

# Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Συνοψεις

## ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΟΨΕΩΝ

14<sup>ο</sup>

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ  
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες  
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές

Στην μνήμη της Άνας Σπύριου



12-14 Απριλίου 2025

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ  
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΠΘ  
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΑΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,  
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

[synedrio2025.enepnet.gr](https://synedrio2025.enepnet.gr)



**Ενσωμάτωση της Οικονομίας Ατόμων στη Διδασκαλία της Χημείας: τι μας Δείχνουν τα Σχέδια των Μαθητών/τριών;**

*Ευαγγελία Γκόγια, Κατερίνα Σάλτα, Κατερίνα Πασχαλίδου*

doi: [10.12681/codiste.7769](https://doi.org/10.12681/codiste.7769)

## Ενσωμάτωση της Οικονομίας Ατόμων στη Διδασκαλία της Χημείας: Τι μας Δείχνουν τα Σχέδια των Μαθητών/τριών;

Ευαγγελία Γκόγια<sup>1</sup>, Κατερίνα Σάλτα<sup>2</sup> και Κατερίνα Πασχαλίδου<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, <sup>2,3</sup>Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό,

Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

<sup>1</sup>[evangkogia@gmail.com](mailto:evangkogia@gmail.com), <sup>2</sup>[ksalta@chem.uoa.gr](mailto:ksalta@chem.uoa.gr), <sup>3</sup>[kpaschalidou@chem.uoa.gr](mailto:kpaschalidou@chem.uoa.gr)

### Περίληψη

Η σχέση της Πράσινης Χημείας (ΠΧ) με τη βιώσιμη ανάπτυξη κατέστησε απαραίτητη την ενσωμάτωση των αρχών της ΠΧ στη διδασκαλία της Χημείας για την ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού των μαθητών/τριών. Η παρούσα εργασία διερευνά τις ιδέες των μαθητών/τριών σχετικά με την αρχή της ΠΧ οικονομία ατόμων, όπως αναδεικνύονται μέσα από τα σχέδιά τους στο τέλος μιας διδασκαλίας που έχει ως στόχο την ενσωμάτωση της αρχής αυτής στο μάθημα της Χημείας. Η διδασκαλία εφαρμόστηκε σε μαθητές/τριες της Β' Λυκείου που έχουν ήδη διδαχθεί τη στοιχειομετρία. Η εισαγωγή στην οικονομία ατόμων έγινε με την χρήση μιας αναλογίας με τη μορφή σχεδίου (υλικά συσκευασίας δώρου-μη επιθυμητό προϊόν). Η ανάλυση 41 σχεδίων έδειξε ότι οι 26 μαθητές/τριες μπόρεσαν να εκφράσουν την αρχή οικονομία ατόμων είτε χρησιμοποιώντας μια χημική αντίδραση είτε μια αναλογία και 10 μαθητές ανάδειξαν κάποια σχέση της Χημείας με το περιβάλλον, οι περισσότεροι με μια αισιόδοξη προοπτική.

**Λέξεις κλειδιά:** Βιώσιμη ανάπτυξη, Πράσινη Χημεία, στοιχειομετρία, σχέδια μαθητών/τριών

## Integrating the Atom Economy in Chemistry Teaching: What Do Students' Drawings Show Us?

Evagelia Gkogia<sup>1</sup>, Katerina Salta<sup>2</sup> and Katerina Paschalidou<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Msc Student, <sup>2,3</sup>Laboratory Teaching Staff,

School of Chemistry, National and Kapodistrian University of Athens

<sup>1</sup>[evangkogia@gmail.com](mailto:evangkogia@gmail.com), <sup>2</sup>[ksalta@chem.uoa.gr](mailto:ksalta@chem.uoa.gr), <sup>3</sup>[kpaschalidou@chem.uoa.gr](mailto:kpaschalidou@chem.uoa.gr)

### Abstract

The connection between Green Chemistry (GC) and sustainable development has made it necessary to integrate GC principles into the teaching of Chemistry to develop students' scientific literacy. This study explores students' ideas about the GC principle of atom economy (AE) through their drawings produced at the end of a Chemistry lesson that aimed at integrating this principle. Eleventh grade students who have already been taught stoichiometry participated in this lesson. The introduction of AO was made by using a drawing-analogy (gift wrapping materials-not desired product). Analysis of 41 drawings showed that 26 students were able to express the principle of atom economy using either a chemical reaction or an analogy and 10 students demonstrated some connection between chemistry and the environment, most of them with an optimistic perspective.

