

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ

### Τι είναι αυτό που το λέμε επιστήμη: Μερικές ακόμα σκέψεις

Με μια μικρή προσθήκη στο τέλος του, τούτο είναι το *Ηλεκτρονικό Συμπλήρωμα* του βιβλίου όπως το περιγράψαμε στο μέρος Ε της Βιβλιογραφίας. Ειδικότερα στο πρώτο από τα τέσσερα επιμέρους Συμπληρώματα που ακολουθούν θα συνεχίσουμε και θα διευρύνουμε τη συζήτησή μας με τον Γουάινμπεργκ σχετικά με τις απόψεις του για τη φιλοσοφία της επιστήμης, ενώ στο δεύτερο θα συνεχίσουμε επίσης μια συζήτηση που ανοίξαμε για λίγο στο κύριο μέρος του βιβλίου (π.χ. §7.2.5) πάνω στις απόψεις του ιστορικού της επιστήμης Πωλ Φόρμαν σχετικά με την επίδραση που άσκησε στην ανάπτυξη και την τελική διαμόρφωση της κβαντομηχανικής, το γενικότερο διανοητικό περιβάλλον της δημοκρατίας της Βαϊμάρης. Ο σκοπός του τρίτου συμπληρώματος είναι να δείξει πόσο εύλογη ήταν η αριστοτελική θεωρία των λεγόμενων *βίαιων κινήσεων* και πόσο αλληλένδετη ήταν αυτή η θεωρία με το γεωκεντρικό σύστημα. Όστε να γίνει έτσι ολοφάνερο το πόσο ισχυρά ήταν τα *εγνοιολογικά εμπόδια* που έπρεπε να υπερπηδηθούν για να γίνει αποδεκτό ένα νέο σύστημα του κόσμου με τον Ήλιο στο κέντρο. Σ' ένα τελευταίο Συμπλήρωμα σε διαλογική μορφή, συζητάμε –υπό μορφήν συμπερασμάτων– τον ρόλο των εσωτερικών και των εξωτερικών παραγόντων σε μια επιστημονική επανάσταση.

Πιστεύουμε ότι τα συμπληρώματα αυτά καλύπτουν κάποιες εκκρεμότητες που άφησε η ανάπτυξη των σχετικών θεμάτων στο κυρίως βιβλίο, και θα ήταν χρήσιμα για εκείνους τους αναγνώστες που επιζητούν μια πιο απαιτητική κατανόηση του φαινομένου «επιστήμη» και των «φιλοσοφικών πολέμων» που διεξάγονται γύρω από αυτό.



Συζητώντας με τον Γουάινμπεργκ  
για τη φιλοσοφία της επιστήμης

**1. Εναντίον της φιλοσοφίας: Η άποψη του Γουάινμπεργκ  
για την αξία της φιλοσοφίας στην επιστήμη**

Στο επίκεντρο τούτης της συζήτησής μας με τον Γουάινμπεργκ θα είναι το κεφάλαιο με τίτλο *Εναντίον της φιλοσοφίας*, του κλασικού βιβλίου του Όνειρα για μια τελική θεωρία (Εκδόσεις Κάτοπτρο 1995, βλ. Βιβλιογραφία). Ο Γουάινμπεργκ ξεκινάει το σχετικό κεφάλαιο με μια προκλητική δήλωση. Ότι η αξία της φιλοσοφίας για τους φυσικούς, είναι παρόμοια με αυτήν που είχαν τα πρώιμα εθνικά κράτη για τους πολίτες τους. Που ήταν τούτη: Να τους προστατεύουν από τα άλλα... εθνικά κράτη! Έτσι λοιπόν και με τη φιλοσοφία σύμφωνα με τον Γουάινμπεργκ. Χρειαζόμαστε τους φιλοσόφους για να μας προστατεύουν από άλλους... φιλοσόφους! Και γνωρίζοντας πλέον πόσο «φιλικόι» προς την επιστήμη είναι οι σχετικιστές φιλόσοφοι, ίσως η ιδέα του Γουάινμπεργκ να μην πρέπει να απορριφθεί αβασάνιστα! Ας του δώσουμε όμως τον λόγο να παρουσιάσει ο ίδιος αυτή την «αυθάδη» ιδέα.

Γράφει λοιπόν ο Γουάινμπεργκ στη σ. 181 του παραπάνω βιβλίου του:

«Οι στοχασμοί των φιλοσόφων έχουν βοηθήσει σε μερικές περιπτώσεις τους φυσικούς, αλλά γενικά με έναν αρνητικό τρόπο —προστατεύοντάς τους από τις προκαταλήψεις άλλων φιλοσόφων. Δεν ισχυρίζομαι ότι η φυσική εξελίσσεται καλύτερα όταν προφυλάσσεται από τις προκαταλήψεις. Κάθε στιγμή, είναι τόσο πολλά αυτά που θα μπορούσε να γίνουν, τόσο πολλές οι καθιερωμένες αρχές που θα μπορούσαν να αμφισβητηθούν, ώστε σίγουρα δεν θα επιτυγχάναμε τίποτε, αν δεν μας καθοδηγούσαν ορισμένες προκαταλήψεις. Απλώς υποστηρίζω ότι οι φιλοσοφικές αρχές δεν μας έχουν προσφέρει γενικά τις σωστές προκαταλήψεις».

Ωστόσο εδώ υπάρχει ένας εύκολος αντίλογος. Είναι δύο προφανή παραδείγματα φιλοσοφικών «προκαταλήψεων» τις οποίες με πάθος ενστερνίζεται ο Γουάινμπεργκ, όπως κι εμείς, και οι οποίες αποτελούν κινητήριες

δυνάμεις για την πρόοδο της επιστήμης. Είναι δηλαδή «σωστές προκαταλήψεις», στη δική μας γλώσσα. Και μιλάμε βέβαια κατ' αρχάς για τον υλισμό ή φυσικαλισμό ή φυσιοκρατία —ότι για την εξήγηση του φυσικού κόσμου καμιά άλλη οντότητα δεν απαιτείται πέραν εκείνων που εμφανίζονται στους φυσικούς νόμους— και μετά για τον επιστημονικό ρεαλισμό, δηλαδή την παραδοχή της αντικειμενικής ύπαρξης των φυσικών νόμων.

Αυτές όμως —θα αντιλέξει αμέσως ο... Γουάινμπεργκ— είναι δικές μας «προκαταλήψεις», προκαταλήψεις των φυσικών, τις οποίες απλώς ενστερνίστηκαν πολλοί φιλόσοφοι, προς ευχαρίστησή μας. Πράγματι —σπεύδουμε να συμφωνήσουμε κι εμείς—, έτσι είναι, οπότε το ερώτημά μας είναι πλέον τούτο: Αλήθεια, ποιες είναι οι εισαγόμενες προκαταλήψεις —οι προκαταλήψεις των φιλοσόφων, που μεταφέρονται στην επιστήμη— εναντίον των οποίων στρέφεται η αντιφιλοσοφική προκατάληψη του Γουάινμπεργκ; Και η απάντησή του για τον 20ό αιώνα είναι —όπως και κάθε άλλη θέση του— πολύ σαφής. Πέρα από τον σχετικισμό —τον οποίο ο Γουάινμπεργκ θεωρεί ανοιχτά εχθρικό προς την επιστήμη— πολύ επιφυλακτική είναι και η στάση του απέναντι στον λογικό εμπειρισμό (θετικισμός ή λογικός θετικισμός είναι ο όρος που προτιμά ο ίδιος) για τον οποίο πιστεύει ότι —παρά τις θετικές συμβολές του και την αναμφισβήτητα φιλική στάση των φιλοσόφων του προς την επιστήμη— έχει διαγράψει τον κύκλο του και η συνέχιση της επιρροής του στους επιστήμονες δεν αξιολογείται θετικά. Η αντίθεση του Γουάινμπεργκ προς τον σχετικισμό δεν χρειάζεται βεβαίως εξήγηση. Είναι αυτονόητη όχι μόνο γι' αυτόν —εξάλλου μας την εξέφρασε πολύ emphaticά ο ίδιος στην §7.2.1— αλλά και για κάθε φυσικό επιστήμονα με στοιχειώδη επίγνωση των βασικών φιλοσοφικών παραδοχών της επιστήμης, όπως αυτές αναδύονται αυθόρμητα από τη δουλειά του. Την πεποίθηση για την αντικειμενική ύπαρξη των φυσικών νόμων πάνω απ' όλα. Κανένας —ή, έστω, σχεδόν κανένας— σοβαρός φυσικός επιστήμονας δεν είναι —και δεν θα μπορούσε να είναι— σχετικιστής. Αμφιβάλλουμε αν υπάρχει έστω και ένας στους χίλιους βιολόγους που θα υποστήριζε την άποψη ότι η θεωρία της εξέλιξης είναι μια κατασκευή του «δυτικού ανθρώπου» και ότι τα όσα είπαμε στην §7.1.2 περί άμεσης εφαρμογής της στον πολλαπλασιασμό των επικίνδυνων μικροβίων λόγω υπερβολικής χρήσης αντιβιοτικών, είναι Δυτικές... ιστορίες! Ο Γουάινμπεργκ πάει όμως κι ένα βήμα πιο πέρα. Θεωρεί τον σχετικισμό προγραμματικά εχθρικό προς την επιστήμη και έχει ανοιχτό μέτωπο εναντίον του. Οπότε η απορία της αναγνώστριάς ή του αναγνώστη θα έχει κορυφωθεί σε τούτο το σημείο: Αν ο λογικός εμπειρισμός είναι η κατ' εξοχήν φιλική προς την επιστήμη φιλοσοφική σχολή —αυτή ήταν μια κεντρική θέση μας σε τούτο το βιβλίο—, τότε πώς συμβαίνει και ένας φυσικός με τα χαρακτηριστικά του Γουάινμπεργκ να είναι επιφυλακτικός απέναντί του; Θα επιχειρήσουμε κάποια εξήγηση αργότερα, όμως θα πρέπει να ακούσουμε πρώτα τον ίδιο τον Γουάινμπεργκ να μας περιγράφει



τη θέση του. Σ' ένα πιο γενικό επίπεδο κατ' αρχάς, η αντιφιλοσοφική στάση του εδράζεται σ' ένα εμπειρικό γεγονός, όπως το βλέπει ο ίδιος: Την εγγενή τάση όλων των φιλοσοφικών συστημάτων —των πλευρών τους που αφορούν την επιστήμη, στην περίπτωση μας— να χάνουν βαθμιαία τον αρχικά προοδευτικό χαρακτήρα τους και να μετατρέπονται σε απολιθώματα νεκρής σκέψης, με το ιερατείο τους μάλιστα να αξιώνει ρόλο φιλοσοφικού κηδεμόνα της επιστήμης. Τα λόγια είναι δικά μας, εκφράζουν όμως αρκετά καλά την επιφυλακτική στάση του Γουάινμπεργκ όχι μόνο απέναντι σε κάποιες φιλοσοφικές σχολές αλλά και στη φιλοσοφία της επιστήμης εν γένει. Αξίζει να παραθέσουμε ένα μεγάλο κομμάτι από την υπεράσπιση που δίνει ο ίδιος σ' αυτή τη στάση (σσ. 184, 185 του βιβλίου του).

