

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, ποῖαν θέσιν πρέπει νὰ λάβῃ ὁ προβληματιζόμενος ἐρευνητὴς ἐναντι τῶν καταπληκτικῶν προόδων τῶν πειραματικῶν ἐπιστημῶν.

Τὸ δίλημμα, πρὸ τοῦ ὁποίου εὐρίσκονται σήμερον καὶ πάλιν αἱ φυσικαὶ ἐπιστῆμαι, ὀφείλεται εἰς τὴν αἰφνιδίαν ἐμφάνισιν ἐνὸς 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 ἀφορώντων 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 περιεχόμενόν του καλύπτει ἕνα εὐρύτατον φάσμα φυσικοχημικῶν δεδομένων. Αἱ ρίζαι του ὁμῶς εἶναι πανάρχαιαι, φθάνουν μέχρι τῶν πρωτογόνων μεθόδων παρα-

σκευῆς τοῦ ἄρτου, τοῦ οἴνου, τῆς μπίρας. Εἰς τὴν Βαβυλῶνα, παρεσκευάζετο πρὸ ἐξι χιλιάδων ἐτῶν μία μπίρα διὰ τὴν ὁποίαν ἀναφέρονται τριάντα διάφορα εἶδη. Αἱ διὰ τῶν ζυμώσεων παρατηρούμεναι ἀλλοιώσεις, εἶχαν κάτι τὸ μυστηριώδες, ἀνεξηγήτητον 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 ὕγρὸν 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 δραστικαί, ἀποσποῦν βιαίως ἀπὸ τὴν Φύσιν τὰς οὐσίας τὰς ὁποίας οἱ Χημικοὶ χρειαζόνται, ἐνῶ αἱ ἦνται 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 ὕ 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 ζωῆς ὕλης ὡς ὑστερικούς ἐχθροὺς τῆς προόδου καὶ καλοῦν τὴν κοινωνίαν νὰ δπλασθῇ με ὀρθολογικὴν νηφαλιότητα. Λησμονοῦν ὅμως αὐτοί, ἢ καὶ δὲν γνωρίζουν καὶ, ὅτι αἱ εἴζαι 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 ὁποίαν ὁ Μερφιστοφελῆς δίδει πρὸς τὸν ἐρωτῶντα Faust «Ποῖος εἶσαι ἐσὺ;».

«Εἶμαι τὸ πνεῦμα τῆς ἀρνήσεως, τὸ ὁποῖον, 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, με τὸ ὁποῖον ἀντιμετώπισε ἐπιτυχῶς, διὰ τῆς προκαλουμένης ἀνοσίας, τὴν χολέραν τῶν ὀρνίθων, τὴν λύσσαν τῶν ζῴων καὶ τὸν σπληνάνθρακα. Αἱ κλασσικαὶ αὐταὶ ἐργασίαι ἐδημιούργησαν ὅμως, δίκην παρενεργείας, ἓνα γενικόν, διάχυτον φόβον ἔναντι τῶν μικροοργανισμῶν, οἱ ὁποῖοι 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 ὅμως 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 ζωῆς 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 μυθία 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 πρωτεϊνῆς 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 παρσκευὴν 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 ἕνα οἰονδήποτε ἄλλον ὠφέλιμον τρόπον. Ἡ ἐπομένη του φροντίς εἶναι διὰ συστηματικῆς μεταβολῆς τῶν συνθηκῶν διαβιώσεως 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 ὑπηρεσίας 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 ὁμως νὰ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ νεωτέρας μεθόδου, ἥτις ἐπιτυγχάνει τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα εἰς συντομώτερον χρονικὸν διάστημα ἐν συγκρίσει μὲ τὴν μακροχρόνιον ἐκπαίδευσιν.

Ἡ νέα μέθοδος συνίσταται εἰς τὴν ριζικὴν γενετικὴν μεταβολὴν τῶν ιδιοτήτων καὶ ἰκανοτήτων ἑνὸς 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 ἄθροιστον.

