

ΕΚΤΑΚΤΟΣ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 19ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 1988

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΕΡΙΚΑ

ΑΙ ΦΥΣΙΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΑΙ ΚΑΙ ΠΑΛΙΝ ΠΡΟ ΝΕΟΥ
ΔΙΛΗΜΜΑΤΟΣ. Η ΑΝΑΠΤΥΞΙΣ ΤΗΣ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ Κ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ

*Κύριε Πρόεδρε,
Κυρίες και Κύριοι.*

Ἡ ἀποφινὴ μου ὁμιλία ἐντάσσεται εἰς τὸ πλαίσιον τῶν ὁμιλιῶν τὰς ὁποίας ἀπὸ δεκαετίας ἔχω τὴν τιμὴν νὰ κάμνω εἰς τὴν Ἀκαδημίαν Ἀθηνῶν καὶ αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἕναν κοινὸν ἄξονα, καθόσον περιστρέφονται περὶ τὸ ἐρώτημα, ποίαν θέσιν πρέπει νὰ λάβῃ ὁ προβληματιζόμενος ἐρευνητὴς ἔναντι τῶν καταπληκτικῶν προόδων τῶν πειραματικῶν ἐπιστημῶν.

Τὸ δίλημμα, πρὸ τοῦ ὁποίου εὐρίσκονται σήμερον καὶ πάλιν αἱ φυσικαὶ ἐπιστῆμαι, ὀφείλεται εἰς τὴν αἰφνιδίαν ἐμφάνισιν ἑνὸς νέου κλάδου τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν, τῆς Βιοτεχνολογίας. Χάρις εἰς μίαν σειρὰν ἀνακαλύψεων κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετίας, τὸ ἐνδιαφέρον τῶν ἐρευνητῶν συνεκεντρώθη περὶ ἕνα σύμπλοκον λίαν ἑτερογενῶν ἐρωτημάτων ἀφορῶντων εἰς τὴν ζωσαν ὕλην. Βιολόγοι, Χημικοί, Φυσικοί, Ἡλεκτρονικοί, Μαθηματικοί, Φιλόσοφοι καὶ Θεολόγοι, ἀδιαφοροῦντες διὰ τοὺς τόσον περιζήτως φυλασσομένους φραγμοὺς μεταξὺ τῶν διαφόρων κλάδων τῶν φυσικῶν Ἐπιστημῶν, συνενώνουν τὰς προσπάθειάς των καὶ συμβάλλουν εἰς τὴν δημιουργίαν μιᾶς νέας ἐπιστήμης, τῆς συγχρόνου Βιοτεχνολογίας.

Καίτοι ὁ κλάδος αὐτὸς ἔχει ἡλικίαν μόλις ὀλίγων δεκαετιῶν, ἐν τούτοις τὸ περιεχόμενον του καλύπτει ἕνα εὐρύτατον φάσμα φυσικοχημικῶν δεδομένων. Αἰρίζαι του ὅμως εἶναι πανάρχαιοι, φθάνουν μέχρι τῶν πρωτογόνων μεθόδων παρα-

σκευῆς τοῦ ἄρτου, τοῦ οἴνου, τῆς μπίρας. Εἰς τὴν Βαβυλώνα, παρεσκευάζετο πρὸ ἑξι χιλιάδων ἐτῶν μία μπίρα διὰ τὴν ὁποίαν ἀναφέρονται τριάντα διάφορα εἶδη. Αἱ διὰ τῶν ζυμώσεων παρατηρούμεναι ἀλλοιώσεις, εἶχαν κάτι τὸ μυστηριώδες, ἀνεξήγητον δι' αὐτούς. Εἰδικῶς, διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ οἴνου οἱ θεοσεβεῖς χωρικοὶ τῆς Ἑλλάδος, ἔσπευσαν νὰ ἀποδώσουν εἰς τὸν θεὸν Διόνυσον τὴν διδαχὴν τῆς ζυμώσεως τοῦ γλεύκους, ἀφοῦ τὸ παρασκευαζόμενον ὑγρὸν εἶχε περιέργους, ὑπερφυσικὰς ἰδιότητας. Διότι, ὅταν ἔπιναν ὀλίγον, ἐγένοντο εὐθυμοὶ, καὶ τραγουδοῦσαν ὅπως τὰ πουλιά. Ὅταν ἔπιναν περισσότερον, ἀνωρθοῦντο ὡς οἱ λέοντες, καὶ ὅταν ἔπιναν ἀκόμη περισσότερον, τότε συμπεριεφέροντο ὅπως τὰ ζῶα.

Ὅ,τι βασικῶς χαρακτηρίζει τὴν σύγχρονον Βιοτεχνολογίαν εἶναι ἡ χρῆσις ἠπιωτάτων πειραματικῶν μεθόδων, δηλαδή ἐργάζεται εἰς θερμοκρασίας δωματίου, εἰς πιέσεις περὶ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν καὶ μὲ νερὸ ὡς σχεδὸν ἀποκλειστικὸν διαλύτην. Αἱ συνθήκαι αὐταὶ ἀνταποκρίνονται εἰς τοὺς δρους λειτουργίας τῶν ζῶντων ὀργανισμῶν. Ἐπιτυγχάνει ὁμως συνθέσεις πολυπλόκων ὀργανικῶν ἐνώσεων, μὲ θεραπευτικὰς, ἀντιβιοτικὰς, ἐντομοκτόνους, καὶ ἄλλας ἐν γένει βιολογικὰς δραστηριότητας.

Πολλὰ εἶναι τὰ ἀποκτώμενα προτερήματα διὰ τῆς ἀντικαταστάσεως τῶν καθαρῶς χημικῶν μεθόδων διὰ μικροβιακῶν μεθόδων. Αἱ χημικαὶ μέθοδοι εἶναι πολὺ δραστικά, ἀποσποῦν βιαίως ἀπὸ τὴν Φύσιν τὰς οὐσίας τὰς ὁποίας οἱ Χημικοὶ χρειαζονται, ἐνῶ αἱ ἦται βιοχημικαὶ ἀντιδράσεις ἐναλλάσσουν ἐκάστοτε μικρὰ ποσὰ ἐνεργείας καὶ πρωτίστως δὲν μολύνουν τὸ περιβάλλον.

Πρέπει ἀμέσως νὰ προταχθῆ, ὅτι ἡ σύγχρονος βιοτεχνολογία θέτει ὁμως τὸν ἐρευνητὴν πρὸ διλημμάτων ἢ θ ι κ ο ὄ χ α ρ α κ τ ῆ ρ ο ς. Διότι ναι μὲν χρησιμοποιεῖ μικροοργανισμοὺς ὡς πολυτίμους συνεργάτας, ὅπως θὰ ἴδωμεν, διὰ τὴν καλυτέρευσιν τῆς ποιότητος τῶν τροφίμων, τὴν παρασκευὴν ἀντιβιοτικῶν καὶ ἄλλων θεραπευτικῶν φαρμάκων, ἀλλὰ ἕνας εἰδικὸς κλάδος τῆς βιοτεχνολογίας, ἡ γενετικὴ βιοτεχνολογία, διὰ τῆς ἐπεμβάσεώς της εἰς τὸν ἐσωτερικὸν μηχανισμόν τῆς γεννήσεως καὶ τοῦ πολλαπλασιασμοῦ, ἀλλοιώνουσα τὴν κληρονομικότητα, θεωρεῖται ἀπὸ μιᾶς μερίδος ἐρευνητῶν, προσηλωμένων εἰς τὰς χριστιανικὰς ἀρχὰς καὶ τοὺς ἐξ αὐτῶν κανόνας, ὡς ὕβρις ἐναντίον τοῦ Δημιουργοῦ. Ἐπικαλεῖται δὲ τὴν ἐπέμβασιν τῆς νομοθετικῆς μηχανῆς, ὅπως ἀπαγορευθῆ ἡ ἔρευνα, εἰς τὴν κατεύθυνσιν αὐτήν. Ἡ ἄλλη ὁμως παράταξις, παρασυρομένη ἀπὸ τὴν πρὸς τὰ πρόσω ἐρευνητικὴν ὁρμὴν καὶ ἐρευνητικὴν περιέργειαν φρονεῖ, ὅτι ὅχι ἡ ἔρευνα ἀλλὰ ὁ ἠθικὸς γνώμων ἔχει ἀνάγκην μεταρρυθμίσεως, διὰ νὰ ἐπέλθῃ καὶ πάλιν συμφωνία μὲ τὴν πραγματικότητα.

Φανατικοὶ τεχνοκράται χαρακτηρίζουν τοὺς ἀνησυχοῦντας διὰ τοὺς πειραματισμοὺς εἰς τὰ ἐνδύμυχα τῆς ζώσης ὕλης ὡς ὑστερικούς ἐχθροὺς τῆς προόδου καὶ καλοῦν τὴν κοινωνίαν νὰ δπλασθῇ μὲ ὀρθολογικὴν νηφαλιότητα. Λησμονοῦν ὁμως αὐτοί, ἢ καὶ δὲν γνωρίζουν καὶ, ὅτι αἱ εἰζαὶ τῶν ἐφηρμοσμένων ἐπιστημῶν εἶναι θεωρητικαὶ διαγνώσεις καὶ ἀνακαλύψεις, ἀποτελέσματα δημιουργικῶν, ἐνορατικῶν παρορμήσεων, αἵτινες ἐκ τῶν ὑστέρων ὑποβάλλονται εἰς ὀρθολογικὴν, κριτικὴν βάσανον.