«Ακόμη και φιλοσοφικά δόγματα που κατά το παρελθόν φάνηκαν χρήσιμα στους επιστήμονες, τελικά παρέμειναν για τόσο μεγάλο διάστημα στο προσκήνιο, ώστε αποδείχτηκαν περισσότερο επιζήμια από όσο χρήσιμα ήταν αρχικά. Σκεφτείτε, για παράδειγμα, το σεβαστό δόγμα της “μηχανοκρατίας”, δηλαδή την ιδέα ότι η φύση λειτουργεί αποκλειστικά μέσω δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά την επαφή υλικών σωματιδίων ή ρευστών. Στον αρχαίο κόσμο κανένα δόγμα δεν θα μπορούσε να είναι πιο προοδευτικό. Από την εποχή ακόμη που οι προσωκρατικοί φιλόσοφοι Δημόκριτος και Λεύκιππος άρχισαν να υποθέτουν την ύπαρξη ατόμων, η ιδέα ότι τα φυσικά φαινόμενα έχουν μηχανικά αίτια [οφείλονται δηλαδή στην κίνηση και τις διαρκείς συγκρούσεις των ατόμων από τα οποία αποτελούνται όλα τα σώματα] βρέθηκε σε αντίθεση με τη διαδεδομένη πίστη στους θεούς και τους δαίμονες. Ο ηγέτης της διάνοησης των ελληνιστικών χρόνων Επίκουρος ενσωμάτωσε στη θεωρία του μια μηχανοκρατική άποψη για τον κόσμο, ως ένα είδος αντίδοτου για την πίστη στους θεούς του Ολύμπου. Όταν ο Καρτέσιος ανέλαβε, το 1630, το μεγάλο εγχείρημά του να κατανοήσει τον κόσμο με λογικούς όρους, ήταν φυσιολογικό ότι θα περιέγραφε τις φυσικές δυνάμεις, λόγου χάρη τη βαρύτητα, με έναν μηχανοκρατικό τρόπο, δηλαδή αναφερόμενος σε στροβίλους οι οποίοι σχηματίζονται στο ρευστό υλικό που γεμίζει όλο τον χώρο. Η “μηχανοκρατική φιλοσοφία” του Καρτέσιου άσκησε έντονη επιρροή στον Νεύτωνα, όχι επειδή ήταν σωστή (ο Καρτέσιος δεν φαινόταν να έχει τη σύγχρονη άποψη για τον ποσοτικό έλεγχο των θεωριών), αλλά επειδή αποτέλεσε ένα παράδειγμα για το είδος μιας μηχανοκρατικής θεωρίας που θα βοηθούσε στην κατανόηση της φύσης. (...) Ακόμη και στις μέρες μας, πολλοί πιστεύουν ότι η μηχανοκρατία αποτελεί απλά τον λογικό αντίποδα της δεισιδαιμονίας. Στην ιστορία της ανθρώπινης διάνοησης η μηχανοκρατική κοσμοθεωρία έχει διαδραματίσει σημαντικότερο ρόλο.

»Εδώ ακριβώς βρίσκεται το πρόβλημα. Στην επιστήμη, όπως και στην πολιτική ή την οικονομία, πολλές σημαντικές ιδέες γίνονται επικίνδυνες, όταν διατηρούνται ενώ έχουν πάψει να είναι χρήσιμες. Το ηρωικό παρελθόν της μηχανοκρατίας τής προσέδιδε τέτοιο γόητρο, ώστε ήταν δύσκολο για τους επιγόνους του Καρτέσιου να αποδεχτούν τη νευτώνεια θεωρία του ηλιακού συστήματος. Πώς θα μπορούσε ένας καλός καρτεσιανός, που πίστευε ότι όλα τα φυσικά φαινόμενα θα μπορούσαν να αναχθούν σε συγκρούσεις υλικών σωμάτων ή ρευστών, να αποδεχτεί τη νευτώνεια άποψη ότι ο Ήλιος ασκεί μια δύναμη στη Γη από απόσταση 150 εκατομμυρίων χιλιομέτρων κενού χώρου; Μόνο μετά τον 18ο αιώνα οι ευρωπαϊκοί φιλόσοφοι άρχισαν να αποδέχονται την ιδέα της δράσης από απόσταση. Εν τέλει οι ιδέες του Νεύτωνα υπερίσχυσαν σε ολόκληρη την Ευρώπη (...) από το 1720 και μετά. Σίγουρα, αυτό οφείλεται εν μέρει στην επιρροή φιλοσόφων όπως ο Βολταίρος και ο Kant. Αλλά και σ' αυτή την περίπτωση, η επίδραση της φιλοσοφίας είχε αρνητικό χαρακτήρα: βοήθησε την επιστήμη να ελευθερωθεί από τους περιορισμούς της ίδιας της φιλοσοφίας».

*Μόνο οι φιλόσοφοι μπορούν να μας σώσουν από τους φιλοσόφους, θα ήταν ίσως μια παιγνιώδης σύνοψη της γενικής στάσης του Γουάινμπεργκ απέναντι στη φιλοσοφία, αν και ο ίδιος περιορίζει αυτόν τον σωτήριο ρόλο της μόνο στα πρώτα στάδια ανάπτυξης της επιστήμης. Ενώ για την ώριμη επιστήμη —ας πούμε εκείνη μετά την κβαντική επανάσταση— σίγουρα θα έλεγε ότι δεν έχει ανάγκη ούτε από σωτήρες ούτε από κηδεμόνες! Όπως ο χωρισμός κράτους και εκκλησίας έτσι και ο χωρισμός επιστήμης και φιλοσοφίας πρέπει να θεωρείται οριστικός! Το σίγουρο είναι ότι η ένταση μεταξύ επιστήμης και φιλοσοφίας θα είναι διαρκής, για έναν πολύ απλό λόγο. Ότι η επιστήμη, ακριβώς επειδή λογοδοτεί συνεχώς στην εμπειρική πραγματικότητα, είναι υποχρεωμένη να βρίσκεται σε μια κατάσταση διαρκούς ετοιμότητας για αλλαγές και αναθεωρήσεις, ενώ η φιλοσοφία τέτοια πίεση δεν υφίσταται. Είναι επομένως αναπόφευκτο ότι η φιλοσοφία της επιστήμης θα βρίσκεται συχνά ένα βήμα πίσω από τις εξελίξεις στην επιστήμη —ιδίως τις επαναστατικές εξελίξεις—, αν και εμείς δεν θεωρούμε ότι αυτό είναι πάντα αρνητικό. Μια απόσταση από τα πράγματα είναι περισσότερο αναγκαία στη φιλοσοφία απ' ό,τι στη φυσική. Και εννοείται βέβαια ότι εδώ μιλάμε μόνο για φιλοσοφίες της επιστήμης που σέβονται την επιστήμη και δεν διεκδικούν ρόλο φιλοσοφικού ιερατείου απέναντί της. Διότι για φιλοσοφίες προγραμματικά εχθρικές προς την επιστήμη, όπως ο σχετικισμός, το πρόβλημα είναι άλλης φύσεως και σίγουρα δεν συνδέεται με τις όποιες εξελίξεις στην επιστήμη. Οι σχετικιστές είναι εξίσου αντίθετοι με όλες τις φυσικές θεωρίες. Από τη νευτώνεια μηχανική έως την κβαντομηχανική και τη σχετικότητα. Είναι αντίθετοι με την επιστήμη καθ' εαυτήν.*

## 2. Η κριτική του Γουάινμπεργκ στον λογικό εμπειρισμό: Άσκησε θετική επίδραση στη σύγχρονη φυσική αλλά η συνεχιζόμενη επιρροή του στους επιστήμονες δεν θα έχει θετικά αποτελέσματα στο μέλλον

Όμως ο λογικός εμπειρισμός, όπως τον παρουσιάσαμε εμείς στο 4ο κεφάλαιο, δεν είναι ακριβώς φιλοσοφία —ούτε καν φιλοσοφία της επιστήμης με τη συνήθη έννοια— αλλά λογική ανάλυση της δομής των φυσικών θεωριών και σίγουρα δεν διεκδικεί ρόλο φιλοσοφικού κηδεμόνα της επιστήμης. Τουλάχιστον για τους ανθρώπους του κύκλου της Βιέννης, αυτό θεωρούνταν αυτονόητο και έγινε επίσης προφανές σε μας —ελπίζουμε και στους αναγνώστες— από τα γραφτά τους που παραθέσαμε στο 4ο κεφάλαιο και τις συζητήσεις που κάναμε εκεί. Πώς εξηγείται λοιπόν η επιφυλακτική στάση του Γουάινμπεργκ προς τον λογικό εμπειρισμό; Κατά τη γνώμη μας —αν και θα επανέλθουμε σ' αυτό— η επιφύλαξη οφείλεται εν μέρει στην τάση του να ταυτίζει υπερβολικά τον εμπειρισμό με τις απόψεις του Μαχ και ιδιαίτερα τη θέση του πως μόνο ό,τι γίνεται αντιληπτό με τις αισθήσεις μας έχει θέση στη φυσική επιστήμη. Με προφανές «θύμα» την ιδέα των ατόμων η οποία όντως πολεμήθηκε σφόδρα από τον Μαχ, όπως είδαμε (§4.4).

