

ΙΩΑΝ. Κ. ΜΑΡΑΓΚΟΖΗ

Καθηγητού Ε. Μ. Πολυτεχνείου

ΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΧΗΜΙΚΑΙ ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΝ ΤΩ, ΠΛΑΙΣΙΩ,  
ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΟΥ ΧΗΜΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

ΑΝΑΤΥΠΟΝ ΕΚ ΤΩΝ “ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ,,  
Τεύχος 6ον — Ιούνιος 1970

ΑΘΗΝΑΙ 1970

# Αί βιομηχανικαὶ χημικαὶ δράσεις, ἐν τῷ πλαισίῳ τῆς ἐπιστήμης τοῦ χημικοῦ μηχανικοῦ

ὑπὸ Ἰωάν. Κ. Μαραγκόζη,  
Καθηγητοῦ Ε. Μ. Πολυτεχνείου

Τὴν 16ην Ἰανουαρίου 1970 εἰς τὸ Μέγα Ἀμφιθέατρον τοῦ Ε.Μ.Π. ἐδόθη τὸ ἐναρκτήριο μᾶθημα τοῦ νέου καθηγητοῦ τῆς ἔδρας τῆς «Τεχνικῆς Χημικῶν Δράσεων» κ. Ἰωάννου Κ. Μαραγκόζη, ἐνώπιον τοῦ Πρωτάεως κ. Β. Φραγκούλη, καθηγητῶν τοῦ ἰδρύματος, ἐπιστημόνων καὶ σπουδαστῶν. Τὸν νέον καθηγητὴν παρουσίασεν εἰς τὸ ἀκροατήριον ὁ Κοσμήτωρ τῆς Α. Σ. Χημικῶν Μηχανικῶν κ. Θ. Κουγιουμτζέλης. Ἡ ἐναρκτήριος διάλεξις τοῦ κ. Μαραγκόζη εἶχεν ὡς ἐξῆς:

## Τὸ πλήρες κείμενον τοῦ ἐναρκτηρίου μαθήματος

Εὐχαριστῶ θερμότητα τὸν κ. Κοσμήτορα διὰ τὰ καλὰ λόγια τὰ ὅποια ἐχρησιμοποίησε δι' ἐμέ εἰς τὴν εἰσαγωγὴν του.

Εἶμαι εὐτυχής, διότι ἔχω τὴν τιμὴν νὰ εἶμαι ὁ πρῶτος καθηγητῆς τῆς νέας ἔδρας «Τεχνικῆς τῶν Χημικῶν Δράσεων». Μία νέα ἔδρα σημαίνει μία νέα ἐπιστημονικὴ περιοχὴ, ἡ ὅποια ἔχει μὲν θεσμικῶς προδιαγεγραμμένον τὸ περιεχόμενον τῆς, ἐν γενικαῖς γραμμαῖς, ἀφήνει ὅμως εἰς τὸν νέον καθηγητὴν τὴν εὐθύνην νὰ δημιουργήσῃ τὸ ὄφος τῆς, νὰ διαμορφώσῃ τὸν χαρακτήρα τῆς, νὰ προδιαγράψῃ τὴν μελλοντικὴν τῆς ἐξέλιξιν. Ὅλα αὐτὰ εἶναι δημιουργικὰ ἐνασχολήσεις, αἱ ὅποιαι πληροῦν ἰδιαιτέρας χαρᾶς ἐν ἀκαδημαϊκῶν διδάσκαλον— καὶ ἀσφαλῶς — καὶ τὸν ἀποφινὸν ὀμιλητὴν σας.

Ἐνῶ ὅμως ἡ ἔδρα εἶναι νέα, δὲν συμπίπτει ὁ ὑποφαινόμενος νὰ εἶναι καὶ ὁ πρῶτος διδάξας τὴν ὕλην αὐτὴν εἰς τὸ Πολυτεχνεῖον. Ἡ τιμὴ αὐτὴ ἀνήκει εἰς τὸν Τακτικὸν Καθηγητὴν τῆς Φυσικῆς Χημείας καὶ Ἐφηρη. Ἡλεκτροχημείας τοῦ Ε.Μ.Π. κ. Θ. Σκουλικίδην, ὁ ὅποιος, κατὰ τὴν τριετίαν 1966 - 1969 ὡς κηδεμὼν τῆς κενῆς τότε ἔδρας εἰσήγαγε, διὰ πρώτην φορὰν ἐν Ἑλλάδι, καὶ ἐδίδαξε τὸ μάθημα τῆς Βιομηχανικῆς Χημικῆς Τεχνικῆς.

Ἄλλὰ ποία εἶναι ἡ οὐσία καὶ ἡ ὕλη τοῦ νέου τούτου μαθήματος; Ποία ἡ σχέσις του μετὰ τὰς βιομηχανικὰς ἐφαρμογὰς; Τέλος δὲ ποία εἶναι ἡ ἀλληλουχία του μετὰ τὰ ἄλλα μαθήματα εἰς τὴν ὅλην παιδείαν τῆς Ἐπιστήμης τοῦ Χημικοῦ Μηχανικοῦ;

Διὰ νὰ δώσωμεν ἀπαντήσεις εἰς αὐτὰ τὰ ἐρωτήματα, καλὸν θὰ ἦτο νὰ προβῶμεν εἰς σύντομον ἱστορικὴν ἀνασκόπησιν τῆς ἐξέλιξεως τῆς ἐπιστήμης τῆς χημικῆς μηχανικῆς, νὰ διατυπώσωμεν καὶ νὰ ἀναλύσωμεν τὸν σύγχρονον ὀρισμὸν καὶ τὴν σύγχρονον δομὴν αὐτῆς, οὕτως, ὥστε νὰ δημιουργήσωμεν τὸ γενικὸν πλαίσιον διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ εἰδικωτέρου μέρους τοῦ θέματος, εἰς τὸ ὅποιον θὰ ἀναλύσωμεν τὴν θέσιν, τὴν σημασίαν καὶ τὴν συμβολὴν τῶν Χημικῶν Δράσεων εἰς τὴν βιομηχανίαν.

## Ἱστορικὴ ἀνασκόπησις

Ὁ διεθνὸς φήμης Καθηγητῆς τῆς Χημικῆς Μηχανικῆς τοῦ Τεχνολογικοῦ Ἰνστιτούτου Μασσαχουσέτης (ΗΠΑ) Warren K. Lewis προέβη τὸ 1959(1) εἰς σύντομον ἱστορικὴν ἀνασκόπησιν τῆς δημιουργίας καὶ ἐξελίξεως τοῦ κλάδου τῆς ἐπιστήμης τοῦ Χημικοῦ Μηχανικοῦ.

