

**ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΟΜΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ****Φ.Α. Κουτελιέρης\*<sup>1</sup>, Α. Καναβούρας<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Παν/μιο Πατρών, Αγρίνιο, Ελλάδα<sup>2</sup> Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Γεωπονικό Παν/μιο Αθηνών, Αθήνα, Ελλάδα(\*[fcoutelieris@upatras.gr](mailto:fcoutelieris@upatras.gr))**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η ομοιότητα είναι το χαρακτηριστικό των φυσικών φαινομένων που επιτρέπει την μεταφορά της γνώσης που αποκτήθηκε για μια συγκεκριμένη κλίμακα μελέτης του φαινομένου, σε μια άλλη κλίμακα (εσωτερική ομοιότητα) ή σε ένα άλλο φαινόμενο ίδιας κλίμακας (εξωτερική ομοιότητα). Βεβαίως, τα φυσικά φαινόμενα εξετάζονται υπό το πρίσμα μιας εν δυνάμει διαψεύσιμης υπόθεσης<sup>[1]</sup> από την αντίληψη του ερευνητή-υποκειμένου ως προς το μελετούμενο φαινόμενο<sup>[2]</sup>, διαμορφώνοντας έτσι προσλήψεις για το υπο μελέτη φαινόμενο. Για παράδειγμα, στα πλαίσια της ανάγκης για απορρύπανση μιας λιμνοθάλασσας (διαψεύσιμη υπόθεση), τα πειράματα προσδιορισμού επιπέδων συγκεκριμένων ρύπων που λαμβάνουν χώρα σε δείγματα νερού που ελήφθησαν από τη λιμνοθάλασσα επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων για ολόκληρη τη λιμνοθάλασσα (εσωτερική ομοιότητα του φαινομένου της υδατικής ρύπανσης).

Στην παρούσα εργασία συζητούνται με τους σχετικούς φιλοσοφικούς όρους οι παραμέτρικαι οι παράγοντες που καθορίζουν την μαθηματική περιγραφή της ομοιότητας των φυσικών φαινομένων<sup>[3]</sup>. Πιο συγκεκριμένα, αποδεικνύεται ότι όλες οι δυνατές προσλήψεις ενός φαινομένου συνιστούν έναν τετραδιάστατο διανυσματικό χώρο, επι των στοιχείων του οποίου ορίζουμε μια μη-γραμμική απεικόνιση με στόχο την περιγραφή της ταξινόμησης της υφιστάμενης γνώσης περί του υπό-εξέταση φαινομένου υπό το πρίσμα της κάθε υπόθεσης. Η ταξινόμηση αυτή είναι σημαντική και αναγκαία επειδή επιτρέπει την αναγνώριση των περιοχών του φαινομένου που υπάρχουν κενά γνώσης και ως εκ τούτου μπορεί να καταυθύνει τη μελλοντική έρευνα. Στην παρούσα εργασία, η ταξινόμηση αυτή επιτυγχάνεται μέσω ενός πίνακα ταξινόμησης (classification matrix), ο οποίος ορίζεται από τους κατηγορικούς περιγραφείς του φαινομένου (γραμμές του πίνακα) και τα επίπεδα περιγραφής (στήλες του πίνακα)<sup>[4]</sup>.

Γενικεύοντας, αυτή η μαθηματική προσέγγιση αποσκοπεί στο να γίνει τελικά ένα εργαλείο εφαρμογής για τους μηχανικούς που μελετάνε τα φυσικά φαινόμενα σε διαφορετικές κλίμακες, και υποστηρικτικά παρουσιάζεται και μία εφαρμογή σε προβλήματα χημικό-μηχανικού ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα, εφαρμόζουμε την πιο πάνω προσέγγιση στην περίπτωση της μεταφοράς μάζας σε πορώδεις δομές.