Διὰ θεωρήσεως τῶν δύο αὐτῶν ἀντιρρόπων ἀντιλήψεων ὀδηγοῦμεθα πρὸς τὸ θεολογικὸν πρόβλημα τῆς συννπαρέξεως τοῦ καλοῦ καὶ τοῦ κακοῦ, τῆς Θεοδικίας, ὑπὸ τὴν ἔννοιαν τοῦ Leibnitz. Ὁ Goethe, ὡς ποιητής, συνώφισεν τὰ ὄσα ἔχουν γραφῇ ἐπὶ τοῦ θέματος αὐτοῦ εἰς τὴν ἀπάντησιν τὴν ὀποῖαν ὁ Μερφιστοφελῆς δίδει πρὸς τὸν ἐρωτῶντα Faust «Ποῖος εἶσαι ἐσὺ;».

«Εἶμαι τὸ πνεῦμα τῆς ἀρνήσεως, τὸ ὀποῖον, ἐπιδιῶκον τὸ κακό, δημιουργεῖ τὸ καλό».

Ἀλλὰ ἄς χαράξωμεν, ἐν μεγάλῃ συντομίᾳ, τὸν ἱστορικὸν δρόμον τῶν ἀνακαλύψεων, αἵτινες ὠδήγησαν εἰς τὴν σημερινὴν Βιοτεχνολογίαν.

Τὸ ἔτος 1857 ὁ Louis Pasteur εἰς τὸ παράδειγμα τῆς ζυμώσεως τοῦ γαλακτικοῦ ὀξέος, κατέρριψεν τὴν παλαιὰν δοξασίαν, ὅτι δῆθεν τὰ μικρόβια γεννῶνται ἀθρομῆτως. Ἐν συνεχείᾳ διελεύκανε τὰ αἷτια τῶν ἀσθενειῶν τοῦ οἴνου καὶ τῆς μύρας, διὰ νὰ παρασκευάσῃ ἀργότερον τὸ πρῶτον ἐμβόλιον, μὲ τὸ ὀποῖον ἀντιμετώπισε ἐπιτυχῶς, διὰ τῆς προκαλουμένης ἀνοσίας, τὴν χολέραν τῶν ὀρνίθων, τὴν λύσσαν τῶν ζῶων καὶ τὸν σπληνάνθρακα. Αἱ κλασσικαὶ αὐταὶ ἐργασίαι ἐδημιούργησαν ὁμως, δίκην παρενεργείας, ἓνα γενικόν, διάχυτον φόβον ἔναντι τῶν μικροοργανισμῶν, οἱ ὀποῖοι ἐθεωρήθησαν γενικῶς ἐπικίνδυνοι διὰ τὴν ὑγείαν τοῦ ἀνθρώπου. Τὴν προκατάληψιν αὐτὴν διαλύει ἐπιτυχῶς σήμερον ἡ Βιοτεχνολογία.

Ἡ ἀξιολόγησις τῆς Φύσεως γίνεται ἀναμφισβητήτως βάσει ἀνθρωποκεντρικῶν κριτηρίων. Κανεὶς δὲν θὰ εἶχεν ἀντίρρησιν διὰ μίαν συστηματικὴν θανάτωσιν μικροβίων ἐπικινδύνων εἰς τὴν ὑγείαν τοῦ ἀνθρώπου. Τοῦτο ὁμως δὲν δύναται νὰ ἀποτελέσῃ μίαν γενικὴν καθοδηγητικὴν ἀρχήν. Ἡ σύγχρονος βιοτεχνολογία μᾶς διδάσκει, ὅτι τὰ μικρόβια προσφέρουν πολυτίμους ὑπηρεσίας. Εἶναι λ.χ. εἰς θέσιν νὰ παράγουν 100 ἢ καὶ 1000 φορές μεγαλυτέρας ποσότητος ἐνὸς ἀντιβιοτικοῦ ἀπὸ ὅ,τι ἐπιτυγχάνει ὁ ἄνθρωπος διὰ χημικῆς συνθέσεως. Ἐπὶ πλέον δὲν πρέπει νὰ ἀγνοήσωμεν, ὅτι τὸ 90 % τῆς ζώσης ὕλης εἰς τὸν πλανήτην μας ἀποτελεῖται ἀπὸ μικροοργανισμοῦς. Πολλοὶ ἐξ αὐτῶν τυγχάνουν σήμερον νομικῆς προστασίας διὰ διπλωμάτων ἐδρεσιτεχνίας.

Τὸ ἔτος 1873 ὁ Hertwing ἀνακαλύπτει τὸν μηχανισμόν τῆς γονιμοποιήσεως διὰ τῆς συνενώσεως ὠαρίων καὶ σπέρματος, ὁ Strassburg ἐκθέτει λεπτομερῆ περι-

γραφήν τοῦ σχηματισμοῦ καὶ πολλαπλασιασμοῦ τῶν κυττάρων, ἐφιστᾶ δὲ τὴν προσοχὴν εἰς τὰς ὁμοιότητας τῶν λειτουργιῶν μεταξὺ φυτικῶν καὶ ζωϊκῶν κυττάρων.

Τὸ 1892 ὁ Ιβανονσκι ἀποδεικνύει, ὅτι ὁ χυμὸς φύλλων καπνοῦ προσβεβλημένων ἀπὸ τὴν μωσαϊκὴν ἀσθένειαν, διατηρεῖ τὴν μολυσματικὴν του ἰκανότητα διὰ τὴν ἀσθένειαν αὐτὴν καὶ κατόπιν διηθήσεως δι' ἑνὸς φίλτρου, τὸ ὁποῖον συγκρατεῖ δλα τὰ μικροβία. Ἀνακαλύπτεται οὕτω ὁ πρῶτος διηθητὸς ἴος.

Ὁ ὄρος γονίδιον ἐμφανίζεται τὸ πρῶτον τὸ ἔτος 1909 διὰ τοῦ Johansen καὶ ὁ Morgan ἀναπτύσσει τὴν θεωρίαν του περὶ τῆς φυσικῆς βάσεως τῆς κληρονομικότητος. Ἡ μυῖγα γίνεται τὸ περιφημότερον καὶ πολυπαθέστατον πειραματόζωον. Τὸ ἔτος 1952 ἀνακαλύπτονται ὑπὸ τοῦ Pauling αἱ πρωτογενεῖς καὶ δευτερογενεῖς πτυχώσεις εἰς τὴν δομὴν τῶν πρωτεϊνῶν, ὁ δὲ Watson θεσπίζει τὴν διπλῆν ἕλικα τῆς πρωτεΐνης DNA, περὶ τῆς ὁποίας θὰ ὁμιλήσωμεν ἐκτενέστερα.

Τὸ ἔτος 1975 οἱ K. Milstein καὶ G. Koehler ἐφεύρον τὰ μονοκλωνικὰ ἀντισώματα τὰ ὁποῖα ἀπεδείχθησαν ἰσχυρότατα ἐργαλεῖα διὰ βιογενετικὰς ἐπεμβάσεις. Διὰ συγχωνεύσεως κυττάρων, παραγόντων ἀντισώματα, με' κύτταρα συνεχῶς πολλαπλασιαζόμενα, ὅπως εἶναι τὰ κύτταρα τοῦ καρκίνου, ἐπιτυγχάνουν τὴν παρασκευὴν ἀντισωμάτων εἰς μεγάλας ποσότητας.

Ἄς δοῦμεν πῶς διαμορφοῦται τὸ ἐρευνητικὸν πρόγραμμα ἑνὸς μοντέρνου βιοτεχνολόγου. Τὸ πρῶτον του μέλημα εἶναι νὰ ἀναζητήσῃ καὶ νὰ ἀνέυρῃ εἰς τὸ βασίλειον τῶν μικροοργανισμῶν μίαν χημικὴν ἔνωσιν, ἣτις ὑπόσχεται νὰ γίνῃ χρήσιμος εἰς τὸν ἄνθρωπον, εἴτε ὡς μέσον θεραπευτικόν, ἢ ὡς ἐντομοκτόνον καὶ ζιζανιοκτόνον ἢ πρὸς καλυτέρευσιν τῆς γεύσεως τῶν τροφίμων ἢ ἐν γένει κατὰ ἓνα οἰονδήποτε ἄλλον ὠφέλιμον τρόπον. Ἡ ἐπομένη του φροντίς εἶναι διὰ συστηματικῆς μεταβολῆς τῶν συνθηκῶν διαβίωσης καὶ διατροφῆς τῶν μικροοργανισμῶν αὐτῶν νὰ ὑποκινήσῃ αὐτοὺς νὰ παράγουν τὴν ἐπιθυμητὴν οὐσίαν εἰς ὅσον τὸ δυνατὸν μεγαλυτέρας, ἀκόμη καὶ βιομηχανικὰς ποσότητας. Ἐχουν παρομοιάσει τοὺς μικροοργανισμοὺς με' πιστὰ κατοικίδια ζῶα τὰ ὁποῖα μᾶς προσφέρουν τὰς υπηρεσίας των, ὅταν τύχουν καλῆς μεταχειρίσεως καὶ πρωτίστως καλῆς διατροφῆς. Εἶναι δυνατὸν διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς τῆς θερμοκρασίας, τοῦ ἀερισμοῦ, τοῦ pH, δηλαδὴ τῆς ὀξύτητος ἢ τῆς ἀλκαλικότητος τοῦ περιβάλλοντος καὶ πρὸ παντὸς τῆς τροφῆς, νὰ ἀυξηθῇ ἢ παραγωγῇ ὡς πρὸς τὴν ἐπιθυμητὴν οὐσίαν εἰς τὸ ἑκατοσιπλάσιον ἢ καὶ χιλιοπλάσιον. Π.χ. τὸ βακτηρίδιον *Coryne Bacterium Glutamini-cum* ἐξεπαιδεύθη νὰ παράγῃ 100 γραμμάρια γλουταμινικοῦ ὀξέος κατὰ λίτρον θρεπτικῆς οὐσίας.