Ἀρμόμεθα τὰ πλέον ἀξιόλογα γεγονότα ἐκ τῆς ἱστορικῆς ἀνασκόπησεως τοῦ Lewis καὶ τὰ παρουσιάζομεν ὑπὸ μορφήν πίνακος κατωτέρω:

### ΠΙΝΑΞ 1

#### Ἱστορικὴ Ἐξέλιξις τῆς Χημικῆς Μηχανικῆς

1891. Ὁ Καθηγητῆς Norton (ΗΠΑ) δημοσιεύει τοὺς πρώτους ἀποφοίτους Σχολῆς Χημικῶν Μηχανικῶν εἰς τὸ M.I.T.

1893. Ὁ Hausbrand (Γερμανία) δημοσιεύει σύγγραμμα ἐπὶ τῆς κλασματώσεως καὶ ἀποστάξεως τῶν ὑγρῶν μιγμάτων (2).
1893. Ὁ Sorel (Γαλλία), ταυτοχρόνως, δημοσιεύει σύγγραμμα ἐπὶ τῆς ἀποστάξεως τοῦ οἴνου πνεύματος.
1899. Ὁ Hausbrand (Γερμανία) δημοσιεύει σύγγραμμα περὶ Ἐξατμίσεως, Συμπυκνώσεως καὶ Ψύξεως — καθίσταται δηλαδὴ ὁ πατὴρ τῆς Τεχνικῆς τῶν Φυσικῶν Δράσεων (Unit Operations).
- 1901 - 1902. Ὁ Davis (Ἀγγλία) δημοσιεύει τὸ πρῶτον «Ἐγχειρίδιον Χημικῆς Μηχανικῆς» (3), βάσει διαλέξεων τοῦ ἀπὸ τὸ 1887 εἰς τὴν Τεχνικὴν Σχολὴν τοῦ Μάντσεστερ. Θεωρεῖται ὁ πατὴρ τῆς Χημ. Μηχανικῆς.
1908. Ἰδρύεται τὸ Ἀμερικανικὸν Ἰνστιτούτον Χημικῶν Μηχανικῶν μετὰ 101 μέλη.
1910. Πρώτη στατιστικὴ τοῦ ἀριθμοῦ σπουδαστῶν Χημ. Μηχ. ΗΠΑ (Ὁ ἀριθμὸς σπουδαστῶν ἀνήρχετο εἰς 869).
1915. Ὁ A. D. Little (M.I.T. - ΗΠΑ) εἰσάγει καὶ καθορίζει τὸν ὄρον «Unit-Operations» — Φυσικαὶ Δράσεις.
1917. Τὸ Ε.Μ.Π. ἰδρύει Σχολὴν Χημ. Μηχανικῶν ἐν Ἑλλάδι (4).
1922. Ὁ A. D. Little (M.I.T. - ΗΠΑ) καθορίζει τὸ περιεχόμενον τῆς ἐπιστήμης τοῦ Χημικοῦ Μηχανικοῦ.
- 1923 - 1943. Ἀνάπτυξις τῶν «Φυσικῶν Δράσεων» καὶ τῆς ἐπιστήμης τοῦ Χημικοῦ Μηχανικοῦ ὡς ἰδιαιτέρου κλάδου.
1937. Ὁ Damkohler (Γερμανία) εἰσάγει τὸν συνδετικὸν κρίκον μεταξὺ φυσικῶν καὶ χημικῶν δράσεων εἰς τὸ βιβλίον «Der Chemie Ingenieur».
- 1944 - 1954. Ἀνάπτυξις τῶν μεθόδων κλιμακώσεως μεγέθους (SCALE - UP) διὰ τῆς «Μελέτης Βιομηχανιῶν» (Plant Design).
- 1955 - 1960. Εἰσαγωγὴ τῶν «Φαινομένων Μεταφορᾶς» ὡς ἐπιστημονικοῦ βᾶθρον τῶν «Βασικῶν Δράσεων» — φυσικῶν τε καὶ χημικῶν.
- 1961 - 1965. Ἀνάπτυξις τῆς Δυναμικῆς καὶ τοῦ Ἀυτομάτου Ἐλέγχου τῶν Φυσικῶν καὶ Χημικῶν Δράσεων.
- 1966 - 1970. Προσπάθεια διενεργήσεως τῆς ἐπιστημονικῆς βάσεως τῆς Χημικῆς Μηχανικῆς διὰ τῆς μελέτης καὶ βιολογικῶν - βιοχημικῶν - βιοϊατρικῶν δράσεων.

## Ἐν Ἑλλάδι:

1957. Εἰσαγωγὴ τῆς διδασκαλίας τῶν «Φυσικῶν Δράσεων» (Γενικῆς Τεχνολογίας) ἐν τῷ Ε.Μ.Π. ὑπὸ τοῦ Καθηγητοῦ κ. Δεληγιάννη.
1960. Εἰσαγωγὴ τῆς διδασκαλίας τῆς «Μελέτης Χημικῶν Βιομηχανιῶν» ἐν τῷ Ε.Μ.Π. ὑπὸ τοῦ Καθηγητοῦ κ. Καλογεῶ.
1965. Εἰσαγωγὴ τῆς διδασκαλίας τῶν «Φαινομένων Μεταφορᾶς» ἐν τῷ Ε.Μ.Π., ὑπὸ τοῦ Καθηγητοῦ κ. Κουμουτσου.
1967. Εἰσαγωγὴ τῆς διδασκαλίας τῆς «Βιομηχανικῆς Χημικῆς Τεχνικῆς» (Χημικῶν Δράσεων) ἐν τῷ Ε.Μ.Π., ὑπὸ τοῦ Καθηγητοῦ κ. Σκουλικίδην.

Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ 80ετής περίπου ζωὴ τῆς ἐπιστήμης τοῦ Χημικοῦ Μηχανικοῦ δύναται νὰ διαιρεθῇ, κατὰ εὐλογον τρόπον, εἰς τέσσαρας περιόδους:

## ΠΙΝΑΞ 2

## Περίοδοι Άναπτύξεως τής Χημικής Μηχανικής

Περίοδος 1η: 1893 - 1915 (Περίοδος γενέσεως του κλάδου)

Περίοδος 2α: 1916 - 1939 (Περίοδος διαμορφώσεως και αναπτύξεως των Φυσικών Δράσεων).

Περίοδος 3η: 1940 - 1960 (Περίοδος εφαρμογών εις την βιομηχανίαν).

Περίοδος 4η: 1960 - 1970 (Περίοδος νέων αναζητήσεων).

Περίοδος 1η: 1893 - 1915 (Περίοδος προ του Α΄ Παγκοσμίου πολέμου).

Αυτή αποτελεί την περίοδον δημιουργίας του επιστημονικού τούτου κλάδου. Είναι γεγονός ότι η επιστήμη αυτή εδημιουργήθη από ήδη πεπειραμένους επιστήμονας (χημικούς και μηχανολόγους) τής βιομηχανίας ως οί Norton, Hausbrand, Davis, Thorp, Little, κ.λ.π.) οί οποίτοι διέβλεψαν την ανάγκην εφαρμογής των μεθόδων του μηχανικού επί των βασικών βιομηχανικών πράξεων.