Νά τι γράφει ο Γουάινμπεργκ στο βιβλίο του (σ. 192) γι' αυτό το θέμα:

«Η αντίδραση στον ατομισμό είχε ένα συγκεκριμένο ατυχές αποτέλεσμα: καθυστέρησε την αποδοχή της στατιστικής μηχανικής, της αναγωγιστικής θεωρίας\* που ερμηνεύει τη θερμότητα με αναφορά στη στατιστική κατανομή των ενεργειών των μερών οποιουδήποτε συστήματος. Η ανάπτυξη αυτής της θεωρίας στο έργο του Maxwell,

\* Αναγωγισμός στη φυσική επιστήμη σημαίνει την παραδοχή ότι οι ιδιότητες ενός επιπέδου οργάνωσης της ύλης οφείλονται αποκλειστικά στις ιδιότητες των μερών του. Οι ιδιότητες των μορίων οφείλονται στις ιδιότητες των ατόμων που τα αποτελούν, οι ιδιότητες των ατόμων προκύπτουν από τις ιδιότητες των ηλεκτρονίων και των πυρήνων τους, οι ιδιότητες των πυρήνων ανάγονται στις ιδιότητες των πρωτονίων και των νετρονίων τους και αυτές με τη σειρά τους οφείλονται στις ιδιότητες των κουάρκ από τα οποία αποτελούνται. Και το ίδιο με τις ιδιότητες ενός μακροσκοπικού σώματος. Οι ιδιότητές του —π.χ. οι ιδιότητες ενός αερίου— προκύπτουν από τις ιδιότητες των ατόμων ή των μορίων που το αποτελούν. Η επιτυχής εξήγηση των ιδιοτήτων των αερίων με έναν τέτοιο τρόπο ήταν ο πρώτος θρίαμβος της Στατιστικής Μηχανικής, κι ένας θρίαμβος ταυτόχρονα της ατομικής υπόθεσης και της φιλοσοφίας του αναγωγισμού. Ο αναγωγισμός είναι σίγουρα η πιο επιτυχημένη στρατηγική εξήγησης του κόσμου που έχουμε εφαρμόσει μέχρι σήμερα. Και δεν μας έχει απογοητεύσει ούτε μία φορά. Οι ιδιότητες του όλου —του κάθε όλου— εξηγούνται πάντα με βάση τις ιδιότητες των μερών του και των αλληλεπιδράσεών τους. Ή, τουλάχιστον, έτσι συνέβαινε μέχρι τώρα. Όμως καμιά παραδοχή της φυσικής δεν είναι ιερή και ο αναγωγισμός δεν μπορεί να αποτελεί εξαίρεση. Μια σχετική συζήτηση θα βρει ο αναγνώστης στο άρθρο μας με τίτλο «Η βιολογική καταλληλότητα των φυσικών νόμων: Τύχη ή αναγκαιότητα;» στο βιβλίο Ε. Ν. Οικονόμου, *Η Φυσική Σήμερα*, τόμος II, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2019.

του Boltzmann, του Gibbs και άλλων ήταν ένας θρίαμβος για την επιστήμη του 19ου αιώνα. Οι θετικιστές, απορρίπτοντας τη στατιστική μηχανική, έκαναν το χειρότερο είδος σφάλματος που μπορεί να διαπράξει ένας επιστήμονας: δεν αναγνώρισαν την επιτυχία, όταν αυτή σημειώθηκε».

Η πρώτη διαπίστωση του παραθέματος είναι σίγουρα σωστή, όμως η δεύτερη μάλλον όχι. Ή, τουλάχιστον, όχι για τους ανθρώπους του κύκλου της Βιέννης. Για να το δούμε δεν έχουμε παρά να πάμε στην §4.4, και από τα παραθέματα της διακήρυξης του Κύκλου που υπάρχουν εκεί να εστιάσουμε σ' εκείνο που αναφέρεται στον Μαχ και τη θέση του για τα άτομα: Νά το:

«Σε κάποια σημεία, η εξέλιξη της επιστήμης δεν δικαίωσε τις απόψεις του [του Μαχ βεβαίως] όπως, για παράδειγμα, την αντίθεσή του στην ατομική θεωρία και την πεποίθησή του ότι η φυσική θα μπορούσε να αναπτυχθεί με τη βοήθεια της φυσιολογίας των αισθήσεων. Τα βασικά στοιχεία όμως της συνολικής του θεώρησης αποδείχτηκαν πρακτικά χρήσιμα για την περαιτέρω ανάπτυξη της επιστήμης. Αργότερα, την έδρα του Μαχ κατέλαβε ο Μπόλτσμαν, ο οποίος εξέφραζε θέσεις ακραιφνώς εμπειριστικές». [Υπενθυμίζεται ότι ο Μπόλτσμαν είναι ένας από τους ιδρυτές-πατέρες της στατιστικής μηχανικής για την οποία μιλάει ο Γουάινμπεργκ παραπάνω.]

Οι εμπειριστές λοιπόν —τουλάχιστον εκείνοι του κύκλου της Βιέννης τους οποίους γνωρίζουμε κάπως καλά— όχι μόνο δεν διέπραξαν «το χειρότερο είδος σφάλματος» αλλά έκαναν και κάτι μοναδικό στην ιστορία της φιλοσοφίας, όπου ο προσωποκεντρισμός, ακόμα και η ακραία προσωπολατρία, είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό της σχετικής παράδοσης. Οι άνθρωποι του κύκλου της Βιέννης λοιπόν δεν είχαν κανένα πρόβλημα να παραδεχτούν ένα σοβαρό —και επιζήμιο— λάθος από την πλευρά του ανθρώπου που θεωρούσαν ως πατρική φιγούρα της σχολής τους. Ενώ έδωσαν επίσης και την πλήρη υποστήριξή τους (δείτε σχετικό παράθεμα στην §4.4) στην πιθανοκρατική ερμηνεία της κβαντομηχανικής, ήδη από το 1929, όταν το γενικότερο φιλοσοφικό περιβάλλον ήταν απόλυτα εχθρικό απέναντί της. Για να μην νομιστεί όμως ότι ο Γουάινμπεργκ είναι προγραμματικά αρνητικός απέναντι στον λογικό εμπειρισμό —στον λογικό θετικισμό ή, απλώς, θετικισμό στη δική του ορολογία\*— γυρνάμε λίγο πίσω για να δούμε την εισαγωγική τοποθέτησή του πάνω στο θέμα. Νά τι γράφει στις σσ. 190 και 191 του βιβλίου του:

\* Ο θετικισμός είναι παλιότερο φιλοσοφικό ρεύμα έναντι του λογικού θετικισμού, ο οποίος ταυτίζεται με τον δικό μας λογικό εμπειρισμό, δηλαδή, πρακτικά, με τους ανθρώπους του κύκλου της Βιέννης.

«Η σύγχρονη φυσική, όμως, δεν συναντά τις μεγαλύτερες δυσκολίες στον τομέα της μεταφυσικής,\* αλλά στον τομέα της επιστημολογίας, δηλαδή της μελέτης της φύσης και της προέλευσης της γνώσης. Σύμφωνα με το επιστημολογικό δόγμα του θετικισμού (ή, σε ορισμένες εκδοχές, του λογικού θετικισμού) όχι μόνο η επιστήμη πρέπει να ελέγχει τελικά τις θεωρίες της με την παρατήρηση (κάτι που βρίσκεται πέρα από κάθε αμφισβήτηση), αλλά και κάθε όψη των θεωριών μας πρέπει σε κάθε σημείο να αναφέρεται σε παρατηρήσιμες ποσότητες. Δηλαδή, αν και οι φυσικές θεωρίες μπορούν να περιλαμβάνουν τμήματα που δεν έχουμε ακόμη μελετήσει παρατηρησιακά και τα οποία ίσως δεν μπορέσουμε να μελετήσουμε, για διάφορους λόγους, στο εγγύς μέλλον, θα ήταν ανεπίτρεπτο να περιέχουν στοιχεία που δεν θα ήταν κατ' αρχήν δυνατό να παρατηρηθούν ποτέ. (...) Η μορφή που συνδέεται συχνότερα με την εισαγωγή του θετικισμού στη φυσική είναι ο Ernst Mach, φυσικός και φιλόσοφος που δίδαξε στη Βιέννη, για τον οποίο ο θετικισμός αποτελούσε ένα αντίδοτο στη μεταφυσική του Immanuel Kant. [Τα καντιανά *a priori*, όπως ο απόλυτος χώρος και χρόνος, που συζητήσαμε στην §4.2.] Η εργασία του Αϊνστάιν, το 1905, για την ειδική σχετικότητα είναι σαφώς επηρεασμένη από τον Mach· βρίθκει παρατηρητών που μετρούν αποστάσεις και χρόνους με κανόνες, ρολόγια και φωτεινές ακτίνες. (...) Η προσήλωση σε ό,τι μπορεί πράγματι να παρατηρηθεί είναι η ουσία του θετικισμού. Ο Αϊνστάιν αναγνώρισε το χρέος του έναντι του Mach. Σε ένα γράμμα που του έστειλε λίγα χρόνια αργότερα, αυτοχαρακτηρίζεται “ο αφοσιωμένος σας μαθητής”. Μετά τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, ο θετικισμός αναπτύχθηκε περαιτέρω από τον Rudolf Carnap και τα μέλη του φιλοσοφικού κύκλου της Βιέννης, που σκόπευαν σε μια εκ νέου δόμηση της επιστήμης με βάση ικανοποιητικές φιλοσοφικές αρχές, και κατόρθωσαν να αποβάλουν πολλές μεταφυσικές ανοησίες. [Τα πλάγια δικά μας.]

