

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΝ ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Δ. ΚΑΤΑΚΗ

ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΕΝΤΕΤΑΛΜΕΝΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ
ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ



ΑΘΗΝΑΙ 1972

Τὸ παρὸν συμπληρωματικὸν ὑπόμνημα περιλαμβάνει στοιχεῖα περὶ τῆς διδακτικῆς, ἐρευνητικῆς κλπ. δράσεώς μου μὴ περιλαμβανόμενα εἰς τὸ ἀρχικῶς, κατὰ τὴν ἐν ἔτει 1969 ὑποψηφιότητά μου πρὸς κατάληψιν τῆς τακτικῆς ἑδρας τῆς Ἀνοργάνου Χημείας ὑποβληθῆν καὶ ἤδη ἐκ νέου συνυποβαλλόμενον.

A. ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΙΣ, ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΚΑΘΗΚΟΝΤΑ

Τὰ συνήθη διὰ Καθηγητῶν — Διευθυντῶν Πανεπιστημιακοῦ Ἐργαστηρίου ἐκπαιδευτικά, διοικητικά, ὀργανωτικά κλπ. καθήκοντα. Εἰδικότερον μνημονεύονται τὰ ἑξῆς :

1. Διδασκαλία μαθήματος Ἐνοργάνου Χημείας εἰς τοὺς πρωτοετείς φοιτητὰς τῆς Φυσικομαθηματικῆς καὶ κεχωρισμένως εἰς τοὺς πρωτοετείς φοιτητὰς τῆς Ὀδοντιατρικῆς Σχολῆς. Ἀναπροσαρμογὴ τῆς ὕλης τοῦ μαθήματος. Κατὰ τὸ ἀκαδ. ἔτος 1969 - 70 διδασκαλία ἐπίσης πρωτοετῶν Ἰατρικῆς. Προσέτι, διδασκαλία τοῦ νέου μαθήματος τῶν Μηχανισμῶν Ἐνοργάνων Ἀντιδράσεων εἰς τοὺς τεταρτοετείς φοιτητὰς τοῦ Χημικοῦ Τμήματος.

2. Ἀσκήσεις πεντακοσίων περίπου φοιτητῶν παρελθόντων ἔτῶν καὶ ἀποκατάστασις τῆς συμφώνως πρὸς τὸ πρόγραμμα λειτουργίας τοῦ Ἐργαστηρίου.

3. Εἰσαγωγὴ νέων ἐργαστηριακῶν Ἀσκήσεων διὰ τὸ πρῶτον ἔτος.

4. Πρόσληψις προσωπικοῦ. Τὸ ἐν ἐνεργείᾳ διδακτικὸν προσωπικὸν κατὰ τὸ 1970 ἀπετελεῖτο ἐκ δύο μόνον ἐπιμελητριῶν.

5. Ὀργάνωσις (ἀπογραφὴ, ταξινόμησις, καρτέλλαι κλπ.) ἀποθήκης καὶ βιβλιοθήκης.

6. Συμπλήρωσις ἐξοπλισμοῦ εἰς ὄργανα, βιβλία καὶ περιοδικὰ.

7. Ἐπιχορήγησις ἐκ μέρους τοῦ NATO διὰ ποσοῦ 20.000 περίπου δολ. (συνεργασία μετὰ τοῦ Κ.Π.Ε. «Δημόκριτος»).

8. Ἀνάθεσις θεμάτων ἐρεῖνης εἰς ὅλα τὰ μέλη τοῦ ἐπιστημονικοῦ προσωπικοῦ τοῦ Ἐργαστηρίου καὶ παρακολούθησις ἐκτελέσεως.

9. Ὀργάνωσις σεμιναρίων καὶ ὁμιλιῶν διὰ τὸ προσωπικὸν τοῦ Ἐργαστηρίου καὶ κεχωρισμένως διὰ τοὺς φοιτητὰς.

10. Συμμετοχή εις τὴν Ἐπιστημονικὴν Ἐπιτροπὴν τῆς Ἐνώσεως Ἑλλήνων Χημικῶν. Ἡ Ἐπιτροπὴ ὠργάνωσε διαλέξεις, ἐπαφὰς μετὰ τῆς χημικῆς βιομηχανίας καὶ ἐξέδωσε νέον ἐπιστημονικὸν περιοδικόν.

