



ΤΕΥΧΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ
2018/2



Κ
Ρ
Ι
Σ
Η

ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ
ΜΑΡΞΙΣΜΟΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Henryk Grossmann
Θανάσης Γκιούρας
Τέλης Τύμπας
Γιώργος Φαράκλας
Γιώργος Φουρτούνης
Στάθης Ψύλλος

Επιμέλεια-Εισαγωγή
Θοδωρής Δημητράκος, Γιάννης Κοζάτσας

ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ
ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Τιμή €9

ΚΡΙΣΗ

ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ
ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

ΚΡΙΣΗ
Εξαμηνιαία Επιστημονική Επιθεώρηση

KRISI
Biannual Scientific Review

Συντακτική επιτροπή
Θοδωρής Δημητράκος
Γιάννης Κοζάτσας
Κώστας Πασσάς

Επιστημονικοί συνεργάτες
Αραγεώργης Άρις, Βλάχου Ελένη, Γκιούρας Θανάσης, Jung Reinhard, Καλτσώνης Δημήτρης, Μαμουλάκη Έλενα, Μανιάτης Γιώργος, Ματθιόπουλος Ευγένιος, Μαυρουδέας Σταύρος, Μπάγκος Παντελής, Μπαλτάς Αριστείδης, Μυλωνάκη Ευγενία, Παπαδάτος Νίκος, Σακελλαρόπουλος Σπύρος, Σταυρίδης Σταύρος, Στεργιόπουλος Κώστας, Φαράκλας Γιώργος, Φουρτούνης Γιώργος, Χολέβα Μαρία, Χρύσης Αλέξανδρος, Ψύλλος Στάθης.

Επικοινωνία
www.e-krisi.gr

Υπεύθυνος επικοινωνίας
Γεράσιμος Χολέβας

Σχεδίαση-στοιχειοθέτηση τεύχους
Βασίλης Παπαγεωργίου

Σχεδίαση ιστοσελίδας
Γιάννης Σακελλαρίου

Τιμή τεύχους: 9 ευρώ
Ετήσια συνδρομή (ιδιώτες): 15 ευρώ
Ετήσια συνδρομή (ιδρύματα): 20 ευρώ

Κεντρική διάθεση
Εκδόσεις Τόπος
Πλαπούτα 2 & Καλλιδρομίου, 114 73 Αθήνα, Τηλ. 2108222835, info@motibo.com

Τεύχος 4 – 2018/2

Απαγορεύεται η αναδημοσίευση μέρους ή όλου του έργου, καθώς και η αναπαραγωγή ή μετάδοσή του με οποιοδήποτε οπτικοακουστικό, γραπτό ή άλλο μέσο χωρίς την έγγραφη άδεια του εκδότη ή του συγγραφέα.

ISSN 2585-2124

Στον Άρι Αραγεώρη

In Memoriam

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Της σύνταξης7

Εισαγωγή: Μαρξισμός, Επιστήμη και Τεχνολογία9

Άρθρα

**Ο Καρτέσιος και οι Κοινωνικές Καταβολές της
Μηχανιστικής Αντίληψης του Κόσμου27**

Henryk Grossmann

Μετάφραση: Μαριάννα Μπίτσιου

Επιμέλεια μετάφρασης: Θόδωρος Αραμπατζής

Υλισμός και Επιστήμη στον Karl Marx103

Στάθης Ψύλλος

Έμπειρική νοηματοδότηση

Μιά πρόταση για την διαλεκτική γνωσιοθεωρία του Μάρξ119

Γιώργος Φαράκλας

**Ο Ετιέν Μπαλιμπάρ και η αλτουσεριανή
επιστημολογία του μαρξισμού137**

Γιώργος Φουρτούνης

Το Κεφάλαιο του Marx και η 'επιστήμη'165

Θανάσης Γκιούρας

Μαρξισμός, Τεχνολογία και Επιστήμη, Ιστορία:

**Σημειώσεις σε μια υποσημείωση για «ένα βιβλίο που δεν έχει ακόμη γρα-
φτεί»215**

Τέλης Τύμπας

Της σύνταξης

Το παρόν τεύχος της ΚΡΙΣΗΣ είναι το πρώτο ειδικό τεύχος που εκδίδεται και καταπιάνεται με τη γενική προβληματική *Μαρξισμός, Επιστήμη και Τεχνολογία*. Περισσότερα για την εν λόγω προβληματική μπορεί ο αναγνώστης να διαβάσει στην «Εισαγωγή». Εδώ, αρκεί να επισημάνουμε ότι η αναγκαιότητα ύπαρξης αυτού του ειδικού τεύχους έγκειται, κατά τη γνώμη μας, σε δύο σημεία.

Πρώτον, αποτελεί έλλειψη για την ελληνική βιβλιογραφία η απουσία μετάφρασης των κειμένων του Henryk Grossmann για την Καρτεσιανή μηχανοκρατία και κατ' επέκταση για την επιστημονική επανάσταση. Η εργασία του Grossmann, μαζί με εκείνη του Boris Hessen για τον Νεύτωνα, θεωρούνται κλασικά δείγματα της μαρξιστικής ιστοριογραφίας της επιστήμης και της τεχνολογίας. Ενώ το κείμενο του Hessen εκδόθηκε στα ελληνικά οκτώ περίπου χρόνια πριν, κανένα από τα δύο βασικά κείμενα του Grossmann δεν είχε μέχρι σήμερα μεταφραστεί (βλ. «Εισαγωγή»). Στην περιγραφόμενη έλλειψη έρχεται να απαντήσει το παρόν τεύχος, καθώς ένα μεγάλο μέρος του αποτελεί η μετάφραση του κειμένου του «Ο Καρτέσιος και οι Κοινωνικές Καταβολές της Μηχανιστικής Αντίληψης του Κόσμου».

Δεύτερον, εκτιμούμε ότι η συζήτηση και η ανταλλαγή επιχειρημάτων γύρω από τη σχέση μαρξισμού και θεωρίας περί την επιστήμη και την τεχνολογία σε καμία περίπτωση δεν έχει εξαντλήσει τη δυναμική της. Απλούστατα ατόνησε, τόσο διεθνώς όσο και στην Ελλάδα, για λόγους που δεν έχουν να κάνουν με την εξάντληση κάποιων θεωρητικών δυνατοτήτων και είναι σχετικά δύσκολο να περιγραφούν εδώ. Η ουσία είναι πως υπάρχει χώρος, αλλά και ανάγκη, για νηφάλια και εμβριθή συζήτηση γύρω από τα θεωρητικά επίδικα που θέτει η παραπάνω σχέση. Στην ανάγκη αυτή απαντούν τα πέντε πρωτότυπα κείμενα Ελλήνων φιλοσόφων και ιστορικών, τα οποία καταπιάνονται με διάφορες πτυχές της προβληματικής που διαμορφώνεται από τη θεωρητική σύμπτωση του μαρξισμού με τον λόγο περί επιστήμης και τεχνολογίας. Ελπίζουμε ότι τα κείμενα αυτά μπορούν να αποτελέσουν το έναυσμα και για περαιτέρω επεξεργασίες.

Όπως είναι εύκολα κατανοητό, η παρούσα έκδοση χρωστάει πολλά στην εξαιρετική μετάφραση της Μαριάννας Μπίτσιου στο κείμενο του Grossmann. Πρόκειται για ένα κείμενο υψηλών μεταφραστικών απαιτήσεων, στις οποίες η Μαριάννα ανταποκρίθηκε με τον πιο αξιόπαινο τρόπο, έχοντας τη βοήθεια του Θόδωρου Αραμπατζή. Τους ευχαριστούμε και τους δύο για αυτή τη συμβολή. Ευχαριστούμε, ακόμα, τους Θανάση Γκιούρα, Τέλη Τύμπα, Γιώργο Φαράκλα, Γιώργο Φουρτούνη και Στάθη Ψύλλο για τη συμμετοχή τους στο παρόν ειδικό τεύχος.

Τέλος, ο αναγνώστης θα παρατήρησε ήδη πως το τεύχος είναι αφιερωμένο στη μνήμη του Άρι Αραγεώργη, ο οποίος μας άφησε πολύ πρόωρα τον προηγούμενο Αύγουστο. Ο Άρις θεράπευε τη φιλοσοφία των φυσικών και μαθηματικών επιστημών, τόσο σε ερευνητικό όσο και σε διδακτικό επίπεδο, τα τελευταία χρόνια, στον τομέα ΑΚΕΔ της ΣΕΜΦΕ του ΕΜΠ.¹ Υπήρξε ένας άνθρωπος με πολύ πλατιά και βαθιά φιλοσοφική κατάρτιση, την οποία η ταπεινότητα με την οποία πορευόταν,

¹ <http://aked.ntua.gr/arageorgis.html?fbclid=IwAR3lp8rjdLNmPPAHyx2qvxB6EOfmjzjALD0jtx0btFJu2xPKsv2iYxxYc>

δεν την έκαναν ορατή εκ πρώτης όψεως. Παρά το γεγονός ότι δεν είχε ενδώσει στην απαίτηση των καιρών για πληθώρα δημοσιεύσεων, η συμβολή του στη διεθνή βιβλιογραφία θεωρείται από τους ειδικούς πολύ σημαντική.

Ο Άρις ήταν επιστημονικός συνεργάτης του περιοδικού από τη συγκρότησή του. Από την αρχή έσπευσε να μοιραστεί μαζί μας την πείρα του στη σύνταξη και διεύθυνση επιστημονικών περιοδικών, αλλά και να μας προειδοποιήσει για τις κακοτοπιές που ελλοχεύουν σε ένα τέτοιο εγχείρημα. Ακόμα και από το κρεβάτι του νοσοκομείου φρόντιζε να μας κοινοποιεί τον ενθουσιασμό του για την έκδοση των τευχών και την ενθάρρυνσή του για την συνέχιση της προσπάθειας. Για αυτούς τους λόγους, το ελάχιστο που θα μπορούσαμε να κάνουμε, είναι να του αφιερώσουμε το παρόν τεύχος. Αλλά και για έναν άλλο, σημαντικότερο, λόγο: Ο Άρις ήθελε ...«να λέγεται άνθρωπος».



Ο Καρτέσιος και οι Κοινωνικές Καταβολές της Μηχανιστικής Αντίληψης του Κόσμου¹

Henryk Grossmann

Μετάφραση: Μαριάννα Μπίτσιου

Επιμέλεια μετάφρασης: Θόδωρος Αραμπατζής

I

Μολονότι οι καθαρά μαθηματικές και λογικές διαστάσεις της Καρτεσιανής Άλγεβρας ή «Καθολικής Επιστήμης» [“Science Universelle”] έχουν αναλυθεί αριστοτεχνικά από τον L. Brunschvicg², και η ακόλουθη διαμόρφωση της «Γενικής Επιστήμης» [“General Science”] του Leibniz έχει εξεταστεί άριστα από τον L. Couturat,³ που επίσης περιορίστηκε στις καθαρά μαθηματικές και λογικές διαστάσεις του έργου του Leibniz, οι κοινωνιολογικές διαστάσεις της «Καθολικής Επιστήμης» του Καρτέσιου δεν έχουν διερευνηθεί από αυτούς ή άλλους συγγραφείς. Μπορεί να τεθεί το ερώτημα κατά πόσο υφίσταται ένα τέτοιο κοινωνιολογικό πρόβλημα. Για να διαπιστώσουμε ότι πράγματι υφίσταται, πρέπει να συνειδητοποιήσουμε ότι όλα τα έργα του Καρτέσιου φέρουν έντονα το αποτύπωμα των μηχανικών αρχών· ότι ο Καρτέσιος εξήγαγε αυτές τις αρχές από τη μηχανική του, δηλαδή από τη μελέτη των μηχανών, και έπειτα επέκτεινε αυτές τις αρχές στη φυσική και τελικά σε ολόκληρο το σύμπαν.

Πριν ακόμα και από τη δημοσίευση του *Λόγου περί της Μεθόδου*, ο Γαλιλαίος είχε δείξει στην *Πραγματεία για τη Μηχανική*⁴, που δημοσιεύθηκε πρώτα στα γαλλικά, ότι είχε εξαγάγει τις μηχανικές αρχές και έννοιες που χρησιμοποίησε για την εξήγηση της φυσικής και του σύμπαντος από την ανάλυση των μηχανών. Βάσισε τις ιδέες του, όπως δείχνει στο Κεφάλαιο I, κυρίως στις ανυψωτικές μηχανές, στις μηχανές για τη μεταφορά βαρέων φορτίων, στις μηχανές για την ανύψωση νερού από βαθιά πηγάδια, στις αντλίες για την αφαίρεση νερού από πλοία, στους νερόμυλους και σε άλλες τροχοφόρες μηχανές που σκοπό είχαν την εξοικονόμηση της ανθρώπινης εργασίας και κατ’ επέκταση τη μείωση της αξίας της. Στο Κεφάλαιο II της πραγματείας του, ο Γαλιλαίος δίνει τους «Ορισμούς» του για τις μηχανικές

1 Σμ: Για τη μετάφραση του κειμένου συμβουλευτήκαμε την αγγλική έκδοση Grossmann, H. “Descartes and the Social Origins of the Mechanistic Concept of the World”, στο *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution: Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann* (2009), επιμ. G. Freudenthal & P. Maclaughlin, New York: Springer, σελ. 157-230. Επίσης συμβουλευτήκαμε τις ακόλουθες ελληνικές μεταφράσεις κειμένων του Καρτέσιου: Ρενέ Ντεκάρτ, *Κανόνες για την Καθοδήγηση του Πνεύματος*, μτφρ. Γιώργος Δαρδιώτης, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Εγνατία (1974)· Ρενέ Ντεκάρτ, *Στοχασμοί Περί της Πρώτης Φιλοσοφίας*, μτφρ. Ευάγγελος Βανταράκης, Αθήνα: Εκδόσεις Εκκρεμές (2003)· Ρενέ Ντεκάρτ, *Λόγος περί της Μεθόδου*, μτφρ. Πόλυ Μαρκοπούλου, Θεσσαλονίκη: University Studio Press (2012)· Ρενέ Ντεκάρτ, *Αναζήτηση της Αλήθειας*, μτφρ. Δήμος Μαρουδής, Αθήνα: Εκδόσεις Ιριδανός (2015). Στη μετάφραση ακολουθήθηκε το σύστημα παραπομπών και παράθεσης βιβλιογραφικών αναφορών της αγγλικής έκδοσης.

2 Léon Brunschvicg, *Les étapes de la philosophie mathématique*, 3^η έκδ. (Paris, 1929).

3 Louis Couturat, *La logique de Leibniz* (Paris, 1901), Κεφάλαιο VI, “La Science Générale.”

4 Galileo Galilei, *Les mécaniques*, μεταφρασμένο από το ιταλικό κείμενο από τον Marin Mersenne (Paris, 1634)· βλ. επίσης Antonio Favaro (επιμ.) *Delle meccaniche lette in Padova l'anno 1594 da Galileo Galilei* (Venice: R. Istituto nel Palazzo Loredan, 1899) *Memorie del Reale Istituto Veneto di Scienze*, τομ. 26, v. 5.

έννοιες «για να εξαγάγει από αυτούς τα αίτια και τους λόγους όλων όσων συμβαίνουν στις μηχανές, τα αποτελέσματα των οποίων χρήζουν εξήγησης... Και εφόσον οι μηχανές συνήθως εξυπηρετούν στη μεταφορά βαρέων πραγμάτων, ξεκινάμε με τον ορισμό του βάρους που μπορεί επίσης να ονομαστεί βαρύτητα».⁵

Το ίδιο ισχύει και για τον Καρτέσιο ο οποίος στην «Πραγματεία για τη Μηχανική ή μια εξήγηση των μηχανών με τη βοήθεια των οποίων ένα πολύ βαρύ φορτίο μπορεί να ανυψωθεί με μικρή δύναμη»⁶ εξάγει τις μηχανικές έννοιες και αρχές του από μια ανάλυση των έξι απλούστερων μηχανών: της τροχαλίας, του κεκλιμένου επιπέδου, της σφήνας, του τórνου, του κοχλίου και του μοχλού, και ανάγει όλες τις μηχανές, συμπεριλαμβανομένων των πιο σύνθετων, στο *κεκλιμένο επίπεδο* ως τη στοιχειώδη βασική μηχανική μορφή.⁷

Ο Καρτέσιος δεν ερμηνεύει μόνο τον εξωτερικό κόσμο ως μηχανή· στα *Πάθη της Ψυχής* (1649) εφαρμόζει τις ίδιες μηχανικές αρχές στο πεδίο των ψυχικών λειτουργιών. Εξηγεί αυτές τις λειτουργίες μηχανικά, μέσω παρορμήσεων που δημιουργούνται μόνο λόγω της διάταξης και της κίνησης των οργάνων του σώματος και των εξωτερικών αντικειμένων, εισάγοντας έτσι τη μηχανιστική ψυχολογία.

Δεδομένης της γενικής τάσης του Καρτέσιου να ερμηνεύει μηχανιστικά όλα τα πεδία της επιστήμης, όλα τα φυσικά, οργανικά και ψυχικά φαινόμενα, είναι φυσικό να εικάσουμε -και αυτή η υπόθεση αποτελεί τη βασική ιδέα του παρόντος κειμένου- ότι ο Καρτέσιος εφάρμοσε τις ίδιες μηχανιστικές αρχές στη μέθοδό του, στην ίδια τη δομή και τη λειτουργία του επιστημονικού του εργαλείου, και ότι τις συνέλαβε βάσει του μοντέλου των μηχανών. Αυτό ισχύει -όπως θα δείξουμε- ιδιαίτερα για την Άλγεβρα, την «Καρτεσιανή επιστήμη» (όπως το έθεσε ο Couturat).⁸

Ποιο είναι το νόημα της καθολικής επιστήμης του Καρτέσιου; Για τον ίδιο, ήταν μια *καθολική μέθοδος* εφαρμόσιμη σε όλες τις επιστήμες. Αρχικά, ο Καρτέσιος δεν σχεδίαζε να ονομάσει τα δοκίμιά του που δημοσιεύθηκαν το 1637 *Discours de la Méthode* [Λόγος περί της Μεθόδου], αλλά *Le projet d' une science universelle* [Εγχείρημα για μια καθολική επιστήμη], και τονίζει ως ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτής της καθολικής επιστήμης ότι τα θέματα με τα οποία καταπιάνεται «εξηγούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να τα κατανοήσουν ακόμα και όσοι δεν έχουν σπουδάσει ποτέ».⁹

Εδώ συναντάμε την έκφραση μιας εξαιρετικά σημαντικής διανοητικής τάσης στο πεδίο της επιστήμης. Ενώ στην ίδια αυτή Γαλλία ο Michel Montaigne στο κεφάλαιο «Περί της ανισότητας που υπάρχει μεταξύ μας» στα «Δοκίμια» (1579) του τόνιζε emphaticά την πεποίθησή του ότι «υπάρχει μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ ενός ανθρώπου και ενός άλλου, από ότι μεταξύ κάποιων ανθρώπων και κά-

5 Ό.π. σελ. 6. Εδώ, όπως και σε όλο το κείμενο, η πλάγια γραφή είναι του H. Grossmann εκτός από όπου αναφέρεται το αντίθετο.

6 Αυτή η πραγματεία περιλαμβάνεται σε ένα γράμμα του Καρτέσιου στον Constantin Huygens, Οκτ. 5, 1637. Βλ. *Oeuvres de Descartes*, επιμ. Ch. Adam και P. Tannery: AT I, 435–447.

7 AT II, 236–237, και Grossmann, ό.π., σελ. 202–203.

8 Ο Leibniz (1666) αποκαλεί τον Καρτέσιο «εφευρέτη της ανάλυσης, δηλαδή της Άλγεβρας». Βλ. Couturat, ό.π. σελ. 180.

9 Descartes, Letter to Mersenne, Μάρτιος 1636, AT I, 339: «sont expliquées en telle sorte, que ceux mesmes qui n'ont point étudié les peuvent entendre» (AT I, 339).

ποιων θηρίων»,¹⁰ και ενώ αργότερα, μόλις είκοσι χρόνια πριν από τον Καρτέσιο, ο Montchrétien, γεμάτος από την υπερηφάνεια της άρχουσας τάξης επανέλαβε σχεδόν αυτολεξεί τα λόγια του Montaigne δηλώνοντας ότι «πολύ συχνά υπάρχει εξίσου μεγάλη διαφορά μεταξύ ενός ανθρώπου και ενός άλλου, και μεταξύ ανθρώπου και θηρίου»¹¹, και ενώ ακόμα και τριάντα χρόνια μετά τον Καρτέσιο ο Spinoza επρόκειτο να πει ότι «οι κοινοί άνθρωποι δεν είναι ικανοί να κατανοήσουν ανώτερα ζητήματα»¹², βρίσκουμε τον Καρτέσιο να απευθύνεται όχι στην ανώτερη τάξη των επιστημόνων και των ειδικών, αλλά στη *μεγάλη μάζα των αμαθών*. Η καθολική επιστήμη επρόκειτο να είναι καθολική όχι μόνο επειδή θα ήταν εφαρμόσιμη σε όλα τα πεδία της επιστήμης, αλλά και επειδή θα ήταν προσβάσιμη σε όλους τους ανθρώπους, συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων μαζών.¹³ Εδώ εκδηλώνεται το επαναστατικό πνεύμα του φιλοσόφου, γνωστοποιώντας την πρόθεσή του να ξεφύγει από τα στενά όρια του κόσμου της διανόησης και να καταστήσει τον συλλογικό κλάδο της Φιλοσοφίας μια επιστήμη που δεν περιορίζεται σε μία κοινότητα.¹⁴

Για να κατανοήσουμε το πραγματικό νόημα της Καρτεσιανής καθολικής επιστήμης είναι απαραίτητο να εξετάσουμε εν συντομία τη σχέση του Καρτέσιου με τα μαθηματικά. Αναλύοντας τον ρόλο που έπαιξαν τα μαθηματικά στη σκέψη του Καρτέσιου, ο Pierre Boutroux οδηγείται στο συμπέρασμα ότι παρόλο που ο Καρτέσιος κάποιες φορές επαινούσε τα μαθηματικά, δεν τα είχε σε μεγάλη εκτίμηση.¹⁵ Ο Brunschvicg εντοπίζει στον Καρτέσιο ακόμα και «κάποια απέχθεια για τις έρευνες των αφηρημένων μαθηματικών».¹⁶ Ο Καρτέσιος αντιμετώπιζε με παρόμοιο τρόπο και τα δικά του επιτεύγματα στο πεδίο των μαθηματικών,¹⁷ και ο Boutroux συμφωνεί με όσους, όπως ο Brunschvicg, πιστεύουν ότι οι μαθηματικές δραστηριότητες

10 *Les Essais de Montaigne* (από την έκδοση του 1588, επιμ. H. Motheau και D. Jouaust) Paris 1886-1889, τόμ. 2, σελ. 206. Παρόλο που ο ίδιος ο Montaigne προειδοποιεί ότι η εξωτερική εμφάνιση διαστρεβλώνει την κρίση μας, συνεχίζει: "Comparez ... la tourbe de nos hommes, stupide, basse, servile, instable, et continuellement flotante en l'orage des passions diverses, qui la pousent" (ό.π. σελ. 208-89).

11 Antoine de Montchrétien, *Traité de l'oeconomie politique* [1615] (επιμ. Th. Funck-Brentano) Paris, 1889, σελ. 37. Βλ. επίσης Fr. Bouillier, *Histoire de la philosophie cartésienne*, 3η εκδ. (Paris, 1868) τομ. 1, σελ. 149 [όχι στην έκδοση του 1854].

12 Γράμμα του Spinoza στον Blyenbergh, Ιανουάριος 1665. Βλ. *The Correspondence of Spinoza*, μτφρ. A. Wolf (New York, 1928) σελ. 149. Ο Spinoza ήταν επίσης αντίθετος στην πρόθεση των φίλων του να δημοσιεύσουν τη *Θεολογικο-Πολιτική Πραγματεία* του στην κοινή γλώσσα, τα γερμανικά: είτε ότι δεν είχε γράψει την πραγματεία του για τις μάζες αλλά για έναν μικρό αριθμό μορφωμένων ανθρώπων. Βλ. Jacob Freudenthal, *Spinoza, Leben und Lehre* (Heidelberg, 1927) σελ. 190, 196 (*Bibliotheca Spinoziana*, τομ. 5).

13 Ενώ η καθολική επιστήμη με την πρώτη έννοια προκάλεσε ενδιαφέρον, τα προβλήματα που συνδέονται με την «καθολική επιστήμη» με την πιο ευρεία έννοια αγνοήθηκαν!

14 Σε πολιτικό και κοινωνικό επίπεδο ο Καρτέσιος απέρριπτε όλους τους «μπερδεμένους και ανήσυχους χαρακτήρες» και τις ριζικές μεταρρυθμίσεις τους, και επέμενε ότι προτιμούσε τις «πιο μετριοπαθείς» απόψεις (βλ. *Λόγος περί της Μεθόδου*, μτφρ. Πόλυ Μαρκοπούλου, Θεσσαλονίκη: University Studio Press (2012), σελ. 44, και την αρχή του μέρους III, *Philosophical Works of Descartes*, μτφρ. E. S. Haldane και G. R. Ross, Cambridge, 1931, τόμ. 1, σελ. 89, 95). Από την άλλη, ήταν πεπεισμένος ότι στη σφαίρα της διανόησης η ριζική του μεταρρύθμιση δεν θα συναντούσε ανυπέβλητες δυσκολίες (βλ. *Λόγος II*). Είναι γνωστό ότι αργότερα ο φιλοσοφικός του ριζοσπαστισμός θα απέφερε καρπούς στην κοινωνική και πολιτική σφαίρα, κάτι το οποίο πράγματι συνέβη στη Γαλλία.

15 «Ο Καρτέσιος τρέφει μικρή εκτίμηση για τα καθαρά μαθηματικά» Βλ. Pierre Boutroux, *L'Idéal scientifique des mathématiciens*, 3^η εκδ. (Paris, 1920) σελ. 102.

16 Ό.π. σελ. 115. Βλ. επίσης την κριτική του Καρτέσιου στα παραδοσιακά μαθηματικά στους «Κανόνες για την Καθοδήγηση του Πνεύματος», Κανόνας IV.

17 Boutroux, ό.π., σελ. 102.

του Καρτέσιου αποτελούν απλά ένα «επεισόδιο» στη φιλοσοφική του σταδιοδρομία.¹⁸ Για παράδειγμα, ο Καρτέσιος σε ένα πρώιμο γράμμα του (15 Απριλίου, 1630) έγραφε στον Mersenne¹⁹: «Είμαι πολύ επιφυλακτικός απέναντι στα μαθηματικά και αυτή τη στιγμή δεν τα εκτιμώ». Αμέσως μετά τη δημοσίευση της πραγματείας του για τη Γεωμετρία, ο Καρτέσιος έγραψε στον Mersenne ότι σκόπευε να σταματήσει τις μαθηματικές του μελέτες: «Μην περιμένεις τίποτα άλλο από εμένα όσον αφορά τη γεωμετρία· ξέρεις ότι εδώ και καιρό είμαι αντίθετος στη συνέχιση της πρακτικής της».²⁰ Στόχος της κριτικής του Καρτέσιου, όπως εξήγησε στον Mersenne, ήταν η «αφαιρετική γεωμετρία, δηλαδή η μελέτη προβλημάτων που εξυπηρετούν μόνο στην εξάσκηση του νου», ενώ ο ίδιος ο Καρτέσιος προτιμούσε «να καλλιεργεί ένα άλλο είδος γεωμετρίας, η οποία ασχολείται με το πρόβλημα της εξήγησης των φαινομένων της φύσης».²¹

Δεδομένης αυτής της περιφρονητικής στάσης απέναντι στα Μαθηματικά, πώς μπορούμε να εξηγήσουμε τη μεγάλη σημασία που απέδιδε ο Καρτέσιος στην Άλγεβρά του;²²

Η αντίφαση είναι μονάχα φαινομενική. Η κριτική του Καρτέσιου αφορά μόνο τα Μαθηματικά ως ξεχωριστή επιστήμη, που αναλώνονται σε αφηρημένα προβλήματα αυτού του περιορισμένου πεδίου. Ασκήι δριμεία κριτική σε προγενέστερους μαθηματικούς που χρησιμοποιούσαν το μυαλό και τη δύναμή τους για την επίλυση μιας χούφτας ασήμαντων μαθηματικών προβλημάτων. Έτσι επικρίνει τον Fermat για την προτίμηση που έδειχνε σε συγκεκριμένα θέματα τα οποία αναλύει με μεγάλη λεπτομέρεια, για το ότι εφάρμοσε τη θεωρία των καμπυλών του μόνο στην ιδιαίτερη περίπτωση των παραβολών, χωρίς να προσπαθήσει να της δώσει μια γενική μορφή, και έτσι κατέστησε αδύνατο το να δει κανείς μεμιάς ότι είναι εφαρμόσιμη σε όλες τις καμπύλες και ότι μπορεί να εκφραστεί σε μια γενική μορφή με τύπους της Αναλυτικής Γεωμετρίας.²³ Η κριτική του προς τον Viète είναι

18 Ό.π., σελ. 104, και L. Brunschvicg, ό.π., σελ. 124.

19 ΑΤ I, σελ. 139.

20 12 Σεπτεμβρίου, 1638. ΑΤ II, σελ. 361-62.

21 21 Ιουλίου 1638, ΑΤ II, σελ. 268. Στους Κανόνες ο Καρτέσιος ασκήι κριτική στον καθαρά αφαιρετικό χαρακτήρα της νέας Άλγεβρας, που είναι ξένη προς κάθε πρακτική εφαρμογή: «... δεν θα έδινα άλλωστε μεγάλη αξία, αν επαρκούσαν μόνο για τη λύση κενών προβλημάτων, με τα οποία ψευτοπερνούν τον καιρό τους όσοι ασχολούνται με την Αριθμητική και τη Γεωμετρία». (Κανόνες IV, Κανόνες για την Καθοδήγηση του Πνεύματος, μτφρ. Γιώργος Δαρδιώτης, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Εγνατία (1974), σελ. 37). Βρίσκουμε την ίδια κριτική στον Λόγο περί της Μεθόδου, II: «Όσο για ... την Άλγεβρα των νεότερων, εκτός από το γεγονός ότι απλώνονται αποκλειστικά σε θέματα πολύ αφηρημένα και που δεν φαίνεται να έχουν καμία χρησιμότητα ... έχουν υποταχτεί τόσο πολύ σε ορισμένους κανόνες και σε ορισμένα ψηφία, έτσι που την έκαναν τέχνη συγκεχυμένη και σκοτεινή, που μπερδεύει το πνεύμα αντί να είναι επιστήμη που το καλλιεργεί.» (Λόγος, II, σελ. 47).

22 «... είμαι πεπεισμένος πως είναι η σπουδαιότερη από κάθε άλλη επιστήμη που μας κληροδότησαν οι άνθρωποι, αφού είναι η πηγή όλων των άλλων». (Κανόνες IV, Κανόνες, σελ. 37).

23 P. Boutroux, ό.π. σελ. 116. Πάνω σε αυτό το θέμα έχει μεγάλο ενδιαφέρον να αναλύσει κανείς την περίφημη διαμάχη μεταξύ του Fermat και του Καρτέσιου, ΑΤ XII, 260-67. Ο Boutroux επισημαίνει ότι ο Fermat, ο «αναβιωτής» του Απολλώνιου, δεν θεωρούσε τον εαυτό του, όπως ο Καρτέσιος, αντίπαλο της αρχαίας Γεωμετρίας, αλλά συνεχιστή της, αναπτύσσοντας και γενικεύοντας τα αποτελέσματά της. (Pierre Boutroux, "La Signification historique de la géométrie de Descartes," στο *Revue de métaphysique et de morale* 22 (1914), σελ. 818).

παρόμοια: ο ίδιος ο Καρτέσιος, «ορίζει γενικά, για όλες τις εξισώσεις» τους νόμους εκ των οποίων ο Viète παρουσίασε μόνο μερικές ειδικές περιπτώσεις, «δείχνοντας ότι εκείνος [ο Viète] δεν μπορούσε να τους ορίσει γενικά».²⁴

Η σχέση του Καρτέσιου με την Άλγεβρα είναι αρκετά διαφορετική: στα μάτια του δεν είναι μια συγκεκριμένη παραδοσιακή επιστήμη με ένα δεδομένο, περιορισμένο, ξεχωριστό αντικείμενο, δεν είναι μια «πολυάριθμη συλλογή αποτελεσμάτων»²⁵ αλλά μια γενική μέθοδος έρευνας, η οποία χάρη στον γενικό χαρακτήρα της καθίσταται εφαρμόσιμη σε ολόένα και περισσότερα αντικείμενα και προβλήματα, που ούτε ο Viète ούτε οι επίγονοί του είχαν αναλογιστεί ποτέ.²⁶ Εν συντομία, τα Καθολικά Μαθηματικά του Καρτέσιου είναι μια προέκταση των γεωμετρικών μεθόδων σε όλα τα προβλήματα της Μηχανικής, της Φυσικής, της Βιολογίας και της Ψυχο-φυσιολογίας,²⁷ και ως τέτοια γενική μέθοδος, η Άλγεβρα αποτελεί τον πυρήνα της «καθολικής επιστήμης» και τη μεγάλη ανακάλυψη του Καρτέσιου, την οποία επεδείκνυε με υπερηφάνεια.

Πού έγκειται η σημασία της νέας μεθόδου; Με τον Thomas More, τον Francis Bacon και τον Καρτέσιο ξεκινά μια νέα εποχή στην ιστορία. Υπό την επιρροή των αναγκών και συμφερόντων της ολόένα αυξανόμενης μεσαιάς τάξης, η νέα γενιά επαναστάτησε ενάντια στον παραδοσιακό κόσμο του υπό κατάρρευση σχολαστικισμού, που πίστευε ότι μπορούσε να διαμορφώσει επιτυχώς μια επαρκή εικόνα της πραγματικότητας με τη βοήθεια υποθετικών εννοιών και συλλογισμών. Η νέα γενιά, στη βάση της παρατήρησης και της εμπειρίας, δεν ήθελε μόνο να κατανοήσει την πραγματικότητα, αλλά και να τη διαμορφώσει ορθολογικά. Η αναγνώριση αυτού του στόχου οδηγεί στην ανάθεση ενός αποφασιστικού ρόλου στην επιστήμη: δεν θα πρέπει να ασκείται, όπως στον Μεσαίωνα και στην αρχαιότητα, απλά για την ικανοποίηση του στοχάζεσθαι.²⁸ Στα μάτια των νέων διανοητών σκοπός της επιστήμης, πέραν της γνώσης, ήταν πάνω απ' όλα η κυριαρχία επί της φύσης με στόχο την πρακτική βελτίωση και ορθολογική διαμόρφωση της ανθρώπινης ζωής. Σε ό,τι αφορούσε τη γνώση, η ιδέα της νόησης είχε πλέον αλλάξει. Στον Μεσαίωνα, η επίδραση επί της φύσης γινόταν μέσω προσωπικών διεργασιών του κάθε μεμονωμένου επιστήμονα, μέσω μιας κρυφής τέχνης που γνώριζε μόνο ο ίδιος και οι επιστήμονες δεν δίσταζαν να επικαλεστούν τη βοήθεια υπερφυσικών δυνάμεων.

24 Descartes, Letter to Mersenne, Δεκέμβριος 1637, AT I, σελ. 479. Βλ. επίσης Ch. Adam, AT XII, σελ. 217.

25 Boutroux, "La signification historique," ό.π., σελ. 816. Στον Κανόνα IV, ο Καρτέσιος δηλώνει: «Τίποτε δεν με απασχολεί λιγότερο από τα συνηθισμένα μαθηματικά, αναπτύσσω μια διαφορετική επιστήμη» (*Philos. Works*, I, σελ. 11).

26 «Με το να μην την έχω υποτάξει σε κανένα ιδιαίτερο θέμα, σκόπευα να την εφαρμόσω στις δυσκολίες των άλλων επιστημών». (*Λόγος*, II, σελ. 50). Η παράβλεψη αυτού του γεγονότος εξηγεί τόσο την κατηγορία του Baugard (ενός ακόλουθου του Viète) ότι ο Καρτέσιος στο Βιβλίο III της *Γεωμετρίας* του είχε αντιγράψει πολλούς κανόνες που είχε δημοσιεύσει ήδη ο Viète από το 1615, και την αδικαιολόγητη κριτική που του ασκήθηκε από έναν μοντέρνο συγγραφέα – αναφερόμαστε στον αγώνα του Ritter για την ανάδειξη της συνεισφοράς του Viète στην Άλγεβρα. Σύμφωνα με τον Ritter, ο Viète πρώτος κατασκεύασε το οικοδόμημα της επιστήμης της Άλγεβρας και αυτό αργότερα απλά βελτιώθηκε από τον Καρτέσιο και άλλους. Βλ. Frederic Ritter, *François Viète, inventeur de l'algèbre moderne*, 1540–1603 (Paris, 1895) σελ. 94.

27 Léon Brunschvicg, ό.π., σελ. 113.

28 Αυτός ο ανατοχαστικός χαρακτήρας της τότε επιστήμης που είναι ξένη προς τους πρακτικούς σκοπούς της ζωής σκιαγραφείται στο *Novum Organum* (1620) του Bacon μέσω των παραδειγμάτων «κάποιου μοναχού που μελετά στο κελί του ή κάποιου ευγενούς στη βίλα του» (Book I, σελ. 80· Works I, σελ. 187).

κάθε ένας προσπαθούσε να πετύχει τον στόχο του εμπειρικά, ψηλαφιστά, χωρίς τη βοήθεια μιας γενικής μεθόδου. Πλέον είχε αναδυθεί μια νέα σύλληψη της γνώσης. Οι άνθρωποι ήταν πεπεισμένοι ότι η επιστήμη ήταν ικανή να υπαγορεύσει καθολικά δεσμευτικούς κανόνες για το ανθρώπινο ερευνητικό έργο, μεθόδους που καθιστούσαν αυτό το έργο πιο απλό, πιο γόνιμο, και όπως το διατύπωσε ο Adam, «προσβάσιμο σε όλους, μέσω λίγης μελέτης».²⁹

Οι αντιπρόσωποι αυτής της νέας τάσης απαιτούσαν επίσης η γνώση να είναι πρακτικά εφαρμόσιμη. Δεν επιθυμούσαν μόνο τη σωτηρία του ανθρώπου στην άλλη ζωή, αλλά και την ευτυχία του σε αυτόν τον κόσμο· δεν απευθυνόντουσαν στους ανθρώπους με τη Βίβλο ανά χείρας, αλλά χρησιμοποιώντας λογικά επιχειρήματα. Στις προϋπάρχουσες συνθήκες ο Thomas Moore αντέτεινε τους «ορθολογικούς θεσμούς» των Ουτοπιστών ή άλλων ανθρώπων, όπως για παράδειγμα των Πολυλεριτών,³⁰ μεταξύ των οποίων οι άνθρωποι ζούσαν «ευτυχισμένοι». Ο Francis Bacon απέδιδε τη «σημαντικότερη αιτία της μικρής προόδου των επιστημών» στο γεγονός ότι σε περασμένες εποχές δεν υπήρχε ξεκάθαρη επίγνωση των προαναφερθέντων σκοπών της επιστήμης.³¹ Επομένως, προσπάθησε να ορίσει αυτούς τους στόχους πολύ ξεκάθαρα, λέγοντας: «Η χρήση της μηχανικής ιστορίας είναι, από όλες τις υπόλοιπες, η πιο θεμελιώδης για μια τέτοια φυσική φιλοσοφία που δεν θα χάνεται στους ατμούς ευφυών, θεϊκών ή θελκτικών εικασιών, αλλά που θα είναι αποτελεσματική για τη βελτίωση και το όφελος της ανθρώπινης ζωής». Σε ένα άλλο απόσπασμα ο Bacon τονίζει ότι η αλήθεια από μόνη της δεν επαρκεί ως στόχος της επιστήμης, «καθώς πρέπει να λαμβάνουμε υπόψιν όχι μόνο την αλήθεια και την τάξη, αλλά και τα οφέλη και το καλό της ανθρωπότητας». Η πραγματική γνώση πρέπει να ολοκληρώνεται μέσω πρακτικών ενεργειών,³² ο *homo sapiens* πρέπει να συμπληρώνεται από τον *homo faber*.

Η «Νέα Ατλαντίδα» του είναι μόνο φαινομενικά μια «Ουτοπία», στην πραγματικότητα είναι ένα μεγαλοπρεπές εγχείρημα για έναν «Οίκο του Σολομώντα», δηλαδή για έναν επιστημονικό θεσμό που θα υποστηρίζεται από το κράτος, ένα είδος «ακαδημίας των επιστημών». Ο σκοπός του θα ήταν να οδηγήσει σε νέες εφευρέσεις, όχι μέσω άκαρπων σχολαστικών συζητήσεων και ορισμών, αλλά μέσω συστηματικά οργανωμένων ερευνών σε εργαστήρια και πειραμάτων σε όλα τα πεδία της φυσικής επιστήμης: Φυσική, Οπτική, θεωρία θερμότητας, Μηχανική και θεωρία μηχανών, Βιολογία ζώων και φυτών, συγκριτική ανατομία, κ.λπ.· μέσω της ίδρυσης τεχνικών μουσείων, πειραματικών γεωργικών σταθμών, μέσω της επιβρά-

29 Charles Adam, AT XII, σελ. 228. «Η ασαφής και αυθαίρετη εμπειρία αποτελεί απλά ψηλάφισμα στο σκοτάδι, και μάλλον μπερδεύει τους ανθρώπους παρά τους καθοδηγεί. Όμως όταν η εμπειρία προχωρά με τάξη ... και μέσω ενός καθορισμένου κανόνα μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερες ελπίδες για τις επιστήμες». (Bacon, *Novum Organum*, Book I, σελ. 100, Works I, σελ. 203). Ο Καρτέσιος έχει κάνει μια παρόμοια δήλωση, βλ. παρακάτω.

30 Φανταστική φυλή της Ουτοπίας του Thomas Moore (σ.μ).

31 *Novum Organum*, Book I, σελ. 81 (Works I, σελ. 188): «Είναι αδύνατον να προχωρήσουμε φυσιολογικά στην πορεία μας χωρίς καθορισμένο στόχο. Αλλά ο πραγματικός και θεμιτός στόχος των επιστημών είναι ο εμπλουτισμός της ανθρώπινης ζωής με νέες εφευρέσεις και πλούτη».

32 «Διότι η πληροφορία εκκινεί από τις αισθήσεις. Αλλά όλο το εγχείρημα ολοκληρώνεται με Έργα ... Επομένως, θα προχωρήσω με τις περιπτώσεις που είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για το λειτουργικό μέρος» (*Novum Organum*, Book II, σελ. 44· Works I, σελ. 320).

βευσης και της απόδοσης τιμών στους εφευρέτες κ.λπ., κ.λπ. Αυτό δεν έπρεπε να γίνεται αυθαίρετα όπως συνέβαινε μέχρι τότε, αλλά βάσει προσεκτικού και συστηματικού σχεδιασμού.

Αυτός ο επιστημονικός στόχος δεν έπρεπε να επιτευχθεί από μεμονωμένους επιστήμονες που θα έκαναν τα αποτελέσματα των ερευνών, ανακαλύψεων και εφευρέσεών τους διαθέσιμα στην ανθρώπινη κοινωνία. Ο Bacon πίστευε ότι αυτό θα οδηγούσε στον διχασμό της κοινωνίας σε μια ελίτ επιστημόνων που θα απολάμβαναν το μονοπώλιο της επιστήμης από τη μία, και μια μεγάλη μάζα αμόρφωτων ανθρώπων από την άλλη. Ήθελε να εξαλείψει τον κίνδυνο ενός τέτοιου διχασμού.³³

Η ανάδυση του νέου στόχου που διαμόρφωσε ο Bacon για την επιστήμη αποτελεί αντανάκλαση των κοινωνικών αλλαγών στην Αγγλία στο πεδίο της διανοήσης. Η αυξανόμενη χρήση μηχανών στις βιομηχανίες της Αγγλίας και των άλλων ανεπτυγμένων χωρών της ευρωπαϊκής ηπείρου επέφερε μια *μεγάλη επανάσταση* στη σκέψη των ανθρώπων. Όσο μεσουρανούσε η χειροτεχνία και στις απαρχές της εκβιομηχάνισης, η *εξειδίκευση* και η *δεξιολογία* των μεμονωμένων εργατών έθεταν τον πήχη στον εκάστοτε επαγγελματικό κλάδο. Με την ανάδυση των αυτόματων μηχανών στη βιομηχανία έγινε προφανές ότι αυτές οι μηχανές, ανεξάρτητα από την εκπαίδευση ή το προσωπικό ταλέντο των εργατών, μπορούσαν να κάνουν τη δουλειά καλύτερα, σε μεγαλύτερες ποσότητες και πιο γρήγορα, και ότι αυτή η δουλειά μπορούσε να γίνει από *οποιονδήποτε* ήξερε πώς να χειριστεί τη μηχανή με απλές κινήσεις, από γυναίκες και παιδιά, ακόμα και από ανόητους και ανάπηρους, καθώς ο αυτοματισμός των μηχανών απλοποιούσε δραστικά τις διαδικασίες.

Υπό την επιρροή αυτής της θεμελιώδους τεχνολογικής και κοινωνικής επανάστασης -της μετάβασης σε μια βιομηχανία μεγάλης κλίμακας και μηχανικής παραγωγής- ενισχύθηκε στα μυαλά των πιο προοδευτικών ανθρώπων η πεποίθηση ότι είχε ξεκινήσει μια νέα εποχή· ότι η *εξειδίκευση* ήταν κάτι που ανήκε στο παρελθόν και ήταν αναντικατάστατη μόνο όσο δεν ήταν διαθέσιμα τα κατάλληλα εργαλεία, όμως στην εποχή των μηχανών δεν ήταν απαραίτητη. Το συμπέρασμα αυτό, βγαλμένο από την εμπειρία της βιομηχανικής παραγωγής, αργότερα επεκτάθηκε μέσω μιας διαδικασίας γενίκευσης στη διανοητική παραγωγή, στις επιστήμες. Η ιδέα αυτή διαβεβαίωνε ότι το εξειδικευμένο ατομικό ταλέντο ήταν καίριας σημασίας μόνο στο κατώτερο στάδιο ανάπτυξης της ανθρώπινης κοινωνίας, όταν η ανθρωπότητα ακόμα δεν είχε επαρκή διανοητικά εργαλεία, και ότι αργότερα, στα υψηλότερα κοινωνικά στάδια, ακόμα και η μέτρια ανθρώπινη ευφυΐα θα επέτρεπε σε κάθε άνθρωπο να συμμετέχει ενεργά στο διανοητικό έργο του έθνους, και να αποκτήσει γνώση των ανώτερων αληθειών, αρκεί να γνώριζε πώς να χρησιμοποιεί τα κατάλληλα «εργαλεία». Η *μέθοδος*, το επικουρικό διανοητικό μέσο μιας διαδικασίας που έχει συλληφθεί συστηματικά, κατείχε τον ίδιο ρόλο στη διανοητική παραγωγή με αυτόν που κατείχε η *μηχανή*, το τεχνικό επικουρικό μέσο, στη βιομηχανική παραγωγή.

33 Σύμφωνα με τον Bréhier η ίδια η ιδέα μιας ακαδημίας των επιστημών δείχνει εδώ "qu'il a compris que le travail scientifique devait être un travail collectif, réparti entre une foule de chercheurs, et il a consacré ... la New Atlantis à la Description d'une sorte de république scientifique, où il assigne à chacun sa tâche" (Emile Bréhier, *Histoire de la philosophie*, τόμ. 2: *La philosophie moderne*. Paris: Presses Universitaires de France, 1938, σελ. 42).

Έτσι, η επιστήμη θα έπαυε να εξαρτάται από τα επιτεύγματα μιας ελίτ ιδιαίτερα χαρισματικών ειδικών και βιρτουόζων διανοητών· αντίθετα θα έτεινε να αντισταθμίζει τις διαφορές στο ταλέντο. «Η μέθοδός μας για την ανακάλυψη των επιστημών» λέει ο Bacon «είναι τέτοια που δεν στηρίζεται στην οξύτητα και τη δύναμη του πνεύματος, και στην πραγματικότητα αντίθετα εξισώνει το πνεύμα και την ευφυΐα. Για εμάς, ο σχεδιασμός μιας ευθείας γραμμής ή ενός τέλει κύκλου με το χέρι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σταθερότητα και την εξάσκηση, αλλά όταν χρησιμοποιήσουμε χάρακα ή διαβήτη, δεν χρειάζεται τίποτα από τα δύο: το ίδιο ισχύει και για τη μέθοδό μας... Κάποιος που κουτσαίνει πάνω στο μονοπάτι προσπερνά κάποιον σβέλτο που απομακρύνεται από αυτό».³⁴

Ο Καρτέσιος ανέπτυξε και εμβάθυνε αυτή τη θεμελιώδη ιδέα του Bacon, η οποία αποτελεί τον πυρήνα της *καθολικής επιστήμης* του, ή αλλιώς της Άλγεβρας.³⁵ Όμως δεν γεννήθηκε μεμιάς στο μυαλό του Καρτέσιου στη σαφή μορφή που μας είναι γνωστή σήμερα. Για αυτόν τον λόγο θα την ακολουθήσουμε στα διαδοχικά στάδια της ανάπτυξής της και θα ανακαλύψουμε πώς, από μια ασαφή, ανακριβή, γενική ιδέα το 1629, μορφοποιήθηκε σταδιακά μέχρι να λάβει την οριστική της μορφή στον *Λόγο περί της Μεθόδου* και στην Καρτεσιανή Άλγεβρα του 1637.³⁶

34 *Novum Organum*, Book I, σελ. 61 (*Works I*, σελ. 172). Βλ. επίσης I, σελ. 122.

35 Η τελευταία πρόταση του παραθέματος του Bacon επαναλαμβάνεται σχεδόν αυτολεξεί από τον Καρτέσιο: «... εκείνοι που βαδίζουν πολύ σιγά μπορούν, αν ακολουθούν πάντα τον σωστό δρόμο, να προχωρήσουν πολύ περισσότερο από αυτούς που τρέχουν αλλά που απομακρύνονται από αυτόν». (*Λόγος I*, σελ. 31). Αλλού ο Καρτέσιος λέει: «Και είναι προτιμότερο να μην αναζητήσει κανείς ποτέ την αλήθεια παρά να την αναζητήσει χωρίς μέθοδο. Είναι άλλωστε εντελώς βέβαιο πως τέτοιες έρευνες χωρίς μέθοδο και οι συγκεχυμένες σκέψεις συσκοτίζουν το φυσικό φως και θολώνουν το πνεύμα». (*Κανόνες*, Κανόνας IV, 35, πλάγια γραφή Η.Γ.). Βλ. μια παρόμοια δήλωση από τον Bacon στην παραπομπή 28.

