

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

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών



Η έννοια της αναλυτικής/διακριτικής ικανότητας στη Φασματοσκοπία με τη χρήση αναλογίας

Σοφία Πέγκα, Όλγα Σταμπουλή, Γεώργιος Τσαπαρλής, Ιωάννης Γεροθανάσης

doi: [10.12681/codiste.5589](https://doi.org/10.12681/codiste.5589)

# Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ/ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑΣ

Σοφία Σ. Πέγκα<sup>1</sup>, Όλγα Α. Σταμπουλή<sup>2</sup>, Γεώργιος Τσαπαρλής<sup>3</sup>, Ιωάννης Π. Γεροθανάσης<sup>4</sup>

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας

[spgka@uoi.gr](mailto:spgka@uoi.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλοί ερευνητές και διδάσκοντες στη χημική εκπαίδευση έχουν επικεντρωθεί στα οφέλη της ανάλυσης και της ερμηνείας των φασμάτων UV, IR και NMR. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτρέπει στους σπουδαστές να αναλύουν πιο εύκολα ένα φάσμα όσον αφορά τις μοριακές παραμέτρους και τελικά τις μοριακές δομές, ενώ δυσκολεύονται να κατανοήσουν βασικές έννοιες και χαρακτηριστικά της φασματοσκοπίας, όπως η φασματοσκοπική αναλυτική/διακριτική ικανότητα. Προκειμένου να γίνει αυτή η έννοια πιο κατανοητή από τους σπουδαστές, προτείνεται μια διδακτική αναλογία. Η αναλογία είναι μεταξύ του πιο προηγμένου διεθνώς οπτικού τηλεσκοπίου (το Gran Telescopio Canarias) και του φασματογράφου NMR με την υψηλότερη ανάλυση (το AVANCE 1000). Ακόμη, αναφερόμαστε στα αποτελέσματα μιας μελέτης παρέμβασης, με τεταρτοετείς προπτυχιακούς φοιτητές χημείας.

Λέξεις κλειδιά: Αναλογίες, Φασματική αναλυτική/διακριτική ικανότητα, φάσματα UV, IR, NMR

## THE CONCEPT OF RESOLUTION IN UV, IR AND NMR SPECTRA WITH THE USE OF AN ANALOGY

Sofia S. Pegka<sup>1</sup>, Olga A. Stambouli<sup>2</sup>, Georgios Tsaparlis<sup>3</sup> and Ioannis P. Gerothanassis<sup>4</sup>

Department of Chemistry, University of Ioannina, 451 10 Ioannina, Greece

[spgka@uoi.gr](mailto:spgka@uoi.gr)

## ABSTRACT

Many researchers and teachers in chemistry education have focused on the benefits of analyzing and interpreting UV, IR and NMR spectra. This has the result of allowing students to more easily analyze a spectrum in terms of molecular parameters and ultimately molecular structures, while having difficulty understanding basic concepts and features of spectroscopy, such as the resolution or resolving ability. In order to make this concept more understandable by students, an instructional analysis is proposed. The analogy is between the most advanced internationally optical telescope (the Gran Telescopio Canarias) and the NMR spectrometer with the highest resolution (the AVANCE 1000). We also report the results of an intervention study, with fourth-year undergraduate chemistry students.

**Keywords:** Analogies, Spectral resolution, UV, IR, NMR spectra

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αναλογίες ως εργαλεία στη διδασκαλία διαφόρων επιστημονικών εννοιών χρησιμοποιούνται ευρέως από την επιστημονική κοινότητα. Για πολλά χρόνια, το περιοδικό Journal of Chemical Education χρησιμοποιούσε μια τακτική στήλη με τίτλο «Εφαρμογές και αναλογίες», το οποίο κάλυπτε μεγάλο αριθμό χρήσιμων αναλογιών. Επιπλέον, πολλές εκπαιδευτικές μελέτες έχουν εξετάσει το ρόλο των αναλογιών στην εκμάθηση των φυσικών επιστημών από τους σπουδαστές (συμπεριλαμβανομένης της χημείας). Ένα ειδικό τεύχος του Journal of Research of Science Teaching (Vol. 30, Issue No. 10, 1993), καθώς και μια σειρά από άρθρα ανασκόπησης (Duit, 1991; Goswami, 1991; Dagher, 1994, 1995a, 1995b, Orgill & Bodner, 2004) και πρόσθετες μελέτες (π.χ. Sarantopoulos & Tsaparlis, 2005) είναι πολύ χρήσιμες.