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η επιστήμη προσπαθεί να εξελίξει την γνώση γύρω από τον φυσικό κόσμο στη βάση του πειραματισμού, της κριτικής και της συζήτησης περί αυτών. Η μελέτη των φυσικών φαινομένων γίνεται υπό το πρίσμα μιας διαψεύσιμης υπόθεσης, η οποία συνδυάζει με λογικό τρόπο τις παρατηρήσεις<sup>[5]</sup>. Όμως το πείραμα είναι αυτό που προσφέρει τις απαιτούμενες αποδείξεις της γνώσης, ελέγχοντας τις θεωρίες και παράγοντας νέες όπου το απαιτούν τα σφάλματα, οι παραλήψεις και οι ασυνέχειες ή ασυμβατότητες που εντοπίζονται ή τα νέα φαινόμενα που ανακαλύπτονται. Γενικά, οι επιστήμονες μελετούν ένα φαινόμενο με σκοπό να το εντάξουν σε μια θεωρία, η οποία αναγκαστικά θα έχει παραμέτρους που προσδιορίζονται δια του πειραματισμού, όπου τα φαινόμενα αναπαριστώνται στο εργαστήριο με σταθερό και επαναλήψιμο τρόπο<sup>[6]</sup>

Στο βαθμό που το πείραμα είναι η αναπαράσταση του φυσικού κόσμου στο ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον, η βασική θεωρητική έννοια στην οποίαν εδράζεται είναι η εσωτερική

ομοιότητα του υπό μελέτη φαινομένου. Στην πράξη, αυτή επιτρέπει την αναγωγή των συμπερασμάτων της εργαστηριακής κλίμακας σε αντίστοιχα συμπεράσματα που αφορούν στην κλίμακα του φυσικού κόσμου, αλλά και αντιστρόφως. Η προϋπόθεση για να ισχύει αυτή η αναγωγή δεν είναι απλώς η γεωμετρική αναλογία των κλιμάκων που παρατηρείται και μελετάται το φαινόμενο, αλλά και η αντίστοιχη μεταφορά των παραμέτρων και των μετρήσιμων μεγεθών τους που αφορούν σε αυτό<sup>[7]</sup>. Αυτή ακριβώς η εσωτερική ομοιότητα επιτρέπει τους επιστήμονες να αναγάγουν προς το όλον τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το δείγμα αλλά και να επιλέξουν το δείγμα έτσι ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό του όλου. Πέραν της εσωτερικής, ορίζεται και η εξωτερική ομοιότητα, δηλ. η ομοιότητα μεταξύ φαινομένων. Η μελέτη της εξωτερικής ομοιότητας είναι εκτός των στόχων της αρούσης εργασίας

Σε κάθε περίπτωση, η ιδέα της ομοιότητας υπάρχει και χρησιμοποιείται επειδή θεωρείται πως υπάρχει μια ομάδα φαινομένων που είναι όμοια με ένα δοθέν φαινόμενο, το οποίο επίσης παρέχει επαρκή αλλά και απαραίτητη πληροφόρηση για όλη την ομάδα ομοίων φαινομένων.

Σε αυτή τη βάση, είναι απαραίτητο να οριστεί ο μηχανισμός αναγνώρισης και καθορισμού των φαινομένων που εντάσσονται σε αυτή την ομάδα ομοίων φαινομένων και αυτό προκύπτει με βάση συγκεκριμένους κανόνες μετάβασης<sup>[4]</sup>. Γενικά, ο εντοπισμός της ομοιότητας, προϋποθέτει την κατηγοριοποίηση της υφιστάμενης γνώσης περί το υπό εξέταση φαινόμενο, και μάλιστα της γνώσης που έχει προκύψει από τη μελέτη του φαινομένου υπό το πρίσμα της συγκεκριμένης κάθε φορά υπόθεσης<sup>[5]</sup>. Έτσι, το πρόβλημα του εντοπισμού της ομοιότητας ανάγεται στο αντίστοιχο πρόβλημα του προσδιορισμού κριτηρίων, ισχυρών και αυστηρών, που να εξασφαλίζουν πως η ομοιότητα που αναζητείται, υπάρχει πράγματι. Λανθασμένα ή χαλαρά κριτήρια συνήθως οδηγούν την έρευνα σε λανθασμένα συμπεράσματα, καθώς επιτρέπουν σχετικά αυθαίρετες αναγωγές κλιμάκων, παραμέτρων αλλά και συμπερασμάτων.