Ἡ μέθοδος αὐτὴ ἐκπαιδεύσεως τῶν μικροοργανισμῶν πρὸς ὠρισμένην κατεύθυνσιν, ἐφαρμόζεται ἐπιτυχῶς εἰς βιομηχανικὴν κλίμακα, τείνει ὅμως νὰ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ νεωτέρας μεθόδου, ἥτις ἐπιτυγχάνει τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα εἰς συντομότερον χρονικὸν διάστημα ἐν συγκρίσει μὲ τὴν μακροχρόνιον ἐκπαίδευσιν.

Ἡ νέα μέθοδος συνίσταται εἰς τὴν ριζικὴν γενετικὴν μεταβολὴν τῶν ιδιοτήτων καὶ ἰκανοτήτων ἐνὸς μικροοργανισμοῦ. Τοῦτο συντελεῖται διὰ χειρουργικῆς οὕτως εἰπεῖν ἐπεμβάσεως εἰς τὸ σύνολον τῶν γονιδίων, τῶν φορέων τῆς κληρονομικότητος. Ὁ καθοδηγῶν σκοπὸς εἶναι ἡ ἀντικατάστασις μιᾶς ἀνεπιθυμήτου ιδιότητος διὰ μιᾶς ἄλλης χρησίμου εἰς τὸν ἄνθρωπον.

Πρὸς πληρεστέραν κατανόησιν πρέπει νὰ ἀσχοληθῶμεν ἐν ὀλίγοις μὲ τὴν Χημείαν τῆς κληρονομικότητος. Ἐκ τῶν κυριωτέρων συστατικῶν τῶν κυττάρων ἰδιαιτέραν θέσιν κατέχουσι αἱ πρωτεΐναι, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἡ DNA-Deoxyribonucleic Acid καὶ ἡ RNA ἐξόχως διακρίνονται, καθόσον εἶναι οἱ φορεῖς τῆς κληρονομικότητος.

Διὰ συμπτυκνώσεως τῶν ἀμφοτεριζόντων ἀμινοξέων, (διότι ἔχουν μίαν ὀξινοὺν καὶ μίαν ἀλκαλικὴν πλευρὰν) σχηματίζονται πολυπεπίδια, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀπαρτίζονται αἱ πρωτεΐναι. Εἰς τὴν Φύσιν ἐπάρχουν 20 ἀμινοξέα διαφόρου χημικῆς συνθέσεως, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ συνδεθοῦν εἰς ἀλύτους κατὰ πολὺ διαφορετικοὺς τρόπους, κυρίως ὡς πρὸς τὴν θέσιν εἰς τὴν σειρὰν τὴν ὁποίαν κατέχουν εἰς τὴν ἄλυσον. Ὁ ἀριθμὸς τῶν δυνατῶν αὐτῶν συνδυασμῶν, ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἰσομερῶν, εἶναι τεράστιος. Μία ἄλυσος, περιέχουσα 60 πεπτιδία, ἐπιτρέπει τὸν σχηματισμὸν 10^{78} συνδυασμῶν. Ἐνας ἀσύλληπτος ἀριθμὸς. Καὶ νὰ συλλογίζεσθε καεῖς, ὅτι ἐπάρχουν πρωτεΐναι τῶν ὁποίων αἱ ἄλλοι ἀπαρτίζονται ἀπὸ 100 ἢ καὶ ἀπὸ 1000 πεπτιδία.

Ποία εἶναι ἡ βιολογικὴ ἔννοια αὐτοῦ τοῦ πλούτου; Πρόκειται περὶ μιᾶς τεραστίας ἀμυντικῆς ἐφεδρείας! Διότι, ἐὰν αἱ ἐξωτερικαὶ συνθήκαι θερμοκρασίας, πίεσεως, pH, ἀκτινοβολίας, ὑπὸ τὰς ὁποίας ζῇ τὸ κύτταρον, ὑποστοῦν μίαν μεταβολὴν, λόγῳ ἐξωτερικῆς ἐπεμβάσεως, εἰς τὴν ὁποίαν τὸ πολυπεπίδιον ὠρισμένης δομῆς δὲν εἶναι ἀνθεκτικόν, ἢ καὶ δὲν ἀποδίδει τὸ μέγιστον καλῆς λειτουργίας, τότε τὸ κύτταρον ἔχει τὴν δυνατότητα νὰ μεταπέσῃ εἰς ἕνα ἄλλο ἰσομερὲς ἀπὸ τὸ μεγάλο αὐτὸ ἐφεδρικὸν ἀπόθεμα καὶ δὴ εἰς ἕνα ἰσομερὲς τὸ ὁποῖον εἶναι καλύτερα προσηρμοσμένον εἰς τὰς νέας ἐξωτερικὰς συνθήκας.

Δὲν πρέπει ὅμως νὰ φαντασθῶμεν, ὅτι αὐτὰ τὰ 10^{78} ἰσομερῆ εἶναι προκατεσκευασμένα εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ κυττάρου, ἀναμένοντα ἐν ἐφεδρείᾳ τὴν χρησιμοποίησίν των. Πολὺ μᾶλλον ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς ἀναφέρεται εἰς τὰς δυνατῆς μετα-

πτώσεων ενός υπάρχοντος ισομερούς εις άλλα καταλληλότερα διά τόν ἐκάστοτε σκοπόν.

Ἄλλα καί ἡ Φύσις δὲν εὐρίσκει ἀκόπως τὸ ἐκάστοτε κατάλληλον πεπτιδίον. Ἐφαρμόζει καὶ αὐτὴ τὴν γνωστὴν εἰς ἡμᾶς πειραματικὴν μέθοδον τοῦ *trial and error* δηλ. ἐπιλογή, δοκιμή, ἀποδοχή ἢ ἀπόρριψις.

Μία μερὶς ἐρευνητῶν φρονεῖ, ὅτι κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ φαινομένου αὐτοῦ κυριαρχεῖ τὸ Τυχαῖον. Πρὸ πενταετίας εἰς ὀμιλίαν μου, εἰς τὴν Ἀκαδημίαν Ἀθηνῶν, μὲ τίτλον «Ἡ Συναδέλφωσις Τύχης καὶ Αἰτιοκρατικῆς Ἀναγκαιότητος», σειρὰν παραδειγμάτων, πῶς οἱ φαινομενικῶς ἀντίρροποι αὐτοὶ δύο πόλοι *σ υ ν ε ρ γ ἄ ζ ο ν τ α ι* πρὸς ἐπίτευξιν ἐνὸς ὠρισμένου σκοποῦ.

Ἡ ἑλαφρὰ σύνδεσις τῶν ἐλικοειδῶν ἀλύσεων τῶν πολυπεπτιδίων μεταξὺ τῶν γίνεται διὰ τῶν *γ ε φ υ ρ ῶ ν ὑ δ ρ ο γ ὄ ν ο υ*. Αὐταὶ συνίστανται εἰς τὴν προσκόλλησιν ἐνὸς ἥδη ἐν συνδέσει ἀτόμου ὕδρογόνου τῆς μιᾶς ἀλύσου μὲ ἓνα ἄτομον τῆς ἄλλης ἀλύσου, συνήθως ὀξυγόνου ἢ ἀζώτου, τὸ ὁποῖον διαθέτει ἓνα μονῆρες ζεύγος ἠλεκτρονίων. Μὲ τὴν προσκόλλησιν αὐτὴν τὸ ζεύγος ἠλεκτρονίων γίνεται κοινὸν καὶ διὰ τὰ δύο ἄτομα. Ἡ σχηματιζομένη γέφυρα ἔχει ἰσχὺν ἀνταποκρινομένην εἰς μόνον 5 θερμίδας, ἀλλὰ εἶναι ὅτι ἀκριβῶς χρειάζεται τὸ κύτταρον διὰ εὐκόλους συνδέσεις καὶ ἀποσυνδέσεις, ὅπως ἀπαιτοῦν αἱ ἐκάστοτε λειτουργαίαι του. Ἐνθυμοῦμαι τὴν πρώτην ἀνακοίνωσιν τοῦ *Latimer*, περὶ τὸ 1930, διὰ τὸν δεσμὸν αὐτόν. Δὲν ἔτυχε κατανοήσεως. Ὁ δεσμὸς ἐθεωρήθη ὡς περιττὴ πολυτέλεια. Οἱ Χημικοὶ εὐρίσκοντο ὑπὸ τὴν ἐντύπωσιν τῆς μεγάλης ἐπιτυχίας τῆς θεωρητικῆς Φυσικῆς, ἣτις ἠρμήνευσεν τὸν ἰσχυρὸν ὁμοιοπολικὸν δεσμὸν (150 Kcal) ὡς φαινόμενον κυματομηχανικῆς ἐναλλαγῆς. Ἐκτὸς τούτου ἐλέγετο: Ὡστε θὰ ἔχωμεν ἓνα δισθενὲς ὕδρογόνον; Ποῦ ἀκούστηκε αὐτό; Κανεὶς Χημικὸς δὲν ἐζύγισε ποτὲ ἓνα ὕδρογόνον πρὸς δύο χλώρια.