»Ο θετικισμός διαδραμάτισε επίσης σημαντικό ρόλο στη γέννηση της σύγχρονης κβαντικής μηχανικής. Η περίφημη πρώτη εργασία του Heisenberg για την κβαντική μηχανική, το 1925, αρχίζει με την εξής παρατήρηση: “είναι πασίγνωστο ότι οι κανόνες που χρησιμοποιούνταν [στην κβαντική θεωρία του Bohr του 1913] για τον υπολογισμό παρατηρήσιμων ποσοτήτων, όπως των ενεργειών του ατόμου του υδρογόνου, μπορούν να υποβληθούν σε σοβαρή κριτική, αφού περιέχουν, ως βασικά στοιχεία, σχέσεις μεταξύ ποσοτήτων που προφανώς

\* Ο επιστημονικός ρεαλισμός, παραδείγματος χάριν, είναι μια μεταφυσική παραδοχή, αφού δεν μπορεί να υποβληθεί σε άμεσο πειραματικό έλεγχο και κρίνεται μόνο από τη γονιμότητά του.



δεν είναι κατ' αρχήν παρατηρήσιμες, όπως η θέση και η ταχύτητα περιστροφής του ηλεκτρονίου".\* Επηρεασμένος από το πνεύμα του θετικισμού, ο Heisenberg συμπεριέλαβε στη δική του εκδοχή της κβαντικής μηχανικής μόνο παρατηρήσιμα μεγέθη, λόγου χάρη τους ρυθμούς με τους οποίους ένα άτομο μπορούσε να μεταβεί αυθόρμητα από μια κατάσταση σε μια άλλη εκπέμποντας ένα κβάντο ακτινοβολίας. Η αρχή της απροσδιοριστίας, που είναι ένα από τα θεμέλια της πιθανοκρατικής ερμηνείας της κβαντικής μηχανικής, βασίζεται στη θετικιστική ανάλυση του Heisenberg για τους περιορισμούς που συναντούμε καθώς προσπαθούμε να παρατηρήσουμε τη θέση και την ορμή ενός σωματιδίου.

»Αν και ο θετικισμός ωφέλησε τον Αϊνστάιν και τον Heisenberg, γενικά έχει τόσες θετικές όσες και αρνητικές επιπτώσεις.\*\* Αντίθετα όμως από τη μηχανοκρατική κοσμοθεωρία, ο θετικισμός διατηρεί ακόμη την αίγλη του. Έτσι, επιβιώνοντας, θα δημιουργήσει προβλήματα στο μέλλον».

Ανεξάρτητα όμως από το συμπέρασμα —που δεν προκύπτει, κατά τη γνώμη μας, από τα προλεχθέντα—, η εικόνα είναι πράγματι αντικειμενική και συμφωνεί με όσα έχουμε πει κι εμείς τόσο για τη θετική επίδραση του θετικισμού στον Αϊνστάιν και τον Χάιζενμπεργκ όσο και για τη συμβολή του στην «κάθαρση» της φυσικής από πολλές —έτσι τις λέει ο ίδιος ο Γουάινμπεργκ— «μεταφυσικές ανοησίες».

### 3. Ο λογικός εμπειρισμός και η διαμάχη για τη θεωρία των θεμελιωδών σωματιδίων και δυνάμεων

Ερχόμαστε τώρα σ' εκείνο που ο Γουάινμπεργκ θεωρεί —και συμφωνούμε απόλυτα μαζί του— ως την *αχίλλειο πτέρνα του θετικισμού*, αν ερμηνευτεί δογματικά. Δηλαδή την απαίτηση να μην γίνεται δεκτή μια φυσική θεωρία

\* Στην πραγματικότητα, το τι είναι παρατηρήσιμο και τι όχι μόνο η σωστή θεωρία του ατόμου θα μπορούσε να μας το πει αναμφίβολα, και όχι τα γυμνά πειραματικά δεδομένα που μας παρέχει η φασματοσκοπία. Επομένως, στον συλλογισμό του Χάιζενμπεργκ —αλλά και στη δική μας αντίστοιχη περιγραφή στο κυρίως βιβλίο (π.χ. σσ. 34, 324)— υπάρχει ένα πρωτότερο. Υποθέτει ότι η ζητούμενη σωστή θεωρία του ατόμου θα πρέπει να είναι τέτοια που να μην επιτρέπει την παρατήρηση τροχιών, και μετά την αναζητά χρησιμοποιώντας αυτό το κριτήριο ως οδηγό.

\*\* Μια ατυχής διατύπωση κατά τη γνώμη μας. Ο θετικισμός ωφέλησε τον Αϊνστάιν και τον Χάιζενμπεργκ αλλά όχι τη φυσική; Αναγνωρίζουμε δηλαδή ότι οι σημαντικότερες ανακαλύψεις στην ιστορία της σύγχρονης επιστήμης —η σχετικότητα και η κβαντομηχανική— δέχτηκαν ισχυρή θετική επίδραση από τον λογικό εμπειρισμό και όμως συμπεραίνουμε ότι το ισοζύγιο είναι μάλλον αρνητικό; Ένας αμερόληπτος τρίτος δύσκολα θα κατέληγε σ' αυτό το συμπέρασμα με βάση τα γεγονότα που παραθέτει ο ίδιος ο Γουάινμπεργκ.

αν περιέχει στοιχεία που δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμα, έστω κι αν προβλέπει όλα όσα μπορούμε θεωρητικά να παρατηρήσουμε. Τέτοια ζητήματα πράγματι ανακύπτουν στη *σχετικιστική κβαντομηχανική* —ή, καλύτερα, στην *κβαντική θεωρία των πεδίων* η οποία αποτελεί την ολοκληρωμένη εκδοχή της— και μάλιστα ο συγγραφέας του παρόντος τα συζητά εκτενώς στην §8.4 του βιβλίου του για τις ερμηνείες της κβαντομηχανικής. Αναγνωρίζοντας ρητά ότι μια προκρούστεια εφαρμογή των αρχών του θετικισμού κυριολεκτικά θα «στραγγάλιζε» τη φυσική στερώντας την από εργαλεία και έννοιες όπως τα *κβαντικά πεδία*, τα οποία δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμα, όμως χωρίς αυτά θα ήταν αδύνατη η μαθηματική διατύπωση των θεμελιωδών νόμων της φύσης στο υποπυρηνικό επίπεδο και όχι μόνο.\* Έχει λοιπόν απόλυτο δίκιο ο Γουάινμπεργκ σ' αυτό το θέμα —μάλιστα η δική μας κριτική στην προκρούστεια εκδοχή του λογικού εμπειρισμού είναι πολύ εντονότερη και ευρύτερου φάσματος από τη δική του, αφού περιλαμβάνει και τη σκληρή θετικιστική αντίληψη για τη χρήση των μαθηματικών στη φυσική\*\* — πρέπει όμως να αναγνωρίσει κι αυτός ότι την ακραία εκδοχή

\* Ίσως η έννοια της *άμεσης παρατηρησιμότητας* να είναι η πηγή πολλών προβλημάτων και μάλλον θα πρέπει να διευρυνθεί ώστε να συμπεριλάβει και ποσότητες —όπως π.χ. τα κβαντικά πεδία ή την κυματοσυνάρτηση στην κοινή κβαντομηχανική— που μετρούνται έμμεσα από τις συνέπειές τους. Και μάλιστα κατά τρόπο τόσο σαφή που η όποια αλλαγή στις μαθηματικές ιδιότητες αυτών των ποσοτήτων να συνεπάγεται φυσικά γεγονότα που είναι άμεσα παρατηρήσιμα. Με αυτή την έννοια θα πρέπει να θεωρούνται παρατηρήσιμα και τα ίδια τα κουάρκ, παρότι η σχετική θεωρία προβλέπει ότι τα σωματίδια αυτά είναι μονίμως παγιδευμένα μέσα στα πρωτόνια ή τα νετρόνια χωρίς καμιά... ελπίδα να δραπετεύσουν από εκεί και να παρατηρηθούν από μόνα τους. Εντούτοις η παρουσία τους μέσα στα πρωτόνια και τα νετρόνια είναι ολοφάνερη με ένα είδος ηλεκτρονικής μικροσκοπίας υψηλής ενέργειας που μας επιτρέπει να τα «βλέπουμε» εξίσου καθαρά, όπως βλέπουμε και τα οργανίδια στο εσωτερικό των κυττάρων μας με ένα κοινό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Κατά τη γνώμη μας, η κατεύθυνση που η ίδια η φυσική υποδεικνύει είναι να διευρύνουμε την έννοια της παρατηρησιμότητας αν όχι με τον παραπάνω τρόπο τουλάχιστον όμως προς αυτή την κατεύθυνση. Και να επιμείνουμε μόνο στην απαίτηση ότι οι θεωρίες μας δεν πρέπει να περιλαμβάνουν στοιχεία που η ύπαρξή τους δεν έχει καμιά μετρήσιμη συνέπεια. Δεν είναι δηλαδή ούτε έμμεσα παρατηρήσιμα. Στην πραγματικότητα, λέμε κάτι πολύ γενικότερο: Ότι το προβάδισμα για τη διαμόρφωση των επιστημολογικών μας θέσεων θα πρέπει να το έχει η επιστήμη και όχι το αντίθετο. Θα πρέπει να προσαρμόζουμε τη φιλοσοφία της επιστήμης στην επιστήμη και όχι το αντίστροφο, όπως συμβαίνει με ορισμένες φιλοσοφικές σχολές. Και είμαστε βέβαιοι ότι η συμφωνία του Γουάινμπεργκ σ' αυτό θα ήταν πλήρης.