36 Μπορεί να προκύψει το ερώτημα εάν επιτρέπεται να συνδέσουμε τα νεανικά όνειρα του Καρτέσιου το 1629 με τις ώριμες ιδέες του: υπάρχουν αναπτυξιακές διαφορές μεταξύ του ονείρου του Καρτέσιου για μια καθολική επιστήμη και των *Κανόνων*, καθώς και μεταξύ του τελευταίου και του *Λόγου περί της Μεθόδου*; Όσον αφορά αυτό το ερώτημα θα πρέπει να τονίσουμε ότι σε σύγκριση με οποιονδήποτε άλλο μεγάλο μοντέρνο φιλόσοφο είναι λιγότερο εύλογο να μιλήσουμε για *σταδιακή εξέλιξη* της φιλοσοφικής σκέψης του Καρτέσιου. Κατά την πολυετή του επιστημονική δραστηριότητα αύξησε εξαιρετικά τη γνώση του για τον εξωτερικό κόσμο, και άλλαξε τις απόψεις του βάσει των γεγονότων, αλλά ποτέ δεν άλλαξε τη θεμελιώδη φιλοσοφική του σκέψη από όταν αυτή διαμορφώθηκε. Αυτό εξηγεί γιατί είναι τόσο δύσκολο να προσδιορίσουμε τη χρονολογία των γραπτών του Καρτέσιου στις περιπτώσεις που δεν δίνεται ξεκάθαρα από τον ίδιο ή δεν αναφέρεται στην αλληλογραφία του. Όλα τα γραπτά του ξεκινούν από τις *ιδιες* φιλοσοφικές προκείμενες και έτσι εάν βασιστούμε στο περιεχόμενό τους μπορούμε να τα κατατάξουμε σε οποιαδήποτε περίοδο της δημιουργικής του δραστηριότητας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το ότι ο Ch. Adams, ο ικανός εκδότης των απάντων του Καρτέσιου, θεωρεί τον διάλογο «Η Αναζήτηση της Αλήθειας» ένα νεανικό κείμενο και τοποθετεί τη συγγραφή του περί το 1628, ενώ ο Cassirer δηλώνει ότι γράφτηκε το 1649, προς το τέλος της ζωής του Καρτέσιου· σύμφωνα με τον Cassirer αυτός ο διάλογος ήταν μια εισαγωγή στη φιλοσοφία του Καρτέσιου γραμμένη για τη Βασίλισσα Χριστίνα (βλ. Ernst Cassirer, *Descartes*, Stockholm, 1939, σελ. 140). Και έχει ενδιαφέρον το ότι ούτε ο Adam ούτε ο Cassirer βασίζουν τον προσδιορισμό της χρονολογίας αυτού του διαλόγου στο φιλοσοφικό του περιεχόμενο, λόγω του ότι αυτό δεν προσφέρει κανένα στοιχείο για τη χρονολογία της συγγραφής του, αλλά σε δευτερεύοντες υφολογικούς παράγοντες, στην παιδαγωγική πρόθεση, ή στην ίδια τη μορφή του διαλόγου. Βλ. επίσης την ανάλυση σχετικά με τη χρονολογία της συγγραφής του διαλόγου από τον M. Cantecor, «À quelle date Descartes a-t-il écrit la Recherche de la Vérité?» *Revue d'histoire de la philosophie* 2 (1928), σελ. 254.» και την απάντηση του H. Gouhier, *ό.π.*, τομ. 3, (1929), σελ. 296. Αυτή η σταθερότητα της φιλοσοφικής σκέψης του Καρτέσιου μπορεί να αναδειχθεί μέσα από πολλά παραδείγματα. Για παράδειγμα, την άποψή του ότι τα ζώα είναι μηχανές χωρίς ψυχή, που εξέφρασε στο *Cogitationes privatae* από το 1620 κιόλας, πριν ακόμα σκιαγραφήσει το φιλοσοφικό του σύστημα (βλ. AT X, σελ. 219), τη διατήρησε σε όλη του τη ζωή· τη βρίσκουμε στον *Λόγο* το 1637, στις *Απαντήσεις* του στις αντιρρήσεις στους *Στοχασμούς* του το

II

Το σημείο εκκίνησης της συζήτησης για το πρόβλημα της «καθολικής επιστήμης» ήταν το γράμμα του Πατέρα Mersenne στον Καρτέσιο το 1629,³⁷ στο οποίο ο Mersenne του ζήτησε την άποψή του για ένα εγχείρημα που είχε προταθεί από ένα πρόσωπο αγνώστου ονόματος για μια «νέα καθολική γλώσσα». Ο Καρτέσιος άσκησε δριμεία κριτική σε αυτό το εγχείρημα και το απέρριψε με την αιτιολογία ότι μια τεχνητή γλώσσα ήταν μόνο ζήτημα γραμματικής, και ότι μια τέτοια γλώσσα, παρόλο που θα ήταν επωφελής από ορισμένες απόψεις, είχε σημαντικά μειονεκτήματα.

Παρόλα αυτά, παρατήρησε ο Καρτέσιος, υπήρχε μια θεμιτή καθολική γλώσσα αλλά ήταν εντελώς διαφορετικού είδους, μια καθολική γλώσσα όχι λέξεων, αλλά ιδεών. Το προαπαιτούμενο για μια τέτοια γλώσσα, πρόσθεσε, ήταν «η αληθής φιλοσοφία». Όπως είναι δυνατόν να μάθει κανείς όλους τους αριθμούς μέχρι το άπειρο μέσα σε μια μέρα, λόγω της φυσικής διάταξης των αριθμών που μας επιτρέπει την εύκολη επισκόπησή τους, έτσι όλες οι -πραγματικές και δυνατές- ιδέες θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με καθορισμένες κατατάξεις, και μια τέτοια καθολική γλώσσα ιδεών θα μπορούσε να διδαχθεί μέσα σε πολύ σύντομο χρόνο.³⁸

1641, και τέλος το 1648/49 όταν την τόνισε έντονα στην αλληλογραφία του με τον Henry More (AT V, σελ. 267, και AT V, σελ. 340). Η ίδια σταθερότητα μπορεί να βρεθεί στις ιδέες του Καρτέσιου για τη Φυσική. Ο Gilson δηλώνει emphaticά ότι όλες οι θεωρίες της ώριμης περιόδου του Καρτέσιου αποτελούν απλά ανεπτυγμένες μορφές των προγενέστερων ιδεών του: «Από το 1619-1620 η Καρτεσιανή φυσική είχε ήδη διαμορφωθεί όσον αφορά τη μέθοδο και το πνεύμα της ... Το πνεύμα αυτό είναι το ίδιο που θα ζωντανέψει στο *Le Monde* (1632) ή στις *Αρχές* (1644)» (E. Gilson, *Études sur le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésien*, Paris, 1930, σελ. 17). Το ίδιο ισχύει για τις μεθοδολογικές απόψεις του Καρτέσιου που είχε ξεκινήσει να καταγράφει κιόλας από το 1628/29 στους *Κανόνες* και αργότερα παρέμειναν ουσιαστικά अपαράλλαχτες αν και σε πιο ανεπτυγμένη μορφή στον *Λόγο* το 1637. (Léon Brunschvicg, *René Descartes*, Paris, 1937, σελ. 15). Τέλος, εξέφρασε τις ίδιες μεθοδολογικές απόψεις στους *Στοχασμούς* το 1641, και ακόμα και το 1644 τις συνόψισε χωρίς να τις αλλάξει, με αφορμή τη λατινική έκδοση του *Λόγου* (ό.π. σελ. 28). Το ίδιο ισχύει και για το θέμα που μας απασχολεί στο παρόν κείμενο, την Άλγεβρα του Καρτέσιου συλληφθείσα ως καθολική επιστήμη, καθώς αποτελεί εν τέλει απλά ένα «δείγμα» της γενικότερης φιλοσοφικής μεθόδου του Καρτέσιου. Ο Brunschvicg, στο κεφάλαιο του βιβλίου του που έχει αφιερώσει στην ιδέα των καθολικών μαθηματικών (*Les étapes*, ό.π., σελ. 105) ορθώς χρησιμοποιεί ως εξίσου έγκυρες πηγές τους *Κανόνες* και τον *Λόγο*, παρόλο που γράφτηκαν σε διαφορετικές περιόδους. Επιπλέον, ξέρουμε ότι ακόμα και τον Μάρτιο του 1636 ο Καρτέσιος σκόπευε να τιτλοφορήσει τον *Λόγο* «*Le projet d'une science universelle*» και ότι διάλεξε διαφορετικό τίτλο μόνο έπειτα από τις συμβουλές του Mersenne (βλ. Ch. Adam, AT XII, σελ. 227–229). Επομένως, δικαίως ο J. Sirven λέει: το να υποθέσουμε ότι η *Καθολική Επιστήμη* ήταν απλά ένα «όνειρο της νιότης του Καρτέσιου» ισοδυναμεί με το να τη θεωρήσουμε ως μια σύλληψη ενός «ιδεώδους που είναι αδύνατον να πραγματωθεί». Αντίθετα με μια τέτοια άποψη, ο Sirven επισημαίνει ότι εάν η ιδέα μιας καθολικής επιστήμης ήταν ένα όνειρο, τότε ο Καρτέσιος, από τις πρώτες χειμωνιάτικες μέρες του 1619, δεν εγκατέλειψε ποτέ αυτό το όνειρο (J. Sirven, *Les années d'apprentissage de Descartes 1596–1628*, Paris, 1928, σελ. 440). Επιπλέον, ήταν πεπεισμένος ότι είχε πραγματώσει αυτό το όνειρο.

37 Για την ακρίβεια αυτό το γράμμα ήταν μόνο ένα πρόσχημα. Η ιδέα της καθολικής επιστήμης πάει πίσω στην αξιομνημόνευτη νύχτα της 10ης Νοεμβρίου 1619, όταν ο Καρτέσιος σημείωσε στο *Olympica*: “cum mirabilis scientiae fundamenta reperirem” (AT X, σελ. 179 και Adam, AT XII, σελ. 50). Τότε, το 1619, λέει ο Gilson, ο Καρτέσιος «συνέλαβε την ιδέα της ενότητας των επιστημών και της απόλυτης ενότητας των μαθηματικών μεθόδων. Από εκείνη τη στιγμή και έπειτα, η Καρτεσιανή επανάσταση είναι γεγονός». Αργότερα, ο Καρτέσιος μόνο ανέπτυξε περαιτέρω τις ιδέες που συνέλαβε εκείνη την εποχή (E. Gilson, ό.π. σελ. 286).

38 «Έτσι ώστε να μπορεί να διδαχθεί σε πολύ λίγο χρόνο, και αυτό μέσω της τάξης, δηλαδή, εγκαθιδρύοντας μια διάταξη όλων των ιδεών που μπορούν να μπουν στον ανθρώπινο νου ... ακριβώς όπως υπάρχει μια [τάξη] φυσικά θεμελιωμένη στους αριθμούς» και ακριβώς όπως κάποιος μπορεί να μάθει σε μια μέρα να απαριθμεί όλους τους αριθμούς μέχρι το άπειρο» (Descartes to Mersenne, 20 Νοεμβρίου 1629, AT I, σελ. 80). Ακόμα και τα *Cogitationes*

Ωστόσο, χωρίς τη βοήθεια μιας «vraie philosophie» η επινόηση μιας τέτοιας γλώσσας ιδεών ήταν αδύνατη. Διότι για να εγκαθιδρυθεί μια «τάξη σε όλες τις ιδέες που μπορεί να σκεφτεί ο ανθρώπινος νους», αυτές οι ιδέες, ξεκινώντας από τις απλούστερες, θα έπρεπε να καταταχθούν σε καθορισμένα σύνολα σύμφωνα με τις ιδιότητές τους. Για να γίνει αυτό ήταν απαραίτητο να υπάρχει μια ξεκάθαρη σύλληψη της κάθε ιδέας και να διακριθεί σαφώς από κάθε άλλη ιδέα· αλλά όπως έχουν τα πράγματα σήμερα «οι λέξεις που έχουμε, τρόπον τινά, έχουν συγκεχυμένες μόνο σημασίες» και για αυτό οι άνθρωποι δεν μπορούν ποτέ να συλλάβουν απόλυτα τον λόγο.³⁹

Από τα παραπάνω μπορεί να δει κανείς ότι μία τέτοια γλώσσα ιδεών ομαδοποιημένων ανά κατηγορία ιδεών, που θα προχωρούσε από τις απλές στις σύνθετες, θα ήταν στην πραγματικότητα μια *φιλοσοφική μέθοδος* η οποία θα μας επέτρεπε να φτάσουμε σε επαρκείς έννοιες όλων των πραγμάτων. Και περί μίας τέτοιας *langue de pensée* συλληφθείσας ως μεθόδου ο Καρτέσιος λέει: «Πιστεύω πως αυτή η γλώσσα είναι δυνατή και ότι κάποιος μπορεί να βρει την επιστήμη στην οποία βασίζεται, με τη βοήθεια της οποίας οι αγρότες θα μπορούν να κρίνουν την αλήθεια των πραγμάτων καλύτερα από ότι μπορούν τώρα οι φιλόσοφοι».⁴⁰

Το γράμμα του 1629 που παρατίθεται παραπάνω, όπως το προηγούμενο που παραθέσαμε του 1636, στο οποίο ο Καρτέσιος μας διαβεβαιώνει ότι η καθολική επιστήμη του θα είναι προσβάσιμη σε εκείνους που δεν έχουν σπουδάσει ποτέ,

Privatae του 1620 τονίζουν ότι λόγω της συσχέτισης όλων των επιστημών είναι εύκολο να τις διατηρούμε όλες στον νου, σαν μια σειρά αριθμών: “Catenam scientiarum pervidenti, non difficilium videbitur, eas animo retinere, quam seriem numerorum” (AT X, σελ. 215). Πάνω από 30 χρόνια αργότερα, ο Leibniz είχε μια παρόμοια ιδέα και οραματίστηκε την κατάταξη όλων των πραγματικών και δυνητικών κρίσεων, τη δημιουργία ενός «alphabetum cogitationum humanarum» έτσι ώστε ο άνθρωπος να μπορεί μέσω της ανάλυσης να συναγάγει όλες τις αρχές από έναν μικρό αριθμό ανώτερων αληθειών. “Scientiam generalem dico, quae modum docet, omnes alias scientias ex datis sufficientibus inveniendi et demonstrandi” (*De scientia universali seu calculo philosophico; De natura et usu scientiae generalis*, στο G.G. Leibniz *Opera philosophica omnia*, επιμ. Erdmann, (Berlin, 1840), σελ. 83, 86). Βλ. επίσης Louis Couturat, *La logique de Leibniz*, ό.π., σελ. 35. Η βιβλιογραφία της εποχής δείχνει πόσο διαδομένες ήταν τέτοιες ιδέες μιας παγκόσμιας φιλοσοφικής γλώσσας. Βλ. Sir Thomas Urquhart (1611–1660) *Logopandectision: or an Introduction to the Universal Language* (London: Calvert, 1653), George Dalgarno (1626–1687) *Ars signorum: vulgo character universalis et lingua philosophica* (London: Hayes, 1661), και John Wilkins (1614–1672) *Essay towards a Real Character and a Philosophical Language* (London 1668): βλ. Otto Funke, *Zum Weltsprachenproblem in England im 17. Jahrhundert* (Heidelberg 1929) (*Anglistische Forschungen*, No. 69 επιμ. Dr. J. Hoops). Η πραγματεία του Dalgarno παρουσιάζει μια *μεθοδική κατάταξη όλων των δυνατών ιδεών*, και μια επιλογή χαρακτήρων προσαρμοσμένων σε αυτήν τη σύνθεση έτσι ώστε να αντιπροσωπεύεται κάθε ιδέα από έναν συγκεκριμένο χαρακτήρα χωρίς αναφορά στις λέξεις κάποιας γλώσσας. Αναγνωρίζει μόνο *δεκαεπτά τάξεις ιδεών*, και χρησιμοποιεί γράμματα από το λατινικό αλφάβητο και κάποιους ελληνικούς χαρακτήρες «για να τις συμβολίσει». Ο Leibniz σε ένα γράμμα στον Thomas Burnet του Kemney, που χρονολογείται το 1697, αναφέρεται στο «Ars Signorum».

39 AT I, σελ. 81.

40 AT I, σελ. 81. Εάν, όπως ο Maxime Leroy, συσχετίσουμε την τελευταία πρόταση του παραθέματος όχι με τη *langue des pensées* συλληφθείσα ως μέθοδο, αλλά με τη συνηθισμένη γλωσσολογική ιδέα της καθολικής γλώσσας, το αποτέλεσμα είναι καθαρή σύγχυση. Ο Leroy λέει: «Εκείνος [ο Καρτέσιος] πίστευε ότι εάν υπήρχε ποτέ μια καθολική γλώσσα οι αγρότες θα μπορούσαν να κρίνουν την αλήθεια των πραγμάτων καλύτερα από ότι μπορούν οι φιλόσοφοι σήμερα». Αυτό ακούγεται φαντασιώδες· είναι αδύνατον να δούμε γιατί η γνώση μιας ή ακόμα και δώδεκα γλωσσών θα επέτρεπε στους αγρότες να συλλάβουν την αλήθεια καλύτερα από τους φιλοσόφους και γιατί η κατασκευή μιας τέτοιας γλώσσας θα έπρεπε να βασίζεται σε μια «αληθή φιλοσοφία» που δεν έχει ακόμα ανακαλυφθεί. Βλ. Maxime Leroy, *Descartes Social* (Paris, 1931) σελ. 51.

εκφράζει την αντιπάθειά του για την *εξειδίκευση*, τον φόβο του ότι οι ειδικοί, λόγω της ενασχόλησής τους με λεπτομέρειες, χάνουν την αίσθησή τους για την ουσία της αλήθειας, σε αντίθεση με τους κοινούς ανθρώπους, οι οποίοι λόγω της μέτριας ευφυΐας τους και των «συλλογισμών που κάνει ο καθένας σχετικά με τις υποθέσεις που τον ενδιαφέρουν» είναι καλύτερα εξοπλισμένοι για την ανακάλυψη της αλήθειας.⁴¹

Πώς θα μπορούσαμε να αναμένουμε ένα τέτοιο υπερφιλόδοξο αποτέλεσμα -τα θεμέλια μιας καθολικής επιστήμης- από την προαναφερθείσα «θεωρία διάταξης»; Και πώς θα επέτρεπε μια τέτοια επιστήμη στον κοινό, απαίδευτο άνθρωπο, να ανακαλύψει τις ανώτερες αλήθειες; Μήπως δεν απαιτεί η τέχνη του φιλοσόφου μακρά επαγγελματική εκπαίδευση και επιστημονική εξειδίκευση, όπως για παράδειγμα απαιτεί αυτή του αγρότη, και μέσω της οποίας ο τελευταίος γίνεται αγρότης, και όχι φιλόσοφος;⁴²

Για να συλλάβουμε το πραγματικό νόημα της Καρτεσιανής «καθολικής επιστήμης» και την πλήρη σημασία του προβλήματος που ήγειρε για πρώτη φορά ο Καρτέσιος, θα πρέπει να ανακαλέσουμε τους κινδύνους που απειλούν τον σύγχρονο πολιτισμό ως αποτέλεσμα της υπερεξειδίκευσης. Ο Καρτέσιος προέβλεψε τη *μεγάλη διανοητική κρίση των ημερών μας*, που αποτελεί αναπόφευκτο αποτέλεσμα της εξειδίκευσης. Ο ειδικός, θαμμένος στο δάσος των λεπτομερειών του ειδικού του πεδίου, χάνει την ικανότητα να κατανοεί τη σύγχρονη κοινωνική και διανοητική ζωή στην ολότητά της, και επομένως χάνει την ικανότητά του να την κρίνει ορθά· κάτι που τελικά οδηγεί κατ' ανάγκη στη μείωση του διανοητικού και πολιτισμικού επιπέδου της κοινωνίας συνολικά.⁴³

41 *Λόγος περί της Μεθόδου*, II, σελ. 38. Σε ένα άλλο χωρίο ο Καρτέσιος προειδοποιεί για τους σοφούς που «χρησιμοποιούν τόσο λεπτές διακρίσεις, ώστε να διασκορπίζουν το φυσικό φως και να ανακαλύπτουν σκοτάδια ακόμα και σε εκείνα τα πράγματα τα οποία οι απαίδευτοι δεν αγνοούν ποτέ» (*Philos. Works*, I σελ. 57). Αργότερα, στην *Traité de la lumière* (1629-1633) του ο Καρτέσιος λέει ειρωνικά ότι «οι φιλόσοφοι είναι τόσο ευφυείς που καταφέρνουν να βρίσκουν δυσκολίες σε πράγματα που είναι εξαιρετικά ξεκάθαρα σε άλλους ανθρώπους» (AT XI, σελ. 35), και γελοιοποιεί τις «περιττές τους εξυπνάδες» (ό.π. σελ. 45). Ο Καρτέσιος εκφράζει την ίδια άποψη για το «φυσικό φως», το ανεξάρτητο από κάθε επίκτητη παιδεία, όταν κρίνει τον εαυτό του. Σύμφωνα με όσα είπε στους φίλους του, ήταν πεπεισμένος ότι δεν έφτασε στις ιδέες του ως αποτέλεσμα των σπουδών του· πίστευε ότι «ακόμα και αν ο πατέρας του δεν τον είχε αναγκάσει ποτέ να μελετήσει, θα είχε αναπτύξει τις ίδιες ιδέες, με τον ίδιο τρόπο και ίσως και καλύτερα από ότι το έκανε». (βλ. Adrien Baillet, *La vie de Monsieur Des-Cartes*, Paris, 1691, II, σελ. 470-71· βλ. επίσης AT XII, σελ. 32). Παρομοίως, στην *Αναζήτηση της Αλήθειας* (1629) ο Εύδοξος (που αντιπροσωπεύει τον Καρτέσιο σε αυτόν τον διάλογο) λέει στον Πολύανδρο: «Στο τέλος θα πιστέψεις ότι ένας άνθρωπος με υγιή νου, αν είχε μεγαλώσει στην έρημο και δεν είχε λάβει τίποτα πέρα από το φως της φύσης να τον διαφωτίσει, δεν θα μπορούσε, αν είχε ζυγίσει προσεκτικά όλους τους ίδιους λόγους, να υιοθετήσει κάποια άποψη διαφορετική από τη δική μας» (*Philos. Works*, I σελ. 311).

42 Η πρωτοτυπία της ιδέας του Καρτέσιου αποκαλύπτεται πιο καθαρά εάν τη συγκρίνουμε με τις έννοιες ενός άλλου φιλοσόφου, του Hegel. Προφανώς αναφερόμενος στο «φυσικό φως» του Καρτέσιου ο Hegel επιτίθεται στην άποψη ότι ο «φυσικός λόγος» από μόνος του, χωρίς επαγγελματική προετοιμασία θα μπορούσε να επιτρέψει σε κάποιον να φιλοσοφεί, ως εάν η φιλοσοφία να «έγκειται στην ίδια την έλλειψη ... μελέτης». Ο Hegel αναφέρεται περαιτέρω στη «μακρά διαδρομή της εκπαίδευσης» που απαιτείται από τον φιλόσοφο, εν συντομία «στον εκπαιδευμένο λόγο». (G. W. F. Hegel, *Die Phänomenologie des Geistes*, Bamberg, 1807, Preface, σελ. lxxxiv-lxxxvi).

43 Έτσι, ένας σύγχρονος συγγραφέας ορθώς λέει: «Η γνώση στριμώνεται στις ιδέες, τη γλώσσα και τη γοητεία της· είναι υπερ-εξειδικευμένη, τεχνική, και απόκρυφη λόγω της απομόνωσής της. Η έλλειψη στενής σχέσης με την κοινωνική πρακτική οδηγεί σε μια έντονη και σύνθετη υπερ-εκπαίδευση η οποία αυξάνει την ίδια την απομόνωσή της». (Joseph Ratner, *The Philosophy of John Dewey*, New York, 1928, σελ. 415).

Η ίδια διαμάχη ιδωμένη από μια άλλη πλευρά παρουσιάζεται ως πρόβλημα της σχέσης μεταξύ του επιμέρους και του καθολικού. Για τους «ειδικούς» την εποχή του Καρτέσιου, όπως για τους θετικιστές σήμερα, ο κόσμος δεν είναι παρά μια γενική δήλωση που περιέχει μεμονωμένες, ακριβείς παρατηρήσεις γεγονότων που γίνονται διαισθητικά σε ένα περιορισμένο πεδίο της εμπειρίας· ενώ ο Καρτέσιος ήταν πεπεισμένος ότι ήταν αδύνατον να κατανοηθούν τα απομονωμένα φαινόμενα ενός συγκεκριμένου πεδίου χωρίς να γνωστοποιηθεί η σχέση τους με την καθολικότητα των πραγμάτων ως ένα ολοκληρωμένο αντικείμενο της κοινής εμπειρίας των ανθρώπων, καθώς τα επιμέρους φαινόμενα αποκτούν νόημα μόνο στο πλαίσιο αυτής της καθολικότητας. Η Αλγεβρα του Καρτέσιου ως «Καθολική Επιστήμη» είναι ένα εργαλείο για να φανερωθεί αυτή η γενική σχέση και να προσπεραστούν οι κίνδυνοι της απομόνωσης και της εξειδίκευσης.

Ο Καρτέσιος χρησιμοποιεί δύο επιχειρήματα που σκοπό έχουν να δείξουν, πρώτον, ότι μια νέα, απλουστευμένη και επομένως εύκολα προσβάσιμη σε όλους, μέθοδος -μια πραγματικά καθολική επιστήμη- δεν είναι μόνο θεμιτή αλλά και απαραίτητη· και δεύτερον, ότι η ανάπτυξη μιας τέτοιας μεθόδου είναι δυνατή.

Οι μελετητές της Καρτεσιανής επανάστασης έχουν τονίσει περισσότερο από οτιδήποτε άλλο τον αγώνα του Καρτέσιου για τη *βεβαιότητα της γνώσης*. Όμως θα πρέπει να τονιστεί ότι ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας αυτής της επανάστασης είναι η *απλότητα της μεθόδου*,⁴⁴ η *συντόμευση* του δρόμου προς την αλήθεια, διότι αυτός ο παράγοντας προοριζόταν να καταπολεμήσει την υπερ-εξειδίκευση. Και αυτό διότι μόνο μέσω της απλοποίησης του δρόμου προς τη γνώση μπορούν οι «απαίδευτοι» να μη χρειάζονται πλέον τη διαμεσολάβηση των επαγγελματιών λογίων, να γίνει *εύκολα προσβάσιμη σε όλους τους εγγράμματους* η κατάκτηση της αλήθειας, και να εγκαθιδρυθεί μια *πραγματικά καθολική επιστήμη*. Ο Καρτέσιος μάλιστα κατηγορούσε τη σύγχρονη επιστήμη (το 1628) ότι έθαβε κάτω από τεράστιους τόμους την όποια ορθή γνώση προσέφερε, καθιστώντας την πρακτικά απρόσιτη στους ανθρώπους.⁴⁵

Για αυτόν τον λόγο η θεμελιώδης προσδοκία του Καρτέσιου, πέρα από τη βεβαιότητα της γνώσης, είναι να βρει «ένα ευκολότερο μονοπάτι» που να οδηγεί σε αυτήν.⁴⁶ Παρομοίως, λέει στο τέλος της Γεωμετρίας του: «Σκοπός μου δεν είναι να γράψω ένα μεγάλο βιβλίο. Προσπαθώ μάλλον να χωρέσω πολλά σε λίγες λέξεις».⁴⁷ Επομένως, «αντί για έναν μεγάλο αριθμό αρχών από τις οποίες συγκρο-

44 «Με τη μέθοδο εννοώ κανόνες βέβαιους και απλούς» (*Κανόνες*, Κανόνας IV, σελ. 35). Η σημασία αυτής της απαίτησης, ως έκφραση της απέχθειας του λόγου για τις παράλογες λεπτότητες του σχολαστικισμού, γίνεται κατανοησιμη όταν συγκρίνεται με τις περίπλοκες διεργασίες που σύμφωνα με τον Θωμά Ακινάτη είναι απαραίτητες για τη σύλληψη της φύσης της νόησης. Η ενέργεια της νόησης πρέπει να αντιμετωπίζεται από τις ακόλουθες δέκα οπτικές γωνίες: *operatio, actio, motus, mutatio, generatio, formatio, assimilatio, unio, perfectio, vita* (Alfons Hufnagel, "Studien zur Entwicklung des thomistischen Erkenntnisbegriffes in Anschluss an das Correctorium 'Quare'," *Beiträge zur Geschichte der Philosophie und Theologie des Mittelalters* 31, επιμ. M. Grabmann, No. 4, Κεφάλαιο III).

45 «Παρόλο που όλη η επιστήμη που θα μπορούσε να επιθυμήσει κάποιος περιέχεται στα βιβλία, εντούτοις ό,τι καλό αυτά περιλαμβάνουν μπλέκεται με αμέτρητα περιττά πράγματα και διασκορπίζεται σε πλήθος από ογκώδεις τόμους. Προκειμένου να διαβαστούν λοιπόν, ο χρόνος μιας ανθρώπινης ζωής σίγουρα δεν θα έφτανε». (René Ντεκάρτ, *Αναζήτηση της Αλήθειας*, μτφρ. Δήμος Μαρουδής, Αθήνα: Εκδόσεις Ιριδανός (2015)).

46 *Philos. Works*, σελ. 306.

47 *The Geometry of René Descartes*, μτφρ. David E. Smith και Marcia L. Latham (Chicago, 1925) σελ. 240.

τείται η Λογική» δίνει τους γνωστούς τέσσερις απλούς κανόνες του, τους οποίους θεωρεί «απολύτως επαρκείς». ⁴⁸ Μόνο μέσω της *συντόμευσης* και της απλοποίησης του δρόμου προς τη γνώση μπορεί η γνώση της αλήθειας να γίνει προσβάσιμη σε όλους, συμπεριλαμβανομένων και των ανθρώπων χωρίς μακρά επαγγελματική εκπαίδευση και έτσι να βγει από τους *περιορισμένους κύκλους των επαγγελματιών επιστημόνων*. Και, προβλέποντας τις αντιρρήσεις που θα εγείρονταν ενάντια στην εξάπλωση της φιλοσοφίας στις μεγάλες απαίδευτες μάζες, ο Καρτέσιος εξέφρασε την ελπίδα ότι στον κόσμο της γνώσης δεν θα έχει καμία διαφορά αν μια ιδέα προέρχεται από τον Πλάτωνα ή τον Αριστοτέλη ή από κάποιον λιγότερο διακεκριμένο άνθρωπο εφόσον είναι ορθή, δηλαδή εφόσον έχει κάποια αξία, «όπως το χρήμα έχει την ίδια αξία είτε βγαίνει από την τσέπη του χωρικού είτε από το δημόσιο ταμείο». ⁴⁹ Ο Καρτέσιος τονίζει αυτήν την ιδέα δίνοντας στον *Διάλογο* σημαντικό ρόλο στον Εύδοξο (=Καρτέσιος), «έναν άνθρωπο με μέτριο πνεύμα, η κρίση του οποίου, όμως, δεν έχει διαφθαρεί από καμία εσφαλμένη πεποίθηση, και ο οποίος διατηρεί την ικανότητα να σκέπτεται όπως η φύση το ορίζει». ⁵⁰

Όμως το να περιγράψει κανείς μια τέτοια μέθοδο και τη χρησιμότητά της δεν ήταν αρκετό. Ήταν δυνατή; Ο Καρτέσιος έδωσε θετική απάντηση σε αυτό το ερώτημα στη βάση της *ενότητας* όλων των επιστημών που καθιστά δυνατή την πραγμάτωση του ονείρου του για μια καθολική επιστήμη και ξεπερνά τους κινδύνους της υπερ-εξειδίκευσης. Ο Καρτέσιος ασχολήθηκε με αυτό το πρόβλημα στους *Κανόνες για την Καθοδήγηση του Πνεύματος*, που έγραψε το 1628 ή το 1629⁵¹ και στην *Αναζήτηση της Αλήθειας*⁵² έναν διάλογο που χρονολογείται την ίδια περίοδο.

Στον Κανόνα 1 ο Καρτέσιος ασκεί κριτική στην οπτική εκείνων που βλέπουν τις «επιστήμες» απλά ως ένα επάγγελμα μεταξύ πολλών άλλων, εκ των οποίων οι άνθρωποι μπορούν να εκπαιδευτούν μονάχα σε ένα, καθώς σύμφωνα με την άποψη αυτών των στοχαστών κάθε άνθρωπος έχει χάρισμα μόνο σε μία *ειδική* τέχνη: ο μεταλλουργός που αφοσιώνεται στην επεξεργασία μετάλλων, λένε, δεν μπορεί να γίνει καλός αγρότης. «Πιστεύουν ότι το ίδιο συμβαίνει και στις επιστήμες, και νομίζουν ότι πρέπει κανείς να διακρίνει πρώτα τις επιστήμες τη μια από την άλλη με βάση τα διαφορετικά αντικείμενά τους και μετά να ερευνά την καθεμία από

48 *Λόγος περί της Μεθόδου II* (Philos. Works, I, σελ. 92). Πάνω σε αυτό το ερώτημα ο Gilson λέει στο «Commentaire» του: “La méthode se ramène à quatre préceptes simples et ces quatre préceptes concernent deux opérations de la pensée: l’intuition et la déduction. Or, ces deux opérations ne consistent que dans l’usage spontané de notre lumière naturelle; elles ne peuvent donc être enseignées, et ainsi ... tous les préceptes de la Dialectique [i.e. scolastique, G.] deviennent superflus”. Οι είκοσι ένας κανόνες του *Regulae* επομένως δεν προσθέτουν τίποτα το ουσιαστικό στους τέσσερις του *Discours*, οπότε “Regulae ne contiennent en définitive que les quatre préceptes du Discours, et que ce qu’elles leur ajoutent ne consiste pas en préceptes supplémentaires, mais en règles pratiques destinées à faciliter leur application. La méthode a donc été dès le début quant à essentielle, ce qu’elle devrait toujours demeurer; Descartes n’a varié que ce qu’il a de moins en moins cru à la possibilité d’en formuler et d’en enseigner le procédé d’application” (Gilson, “Commentaire” σελ. 195–196).

49 *Αναζήτηση της Αλήθειας*, σελ. 29–30.

50 Ό.π., σελ. 30.

51 Δημοσιευμένο πρώτη φορά στα λατινικά το 1701.

52 Το πρώτο σπέρμα της θεωρίας της ενότητας όλων των επιστημών μπορεί να βρεθεί από το 1620 κιόλας, στο *Cogitationes privatae* και ακόμα και στο πρώτο όνειρό του το 1619 (Olympica).

αυτές παραλείποντας όλα τα άλλα. Η άποψη αυτή είναι οπωσδήποτε εσφαλμένη... οι επιμέρους επιστήμες δεν είναι τίποτα άλλο παρά η ανθρώπινη διάνοια, η οποία παραμένει η ίδια πάντοτε, όσο διαφορετικά και αν είναι τα αντικείμενα στα οποία εφαρμόζεται». ⁵³ Εφόσον υπάρχει μόνο μία γενική ανθρώπινη διάνοια, αυτή η «διάνοια ή καθολική επιστήμη» μας επιτρέπει την ταυτόχρονη μελέτη όλων των επιστημών. «Γιατί ούτε η γνώση μιας αλήθειας ούτε και η άσκηση μιας τέχνης μας εμποδίζει να ανακαλύψουμε μια άλλη, αλλά μάλλον μας βοηθά». ⁵⁴

Όλοι οι κλάδοι της «Επιστήμης» ουσιαστικά σχηματίζουν μια ενότητα, επειδή δεν είναι τίποτε άλλο παρά η ανθρώπινη διάνοια εν δράσει, και επειδή, για αυτόν ακριβώς τον λόγο, υπάρχει μόνο ένας *façon de comprendre*. Επομένως, θα πρέπει να υπάρχει μόνο μια μέθοδος για το πώς να λαμβάνουμε υπόψιν όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, δηλαδή να συλλαμβάνουμε αυτά τα δεδομένα σύμφωνα με μια κατανοητή τάξη με τέτοιον τρόπο ώστε να υπάρχει μόνο μια μοναδική αλυσίδα απλών σχέσεων μεταξύ απλών στοιχείων. ⁵⁵ Και επειδή μπορεί να υπάρχει μόνο μία μέθοδος, έπεται «ότι όλες οι επιστήμες είναι τόσο αλληλένδετες που είναι πολύ ευκολότερο να μελετώνται όλες μαζί από το να απομονώνεται μία από όλες τις υπόλοιπες». Διότι αυτό που πρέπει να ανακαλυφθεί είναι η τάξη των στοιχείων, όχι τα επιμέρους θέματα των μεμονωμένων επιστημών αποκομμένων από αυτήν την τάξη, όπως μας λένε οι ειδικοί. Το έργο της Φιλοσοφίας δεν είναι να επιλύσει «τούτη ή εκείνη την ιδιαίτερη σχολαστική δυσκολία» αλλά αντίθετα «αν κάποιος θέλει να ερευνήσει την αλήθεια των πραγμάτων σοβαρά δεν πρέπει να στραφεί αποκλειστικά σε μια ειδική επιστήμη, γιατί όλες συνδέονται μεταξύ τους και εξαρτώνται η μια από την άλλη». ⁵⁶ Αυτό που αναζητάμε σε όλες τις επιστήμες είναι πάντα το ίδιο πράγμα, τον τρόπο σύνδεσης των στοιχείων, όχι τις ουσιώδεις διαφορές των στοιχείων καθεαυτών. «Ακόμα και αν τα αντικείμενά τους είναι διαφορετικά, δεν παύουν ωστόσο να συμφωνούν όλες στο ότι δεν εξετάζουν τίποτα άλλο παρά τις διάφορες σχέσεις ή αναλογίες που υπάρχουν σε αυτά». ⁵⁷

Επειδή αυτή η αλληλεξάρτηση των επιστημών που περιγράφει ο Καρτέσιος είναι γεγονός, θεωρεί ότι η μέθοδος που επιθυμεί είναι όντως πραγματοποιήσιμη. Ο Καρτέσιος το δείχνει αυτό στην «Αναζήτηση της Αλήθειας» (1629), όπου ο Εύδοξος (=Καρτέσιος) λέει: «Θα ασχοληθούμε με όλες τις επιστήμες μαζί και με καθεμία ξεχωριστά ... και θα προτείνουμε μια μέθοδο για να τις επεκτείνουμε περαιτέρω

53 Κανόνες, Κανόνας Ι, σελ. 21.

54 Ό.π., σελ. 21.

55 Βλ. L. Brunschvicg, *Les étapes*, Βιβλίο ΙΙ, Κεφάλαιο VII: «La mathématique universelle de Descartes et la physique».

56 Κανόνες, Κανόνας Ι, σελ. 21.

57 Λόγος, ΙΙ, σελ. 48. «Το σωστό αντικείμενο των καθολικών μαθηματικών ... είναι η σχέση» λέει ο L. Brunschvicg (*Les étapes*, ό.π. σελ. 106). Βλ. επίσης Ch. Adam, AT XII, 51. Μόνο οι παραπάνω σκέψεις καθιστούν ξεκάθαρο το γιατί οι πληβείοι και γενικότερα αυτοί που δεν έχουν σπουδάσει, θα ήταν ικανοί, με τη βοήθεια της «γλώσσας των ιδεών» που οραματίστηκε ο Καρτέσιος να ανακαλύψουν την αλήθεια πιο εύκολα από ότι οι φιλόσοφοι πρωτίτερα. Γιατί μια γλώσσα των ιδεών προϋποθέτει την ταξινόμηση αυτών των ιδεών, από τις απλούστερες στις πιο σύνθετες, σε ξεκάθαρες και ξεχωριστές τάξεις, και τη θεμελίωση των σχέσεων μεταξύ αυτών των τάξεων. μια τέτοια ταξινόμηση θα παρείχε σε κάθε άνθρωπο με μέτρια ευφυΐα μια μέθοδο που δεν υπήρχε πρωτίτερα και με τη βοήθεια της οποίας η αλήθεια θα μπορούσε να ανακαλυφθεί με βεβαιότητα και με τον συντομότερο δυνατό τρόπο.

αλλά και για να ανακαλύψουμε μόνοι μας, με μετριοπάθεια, όλα αυτά που μπορούν να ανακαλύψουν οι πιο επιδέξιοι». ⁵⁸ Και η ανακάλυψη μιας τέτοιας μεθόδου είναι δυνατή, επειδή «οι γνώσεις ... ενώνονται μεταξύ τους με τόσο θαυμάσια σύνδεση, και μπορούν να συναχθούν οι μεν από τις δε μέσα από τόσο επιτακτικές συνεπαγωγές, που δεν χρειάζεται πολλή επιδεξιότητα ή οξύνοια για να μπορέσει κάποιος να τις εντοπίσει, με την προϋπόθεση βέβαια ότι γνωρίζει πως πρέπει να ξεκινά από τις απλούστερες και να ανέρχεται σταδιακά ως τις υψηλότερες και πιο σύνθετες». ⁵⁹

Αυτή η σύλληψη του Καρτέσιου –η καθολική επιστήμη νοούμενη ως μια γενική μέθοδος προσβάσιμη σε όλους– όπως είδαμε δεν είναι μία τυχαία ιδέα περιφερειακή στο Καρτεσιανό σύστημα· είναι μάλλον, όπως τονίζει ο ίδιος ο Καρτέσιος, το φυσικό αποτέλεσμα της φιλοσοφίας του, το δόγμα της ενότητας όλων των επιστημών. Όπως ο Francis Bacon που προήγαγε την ιδέα ότι με τη βοήθεια ενός εργαλείου ή μιας μηχανής μπορεί ο καθένας να φέρει εις πέρας με ακρίβεια μια συγκεκριμένη δουλειά που πριν εκτελούνταν από επιδέξια χέρια, ανεξάρτητα από τα ειδικά προσόντα του εργάτη που χειρίζεται τη μηχανή, ο Καρτέσιος διατύπωσε την άποψη ότι ως αποτέλεσμα της αλληλεξάρτησης όλων των επιστημών, όλοι μπορούν –με την κατάλληλη μέθοδο– να ανακαλύψουν τις ανώτερες αλήθειες· κάτι που πρωτύτερα, χωρίς τη βοήθεια μιας τέτοιας μεθόδου, μόνο οι «πιο ευφυείς» νόες μπορούσαν να επιτύχουν.

Η πρώτη φάση αυτής της διανοητικής εξέλιξης της Καρτεσιανής «καθολικής επιστήμης» καταλήγει στον ξεκάθαρο ορισμό αυτών των στόχων ως βάση μιας μεταρρύθμισης της μεθόδου.

III

Στη δεύτερη περίοδο αυτής της διαδρομής ο Καρτέσιος έστρεψε την προσοχή του στις προπαρασκευαστικές συνθήκες για την κατασκευή μιας τέτοιας καθολικής μεθόδου που αφορά τις σχέσεις και αναλογίες μεταξύ των πραγμάτων· εν συντομία, άρχισε να πραγματώνει μια μέθοδο που μέχρι τότε την είχε συλλάβει μόνο ως ιδεώδες, με τη μορφή μιας «γλώσσας ιδεών» την οποία δεν είχε ορίσει με μεγάλη ακρίβεια. Και εδώ, η έμπνευση για τη σαφή διαμόρφωση της μεθόδου –όπως μας λέει στον *Λόγο*– προήλθε άμεσα από τη σύλληψη όλων των επιστημών ως ένα ενιαίο σύνολο. Επειδή αποτελούν ενιαίο σύνολο, επειδή δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται ξεχωριστά αλλά όλες μαζί, και επιπλέον επειδή θα πρέπει να αναζητούνται αναλογίες μεταξύ φαινομένων ή ομάδων φαινομένων αρμόζοντων στις πιο διαφορετικές μεταξύ τους επιστήμες (Μηχανική, Φυσική, Βιολογία, Ψυχο-φυσιολογία), αυτές οι αναλογίες θα πρέπει να απεικονίζονται με τα συντομότερα δυνατά σύμβολα, όπως για παράδειγμα α, β, γ, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να συγκρατούμε αυτά και τις σχέσεις μεταξύ τους ταυτόχρονα στη μνήμη μας. ⁶⁰

58 *Αναζήτηση της Αλήθειας*, σελ. 28.

59 *Ό.π.*, σελ. 58.

60 «... σκέφτηκα πως θα ήταν καλύτερο να εξετάσω μόνο αυτές τις αναλογίες γενικά ... Έπειτα, έχοντας προσέξει πως για να τις γνωρίσω θα αναγκαζόμουν κάποιες φορές να τις εξετάσω την καθεμία χωριστά, και κάποιες φορές

Εκτός από αυτήν την μέθοδο απεικόνισης μέσω συμβόλων, οι ιδέες περί της ενότητας όλων των επιστημών οδήγησαν σε μια ακόμα σημαντικότερη καινοτομία: για τον ίδιο ακριβώς λόγο που τα φαινόμενα των πιο διαφορετικών μεταξύ τους επιστημονικών πεδίων πρέπει να αντιμετωπίζονται *ταυτόχρονα* και να συνδέονται μεταξύ τους, πρώτα πρέπει να *γίνονται συγκρίσιμα*, δηλαδή να ανάγονται σε έναν κοινό παρονομαστή, πριν να καταστεί δυνατόν να εντοπιστεί και να περιγραφεί η φύση των σχέσεών τους και η συγκεκριμένη μορφή των αναλογιών τους.

Για να επιτύχει αυτόν τον σκοπό ο Καρτέσιος ξεκίνησε από τον χώρο και τις διαστάσεις του, όμως σύντομα προχώρησε πέρα από τις χωρικές έννοιες. Ο χώρος είναι ένα σύστημα σχημάτων που επιδέχονται μετρήσεων ως προς τις τρεις διαστάσεις· είναι δυνατόν, για παράδειγμα, να ξεκινήσει κανείς από το μήκος για να ανασυγκροτήσει τη χωρική πραγματικότητα. Όμως αυτή η μέθοδος σύνθεσης δεν εξαντλεί όλα τα στοιχεία που συνιστούν την πραγματικότητα. Διότι η πραγματικότητα δεν συνίσταται μόνο σε χωρικές διαστάσεις. Τα χωρικά μεγέθη είναι μόνο μία ορισμένη όψη της πραγματικότητας· κάθε άλλο μετρήσιμο στοιχείο ανάλογο του μήκους μπορεί επίσης να θεωρηθεί διάσταση· με αυτόν τον τρόπο μπορεί κανείς να εισαγάγει όσες «διαστάσεις» επιθυμεί σε ένα πρόβλημα. Έτσι, ο Καρτέσιος επέκτεινε την έννοια της διάστασης από τις τρεις χωρικές διαστάσεις σε όλες τις άλλες μετρήσιμες ιδιότητες της πραγματικότητας. Η σημασία αυτής της γενίκευσης της έννοιας της διάστασης, που αποτελεί το κεντρικό θέμα του *Regulae*, δύσκολα μπορεί να υπερτιμηθεί· απελευθέρωσε τα μυαλά των ανθρώπων από την εξάρτηση της μαθηματικής σκέψης από τις χωρικές αναπαραστάσεις και έτσι *κατέστησε τη μαθηματική μέθοδο εφαρμόσιμη σε όλα τα πεδία της επιστήμης*. «Έτσι διαστάσεις του σώματος δεν είναι μόνο το μήκος, το πλάτος και το ύψος, αλλά και το βάρος είναι μια διάσταση ... και η ταχύτητα επίσης είναι διάσταση της κίνησης ... Προφανώς έπεται ότι είναι δυνατόν να υπάρχει ένας απεριόριστος αριθμός διαστάσεων».⁶¹ Δικαιολογημένα μπορούμε να πούμε ότι η φιλοσοφία του Καρτέσιου έχει *πανδιαστατικό* χαρακτήρα [randimentionism]. Μόνο μετά την ανάπτυξη του προβλήματος της διάστασης στη γενικευμένη μορφή που του έδωσε, μπόρεσαν τα διάφορα φαινόμενα της πραγματικότητας να εισαχθούν στις θεμελιώδεις εξισώσεις όχι μόνο της Μηχανικής και της Φυσικής, αλλά όλων των επιστημών που αφορούν μετρήσιμα μεγέθη. Μόνο τότε, αφότου ο Καρτέσιος είχε δημιουργήσει ένα ισχυρό εργαλείο με τη νέα έννοια της διάστασης, μπόρεσε να καταπιαστεί με τη μεταρρύθμιση της φιλοσοφίας - τη μαθηματικοποίησή της.⁶² μόνο τότε, με τη βοήθεια αυτού του νέου τεχνικού εργαλείου, μπόρεσε να καταπιαστεί με το να δώσει σαφή μορφή στην *καθολική επιστήμη*. Έτσι η Καρτεσιανή ιδέα μπήκε στην τρίτη, καθοριστική της φάση.

μονάχα να τις συγκρατώ, ή να τις εξετάζω πολλές μαζί ... Όμως, για να τις συγκρατήσω ή να τις εξετάσω πολλές μαζί, σκέφτηκα πως έπρεπε να τις ερμηνεύσω με μερικά σύμβολα, τα συντομότερα που θα μπορούσα να βρω». (*Λόγος*, II, *Philos. Works*, I, 93).

61 *Κανόνες*, Κανόνας XIV, σελ. 129.

62 L. Brunschvicg, *Les étapes, ό.π.*, σελ. 111–112. Έτσι έγραψε στον Mersenne, “que toute ma Physique n’est autre chose que Géométrie” (Letter on July 27, 1638, AT II, σελ. 268).