11. Μνημονεύεται τέλος, ὅτι ἀφιερῶθη χρόνος διὰ τὰς εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις καὶ διὰ τὴν ἐκπαιδευτικὴν ἐκδρομὴν τῶν φοιτητῶν τοῦ Χημικοῦ Τμήματος εἰς τὸ ἐξωτερικόν (1971).

B. ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΙΣ

Βιβλία.

1. «Μαθήματα Ἀνοργάνου Χημείας», Ἀθήναι 1972. Ἀπευθύνεται πρὸς τοὺς πρωτοετεῖς φοιτητὰς καὶ περιλαμβάνει μέρος τῆς διδασκομένης ὕλης.

2. «Πρακτικὰ Ἀνοργάνου Χημείας», Ἀθήναι 1971. Ἀπευθύνεται πρὸς τοὺς πρωτοετεῖς φοιτητὰς καὶ περιλαμβάνει ἐργαστηριακὰς Ἀσκήσεις, ὡς καὶ πρακτικῆς φύσεως προβλήματα καὶ πληροφορίας.

3. «Μηχανισμοὶ Ἀνοργάνων Ἀντιδράσεων», Ἀθήναι 1970. Ἀπευθύνεται πρὸς τοὺς τεταρτοετεῖς φοιτητὰς τοῦ Χημικοῦ Τμήματος καὶ περιλαμβάνει μέρος τῆς διδασκομένης ὕλης.

Ἄρθρα εἰς ἐπιστημονικὰ περιοδικά.

4. «Radiolysis of Hexavalent Chromium Solutions» (συνεργασία Φ. Α. Π. Λυκουρέζου καὶ Ε. Βραχνοῦ - Ἀστρά). *Chim. Chron.* **34**, 33 (1969).

Περίληψις.

Ὑδατικὰ διαλύματα ἐξασθενοῦς χρωμίου ὑπεβλήθησαν εἰς ἀκτινοβόλησιν δι' ἀκτίνων γ Co - 60, ὑπὸ διαφόρους συνθήκας. Εἰς τὰς ἐξετασθείσας μεταβλητὰς περιλαμβάνονται αἱ συγκεντρώσεις τοῦ Cr(VI) καὶ ὑπερχλωρικοῦ ὀξέος, ὁ ρυθμὸς δόσεως, ἡ θερμοκρασία καὶ διάφοροι οὐσίαι δυνάμεναι νὰ δεσμεύσουν τὰς παραγομένας ἐλευθέρους ρίζας, ὡς H_2 , Cl^- , HSO_4^- , Cr(III) κλπ Αἱ ληφθεῖσαι τιμαὶ G δὲν ἀποτελοῦν γενικῶς ἀπλοῦν συνδυασμὸν τῶν τιμῶν G τῶν πρωτογενῶν προϊόντων ἀκτινολύσεως τοῦ ὕδατος. Ἡ ὀλικὴ ἀναγωγή εὐρέθῃ μεγαλυτέρα τῆς βάσει τῆς συνήθους δόσεως τῶν

πρωτογενῶν προϊόντων ἀναμενομένης, ὅπερ δεικνύει, ὅτι ἐπενεργεῖ μηχανισμός ὁδηγῶν τελικῶς εἰς ἀναγωγὴν τοῦ Cr(VI), ὑπὸ ἐλευθέρων ριζῶν ἢ μορίων συνήθως θεωρουμένων ὡς ὀξειδωτικῶν. Τοῦτο δύναται νὰ γίνῃ τῇ μεσολαβήσει ἀσταθῶν ὀξειδωτικῶν καταστάσεων τοῦ χρωμίου, ὡς Cr(IV), Cr(V) καὶ ὑπεροξεινώσεων, συνάγεται δὲ ὡς ἐκ τούτου, ὅτι ἡ ἀκτινοβόλησις δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς μέσον παραγωγῆς καὶ μελέτης τοιούτων καταστάσεων.

