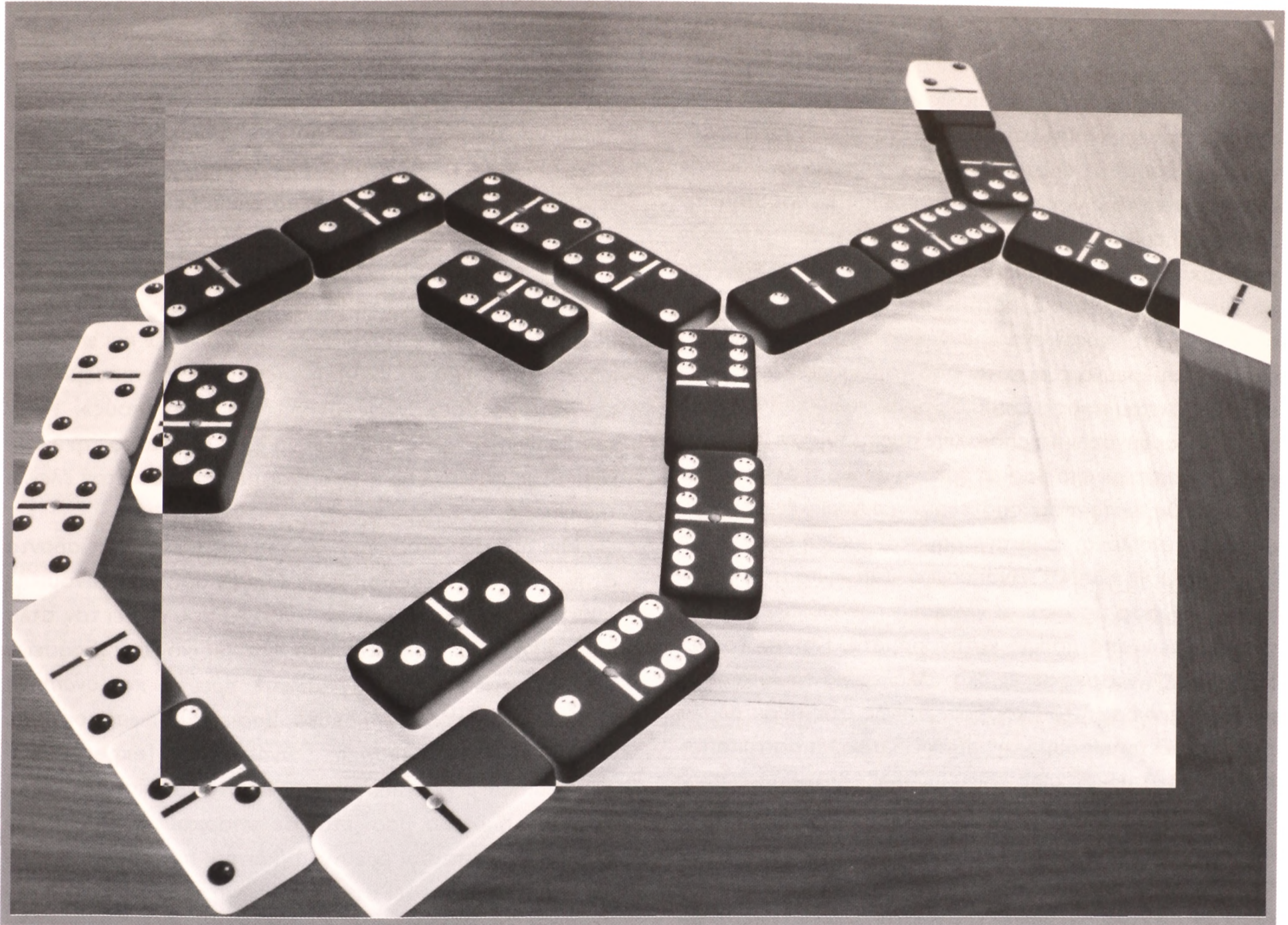


ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΕΡΕΥΝΑ: ΜΙΑ ΧΡΗΣΙΜΗ ΑΣΑΦΕΙΑ*

ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΑΡΑΓΕΩΡΓΗΣ



0. Εισαγωγή

Η διχοτομία ανάμεσα στη βασική και την εφαρμοσμένη έρευνα έχει θεωρηθεί τόσο απαραίτητη για το σχεδιασμό της ερευνητικής πολιτικής ιδρυμάτων, επιχειρήσεων, οργανισμών ή χωρών ώστε πολλά κείμενα σχετικών κανονισμών ή νομοθετημάτων να εμπεριέχουν ρητές αναφορές στη διάκριση αυτή, καθώς και μέτρα αξιοποίησής της προς όφελος της συνολικής επιστημονικής και τεχνολογικής πρόοδου. Επιπλέον, η διάκριση είναι επίκαιρη σε εποχές (σαν τη δική μας) στις οποίες η έρευνα με μοναδικό σκοπό την απόκτηση γνώσης υποφέρει από ελλιπή χρηματοδότηση. Ωστόσο, πολλοί έχουν εκφράσει αμφιβολίες για την ύπαρξη, ή τουλάχιστον τη σπουδαιότητα, της διάκρισης. Και τούτο γιατί πολλοί σύγχρονοι κλάδοι (όπως η νανοτεχνολογία, η βιοτεχνολογία ή η γνωσιακή «επιστήμη») συνδυάζουν γόνιμα και τα δυο είδη έρευνας, κινούμενοι ανάμεσα στις τεχνολογικές εφαρμογές και τις θεωρητικές γενικεύσεις. Είναι χαρακτηριστικό ότι ένα σχετικά πρόσφατο κείμενο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (EC 2005) επιλέγει, για αυτόν ακριβώς

*Ο Αριστείδης Αραγεώργης διδάσκει στον Τομέα Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών και Δικαίου της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
arage@central.ntua.gr*

το λόγο, τον όρο 'έρευνα αιχμής' [frontier research] αντί του 'βασική έρευνα'. Παρ' όλα αυτά, το ίδιο κείμενο ορίζει μερικές γραμμές παρακάτω ότι η «έρευνα αιχμής» έχει ως πρώτο στόχο τη γνώση και την κατανόηση του κόσμου.¹ Και αυτοί ακριβώς, όπως θα δούμε, είναι οι στόχοι της δραστηριότητας που παραδοσιακά αποκαλείται «βασική έρευνα».

Αφετηριακή θέση του παρόντος είναι ότι έχει σημασία η σχετική οριοθέτηση της βασικής έρευνας από την εφαρμοσμένη. Το πρόβλημα είναι ότι ο καθιερωμένος τρόπος σκιαγράφησης των ορίων δεν δίνει μονοσήμαντες και κατηγορηματικές απαντήσεις όταν εφαρμόζεται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Ενώ ένα ερευνητικό πρόγραμμα μπορεί να αποτελεί καθαρή περίπτωση βασικής έρευνας και ένα άλλο καθαρή περίπτωση εφαρμοσμένης έρευνας, μερικά ερευνητικά προγράμματα δεν μπορούν να ενταχθούν με «σιγουριά» ούτε στο ένα είδος έρευνας ούτε στο άλλο. Αφού, κατά τους καθιερωμένους ορισμούς, το κατά πόσον ένα ερευνητικό πρόγραμμα ανήκει στη βασική έρευνα εξαρτάται από το πλήθος των άμεσων εφαρμογών του προς υλοποίηση πρακτικών σκοπών, έπεται ότι είναι δυνατόν να υπάρχουν προγράμματα που ανήκουν περισσότερο στη βασική έρευνα από ό,τι άλλα καθώς και προγράμματα που αποτελούν «συνοριακές περιπτώσεις». Με ένα λόγο, τα κατηγορήματα 'βασική έρευνα' και 'εφαρμοσμένη έρευνα' είναι ασαφή. Όμως τόσο η καθημερινή γλώσσα όσο και οι γλώσσες των ειδικών επιστημών βρίθουν από ασαφή κατηγορήματα. Και τούτο δεν καθιστά τις γλώσσες αυτές ακατάλληλες για επικοινωνία ή για την περιγραφή του κόσμου. Απλώς στις περιπτώσεις που χρειάζεται αίρουμε την ασάφεια, π.χ., «ποσοτικοποιώντας» κατά μήκος μιας «διεύθυνσης», δηλαδή ως προς τις τιμές μιας «συνεχούς παραμέτρου» (π.χ., το ασαφές κατηγορήμα 'είναι θερμό' αντικαθίσταται από το 'έχει θερμοκρασία').

Φυσικά, κάτι τέτοιο δεν είναι εύκολο να γίνει στην περίπτωση της έννοιας της βασικής έρευνας, τουλάχιστον με κάποιο μη αυθαίρετο τρόπο. Ένας σημαντικός λόγος είναι ότι η υπό εξέταση διάκριση έχει ελάχιστα συζητηθεί σε φιλοσοφικούς κύκλους. Σχετικά πρόσφατα, οι επιμελητές, Vivian Weil και Jon Nordy, ενός τόμου αφιερωμένου στη φιλοσοφία των «εφαρμοσμένων επιστημών» δήλωναν: «Γίνεται φανερό πως οι εφαρμογές της επιστήμης έχουν τη δική τους δομή και απαιτούν τη δική τους φιλοσοφία» [Synthese 81 (1989), σ. 267].