Σήμερα γνωρίζομεν πόσον σπουδαῖον ρόλον παίζουν εἰς τὴν βιολογίαν αἱ γέφυραι τοῦ ὕδρογόνου. Συντελοῦν εἰς τὴν δημιουργίαν ποικίλων στερεοχημικῶν δομῶν, ἀξιάνοντες καταπληκτικῶς τὴν διαφοροποίησιν τῶν κυτταρικῶν λειτουργιῶν.

Ἄς κάνουμε ἓνα μικρὸν διανοητικὸν πείραμα: Ἄς πιᾶσουμε τὸν διπλοῦν ἔλικα τοῦ *DNS* ἀπὸ τὰ ἄκρα του καὶ ἄς τὸν τεντώσουμε, ὅποτε, ἀναιροῦντες τὶς γέφυρες ὕδρογόνου, νὰ σχηματίσωμεν μίαν μακρὰν εὐθύγραμμον ἄλυσον. Διαπιστώνομεν ὁμῶς τότε ὅτι ἡ εὐθύγραμμος αὐτὴ ἄλυσος δὲν εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἐκτελέσῃ τὰς λεπτὰς βιολογικὰς ἀντιδράσεις τοῦ διπλοῦ ἔλικος. Εἶναι ἓνα ἀπλὸ χημικὸ μόριον, βιολογικῶς νεκρὸ. Μόνον ὅταν σχηματισθοῦν ὠρισμέναι πτυχώσεις εἰς τὰς τρεῖς διαστάσεις, ἀποκαθίσταται καὶ πάλιν ἡ βιολογικὴ δραστηριότης. Ἡ ἀποκα-

τάστασις είναι αβθόρητος, διότι αἱ πτυχώσεις ἀνταποκρίνονται εἰς ἓνα ἐλάχιστον ἐλευθέρας ἐνεργείας.

Τὸ παράδειγμα τῆς ἰνσουλίνης θὰ μᾶς δείξῃ τὰ πολλὰ προτερήματα τῆς μικροβιακῆς παραγωγῆς, ἔναντι τῶν κλασσικῶν μεθόδων τῆς συνθετικῆς Χημείας. Ἡ ἰνσουλίνη εἶναι ἡ πρώτη πρωτεΐνη, τῆς ὁποίας ὁ συντακτικὸς τύπος ἔχει πλήρως διαλευκανθῆ, διὰ τῆς πενταετοῦς ἐργασίας τῶν Saenger καὶ Smith, τιμηθέντων μὲ τὸ βραβεῖον Nobel τοῦ 1956. Ἡ ἰκανότης τῆς ἰνσουλίνης νὰ ἐλαττώσῃ τὴν συγκέντρωσιν τοῦ σακχάρου εἰς τὸ αἷμα καὶ ἡ εὐρεΐα χρῆσις της εἰς περιπτώσεις ὑπεργλυκαιμίας, κατέστησαν ἀναγκαίαν τὴν τεχνικὴν της σύνθεσιν εἰς μεγάλας ποσότητας. Ἀλλὰ τὸ μόριον τῆς ἰνσουλίνης εἶναι ἓνα πολυπεπτιδίου ἀποτελούμενον ἀπὸ 51 ἀμινοξέα, τῶν ὁποίων ἡ σειρὰ εἰς τὸ σύνολον τοῦ μορίου εἶναι ἀδστηρότατα καθωρισμένη, διὰ νὰ ἔχη τὴν ἀναφερθεῖσαν δρᾶσιν. Τὰ 51 ἀμινοξέα δύνανται ὅμως νὰ σχηματίσουν ἓναν πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν πολυπεπτιδίων μὲ διάφορον ἀκολουθίαν εἰς τὰς σειρὰς τῶν ἀμινοξέων καὶ δὴ 4^{51} τὸν ἀριθμὸν, ἔκ τῶν ὁποίων ἓνα μόνον εἶναι τὸ βιοχημικῶς δραστικόν. Ὅταν λοιπὸν ὁ Χημικὸς ἐπιχειρήσῃ μίαν κατὰ μέτωπον σύνθεσιν, θὰ σχηματισθοῦν ὅλα αὐτὰ τὰ ἰσομερῆ, διότι ἔχουν τὰς αὐτὰς πιθανότητας σχηματισμοῦ. Εἶναι δὲ ὅλα βιολογικῶς ἀδρανῆ, πλὴν ἑνὸς ἰσομεροῦς, τῆς ἰνσουλίνης. Ὁ ἀποχωρισμὸς της ὅμως ἀπὸ τὰ 4^{51} συγγειῆ ἰσομερῆ εἶναι ἀπολύτως ἀδύνατος καὶ κατὰ συνέπειαν ἡ ὅλη χημικὴ σύνθεσις τῆς ἰνσουλίνης εἶναι ἀδύνατος.

Ἐδῶ ἐπεμβαίνει ἡ βιοτεχνολογικὴ μέθοδος: Τὸ πρόγραμμα παρασκευῆς τῆς ἰνσουλίνης, ὅπως εἶναι ἀποτεθειμένον εἰς ἀνθρώπινα κύτταρα ἐνσωματώνεται σύμφωνα μὲ τὴν τεχνικὴν τῆς γενετικῆς βιοτεχνολογίας, εἰς ἓνα κατάλληλον βακτηρίδιον, δηλ. ἓνα βακτηρίδιον τὸ ὁποῖον δέχεται τὴν ἐνσωμάτωσιν καὶ ἐπὶ πλέον δέχεται, μὲ τὴν προσφερομένην τροφήν, νὰ παράγῃ μεγάλας ποσότητας ἰνσουλίνης. Σήμερον παρασκευάζονται ἐτησίως χιλιάδες τόννων ἰνσουλίνης συνολικῆς ἀξίας ἑνὸς δισεκατομμυρίου μάρκων κατὰ τὸν ἀναφερθέντα βιοτεχνολογικὸν τρόπον.

Δὲν πρέπει νὰ ἀγνοηθοῦν αἱ δυσχέρειαι, αἵτινες δυνατὸν νὰ παρεμβληθοῦν εἰς τὴν ἐφαρμογὴν βιοτεχνικῶν μεθόδων εἰς μεγάλην κλίμακα. Τὸ κυριώτερον αἷτημα εἶναι ἡ διάθεσις μεγάλων ποσοτήτων ὕδατος, ἀφοῦ αἱ βιολογικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ βιοκαταλύσεις, τελοῦνται εἰς πολὺν ἀραιὰ διαλύματα. Ὁ ἀνθρώπινος ὄργανισμὸς περιέχει εἰς βάρος $70 \frac{0}{10}$ νερό. Μεγάλαι συγκεντρώσεις οὐσιῶν, ὅπως εἶναι συννηθισμένος ὁ χημικὸς, ἀναχαιτίζουν ἢ καὶ καταστρέφουν τὰς καταλυτικὰς ἰκανότητας τῶν ἐνζύμων. Ἡ ἀλκοολικὴ ζύμωσις λόγου χάριν σταματᾷ, ὅταν τὸ προῖον τῆς ζυμώσεως, ἡ ἀλκοόλη, φθάσῃ τὰ $7 \frac{0}{10}$. Ἀλλὰ ἀπαιτήσεις, αἱ ὁποῖαι εἶναι δύσκολον νὰ ἰκανοποιηθοῦν ὅταν πρόκειται περὶ δοχείων μεγάλης χωρητικότητος, περὶ τὰ

1.000.000 λίτρα, είναι και η τήρησις μᾶς σταθερᾶς ὁμοιομόρφου θερμοκρασίας και ἑνὸς σταθεροῦ pH, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖται μόνον με μίαν ἰσχυροτάτην ἀνάδευσιν.