IV

Στόχος ήταν η κατασκευή μιας μεθόδου ανεξάρτητης των επιμέρους επιστημών, αλλά εφαρμόσιμης σε όλες, είτε επρόκειτο για ερωτήματα περί αριθμών, ευθειών, ήχων, ή οποιουδήποτε άλλου πεδίου έρευνας. «Θα πρέπει να υπάρχει μια γενική επιστήμη που να εξηγεί συνολικά αυτό το στοιχείο από το οποίο ανακύπτουν προβλήματα σχετικά με την τάξη και τη μέτρηση, καθώς αυτά δεν περιορίζονται σε κανένα ειδικό αντικείμενο». ⁶³ Αυτή ακριβώς η γενική «επιστήμη της τάξης», αυτή η «επιστήμη των σχέσεων» είναι η Καρτεσιανή Άλγεβρα. Η *Γεωμετρία*, σύμφωνα με τον Καρτέσιο, είναι μόνο ένα «δείγμα», ένα παράδειγμα αυτής της μεθόδου που περιλαμβάνει τόσο τη γενική φιλοσοφική μέθοδο, το κυρίως θέμα του *Λόγου*, όσο και, με τα λόγια του Boutroux, «τη μαθηματική μέθοδο που αποτελεί μόνο μια ορισμένη εφαρμογή ... της γενικής μεθόδου». ⁶⁴ Ή, όπως λέει αλλού ο Boutroux: «Η καθαρή Άλγεβρα δεν θα πρέπει να θεωρείται *αντικειμενική επιστήμη*· είναι μια τεχνική υπολογισμού, η ίδια άνευ περιεχομένου. «Είναι μια μέθοδος» ⁶⁵ εφαρμόσιμη σε όλες τις επιστήμες. «Καμία επιστήμη δεν οικοδομείται με άλλο τρόπο παρά μόνο με την ενόραση και την παραγωγή». ⁶⁶ Όμως η τελευταία βασίζεται στη σύγκριση ενός επιθυμητού αλλά άγνωστου μεγέθους με ένα δεδομένο και γνωστό, «ώστε να φαίνεται καθαρά η ομοιότητα ανάμεσα στο ζητούμενο και το γνωστό». ⁶⁷

Ο Καρτέσιος εξηγεί εδώ γιατί, στην προσπάθειά μας να ανακαλύψουμε την αλήθεια, ο λόγος θα πρέπει να εκφράζεται με τη μορφή μαθηματικών εξισώσεων με στόχο την εύρεση των αναλογιών και σχέσεων που αποτελούν το αντικείμενο της έρευνάς μας. Η ουσία αυτής της μεθόδου συνίσταται στο γεγονός ότι όταν ένας αριθμός γνωστών στοιχείων: α , β , γ και ζητούμενων: χ , ψ , ζ , είναι δεδομένος, μπορούμε να αγνοήσουμε το περιεχόμενο αυτών των στοιχείων· μόνο τα *μεγέθη* και οι *αναλογίες τους* έχουν σημασία. ⁶⁸ Έτσι, «εάν υπάρχουν πολλές εξισώσεις, θα πρέπει να χρησιμοποιούμε την καθεμία ... είτε εξετάζοντάς τη μόνη της είτε συγκρίνοντάς τη με τις άλλες ... πρέπει να τις συνδυάζουμε ... μέχρι να μείνει μόνο ένας *μοναδικός άγνωστος* ... που να ισούται με κάποια γνωστή γραμμή, ή που το τετράγωνό του, ο κύβος του, η τέταρτη δύναμή του, η πέμπτη δύναμή του, η έκτη δύναμή του, κ.λπ., να ισούται με το άθροισμα ή τη διαφορά δύο ή παραπάνω ποσοτήτων, μία εκ των οποίων είναι γνωστή ενώ οι άλλες αποτελούνται από μέσες αναλόγους μεταξύ της μονάδας και αυτού του τετραγώνου, ή του κύβου, ή της τέταρτης δύναμης κ.λπ. πολλαπλασιασμένες με άλλες γνωστές ευθείες». ⁶⁹

Η μαθηματοποίηση της σύγχρονης επιστήμης δεν αποτελεί μετασχηματισμό του μαθηματικού μυστικισμού των Πυθαγόρειων ή επιστροφή σε αυτόν· επετεύχθη από τον Καρτέσιο για χάρη της σύγχρονης φυσικής επιστήμης. Μόνο έτσι μπορεί να γίνει αντιληπτή η μεθοδολογική σημασία του πανδιαστατικού χα-

63 *Philos. Works*, I, σελ. 13.

64 P. Boutroux, *La signification historique de la "Géometrie" de Descartes*, ό.π., σελ. 816.

65 P. Boutroux, *L'Idéal scientifique des mathématiciens* (Paris, 1920) σελ. 100.

66 *Κανόνες*, Κανόνας IV, σελ. 119.

67 Ό.π., σελ. 119.

68 Κανόνας XIV, ό.π., I, σελ. 56.

69 Καρτέσιος, *Γεωμετρία*, *Philos. Works*, Βιβλίο I, σελ. 9.

ρακτήρα της φιλοσοφίας του Καρτέσιου και να κατανοηθεί πλήρως ο νέος ρόλος των Μαθηματικών. Μόνο η γενίκευση της έννοιας της διάστασης εξηγεί γιατί η μέθοδος των μαθηματικών εξισώσεων και της αλγεβρικής ανάλυσης δεν έγινε το αντικείμενο ενός *συγκεκριμένου μαθηματικού πεδίου* αλλά ένα *γενικό κλειδί για όλες τις άλλες επιστήμες* με τη βοήθεια του οποίου μπορούσαν να αποκαλυφθούν τα μυστικά της φύσης. Σύμφωνα με αυτήν την αντίληψη της Άλγεβρας, η Φιλοσοφία δεν ανάγεται στα Μαθηματικά, αλλά αντιθέτως, *τα Μαθηματικά υποτάσσονται στη Φιλοσοφία*.⁷⁰

Έτσι, σύμφωνα με τον Καρτέσιο η Άλγεβρα δεν είναι παρά η επιστήμη των συνδυασμών σύμφωνα με δεδομένους κανόνες, η *“ars combinatoria”*, που μας επιτρέπει να βρίσκουμε ένα επιθυμητό και άγνωστο μέγεθος, και την οποία μπορεί ο καθένας -εφόσον αποκαλυφθούν οι κανόνες αυτής της επιστήμης των συνδυασμών- να εφαρμόσει *απόλυτα μηχανικά*, χωρίς κανέναν ιδιαίτερο νοητικό μόχθο.⁷¹ Αυτή η επιστήμη των συνδυασμών, η Άλγεβρα, είναι «*μια καθολική μέθοδος*».

Παράρτημα: Για τον Raymond Lully

Η συσχέτιση του Καρτέσιου με τον Raymond Lully (1235 – 1315), που αναφέρει ο Boutroux, μου φαίνεται ότι βασίζεται σε μια μεγάλη παρανόηση, καθώς το *Ars Generalis* του Lully, παρά τους πολλά υποσχόμενους τίτλους των έργων του (*“Ars compendiosa inveniendi veritatem seu ars magna et major”*, *“Introductorium magnae artis generalis ad omnes scientias”*, κ.λπ.) δεν ήταν με κανέναν τρόπο, ούτε στόχευε στο να είναι μια καθολική μέθοδος γνώσης και κλειδί για όλες τις άλλες επιστήμες· στην πραγματικότητα ήταν το *ακριβώς αντίθετο* από αυτό που προσπαθούσε να επιτύχει ο Καρτέσιος, και υπάρχει μόνο μια εξωτερική ομοιότητα μεταξύ των δύο λόγω του ότι, τόσο ο Lully, όσο και ο Καρτέσιος απηύθυναν τα γραπτά τους στις μάζες των ανθρώπων, και όχι στους λίγους μορφωμένους.

Η θεμελιώδης αρχή του συστήματος του Lully είναι η πεποίθηση ότι *η πίστη είναι η βασική προϋπόθεση όλης της διανοητικής γνώσης*. Η πίστη είναι μια βασική προδιάθεση μέσω της οποίας ο λόγος μπορεί να συνάγει *a priori* όλη την αλήθεια, είτε φυσική είτε υπερφυσική. Δεν υπάρχει κανένας διαχωρισμός μεταξύ του λογικού και του υπεράνω της λογικής, μεταξύ της φυσικής αλήθειας και της αλήθειας μέσω αποκάλυψης. Ο λόγος μπορεί και πρέπει να αποδεικνύει τα πάντα, συμπεριλαμβανομένων των μυστηρίων. Έτσι, ο Lully διαστρεβλώνει τις σχέσεις μεταξύ Φιλοσοφίας και Θεολογίας, και συγχέει την πρώτη με τις απολογητικές θεωρήσεις. Καθήκον όλης της Φιλοσοφίας είναι να αποδείξει ότι ο Καθολικισμός είναι αληθής.⁷² Ο Lully έγραψε το *Ars Generalis* του για απολογητικούς λόγους, για

70 «Αυτό το μέρος της μεθόδου μας δεν ανακαλύφθηκε χάριν των μαθηματικών προβλημάτων, αλλά μάλλον τα μαθηματικά προβλήματα πρέπει να ερευνώνται μόνο και μόνο για να καλλιεργήσουμε τη μέθοδο αυτή». (Κανόνες, Κανόνας XIV, σελ. 120)

71 «Κάποιος πρέπει να ξέρει πώς να ξεχνά τη σημασία των συνδυαζόμενων στοιχείων και να δίνει προσοχή μόνο στον μηχανισμό του συνδυασμού». «Η επιστήμη θα αναχθεί σε ένα έργο μηχανικών συνδυασμών» (P. Boutroux, *L' Idéal scientifique*, ό.π., σελ. 86, 126).

72 Maurice de Wulf, *History of Mediaeval Philosophy*, μτφρ. Ernest C. Messenger (New York, 1926) II, σελ. 153–

να υπερασπιστεί τη χριστιανική πίστη ενάντια στην αραβική φιλοσοφία, ιδιαίτερα ενάντια στη δημοφιλή φιλοσοφία του Αβερρόη· απευθύνεται στη μάζα των κοινών ανθρώπων (στο σύγχρονο *Vita Coaetanea* διαβάζουμε «ας φτιαχτεί μία γενική τέχνη ... σύμφωνα με τις δυνατότητες των απλών ανθρώπων [fecit artem generalem ... secundum capacitatem simplicium]») που ζούσαν μεταξύ των άπιστων της Ισπανίας, των Βαλεαρίδων Νήσων και της Βόρειας Αφρικής, και που ήταν εκτεθειμένοι στις θρησκευτικές τους επιθέσεις. Έπρεπε να δοθεί σε αυτήν τη μάζα των ανθρώπων ένα εργαλείο για να υπερασπίζονται τους εαυτούς τους ενάντια σε τέτοιες επιθέσεις και για αυτόν τον σκοπό έπρεπε να μάθουν πώς να χειρίζονται τις αφηρημένες έννοιες που χρησιμοποιούνταν στις διαμάχες, όπως η καλοσύνη, η μεγαλειότητα, η αιωνιότητα, η δύναμη, η σοφία, η βούληση, η αρετή, η δόξα, η τελειότητα, η δικαιοσύνη, η αγαθοεργία, η ελεημοσύνη, η ταπεινότητα, η κυριαρχία, η υπομονή.⁷³ Επομένως, το *Ars Generalis* περιλαμβάνει ένα πρακτικό μέρος που δίνει οδηγίες για το πώς να απαντά κανείς σε συγκεκριμένα ερωτήματα.⁷⁴ Ο Keicher δικαίως παρατηρεί: «Έτσι το *Ars* αποκαλύπτεται ως ένα είδος ευρετικής μεθόδου με τη βοήθεια της οποίας οι ιδέες θα επιβάλλονταν με έναν σχηματικό τρόπο ακόμα και στους αμόρφωτους που δεν είχαν τη δυνατότητα να αποφανθούν αυτόνομα για τις αμφιβολίες και τις αντιρρήσεις στις οποίες εκτίθεντο».⁷⁵ Το *Ars* είχε στόχο να προσφέρει τα έτοιμα αποτελέσματα της ανθρώπινης νόησης και έρευνας σε εύκολα κατανοήσιμη μορφή, σε αυτούς που δεν είχαν τη δυνατότητα να αναπτύξουν επιχειρήματα προς υπεράσπιση της πίστης τους σε συγκεκριμένες περιπτώσεις.⁷⁶ Επιπλέον, ο Lully χρησιμοποίησε έναν ειδικό τρόπο παρουσίασης που προοριζόταν ως ένα επιπλέον μνημοτεχνικό βοήθημα για τους ανθρώπους· χρησιμοποίησε έξι ομόκεντρους κύκλους διαιρεμένους σε τμήματα, εκ των οποίων ένας κύκλος περιστρεφόταν ενώ οι άλλοι παρέμεναν σταθεροί. Στην περιφέρεια των κύκλων ήταν ζωγραφισμένοι έξι θάλαμοι, ο καθένας εκ των οποίων περιείχε εννέα κατηγορίες που αναπαρίσταντο από γράμματα της αλφαβήτου. Με τη βοήθεια αυτής της τεχνικής κατασκευής ο Lully προσπάθησε να συσχετίσει τα συγκεκριμένα ερωτήματα στα οποία δίνονταν απαντήσεις με τις προαναφερθείσες αφηρημένες έννοιες, και έτσι να εκφράσει με συμβολικό τρόπο το περιεχόμενο αυτών των εννοιών. Η περιστροφή των κύκλων παρείχε αυτόματα όλους τους πιθανούς συνδυασμούς εννοιών και απαντήσεων σε προτεινόμενα ερωτήματα τέτοιου είδους. «Η ιδέα του Lully φαίνεται ότι ήταν η επινόηση μιας λογικής μηχανής που θα αποτελούσε μια παρόμοια τεχνική εξοικονόμησης εργασίας στις σχολαστικές διενέξεις ... με την αθροιστική μηχανή ενός σύγχρονου ... επιχειρηματικού γραφείου».⁷⁷ Η κατάσταση περιπλεκόταν περαιτέρω λόγω του ότι κάθε γράμμα -σύμφωνα με τη θέση του- συμβόλιζε μία διαφορετική αφηρημένη κατηγορία. «Όπως

154.

73 Raymundi Lulli *Opera quae ad inventam ab ipse artem universalem scientiarum artiumque omnium pertinent* (Strasbourg, 1651). Δείτε συγκεκριμένα τον πίνακα κατηγοριών στο εξώφυλλο.

74 Βλ. Για παράδειγμα “Decima pars: De Applicatione” (ό.π., σελ. 488), “Undecima pars: De Quaestionibus” (ό.π., σελ. 562) κ.λπ.

75 Otto Keicher, *Raymundus Lullus und seine Stellung zur arabischen Philosophie* (Münster, 1909) σελ. 20.

76 Ό.π., σελ. 21.

77 Lynn Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (New York, 1929) II, σελ. 865.

στον συνδυασμό $\beta, \gamma, \tau, \beta$, όπου το β πριν από το γ εκφράζει την καλοσύνη και το γ το μέγεθος, και το β , εάν προηγείται του τ , εκφράζει διαφορά και ούτω καθεξής όσον αφορά τα υπόλοιπα». [Sicut in camera de b. c. t. b., in qua b. ante c. dicit bonitatem et c. magnitudinem et b. prius t. dicit differentiam, et sic de aliis.]⁷⁸ Αυτό που ενδιέφερε τον Lully είναι προφανές από τη φύση των ερωτημάτων που πραγματευόταν: Quaestio b. f. k. «Εάν η φωτιά έχει το ίδιο καλό ένστικτο και την ίδια ευχαρίστηση μέσω του Κρόνου και μέσω του Δία. [“Utrum ignis habeat ita bonum instinctum et ita bonam delectationem per saturnum sicut per jovem]» ... Quaestio b.g.t.i. «Εάν σε έναν άγγελο η καλοσύνη και η βούληση είναι ίσες [Utrum in angelo bonitas et voluntas sint equales]» ... Quaestio f.g.t.h. «Κατά πόσον ένας άγγελος είναι μεγαλύτερος από έναν άλλον [Quantum est unus angelus maior alio]».⁷⁹

Όλα αυτά δεν έχουν τίποτα κοινό με μια «καθολική μέθοδο», με ένα «κλειδί» για όλες τις άλλες επιστήμες και για την ανακάλυψη της αλήθειας, ούτε αφορούν τη χρήση των μαθηματικών για την εξερεύνηση της φύσης. Στην πραγματικότητα, οι ιδέες του Lully είναι εκ διαμέτρου αντίθετες με τις φιλοδοξίες του Καρτέσιου ο οποίος δεν έγραψε μια κατήχηση με έτοιμες απαντήσεις, αλλά αντίθετα ήλπιζε να δώσει σε κάθε νοήμονα, μολονότι απαίδευτο, άνθρωπο μια μέθοδο για να ανακαλύπτει μόνος του τις επιστημονικές αλήθειες. Έτσι ο Καρτέσιος λέει στους Κανόνες: «Ομολογώ πως τέτοιο είναι το πνεύμα μου εκ φύσεως, ώστε η πιο μεγάλη πνευματική τέρψη για μένα υπήρξε πάντοτε όχι το να υιοθετώ τα επιχειρήματα των άλλων, αλλά το να ανακαλύπτω τους λόγους με προσωπική προσπάθεια».⁸⁰

Παρόλο που ο Leibniz, όπως παραδέχεται και ο ίδιος, στα νιάτα του είχε επηρεαστεί από το *Ars Magna* του Lully, φαίνεται πως αυτή η επιρροή περιορίζεται στην περιστροφή των κύκλων του Lully⁸¹ που του έδωσε την ιδέα του δικού του *Ars Combinatoria*· αλλά αυτό δεν σχετίζεται με τη φιλοσοφική ιδέα μιας «καθολικής μεθόδου» ως κλειδιού για την ανακάλυψη της αλήθειας. Ο Lully αντιμετώπιζει κάθε έννοια ως μια ανεξάρτητη λογική οντότητα η οποία μπορεί να συνδεθεί κατά βούληση με κάθε άλλη έννοια οποιουδήποτε γένους. Μπορεί να κατασκευαστεί ένα λογικό σύστημα στη βάση τέτοιων τυχαίων συνδυασμών εννοιών;⁸² Για αυτόν τον λόγο δεν μου φαίνεται αδικαιολόγητο το ότι ο Καρτέσιος εκφράστηκε υποτιμητικά για την «τέχνη του Lully» η οποία έδινε τη δυνατότητα σε κάποιον «να μιλά χωρίς κρίση για πράγματα που του είναι άγνωστα».⁸³

78 *L'ars compendiosa de R. Lulle*, επιμ. Carmelo Ottaviano (Paris: Vrin, 1930) σελ. 118 (*Études de Philosophie Médiévale* 12).

79 Ό.π., σελ. 156, 157, 159.

80 Κανόνες X, *Philos. Works*, I, 30 (AT X, 403).

81 *De arte combinatoria*, στο Leibniti Opera, επιμ. Erdmann, ό.π., I, σελ. 28.

82 E. Cassirer, ό.π., σελ. 46. – Για το *Ars Magna* του Lully, βλ. ιδιαίτερα Louis Couturat, *La logique de Leibniz*, ό.π., σελ. 36f.

83 Λόγος, II, *Philos. Works*, I, 91.

V

Ποια είναι, σύμφωνα με τον Καρτέσιο, τα μεγάλα πλεονεκτήματα αυτής της νέας καθολικής μεθόδου; Τι ήταν αυτό που διακυβευόταν στην πραγματικότητα στις διάσημες μαθηματικές μονομαχίες μεταξύ του Καρτέσιου και των αντιπάλων του; Αυτό το πρόβλημα δεν έχει διαλευκανθεί στην υπάρχουσα βιβλιογραφία για τον Καρτέσιο. Κάποιος μπορεί να περιμένει ότι η μάχη αφορούσε τις μεγάλες «αρχές» αλήθειες που προτού τις ανακαλύψει ο Καρτέσιος ήταν άγνωστες, και που υποτίθεται ότι παρέμεναν άγνωστες στους αντιπάλους του. Για τι ακριβώς κατέκρινε ο Καρτέσιος τους αντιπάλους του; Τους ήταν αδύνατον να λύσουν τα προβλήματα που τους υπέβαλε; Μα μπορούσαν να τα λύσουν. Το θέμα είναι ότι μπορούσαν να τα λύσουν μόνο με τη βοήθεια μια οπισθοδρομικής, αργής, «πρακτικής» μαθηματικής μεθόδου, ενώ ο Καρτέσιος χρησιμοποιούσε μια ανώτερη, γρήγορη τεχνική, συγκρίσιμη με τη δράση και την ταχύτητα μιας μηχανής.

Για να κατανοήσουμε αυτό το θεμελιώδες ζήτημα, θα πρέπει να ανακαλέσουμε όχι μόνο τη θριαμβευτική πορεία της νέας μηχανικής τεχνικής της εποχής του Καρτέσιου (βλ. παρακάτω το Μέρος VII), όχι μόνο τη γενική τάση όλων των επιστημόνων να χρησιμοποιούν «μεθόδους» και εφευρέσεις, ή ειδικά επικουρικά μέσα για να πετύχουν στον τομέα της διανοητικής παραγωγής τα ίδια οφέλη που διασφάλιζαν οι μηχανές στον τομέα της υλικής παραγωγής⁸⁴, αλλά πρέπει να αναλογιστούμε και τη συμμετοχή του Καρτέσιου σε αυτήν τη γενική τάση της εποχής του, τη δράση του και την εμπειρία του ως κατασκευαστή μηχανών.

Λόγω της μακράς έρευνάς του πάνω στη λείανση φακών, ο Καρτέσιος γνώριζε ότι όταν κάποιος κόβει και λειάνει με το χέρι οπτικούς φακούς, είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιτύχει την ακριβή υπερβολική επιφάνεια που είναι απαραίτητη για τους φακούς ακριβείας, και ότι ακόμα και οι υψηλά καταρτισμένοι *βιρτουόζοι τεχνίτες* μόνο σπανίως κατάφερναν κάτι τέτοιο. Ήδη από τις αρχές Απριλίου του 1635 ο Καρτέσιος ανέφερε στον Huygens τις μηχανές «για τη λείανση φακών».⁸⁵ Ο Καρτέσιος επισημαίνει σε ένα γράμμα του στον Constantijn Huygens (8 Δεκεμβρίου, 1635) αυτές τις ιδιαίτερες δυσκολίες: «κάτι που είναι καλό για τους σφαιρικούς φακούς επειδή όλα τα τμήματα της σφαίρας έχουν την ίδια καμπύλωση ... όμως αυτό δεν ισχύει για την υπερβολή της οποίας τα σκέλη διαφέρουν κατά πολύ από το μεσαίο τμήμα της».⁸⁶ Ο Huygens αναφέρει ότι στην πρώτη προσπάθεια των μαθητών του να κόψουν γυαλί σε σχήμα υπερβολής, ένας τορναδόρος από

84 Έτσι, ο Νικόλαος Κουζάνος στα μέσα του δεκάτου πέμπτου αιώνα έδωσε στη διατριβή του, που αφορούσε τρία είδη νόησης ("tres modi cognoscitivi, scilicet: sensibilis, intellectualis et intelligentialis"), τον τίτλο «Περί Φακών» (*De Beryllo*). Ακριβώς όπως τα υλικά γυαλιά οράσεως καθιστούν ορατά όσα χωρίς αυτά είναι αόρατα, έτσι ο Κουζάνος προσπάθησε μέσω διανοητικών γυαλιών οράσεως να κάνει ορατά πράγματα προηγουμένων διανοητικά αόρατα. "Beryllus, lapis est lucidus, albus et transparentis cui datur forma concave pariter et convexa, per ipsum videns attingit prius invisibile. Si intellectualibus oculis intellectualis Beryllus ... adaptatur, per eius medium attingitur invisibile omnium principum" (*Nicolai De Cusa Cardinalis Opera*, Basle, 1565, τομ. 1, *De Beryllo*, Κεφ. II, σελ. 267 και Κεφ. IV).

85 *Correspondence of Descartes and Constantijn Huygens, 1635–1647* επιμ. Leon Roth, Oxford: Clarendon, 1926, σελ. 1 και 3.

86 Ο.π., σελ. 10.

το Άμστερνταμ έσπασε τρία γυαλιά.⁸⁷ Ο φακός που έστειλε ο Huygens στον Καρτέσιο δεν ήταν καλός, όπως ανέφερε ο Καρτέσιος στον Huygens (11 Δεκ., 1635). Ο τονναδόρος δεν ακολούθησε αυστηρά το σχέδιο. «Αυτός ο φακός δεν θα μπορούσε να έχει το σχήμα υπερβολής».⁸⁸ Ο Καρτέσιος παρείχε επιπλέον προδιαγραφές για το κόψιμο του γυαλιού, και στις 17 Ιουνίου 1636 έστειλε στον Huygens ένα «chef-d'oeuvre de ma main», το μοντέλο μιας υπερβολής.⁸⁹ Στις 11 Ιουλίου 1636 ο Huygens έστειλε στον Καρτέσιο το δεύτερο γυαλί, κομμένο σύμφωνα με το σχέδιό του. Αλλά στις 13 Ιουλίου 1636 κιόλας, ο Καρτέσιος ανέφερε στον Huygens⁹⁰ ότι και πάλι ο φακός ήταν κακός. Από τη μια πλευρά, αναφέρει ότι φαίνεται να κόπηκε «σε γενικές γραμμές [en gros]» σύμφωνα με το σχέδιο. «Όμως υπάρχουν άπειρες μικρές ανωμαλίες σε μορφή κυμάτων στην επιφάνειά του» και ο Καρτέσιος υποπετεύθηκε «ότι ο φακός δεν φτιάχτηκε στην πραγματικότητα σε τόρνο επειδή δεν υπάρχει τίποτα το κανονικό ή το κυκλικό σε αυτόν».⁹¹

Επομένως ο Καρτέσιος, πεπεισμένος ότι δεν μπορούσε να αποκτήσει φακούς ακριβείας χωρίς μηχανές, θέλησε να κατασκευάσει μια μηχανή για αυτόν τον σκοπό.⁹² Αφού παρέθεσε στη *Γεωμετρία* του τη *θεωρία* αυτών που έκτοτε ονομάστηκαν «Καρτεσιανά Ωοειδή», τα οποία είναι σημαντικά στην Οπτική,⁹³ επικεντρώθηκε έπειτα στην εξήγηση «μόνο εκείνων των ζητημάτων που πιστεύω ότι έχουν τη μεγαλύτερη *πρακτική* αξία, λαμβάνοντας υπόψιν τις δυσκολίες [των τεχνιτών] στην κοπή».⁹⁴ Τα προκαταρκτικά έργα του Καρτέσιου για την κατασκευή μιας μηχανής λείανσης γυαλιού χρονολογούνται από το 1629 κιόλας.⁹⁵ Σε γράμματά του στον Jean Ferrier, έναν κατασκευαστή επιστημονικών οργάνων, περιέγραψε τις τεχνικές λεπτομέρειες της κατασκευής του· εξήγησε ότι είναι προσαρμοσμένη όχι μόνο για την κοπή του γυαλιού αλλά, και για «να κόβει πλάκες σιδήρου ή ατσαλιού». Με τη βοήθειά της, κάθε γυαλί μπορούσε να κοπεί ακριβώς *σε ένα τέταρτο της ώρας*, ενώ προηγουμένως απαιτούνταν πολύς χρόνος.⁹⁶ Η σημασία που απέδιδε ο Καρτέσιος σε αυτήν την εφεύρεση αποκαλύπτεται από την ελπίδα του ότι με τη βοήθεια των φακών ακριβείας που παράγονται από αυτή τη μηχανή «μπορεί να δούμε ... εάν υπάρχουν ζώα στο φεγγάρι».⁹⁷

Οκτώ χρόνια αργότερα, στη *Διοπτρική* του (1637) ο Καρτέσιος επανέλαβε τις απόψεις που είχε εκφράσει στην αλληλογραφία του με τον Ferrier, συγκεκριμένα στο Μέρος Χ με τίτλο «Περί του τρόπου κοπής του γυαλιού». Αναφερόμενος στις δυσκολίες που ενείχε η επίτευξη της ακριβούς υπερβολικής μορφής μέσω χειρωνακτικής κοπής του γυαλιού, λέει: «Όταν λειαίνουμε γυαλιά με το χέρι ... με την

87 Ό.π., σελ. 8.

88 Ό.π., σελ. 12.

89 Ό.π., σελ. 13-14, 19.

90 Ό.π., σελ. 24.

91 Ό.π., σελ. 24.

92 Letter to Huygens, 13 Ιουλίου 1636, ό.π., σελ. 8.

93 Descartes, *Geometry*, ό.π., Βιβλίο II, σελ. 115f.

94 Ό.π., σελ. 135. Οι σημαντικές λέξεις: «των τεχνιτών» στις αγκύλες παραλήφθηκαν στην αγγλική μετάφραση αλλά βρίσκονται στο πρωτότυπο. Η κοπή με τη βοήθεια μηχανής δεν παρουσιάζει δυσκολίες.

95 Descartes, letter to Ferrier, 18 Ιουνίου, 1629 (AT I, 13).

96 Letters to Ferrier, 8 Οκτ. και 13 Νοεμ., 1629 (AT I, 32 και 53 sqs).

97 AT I, σελ. 69.

τεχνική που χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά μέχρι σήμερα, είναι αδύνατον να κά-
νουμε κάτι καλό παρά μόνο κατά τύχη». ⁹⁸ Και τόνισε ότι η μηχανή που είχε εφεύρει
δεν απαιτούσε καμία εκπαίδευση ή ταλέντο από μέρους των εργατών που θα τη
χειρίζονταν· ήταν «μια εφεύρεση με τη βοήθεια της οποίας κάποιος θα μπορούσε
να σχεδιάσει υπερβολές με μια μολυβιά, με τον ίδιο τρόπο που σχεδιάζει κύκλους
με διαβήτη». ⁹⁹

Η μηχανή κοπής γυαλιού του Καρτέσιου -που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί
και για την κοπή μετάλλων ή ξύλου- επιτελούσε γρήγορα και με ακρίβεια το έργο
που προηγουμένως μπορούσε να γίνει μόνο χειρωνακτικά με δυσκολία, και λόγω
της απλότητας της λειτουργίας της, δεν απαιτούσε κανέναν μόχθο ή εκπαίδευση
από μέρους των χειριστών της· λειτουργούσε *αυτόματα* και για αυτόν τον λόγο
ήταν προσβάσιμη σε όλους.

Προκαλεί έκπληξη ότι οι ιδιότητες των μηχανών που απαριθμούνται εδώ
είναι οι ίδιες ακριβώς που ο Καρτέσιος τόνιζε επανειλημμένα ως τα πλεονεκτήμα-
τα της αλγεβρικής του μεθόδου. Ας εξετάσουμε τώρα πιο προσεκτικά τις γνωστές
μαθηματικές του «μονομαχίες».

Για να συλλάβουμε την ουσία του προβλήματος είναι απαραίτητο να λάβου-
με υπόψιν μας τις τάσεις προς βιομηχανική ανάπτυξη που είχαν αρχίσει ήδη από
εκείνη την εποχή να εκδηλώνονται, ήτοι, τον διαχωρισμό των λειτουργιών ανάμε-
σα στον θεωρητικό υπολογισμό και σχεδιασμό (με τη βοήθεια των μαθηματικών
και της μηχανικής) από τη μια πλευρά, και το έργο της πρακτικής εκτέλεσης από
την άλλη.

Αυτή η τάση εμφανίστηκε πρώτα στην αρχιτεκτονική. Οι αρχιτέκτονες που
δημιουργούσαν τα σχέδια για τους μεσαιωνικούς καθεδρικούς ναούς είχαν από
καιρό διαφοροποιηθεί από τους ανθρώπους που αναλάμβαναν την κατασκευή
των οικοδομημάτων.

Στο πρώτο μισό του δεκάτου έκτου αιώνα παρόμοιες τάσεις παρατηρούνται
και σε άλλους κλάδους· για παράδειγμα στη βενετσιάνικη ναυπηγική. Σε έναν το-
μέα που μέχρι τότε επικρατούσαν αποκλειστικά οι εμπειρικοί, οι παραδοσιακοί
κατασκευαστές πλοίων, η έλευση του Vittore Fausto στο Οπλοστάσιο σηματοδό-
τησε τον πλήρη διαχωρισμό ανάμεσα στους χειρωνακτες εργάτες που παρήγαγαν
το προϊόν και στον θεωρητικό και κατασκευαστή που το σχεδίαζε ¹⁰⁰ με τη βοήθεια
των μαθηματικών και της μηχανικής. Για παράδειγμα, το μηχανικό πρόβλημα του
καθορισμού του μήκους των κουπιών, και της τοποθεσίας των σκαρμών και των

98 AT VI, σελ. 224· βλ. επίσης *Dioptrique*, Disc. VIII, σελ. 176f.

99 AT VI, σελ. 215. Ακόμα και πριν από τον Καρτέσιο είχαν γίνει απόπειρες να αυτοματοποιηθεί η κοπή
διαφόρων κοίλων κατατομών. Ο Leonardo Da Vinci είχε κατασκευάσει μια μηχανή χάραξης σπειρωμάτων που
σκοπό είχε να αντικαταστήσει την κοπή με το χέρι. Βλ. Franz Feldhaus, *Leonardo der Techniker und Erfinder* (Jena,
1913) σελ. 64. Ο Jacques Besson, ο διάδοχος του Leonardo ως «βασιλικός μηχανικός» στη Γαλλία, εφεύρε μια
μηχανή για την κοπή σπειρών, όπως αυτών που απαιτούνται για τους ατέρμονους κοχλίες για παράδειγμα (Jaques
Besson, *Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques*, Lyon, 1578, Figs. 5, 6, 7, και 8). Επίσης, για να
αντικαταστήσει το χειρωνακτικό τρνάρισμα κατασκεύασε τόνους που μπορούσαν να τρνάρουν μηχανικά με
ακρίβεια κάθε επιθυμητό ακανόνιστο σχήμα. Ο De Caus δίνει την περιγραφή και εικόνα μιας «μηχανής για το
τρνάρισμα οποιουδήποτε πράγματος σε ωοειδές σχήμα». (Salomon de Caus, *Les Raisons des forces mouvantes
avec diverses machines*, Frankfurt, 1615, σελ. 27–28.)

100 Frederic Chapin Lane, *Venetian Ships and Shipbuilders of the Renaissance* (Baltimore, 1934) σελ. 69.

πάγκων των κωπηλατών δεν ήταν παρά μια εφαρμογή της αρχής του μοχλού. Η θεωρητική εκπαίδευση του Fausto και το ότι γνώριζε αυτήν την αρχή του προσέδωσε ένα πλεονέκτημα απέναντι στους καθαρά εμπειρικούς τεχνίτες.¹⁰¹

Από την άλλη πλευρά, μόνο μέσω του διαχωρισμού του πρακτικού έργου από το διανοητικό έργο μπόρεσε το πρώτο να αναχθεί σε απλές, μηχανικές, γρήγορες, σχεδόν αυτόματες λειτουργίες, και έτσι να επιταχυνθούν εξαιρετικά οι εργατικές διαδικασίες και να αυξηθεί η αποτελεσματικότητά τους.¹⁰²

Ο Καρτέσιος αναφέρεται σε αυτές τις εμπειρίες όταν μιλά για τη διαφορά μεταξύ του επινοητή των αλγεβρικών κανόνων και των ατόμων που τους εφάρμοζαν μηχανικά.

Στην πολεμική του ενάντια στον Roberval και τον Etienne Pascal, ο Καρτέσιος τόνισε το γεγονός ότι στις δικές του αναλύσεις είχε περιοριστεί στον καθορισμό σταθερών κανόνων που μπορούσαν να εφαρμοστούν μηχανικά από άλλους, και επομένως ότι αυτή η εφαρμογή μπορούσε να γίνει από τον καθένα.¹⁰³ Οι αντίπαλοι του Καρτέσιου, ο Fermat, ο Roberval, κ.λπ., παρόλο που δεν χρησιμοποιούσαν την ανάλυση μπορούσαν να λύσουν τα προβλήματα που τους έθετε ο Καρτέσιος. Εκείνος ασκούσε κριτική στην οπισθοδρομικότητα των μεθόδων τους και την αντιπαρέβαλε με την *ευκολία*¹⁰⁴ και την *ταχύτητα* με την οποία μπορούσαν να βρεθούν οι λύσεις των προβλημάτων με τη βοήθεια της αλγεβρικής του ανάλυσης, καθώς και με την *άνεση* με την οποία μπορούσε να τη χειριστεί ο καθένας, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που δεν είχαν ειδική εκπαίδευση.¹⁰⁵ Στη διαμάχη του με τον Fermat για τις εφαιπτόμενες (Ιανουάριος του 1638) ο Καρτέσιος ισχυρίστηκε ότι η μέθοδός του ήταν ανώτερη από αυτήν του Fermat και «πρότεινε ένα νέο πρόβλημα που ανέλαβε να λύσει πολύ εύκολα με τη μέθοδό του».¹⁰⁶ Αργότερα, το 1638, όταν ο Fermat έκανε πολύ καιρό να λύσει ένα πρόβλημα που του έδωσε ο Καρτέσιος, εκείνος έδωσε το ίδιο πρόβλημα σε έναν πρώην υπηρέτη του, τον Gillot, (κάτι που ήταν ιδιαίτερος ενοχλητικό για έναν ευγενή από τη νότια Γαλλία, όπως ο Fermat) για να δείξει ότι με τη βοήθεια της μεθόδου του ο καθένας μπορούσε εύκολα να βρει τη λύση.¹⁰⁷

101 Ό.π., σελ. 71.

102 Το πιο διάσημο παράδειγμα τυποποίησης τον 16^ο αιώνα ήταν αυτό του Οπλοστασίου της Βενετίας, που είχε αποθήκες με ανταλλακτικά που ταίριαζαν σε κάθε πλοίο. Όταν οι Ολλανδοί την εποχή του Καρτέσιου έγιναν μεγάλη ναυτική δύναμη, τα ναυπηγεία τους χρησιμοποίησαν παρόμοιες μεθόδους προωθώντας την ομοιομορφία στην κατασκευή των εμπορικών πλοίων, και η πρόοδος της επιστήμης τους βοήθησε παρέχοντας ακριβέστερα και πιο εύχρηστα εργαλεία μέτρησης (Βλ. G. N. Clark, *Science and Social Welfare in the Age of Newton*, Oxford, 1937, σελ. 52).

103 «Όμως αυτό που τους μπερδεύει είναι ότι τους κατασκευάζω [τους κανόνες μου] όπως οι αρχιτέκτονες κατασκευάζουν κτίρια, απλά υποδεικνύοντας τι πρέπει να γίνει και αφήνοντας τη χειρωνακτική εργασία στους ξυλουργούς και τους κτίστες» (Descartes to Mersenne, 31 Μαρτίου 1638, AT II, σελ. 83).

104 *Philos. Works*, I, σελ. 93.

105 «Επειδή μιλώ με α β ... μπορώ συχνά να χωρέσω σε μια γραμμή αυτά με τα οποία εκείνοι γεμίζουν πολλές σελίδες, και για αυτόν τον λόγο η μέθοδός μου είναι ασύγκριτα πιο ξεκάθαρη, πιο εύκολη και λιγότερο επιρρεπής σε λάθη από τη δική τους» (AT II, σελ. 83).

106 Descartes to Mersenne, Ιανουάριος 1638 (AT I, σελ. 490 και Ch. Adam, AT XII, σελ. 13ff, 260ff).

107 Descartes to Mersenne, Ιούνιος 29, 1638, περιλαμβάνει το "Réponse du sieur Gillot au Théorème..." (AT II, σελ. 195, και Adam, AT XII, σελ. 264).

Κατά τη διαμάχη του με τον Roberval, όταν εκείνος υπέβαλε στον Καρτέσιο το πρόβλημα των εφαπτομένων μιας συγκεκριμένης καμπύλης που ονομαζόταν η «ρουλέτα», ο Καρτέσιος απάντησε γρήγορα με ένα γράμμα επτά σελίδων¹⁰⁸ στο οποίο έδωσε την απαιτούμενη λύση «με τέτοιο τρόπο που θα μπορούσε εύκολα ο καθένας να την αξιολογήσει» και πρόσθεσε: «Και αυτά που έχω γράψει εδώ αναλυτικά έτσι ώστε να γίνουν κατανοητά από αυτούς που δεν χρησιμοποιούν την ανάλυση, μπορούν να βρεθούν σε τρεις μολυβιές με τον λογισμό».¹⁰⁹ Όταν κατά τη διαμάχη αυτή οι φίλοι του Fermat χρησιμοποίησαν ένα σχετικά ασήμαντο πρόβλημα (την επονομαζόμενη «γραμμή E-B») χωρίς προφανή επιστημονικό λόγο, ξανά και ξανά μέσα σε έξι μήνες για να εξαπολύσουν επιθέσεις στον Καρτέσιο, τους κατηγορήσε ότι χρησιμοποιούσαν αυτήν την περίπτωση ως μία απλή «απατεωνιά», ως ένα κόλπο που «επινοήθηκε από αυτούς μόνο και μόνο για να του δώσουν [του Fermat] χρόνο να βρει κάτι καλύτερο να μου απαντήσει». Και ο Καρτέσιος πρόσθεσε με αποδοκιμασία: «Και δεν είναι μεγάλο θαύμα που σε έξι μήνες βρήκε έναν ακόμα πλάγιο τρόπο να χρησιμοποιήσει τον κανόνα του».¹¹⁰ Ένα παρόμοιο περιστατικό συνέβη ξανά στις αρχές του 1638 όταν ο Fermat έδωσε στον Καρτέσιο το πρόβλημα της εφαπτομένης μιας ορισμένης καμπύλης που ονομαζόταν «galand». Αργότερα αναμείχθηκε και ο Roberval σε αυτήν τη διαμάχη και όταν αυτός καθυστέρησε να βρει τη λύση, ένας υποστηρικτής του Καρτέσιου, ένας «mathématicien de province», ο Forimond Debeaune από το Blois, έστειλε τη λύση του την οποία είχε βρει με τη βοήθεια της Καρτεσιανής μεθόδου (στις 3 Απριλίου 1639). Εξήγησε ότι χρειάστηκε «μόλις ένα τέταρτο της ώρας» για να αναπτύξει την απαιτούμενη εξίσωση και τόνισε τη συντομία και απλότητα της λύσης: εάν χρησιμοποιούταν η παλιά «géométrie commune», χρειάζονταν πολλά φύλλα χαρτιού (*une main de papier*)· όμως με τη «νεα μέθοδο της ‘ακριβούς’ (*sprécieux*), ανάλυσης ήταν ζήτημα λίγων μόνο λέξεων».¹¹¹

Βλέπουμε ότι τα πλεονεκτήματα της Καρτεσιανής Άλγεβρας σε σχέση με τις προηγούμενες μεθόδους κατανοούνται σύμφωνα με το μοντέλο των μηχανών και τη σχέση τους με τη χειρωνακτική εργασία. Με την αυτοματοποίηση της αλγεβρικής μεθόδου, δηλαδή με τη μηχανική εφαρμογή μερικών σταθερών κανόνων,¹¹² η διανοητική δουλειά μειώθηκε μόνο στα ελάχιστα απαιτούμενα, και έτσι όλη η διαδικασία απλοποιήθηκε, επιταχύνθηκε και έγινε προσβάσιμη σε όλους.¹¹³ Επίσης, μπορούσε να εφαρμοστεί σε όλους τους κλάδους της επιστήμης· έτσι διασφαλίστηκε η καθολικότητα της μεθόδου χωρίς να περιορίζεται σε κάποιο συγκεκριμένο τομέα.

108 Descartes to Mersenne, 27 Ιουλίου 1638, AT II, σελ. 257–263.

109 AT II, σελ. 263.

110 AT II, σελ. 273.

111 AT XII, σελ. 268.

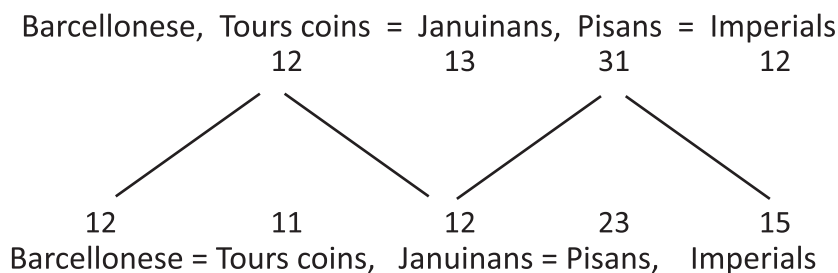
112 “L’algèbre se présente à nous comme une technique ayant pour objet le calcul ... Grâce à la simplicité et à la fixité de ses procédés, elle prétend, en effet, opérer rapidement, sûrement, mécaniquement, pertinemment.” (P. Boutroux, *L’Idéal scientifique*, ό.π., σελ. 82.)

113 “L’algèbre, en effect, est essentiellement une Règle (Regula) ... Les règles de l’algèbre visent à devenir mécaniques, c’est-à-dire applicables par tous et toujours, sans intervention de l’intelligence” (Boutroux, ό.π., σελ. 85).

Πολλοί επιφανείς ιστορικοί των μαθηματικών όπως ο Bourtoux, ο Maximilien Marie, ο H.G. Zeuthen, κ.λπ., κατανόησαν και τόνισαν αυτόν τον μηχανικό χαρακτήρα της αλγεβρικής μεθόδου, ωστόσο δεν μελέτησαν αυτό το πρόβλημα λεπτομερώς. Ο Marie, για παράδειγμα, συγκρίνει την αλγεβρική μέθοδο με έναν μηχανικό μύλο: όσο καλύτερη είναι η μηχανή αλέσματος, τόσο λιγότερος διανοητικός μόχθος απαιτείται από τον μυλωνά που τη χειρίζεται.¹¹⁴ Στην πραγματικότητα κάθε μαθηματικός κανόνας έχει αυτόν τον μηχανικό χαρακτήρα που μας γλιτώνει από διανοητικό κόπο και πολλούς υπολογισμούς. Εάν, για παράδειγμα, θέλει κάποιος να μάθει τον τέταρτο όρο μίας γεωμετρικής αναλογίας, μπορεί να τον βρει πολλαπλασιάζοντας τον δεύτερο με τον τρίτο όρο, και διαιρώντας το γινόμενο διά του πρώτου. Ο τέταρτος όρος μιας αριθμητικής αναλογίας βρίσκεται αφαιρώντας τον πρώτο όρο από το άθροισμα του δεύτερου και του τρίτου όρου.

Ήδη στο Liber abaci του Λεονάρντο της Πίζας (στη δεύτερη έκδοση του 1226) βρίσκουμε τέτοιους τεχνητούς μηχανικούς κανόνες (secundum artem) αντί για τις συνήθεις πιο μακροσκελείς διαδικασίες (secundum vulgarem modum). Το Τμήμα 9 που αφορά την ισοτιμία νομισμάτων περιλαμβάνει το ακόλουθο πρόβλημα: Εάν 12 Imperials = 31 Pisans, και 12 Januinans = 23 Pisans, και επιπλέον 12 Tours = 13 Januinans και 12 Barcellonese = 11 Tours, πόσα Barcellonese ισούνται με 15 Imperials;

Σύμφωνα με την κλασική μέθοδο, θα έπρεπε κάποιος να βρει ότι εάν τα 12 Imperials = 31 Pisans, τότε 1 Imperial = 31/12 Pisans, άρα 15 Imperials = 155/4 Pisans· έπειτα ένας ανάλογος υπολογισμός θα έπρεπε να γίνει για τα Pisans, τα Januinans, τα νομίσματα Tours και τα Barcellonese. Αντί για αυτόν τον μακρύ υπολογισμό ο Leonardo έδωσε έναν απλό μηχανικό κανόνα που γλιτώνει τον μαθητή από έναν σημαντικό αριθμό υπολογισμών. Πρώτα οι ονομασίες των νομισμάτων γράφονται με την ίδια σειρά (από τα δεξιά προς τα αριστερά) που εμφανίζονται στο πρόβλημα, και η σειρά επαναλαμβάνεται από κάτω. Έπειτα, γράφουμε τις δεδομένες αριθμητικές τιμές εναλλάξ στις πάνω και κάτω σειρές και τραβάμε γραμμές πολλαπλασιασμού σε μορφή ζγκ ζαγκ ξεκινώντας από τα 15 Imperials ως εξής:



114 Ο Marie λέει ότι «η αναλυτική γεωμετρία είναι ένας μύλος του οποίου αρκεί κανείς να γυρίσει τη χειρολαβή για να δει τις λύσεις των προβλημάτων να βγαίνουν από αυτόν» και προσθέτει την ακόλουθη γενίκευση: «Είναι ακριβώς τέτοιου είδους μύλους που αναζητά η επιστήμη υπό το όνομα της μεθόδου: όσο περισσότερες λύσεις μπορούν να αλέσουν και όσο λιγότερη δουλειά αφήνουν για τον μυλωνά, τόσο καλύτεροι είναι». (Maximilien Marie, *Histoire des sciences mathématiques et physiques*, τομ. III, "De Viète à Descartes," Paris, 1884, σελ. 5.)

Το γινόμενο των αριθμών που συνδέονται με αυτόν τον τρόπο ($15 \times 31 \times 12 \times 12 \times 12$) διαιρεμένο με το γινόμενο των εναπομεινάντων αριθμών ($12 \times 23 \times 13 \times 11$) δίνει τη λύση: $15 \text{ Imperials} = 20 \frac{1180}{3289} \text{ Barcelonese}$. Ο Cantor είτε τα ακόλουθα για αυτόν τον κανόνα: «μέσω αυτής της *οιονεί μηχανικής διαδικασίας*, μέσω της ακριβούς οδηγίας περί του πού πρέπει να γράφει τους αριθμούς που εμπλέκονται στον υπολογισμό, και έπειτα, περί του πώς πρέπει να τους μεταχειρίζεται, ο αναγνώστης γλιτώνει όσο το δυνατόν περισσότερο από τον δικό του διανοητικό κόσμο».¹¹⁵

Έτσι, η λύση τέτοιων προβλημάτων γίνεται προσβάσιμη σε όλους, ακόμα και σε αυτούς που δεν είναι ιδιαίτερα χαρισματικοί –και αυτός ακριβώς είναι ο σκοπός αυτού του κανόνα.

Όμως αυτή η οιονεί-μηχανική διαδικασία, λέει ο Cantor, περιοριζόταν από τις συνθήκες που επικρατούσαν τον δέκατο τρίτο αιώνα και τους δύο αιώνες που ακολούθησαν, όταν η γνώση γραφής και ανάγνωσης ήταν εξαιρετικά σπάνια και οι μαθηματικές δραστηριότητες περιορίζονταν σε μικρούς κύκλους κληρικών και εμπόρων· ήταν «η τέχνη του υπολογισμού που, τρόπον τινά, απαιτούσε τις δεξιότητες ενός τεχνίτη» και που διδασκόταν και μεταδιδόταν από τους μοναχούς.¹¹⁶ Η κατάσταση άλλαξε τον δέκατο έκτο αιώνα και στις αρχές του δέκατου έβδομου, όταν οι άνθρωποι άρχισαν να κάνουν υπολογισμούς με μεγάλους αριθμούς. «Ο λόγος για αυτό», λέει ο Cantor, «ήταν το γεγονός ότι η πρακτική του υπολογισμού διείσδυε όλο και περισσότερο σε όλες τις τάξεις των ανθρώπων», όσο προόδευε η καπιταλιστική οικονομία. Επιπλέον, ήταν η «εξάπλωση της *τριγωνομετρικής σκέψης* που κατέστησε απαραίτητους τους υπολογισμούς με τριγωνομετρικές εξισώσεις· αυτές ήταν γνωστές με τη μορφή *μεγάλων αριθμών*, διότι μόνο μια πολύ μεγάλη ακτίνα μπορούσε να προσφέρει μια επαρκή προσέγγιση στα τελικά αποτελέσματα των υπολογισμών». Επομένως, «η *διευκόλυνση των υπολογισμών με μεγάλους αριθμούς* ήταν σε συμφωνία με την τάση της εποχής».¹¹⁷

Πολλά εξειδικευμένα γραπτά φιλοδοξούσαν να πετύχουν αυτόν τον σκοπό, εν μέρει μέσω της *επινόησης νέων επικουρικών εργαλειακών μέσων*, και εν μέρει μέσω της εισαγωγής *νέων μεθόδων*, η σημαντικότερη εκ των οποίων ήταν η επινόηση των λογαρίθμων από τον John Napier το 1614. Σκοπός των λογαρίθμων ήταν να *συντομεύσουν και να επιταχύνουν τους υπολογισμούς* με μεγάλους αριθμούς μέσω της εφαρμογής πινάκων ή μηχανικών κανόνων, όπως υπέδειξε ο Napier με τον τίτλο του έργου του.¹¹⁸

115 Moritz Cantor, *Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik* (Leipzig, 1892) II, σελ. 17–18.

116 Ό.π., II, σελ. 95.