Παρά ταύτα, θα αποπειραθώ παρακάτω να σκιαγραφήσω μια διάκριση μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας που να είναι εργαλειακά χρήσιμη. Στην ενότητα I, το περιεχόμενο της διάκρισης αναπτύσσεται με τον καθιερωμένο τρόπο, δηλαδή ως προς το κίνητρο της έρευνας. Στις ενότητες 2 και 3 η ίδια διάκριση προσεγγί-

ζεται από διαφορετικές «οπτικές γωνίες»: στην ενότητα 2 κριτήριο είναι το είδος των γνωσιακών ισχυρισμών που παράγει η έρευνα ενώ στην ενότητα 3 κριτήριο είναι το είδος του προβλήματος που αντιμετωπίζει η έρευνα. Η ενότητα 4 συνοψίζει τα συμπεράσματα και αποτολμά κάποιες «πρακτικές» προτάσεις.

I. Κίνητρο και ωφελιμότητα της έρευνας

Η διάκριση μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας με κριτήριο τα κίνητρα της έρευνας –τα οποία, με τη σειρά τους, προσδιορίζονται με αναφορά στις ωφελιμότητες [utilities] των προϊόντων της έρευνας– αποτελεί την αφετηρία των περισσότερων συναφών συζητήσεων. Η διάκριση είναι, σε πρώτη ματιά, εύλογη και για αυτό ιδιαίτερα διαδεδομένη τόσο σε ακαδημαϊκούς όσο και σε επιχειρησιακούς ή κυβερνητικούς «κύκλους».

Έτσι ο Feibleman (1972, σ. 33) ορίζει ως καθαρή επιστήμη ή βασική έρευνα τη μελέτη της φύσης «σε μια απόπειρα να ικανοποιηθεί η ανάγκη της γνώσης» και ως εφαρμοσμένη επιστήμη τη «χρήση της καθαρής επιστήμης για ορισμένους πρακτικούς ανθρώπινους σκοπούς». Κατά τον Feibleman, η βασική έρευνα έχει ως στόχο την κατανόηση της φύσης ενώ η εφαρμοσμένη έρευνα τον έλεγχο της φύσης.

Μια πιο εκλεπτυσμένη εκδοχή της ίδιας ιδέας απαντά στην περιοδική έκδοση του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) που φέρει τον τίτλο *Frascati Manual*.² Πρώτα, στο εσωτερικό των δράσεων που απαρτίζουν συλλογικά την έρευνα και ανάπτυξη [R&D], διαχωρίζεται η έρευνα, βασική και εφαρμοσμένη, από την πειραματική ανάπτυξη [experimental development]. Η τελευταία συνίσταται σε «συστηματική εργασία, η οποία βασίζεται σε υπάρχουσα γνώση που προέρχεται από την έρευνα ή /και την πρακτική εμπειρία και η οποία στοχεύει στην παραγωγή νέων υλικών, προϊόντων ή διατάξεων, στην εγκατάσταση νέων διεργασιών, συστημάτων και υπηρεσιών, ή στην ουσιαστική βελτίωση εκείνων που έχουν ήδη παραχθεί ή εγκατασταθεί» (OECD 2002, σ. 30). Στη συνέχεια, στο εσωτερικό των δράσεων που απαρτίζουν συλλογικά την έρευνα [research], προτείνεται η ακόλουθη διάκριση μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας:

Βασική έρευνα [basic research] είναι η πειραματική ή θεωρητική εργασία της οποίας ο πρωταρχικός σκοπός είναι η απόκτηση νέας γνώσης των υποκείμενων θεμελίων φαινομένων και παρατηρήσιμων γεγονότων, χωρίς να αποβλέπει σε καμία συγκεκριμένη εφαρμογή ή χρήση. (OECD 2002, σ. 77)

Εφαρμοσμένη έρευνα [applied research] είναι επίσης πρωτότυπη έρευνα που διενεργείται με σκοπό την από-

κτηση νέας γνώσης. Αποβλέπει όμως πρωταρχικά σε ένα συγκεκριμένο πρακτικό σκοπό. (OECD 2002, σ. 78)

Η βάση της διάκρισης είναι πραγματιστική. Η έρευνα κατηγοριοποιείται ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό ή κίνητρο. Το κίνητρο της βασικής έρευνας είναι η γνώση ως αυτοσκοπός ενώ εκείνο της εφαρμοσμένης έρευνας η γνώση για εξυπηρέτηση πρακτικών («εξω-επιστημονικών») αναγκών ή επιθυμιών. Αντίστοιχα, τα αποτελέσματα της βασικής έρευνας αποτιμώνται με αναφορά σε αμιγώς γνωσιακές ωφελιμότητες (αλήθεια, πληροφοριακό περιεχόμενο, εξηγητική επάρκεια)³ ενώ εκείνα της εφαρμοσμένης έρευνας υπόκεινται σε επιπλέον αξιολόγηση με βάση πρακτικές ωφελιμότητες όπως η απλότητα και η ευχρηστικότητα. Μεταξύ δυο ή περισσότερων γνωσιολογικών ισοδύναμων επιστημονικών υποθέσεων προτιμάται η απλούστερη για την καθοδήγηση της πράξης.⁴ Επίσης προτιμάται η πλέον εύχρηστη – δηλαδή, εκείνη που επιτρέπει ευκολότερους υπολογισμούς ή ποσοτικές προσεγγίσεις. Μάλιστα τέτοιες πρακτικές ωφελιμότητες προκρίνονται σε ορισμένες περιπτώσεις έναντι των αμιγώς γνωσιακών όπως η αλήθεια.⁵ Για παράδειγμα, η μηχανική των συνεχών μέσων δεν διεκδικεί εύσημα αλήθειας σε αντιπαράθεση με την κβαντική μηχανική.

Ένα επιπλέον σημείο αξίζει να τύχει ιδιαίτερης προσοχής. Η αναφορά σε «συγκεκριμένη εφαρμογή ή χρήση» ή σε «συγκεκριμένο πρακτικό σκοπό» επιτρέπει την ένταξη στην κατηγορία της βασικής έρευνας γνωσιακών δραστηριοτήτων που στοχεύουν σε ένα ευρύ φάσμα μελλοντικών εφαρμογών. Αντίθετα, η γνώση που προέρχεται από εφαρμοσμένη έρευνα μπορεί να διεκδικεί «εγκυρότητα» για, το πολύ, ένα μικρό πλήθος προϊόντων, διεργασιών, μεθόδων ή συστημάτων. Αυτή η δυνατότητα αξιοποιείται για την εισαγωγή μιας περαιτέρω διάκρισης – αυτής μεταξύ καθαρής βασικής έρευνας [pure basic research] και προσανατολισμένης βασικής έρευνας [oriented basic research]:

Η καθαρή βασική έρευνα διενεργείται για την προαγωγή της γνώσης, χωρίς να επιζητά μακροπρόθεσμα οικονομικά ή κοινωνικά οφέλη και χωρίς να αποπειράται να εφαρμόσει τα αποτελέσματά της σε πρακτικά προβλήματα ή να τα μεταφέρει σε κλάδους επιφορτισμένους με την εφαρμογή τους. (OECD 2002, σ. 78)

Η προσανατολισμένη βασική έρευνα διενεργείται με την προσδοκία να παραγάγει ένα ευρύ πλαίσιο γνώσης το οποίο είναι πιθανόν να αποτελέσει τη βάση για την επίλυση αναγνωρισμένων ή αναμενόμενων, σύγχρονων ή μελλοντικών, προβλημάτων (OECD 2002, σ. 78)

Και αυτή η διάκριση φαίνεται εύλογη. Για παράδειγμα, σύγχρονες μελέτες στην περιοχή της θεωρίας του κβαντικού υπολογισμού πρέπει να εκληφθούν ως περιπτώσεις

βασικής έρευνας, ανεξάρτητα από το ενδεχόμενο μελλοντικής αξιοποίησης των αποτελεσμάτων τους σε κβαντικούς υπολογιστές.

Στο *Frascati Manual 2002*, οι παραπάνω προτεινόμενοι ορισμοί ακολουθούνται από συγκεκριμένα παραδείγματα με σκοπό τη διασάφηση του περιεχομένου τους (OECD 2002, σ. 79-82). Παραθέτω μόνον ένα από αυτά. Η μελέτη μιας κλάσης αντιδράσεων πολυμερισμού κάτω από ποικίλες συνθήκες, η ταυτοποίηση των προϊόντων τους και η διερεύνηση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των εν λόγω προϊόντων ανήκει στη βασική έρευνα. Η προσπάθεια βελτιστοποίησης μιας από αυτές τις αντιδράσεις ως προς την παραγωγή πολυμερών με επιθυμητές φυσικές ή μηχανικές ιδιότητες ανήκει στην εφαρμοσμένη έρευνα. Τέλος, η διερεύνηση και αξιολόγηση διαφόρων μεθόδων παραγωγής του πολυμερούς με «μεγέθυνση κλίμακας» [“scaling up”] της διεργασίας που βελτιστοποιήθηκε στο εργαστήριο ανήκει στην πειραματική ανάπτυξη.

