγωγικές ερωτήσεις</b>: Τι κάνει ένας Χημικός; Ποια είναι μερικά χημικά προϊόντα; Τι σκέφτεστε όταν ακούτε τις λέξεις “Πράσινη Χημεία”; Τι είναι η περιβαλλοντική επιστήμη;</li> <li>2. Οι μαθητές μπορούν να παρακολουθήσουν ένα σχετικό εισαγωγικό βίντεο</li> <li>3. Οι μαθητές θα εισαχθούν στις <b>12 Αρχές της Πράσινης Χημείας</b>. <b>Δραστηριότητα</b>: Σκεφτείτε τι σημαίνει για εσάς η Πράσινη Χημεία.</li> </ol>	45 λεπτά





	<p>Παρουσιάστε τις 12 Αρχές με δικά σας λόγια. Οι μαθητές θα χωριστούν σε ομάδες. Σε κάθε ομάδα θα ανατεθεί από μια Αρχή και θα πρέπει να την παρουσιάσουν στους συμμαθητές τους είτε με ένα σχέδιο/ζωγραφιά είτε ακόμα και με ένα τραγούδι.</p>	
<p><b>Κύρια δραστηριότητα</b></p>	<p><b>1. Εισαγωγή στη χημεία μικροκλίμακας</b> Η χημεία σε μικροκλίμακα υιοθετείται όλο και περισσότερο σε όλο τον κόσμο ως μέθοδος για την παροχή πρακτικής επιστήμης στο σχολείο και για την αντιμετώπιση της πρόκλησης των αυξανόμενων δυσκολιών όσον αφορά την ασφάλεια, το χρόνο και το κόστος. Τα πλεονεκτήματα της εισαγωγής της μικροκλίμακας, κατά περίπτωση, είναι τα ακόλουθα:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Πιο τακτοποιημένο περιβάλλον μάθησης (λιγότερη κίνηση στο εργαστήριο, χωρίς βιασύνη για περιορισμένες συσκευές, κυρίως καθημενοι κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων).</li> <li>2. Ενθάρρυνση καλύτερης επιστημονικής στάσης (προσοχή στις λεπτομέρειες, προσεκτική παρατήρηση, συστηματική εργασία)</li> <li>3. Βελτίωση της ασφάλειας, καθώς πολύ μικρότερες ποσότητες χημικών που χρησιμοποιούνται ή/και παράγονται μειώνουν σημαντικά τους κινδύνους</li> <li>4. Μείωση πιθανής διαρροής και θραύσης, ενθαρρύνοντας έτσι την πρακτική εμπλοκή</li> <li>5. Χρήση μικρότερων ποσοτήτων χημικών, αποτρέποντας έτσι τη ρύπανση</li> <li>6. Ο χρόνος των εργαστηριακών δραστηριοτήτων μειώνεται, επομένως παρέχεται περισσότερος χρόνος για σκέψη σχετικά με τα αποτελέσματα και την εξαγωγή συμπερασμάτων</li> <li>7. Οι μαθητές απολαμβάνουν τη χρήση εξοπλισμού μικρο-επιστημών, επομένως έχουν καλύτερη απόδοση.</li> </ol> <p>Η προσέγγιση της μικροκλίμακας μπορεί να υιοθετηθεί σε πολλές περιπτώσεις, είτε σε απλά είτε σε πιο περίπλοκα πειράματα. Στο Κολλέγιο Ανατόλια προσφέρεται η εκτέλεση των αντιδράσεων μονής μετατόπισης σε «chem-plates wells» αντί για δοκιμαστικούς σωλήνες, με το αντιδρών διάλυμα να διατηρείται σε «πολυ-δοχεία», αντί για ποτήρια ζέσεως ή φιάλες. Οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται σε φρεάτιο χημικής πλάκας είναι: <math>Mg + HCl</math>, <math>Zn + HCl</math>, <math>Cu + HCl</math>, <math>Zn + CuSO_4</math>, <math>Fe + ZnSO_4</math>, <math>Ca + H_2O</math>. Ένα μικρό κομμάτι του μετάλλου αντιδρά σε 10 σταγόνες του διαλύματος ή του νερού και οι παρατηρήσεις για κάθε αντίδραση καταγράφονται.</p> <p><b>2. Αραίωση διαλυμάτων</b> Στις περισσότερες περιπτώσεις τα ανόργανα οξέα και οι βάσεις αραιώθηκαν, έτσι ώστε να καταναλωθούν μικρότερες ποσότητες. Οι αντιδράσεις ήταν μάλλον ηπιότερες και χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να ολοκληρωθούν, αλλά η κατανάλωση οξέος ή βάσης ελαχιστοποιήθηκε (δηλαδή, <math>HCl</math> συγκέντρωσης 1M ή 2M αντέδρασε αντί για διάλυμα <math>HCl</math> συγκέντρωσης 6M).</p>	<p>60 λεπτά</p>





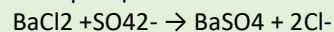
### 3. Απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών και αντικατάσταση μη περιβαλλοντικά ασφαλών πρακτικών με Πράσινα.