Ὅταν τὸ ἰὸν περιέχει εἰς τὴν πρώτην αὐτοῦ στιβάδα συντάξεως δεξυγόνον, ἀμμωνίαν κλπ., ἡ πορεία τῶν ἀντιδράσεων μετὰ τῶν H, OH, H₂O₂ κλπ. ἐπηρεάζεται ὅχι μόνον ἐκ τῆς δραστηκότητος τοῦ κεντρικοῦ ἰόντος, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς δραστηκότητος τοῦ ὑποκαταστάτου.

5. «Reaction of V_{aq}²⁺ with Maleic Acid, Fumaric Acid and Derivatives. I. Complex Formation and the Stoichiometry of the Reduction» (συνεργασία Ε. Βραχνοῦ - Ἀστρά καὶ Π. Σακελλαρίδη). J. Am. Chem. Soc. **92**, 811 (1970).

Περίληψις.

Ἀναγράφονται δεδομένα ἐπὶ τῆς ταχείας ἰσορροπίας τῆς ἀποκαθισταμένης μεταξὺ V_{aq}²⁺ ἀφ' ἑνὸς καὶ μηλεϊνικοῦ ἢ καπνικοῦ ὀξέος ἀφ' ἑτέρου, ὡς καὶ παραγῶγων αὐτῶν. Προσδιορίζεται ἐπίσης ἡ στοιχειομετρία τῆς ἰντιδράσεως ἀναγωγῆς, ἣτις εὐρέθη, ὅτι ἀπαιτεῖ κατανάλωσιν δύο ἰόντων δισθενοῦς βαναδίου δι' ἕκαστον μόριον ἀναχθέντος ὀργανικοῦ ὀξέος. Προϊὸν ἀναγωγῆς εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν ὀξὺ ἢ τὰ ἀντίστοιχα παράγωγα αὐτοῦ. Λεπτομερῆς μελέτη τῶν μεταξὺ V(II) καὶ μηλεϊνικοῦ συμπλόκων ἀποκαλύπτει παρουσίαν δύο συμπλόκων ἐχόντων σταθερὰς σχηματισμοῦ $K_1 = 0,21$ καὶ $K_2 = 64$ (23°C), ἀντιστοίχως. Ἀμφότερα τὰ συμπλοκα ταῦτα ἔχουν στοιχειομετρίαν 1:1. Ὁ σχηματισμὸς τοῦ πρώτου εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς συγκεντρώσεως τῶν ὑδρογονιόντων, ἐνῶ τοῦ δευτέρου δεικνύει ἀντίστροφον ἐξάρτησιν. Τὸ φάσμα εἶναι διάφορον εἰς διαφόρους συγκεντρώσεις ὑδρογονιόντων. Αἰσθητὴ ἐπίδρασις τῆς ἰοντικῆς ἰσχύος παρατηρήθη μόνον εἰς μικρὰς ὀξύτητας. Εἰς περιοχὴν θερμοκρασιῶν ἀπὸ 7 ἕως 45°C, ὁ σχηματισμὸς τοῦ πρώτου συμπλόκου δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς θερμοκρασίας. Τοῦτο ὁδηγεῖ εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι ἡ κανονικὴ ἐνθαλπία σχηματισμοῦ εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ ὅτι $\Delta S^0 = -3,2 \pm 1 \text{ cal mol}^{-1} \text{ deg}^{-1}$. Αἱ παρατηρήσεις ἐπὶ τοῦ συστήματος V(II) - μηλεϊνικοῦ ὀξέος συγκρίνονται πρὸς ἀναλόγους παρατηρήσεις ἐπὶ τῶν ὑπολοίπων ἐκ τῶν χρησιμοποιηθειῶν ἐνώσεων καὶ ἐξάγονται συμπεράσματα περὶ τῶν καθοριζόντων τὸν σχηματισμὸν τῶν διαφόρων συμπλόκων παραγόντων.

6. «Reaction of V_{aq}^{2+} with Maleic Acid, Fumaric Acid, and Derivatives. II. Kinetics of the Reduction and Isomerization» (συνεργασία Ε. Βραχνοῦ - Ἀστρά και Π. Σακελλαρίδη). J. Am. Chem. Soc. **92**, 3936 (1970).