Η διάκριση μεταξύ έρευνας και ανάπτυξης που προτείνει το *Frascati Manual 2002* είναι ευκρινής ως διαφορά στο είδος των προϊόντων: γνώση και τεχνουργήματα αντίστοιχα. Αλλά η περαιτέρω διάκριση ανάμεσα σε βασική και εφαρμοσμένη έρευνα είναι μάλλον αόριστη. Είναι ενδεικτική η ρητή παραδοχή ότι η προτεινόμενη κατηγοριοποίηση υπαινίσσεται ένα «διαχωρισμό που σπάνια υπάρχει στην πραγματικότητα» (OECD 2002, σ. 79). Και τούτο γιατί οι διατυπώσεις βρίθουν ερμηνευτικών δυσκολιών. Κατ' αρχάς ο όρος 'εφαρμογή' δεν είναι φιλοσοφικά δόκιμος. Κάθε επιστημονική θεωρία που θα θεωρούσαμε ως προϊόν βασικής έρευνας εισάγεται με συνοδεία ενός συνόλου υποδειγματικών εφαρμογών. Για την κβαντική θεωρία, λόγου χάριν, αυτό το σύνολο θα συμπεριλάμβανε την ακτινοβολία μέλανος σώματος, το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, τα ατομικά φάσματα, κ.ά. Επιπλέον πολλές «καθαρές επιστήμες» επιστρατεύουν μεθόδους ή έννοιες άλλων «καθαρών επιστημών» για την επίτευξη διαφορετικών γνωσιακών σκοπών από εκείνους για τους οποίους είχαν επινοηθεί αρχικά οι εν λόγω μέθοδοι ή έννοιες. Αρκεί να θυμηθεί κανείς την εφαρμογή της θεωρίας ομάδων στη θεωρητική φυσική, τη στερεοχημεία ή την κρυσταλλογραφία.⁶

Όμως η κύρια αδυναμία του διαχωρισμού της βασικής από την εφαρμοσμένη έρευνα με κριτήριο το κίνητρο της έρευνας έγκειται, όπως έχουν παρατηρήσει οι Sintonen (1990, σ. 24) και Niiniluoto (1993, σ. 2-3), στο ότι η εφαρμογή του κριτηρίου ενδέχεται να δώσει αντιφατικά αποτελέσματα ανάλογα με τον φορέα στον οποίο αποδίδεται το κίνητρο. Ποιου κίνητρα πρέπει να εξεταστούν; Του ερευνητή; Του ιδρύματος που φιλοξενεί την ερευνητική προσπάθεια; Του φορέα που χρηματοδοτεί την ερευνητική προσπάθεια; Ακριβώς «το ίδιο» ερευνητικό πρό-

γραμμα μπορεί να διεξάγεται στα εργαστήρια χημείας ενός πανεπιστημίου και μιας μεγάλης βιομηχανίας. Ακόμη, οι ιδέες που αναπτύσσονται με σκοπό την αντιμετώπιση ενός τεχνολογικού προβλήματος ενδέχεται να μπορούν να αξιοποιηθούν με σκοπό τη διαλεύκανση διακεκριμένων θεωρητικών ζητημάτων. Οι Denbigh και Redhead (1989), λόγου χάριν, δείχνουν πώς ο προβληματισμός των χημικών μηχανικών όσον αφορά τις συνθήκες υπό τις οποίες μια στήλη κλασματικής απόσταξης θα μπορούσε να λειτουργήσει αντιστρεπτά, ώστε να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα, μπορεί να αξιοποιηθεί στην επίλυση ενός διάσημου εννοιολογικού γρίφου της θερμοδυναμικής που είναι γνωστός ως «παράδοξο του Gibbs».

Για τους παραπάνω λόγους, αξίζει να αποπειραθεί κανείς να σκιαγραφήσει μια «συστηματική» διάκριση μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας με αναφορά στη δομή και το περιεχόμενο των γνωσιακών ισχυρισμών που προσιδιάζουν στην καθεμία.⁷

2. Γνωσιακά συμπεράσματα της έρευνας

Κεντρική παραδοχή αυτής της προσέγγισης είναι ότι οι ισχυρισμοί των βασικών επιστημών είναι προτάσεις σε οριστική έγκλιση που περιγράφουν, προβλέπουν ή εξηγούν επιμέρους γεγονότα ή γενικές κανονικότητες του κόσμου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι ισχυρισμοί για (πιθανοκρατικές) αιτιακές σχέσεις μεταξύ τύπων συμβάντων:

(1) C στην κατάσταση B τείνει (με πιθανότητα p) να προκαλέσει E.

Φυσικά, υπάρχουν θεωρίες των βασικών επιστημών, όπως η θεωρία της εξέλιξης των βιολογικών ειδών, που στερούνται προβλεπτικής ικανότητας. Αλλά το διακριτικό γνώρισμα της έρευνας στις βασικές φυσικές επιστήμες –τουλάχιστον, σύμφωνα με μια διαδεδομένη άποψη στη φιλοσοφία των επιστημών– είναι ότι παρέχει «*συστηματικές και υπεύθυνα τεκμηριωμένες εξηγήσεις*».⁸

Βέβαια, όπως διαπιστώνει οποιοσδήποτε ξεφυλλίσει ένα εισαγωγικό βιβλίο στη φιλοσοφία των επιστημών, το τι ακριβώς συγκροτεί *επιστημονική εξήγηση* (καθώς και το πώς επικυρώνονται οι επιστημονικές υποθέσεις) αποτελεί ζήτημα εκτενών φιλοσοφικών αναλύσεων.⁹ Πάντως το αίτημα για εξηγητική επάρκεια μιας θεωρίας δεν πρέπει να συνδέεται στενά με το αίτημα ύπαρξης μιας καθολικά αποδεκτής *ερμηνείας* της θεωρίας αυτής. Τυπικό παράδειγμα αποτελεί η κβαντική μηχανική. Το πεδίο της εξηγητικής της ισχύος περιλαμβάνει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, ατομικά και μοριακά φάσματα, τα φαινόμενα της υπεραγωγιμότητας και υπερ-ρευστότητας, κ.λπ. Παρά ταύτα δεν υπάρχει καθολικά αποδεκτή ερμηνεία της θεω-

ρίας. Δεν «γνωρίζουμε» (ακόμη) τι είδους οντότητες ή διαδικασίες απαντούν στους κόσμους που είναι φυσικώς δυνατοί σύμφωνα με την κβαντική μηχανική. Δεν έχουμε (ακόμη) απαντήσει με απόλυτα ικανοποιητικό τρόπο στο μεταφυσικό-οντολογικό ερώτημα: *πώς θα μπορούσε να είναι ο κόσμος, ή/και η γνωσιολογική μας πρόσβαση σε αυτόν, αν η κβαντική μηχανική ήταν αληθής;* Εξάλλου, τέτοια ζητήματα ερμηνείας παραμένουν εν μέρει ανοικτά ακόμη και για μη κβαντικές θεωρίες, όπως οι κλασικές θεωρίες πεδίων ή η γενική σχετικότητα, οι οποίες επίσης δεν στερούνται εξηγητικής ισχύος.

Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν αποτελέσματα της εφαρμοσμένης έρευνας που στερούνται εξηγητικής ισχύος επειδή ακριβώς δεν συνάγονται από νομοθετικές κανονικότητες. Παραδείγματα αποτελούν ισχυρισμοί που προκύπτουν από στατιστική έρευνα στις κοινωνικές επιστήμες, εμπειρικές γενικεύσεις που αξιοποιούνται στη μετεωρολογική πρόγνωση, κ.ά. Παρόμοιας φύσης ισχυρισμοί συνιστούν ένα σημαντικό μέρος της εκπαίδευσης και της πρακτικής των μηχανικών: ο τύπος του Manning για τον υπολογισμό υδραυλικών αγωγών ελεύθερης επιφανείας ροής, οι αναλογίες Chilton-Colburn για μεταφορά θερμότητας και μάζας ή ορμής, κ.ά.