\*\* Μια δογματική εφαρμογή του λογικού εμπειρισμού θα απέκλειε, παραδείγματος χάριν, τη χρήση οποιωνδήποτε άλλων αριθμών πλην των ρητών, αφού αυτοί είναι απείρως κοντά μεταξύ τους οπότε αρκούν για να εκφράσουν κάθε πειραματικό αποτέλεσμα το οποίο έχει πάντα ένα πεπερασμένο περιθώριο λάθους. Οπότε θα μπορούσε να θεωρηθεί ως και αστείο να λες σε έναν πειραματικό φυσικό ότι η θεωρητική σου πρόβλεψη για την ένταση του ρεύματος που θα εμφανιστεί στο κύκλωμα που μελετά, θα είναι ίση με την τετραγωνική ρίζα του δύο! Αυτό που περιμένει ο πειραματικός φυσικός από σένα είναι να του δώσεις έναν δεκαδικό αριθμό (που είναι ρητός βεβαίως) με τόσα δεκαδικά ψηφία

του θετικισμού (ότι δηλαδή σε μια φυσική θεωρία έχουν θέση μόνο μεγέθη που είναι άμεσα παρατηρήσιμα) δεν προσπάθησαν να την επιβάλουν στη φυσική οι φιλόσοφοι αλλά οι ίδιοι οι φυσικοί! Και το γνωρίζει αυτό ο Γουάινμπεργκ όχι απλώς από πρώτο χέρι αλλά και «στο πετσί του», όπως θα το λέγαμε σε καθημερινά ελληνικά. Διότι πράγματι η θεωρία του για την ενοποίηση ασθενών και ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων —αυτή που αποτέλεσε τον πυρήνα του καθιερωμένου προτύπου (και είναι βεβαίως μια θεωρία κβαντικών πεδίων)—, ενώ δημοσιεύτηκε ήδη από το 1967 κινδύνευσε κυριολεκτικά να χαθεί μέσα στο κλίμα γενικευμένης αμφισβήτησης προς την κβαντική θεωρία των πεδίων που καλλιεργούσαν οι φυσικοί της αντίπαλης παράταξης. Οι γνωστοί μας από την §5.6 εκπρόσωποι της λεγόμενης πυρηνικής δημοκρατίας, και οι οποίοι επέμεναν σε μια σκληρή θετικιστική γραμμή που ήταν γνωστή ως θεωρία της μήτρας  $S$  —ή του πίνακα  $S$ — με πατέρα της, ήδη από το... 1943, τον Βέρνερ Χάιζενμπεργκ. Με απλά λόγια, η μήτρα αυτή σου επιτρέπει να προβλέψεις τα μόνα πράγματα που μπορούν να παρατηρηθούν σε μία σύγκρουση σωματιδίων. Ποια σωματίδια και με τι πιθανότητες θα προκύψουν από τη σύγκρουση κάποιων γνωστών σωματιδίων με γνωστές ταχύτητες πριν τη σύγκρουσή τους. Δεν θα αναλύσουμε εδώ αυτή τη διαμάχη —ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης μπορεί να συμβουλευτεί το βιβλίο μας που αναφέραμε παραπάνω—, δεν μπορούμε όμως να μην σταθούμε στην προσωπική διάσταση που είχε για τον Γουάινμπεργκ η υπόθεση αυτή και η οποία εξηγεί εν μέρει και τα αισθήματά του απέναντι στον λογικό εμπειρισμό και, κατ' επέκταση, απέναντι στη φιλοσοφία της επιστήμης εν γένει. Η εργασία του Γουάινμπεργκ λοιπόν —λόγω του αρνητικού κλίματος προς τις θεωρίες πεδίου— έμεινε κυριολεκτικά στα αζήτητα για περίπου τέσσερα χρόνια[!], μέχρις ότου ένας νεαρός από την Ολλανδία —ο Γκέραρνττ Χουφτ (βραβείο Νόμπελ 1999)— θα ανανεώσει την εμπιστοσύνη του κλάδου στην κβαντική θεωρία των πεδίων αποδεικνύοντας ότι μια τέτοια θεωρία μπορεί να ενσωματώσει τον μηχανισμό αυθόρμητης ρήξης μιας συμμετρίας —ο οποίος είναι αναπόσπαστο στοιχείο κάθε ενοποιημένης θεωρίας όπως αυτή του Γουάινμπεργκ— χωρίς ταυτόχρονα να ακυρώσει εκείνη τη βασική μαθηματική της ιδιότητα (να είναι ανακανονικοποιήσιμη, όπως λέμε) η οποία μας εγγυάται στην ουσία ότι η θεωρία είναι συμβιβαστή με την κβαντομηχανική. Κι αυτό είναι όντως το σημείο καμπής μετά από το οποίο τα πράγματα πήραν τον δρόμο που οδήγησε τελικά στο περίφημο καθιερωμένο πρότυπο των θεμελιωδών σωματιδίων και δυνάμεων. Μετά τη σχετικότητα και την κβαντομηχανική, το

---

όσα επιτρέπει η πειραματική ακρίβεια. Αλλά μόνο με ρητούς αριθμούς —δηλαδή χωρίς το συνεχές των πραγματικών αριθμών— δεν θα είχαμε καν την έννοια της παραγωγού άρα ούτε και διαφορικές εξισώσεις οι οποίες αποτελούν τη γλώσσα της φυσικής! Συμφωνώντας με τον Γουάινμπεργκ, μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι το δόγμα βλέπει σοβαρά την (πνευματική) υγεία της φυσικής και των φυσικών.



μεγαλύτερο επίτευγμα της θεμελιώδους φυσικής του 20ού αιώνα συγκρίσιμο μόνο με εκείνο της μεγάλης έκρηξης το οποίο επίσης συνοδεύτηκε με μια κορυφαία φιλοσοφική σύγκρουση, όπως είδαμε (βλ. §5.4).

Σε κάθε περίπτωση, το σίγουρο είναι ότι στην επιστημολογική —ή και φιλοσοφική, αν θέλετε— διαμάχη που έλαβε χώρα γύρω από τη σωστή θεωρία των θεμελιωδών σωματιδίων και δυνάμεων, ο Γουάινμπεργκ ήταν ίσως ο πιο κεντρικός παίκτης. Δικαιολογημένα λοιπόν από την πλευρά του —την πλευρά που τελικά αποδείχτηκε να έχει δίκιο— θεωρεί ότι η αντίπαλη «παράταξη» (η παράταξη των ακραίων θετικιστών ή της πυρηνικής δημοκρατίας) έδωσε μια αχρείαστη μάχη η οποία απέτυχε μεν να εκτροχιάσει το τρένο, καθυστέρησε όμως για λίγα χρόνια την άφιξή του στον επόμενο μεγάλο σταθμό, που ήταν βεβαίως η πλήρης ανακάλυψη του καθιερωμένου προτύπου. Η δημόσια αποτίμηση αυτής της διαμάχης, που κάνει ο ίδιος, είναι πιο συγκρατημένη. Στη σ. 197 του βιβλίου του γράφει:

«Ο θετικισμός έπαιξε επίσης σημαντικό ρόλο στην αντίδραση εναντίον της κβαντικής θεωρίας πεδίου, την οποία κατήυθνε ο Geoffrey Chew κατά τη δεκαετία του 1960, από το Μπέρκλεϋ. Για τον Chew το κέντρο του ενδιαφέροντος στη φυσική ήταν ο πίνακας  $S$ ,\* ο πίνακας που δίνει τις πιθανότητες όλων των δυνατών εξελίξεων από όλες τις δυνατές συγκρούσεις σωματιδίων. Σ' αυτό τον πίνακα συνοψίζεται οτιδήποτε μπορεί να παρατηρηθεί για αντιδράσεις στις οποίες εμπλέκονται οσαδήποτε σωματίδια. Η θεωρία του πίνακα  $S$  έχει τις ρίζες της στο έργο του Heisenberg και του John Wheeler στις δεκαετίες του 1930 και του 1940, αλλά ο Chew και οι συνεργάτες του χρησιμοποιούσαν νέες ιδέες για τον τρόπο με τον οποίο θα υπολόγιζαν αυτό τον πίνακα, χωρίς την εισαγωγή οποιουδήποτε μη παρατηρήσιμου στοιχείου, όπως είναι τα κβαντικά πεδία. Τελικά το πρόγραμμα απέτυχε, εν μέρει διότι ο υπολογισμός ήταν πολύ δύσκολος με αυτό τον τρόπο, αλλά κυρίως επειδή η πρόοδος στην κατανόηση των ασθενών και ισχυρών πυρηνικών δυνάμεων αποδείχτηκε ότι βασιζόταν στις κβαντικές θεωρίες πεδίου, τις οποίες ο Chew προσπαθούσε να παραμερίσει».

Θα συμφωνήσουμε με τον Γουάινμπεργκ ότι η διαμάχη για τη θεωρία των θεμελιωδών σωματιδίων και δυνάμεων του μικρόκοσμου ήταν ένας θρίαμβος για την πλευρά που εκπροσωπούσε ο ίδιος —και είναι επίσης η πλευρά με την οποία συντασσόμαστε κι εμείς—, όμως θα διαφωνήσουμε μαζί του στο (υπονοούμενο) συμπέρασμα ότι ήταν μια περιττή διαμάχη που έλαβε χώρα μόνο εξαιτίας της συνεχιζόμενης κακής επιρροής του θετικισμού στη φυσική.

\* Πίνακας  $S$  και μήτρα  $S$  (ο όρος που χρησιμοποιούμε εμείς) είναι ισοδύναμες διατυπώσεις.