Ἐπὶ πλεόν, τὸ ἀντιδρῶν μείγμα πρέπει νὰ διατηρῆται ἐπὶ τινὰς ἑβδομάδας εἰς κατάστασιν ἀσηφίας. Ξένα, παράσιτα μικρόβια ὀσφραινόμενα τὰς καλὰς τροφὰς, αἵτινες ἔχουν τεθῆ εἰς τὴν διάθεσιν τοῦ ἀντιδρῶντος μικροοργανισμοῦ, ἐπιχειροῦν παντοιοτρόπως νὰ εἰσχωρήσουν εἰς τὸ δοχεῖον τῆς ἀντιδράσεως, ὅποτε αἱ ζημίαι εἶναι πλεόν ὀλοκληρωτικά.

Εἰς ἐργαστηριακὴν μόνον κλίμακα αἱ ἀντιδράσεις ἔχουν 100 φορὰς μεγαλυτέρας πιθανότητος ἐπιτυχίας.

Ἐνα ἄλλο πρόβλημα τὸ ὁποῖον ἔπρεπε νὰ λυθῆ προκειμένου περὶ μικροβιακῆς παραγωγῆς ἑνὸς προϊόντος εἰς βιομηχανικὴν κλίμακα, εἶναι και ἡ ἐξέυρεσις ἑνὸς τρόπου συζεύξεως τῆς ἀντιδρώσης οὐσίας, με μίαν ἠλεκτρονικὴν συσκευήν, ἢ ὁποία θὰ καταγράφη, κατὰ τρόπον συνεχῆ, τὴν περιεκτικότητα τοῦ ἀντιδρῶντος μείγματος εἰς τὸ ἐπιθυμητὸν προϊόν. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν ἀνεπτύχθησαν τὰ *Biotships* καὶ τὰ *Ormosile* δηλαδὴ *Organic Modified Silicate*. Αὐταὶ εἶναι οὐσίαι, αἵτινες γεφυρώνουν τὰ ὄργανα μετρήσεως με τὰ ὀργανικὰ προϊόντα τῆς βιοαντιδράσεως, διότι ἡ ἠλεκτρικὴ τῶν ἀγωγιμότης μεταβάλλεται μόλις ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν με ὠρισμένας χημικὰς οὐσίας.

Εἰς τὸν χώρον τῆς συζεύξεως τῶν ἀντιδρῶντων μικροβίων με ἓνα αὐτόματον καταγραφέα, ὑπάρχουν πολλὰ μελλοντικά, μεγαλεπήβολα σχέδια. Μία ὁμάς βιοτεχνολόγων εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τοῦ *Wurtzburg* φιλοδοξεῖ νὰ ἀνεύρη διὰ κάθε χημικὴν ἔνωσιν κυριολεκτικῶς ἓνα ἴδιον *Ormisil*.

Ἐνα σχετικὸν παράδειγμα εἶναι και ἡ βιομηχανικὴ παραγωγή τῆς πενικιλίνης. Ἡ ἀντίδρασις σχηματισμοῦ τῆς πενικιλίνης συνοδεύεται ἀπὸ τὴν παραγωγήν ἑνὸς ἐνζύμου, τῆς πενικιλιάζης, με ἐκδηλὰ ἠλεκτρικὰ φορτία. Αὐτὰ συλλαμβάνονται ἀπὸ ἓνα *Siemens Biotships*, τὸ ὁποῖον δείχνει, ἀπὸ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὴν παραχθεῖσαν ποσότητα πενικιλίνης και μᾶς καθοδηγεῖ νὰ σταματήσωμεν τὴν ἀντίδρασιν εἰς μίαν ὠρισμένην χρονικὴν στιγμήν, διότι οἱ μικροοργανισμοὶ ἀρχίζουν νὰ τρώγουν τὴν πενικιλίνην, τὴν ὁποίαν αὐτοὶ οἱ ἴδιοι παρήγαγον.

Μνημονεύω τὴν τεχνικὴν αὐτὴν λεπτομέρειαν, διὰ νὰ γίνῃ ἐμφανὴς ἡ ἀναγκαιότης συνεργασίας πολλῶν, ἑτερογενῶν κλάδων διὰ τὴν πραγματοποίησιν ἑνὸς βιοτεχνικοῦ προγράμματος.

Ἡ ἀξία τῶν ἐτησίως εἰς ὄλον τὸν κόσμον μικροβιακῶς παραγομένων ἀντιβιοτικῶν ἀνέρχεται εἰς 10 δισεκατομμύρια δολλάρια.

Ἐνα ἐπιτυχὲς βιοτεχνολογικὸν πρόγραμμα εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀλλοιώσῃ τὴν ἐμφάνισιν τοῦ περιβάλλοντος, ἐπιφέρων βαθεῖας τομὰς εἰς τὴν Γεωπονίαν, διὰ τῆς δημιουργίας μεγάλων βιομηχανικῶν ἐγκαταστάσεων. Ἐπισκοποῦντες τὰ γεγονότα αὐτὰ ὡς καὶ τὴν φύσιν τῶν ἐργασιῶν, διαπιστώνομεν, ὅτι ὁ σύγχρονος βιολόγος, εἰς τὴν πορείαν τῆς ἐξελέξεώς του, διῆλθε πολλὰς βαθμίδας μεταμορφώσεων. Τὸν ἐνθουμούμεθα ἀκόμη πῶς ἄρχισε τὴν ἐπιστήμην αὐτήν. Ὡς ἓνας ἐνθουσιώδης φυσιολάτρης, ὁ ὁποῖος μὲ ἓνα ἐλαφρὸ δίκτυο ἐκονηγοῦσε σὲ ἑαρινὰς ἡμέρας, ἔντομα καὶ πεταλοῦδες, διὰ νὰ τὰς ταξινομήσῃ, κατὰ περιγραφικὸν μόνον τρόπον.

Ἐνωρὶς ἐρρίφθη ἡ σκέψις, ὅπως καταπολεμηθῇ ἡ ρύπανσις τοῦ περιβάλλοντος διὰ τῆς ἐπιστρατεύσεως μικροβίων καταναλισκόντων τὰς οὐσίας αἱ ὁποῖαι ρυπαίνουσι. Καίτοι θεωρητικῶς δὲν δύνανται τις νὰ ἀντιλέξῃ, εἰς τὴν πρᾶξιν ἐμφανίζονται δυσχερεῖαι. Μίαν τῶν δυσχερειῶν αὐτῶν θὰ δείξωμεν εἰς τὸ παράδειγμα τοῦ πενταχλωροφενυλίου (PCP), μιᾶς ἐνώσεως ἣτις βιομηχανικῶς παρασκευάζεται εἰς ποσότητος 50.000 τόννων ἑτησίως καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς ἔντομοκτόνον καὶ ζιζανιοκτόνον. Πράγματι ἡ ἔνωσις αὕτη εἶναι διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν δραστηκιωτάτη. Ἀλλὰ μόνον μέρος αὐτῆς καταναλίσκεται διὰ τὴν καταστροφὴν τῶν ἐντόμων καὶ ζιζανίων. Τὸ μεγαλύτερον μέρος διαχέεται εἰς τὸ περιβάλλον, δηλητηριάζον τὰ πάντα. Ἡ σκέψις νὰ καταναλωθῇ ἡ περίσσεια ὡς τροφή διὰ ὠρισμένα μικρόβια ναναγεῖ εἰς τὸ ὅτι δὲν εὐρέθη, καὶ ἴσως δὲν ὑπάρχει, μικρόβιον τὸ ὁποῖον θὰ ἔτρωγε τὸ PCP, ἐπειδὴ ἡ οὐσία αὕτη εἶναι τεχνητὸν προϊόν τῆς Χημείας, ἄγνωστον εἰς τὴν Φύσιν καὶ συνεπῶς ἄγνωστον καὶ εἰς τὰ μικρόβια.

Τολμηροὶ βιοτεχνολόγοι δὲν παραιτοῦνται ὅμως αὐτῆς τῆς σκέψεως. Λέγουσι, ἀπλούστατα, θὰ τὰ μάθουμε νὰ τρῶναι τὸ PCP καὶ ὑποβάλλονται εἰς τὸ ἔργον μιᾶς ἐπιμόνου ἐκπαιδύσεως εἰσφέροντες εἰς χρονικὰ διαστήματα ἀντιστοιχοῦντα εἰς πολλὰς γενεάς, διαφόρων μικροβίων, ὡς κυριώτερον συστατικὸν τοῦ θρεπτικοῦ ὑποβάθρου τὴν ἔνωσιν PCP. Ἐλπίζουσι νὰ εὕρουν τὸ μικρόβιον τὸ ὁποῖον θὰ ἀποδεχθῇ τὴν ἐκπαίδευσιν αὐτήν.