Μέχρι σήμερα, ο καθορισμός αυτών των κριτηρίων ομοιότητας γίνεται συνήθως με εμπειρικό τρόπο και ακολουθώντας τη χρονική εξέλιξη της γνώσης περί το υπο μελέτη φαινόμενο<sup>[8]</sup> Εδώ επιχειρούμε να παρουσιάσουμε μια συμπαγή μαθηματική θεώρηση που να θεμελιώνει κανόνες ορισμού κριτηρίων που να οδηγούν σε αδιαμφισβήτητη εσωτερική ομοιότητα. Η μαθηματική αυτή θεώρηση βασίζεται σε θεμελιώδεις έννοιες της Γραμμικής άλγεβρας και ειδικότερα στους διανυσματικούς χώρους και τις απεικονίσεις.

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Έστω ένα φαινόμενο που λαμβάνει χώρα στον τριδιάστατο Νευτώνειο κόσμο. Δεδομένης μια υπόθεσης υπό την οποία εξετάζεται το φαινόμενο αυτό, υπάρχουν άπειρες προσλήψεις του, ανάλογα με το γενικά παραδεκτό γνωσικό υπόβαθρο που χρησιμοποιείται<sup>[9]</sup>, άλλες περισσότερο και άλλες λιγότερο ακριβείς αναπαραστάσεις του αντικειμενικού κόσμου που περιγράφουν και μελετούν. Στη γενικότητά του, το κοινό στοιχείο των προσλήψεων αυτών είναι η περιγραφή του φαινομένου διά της σχέσεως<sup>[10]</sup>:

$$\text{matter} + \text{energy} \xrightarrow{\text{relationships}} \text{outcome} \quad (1)$$

όπου η ύλη (matter), η ενέργεια (energy), οι σχέσεις (relationships) και το αποτέλεσμα (outcome) αποτελούν τους κατηγορικούς περιγραφείς του υπό μελέτη φαινομένου. Αυτοί οι περιγραφείς είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους δεδομένου ότι η ύλη και η ενέργεια είναι αξιωματικές οντότητες, οι σχέσεις προφανώς υπάρχουν ανεξαρτήτως της ύπαρξης των εμπλεκόμενων μερών ενώ το αποτέλεσμα, παρόλο που μοιάζει αρχικά να εξαρτάται από την ύλη, την ενέργεια και τη σχέση τους, στην πραγματικότητα είναι ανεξάρτητο καθώς προ-επιλέγεται με βάση την υπόθεση υπό την οποία μελετάται το φαινόμενο. Έτσι, η παραπάνω εξ. (1) περιγράφει την τρέχουσα γνώση για το φαινόμενο, και έτσι προκύπτει ένα άπειρο πλήθος διανυσμάτων της μορφής (m,e,R,o) όπου το κάθε στοιχείο τους περιέχει συγκεκριμένη τιμή ενός εκάστου των τεσσάρων κατηγορικών

περιγραφέντων και όλο μαζί το κάθε διάνυσμα αναπαριστά μια δεδομένη πρόσληψη του φαινομένου. Όλα αυτά τα διανύσματα συγκροτούν το σύνολο  $V$ , το οποίο είναι διατεταγμένο με βάση το χρόνο  $\hat{t}$ , με τη σχέση διάταξης  $<$  που ορίζεται ως εξής:

$$\hat{t}_1 < \hat{t}_2 \Leftrightarrow \underline{v}_1(\hat{t}_1) < \underline{v}_2(\hat{t}_2) \quad (2)$$

όπου  $\underline{v}(\hat{t})$  είναι το διάνυσμα που αναπαριστά τη πρόσληψη του φαινομένου τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Υπό αυτή την έννοια, κάθε νέα πρόσληψη περιλαμβάνει όλη την υφιστάμενη γνώση περί του φαινομένου που υπήρχε μέχρι τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, προσαυξημένη κατά τη νέα γνώση που δημιουργήσε η νέα πρόσληψη.

Στη συνέχεια εφοδιάζουμε το σύνολο αυτό με την εσωτερική πράξη  $\oplus$ , η οποία ορίζεται ως εξής:

$$\forall \underline{v}, \underline{w} \in V \exists \underline{u} \in V: \underline{u} = \underline{v} \oplus \underline{w} = \begin{cases} \underline{v} & \text{όταν } \underline{w} < \underline{v} \\ \underline{w} & \text{όταν } \underline{v} < \underline{w} \end{cases} \quad (3)$$

Η πράξη αυτή στην πραγματικότητα περιγράφει τη δυνατότητα πρόσθεσης στη συσσωρευμένη εμπειρία της νέας γνώσης που παράγεται σχετικά με ένα υπό έρευνα φαινόμενο, . Έυκολα αποδुकνείεται πως η πράξη αυτή είναι μεταθετική και προσεταιριστική, έχει ουδέτερο στοιχείο και μέσω αυτού ορίζεται το αντίθετο κάθε άλλου στοιχείου του  $V$ .