Κατ' αρχάς αυτή είναι μια εκ των υστέρων κρίση —μια αναχρονιστική ματιά στα γεγονότα, όπως θα το έλεγε ένας ιστορικός της επιστήμης—, που όμως δεν ήταν καθόλου φανερή στη διάρκεια της διαμάχης όταν η κοινότητα των φυσικών του πεδίου ήταν κυριολεκτικά χωρισμένη στα δύο και ουδείς μπορούσε να προβλέψει ποια θα ήταν η έκβασή της. Ακόμα περισσότερο όταν η διαμάχη ήταν επιστημολογικού χαρακτήρα —οπότε θα κρινόταν κυρίως από τη γονιμότητα τής μιας προσέγγισης έναντι της άλλης— και όχι διαμάχη πάνω στη φυσική καθ' εαυτήν.\* Επιπλέον, η ένταση και το πάθος αυτής της διαμάχης διοχετεύθηκαν πλήρως στο πεδίο της φυσικής αφήνοντας πίσω τους —από την πλευρά των «ηττημένων»— μια πολύτιμη παρακαταθήκη φυσικών ευρημάτων και μαθηματικών εργαλείων που ενσωματώθηκαν εν πολλοίς στο οπλοστάσιο των «νικητών», ενώ οι βασικές ιδέες της θεωρίας των χορδών, μέσα από τη θεωρία της μήτρας  $S$  αναδύθηκαν. Οι δρόμοι των μεγάλων ανακαλύψεων στη φυσική είναι συχνά ανεξιχνίαστοι. Και σίγουρα δεν ακολουθούν το απλοϊκό στερεότυπο των παλιών εμπειριστών (π.χ. Μπέικον ή Χιουμ) όπου η σωστή θεωρία προκύπτει με ένα είδος εύλογης επαγωγικής γενίκευσης των τάσεων που αναδύονται από τα εμπειρικά δεδομένα.

Όπως δεν κουραστήκαμε να τονίζουμε ήδη από το κεφάλαιο 4, «μέθοδος ανακάλυψης» δεν υπάρχει —ακόμα και η επιφοίτηση, είχαμε πει τότε, είναι μια παραδεκτή «μέθοδος» αν συμβαίνει να έχεις προικιστεί με αυτό το χάρισμα!—, κι αν υπάρχει κάτι που θα μπορούσαμε να το πούμε «επιστημονική μέθοδο», αυτή είναι μόνο ο λογικός και πειραματικός έλεγχος των ευρημάτων ή των υποθέσεών μας: Το πλαίσιο της δικαιολόγησης, όπως το είχαν πει οι λογικοί εμπειριστές ή η παραπομπή στο δικαστήριο της φύσης, όπως το είπαμε εμείς. Δηλαδή «αφήστε χίλια λουλούδια ν' ανθήσουν» κατά τη διαδικασία της αναζήτησης/ανακάλυψης, κι ας επιλέξει το πείραμα ποιο από αυτά είναι εκείνο που ανταποκρίνεται στη φυσική πραγματικότητα. Και είναι διασκεδαστικό, παρεμπιπτόντως, να διαβάξεις κατά καιρούς άρθρα ή βιβλία σχετικιστών ιστορικών ή φιλοσόφων της επιστήμης οι οποίοι στον άμετρο ζήλο τους να παραβιάζουν ανοιχτές πόρτες, δηλαδή να αποδεικνύουν την ανυπαρξία επιστημονικής μεθόδου(!) —π.χ. ο Φεγεράμπεντ όταν μιλάει για «ανύπαρκτη μεθοδολογία» (βλ. §5.7)— επικαλούνται κλασικές περιπτώσεις επιστημονικών ανακαλύψεων οι οποίες όχι μόνο δεν ήταν —αφού δεν μπορούσαν να είναι— αποτέλεσμα κάποιας

\* Τουλάχιστον για τη θεωρία των ισχυρών πυρηνικών δυνάμεων, και οι δύο πλευρές τη μήτρα  $S$  θα υπολόγιζαν —αφού αυτή αντιπροσωπεύει εκείνο που μετράμε—, όμως για τη σχολή των κβαντικών πεδίων ο υπολογισμός θα γινόταν μέσω μιας κατάλληλης κβαντικής θεωρίας πεδίου που έπρεπε να ανακαλυφθεί και όντως ανακαλύφθηκε (είναι η περίφημη κβαντική χρωμοδυναμική), ενώ στη σχολή της πυρηνικής δημοκρατίας οι φυσικές αρχές βάσει των οποίων θα υπολογιζόταν η μήτρα  $S$  θα έπρεπε να διατυπωθούν κατευθείαν πάνω σ' αυτήν τη μήτρα. Ένας κανονικός... ζουρλομανδύας, όπως αποδείχθηκε!

μεθοδικής διαδικασίας αναζήτησης αλλά κινήθηκαν συχνά στα όρια του ανορθολογικού ή, έστω, του μη ορθολογικού. Με καθαρά διαισθητικό τρόπο στις καλύτερες περιπτώσεις. Προφανή πράγματα βεβαίως —ουδείς σοβαρός άνθρωπος θα μιλούσε ποτέ για μέθοδο ανακάλυψης—, που όμως ανακοινώνονται με τυμπανοκρουσίες ως μία ακόμα «νίκη» ενάντια στους «μύθους» της «Δυτικής επιστήμης». Με τον «ιερό σκοπό» να είναι αυτός που μας ανέλυσε στην §7.1.1 ο Νόαμ Τσόμσκι. Τουλάχιστον να σωθεί απ' αυτήν ο «μη λευκός κόσμος». Ένα θέατρο σκιών όπου ο «καλός» νικάει πάντα τον «κακό» που κατασκεύασε ο ίδιος! Ενώ δεν υποτιμούμε ταυτόχρονα και τις «λαβές» που δίνουν στους σχετικιστές, φυσικοί επιστήμονες με υποτυπώδη ή αφελή προβληματισμό για τα ζητήματα αυτά.

Σε κάθε περίπτωση, η διαμάχη για τη θεωρία των θεμελιωδών σωματιδίων και δυνάμεων αποτελεί ένα λαμπρό παράδειγμα του πόσο «αμέθοδη» μπορεί να είναι η διαδικασία μιας θεμελιώδους ανακάλυψης. Κι αυτό που εξασφαλίζει τη δημιουργικότητα της επιστήμης ως θεσμού είναι η απόλυτη δημοκρατικότητά της. Η απεριόριστη ελευθερία —έως τα όρια του αναρχισμού— στην αντιπαράθεση των ανταγωνιζόμενων ιδεών και μεθόδων. Και η οποία είναι δυνατή —θυμηθείτε τις σχετικές συζητήσεις μας στις §§5.5, 5.6, 6.4 και 6.5— χάρη και μόνο στο γεγονός ότι όλα τα μέρη έχουν συμφωνήσει εκ των προτέρων ότι ο τελικός κριτής της διαφωνίας τους είναι η παρατήρηση και το πείραμα: το δικαστήριο της φύσης. Κι αυτός πράγματι ήταν ο τελικός κριτής τόσο στη διαμάχη για τη θεμελιώδη θεωρία των μικροσκοπικών δυνάμεων όσο και σε εκείνη για το κοσμολογικό μοντέλο. Στην πρώτη περίπτωση ο αποφασιστικός κριτής ήταν τα πειράματα που επιβεβαίωσαν δύο αναμφίβιολες προβλέψεις της θεωρίας —την ύπαρξη των λεγόμενων *ουδέτερων ρευμάτων* το 1973 και του *τέταρτου κουάρκ* το 1974—, ενώ στη δεύτερη ήταν η παρατήρηση, το 1965, της *κοσμικής ακτινοβολίας υποβάθρου* (του υπέροχου αρχέγονου φωτός) της οποίας η ύπαρξη μόνο στο μοντέλο της μεγάλης έκρηξης είναι δυνατή.

Δεν χρειάζοταν λοιπόν να ανησυχεί ο Στήβεν Γουάινμπεργκ —ή οποιοσδήποτε από εμάς σήμερα— για το ενδεχόμενο να ζημιωθεί η θεμελιώδης επιστήμη από την επίδραση φιλοσοφικών προκαταλήψεων στους επιστήμονες.\* Το αντίθετο μάλιστα: Η πολλαπλότητα αυτών των προκαταλήψεων μπορεί να λειτουργήσει πολύ δημιουργικά σε περιόδους κρίσης (όπως οι δύο παραπάνω) αυξάνοντας το ρεπερτόριο των διαθέσιμων εναλλακτικών ιδεών και εργαλείων, αλλά πυροδοτώντας επίσης κι ένα κλίμα έντασης και πάθους στη διαμάχη με ευεργετικά αποτελέσματα στη διαδικασία της

\* Πρέπει να έχει γίνει φανερό πλέον ότι χρησιμοποιούμε —όπως και ο Γουάινμπεργκ— την έκφραση «φιλοσοφικές προκαταλήψεις» ως όρο ισοδύναμο με τον πολιτικά ορθότερο «φιλοσοφικές παραδοχές». Με μια έννοια όμως, ο πρώτος όρος είναι πιο εκφραστικός από τον δεύτερο γιατί σου λέει ότι αποκλείεις πολλά ενδεχόμενα και επικεντρώνεσαι μόνο προς τα εκεί που η «προκατάληψη» σου, υπαγορεύει.