Τὸ ἀνήσυχον ἀνθρώπινον πνεῦμα λησμονεῖ διδάγματα, συμβουλὰς καὶ παροτρύνσεις. Ἡδὴ ὑπάρχουσι εἰς τὴν Ἀμερικὴν ἑκατοντάδες αἰτήσεις πρὸς χορηγῆσιν ἀδειῶν διὰ τὴν χρησιμοποίησιν εἰς τὴν ὑπαιθρον μικροβίων ἀγνώστων εἰς τὴν Φύσιν, τὰ ὁποῖα ἐδημιουργήθησαν εἰς τὰ ἐργαστήρια διὰ τῶν μεθόδων τῆς γενετικῆς βιοτεχνολογίας. Δύο παραδείγματα μᾶς δείχνουσι πόσον διάφορος μπορεῖ νὰ εἶναι ἡ θέσις καὶ ἡ συμπεριφορὰ τῶν ἐρευνητῶν. Ἡ ἀρχικῶς εἰς τὴν φέρμαν *Advance genetic science (AGS)* δοθεῖσα ἄδεια, ὅπως αὕτη πειραματισθῇ μὲ βακτηρίδια νέου εἴδους, ἀνῆρέθη καὶ πάλιν, διότι ἐξηκριβώθη, ὅτι ἡ φέρμα εἶχε ἤδη χρησιμοποιήσει αὐτὰ, πρὸ τῆς χορηγήσεως τῆς ἀδείας, ἰσχυριζομένη, ὅτι ἡ ταράτσα

τοῦ ἐργοστασίου, ὅπου ἐξετελοῦντο πειράματα τοποθετήσεως τῶν νέων μικροβίων κάτω ἀπὸ τοὺς φλοιοὺς ὠρισμένων δένδρων, δὲν εἶναι ὑπαιθρος. Ὁ ἐπακολουθήσας δικαστικὸς ἀγὼν ἐξακολουθεῖ ἀκόμη καὶ σήμερον.

Ἐπὶ τῆς ὁδοῦ καὶ παραδείγματα εὐσυνειδήτου κοινωνικῆς πειθαρχίας.

Εἰς τὴν Ἰαπωνίαν ἔχει ἀπαγορευθῆ ἡ χρῆσις τῶν χημικῶν μεθόδων παρασκευῆς ἐντομοκτόνων, ἐφόσον ὑπάρχουν ἀντίστοιχα ἐντομοκτόνα βιοτεχνολογικῶς παρασκευαζόμενα. Καὶ τοῦτο, διότι ἡ χημικὴ παρασκευὴ ἀναγκαστικῶς, κατὰ κάποιον τρόπον, ρυπαίνει τὸ περιβάλλον, ἐνῶ τὰ ἀπόβλητα μιᾶς μικροβιακῆς παραγωγῆς ἀπορροφῶνται ἀπὸ ἄλλους μικροοργανισμοὺς.

Ὅτι ἀποβάλλει ἓνας μικροοργανισμὸς χρησιμοποιοῖ ἐπωφελῶς ἓνας ἄλλος.

Ἐδῶ ἰσχύει κυριολεκτικῶς: Τὸ ἓνα χέρι πλένει τὸ ἄλλο. Οὕτως οἱ Ἰάπωνες βιομήχανοι ἐπρωτίμησαν ἓνα μικρότερον ὕλικόν κέρδος, χάριν ἐνὸς καθαροῦ περιβάλλοντος.

Ἡ μεταμόσχευσις ἐνὸς γενετικοῦ προγράμματος μεταξὺ μικροοργανισμῶν ἐνέχει περισσοτέρους κινδύνους ἀπὸ τὴν μεταμόσχευσιν ἐνὸς ὁλοκλήρου ὄργάνου εἰς τοὺς ἀνθρώπους. Διότι εἰς τὴν τελευταίαν περίπτωση ἐστὶν ἀποτέλεσμα εἶναι ἐμφανὲς μετὰ σχετικῶς σύντομον χρονικὸν διάστημα, ἐνῶ εἰς τὴν περίπτωση μεταμοσχεύσεως ἐνὸς βιολογικοῦ προγράμματος ἀλλοιοῦνται αἱ λειτουργίαι τῶν ἐγχειρισθέντων μικροβίων χωρὶς νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ προβλεφθῆ ἡ μελλοντικὴ των συμπεριφορὰ εἰς τὰς ἀκολουθούσας γενεάς.

Ἡ Ἱστορία μᾶς διδάσκει τραγικὰς περιπτώσεις μικροβιακοῦ πολέμου εἰς τὸν Μεσαίωνα. Περὶ τὸ 1350 οἱ Τάταροι ἐπολιόρκουν ματαίως ἐπὶ μακρὸν μίαν πόλιν εἰς τὸν Εὐξείνιον Πόντον. Ἐν τῇ ὁρῆ τῶν, διὰ νὰ κάμψουν τὴν ἀντίστασιν τῶν πολιορκουμένων, ἤρχισαν νὰ ἐκσφενδονίζουν ἐπάνω ἀπὸ τὰ τεῖχη τῆς πόλεως τὰ πτώματα ἀποθανόντων ἀπὸ χολέρα. Καὶ οἱ μὲν πολιορκούμενοι, μετ' αὐτό, σύντομα παρεδόθησαν, ἀλλὰ μία φοβερὴ ἐπιδημία χολέρας προσέβαλε πολιορκητὰς καὶ πολιορκουμένους, διὰ νὰ ἐξαπλωθῆ βαθμιαίως εἰς ὅλην τὴν Εὐρώπην, στοιχίσασα τὴν ζωὴν εἰς 20 ἑκατομμύρια ἀνθρώπους. Ἐνας ὑπέρογκος ἀριθμὸς διὰ τὴν ἐποχὴν ἐκείνην.

Θέλουμε νὰ παραδεχτοῦμε, ὅτι οἱ Τάταροι ὑπῆρξαν θύματα τῆς ἀγνοίας των καὶ ὅτι δὲν θὰ προέβαιναν εἰς τὴν πράξιν αὐτὴν ἂν ἐγνώριζαν τὰς συνέπειας τῆς. Καὶ ἡμεῖς ἴσως, σήμερα νὰ μὴν εὐδρισκώμεθα εἰς πολὺν διάφορον θέσιν ἀπὸ ἐκείνου. Ναὶ μὲν ἔχομεν ἓνα πολὺ ὑψηλότερον ἐπίπεδον γνώσεων, ἀλλὰ εἴμεθα ἐξ ἴσου ἀγνωστικοὶ ὡς πρὸς τὰς μελλοντικὰς μακροχρονίους ἐπιπτώσεις τῆς δημοσεργίας τελείως νέων μικροβίων ἀγνώστων εἰς τὴν Φύσιν. Πρέπει πάντοτε νὰ ἐνθυμούμεθα, ὅτι ἡ Φύσις μὲ τὴν δημιουργίαν ἐνὸς νέου εἴδους ἐπιστρατεύει ταυτοχρόνως καὶ ἓνα φυσικὸν ἀντίπαλον ὥστε νὰ διατηρῆται ἓνα εἶδος ἰσορροπίας, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον δὲν ἔχει μέχρι τοῦδε ἐπιτευχθῆ ἀπὸ τὸν ἄνθρωπον.

Διὰ τῆς γενετικῆς Βιοτεχνολογίας ὑπερνικῶνται οἱ μέχρι τοῦδε θεωρούμενοι ἀνυπέβλητοι φραγμοί, οἱ χωρίζοντες τὰ διάφορα εἶδη τῶν ζωϊκῶν ὀργανισμῶν καὶ δημιουργοῦνται νέοι ὀργανισμοὶ ἰδίου γ ο ν ο τ ὕ π ο υ. Καταβάλλεται π.χ. μεγάλη προσπάθεια νὰ γίνῃ σύντηξις τῶν κυττάρων τῶν ψυχανθῶν, δηλαδὴ τῶν φυτῶν τῶν ὁποίων αἱ ρίζαι ἔχουν τὴν ἰκανότητα δι' ἐνὸς μικροβίου νὰ δεσμεύσουν τὸ ἀτμοσφαιρικὸν ἄζωτον, μὲ τὰ κῦτταρα μὴ ψυχανθῶν, μὲ τὸν σκοπὸν νὰ δημιουργήσουν νέα εἶδη φυτῶν μὲ τὴν ιδιότητα δεσμεύσεως τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἄζωτου. Οὕτω θὰ ἐξοικονομοῦντο ἀκριβὰ ἄζωτοῦχα λιπάσματα.

Εἰς σύγχρονα θερμοκήπια τῆς βορείου Καρολίνας ἐρευνῶνται ὑπὸ ὁμάδος ἐπιστημόνων, ἐν συνεργασίᾳ μὲ Πανεπιστήμια καὶ Βιομηχανίας, αἱ συνθῆκαι διὰ τὴν δημιουργίαν τελείως νέων φυτῶν. Τοῦτο γίνεται διὰ τῆς ἀπελευθερώσεως τῶν κυττάρων ἐνὸς φυτοῦ ἀπὸ τοῦ περιβλήματός των δι' ἐνζυμικῆς ἀποικοδομήσεως, καὶ τῆς εἰσαγωγῆς γονιδίων ἢ πλασμιδίων ἄλλαν φυτῶν φορέων τῶν ἐπιθυμητῶν ιδιοτήτων. Θεαματικὴ εἶναι ἡ σύντηξις τῆς πατάτας μὲ τὴν ντομάταν πρὸς δημιουργίαν ἐνὸς νέου φυτοῦ, τοῦ *Tomoffel*. Ἀλλὰ καὶ εἰς τὴν χώραν μας, εἰς τὰ προάστια τῶν Ἀθηνῶν, εἰς τὴν κάτω Κηφισιά, εἰς τὸ ἐρευνητικὸν τμήμα τῆς Βιορὸλ, γίνονται τοιοῦτου εἶδους πειράματα μὲ, καθόσον εἶμαι σὲ θέσιν νὰ γνωρίζω, ἐπιτυχεῖς ἐφαρμογὰς.