**Keywords:** Drawings, Green Chemistry, stoichiometry, sustainable development

## **Εισαγωγή**

Η σημασία της Πράσινης Χημείας (ΠΧ) αλλά και η σχέση της με τη βιώσιμη ανάπτυξη είναι ευρέως τεκμηριωμένη (Linthorst, 2010). Η ΠΧ θεωρείται ως το μέλλον της Χημείας και επομένως ένα κρίσιμο συστατικό της χημικής εκπαίδευσης για να ενθαρρύνουμε βιώσιμες πρακτικές (Ballard & Mooring, 2021). Έτσι λοιπόν, καθίσταται απαραίτητη η ενσωμάτωση των αρχών της ΠΧ, όπως η οικονομία ατόμων, και η σύνδεση τους με θεμελιώδεις χημικές έννοιες, που οι μαθητές/τριες ήδη διδάσκονται, όπως η στοιχειομετρία, με στόχο την ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού των μαθητών/τριών.

## **Βιβλιογραφική Επισκόπηση**

### **Επιστημονικός Γραμματισμός**

Εδώ και χρόνια ο επιστημονικός γραμματισμός των πολιτών αποτελεί έναν από τους πρωταρχικούς στόχους της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) (Roberts & Bybee, 2014). Δύο οπτικές (I και II) των προγραμμάτων σπουδών για τον επιστημονικό γραμματισμό έχουν προταθεί, με την οπτική I να εστιάζει εντός των ΦΕ σε έννοιες, μοντέλα, πρακτικές κ.α. (π.χ. στοιχειομετρία) και η οπτική II έξω από τις ΦΕ σε θέματα προσωπικής και κοινωνικής σημασίας για τους μαθητές/τριες, όπως η περιβαλλοντική ποιότητα, η χρήση πόρων και η λήψη αποφάσεων για πολύπλοκα κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα (Roberts & Bybee, 2014). Η εισαγωγή της ΠΧ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση προάγει τη διεπιστημονικότητα, τη συνεργασία και τον επιστημονικό γραμματισμό, ώστε να διαμορφώνονται κοινωνίες με ισχυρές περιβαλλοντικές αξίες (Sjöström et al., 2016).

### **Πράσινη Χημεία και Εκπαίδευση**

Η Πράσινη Χημεία θεμελιώθηκε το 1991 από τον Paul Anastas ως ένα σύνολο 12 αρχών, με στόχο την ελαχιστοποίηση του κινδύνου και τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας οποιασδήποτε χημικής διεργασίας, τόσο κατά το σχεδιασμό όσο και κατά τη χρήση των προϊόντων (Anastas & Eghbali, 2010). Η αρχή οικονομία ατόμων (ΟΑ) θεωρείται ως η βάση των αρχών της ΠΧ καθώς συνδυάζει την περιβαλλοντικά αβλαβή σύνθεση και την πρόληψη αποβλήτων (Koulougliotis et al., 2021).

Από τις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα έχουν συμπεριληφθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία οι 12 αρχές της ΠΧ και έχει βρεθεί ότι τα εκπαιδευτικά προγράμματα ΠΧ στη τυπική ή μη εκπαίδευση επηρεάζουν τη στάση των μαθητών/τριών απέναντι στη βιωσιμότητα (Ma & Shengli, 2020), συμβάλλουν στη βελτίωση των κινήτρων και των επιδόσεων τους, καθώς και στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής τους συνείδησης (Karpu Dewan et al., 2015). Από την άλλη πλευρά οι μαθητές/τριες φαίνεται να δυσκολεύονται στην κατανόηση των εννοιών-αρχών της ΠΧ, συμπεριλαμβανομένης και της οικονομίας ατόμων (Ma & Shengli, 2020).

### **Η αρχή της οικονομίας ατόμων στην εκπαίδευση**

Η οικονομία ατόμων αποτελεί μία από τις αρχές της ΠΧ που διδάσκεται συχνότερα, καθώς, θεωρείται εννοιολογικά πιο απλή. Προσφέρει έναν από τους απλούστερους τρόπους για την εισαγωγή της ΠΧ στα μαθήματα Οργανικής Χημείας στην ενότητα των κύριων τύπων οργανικών αντιδράσεων (Cann & Dickneider, 2004). Έχουν προταθεί διάφορες διδακτικές προσεγγίσεις με τις οποίες η οικονομία ατόμων (α) συνδέεται με την αποτελεσματικότητα της αντίδρασης (Cann & Dickneider, 2004), (β) εντάσσεται στο πλαίσιο των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης (D'eon & Silverman, 2023) και (γ) συνδυάζεται με τις αρχές της ΠΧ: πρόληψη αποβλήτων, σχεδιασμός ασφαλέστερων χημικών ουσιών και χρήση ασφαλέστερων διαλυτών (Ballard & Mooring, 2021).