ανακάλυψης. Εναντία βεβαίως στο στερεότυπο –για το οποίο πράγματι ευθύνονται οι παραδοσιακές αφηγήσεις των επιστημονικών ανακαλύψεων– που θέλει τον επιστήμονα έναν απροκατάληπτο ερευνητή της αλήθειας σχεδόν εξίσου έτοιμο να δεχτεί την επιβεβαίωση ή τη διάψευση της δικής του θέσης! Ένα απόλυτο φέμα φυσικά, που ο ίδιος ο Γουάινμπεργκ το έμαθε καλύτερα απ’ όλους όταν η διαμάχη για τα προβαδίσματα, ενόψει του βραβείου Νόμπελ, είχε μια πολύ δυσάρεστη συνέπεια σε μια φιλία από τα παιδικά του χρόνια. Όχι, λοιπόν, οι προκαταλήψεις κάθε είδους όπως και τα ανθρώπινα πάθη ή οι πολιτισμικές επιρροές από το ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον όχι μόνο είναι αναπόφευκτα στις επιστημονικές διαμάχες αλλά είναι και πολύ δημιουργικά στοιχεία για την επιτυχή ολοκλήρωσή τους: την επιστημονική ανακάλυψη. Όμως υπό έναν κρίσιμο όρο που μόλις πριν αναφέραμε για πολλοστή φορά: Ότι η επιστημονική κοινότητα αναγνωρίζει έναν απρόσωπο θεσμό που οι αποφάσεις του είναι ανεπιφύλακτα σεβαστές απ’ όλους: το δικαστήριο της φύσης. Πίσω από το οποίο υπάρχει βέβαια μια θεμελιώδης φιλοσοφική προκατάληψη χωρίς την οποία η ίδια η ύπαρξη της επιστήμης δεν είναι νοητή: ο επιστημονικός ρεαλισμός. Η παραδοχή της αντικειμενικής ύπαρξης μιας νομοκρατούμενης –και επομένως γνωρίσιμης– φύσης. Αυτή η φιλοσοφική προκατάληψη είναι το ιερό δισκοπότηρο της επιστήμης και γι’ αυτό βεβαίως προς τα κει στρέφονται οι επιθέσεις των σχετικιστών. Ενόσω λοιπόν αυτή η θεμελιώδης προκατάληψη παραμένει ισχυρή –είναι «γραμμένη σε πέτρα»–, τότε όλες οι άλλες φιλοσοφικές προκαταλήψεις για τις οποίες μιλάει ο Γουάινμπεργκ, όχι μόνο δεν πρέπει να μας ανησυχούν αλλά να θεωρούνται μέρος του διανοητικού πλούτου που δίνει στην επιστήμη την πνευματική της ευρωστία και την ικανότητά της να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των μεγάλων κρίσεων που αναπόφευκτα εμφανίζονται μπροστά της. Εξάλλου οι όποιες φιλοσοφικές ή άλλες προκαταλήψεις –συνεχίζουμε να χρησιμοποιούμε την ορολογία του Γουάινμπεργκ– ανήκουν στον «ιδιωτικό χώρο» των επιστημόνων, όπως έχουμε πει αλλού (βλ. §5.8) και είναι αποκλειστικά δική τους υπόθεση να κρίνουν αν αυτές τους είναι χρήσιμες στην προσωπική τους έρευνα ή όχι. Κανενός είδους «ορθότητα» –φιλοσοφική, πολιτική, ιδεολογική ή άλλη– δεν έχει θέση στην επιστήμη.

Θυμάται τίποτε η κβαντομηχανική  
από τη Δημοκρατία της Βαϊμάρης;\*

Το γενικό ερώτημα που θα μας απασχολήσει σε τούτο το Συμπλήρωμα είναι το εξής: Επηρεάζονται άραγε οι ιδέες που αναπτύσσονται στο εσωτερικό της επιστήμης από εκείνες που «κυκλοφορούν» στην ευρύτερη κοινωνία «εκεί έξω»; Αν, επιπλέον, περιορίσουμε το ερώτημα όχι στην επιστήμη εν γένει αλλά στη θεμελιώδη επιστήμη —αυτήν που αναζητά τους θεμελιώδεις φυσικούς νόμους—, τότε το θέμα μας μπορεί να γίνει ακόμα πιο συγκεκριμένο. Αν όντως η πειραματική μέθοδος είναι μια πηγή έγκυρης (αν και πάντα ατελούς) γνώσης για τον φυσικό κόσμο, έχει τότε καμιά σημασία αν η γνώση αυτή αποκτήθηκε στο ένα ή στο άλλο κοινωνικοπολιτικό περιβάλλον; Έχει καμιά σημασία αν η κβαντομηχανική ανακαλύφθηκε από Γερμανούς, Άγγλους ή κάποιους άλλους, κι αν το διανοητικό περιβάλλον ήταν εκείνο της Δημοκρατίας της Βαϊμάρης ή κάποιο άλλο; Κι αν όντως έχει σημασία, τότε ποια ακριβώς είναι αυτή; Τι επιδιώκουμε να καταλάβουμε; Αν το ένα ή το άλλο κοινωνικό περιβάλλον μπορεί να λειτουργήσει ευνοϊκά ή ανασταλτικά για μια επιστημονική ανακάλυψη, ή αν το ίδιο το περιεχόμενο της ανακάλυψης εξαρτάται από το ποιος και πού την έκανε;

Την ιδανική αφορμή για να συζητήσουμε τα παραπάνω ερωτήματα, μας την έδωσε η έκδοση ενός πολύ ενδιαφέροντος —και αρκετά προκλητικού— βιβλίου με θέμα την ανακάλυψη της κβαντομηχανικής και της αρχής της αβεβαιότητας στη μεσοπολεμική Γερμανία. Τίτλος του βιβλίου: *Η κρίση στη Φυσική και η Δημοκρατία της Βαϊμάρης*. Η θέση του κύριου συγγραφέα, του Πωλ Φόρμαν, είναι, σε πολύ αδρές γραμμές, ότι το γενικότερο πνευματικό περιβάλλον εκείνης της ταραγμένης περιόδου στη Γερμανία, ήταν ο καθοριστικός παράγοντας στη διαμόρφωση και τελική επικράτηση της πιθανοκρατικής ερμηνείας της κβαντομηχανικής και, βέβαια, της αρχής της αβεβαιότητας που βρίσκεται στο επίκεντρό της.

---

\* Με εξαίρεση προφανείς αλλαγές στην εισαγωγική παράγραφο, πρόκειται για αυτούσιο το κείμενο της εισήγησής μας κατά την παρουσίαση το 2013 του βιβλίου Α.1 (βλ. Βιβλιογραφία) σχετικά με την κρίση στη φυσική η οποία συνόδευε την ανάδυση της κβαντομηχανικής, και πώς η κρίση αυτή επηρεάστηκε από το γενικότερο διανοητικό περιβάλλον της δημοκρατίας της Βαϊμάρης.



Το κείμενο που ακολουθεί έχει τη μορφή ενός διαλόγου —εν μέρει πραγματικού, εν μέρει «συμπληρωμένου»— ανάμεσα σ' εμένα κι έναν φοιτητή μου, με θέμα τη θέση του συγκεκριμένου βιβλίου. Τα πρόσωπα του διαλόγου θα είναι όμως κάπως αφηρημένα: ο φοιτητής και ο δάσκαλος. Αρχίζουμε λοιπόν:

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Δάσκαλε, διάβασα αυτές τις μέρες ένα βιβλίο για την ιστορία της κβαντομηχανικής και θα ήθελα να το συζητήσουμε αν έχετε χρόνο.

ΔΑΣΚΑΛΟΣ: Δεν θα βρούμε καλύτερη ευκαιρία από αυτήν. Προχώρα.

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Ευχαριστώ, δάσκαλε. Το βιβλίο προφανώς το ξέρετε. Είναι *Η κρίση στη Φυσική και η Δημοκρατία της Βαϊμάρης*. Διερωτώμαι όμως από πού να ξεκινήσω.

ΔΑΣΚΑΛΟΣ: Πες μου πρώτα αν σου άρεσε το βιβλίο.

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Ναι, μου άρεσε, κυρίως γιατί έμαθα πράγματα που δεν τα είχα υποψιαστεί μέχρι τώρα. Παραδείγματος χάρη, για το εχθρικό κλίμα που επικρατούσε στη Γερμανία του μεσοπολέμου απέναντι στην επιστήμη, την αιτιοκρατία, τον επιστημονικό ορθολογισμό και σε οτιδήποτε συνδεόταν με την πνευματική παράδοση του Διαφωτισμού. Όμως το πιο εντυπωσιακό ήταν τούτο: το πόσο πολύ είχαν επηρεαστεί οι φυσικοί της εποχής από αυτό το κλίμα και πόσο πρόθυμοι ήταν κάποιοι από αυτούς να εγκαταλείψουν βασικές αρχές της φυσικής όπως την αιτιότητα και τη διατήρηση της ενέργειας, και μάλιστα αρκετά χρόνια πριν ανακαλυφθεί η εξίσωση Σρέντινγκερ και προταθεί η πιθανοκρατική της ερμηνεία. Πράγμα που σημαίνει ότι το κλίμα ανάμεσα στους φυσικούς ήταν ώριμο ώστε να γίνει δεκτή μια τόσο ανατρεπτική ιδέα όσο η απεμπόληση της αυστηρής αιτιότητας στους φυσικούς νόμους. Ομολογώ ότι, παρακολουθώντας το μάθημά σας ή διαβάζοντας το βιβλίο σας της *Κβαντομηχανικής*, δεν ήμουν προετοιμασμένος για μια τέτοια εικόνα. Πίστευα ότι η ανακάλυψη των κβαντικών νόμων ήταν αποκλειστικά εσωτερική υπόθεση της φυσικής. Προέκυψε από την παταγώδη αποτυχία της κλασικής φυσικής να εξηγήσει τα φαινόμενα του ατομικού μικρόκοσμου.

ΔΑΣΚΑΛΟΣ: Πράγματι, η εικόνα που αποκόμισες για την ανακάλυψη της κβαντομηχανικής από το μάθημά μου είναι όπως την περιγράφεις. Μια εσωτερική υπόθεση της φυσικής. Υπερασπιζόμενος τον εαυτό μου (αλλά όχι μόνο), πρέπει όμως να σου πω ότι αυτό που κάνω στο μάθημά μου —ή στο βιβλίο μου— δεν είναι ιστορία της κβαντομηχανικής αλλά μια παιδαγωγική ανακατασκευή αυτής της ιστορίας. Πώς θα ξαναανακαλύπταμε εμείς την κβαντομηχανική έχοντας μπροστά μας τα ίδια κρίσιμα φαινόμενα που είχαν ενώπιόν τους και οι φυσικοί της εποχής, γνωρίζοντας όμως και τις απαντήσεις που εκείνοι έδωσαν! Πρόκειται δηλαδή για ένα είδος έλλογης επαναανακάλυψης. Αυτό κάνουν οι δάσκαλοι σε όλο τον

κόσμο κι αν το κάνουν καλά, βοηθούν αφάνταστα στο να αφαιρεθεί η αχλύ του μυστηρίου από τη νέα θεωρία ώστε να μπορεί να κατανοηθεί πολύ καλύτερα και σε ασύγκριτα μικρότερο χρόνο από ό,τι χρειάστηκε για να την καταλάβουν οι ίδιοι οι πρωταγωνιστές της. Αλίμονο αν προσπαθούσαμε να σας διδάξουμε τη νευτώνεια μηχανική με τον τρόπο που την ανακάλυψε ο Νεύτωνας. Δεν θα κάναμε τίποτε άλλο στη διάρκεια των σπουδών σας. Η παιδαγωγική ανακατασκευή των επιστημονικών ανακαλύψεων είναι βασική συνθήκη για την πρόοδο της επιστήμης. Έχει όμως το κόστος της. Άθελά της δημιουργεί μια πολύ λανθασμένη εντύπωση για το πώς πραγματικά γίνονται οι μεγάλες επιστημονικές επαναστάσεις. Διαβάζοντας το βιβλίο που συζητάμε, διαπίστωσες και μόνος σου ότι η πραγματική εικόνα είναι πολύ πιο σύνθετη. Ότι οι επιστημονικές ανακαλύψεις δεν γίνονται στο «κοινωνικό κενό» και ούτε από «εξιδανικευμένους επιστήμονες» σε συνθήκες μοναστηριακής απομόνωσης, απορροφημένους μόνο στον εσωτερικό προβληματισμό του κλάδου τους και ανήμπορους να αφουγκραστούν τη «βοή των πλησιαζόντων γεγονότων». Ιδιαίτερα σε ταραγμένες εποχές όπως εκείνη που περιγράφει το βιβλίο. Σε τέτοιες περιόδους οι παράγοντες οι εξωτερικοί προς την επιστήμη παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της ανακάλυψης.