Τώρα μπορούμε να ορίσουμε τη συσσωρευμένη γνώση που περιέχεται στο διάνυσμα  $\underline{v} \in V$  ως  $\lambda = \|\underline{v}\| \in \mathbb{R}$ , ποσότητα που πρακτικώς παριστάνει το Ευκλείδιο μέτρο του διανύσματος. Μέσω αυτού του μέτρου μπορούμε να ορίσουμε τον ρυθμό της εξέλιξης της περιεχόμενης γνώσης μεταξύ δυο οιασδήποτε διανυσμάτων του  $V$ : εάν  $\lambda_i$  και  $\lambda_j$  είναι οι ποσότητες συσσωρευμένης γνώσης που περιέχονται στα διανύσματα  $\underline{v}_i \in V$  και  $\underline{v}_j \in V$ , αντιστοίχως, τότε

$$\mu_{ij} = \frac{\lambda_i}{\lambda_j} = \frac{\|\underline{v}_i\|}{\|\underline{v}_j\|} \in \mathbb{R} \quad (4)$$

Προφανώς,  $\mu_{ij} > 1$  όταν  $\underline{v}_j < \underline{v}_i$ , και  $\mu_{ij} < 1$  όταν  $\underline{v}_i < \underline{v}_j$ .

Τώρα, μπορούμε να ορίσουμε στο σύνολο  $V$  την εξωτερική πράξη  $\times$  ως εξής:

$$\forall \underline{v}, \underline{w} \in V \exists \mu \in \mathbb{R}: \underline{w} = \mu \times \underline{v} \Leftrightarrow \mu = \frac{\|\underline{w}\|}{\|\underline{v}\|} \quad (5)$$

Η παραπάνω σχέση ποσοτικοποιεί τη σχετική σημασία της εξέλιξης της γνώσης, όπως αυτή εμφανίζεται σε δυο οποιοσδήποτε προσλήψεις ενός υπό μελέτη φαινομένου, οι οποίες συνιστούν διανύσματα του  $V$ . Η παραπάνω εξωτερική πράξη είναι επιμεριστική ως προς την  $\oplus$  και έτσι εξασφαλίζεται ότι η δομή  $\{V, \oplus, \times\}$  είναι ένας τετραδιάστατος διανυσματικός χώρος, του οποίου μια βάση είναι τα διανύσματα  $e_m = \{m, 0, 0, 0\}$ ,  $e_e = \{0, e, 0, 0\}$ ,  $e_R = \{0, 0, R, 0\}$  και  $e_o = \{0, 0, 0, o\}$ . Τα τέσσερα αυτά διανύσματα είναι γραμμικώς ανεξάρτητα και παράγουν το διανυσματικό χώρο. Πράγματι, οι κατηγορικοί περιγραφείς που ορίζονται στην εξ. (1) είναι ανεξάρτητοι δεδομένου ότι δεν υπάρχει απευθείας μετασχηματισμός που να παράγει κάποιον ως έκφραση των υπολοίπων. Αυτό για την ύλη, την ενέργεια και τις σχέσεις είναι μάλλον προφανές στα όρια του Νευτώνειου κόσμου. Όσον αφορά στο outcome της εξ. (1), αρκεί να παρατηρήσουμε την ελευθερία του ερευνητή να επιλέξει την κατάλληλη μακροσκοπική ποσότητα που θα περιγράψει το αποτέλεσμα του φαινομένου, πράγμα που εξασφαλίζει την ανεξαρτησία του από τα δεδομένα matter και energy. Τέλος, είναι μάλλον προφανές πως κάθε διάνυσμα του  $V$  είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των  $e_m$ ,  $e_e$ ,  $e_R$  και  $e_o$ .