### **Η αξιοποίηση των σχεδίων των μαθητών/τριών στη διδασκαλία της Χημείας**

Η έρευνα έχει δείξει ότι τα σχέδια των μαθητών/τριών προσφέρουν ένα μοναδικό παράθυρο στη σκέψη τους (Ainsworth et al., 2011). Επιπλέον, η δημιουργία σχεδίων από τους/τις

μαθητές/τριες καλλιεργεί τη δημιουργικότητα, την ικανότητά τους για αναστοχασμό και την ενδυνάμωση της κατακτηθείσας γνώσης (Oliveira et al., 2021). Στη Χημεία τα σχέδια αντιπροσωπεύουν στοιχεία των θεωρητικών μοντέλων και διευκολύνουν τη σκέψη και την επικοινωνία (Talanquer, 2022). Οι αναλύσεις σχεδίων των μαθητών/τριών έχουν αποκαλύψει τους τρόπους σκέψης τους, που μπορεί να μην είναι τόσο εμφανείς στην ομιλία ή τη γραφή τους (Stammes et al., 2023). Διάφορα διακριτά χαρακτηριστικά των σχεδίων των μαθητών/τριών, όπως η χρήση κύκλων διαφορετικών μεγεθών, χρωμάτων και μοτίβων, ή οι κλίμακες μεγέθους που απεικονίζονται και η χρήση χημικών συμβόλων πρέπει να αναγνωρίζονται για να ερμηνεύσουμε το νόημά τους (Talanquer, 2022).

## Μεθοδολογία

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη των ιδεών μαθητών/τριών της Β' Λυκείου για την αρχή της ΠΧ οικονομία ατόμων μέσα από τα σχέδιά τους και μετά τη διδασκαλία της ως εφαρμογή της στοιχειομετρίας. Η οικονομία ατόμων παρουσιάστηκε στους μαθητές με τη χρήση μιας αναλογίας (υλικά συσκευασίας-μη επιθυμητό προϊόν) με τη μορφή σχεδίου. Στη συνέχεια οι μαθητές μελέτησαν αντιδράσεις παραγωγής υδρογόνου ώστε να επιλέξουν αυτήν με τη μεγαλύτερη Ο.Α. Στο τέλος της διδασκαλίας, ζητήθηκε από τους μαθητές/τριες να σχεδιάσουν μια εικόνα που να σχετίζεται με την αρχή οικονομία ατόμων, με σκοπό να καταγράψουμε τις ιδέες τους που θα αναδυθούν από τα σχέδιά τους. Το δείγμα απαρτίζεται από 41 σχέδια μαθητών/τριών του Πρότυπου Λυκείου Αναβρύτων.

## Αποτελέσματα

Από τους 52 μαθητές/τριες που συμμετείχαν στο μάθημα, οι 41 αποκρίθηκαν στον σχεδιασμό, και τα σχέδιά τους αναλύθηκαν ως προς το περιεχόμενό τους και ταξινομήθηκαν σε 5 ομάδες και δύο κατηγορίες (Πίνακας 1). Οι ομάδες προέκυψαν από την ανάλυση με βάση τα χαρακτηριστικά των σχεδίων που αφορούν: (α) τη χρήση μιας αναλογίας, (β) τη χρήση χημικής αναπαράστασης (συμβολική-σωματιδιακή) και (γ) την περιβαλλοντική επίδραση της Χημείας. Κάθε ομάδα κατηγοριοποιήθηκε περαιτέρω ως προς: (I) Το βαθμό ομοιότητας με το εισαγωγικό σχέδιο και (II) ως προς το ποσοστό της οικονομίας ατόμων (ΟΑ) που παρουσιάζεται στα σχέδιά τους Βρέθηκε ότι τα σχέδια 16 μαθητών/τριών απεικονίζουν μια αναλογία με υψηλό βαθμό μίμησης του αρχικού σχεδίου. Δέκα μαθητές/τριες χρησιμοποιούν χημικές αναπαραστάσεις (συμβολικές, σωματιδιακές) για να δείξουν την οικονομία ατόμων και ίσος αριθμός (10) σχεδιάζουν θέματα ρύπανσης χωρίς να αναδεικνύονται όμως οι ιδέες τους ως προς την οικονομία ατόμων. Δώδεκα μαθητές/τριες σχεδιάζουν διαδικασίες με μικρό και 9 με μεγάλο ποσοστό ΟΑ ενώ 5 αναπαριστούν και συγκρίνουν στα σχέδιά τους περιπτώσεις μεγάλου και μικρού ποσοστού ΟΑ.