Χημικές ουσίες που θεωρούνται επιβλαβείς ή δυνητικά επιβλαβείς έχουν αφαιρεθεί και αυτά τα πειράματα στα οποία χρησιμοποιήθηκαν μη ασφαλείς χημικές ουσίες αντικαθίστανται. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι:

1. Διχρωμικό αμμώνιο [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>], το αγαπημένο χημικό ηφαίστειο όλων των εποχών εξαλείφθηκε, λόγω των τοξικών παραπροϊόντων που παράγονται κατά τη θέρμανση.
2. Ο τετραχλωράνθρακας και το χλωροφόρμιο (CCl<sub>4</sub> και CHCl<sub>3</sub>), τυπικοί πολυχλωριωμένοι διαλύτες, εξαλείφθηκαν ως καρκινογόνες ουσίες. Ο πετρελαϊκός αιθέρας μπορεί εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί για εκχύλιση.
3. Ο υδράργυρος (Hg), που παράγεται κατά τη θέρμανση του οξειδίου του υδραργύρου (II), το HgO εξαλείφθηκε επίσης ως εξαιρετικά τοξικό.
4. Το ιώδιο (I<sub>2</sub>), που χρησιμοποιείται στο πείραμα της εξάχνωσης, έχει αντικατασταθεί από την καφεΐνη, καθώς ερεθίζει το αναπνευστικό. Ωστόσο, η εξάχνωση της καφεΐνης θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά, για να αποφευχθεί η καύση της καφεΐνης.
5. Το χλωρικό κάλιο (KClO<sub>3</sub>) που αποσυντίθεται κατά τη θέρμανση για να παραχθεί O<sub>2</sub>, μπορεί να προκαλέσει βίαιες αντιδράσεις, επομένως έχει αντικατασταθεί από την αντίδραση του υπεροξειδίου του υδρογόνου (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) παρουσία ζύμης.

Η εκχύλιση χρησιμοποιώντας διαιθυλαιθέρα (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>), έναν πολύ γνωστό διαλύτη λιπαρών ενώσεων, που μπορεί να σχηματίσει εκρηκτικά υπεροξείδια, έχει αντικατασταθεί από ένα πείραμα διαλυτότητας και εκχύλισης σε πράσινη μικροκλίμακα. Στερεά πάπρικα (ελαιοδιαλυτή) και χρωστικές τροφίμων, πράσινες και μπλε (υδατοδιαλυτές), διαλύθηκαν και εκχυλίστηκαν σε μείγμα ελαιολάδου και νερού.

Η διδασκαλία της στοιχειομετρίας έχει επίσης αλλάξει καθώς η αρκετά κοινή αντίδραση διπλής μετατόπισης του Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + 2 KI → PbI<sub>2</sub> + 2KNO<sub>3</sub>, με το Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> να θεωρείται πιθανό καρκινογόνο και τοξικό, αντικαθίσταται. Η προτεινόμενη αντίδραση είναι αυτή μεταξύ BaCl<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ή οποιουδήποτε διαλύματος θειικού άλατος, δηλαδή Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Η αντίδραση είναι:



και αφού το λευκό ίζημα BaSO<sub>4</sub> φιλτραριστεί, μπορεί εύκολα να στεγνώσει, λόγω της μικροκρυσταλλικής του φύσης.

Ένα άλλο πράσινο πείραμα στη στοιχειομετρία είναι η θέρμανση ενός μείγματος διττανθρακικού νατρίου (NaHCO<sub>3</sub>) και ανθρακικού νατρίου (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Το διττανθρακικό νάτριο είναι μια ασφαλής εναλλακτική λύση στα σκληρά προϊόντα καθαρισμού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί για φωσφορικά άλατα, επομένως θα καταγράφονται λιγότερες τοξικές επιδράσεις στο περιβάλλον. Η θέρμανση αυτού του μείγματος πάνω από μια φλόγα καυστήρα Bunsen σε σταθερή μάζα θα επιτρέψει την καταγραφή της αλλαγής της μάζας, η οποία οφείλεται στην ποσότητα του





NaHCO<sub>3</sub> που χάνεται ως νερό και αέρια διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι μπορεί να συναχθεί η εκατοστιαία σύνθεση του μίγματος.

#### 4. Εισαγωγή Φούρνων Μικροκυμάτων στα εργαστήρια

Η χρήση φούρνων μικροκυμάτων στο Λύκειο θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση χρόνου, ενέργειας και κόστους. Πολλά εργαστήρια που περιλαμβάνουν θέρμανση απαιτούν τη ρύθμιση καυστήρων ή εστιών και χρόνο για τη θέρμανση των διαλυμάτων. Τα μικροκύματα επιτρέπουν γρήγορη θέρμανση, σημαντική εξοικονόμηση κόστους ενέργειας και εξοπλισμού, καθώς και την εισαγωγή ενός στοιχείου ετοιμότητας, που θα μπορούσε να διευκολύνει το σχεδιασμό μελλοντικών εργαστηρίων.