Τώρα μπορούμε να ορίσουμε την απεικόνιση  $m_p^{In}$  εντός του διανυσματικού χώρου, ως εξής:

$$\mathbb{R}xV \xrightarrow{m_p^{In}} M_{3 \times 1}(V): m_p^{In}(\underline{v}) = \{\lambda_1 x \underline{v}, \lambda_2 x \underline{v}, \lambda_3 x \underline{v}\} \quad (6\alpha)$$

όπου

$$\lambda_1 \rightarrow 0 \quad (6\beta),$$

$$\forall \lambda_2 \in \mathbb{R} \exists M > 0: \lambda_2 > M \quad (6\gamma),$$

$$\lambda_3 \rightarrow +\infty \quad (6\delta)$$

Το πρώτο στοιχείο  $\lambda_1 \times \underline{v}$  αντιπροσωπεύει την πολύ περιορισμένη αρχική εμπειρική γνώση για το υπό μελέτη φαινόμενο, η οποία αποτελεί το έναυσμα για περαιτέρω μελέτη περί αυτού. Το δεύτερο στοιχείο  $\lambda_2 \times \underline{v}$  αντιπροσωπεύει το πεπερασμένο πλήθος γνώσης που υφίσταται σε δεδομένη χρονική στιγμή και το τρίτο,  $\lambda_3 \times \underline{v}$ , την σχεδόν καθολική (δηλ. άπειρη) γνώση για το φαινόμενο. Αυτή η κατηγοριοποίηση της γνώσης είναι συμβατή με την Καντιανή προσέγγιση "ένα – πολλά – όλα», η οποία συναντάται συχνά στη σύγχρονη φιλοσοφία<sup>[11]</sup>. Η παραπάνω απεικόνιση δημιουργεί ένα πίνακα τεσσάρων γραμμών, καθεμία εκ των οποίων αντιστοιχεί σε ένα κατηγορικό περιγραφέα, και τριών στηλών με την πρώτη να αντιστοιχεί στο διάνυσμα  $\lambda_1 \times \underline{v}$ , τη δεύτερη στήλη στο  $\lambda_2 \times \underline{v}$  και την τρίτη στο  $\lambda_3 \times \underline{v}$ .

Με δεδομένο ότι η παραπάνω θεωρία αφορά στην εσωτερική ομοιότητα των φαινομένων, όως αυτή περιγράφεται από την απεικόνιση των εξ. (6), είναι ενδιαφέρον ότι η τελευταία δεν είναι μοναδική, οπότε υπάρχουν περισσότερες της μιας επιλογές για τον ορισμό των  $\lambda$  στις εξ. (6) και άρα περισσότεροι του ενός σχηματισμοί του 4X3 πίνακα. Έτσι, είναι απολύτως απαραίτητο να ακολουθούνται συγκεκριμένοι κανόνες για τον ορισμό της απεικόνισης αυτής, οι οποίοι περιγράφονται λεπτομερώς αλλού<sup>[4]</sup> και δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Εδώ θα εφαρμόσουμε την παραπάνω θεωρία σε ένα αντικείμενο που αφορά στη Χημική Μηχανική. Έστω ένα συσσωμάτωμα στερεών κόκκων σφαιρικού σχήματος, οι οποίοι μπορούν να προσροφούν ένα συστατικό Α. Ο κενός χώρος μεταξύ των κόκκων (πορώδες) καταλαμβάνεται από ένα χημικώς ουδέτερο Νευτώνειο ρευστό που περιέχει το Α. Καθώς το διάλυμα ρέει εντός του μέσου, η ουσία Α προσεγγίζει την προσροφούσα επιφάνεια λόγω συναγωγής και διαχύσης. Για να περιγραφεί επαρκώς η διεργασία, πρέπει να μπορεί να προσδιοριστεί το ποσό της προσροφούμενης μάζας ως ποσοστό της μάζας του Α που εισέρχεται στο σύστημα. Η παραπάνω περιγραφή αντιστοιχεί στον ακόλουθο 4X3 πίνακα:

**Πίνακας 1.** Πίνακας κατηγοριοποίησης της γνώσης για την προσρόφηση σε κοκκωδη μέσα.

	$\lambda_1 \times \underline{v}$	$\lambda_2 \times \underline{v}$	$\lambda_3 \times \underline{v}$
Matter	Ουσία Α	Ουσία Α, στερεή επιφάνεια	Ουσία Α, στερεή επιφάνεια, προϊόντα Β <sub>i</sub> που παράγονται λόγω της προσρόφησης του Α
Energy	Διάχυση του Α στη ρευστή φάση. Η θεμελιώδης αρχή	Διάχυση του Α στη ρευστή φάση. Η θεμελιώδης αρχή	Διάχυση όλων των ουσιών στη ρευστή φάση. Η θεμελιώδης αρχή που τη

	<p>που τη διέπει είναι ο νόμος του Fick, διατυπωμένος ως:</p> $\underline{j}_A = -D_A \nabla C_A$	<p>που τη διέπει είναι ο νόμος του Fick, διατυπωμένος ως:</p> $\underline{j}_A = -D_A \nabla C_A$	<p>διέπει είναι ο νόμος του Fick, διατυπωμένος ως:</p> $\underline{j}_i = -D_i \nabla C_i$
	<p>Συναγωγή του A στη ρευστή φάση. Η μαζική ροή δίνεται από την έκφραση:</p> $\underline{j}_A = U_A C_A$	<p>Συναγωγή του A στη ρευστή φάση. Η μαζική ροή δίνεται από την έκφραση:</p> $\underline{j}_A = U_A C_A$	<p>Συναγωγή όλων των ουσιών στη ρευστή φάση. Οι μαζικές ροές δίνονται από την έκφραση:</p> $\underline{j}_i = U_i C_i$
	<p>Ακαριαία προσρόφηση στη στερεή επιφάνεια, η οποία εκφράζεται ως:</p> $C_A(r=R) = 0$	<p>Προσρόφηση που ακολουθεί κάποια ισόθερμη. Για παράδειγμα,</p> $D_A \underline{n} \cdot \nabla C_A = \frac{k}{K} c_s,$ <p>Όπου οι παράμετροι καθορίζονται από την ισόθερμη Langmuir:</p> $\Theta_{eq} = \frac{Kc_b}{1 + Kc_b}$	<p>Ετερογενής αντίδραση πρώτης τάξης</p> $A \rightarrow B,$ <p>όπου το B υποτίθεται ότι εκροφάται στη ρευστή φάση. Ο ρυθμός της αντίδρασης υποτίθεται ότι είναι τύπου Arrhenius:</p> $R_n = k_0 e^{\frac{-E_a}{RT}} c_A$
Relation ships	<p>Εξίσωση μεταφοράς μάζας που περιλαμβάνει όρους συναγωγής και διάχυσης:</p> $\frac{dC_A}{dt} + \underline{U}_A \cdot \nabla C_A = D_A \nabla^2 C_A$ <p>η οποία συνοδεύεται από τις κατάλληλες συνοριακές συνθήκες.</p>	<p>Εξίσωση μεταφοράς μάζας που περιλαμβάνει όρους συναγωγής και διάχυσης:</p> $\frac{dC_A}{dt} + \underline{U}_A \cdot \nabla C_A = D_A \nabla^2 C_A$ <p>η οποία συνοδεύεται από τις κατάλληλες συνοριακές συνθήκες.</p>	<p>Σύστημα εξισώσεων μεταφοράς μάζας, οι οποίες περιλαμβάνουν όρους συναγωγής και διάχυσης:</p> $\frac{dC_i}{dt} + \underline{U}_i \cdot \nabla C_i = D_i \nabla^2 C_i$ <p>οι οποίες συνοδεύονται από τις κατάλληλες συνοριακές συνθήκες.</p>
Outcome	<p>Συγκέντρωση της ουσίας A,</p> $C_A(\underline{r}, t)$	<p>Συνολικός αριθμός Sherwood</p> $Sh_o = \frac{k_o \cdot L}{D}$	<p>Συντελεστής προσρόφησης</p> $\lambda_0 = 1 - \frac{\iint_{S_{out}} c_A \underline{U} \cdot \underline{n} dS}{\iint_{S_{in}} c_A \underline{U} \cdot \underline{n} dS}$

Πιο συγκεκριμένα:

- Γραμμή 1 – Matter: Στην απλούστερη περίπτωση (Στήλη 1), θεωρούμε ένα και μόνο συστατικό A το οποίο προσροφάται ακαριαία. Στην επόμενη Στήλη 2 λαμβάνεται

υπόψη η μορφή της στερεάς επιφάνειας και η προσρόφηση μεταφράζεται σε ιδιότητα της επιφάνειας αυτής. Τέλος, στην Στήλη 3 η προσρόφηση περιγράφεται ως ετερογενής αντίδραση και λαμβάνεται υπόψη η συμπεριφορά όλων των προϊόντων αυτής.