Έν αντιθέσει προς άλλους αρχαιότερους κλάδους τής τεχνικής επιστήμης (ως του πολιτικού μηχανικού, του μηχανολόγου, του ηλεκτρολόγου), ο χημικός μηχανικός δεν διήλθε διά του σταδίου του εμπειροτέχνου κατά την φυσική εξέλιξιν του κλάδου, ίσως λόγω τής ισχυράς όρμητηρίου βάσεως, ήν διέθετεν εις την επιστήμην τής Χημείας. Υφίσταται δέ και ο πρόσθετος λόγος ότι η χημική βιομηχανία, εις την οποίαν θητεύει ο χημικός μηχανικός, είναι σχετικώς νεώτερα βιομηχανία με όλιγώτερον εμπειροτεχνικήν βάσιν άλλων βιομηχανικών κλάδων.

Περίοδος 2α: 1916 - 1939 (Μεσοπολεμική)

Κατά την περίοδον ταύτην έσημειώθη ανάπτυξις τής Χημικής Μηχανικής εις τας χώρας εκείνας όπου υπήρχον προβλήματα αναπτύξεως του μεγέθους των εργοστασίων τής Χημικής Βιομηχανίας. Η διαμόρφωσις των κλάδων τής «Τεχνικής των Φυσικών και Χημικών Δράσεων» έδωσε το επιστημονικόν υπόβαθρον διά την πραγματοποίησιν τής μεγεθύνσεως των βιομηχανιών (SCALE - UP), προς όφελος τής παραγωγικότητος και προς μείωσιν του κόστους προϊόντων. Τούτο συνέβη κυρίως εις τας ΗΠΑ και δευτερευόντως εις την Άγγλιαν. Εις την Γερμανίαν, επειδή η χημική βιομηχανία εκεί έβασίζετο κυρίως εις τά φάρμακα και τά χρώματα, η κλιμακωσις του μεγέθους δεν είχε μεγάλην σημασίαν, και η ανάπτυξις τής Τεχνικής των Βασικών Δράσεων δεν έτυχε τής δεούσης προσοχής και μελέτης, κατά την μεσοπολεμικήν ταύτην περίοδον.

Περίοδος 3η: 1940 - 1960 (Μεταπολεμική)

Είναι η εποχή των έκτεταμένων εφαρμογών τής Χημικής Μηχανικής εις την βιομηχανίαν εις όλον τον κόσμον, ένθα υπάρχουν προβλήματα έγκαταστάσεων, αύξησεως τής παραγωγής διά τής κλιμακώσεως του μεγέθους, βελτιώσεως προϊόντων και μεθόδων, κ.λ.π. Είναι η εποχή κατά την οποίαν κυρίως ήρριχεν η ανάπτυξις τής Χημικής Μηχανικής έν Κ. Εύρώπη και έν Έλλάδι. Η χημική βιομηχανία τής Εύρώπης μετετρέπη εις πετροχημικήν (πρώτη ύλη πετρέλαιον) άντι τής πρώτης ύλης — άνθρακος — λιθανθρακοπίσεως, που είχε πρότερον.

Περίοδος 4η: 1960 - 1970 (Σύγχρονος).

Σήμερα τα αναπτυξιακά προβλήματα τής κλασσικής χημικής βιομηχανίας έχουν επίλυθη και η Χημική Μηχανική εύρίσκει εις νέας αναζητήσεις. Έν πρώτοις, δίδεται ο χρόνος προς περαιτέρω διεύρυνσιν τής επιστημονικής βάσεως τής βιομηχανίας (Φαινόμενα μεταφοράς, Δυναμική των Συστημάτων και Μεθόδων, Άριστοποίησις, Αυτόματιςμοδ κ.λ.π.), αλλά κυρίως τώρα είναι η εποχή διά νέας αναμορφώσεως και ανακατατάξεις.

Τό 1961 έκυκλοφόρησε μία βαρυσήμαντος έκθεσις έπιτροπής έκ καθηγητών υπό την αιγίδα του Άμερικανικού Ίνστιτούτου Χημικών Μηχανικών με τίτλον «Δυναμικοί Στόχοι τής Χημικής Μηχανικής — 1961» (5). Μεταξύ των άλλων, η έκθεσις αυτή προβλέπει ότι, διά την περαιτέρω εξέλιξιν τής Χημικής Μηχανικής μελλοντικώς, απαιτείται διεύρυνσις τής θεμελιώδους επιστημονικής βάσεως του κλάδου, διά τής προσ-

θήκης τής βιολογίας προς ένίσχυσιν του τριπτύχου μαθηματικών - φυσικής - χημείας επί των οποίων σήμεραν θεμελιούται. Φρονούν δηλαδή, ότι ένδεικνυται η ανάπτυξις και Τεχνικής των Βιολογικών - Βιοχημικών Δράσεων.

Τό 1968 έκυκλοφόρησε μία άλλη σημαντική έκθεσις, αυτήν την φοράν περί των «Στόχων τής Πολυτεχνικής Παιδείας» έν γένει, υπό την αιγίδα τής Άμερικανικής Έταιρείας διά την Πολυτεχνικήν Παιδείαν (6).

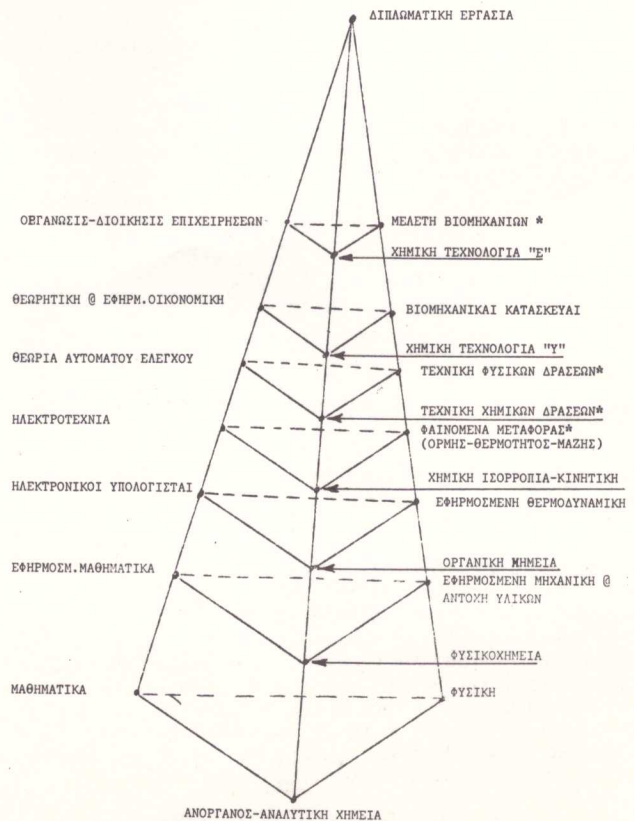
Η έκθεσις αυτή προβλέπει ότι εις τας ΗΠΑ μελλοντικώς (μέχρι τό 1985) η βασική πολυτεχνική παιδεία θα καταστή ένιαία, δηλαδή άνευ τής σημερινής κατατμήσεως εις ειδικότητας μηχανικού, θα διαρκή 5 έτη (άντι των σημερινών 4 έν ΗΠΑ) και μόνον αι μεταπτυχιακά σπουδαί θα οδηγούν εις εξειδίκευσιν. Η έκθεσις αυτή ήνοιξε μίαν μακράν σειράν γονίμων συζητήσεων, η οποία, έλπίζομεν, ότι θα καταλήξη εις κάτι καλόν και θετικόν, διά την εξέλιξιν τής Τεχνικής επιστήμης.