Θα είναι επωφελές για τα επόμενα να σταθούμε για λίγο να δούμε με περισσότερη λεπτομέρεια την περίπτωση του τύπου του Manning.¹⁰ Πρόκειται για έναν εμπειρικό τύπο που εκφράζει τη μέση ταχύτητα ροής σε ένα ανοικτό κανάλι συναρτήσει της κλίσης, της υδραυλικής ακτίνας διατομής και της τραχύτητας του καναλιού. Για περίπου έναν αιώνα, ο τύπος έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία, από υδρολόγους και γεωμορφολόγους στον υπολογισμό της χωρητικότητας φυσικών ρευμάτων και από πολιτικούς μηχανικούς στο σχεδιασμό τεχνητών καναλιών, χωρίς να υπάρχει ίχνος θεωρητικής τεκμηρίωσής του. Η απουσία θεωρητικής τεκμηρίωσης έχει καταστήσει τον τύπο ακατάλληλο για εξυπηρέτηση του στόχου της γενικής κατανόησης φαινομένων της ροής ρευστών. Ασφαλώς, μπορεί κάποιος να επικαλεστεί τον τύπο του Manning για να «εξηγήσει», παραδείγματος χάριν, γιατί ένα συγκεκριμένο κανάλι υπερχείλισε. Αλλά αυτό θα συνιστά ένα εγχείρημα «τεχνολογικής εξήγησης» που από τη φύση του δεν θα ενέχει καμία αξίωση γενίκευσης. Μόνον πολύ πρόσφατα, σε ένα άρθρο που δημοσιεύτηκε το 2001 στην επιθεώρηση φυσικής *Physical Review Letters*,¹¹ βρήκε ο τύπος του Manning θεωρητική τεκμηρίωση με αναγωγή σε μια φαινομενολογική θεωρία τυρβώδους ροής. Και είναι ακριβώς αυτή η αναγωγή που συνέβαλε στη βαθύτερη κατανόηση του μηχανισμού της μεταφοράς ορμής.

Δυο σημεία αξίζουν ιδιαίτερης προσοχής. Πρώτο, η αναγωγή εμπειρικών γενικεύσεων που χρησιμοποιούνται

με επιτυχία από μηχανικούς σε νόμους και θεωρίες των φυσικών επιστημών αποτελεί μια ιδιαίτερη περίπτωση βασικής έρευνας. Και δεύτερο, αν θέλει κανείς να μιλήσει για «εξήγηση» στην τεχνολογία, πρέπει να αναγνωρίσει τις σημαντικές διαφορές από την εξήγηση στην επιστήμη. Η «εξήγηση» στην τεχνολογία αφορά είτε το γιατί ένα τεχνούργημα απέτυχε να ικανοποιήσει τις προσδοκίες μας είτε το πώς ένα τεχνούργημα λειτουργεί με τον τρόπο που λειτουργεί είτε το γιατί η λειτουργία ενός τεχνουργήματος είχε απροσδόκητα αποτελέσματα. Και κανένα ερώτημα που ανήκει σε κάποιο από αυτά τα τρία είδη ερωτημάτων δεν μπορεί να απαντηθεί χωρίς ουσιώδη αναφορά στο συγκεκριμένο. Αντίθετα, στις πρότυπες περιπτώσεις επιστημονικών εξηγήσεων ένα επιμέρους γεγονός ή μια γενική κανονικότητα εξηγείται με υπαγωγή κάτω από μια ήδη δικαιολογημένη καθολική ή στατιστική γενίκευση.¹² Εδώ και στο εξής θα χρησιμοποιώ τον όρο 'εξήγηση' (χωρίς επιθετικούς προσδιορισμούς ή εισαγωγικά) ως συνώνυμο του όρου 'επιστημονική εξήγηση'.

Πάντως θα ήταν απλοϊκό να ταυτίσει κανείς τη διάκριση μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας με τη διάκριση μεταξύ εξηγητικών και αποκλειστικά προβλεπτικών περιγραφικών γενικεύσεων. Το γεγονός ότι η εφαρμοσμένη έρευνα αποβλέπει τελικώς σε κάποιο πρακτικό σκοπό επιβάλλει μια ιδιαίτερη μορφή στους συναφείς ισχυρισμούς – τη μορφή ενός τεχνικού γνώμονα [technical norm]:

(2) Αν επιθυμείς E και έχεις την πεποίθηση ότι βρίσκεις στην κατάσταση B, τότε πρέπει να πραγματοποιήσεις C.

Η κανονιστική συνιστώσα τέτοιων υποθετικών προτάσεων μπορεί, κατά περίπτωση, να διατυπώνεται με διαφορετικούς τρόπους: «Είναι ορθολογικό για εσένα να πραγματοποιήσεις C», «Είναι επωφελές για εσένα να πραγματοποιήσεις C», κ.λπ. Το σημαντικό είναι ότι υποθετικές προτάσεις της μορφής (2) εκφράζουν γνήσιους γνωσιακούς ισχυρισμούς: μπορεί να είναι αληθείς ή ψευδείς, δικαιολογημένες ή μη. Η δικαιολόγηση μπορεί να προκύπτει με συναγωγή από προτάσεις της μορφής (1) (με υψηλή τιμή της παραμέτρου p) τις οποίες έχει τεκμηριώσει είτε η βασική έρευνα είτε κάποιες «εμπειρικές» μέθοδοι.

Από αυτή τη σκοπιά, η μορφή (2) αποτελεί το υπόδειγμα λογικής μορφής των ισχυρισμών που παράγει η εφαρμοσμένη έρευνα. Βέβαια, συχνά τέτοιοι ισχυρισμοί είναι ελλειπτικά διατυπωμένοι γιατί οι αξιακές προκείμενες που προσδιορίζουν το ποιες καταστάσεις πραγμάτων είναι επιθυμητές σε δεδομένες συνθήκες θεωρούνται «κοινός τόπος». Έτσι στην εφαρμοσμένη ιατρική έρευνα δεν γίνεται ρητή αναφορά στην επιθυμία για ίαση των ασθενών, στην εφαρμοσμένη αεροναυπηγική έρευνα δεν

γίνεται ρητή αναφορά στην επιθυμία για ασφάλεια των πτήσεων, κ.λπ.

Ωστόσο, η λογική μορφή (2) παρέχει το πρότυπο των προτάσεων που προκύπτουν από τον μηχανοτεχνικό σχεδιασμό [engineering design].¹³ Ο σχεδιασμός δεν ενδιαφέρεται να περιγράψει το πώς έχουν τα πράγματα αλλά να επινοήσει κατευθύνσεις δράσης που υπόσχονται να μετατρέψουν τις υπάρχουσες καταστάσεις σε επιθυμητές.¹⁴ Πάντως το γεγονός ότι ο σχεδιασμός εντάσσεται στην κατηγορία της εφαρμοσμένης έρευνας δεν επιβάλλει την ένταξη όλων των μηχανοτεχνικών κλάδων στην ίδια κατηγορία. Για να προσδιορίσουμε το «υπόλοιπο» θα στραφούμε σε μια ακόμη προσέγγιση της υπό εξέταση διάκρισης.

3. Ερευνητικά προβλήματα

Μια, από πρώτη άποψη, πρόσφορη οδός προς τη σχετική οριοθέτηση βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας φαίνεται να ξεκινά από την παραδοχή ότι η εφαρμοσμένη έρευνα αναπτύσσεται στη «διεπιφάνεια» μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας.¹⁵ Αλλά αυτή η οδός αποδεικνύεται «δύσβατη» για δυο κυρίως λόγους. Ο πρώτος είναι ότι η ολοένα και μεγαλύτερη συμπληρωματικότητα μεταξύ σύγχρονης επιστήμης και τεχνολογίας¹⁶ καθιστά «θολή» την ίδια τη «διεπιφάνεια» μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας. Ο δεύτερος είναι ότι το εύρος μερικών φιλοσοφικών αναλύσεων της τεχνολογικής πρακτικής δυσχεραίνει οποιαδήποτε χρήσιμη σχετική οριοθέτηση της τεχνολογίας από την επιστήμη.¹⁷

Απέναντι σε αυτά τα εμπόδια, ένας τρόπος προσέγγισης μιας ασαφούς, αλλά χρήσιμης, διάκρισης μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας είναι ο εξής. Υιοθετούμε μια ενιαία οπτική τόσο για την επιστήμη όσο και για την τεχνολογία και στο πλαίσιο αυτής της οπτικής εντοπίζουμε τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν τις κατεξοχήν εκδηλώσεις της τεχνολογικής πρακτικής από εκείνες της επιστημονικής πρακτικής.