117 Ό.π., II, 658. «Ήταν σύνηθες να θεωρούνται τα ημίτονα ευθείες σχεδιασμένες σε έναν κύκλο κατάλληλης ακτίνας, και η απαραίτητη ακρίβεια επιτυγχανόταν κάνοντας αυτήν την ακτίνα πολύ μεγάλη, ως πούμε 10.000.000». (Lord Moulton, "The Invention of Logarithms, Its Genesis and Growth," στο: *Napier Tercentenary Memorial Volume*, επιμ. C. G. Knott, Royal Society of Edinburgh, London, 1915, 8).

118 John Napier, *Logarithmorum canonis descriptio seu Arithmetarum supputationum mirabilis abbreviatio* (London, 1620). Η *Encyclopedia Britannica* λέει τα ακόλουθα για τους «Λογάριθμους»: «Συντομεύοντας την πράξη του υπολογισμού, οι λογάριθμοι έχουν διπλασιάσει την ταχύτητα της δουλειάς των αστρονόμων και των μηχανικών» (βλ. επίσης Cantor, ό.π., II 656.).

Οι υπολογισμοί επιταχύνθηκαν ακόμα περισσότερο με την *εφεύρεση του κυκλικού λογαριθμικού κανόνα* από τον Richard Delamain (1630). Ο Napier -πα-ρακινούμενος από τις μηχανικές ιδέες της εποχής του- κατέληξε στην επινόηση των λογαρίθμων επειδή φαντάστηκε την αμοιβαία κίνηση (*fluxus*) των σχετικών αριθμητικών και γεωμετρικών ακολουθιών.¹¹⁹ Αυτό που στον Napier ήταν μόνο μια νοητική κατασκευή, ο Delamain προσπάθησε να το εφαρμόσει στην πράξη με τη βοήθεια μιας μηχανικής συσκευής. Στον λογαριθμικό κανόνα οι διαφορετικές ακολουθίες αποτυπώνονται σε γραμμές που πραγματικά κινούνται η μία σε σχέση με την άλλη. Έτσι, ο επιθυμητός υπολογισμός -διαίρεση, πολλαπλασιασμός, εύρεση των τετραγωνικών και κυβικών ριζών- μπορεί να γίνει χωρίς τη βοήθεια της πέννας ή του διαβήτη, μέσω άμεσου οπτικού ελέγχου, δηλαδή απλά διαβάζοντας το αποτέλεσμα στον λογαριθμικό κανόνα, όπως δηλώνει ο Delamain στο φυλλάδιό του *Grammelogia*, που δημοσιεύθηκε στο Λονδίνο το 1630, επισημαίνοντας την *ευκολία* με την οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν οι πιο περίπλοκες πράξεις με τη βοήθεια αυτής της συσκευής.¹²⁰

Η μεταρρύθμιση της Άλγεβρας από τον Καρτέσιο και η θεμελιώδης τάση της προς την αυτοματοποίηση, την απλοποίηση και την επιτάχυνση των μαθηματικών πράξεων, ήταν επομένως σε απόλυτη συμφωνία με τις φιλοδοξίες της εποχής του. Ωστόσο, ενώ οι προαναφερθέντες πρωτοπόροι (όπως ο Napier και ο Delamain) προσπαθούσαν να απλοποιήσουν και να επιταχύνουν τις μαθηματικές πράξεις μέσω *εξωγενών μηχανικών μέσων*, ο Καρτέσιος προσπάθησε να πετύχει τον ίδιο στόχο απλοποιώντας και αυτοματοποιώντας τη σχετική νοητική διαδικασία, για να καταστήσει έτσι τις αλγεβρικές πράξεις προσβάσιμες σε όλους τους νοήμονες ανθρώπους, στους κοινούς ανθρώπους.

Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της αλγεβρικής μεθόδου είναι ότι δεν συνδέεται με κάποιο ειδικό περιορισμένο πεδίο, αλλά είναι *γενικά εφαρμόσιμη* στα πιο διαφορετικά μεταξύ τους πεδία και προβλήματα. Στη διαμάχη του με τον Fermat για τις εφαιπτόμενες, ο Καρτέσιος τον κατέκρινε επειδή «ο υποτιθέμενος κανόνας του δεν είναι καθολικός όπως του φαίνεται εκείνου ... Καθώς δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε αυτό το παράδειγμα, ούτε σε άλλα πιο δύσκολα παραδείγματα· ενώ ο δικός μου κανόνας εκτείνεται *γενικά σε όλα αυτά τα προβλήματα που εμπίπτουν στη δικαιοδοσία της Γεωμετρίας*»,¹²¹ δηλαδή στο σύνολο των φυσικών φαινομένων. Επιπλέον, από αυτήν την καθολικότητα της αλγεβρικής μεθόδου έπεται ότι η τελευταία εκτείνεται όχι μόνο στο σύνολο του εξωτερικού κόσμου της φύσης

119 Cantor, ό.π, II, σελ. 666, 672.

120 *Grammelogia, Mirifica Logarithmorum Projectio Circularis ... sheving ... how to resolve and work all ordinary operations of Arithmetike; And those that are most difficult with greatest facilitie, the extraction of Rootes ... etc. And only by an ocular inspection and a Circular motion, Invented and first published by R. Delamain* [χ.η.] (βλ. Florian Cajori, "On the History of Gunther's scale and the slide rule during the seventeenth century", στο *University of California Publications in Mathematics*, τομ. I (1920) σελ. 194, 196.) Άλλες διατάξεις ήταν οι πολλοί τριγωνομετρικοί πίνακες που δημοσιεύτηκαν στις αρχές του δέκατου έβδομου αιώνα, όπως οι *Tafeln der Sinus, Tangenten und Sektanten* του Bernegger (Strasbourg, 1612), οι πίνακες του Albert Girard (The Hague, 1636) και του Francis van Schooten του πρεσβύτερου (Amsterdam, 1627) (βλ. Cantor, ό.π.). Εδώ ανήκει επίσης το *Tabulae arithmeticae prosthaphaereoseos universales*, του [Hans] Georg Herwarth (1610) που είχε στόχο να διευκολύνει τη χρήση πινάκων (Cantor, ό.π. II, σελ. 659). Εδώ θα πρέπει επίσης να αναφερθεί η επινόηση της υπολογιστικής μηχανής από τον Pascal (1643).

121 Descartes to Mersenne, Ιανουάριος 1638, AT I, σελ. 491.

αλλά και πέρα από αυτόν, στις πνευματικές δομές· με αποτέλεσμα η στάση των μετα-Καρτεσιανών διανοητών απέναντι στην πραγματικότητα να διαφέρει τελείως από αυτήν των προδρόμων τους. Σε πλήρη αντίθεση με την επιστήμη που μεταδόθηκε από την αρχαιότητα, η οποία αντιλαμβανόταν το ιδεώδες της ως την *ενατένιση* των ιδεατών αντικειμένων, με την αλγεβρική μέθοδο του Καρτέσιου αναδύεται ένας θεμελιωδώς νέος τύπος επιστήμης. Μια επιστήμη που είναι μια κατασκευή του νου,¹²² που εκφράζει την *ενεργή* σχέση της σκέψης με την πραγματικότητα, και η οποία με τη βοήθεια της αλγεβρικής μεθόδου, προοδεύοντας από απλές σε ολοένα και πιο περίπλοκες δομές, *δημιουργεί ολοένα καινούρια αντικείμενα, έναν απεριόριστο κόσμο νέων συνδυασμών* και συνάγει τις ιδιότητές τους, όπως ένας κατασκευαστής μηχανών ο οποίος από τα ίδια απλά δομικά στοιχεία, όπως το κεκλιμένο επίπεδο, την τροχαλία, τον μοχλό, τον κοχλία, κ.λπ., κατασκευάζει καινούριες μηχανές για ολοένα καινούριες χρήσεις, και έτσι διαρκώς επεκτείνει τον κόσμο της πρακτικής του δραστηριότητας. Αφότου επιλύθηκαν οι εξισώσεις δεύτερου βαθμού, επιχειρήθηκε η επίλυση πιο περίπλοκων προβλημάτων, των εξισώσεων τρίτου βαθμού. Όταν η λύση των εξισώσεων τρίτου βαθμού από τον Niccolo Tartaglia (1545) οδήγησε τον Ferrari, έναν μαθητή του Cardano, στην ανακάλυψη μιας μεθόδου επίλυσης εξισώσεων τέταρτου βαθμού, υπήρξε η ελπίδα ότι και οι εξισώσεις πέμπτου ή μεγαλύτερων βαθμών θα μπορούσαν να επιλυθούν· και έμοιαζε δικαιολογημένη η ελπίδα ότι θα μπορούσαν να προχωρήσουν σε αυτό το μονοπάτι προς την επίλυση ολοένα και πιο περίπλοκων προβλημάτων.¹²³

Η πεποίθηση του Καρτέσιου ότι υπάρχει απεριόριστος αριθμός διαστάσεων βρήκε τη λογική της κατάληξη στην πεποίθησή του ότι η εφαρμογή της αλγεβρας δεν γνωρίζει όρια.¹²⁴ Οι εξισώσεις δεύτερου, τρίτου και τέταρτου βαθμού μπορούσαν να επιλυθούν από τον καθένα, όπως στις μέρες μας, από τότε που εφευρέθηκε η κάμερα, κάθε άνθρωπος μέτριας ευφυΐας χωρίς λεπτομερή γνώση της συσκευής ή των νόμων της οπτικής, μπορεί να παίρνει φωτογραφίες με την καθαρά μηχανική εφαρμογή μερικών οδηγιών, επειδή ο εφευρέτης της κάμερας κατέβαλε εκ μέρους όλων και μια για πάντα τη νοητική προσπάθεια, η οποία δεν χρειάζεται να επαναληφθεί. Εφόσον βρέθηκε η λύση αυτών των εξισώσεων, η περαιτέρω εφαρμογή της σύμφωνα με τον τρόπο σκέψης του Καρτέσιου «ήταν απλά θέμα ρουτίνας (*simple affaire de métier*), που δεν απαιτούσε κανέναν επινοητικό μόχθο από μέρους μας».¹²⁵ Χάρη σε αυτήν την αλγεβρική μέθοδο, τα Μαθηματικά

122 P. Boutroux, ό.π., σελ. 109.

123 «Εφόσον έχουμε πει, για παράδειγμα, ότι οι ευθείες γραμμές είναι τα σχήματα που ορίζονται από τις πολυωνυμικές εξισώσεις πρώτου βαθμού ως προς το x και το y (της μορφής $ax + by + c = 0$)· ότι οι κωνικές τομές είναι οι καμπύλες που ορίζονται από τις πολυωνυμικές εξισώσεις δεύτερου βαθμού ως προς το x και το y (της μορφής $ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$), τίποτα δεν μας εμποδίζει από το να προσθέσουμε: «Ονομάζω καμπύλες τρίτης τάξης αυτές που ορίζονται από τις πολυωνυμικές εξισώσεις τρίτου βαθμού ως προς το x και το y · καμπύλες τέταρτης τάξης αυτές που ορίζονται από τις πολυωνυμικές εξισώσεις τέταρτου βαθμού ως προς το x και το y · κ.λπ. ... και από τις εξισώσεις αυτών των καμπυλών *θα συναγάγω τις ιδιότητές τους*, ακριβώς όπως έκανα για τις κωνικές τομές». Έτσι με την απλή εφαρμογή του αλγεβρικού μηχανισμού δημιουργούμε έναν απεριόριστο γεωμετρικό κόσμο» (P. Boutroux, *L'Idéal scientifique*, ό.π., σελ. 108).

124 Μόνο στις αρχές του δέκατου ένατου αιώνα αποδείχθηκε από τον N. H. Abel ότι οι εξισώσεις μεγαλύτερων βαθμών είναι γενικά ανεπίλυτες μέσω της αλγεβρικής μεθόδου (βλ. A. Wolf, *A History of Science, Technology and Philosophy in the 16th and 17th centuries*, London, 1935, σελ. 191).

125 P. Boutroux, *L'Idéal scientifique*, ό.π., σελ. 109.

έγιναν «μια μηχανική επιστήμη, την οποία εφεξής ο καθένας μπορεί να ασκεί αποτελεσματικά».¹²⁶ Τα Μαθηματικά, που προηγουμένως ως επιστήμη μπορούσαν να επιδείξουν έναν περιορισμένο αριθμό αποτελεσμάτων, έγιναν με τον Καρτέσιο μια μέθοδος που οδηγούσε διαρκώς σε έναν άπειρο αριθμό νέων αποτελεσμάτων. Ο Zeuthen ορθώς συγκρίνει την επανάσταση που ξεκίνησε με την Καρτεσιανή Άλγεβρα με την επίδραση των σύγχρονων μεγάλων βιομηχανιών στον παλιό κόσμο των χειροτεχνιών. «Τα αντικείμενα που παράγονται χειρωνακτικά παράγονται από αποτελεσματικούς ανθρώπους. Κάθε κομμάτι είναι κάτι καθεαυτό τέλει». Όμως η συνεργασία δεν έπαιζε κάποιον ρόλο, ήτοι: «όλοι πρέπει να μπορούν να εκτελέσουν όλα τα μέρη του ίδιου έργου».¹²⁷ Μόνο οι μεγάλες βιομηχανίες μπορούσαν να απασχολούν λιγότερο ειδικευμένους εργαζόμενους, μέσω της *συνεργασίας* πολλών¹²⁸ για τον κοινό στόχο. Με την εισαγωγή μιας γενικής μεθόδου με τη βοήθεια της οποίας ο καθένας μπορούσε να ενεργεί *μηχανικά*, «η όλη λειτουργία των μαθηματικών μπήκε σε ένα νέο στάδιο ... Από εκεί και πέρα μπορούσε να εφαρμόζεται ευθέως από πολλούς που δεν είχαν κάποιο ιδιαίτερο ταλέντο στα μαθηματικά». Επιπλέον, «ο μεγάλος αριθμός εφαρμογών οδήγησε στην ανάδυση νέων σημαντικών προβλημάτων» και «τα ανακαλυφθέντα αποτελέσματα εμφανίστηκαν με τη μορφή τύπων που αποτελούν σημεία εκκίνησης για νέες μηχανικές διαδικασίες».¹²⁹ Ή αλλιώς -με τα λόγια του Boutroux- «Η μαθηματική έρευνα έγινε κυριολεκτικά ένας μηχανικός συνδυασμός, ένα έργο κατασκευής».¹³⁰

VI

Είναι δικαιολογημένη η ερμηνεία μας για τη γέννηση και τη σημασία της Καρτεσιανής Άλγεβρας; Δεν αληθεύει ότι η ιστορία των Μαθηματικών συνήθως παρέχει *εσωτερικές, λογικές* εξηγήσεις για τα πλεονεκτήματα της σύνθεσης της Άλγεβρας και της Γεωμετρίας που δεν αφορούν τεχνολογικούς και κοινωνιολογικούς παράγοντες; Πριν ασχοληθούμε λεπτομερώς με αυτήν τη θέση, έχει ενδιαφέρον να επισημάνουμε σε αυτό το σημείο ότι παρόμοιες αντιρρήσεις είχαν εκφραστεί ενάντια στην εξήγηση της ανάδυσης της Κοπερνίκειας θεωρίας με βάση κοινωνιολογικούς παράγοντες: είχε υποστηριχθεί ότι ήταν αποτέλεσμα μιας εσωτερικής, λογικής εξέλιξης της αστρονομίας την οποία επέφερε ο αυξημένος αριθμός παρατηρήσεων, και ότι δεν έπαιξαν κανέναν ρόλο κοινωνιολογικοί παράγοντες. Πιστεύουμε, ωστόσο, ότι αυτές οι αντιρρήσεις ήταν άστοχες. Ο Burt έδειξε πειστικά ότι κοινωνιολογικοί παράγοντες έπαιξαν αποφασιστικό ρόλο στη διαμόρφωση της

126 Ό.π. σελ. 102.

127 H. G. Zeuthen, *Geschichte der Mathematik im XVI und XVII Jahrhundert* (Leipzig, 1903) σελ. 216.

128 Ο Καρτέσιος είχε τονίσει τον συνεργατικό χαρακτήρα της Άλγεβράς του, που στηριζόταν στη βοήθεια πολλών, ήδη από το πρώτο γράμμα του στον Beeckman με την ανακοίνωση της ανακάλυψής του (26 Μαρτίου, 1619): “Et certe, ut tibi nude aperiam, quid moliar, non Lulli *Artem brevem*, sed scientiam penitus novam tradere cupio, qua generaliter solvi possint quaestiones omnes ... *Infinitem quidem* opus est, nec unius” AT X, σελ. 156–157. Όπως έδειξε ο Gustave Cohen σε ένα διαφορετικό πλαίσιο, ο Καρτέσιος τόνισε την “*idée de la collaboration de tous à l’oeuvre collective de la science*” (*Écrivains français*, ό.π., σελ. 470.)

129 Zeuthen, ό.π., σελ. 219.

130 P. Boutroux, *La signification historique de la géométrie de Descartes*, ό.π., σελ. 820.

Κοπερνίκειας θεωρίας.¹³¹ Οι «εσωτερικές», «λογικές» εξηγήσεις της ορθότητας της Κοπερνίκειας θεωρίας φαίνονται τέτοιες μόνο *σε εμάς*, δηλαδή σε μια αναδρομική ιστορική θεώρηση, και δεν ισχύει το ίδιο για τους σύγχρονους του Κοπέρνικου. Εκείνοι δεν έδωσαν βάση στις εσωτερικές, λογικές εξηγήσεις και μάλιστα υπήρξαν εχθρικοί προς αυτές, λόγω του ότι ο γενικότερος διανοητικός τους προσανατολισμός ήταν αρκετά διαφορετικός από τον δικό μας. Κατά τον Μεσαίωνα, ο *άνθρωπος* αποτελούσε από όλες τις απόψεις το κέντρο του σύμπαντος, τον ρυθμιστικό παράγοντα. Επικρατούσε η άποψη ότι όλος ο κόσμος της φύσης είναι τελεολογικά υποταγμένος στον άνθρωπο και, επιπλέον, ότι το *γήινο* περιβάλλον του ανθρώπου βρίσκεται στο κέντρο της αστρονομικής επικράτειας.

Με την *εμπορική επανάσταση* του δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου αιώνα, με τα μεγάλα ταξίδια των εξερευνητών και τις συναρπαστικές ανακαλύψεις άγνωστων ηπείρων και πολιτισμών, οι εμπορικοί ηγέτες της Ευρώπης έστρεψαν την προσοχή τους από τα ασήμαντα τοπικά παζάρια στα μεγάλα αναξιοποίητα κέντρα εμπορίου στην Ασία και την Αμερική. Το βασίλειο της προϋπάρχουσας γνώσης των ανθρώπων ξαφνικά έμοιαζε μικρό και ανεπαρκές· η σκέψη των ανθρώπων *συνήθισε σε έναν ολόενα εκτεινόμενο ορίζοντα*. Υπήρξε μια *μετατόπιση του σημείου αναφοράς από την Ευρώπη σε άλλες ηπείρους* με αρχαίους πολιτισμούς.

Αυτό ισχύει τόσο για τους νεοανακαλυφθέντες πολιτισμούς, όσο και για τις νεοανακαλυφθείσες θρησκείες. Μέχρι τότε η Ρώμη θεωρούνταν το *θρησκευτικό κέντρο* του κόσμου, πλέον όμως είχαν εμφανιστεί πολλά διαφορετικά κέντρα θρησκευτικής ζωής εκτός από τη Ρώμη. «Σε αυτόν τον αναβρασμό νέων και ριζοσπαστικών ιδεών ... δεν ήταν τόσο δύσκολο για τον Κοπέρνικο να αναλογιστεί σοβαρά ο ίδιος και να υποδείξει πειστικά σε άλλους ότι *μια ακόμα μεγαλύτερη μετατόπιση ... του κέντρου αναφοράς* στην αστρονομία ... πρέπει να γίνει τώρα ... από τη γη στον ήλιο».¹³²

Μόνο υπό την επίδραση αυτής της κοινωνικά διαμορφωμένης αλλαγής στη σκέψη αφυπνίστηκε η δεκτικότητα και το ενδιαφέρον επιστημόνων όπως ο Κοπέρνικος, για τις «εσωτερικές», «λογικές» εξηγήσεις στην αστρονομία – που προηγουμένως είχαν περάσει απαρατήρητες. Μόνο τότε βρήκαν το κουράγιο να εναντιωθούν στη Βιβλική παράδοση, να εκφράσουν τη νέα σύλληψη και να διατυπώσουν επιχειρήματα υπέρ της, όπως, για παράδειγμα, την εξήγηση ορισμένων ιδιομορφιών στη φαινομενική, παρατηρήσιμη κίνηση των πλανητών. Αυτό το παράδειγμα μας δίνει επίσης τη δυνατότητα να εξετάσουμε το αντίστοιχο μερίδιο και τη συνεισφορά διάφορων θεολογικών, κοινωνιολογικών και λογικών στοιχείων στη διαμόρφωση της Κοπερνίκειας θεωρίας, χωρίς να τα συγχέουμε: το πρώτο σύνολο, τα θεολογικά στοιχεία, αγνοήθηκε· το δεύτερο σύνολο, τα κοινωνιολογικά στοιχεία, έδωσε την ώθηση για τη μετατόπιση του σημείου αναφοράς, και αυτή η μετατόπιση με τη σειρά της προετοίμασε το έδαφος για την αποδοχή των εσωτερικών, λογικών εξηγήσεων για τη νέα θεωρία. Αυτό το παράδειγμα θα διευκολύνει την κατανόηση και του δικού μας προβλήματος.

131 Edwin H.A. Burt, *The Metaphysical Foundation of Modern Physical Science* (New York, 1932), σελ. 38f.

132 E. A. Burt, ό.π., σελ. 40f.

Η σημασία της Καρτεσιανής Γεωμετρίας πρέπει να αξιολογηθεί διαφορετικά ανάλογα με το εάν τη θεωρήσουμε μια *τεχνική μεταρρύθμιση των Μαθηματικών* ή εάν αναλογιστούμε τη *μεθοδολογική-φιλοσοφική πλευρά της*, δηλαδή, «την επέκταση της μαθηματικής μεθόδου στην καθολικότητα των κοσμολογικών προβλημάτων».¹³³

Από καθαρά μαθηματική άποψη, ο Oresme και ο Viète έθεσαν τις βάσεις της αναλυτικής Γεωμετρίας με τα έργα τους· «έφτασαν το περιεχόμενο της νέας επιστήμης σε τέτοιο βαθμό τελειότητας που η έλευσή της προσέλαβε τον χαρακτήρα *λογικής αναγκαιότητας*».¹³⁴ Και το έργο του Fermat *Isagoge ad locos planos et solidos*, που δημοσιεύθηκε λίγο πριν από τη *Γεωμετρία* του Καρτέσιου, περιελάμβανε την αρχή της αναλυτικής Γεωμετρίας «διατυπωμένη στην κομψότερη δυνατή μορφή».¹³⁵

Ωστόσο, η Καρτεσιανή Γεωμετρία αποτελεί *σημείο καμπής* στην ιστορία της σύγχρονης επιστήμης· μιλάμε για «Καρτεσιανή επανάσταση»¹³⁶ όμως δεν μπορεί κανείς να μιλήσει με τον ίδιο τρόπο για το *Isagoge* του Fermat· τα έργα του Καρτέσιου και του Fermat «τόσο κοντινά όσον αφορά το τεχνικό τους περιεχόμενο, είναι όσο πιο διαφορετικά γίνεται εάν αναλογιστεί κανείς τον γενικό διανοητικό προσανατολισμό των επινοητών τους».¹³⁷

Για να τονίσει ξεκάθαρα αυτή τη διαφορά ο Bruschvicg διερωτάται: Ποιες θα ήταν οι επιπτώσεις για την επιστήμη εάν ο Καρτέσιος δεν είχε γράψει τη *Γεωμετρία* του; Και πιστεύει ότι κατά πάσα πιθανότητα «η εξέλιξη των *Μαθηματικών* δεν θα είχε αλλάξει ριζικά λόγω αυτού του γεγονότος».¹³⁸ Όμως η κατάσταση είναι αρκετά διαφορετική για το πεδίο της Φιλοσοφίας και τη μεταρρύθμιση των φυσικών επιστημών δια των *Μαθηματικών*. Χωρίς την Καρτεσιανή Γεωμετρία η ανάπτυξη της Φιλοσοφίας τον δέκατο έβδομο αιώνα θα είχε πάρει αρκετά διαφορετική πορεία, συγκεκριμένα θα απουσίαζε «η συστηματική αυστηρότητα που βρίσκουμε σε αυτήν». Το *Isagoge* του Fermat «είναι το έργο ενός τεχνικού».¹³⁹

Αντίθετα, η *Γεωμετρία* του Καρτέσιου «είναι το έργο ενός μεθοδικού νου που ξεκίνησε από μια *καθολική σύλληψη της επιστήμης* και κληροδότησε μια καινοτόμα έννοια επιστημονικής αλήθειας στους επίγονούς του».¹⁴⁰

Αυτή η νέα σύλληψη της επιστήμης στράφηκε κριτικά ενάντια στην άποψη ότι η επιστημονική αλήθεια συνίσταται στη γνώση της ουσιώδους ιδιαιτερότητας των φαινομένων σε κάποιο απομονωμένο πεδίο, μια γνώση για την οποία οι υποτιθέμενοι «ειδικοί» καυχούνται με ιδιαίτερη υπερηφάνεια. Σύμφωνα με τον Καρτέσιο η αληθινή επιστήμη συνίσταται στην ανακάλυψη της καθολικής σχέσης και σύνδεσης μεταξύ των επιμέρους φαινομένων και της καθολικότητας των πραγμάτων· και πίστευε ότι με τη βοήθεια της Άλγεβρας του, δηλαδή, μιας μεθόδου

133 L. Brunschvicg, *Les étapes*, ό.π., σελ. 107.

134 Ό.π., σελ. 105.

135 Ό.π., σελ. 100.

136 Ό.π., σελ. 114.

137 Ό.π., σελ. 99.

138 Ό.π., σελ. 101.

139 Ό.π., σελ. 101.

140 Ό.π., σελ. 101.

προσβάσιμης σε όλους και εφαρμόσιμης σε όλα τα επιστημονικά πεδία χάρη στους σταθερούς, μηχανικούς, και εύκολα εφαρμόσιμους κανόνες της, το χάσμα μεταξύ της εξειδίκευσης των «ειδημόνων» και της καθολικής «συγγένειας» [των φαινομένων] μπορούσε να γεφυρωθεί.

Ούτε ίχνος μιας τέτοιας σύλληψης της Άλγεβρας δεν μπορεί να εντοπιστεί σε κανέναν από τους προδρόμους του Καρτέσιου, από τον Oresme έως τον Viète και τον Fermat. *Συλληφθείσα όχι ως ένα τεχνικό εργαλείο των Μαθηματικών, αλλά ως μια φιλοσοφική μέθοδος* ειδικά σχεδιασμένη για να συμβάλει στην επίτευξη της καθολικής επιστήμης, η Άλγεβρα είναι το αποκλειστικό και αυθεντικό δημιουργήμα του Καρτέσιου.¹⁴¹ Εφόσον αντιληφθούμε ξεκάθαρα αυτή τη διαφορά, πρέπει να συναγάγουμε ότι οι «εσωτερικές», «λογικές» εξηγήσεις της διαμόρφωσής της, εξηγήσεις που απορρέουν από την εσωτερική ανάπτυξη των μαθηματικών, δεν χρησιμεύουν και πρέπει να απορριφθούν, καθώς η Καρτεσιανή Άλγεβρα *ως φιλοσοφική μέθοδος δεν συνδέεται με τη μέχρι τότε εξέλιξη των μαθηματικών* και επομένως δεν μπορεί να κατανοηθεί στη βάση αυτής της εξέλιξης. Πρέπει να αναζητηθούν άλλοι εξηγητικοί παράγοντες, όμως μέχρι τώρα δεν έχει γίνει καμία απόπειρα να βρεθούν.

Προηγουμένως αναφερθήκαμε σε δυο χαρακτηριστικές πλευρές αυτής της νέας *“conception universelle de la science”*: πρώτον ότι επιδεικνύει πολλά ξεκάθαρα χαρακτηριστικά αντίστοιχα με αυτά που εντοπίζονται στη λειτουργία των μηχανών, ξένα προς την παλαιότερη σύλληψη της επιστήμης, τα οποία προφανώς εμφανίστηκαν ως αποτέλεσμα νέων *επιρροών*. δεύτερον, είδαμε ότι ένα πλήθος ιστορικών των μαθηματικών, όπως οι P. Boutroux, M. Marie, H. G. Zeuthen και άλλοι, έχουν επισημάνει τον *μηχανικό* χαρακτήρα των αλγεβρικών πράξεων. Τονίζουν ότι οι πράξεις της Καρτεσιανής Άλγεβρας αποκαλύπτουν έναν αυτοματισμό στην εφαρμογή σταθερών κανόνων· ότι λόγω της απλοποίησης και ταχύτητας της διαδικασίας δεν απαιτούν μεγάλη προσπάθεια ή ευφυΐα· ότι επομένως είναι προσβάσιμες σε όλους· ότι καθιστούν δυνατή τη μαζική μαθηματική παραγωγή – την αντιμετώπιση μεγάλων προβλημάτων που ξεπερνούν τις δυνατότητες των μεμονωμένων ατόμων, προβλημάτων των οποίων η λύση είναι δυνατή μόνο μέσω της συνεργασίας πολλών μυαλών. Εν συντομία, οι προαναφερθέντες ιστορικοί δηλώνουν ότι η Καρτεσιανή Άλγεβρα επιδεικνύει αντικειμενικά όλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της λειτουργίας των μηχανών. Είναι η ίδια μια διανοητική μηχανή, ένας διανοητικός μύλος, στον οποίον κάποιος πρέπει μόνο να «γυρίσει τη χειρολαβή για να δει τις λύσεις των προβλημάτων να βγαίνουν από αυτόν». Αυτή η ομοιότητα της λειτουργίας της Καρτεσιανής Άλγεβρας με τις μηχανές είναι μόνο μια σύμπτωση, ένα απλό ατύχημα; Εμείς προτιμάμε μια άλλη εξήγηση.

Κατά την άποψή μας, είναι απολύτως φυσικό σε μια εποχή κατά την οποία οι μηχανές θριάμβευαν για πρώτη φορά στην Αγγλία, τη Γαλλία, την Ολλανδία, την Ιταλία και τη Γερμανία, και έδειχναν ολοφάνερα σε όλους τα πλεονεκτήματα του αυτοματισμού της μηχανικής εργασίας έναντι της χειρωνακτικής εργασίας, ο ενθουσιώδης θαυμασμός για αυτές, που εκφραζόταν σε όλους τους σύγχρονους

141 Ο Καρτέσιος δικαίως θα έλεγε: “Je commence en cela par où Viète avait fini” (Letter to Mersenne, 31 Μαρτίου, 1638, AT II, σελ. 82).

απολογισμούς, να επηρεάσει τη σκέψη των εξεχόντων διανοητών αυτής της περιόδου – του Βασον και του Καρτέσιου. Η έλευση των νεωτερικών χρόνων χαιρετιζόταν από τον παθιασμένο παιάνα του L. B. Alberti στην τεχνική.¹⁴² Εκεί διαβάζουμε ότι η τεχνική μας επιτρέπει «να κόβουμε βράχους, να τρυπάμε βουνά, να γεμίζουμε κοιλάδες, να αντιστεκόμαστε στις πλημμύρες των θαλασσών και των ποταμών, να καθαρίζουμε βάλτους και έλη, να κατασκευάζουμε πλοία». Ο Giovanni da Fontana (1395-1455) από τη Βενετία, γεμάτος υπερηφάνεια για τη μηχανική πρόοδο της εποχής του, μιλούσε σχεδόν για όλον τον κατοικήσιμο κόσμο ως γεμάτο με υπέροχα υφάσματα, έξυπνες μηχανές και οργανικά εργαλεία για την ανάπτυξη των τεχνών ή των συνεργατικών επιστημών.¹⁴³ Ο Girolamo Cardano όχι μόνο μιλούσε με θαυμασμό για τις μηχανές αλλά, επίσης, ήδη από το 1550, περιέγραφε ξεκάθαρα τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της μηχανικής εργασίας στο βιβλίο του *De Subtilitate*.¹⁴⁴ Αυτός ο γενικός θαυμασμός για τη μηχανική τεχνική εκφράστηκε από τον Βασον στις αρχές του δέκατου έβδομου αιώνα σε μια ενθουσιώδη αποθέωση της τεχνολογίας, την οποία θεωρούσε τον πιο καθοριστικό παράγοντα της ιστορικής προόδου και κοινωνικής αλλαγής. «Ιδρυτές πόλεων και αυτοκρατοριών, νομοθέτες, κ.λπ.», έλεγε ο Βασον «παρέχουν πολιτικά προνόμια μόνο σε ορισμένα μέρη». Όμως δεν ισχύει το ίδιο για τους δημιουργούς των μηχανικών εφευρέσεων: «Καθώς τα οφέλη αυτών των ανακαλύψεων μπορούν να επεκταθούν σε όλη την ανθρωπότητα». Η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ «των πιο πολιτισμένων επαρχιών της Ευρώπης και των πιο άγριων και βάρβαρων περιοχών της Νέα Ινδίας ... δεν προέρχεται από το έδαφος, ούτε από το κλίμα, ούτε από τη φυλή αλλά από τις τέχνες». Οι εφευρέσεις των δύο τελευταίων αιώνων, όπως η τυπογραφική μηχανή, κ.λπ., «έχουν αλλάξει εντελώς την όψη και κατάσταση των πραγμάτων ανά τον κόσμο ... τόσο ώστε καμία αυτοκρατορία, καμία αίρεση, κανένα άστρο δεν φαίνεται να έχει ασκήσει μεγαλύτερη δύναμη και επιρροή στα ανθρώπινα ζητήματα από αυτές τις μηχανικές ανακαλύψεις».¹⁴⁵

Ενώ η πρώιμη εμπειρία στις Ιταλικές δημοκρατίες και στην Ολλανδία είχε δείξει ότι το εμπορικό κεφάλαιο, στον αγώνα για τις αγορές, οδηγεί σε πολέμους, ο Βασον τόνισε ότι τουναντίον το βιοτεχνικό κεφάλαιο ήταν αντίθετο στις πολεμικές δραστηριότητες.¹⁴⁶

142 Το βιβλίο του Alberti «*Περί Αρχιτεκτονικής*» γράφτηκε περί το 1450 και δημοσιεύτηκε μετά θάνατον στη Φλωρεντία το 1485. Εδώ παραθέτουμε από τη γαλλική έκδοση (Παρίσι, 1553, Πρόλογος).

143 Βλ. Lynn Thorndike, ό.π. IV, σελ. 167.

144 Αυτά είναι: 1) η εξοικονόμηση της ανθρώπινης εργασίας, 2) η αξιοποίηση ανειδίκευτων και επομένως φθηνών εργατών, 3) η μείωση των απορριμμάτων 4) τα γενικότερα πλεονεκτήματα των υγιεινών εργασιακών συνθηκών.

145 *Novum Organum*, Book 1, σελ. 129 (Works I, 122). Η ανακάλυψη των γυαλιών οράσεως, για παράδειγμα, επέφερε την κλιμάκωση της διανοητικής ζωής και βελτίωσε το εκπαιδευτικό επίπεδο τον δέκατο τέταρτο και δέκατο πέμπτο αιώνα. Οι άνθρωποι μπορούσαν πλέον να διαβάζουν περισσότερο και να διαβάζουν και κατά τα ώριμα χρόνια τους.

146 Bacon: “Certissimum est artes mechanicas sedentarias ... atque manufacturas delicatas (quae digitum potius, quam brachium requirunt) sua natura militaribus animis esse contrarias” (*De dignitate et augmentis scientiarum*, Βιβ. VIII. κεφ. III. 5, Works I, σελ. 798).

VII

Μπορεί να τεθεί το ερώτημα: Υπήρχαν αρκετές μηχανές την εποχή του Καρτέσιου ώστε να δικαιολογείται η έμφαση που έχω δώσει στην επίδρασή τους πάνω στις έννοιες του Καρτέσιου στη Μηχανική και τα Μαθηματικά; Δεν είναι εύκολο να απαντηθεί αυτό το ερώτημα διότι η υπάρχουσα βιβλιογραφία για την ιστορία της τεχνολογίας -με εξαίρεση μερικές μονογραφίες για συγκεκριμένες περιόδους- δεν είναι παρά μια ημιτελής απαρίθμηση εφευρέσεων. Ακόμα και τα καλύτερα βιβλία, όπως το κατατοπιστικό *History of Mechanical Inventions* (1929) του Usher, αντιμετωπίζουν την τεχνολογία ως αποκομμένη από την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη της κοινωνίας στο σύνολό της. Ο Henri Pirenne στο *Economic and Social History of Medieval Europe* (Λονδίνο, 1936) δεν αναφέρει καν στο γενικό ευρετήριο τις λέξεις: εφεύρεση, τεχνική, μηχανή, μηχανισμός, αυτόματο, μηχανικό ρολόι, νερόμυλος, ορυχείο, κ.λπ. Μια κοινωνική ιστορία της τεχνολογίας που να δείχνει την εξέλιξή της, την εξάρτησή της από τις ιστορικές συνθήκες και τις κοινωνικές επιπτώσεις της,¹⁴⁷ δεν έχει γραφτεί ακόμα.

Θα περιοριστούμε εδώ σε ένα σύντομο περίγραμμα των τεχνολογικών εξελίξεων, τονίζοντας ιδιαίτερα τις επιπτώσεις των μηχανών στην ανθρώπινη σκέψη ως το απαραίτητο ιστορικό πλαίσιο για την ορθή κατανόηση του κόσμου του Καρτέσιου.

Για τους περισσότερους αναγνώστες ο όρος «μηχανική τεχνική» συνδέεται με τη «βιομηχανική επανάσταση» συλληφθείσα ως ένα ξαφνικό φαινόμενο που έλαβε χώρα στα τέλη του δέκατου όγδοου αιώνα στην Αγγλία. Αυτή η άποψη δεν είναι σύμφωνη με τα γεγονότα. Η αναβίωση της τεχνικής στη Δυτική Ευρώπη και η εισαγωγή νέων μηχανών ήταν μια μακρά διαδικασία η οποία ξεκινά από τις αρχές του δέκατου τρίτου αιώνα. «Πουθενά» λέει ο καθηγητής Sarton «δεν είναι πιο βέβαιη η αυξανόμενη ωριμότητα της Δύσης στις αρχές του δέκατου τρίτου αιώνα από ότι στο πεδίο της καθαρής Μηχανικής ... στη διάρκεια αυτού του αιώνα βλέπουμε μια πραγματική μηχανική αναγέννηση».¹⁴⁸

147 Το ευφυές και διορατικό άρθρο του Lynn White Jr. «Technology and Invention in the Middle Ages» στο *Speculum* 15 (194) δεν βοηθάει ιδιαίτερα τον σκοπό μας. Ο White ασχολείται με προγενέστερες περιόδους, τελειώνοντας με τον δέκατο τρίτο αιώνα, ενώ εμάς μας ενδιαφέρουν οι μεταγενέστερες περίοδοι από τον δέκατο τρίτο μέχρι τον δέκατο έβδομο αιώνα. Ο White αναλύει πολλές και σημαντικές εφευρέσεις αυτής της πρώτης περιόδου: την εφεύρεση του σαπουνιού, του τριγωνικού ιστίου (λατίνι), της πυξίδας και της πυρίτιδας, του πετάλου και της τραχηλιάς των αλόγων. Επίσης αναλύει την αντικατάσταση του συστήματος δύο σταδίων με το σύστημα τριών σταδίων στη γεωργία κ.α. Ωστόσο οι μηχανές, με εξαίρεση μια σύντομη αναφορά στους ανεμόμυλους και τους νερόμυλους, δεν αναφέρονται.

148 George Sarton, *Introduction to the History of Science* (Baltimore, 1931) II, σελ. 21. Ο Marc Bloch θεωρεί «σκανδαλώδη» τον ισχυρισμό του Vierendeel (*Esquisse d'une histoire de la technique*, Louvain, 1921, I, σελ. 44) «ότι η τεχνική κατά τον Μεσαίωνα ήταν -με εξαίρεση την εφεύρεση της πυρίτιδας- κατά κύριο λόγο στάσιμη» ήδη από την εποχή της δημοσίευσής του. «Τώρα», λέει ο κ. Bloch, «γνωρίζουμε πέραν κάθε αμφιβολίας ότι την εποχή που οι ευρωπαϊκές κοινωνίες ξεκινούσαν την κατάκτηση των μεγάλων ωκεάνειων διαδρομών είχαν στη διάθεσή τους εργαλεία πολύ ανώτερα από αυτά της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας την εποχή της πτώσης της. Όμως προς το παρόν έχουμε πολύ λίγες πληροφορίες για το ακριβώς πότε και πώς πραγματοποιήθηκαν οι διάφορες αυτές εξελίξεις». Marc Bloch, «Les inventions médiévales», στο *Annales d'histoire économique et sociale* 7 (1935) 634. Είναι επομένως προφανές ότι μπορούμε να μιλήσουμε μόνο για επιτάχυνση της εισαγωγής νέων εφευρέσεων από τα τέλη του δωδέκατου και τις αρχές του δέκατου τρίτου αιώνα. Το νέο στοιχείο εκείνης της εποχής, ωστόσο, είναι η εμφάνιση της μηχανής - η αντικατάσταση της ανθρώπινης ενέργειας με τη μη ανθρώπινη

Τα ιστορικά αίτια αυτής της τεχνικής αναβίωσης δεν εξηγούνται στην υπάρχουσα βιβλιογραφία. Εδώ μπορούμε μόνο να τα υποδείξουμε εν συντομία. Με λίγες εξαιρέσεις, η αρχαιότητα δεν μας κληροδότησε καμία μηχανή εξοικονόμησης εργασίας.¹⁴⁹ Σύμφωνα με την κλασική διατύπωση του Ricardo, οι μηχανές ανταγωνίζονται την εργασία· εκεί όπου το κόστος εργασίας είναι υψηλό, η εργασία αντικαθίσταται από μια φθηνότερη μηχανή. Στην αρχαιότητα η εργασία ήταν φθηνή λόγω της επικράτησης της δουλείας, και θα ήταν παράλογο να αντικατασταθεί η φθηνή εργασία από ακριβές μηχανές. Το κόστος ενός δούλου αποσβενόταν μέσα σε 3-4 χρόνια το πολύ· η εργασία που παρείχε ο δούλος έπειτα από εκείνη τη χρονική περίοδο πρακτικά δεν κόστιζε τίποτα (εάν παραβλέψουμε το μικρό κόστος της διατροφής). Έτσι, η δουλεία μπορεί να θεωρηθεί ένα *οικονομικό αεικίνητο*, μια φυσική μηχανή που διαρκώς παρέχει ενέργεια χωρίς να κοστίζει τίποτα. Ως εκ τούτου, δεν υπήρχε κάποια κοινωνική ανάγκη για τεχνητές μηχανές εξοικονόμησης εργασίας.

Με την ανάδυση των πόλεων και της αστικής μεσαιάς τάξης στη Δυτική Ευρώπη τον δωδέκατο και δέκατο τρίτο αιώνα, η οικονομική κατάσταση άλλαξε θεμελιωδώς. «Ο αέρας της πόλης κάνει τους ανθρώπους ελεύθερους». Αυτό σημαίνει ότι κάθε εργασία που εκτελούνταν από έναν κάτοικο μιας πόλης έπρεπε να πληρωθεί. Η εργασία, επομένως, έγινε ένα σημαντικό έξοδο. Μόνο τότε άξιζε να αντικατασταθεί η ακριβή εργασία με φθηνότερες μηχανές.¹⁵⁰

μηχανική ενέργεια. Σχετικά με το εάν η ανάπτυξη μηχανών στον μουσουλμανικό κόσμο είχε αρχίσει νωρίτερα βλ. Aldo Mieli, *La science arabe et son rôle dans l' évolution scientifique mondiale* (Leiden, 1939). Ο Mohammed ben Musa ben Shaker (825–875) έγραψε μια «Διατριβή για τη Μηχανική» (Maximilien Marie, *Histoire des sciences mathématiques et physiques* (Paris, 1883) II, 111). Ο Abu al-Fath Abd al-Rahmân al-Mansur περί το 1118 έγραψε διάφορα έργα για τη μηχανική και την υδραυλική. Εκεί βρίσκουμε μια θεωρία του μοχλού και του ζυγού. Ο Ismail Ibn al-Razzâz Badi al-Zaman, ενεργός περί το 1205, έγραψε για τα αυτόματα και τα πρακτικά προβλήματα της υδραυλικής (Mieli, ό.π., σελ. 154-155).

149 Οι αρχαίοι παρήγαγαν πολλές υπέροχες αυτόματες συσκευές, ωστόσο, ήταν κατά κύριο λόγο παιχνίδια που χρησιμοποιούνταν για θαυματουργικούς σκοπούς και ως βοηθήματα των ιερών για να μαγεύουν τα πλήθη. Ο νερόμυλος έχει, φυσικά, αρχαία καταγωγή· εφευρέθηκε τον πρώτο αιώνα π.Χ. Όμως, όπως επισημαίνει ο Marc Bloch, παραμένει μεσαιωνικός λόγω της περιόδου της μεγάλης εξάπλωσής του. Marc Bloch, "Avènement et conquêtes du Moulin à eau", *Annales d'histoire économique et sociale* 7 (1935) σελ. 545· και Ferdinand Lot, *Histoire du moyen age. Tome I. Les destinées de l'empire en occident de 395 à 888*, Paris: Presses Univ. de France, 1928, σελ. 351 (Collection "Histoires Générale" επιμ. Gustave Glotz).

150 Ο ισχυρισμός του Garrett ότι οι μηχανές ανακαλύφθηκαν από τον ευρωπαϊκό νου εξαιτίας του πνεύματος της επιστημονικής περιέργειας χωρίς ξεκάθαρο οικονομικό σκοπό είναι μύθος (Garet Garrett, *Ouroboros or The Mechanical Extension of Mankind*, New York, 1926, σελ. 6). Πολλά έγγραφα αποδεικνύουν ότι από τον δέκατο τρίτο αιώνα γίνονταν απόπειρες να μειωθεί το υψηλό κόστος της εργασίας μέσω της εισαγωγής μηχανών. Σε αυτό το σημείο τα αρχεία του Καθεδρικού Ναού του Αγίου Παύλου έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Υπάρχουν αναφορές στους λογιστικούς καταλόγους που υποδεικνύουν την παρουσία ενός φύλακα ρολογιού ήδη από το 1286. Το 1298 συγκεκριμένα ποσά ξοδεύτηκαν για να φτιαχτούν "jacks" για να σημαίνουν τις ώρες (βλ. A. P. Usher, ό.π., σελ. 154). Η λέξη "jacks" εδώ προφανώς αναφέρεται στο ίδιο πράγμα με τη λέξη "jaquemart" [σ.τ.μ.: μηχανικός κωδωνοκρούστης] που χρησιμοποιείται αργότερα στη Γαλλία για να περιγράψει αυτόματα κινούμενες φιγούρες που σήμαιναν την ώρα. Σχετικά με τα "jaquemarts" βλ. Mathieu Planchon, *L'Horloge, son histoire* (Paris, 1898) κεφ. 3. Παρομοίως γνωρίζουμε, για παράδειγμα, ότι το ρολόι "La Torre della Mangia", στη Σιένα, (που χτίστηκε περί το 1348) αρχικά είχε έναν φύλακα που ζούσε στον πύργο και η δουλειά του ήταν να σημαίνει τις ώρες κρούοντας χειρωνακτικά την καμπάνα του πύργου. Το 1360 εγκαταστάθηκε στον πύργο ένα ρολόι με αυτόματο μηχανισμό για την κρούση της καμπάνας, εξοικονομώντας έτσι τον μισθό του εργαζόμενου (βλ. Alfred Ungerer, *Les Horloges astronomiques et monumentales*, Strasbourg, 1931, σελ. 375). Μια παρόμοια εξέλιξη έλαβε χώρα στο Montpeller: ο φύλακας του καμπαναριού της Παναγίας των Παρισίων που έπρεπε να σημαίνει τις ώρες (*pulsator horarum noctibus et diebus*) αντικαταστάθηκε από ένα ρολόι με «κωδωνοκρούστη» ("jaquemart"), ένα

Με τον ίδιο τρόπο εξηγείται επίσης το ότι την ίδια εποχή που εξαφανίστηκε το αρχαίο αεικίνητο, αναδύθηκε η επιθυμία για ένα τεχνητό αεικίνητο και έγιναν απόπειρες για την κατασκευή του.¹⁵¹

Είναι ξεκάθαρο ότι με την έλευση της νέας μηχανικής εποχής εντοπίζονται για πρώτη φορά από την αρχαιότητα μεγάλα βήματα στο πεδίο της μηχανικής θεωρίας, της διανοητικής αντανάκλασης της μηχανικής πρακτικής. Δεν μπορούμε να επεκταθούμε πάνω σε αυτό το ζήτημα αλλά θα περιοριστούμε στην παρατήρηση ότι στην αρχαιότητα καλλιεργήθηκε μονάχα η στατική ως μια θεωρία του ζυγού και της ισορροπίας, χωρίς να συνειδητοποιηθεί ότι ο ρόλος της μηχανής είναι να παρέχει μηχανική εργασία για να εξοικονομεί ανθρώπινη εργασία. Τώρα όμως, στα τέλη του δέκατου τρίτου αιώνα, ο Jordanus Nemorarius και η σχολή του διαμόρφωσαν ορισμένες από τις θεμελιώδεις ιδέες της δυναμικής, αναγνωρίζοντας για πρώτη φορά την αρχή των εικονικών μετατοπίσεων που ήταν άγνωστη στην αρχαιότητα, αποδεικνύοντας τη ροπή της δύναμης, και επιλύοντας το πρόβλημα του κεκλιμένου επιπέδου, τη στοιχειώδη βασική μηχανική μορφή κάθε μηχανής.¹⁵²

Οι πρώτες σποραδικές κατασκευές μηχανών στη Δυτική Ευρώπη ξεκινούν από τα μέσα του δωδέκατου αιώνα.¹⁵³ Έπειτα πολλαπλασιάστηκαν χωρίς ωστόσο να γίνουν τόσο πολυάριθμες ώστε να μπορούμε να μιλήσουμε για βιομηχανική επανάσταση. Υπήρχε ένας σημαντικός αριθμός μηχανών που χρησιμοποιούσαν το νερό ως κινητήρια δύναμη. Στο Τετράδιο σχεδίων [Carnet, στμ.] του Villard de Honnecourts υπάρχει ένα σχέδιο ενός πριονιστηρίου που κινείται από νερό σε

αυτόματο εργαλείο για να σημαίνει τις ώρες, με σκοπό να εξοικονομηθούν οι υψηλοί μισθοί του φύλακα. (βλ. J. Renouvier et Ad. Ricard, *Des maîtres de pierre et des autres artistes gothiques de Montpellier*, Montpellier, 1884, σελ. 97). Καθώς απαιτούνταν πέντε ή έξι άνθρωποι για να σημάνουν τη βαριά καμπάνα του Montpellier (βάρους, με δύο σείστρα, 6.800 λιβρών) ο ξυλουργός Pierre d'Agrie υπέγραψε συμβόλαιο με τον ηγούμενο της Παναγίας των Παρισίων το 1363 για την κατασκευή μιας μηχανής που θα απαιτούσε μονάχα έναν ή δύο ανθρώπους, έναντι ετήσια χρυσών φλορινιών (βλ. Renouvier and Ricard ό.π., σελ. 59, Latin contract, ό.π., σελ. 164).