Πρὸς πληρεστέραν κατανοήσιν 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 συμπυκνώσεως τῶν ἀμφοτεριζόντων ἀμινοξέων, (διότι ἔχουν μίαν ὀξινὴν καὶ μίαν ἀλκαλικὴν πλευρὰν) σχηματίζονται πολυπεπτίδια, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀπαρτίζονται αἱ πρωτεΐναι. Εἰς τὴν Φύσιν ὑπάρχουσι 20 ἀμινοξέα διαφόρου χημικῆς συνθέσεως, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ συνδεθοῦν εἰς ἄλλους κατὰ πολὺ διαφορετικοὺς τρόπους, κυρίως ὡς πρὸς τὴν θέσιν εἰς τὴν σειρὰν τὴν ὁποῖαν κατέχουσι εἰς τὴν ἄλυσον. Ὁ ἀριθμὸς τῶν δυνατῶν αὐτῶν συνδυασμῶν, ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἰσομερῶν, εἶναι τεράστιος. Μία ἄλυσος, περιέχουσα 60 πεπτίδια, ἐπιτρέπει τὸν σχηματισμὸν 10^{78} συνδυασμῶν. Ἐνας ἀσύλληπτος ἀριθμὸς. Καὶ νὰ συλλογίζεσθε καεῖς, ὅτι ὑπάρχουσι πρωτεΐναι τῶν ὁποίων αἱ ἄλυσοι ἀπαρτίζονται ἀπὸ 100 ἢ καὶ ἀπὸ 1000 πεπτίδια.

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 ζῆ τὸ κύτταρον, ὑποστοῦν μίαν μεταβολήν, λόγῳ ἐξωτερικῆς ἐπεμβάσεως, εἰς τὴν ὁποῖαν τὸ πολυπεπτίδιον 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 ὁμως νὰ φαντασθῶμεν, ὅτι αὐτὰ τὰ 10^{78} ἰσομερῆ εἶναι προκατασκευασμένα 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 τὸν ἐκάστοτε σκοπὸν.

Ἄλλα καὶ 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, με τίτλον «Ἡ Συναδέλφωσις Τύχης καὶ Αἰτιοκρατικῆς Ἀναγκαιότητος», σειρὰν παραδειγμάτων, πῶς οἱ φαινομενικῶς ἀντίρροποι αὐτοὶ δύο πόλοι *συνεργάζονται* πρὸς ἐπίτευξιν ἐνὸς ὠρισμένου σκοποῦ.

Ἡ ἐλαφρὰ σύνδεσις τῶν ἐλικοειδῶν ἀλύσεων τῶν πολυπεπτιδίων μεταξὺ τῶν γίνεται διὰ τῶν *γερωνυδρογόνου*. Αὐταὶ συνίστανται εἰς τὴν προσκόλλησιν ἐνὸς ἥδη ἐν συνδέσει ἀτόμου ὑδρογόνου τῆς μιᾶς ἀλύσου μετὰ ἓνα ἄτομον τῆς ἄλλης ἀλύσου, συνήθως δευτέρου ἢ ἀζώτου, τὸ ὁποῖον διαθέτει ἓνα μονῆρες ζεύγος ἠλεκτρονίων. Μετὰ 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 ἀποτιτῶν αἱ ἐκάστοτε λειτουργοῦναι 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 ὑδρογόνον; Ποῦ ἀκούστηκε αὐτό; Κανεὶς Χημικὸς δὲν ἐζύγισε ποτὲ ἓνα ὑδρογόνον πρὸς δύο χλώρια.