### Η εκπαίδευσις των Χημικών Μηχανικών έν Έλλάδι

Η έπισκόπησις των ιστορικών εξελίξεων τής Χημικής Μηχανικής, οδηγεί εις την διαπίστωσιν ότι η χώρα μας εισήγαγεν ταχύτατα — ήδη από τό 1917 — εις τό εκπαιδευτικόν της σύστημα τον κλάδον του Χημικού Μηχανικού. Η εξέλιξις όμως εβράδυνε κυρίως λόγω τής μη παραλλήλου αναπτύξεως τής Χημικής Βιομηχανίας κατά την περίοδον 1930 - 1950.

Είναι γεγονός, είτε τό θέλομεν είτε όχι, ότι ο χημικός μηχανικός είναι τεταγμένος να θητεύη εις την χημικήν βιομηχανίαν, και ο βαθμός τής αναπτύξεως του βιομηχανικού τούτου κλάδου είναι, συνεπώς, συνυφασμένος με τό επίπεδον τής εκπαίδευσεως. Μετά τό 1950, με την ώθησιν η οποία έδόθη εις την βιομηχανίαν, η εκπαίδευσις των χημικών μηχανικών αναπροσηρμόσθη εις τά διεθνή επίπεδα, καλύψασα τό πλείστον τής ύφισταμένης διαφοράς.

Τό σημερινόν πρόγραμμα(7) εκπαίδευσεως των Χημικών Μηχανικών έν Έλλάδι, ως προκύπτει έκ του «Σχεδίου Αναμορφώσεως Έδρών και Μαθημάτων έν τω ΕΜΠ - 1969», εξεταζόμενον έξ έπόψεως άλληλουχίας και διακρίσεως των μαθημάτων, δύναται να παρασταθί υπό τριγωνικής πυραμίδος τής μορφής του Σχημ. 1.



Σχ. 1: Η πυραμίς τής εκπαίδευσεως του Χημ. Μηχανικού

Την βάση της πυραμίδος αποτελούν τα μαθηματικά, ή φυσική και ή ανόργανος - αναλυτική χημεία. Κατά μήκος των ακμών της πυραμίδος αναγράφονται τα μαθήματα εις λογικήν σειράν άλληλουχίας. Ούτως, αί τρεις άκμαι παρουσιάζουν τα μαθήματα εις λογικήν σειράν έμβυθύνσεως κατά τομείς, ένθ' τά όριζόντια επίπεδα, παρουσιάζουν τό εύρος των σπουδών διά τό αυτό επίπεδον έμβυθύνσεως. Είναι προφανές, ότι μέ την πρόδον της έμβυθύνσεως στενεύει τό πλάτος των σπουδών, κυρίως εις τά άνωτερα κλίμακια της πυραμίδος. Πρός διατήρησιν ίσορρόπου αναπτύξεως πλάτους και βάθους, είναι λογικόν νά αναμένη κανείς ότι απαιτείται έπιλογή μαθημάτων υπό των σπουδαστών κατά τά προκεχωρημένα έτη σπουδών.

Εις τοϋτο άποβλέπει και τό εφαρμοζόμενον έν τῷ Ε.Μ.Π. σύστημα των κατ' έπιλογήν ύποχρεωτικών μαθημάτων, όπερ θα άπολήξη και εις την θέσπισιν κύκλων εξειδικεύσεως. (Σημ.: «Υ» σημαίνει «ύποχρεωτικόν», «Ε» είναι «κατ' έκλογήν ύποχρεωτικόν» και «\*» σημαίνει μάθημα «Χημικής Μηχανικής»).

**Η Έπιστήμη της Χημικής Μηχανικής**

Έφθάσαμεν ήδη εις τό σημείον νά διατυπώσωμεν και νά αναλύσωμεν τόν όρισμόν της έπιστήμης του Χημικού Μηχανικού. Τό 1915, ό Α. D. Little, εις έκθεσί του προς τόν πρότανιν του Μ.Ι.Τ., διέτύπωσε τόν όρισμόν των Β α σ ι κ ῶ ν δ ρ ά σ ε ω ν και την φιλοσοφίαν της εκπαιδεύσεως του χημικού μηχανικού όταν έγραφεν:

«Κάθε χημική βιομηχανική δραστηριότης, εις οίανδήποτε κλίμακα και έν τέλει, δύναται νά αναλυθῆ εις μίαν σειράν συντονισμένων «βασικών πράξεων», ώς π.χ. κονιοποίησης, άναμίξεως, θερμάνσεως, φρύξεως, άπορροφήσεως, συμπυκνώσεως, καθιζήσεως, κρυσταλλώσεως, διηθήσεως, διαλύσεως, ηλεκτρολύσεως κ.ο.κ. Ό αριθμός αυτών των βασικών δράσεων δέν είναι μέγας και σχετικώς ολίγαι έξ αυτών άπαντώνται εις μίαν δεδομένην βιομηχανίαν. Τό πολύπλοκον της χημικής μηχανικής προκύπτει από την ποικιλίαν των συνδυασμών των συνθηκών θερμοκρασίας, πίεσεως, κ.λ.π. υπό τας όποιάς πρέπει νά διεξαχθούν αί ώς άνω δράσεις εις διαφόρους βιομηχανίας και από τούς περιορισμούς ώς προς τά υλικά κατασκευής και τόν σχεδιασμόν των εγκαταστάσεων, τά όποια επιβάλλουν αί φυσικαί και χημικαί ιδιότητες των αντιδρώντων σωμάτων».