Η «ενιαία οπτική» που θα ακολουθήσω εδώ είναι ότι η κύρια δραστηριότητα τόσο της επιστήμης όσο και της τεχνολογίας είναι η επίλυση προβλημάτων. Αυτή η ενιαία θέαση επιτρέπει την απόπειρα σκιαγράφησης των σχετικών οριοθετήσεων με κριτήριο το είδος των προβλημάτων που αντιμετωπίζει η επιστημονική και η τεχνολογική έρευνα.¹⁸ Εκείνο που χρειάζεται τώρα είναι ένας χαρακτηρισμός της τεχνολογίας που θα επιτρέψει τον εντοπισμό των χαρακτηριστικών των κατεξοχήν τεχνολογικών προβλημάτων. Έναν τέτοιο χαρακτηρισμό, που βρίσκεται κοντά στην αυθόρμητη αντίληψη των μηχανικών αλλά και του κοινού νου, είχε προσφέρει πριν από αρκετά χρόνια ο Walenty Nowicz (1968, σ. 586): ο όρος 'τεχνολογία' συμπεριλαμβάνει (α) υλικά τεχνουργήματα (αντικείμενα,

συσκευές, διεργασίες, κ.λπ.) καθώς και τη γνώση που τα αφορά και (β) τη δραστηριότητα που κατευθύνεται προς την ικανοποίηση συγκεκριμένων ανθρώπινων και κοινωνικών αναγκών καθώς και τη γνώση που ενέχεται σε αυτή τη δραστηριότητα. Σε αυτή την προσέγγιση, ένα κατεξοχήν τεχνολογικό πρόβλημα καθορίζεται από ένα αίτημα για την παραγωγή ενός υλικού τεχνουργήματος που θα πραγματώσει μια συγκεκριμένη επιθυμητή κατάσταση πραγμάτων –θα ικανοποιήσει μια συγκεκριμένη ανθρώπινη ή κοινωνική ανάγκη. Έτσι ένα τεχνολογικό πρόβλημα τίθεται πάντα από έναν εξωτερικό φορέα (ένα άτομο, μια ομάδα, ένα θεσμό, κ.λπ.) και κάθε προτεινόμενη λύση αξιολογείται με κριτήρια που θέτει, ή τουλάχιστον αποδέχεται, ο φορέας αυτός. Κατά περίπτωση, τα κριτήρια ενδέχεται να πηγάζουν από βιολογικούς, οικονομικούς, ηθικούς ή, ευρύτερα, πολιτισμικούς περιορισμούς.

Εν γένει, ένα τεχνολογικό πρόβλημα επιδέχεται περισσότερες της μιας λύσεις (εφόσον είναι δυνατόν να λυθεί). Οι δυνατές λύσεις αξιολογούνται επίκληση δυο κανονιστικών αρχών. Η πρώτη είναι η αρχή της *αποτελεσματικότητας* [efficiency, effectiveness]: καθεμία από τις τεχνικές παραμέτρους του τεχνουργήματος πρέπει να ανήκει σε ένα σύνολο τιμών που επιβάλλεται για κάθε τεχνούργημα που φιλοδοξεί να ικανοποιήσει το συγκεκριμένο είδος επιθυμίας. Μια γέφυρα πρέπει να είναι ανθεκτική σε φορτία, να έχει σύντομη διάρκεια κατασκευής αλλά μεγάλη διάρκεια λειτουργίας, να μπορεί να κατασκευαστεί από διαθέσιμα υλικά, κ.ο.κ. Ένας κινητήρας πρέπει να μπορεί να παράγει ικανό ωφέλιμο έργο, να χρησιμοποιεί διαθέσιμη ποιότητα και ποσότητα καυσίμων, να μην ρυπαίνει ή ηχορυπαίνει υπερβολικά το περιβάλλον, κ.ο.κ. Η αποτελεσματικότητα προσδιορίζει ιδεώδεις λύσεις του τεχνολογικού προβλήματος. Η δεύτερη κανονιστική αρχή είναι αυτή της *οικονομίας* [economy]: το τεχνούργημα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να πραγματώνει ένα αποδεκτό επίπεδο ικανοποίησης της επιθυμίας του εντολέα χωρίς να υπερβαίνει ένα ανεκτό για αυτόν κόστος (οικονομικό, κοινωνικό, αισθητικό, κ.λπ.). Έτσι, υπό την κανονιστική αρχή της οικονομίας ομαδοποιούνται κριτήρια που τίθενται αποκλειστικά από τον εξωτερικό φορέα που παραγγέλνει τη λύση του τεχνολογικού προβλήματος.¹⁹

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των τεχνολογικών προβλημάτων είναι το εξής. Δεδομένου ότι ένα τεχνούργημα προορίζεται να λειτουργήσει στον πραγματικό κόσμο, ένα τεχνολογικό πρόβλημα εμπλέκει τα πραγματικά φαινόμενα σε μια πολλαπλότητα των πτυχών τους. Ας θεωρήσουμε, για παράδειγμα, το τεχνολογικό πρόβλημα της κατασκευής ενός αγωγού φυσικού αερίου. Ο σχεδιασμός του έργου απαιτεί μελέτη από τη σκοπιά των φαινομένων μεταφοράς, της θερμοδυναμικής, της αυτόματης ρύθμισης διεργασιών, της αντοχής υλικών, της στατικής κατα-

σκευών, της διάβρωσης μετάλλων, κ.λπ. Επιπλέον θα απαιτεί τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων ποικίλης φύσης όπως γεωλογικών, υδρογεωλογικών, μετεωρολογικών, τοπογραφικών, περιβαλλοντικών (π.χ., φυτοκάλυψη, είδη βλάστησης), κ.λπ. Ασφαλώς θα απαιτούνται επιπροσθέτως οικονομικές μελέτες για το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης καθώς και οικολογικές μελέτες για τις ενδεχόμενες επιπτώσεις του έργου στο περιβάλλον. Είναι φανερό ότι οι γνώσεις τις οποίες αξιοποιεί μια τέτοια τεχνολογική μελέτη δεν μπορούν παρά να προέρχονται από περισσότερες της μιας φυσικές επιστήμες (φυσική, χημεία, βιολογία, γεωλογία). Ακόμη μπορεί κανείς να διακρίνει την, έστω έμμεση, συμβολή κοινωνικών επιστημών όπως τα οικονομικά, εφαρμοσμένων επιστημών όπως η ηλεκτροχημική διάβρωση και προστασία, διεπιστημονικών περιοχών όπως η κυβερνητική, κ.λπ. Τέλος, όπως μπορεί να βεβαιώσει κάθε μηχανικός, η επίλυση του τεχνολογικού προβλήματος θα αξιοποιήσει επίσης εμπειρικές υποθέσεις που δεν συνάγονται αυστηρά στο πλαίσιο καμιάς βασικής επιστήμης, θα χρησιμοποιήσει ελλιπή ή «προβληματικά» δεδομένα, θα επιστρατεύσει πρακτικές δεξιότητες, κ.λπ. Το συμπέρασμα είναι τετριμμένο για κάθε μηχανικό: η επίλυση ενός τεχνολογικού προβλήματος επιζητά την αποκατάσταση δεσμών μεταξύ ποικίλων επιστημονικών ή μη θεωριών, δεσμών εξωτερικών ως προς τις θεωρίες καθαυτές και προσδιοριζόμενων από το ίδιο το τεχνολογικό πρόβλημα.²⁰ Με αυτή την έννοια, η τεχνολογική έρευνα είναι κυρίως διαθεωρητική και καθοδηγούμενη από εξωεπιστημονικά αιτήματα.

Αντίθετα, η επιστημονική έρευνα είναι κυρίως μονοθεωρητική και καθοδηγούμενη από ενδοεπιστημονικά αιτήματα. Πράγματι, πολύ γενικά, ένα επιστημονικό πρόβλημα καθορίζεται από ένα αίτημα για περαιτέρω επεξεργασία είτε του εννοιολογικού συστήματος είτε των πειραματικών διαδικασιών της εν λόγω επιστήμης ώστε να αποκατασταθούν «ικανοποιητικότερες» σχέσεις μεταξύ αυτών των δυο στοιχείων της εν λόγω επιστήμης και του συνόλου των φαινομένων που συγκροτεί το αντικείμενό της. Έτσι ένα επιστημονικό πρόβλημα τίθεται πάντα από την εσωτερική δυναμική της επιστήμης στην οποία ανήκει και κάθε προτεινόμενη λύση αξιολογείται με εσωτερικά κριτήρια που παρέχει η ερευνητική παράδοση στην οποία εντάσσεται. Είναι αυτή η παράδοση που έχει τον πρώτο λόγο στον καθορισμό των κανονιστικών ιδεωδών (π.χ., λογική ή μαθηματική συνέπεια, συμφωνία θεωρίας-πειράματος, κ.λπ.) που θα περιορίσουν το εύρος των αποδεκτών λύσεων. Επιπλέον, δεδομένου ότι κάθε επιστήμη οικειοποιείται γνωσιακά μόνον εκείνες τις ειδικές όψεις των φαινομένων που επιδέχονται περιγραφή με τις έννοιες που η ίδια διαθέτει, ένα επιστημονικό πρόβλημα δεν εμπλέκει τα πραγματικά φαινόμενα στην ολότητά τους.