Περίληψις.

Ευρέθη, ὅτι τὰ κινητικά δεδομένα ἐπὶ τῆς ἀντιδράσεως μεταξὺ V_{aq}^{2+} ἀφ' ἑνὸς και μηλεϊνικοῦ, καπνικοῦ, κιτρακονικοῦ και χλωρομηλεϊνικοῦ ἀφ' ἑτέρου, ὡς και τοῦ μηλεϊνικοῦ μεθυλεστερός, ἀκολουθοῦν πολύπλοκον νόμον ταχύτητος τῆς μορφῆς:

$$R = (k_a [A] + k_b [A] [H^+] + k_c [A]^2 + k_d [A]^2 [H^+]) [V_{aq}^{2+}]^2$$

ἔνθα $[A]$ ἡ συγκέντρωσις τοῦ ὀργανικοῦ ὀξέος. Ὁ νόμος ταχύτητος διὰ τὸν μονοεστέρα περιέχει ἐπίσης ὄρον ἀντιστρόφως ἀνάλογον τῆς συγκεντρώσεως τῶν ὕδρογονιόντων. Εἰς τὸν νόμον ταχύτητος τοῦ ὑπὸ τοῦ V_{aq}^{2+} προκαλουμένου ἰσομερισμοῦ τοῦ μηλεϊνικοῦ ὀξέος πρὸς καπνικόν, ὑπάρχουν δύο ὄροι, ὁ εἰς ἀνεξάρτητος και ὁ ἕτερος ἀνίστροφος τῆς $[H^+]$, ἀμφοτέρω δὲ πρώτης τάξεως ὡς πρὸς μηλεϊνικόν και πρώτης τάξεως ὡς πρὸς V^{2+} . Αἱ ἐμπειρικῶς προσδιορισθεῖσαι σταθεραὶ ταχύτητος, παράμετροι ἐνεργοποιήσεως κλπ., ἐρμηνεύονται βάσει προτεινομένου μηχανισμοῦ συμπεριλαμβάνοντος σχηματισμὸν συμπλόκων, ἀναγωγὴν και ἰσομερισμὸν.

7. «Complex Formation and Kinetics in the Reaction between $Cr^{2+}(aq)$ and Isonicotinic Acid» (συνεργασία Ε. Βραχνοῦ - Ἀστρά). Chim. Chron New Series, **1**, (3), (1972).

Περίληψις.

Ευρέθη, ὅτι ἡ ἀντιδρασις μεταξὺ $Cr^{2+}(aq)$ και ἰσονικοτινικοῦ ὀξέος χωρεῖ μέσῳ σχηματισμοῦ συμπλόκου, τὸ ὁποῖον ἀντιδρᾷ περαιτέρω διὰ διμοριακῆς ἀντιδράσεως ἢ ἀποσυντίθεται πρὸς τὰ ἀρχικὰ συστατικά. Ἐγένετο προσδιορισμὸς τῶν ταχυτήτων σχηματισμοῦ και τῆς περαιτέρω ἀντιδράσεως τοῦ συμπλόκου, ὡς ἐπίσης και τῆς σταθερᾶς αὐτοῦ σχηματισμοῦ και φάσματος, διὰ συνδυασμοῦ φασματοφωτομετρικῶν μετρήσεων, ποτενσιομετρικῆς ἀναλύσεως και χρωματογραφίας. Εἰς σχετικῶς μικρὰς συγκεντρώσεις ὕδρογονιόντων παρατηρεῖται δραστικὴ μεταβολὴ τοῦ φάσματος τοῦ μίγματος ἀντιδράσεως και ἐπιτάχυνσις τῆς ἀντιδράσεως. Συνάγεται, ὅτι εἰς πρώτην φάσιν γίνεται μερικὴ μεταφορὰ ἡλεκτρονίου ἐκ τοῦ ἰόντος δισθενοῦς χρωμίου πρὸς τὸ ἰσονικοτινικόν ὀξύ, φαίνεται δέ, ὅτι ἡ μεταφορὰ αὕτη εἶναι πλέον ἐκτεταμένη,

ὅταν τὸ σχηματιζόμενον σύμπλοκον δὲν εἶναι πρωτονιωμένον. Ἡ μὴ πρωτονιωμένη μορφή εἶναι ἐπίσης κινητικῶς πλέον ἐνεργός.