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

Ἄς κάνουμε ἓνα μικρὸν διανοητικὸν πείραμα: Ἄς πιάσουμε τὸν διπλοῦν ἔλικα τοῦ *DNS* ἀπὸ τὰ ἄκρα του καὶ ἄς τὸν τεντώσουμε, ὅποτε, ἀναιροῦντες τὶς γέφυρες ὑδρογόνου, 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 σχηματισθῶν 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 δείξη 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 ἱκανότης τῆς ἰνσουλίνης νὰ ἐλαττώνη 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 σειρά εἰς τὸ σύνολον τοῦ μορίου εἶναι αὐστηρότατα καθωρισμένη, διὰ νὰ ἔχη τὴν ἀναφερθεῖσαν δραῖσιν. Τὰ 51 ἀμινοξέα δύναται ὁμως νὰ σχηματίσουν ἓνα πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν πολυπεπτιδίων μὲ διάφορον ἀκολουθίαν εἰς τὰς σειρὰς τῶν ἀμινοξέων καὶ δὴ 4^{51} τὸν ἀριθμὸν, ἐκ 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, πληρὸν ἐνὸς ἰσομεροῦς, τῆς ἰνσουλίνης. Ὁ ἀποχωρισμὸς της ὁμως 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 ἐνὸς 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 $70 \text{ }^{\circ} /_{10}$ νερό. Μεγάλαι συγκεντρώσεις οὐσιῶν, ὅπως εἶναι συνηθισμένος ὁ χημικὸς, ἀναχαιτίζουν ἢ καὶ καταστρέφουν τὰς καταλυτικὰς ἱκανότητας τῶν ἐνζύμων. Ἡ ἀλκοολικὴ ζύμωσις λόγου χάριν σταματᾷ, ὅταν τὸ προῖον τῆς ζύμωσης, ἡ ἀλκοόλη, φθάσῃ τὰ $7 \text{ }^{\circ} /_{10}$. Ἀλλὰ ἀπαιτήσεις, αἱ ὁποῖαι εἶναι δύσκολον νὰ ἱκανοποιηθοῦν 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 πλέον, τὸ ἀντιδρῶν μείγμα πρέπει νὰ διατηρῆται ἐπὶ τινὰς ἐβδομάδας εἰς κατάστασιν ἀσηφίας. Ξένα, παράσιτα μικροβία 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 πλέον 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 συσκευὴν, 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 οὐσῖαι, αἵτινες γερυρώνουν τὰ ὄργανα μετρήσεως με τὰ ὄργανικὰ προϊόντα τῆς βιοαντιδράσεως, διότι ἡ ἠλεκτρικὴ τῶν ἀγωγιμότης μεταβάλλεται μόλις ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν με ὠρισμένας χημικὰς οὐσῖας.

Εἰς τὸν χώρον τῆς συζεύξεως τῶν ἀντιδρῶντων μικροβίων με ἕνα αὐτόματον καταγραφέα, ὑπάρχουν πολλὰ μελλοντικά, μεγαλεπήβολα σχέδια. Μία ὁμὰς βιοτεχνολόγων εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Wurtzburg φιλοδοξεῖ νὰ ἀνεύρη διὰ κάθε χημικὴν ἔνωσιν κυριολεκτικῶς ἕνα 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 ἕνα 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 ἐμφανῆς ἡ ἀναγκαῖότης συνεργασίας πολλῶν, ἑτερογενῶν κλάδων διὰ τὴν πραγματοποίησιν ἑνὸς βιοτεχνικοῦ προγράμματος.

Ἡ ἀξία τῶν ἐτησίως εἰς ὅλον 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 ἕνας ἐνθουσιώδης φυσιολάτρης, ὁ ὁποῖος μὲ ἕνα ἐλαφρὸ δίκτυο ἐκνηγοῦσε 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 δραστηριοτάτη. 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 ναυαγεῖ 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 τρῶνε τὸ PCP καὶ ὑποβάλλονται εἰς τὸ ἔργον μιᾶς ἐπιμόνου ἐκπαιδεύσεως εἰσφέροντες εἰς χρονικὰ διαστήματα ἀντιστοιχοῦντα εἰς πολλὰς γενεάς, διαφόρων μικροβίων, ὡς κυριώτερον συστατικὸν τοῦ θρεπτικοῦ ὑποβάθρου τὴν ἔνωσιν PCP. Ἐλπίζουν νὰ εὕρουν τὸ μικρόβιον τὸ ὁποῖον θὰ ἀποδεχθῇ τὴν ἐκπαίδευσιν αὐτήν.