151 Το Τετράδιο σχεδίων [Carnet, στμ.] του Γάλλου αρχιτέκτονα Villard de Honnecourt (περί το 1235) περιλαμβάνει το παλαιότερο γνωστό σκίτσο ενός αεικίνητου (*Facsimile of the Sketchbook of Wilars de Honcort [Villard de Honnecourt], an Architect of the Thirteenth Century*, μτφρ. Robert Willis, Λονδίνο, 1859, σελ. 35).

152 P. Duhem, *Les Origines de la Statique* (Paris, 1905) I, 98–123, σελ. 147· E. Jouget, *Lectures de mécanique* (Paris, 1908) σελ. 25–28· G. Sarton, ό.π., II, 22 και A. P. Usher, ό.π., σελ. 53–55. Οι απαρχές ενός νέου προσανατολισμού είναι ήδη φανερές από τα μέσα του δωδέκατου αιώνα στην προσπάθεια για μια νέα ταξινόμηση των επιστημών. Η αυξανόμενη σημασία των μηχανών φαίνεται, για παράδειγμα, στον Dominicus Gundisalvus, ο οποίος ανέλαβε το εγχείρημα ενός νέου διαχωρισμού των επιστημών σε Φυσική, Μαθηματικά και Μεταφυσική, αντιμετωπίζοντας τις μηχανές (*De ingeniis*) ως υποδιαίρεση της Γεωμετρίας. Βλ. το μεγάλο του έργο *De divisione philosophiae*, γραμμένο περί το 1150 (επιμ. L. Bauer, *Beitrag zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters*, 1903, τομ. IV. no. 2–3, σελ. 122–124). Εκεί διαχωρίζει μεταξύ δύο μεθόδων, με τη μία να αποτελεί ένα στατικό πεδίο “de ponderibus . . . secundum quod mensurantur vel secundum quod mensuratur cum eis et eis” · και τη δεύτερη ένα δυναμικό πεδίο που “considerat secundum quod moventur vel secundum ea, cum quibus moventur; et tunc est inquisitio de principiis instrumentorum, quibus elevantur graviora et super que permutantur de loco ad locum” (*De divisione philos.* σελ. 121–122). Αρχίζει να εξαπλώνεται η αντίληψη ότι ο σκοπός των μηχανών είναι η πρακτική τους χρήση, δηλαδή, η εξοικονόμηση εργασίας και κόστους: “Sciencia ergo ingeniorum docent modos excogitandi et adinveniendi, qualiter secundum numerum corpora naturalia coaptentur per artificium aliquod ad hoc, ut usus, quem querimus proveniat ex eis . . .” (ό.π., σελ. 122).

153 Η μελέτη αυτού του ζητήματος γίνεται πολύ δυσκολότερη λόγω του ότι πολλές αναφορές σχετικά με τις πρώτες εφαρμογές των μηχανών είναι προϊόντα μεταγενέστερης πλαστογράφησης. Έτσι, η συχνά αναφερόμενη χρονολογία του 1105 ως η χρονιά κατά την οποία έλαβε χώρα η ανέγερση ενός ανεμόμυλου από τους Βενεδικτίνους είναι τόσο ψευδής όσο και ένα έγγραφο από το Αμβούργο με ημερομηνία 1152 που αναφέρεται στα συντεχνιακά προνόμια ενός κόφτη υφαματών (βλ. Franz M. Feldhaus, *Die Technik der Antike und des Mittelalters*, Potsdam, 1931, σελ. 261).

πτώση. Το πριόνι κινείται κάθετα προς τα πάνω και προς τα πίσω μέσω μιας ευφούς διάταξης, ενώ ο οριζόντια τοποθετημένος κορμός κινείται αργά κάτω από το πριόνι· η ταχύτητα αυτής της εμπρόσθιας κίνησης του κορμού προσαρμόζεται στην ταχύτητα του πριονιού.

Η ύφανση του μαλλιού προσφέρει ένα ακόμα παράδειγμα της εφαρμογής της δύναμης του νερού. Ασκούνταν κυρίως από τις γυναίκες ως οικιακή εργασία. Η νεροτριβή του μαλλιού με το πόδι δεν μπορούσε όμως να γίνει από γυναίκες γιατί ήταν ιδιαίτερα κοπιαστική – γινόταν από μια ειδική τάξη εργατών, τους *νεροτριφτές*. Κατά τον δέκατο τρίτο αιώνα η διαδικασία της νεροτριβής είχε μηχανοποιηθεί, η δράση των δύο ποδιών ενός ανθρώπου είχε αντικατασταθεί από αυτή δύο ξύλινων σφυριών που κινούνταν από το νερό και τα οποία ανυψώνονταν και έπεφταν εναλλάξ επάνω στο ύφασμα. Αυτό σήμαινε σημαντική εξοικονόμηση ανθρώπινης εργασίας γιατί μπορούσε να λειτουργεί ταυτόχρονα ένας μεγάλος αριθμός σφυριών, με έναν μόνο άνθρωπο να στέκεται δίπλα και να ελέγχει το πανί.¹⁵⁴

Όμως είναι υπερβολή σε αυτό το σημείο να μιλήσουμε για βιομηχανική επανάσταση τον δέκατο τρίτο αιώνα, όπως κάνει ο Carus-Wilson· η τεχνική καινοτομία για την οποία μιλάμε επηρέασε μόνο ένα μικρό μέρος της επεξεργασίας υφασμάτων, τη διαδικασία της νεροτριβής, και είχε σχετικά ασήμαντες κοινωνικές επιπτώσεις.¹⁵⁵ Το ίδιο ισχύει και για τον δέκατο τέταρτο αιώνα, μολονότι εκείνη την εποχή η ισχύς του νερού εφαρμόστηκε στην κλώση¹⁵⁶ και τον επόμενο αιώνα η εκμηχάνιση της βιομηχανίας της κλωστούφαντουργίας έκανε ακόμα μεγαλύτερη πρόοδο.¹⁵⁷

154 E. M. Carus-Wilson, “An Industrial Revolution of the 13th century,” *The Economic History Review* 11 (1940) 43–44; και Aloys Schulte, *Geschichte des mittelalterlichen Handels und Verkehrs zwischen und Italien*, Leipzig, 1900 I, σελ. 118.

155 Μια μηχανή νεροτριβής που εκσυγχρονίστηκε τον δέκατο έκτο αιώνα, η “machina per follar panni di lana,” αναπαράχθηκε στο *Novo Teatro di Machin* του Zonca, 1607, σελ. 42–43.

156 «Ήδη από το 1341 υπήρχαν στην Bologna μεγάλοι μύλοι κλωστούφαντουργίας που κινούνταν από το νερό, και η απόδοσή τους ήταν όση τεσσάρων χιλιάδων κλωστών» (G. Libri, *Histoire des sciences mathématiques*, [Paris, 1841], II, 233). Αυτή η κλωστική μηχανή μεταξίου στην Bologna που αποτελούνταν από πολλές χιλιάδες εξαρτήματα παρέμεινε διάσημη για αιώνες, και επίσης αναπαράχθηκε στο *Novo Teatro* του Zonca το 1607. Βλ. *Filatoio da acqua*, σελ. 68–69.

157 Ο Leonardo da Vinci (περί το 1500) έφτιαξε ένα σχέδιο μιας ολοκληρωμένης κλωστικής μηχανής (Codice Atlantico, folio 393 ν) με έναν αυτόματο διανομέα νημάτων που διένειμε ομοιόμορφα τα νήματα πάνω από τα καρούλια – μια μηχανή που δεν εφευρέθηκε ξανά μέχρι το 1794 στην Αγγλία. Ένα άλλο μοντέλο ενός μηχανικού κλωστήριου (“il molinello o filatoio”) δίνεται από τον Branca στο βιβλίο του για τις μηχανές που δημοσιεύτηκε το 1629, εικ. 20. Επίσης, ο Leonardo da Vinci έφτιαξε δεκάδες σχέδια διαφόρων μηχανών για την παραγωγή υφασμάτων, αργαλειών, σαΐτων, κ.λπ. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει μια μηχανή διάτμησης και συμπίεσης υφασμάτων (Codice Atlantico, folio 397) που είχε σκοπό να αντικαταστήσει τη διάτμηση με το χέρι. Το ύφασμα οδηγείται κάτω από το τραπέζι κοπής πάνω από κυλίνδρους που περιστρέφονται από έναν άξονα και έτσι τεντώνεται· όπως το ύφασμα οδηγείται πάνω από το τραπέζι περνά μέσα από ψαλίδια που ανοιγοκλείνουν γρήγορα μηχανικά. Αυτές οι εφευρέσεις του Leonardo, ωστόσο, παρέμειναν κυρίως στα χαρτιά και δεν είχαν κοινωνικές επιπτώσεις. Στον Besson (ό.π. Fig. 59) βρίσκουμε την αναπαράσταση ενός άλλου μοντέλου ενός “pressoir à presser drap.”

Μια ακόμα εφεύρεση που ολοκληρώθηκε στα μέσα του δέκατου τρίτου αιώνα είναι το μηχανικό ρολόι.¹⁵⁸ από τις διάφορες εφαρμογές του, η σημαντικότερη, από τον δέκατο τέταρτο αιώνα και έπειτα, ήταν το πλανητάριο.¹⁵⁹ Μια ακόμα ενδιαφέρουσα εφαρμογή είναι η χρήση του μηχανισμού του ρολογιού σε αλευρόμυλους.¹⁶⁰

Παρόλο που οι πύργοι με ρολόγια έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην *κανονικοποίηση* της αστικής ζωής και εργασίας, δεν οδήγησαν ούτε αυτοί σε κάποια βιομηχανική επανάσταση – μόνο και μόνο διότι ο αριθμός των ωρολογιοποιών ήταν πολύ μικρός.

Και όμως, αυτές οι εφευρέσεις, μολονότι δεν επέφεραν κάποια βιομηχανική επανάσταση, άφησαν σημαντικά ίχνη στη σκέψη ολόκληρων γενεών· μπορούμε να μιλήσουμε εδώ για μια «διανοητική επανάσταση». Ενώ τον Μεσαίωνα, την εποχή των θαυμάτων και των μυστηρίων, όλη η θετική επιστήμη θεωρούνταν μαγεία,¹⁶¹ τον δέκατο τρίτο αιώνα τα πρώτα αυτόματα εισχώρησαν σε έναν ανορθόλογο κόσμο. Σήμερα είναι δύσκολο να φανταστούμε τις διανοητικές επαναστάσεις που συνδέονται με την ανακάλυψη και τη βελτίωση των μηχανικών ρολογιών. Στον *Παράδεισο*, το μέρος της *Θείας Κωμωδίας* που γράφτηκε μεταξύ του 1316 και του 1321, ο Δάντης εκθειάζει τα ρολόγια που σήμαιναν την ώρα στις ιταλικές πόλεις.¹⁶² Ο μεγάλος Γάλλος ιστορικός του δέκατου τέταρτου αιώνα, ο Froissant, έγραψε το 1368 ένα ποίημα με τίτλο “L’Horloge Amoureuse” προς τιμήν του ρολογιού.¹⁶³ Ο Philip de Maisières στο “*Songe du Vieux Pélerin*” (1389) έγραψε έναν διθυραμβικό έπαινο του μηχανικού πλανηταρίου που έχτισε ο Jacobo De Dondi στην Πάδοβα το 1344.¹⁶⁴ Αυτό που ενθουσίασε τους σύγχρονους του μηχανικού ρολογιού δεν ήταν τόσο το γεγονός ότι έδειχνε την ώρα όσο ο *αυτοματισμός* του μηχανισμού του ρολογιού¹⁶⁵ που έμοιαζε σχεδόν θεϊκός. Η κάθετη κίνηση ενός βαριδιού που

158 Βλ. Lynn Thorndike “Invention of the Mechanical Clock about 1271 A.D.” *Speculum, A Journal of Medieval Studies* 16 (1941) σελ. 242. Είναι προφανές ότι οι προαναφερθείσες επαναστάσεις στην τεχνική παρείχαν στην ανθρωπότητα εξαιρετικά εκτεταμένο νέο υλικό για παρατήρηση και αναστοχασμό πάνω στη δράση των δυνάμεων. Εδώ, στις μηχανές, στην περιστροφή των υδροτροχών ενός μύλου ή ενός σιδηρουργείου, στην ανύψωση ενός σφυριού σε ένα χυτήριο σιδήρου, στην κίνηση των τροχών ενός ρολογιού ή στην παρατήρηση των τροχών των βλημάτων έχουμε τις απλούστερες μηχανικές δράσεις, εκείνες τις απλές ποσοτικές σχέσεις ανάμεσα στην ομοιογενή εργατική δύναμη των υδρομηχανών, των ρολογιών, των κανονιών και τις επιδόσεις τους, δηλαδή αυτές τις σχέσεις βάσει των οποίων αναπτύσσει η σύγχρονη μηχανική τις βασικές της έννοιες.

159 Βλ. Lynn Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science*, τομ. III (1934) Κεφάλαιο XXIV: “John de Dondis and Scientific Measurement ...”, σελ. 386–397.

160 Σε ένα έγγραφο από το Μιλάνο το 1341 διαβάζουμε: “Adinvenerunt facere molendina quae non acqua aut vento circumferentur, sed per pondera contra pondera sicut solet fieri in Horologis.” (Libri, ό.π. II, σελ. 232).

161 Στα τέλη του δέκατου τέταρτου αιώνα ο Langland λέει στο “*Vision of Piers of Ploughman*” διά στόματος Dame Study: «Όμως η Αστρονομία είναι ένα δύσκολο πράγμα και κακό να το *γνωρίζει κανείς*, η Γεωμετρία και η Γεωμαντεία εξαπατούν τον λόγο ... Διότι η *μαγεία* είναι το κυρίαρχο βιβλίο αυτής της επιστήμης. Υπάρχουν μηχανές που έχουν την ευφυΐα πολλών ανθρώπων... Όλες αυτές οι επιστήμες εγώ έχω στα αλήθεια δει ότι είναι οι πρώτες που εξαπατούν τους ανθρώπους». (Lynn Thorndike, *A History of Magic*, τομ. III, 1934, σελ. 422.)

162 *Del Paradiso*, Canto X, σελ. 139–144.

163 Pierre Dubois, *Horlogerie: description et iconographie des instruments horaires du XV le siècle*, Paris: Didron, 1858, σελ. 18–21.

164 Ό.π., σελ. 18.

165 “*Automata*” λέει ο Ducange “videntur esse instrumenta mechanica, *sponte moventia*” (*Glossarium mediae et infimae latinitatis Paris*, 1840, I, 508, verb. “*Automata*.”) Ο Δάντης επίσης θαύμαζε τους τροχούς που κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες. Ο δεικτής της ώρας μοιάζει ακίνητος ενώ ο δεύτερος δεικτής πετάει: «Όπως οι τροχοί εντός της αρμονίας ενός ωρολογιακού μηχανισμού κινούνται με τέτοιο τρόπο ώστε, για κάποιον που τους βλέπει,

εκτελούσε αργή πτώση σε ένα πλανητάριο μεταμορφωνόταν μέσω μιας συσκευής μετάδοσης στην κυκλική κίνηση του ωρολογιακού μηχανισμού. Ένα και μόνο βαρίδι απελευθέρωνε την κίνηση πολλών τροχών που περιστρέφονταν με διάφορες ταχύτητες και περιέγραφαν διάφορες τροχιές, κάτι που κατ' ανάγκη οδήγησε τους ανθρώπους να μελετήσουν τα αίτια αυτής της διαφοράς στις σχέσεις του χρόνου και του χώρου. Ο αυτοματισμός των περιστροφών του πλανηταρίου ήταν προσαρμοσμένος στην ταχύτητα του κάθε ουράνιου σώματος. Αυτή η πειραματική απομίμηση των ουράνιων μηχανισμών τους αφαίρεσε κάθε πέπλο μυστηρίου και υποδήλωσε την ιδέα ότι οι κινήσεις των ουράνιων σωμάτων υπακούουν αρχές παρόμοιες με αυτές του μηχανικού πλανηταρίου.

Το πόσο έντονα επηρέασαν τη σκέψη οι σύγχρονες μηχανές ακόμα και τον δέκατο τρίτο αιώνα μπορεί να το δει κανείς στο γνωστό απόσπασμα από το “*Epistola de secretis operibus artis et naturae*” (κεφ. 4) του Roger Bacon στο οποίο προβλέπει την εφεύρεση αυτόματα οδηγούμενων πλοίων, οχημάτων, ιπτάμενων μηχανών, υποβρυχίων, κρεμαστών γεφυρών και γιγάντιων μαγνητικών μηχανών.¹⁶⁶ Ο Thorndike ορθώς τόνισε ότι τέτοια αποσπάσματα από τα έργα του Bacon δεν πρέπει να τα θεωρούμε απλά όνειρα, αλλά ενδείξεις ότι υπήρχε ένα ενδιαφέρον για τις μηχανικές εφευρέσεις και ότι οι άνθρωποι είχαν ήδη ξεκινήσει να ασχολούνται με προβλήματα που μόνο πρόσφατα επιλύθηκαν.¹⁶⁷

Όμως όλα αυτά σε καμία περίπτωση δεν εξαντλούν την επίδραση των μηχανών στη σκέψη. Η εφεύρεση του μηχανικού ρολογιού είναι πολύ στενά συνδεδεμένη με την επιστημονική χρονομετρία, δηλαδή την ακριβή ποσοτικοποίηση του χρόνου, που αποτελεί προϋπόθεση για τις ακριβείς παρατηρήσεις σε όλα τα πεδία. Ενώ τα ρολόγια άμμου ή νερού δεν μπορούσαν να μετρήσουν με ακρίβεια μικρά χρονικά διαστήματα,¹⁶⁸ το μηχανικό ρολόι κατέστησε για πρώτη φορά τέτοιου είδους μετρήσεις δυνατές. Έτσι ο Geoffrey από το Meaux μπόρεσε να καθορίσει

ο πρώτος μοιάζει ήσυχος, και ο τελευταίος να πετάει» (*The Divine Comedy of Dante Alighieri*, Μτφρ. Jefferson B. Fletcher, New York, 1931, *Paradiso*, Canto XXIV, 13)

166 «Μπορούν να κατασκευαστούν μηχανές για πλοήγηση χωρίς κωπηλάτες έτσι ώστε τα μεγαλύτερα πλοία στους ποταμούς και στις θάλασσες να κινούνται από έναν μόνο υπεύθυνο άντρα, με μεγαλύτερη ταχύτητα από ότι εάν ήταν γεμάτα με άντρες. Επίσης μπορούν να κατασκευαστούν άμαξες που να κινούνται με απίστευτη ταχύτητα χωρίς ζώα ... Επίσης μπορούν να κατασκευαστούν ιπτάμενες μηχανές έτσι ώστε ένας άνθρωπος να κάθεται στη μέση της μηχανής, περιστρέφοντας έναν κινητήρα ο οποίος θέτει σε κίνηση τεχνητά φτερά που χτυπούν τον αέρα όπως ένα πουλί που πετάει. Επίσης μια μηχανή για να ανυψώνει και να χαμηλώνει τεράστια βάρη ... Επίσης μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί μια μηχανή για περπάτημα στις θάλασσες και στα ποτάμια, ακόμα και στον πάτο τους χωρίς κίνδυνο. Και τέτοια πράγματα μπορούν να φτιαχτούν σχεδόν χωρίς όρια, για παράδειγμα γέφυρες πάνω από ποταμούς χωρίς βάσεις ή άλλη στήριξη, και ανήκουστες μηχανές και μηχανισμοί» (Roger Bacon, *Opera hactenus inedita Rogeri Baconi: tractatus brevis et utilis ad declarandum quedam obscure dicta Fratris Rogeri*, επιμ. Robert Steele, Oxford: Clarendon, 1920, σελ. 533).

167 Lynn Thorndike, ό.π., τομ. II (1929) 654–655. Ο Θωμάς Ακινάτης επίσης έγραψε ένα έργο (που παρέμεινε ανολοκλήρωτο) για τη μεταφορά νερού και τη μηχανική (“*liber de aquarum conductibus et ingeniis erigendis*”) όπως μαθαίνουμε από τη μετά τον θάνατό του (1274) αλληλογραφία μεταξύ του Πανεπιστημίου του Παρισίου και της Γενικής Συνέλευσης του Τάγματος των Δομινικανών στη Ρώμη. Βλ. Lynn Thorndike, ό.π., II, σελ. 601.

168 Για να μετράει μικρά χρονικά διαστήματα ο Γαλιλαίος χρησιμοποίησε τον σφυγμό στο *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano* (1632). Βλ. πρώτη ημέρα.

την ακριβή διάρκεια μιας έκλειψης σελήνης στις 18 Μαρτίου 1345· σύμφωνα με τον ίδιο διήρκεσε τρεις ώρες, είκοσι εννέα λεπτά και σαράντα τέσσερα δευτερόλεπτα.¹⁶⁹

Η τάση για ακριβείς χρονικές μετρήσεις που προήλθε από το μηχανικό ρολόι που συζητήσαμε εδώ, αυξήθηκε με τον καιρό σε εύρος και σε δύναμη, και συμπεκνώθηκε έναν αιώνα αργότερα, στον διάλογο (περί το 1450) *Idiota de staticis experimentis*¹⁷⁰ του Νικόλαου από την Κούζα, σε ένα πρόγραμμα συστηματικής πειραματικής έρευνας σε όλα τα πεδία της Φυσικής. Εκεί, ένας συμμετέχων στον διάλογο, ο *Idiota*, ή ο κοινός άνθρωπος, που συνήθως ταυτίζεται με τον ίδιο τον συγγραφέα, κατακρίνει την απλή μάθηση μέσω βιβλίων και τονίζει τη σημασία της μέτρησης των φυσικών φαινομένων, και ιδιαιτέρως το ζύγισμα με τη χρήση ζυγού (για την εξακρίβωση του συγκεκριμένου βάρους όλων των στοιχείων, συμπεριλαμβανομένου και του αέρα) και τη *χρονομέτρηση* μέσω ρολογιών νερού. Εφόσον όλα τα φαινόμενα λαμβάνουν χώρα μέσα στον χρόνο, είναι επίσης σημαντικό για την επιστήμη να μετρά όλα αυτά τα φαινόμενα στο πέρασμα του χρόνου, καθώς από τη διαφορά του χρόνου που έχει παρέλθει, για παράδειγμα στην αναπνοή ή τον σφυγμό (π.χ. ενός υγιούς ή άρρωστου ανθρώπου, ενός νέου ή γέρου ανθρώπου) μπορούμε να μετρήσουμε την ταχύτητα και τη δύναμη του αέρα ή των βλημάτων, ακριβώς όπως από τη διαφορά στο βάρος μπορεί κάποιος να ανακαλύψει τα “*rerum secreta*”.¹⁷¹

Η εφεύρεση του ρολογιού οδήγησε σε μια παρόμοια επανάσταση στην ιστορική γραφή. Από τον τρόπο που αναφέρει την ώρα ο μέγας χρονικογράφος Froissant περιγράφοντας τα γεγονότα που έλαβαν χώρα στη Γαλλία και τη Φλάνδρα μεταξύ του 1330 και του 1400, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις περιόδους.¹⁷² Μέχρι το 1379 η ώρα οριζόταν κατά προσέγγιση από τις ώρες της προσευχής (*horae canonicae*). Μετά το 1370 όταν οι πύργοι με ρολόγια έγιναν πιο διαδεδομένοι στις πόλεις της Φλάνδρας και της βόρειας Γαλλίας, ο Froissant άρχισε (μετά το 1380, πρώτα για τη Γάνδη και περιστασιακά για το Παρίσι) να αναφέρει, εκτός από τις ώρες της προσευχής, τον σύγχρονο τρόπο ένδειξης της ώρας για τις πόλεις που είχαν πύργους με ρολόγια. Περιγράφοντας τα γεγονότα στη Γαλλία μεταξύ του 1389 και του 1400 ο Froissant χρησιμοποιεί μόνο τη σύγχρονη ώρα.¹⁷³ Η νέα μέθοδος ένδειξης της ώρας εκφράζει το γεγονός ότι η ανάπτυξη των πόλεων και της αστικής μεσαίας τάξης επέφερε μια μετάβαση από τον εκκλησιαστικό στον κοσμικό υπολογισμό της ώρας, μια διαδικασία στην οποία το ρολόι έπαιξε σημαντικό ρόλο.¹⁷⁴

169 Thorndike, ό.π., III (1934) σελ. 290.

170 Nicholas of Cusa, *Opera omnia*, Academiae Litterarum Heidelbergensis, τομ. 5., επιμ. Ludwig Baur, Leipzig, 1937.

171 Ό.π. σελ. 221f, 233ff.

172 *Chroniques de J. Froissant*, επιμ. Simeon Luce (Paris, 1869–1899) τομ. 9, 10, και 11.

173 Gustav Bilfinger, *Die mittelalterlichen Horen und die modernen Stunden* (Stuttgart, 1892) σελ. 157, 224–226, και Alfred Ungerer, ό.π., σελ. 54.

174 Οι αναφορές του Froissant για τα γεγονότα στην Ισπανία και την Πορτογαλία την περίοδο 1382–1386, δεν περιλαμβάνουν ενδείξεις του χρόνου ανά ώρα, με εξαίρεση το μεσημεριανό γεύμα του κόμη του Foix. Κάποιος μπορεί να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι δεν υπήρχαν πύργοι με ρολόγια στην Ισπανία εκείνη την εποχή και ότι

Ένα άλλο πεδίο επιρροής των μηχανών στη σκέψη είναι αυτό της μοντέρνας μηχανικής θεωρίας. Αργότερα, θα δούμε ότι οι θεμελιώδεις ιδέες και υποθέσεις της μηχανικής βασίστηκαν στην παρατήρηση και την ανάλυση των μηχανών.

Οι αυτόματες μηχανές προκαλούσαν θαυμασμό λόγω του ότι όλος ο μηχανισμός τους και οι κινήσεις των μερών τους ήταν αποτέλεσμα των λεπτομερών υπολογισμών από μέρους των σχεδιαστών τους. Ο εφευρέτης μιας μηχανής για να την κάνει να λειτουργεί έπρεπε να αναλύσει εκ των προτέρων τις ενδιάμεσες και αλληλοσυνδεδεμένες κινήσεις των γραναζιών, των μοχλών, των τροχαλιών και των βιδών, και να ανακαλύψει την τεχνική της μετάδοσης αυτών των κινήσεων από το ένα μέρος στο άλλο, για να επιτευχθεί ο επιθυμητός στόχος. Έτσι, η ανάδυση της αυτόματης μηχανής στον σχολαστικό κόσμο του ανορθόλογου αντιπροσώπευε τη γέννηση της ορθολογικότητας, δηλαδή της θεμελιώδους αρχής ενός μηχανισμού ορθολογικά επεξεργασμένου ως την τελευταία του λεπτομέρεια, που συνδέει όλα τα νεκρά μέρη μιας μηχανής και όλες τις μερικές κινήσεις που μεταδίδονται από το ένα μέρος στο άλλο σε ένα σημαντικό, κατανοητό, και, κατά κάποιον τρόπο, ζωντανό όλο. Και σε αυτήν τη μηχανική αρχή των αυτόματων μηχανών επεξεργασμένων ως την τελευταία λεπτομέρεια (που έδενε όλα τα μέρη της μηχανής και όλες τις κινήσεις που μεταδίδονται από το ένα μέρος στο άλλο σε ένα ζωντανό κινούμενο όλο) εντοπίζεται η διαφορά τους από τα «αυτόματα» της αρχαιότητας. Τα τελευταία στερούνταν την τεχνική της μετάδοσης αυτών των κινήσεων από το ένα μέρος στο άλλο και επίσης την επακόλουθη επιστροφή στο σημείο έναρξης της κίνησης. Τα «αυτόματα» της αρχαιότητας δεν ήταν απόλυτα αυτόματα και για ορισμένες λειτουργίες απαιτούσαν συνεχή ανθρώπινη επέμβαση. Έτσι, ο H. Diels¹⁷⁵ ανέδειξε το γεγονός ότι μόνο ένα συγκεκριμένο μέρος των λειτουργιών τους προέκυπτε μηχανικά (αυτόματα). Για παράδειγμα, στο ρολόι της Γάζας δώδεκα αετοί που κρατούσαν στεφάνια στα νύχια τους έδειχναν την ώρα κάθε φορά που χτυπούσε το ρολόι σκύβοντας και ανοίγοντας τα νύχια τους, αφήνοντας έτσι τα στεφάνια που κρατούσαν να πέσουν στα κεφάλια των αγαλμάτων του Ηρακλή. Όμως τα στεφάνια δεν μπορούσαν να επιστρέψουν αυτόματα στις αρχικές τους θέσεις και ένας χειριστής έπρεπε να μαζεύει τα στεφάνια από τα δώδεκα αγάλματα του Ηρακλή και να τα επιστρέφει στις θέσεις τους στα νύχια των αετών. Παρομοίως, ο χειριστής έπρεπε το βράδυ να ανάβει με το χέρι τις δάδες που φώτιζαν τα αγάλματα. Επομένως δεν υπήρχε απόλυτος αυτοματισμός της κίνησης.

Επιπλέον, η μηχανή άνοιξε νέους ορίζοντες για την ανθρωπότητα – και αυτό είναι κάτι που ο Καρτέσιος αναγνώρισε αμέσως και ξεκάθαρα: ο ιστορικός της σκοπός ήταν να ελαττώσει την ανθρώπινη εργασία.¹⁷⁶ Είναι επομένως ξεκάθαρο ότι υπάρχει μια ευθεία γραμμή που οδηγεί από τις πρώτες μηχανές που παρατηρήσαμε εδώ στη μηχανιστική αντίληψη του κόσμου του Καρτέσιου, η οποία

μόνο ο κόμης είχε ρολόι στον πύργο του. Στην πραγματικότητα γνωρίζουμε από άλλες πηγές ότι ο πρώτος πύργος με ρολόι της Ισπανίας ήταν αυτός του καθεδρικού ναού της Σεβίλλης από το 1400.

175 "Ueber die von Prokop beschriebene Kunstuhr von Gaza," *Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse*, 1917, No. 7., σελ. 19.

176 *Philos. Works*, σελ. 84.

αντιπροσωπεύει τον τελευταίο κρίκο μιας μακράς αλυσίδας διανοητικού αγώνα νεωτερικών στοχαστών που ξεκίνησε με τον Gundisalvus, τον Jordanus Nemorarius και τη σχολή του.¹⁷⁷

Η θριαμβευτική πρόοδος της μηχανής άφησε το στίγμα της σε μια ακόμα περιοχή: τη σχέση του ανθρώπου με το σύμπαν. Από την αρχαιότητα ο άνθρωπος θεωρούνταν ένα σύμπαν σε μικρογραφία· στον Τίμαιο του Πλάτωνα ο κόσμος αναφέρεται ως μια *τέλεια ζωική μονάδα* και γίνεται ένας παραλληλισμός μεταξύ της δομής του ανθρώπινου σώματος και της σφαιρικής μορφής του σύμπαντος. Παρομοίως, ο Αριστοτέλης μιλά για το ζώο ως τον μικρόκοσμο και για το σύμπαν ως τον μακρόκοσμο. Οι μεσαιωνικοί φιλόσοφοι συχνά χρησιμοποιούν την ίδια αναλογία ή, όταν μιλούν για τη δομή του σύμπαντος, χρησιμοποιούν τις γενικές εκφράσεις “*fabricatio mundi*”, “*theatrum mundi*”, κ.λπ.¹⁷⁸

Οι κάποτε κοινώς αποδεκτοί όροι «μακρόκοσμος», «μικρόκοσμος», “*fabricatio mundi*”, “*theatrum mundi*”, συνέχισαν να χρησιμοποιούνται κατά τον Μεσαίωνα και ακόμα και αργότερα· ο Grosseteste (που πέθανε το 1253), για παράδειγμα, έγραψε ένα κείμενο με τίτλο «Ο άνθρωπος είναι ένας μικρόκοσμος». Όμως στα τέλη του δωδέκατου και στις αρχές του δέκατου τρίτου αιώνα αναδύονται νέες χαρακτηριστικές εκφράσεις· πλέον δεν υπάρχει αναλογία μεταξύ του σύμπαντος και του ανθρώπινου σώματος αλλά *μεταξύ του σύμπαντος και της μηχανής*. Έτσι ο Alanus de Insulis, ένας από τους σημαντικότερους διανοητές στα τέλη του δωδέκατου αιώνα (1126–1202) λέει στην πραγματεία του “*Distinctiones dictionum theologiarum*”: «η άβυσσος ονομάζεται γήινη μηχανή επειδή δημιουργήθηκε στην αρχή» [“*Abyssus dicitur mundana machina, prout primo fuit creata*”].¹⁷⁹

177 Αυτός ο ιστορικός ρόλος της μηχανής στην ανάπτυξη του νεωτερικού πολιτισμού έχει παραβλεφθεί από συγγραφείς όπως οι Gina Lombroso, Berdyaev και Georges Duhamel, οι οποίοι λόγω της ανθρωπιστικής σκοπιάς τους αντιμετωπίζουν τις «υλιστικές» εφευρέσεις με περιφρόνηση και απέχθεια, και στην «τεχνική εποχή» βλέπουν μόνο μια «εξάλειψη της πνευματικότητας της ζωής» ή έναν «πνευματικό εκφυλισμό», που ήταν μοιραίο να επιφέρουν την καταστροφή του πολιτισμού (βλ. Gina Lombroso, *La Rançon de Machinisme*, Paris, 1931· Nicolas Berdyaev, “Man and Machine,” στο *The Bourgeois Mind and Other Essays*, London, 1934· και Boyd G. Carter, “Georges Duhamel: Humanism versus the Machine,” *The French Review* 17, No. 3, Ιανουάριος 1944). Όμως όταν λέει ο Lynn White Jr.: «Το μεγαλείο του ύστερου Μεσαίωνα δεν ήταν οι καθεδρικοί του ή τα έπη του ή ο σχολαστικισμός του: ήταν η κατασκευή ενός περίπλοκου πολιτισμού που, για πρώτη φορά στην ιστορία, δεν στηριζόταν στις πλάτες ιδρωμένων σκλάβων ή εργατών αλλά κυρίως στη μη ανθρώπινη δύναμη ... Επομένως, η μελέτη της μεσαιωνικής τεχνολογίας αποκαλύπτει ένα κεφάλαιο της κατάκτησης της ελευθερίας» (Lynn White Jr., ό.π., σελ. 156) συγχέει τις δυνατότητες με την πραγματικότητα και ξεχνά ότι η αντικατάσταση της ανθρώπινης από τη μη ανθρώπινη εργασία εξαπλώθηκε εκείνη την εποχή μονάχα σε ένα αμελητέο μέρος της παραγωγής. Την εποχή των Μεροβίγγειων (7^{ος} και 8^{ος} αιώνας) οι νερόμυλοι που κάλυπταν τις ανάγκες ολόκληρων περιοχών (*farinarium*) εξαπλώθηκαν και αντικατέστησαν τους χειρόμυλους. Η χρήση του φεουδαρχικού μύλου ήταν “*obligatoire*” [υποχρεωτική] για τον πληθυσμό αλλά όχι “*gratuit*” [δωρεάν]· έγινε ένα εργαλείο της μονοπωλιακής εκμετάλλευσης των χωρικών (Ferdinand Lot, *Histoire Du Moyen Age. Tome I. Les Destinées de l'Empire en Occident de 395 à 888*, Paris: Presses Univ. de France, 1928. (*Histoire Générale*, επιμ. Gustave Glotz) σελ. 350–51, Τομ. II· Augustus Fliche, *L'Europe Occidentale de 888 à 1125*, Paris: Presses Univ. de France, 1930). Έχοντας αυτό στο νου μας, η γνωστή άποψη του J. Stuart Mill: «Είναι αμφίβολο εάν όλες οι μέχρι τώρα μηχανικές εφευρέσεις έχουν ελαφρύνει τον καθημερινό μόχθο οποιουδήποτε ανθρώπου» μοιάζει δικαιολογημένη για εκείνη την περίοδο. Βλ. *Principles of Political Economy*, Bk. 4, κεφ. 6, τομ. 2, σελ. 312.

178 Έτσι, ο Maslama Ibn Ahmed (πέθανε περί το 1007) από τη Μαδρίτη, έγραψε ένα σχόλιο για το *Planisphaerium* του Πτολεμαίου, που μεταφράστηκε στα λατινικά το πρώτο μισό του δωδέκατου αιώνα: *Sphaerae atque astrorum coelestium ratio, natura, et motus: ad totius mundi fabricationis cognitionem fundamenta*.

179 M. Baumgartner: *Die Philosophie des Alanus des Insulis, im Zusammenhange mit den Anschauungen des*

Εάν προηγουμένως οι φιλόσοφοι προσπαθούσαν να καταστήσουν πιο κατανοητή τη δομή του κόσμου συγκρίνοντάς την με το «τέλειο ζώο» (όπως ο Πλάτωνας), τώρα το ίδιο το ζώο είχε γίνει ένα πρόβλημα που μπορούσε να γίνει κατανοητό μόνο σε σύγκριση με μια μηχανή, όπως το μηχανικό ρολόι. Έτσι, ο Θωμάς Ακινάτης απέρριπτε την ιδέα ότι τα θηρία έχουν ελεύθερη βούληση και παρομοιάζει τη φυσική τους λειτουργία με αυτήν ενός ρολογιού. Εξηγούσε τη νοημοσύνη των ζώων ερμηνεύοντας τα ίδια και τις *λειτουργίες τους ως μηχανές*, επειδή οι κινήσεις των ζώων γίνονται χωρίς τη χρήση του λόγου και χωρίς καμία απόφαση της βούλησης (*electio*), με άλλα λόγια, καθαρά μηχανικά.¹⁸⁰

Όσο αναπτύσσονταν οι μηχανές μέσα στους επόμενους αιώνες, τέτοιου είδους αναλογίες πολλαπλασιάστηκαν. Όπως αναφέραμε και νωρίτερα, στο δεύτερο μισό του δέκατου τέταρτου αιώνα κατασκευάστηκαν διάφορα πλανητάρια, που λειτουργούσαν αυτόματα σύμφωνα με το μοντέλο των ρολογιών, για να δείξουν τις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων. Σταδιακά οι άνθρωποι συνήθισαν να αντιλαμβάνονται το ίδιο το σύμπαν ως μηχανή που κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις αρχές της μηχανικής. Στο έργο του “*De commensurabilitate motum celestium*” ο Nicholas Oresme ανέλυσε το πρόβλημα της κανονικότητας και της ρητής αριθμητικής αναλογίας μεταξύ της ταχύτητας των άστρων και του ουρανού ως βάση για επιστημονικές προβλέψεις. Πίστευε ότι καμία άρρητη αναλογία δεν θα ήταν αποδεκτή για την ουράνια Διάνοια που κινεί τις τροχιές. Διότι αυτή η Διάνοια είχε συλληφθεί ως ον που λειτουργεί με έναν τρόπο που μοιάζει με αυτόν του ωρολογοποιού, ο οποίος επιδιώκει τη μέγιστη αρμονία όταν κατασκευάζει ένα ρολόι: «Εάν κάποιος έφτιαχνε ένα μηχανικό ρολόι, δεν θα έκανε όλους τους τροχούς να κινούνται όσο πιο αρμονικά γίνεται;»¹⁸¹ Στις αρχές του δέκατου πέμπτου αιώνα ο Giovanni de Fontana (1395–1455) συνέκρινε ξανά το σύμπαν με ένα μηχανικό ρολόι.¹⁸² Περίπου την ίδια περίοδο ο Νικόλαος Κουζάνος αναφέρθηκε επανειλημμένα στο σύμπαν ως «*machina mundi*», «*machina mundana*». ¹⁸³ Επιπλέον, από την ιδέα του κόσμου ως μιας καλοσχεδιασμένης μηχανής αναπτύσσεται λογικά από τον Κουζάνο στον Νεύτωνα, στον Βολταίρο και τον Καντ μια νέα σύλληψη του Θεού, ο οποίος σαν κατασκευαστής μηχανών διατηρεί την “*ordo universi*” και την αρμονία της.¹⁸⁴

Στα τέλη του δέκατου πέμπτου αιώνα η επιρροή του Leonardo da Vinci στο πεδίο που συζητάμε εδώ αποτελεί σημείο καμπής. Σύμφωνα με αυτόν «όλος ο κόσμος, συμπεριλαμβανομένου και του έμβριου, κυβερνάται από τους νόμους της μηχανικής· η γη είναι μια μηχανή, και ο άνθρωπος επίσης. Συλλαμβάνει το μάτι ως μια

12. *Jahrhunderts*, Münster, 1896, σελ. 71 (*Beitrage zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters* 2,4, επιμ. C. Baumker).

180 “Et idem apparet in motibus horologiorum et omnium ingeniorum humanorum quae arte fiunt ... Et propter hoc etiam quaedam animalia dicuntur prudentia vel sagacia, non quod in eis sit aliqua ratio vel electio” (*Prima secundae summae theologicae*, Quaestio XIII, αρ. 2 ad fin. (Rome, 1882–1930) VI, σελ. 99–100).

181 L. Thorndike, ό.π., III, 1934, σελ. 405.

182 “O mirabilis sapientia divina quod tam mobile horologium aedificavit et mirabiliter moveri iussit” (ό.π., IV, 1934, σελ. 169).

183 Nicolai de Cusa Cardinalis, *Opera*, Basileae, 1565. *De docta ignorantia*, T.I., βιβλίο III, κεφ. XI, σελ. 38 και κεφ. XII, σελ. 39. Στο βιβλίο II, κεφ. XIII, σελ. 42 διαβάζουμε: “Mundi machinam perire non posse”.

184 “Est igitur ordo universi, prima et praecisior imago, aeternae et incorruptibilis sapientiae, per quem tota mundi machina pulcherrime et pacifice persistit” (*De venatione sapientiae*, Κεφάλαιο XXXII. De Cusa Cardinalis, *Opera*, ό.π., I, σελ. 324).

camera obscura ... και προσδιορίζει το σημείο στο οποίο τέμνονται οι ανακλώμενες ακτίνες φωτός». ¹⁸⁵ Το πρωτοποριακό έργο του Leonardo στο πεδίο της συγκριτικής ανατομίας βασίζεται στη συνειδητοποίηση ότι η λειτουργία του σώματος του ζώου καθώς και οι κινήσεις των διαφόρων μερών του υπόκεινται στους νόμους της μηχανικής. Έτσι, ο Leonardo αντιλαμβάνεται τους μύες από τη σκοπιά της σχέσης τους με τα κόκκαλα ως μοχλούς. ¹⁸⁶

Τον δέκατο έκτο αιώνα, ο καγκελάριος Thomas More, στην *Ουτοπία* του (1516) αναφέρεται στον Θεό ως τον μέγα τεχνίτη ο οποίος «όπως και οι άλλοι τεχνίτες προσέφερε τη μηχανή αυτού του κόσμου για την ενατένισή της από τον άνθρωπο». ¹⁸⁷ Και εκατό χρόνια πριν από τον Καρτέσιο, ο γιατρός François Rabelais στο Βιβλίο III της πρώτης έκδοσης του *Pantagruel*, που εκδόθηκε στο Παρίσι το 1546, χαρακτηρίζει το ανθρώπινο σώμα ως μια μηχανή που φέρεται από τα πόδια της και που το σημαντικότερο έργο της είναι να παράγει αίμα. ¹⁸⁸

Στις αρχές του δέκατου έκτου αιώνα, ο Georg Joachim Rheticus, ένας ακόλουθος του Κοπέρνικου, εξιστόρησε στο έργο του *Narratio Prima* τη γέννηση της Κοπερνίκειας θεωρίας, και προσπάθησε να την εξηγήσει με το παράδειγμα του μηχανικού ρολογιού. Ενώ το Πτολεμαϊκό σύστημα για να εξηγήσει όλα τα φαινόμενα αναγκάζεται να υποθέσει έναν μεγάλο αριθμό κύκλων, η Κοπερνίκεια υπόθεση της περιστροφής της γης απλουστεύει αυτόν τον μηχανισμό και καθιστά περιττή την υπόθεση τόσων κύκλων. Οι ωρολογοποιοί επίσης, αναφέρει ο Rheticus, προσπαθούν να κατασκευάζουν τους μηχανισμούς τους με τον απλούστερο δυνατό τρόπο και να εξαλείφουν κάθε τροχό που δεν είναι απολύτως απαραίτητος. Αυτό το καταφέρνουν χρησιμοποιώντας έναν άλλον τροχό, που συχνά με μια μικρή μετατόπιση της θέσης του φέρει εις πέρας τη λειτουργία του τροχού που εξαλείφθηκε. «Δεν πρέπει να αποδίδουμε στον Θεό, τον δημιουργό της φύσης, την ίδια δεξιοτεχνία που παρατηρούμε στους κοινούς κατασκευαστές ρολογιών;» ¹⁸⁹ Και ο ίδιος ο Κοπέρνικος στον διάσημο πρόλογό του *De Revolutionibus* (1543), που αφιέρωσε στον Πάπα Παύλο τον III, περιγράφει το σύμπαν ως μηχανή. ¹⁹⁰

Το ίδιο εντοπίζεται και στο έργο του Ισπανού θεολόγου Raymond Sebonde, *Theologia Naturalis* (1569). Στο κεφάλαιο XVII αναπτύσσεται η ιδέα ότι ο Θεός όχι μόνο δημιούργησε το σύμπαν μια φορά, αλλά θα πρέπει να το παρατηρεί και να

185 M. Herzfeld, *Leonardo da Vinci* (Leipzig: Diederichs, 1904) CXV, και CXXII.

186 A. P. Usher, *A History of Mechanical Inventions* (New York, 1929), σελ. 61.

187 "... quem ceterorum more artificum arbitrantur, mundi hujus visendam machinam homini ... exposuisse spectandam" (Thomas Morus, *De Optimo Reipublicae Statu de que Nova Insula Utopia*. Libri duo, Londoni, 1777, Βιβλίο II, σελ. 148).

188 "... cheminent les pieds et portent toute ceste machine." Cf. *Oeuvres de François Rabelais*, édition critique par Abel Lefranc, Paris, 1931, V, 54. Στην αγγλική έκδοση (*The Works of Mr. Francis Rabelais*, Philadelphia, 1912, I, 338) αυτό το σημαντικό χωρίο δεν αποδίδεται σωστά: «the feet ... bear up the whole bulk of the corporal man».

189 Βλ. την αγγλική μετάφραση του *Narratio prima* από τον Edward Rosen στο *Three Copernican Treatises* (New York, 1939) σελ. 137.

190 "Hanc igitur incertitudinem mathematicarum traditionum de colligendis motibus sphaerarum orbis, cum diu mecum revolverem, coepit me taedere, quod nulla certior ratio motuum machinae mundi, qui propter nos, ab optimo et regularissimo omnium opifice, conditus esset ..." (*Nicolai Copernici Thorunensis de revolutionibus orbium coelestium*. Libri VI, Thoruni, 1873, σελ. 5).

το επαναδημιουργεί συνέχεια, έτσι ώστε το δημιούργημά του, η μηχανή που παρήχθη από τη βούλησή του, να διατηρείται στην πλήρη τελειότητα της λειτουργίας της.¹⁹¹

Τέλος, έχει ενδιαφέρον να επισημανθεί ότι σχεδόν έναν αιώνα πριν τον Thomas Hobbes οι μηχανικές έννοιες είχαν εφαρμοστεί ακόμη και στα κοινωνικά φαινόμενα. Στην Αγγλία, ο John Hales, ο συγγραφέας του *Discourse of the Common Weal of this Realm of England* (1549· πρώτη έντυπη έκδοση 1581) βλέπει την κοινωνία ως παρόμοια με το φυσικό σώμα, ως έναν *μηχανισμό* που συμπεριφέρεται σύμφωνα με αναλλοίωτους νόμους. Στον τρίτο διάλογο αναπτύσσει μια λεπτομερή φιλοσοφική θεωρία κοινωνικής και οικονομικής αιτιότητας με τη βοήθεια του παραδείγματος του ρολογιού: «Όπως υπάρχουν πολλοί τροχοί σε ένα ρολόι, εντούτοις όταν διαταράσσεται ο πρώτος τροχός κινεί τον δεύτερο, και εκείνος τον τρίτο, μέχρι ο τελευταίος να κινήσει τα όργανα που κρούουν το ρολόι. Έτσι και στην κατασκευή ενός οίκου ...»¹⁹²

Τριάντα χρόνια αργότερα, στα *Δοκίμιά* του (1579) ο Montaigne συγκρίνει την κοινωνική δομή της εποχής των εμφύλιων πολέμων με μια μηχανή που μοιάζει να δυσλειτουργεί και να χαλάει.¹⁹³ Η σημασία του ρόλου των μηχανιστικών ιδεών στην οπτική αυτής της περιόδου φαίνεται από το γεγονός ότι ακόμα και συγγραφείς όπως ο Κορνήλιος Αγρίππας, για τον οποίον ο ορθολογικός τρόπος σκέψης ήταν ξένος καθώς ήταν αντιπρόσωπος ενός είδους Πλατωνισμού, μια ζωικής, δηλαδή, άποψης για τη φύση, δεν μπόρεσε να απαλλαγεί από τις μηχανιστικές ιδέες. Σύμφωνα με την άποψή του, μια ψυχή διαπερνά το σύμπαν· αυτή η anima mundi είναι μια ευφυής παγκόσμια ψυχή η οποία μεταφράζει τις θεϊκές οδηγίες για τις κατώτερες μορφές ψυχών και ερμηνεύεται από τον Κορνήλιο στο *De occulta philosophia* (1533) του μονιστικά, ως μια ενότητα που συνδέει τα διασκορπισμένα μέρη του κόσμου σε μια μοναδική *παγκόσμια μηχανή*.¹⁹⁴

Έτσι, από αυτήν τη λίστα συγγραφέων που πιστεύω ότι είναι αντιπροσωπευτική, αν και όχι εξαντλητική, είναι ξεκάθαρο ότι η σύλληψη του κόσμου ως μηχανή, αν και δεν είχε γίνει αντικείμενο επιστημονικής επεξεργασίας, ήταν αρκετά διαδεδομένη αιώνες πριν από τον Καρτέσιο.

191 Παραθέτω εδώ από τη γαλλική μετάφραση του Montaigne: "Ainsi ce grand maistre ouvrier ni endormy ni nonchalant, porte sans cesse, enferme et soustient en sa main, sans peine et par la seule volonté cette machine, son bel ouvrage." *Oeuvres Complètes de Michel de Montaigne*, Paris, 1924–32, IX (*La théologie naturelle de Raymond Sebon*) σελ. 34. Τα τελευταία λόγια του Άμλετ στο γράμμα στην Οφελία αναφέρονται στο σώμα του ως μηχανή: "Thine evermore most dear lady, whilst this machine is to him", HAMLET (Act II. Sc. 2).