8. «Complex Equilibria and Redox Reactions between $V^{2+}(aq)$ and Pyridinemonocarboxylic Acids» (συνεργασία Ε. Βραχνοῦ - Ἀστρά). Ὑπεβλήθη πρὸς δημοσίευσιν.

Περίληψις.

Εἰς ὕδατικά διαλύματα περιέχοντα ὑπερχλωρικὸν δὲξὺ τὸ βανάδιον (II) σχηματίζει μετὰ τῶν πυριдиноμονοκαρβοξυλικῶν δέξεων σύμπλοκα ὑπὸ ἀναλογίαν 1 : 1. Ἐκ τῶν τριῶν ὀργανικῶν ὑποκαταστατῶν μόνον τὸ πικολινικὸν παρέχει τὴν δυνατότητα σχηματισμοῦ σταθερῶν χηλικῶν συμπλόκων. Πληροφορία περὶ τοῦ ἀνταγωνισμοῦ μετὰξὺ V(II) καὶ H^+ πρὸς κατάληψιν τῶν ὑπαρχουσῶν ἐπὶ τοῦ πικολινικοῦ θέσεων συντάξεως ἐλήφθησαν διὰ προσδιορισμοῦ τῆς σταθερᾶς σταθερότητος εἰς διαφόρους συγκεντρώσεις ὑδρογονιόντων.

Ὁ σχηματισμὸς τῶν συμπλόκων λαμβάνει χώραν τάχιστα, ἅμα τῇ ἀναμίξει τῶν ἀντιδραστηρίων, κατὰ πᾶσαν δὲ πιθανότητα καθορίζεται ἐκ τῆς ταχύτητος ἀντικαταστάσεως ἐπὶ τοῦ $V^{2+}(aq)$ εὐρέθῃ ὅμως, ὅτι ἀκολουθεῖται ὑπὸ βραδείας δξειδώσεως τοῦ V(II) πρὸς V(III). Αἱ ψευδο-δευτέρας τάξεως σταθεραὶ ταχύτητος εἰς περίσσειαν πικολινικοῦ προσδιορίσθησαν ἐπίσης εἰς διαφόρους συγκεντρώσεις ὑδρογονιόντων. Ἡ ληφθεῖσα καμπύλη δεικνύει μέγιστον εἰς $pH \cong 1,9$, ὅπερ παρέχει τὴν βάσιν πρὸς συσχετισμὸν μετὰ τῆς συστάσεως. Συνάγεται, ὅτι ἡ πλέον ἐνεργὸς ἐκ τῶν ὑπαρχουσῶν εἰς τὸ διάλυμα μορφή εἶναι τὸ 1 : 1 χηλικὸν σύμπλοκον. Προσθήκη δευτέρου καὶ τρίτου ὑποκαταστάτου προκαλεῖ ἐλάττωσιν τῆς ταχύτητος δξειδώσεως τοῦ V(II).

Πρωτότυποι μελέται .

9. «Kinetic Degeneracy», Demo Report No 71/23.

Περίληψις.

Διερευνᾶται ἡ ἀβεβαιότης ἐξαγωγῆς μηχανισμοῦ βάσει τῆς ἐμπειρικῆς ἐκφράσεως τοῦ νόμου ταχύτητος. Ἐπισημαίνεται, ὅτι ἡ ἀβεβαιότης αὕτη δὲν εἶναι ἐνδογενὲς χαρακτηριστικὸν τῆς Χημικῆς Κινητικῆς, ἀλλὰ μᾶλλον ἀποτέλεσμα ἀδυναμίας πλήρους πειραματικῆς μελέτης ἢ ἀκριβοῦς μαθηματικῆς ἐπεξεργασίας τῶν δεδομένων. Ἐὰν ἦτο δυνατὸς ὁ πλήρης πειραματικὸς καὶ μαθηματικὸς χαρακτηρισμὸς τοῦ συστήματος, δὲν θὰ ὑπῆρχεν ἀβεβαιότης,

εί μὴ μόνον ἐφ' ὅσον ἐπεχειρεῖτο λεπτομερῆς περιγραφή τῶν συμβαινόντων εἰς μοριακὴν κλίμακα τῇ χρησιμοποιοῦσιν «μακροσκοπικῶν» ἐννοιῶν ὡς τοῦ συμπλόκου ἐνεργοποιήσεως.