Τὸ ἀνήσυχον ἀνθρώπινον πνεῦμα λησμονεῖ διδάγματα, συμβουλὰς καὶ παροτρύνσεις. Ἡδὴ ὑπάρχουν 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 δείχνουν πόσον διάφορος μπορεῖ νὰ εἶναι ἡ θέσις καὶ ἡ συμπεριφορὰ τῶν ἐρευνητῶν. Ἡ ἀρχικῶς εἰς τὴν φήρμαν *Advance genetic science (AGS)* δοθεῖσα ἄδεια, ὅπως αὕτη πειραματισθῇ μὲ βακτηρίδια νέου εἴδους, ἀνῆρέθη καὶ πάλιν, διότι ἐξηκριβώθη, ὅτι ἡ φήρμα εἶχε ἤδη χρησιμοποιήσει αὐτὰ, πρὸ τῆς χορηγήσεως τῆς ἀδειας, 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 ἰαπωνικῆς ἀποστολῆς 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 χρησιμοποιοῦ ἑποφελῶς ἓνας ἄλλος.

Ἐδῶ ἰσχύει κυριολεκτικῶς: Τὸ ἓνα χέρι πλένει τὸ ἄλλο. Οὕτως οἱ Ἰάπωνες βιομήχανοι ἐπρότιμησαν 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 τῶν συμπεριφορὰ εἰς τὰς ἀκολουθοῦσας γενεάς.

Ἡ Ἱστορία μᾶς διδάσκει τραγικὰς περιπτώσεις μικροβιακοῦ πολέμου εἰς τὸν Μεσαίωνα. Περὶ τὸ 1350 οἱ Τάταροι ἐπολιορκούν ματαίως ἐπὶ μακρὸν μίαν πόλιν εἰς τὸν Εὐξείνιον Πόντον. Ἐν τῇ ὁρῆ τῶν, διὰ νὰ κάμψουν τὴν ἀντίστασιν τῶν πολιορκουμένων, ἤρχισαν νὰ ἐκσφενδονίζον 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 τῶν καὶ ὅτι δὲν θὰ προέβαιναν εἰς τὴν πράξιν αὐτὴν ἂν ἐγνώριζαν τὰς συνεπειὰς τῆς. Καὶ ἡμεῖς ἴσως, σήμερα νὰ μὴν ἐδρισκώμεθα εἰς πολὺν διάφορον θέσιν ἀπὸ ἐκείνους. 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 διατηρηθῆ ἓνα εἶδος ἰσορροπίας, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον δὲν ἔχει μέχρι τοῦδε ἐπιτευχθῆ ἀπὸ τὸν ἄνθρωπον.

Διὰ τῆς γενετικῆς Βιοτεχνολογίας ὑπερνικῶνται οἱ μέχρι τοῦδε θεωρούμενοι ἀνυπέροβλητοι φραγμοί, οἱ χωρίζοντες τὰ διάφορα εἶδη τῶν ζωϊκῶν ὀργανισμῶν καὶ δημιουργοῦνται νέοι ὀργανισμοὶ ἰδίου γ ο ν ο τ ὅ π ο υ. Καταβάλλεται π.χ. μεγάλη προσπάθεια νὰ γίνῃ σύντηξις τῶν κυττάρων τῶν ψυχανθῶν, δηλαδή τῶν φυτῶν τῶν ὁποίων αἱ ρίζαι ἔχουν τὴν ἰκανότητα δι' ἐνὸς μικροβίου νὰ δεσμεύσουν τὸ ἀτμοσφαιρικὸν ἄζωτον, μὲ τὰ κῶτταρα 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 Βιοβόλ, γίνονται τοιοῦτου εἶδους πειράματα μὲ, καθόσον εἶμαι σὲ θέσιν νὰ γνωρίζω, ἐπιτυχεῖς ἐφαρμογάς.