Ποῖα γεγονότα ἦσαν τὰ κύρια αἷτια διὰ τὴν αἰφνιδίαν ἐμφάνισιν τοῦ νέου αὐτοῦ κλάδου τῶν Φυσικῶν Ἐπιστημῶν;

Δύο βασικαὶ ἀνακαλύψεις ἔδωσαν ἀποφασιστικὴν ὄθησιν εἰς τὴν δημιουργίαν τῆς ἐπιμάχου βιοτεχνολογίας, τῆς λεγομένης Γενετικῆς Βιοτεχνολογίας.

1ον. Ἡ ἀναφερθεῖσα σύντηξις κυττάρων ἀνηκόντων εἰς δύο ἑτερογενεῖς ὀργανισμοὺς, οὕτως ὥστε νὰ σχηματίζεται ἓνα νέον βιώσιμον κῦτταρον μὲ ἰδίας κληρονομικὰς ιδιότητας καὶ

2ον. Ἡ *in vitro* ἐπανασύνδεσις τῶν ἀποκομμάτων τοῦ *DNA* μορίου, τῶν λεγομένων πλασμιδίων, τῶν φορέων ὀρισμένων μόνον κληρονομικῶν ιδιοτήτων. (1965 *Harris Watkins*).

Αἱ πειραματικαὶ προϋποθέσεις διὰ τὴν πραγματοποίησιν αὐτῶν τῶν πειραμάτων ἦσαν αἱ ἀκόλουθοι:

1ον. Ἡ παραγωγή ἐνὸς θρεπτικοῦ ὑποβάθρου, σταθερᾶς χημικῆς συνθέσεως, διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῶν μικροοργανισμῶν.

2ον. Ἡ μέθοδος τοῦ *Puck* (1956), ἣτις συνίσταται εἰς τὴν ἀσεξουαλικὴν παραγωγήν μιᾶς πληθύος ἐνιαίων, πανομοιοτύπων κυττάρων ἀπὸ ἓνα πρόγονον διὰ τοῦ σχηματισμοῦ ἐνὸς κ λ ὶ ο υ. Ἡ μέθοδος αὕτη ἐπεκτείνεται καὶ εἰς ὄλο-

κλήρους οργανισμούς. Οί παραγόμενοι οργανισμοί έχουν ἅπαντες τὴν αὐτὴν γενετικὴν σύνθεσιν.

Ἐκκολούθησαν εὐθὺς ἀμέσως ἢ συνένωσις ὁμοιογενῶν ἢ καὶ ἑτερογενῶν πρωτοπλασμάτων ὑπὸ τοῦ Barski (1960), πρᾶγμα τὸ ὁποῖον οἱ Harris καὶ Watkins (1965) ἐχρησιμοποίησαν, *horribile dicto*, διὰ τὴν συνένωσιν ἀνθρωπίνων κυττάρων μὲ κότταρα ποντικῶν (ἑτεροκαρύωσις).

Πάντοτε ὕστερα ἀπὸ μεγάλας τεχνικὰς ἐπιτυχίας ξυπᾶ καὶ πάλιν ἡ προμηθεϊκὴ ἔπαρσις.

Ἡ ἠθικὴ ὑπευθυνότης τοῦ ἀνθρώπου ἔναντι Ἐκείνου ὅστις ἐδημιούργησε τὸν κόσμον αὐτὸν ἐκδηλοῦται λίαν δραστηκῶς εἰς τὸν τρόπον χρησιμοποίησεως τῶν δύο θεμελιωδῶν ἀνακαλύψεων τοῦ 20οῦ αἰῶνος, τῆς πυρηνικῆς ἐνεργείας καὶ τῆς βιοτεχνολογίας.

Ἡ ἀνθρωπότης ἐμπράκτως ἔχει ἀναλάβει τὸν ἀγῶνα ἔναντιον τοῦ πνεύματος τῆς ἀρνήσεως καὶ καταστροφῆς, ὅστις ἐμφωλεῖ εἰς τὰς δύο αὐτάς ἀνακαλύψεις. Μετὰ τὸ ἐπίτευγμα τοῦ Otto Hahn τὸ ἔτος 1938 νὰ διασπάσῃ τὸν πυρῆνα τοῦ οὐρανίου κατὰ τρόπον ἀλυσιδωτόν, θέσας οὕτω τὰ θεμέλια διὰ τὴν ἀτομικὴν βόμβαν, ἡ ἔρευνα τῶν μεγάλων κρατῶν, εὐρισκομένων τότε εἰς ἐμπόλεμον, κατάστασιν ἐστράφη πρὸς τὴν ἐκμετάλλευσιν τῆς πυρηνικῆς ἐνεργείας διὰ πολεμικοὺς σκοπούς. Μετὰ τὰς δύο ὅμως ἐκρήξεις εἰς τὴν Ἰαπωνίαν, αἵτινες κατέδειξαν τὰ καταστρεπτικὰ τῶν ἀποτελέσματα μὲ τὰς μελλοντικὰς μακροχρονίους ὀλεθρίας ἐπιπτώσεις, ἡ γενικὴ ἐξέγερσις κατὰ τῆς πυρηνικῆς ἐνεργείας ὑπῆρξε ἀθόρυγτος καὶ ἐντονωτάτη.

Ὁ Don Enrique Bernal, σμηναγὸς τῆς Ἀμερικανικῆς Πολεμικῆς Ἀεροπορίας, πρῶτος ρίψας μίαν ἀτομικὴν βόμβαν, ἀπεχώρησεν, μετὰ τὸ τέλος τοῦ Πολέμου, τοῦ στρατοῦ καὶ κατετάγη εἰς τὸ Τάγμα τῶν *Claretiner Μοναχῶν* εἰς τὴν γενέτειράν του τὴν Ἰσπανίαν, ὅπου ἀερότερον ἐχειροτονήθη εἰς ἱερέα.

Σύσσωμος ἡ ἐρευνητικὴ ὁμάς, ἣτις ἔλαβε ἐνεργὸν μέρος εἰς τὴν κατασκευὴν τῆς ἀτομικῆς βόμβας, παρητήθη, ὁ δὲ διευθυντὴς τῆς ἐργασίας αὐτῆς καθηγητῆς *Oppenheimer*, ἐγκαταλείψας τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν, ἐστράφη πρὸς τὴν Φιλοσοφίαν καὶ τὴν Θεολογίαν. Εἰς τὴν Γερμανίαν πυρηνικοὶ Φυσικοὶ ὑπὸ τὴν ἡγεσίαν τοῦ *Weizsäcker* ὑπέβαλον πρὸς τὴν κυβέρνησιν δήλωσιν, ὅτι οὐδέποτε θὰ θελήσουν νὰ παράσχουν οἰανδήποτε βοήθειαν πρὸς ἐξοπλισμὸν τοῦ στρατοῦ μὲ πυρηνικὰ ὄπλα. Σήμερον ἔχει ἐπέλθει διχασμὸς τῶν γνώμῶν καὶ ἀντιλήψεων ὡς πρὸς τὴν χρησιμοποίησιν τῆς Πυρηνικῆς Ἐνεργείας καὶ εὐρισκόμεθα εἰς παρόμοιον δίλημμα προκειμένου περὶ τῆς γενετικῆς βιοτεχνολογίας. Τοῦτο γίνεται καταφανές, ἀπὸ τὰς ἀνησυχίας τὰς ὁποίας προκαλοῦν αἱ ἀναφερθεῖσαι πρόοδοι. Ἡ διάσπασις τοῦ φραγμοῦ μεταξὺ τῶν διαφόρων εἰδῶν τοῦ ζωικοῦ βασιλείου ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τῶν γενικῶν

ἐρωτημάτων. Σκοπεύει ὁ ἄνθρωπος νὰ ἀναλάβῃ τὸν ρόλον ἑνὸς δημιουργοῦ νέων ζωϊκῶν ἢ καὶ ἀνθρωπίνων εἰδῶν; Αἱ ἀπαντήσεις εἰς τὸ ἐρώτημα αὐτὸ ἐμφανίζουν εὐρὴν φάσμα ἀπόψεων, ἀπὸ τῶν ἀκραιφνῶς ὕλιστικῶν, ἀθέων, μέχρις ἀπαντήσεων, αἵτινες πάλλονται ἀπὸ βαθὺ θρησκευτικὸν αἴσθημα, πλήρεις δέους καὶ σεβασμοῦ ἔναντι τοῦ ἔργου τῆς θείας Προνοίας.