10. «Steady State and Higher Approximations in Chemical Kinetics», Demo Report No 71/24.

Περίληψις.

Περιγράφεται μέθοδος διαδοχικῶν προσεγγίσεων, διὰ τὴν ἐπίλυσιν τοῦ γενικοῦ συστήματος διαφορικῶν ἐξισώσεων, τὸ ὁποῖον λαμβάνεται εἰς τὴν Χημικὴν Κινητικὴν. Ἡ λύσις ἀναπτύσσεται εἰς σειρὰν δυνάμεων μιᾶς παραμέτρου, σχηματιζομένης διὰ καταλλήλου συνδυασμοῦ τῶν σταθερῶν ταχύτητος τῶν στοιχειωδῶν ἀντιδράσεων. Ἡ μέθοδος ἐπιτρέπει οἰονδήποτε ἐπιθυμητὸν βαθμὸν προσεγγίσεως. Ἡ προσέγγισις τῆς στασίμου καταστάσεως ἀποτελεῖ τὴν πρώτην βαθμίδα τῶν διαδοχικῶν προσεγγίσεων.

Ἀνακοινώσεις.

11. «Ἀντιδράσεις $\text{Eu}_{\text{aq}}^{2+}$, $\text{Cr}_{\text{aq}}^{2+}$ καὶ $\text{V}_{\text{aq}}^{2+}$ μετὰ πυριδινοκαρβοξυλικῶν ὀξέων» (συνεργασία Ε. Βραχνοῦ - Ἀστρά καὶ Ὁδ. Καναγκίνη) Ἀνεκινώθη κατὰ τὴν ἐβδομάδα Χημείας τοῦ Κ. Π. Ε. «Δημόκριτος». Περίληψις ἐδημοσιεύθη εἰς τὴν Γενικὴν Ἐκδοσιν τῶν Χημικῶν Χρονικῶν, **37**, 127 (1972).

Περίληψις.

Εὐρέθη, ὅτι τὸ $\text{Eu}_{\text{aq}}^{2+}$ ὀξειδοῦται ὑπὸ τοῦ ἰσονικωτιτικοῦ ὀξέος πρὸς $\text{Eu}_{\text{aq}}^{3+}$. Ἡ στοιχειομετρία τῆς ἀντιδράσεως, τόσον ἐν περισσειᾷ $\text{Eu}_{\text{aq}}^{2+}$, ὥσον καὶ ἐν περισσειᾷ ἰσονικωτιτικοῦ εἶναι 1 : 1. Εὐρέθη ἐπίσης, ὅτι ἡ ἀντίδρασις εἶναι πρώτης τάξεως ὡς πρὸς $\text{Eu}_{\text{aq}}^{2+}$ καὶ πρώτης τάξεως ὡς πρὸς ἰσονικωτιτικὸν ὀξύ. Ἡ ἐξάρτησις τῆς σταθερᾶς ταχύτητος k ἐκ τῆς συγκεντρώσεως τῶν ὑδρογονιόντων περιλαμβάνει τοὺς ὄρους :

$$k = k_1 + k_2[\text{H}^+]$$

ἡ ἀντίδρασις δηλαδὴ ἀκολουθεῖ δύο πορείας : μίαν ἀνεξάρτητον τῆς συγκεντρώσεως τῶν ὑδρογονιόντων καὶ ἑτέραν ἐξαρτωμένην ἐκ τῆς πρώτης δυνάμεως τῆς συγκεντρώσεως ταύτης.

Ἡ ἀνάλυσις τῶν ὀργανικῶν προϊόντων ἐγένετο χρωματογραφικῶς, πολλαρογραφικῶς, διὰ φασματοσκοπίας NMR, ὡς καὶ διὰ φασματοσκοπίας