**Πίνακας 1.** Ομάδες και κατηγορίες σχεδίων μαθητών/τριών

Ομάδα σχεδίων	Κατηγορίες σχεδίων		N
	Σχέση με το εισαγωγικό σχέδιο	Ιδέες μαθητών/μαθητριών για οικονομία ατόμων (ΟΑ)	
Χρήση αναλογίας (υλικά συσκευασίας/ μη επιθυμητό προϊόν)	Μεγάλη	Μικρό ποσοστό ΟΑ	8
		Μεγάλο ποσοστό ΟΑ	4
		Μεγάλο-μικρό ποσοστό ΟΑ	4
Ρύπανση περιβάλλοντος	Μικρή	Δεν αναδεικνύονται	10
Συμβολικές αναπαραστάσεις	Καμία	Μεγάλο ποσοστό ΟΑ	4
Σωματιδιακές αναπαραστάσεις	Καμία	Μικρό ποσοστό ΟΑ	4
		Μεγάλο ποσοστό ΟΑ	1
		Μεγάλο-μικρό ποσοστό ΟΑ	1
Διάφορες	Καμία	Δεν αναδεικνύονται	5

## Συζήτηση- Συμπεράσματα

Παρόλο που η κατανόηση της αρχής της ΠΧ οικονομία ατόμων έχει καταγραφεί ως δύσκολη (Ma & Shengli, 2020), η ανατροφοδότηση που πήραμε από τα σχέδια των μαθητών/τριών είναι ενθαρρυντική, καθώς τα μισά από τα σχέδια αναδεικνυαν διαδικασίες ή/και χημικές αντιδράσεις με διαφορετικά ποσοστά οικονομίας ατόμων. Κάποιοι μαθητές/μαθήτριες που δεν είχαν την αυτοπεποίθηση να ενσωματώσουν στα σχέδιά τους χημικές αναπαραστάσεις και τύπους εμπνεύστηκαν από την εικόνα που χρησιμοποιήσαμε στη διδασκαλία και δημιούργησαν τις δικές τους αναλογίες. Σχέδια που δεν αναδεικνύουν ιδέες για την έννοια της οικονομίας ατόμων, δείχνουν μια ευαισθησία για τη σχέση της Χημείας με το περιβάλλον, καθώς κάποια από αυτά αναπαριστούν ρυπογόνες διαδικασίες (λειτουργία εργοστασίων, αυτοκινήτων κ.ά.) ενώ κάποια άλλα παρουσιάζουν μια αισιόδοξη προοπτική για το περιβάλλον μέσω της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων.

## Βιβλιογραφία

- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096–1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>
- Anastas, P., & Eghbali, N. (2010). Green chemistry: principles and practice. *Chemical Society Reviews*, 39(1), 301-312. <https://doi.org/10.1039/B918763B>
- Ballard, J., & Mooring, S. R. (2021). Cleaning our world through green chemistry: Introducing high school students to the principles of green chemistry using a case-based learning module. *Journal of Chemical Education*, 98(4), 1290-1295. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00312>
- Cann, M. C., & Dickneider, T. A. (2004). Infusing the chemistry curriculum with green chemistry using real-world examples, web modules, and atom economy in organic chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 81(7), 977. <https://doi.org/10.1021/ed081p977>
- D'eon, J., & Silverman, J. R. (2023). Using systems thinking to connect green principles and United Nations Sustainable Development Goals in a reaction stoichiometry module. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 16(1), 2185109. <https://doi.org/10.1080/17518253.2023.2185109>
- Karpudewan, M., Roth, W., & Ismail, Z. (2015). The effects of “green chemistry” on secondary school students’ understanding and motivation. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 24, 35-43. <https://doi.org/10.1007/s40299-013-0156-z>
- Koulougliotis, D., Antonoglou, L., & Salta, K. (2021). Probing Greek secondary school students’ awareness of green chemistry principles infused in context-based projects related to socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 43(2), 298–313. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1867327>
- Linthorst, J. A. (2010). An overview: origins and development of green chemistry. *Foundations of Chemistry*, 12, 55-68. <https://doi.org/10.1007/s10698-009-9079-4>
- Ma, J., & Shengli, H. (2020). Evaluating chinese secondary school students’ understanding of green chemistry. *Science Education International*, 31(2), 209-219. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i2.11>
- Oliveira, A. W., Brown, A. O., Zhang, W. S., LeBrun, P., Eaton, L., & Yemen, S. (2021). Fostering creativity in science learning: The potential of open-ended student drawing. *Teaching and Teacher Education*, 105, 103416. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103416>
- Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. Στο N. G. Lederman, & S. K. Abell (Επιμ.), *Handbook of Research on Science Education Volume II* (σ. 559-572). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Sjöström, J., Eilks, I., & Zuin, V. G. (2016). Towards eco-reflexive science education: A critical reflection about educational implications of green chemistry. *Science & Education*, 25, 321-341. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9818-6>
- Stammes, H., Henze, I., Barendsen, E., & de Vries, M. (2023). Characterizing conceptual understanding during design-based learning: Analyzing students' design talk and drawings using the chemical thinking framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(3), 643–674. <https://doi.org/10.1002/tea.21812>
- Talanquer V. (2022). The complexity of reasoning about and with chemical representations, *JACS Au*, 2(12), 2658–2669. <https://doi.org/10.1021/jacsau.2c00498>