## Η Αναλογία

Το Gran Telescopio Canarias (GTC) και ένας φασματογράφος NMR AVANCE 1000 (1 GHz) επιλέχθηκαν για αυτήν την αναλογία. Το GTC είναι ένα ανακλαστικό τηλεσκόπιο 10,4 m (410 in), το οποίο χρησιμοποιεί ένα ή συνδυασμούς καμπυλωτών κατόπτρων που αντανακλούν το φως και σχηματίζουν μια εικόνα. Βρίσκεται στο Παρατηρητήριο Roque de los Muchachos στο νησί Λα Πάλμα, στα Κανάρια Νησιά της Ισπανίας σε ύψος 2.267 μέτρα (7.438 πόδια). Ο φασματογράφος AVANCE 1000 NMR (1 GHz = 1.000 MHz), ενσωματώνει τον πρώτο σε διεθνές επίπεδο υπεραγωγίμο μαγνήτη 23,5 Tesla (54 mm). Τα φάσματα NMR 1 GHz καταδεικνύουν τις τεράστιες δυνατότητες αυτού του νέου οργάνου υψηλής τεχνολογίας, για την επίτευξη πειραμάτων NMR εξαιρετικής αναλυτικής/διακριτικής ικανότητας.

Στον Πίνακα 1 παρέχονται οι αναλογίες μεταξύ του τηλεσκοπίου και του υψηλού μαγνητικού πεδίου οργάνου NMR. Για το τηλεσκόπιο, θα μπορούσε να γίνει ο ακόλουθος ορισμός της αναλυτικής/διακριτικής ικανότητας: Αναλυτική ικανότητα (σε ακτίνια) = (μήκος κύματος)/(διάμετρος τηλεσκοπίου) ή  $R = w/D$  (rad) (υπενθυμίζουμε ότι το rad είναι η μονάδα SI για μια γωνία) (Σχήμα 1Α). Γνωρίζουμε ότι η διάμετρος του τηλεσκοπίου είναι 10,4 μέτρα και ότι χρησιμοποιείται ορατό φως μήκους κύματος στην περιοχή 400-700 nm. Επιλέγοντας μια ενδιάμεση τιμή, για παράδειγμα 600 nm, το R, επομένως, υπολογίζεται ως εξής:

$$R = \frac{600 \text{ nm}}{10.4 \text{ m}} = \frac{600 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{10.4 \text{ m}} = 0.5769 \cdot 10^{-7} \quad 1$$

Αυτό παρέχει την ανάλυση του GTC σε ακτίνια, αλλά μπορεί να μετατραπεί σε μέτρα στην επιφάνεια του φεγγαριού. Επομένως, δημιουργείται ένα τρίγωνο μεταξύ Γης και Σελήνης όπου R είναι η γωνία σε ακτίνια που υπολογίσαμε, x είναι η πλευρά απέναντι από τη γωνία R που αντιστοιχεί στο αντικείμενο στη σελήνη και η διπλανή πλευρά είναι η απόσταση Γης-Σελήνης. Με δεδομένο ότι η απόσταση της Σελήνης από τη Γη είναι 384,400 km ή 384,400,000 m, μπορούμε να υπολογίσουμε ότι η διακριτική ικανότητα του τηλεσκοπίου GTC είναι 22,1 m. Συνεπώς, για να διακριθεί ένα αντικείμενο με το τηλεσκόπιο GTC στην επιφάνεια της Σελήνης θα πρέπει να είναι διαστάσεων τουλάχιστον 22,1 m. Είναι προφανές ότι η αναλυτική αυτή ικανότητα δεν είναι αρκετή για τη διάκριση του “Lunar Roving Vehicle” (περίπου 5 m) το οποίο προσεληνώθηκε το 1972 (Σχήμα 1Β).

Για τη φασματοσκοπία NMR, υποθέτοντας ότι η ελάχιστη συχνότητα μεταξύ των κορυφών είναι 0.5 Hz, προκύπτει ότι:

$$\text{Resolving ability} = \frac{0.5 \text{ Hz}}{1 \text{ GHz}} = \frac{0.5 \text{ Hz}}{1 \times 10^9 \text{ Hz}} = 0.5 \times 10^{-9} \quad 2$$

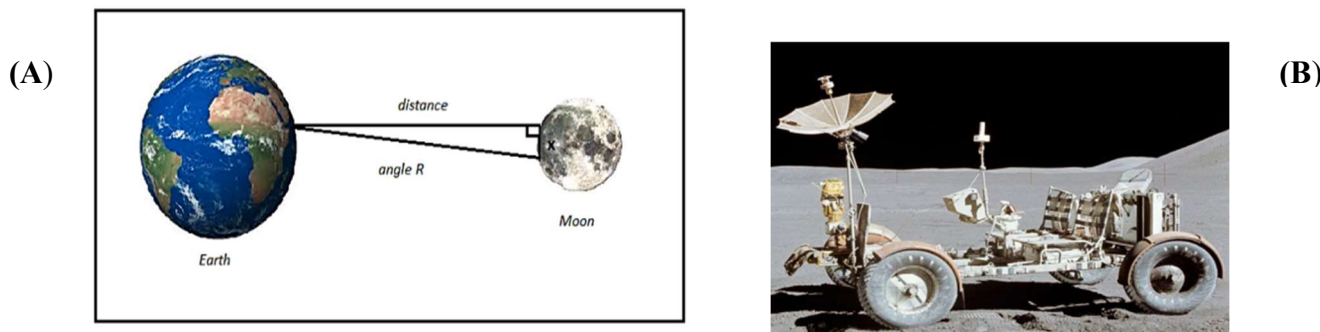
Λαμβάνοντας και πάλι υπόψη την απόσταση της Σελήνης από τη Γη, προκύπτει ότι η διακριτική ικανότητα της φασματοσκοπίας NMR είναι 19,22 cm. Τέτοιου είδους αναλυτική ικανότητα είναι αρκετή για τη διάκριση όχι μόνον του “Lunar Roving Vehicle” αλλά και τη διευκρίνιση των λεπτομερειών ακόμη και των τροχών του LRV. Το μέγεθος του αντικειμένου στο φεγγάρι που μπορεί να παρατηρηθεί πρέπει να είναι τουλάχιστον 22,1