Ό ίδιος δέ μελετητής, Α. D. Little, ό όποιος σημειωτέον ειχεν εκπαιδευθῆ ώς χημικός, έγραφε κατά τό 1922:

«Η χημική μηχανική ώς έπιστήμη, διακρινόμενη μεταξύ των διαφόρων μαθημάτων τά όποια διδάσκονται ύπ' αυτών τόν τίτλον, δέν είναι κάτι τό συντιθέμενον από χημείαν και μηχανολογίαν ή έπιστήμην του πολιτικού μηχανικού, αλλά ξεχωριστή έπιστήμη, τό θεμέλιον της όποιάς είναι αί βασικαί δράσεις, αί όποια εις κατάλληλον άλληλουχίαν και συντονισμόν συνιστούν μίαν χημικήν διεργασίαν βιομηχανικής κλίμακος. Αί άνωτέρω δράσεις, ώς άλεσις, εκχύλισις, φρύξις, κρυστάλλωσις, άπόσταξις, ξήρασις, διαχωρισμός κ.ο.κ., δέν αποτελούν την ύλην της χημείας ούτε την ύλην της μηχανολογίας. Η ποσοτική των διερεύνησις, υπό τό πρίσμα των νόμων οί όποιοι τās διέπουν, και των υλικών και εγκαταστάσεων που τās άφορούν, είναι ή περιοχή της χημικής μηχανικής. Η έκπληκτική αύτη έμφασις επί των βασικών δράσεων και επί των ποσοτικών νόμων οί όποιοι τās διέπουν, είναι έκείνο τό όποιον διαφοροποιεί την χημικήν μηχανικήν από την βιομηχανικήν χημείαν, ή όποια άσχολείται κυρίως μέ γενικάς διεργασίας και μέ προϊόντα».

Αί ιδέαι αυτού του Little έτυχον γενικής άποδοχής και έπιδοκιμασίας μέχρι σήμερα. Τό 1961, σημειωτέον, τό 'Αμερικανικόν Ίνστιτούτον Χημικών Μηχανικών, επανελάμβανε τόν όρισμόν της Χημικής Μηχανικής, ώς εξής:

«Χημική Μηχανική είναι ό κλάδος της τεχνικής έπιστήμης ό όποιος άσχολείται μέ την εφαρμογήν της γνώσεως των φυσικών έπιστημών και της οικονομικής προς έπίτευξιν χρήσιμων άποτελεσμάτων εις την περιοχήν όπου υλικά υφίστανται μετασχηματισμούς ένθα χωρεί άλλαγή της συστάσεως, του περιεχομένου ένεργείας ή της φυσικής καταστάσεως».

'Αλλαγή της συστάσεως δύναται νά προέλθη είτε εκ τινος χημικής αντιδράσεως, είτε εκ διαχωρισμού ή άναμίξεως των συστατικών ένός μίγματος. Η έκλυσις θερμοτήτος εις μίαν χη-

μικήν δράσιν δύναται νά είναι τό κύριον ή και δευτερεύον άποτέλεσμα της δράσεως. Ό φυσικός δέ έλεγχος των συνθηκών υπό τās όποιάς τελούνται αί δράσεις — θερμοκρασίας, πίεσεως, ταχύτητος, ροής, καταστάσεως καταμερισμού, κ.λ.π. — είναι μία χαρακτηριστική δραστηριότης της χημικής μηχανικής.

Τέλος, τό 1966, ή Σύγκλητος του ΕΜΠ, μετ' εισηγήσιν της Α.Σ.Χ.Μ., έπεσφράγισε τρόπον τινά τās άνωτέρω άπόψεις, εις άπόφασίν της περί του περιεχομένου της έπιστήμης του χημικού μηχανικού, ή όποία γράφει:

«Η εις τούς ύποψηφίους Χημικούς Μηχανικούς διδομένη θεωρητική, τεχνική και τεχνολογική μόρφωσις άποβλέπει εις τό νά καταστήση τοϋτους ίκανούς νά εφαρμόζον τās αρχάς των φυσικών έπιστημών, της οικονομικής και των άνθρωπινων σχέσεων εις πεδία, τά όποια άνάγονται άπ' ευθείας εις δράσεις και εις εγκαταστάσεις διεξαγωγής δράσεων, διά των όποιών ή ύλη κατεργάζεται μέ σκοπόν την άλλαγήν καταστάσεως, περιεχομένου ένεργείας ή συστάσεως, συμπεριλαμβανομένης και της μεταφοράς χημικών δράσεων εκ της έργαστηριακής εις την βιομηχανικήν κλίμακα».

Σημειωτέον, ότι ώς «χημική δράσις» νοείται έκείνη κατά την όποιαν ύπείσέρχεται χημική αντίδρασις κατά την διεργασίαν, άσχέτως εάν — ώς συμβαίνει εις τās πλείστας των περιπτώσεων — παραλλήλως προς την χημικήν δράσιν, έχομεν και φυσικήν τοιαύτην, ήτοι έναλλαγήν όρμης - θερμοτήτος ή μάζης (8).

**Αί βιομηχανικαί χημικαί δράσεις**

Εις τά προλεχθέντα εδάσαμεν τό νόημα των βασικών χημικών δράσεων και την θέσιν των έντός της έπιστήμης της χημικής μηχανικής. Τίθεται τώρα τό έρώτημα: Ποίοι είναι οί βασικοί νόμοι οί όποιοι διέπουν τās χημικās δράσεις; Και ποία είναι τά θέματα, τά όποια μετετ' ό χημικός μηχανικός κατά την διερεύνησιν μιās βιομηχανικής διεργασίας;

Υπάρχουν πέντε βασικά έρωτήματα, εις τά όποια δίδεται άπάντησις υπό των φυσικών και χημικών νόμων οί όποιοι τά διέπουν:

*Έρώτ. 1ον. Ποιον είναι τό σύστημα διεργασίας;*

Ό καταστατικός νόμος των ρευστών (έξίσωσις) λέγει ότι ή θερμοδυναμική κατάσταση και όλαι αί ιδιότητες ένός συστήματος εξαρτώνται έξ ώρισμένων, ολίγων σχετικώς, συνθηκών ή ιδιοτήτων.

*Έρώτ. 2ον. Ποία όρια και περιορισμοί επιβάλλονται επί των έντός του συστήματος διεξαγομένων δράσεων;*

Οί νόμοι φυσικής και χημικής ίσορροπίας του συστήματος καθορίζουν τās περιοχάς φυσικών ή χημικών συνθηκών έντός των όποιών δύναται νά διεξαχθούν αί δράσεις.

*Έρώτ. 3ον. Ποία είναι αί διακινούμεναι ποσότητες υλικών, ένεργείας ή χρημάτων έντός του συστήματος;*

'Απάντησιν εις τό έρώτημα αυτό δίδουν τά ίσοζύγια μάζης, ένεργείας και χρηματος, βάσει του νόμου της άφθαρσίας.

Τά δύο πρώτα ίσοζύγια προέρχονται εκ της θερμοδυναμικής, τό τρίτον εκ της οικονομικής έπιστήμης.

*Έρώτ. 4ον. Ποία είδη και μεγέθη μηχανημάτων και συσκευών απαιτούνται;*

'Απάντησιν εις τό έρώτημα αυτό δίδουν οί νόμοι της κινητικής των δράσεων, έν συνδυασμῳ και προς τά ίσοζύγια. Δηλαδή απαιτείται ή γνώσις του ρυθμού των δράσεων, ώς και της δυναμικότητος των εγκαταστάσεων, συναρτήσει του σχεδιασμού και της διατάξεως αυτών.