192 John Hales, *Discourse of the Common Weal of this Realm of England*, επιμ. Elizabeth Lamond Cambridge, 1893, σελ. 98. (βλ. Eli F. Heckscher, *Mercantilism*, μτφρ. M. Shapiro (London, 1935) II, σελ. 311–313.)

193 "A voir nos guerres civiles, qui ne crie que cette machine se bouleverse et que le jour du jugement nous prend au collet ..." (I, §26, 116). βλ. Fortunat Joseph Strowski, *Montaigne*, επιμ. F. Alcan, Paris 1931, σελ. 244.

194 "Anima mundi, vita quaedam unica, omnia replens, omnia perfundens, omnia colligans et connectens, ut unam reddat totius mundi machinam," Henricus Cornelius Agrippa ab Nettesheym, *De occulta philosophia*, Bk. II, Κεφάλαιο LVII (*Opera* τομ. 1, London; Bering, χ.η., σελ. 241).

Εφόσον οι μηχανές της πρώιμης περιόδου είχαν τόσο μεγάλη επιρροή στην ανθρώπινη νόηση σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους, τότε το ίδιο αληθεύει *a fortiori* για τις μηχανές του δέκατου πέμπτου και του δέκατου έκτου αιώνα. Τότε, η κινητήρια δύναμη του νερού που σταδιακά επεκτεινόταν σε ολοένα και περισσότερες δραστηριότητες, επιτέλους εφαρμόστηκε στη βιομηχανία σιδήρου και στην εξόρυξη (15^{ος} αιώνας), κάτι που οδήγησε σε μια από τις σημαντικότερες επαναστάσεις στην ιστορία της τεχνικής και στη *βιομηχανική επανάσταση του δέκατου πέμπτου και δέκατου έκτου αιώνα*. Έναυσμα για αυτήν την εξέλιξη αποτέλεσε η τεράστια επέκταση της παγκόσμιας αγοράς ως αποτέλεσμα των ταξιδιών εξερεύνησης των Πορτογάλων και των Ισπανών, που απαίτησε την αύξηση της παραγωγής.¹⁹⁵ Καθώς αυτή η αύξηση δεν μπορούσε να επιτευχθεί με τις μεθόδους των τεχνιτών, προέκυψε η ανάγκη για ένα μέσο επιτάχυνσης της παραγωγής, δηλαδή, για μηχανές. Και αυτή η ανάγκη ικανοποιήθηκε.

Στις αρχές του δέκατου πέμπτου αιώνα εφευρέθηκαν υψικάμνιοι που παρήγαγαν υψηλές θερμοκρασίες που δεν μπορούσαν να επιτευχθούν στις πρωτόγονες πήλινες κουτάλες χύτευσης και στις φρεατώδεις καμίνους που είχαν ανεγερθεί σε υψώματα από χωρικούς και μικρούς μεταλλουργούς. Το τεχνικό σημείο διαφοροποίησης αυτής της καινοτομίας ήταν η χρήση του νερού ως κινητήρια δύναμη για την εξαγωγή και επεξεργασία των ορυκτών σιδήρου στα μεγάλα φουσερά για την επεξεργασία των ορυκτών, όπου εξασφαλιζόνταν οι υψηλές θερμοκρασίες που ήταν απαραίτητες για την υγροποίηση του σιδήρου.¹⁹⁶ Αυτή η τεχνική καινοτομία σύντομα οδήγησε σε μια κοινωνική αλλαγή, στη μεταφορά των κέντρων της βιομηχανίας σιδήρου από τα ψηλά βουνά και τα δάση στις κοιλάδες ποταμών, όπου τα μικρά χυτήρια στα χωριά και οι σιδηρουργοί στα δάση αντικαταστάθηκαν από μεγάλες καπιταλιστικές επιχειρήσεις που χαρακτηρίζονταν από τη μαζική παραγωγή και τη συγκέντρωση σε ένα σημείο πολλών παραγωγικών διαδικασιών: εξαγωγή, επεξεργασία και σφυρηλάτηση του ορυκτού. Εκεί βρίσκονταν συγκεντρωμένες μεγάλες πέτρινες υψικάμνιοι με υδροτροχούς, φουσερά και σφυριά που κινούνταν από νερό, βαριοί μύλοι για τη σύνθλιψη του ορυκτού, σπίτια και καλύβες για πλήθος εργατών, στάβλοι για τα άλογα που χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά των ορυκτών, του ξύλου και του κάρβουνου, και πολλές άλλες μηχανές και κτίρια, όλα εκ των οποίων απαιτούσαν μεγάλη επένδυση κεφαλαίου.¹⁹⁷

195 Βλ. John U. Nef, "A Comparison of Industrial Growth in France and England from 1540 to 1840," *Journal of Political Economy* 44 (1936) σελ. 220.

196 Ένα από τα πρώτα παραδείγματα εφαρμογής της δύναμης του νερού σε μια υψικάμνιο στην Αγγλία ήταν η κάμινος του επίσκοπου Langley στο Durham, την οποία διηύθυνε ο John Dalton, και τα αρχεία της οποίας έχουν διατηρηθεί για τα έτη 1408-09 (Julius Pratt, "Machinery in Sixteenth Century English Industry," *Journal of Political Economy* 32 (1914) σελ. 783).

197 Ο θρίαμβος της νέας τεχνικής και της νέας μορφής επιχείρησης μεγάλης κλίμακας επετεύχθη γρήγορα, για παράδειγμα στην Champagne (Γαλλία) ήδη από το δεύτερο μισό του δέκατου πέμπτου αιώνα, και εκθειάστηκε στο λατινικό «Poem on the Iron Industry» του Nicholas Bourbon (Παρίσι, 1517). Ο δημιουργός της σύγχρονης μεταλλουργίας ήταν ο Vanoccio Biringuccio, το βιβλίο του οποίου *De la pirotechnia, Libri X* (Βενετία, 1540) ήταν η πρώτη επιστημονική και συστηματική μελέτη της μεταλλουργίας και το πιο σημαντικό βιβλίο για την τέχνη της χύτευσης μέχρι τη Γαλλική Εγκυκλοπαίδεια το 1785 (μια γαλλική έκδοση αυτού του βιβλίου "*La pyrotechnie, ou l'art du feu*" δημοσιεύτηκε στο Παρίσι το 1556).

Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι ο διάσημος Ολλανδός εφευρέτης Cornelis Drebbel στις αρχές του δέκατου έβδομου αιώνα εφηύρε πολλούς έξυπνα κατασκευασμένους φούρνους και κλίβανους στους οποίους η φωτιά μπορούσε να διατηρείται στην επιθυμητή θερμοκρασία.¹⁹⁸ Στην Αγγλία, μεγάλες υδραυλικές σφύρες χρησιμοποιούνταν στα σιδηρουργεία όπου ο σίδηρος έπαιρνε την εμπορική του μορφή. Για παράδειγμα, η «μεγάλη υδραυλική σφύρα» που λειτουργούσε στο Ashdown Forest του Sussex το 1496 είχε βάρος επτακόσιες ή οκτακόσιες λίβρες. Στο τέλος του δέκατου έκτου αιώνα τέτοια σφυριά ήταν πολύ συνηθισμένα.¹⁹⁹

Η επανάσταση στα ορυχεία που ξεκίνησε το δεύτερο μισό του δέκατου πέμπτου αιώνα οφείλεται επίσης στη χρήση της δύναμης του νερού. Κατά τον Μεσαίωνα το βάθος των ορυχείων σπάνια ξεπερνούσε τις λίγες οργυιές. Όταν απαιτούνταν μεγαλύτερα βάθη τα πρωτόγονα συστήματα ύδρευσης που χρησιμοποιούνταν μέχρι τότε αποδεικνύονταν ανεπαρκή: τα χαντάκια πλημμύριζαν από υπόγεια ύδατα.²⁰⁰ Μόνο η εφαρμογή των υδροτροχών ως κινητήριας δύναμης για ισχυρές αντλίες, για τη μεταφορά και την ανύψωση των μηχανών έκανε δυνατή τη δουλειά σε μεγαλύτερα βάθη: κατέστησε δυνατή την κατασκευή ακριβών τούνελ μεγάλου μήκους, φρεάτων εξαερισμού, μύλων για τη σύνθλιψη ορυκτών, και πάνω από όλα την εγκατάσταση μηχανών αποχέτευσης που αντλούσαν το νερό από τα ορυχεία μέρα νύχτα, αυτόματα, χωρίς να χρειάζεται επιπλέον ανθρώπινο δυναμικό.²⁰¹

Και στην εξόρυξη η τεχνολογική επανάσταση οδήγησε σε *μεγάλη κοινωνική αλλαγή*. Όσο προόδευαν οι υπόγειες εργασίες, η αυξανόμενη ανάγκη κεφαλαίων για την κατασκευή των ορυχείων, των φρεατίων, των εγκαταστάσεων αποχέτευσης, κ.λπ., οδηγούσε σε μεγάλες μεταφορές ιδιοκτησίας και σε μια ισχυρή συγκέντρωση κεφαλαίου. Στη Γερμανία και τις κοντινές της περιοχές, από τον δέκατο πέμπτο αιώνα και έπειτα, λόγω της έλλειψης κεφαλαίου οι μεσαιωνικές συνεταιριστικές επιχειρήσεις μικρών ιδιοκτητών εξαρτιόνταν από λίγους μεγάλους χρηματοδότες που είχαν μεγάλα ποσά στη διάθεσή τους, συνήθως μεγάλους έμπορους ορυκτών (για παράδειγμα, τους Fuggers στο Augsburg) που τους έδιναν προκαταβολές και αποκτούσαν μερίδιο των επιχειρήσεών τους, ενώ οι αρχικοί μικροί ιδιοκτήτες υποβαθμιζόνταν σε θέση μισθωτών εργαζομένων.

Δεν μπορούμε εδώ να ακολουθήσουμε την ιστορική ανάπτυξη της εκμηχάνισης στους διάφορους κλάδους της βιομηχανίας. Θα περιοριστούμε σε λίγες παρατηρήσεις για τις τεχνικές προόδους στη Γαλλία και την Ολλανδία, τις χώρες

198 G. Tierie, *Cornelis Drebbel, 1572–1633*, Amsterdam: H. J. Paris, 1932, σελ. 42–43.

199 Pratt, ό.π., σελ. 784. Στο Goslar, για παράδειγμα, υπογράφηκε ένα συμβόλαιο στις 18 Σεπτεμβρίου 1478 με τον διάσημο μηχανικό και υπήκοο της Κρακοβίας Johann Thurzo που αφορούσε «τις αντλίες νερού του Ramelsberg» (βλ. Clamor Neuburg, *Goslar's Bergbau bis 1552. Ein Beitrag zur Wirtschafts und Verfassungsgeschichte des Mittelalters*, Hannover: Hahn 1892, σελ. 244).

200 C. Neuburg, ό.π., σελ. 190.

201 C. Neuburg, ό.π., σελ. 218. Ο George Agricola στην πραγματεία του για την εξόρυξη που έγραψε το 1550, η οποία δεν αποτελεί θεωρητικό έργο αλλά απλά περιγράφει τις εφευρέσεις και την τεχνική που αντιπροσώπευαν τη συσσώρευση γενεών εμπειρίας, παρουσιάζει στο κείμενο και στα σχέδιά του τις πολυάριθμες και περίπλοκες υδροκίνητες και τροχοφόρες μηχανές, τις αντλίες αναρρόφησης, τις μηχανές ρυμούλκησης, τα υδροκίνητα σφυριά κ.λπ., που χρησιμοποιούνταν τότε στην εξόρυξη (βλ. Georg Agricola, *De Re Metallica*, μτφρ. από την πρώτη λατινική έκδοση του 1556 από τους Herbert C. Hoover και Lou H. Hoover, London, 1912).

όπου έζησε ο Καρτέσιος και στις οποίες μπορούσε να παρατηρεί διαρκώς τα τεχνικά επιτεύγματα της εποχής του. Ο πρώτος μύλος σφράγισης και κοπής λέγεται ότι ανεγέρθηκε πριν το 1532 στη Νυρεμβέργη της Γερμανίας αλλά πιο συγκεκριμένες πληροφορίες δεν είναι διαθέσιμες.²⁰²

Στη Γαλλία, παρά τους μαινόμενους θρησκευτικούς πολέμους ο πρώτος μύλος σφράγισης που αντικατέστησε το σφυρί χειρός για τη δημιουργία κερμάτων λέγεται ότι είχε ήδη ανεγερθεί από το 1552, υπό την καθοδήγηση του Olivier· οι βαριοί ατσάλινοι κύλινδροι μεταξύ των οποίων περνούσαν οι χρυσές και ασημένιες πλάκες κινούνταν από υδροτροχό και άξονα. Μετά από πολλές βελτιώσεις, η μηχανική σφράγιση εισήχθη σε όλα τα γαλλικά νομισματοκοπεία το 1639.²⁰³

Μέχρι το τέλος του δέκατου πέμπτου αιώνα οι πρώτοι μύλοι σφράγισης πλακών σιδήρου και χαλκού εισήχθησαν στη Γαλλία. «Αυτός είναι ο πρώτος θρίαμβος της μηχανής».²⁰⁴ Παρόλο που ένα μεγάλο μέρος των βιομηχανικών οργανισμών εξακολουθούσε να βασιζείται στους τεχνίτες, σε ορισμένα πεδία της βιομηχανίας οι τεχνίτες με τη μακρά τους επαγγελματική εκπαίδευση και δεξιότητες αντικαταστάθηκαν από μηχανές που χειρίζονταν ανεκπαίδευτοι εργάτες. Αυτές έκαναν τη δουλειά καλύτερα, γρηγορότερα και φθηνότερα, ενώ επιτύγχαναν τελειότητα και ομοιομορφία που ήταν αδύνατη με τις μεθόδους των τεχνιτών. Η νέα τεχνική αν και ακόμα στις απαρχές της ήταν αρκετά διαδεδομένη ώστε να τραβά την προσοχή και να γίνεται αντικείμενο θαυμασμού για την αποτελεσματικότητά της.

Αυτός ο ενθουσιώδης θαυμασμός για τη νέα τεχνική αποκαλύπτεται στο υπόμνημα που κατατέθηκε το 1604 από τον βασιλικό σύμβουλο B. de Laffemas, τον “valet de chamber” του Ερρίκου IV. Σε αυτό περιγράφει τις μεγάλες προόδους στους μύλους σφράγισης και κύλισης (moulin de forge) σε σύγκριση με τις προηγούμενες παραδοσιακές τεχνικές. «... ο σίδηρος κόβεται και μοιράζεται σε όσα κομμάτια, και όσο μικρά και όπως ο καθένας τα θέλει, κάτι που προηγουμένως γινόταν αποκλειστικά χειρωνακτικά από κλειθροποιούς και άλλους εργάτες και μόνο με μεγάλο κόστος ... και ο χαλκός και ο ορείχαλκος επίσης που πρεσάρονται και λειαινούνται χειρωνακτικά από τους χαλκουργούς και άλλους εργάτες με μεγάλο κόστος, γίνονται από αυτούς τους μύλους φύλλα τόσο λεπτά όσο επιθυμεί κανείς, και διαμορφώνονται όπως επιθυμεί κανείς, και φτιάχνονται περισσότερα σε μια μέρα από όσα ένας χαλκουργός θα μπορούσε να φτιάξει σε έναν μήνα, και με μικρότερο κόστος».²⁰⁵

202 L. Beck, ό.π. II, σελ. 527.

203 Ludwig Beck, *Die Geschichte des Eisens* (Braunschweig, 1895) II, σελ. 528, 945.

204 Henri Hauser, *Les Débuts du capitalisme* (Paris: Alcan, 1927) σελ. 11. Βλέπε επίσης Henri Sée, *Histoire économique de la France* (Paris, 1939) σελ. 123.

205 H. Hauser, ό.π., σελ. 11–12. Ο Salomon de Caus, στο *Les Raisons des forces mouvantes. Livre troisième, traitant de la fabrique des orgues* (Frankfurt, 1615), μας δίνει την πρώτη περιγραφή και το πρώτο σχέδιο ενός χειροκίνητου μύλου σφράγισης για την κατασκευή λεπτών μολύβδινων φύλλων για εκκλησιαστικά όργανα. Ακόμα μεγαλύτερο ενδιαφέρον έχει η περιγραφή και το σχέδιο ενός μύλου σφράγισης μολύβδου που χρησιμοποιούν οι υαλοουργοί από τον Vittorio Zonca, 1607. Περιγράφει μια μηχανή που υιοθετήθηκε από τη βιομηχανική πρακτική και κατασκευάστηκε σύμφωνα με την αρχή του μοχλού, που δημιουργούσε αυτόματα τον μόλυβδο των υαλοργών με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά (βλ. Vittorio Zonca, *Novo teatro di machine et edificii*, Padua, 1607, σελ. 79–80. “Ruote da incavar il piombo per le finestre di vetro.”)

Το 1609 δόθηκε σε δύο αιτούντες το δικαίωμα να εισαγάγουν στη Γερμανία τη μέθοδο παραγωγής σύρματος με τη χρήση της δύναμης του νερού αντί της χειρωνακτικής εργασίας.²⁰⁶

Η μηχανική τεχνική, ωστόσο, εκτεινόταν πέρα από το πεδίο των μετάλλων. Το παραπάνω υπόμνημα του Laffemas περιλαμβάνει μια εντυπωσιακή εικόνα μιας «νέας εφεύρεσης», ενός μεγάλου σύγχρονου εργαστηρίου νηματουργίας στη Γαλλία. Αυτό αναλάμβανε «μεγάλες ποσότητες όλων των ειδών μαλλιού, τριχών χοίρων, βαμβακιού, λινών, κλωστικής κάνναβης, νημάτων μεταξιού και άλλων παρόμοιων υλικών χρησιμοποιώντας ως εργαζόμενους μικρά παιδιά, τυφλούς, γέροντες, μονόχειρες και απλοϊκούς ανθρώπους που κάθονται άνετα, χωρίς μόχθο και σωματικό πόνο· παράγει περισσότερο σε μία μέρα από ότι μπορεί να παραχθεί σε τρεις μέρες από επαγγελματίες και με μεγαλύτερη τελειότητα».²⁰⁷

Το 1589 ήρθε η εφεύρεση του πλεκτικού αργαλειού από τον William Lee του Nottingham (Αγγλία). «Είναι μια μηχανή εξαιρετικά περίπλοκη, που αποτελείται από δύο χιλιάδες εξαρτήματα, τα οποία, σε μια στιγμή σχεδόν, μπορούν να κάνουν διακόσιες βρόχους ή θηλιές χωρίς να χρειάζεται ιδιαίτερη δεξιότητα ή δουλειά από τον εργάτη».²⁰⁸ Μετά από πρόσκληση του γαλλικού κράτους ο Lee πήγε στη Rouen το 1600 με εννέα εργάτες και εννέα μηχανές επειδή ο Ερρίκος IV του εξασφάλισε σημαντικά προνόμια.

Θα προσπεράσουμε πολλές ακόμα μηχανικές εφευρέσεις αυτής της εποχής²⁰⁹ για να σταθούμε σύντομα στην ανάπτυξη της τεχνικής στην Ολλανδία (και τις γειτονικές χώρες). Ήδη από τον δωδέκατο αιώνα είχαν χτιστεί κανάλια στη Φλάνδρα, και από τον δέκατο τρίτο αιώνα είχαν κατασκευαστεί και υδατοφράκτες για να διατηρούν τα νερά στα κανάλια και τα ποτάμια σε υψηλά επίπεδα. Ακόμα και τότε υπήρχαν δυνατοί γερανοί· με τη βοήθεια μεγάλων μηχανών που ονομάζονταν *overdraege* (διπλοί γερανοί) πλήρως φορτωμένα (αν και όχι πολύ μεγάλα) πλοία ανυψώνονταν, περιστρέφονταν στο πλάι και ανεβάζονταν στο ανώτερο επίπεδο ή κατεβάζονταν στο χαμηλότερο επίπεδο.²¹⁰ Το δεύτερο μισό του δέκατου έκτου αιώνα ο Guicciardini περιγράφει μια γιγαντιαία κλειδαριά που κατασκευάστηκε κοντά στο στόμιο του καναλιού της Μπρυζ, η οποία μέσω μια δυνατής μηχανής κλειδωνόταν κατά τη διάρκεια της χαμηλής παλίρροιας και άνοιγε στην υψηλή παλίρροια έτσι ώστε τα πλοία να μπορούν να εκπλέουν απευθείας στη θάλασσα.²¹¹ Ο Guicciardini περιγράφοντας την Αμβέρσα που σε μεγάλο βαθμό είχε κατασκευ-

206 John U. Nef, *Industry and Government in France and England, 1540–1640* (Philadelphia, 1940) σελ. 85.

207 H. Hauser, ό.π., σελ. 12–13.

208 John Bekmann, *History of Inventions* (London, 1892) II, σελ. 368–369. [1814 IV, 311].

209 Για παράδειγμα μια μηχανή που χρησιμοποιούνταν για να διατηρεί τα λιμάνια καθαρά από άμμο. Το 1562 δόθηκε πατέντα δέκα ετών στον George Cobham και σε άλλους για την εισαγωγή μηχανών από το εξωτερικό (Ιταλία;) «για να καθαρίσει και να απομακρύνει την άμμο από όλα τα ποτάμια, τα ρυάκια και τα λιμάνια» (Julius Pratt, ό.π., σελ. 782).

210 Leopold A. Warnkönig, *Flandrische Staats und Rechtsgeschichte bis zum Jahre 1305* (Tübingen, 1835) I, σελ. 322.

211 Lodovico Guicciardini, *Description de Tous le Pays-Bas*, Anvers, 1582, σελ. 371. [441].

αστεί σε ξύλινους πυλώνες βυθισμένους σε βαλτώδες έδαφος, αναφέρει μεγάλα μηχανικά υδροκίνητα σφυριά που χρησίμευαν στην εμβύθιση μεγάλων ξύλινων στύλων στο νερό.²¹²

Ο πρώτος αυθεντικός ανεμόμυλος στην Ευρώπη εμφανίζεται στη Νορμανδία περί το 1180 (στην Περσία εντοπίζονται ήδη από τον δέκατο αιώνα). Σε μια μόνο γενιά ο ανεμόμυλος είχε γίνει -για γεωγραφικούς λόγους- τυπικό μέρος του τοπίου στις πεδιάδες της βορειοδυτικής Ευρώπης (Φλάνδρα, Ολλανδία)²¹³ καθώς η πτώση των ποταμών ήταν τόσο σταδιακή που συχνά έπρεπε να κατασκευάζονται ακριβά φράγματα για να λειτουργούν οι υδρόμυλοι. Οι ανεμόμυλοι ήταν πολύ φθηνότεροι.

Μεγάλο τεχνικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιγραφή του Guicciardini για το σύστημα ύδρευσης της Μπρυζ. Η παροχή νερού στα χαμηλότερα μέρη της πόλης δεν παρουσίαζε κάποια δυσκολία· τα υπόγεια υδραγωγεία ήταν γνωστά από τη ρωμαϊκή εποχή. Όμως η παροχή νερού στα ψηλότερα σημεία της πόλης όπου δεν υπήρχαν πηγές ήταν ένα διαφορετικό πρόβλημα. Έως το 1552 ένα κτίριο που ονομάστηκε *Logis* (και αργότερα *water huis*) είχε ανεγερθεί στο χαμηλότερο μέρος της πόλης, μαζί με μια δεξαμενή νερού· μια αντλία νερού που οδηγούνταν από ένα βαρούλκο που το κινούσε ένα άλογο διοχέτευε νερό στα ψηλότερα σημεία της πόλης μέσω ισχυρών μολύβδινων υπόγειων σωλήνων, με πολλούς μικρότερους σωλήνες να διοχετεύουν νερό σε σπίτια και δημόσια σιντριβάνια.²¹⁴

Μια άλλη μηχανή που ήταν διαδεδομένη στην Ολλανδία ήταν το τυπογραφικό πιεστήριο. Τα πιεστήρια είχαν ήδη αρχίσει να διαδίδονται με εκπληκτική ταχύτητα στην Ολλανδία από τα τέλη του δέκατου πέμπτου αιώνα· υπήρχαν στο Deventer, το Delft, το Gouda, το Harlem, το Leiden, το Nijmegen, το Leeuwarden, το Zwolle, κ.λπ., κυρίως λόγω της ώθησης που έδιναν στην τυπογραφία οι θρησκευτικές αιρέσεις, ιδιαιτέρως οι σχολές των «Αδελφών της Κοινής Ζωής» (*Frères de la vie commune*) που ήταν πολυάριθμες στην Ολλανδία. Αυτές οι αιρέσεις, απελευθερωμένες από τη λογοκρισία της εκκλησίας και από το εκπαιδευτικό μονοπώλιο των κληρικών, για πρώτη φορά έθεσαν την τυπογραφία στην υπηρεσία της εκπαίδευσης των κοινών ανθρώπων.²¹⁵

212 Guicciardini, ό.π., σελ. 307. Αντίγραφα μηχανικών σφυριών αυτού του είδους υπάρχουν στα βιβλία των Besson και Branca για τις μηχανές. Βλ. Jacques Besson, *Théâtre des instruments mathématiques et mécanique* (Lyon, 1578) εικ. 22 και 23· Giovanni Branca, *Le Machine*, Rome, 1629, εικ. 3.

213 Τον δέκατο τρίτο αιώνα υπήρχαν 120 ανεμόμυλοι κοντά στο Ypres (βλ. Lynn White Jr., ό.π., σελ. 156). Ο Δάντης αναφέρει “come quando ... par di lungi un molin che il vento gira” (*Inferno*, Canto xxiv.6). Τον 11ο αιώνα αναφέρονται (σε έγγραφα από το έτος 1044) οι επονομαζόμενοι παλιρροιακοί μύλοι (*aquimoli*) που περιστρέφονταν για έξι ώρες προς μια κατεύθυνση και έξι ώρες προς την αντίθετη κατεύθυνση. Βλ. Libri ό.π. II σελ. 231–232. Σχετικά με την ευρεία χρήση των ανεμόμυλων στην Αγγλία του δέκατου έκτου αιώνα βλ. J. Pratt ό.π., σελ. 776.

214 Guicciardini, ό.π., σελ. 373 [442]. Τριάντα χρόνια αργότερα η νέα μηχανική μέθοδος παροχής νερού εισήχθη στην Αγγλία, πιθανότατα από την Ολλανδία. Το 1579 ένας Ολλανδός, ο Peter Morris, έλαβε από τον Δήμαρχο του Λονδίνου μια μίσθωση 500 χρόνων με την οποία του επιτρεπόταν να τοποθετήσει μια μηχανή κάτω από την πρώτη αψίδα της Γέφυρας του Λονδίνου για να παρέχει νερό στην πόλη. Το 1582 η νέα μηχανή τέθηκε σε λειτουργία (Julius Pratt, ό.π., σελ. 781).

215 Henri Pirenne, *Histoire de Belgique* (Brussels, 1907) III, σελ. 289.

Σε τι συμπεράσματα μπορούμε να καταλήξουμε σχετικά με το πρόβλημά μας από αυτήν τη σύντομη επισκόπηση των τεχνικών εξελίξεων; Οι νέες μορφές επιχειρήσεων και εφευρέσεων αποτελούσαν μόνο ένα μικρό μέρος της εθνικής παραγωγής· με διαφορά το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ακόμα διεξαγόταν με παραδοσιακές μεθόδους. Όμως η σημασία αυτής της τεχνικής επανάστασης έγκειται στο γεγονός ότι οι νέες μορφές εργασίας, λόγω των κοινωνικών τους επιπτώσεων, τράβηξαν την προσοχή και επηρέασαν βαθιά τους διανοητές της εποχής. Ο William Camden στο *Descriptio Britanniae* (1607) δείχνει γλαφυρά τον θρίαμβο της νέας τεχνικής και των μεγάλων επιχειρήσεων στη βιομηχανία σιδήρου στο Essex και στο Kent, όπου οι σημαντικότεροι λόρδοι και βαρόνοι μετείχαν στην επικερδή βιομηχανία σιδήρου και παρείχαν όπλα στο ναυτικό.²¹⁶ Οι νέες μεγάλες επιχειρήσεις στο Sussex άλλαξαν ακόμα και την όψη του τοπίου: για να εξασφαλίσουν περισσότερη ισχύ από τους καταρράκτες οι ιδιοκτήτες των φούρνων συχνά συνένωναν διάφορα μικρά ποτάμια σε έναν δυνατό καταρράκτη, ο ήχος του οποίου όταν προστίθετο στο «χτύπημα των σφυριών πάνω στο σίδηρο, γέμιζε όλη τη γειτονιά, μέρα και νύχτα με τη φασαρία του».

Ο Guicciardini μας δίνει παρόμοιες λεπτομέρειες για τη Φλάνδρα, όπου είχαν εγκατασταθεί νωρίτερα υψικάμινι σε πολλούς παραπόταμους του ποταμού Meuse στο πριγκιπάτο της Λιέγης και στην κομητεία του Namur.²¹⁷

Αυτές οι αλλαγές και η σημασία τους για τη μεγάλη κερδοφορία των νέων επιχειρήσεων προκάλεσαν μεγάλο ενδιαφέρον για τη νέα τεχνική. «Το νέο ενδιαφέρον για τις μηχανικές βελτιώσεις ... εξαπλώθηκε σε όλες τις τάξεις στην Αγγλία, από την αριστοκρατία στον πιο ταπεινό τεχνίτη».²¹⁸

Ο Guicciardini αναφέρει ένα παρόμοιο ενδιαφέρον για τις εφευρέσεις στην Ολλανδία, που είχε ως κίνητρο το κέρδος. Πίστευε ότι οι Βέλγοι είχαν ιδιαίτερο ταλέντο στο «να εφευρίσκουν κάθε είδους εργαλεία, συμπεριλαμβανομένων των κουζινικών σκευών, για τη διευκόλυνση και συντόμευση οποιουδήποτε πράγματος με το οποίο καταπιάνονται».²¹⁹ «Υπάρχουν πάντα ευφυή μυαλά που εφευρίσκουν κάποιον νέο τρόπο κερδοφορίας και δημιουργίας πλούτου».²²⁰

Η θεωρία και πρακτική της ανύψωσης του νερού με τη χρήση αντλιών ή υδροτροχών προκάλεσε μεγάλο ενδιαφέρον, επειδή ήταν η θεμελιώδης προϋπόθεση της βιομηχανικής εκμηχάνισης, καθώς το νερό ήταν εκείνη την εποχή η σημα-

216 *Britannia, newly translated into English* του W. Camden (London, 1695· επιμ. Edmund Gibson) σελ. 167. Βλ. επίσης David και Gervase Mathew, "Iron Furnaces in South-Eastern England and English Ports, 1578", *The English Historical Review* 48 (1933) σελ. 91–99.

217 Lodovico Guicciardini, ό.π., σελ. 464. Ήδη από τον δέκατο έκτο αιώνα το Namur αναπτύχθηκε σε μεταλλουργικό κέντρο με πολλές υψικάμινους, σιδηρουργεία και υδροκίνητα σφυριά, όπου, για να παραθέσουμε τον Guicciardini, ο σίδηρος χυνόταν, σφυρηλατούνταν και διαμορφωνόταν μεταξύ καπνού, φωτιάς και θορύβου όπως στο εργαστήριο του Ήφαιστου. Ο αυτοκράτορας Κάρολος IV, ο οποίος στα μέσα του δέκατου έκτου αιώνα είχε τα καλύτερα όπλα στην Ευρώπη, είχε φτιάξει τα κανόνια του στο Βέλγιο (L. Beck, *Die Geschichte des Eisens*, II, 850, 854· Henri Pirenne, *Histoire de Belgique*, ό.π., III, 246· A. Vierendeel, *Esquisse d'une histoire de la technique*, Louvain, 1921, σελ. 362).

218 J. U. Nef, "The Progress of Technology and the Growth of Large Scale Industry in Great Britain, 1540–1640", *The Economic History Review* 5 (1934), 16.

219 Guicciardini, ό.π., σελ. 4.

220 Ό.π., σελ. 465 [583].

ντικότερη κινητήρια δύναμη.²²¹ Οι Ρωμαίοι γνώριζαν τις μικρές χειροκίνητες αντλίες. Στο Museo Arqueologico Nacional στη Μαδρίτη υπάρχει μια πυροσβεστική συσκευή από τη ρωμαϊκή εποχή που χρησιμοποιούνταν στα ορυχεία της Huelna. Τον Μεσαίωνα οι μικρές αντλίες νερού ήταν γνωστές και χρησιμοποιούνταν, για παράδειγμα, στην αρχιτεκτονική. Υπάρχει μια αναφορά από το 1511 για τη χρήση μιας αντλίας στην ανακατασκευή του καθεδρικού της Bordeaux όταν υπόγεια νερά πλημμύριζαν τα θεμέλια και οι εργάτες απαιτούσαν όλο και υψηλότερους μισθούς «καθώς αντλούσαν το νερό μέρα και νύχτα [quia extrahebant aquam de die et de nocte]». Μετά από ένα σύντομο διάστημα, όταν ακυρώθηκε η αύξηση των μισθών οι εργάτες κατέστρεψαν την αντλία: «έσπασαν τη μηχανή σε κομμάτια μέσα στη νύχτα [de nocte fregerunt ingenium]».²²²

Η άντληση του νερού σε πολύ μεγάλο ύψος είχε ιδιαίτερες δυσκολίες, καθώς η στεγανή ένωση των σωλήνων σιδήρου ήταν τότε άγνωστη· οι ξύλινοι και οι μολύβδινοι σωλήνες δεν μπορούσαν να αντέξουν τη μεγαλύτερη πίεση που χρειαζόταν για μεγάλα ύψη και έσπαγαν.²²³ Τον Ιούλιο του 1565 ένα γράμμα από τον William Humfrey στον Sir William Cecil συστήνει «έναν Γερμανό μηχανικό που μπορεί να ανυψώσει νερό σε ύψος εκατό οργυιών (=500 ή 550 πόδια) με μια πρόσφατα εφευρεθείσα μηχανή».²²⁴ Ωστόσο δεν υπάρχουν διαθέσιμες περισσότερες λεπτομέρειες. Η λύση ήταν να ανυψώνεται το νερό σταδιακά, σε μικρές αποστάσεις, με τη βοήθεια κουβάδων, τροχών ή αντλιών σε κάθε επίπεδο.²²⁵

221 Αναφέρουμε τα έργα των Leonardo da Vinci, Guiseppe Ceredi, 1567· Bernard Palisay, 1580· Della Porta, 1601· Galileo, 1612· Salomon de Caus, 1615 και αργότερα του Pascal, 1654. Ο ίδιος ο Γαλιλαίος εφηύρε μια μηχανή για την ανύψωση του νερού χρησιμοποιώντας μια αντλία που κινούνταν από άλογο. Βλ. "Privilegio concesso a Galileo per l'invenzione d'una macchina da alzar acqua" 1593 στο: *Le Opere di Galileo Galilei*, Edizione Nazionale, Firenze, τομ. 19 (1938) σελ. 126.

222 Βλ. Julien Hayem, *Mémoires et documents pour servir à l'histoire du commerce et de l'industrie en France*. 1st. series, Paris, 1911, σελ. 78–79; Πηγή: "un livre de comptes du trésorier de la cathédrale de Bordeaux conservé aux archives de la Gironde".

223 Ήδη από το 1598 ο Cornelis Drebbel είχε αποκτήσει μια πατέντα στην Ολλανδία «για να μεταφέρει γλυκό νερό σε μεγάλες ποσότητες μέσω μολύβδινων σωλήνων και να το ανυψώνει, σαν σιντριβάνι, από χαμηλά προς τα πάνω σε ύψος 30, 40 50 ή περισσότερων ποδιών». Εκθειάζοντας το έργο του ο Constantine Huygens έγραψε: «Κανείς δεν έχει κάνει πιο ευφυή συμβολή από τον Drebbel στην τέχνη της άντλησης νερού, όπως το λέμε, ή αλλιώς του νερού που έχει περισσέψει από πιασίνες και της αφαίρεσής του – και ούτε κανένας πρόκειται» (βλ. G. Tierie, ό.π., σελ. 45–46). Στις αρχές του 1631 ο φίλος του Καρτέσιου, ο μηχανικός de Villebressies, πήγε στην Ολλανδία και έζησε με τον φιλόσοφο στο Onde Peins στο κέντρο του Άμστερνταμ επειδή τον ενδιέφερε "l'Hydraulique où l' art d'élever les Eaux" (βλ. Gustave Cohen, *Écrivains français en Hollande dans la première moitié du XVIIe siècle*, Paris: Champion, 1920, σελ. 471.)

Τέτοιες εφευρέσεις για την άντληση του νερού εμφανίζονται ολοένα και περισσότερο τον δέκατο έβδομο αιώνα. Έτσι, για παράδειγμα, ο Francisc Potter (1594-1678) φοιτητής του Trinity College της Οξφόρδης «βελτίωσε σημαντικά μια μηχανή ανύψωσης νερού από ένα βαθύ πηγάδι στο Πρεσβυτέριο του Kilmanton» (R. T. Gunther, *Early Science in Oxford*, Oxford 1937, τομ. XI, σελ. 229). Ο Sir Eduard Ford (1605–1670) κατασκεύασε παρόμοιες μηχανές· του ανατέθηκε το έργο να βελτιώσει την παροχή νερού στο Λονδίνο και κατασκεύασε συστήματα ύδρευσης (αντλίες) κοντά στο Charing Cross και στο Wapping (ό.π. σελ. 230). Τέλος, ο Sir Samuel Morland (πέθανε το 1695), μέλος του Magdalene College, κατάφερε να φτιάξει αποτελεσματικές μηχανές για την ανύψωση νερού από πηγάδια σε ψηλά σημεία, όπως στην κορυφή του κάστρου του Windsor. Τιμήθηκε από τον Βασιλιά Κάρολο με τον τίτλο «Δάσκαλος της Μηχανικής» του Βασιλέα, και εστάλη στη Γαλλία για να συγκεντρώσει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις μηχανές νερού. (R. T. Gunther, *Early Science in Cambridge*, Oxford, 1937, σελ. 74).

224 Pratt, ό.π., σελ. 779.

225 Ο Jacques de Strada of Mantua (1512–1588) αναπαράγει μια τέτοια «τριπλή αντλία για την ανύψωση του νερού από μια δεξαμενή σε μια άλλη ως το απαιτούμενο ύψος» (Jacques de Strada à Rosberg, *Desseins artificieux de toutes sortes de machines*, publié par Octave de Strada, neveu, Francfort sur le Main, I, 1617, II, 1618, εκ. 31,

Οι αντλίες ήταν πραγματικά πολύ σημαντικές για την εξόρυξη αλλά μόνο σε συνδυασμό με τη δύναμη του νερού. Η δύναμη του νερού είναι υπεύθυνη για τη μεταμόρφωση της διαδικασίας της εξόρυξης από το δεύτερο μισό του 15^{ου} αιώνα και έπειτα. Στον Μεσαίωνα πολλά γερμανικά ορυχεία ήταν κλειστά διότι όσο πιο βαθιά πήγαινε κανείς τόσο μεγαλύτερη ήταν η μόλυνση του αέρα και του νερού. Μόνο η εφαρμογή του υδροτροχού ως κινητήρα ισχυρών αντλιών και ισχυρών ανυψωτικών μηχανισμών που ανανέωναν τον αέρα, αφαιρούσαν το νερό και μετέφεραν τα ορυκτά και τις πέτρες στην επιφάνεια κατέστησε δυνατή την εξόρυξη σε μεγάλα βάθη και το σκάψιμο βαθύτερων τούνελ και φρεατίων. Παρομοίως, η εφαρμογή της φυσικής ισχύος (του νερού στην εξόρυξη, τη σύνθλιψη κ.λπ.) κατέστησε δυνατή τη χρήση μιας συγκεντρωμένης δύναμης, που υπερείχε μακράν της ανθρώπινης ισχύος και επομένως ήταν ανεξάρτητη από αυτήν και οδήγησε την ανθρωπότητα στην επιδίωξη νέων έργων. Ήταν η αρχή της τεχνολογικής εποχής.

Ο Johann Thurzo, από την Κρακοβία, και ο γιος του ήξεραν πώς «με τη βοήθεια μιας μηχανής που κινείται από μηχανική δύναμη ή της λεγόμενης *Wasserkunst* (Τέχνης του νερού) να κάνουν τα πλημμυρισμένα χαντάκια και πάλι διαβατά». Ο Thurzo ήταν πολύ γνωστός στο πεδίο της εξόρυξης στην κεντρική Γερμανία ως ένας διεθνώς ενεργός μηχανικός που εισήγαγε ορθολογικές μεθόδους.²²⁶ Για να αποφύγει τον ανταγωνισμό με τον εφευρέτη, ο Jakob Fugger φρόντισε να ενώσει την επιχείρησή του με αυτήν του Thurzo. Ο Georg Thurzo, ο γιος του Johann, παντρεύτηκε την κόρη του αδερφού του Jakob Fugger (1497) και θα μπορούσε κάποιος να πει ότι η καπιταλιστική τους δύναμη στην εξόρυξη, η επένδυση τεράστιων κεφαλαίων, στηριζόταν στη συμμαχία με την τεχνική γνώση των Thurzos.

Οι υδρομηχανές, που αρχικά εφευρέθηκαν ως κινητήριες μηχανές, «*machines mouvantes*» για βιομηχανικούς σκοπούς, αργότερα, τον δέκατο έκτο και τον δέκατο έβδομο αιώνα, χρησιμοποιήθηκαν επίσης για σκοπούς που είχαν σχέση με την οικιακή άνεση, για τον στολισμό των παλατιών, των κήπων και των σπηλαίων των πλουσίων, και για περίπλοκους μηχανισμούς παιχνιδιών. Αυτή η σφαίρα πολυτελών απολαύσεων συνέβαλλε στην εξάπλωση της κατανόησης των μηχανικών κατασκευών και της μηχανικής σύλληψης του κόσμου σε όλες τις τάξεις του πληθυσμού.²²⁷ Αυτές οι μηχανές έπαιξαν σημαντικό ρόλο για τον Καρτέσιο που τις έβλεπε

39). Προς τις αρχές του δέκατου έκτου αιώνα ο Juanelo, ο Ιταλός μηχανικός του Καρόλου V, κατασκεύασε την περίφημη μηχανή νερού του (“*artificio de Juanelo*”) κοντά στη γέφυρα της Alcantara στο Τολέδο της Ισπανίας για να ανυψώσει νερό από τον Τάγο στην ακρόπολη του Alcazar, το υψηλότερο σημείο της πόλης. Το πόσο ενδιαφέρον προσέλκυσαν τότε τέτοιου είδους μηχανές φαίνεται από τα γραπτά εκείνης της εποχής που εκθειάζουν τον υδροτροχό ως το «θαύμα του κόσμου». Οι άνθρωποι έκαναν μεγάλα ταξίδια για να τον θαυμάσουν· ο El Greco αναπαρήγαγε τη μηχανή στο φόντο ενός από τους πίνακές του (βλ. Maurice Barrès, *Greco ou le Secret de Tolède*, Paris, 1912, σελ. 39). Οι υδροτροχοί που ανυψώνουν νερό για αρδευτικούς σκοπούς έχουν αρχαία προέλευση. Ο υδροτροχός στον ποταμό Crontes (Συρία), που χτίστηκε το πρώτο μισό του δέκατου τρίτου αιώνα από τον μηχανικό Qaysar ben abi al-Qasim για τον πρίγκιπα του Hamah είναι ξακουστός (Aldo Mieli, ό.π., σελ. 155).

226 Max Jansen, *Jakob Fugger der Reiche: Studien und Quellen*, Leipzig, 1910, σελ. 109.

227 Το ίδιο μπορεί να ειπωθεί για τους πολύ περίπλοκους μηχανικούς εξοπλισμούς θεάτρων που χρησιμοποιούνταν στην Ιταλία από τον δέκατο έκτο αιώνα. Στην όπερα «Η Μάχη του Απόλλωνα με το Φίδι» που ανέβηκε στη Φλωρεντία το 1590 για τον γάμο του Φερδινάνδου του I, του μεγάλου δούκα της Τοσκάνης, το φίδι, που είχε τρυπηθεί από τα βέλη του Απόλλωνα, έβγαλε αυτά τα βέλη από το σώμα του και τα έσπασε

«στα σπήλαια και τα σιντριβάνια που είναι στους κήπους των βασιλιάδων μας», δηλαδή, στο παλάτι του Saint-Germain en Laye. Τις περιγράφει στην “*Traité de l’Homme*” (1644) με σκοπό να εξηγήσει τις κινήσεις των μελών του σώματος, που προκύπτουν από την καθαρά μηχανική αλληλεπίδραση των νεύρων και των μυών, συγκρίνοντάς τα με την κινητήρια δύναμη του νερού στους προαναφερθέντες μηχανισμούς παιχνιδιών.²²⁸

Ο De Fontenelle ή αλλιώς «Μια Ματιά στα Παρασκήνια ενός Θεάτρου»

Το ότι η ερμηνεία μας για τις βασικές ιδέες του Καρτέσιου είναι σωστή, το ότι η μηχανιστική σύλληψη του Καρτέσιου δεν είναι παρά μια αντανάκλαση των μηχανών της εποχής του, μοιάζει να επιβεβαιώνεται τόσο από τα γραπτά του Καρτέσιου που μόλις παραθέσαμε όσο και από το γεγονός ότι οι σύγχρονοί του και οι επιφανείς ακόλουθοί του τον κατανοούσαν με τον ίδιο τρόπο.

Στη γαλλική σκέψη ο Bernard de Fontenelle αποτελεί *το απόγειο της επιρροής των μηχανιστικών ιδεών του Καρτέσιου*. Με τον Fontenelle ο Καρτεσιανισμός εισήχθη στη Γαλλική Ακαδημία το 1691 και στην Ακαδημία των Επιστημών το 1699. Επομένως έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για εμάς να δούμε πώς κατανοούσε τον Καρτέσιο ο Fontenelle. Για αυτόν τον σκοπό θα στηριχτούμε στο *Entretiens sur la Pluralité des Mondes* (1686), το οποίο αποτελεί μια εκλεπτυσμένη εισαγωγή στις αρχές της μηχανιστικής σύλληψης του κόσμου του Καρτέσιου.²²⁹

«Η φύση πάντα μου εμφανίζεται παρόμοια με τις θεατρικές παραστάσεις. Από τη θέση που καταλαμβάνει κανείς στην όπερα δεν μπορεί να δει όλες τις διατάξεις: οι μηχανισμοί και οι στολισμοί είναι έτσι παραταγμένοι ώστε να παράγουν ένα ευχάριστο αποτέλεσμα από απόσταση, και την ίδια στιγμή *τα βαρίδια και οι τροχοί από τους οποίους εκτελείται κάθε κίνηση παραμένουν κρυμμένα*».

με βίαιο θυμό. «Αυτός ήταν ο θρίαμβος του μηχανικού εξοπλισμού του θεάτρου», λέει ο L. Celler (ψευδώνυμο του Louis Leclerc) στο *Les origines de L’opéra* (Παρίσι, 1868) σελ. 332. Οι μηχανές εκείνη την εποχή έπαιζαν σημαντικότερο ρόλο από τη μουσική. “... dont les machines sont estrées célèbres ... et dans lequel les machines et la danse tiennent encore plus de place que la musique” (L. Celler ό.π. σελ. 328). Το 1645 ο Mazarin, ικανοποιώντας την επιθυμία της βασίλισσας Άννης, κάλεσε τον διάσημο μηχανικό Torelli να έρθει από την Παρμα με όλες τις θεατρικές του μηχανές (ό.π. σελ. 339). Η καθολική ροπή προς τις θεατρικές μηχανές ήταν τόσο έντονη που ακόμα και ο διάσημος συγγραφέας τραγωδιών Corneille αναγκάστηκε να υποκύψει στα δημοφιλή γούστα και να γράψει “*pieces à machines*”. Ένα τέτοιο “*piece à machines*”, το *Andromede*, ανέβηκε με μουσική από τον Assourcy το 1650 στο θέατρο Petit Bourbon. Το δεύτερο τέτοιο έργο του ήταν το *Toison d’or*. Μια άλλη δημοφιλής μηχανή ήταν ο υπάμενος δράκος (“*Draco volans*”) που είχε ήδη αναφερθεί στο βιβλίο του Della Porta *Magia Naturalis* (1652, 1^η εκδ. 1558) lib II, κεφ. 14 και αργότερα στο βιβλίο του Diego Ulfano *Artillerie* (Anvers, 1621), σελ. 134 “Πώς να φτιάξεις έναν υπάμενο δράκο: [έτσι ώστε] η μηχανή του δράκου να είναι πολύ ευφυής”. Τα θρησκευτικά δράματα (*les dramas sacrés*) και τα αστικά θεάματα του δέκατου πέμπτου αιώνα ήδη «περιέχουν εν σπέρματι την όπερα με μηχανές η οποία αργότερα τελειοποιήθηκε από καλλιτέχνες όπως ο Brunelleschi ή ο Leonardo da Vinci» (E. Borel, “L’opéra ancien en Italie et en France,” *La Revue critique des idées et des livres* 23 (Paris, 1913) σελ. 674).

228 Henryk Grossmann, ό.π., σελ. 208.

229 Παραθέτω το *Conversations on the Plurality of Worlds* (London: Hurst 1803 σελ. 9–10) στη μετάφραση της Elizabeth Gunning. Οι πρώτες τρεις εκδόσεις περιέχουν μόνο πέντε απογεύματα. Το έκτο απόγευμα εμφανίζεται για πρώτη φορά στην τέταρτη έκδοση του 1698 και ασχολείται με «ανακαλύψεις που έχουν γίνει πρόσφατα στους Ουρανοί».

Η φύση εμφανίζεται σε εμάς με παρόμοιο τρόπο. «Η φύση αποκρύπτει τόσο ολοκληρωτικά τους τρόπους μέσω των οποίων παράγονται τα φαινόμενά της, που για πολύ καιρό μας ήταν αδύνατον να ανακαλύψουμε τα αίτια ακόμα και των απλούστερων κινήσεών της».