cm. Κατά συνέπεια, μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό ότι η ικανότητα ανάλυσης του φασματομέτρου AVANCE 1000 NMR είναι εκατό φορές καλύτερη από αυτή του μεγαλύτερου τηλεσκοπίου στον κόσμο.

**Πίνακας 1.** Δομικές αναλογίες μεταξύ τηλεσκοπίου και του υψηλού μαγνητικού πεδίου οργάνου NMR.

Ανάλογο	Στόχος
Ανάλυση τηλεσκοπίου	Αναλυτική/διακριτική ικανότητα φασματομέτρου NMR
Μήκος κύματος ορατού φωτός	Διαχωρισμός συχνότητας φασματικών γραμμών
Διάμετρος τηλεσκοπίου	Ένταση μαγνητικού πεδίου και, κατά συνέπεια, συχνότητας του φασματομέτρου NMR

**Σχήμα 1.** (Α) Σχηματική απεικόνιση του μεγέθους ενός αντικειμένου το οποίο μπορεί να διακριθεί με τη χρήση τηλεσκοπίου και NMR. (Β) Η διακριτική ικανότητα του τηλεσκοπίου GTC (22,1 m) δεν επιτρέπει τη σαφή διάκριση του Lunar Roving Vehicle σε αντίθεση με την υψηλή διακριτική ικανότητα του NMR (19.2 cm).



### Διδακτική παρέμβαση

Το δείγμα μας για τη διαγνωστική μελέτη αποτελούνταν από 160 τεταρτοετείς, προπτυχιακούς φοιτητές χημείας, εκ των οποίων 67 ήταν γυναίκες και 26 άνδρες, κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης του μαθήματος «Φασματοσκοπία, Φασματομετρία και Εφαρμογές», που διδάχθηκε και από έναν από τους συγγραφείς (Π). Και οι 160 φοιτητές είχαν παρακολουθήσει προηγουμένως το υποχρεωτικό πρακτικό μάθημα «Εργαστήριο Οργανικής Χημείας II» του 6<sup>ου</sup> εξαμήνου, με 56 (60,2% του συνολικού δείγματος) να έχουν επιτύχει το μάθημα αυτό).

### Ερευνητικό εργαλείο

Σχεδιάστηκε ερωτηματολόγιο από τους συγγραφείς αυτής της δημοσίευσης. Σε αυτή τη μελέτη, το ερωτηματολόγιο επικεντρώθηκε αφενός σε γενικές πτυχές της φασματοσκοπίας και αφετέρου σε τρεις συγκεκριμένους τύπους φασματοσκοπίας, δηλαδή UV, IR και NMR.

### Συμπεράσματα

Οι σπουδαστές παρουσίασαν μαθησιακές δυσκολίες όσον αφορά την κατανόηση της βασικής ορολογίας στη φασματοσκοπία και δεν μπορούσαν να ασχοληθούν με ερωτήσεις που σχετίζονται με την έννοια της φασματοσκοπικής αναλυτικής/διακριτικής ικανότητας. Η αναλογία που προτείνουμε προσείλκυσε το

ενδιαφέρον των σπουδαστών και συμπεραίνουμε ότι οι φοιτητές παρουσίασαν καλύτερη κατανόηση της αναλυτικής ικανότητας μέσω της αναλογίας.

## **ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

- Dagher, Z. R. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change? *Science Education*, 78 (6), 601-614.
- Dagher, Z. R. (1995a). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79 (3), 295-312.
- Dagher, Z. R. (1995b). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (3), 259-270.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies in learning science. *Science Education*, 75 (6), 649-672.
- Goswami, U. (1992). Analogical reasoning in children. Hove: Lawrence Erlbaum.
- Orgill, M. & Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 15-32. [<http://www.rsc.org/cerp>]
- Sarantopoulos, P. & Tsaparlis, G. Analogies in chemistry teaching as a means of attainment of cognitive and affective objectives: A longitudinal study in a naturalistic setting, using analogies with a strong social content. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 33-50. [<http://www.rsc.org/cerp>]