*Έρώτ. 5ον. Ποία είναι ή λειτουργική συμπεριφορά του συστήματος;*

Είναι δυνατόν μία δράσις νά χωρη θερμοδυναμικώς και κινητικώς, αλλά νά είναι άνεφάρμοστος, είτε λόγω άδυναμίας έλέγ-

χου της φυσικής διεξαγωγής, είτε λόγω αντιοικονομικότητας της δράσεως.

Οί νόμοι φυσικού και οικονομικού ελέγχου (δηλαδή οί νόμοι της Κυβερνητικής) διέπουν τὸ σύστημα. Ὁ αὐτόματος (φυσικός) ἔλεγχος ρυθμίζει τὴν φυσικὴν λειτουργίαν τοῦ συστήματος, ὁ δὲ ἔλεγχος καὶ ἡ διοικήσεις τῆς ἐπιχειρήσεως ρυθμίζουν τὴν οικονομικὴν λειτουργίαν τούτου.

Εἶναι γνωστόν, ὅτι οἱ πλείστοι τῶν ὡς ἄνω νόμων δύναται νὰ διατυπωθῶν ὑπὸ μαθηματικὴν μορφήν διὰ νὰ περιγράψουν ἓνα βιομηχανικὸν σύστημα. Ἡ ταυτόχρονος δὲ ἐπίλυσις τοῦ συστήματος τῶν ἐξισώσεων πού θὰ προκύψουν, καὶ ἡ ἀριστοποίησης τῆς λύσεως, ὑπὸ οἰκονομικὰ καὶ κοινωνικὰ κριτήρια, ἀποτελοῦν τὸ θεωρητικὸν ἰδεῶδες, πρὸς τὸ ὁποῖον τείνει ὁ σύγχρονος μηχανικός.

Βεβαίως, τὸ ἔργον αὐτὸ εἶναι δυσχερές, θεωρούμενον ἀπὸ τῆς μαθηματικῆς του σκοπιᾶς. Θὰ ἀποτελέσει δὲ ἀντικείμενον σπουδῆς τῶν προσεχῶν μαθημάτων μας.

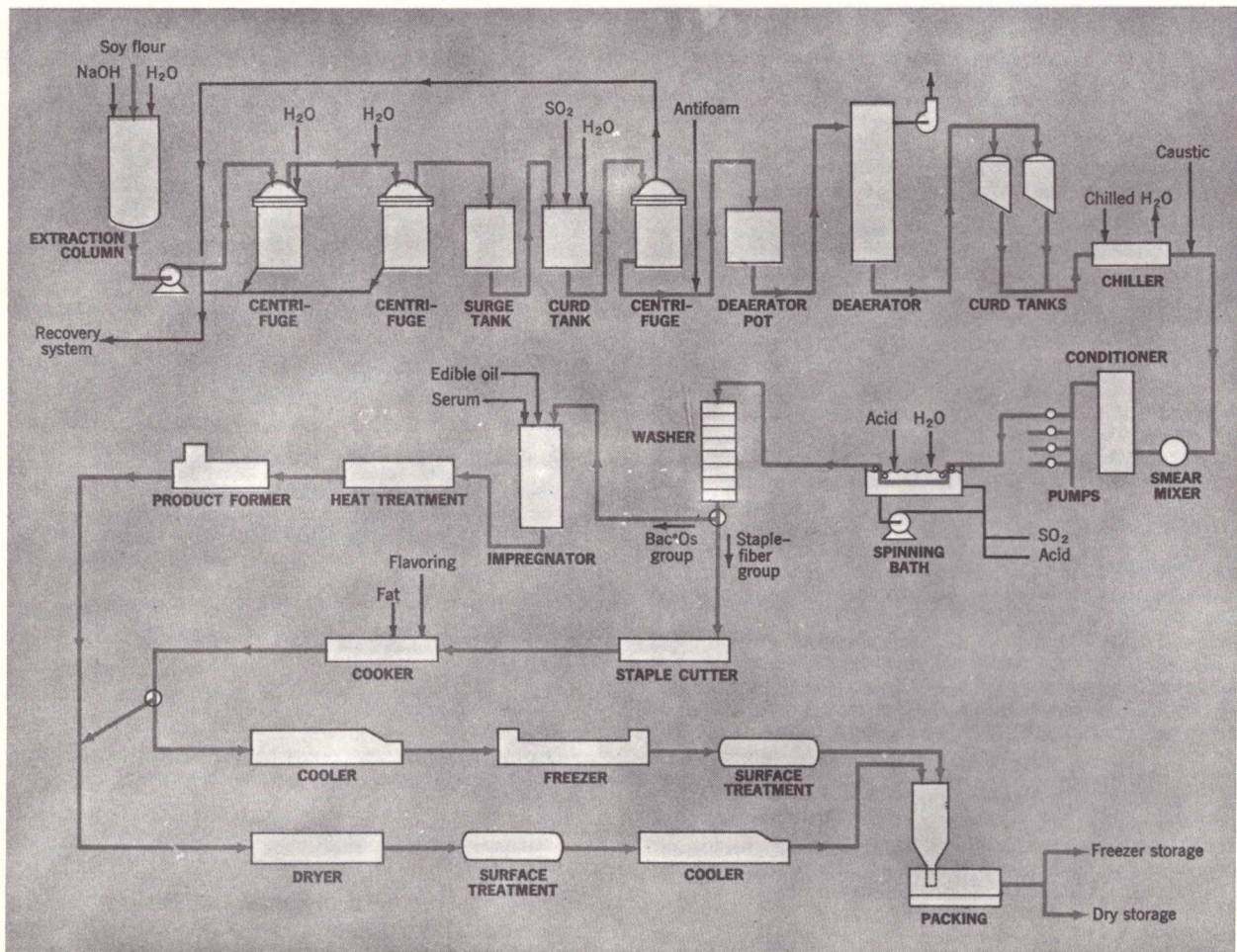
Ὁ μηχανικός ὅμως δὲν πρέπει νὰ λησμονῆ, ὅτι ἡ τεχνικὴ ἐπιστήμη, παρὰ τὰς διαφορικὰς ἐξισώσεις, ἐξακολουθεῖ νὰ εἶναι εἰσέτι πειραματικὴ ἐπιστήμη. Καὶ ὁ πειραματισμὸς εἰς τὸ ἐργαστήριον ἢ εἰς τὴν ἡμιβιομηχανικὴν ἐγκατάστασιν ἢ καὶ εἰς τὸ ἐργαστάσιον, ἐξακολουθεῖ νὰ παρέχη τὴν δυνατότητα ἐπιτεύξεως δαπανηρῶν μὲν, ἀλλὰ ρεαλιστικῶν, μερικῶν λύσεων τοῦ γενικοῦ προβλήματος.