Με αυτή την έννοια, η επιστημονική γνώση είναι φραγμένη από τη θεωρία.²¹

Ίσως προκαλεί εντύπωση το γεγονός πως μάλλον προκλητικά συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν από τις παραπάνω μάλλον τετριμμένες παρατηρήσεις. Πράγματι, μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι κανένα τεχνολογικό πρόβλημα δεν επιδέχεται επιστημονική λύση και ότι η τεχνολογική έρευνα στερείται κάθε είδους εσωτερικής δυναμικής. Και το πρόβλημα δεν είναι εάν πρέπει κανείς να αποτολμήσει τις προκλητικές διατυπώσεις. Το πρόβλημα είναι ότι η παραπάνω εικόνα αντιβαίνει στις διαισθήσεις και των πλέον «καλόπιστων» ερευνητών των τεχνολογικών ιδρυμάτων. Η εξήγηση είναι απλή. Μέχρι εδώ επικεντρώθηκα στα κατεξοχήν τεχνολογικά και τα κατεξοχήν επιστημονικά προβλήματα –στα δυο άκρα του συνεχούς «φάσματος» μεταξύ τεχνολογίας και επιστήμης. Στο «μέσο» του φάσματος εντοπίζονται τα μηχανοτεχνικά προβλήματα που μοιράζονται χαρακτηριστικά τόσο των τεχνολογικών όσο και των επιστημονικών προβλημάτων και που είναι υπεύθυνα για την αυτόνομη δυναμική της έρευνας εντός των τεχνολογικών ιδρυμάτων.

Στο σύγχρονο τεχνολογικό περιβάλλον, οι διαθεωρητικές σχέσεις που απαιτούν για την επίλυσή τους τα περισσότερα τεχνολογικά προβλήματα δεν αποκαθίστανται *ad hoc* για κάθε συγκεκριμένο τεχνολογικό πρόβλημα ξεχωριστά. Η αναγνώριση ομοιοτήτων και αναλογιών μεταξύ διαφορετικών τεχνολογικών προβλημάτων, αλλά και η ίδια η ανάπτυξη των συνεργαζομένων επιστημών, έχει οδηγήσει στην ταξινόμηση των τεχνολογικών προβλημάτων σε οικογένειες γύρω από τις οποίες έχουν σχηματιστεί λίγο ως πολύ μόνιμες ομάδες επιστημών, θεωριών και τεχνικών. Αυτά τα εσωτερικώς διασυνδεδεμένα μορφώματα επιστημών, θεωριών και τεχνικών συγκροτούν τους σύγχρονους μηχανοτεχνικούς κλάδους, καθένας από τους οποίους απολαμβάνει τη δική του σχετική αυτονομία ως προς τους υπόλοιπους αλλά και ως προς τις βασικές επιστήμες. Η διαδικασία συγκρότησης είναι ένα είδος «διεπιστημονικής υβριδοποίησης» που επάγεται από μια οικογένεια τεχνολογικών προβλημάτων. Έτσι κάθε μηχανοτεχνικός κλάδος –κάθε ειδικότητα μηχανικού («χημικός μηχανικός», «πολιτικός μηχανικός», «ηλεκτρολόγος μηχανικός», κ.λπ.)– αυτοπροσδιορίζεται, σε τελευταία ανάλυση, με αναφορά σε κάποια οικογένεια τεχνολογικών προβλημάτων. Για παράδειγμα, ο μηχανοτεχνικός κλάδος των χημικών μηχανικών απέκτησε την εσωτερική του συγκρότηση με την ανάλυση των διαδικασιών που πραγματώνονται στη χημική βιομηχανία στις λεγόμενες «unit operations» (ροή ρευστών, μεταφορά θερμότητας, μεταφορά μάζας, θερμοδυναμικές διαδικασίες, μίξη, χημική αντίδραση, κ.λπ.).

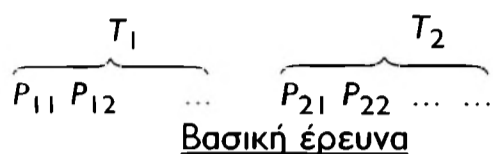
Η φύση των τεχνολογικών προβλημάτων στην επίλυση των οποίων καλείται να συνδράμει ένας μηχανοτεχνικός κλάδος, καθορίζει το περιεχόμενο των θεωριών που θα συμμετάσχουν στη διαμόρφωση του κλάδου και εξειδικεύει την κανονιστική αρχή της αποτελεσματικότητας με την οποία θα κρίνονται οι λύσεις των οικείων τεχνολογικών προβλημάτων. Για παράδειγμα, η αποτελεσματικότητα εξειδικεύεται κυρίως στην ακρίβεια των μετρήσεων για τους τοπογράφους μηχανικούς, στην αντοχή και τη λειτουργικότητα των κατασκευών για τους πολιτικούς μηχανικούς, κ.ο.κ. Από την άλλη, οι θεωρίες που συναπαρτίζουν το γνωσιακό υπόβαθρο ενός μηχανοτεχνικού κλάδου ταξινομούνται, ως προς το περιεχόμενο, σε δυο κατηγορίες: στις *γεγονικές θεωρίες* και στις *επιχειρησιακές θεωρίες*.²²

Μια γεγονική μηχανοτεχνική θεωρία περιγράφει, προβλέπει και εξηγεί επιμέρους γεγονότα ή γενικές κανονικότητες σε μια περιοχή του κόσμου με τη βοήθεια ενός συνεκτικού εννοιολογικού συστήματος το οποίο, *καταρχήν*, θα μπορούσε να αναχθεί σε μια επιστημονική θεωρία. Το κατηγορηματικό 'συνεκτικό' συμπαραδηλώνει τις μεθοδολογικές απαιτήσεις, όχι μόνον της λογικής και μαθηματικής συνέπειας, αλλά και εκείνες της αλληλοσύνδεσης των εννοιών και της αλληλοϋποστηρικτικότητας των ισχυρισμών. Επίσης η αναγωγή σε μια επιστημονική θεωρία μπορεί να μην είναι τελικά εφικτή (π.χ., λόγω μαθηματικών δυσκολιών) ή επιθυμητή (π.χ., χάριν απλοποίησης των υπολογισμών). Τυπικό παράδειγμα είναι η *καταρχήν* αναγωγή της ρευστομηχανικής στη φυσική. Τέλος, δεν είναι απαραίτητο να εκλαμβάνεται ως *αληθής* η θεωρία που θα αποτελούσε τη βάση αναγωγής. (Οι περισσότεροι μηχανικοί δεν συνυπολογίζουν κβαντικές ή σχετικιστικές διορθώσεις!) Με δυο λόγια, οι γεγονικές μηχανοτεχνικές θεωρίες επιτελούν ανάλογες γνωσιακές λειτουργίες με εκείνες των θεωριών των βασικών επιστημών με μόνη διαφορά ότι δεν ενδιαφέρονται απλώς για το «πώς έχουν τα πράγματα» αλλά για το «πώς έχουν τα πράγματα ώστε να κάνουμε άλλα πράγματα να δουλεύουν». ²³ Παραδείγματα γεγονικών μηχανοτεχνικών θεωριών είναι η εφαρμοσμένη θερμοδυναμική, η εδαφομηχανική, η θεωρία του αυτομάτου ελέγχου, η θεωρία της κινητικής και της κατάλυσης σε αντιδραστήρες, κ.ά.

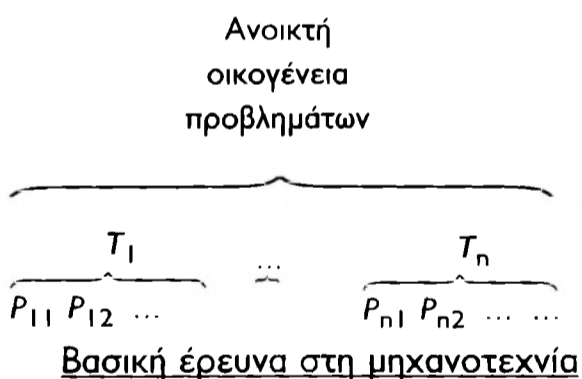
Από την άλλη, οι επιχειρησιακές μηχανοτεχνικές θεωρίες είναι ουσιαστικώς προσανατολισμένες προς την πράξη: το αντικείμενό τους είναι να διατυπώνουν κανόνες που υπαγορεύουν το βέλτιστο τρόπο δράσης κατά την διαδικασία της τεχνολογικής υλοποίησης. Τέτοιες θεωρίες είναι η θεωρία αποφάσεων, η θεωρία βελτιστοποίησης, η θεωρία διοίκησης, κ.λπ. Η κανονιστική αρχή που προσιδιάζει στις επιχειρησιακές μηχανοτεχνικές θεωρίες είναι η αρχή της οικονομίας ενώ εκείνη που προσιδιάζει στις

γεγονικές μηχανοτεχνικές θεωρίες είναι η αρχή της απο-τελεσματικότητας.