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 κῶτταρον 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 παραγωγὴν μιᾶς πληθῆος 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.

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

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

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

Ἡ ἀνθρωπότης ἐμπράκτως ἔχει ἀναλάβει τὸν ἀγῶνα ἐναντίον 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 σκοποὺς. 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 αὐθόρμητος 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 ἀεγότερον ἐχειροτονήθη εἰς ἱερέα.

Σύσσωμος ἡ ἐρευνητικὴ ὁμάς, ἣτις ἔλαβε ἐνεργὸν μέρος εἰς τὴν κατασκευὴν τῆς ἀτομικῆς βόμβας, παρητήθη, ὁ δὲ διευθυντὴς τῆς ἐργασίας αὐτῆς καθηγητὴς *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 παρᾶσχουν οἰανδήποτε βοήθειαν πρὸς ἐξοπλισμὸν τοῦ στρατοῦ μὲ πυρηνικὰ ὄπλα. Σήμερον ἔχει ἐπέλθει διχασμὸς τῶν γνωμῶν 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 δυνατότητες 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 ποῖόν καὶ τὸ βεληνεκὲς τῆς δράσεώς των.

Ἐναντίον τῆς Βιοτεχνολογίας ἠγέρθη ἔντονος, ἔμπρακτος ἀντίδρασις, ἀποβλέπουσα εἰς τὴν ἀπαγόρευσιν μιᾶς ἀνεξέλεγκτου ἐξασκήσεώς της καὶ εἰς τὸν ἐξαναγκασμὸν 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 ἐρεύνης. 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 ὁμῶς, διὰ μέσον τῶν ἀσπηρῶν αὐτῶν διατυπώσεων, ὅτι μία καθολικὴ ἀπαγόρευσις τῆς γενετικῆς βιοτεχνολογίας εἶναι πλέον ἀδύνατος, διότι δὲν εἶναι δυνατόν νὰ τεθῆ αὕτη ὑπὸ ἔλεγχον.

Κύριε Πρόεδρε,

Ἐφθασα εἰς τὸ τέλος τῆς ὀμιλίας αὐτῆς, εἰς τὴν ὁποίαν μόνον μία στενὴ λωρὶς, τῶν ὄσων σήμερον διαδραματίζονται εἰς τὸν βιοτεχνολογικὸν χῶρον, ἦτο δυνατόν νὰ συμπεριληφθῆ.

Ἡ θεώρησις τῆς Φύσεως δὲν ἐπιφέρει τὴν νοσταλγομένην λύτρωσιν. Ἡ Φύσις ἀδιαφορεῖ διὰ τὴν Τύχην ἑνὸς ἐκάστου μεμογμένου ἀτόμου. Ἡ μεγάλη τῆς προσοχὴ καὶ φροντίς εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὴν ἐπιβίωσιν ὀλοκλήρου τοῦ εἴδους. Μόνον τὸ θρησκευτικὸν βίωμα μᾶς ἀπελευθερῶναι ἀπὸ τὰς ἐμφύτους ἀνησυχίας μας. Ἐνας θρησκευτικῶς ἐμπνευσμένος ὁμῶς θὰ ἔπειθε 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 ζωῆς ὕλης. Διότι πρὸς τὰ ἐκεῖ, μετὰ βεβαιότητος, στοχεύει ὁ Χρόνος.

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

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

Κατανοοῦμεν, ὅτι ἡ ἐπίγειος ἀποστολὴ μας εἶναι ὁ συνεχὴς 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 καλῶς ἐννοουμένης Βιοτεχνολογίας, θὰ ζήσουν ὑγιέστεροι καὶ πιὸ εὐτυχεῖς ἀπὸ ἡμᾶς σήμερον.