Θὰ ἐπεθύμουν τώρα νὰ παρουσιάσω ἓνα παράδειγμα, εἰς τὸ ὁποῖον ἐμφαίνεται ἡ συντονισμένη χρησιμοποίησις τῶν φυσικῶν, χημικῶν καὶ βιολογικῶν δράσεων εἰς μίαν εἰδικὴν βιομηχανικὴν διεργασίαν, πρὸς ἀπόληψιν προϊόντων ὑψηλῆς οικονομικῆς καὶ κοινωνικῆς σκοπιμότητος ἐκ μῆς σχετικῶς εὐτελοῦς πρώτης ὕλης. Πρόκειται περὶ τῆς προσφάτως (9)

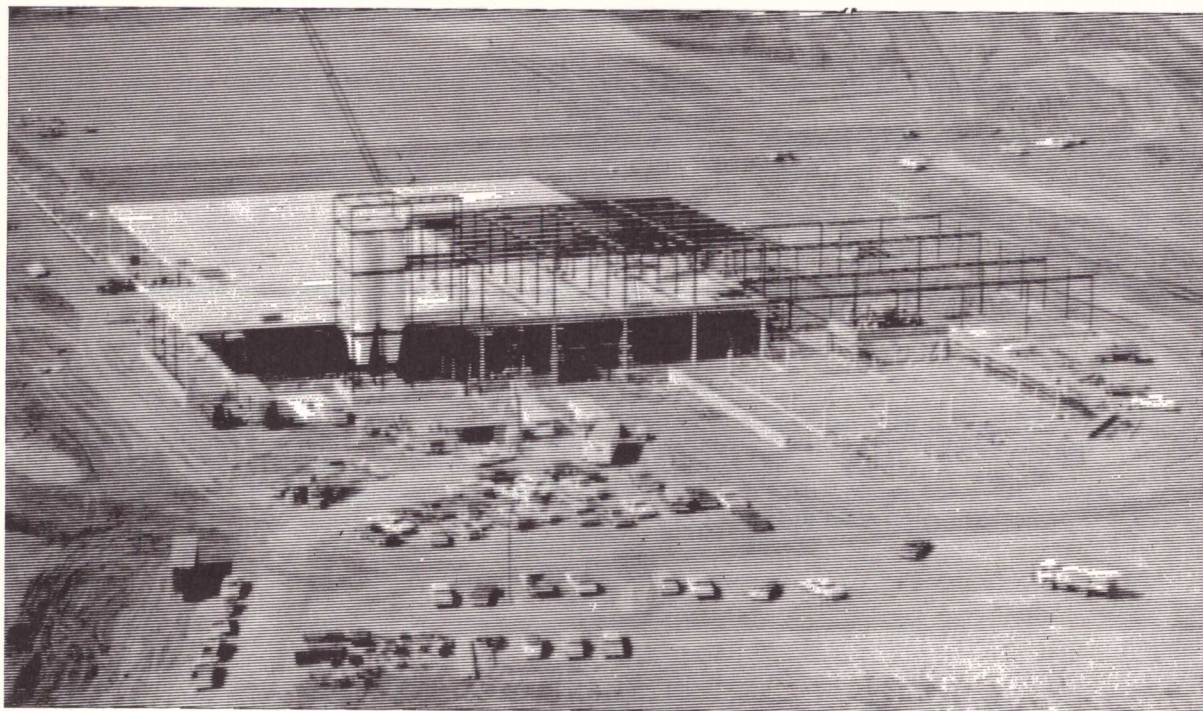
ἀναπτυχθείσης βιομηχανικῆς μεθόδου παραγωγῆς ἐκ σόγιας (ἢ ἐξ ἄλλων παρεμφερῶν φυτικῶν προϊόντων) πρωτεϊνικῶν προϊόντων, τὰ ὁποῖα, ἀπὸ ἀπόψεως συστάσεως, γεύσεως, ἐμφανίσεως καὶ θρεπτικῆς ἀξίας, εἶναι ἀντίστοιχα τοῦ ζωϊκοῦ κρέατος. Ἡ μέθοδος αὕτη ἔτυχε προσφάτως τοῦ πρώτου βραβείου χημικῆς μηχανικῆς τοῦ 1969, τὸ ὁποῖον ἀπονέμεται ἐτησίως ὑπὸ ἐπιτροπῆς ἀποτελουμένης ἐξ ὄλων τῶν Κοσμητῶρων τῶν Σχολῶν Χημικῶν Μηχανικῶν τῶν Ἠνωμένων Πολιτειῶν (115 τὸν ἀριθμὸν).

Εἰς τὸ Σχῆμα 2 ἐμφαίνεται τὸ διάγραμμα ροῆς τῆς νέας βιομηχανίας. Ἡ πρώτη ὕλη, ὑπὸ τὴν μορφήν ἀλεύρου σόγιας, ὑφίσταται μίαν διαδοχικὴν σειρὰν φυσικῶν καὶ χημικῶν πράξεων, ἥτοι ἐκχυλίσεως, φυγοκεντρήσεως, ἐξουδετερώσεως, καθιζήσεως, ἐκπύσεως, ἀπαερίσεως, μετὰ πρῶτον ἀντικειμενικὸν σκοπὸν τὸν διαχωρισμὸν τῶν πρωτεϊνικῶν συστατικῶν τῆς σόγιας εἰς καθαρότητα τουλάχιστον 95%. Ἀκολουθῶς τὸ ἐνδιάμεσον τοῦτο στερεὸν πρωτεϊνικὸν προϊόν ὑφίσταται διαδοχικῶς εἰδικὴν ἄλεσιν, διαλυτοποίησιν καὶ ἰνοποίησιν δι' ὑδρολύσεως, διὰ μεθόδων, σημειωτέον, αἱ ὁποῖαι εἶναι παρεμφερεῖς πρὸς τὰς ἐφαρμοζομένας διὰ τὴν κλωστοποιήσιν τῶν συνθετικῶν, ὑφανσίμων ἰνῶν. Σκοπὸς τῆς κατεργασίας ταύτης εἶναι ἡ ἀπόληψις τοῦ πρωτεϊνικοῦ ἐνδιαμέσου προϊόντος ὑπὸ μορφήν λεπτῶν συνεχῶν ἰνῶν, πού ὁμοιάζουν ἀπὸ ἀπόψεως δομῆς καὶ συστάσεως πρὸς τὰς ἴνας τοῦ κρέατος. Τὸ ἐπόμενον στάδιον τῆς διεργασίας, μετὰ τὴν ἐκπύσιν τῶν ἰνῶν τῆς πρωτεΐνης, ἀκολουθεῖ δύο διαφορετικὰς πορείας, ἀναλόγως τῆς μορφῆς τῶν τελικῶν προϊόντων.