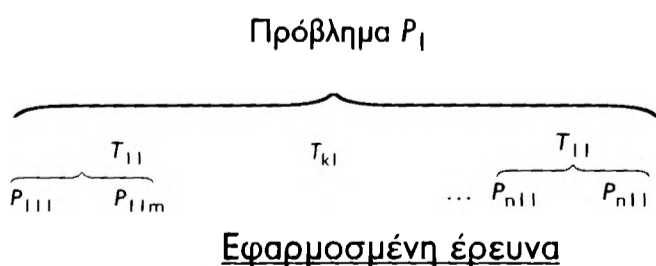
Ποια, όμως, είναι η συμβολή όλης αυτής της συζήτησης στο εγχείρημα της διάκρισης μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας; Δυο είναι τα (μη προφανή εξαρ-χής) συμπεράσματα. Πρώτον, η βασική έρευνα καθοδη-γείται ως προς την προβληματοθεσία από θεωρίες. Τα τυπικά ερευνητικά προβλήματα που υπάγονται στη βασική έρευνα είναι μονοθεωρητικά. Σχηματικά, η εικόνα του τοπίου της βασικής έρευνας έχει ως εξής:²⁴



όπου τα T_j ($j = 1, 2, \dots$) παριστάνουν θεωρίες και τα P_{jk} ($k = 1, 2, \dots$) παριστάνουν τα προβλήματα που αναδύονται με υπόβαθρο τη θεωρία T_j . Το δεύτερο συμπέρασμα είναι ότι στη βασική έρευνα μπορούν να ενταχθούν προβλή-ματα τα οποία αναδεικνύει η εσωτερική δυναμική των γεγο-νικών μηχανοτεχνικών θεωριών. Η επίλυση ενός τέτοιου προβλήματος είναι μόνο *δυνάμει* μέρος της επίλυσης ενός προβλήματος εφαρμοσμένης έρευνας. Πρόκειται για την *προσανατολισμένη* βασική έρευνα κατά την ορολογία του *Frascati Manual*. Εδώ η εικόνα είναι παρόμοια με την παρα-πάνω με μοναδική διαφορά ότι το σύνολο των θεωριών προσδιορίζεται με αναφορά σε μια *ανοικτή* οικογένεια προβλημάτων:



Για να γίνει εναργέστερη η κατανόηση της διαφοράς, η αντίστοιχη εικόνα για την εφαρμοσμένη έρευνα θα είχε τη μορφή:



όπου οι θεωρίες T_{ji} ($j = 1, \dots, n$) επινοούνται ως «απαντή-σεις» σε «ερωτήματα» που θέτει το εξαρχής δεδομένο πρόβλημα P_i . Από μια άποψη, στην εφαρμοσμένη έρευ-να έχουμε συγκεκριμένα πρακτικά προβλήματα που ανα-ζητούν λύσεις ενώ στη βασική μηχανοτεχνική έρευνα έχουμε λύσεις που περιμένουν πρακτικά προβλήματα.

4. Προς μια εργαλειακή διάκριση: η σκιαγράφηση μερικών κριτηρίων

Σημείο εκκίνησης του παρόντος κειμένου ήταν η αναγνώ-ριση του γεγονότος ότι η διχοτομία μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας, μολονότι παίζει σημαντικό ρόλο στο στρατηγικό σχεδιασμό μιας ερευνητικής *πολιτικής*, βασίζεται σε μια ασαφή διάκριση. Η ασάφεια πηγάζει από τους πρωταρχικούς ορισμούς των προσδιορισμών ‘*βασι-κή*’ και ‘*εφαρμοσμένη*’ που βασίζονται στο κριτήριο του σκοπού ή κινήτρου του κάθε είδους έρευνας. Το κριτή-ριο αυτό δεν επαρκεί για τη λήψη αποφάσεων σε συγκε-κριμένες περιπτώσεις γιατί η εφαρμογή του ενέχει ερμη-νευτικές δυσχέρειες. Ωστόσο, η ίδια διάκριση μπορεί να προσεγγιστεί με κριτήριο είτε τη φύση και τη δομή των γνωσιακών ισχυρισμών που αποτελούν τα συμπεράσματα της έρευνας είτε το είδος του ερευνητικού προβλήματος. Ο ακόλουθος πίνακας συνοψίζει τα συμπεράσματα.

Κριτήριο	Είδος Έρευνας	
Κίνητρο	ΒΑΣΙΚΗ	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
Γνωσιακοί ισχυρισμοί	Περιγραφή, Πρόβλεψη και Εξήγηση	Τεχνικοί γνώμονες, Περιγραφικές γενικεύσεις χωρίς εξηγητική ικανότητα
Προβλήματα	Επιστημονικά προβλήματα, προβλήματα γεγονικών μηχανοτεχνικών θεωριών («μονοθεωρητικά»)	Προβλήματα επιχειρησιακών μηχανοτεχνικών θεωριών, προβλήματα μηχανοτεχνικού σχεδιασμού

Σημαίνουν όλα αυτά ότι η διάκριση μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας έχει αποσαφηνιστεί πλήρως; Ασφαλώς, όχι! Απλώς η διάκριση έχει σκιαγραφηθεί από διαφορετικές «γωνίες», με χρήση διαφορετικών κριτη-ρίων, ώστε να καταστεί περισσότερο εργαλειακή. Για παράδειγμα, δεδομένου ενός ερευνητικού προγράμ-ματος, μια θετική απάντηση σε οποιαδήποτε από τις παρα-κάτω ερωτήσεις θα έδινε καλούς λόγους στον κριτή να εντάξει το πρόγραμμα στην περιοχή της εφαρμοσμένης έρευνας.

- Αποτελεί στόχο του προγράμματος η δικαιολόγηση κάποι-ου τεχνικού γνώμονα;
 - Βασίζεται το πρόγραμμα σε περιγραφικούς ισχυρισμούς που στερούνται εξηγητικής ισχύος;
 - Μπορεί να ενταχθεί το πρόγραμμα στη δικαιοδοσία του μηχανοτεχνικού σχεδιασμού;
 - Εντάσσεται το πρόβλημα που φιλοδοξεί να επιλύσει το πρόγραμμα στην κατηγορία προβλημάτων που πραγματεύονται οι επιχειρησιακές μηχανοτεχνικές θεωρίες;
- Φυσικά, θα ήταν αφελές να πιστέψει κανείς ότι με αυτό τον τρόπο οδηγείται σε μονοσήμαντες ασφαλείς

αποφάσεις. Και τούτο γιατί δεν υπάρχει καθολικά αποδεκτή κατανόηση όρων όπως 'θεωρία' ή 'εξήγηση', γιατί οι εκτιμήσεις όσον αφορά το επίπεδο συγκρότησης μιας μηχανοτεχνικής θεωρίας ενδέχεται να διαφέρουν, κ.ο.κ. Για να δώσω ένα τελευταίο παράδειγμα, μολονότι τα προβλήματα που πραγματεύονται οι επιχειρησιακές μηχανοτεχνικές θεωρίες υπάγονται μάλλον στην εφαρμοσμένη έρευνα, μια μαθηματική ή φιλοσοφική μελέτη που έχει ως αντικείμενο μια επιχειρησιακή μηχανοτεχνική θεωρία πρέπει να ενταχθεί στη βασική έρευνα. Και τέτοιες διαφορές μεταξύ επιπέδων δεν είναι πάντοτε ευκρινείς.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

* Ένα εκτενέστερο κείμενο παρουσιάστηκε ως εισήγηση στη Συγκλητική Επιτροπή Βασικής Έρευνας του ΕΜΠ με προτροπή του προέδρου της, καθηγητή Μηχανικής ΕΜΠ Ι. Βαρδουλάκη. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη της Επιτροπής για την προσεκτική ανάγνωση και τα εποικοδομητικά σχόλια –ιδίαιτερα, τον καθηγητή Φυσικής ΕΜΠ Ε. Γαζή του οποίου οι λεπτομερείς παρατηρήσεις πάνω σε προσχέδια του άρθρου με βοήθησαν να βελτιώσω σημαντικά το τελικό κείμενο. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Χημικής Μηχανικής Γ. Προκοπάκη για τα εκτενή κριτικά σχόλια προερχόμενα από βαθιά γνώση και προβληματισμό του ιδίου πάνω σε ζητήματα έρευνας. Τέλος, επιθυμώ να ευχαριστήσω τον καθηγητή Φιλοσοφίας ΕΜΠ Α. Μπαλτά και τον Δρ. Μαθηματικής Φυσικής Θ. Γραμμένο που και σε αυτή την προσπάθεια υπήρξαν ενεργοί συμπαραστάτες