Πώς πρέπει να εξηγηθεί αυτό; Για αυτόν τον σκοπό ο Fontanelle εισάγει «ως θεατές μιας Όπερας» τον Πυθαγόρα, τον Πλάτωνα, τον Αριστοτέλη και τέλος τον Καρτέσιο να κάθονται σε ένα θεωρείο. «Παρακολουθούν το πέταγμα του Φαέθοντα, που υψώνεται στον αέρα· αγνοώντας την ίδια στιγμή την κατασκευή του θεάτρου» και ο καθένας ερμηνεύει το φαινόμενο με διαφορετικό τρόπο: ο ένας (ο Πλάτων) λέει: «μια *κρυφή αρετή* στον Φαέθοντα είναι αυτή που τον κάνει να ανυψώνεται»· ένας άλλος (ο Πυθαγόρας) λέει: «ο Φαέθων αποτελείται από κάποιους αριθμούς που προκαλούν την ανύψωσή του»· ένας τρίτος (ο Αριστοτέλης) λέει «ο Φαέθων έχει μια αγάπη για την κορυφή της σκηνής» και προσπαθεί να τη φτάσει. Τέλος, εμφανίζεται ο Καρτέσιος στο θεωρείο λέγοντας «η ανύψωση του Φαέθοντα είναι αποτέλεσμα του ότι τον τραβάνε σύρματα, δεμένα με ένα βαρίδι που κινείται προς τα κάτω και έχει μεγαλύτερο βάρος από αυτόν. Δεν πιστεύουμε πια ότι ένα σώμα ... μπορεί να ανέβει και να κατέβει χωρίς κάποιο αντίβαρο· έτσι όποιος εξετάζει τον μηχανισμό της φύσης απλά εισχωρεί στα παρασκήνια του θεάτρου» όπου -όπως γνωρίζουμε- κρύβονται τα αντίβαρα, οι τροχοί και τα σύρματα του μηχανισμού.

Μέχρι τότε οι διεργασίες της φύσης αντιμετωπίζονταν πιο ευλαβικά απ' ό,τι τους άρμοζε. Στην πραγματικότητα «το σύμπαν δεν είναι παρά *ένα ρολόι μεγάλης κλίμακας*· όλες οι κινήσεις του εξαρτώνται από καθορισμένους νόμους και την αμοιβαία σχέση των μερών του».²³⁰

Τη σύγχρονη σκέψη δεν επηρέασαν μόνο οι μεγάλες εφευρέσεις που έφεραν επανάσταση στις παραγωγικές διαδικασίες και που αποτέλεσαν την αφετηρία της καπιταλιστικής βιομηχανίας μεγάλης κλίμακας, αλλά και οι μικρότερες εφευρέσεις, για παράδειγμα, τα επιστημονικά όργανα που χρησιμοποιούνταν από τους επιστήμονες στο επαγγελματικό τους έργο. Αυτά επηρέασαν βαθιά τη φαντασία αυτών των στοχαστών· τους έδειχναν καθημερινά στην πράξη ότι ένα χέρι εξοπλισμένο με ένα όργανο ήταν ανώτερο ενός γυμνού χεριού, ακόμα και αν αυτό ήταν εκπαιδευμένο. Σε αυτό το σύνολο ανήκει και το *velo* [λεπτό πέπλο] που εφηύρε ο Φλωρεντινός αρχιτέκτονας L. B. Alberti και περιέγραψε το 1453, καθώς και ο παντογράφος που εφευρέθηκε οκτώ χρόνια αργότερα από τον Ιησουίτη Christoph Scheiner. Αυτές οι εφευρέσεις έδιναν τη δυνατότητα σε όλους να μεγαλώνουν ή να μικραίνουν μηχανικά σε οποιαδήποτε κλίμακα κάθε είδους σχέδιο, ένα έργο που προηγουμένως απαιτούσε εκπαιδευμένους σχεδιαστές.²³¹ Στην ίδια κατηγο-

230 Bernard de Fontenelle, *Conversations*, σελ. 9–10. Ο Leibniz επιτίθεται σε αυτήν την τελευταία παράγραφο και κατηγορεί τον Fontenelle και όσους σκέφτονται με παρόμοιο τρόπο ότι “confondant les choses naturelles avec les artificielles ... Ils conçoivent que la différence qu’il y a entre ses machines et les nôtres, n’est que du grand au petit.” *Système Nouveau de la Nature* (1695) § 10. *Leibnitii Opera omnia*, επιμ. I. Ed. Erdmann, Besolini 1840, τομ. I., σελ. 126.

231 M. Cantor, *ό.π.*, II, 268 και σελ. 635.

ρία ανήκει και ο «γεωμετρικός διαβήτης» με τη βοήθεια του οποίου οι καμπύλες πρώτου, δεύτερου και τρίτου βαθμού μπορούσαν να αναπαρασταθούν με τη μορφή ενός παραστατικού πίνακα, διευκολύνοντας έτσι το έργο των επιστημόνων.²³²

Στα τέλη του δέκατου έκτου αιώνα έχουμε επίσης την εφεύρεση ενός διαβήτη για τον μηχανικό σχεδιασμό κωνικών τομών από τον Barozzi,²³³ και νωρίτερα την εφεύρεση του E. Radolt ο οποίος μέχρι το 1486 διηύθυνε ένα ξακουστό τυπογραφικό εργαστήριο στη Βιέννη. Ενώ πρωτύτερα για κάθε γεωμετρικό σχήμα χρειαζόταν μια ειδική ξυλογραφία που κατασκευαζόταν από εκπαιδευμένους σχεδιαστές, ο Radolt, στην έκδοση του Ευκλείδη που εξέδωσε το 1482, συνέθεσε για πρώτη φορά αυτά τα σχήματα μηχανικά, από ευθείες και άλλα τμήματα, ακριβώς όπως οι λέξεις συντίθενται από γράμματα.²³⁴ Ο Francis Potter, φοιτητής του Trinity College της Οξφόρδης, εφηύρε έναν διαβήτη δέσμης, ένα εργαλείο ακριβείας με το οποίο μία ίντσα μπορούσε αυτόματα να κατατμηθεί σε χίλια μέρη.²³⁵ Τέλος, πρέπει να αναφερθεί εδώ και ο βελτιωμένος φορητός χειρόμυλος, που περιγράφηκε από τον Cardano και υπήρξε ιδιαίτερα δημοφιλής στην εποχή του, ο οποίος προοριζόταν για οικιακή χρήση και εξυπηρετούσε «το κοσκίνισμα του αλευριού». Ήταν μια απλή και ιδιοφυής συσκευή που μπορούσε να παράγει δύο ή τρία είδη αλευριού, και αυτή η μηχανή εξοικονομούσε πολλή εργασία καθώς «ένας άνδρας που γυρνά τους τροχούς ... κάνει όσα κάνουν τρεις εργάτες». Χάρη σε αυτόν τον εύκολο στον χειρισμό μύλο οι οικογένειες ανεξαρτητοποιήθηκαν από τους μυλωνάδες.²³⁶ Εδώ ανήκει και η προαναφερθείσα εφεύρεση του *κυκλικού λογαριθμικού κανόνα* από τον Delamain (1630) και η *υπολογιστική μηχανή* του Pascal (1643).

Τον δέκατο έκτο αιώνα η τεχνική έφτασε σε ένα στάδιο όπου κάθε είδους μηχανή μπορούσε να προσαρμοστεί για διάφορους σκοπούς και σε διάφορα περιβάλλοντα. Για παράδειγμα, όταν ο Ramelli ασχολείται με τις γέφυρες αναφέρει συστηματικά όλα τα προϋπάρχοντα είδη γεφυρών: ξύλινες, πέτρινες, σιδερένιες, αψιδωτές, κρεμαστές και τέλος «αποσυναρμολογούμενες» γέφυρες. Όταν ασχολείται με τους μύλους αναφέρεται σε κατασκευές που κινούνται από την ανθρωπινή δύναμη (ποδόμυλους) ή από τον αέρα ή το νερό, από ωρολογιακούς μηχανισμούς, δηλαδή από βάρη σε πτώση, μύλους χτισμένους στη μέση ποταμών, μύλους που στηρίζονται σε δύο πλωτήρες, κ.λπ. Ο Della Porta στο *Magia Naturalis* (1558) ασχολείται με όλων των ειδών τους καθρέπτες. Έτσι στο Κεφάλαιο VI ο συγγραφέας μιλά για «επίπεδους καθρέπτες που κάνουν τα πόδια να φαίνονται πάνω και το κεφάλι κάτω [de speculis planis ut caput deorsum, pedes sursum videantur]»· στο κεφάλαιο VI ασχολείται με «έναν καθρέφτη φτιαγμένο σε επίπεδα στον οποίον

232 Εφευρέθηκε πριν τα τέλη του δέκατου έκτου αιώνα από τον Miche Coignet από την Αμβέρσα, και βελτιώθηκε από τον Γαλιλαίο που την περιέγραψε στο "Compasso geometrico e militare" (1606), στο *Le Opere di Galileo Galilei Edizione Nazionale*, τομ. 2, σελ. 335–424 και τομ. 19, σελ. 222 (βλ. Cantor, ό.π., II, 629–632).

233 Ό.π., II, σελ. 533, 634.

234 Cantor, ό.π. σελ. 266.

235 R. T. Gunther, *Early Science in Oxford*, Oxford, 1937 τομ. 11, σελ. 229.

236 Girolomo Cardano *De subtilitate* (1550) εδώ παραθέτουμε από τη γαλλική έκδοση: "De la Subtilité" (Paris, 1556) σελ. 50–51.

εμφανίζονται πολλές εικόνες του ίδιου πράγματος [speculum e planis in quo unius rei imagines plures apparentur,]» κ.λπ.²³⁷ Ο Bacon είχε προβλέψει ότι «η τέχνη της ανακάλυψης μπορεί να προσδεύσει όσο προσδεύουν οι ανακαλύψεις».²³⁸

Θα δείξουμε συνοπτικά την ισχύ και καθολικότητα του ενδιαφέροντος για τις τεχνικές εφευρέσεις μέσω δύο παραδειγμάτων: των εκθέσεων μηχανών και της τεχνικής βιβλιογραφίας.

Η πρώτη επίσημη έκθεση μηχανών οργανώθηκε στο Παρίσι το 1683, όπως μαθαίνουμε από ένα φυλλάδιο που εκδόθηκε εκείνη τη χρονιά, έναν κατάλογο που περιέγραφε διάφορα εκθέματα νεοανακαλυφθεισών μηχανών: γερανοί, αντλίες, διαφόρων ειδών μύλοι, ρολόγια, αλφάδια, γέφυρες, και λοιπά.²³⁹ Όμως πολύ πριν από τις επίσημες εκθέσεις, πολλές εκθέσεις, όπως αυτές της Lyon και του Saint Germain (Παρίσι) και ιδιαιτέρως της Φρανκφούρτης, που ήταν διεθνώς ξακουστή, επιτελούσαν την ίδια λειτουργία όπως μπορεί να δει κανείς από μια αναφορά για την έκθεση της Φρανκφούρτης που χρονολογείται από το 1574.²⁴⁰ «Σε αυτήν την έκθεση,» γράφει ο Etienne, «εκτίθενται εργαλεία με τη βοήθεια των οποίων ένας άνθρωπος μπορεί να κάνει μια δουλειά που χωρίς αυτά θα απαιτούσε τη συνδρομή πολλών εργατών». Και ο Etienne τονίζει την ταχύτητα, που ήταν αξιοσημείωτη ακόμα και για την εποχή του, με την οποία ολοένα νέες εφευρέσεις ή βελτιώσεις παλαιότερων ακολουθούσαν η μία την άλλη. Αναφέρει ως παράδειγμα τους «τροχούς αλέσματος, μια μηχανή που δίνει στα χέρια ενός ανθρώπου όλη την ισχύ ενός μύλου ... Αυτοί οι τροχοί που, μόλις λίγα χρόνια πριν προκαλούσαν τον γενικό θαυμασμό σαν να είχαν πέσει από τον ουρανό ... είδαν τη σημασία τους να μειώνεται λόγω εφευρέσεων που προέκυψαν από αυτούς και που κατασκευάστηκαν με μεγάλη τέχνη και επινοητικότητα ... μηχανές αντάξιες του ίδιου του Αρχιμήδη».²⁴¹

Η μεγάλη επίδραση της τεχνολογίας στη σύγχρονη σκέψη διαφαίνεται και από την ανάδυση (στα μέσα του δέκατου πέμπτου αιώνα) και την ταχεία εξάπλωση της τεχνικής βιβλιογραφίας. Από τον μεγάλο όγκο αυτής της βιβλιογραφίας θα αναφέρουμε εδώ μόνο μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα. Επιπλέον του

237 Ό.π. Βιβλίο IV, Κεφάλαια 4-13. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Della Porta στην έκδοση του 1589 του βιβλίου του (σελ. 129) ήδη αναφέρει την ιδέα της κατασκευής τηλεφώνων βάσει των μαγνητικών ιδιοτήτων της βελόνας. Μπορεί κανείς να δει τα εμπόδια που συνάντησαν παρόμοιες ιδέες στο ότι ο Γαλιλαίος, που είναι σημαντικός αντιπρόσωπος της άποψης ότι κάθε μη-απεικονίσιμο φαινόμενο, και επομένως κάθε δράση από απόσταση, θα πρέπει να θεωρείται παράλογο και αντιεπιστημονικό, όταν λέει ότι πρόκειται για *qualitas occulta* (*Dialogue*, 1632, First Day), αναφέρεται σε αυτήν την ιδέα του Della Porta, τον οποίο υποπετεύεται για απάτη. Το γεγονός ότι η ιδέα του Della Porta δεν ήταν ένα μεμονωμένο περιστατικό αλλά την είχαν σκεφτεί και άλλοι, φαίνεται και στο *Mercury, or the Secret and Swift Messenger: Shewing how a Man May with Privacy and Speed Communicate his Thoughts to a Friend at Any Distance*, London, 1641, του John Wilkins.

238 Bacon, *Novum Organum*, Book I, 130 (*Works* I, σελ. 223).

239 *Explication des modèles des machines et forces mouvantes que l'on expose à Paris dans la rue de la Harpe*, Paris, 1683 (βλ. Harcourt Brown, "The Utilitarian Motive in the Age of Descartes", *Annals of Science*, τομ. I (1936) σελ.190). Ο Ερρίκος IV στα τέλη του 16^{ου} αιώνα είχε σκεφτεί να ιδρύσει ένα μουσείο μηχανών και βιομηχανικών μοντέλων στο Λούβρο (βλ. Gustave Fagniez, *L'Économie sociale de la France sous Henri IV, 1589–1610*, Paris, 1897, σελ. 102· και E. Levasseur, *Histoire des classes ouvrières et de l'industrie en France avant 1789*, Paris, 1901, II, σελ. 171).

240 Henry Estienne, *La foire de Francfort* (1574), γαλλική και λατινική επιμ. I. Liseux, Paris: Liseux, 1875. Βλ. επίσης G. Fagniez, ό.π., σελ. 242.

241 Ό.π., σελ. 59-60.

μεγάλου αριθμού μεταφράσεων κλασικών συγγραφέων²⁴² ένα από τα πιο χαρακτηριστικά βιβλία της περιόδου ήταν το *De Inventoribus Rerum* (Παρίσι 1505, το βιβλίο των εφευρετών) του Polydorus Vergilius από το Urbino, που μόνο τον δέκατο έκτο αιώνα είχε 39 εκδόσεις. Το *Mechanicorum Liber* του Guidobaldo del Monte εκδόθηκε το 1577· δύο ιταλικές μεταφράσεις του δημοσιεύτηκαν το 1581 και το 1615. Εδώ ανήκουν και τα έργα για τις στρατιωτικές μηχανές: το *De re militari* του Roberto Valtino, 12 βιβλία που γράφτηκαν περίπου στα μέσα του 15^{ου} αιώνα, και που εκδόθηκαν το 1472 στα λατινικά στη Βερόνα, το 1476 στα γερμανικά και το 1483 σε ιταλική μετάφραση επίσης στη Βερόνα· επιπλέον, ο Justus Lipsius εξέδωσε το *Poliorceticon, sive de machinis, tormentis, telis, libri V*, στην Αμβέρσα το 1596· τέλος το «Trattato di Fortificatione» του Γαλιλαίου στο *Le Opere*. Edizione Nazionale. Firenze 1932, τομ. II, 77, σελ. 146.) Το “Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques” (Lyon, 1578) του Jacques Besson, του διάδοχου του Leonardo da Vinci ως «méchanicien du Roi», εικονογραφημένο με 60 ολοσέλιδα σχέδια, εκδόθηκε επίσης σε δύο λατινικές εκδόσεις (1582 και 1595), στα γερμανικά (1595), στα ιταλικά (1582) και σε μια δεύτερη γαλλική έκδοση (1626). Το *Machinae novae* (Βιέννη 1617) του Faustus Verantius είχε γκραβούρες με λεζάντες σε πέντε γλώσσες (λατινικά, ισπανικά, γαλλικά, γερμανικά και ιταλικά.) Στο *Pneumaticorum litris tres* (Νάπολη, 1601) ο Giovanni Batista Della Porta ασχολείται με υδραυλικές μηχανές· ασχολείται και με άλλες μηχανές και εργαλεία στο *Magia naturalis* 1561 (γαλλική μετάφραση, 1612). Το *Novo teatro di machine* του Vittorio Zonca εκδόθηκε στην Πάδοβα το 1607. Ο τυπογράφος Levinus Hulsius στη Φρανκφούρτη επί του Μάιν είχε σκοπό να εκδώσει στα γερμανικά μια συλλογή 15 πραγματειών που θα περιέγραφαν όλες τις μηχανές και τις μηχανικές συσκευές που χρησιμοποιούνταν εκείνη την εποχή, αλλά λόγω του θανάτου του το 1606, τελικά εκδόθηκαν μόνο τέσσερις από αυτές.²⁴³ Ακόμα και το *Le diverse et artificiose Machine* (Παρίσι, 1588), του Agostino Ramelli, εκδόθηκε στα ιταλικά, τα γαλλικά και τα γερμανικά – και όλες αυτές οι εκδόσεις ήταν πλούσια εικονογραφημένες. Θα πρέπει επίσης να αναφέρουμε εδώ το βιβλίο του Guido Pancirolli (1523-1599) του οποίου ο πρώτος τόμος, που εκδόθηκε προς τα τέλη του δέκατου έκτου αιώνα, ασχολείται με τις ξεχασμένες εφευρέσεις των αρχαίων²⁴⁴ και ο δεύτερος τόμος με σύγχρονες εφευρέσεις που ήταν άγνωστες στους αρχαίους.²⁴⁵

242 Το Vitruvius εκδόθηκε το 1548 σε γερμανική μετάφραση του W. Rivius. Η γαλλική μετάφραση *Les dix livres d'architecture de Vitruve*, από τον Perrault, εκδόθηκε το 1673. Το *Automata* του Ήρωνος εκδόθηκε σε ιταλική μετάφραση από τον Bernardino Baldi το 1589. *Di Herone Alessandrino de gli automati: ouero machine semoventi, libri due* (Venice: G. Porro, 1589).

243 Βλ. *Tractatus primus instrumentorum mechanicorum* (Frankfurt/M, 1605). Επίσης Cantor, ό.π II, 630. Εδώ ανήκουν τα έργα για τις στρατιωτικές μηχανές: το *De re militari* του Roberto Valtino, σε δώδεκα βιβλία που γράφτηκαν περίπου στα μέσα του δέκατου πέμπτου αιώνα, και εκδόθηκαν στα λατινικά το 1472 στη Βερόνα, το 1476 στα γερμανικά και το 1483 σε μια ιταλική μετάφραση στη Βερόνα.

244 Guido Pancirolli, *Pars Prior, Rerum Memorabilium sive Peperditarum*. Υπάρχει μια editio secunda (Ambergae, 1607/8).

245 Guido Pancirolli, *Nova reperta, sive rerum memorabilium recens inventarum et veteribus incognitarum*. Ex Italico Latine reddita. (Frankfurt, 1631). Υπάρχει και μια αγγλική μετάφραση, *The History of Many Memorable Things Lost* (London, 1715) και μια ακόμα (London, 1727).

Τέλος, ο Ιησουίτης Gasparus Schott συνόψισε και εκλαΐκευσε όλη την τεχνική γνώση της εποχής του στην εγκυκλοπαίδειά *Magia universalis naturae et artis*, 4 τόμοι (Würzburg, 1657–59). Ο τόμος 3 ασχολείται με τη Μηχανική και περιλαμβάνει γκραβούρες διάφορων μηχανών.²⁴⁶

Σκιαγραφήσαμε συνοπτικά τα σημαντικότερα στάδια της αναγέννησης της πρακτικής μηχανικής στη Δυτική Ευρώπη από τον δέκατο τρίτο μέχρι τον δέκατο έβδομο αιώνα (μολονότι η έλλειψη χώρου μας ανάγκασε να παραλείψουμε σημαντικές στρατιωτικές και ανυψωτικές μηχανές). Θα πρέπει να αναφέρουμε εν συντομία ότι οι κτίστες των γοθικών καθεδρικών με τις βαριές καμπάνες τους θα πρέπει να είχαν στη διάθεσή τους εργαλεία που τους επέτρεπαν να ανυψώνουν μεγάλα βάρη σε σημαντικά ύψη. Στο *Βιβλίο Σχεδίων* του Villard de Honnecourt (1235) απεικονίζεται μια ισχυρή μηχανή, ένας κατακόρυφος κοχλίας για την ανύψωση βαρών, με χειρολαβές για την περιστροφή του²⁴⁷ «μια από τις ισχυρότερες μηχανές που υπάρχουν για την ανύψωση φορτίων» (και αυτήν την άποψη προσυπογράφουν ακόμα και σύγχρονοι μηχανικοί). Στο βιβλίο του Jacques Besson για τις μηχανές (εικόνα 38^a) υπάρχει ένα σχέδιο ενός κατακόρυφου κοχλίου με χειρολαβές όπως στο σχέδιο του Honnecourt.

Ένα ακόμα παράδειγμα που μπορεί να αναφερθεί είναι το γεγονός ότι το 1455 ο πύργος *della Magione* στην Bologna μετακινήθηκε σε σημαντική απόσταση μαζί με τα θεμέλια χωρίς να υποστεί ιδιαίτερες ζημιές.²⁴⁸ Παράλληλα με την πρακτική μηχανική αναπτύχθηκε και η *θεωρητική μηχανική*, ιδιαιτέρως στην Ιταλία, τη Γαλλία και την Ολλανδία. Η προσπάθεια για θεωρητική γνώση ξεκίνησε στο πρακτικό πεδίο. Η θεωρητική μηχανική γεννήθηκε αργά, δύσκολα, μέσα από την πάλη του ανθρώπινου λόγου με την εμπειρική ύλη και οφείλει τη μεγάλη πρόοδό της στη σύνδεση μεταξύ των δύο, σε αντίθεση με την αρχαιότητα όπου η θεωρία ήταν διαχωρισμένη από την πρακτική, καθώς η τελευταία έφερε το στίγμα της χειρωνακτικής εργασίας και ήταν ως εκ τούτου απεχθής. Όμως μετά τον Μεσαίωνα, όλοι εκείνοι που κατά τη διάρκεια πολλών αιώνων συμμετείχαν στον αγώνα για θεωρητική γνώση, από τον Jordanus Nemorarius, τον L. B. Alberti, τον Leonardo da Vinci, τον Guidobaldo del Monte, τον Niccolò Tartaglia και τον Girolamo Cardano μέχρι τον Roberval, τον Γαλιλαίο και τον Καρτέσιο, αποκόμισαν τις *μηχανιστικές τους έννοιες* και τα θεωρητικά τους θεωρήματα από την παρατήρηση και την ανάλυση των μηχανών και της λειτουργίας τους. Πολυάριθμα κείμενα των Leonardo da Vinci, Niccolò Tartaglia, Guidobaldo del Monte και άλλων αποτελούν μαρτυρίες της φιλοδοξίας να μελετήσουν και να διατυπώσουν θεωρητικά τους νόμους της κίνησης βάσει της εμπειρίας των τροχιών των βλημάτων κανονιών, των ρολογιών και των πλανηταρίων, των αντλιών και των ανυψωτικών μηχανών.²⁴⁹

246 Στον τόμο III, Βιβλία II–VII (σελ. 81–575) ο Schott ασχολείται διαδοχικά με τα *Magia Mechanica*, *Thaumaturgica*, *Statica*, *Hydrostatica*, *Hydrotechnica* και *Aerotechnica*. Άλλες μηχανές όπως τα φυσερά, τα υδραυλικά όργανα και άλλα μουσικά όργανα αναλύονται στον τόμο II (*Acoustica*). Βλ. επίσης το *Mechanica Hydraulico-Pneumatica* (Würzburg, 1658) του Schott που είναι πλούσια εικονογραφημένο.

247 Villard de Honnecourt, ό.π., σελ. 162.

248 Libri ό.π. II. σελ. 217.

249 Η διατύπωση των προβλημάτων από τον Leonardo da Vinci είναι χαρακτηριστική: «Εάν ένα κανόνι με τέσσερις λίβρες πυρίτιδα εκσφενδονίσει μια μπάλα τεσσάρων λιβρών με τη μέγιστη δύναμή του σε μια απόσταση δύο μιλίων, πόσο πρέπει να αυξηθεί η γόμωση της πυρίτιδας για να το κάνει να την εκσφενδονίσει σε απόσταση

Η ιστορία της καταγωγής της μηχανικής μας διδάσκει ότι η ανακάλυψη του νόμου της ελεύθερης πτώσης ήταν στενά συνδεδεμένη με την ιστορία των πυροβόλων όπλων. Η παλιά Αριστοτελική θεωρία της κίνησης (που υποστήριζε ότι ένα βλήμα που είχε εκτοξευθεί διατηρούνταν σε κίνηση από τον αέρα) επιτέλους διαψεύστηκε από τις αλλεπάλληλες παρατηρήσεις βλημάτων πυροβόλων όπλων καθώς αναγνωρίστηκε η *ανασταλτική* επίδραση της αντίστασης του αέρα. Με την απόρριψη του Αριστοτελικού δόγματος άνοιξε ο δρόμος για νέες παρατηρήσεις και νέες απόπειρες θεωρητικών εξηγήσεων. Από τον Leonardo da Vinci μέσω του Tartaglia και τον Girolamo Cardano μέχρι τον Γαλιλαίο υπάρχει μια αδιάκοπη αλυσίδα επιστημονικών προσπαθειών για την ανάπτυξη μιας θεωρίας για την κίνηση των σωμάτων σε πτώση, με βάση την εμπειρία από τα πυροβόλα όπλα.

Η Εμπειρία από την Κίνηση των Ωρολογιακών Μηχανισμών

Είναι δύσκολο σήμερα να φανταστούμε τις διανοητικές επαναστάσεις που συνδέονται με την ανακάλυψη και τελειοποίηση των ωρολογιακών μηχανισμών. Η επιστημονική χρονομετρία, δηλαδή η ακριβής ποσοτικοποίηση του χρόνου, αποτελεί προϋπόθεση της ακριβούς παρατήρησης σε όλα τα πεδία της γνώσης. Στο πεδίο της μηχανικής το ρολόι είναι η πρώτη και σημαντικότερη μηχανή με ομοίμορφη κίνηση που εκτελείται αυτόματα μέσω ενός συστήματος από βάρη. Αρχικά ο αυτοματισμός της κίνησης προσέλκυσε μεγαλύτερο ενδιαφέρον από ότι η παρακολούθηση του χρόνου. Οι δημόσιοι πύργοι με ρολόγια των πόλεων της Ιταλίας και της Φλάνδρας τον 13^ο και τον 14^ο αιώνα ήταν τεράστιες μηχανές με γρανάζια στις οποίες το ίδιο το ρολόι -δηλαδή ο μηχανισμός χρονομέτρησης- ήταν συνδεδεμένος με τον μηχανισμό της καμπάνας.²⁵⁰ Τα πλανητάρια που άρχισαν να εμφανίζονται στην Ιταλία τον 14^ο αιώνα ήταν περίπλοκες μηχανές με γρανάζια που κινούνταν από βάρη και έδειχναν τις ορατές κινήσεις του ήλιου, της σελήνης και των πλανητών.

τεσσάρων μιλίων; Εξαρτάται η δύναμη της μπάλας από της αρχική της ταχύτητα;» (Gabriel Séailles, *Léonard de Vinci, l'artiste et le savant*, Paris: Perrin, 1906, σελ. 353). Τα *Nova scientia* (1537) και *Quesiti et inventioni diverse* (1546) του Tartaglia -το πρώτο του βιβλίο ήταν αφιερωμένο σε μια μελέτη των βλημάτων κανονιών- είχε επίσης, σύμφωνα με το P. Duhem, μεγάλη επίδραση στην ανάπτυξη της θεωρητικής μηχανικής τον δέκατο έκτο αιώνα (P. Duhem, *Les Origines de la Statique*, I, σελ. 197). Ο Maurolycus από τη Messina (1494–1575), ένας θεωρητικός της μηχανικής έγραψε μια *Treatise on Clocks* (G. Libri, ό.π., III, 108)· παρομοίως, ένας ακόμα θεωρητικός της μηχανικής ο Federico Commandino, έγραψε το *De horologium descriptione* (Ρώμη, 1562). Ο Cardano διατύπωσε επίσης τις θεωρητικές προτάσεις του για την κίνηση στη βάση της εμπειρίας των ωρολογιοποιών (G. Cardano, *De rerum varietate*, 1557, Book IX "De Motibus"). Ο Guidobaldo del Monte, στο *Mechanicorum liber* (1577), διατύπωσε την αρχή ότι το βάρος και η δύναμη είναι αντιστρόφως ανάλογα όσον αφορά την απόσταση που διανύουν στον ίδιο χρόνο, βάσει της εμπειρίας του με τις τροχαλίες (M. Cantor, ό.π., II (1892) σελ. 524). Και ο Γαλιλαίος και ο Καρτέσιος παρομοίως συνήγαγαν τις μηχανικές αρχές και έννοιές τους από την ανάλυση των ανυψωτικών μηχανών.

250 Pierre Dubois, *Horlogerie: description et iconographie des instruments horaires du XVII^e siècle, précédée d'un abrégé historique: L'horlogerie au moyen âge et pendant la renaissance, suivie de la bibliographie complète de l'art de mesurer le temps depuis l'antiquité jusqu'à nos jours*, Paris: Didron, 1858, σελ. 25.

Έτσι δημιουργήθηκε ένα πεδίο παρατήρησης στην επιστημονική Μηχανική με γόνιμα αποτελέσματα για τη μελέτη των θεμελιωδών νόμων της κίνησης: η κατακόρυφη κίνηση ενός βάρους που έπεφτε αργά μετατρέποταν μέσω μίας συσκευής μετατροπής στην κυκλική κίνηση του μηχανισμού γραναζιών. Ο αυτοματισμός της περιστροφής του πλανηταρίου έπρεπε να προσαρμοστεί -σύμφωνα με τις αστρονομικές κινήσεις- στην ταχύτητα της κίνησης των επιμέρους ουράνιων σωμάτων. Η κίνηση των διάφορων γραναζιών και τροχών που έπρεπε να κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες και να διαγράφουν διαφορετικές τροχιές οδηγούνταν από ένα μοναδικό βάρος – κάτι που αναπόφευκτα οδήγησε στον συστηματικό αναστοχασμό πάνω στα αίτια αυτών των διαφορών όσον αφορά τον χρόνο και τον χώρο.

Η παρατήρηση των μηχανών οδήγησε στην πεποίθηση ότι ήταν αδύνατον να υπάρχει *αικίνητο*, καθώς, όπως εξηγεί ο Cardano, «σε μεγάλα χρονικά διαστήματα όλα τα φυσικά σώματα φθείρονται και καταστρέφονται, όσο περισσότερο κινούνται [omnia naturalia corpora longo temporis spatio, tum magis si moveantur, atteruntur atque consumuntur]». Έτσι, κάθε ρολόι πρέπει να κουρδιστεί για να κινηθεί.²⁵¹ Μολονότι, επομένως, δεν μπορεί να επιτευχθεί εργασία χωρίς κόστος, μπορεί ωστόσο να μειωθεί σημαντικά το κόστος της. *Η θεμελιώδης αρχή της Μηχανικής καθώς και ο πραγματικός σκοπός των μηχανών είναι να εξοικονομούν ανθρώπινη εργασία*. Όπως το έθεσε ο Petrus Ramus, ο Θεός δημιούργησε τον κόσμο βάσει του μοντέλου του ζυγού· επομένως μπορεί κανείς να σηκώσει μεγάλα βάρη με τη βοήθεια μιας μικρής τροχαλίας.²⁵² Εξοικονόμηση ανθρώπινης εργασίας! Αυτή η αρχή που αποκομίστηκε από τη μελέτη των μηχανών τονίστηκε από τον Conrad Dasypodius (1580), τον καθηγητή μαθηματικών που κατασκεύασε το αστρονομικό ρολόι του Στρασβούργου,²⁵³ και η ίδια αρχή αναφέρεται ακόμα και στον [υπό]τίτλο της ιταλικής έκδοσης της «Μηχανικής» του Guidobaldo del Monte (1581): “Nellequali si contiene la vera Dottrina di tutti gli Istrumenti principali da mover pesi grandissimi con picciola forza” – ένας τίτλος που αναπαράγεται αυτολεξεί στην *Πραγματεία για τη Μηχανική* του Καρτέσιου (1637).

VIII

Η ιστορική ανασκόπηση των τεχνολογικών εξελίξεων μας έδειξε πόσο ισχυρή και καθολική ήταν η επιρροή που άσκησαν σε διάφορα πεδία της επιστήμης και της ζωής οι τεχνολογικές επαναστάσεις κατά τον δέκατο έκτο και τον δέκατο έβδομο αιώνα. Ο Καρτέσιος δεν έμεινε ανεπηρέαστος από αυτήν την τεχνολογική τάση. Από τις βιογραφίες του γνωρίζουμε ότι ακόμα και στο Κολέγιο των Ιησουιτών στη La Flèche εκπαιδεύτηκε ως αξιωματικός του πυροβολικού και, μεταξύ άλλων, μελέτησε «την τέχνη της οχύρωσης και τη χρήση των μηχανών»,²⁵⁴ και ότι καθ' όλη τη ζωή του διατήρησε το ενδιαφέρον του για τις μηχανές και τα τεχνολογι-

251 Giralomo Cardano, *De Subtilitate* (Basle, 1560) Liber XVII, σελ. 1082.

252 “Deus universum libavit ... Magna igitur exiguae machinulae opera sunt” (Petrus Ramus, *Mathematicorum libri* (Basle, 1569) σελ. 58, 61).

253 “[Quae sit causas,] quod maxima pondera, minimis moveantur viribus: et quibusnam talis motus fiat machinis” (Conrad Dasypodius, *Heron Mechanicus* (Strasbourg, 1580) σελ. E2r.

254 Mouy, *Le Développement de la Physique Cartésienne* (Paris, 1934) σελ. 2.

κά προβλήματα. Γνωρίζουμε από τις σημειώσεις που κρατούσε στα νιάτα του, τα *Cogitations privatae* (1619) ότι όταν έμαθε για μια ιδιοφυή εφεύρεση αναρωτήθηκε εάν χωρίς να διαβάσει τίποτα για το θέμα θα μπορούσε και εκείνος να εφεύρει κάτι τέτοιο,²⁵⁵ καθώς και ότι πειραματίστηκε με μικρά αυτόματα που είχε φτιάξει ο ίδιος.²⁵⁶ Έχουμε ήδη αναφέρει ότι από το 1628 και έπειτα ο Καρτέσιος απασχολούνταν με έργα που τον οδήγησαν στην εφεύρεση μιας μηχανής κοπής γυαλιού. Γνωρίζουμε επίσης ότι, σύμφωνα με τον Baillet, συμμετείχε ως εθελοντής στον στρατό του Maurice από τη Nassau στην Ολλανδία (1618-1619) επειδή τον προσέλευσε η φήμη του πρίγκιπα ως μαθηματικού και εφευρέτη μηχανών.²⁵⁷ Επιπλέον, γνωρίζουμε ότι τον Αύγουστο του 1628 ο Καρτέσιος έλαβε μέρος ως εθελοντής στην πολιορκία του φρουρίου των Ουγενότων της La Rochelle από τον Richelieu. Όπως αναφέρει ο Baillet, αυτό του έδωσε την ευκαιρία να εξετάσει τις οχυρώσεις της πόλης που είχαν χτιστεί από τον διάσημο μηχανικό Pompee Targon καθώς και τις μηχανές που κατασκευάστηκαν κοντά στη θάλασσα από τους μηχανικούς Marillac και Du Plessis-Besancon, και να τις συζητήσει με επιφανείς μηχανικούς, ιδιαίτερος τον φίλο του τον Desargues, τον τεχνικό σύμβουλο του Richelieu.²⁵⁸ Είναι επίσης γνωστό ότι μεταξύ των φίλων του ήταν ένας αντιπρόσωπος της μεγάλης βιομηχανίας, ο maréchal Fabert, ο οποίος είχε διασυνδέσεις με σημαντικά χυτήρια στο Moyeuve (Lorraine).²⁵⁹ Επιπλέον, στα ταξίδια του στην Ιταλία και τη Γερμανία, και κατά τη διάρκεια της παραμονής του στην Ολλανδία ο Καρτέσιος είχε άφθονες ευκαιρίες να έρθει σε επαφή με τα τεχνολογικά επιτεύγματα αυτών των χωρών.²⁶⁰ Έχουμε ήδη δει πόσο τον εντυπωσίασαν ο υδρομηχανικός εξοπλισμός του πάρκου του Saint Germain en Laye. Σε αμέτρητα εδάφια όλων των βασικών του έργων ο Καρτέσιος επεκτείνει τις μηχανικές αρχές από τη φυσική σε όλα τα φαινόμενα της οργανικής ζωής: στα σώματα των ανθρώπων και των ζώων και στα όργανά τους: η γλώσσα, η μύτη, τα μάτια, οι πνεύμονες, η καρδιά, το στομάχι, οι μύες και τα νεύρα συχνά αποκαλούνται μηχανές²⁶¹ οι οποίες λειτουργούν σύμφωνα με τις ίδιες αρχές όπως τα ρολόγια ή άλλες μηχανικές συσκευές.²⁶²

255 “Juvenis, oblatis ingeniosis inventis, quaerebam ipse per me possemne invenire, etiam non lecto auctore.” (AT X, σελ. 214).

256 AT X, σελ. 231, και Charles Adam, AT XII, σελ. 157.

257 Adrien Baillet, *La Vie de Mr. Des-Cartes*, Paris, 1691, I, σελ. 41.

258 AT, I, σελ. 157. Ο Gilson (ό.π., σελ. 286) θεωρεί ότι έχει διαπιστωθεί με βεβαιότητα ότι ο Καρτέσιος ποτέ δεν έλαβε μέρος στην πολιορκία της La Rochelle· σύμφωνα με την αναφορά του Baillet ο Καρτέσιος επέστρεψε από εκεί στο Παρίσι στις 11 Νοεμβρίου του 1628. Όμως ο Isaac Beeckman επιμένει στο *Journal* του ότι εκείνη την εποχή ο Καρτέσιος ήταν στην Ολλανδία. Ωστόσο, η αναφορά του Baillet είναι πολύ συγκεκριμένη και λεπτομερής για να αποτελεί επινόηση. Οι καταχωρίσεις του Beeckman στο ημερολόγιό του δεν διαψεύδουν τον Baillet. Ο ίδιος ο Gilson λέει ότι «ο Beeckman δεν έχει καλή πληροφόρηση για τις κινήσεις του Καρτέσιου». Για να προστατεύσει τον εαυτό του από την περιέργεια των ανθρώπων ο Καρτέσιος δεν θα είχε διστάσει να κρατήσει την παλιά του διεύθυνση μολοντί είχε φύγει για τη Γαλλία.

259 Maxime Leroy, *Descartes social*, ό.π., σελ. 44.

260 Γνωρίζουμε, για παράδειγμα, ότι είδε την περιπλοκή μηχανή του αστρονομικού ρολογιού του Στρασβούργου, που επιπλέον του ωρολογιακού μηχανισμού, κινούσε διάφορα τεχνητά ουράνια σώματα και αγάλματα, και θεωρούνταν ένα θαύμα του κόσμου (Descartes, Letter to Mersenne, Oct. 8, 1629, AT I, σελ. 25).

261 «Υποθέτω ότι το σώμα δεν είναι παρά ένα άγαλμα ή μια μηχανή» (AT XI, σελ. 120· βλ. επίσης σελ. 125, 148, 145, 163, 173, κ.λπ.).

262 Έτσι, μετά την εξήγηση του αυτοματισμού της κυκλοφορίας του αίματος (*Λόγος*, V, σελ. 51) λέει ότι όλα αυτά «μπορούν να κινούνται δίχως να τα οδηγεί η βούληση. Πράγμα που δεν θα φανεί καθόλου παράδοξο σε όσους γνωρίζουν πόσων ειδών αυτόματα ή μηχανές που κινούνται μόνες τους, μπορεί να φτιάξει η φιλοπονία των

Όμως το πιο εντυπωσιακό παράδειγμα της επιρροής των μηχανών στη σκέψη του είναι η παράξενη ιδέα του (που δεν θα μπορούσε να έχει προκύψει σε κάποιον αρχαίο ή μεσαιωνικό άνθρωπο αλλά θα μπορούσε να είναι μόνο προϊόν μιας «μηχανικής εποχής») ότι όταν βλέπει τον δρόμο από τον υψηλότερο όροφο ενός σπιτιού, αυτά που βλέπει να περνούν ίσως να μην είναι άνθρωποι αλλά *αυτόματα* που φορούν καπέλα και ρούχα.²⁶³ Ακόμα και μια ιδέα τόσο αφηρημένη όσο η διάσημη απόδειξη της ύπαρξης του Θεού από την ύπαρξη της ιδέας του Θεού, κατασκευάστηκε, στους *Στοχασμούς* (1641) και στην απάντηση στις πρώτες «αντιρρήσεις» του Caterus, βάσει του παραδείγματος των μηχανών.²⁶⁴

Οι μηχανικές αρχές και οι νόμοι που αποκομίστηκαν από τη μελέτη των μηχανών επεκτάθηκαν από τον Καρτέσιο στη Φυσική και τη Βιολογία, και τελικά στο σύμπαν.²⁶⁵ Στις *Αρχές της Φιλοσοφίας* [Principia philosophiae] ο Καρτέσιος δηλώνει ρητά ότι είχε εμπνευστεί από τις μηχανές όταν κατασκεύαζε το μηχανιστικό του σύστημα του κόσμου.²⁶⁶

ανθρώπων χρησιμοποιώντας κομμάτια ελάχιστα». (Επιπλέον εξηγεί «πως η κίνηση αυτή που εξήγησα παραπάνω απορρέει από αυτή καθεαυτή τη διάταξη των οργάνων ... εξίσου αναγκαστικά όσο και η κίνηση του ρολογιού απορρέει από τη δύναμη, τη θέση και το σχήμα που έχουν τα αντίβαρα και οι τροχοί του». (*Λόγος*, V, σελ. 46-47.) Ο Καρτέσιος λέει παρόμοια πράγματα στο τέλος του *Traité de l'Homme* (1644) AT XI, σελ. 202. Παρομοίως στον διάλογο «Η Αναζήτηση της Αλήθειας» (1628) ο Εύδοξος (=Καρτέσιος) μιλά για μέρη του σώματος όπως το κεφάλι, τα πόδια, η μύτη, κ.λπ., «που απαρτίζουν την ανθρώπινη μηχανή» (*Philos. Works*, I, 321).

263 «Έβλεπα από το παράθυρο ανθρώπους να διασχίζουν την πλατεία για τους οποίους έχω συνηθίσει να λέω ότι τους βλέπω ... Τι βλέπω όμως πέρα από καπέλα και ρούχα κάτω από τα οποία μπορεί να κρύβονται αυτόματες μηχανές [οι κινήσεις των οποίων μπορεί να προκαλούνται από ελατήρια];» (Ρενέ Ντεκάρτ, *Στοχασμοί Περί της Πρώτης Φιλοσοφίας*, μτφρ. Ευάγγελος Βανταράκης, Αθήνα: Εκδόσεις Εκκρεμές (2003), σελ. 82. Οι λέξεις στις αγκύλες παραλείπονται από την αγγλική μετάφραση των Haldane και τον Ross [όπως και από την ελληνική μετάφραση, σμ.], αλλά βρίσκονται στο πρωτότυπο κείμενο και στην αγγλική μετάφραση από τον John Veitch, *The Method, Meditations and Philosophy* (Washington, 1901).

264 «Αυτό γίνεται σαφές σε αυτές τις Απαντήσεις συγκρίνοντάς το με μια πολύ περίτεχνη μηχανή, η ιδέα της οποίας βρίσκεται στο νου κάποιου εργάτη. Όπως η μηχανή που αντιστοιχεί σε αυτήν την ιδέα πρέπει να έχει κάποιο αίτιο, δηλαδή, την επιστήμη που κατέχει ο εργάτης ... είναι παρομοίως αδύνατον η ιδέα του Θεού που είναι μέσα μας να μην έχει τον ίδιο τον Θεό ως αίτιο» (Summary of the third meditation, AT IX, 11, 83, 84- *Philos. Works*, I, σελ. 141-2).

265 Ήδη στον Λόγο (V) ο Καρτέσιος λέει ότι «οι νόμοι της μηχανικής είναι ίδιοι με αυτούς της φύσης» (*Philos. Works*, I, σελ. 115). Παρομοίως διαβάζουμε στις Αρχές της Φιλοσοφίας IV, 203: «Και είναι βέβαιο ότι δεν υπάρχουν κανόνες στη μηχανική που να μην ισχύουν στη φυσική, της οποίας η μηχανική αποτελεί ένα μέρος ή είδος, και έτσι οτιδήποτε είναι τεχνητό είναι επίσης και φυσικό» (ό.π., I, σελ. 299). Σε ένα γράμμα στον De Beaune (Απρίλιος 30, 1639, AT II, 542) ο Καρτέσιος επίσης επιμένει ότι «όλη η φυσική μου δεν είναι παρά μηχανική». Κάνει μια παρόμοια δήλωση στα γράμματά του στον Plempius (3 Οκτ. 1637, AT I, σελ. 421 και 15 Φεβ. 1638, AT I, σελ. 524). Και ο Leibniz αργότερα λέει το ίδιο: «Je serais porté à allier ... le Physique avec le Méchanique ... Je crois que tout Physique dépend du Méchanique dans le fond, mais nous ne saurions encore arriver à ce fond-là» (Leibniz's letter to Grimarest, February 21, 1712 στο *Leibnitii opera omnia*, τομ. 5, επιμ. Dutens, Geneva, 1768, σελ. 63). Ο κόσμος υπόκειται σε μηχανικούς νόμους παρόλο που τα έσχατα θεμέλιά του μας γυρνάνε πίσω στη Μεταφυσική. «Quand je cherchait les dernières raisons du Méchanisme et des lois même du Mouvement, je fus tout surpris de voir qu'il était impossible de les trouver dans les Mathématiques et qu'il fallait retourner à la Métaphysique» (Leibniz's letter to Remond de Montmort, January 10, 1714, στο *Opera omnia*, τομ. 5, επιμ. Dutens, σελ. 8-9). *Epistola de Rebus Philosophicis ad Fred. Hoffmann* (1699): «Mihi videris de mechanismo naturae iudicare rectissime, et mea quoque semper fuit scientia, omnia in corporibus fieri mechanice, etsi non semper distincte explicare possimus singulos mecanismos: ipsa vero principia mechanismi generalia ex altiore fonte profluere ...» (*Leibnitii Opera Philosophiae*, επιμ. Erdmann, Berlin, 1840, I, σελ. 161).

266 «Το παράδειγμα ορισμένων τεχνητών πραγμάτων μου χρησίμευσε, καθώς δεν μπορώ να δω καμία διαφορά μεταξύ αυτών [των μηχανών που φτιάχνονται από τεχνίτες] και διάφορων φυσικών σωμάτων». (*Principles of Philosophy*, IV, art. 203, *Phil. Works*, I, σελ. 299). Οι λέξεις στις αγκύλες παραλείφθηκαν από τους μεταφραστές στα γαλλικά: «les machines que font les artisans». Δεν μιλάμε για «σώματα» φτιαγμένα από τεχνίτες αλλά ακριβώς

Η Μηχανική -για να χρησιμοποιήσουμε μια έκφραση του Lewis Mumford- έγινε η νέα θρησκεία και έδωσε στον κόσμο έναν νέο Μεσσία: τη μηχανή. Ο Καρτέσιος ήταν τόσο κυριαρχημένος από τις μηχανιστικές ιδέες που δεν μπορούσε να σκεφτεί τον κόσμο ή κάποιο από τα μέρη του χωρίς να τα συγκρίνει αμέσως με κάποια μηχανή. Όπως δικαίως λέει ο καθηγητής Adam: «Διαρκώς χρησιμοποιεί ... συγκρίσεις δανεισμένες από τη μηχανική ... Στο μυαλό του αυτές δεν είναι απλά συγκρίσεις αλλά πραγματικές εξομοιώσεις – σχεδόν ταυτίσεις».²⁶⁷

Ωστόσο, η σημαντικότερη έκφραση των μηχανιστικών ιδεών του Καρτέσιου δεν είναι οι πολλές συγκρίσεις που προκύπτουν σε όλα του τα έργα μεταξύ των σωμάτων των ανθρώπων ή των ζώων και διάφορων μηχανών (ρολόγια, υδατοφράκτες, μύλοι, σιντριβάνια, καμπάνες, υδρομηχανές, όργανα, κ.λπ.) αλλά η κοσμολογία του, η θέση του για τη διαμόρφωση του σύμπαντος που πρώτα εισήγαγε στο *Traité de la Lumière* (1632),²⁶⁸ και αργότερα στο Μέρος III των *Αρχών της Φιλοσοφίας* (1644). Σε ανοιχτή αντιπαραβολή με τη Βιβλική ιστορία της δημιουργίας, ο Καρτέσιος αναπτύσσει σε μορφή υπόθεσης τη θεωρία ότι ο ήλιος, η γη και τα πάντα πάνω της, οι απλανείς αστέρες, οι κομήτες, η παλίρροια και η άμπωτη της θάλασσας, κ.λπ., δεν δημιουργήθηκαν πλήρως σχηματισμένα, αλλά *διαμορφώθηκαν αυτόματα και μηχανικά* κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων από τα απλούστερα στοιχεία της ύλης και τις κινήσεις τους. Ο Καρτέσιος, ως μηχανικός, δημιουργεί μπροστά στα μάτια μας από αυτά τα απλούστερα στοιχεία της ύλης και τις κινήσεις τους το μοντέλο ενός δεύτερου κόσμου, ένα μοντέλο κόσμου που είναι πανομοιότυπο με τον πραγματικό κόσμο, αποδεικνύοντας έτσι την αναγκαιότητα της μηχανικής του καταγωγής, ότι δηλαδή από αυτά τα στοιχεία, σύμφωνα με τους καθιερωμένους μηχανικούς νόμους της φύσης, *μόνο αυτός και κανένας άλλος κόσμος δεν θα μπορούσε να είχε προκύψει. Το ηλιακό σύστημα εξελίχθηκε μηχανικά από το χάος*, με την ύλη μέσα στο πέρασμα του χρόνου να έχει πάρει όλες τις δυνατές μορφές και διατηρήθηκαν μόνο αυτές που, σύμφωνα με τους γενικούς νόμους της κίνησης, ικανοποιούσαν επαρκείς συνθήκες ισορροπίας και σταθερότητας. Αυτή η θεωρία ήταν ο πρόδρομος αυτών που ανέπτυξαν αργότερα ο Kant και ο Laplace.²⁶⁹

για «μηχανές».