Ἐὰν τὸ τελικὸν προϊόν εἶναι τῆς μορφῆς τοῦ Bacon, τότε τὸ συνεχῆς σχοινίον τῶν ἰνῶν διαποτίζεται ὑπὸ βρωσίμου ἐλαίου καὶ μπαχαρικῶν, ὑφίσταται θερμικὴν κατεργασίαν, ἐξέλασιν καὶ διάτμησιν εἰς λεπτὰ φύλλα, κόπτεται εἰς λεπτὰς λωρίδας, ξηραίνεται, ἐπικαλύπτεται δι' ἐλαίου καὶ τελικῶς συσκευάζεται πρὸς πώλησιν.



Σχ. 2: Διάγραμμα ροῆς βιομηχανίας παραγωγῆς τεχνητοῦ κρέατος ἐξ ἀλεύρου σόγιας



Σχ. 3: Έργοστάσιον παραγωγής 15.000 τόν./έτος πρωτεϊνικών προϊόντων εκ σόγιας

Εάν δε θέλουν τα τελικά προϊόντα να είναι της μορφής βωδινού, χοιρινού ή κρέατος πουλερικών ή ιχθύων, τότε αι συνεχείς ίνες κόπτονται εις βραχεία τεμάχια, διαποτίζονται υπό λιπών και μπαχαρικών τα όποια προσδίδουν την ανάλογον γεύσιν, υφίστανται θερμικήν κατεργασίαν, ακόλουθως δε ψύχονται υφίστανται κατεργασίαν της επιφανείας προς απόδοσιν του καταλλήλου χρώματος και συσκευάζονται προς πώλησιν.

Αξίζει εδώ να σημειωθῆ ότι τα εν λόγω προϊόντα ετυχον ευμενεστάτης υποδοχής εις την Αμερικανικήν αγοράν της άφθονίας, εις σημειον ώστε η παραγωγή του πρώτου εργοστασιου να μη έπαρκῆ εις την ζήτησιν, ήδη δε κατασκευάζεται δεύτερον και μεγαλύτερον εργοστάσιον παραγωγής, τὸ όποιον φαίνεται εις τὸ Σχῆμα 3.

Αξίζει να αναφερθῆ ότι η εν λόγω βιομηχανική μέθοδος ετυχε του πρώτου βραβείου του 1969, διότι κατά την πραγματοποίησιν και ανάπτυξιν ταύτης, επελύθησαν πλείστα όσα, καινοφανή, προβλήματα φυσικῶν, χημικῶν και βιολογικῶν δράσεων, επίσης δε επενοήθησαν και νέα μηχανήματα και διατάξεις προς επιτέλεσιν τῶν δράσεων αὐτῶν.

Από κοινωνικῆς σκοπιᾶς, η μέθοδος αὐτή υπόσχεται να προσφέρῃ πολλά εις την βελτίωσιν της διατροφῆς εις πρωτεϊνας πολλῶν χειμαζομένων λαῶν, διότι επιτυγχάνει απόδοσιν εις πρωτεϊνας κατά 70% εκ της σόγιας, ενώ εάν η ίδια πρώτη ύλη ἐχρησίμευεν ως ζωοτροφή, η απόδοσις εις νοπὸν κρέας θά ἦτο μόνον 7%. Έχομεν δηλαδή δεκαπλασιασμόν της απόδόσεως κατά την μετάβασιν εκ του κτηνοτροφικου εις βιομηχανικὸν σύστημα παραγωγῆς πρωτεϊνῶν.

**Επίλογος**

Ἐλπίζω ότι κατῳρθωσα να δώσω την γενικὴν εικόνα τῶν βιομηχανικῶν χημικῶν δράσεων, ὅπως θεωροῦνται σήμερον από

της σκοπιᾶς της συγχρόνου χημικῆς μηχανικῆς. Ἡ ἐπιστήμη του χημικου μηχανικου, ὡς κλάδος τῶν τεχνικῶν (ἢ ἐφηρμοσμένων) ἐπιστημῶν, εἶναι τεταγμένη εις την ἐξυπηρέτησιν της οικονομικῆς και κοινωνικῆς ἀναπτύξεως της χώρας. Ἡ θετικὴ αὐτή συμβολὴ εἶναι και ὁ κύριος τρόπος, τὸν ὅποιον γνωρίζομεν οἱ μηχανικοί, διὰ να συμβάλωμεν εις τὸν ἀπώτερον σκοπὸν της πολιτιστικῆς ἀναπτύξεως του κοινωνικου συνόλου.

**Βιβλιογραφία**

1. W. K. Lewis, «Evolution of the Unit Operations» Chemical Engineering Education Symposium Series-Chem. [Eng. Progr., No 26. Vol. 55. s. 1-8, (1959).
2. E. Hausbrand, «Verdampfen, Kondensieren und Kühlen», Springer, Berlin (1899).
3. G. E. Davis, «Handbook of Chemical Engineering», Davis Bros., Manchester, England, Vol. 1 (1901), Vol. 2 (1902), 2nd Ed. 2 vol. (1904).
4. Α.Χ. Βουρνάζου, «Τὰ της Ίδρύσεως του Πολυτεχνείου», «Τεχνικά Χρονικά», Τεύχος 181, ἔτος Η, (1939).
5. Amer. Inst. Chem. Engs., «Dynamic Objectives for Chemical Engineering-1961». Chem. Eng. Progr., Vol. 57, No 10, p. 70-100 (1961).
6. Amer. Soc. Eng. Educ., «Goals of Engineering Education - Final Report» J. Eng. Educ. Vol. 58, No 5, Jan. (1968).
7. Ε.Μ.Π., «Σχέδιον Αναμορφώσεως Ἐδρῶν και Μαθημάτων εν τῷ Ε.Μ.Π.» Έκδοσις Ε.Μ.Π., Ἀθῆναι, (1969).
8. Ι.Κ. Μαγαγκῆ, «Σημειώσεις Μαθημάτων Τεχνικῆς Χημικῶν Δράσεων» Μέρος Α'. Βασικαί Ἀρχαί, Ἀθῆναι (1969).
9. «General Mills, Engineered Foods Score High in Technical, Commercial and Sociological Impact». Chem. Eng. Vol. 76., No. 26, 80-83 (1969).

---

## Industrial Chemical Processes in the Framework of Chemical Engineering Science

By **John Marangozis**, Professor of Chemical Process Engineering, National Technical University of Athens

---

### Summary

The article is an adaptation of the «inaugural lecture», of the writer to students and faculty of the National Technical University of Athens. A brief summary of the historical development in chemical engineering in Greece and abroad is presented, and the present curriculum in Chemical En-

gineering at N.T. U.A. is analyzed, in view of recent developments in Chemical Engineering Science. The fundamental laws of physical and chemical operations are briefly discussed in the context of industrial process analysis. A novel industrial process is used as an example to elucidate the value of engineering analysis to process design and development.