Ἄλλὰ θὰ ἤθελα νὰ ἀναφερθῶ εἰς μίαν μόνον ἀπάντησιν, ἡ ὁποία, παρὰ τὸν φαινομενικὸν τῆς κυνισμὸν, φαίνεται ὅτι δύναται νὰ γεφυρώσῃ τὸ μεγάλο αὐτὸ χάσμα μεταξὺ τῶν δύο παρατάξεων. Εἶναι ἡ ἀπάντησις ἑνὸς Ἀμερικανοῦ βιοτεχνολόγου: *Yes that is O.K. but up to a certain point.* Τοῦτο σημαίνει τὴν ἐξακολούθησιν τῆς μέχρι τοῦδε πορείας, ἀφοῦ ὁ ἄνθρωπος ἔχει θεμελιωδῶς τοποθετηθῆ ἑλεύθερος νὰ ἐκλέξῃ μεταξὺ τοῦ ὠφελίμου καὶ τοῦ ὀλεθροῦ, τοῦ καλοῦ καὶ τοῦ κακοῦ. Ἡ ἀνοδικὴ ὁμῶς πορεία τοῦ ἀνθρωπίνου γένους ἀποδεικνύει, ὅτι ὁ ἐρευνητὴς ἐν συνόλῳ ἔχει κάνει καλὴν χρῆσιν τῆς ἐλευθερίας αὐτῆς, χρησιμοποιῶν πρὸς γενικὸν ὄφελος τὰς δυνατότητας τῶν ἐφευρέσεών του.

Ἄς ἀναλογισθῶμεν ὅτι τὰ μέσα αὐτά, ἡ πυρῖτις, ὁ δυναμίτης, τὰ δηλητηριώδη ἀέρια, ἡ πυρηνικὴ ἐνέργεια χρησιμοποιοῦνται σήμερον πρωτίστως διὰ εἰρηνικοὺς σκοπούς, ἀφοῦ προηγουμένως διεπιστώθη τὸ ποῖον καὶ τὸ βεληνεκὲς τῆς δράσεώς των.

Ἐναντίον τῆς Βιοτεχνολογίας ἠγέρθη ἔντονος, ἔμπρακτος ἀντίδρασις, ἀποβλέπουσα εἰς τὴν ἀπαγόρευσιν μιᾶς ἀνεξελέγκτου ἐξασκήσεώς της καὶ εἰς τὸν ἔξαναγκασμὸν αὐτῆς νὰ ἐπιλέξῃ τὸν συνετὸν δρόμον.

Τὴν 15ην Ἀπριλίου 1987, ἐν Ἑλβετία 130.000 ἐπιστήμονες τῶν διαφορωτάτων κλάδων, συγγραφεῖς, καλλιτέχναι, δημοσιογράφοι, ὑπέβαλον εἰς τὴν κυβέρνησιν ὑπόμνημα διὰ τοῦ ὁποίου ζητοῦν ὅπως διὰ νόμον κατοχυρωθοῦν κανόνες καὶ ὅροι, ρυθμίζοντες τὴν διεξαγωγὴν βιοτεχνολογικῆς ἐρεῦνης. Εἰς τὸ σκεπτικὸν προτάσσεται ἡ ἀκόλουθος λακωνικὴ ἠθικὴ προσταγή: Τὸ Κράτος ἔχει τὴν ὑποχρέωσιν νὰ διαφυλάττῃ τὴν ἀξιοπρέπειαν τοῦ ἀτόμου καὶ τῆς οἰκογενείας, ἔναντι βιοτεχνολογικῶν ἐπεμβάσεων.

Οἱ κυριώτεροι ὅροι τοῦ ὑπομνήματος εἶναι οἱ ἀκόλουθοι:

1ον. Ἡ διεξαγωγή τῆς τεχνητῆς γονιμοποιήσεως νὰ ἐπιτρέπεται μόνον εἰς πεπειραμένους, ὑπευθύνους ἐπιστήμονας.

2ον. Νὰ ἀπαγορευθῇ τὸ ἐμπόριον τῆς τεκνογονίας.

3ον. Τὰ ἐκ τεχνητῆς γονιμοποιήσεως γεννώμενα τέκνα πρέπει νὰ ἔχουν τὸ δικαίωμα νὰ γνωρίζουν ποῖοι εἶναι οἱ ἀνώνυμοι γονεῖς των. Τοῦτο ἐπιβάλλεται καὶ πρὸς ἀποφυγὴν τυχοσῶν τραγωδιῶν τύπου Οἰδίποδος.

4ον. Νὰ ἀπαγορευθῇ ἡ δημιουργία ἀνθρωπίνων εἰδῶν ἀμφιβόλου δομῆς.

5ον. Νὰ ἀπαγορευθῇ ἡ ἀνάπτυξις τοῦ ἐμβρύου ἐκτὸς τοῦ μητρικοῦ σώματος.

6ον. Νὰ ἀπαγορευθῆ ὁ ἀντὶ ἀμοιβῆς ἐκδανεισμός μήτρας, μὲ σκοπὸν τὴν τεκνογονίαν.

7ον. Νὰ προωθηθοῦν εὐρύταται δημόσιαι συζητήσεις ἐπὶ βιοτεχνολογικῶν θεμάτων.

8ον. Νὰ προωθηθῆ ἡ γενετικὴ βιοτεχνολογία, εἰς τὴν κατεύθυνσιν καταπολεμήσεως τῶν κληρονομικῶν ἀσθενειῶν.

Διαβλέπομεν ὁμως, διὰ μέσου τῶν ἀσστηρῶν αὐτῶν διατυπώσεων, ὅτι μίᾳ καθολικῇ ἀπαγόρευσις τῆς γενετικῆς βιοτεχνολογίας εἶναι πλέον ἀδύνατος, διότι δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ τεθῆ αὕτη ὑπὸ ἔλεγχον.

Κύριε Πρόεδρε,

Ἐφθασα εἰς τὸ τέλος τῆς ὁμιλίας αὐτῆς, εἰς τὴν ὅποίαν μόνον μίᾳ στενῇ λωρῆς, τῶν ὅσων σήμερον διαδραματίζονται εἰς τὸν βιοτεχνολογικὸν χῶρον, ἦτο δυνατὸν νὰ συμπεριληφθῆ.

Ἡ θεώρησις τῆς Φύσεως δὲν ἐπιφέρει τὴν νοσταλγουμένην λύτρωσιν. Ἡ Φύσις ἀδιαφορεῖ διὰ τὴν Τύχην ἑνὸς ἐκάστου μεμονωμένου ἀτόμου. Ἡ μεγάλη τῆς προσοχῆ καὶ φροντίς εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὴν ἐπιβίωσιν ὀλοκλήρου τοῦ εἴδους. Μόνον τὸ θρησκευτικὸν βίωμα μᾶς ἀπελευθερώνει ἀπὸ τὰς ἐμφύτους ἀνησυχίας μας. Ἐνας θρησκευτικῶς ἐμπνευσμένος ὁμως θὰ ἐπειθε τὴν ἀνθρωπότητα, ὅτι ἡ νεωτέρα πορεία τῆς βιολογικῆς ἐρεῦνης, δὲν ἀποτελεῖ ἀσέβειαν πρὸς τὸν Δημιουργὸν ἀλλὰ ἐντάσσεται εἰς τὴν σειρὰν τῶν μέχρι τοῦδε ἀνακαλύψεων καὶ ἐφευρέσεων, αἵτινες, ὅπως πάντοτε, μᾶς θέτουν πρὸ τῆς ἐκλογῆς τῆς καλῆς ἢ κακῆς χρησιμοποίησέως των. Θὰ κατωνόμαζεν ἡμᾶς συνεργάτας εἰς τὸ ἔργον τῆς Θείας Βουλῆσεως πρὸς λεπτοτέραν καὶ πνευματικωτέραν ἀνάπτυξιν τῆς ζώσης ὕλης. Διότι πρὸς τὰ ἐκεῖ, μετὰ βεβαιότητος, στοχεύει ὁ Χρόνος.

Ὅσον περισσότερον αἱ φυσικαὶ ἐπιστῆμαι προχωροῦν εἰς τὴν κατανόησιν τῶν μηχανισμῶν καὶ λειτουργιῶν τῆς ζώσης ὕλης, τόσον περισσότερον ὁ ἐρευνητῆς καταλαμβάνεται ὑπὸ σεβασμοῦ καὶ δέους πρὸς τὸν δημιουργήσαντα καὶ δημιουργοῦντα Νοῦν.

Ἐπιθυμοῦμεθα πρὸς τὴν πεποίθησιν, ὅτι ὁ Θεῖος Νοῦς ἐδρενεῖ εἰς χῶρους, οἵτινες ὑπερβαίνουν πάντα ἀναλογισμὸν καὶ πᾶσαν ἀνθρώπινην φαντασίαν.

Κατανοοῦμεν, ὅτι ἡ ἐπίγειος ἀποστολή μας εἶναι ὁ συνεχῆς ἀγὼν ἐναντίον τοῦ πνεύματος τῆς ἀρνήσεως, ὁ ἀγὼν, ὅστις συντείνει πρὸς τὴν ἄνω πορείαν τοῦ ἀνθρώπινου γένους, πρὸς ὄφελος τῶν ἀπογόνων μας, οἱ ὅποιοι, χάρις εἰς τὰ ἐπιτεύγματα τῆς καλῆς ἐννοουμένης Βιοτεχνολογίας, θὰ ζήσουν ὑγιέστεροι καὶ πιὸ εὐτυχεῖς ἀπὸ ἡμᾶς σήμερον.