267 Ch. Adam, *La vie et oeuvres de Descartes* (AT XII, σελ. 162).

268 AT XI, 3–118: Ο Καρτέσιος συνοψίζει αυτή τη θέση στο Λόγο V (*Philos. Works*, I, σελ. 107–109).

269 Emile Boutroux, “Descartes and Cartesianism”, στο *The Cambridge Modern History*, New York, τομ. IV (1907) σελ. 783). Βλ. Immanuel Kant, *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels oder von dem mechanischen Ursprung des ganzen Weltgebäudes*, 1755, και Laplace, *Exposition du système du monde*, 1796. Και ο Kuno Fischer αξιολογεί τη φιλοσοφία του Καρτέσιου παρόμοια με τον Boutroux: «Η σημασία του φυσικού φιλοσοφικού συστήματός του συνίσταται στην απόπειρα να εξηγήσει τις απαρχές του συστήματος του κόσμου καθαρά μηχανικά». Kuno Fischer, *Descartes und seine Schule*, Heidelberg, 1889 3η έκδ. τομ. I, μέρος 1, σελ. 356. Η ίδια σκέψη τονίζεται από τον Christiaan Huygens σε μια νεκρολογία μετά τον θάνατο του Καρτέσιου (1650) όπου γράφει: *Cette âme qui toujours en sagesse féconde Faisait voir aux esprits ce qui se cache aux yeux, après avoir produit le modèle du monde, S’informe désormais du mystère des cieus.* (Foucher de Careil, *Oeuvres inédites de Descartes*, Paris: Durand, 1859, II, σελ. 236)

Αυτός ήταν ο σκοπός του πρώτου έργου του (*Le Monde*) που για γνωστούς λόγους παρέμεινε αδημοσίευτο και, εκτός από την πραγματεία για το φως (*Traité de la Lumière*), έχει χαθεί. Το ουσιαστικό του περιεχόμενο διασώζεται στα τελευταία δύο βιβλία των *Αρχών* και κάποιος μπορεί να υποθέσει ότι η έκδοση αυτού του έργου ήταν πλέον περιττή όσον αφορά το περιεχόμενό του.

Μένει ένα πρόβλημα που φαίνεται να απαιτεί ξεχωριστή ανάλυση. Σήμερα, συχνά παραδεχόμαστε, όπως κάνουν ο καθηγητής G. N. Clark και ο R. C. Epstein, ότι η εφεύρεση των μηχανών και των τεχνικών κατασκευών κατά κανόνα δεν είναι τυχαία αλλά εξαρτάται από τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο και είναι αποτέλεσμα μια δεδομένης κοινωνικής κατάστασης.²⁷⁰

Ένα καλό παράδειγμα της επίδρασης του κοινωνικού περιβάλλοντος είναι η εφεύρεση της υπολογιστικής μηχανής από τον Pascal (1643). Αυτή η εφεύρεση συνδέεται στενά με τις ανάγκες μιας νέας αναδυόμενης κοινωνικής τάξης – της συγκεντρωτικής βασιλικής γραφειοκρατίας: ο Richelieu απαιτούσε μεγάλα ποσά για πολιτικά παιχνίδια εξουσίας. Το 1639 ανέθεσε στον πατέρα του Pascal τον ρόλο του εφοριακού επίτροπου για την περιοχή της Άνω Νορμανδίας με αρχηγείο στη Rouen, και εκείνος κατέβαλε μεγάλη προσπάθεια για να ικανοποιήσει τις επιθυμίες του Καρδινάλιου και πολλαπλασίασε τους επαχθείς φόρους. Τόσο η συλλογή όσο και η επιβολή των φόρων απαιτούσαν μεγάλο αριθμό υπολογισμών. Αυτοί που ήταν καλοί στους υπολογισμούς ήταν σπάνιοι και ο νεαρός Blaise Pascal επιστρατεύθηκε για αυτό το δύσκολο έργο. Αυτό έδωσε στον εικοσάχρονο μαθηματικό το κίνητρο για την εφεύρεση μιας αυτόματης μηχανής που κάνει προσθέσεις.²⁷¹ Για την ακρίβεια, η εφεύρεση του Pascal ήταν απλά προσαρμογή μιας παλιάς γνωστής μηχανής -του ρολογιού- στις νέες απαιτήσεις. Το ρολόι δεν είναι παρά μια μηχανή που κάνει προσθέσεις: προσθέτει χρόνο – δευτερόλεπτα, λεπτά, ώρες. Η πλήρης περιστροφή του μικρότερου γραναζιού προκαλεί τη μερική περιστροφή ενός μεγαλύτερου γραναζιού, και αυτό ακριβώς συμβαίνει και σε μια μηχανή πρόσθεσης.

Το πόσο συμβάδιζε με τις ανάγκες της εποχής η μηχανή υπολογισμού φαίνεται από την άμεση εξάπλωση αυτής της εφεύρεσης. Ο Ολλανδός Ιησουίτης Johann Ciermans στο “*Disciplinae mathematicae*” (1640) αναφέρει μια υπολογιστική μηχανή με τροχούς που είχε εφεύρει για να κάνει πολλαπλασιασμούς και διαιρέσεις.²⁷²

Ο Sir Samuel Morland εφηύρε μια μηχανή πρόσθεσης το 1666· η μηχανή πολλαπλασιασμού και διαίρεσης του Hooke εφευρέθηκε περί το 1670.²⁷³ Είναι γνωστό ότι ο Leibniz είχε ασχοληθεί όλη του τη ζωή με υπολογιστικές μηχανές.

270 «Παραμένει κανόνας ότι οι τυχαίες εφευρέσεις δεν έχουν σημασία για τις μεγάλες κοινωνικές διεργασίες από τις οποίες έχει αναπτυχθεί η τεχνολογία μας». (G. N. Clark, *Science and Social Welfare in the Age of Newton*, Oxford, 1937, σελ. 8. Βλ. επίσης Ralph C. Epstein, “Industrial Invention: Heroic, or Systematic?” *Quarterly Journal of Economics* 40 (1926) σελ. 232–272).

271 Fortunat Strowski, *Pascal et son temps*, Paris, 1921, II, σελ. 50.

272 Βλ. M. Cantor, ό.π. Vol II, 1892.

273 Βλ. R. T. Gunther, *Early Science in Oxford*, Oxford 1923, I, σελ. 129.

Κατά τη διάρκεια της παραμονής του στο Παρίσι το 1672 παρουσίασε μια υπολογιστική μηχανή που μπορούσε να κάνει όχι μόνο προσθέσεις και αφαιρέσεις αλλά να υπολογίζει ακόμα και τετραγωνικές ρίζες. Η εφεύρεση παρουσιάστηκε στις επιστημονικές κοινότητες του Παρισιού και του Λονδίνου και έκανε τον Leibniz μέλος της Βασιλικής Ακαδημίας.

Ωστόσο, δεν είναι εξίσου εύκολα αποδεκτό ότι το ίδιο ισχύει και για τις διανοητικές κατασκευές και μεθόδους· συχνά αντιμετωπίζονται σαν να ήταν ανεξάρτητες από την εποχή τους και το κοινωνικό περιβάλλον: *spiritus flat ubi vult*. Θεωρώ ότι δεν υπάρχει κάποιος καλός λόγος για να αποδίδουμε αυτήν την ιδιαίτερη θέση στις διανοητικές κατασκευές, καθώς δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ της εφεύρεσης μιας τεχνικής και μιας διανοητικής κατασκευής. Σε τελευταία ανάλυση, κάθε τεχνική κατασκευή είναι και διανοητική κατασκευή. Ο Francis Bacon επισήμανε την κοινωνική επίδραση στις ιδέες γενικά, και στις επιστημονικές μεθόδους ειδικότερα, και τόνισε «ότι κατά τις περιστροφές των εποχών και του κόσμου υπάρχουν πλημμύρες και άμπωτες στις επιστήμες, και ότι τη μια στιγμή αναπτύσσονται και ανθίζουν και την άλλη φθίνουν».²⁷⁴ Ο Bacon παραδέχεται ότι αυτό ισχύει και για τη δική του συμβολή στην επιστημονική μέθοδο: «Και έτσι αυτή η μέθοδος είναι ... περισσότερο γέννημα μιας εποχής παρά μιας διάνοιας» (“*et potius temporis partus quam ingenii*”).²⁷⁵ Αυτό φαίνεται σε πολλά άλλα παραδείγματα διανοητικών κατασκευών: την εποχή της πρώτης διείσδυσης των επαναστατικών μηχανικών τεχνικών στη βιομηχανία και την ιδιωτική ζωή, οι διανοητικές κατασκευές επηρεάστηκαν επίσης βαθιά από τις σύγχρονες μηχανιστικές ιδέες. Στις μέρες μας χρησιμοποιούμε τον όρο «μηχανή» και για μη υλικά πράγματα: για παράδειγμα μιλάμε για «γραφειοκρατικές μηχανές», «μηχανές πολιτικών κομμάτων», ή «μηχανές προπαγάνδας». Μια παρόμοια αντίληψη συναντάται και στην εποχή του Καρτέσιου.²⁷⁶

Επομένως, η ανακάλυψη του θεμελιώδους νόμου της υδροστατικής από τον Γαλιλαίο, που αφορά την ισορροπία δύο υγρών σε συγκοινωνούντα δοχεία, επετεύχθη μέσω μιας διανοητικής κατασκευής που ακολουθεί με ακρίβεια το μοντέλο μιας μηχανής (τον ζυγό). Στο “*Discorso intorno alle cose che stanno in su l’acqua, o che in quella si muovono*” (1612)²⁷⁷ ο Γαλιλαίος εξηγεί πώς η ισορροπία μεταξύ δύο στηλών νερού άνισου βάρους [ίδιο ύψος αλλά διαφορετική διάμετρος] επιτυγχάνεται εάν φανταστούμε τις δύο στήλες ως *δύο διαφορετικά βάρη που ισορροπούν σε έναν ζυγό με άνισους βραχίονες*. Η ισορροπία επιτυγχάνεται μέσω της αντιστάθμισης του παράγοντα της ταχύτητας σε ένα κινούμενο σώμα και του παράγοντα της βαρύτητας σε ένα άλλο σώμα. Η πολύ ταχεία ανύψωση της μικρής ποσότητας του νερού στον στενό σωλήνα ανθίσταται στην πολύ αργή πτώση της μεγάλης ποσότητας νερού στον φαρδύ σωλήνα. Εν συντομία, τα υγρά συμπεριφέρονται σαν στερεά σε έναν ζυγό με άνισους βραχίονες. Η σκέψη του Γαλιλαίου

274 *Novum Organum*, Book I, 92 (*Works I*, σελ. 198–199).

275 Ό.π., I, 122 (*Works I*, σελ. 216–217).

276 Ο 16ος αιώνας είναι η περίοδος κατά την οποία αναπτύσσεται στην Αγγλία η θεωρία της «Ισορροπίας του Εμπορίου»· ακόμα και το όνομα υποδεικνύει το μηχανικό μοντέλο στο οποίο βασίζεται αυτή η φράση. Βλ. W. H. Price, “The Origin of Phrase Balance of trade”, *Quarterly Journal of Economics* 20 (1906) σελ. 161.

277 *Le Opere*, Edizione Nazionale, τομ. 4 (1932) σελ. 687, και 78.

τοποθέτησε το πρόβλημα των υγρών στο πεδίο της γενικής Μηχανικής. Τα υδροστατικά φαινόμενα που αρχικά έμοιαζαν τόσο διαφορετικά από τη συμπεριφορά των στερεών και αντιστέκονταν στο να υπαχθούν σε οποιονδήποτε κανόνα, τελικά, χάρη στη διανοητική κατασκευή του Γαλιλαίου, αποδείχθηκε ότι υπόκεινται στους ίδιους μηχανικούς νόμους που ισχύουν για τα στερεά. Αργότερα ο Pascal συνήγαγε από αυτό²⁷⁸ ότι «ένα δοχείο γεμάτο με νερό αποτελεί μια νέα αρχή της μηχανικής, και μια νέα μηχανή για να πολλαπλασιάζει τις δυνάμεις ... ένας άνδρας με αυτόν τον τρόπο θα μπορεί να σηκώνει οποιοδήποτε βάρος».

Ένα ακόμα παράδειγμα μιας μεθόδου που κατασκευάστηκε υπό την επίδραση των σύγχρονων μηχανιστικών ιδεών προσφέρεται από τον Hobbes, ο οποίος στο “De Cive” (1642) δηλώνει ότι στην ανάλυση του κράτους ακολουθεί μία μέθοδο στην οποία «τα πάντα κατανοούνται καλύτερα με βάση τα συστατικά τους αίτια». Φαντάζεται το κράτος και την κοινωνία των πολιτών ως μια μεγάλη μηχανή η ουσία της οποίας μπορεί να κατανοηθεί μόνο όταν αποσυντεθεί νοητικά στα στοιχεία της, τα οποία προκύπτουν από την ανθρώπινη φύση.²⁷⁹

Ένα άλλο παράδειγμα μιας διανοητικής κατασκευής που βασίζεται στη μηχανική σκέψη, που διαμορφώθηκε, δηλαδή, σύμφωνα με το μοντέλο μιας μηχανής είναι -όπως έδειξε ο Sombart- το σύστημα της ακριβούς τήρησης λογιστικών βιβλίων. Αναπτύχθηκε πρώτα στην Ιταλία κατά τη διάρκεια του 13^{ου} και του 14^{ου} αιώνα και βρήκε την καλύτερη έκφρασή του στο πρώτο επιστημονικό σύστημα τήρησης διπλογραφικών βιβλίων στο *Treatise* του Fra Luca Pacioli (1494) στο οποίο απλά διατύπωσε θεωρητικά μια πρακτική που υπήρχε για πάνω από 100 χρόνια.²⁸⁰ Όπως λέει ο Sombart, εκείνη την εποχή στην Ιταλία «το γενικό πνεύμα ήταν πολύ προηγμένο στο πεδίο του εξορθολογισμού και της μηχανοποίησης». Το σύστημα τήρησης διπλογραφικών βιβλίων, με τη συστηματική ταξινόμηση όλων των οικονομικών πιστώσεων και χρεώσεων σε ένα αρμονικό ενιαίο σύνολο «μπορεί να αποκληθεί ο πρώτος κόσμος που ορθώθηκε βάσει της αρχής της μηχανικής σκέψης. Εν συντομία, το σύστημα τήρησης διπλογραφικών βιβλίων γεννήθηκε από το ίδιο πνεύμα που γέννησε τα συστήματα του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα».²⁸¹

Δεν πρέπει να υποθέσουμε ότι αυτά που έχουμε αποδείξει σχετικά με τις διανοητικές κατασκευές του Bacon, του Γαλιλαίου και του Hobbes ισχύουν και για την αλγεβρική μέθοδο του Καρτέσιου;

278 Στο *Traité de l'équilibre des liqueurs* που γράφτηκε το 1654, *Oeuvres de Blaise Pascal*, III, επιμ. Léon Brunschvicg and Pierre Boutroux, Paris: Hachette, 1908, σελ. 163.

279 «Γιατί όπως σε ένα ρολόι, ή σε κάποια άλλη μικρή μηχανή αυτού του είδους, η ύλη, η μορφή και η κίνηση των τροχών δεν μπορούν να κατανοηθούν σωστά, εάν δεν την αποσυνθέσουμε ώστε να δούμε ξεχωριστά τα μέρη της· έτσι για να διερευνήσουμε τα δικαιώματα των κρατών και τις υποχρεώσεις των υπηκόων, δεν είναι απαραίτητο να τα διαλύσουμε αλλά πρέπει να τα εξετάσουμε ωσάν να είχαν διαλυθεί» (*The English Works of Thomas Hobbes*, επιμ. W. Molesworth, *Philosophical Rudiments concerning Government and Society*, London, 1841, τομ. II, Πρόλογος, xiv). Βλ. επίσης Frithiof Brandt, *Thomas Hobbes' Mechanical Conception of Nature* (London, 1928).

280 Βλ. *An Original Translation of the Treatise on Double-Entry Book-Keeping by Frater Luca Paccioli*, μτφρ. Pietro Crivelli, London: Institute of Book-Keepers, 1924.

281 Βλ. W. Sombart, “Die Entstehung der kapitalistischen Unternehmung,” *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik* 41 (1916) σελ. 325 και 318.

Με έναυσμα τις επικρατούσες συνθήκες έλαβε χώρα μια επανάσταση στη σκέψη προς τα τέλη του δέκατου έκτου και τις αρχές του δέκατου έβδομου αιώνα· αναδύθηκε ένα νέο ιδεώδες της επιστήμης: οι τελεολογικές εξηγήσεις εγκαταλείφθηκαν οριστικά υπέρ των αιτιακών εξηγήσεων, δηλαδή, της ιδέας ότι μια έγκυρη κατανόηση των πραγμάτων επιτυγχάνεται μόνο δείχνοντας ότι αυτά τα πράγματα έχουν κατασκευαστεί βάσει του μοντέλου των μηχανών και λειτουργούν μηχανικά, δηλαδή, μόνο όταν έχουν εξηγηθεί με βάση τα απλούστερα θεμελιώδη στοιχεία τους και τις κινήσεις τους. Το ζητούμενο, λέει ο Καρτέσιος, δεν είναι να μάθουμε πώς ενεργούν τα αίτια με κάθε λεπτομέρεια. Συχνά είναι απρόσιτα στις αισθήσεις μας και έτσι διαφεύγουν των διανοητικών δυνατοτήτων μας. Όμως ο σκοπός της επιστήμης εκπληρώνεται όταν συλληφθεί η μηχανική δράση των αιτιών με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να συναχθούν *ορθολογικά* από αυτές τα ορατά φαινόμενα, ακόμα και αν οι πραγματικές διαδικασίες διαφέρουν από αυτές που υποθέτουμε. *Το ερώτημα που τίθεται αφορά μόνο ένα ορισμένο είδος ορθολογικής, δηλαδή μηχανιστικής, εξήγησης των φαινομένων, και όχι τη μια ή την άλλη λεπτομέρεια μιας τέτοιας εξήγησης, επειδή «υπάρχουν άπειροι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους θα μπορούσαν να έχουν διαμορφωθεί όλα τα πράγματα που βλέπουμε».* Ο Καρτέσιος το τόνισε αυτό χρησιμοποιώντας το παράδειγμα δύο ρολογιών που αν και κατασκευασμένα με διαφορετικό τρόπο δείχνουν ακριβώς την ίδια ώρα.²⁸² Ο Robert Boyle (1627-1691) ανέπτυξε μια παρόμοια ιδέα. Έφτασε στο συμπέρασμα (1663) ότι οι μηχανές έμαθαν στον άνθρωπο να σκέφτεται το σύμπαν ως μια διαδικασία στην οποία η αλληλουχία των φαινομένων λαμβάνει χώρα με καθαρά μηχανιστικό τρόπο. Ακόμα και όταν δεν μπορούμε να συλλάβουμε αυτήν την αλληλουχία και τα αίτιά της με κάθε λεπτομέρεια, γνωρίζουμε ότι διέπονται καθαρά μηχανικά από υλικά αίτια, εξαλείφοντας κάθε υπερφυσικό παράγοντα.²⁸³

Υπό αυτές τις συνθήκες δεν είναι φυσικό, και ακόμα και απαραίτητο, να υποθέσουμε ότι ο Καρτέσιος χρησιμοποίησε τις ίδιες μηχανιστικές αρχές που θεωρούσε τις μόνες σωστές και που κυριαρχούσαν σε όλη του τη σκέψη ως μοντέλο για την κατασκευή της αλγεβρικής του μεθόδου, και ότι από αυτήν τη μέθοδο δημιούργησε ένα είδος *διανοητικής μηχανής που λειτουργεί αυτόματα, γρήγορα και βέβαια*; Αυτή η υπόθεση επιβεβαιώνεται από την ανάλυσή μας για την Άλγεβρα. Δείξαμε ότι στις μαθηματικές του διαμάχες με τον Fermat και τον Roberval ο Καρτέσιος ισχυριζόταν πως η αλγεβρική του μέθοδος επιδεικνύει τα ίδια πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις μηχανές σε σύγκριση με τη χειρωνακτική τεχνική: απλουστευμένος χειρισμός, αυτόματη λειτουργία, ελαχιστοποίηση του διανοητικού έργου,

282 «Πιστεύω ότι έχω κάνει ό,τι απαιτούνταν από εμένα εάν τα αίτια που έχω προσδιορίσει είναι τέτοια ώστε να ανταποκρίνονται σε όλα τα φαινόμενα που εκδηλώνονται στη φύση ακόμα και αν δεν έχω εξακριβώσει εάν (πράγματι) παράγονται μέσω αυτών ή κάποιαν άλλων». (*The Principles of Philosophy*, Μέρος IV, Art. 204, *Philos. Works*, I, σελ. 300).

283 «Ένας άνθρωπος που βλέπει ένα όπλο να εκπυροκροτεί, μολονότι ίσως να μην μπορεί να περιγράψει τον αριθμό, το μέγεθος, το σχήμα και τη συναρμογή όλων των εξαρτημάτων του όπλου, και όμως μπορεί να συλλάβει εύκολα ότι όλες οι ενέργειες του όπλου, όσο υπέροχες και αν φαίνονται, μπορούν να εκτελεστούν από κάποια κομμάτια ατσάλιου, σιδήρου ... και ξύλου, [κ.λπ.] ... σχεδιασμένα και κατασκευασμένα σύμφωνα με τις ανάγκες της μηχανής, και δεν θα αμφιβάλλει ότι παράγονται από τη δύναμη κάποιας τέτοιας μηχανικής συσκευής καθαρά υλικής, χωρίς τη βοήθεια πνευματικών ή υπερφυσικών παραγόντων». (*The Works of Robert Boyle*, Birch edition, London, 1772, II, σελ. 47).

και, πάνω από όλα, ταχύτητα και βεβαιότητα των αποτελεσμάτων. Παραθέσαμε επίσης μια ρητή δήλωση του ίδιου του Καρτέσιου στην οποία τονίζει τη μηχανική εφαρμοσιμότητα της αλγεβρικής μεθόδου συγκρίνοντάς την με το μηχανικό έργο (“*travail des mains*”) που αφήνει ο αρχιτέκτονας για τους εργάτες (τους επιπλοποιούς και τους ξυλουργούς).

Αξιολογώντας έτσι τον ρόλο της Άλγεβρας ο Καρτέσιος, αντί να μειώνει τη σημασία της, αναγνωρίζει την πραγματική της αξία. Στον *αυτοματισμό* της Αλγεβρικής μεθόδου ο Καρτέσιος βλέπει την *εγγύηση της τελειότητάς της*, επειδή, όπως κάθε άλλος αυτοματισμός, αυτή η μέθοδος είναι ανεξάρτητη από τους υποκειμενικούς και ατομικούς παράγοντες της ανθρώπινης φύσης, «ακριβώς όπως ένα ρολόι ... μπορεί να λείει την ώρα και να μετρά τον χρόνο με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι μπορούμε εμείς με όλη μας τη σοφία».²⁸⁴ Γνωρίζουμε επίσης ότι, αντιστρόφως, ο Καρτέσιος συνήγαγε τον αυτόματο χαρακτήρα των δράσεων των ζώων από την τελειότητά τους.²⁸⁵ Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να θυμηθούμε και πάλι τη μεγάλη επίδραση του μηχανικού ρολογιού στην ανάπτυξη των εννοιών μας. Ο άνθρωπος, σύμφωνα με τα λόγια του Καρτέσιου, λόγω του υποκειμενικού χαρακτήρα της φύσης του μπορεί μόνο εσφαλμένα να μετρά τον χρόνο. Πριν από την εφεύρεση του μηχανικού ρολογιού, τον Μεσαίωνα, *οι ώρες ήταν άνισες*, καθώς κάθε μέρα χωρίζονταν σε μια δωδεκάωρη μέρα και μια δωδεκάωρη νύχτα, παρόλο που μέσα στον χρόνο οι μέρες και οι νύχτες έχουν διαφορετική διάρκεια. Η σχέση μεταξύ μέρας και νύχτας αλλάζει σταθερά και, παρομοίως, ένα ταξίδι από την Ανατολή προς τη Δύση αλλάζει τον χρόνο της ανατολής κατά μερικά λεπτά. Εν συντομία, *ο εμπειρικός χρόνος* ήταν μεταβλητός από μέρα σε μέρα και από ώρα σε ώρα. Αντίθετα, το μηχανικό ρολόι, με την αυτόματη και ακριβή χρονομέτρησή του, ανεξάρτητο από την υποκειμενικότητα της ανθρώπινης φύσης, εισήγαγε τις κανονικές, ίσες ώρες, έναν *αφηρημένο χρόνο* ανεξάρτητο από τα μεταβαλλόμενα εμπειρικά φαινόμενα. Μόνο τότε μπόρεσαν να συσχετιστούν με ακρίβεια τα παρατηρήσιμα φαινόμενα σε διαφορετικές περιοχές. Έτσι το μηχανικό ρολόι «βοήθησε να δημιουργηθεί η πίστη σε έναν ανεξάρτητο κόσμο μαθηματικά μετρήσιμων αλληλουχιών: τον ιδιαίτερο κόσμο της επιστήμης».²⁸⁶

Η αυτοματοποίηση της αλγεβρικής μεθόδου του Καρτέσιου ήταν απλά ένα αποτέλεσμα της θεωρίας του για τη νόηση. Όταν προσπάθησε να φέρει εις πέρας το γιγαντιαίο πλάνο του για μια μηχανιστική εξήγηση ολόκληρου του υλικού κόσμου, το πρώτο πράγμα που προσπάθησε να κάνει ήταν να απαλλαγεί από τις αισθητηριακές ιδιότητες λόγω της υποκειμενικής τους φύσης, ενώ αντιλαμβάνονταν την αντικειμενική πραγματικότητα μόνο ως μηχανική κίνηση. Όταν εφαρμοζόταν στην αλγεβρική μέθοδο αυτή η προσπάθεια συνεπαγόταν ότι και εδώ ορισμένα αποτελέσματα μπορούσαν να επιτευχθούν μόνο εάν εξαλείφονταν ή ελαχιστοποιούνταν τα υποκειμενικά στοιχεία της ανθρώπινης φύσης και τα πάντα ανάγονταν στον αυτοματισμό σταθερών μηχανικών κανόνων λειτουργίας.

284 Λόγος V (*Philos. Works*, I, σελ. 117).

285 Ήδη στο *Cogitationes privatae* διαβάζουμε: «Από την τελειότητα των δράσεων των ζώων υποψιαζόμαστε ότι δεν έχουν ελεύθερη βούληση» (AT X, σελ. 219).

286 Lewis Mumford, *Technics and Civilization*, New York, 1934, σελ. 15.

Από αυτήν την αναγωγή της αλγεβρικής μεθόδου σε σταθερούς μηχανικά εφαρμόσιμους κανόνες λειτουργίας, χωρίς ιδιαίτερη προσφυγή σε κάποια νοητική προσπάθεια, η ιδέα του Καρτέσιου για μια «Καθολική επιστήμη» με την προαναφερθείσα διπλή έννοια του όρου, μπορούσε πλέον να πραγματοποιηθεί.

Με τον Καρτέσιο, η επιστήμη αποκτά έναν πραγματικά νέο χαρακτήρα, δημοφιλή με τη βαθύτερη έννοια του όρου και καθολικά ανθρώπινο· έναν χαρακτήρα ξένο στην αρχαιότητα, καθώς και στον Μεσαίωνα και την Αναγέννηση. Ο Πλάτων τοποθέτησε τους φιλοσόφους υψηλότερα από τις μάζες λόγω της διανοητικής τους ανωτερότητας – σύμφωνα με εκείνον οι μάζες δεν μπορούν να φιλοσοφούν: «[...] είναι αδύνατον η μάζα να έχει σχέση με τη φιλοσοφία. [...] Συνεπώς, κι όσους καταπιάνονται με τη φιλοσοφία η μάζα θα τους κατακρίνει».²⁸⁷

Σε αντίθεση με τον Πλάτωνα, ο Καρτέσιος προβλέποντας και κατακρίνοντας τον κίνδυνο της υπερεξειδίκευσης, ήθελε να αποσπάσει την επιστήμη από τον μικρό κύκλο των «ειδικών» και των «βιρτουόζων», και να την κάνει προσβάσιμη σε όλους τους ευφυείς ανθρώπους. Ποτέ πριν δεν είχε προταθεί μια τέτοια ιδέα. Έτσι ο Καρτέσιος εγκαθίδρυσε *ένα νέο ιδεώδες για την επιστήμη*: δεν θα ήταν το μονοπώλιο μιας ελίτ, αλλά θα δημιουργούνταν μέσω της συνεργασίας όλων των ανθρώπων.

Αυτή η πίστη στην ευφυΐα όλων των ανθρώπων πάρα το ότι δεν έχουν λάβει επίσημη εκπαίδευση εκφράζει το γεγονός ότι από την Αναγέννηση και μετά στη Δυτική Ευρώπη πολλοί απλοί άνθρωποι που δεν είχαν εκπαιδευτεί σε σχολεία διακρίθηκαν λόγω των σημαντικών επιτευγμάτων τους σε ποικίλα πεδία της επιστήμης και της τέχνης. Την εποχή του Καρτέσιου όλοι θυμούνταν ακόμα την περίπτωση του Niccolò Tartaglia, ενός από τους σημαντικότερους μαθηματικούς του δέκατου έκτου αιώνα, ο οποίος ανακάλυψε τη γενική λύση των εξισώσεων τρίτου βαθμού, μολονότι, λόγω της φτώχειας του, δεν είχε αποφοιτήσει από κάποιο σχολείο.²⁸⁸

Ο Καρτέσιος επέκρινε τους πολυμαθείς ειδικούς που λόγω της ματαιοδοξίας τους και της επιθυμίας τους να τους θαυμάζουν σπαταλούσαν την ενέργεια και τα ταλέντα τους σε ευρηματικά παιχνίδια· μιλά ειρωνικά για «την επίλυση κενών προβλημάτων, με τα οποία ψευτοπερνούν τον ελεύθερο χρόνο τους όσοι ειδικεύονται στη Λογική και τη Γεωμετρία».²⁸⁹ «Πράγματι δεν υπάρχει τίποτα πιο μάταιο από το να ασχολείται κανείς με απλούς αριθμούς και φανταστικά σχήματα με τέτοιο τρόπο, ώστε να φαίνεται ότι μένει ικανοποιημένος με τη γνώση τέτοιων ευτελών

287 Πλάτων. 2014. *Πολιτεία*. Μτφ Μ.Ν. Σκουτερόπουλος, Αθήνα: Πόλις: 453.

288 Ο Καρτέσιος οδηγήθηκε στο ίδιο συμπέρασμα και από την προσωπική του εμπειρία. «Εκπαίδευσε τον υπηρέτη του τον Gillot ο οποίος έγινε καθηγητής σε ένα σχολείο για μηχανικούς στο Leiden και μετέτρεψε τον Dirck Rembradtsz, έναν χωρικό τσαγκάρη, σε αστρονόμο» (Για τον Rembradtsz, βλ. AT V, 266–267· για τον Jean Gillot, AT I, σελ. 264–265, 325· AT II, σελ. 89 και AT XII, σελ. 262–263).

289 *Κανόνες*, Κανόνες IV, *Philos. Works*, I, σελ. 10. Ο Boutroux τονίζει επίσης το γεγονός ότι, σε αντίθεση με τη βεβαιότητα και κανονικότητα της μεθόδου που διακρίνει τη σύγχρονη επιστήμη, η αρχαία γεωμετρία ήταν μόνο «μια κλειστή αρένα όπου μόνο οι βιρτουόζοι της απόδειξης μπορούσαν να κινηθούν ... Ο Καρτέσιος υποστηρίζει κατηγορηματικά τη ρήξη με την ελληνική παράδοση, και έτσι διαφέρει θεμελιωδώς από τον Fermat». (P. Boutroux, *L'Idéal scientifique*, ό.π., σελ. 105).

πραγμάτων, κι ακόμα από το να καταφεύγει στις επιφανειακές εκείνες αποδείξεις που ανακαλύπτονται τις περισσότερες φορές μάλλον τυχαία παρά χάρη σε κάποια [επιστημονική] δεξιότητα».²⁹⁰

Όμως, λέει ο Καρτέσιος, ακόμα και οι μεγάλοι επιστήμονες του παρελθόντος, όπως ο Πάππος, ο Διόφαντος και άλλοι που ανακάλυψαν πολλές σημαντικές αλήθειες, απέτυχαν στο να κάνουν τις ανακαλύψεις τους προσβάσιμες στους άλλους καθώς απέτυχαν να δείξουν τη μέθοδο με την οποία κατέληξαν σε αυτές λόγω του φόβου ότι θα έχαναν έτσι το κύρος τους.²⁹¹

Ο Καρτέσιος απηύθυνε την κριτική του στους αρχαίους αλλά στο μυαλό του είχε και τους σύγχρονους του. Διότι οι επιστήμονες της εποχής του Louis XIII και του Richelieu δεν συμπεριφέρονταν διαφορετικά· όπως λέει εύστοχα ο Brunschvicg, συμπεριφέρονταν σαν σωματοφύλακες σε μονομαχία: «Κρύβουν τις ανακαλύψεις που δημοσιοποιούν πίσω από αινίγματα ... τις κρατάνε για κάποια περίπτωση που θα χρειαστεί να μπερδέψουν κάποιον αντίπαλο».²⁹²

Υπήρξαν πράγματι επιστημονικές μονομαχίες μεταξύ των επιστημόνων εκείνη την εποχή, όπως οι μονομαχίες του Καρτέσιου με τον Fermat και τον Roberval, και οι αντίπαλοι κάποιες φορές καλούσαν ακόμα και «μάρτυρες».²⁹³ Στη διαμάχη του Καρτέσιου με τον Fermat κάθε χτύπημα σημείωνε μια πρόοδο στα μαθηματικά,²⁹⁴ ενώ σε άλλες περιπτώσεις η επιστήμη βλάπτονταν από τέτοιες σχέσεις. Το 1654 όταν ο Pascal ξεκίνησε να ανταλλάσσει ιδέες με τον Fermat σχετικά με τον λογισμό των πιθανοτήτων, του ήταν άγνωστα τα αποτελέσματα που είχαν επιτευχθεί από τον συνομιλητή του δεκαοκτώ χρόνια νωρίτερα. Και παρομοίως, όταν ο Pascal το 1658 υπέβαλε έξι προβλήματα που αφορούσαν τις κυκλοειδείς καμπύλες σε δημόσιο διαγωνισμό δεν είχε ιδέα ότι τέσσερα από αυτά είχαν ήδη επιλυθεί από τον Roberval, τον κοντινό φίλο του πατέρα του και του ίδιου.²⁹⁵

Μόνο αυτό το σύγχρονο πλαίσιο μας επιτρέπει να κατανοήσουμε πλήρως τη στάση του Καρτέσιου, την αντίδρασή του στην ανούσια εξειδίκευση. Μόνο μια καθολική επιστήμη, πίστευε, θα εξάλειφε τους κινδύνους που απειλούσαν τη σύγχρονη κοινωνία λόγω της υπερεξειδίκευσης. Ο Καρτέσιος απευθύνεται σε ένα νέο είδος ακροατηρίου, τις μεγάλες μάζες όλων των ευφυών ανθρώπων και είναι πεπεισμένος ότι κάθε άτομο είναι εξοπλισμένο με έναν «πλήρη» λόγο, δηλαδή, με έναν λόγο που δεν στερείται κανενός ουσιώδους συστατικού απαραίτητου για τη σωστή του λειτουργία.²⁹⁶ Είναι πεπεισμένος ότι το «φυσικό φως» εφόσον δεν

290 *Κανόνες*, Κανόνας IV, *Philos. Works*, I, σελ. 11. Η σημαντική λέξη στις αγκύλες παραλείφθηκε από την αγγλική [και την ελληνική, σ.μ.] μετάφραση.

291 «Έκαναν ό,τι κάνουν πολλοί εφευρέτες με τις ανακαλύψεις τους: φοβήθηκαν ότι αν κοινοποιηθεί η μέθοδός τους, θα θεωρηθεί πως δεν έχει αξία, για τον λόγο ότι ήταν ευκολότατη και πάρα πολύ απλή. Έτσι προτίμησαν να παρουσιάσουν σαν επιτεύγματα της μεθόδου τους, αντί της ίδιας της μεθόδου, ορισμένες άγονες αλήθειες, που τις απέδειξαν παραγωγικά κατά τρόπο ευφυή, επιδιώκοντας έτσι να κερδίσουν τον θαυμασμό μας μάλλον παρά να μας αποκαλύψουν την ίδια τη μέθοδό τους, η οποία οπωσδήποτε θα εξαφάνιζε τον θαυμασμό μας». (*Κανόνες*, Κανόνας IV, σελ. 41).

292 L. Brunschvicg, *Le Génie de Pascal* (Paris: Hachette, 1924) σελ. 3.

293 AT XII, σελ. 261–270.

294 AT XII, σελ. 261.

295 L. Brunschvicg, ό.π., σελ. 3.

296 «Όσο για το λογικό ή τον νου ... θέλω να πιστέψω πως αυτό βρίσκεται ακέραιο στον καθένα, και σε αυτό ακολουθώ την κοινή γνώμη των φιλοσόφων». (*Λόγος*, I, σελ. 5-6.) Η μεγάλη έκταση αυτών των απόψεων

έχει φθαρεί από εσφαλμένη εκπαίδευση είναι πιο κατάλληλο για τη σύλληψη της αλήθειας από μια συντεχνιακή επιστήμη [Zunftwissenschaft] που έχει εκφυλιστεί λόγω της υπερεξειδίκευσης. «Αυτό αποδεικνύεται και από την εμπειρία, αφού πολλές φορές βλέπουμε εκείνους που ποτέ δεν έχουν ασχοληθεί με τα γράμματα, να διατυπώνουν για προφανή πράγματα πιο βάσιμες και σαφείς κρίσεις από εκείνους που ξόδεψαν όλον τους τον χρόνο στα σχολεία».²⁹⁷ Και με τα αξέχαστα λόγια της πραγματείας του για την «Αναζήτηση της Αλήθειας» απορρίπτει τη σχολαστική σοφία των μορφωμένων υπέρ μιας επιστήμης που χρησιμοποιεί τον λόγο και το φυσικό φως.²⁹⁸

Για αυτόν τον λόγο η στάση του Καρτέσιου απέναντι στη μέθοδό του είναι διαφορετική από αυτήν των πολυμαθών ειδικών που αναφέραμε παραπάνω. «Δεν σκοπεύω να τη χρησιμοποιήσω για να καλύψω και να αποκρύψω τη μέθοδό μου με σκοπό την απομάκρυνση των κοινών ανθρώπων· αντίθετα ελπίζω να την ντύσω και να τη στολίσω με τέτοιο τρόπο ώστε να την κάνω πιο κατάλληλη για παρουσίαση στον ανθρώπινο νου».²⁹⁹

εντοπίζεται, για παράδειγμα, στο βιβλίο του Ισπανού Ιησουίτη Juan de Mariana, *De rege et Regis institutione libri III* (Toledo, 1599) [Reprint Aalen: Scientia 1969], στο οποίο βασιίζει τη δικαιολόγηση της ριζοσπαστικής θεωρίας του για τη λαϊκή αντίσταση απέναντι στη μοναρχία που εκφυλίζεται σε τυραννία (συμπεριλαμβανομένου ακόμα και του δικαιώματος των ανθρώπων στην τυραννοκτονία) στην κοινή λογική της ανθρωπότητας που μπορεί να διακρίνει την ειλικρίνεια από την ανηθικότητα. «Et est communis sensus quasi quaedam naturae vox mentibus nostris indita, auribus insonans lex, qua a turpi honestum secernimus» (*De rege*, Βιβλίο Ι, Κεφ. VI, σελ. 74).

297 *Κανόνες*, Κανόνας IV, σελ. 35. Στο γράμμα του στον Mersenne σχετικά με τον Herbert De Cherbury (Οκτ. 16, 1639, AT II, σελ. 598) ο Καρτέσιος εκφράζει επίσης την άποψη ότι «όλοι οι άνθρωποι έχουν το ίδιο φυσικό φως» “quod etiam experientia comprobatur, cum saepissime videamus illos, qui litteris operam numquam navarunt, longe solidius et clarius de obviis rebus judicare, quam qui perpetuo in scholis sunt versati.” (Reg. IV. AT X, 371) Παρομοίως ο Καρτέσιος γράφει στον πρόλογο των *Αρχών*: “Je suis seulement obligé de dire, pour la consolation de ceux qui n’ont point étudié, que ... lorsqu’on a de mauvais Principes, d’autant qu’on les cultive davantage, ... d’autant s’éloigne-t’on davantage de la connaissance de la verité et de la sagesse. D’où il faut conclure que ceux qui ont le moins appris de tout ce qui a été nommé jusques ici philosophie, sont les plus capables d’apprendre la vraie.” (AT IX.2, σελ. 8) Παρομοίως ο P. Charron (1601): “*Elle (la Science) ne sert point à la vie; combien des gens riches et pauvres, grands et petits vivent plaisamment et heurement sans avoir entendu parler de science? ... Regardons un peux ceux qui ... viennent des écoles et universités et ont la teste toute pleine d’Aristote, de Ciceron. Y-a-t-il gens au monde plus ineptes et plus sots et plus mal propres à toutes choses?*” (*De la Sagesse*, Bk. 3, Κεφάλαιο 14. σελ. 526) “Prenez un de ces *scavantaux*, menez le moy au conseil de ville en une assemblée ... S’il se mesle de parler, ce seront de longs discours, des definitions, division d’Aristote; ... Escoutez en ce mesme conceil un *marchand*, un *bourgeois*, qui n’a jamais on y parler d’Aristote; il opinera mieux, donnera de meilleurs advis et expédiens que les *scavants*” (ό.π.). Βρίσκουμε την ηχώ αυτών των απόψεων 150 χρόνια αργότερα στον Adam Smith, ο οποίος πίστευε επίσης ότι οι άνθρωποι γεννιούνται ίσοι. Οι διαφορές και οι ανισότητες μεταξύ τους προκύπτουν μετά τη γέννηση, όχι από τη φύση αλλά από τις συνήθειες και τη διαφορετική εκπαίδευση (Adam Smith, *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (London: Dent, 1920–21) I.ii.4).

298 «Ο έντιμος άνθρωπος δεν χρειάζεται απαραίτητως να έχει διαβάσει όλα τα βιβλία που υπάρχουν, ούτε και να έχει διδαχθεί επιμελώς καθετί που διδάσκεται στις Σχολές· τουναντίον μάλιστα, η εκπαίδευσή του θα είχε σοβαρά ψεγάδια αν είχε αφιερώσει υπερβολικά πολύ χρόνο στα γράμματα. Είναι πολλά τα πράγματα που μπορεί κάποιος να κάνει στη ζωή του και πρέπει να τη διάγει έτσι, ώστε το μεγαλύτερο μέρος της να του μένει διαθέσιμο για να επιτελεί καλές πράξεις που θα πρέπει να του μαθαίνει ο ίδιος του ο νους, ακόμη και αν υποθέσουμε ότι πρόκειται να πάρει το μάθημα του αποκλειστικά από αυτόν». (*Η Αναζήτηση της Αλήθειας*, *Philos. Works*, I, σελ. 305)

299 Ό.π I, σελ. 11. Μπορούμε να συγκρίνουμε αυτό το ιδεώδες του Καρτέσιου, που θέλει να κάνει τη γνώση προσβάσιμη σε όλους, με τις απόψεις του Spengler, ο οποίος επιτίθεται στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης (τον Φαουστικό πολιτισμό) και τα αποφασιστικά λάθη τους: «αντί να κρατήσουν για τον εαυτό τους την τεχνική γνώση που αποτελεί το μεγαλύτερο αγαθό τους ... την προσέφεραν στον κόσμο». Έτσι ξεκίνησε αυτό που ο Spengler ονομάζει «προδοσία της τεχνικής»: ξεκίνησαν την εξαγωγή των μυστικών, των διαδικασιών, των μεθόδων κ.λπ. αντί να τις κρατάνε ως μονοπώλιο. Έτσι προδόθηκαν τα προνόμια των ηγετών των πολιτισμού: «Οι υπόλοιποι

Εδώ, με τον Καρτέσιο, τα τελευταία υπολείμματα ταξικών διακρίσεων εξαφανίστηκαν από τη σφαίρα της ανθρώπινης νόησης. Εκτιμά τον «κοινό», τον απλό άνθρωπο όσο και τον καθηγητή ή τον αξιωματούχο. Παρομοίως ο Καρτέσιος απελευθερώνεται από την προκατάληψη ενάντια στις γυναίκες: ελπίζει ότι «κάθε γυναίκα» θα μπορεί να καταλάβει τον *Λόγο* του.³⁰⁰ Ενώ οι φιλόσοφοι νωρίτερα τόνιζαν τις *διαφορές* μεταξύ των ανθρώπων, που προέκυπταν από την ποικιλομορφία των θρησκειών, των φυλών, των επιπέδων των πολιτισμών και των κοινωνικών θέσεων, ο Καρτέσιος τονίζει τα *κοινά καθολικά στοιχεία της ανθρώπινης φύσης* που ενώνουν όλη την ανθρωπότητα σε ένα όλο, και που είναι αποτέλεσμα του πανομοιότυπου χαρακτήρα του ανθρώπινου λόγου: χάρη στον λόγο όλοι οι άνθρωποι, επειδή είναι σκεπτόμενα όντα, είναι θεμελιωδώς ίσοι. Ενάμιση αιώνα πριν από τη Γαλλική Επανάσταση ο Καρτέσιος εξέφρασε τη θεμελιώδη ισότητα του ανθρώπινου λόγου με εντυπωσιακά λόγια. Η πρώτη πρόταση του *Λόγου* δηλώνει με έμφαση: «Η ορθοφροσύνη είναι στον κόσμο το πράγμα το καλύτερα μοιρασμένο ... η ικανότητα να κρίνει κανείς καλά και να ξεχωρίζει την αλήθεια από το ψέμα, η οποία είναι, ορθά μιλώντας, ό,τι ονομάζουν ορθοφροσύνη ή λογικό, είναι φυσικά ίση σε όλους τους ανθρώπους»³⁰¹ ανεξάρτητα από το αν είναι πρίγκιπες ή πληβείοι.

Η εικόνα που σκιαγραφείται εδώ για τον Καρτέσιο διαφέρει από την παραδοσιακή εικόνα, που τον παρουσιάζει ως έναν ψυχρό επιστήμονα κλειδωμένο σε ένα γραφείο, απομακρυσμένο από τη ζωή. Γνωρίζουμε, ωστόσο, ότι απαιτούσε από την επιστήμη όχι μόνο την αφηρημένη αλήθεια, αλλά και την πρακτική χρησιμότητα για τη γενική ευημερία της ανθρωπότητας· ήλπιζε να γίνει «κύριος και κάτοχος της φύσης» για να αλαφρύνει το φορτίο όλων όσων εργάζονται. Ο φιλόσοφος αποκαλύπτει ότι πιστεύει στον κοινό άνθρωπο, στην ισότητα του λόγου όλων των ανθρώπων, και επομένως, ότι έχει έναν «ενθουσιασμό για την επιστήμη»³⁰² η οποία πλέον δεν είναι η «κρυφή τέχνη» *λίγων εκλεκτών* αλλά το κοινό αποτέλεσμα της διανοητικής *συνεργασίας όλων των ευφυών ανθρώπων*.

πρόφτασαν τους δασκάλους τους ... Ο κόσμος που είχε γίνει αντικείμενο εκμετάλλευσης αρχίζει να παίρνει την εκδίκησή του από τους ηγέτες του». (Oswald Spengler, *Man and Technics*, New York, 1932, σελ. 99–102) Εδώ δύο διαφορετικοί διανοητικοί κόσμοι στέκονται ο ένας απέναντι στον άλλον. Ο κόσμος του Καρτέσιου, πεπεισμένος για τη βασική ισότητα όλων των ανθρώπων, και ο άλλος κόσμος του Spengler, που πιστεύει σε μια Φαουστική ανώτερη φυλή που έχει το δικαίωμα να κυριαρχεί επί των άλλων ανθρώπων.

300 Letter to Father Vatier, Φεβ. 22, 1638 (AT I, σελ. 560).

301 *Λόγος*, I, *Philos. Works*, σελ. 81. Πολλά χρόνια πριν, σε μια συζήτηση που έγινε στη Γαλλία κάποιος απέδωσαν μια ειρωνική χροιά στα λόγια του Καρτέσιου. Ίσως! Όμως είναι ειρωνικό και το νόημα όλων των άλλων χωρίων που παραθέσαμε και που τονίζουν την ισότητα του ανθρώπινου λόγου; Αυτή η αντίρρηση το μόνο που δείχνει είναι ότι οι συγγραφείς της προτιμούν το ευκολότερο μονοπάτι, ότι προσπαθούν να ξεφορτωθούν το σημαντικότερο πρόβλημα που ήγειρε ο Καρτέσιος με ένα ευφυολόγημα. Δεν απαιτείται ιδιαίτερη οξυδέρκεια για να δει κανείς ότι ο Καρτέσιος σίγουρα δεν πίστευε στην απόλυτη, μαθηματικά ακριβή ισότητα του λόγου σε όλους τους ανθρώπους καθώς εν τέλει προσπάθησε να κατασκευάσει μια μέθοδο για τους λιγότερο ταλαντούχους! Ο ίσος ή «ακέρατος» λόγος σε κάθε άτομο θα πρέπει επομένως να σημαίνει κάτι διαφορετικό, δηλαδή, ότι ακόμα και όλοι όσοι έχουν μέτρια χαρίσματα κατέχουν τα ελάχιστα προαπαιτούμενα για τη σύλληψη της αλήθειας. Με άλλα λόγια, κάθε άνθρωπος έχει έναν λόγο που δεν στερείται κανενός συστατικού που είναι ουσιώδες για τη λειτουργία του, επομένως όλοι οι άνθρωποι έχουν έναν λόγο που θεμελιωδώς *λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο*.

302 Charles Adam, AT XII, σελ. 230.

Οι τελευταίες προτάσεις του Λόγου αποτελούν μια ανοιχτή πρόκληση για τους ειδικούς. Ο Καρτέσιος δεν απευθύνει σε αυτούς το έργο του αλλά στο ευρύ ευφυές κοινό, σε κάθε άνθρωπο με κοινή λογική, και είναι πεπεισμένος ότι αυτοί οι άνθρωποι είναι καταλληλότεροι να κρίνουν το έργο του από τους ειδικούς. Επομένως «ενώ έγραφε με μεγαλύτερη άνεση για φιλοσοφικά και μαθηματικά ζητήματα στα λατινικά παρά στα γαλλικά,»³⁰³ έγραψε τον Λόγο όχι στα λατινικά, τη γλώσσα των καθηγητών, αλλά στα γαλλικά, τη γλώσσα του λαού: «Κι αν γράφω γαλλικά, που είναι η γλώσσα του τόπου μου, και όχι λατινικά, που είναι η γλώσσα των δασκάλων μου, το κάνω επειδή ελπίζω πως όσοι χρησιμοποιούν καθαρά και μόνο το φυσικό λογικό τους, θα κρίνουν τις απόψεις μου καλύτερα από εκείνους που πιστεύουν μονάχα στα κείμενα των αρχαίων».³⁰⁴



303 J. Sirven, ό.π., σελ. 28, υποσημείωση.

304 Λόγος, VI, *Philos. Works*, I, σελ. 129-130.