Η θέρμανση μιας ορισμένης ποσότητας νερού με χρήση τόσο του φούρνου μικροκυμάτων όσο και της παραδοσιακής εστίας πραγματοποιείται για να αποδειχθεί ότι η πιθανή θέρμανση με μικροκύματα είναι πιο αποτελεσματική. Ίσες ποσότητες απεσταγμένου νερού θερμαίνονται σε φούρνο μικροκυμάτων και σε ζεστό πιάτο, για περίπου 200 δευτερόλεπτα. Η θερμοκρασία καταγράφεται κάθε 10 δευτερόλεπτα για να προσδιοριστεί η αύξηση της θερμοκρασίας και στις δύο διαδικασίες. Η κατανάλωση ενέργειας συνάγεται επίσης, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες χρήσης ενέργειας που παρέχονται για τον προσδιορισμό της πιο πράσινης διαδικασίας.

#### 5. Σύνθεση πράσινου πολυμερούς

Ένα πράσινο πολυμερές θα συντεθεί χρησιμοποιώντας γάλα, το οποίο μετά από συγκεκριμένη χημική επεξεργασία μετατρέπεται σε κόλλα. Ωστόσο, η κόλλα που παράγεται θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως, καθώς δεν μπορεί να διατηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Το ζεστό γάλα ανακατεύεται με ξύδι και το τυρόπηγμα που παράγεται θα σπάσει σε μικρά κομμάτια καθώς προστίθεται μαγειρική σόδα και αναμειγνύεται καλά. Τελικά το τυρόπηγμα γίνεται πιο λείο και πιο «υγρό», παράγοντας κόλλα.

#### 6. Παρουσίαση των δώδεκα αρχών της πράσινης χημείας και μερικά επιλεγμένα Πράσινα παραδείγματα.

Παρουσιάστηκαν οι δώδεκα αρχές της πράσινης χημείας, μαζί με μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα. Για παράδειγμα, για την αρχή της οικονομίας του ατόμου, η καύση του άνθρακα θα δώσει διοξείδιο του άνθρακα και όχι υποπροϊόντα, ενώ η θέρμανση του ανθρακικού ασβεστίου οδηγεί επίσης σε σχηματισμό διοξειδίου του άνθρακα, αλλά το στερεό οξείδιο του ασβεστίου θα είναι ένα υποπροϊόν, που απαιτεί ανησυχία για τη διάθεση. Αυτό οδηγεί τους μαθητές να κατανοήσουν ότι η πρόληψη της ρύπανσης πρέπει να είναι η πολιτική του μέλλοντος αντί να προσπαθεί να εξαλείψει τα υλικά της ρύπανσης.

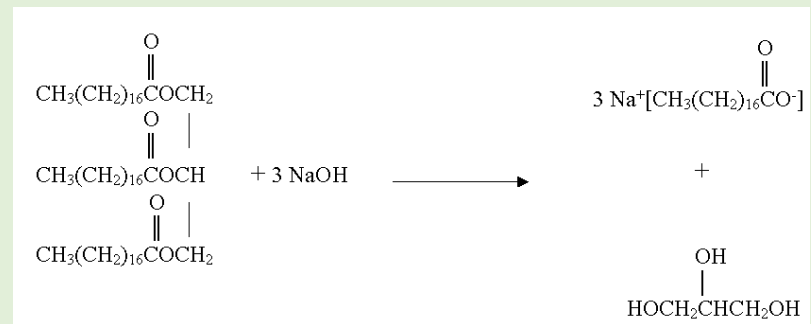
Μέχρι πριν από λίγα χρόνια, ένας χημικός επικεντρωνόταν στη μεγιστοποίηση της απόδοσης, στην ελαχιστοποίηση του αριθμού των βημάτων ή στη σύνθεση μιας εντελώς νέας χημικής ουσίας. Η πράσινη χημεία και η οικονομία των ατόμων θέτουν νέους στόχους στη χημεία των αντιδράσεων: σχεδιάζοντας τις αντιδράσεις με τρόπο ώστε τα άτομα που





υπάρχουν στα αρχικά υλικά να καταλήγουν στα προϊόντα και όχι στα απόβλητα.

Η σαπωνοποίηση, ή η παρασκευή σαπουνιού, είναι μια παραδοσιακή αντίδραση (εικόνα 1) και ένα πολύ καλό παράδειγμα της οικονομίας των ατόμων.



Εικόνα 1. Αντίδραση σαπωνοποίησης. Το τριγλυκερίδιο του στεατικού οξέος αντιδρά με το υδροξείδιο του νατρίου για να παράγει στεατικό νάτριο (σαπούνι) και γλυκερίνη.

Η χρήση μοριακών μοντέλων ή ο υπολογισμός της μάζας των αντιδρώντων και του σαπουνιού (προϊόντος) και στη συνέχεια η διαίρεση της μάζας του προϊόντος με τη συνολική μάζα των αντιδρώντων και όλα αυτά πολλαπλασιαζόμενα επί 100, θα δώσει την πλήρη ιδέα της οικονομίας του ατόμου.

όπου:

A = εκατοστιαία οικονομία ατόμου

M = μάζα του επιθυμητού προϊόντος

T = συνολική μάζα όλων των αντιδρώντων