- Γραμμή 2 – Energy: Όλες οι στήλες περιέχουν συναγωγή και διάχυση, αλλά η πολυπλοκότητα προς τα δεξιά αυξάνεται μέσω των συνοριακών συνθηκών που στην πραγματικότητα περιγράφουν τον μηχανισμό της προσρόφησης.
- Γραμμή 3 – Relationships: Η μετάβαση μεταξύ των στηλών γίνεται μέσω της θεώρησης όλο και πιο πολύπλοκων μηχανισμών προσρόφησης. Στην Στήλη 1 θεωρείται ακαριαία προσρόφηση όπου δεν είναι απαραίτητο να περιγραφεί η διεπιφάνεια. Στην Στήλη 2 θεωρείται ότι η προσρόφηση λαμβάνει χώρα υπό το καθεστώς μιας ισόθερμης, πράγμα που επιβάλλει την περιγραφή συγκεκριμένων ιδιοτήτων της επιφάνειας, οι οποίες μεταφράζονται σε συνοριακές συνθήκες που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη ισόθερμη. Τέλος, η Στήλη 3 περιγράφει την προσρόφηση ως ετερογενή αντίδραση, οπότε είναι απαραίτητες πολύπλοκες μαθηματικές εκφράσεις των εν λόγω συνοριακών συνθηκών.
- Γραμμή 4 – Outcome: Είναι προφανές ότι πρέπει να οριστεί μια μακροσκοπική ποσότητα που να περιγράφει επαρκώς την προσρόφηση. Έτσι, στην πρώτη στήλη επιλέγεται η συγκέντρωση της ροφημένης ουσίας, στη Στήλη 2 ο αδιάστατος αριθμός Sherwood και στη Στήλη 3 ο συντελεστής προσρόφησης.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή αρχικώς περιγράφηκε με μαθηματικούς όρους ο διανυσματικός χώρος όλων των προσλήψεων των φυσικών φαινομένων που ερευνώνται υπό το πρίσμα μιας υπόθεσης. Σε αυτόν τον χώρο ορίστηκε στη συνέχεια μια απεικόνιση η οποία περιγράφει την εσωτερική ομοιότητα των φαινομένων και καταλήγει σε έναν πίνακα κατηγοριοποίησης της γνώσης, ο οποίος αφενός καθορίζει την απαραίτητη εμβάθυνση στη σχετική γνώση αλλά εντοπίζει και τα κενά γνώσης, κατευθύνοντας έτσι την έρευνα και βοηθώντας στην αποφυγή επαναλήψεων και σπατάλης ερευνητικού κόπου και χρόνου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] P. Kroes. *Brit J Phil Sci* 40 (1989) 145-154.
- [2] G. Glymour. *Phil. Sci.* 37 (1970) 340-353.
- [3] S.G. Sterrett. *Stud. Phil. Sci.* 20 (2006) 69-80.
- [4] A. Kanavouras, F.A. Coutelieiris. *J Food Chem.* 229 (2017) 820-827.
- [5] K.R. Popper (1963) *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. Harper, New York
- [6] I. Hacking (1983) *Representing and intervening. Introductory topics in the philosophy of natural science*. UK: Cambridge University Press
- [7] S.G. Sterrett. *Mind Soc.* 3 (2002) 51-66.
- [8] P. Feyerabend (1962) *Explanation, Reduction and Empiricism*. In: Feigl H, Maxwell G, editors. *Scientific Explanation, Space, and Time*, (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Volume III), Minneapolis: University of Minneapolis Press.
- [9] T.S. Kuhn (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*, second ed., Chicago: University of Chicago Press
- [10] F.A. Coutelieiris, A Kanavouras (2018) *Experimentation Methodology for Engineers*, Springer International Publishing, DOI: 10.1007/978-3-319-72191-0.
- [11] I. Kant (2014) *The Critique of Pure Reason*. (Translated by J. M. D. Meiklejohn). University of Adelaide Press, Adelaide