- 1 Βλ. EC (2005, σ. 18 και υποσημ. 12). Ας σημειωθεί ότι κατά τους συντάκτες του κειμένου μια από τις κύριες «παθολογίες» της έρευνας στην Ευρώπη είναι το λεγόμενο «Ευρωπαϊκό παράδοξο»: η Ευρώπη επιδεικνύει αρκετή ενεργητικότητα στις βασικές επιστήμες (χημεία, φυσική, μαθηματικά και κλινική ιατρική) αλλά υστερεί στον ανταγωνισμό όσον αφορά τις καινοτομίες [innovations] που συνδέονται με αυτές τις επιστήμες (EC 2005, σ. 27, 44).
- 2 Οι ορισμοί που περιέχονται σε αυτή την έκδοση μεταφέρονται επί λέξει στους νόμους και τα νομοσχέδια ελληνικών κυβερνήσεων.
- 3 Η αναγνώριση της αλήθειας ως γνωσιακού στόχου της βασικής έρευνας παραπέμπει στον επιστημονικό ρεαλισμό. Δεν θα υπεισέλθω εδώ στη σχετική φιλοσοφική διαμάχη. Να τονίσω μόνον το προφανές: ο τρόπος με τον οποίο καθένας αντιμετωπίζει τη διάκριση βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας ή τη διάκριση επιστήμης και τεχνολογίας εξαρτάται από τις μετα-επιστημονικές θέσεις που υιοθετεί. Για παράδειγμα, κατά την πραγματιστική γνωσιολογία του Pitt (1983), η τεχνολογία νοείται με τόσο ευρύ τρόπο ώστε να περιλαμβάνει όλη την επιστήμη.
- 4 Βέβαια η «απλότητα» των επιστημονικών υποθέσεων δεν είναι απλό ζήτημα.
- 5 Βλ. και Niiniluoto (1993, σ. 5-6).
- 6 Ανάλογες παρατηρήσεις είναι χρήσιμες για την υπονόμηση της «παραδοσιακής άποψης» ότι η τεχνολογία δεν είναι παρά εφαρμοσμένη επιστήμη. Υποστηρικτής της παραδοσιακής άποψης ήταν ο Bunge (1972). Η άποψη αυτή δεν απηχεί πλέον τη γνώμη των περισσότερων φιλοσόφων της τεχνολογίας. Βλ., π.χ., Skolimowski (1972), Gutting (1984) και Mitcham (1994, σ. 199-204).

- 7 Η σκιαγράφηση της διάκρισης οφείλεται στον Niiniluoto (1993).
- 8 Παράφραση μιας δήλωσης του Nagel (1961, σ. 15).
- 9 Βλ. και Salmon (1990).
- 10 Για την παρόμοια περίπτωση των αναλογιών Chilton-Colburn παραπέμπω στο κλασικό για χημικούς μηχανικούς Bird κ.ά. (1960).
- 11 Βλ. Gioia και Bombardelli (2002).
- 12 Η αντίληψη αυτή αποτελεί τον πυρήνα του καθιερωμένου «μοντέλου του επικαλύπτοντος νόμου» ["covering law model"] για την επιστημονική εξήγηση. Βλ., π.χ., Salmon (1990). Η έννοια της «τεχνολογικής εξήγησης» και οι διαφορές της από την έννοια της επιστημονικής εξήγησης ανατέμνονται από τον Pitt (2000, κεφ. 4).
- 13 Χρησιμοποιώ τον όρο 'μηχανοτεχνία' για την απόδοση του αγγλικού όρου 'engineering'. Ο νεολογισμός αυτός οφείλεται στον καθηγητή ΕΜΠ Θ. Π. Τάσσιο. Υιοθέτησα τη μεταφραστική πρόταση μετά από την επαφή μου με τη διπλωματική εργασία του Νιάδα (1997).
- 14 Η βασική ιδέα αποδίδεται στον Herbert Simon. Για λεπτομέρειες, από την οπτική του management, βλ. Friedman (2003).
- 15 Πρβλ. όμως Agassi (1980).
- 16 Βλ., π.χ., Cordero (1998).
- 17 Για παράδειγμα ο Ferré (1998, σ. 26) ορίζει τις τεχνολογίες ως «πρακτικές εκπληρώσεις της ευφυΐας» ["practical implementations of intelligence"] ενώ ο Pitt (2000, σ. 11) υποστηρίζει πως η τεχνολογία δεν είναι παρά «η ανθρωπότητα επί το έργον» ["humanity at work"].
- 18 Αυτή η θέαση αποτελεί την κεντρική ιδέα των Arageorgis και Baltas (1989). Οι θέσεις για τις διαφορές μεταξύ επιστημονικών και τεχνολογικών προβλημάτων που παραθέτω επιγραμματικά παρακάτω αναπτύσσονται εκτενέστερα σε αυτό το άρθρο. Υπόβαθρο του άρθρου ήταν οι φιλοσοφικές θέσεις περί επιστήμης που είχε επεξεργαστεί ο Αριστειδής Μπαλτάς.
- 19 Αυτή τη διάκριση μεταξύ αποτελεσματικότητας και οικονομίας την οφείλω στον Νιάδα (1997, σ. 108-114).
- 20 Να σημειωθεί ότι δεν χρησιμοποιώ τον όρο 'θεωρία' με κάποια συγκεκριμένη αυστηρή φιλοσοφική σημασία.
- 21 Πρβλ. Pitt (2000, σ. 33).
- 22 Η διάκριση οφείλεται στον Walentynowicz (1968, σ. 588) που χρησιμοποιεί τους όρους "factual theories" και "operational theories" αντίστοιχα. Μια παρόμοια διάκριση έχει προτείνει και ο Bunge (1972).
- 23 Δανείστηκα τη φράση από την Cuevas-Badallo (2005, σ. 40). Η Cuevas-Badallo ανατέμνει με λεπτομέρεια τη μηχανοτεχνική θεωρία της αντοχής των υλικών ώστε να αναδείξει τις ομοιότητες με τις επιστημονικές θεωρίες.
- 24 Εμπνευσμένη από το «μοντέλο της ομπρέλας» για την έρευνα ["umbrella model of inquiry"] του Sintonen (1990, σ. 27).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agassi, J. (1980): "Between Science and Technology", *Philosophy of Science* 47: 82-99.
- Arageorgis, A. and Baltas, A. (1989): "Demarcating Technology from Science: Problems and Problem Solving in Technology", *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie* 20 (2): 212-229.
- Bird, R. B., Stewart, W. E., and Lightfoot, E. N. (1960): *Transport Phenomena*. New York: John Wiley & Sons.
- Bunge, M. (1972): "Towards a Philosophy of Technology" στο C. Mitcham and R. Mackey (eds.), *Philosophy and Technology*:

- Readings in the Philosophical Problems of Technology*. New York: The Free Press, σ. 62-76.
- Cordero, A. (1998): "On the Growing Complementarity of Science and Technology", *Advances in the Philosophy of Technology* 4 (2): 1-6. Δημοσιευμένο σε e-journal της Society for Philosophy & Technology. Ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v4n2/CORDERO.html>
- Cuevas-Badallo, A. (2005): "A Model-based Approach to Technological Theories", *Techné* 9 (2): 18-49.
- Denbigh, K. G. and Redhead, M. L. G. (1989): "Gibbs' Paradox and Non-Uniform Convergence", *Synthese* 81: 283-313.
- EC (2005): *Frontier Research: The European Challenge*. High-Level Expert Group Report. Brussels: European Commission.
- Feibleman, J. K. (1972): "Pure Science, Applied Science and Technology: An Attempt at Definitions" στο C. Mitcham and R. Mackey (eds.), *Philosophy and Technology: Readings in the Philosophical Problems of Technology*. New York: The Free Press, σ. 33-41.
- Ferré, F. (1988): *Philosophy of Technology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Friedman, K. (2003): "Theory Construction in Design Research: Criteria, Approaches and Methods", *Design Studies* 24: 507-522.
- Gioia, G. and Bombardelli, F. A. (2002): "Scaling and Similarity in Rough Channel Flows", *Physical Review Letters* 88 (1): 014501 (1-4).
- Gutting, G. (1984): "Paradigms, Revolutions, and Technology" στο R. Laudan (ed.), *The Nature of Technological Knowledge. Are Models of Scientific Change Relevant?* Dordrecht: D. Reidel, σ. 47-65.
- Mitcham, C. (1994): *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Νιάδας, Ι. Α. (1997): *Η Τεχνική ως Γνώση: Περί του Επιστημολογικού Καθεστώτος της Τεχνολογικής Δραστηριότητας*. Διπλωματική εργασία για το Μ.Δ.Ε. «Φιλοσοφία και Ιστορία των Επιστημών και της Τεχνολογίας». Αθήνα: Ε.Μ.Π.
- Nagel, E. (1961): *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation*. New York: Harcourt, Brace & World.
- Niiniluoto, I. (1993): "The Aim and Structure of Applied Research", *Erkenntnis* 28: 1-21.
- OECD (2002): *Frascati Manual 2002. Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.
- Pitt, J. C. (1983): "The Epistemological Engine", *Philosophica* 32 (2): 77-95.
- Pitt, J. C. (2000): *Thinking about Technology: Foundations of the Philosophy of Technology*. New York: Seven Bridges Press.
- Salmon, W. C. (1990): *Four Decades of Scientific Explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Sintonen, M. (1990): "Basic and Applied Science – Can the Distinction (Still) Be Drawn?", *Science Studies* 3 (2): 23-31.
- Skolimowski, H. (1972): "The Structure of Thinking in Technology" στο C. Mitcham and R. Mackey (eds.), *Philosophy and Technology: Readings in the Philosophical Problems of Technology*. New York: The Free Press, σ. 42-49.
- Walentynowicz, B. (1968): "On the Methodology of Engineering Design", *Akten des XIV Internationalen Kongresses für Philosophie (Wien 2-9 September 1968), Band 2*. Wien: Verlag Herder, σ. 586-590.