**ΦΟΙΤΗΤΗΣ:** Ναι, αλλά στο κύριο άρθρο του βιβλίου — το άρθρο του Φόρμαν — μόνο εξωτερικούς παράγοντες είδα να συζητούνται. Και σχεδόν τίποτα από όσα εσείς μας λέγατε. Ούτε για τη θερμική ακτινοβολία των σωμάτων είδα να αναφέρεται κάτι —παρότι όλα από εκεί ξεκίνησαν, όπως λέτε— ούτε και για το «μυστήριο της ατομικής σταθερότητας» —«το μεγαλύτερο μυστήριο που αντιμετώπισε ποτέ το ανθρώπινο μυαλό», όπως μας λέγατε στο μάθημα— ούτε τίποτε άλλο που να σχετίζεται με όσα μαθαίνουμε στο Φυσικό. Τελικά, μήπως όλα όσα μας λέτε είναι «παιδαγωγική ανακατασκευή της ιστορίας» και δεν έχουν παρά ελάχιστη σχέση με την πραγματική ιστορία; Μήπως η κρίση της κλασικής φυσικής, που εσείς παρουσιάζετε ως τον καθοριστικό παράγοντα, ήταν δευτερεύουσας σημασίας και το ζήτημα κρίθηκε τελικά έξω από τη φυσική;

**ΔΑΣΚΑΛΟΣ:** Πράγματι, διαβάζοντας το βιβλίο για το οποίο συζητάμε, αυτή την εικόνα αποκομίζεις. Είναι ως εάν η εσωτερική κρίση στη φυσική —μια κρίση χωρίς προηγούμενο στην ιστορία της επιστήμης— να είναι απύσχα. Από τις 130 σελίδες του κύριου άρθρου είναι ζήτημα αν αθροίζονται σε 10 εκείνες που έχουν κάποια σχέση με την κρίση αυτή, και όπου η συζήτηση μεταξύ των φυσικών να γίνεται με όρους φυσικής και όχι με γενικούς φιλοσοφικούς, κοινωνικούς ή πολιτικούς όρους. Φτάσαμε έτσι, με ένα κβαντικό πράγματι άλμα, από το ένα άκρο στο άλλο. Από την παραδοσιακή αποστειρωμένη ιστορία της επιστήμης —όπου όλα κρίνονται και αποφασίζονται μέσα στο «μοναστήρι»— έως την καθαρά κοινωνιολογική προσέγγιση όπου όλα κρίνονται «εκεί έξω», ενώ το τι

συμβαίνει «εκεί μέσα» —στο εσωτερικό της επιστήμης— έχει αμελητέα σημασία και μπορεί να αγνοηθεί σε πρώτη προσέγγιση. Αυτή φαίνεται να είναι η θέση του Φόρμαν.

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Τελικά, εσείς πώς κρίνετε το βιβλίο;

ΔΑΣΚΑΛΟΣ: Θεωρώ ότι ο Φόρμαν έχασε την ευκαιρία να έχει γράψει ένα λαμπρό βιβλίο και να έχει ασκήσει μια σημαντική και γόνιμη επίδραση όχι μόνο στο εσωτερικό του κλάδου του —των ιστορικών της επιστήμης—, αλλά κυρίως έξω από αυτόν. Να επηρεάσει δηλαδή κι εμάς τους καθαυτό φυσικούς —φοιτητές και δασκάλους—, που ίσως είναι καιρός να αρχίζουμε να βλέπουμε την επιστήμη μας και την ιστορική της εξέλιξη με λιγότερο μοναστηριακούς όρους. Κατά τη γνώμη μου, η ευκαιρία που έχασε το βιβλίο είναι τούτη. Να αναδείξει πώς συμπλέκονται δύο παράλληλες κρίσεις. Η κρίση στο εσωτερικό της φυσικής με την κρίση στο εξωτερικό της. Δύο κρίσεις που είχαν στην πραγματικότητα τον χαρακτήρα ολικής κατάρρευσης. Μιας *καθεστωτικής κατάρρευσης*. Στο εσωτερικό της φυσικής είχε καταρρεύσει τόσο το καθεστώς της νευτώνειας μηχανικής όσο και εκείνο της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας του Μάξγουελ —των δύο καθεδρικών ναών της παλιάς φυσικής—, ενώ η κατάρρευση θεσμών και κυρίαρχων ιδεών στη γερμανική κοινωνία της εποχής ήταν εξίσου πλήρης στην κορύφωσή της. Ήταν μια *καθεστωτική κατάρρευση* με την πληρέστερη δυνατή έννοια του όρου. Η ευκαιρία του Φόρμαν ήταν λοιπόν να μελετήσει τη σύμπλεξη του μέσα με το έξω. Της εσωτερικής κρίσης —της κρίσης στη φυσική— με την κρίση «εκεί έξω»· την κρίση στην κοινωνία και στις κυρίαρχες ιδέες. Διότι αν η εξωτερική κρίση μπορούσε να έχει τόσο μεγάλη επίδραση στους φυσικούς της εποχής —πράγμα που τεκμηριώνεται θαυμάσια στο βιβλίο— είναι γιατί η ίδια η φυσική βρισκόταν σε κρίση· σε υπαρξιακή σχεδόν κρίση. Ακριβώς λοιπόν επειδή το σύστημα στο εσωτερικό της φυσικής ήταν *ασταθές*, γι' αυτό και μπορούσε να είναι τόσο ευάλωτο στις εξωτερικές επιδράσεις· στα κύματα των καιρών. Για να το κάνω όσο γίνεται πιο σαφές, ας εξετάσουμε το εξής υποθετικό σενάριο. Ότι η Δημοκρατία της Βαϊμάρης βρίσκει τη φυσική στην κατάσταση που ήταν γύρω στο 1890. Όταν το οικοδόμημα της φυσικής φάνταζε αιώνιο και αμετάβλητο, και με τους φυσικούς του μέλλοντος εσαεί καταδικασμένους —αυτό προφήτευε το 1899 ο λόρδος Κέλβιν—, απλώς να εφαρμόζουν τους δεδομένους πλέον θεμελιώδεις νόμους για να αναλύουν ολοένα και πιο πολύπλοκες εκδηλώσεις της φυσικής πραγματικότητας. Πιστεύει κανείς σ' αλήθεια ότι, αν η Δημοκρατία της Βαϊμάρης έβρισκε τη φυσική σε αυτό της το στάδιο, το «διανοητικό περιβάλλον» θα ωθούσε τους φυσικούς να αρχίσουν να φάχνονται «στα καλά καθούμενα»; Να διερωτώνται για την αρχή της αιτιότητας ή της διατήρησης της ενέργειας; Και αν κάποιος καιροσκόπος —το είδος υπάρχει στην ίδια αναλογία σε όλα τα



επαγγέλματα— ανακινούσε τέτοια θέματα για να γίνει αρεστός «εκεί έξω» ή για να βελτιώσει, έτσι θα έλεγε ο ίδιος, τη δημόσια εικόνα του κλάδου του, πιστεύει κανείς ότι θα έβρισκε σοβαρούς φυσικούς να τον ακολουθήσουν; Ο συνδυασμός τής «μέσα κρίσης» με την «έξω κρίση» είναι λοιπόν η *ιδιαιτερότητα* —και πιθανόν η *μοναδικότητα*— της περιόδου που μελετά ο Φόρμαν, την οποία όμως απέτυχε να αναδείξει, διογκώνοντας τον εξωτερικό παράγοντα και υποβαθμίζοντας τον εσωτερικό. Σε σημείο που να μένει κανείς με την εντύπωση ότι η κβαντική επανάσταση —πιθανότατα η μεγαλύτερη στην ιστορία της επιστήμης— ήταν «εισαγόμενη». Δεν προήλθε πρωτίστως από μια εσωτερική κρίση στη φυσική, αλλά επιβλήθηκε κυρίως απ' έξω. Το οποίο βέβαια έχει πολύ μικρή σχέση με την πραγματικότητα. Και το βλέπει εύκολα όποιος έχει διαβάσει —έστω και πολύ περιστασιακά— κείμενα των πρωταγωνιστών της εποχής και έχει δει πόσο έντονα και πόσο βασανιστικά τους απασχολούσε η κρίση στη φυσική και πόσο ανοιχτή ήταν η σκέψη τους —κυρίως η σκέψη των «πιτσιρικάδων»— σε κάθε ενδεχόμενο. Ακόμα και το πιο ανατρεπτικό. Συνέβαινε δηλαδή και στο εσωτερικό της φυσικής εκείνο που συνέβαινε και έξω από αυτήν. Όπου η κοινωνική και πολιτική κρίση έκανε πολλούς ανθρώπους να είναι έτοιμοι, όσο ποτέ άλλοτε, να ακούσουν και να δεχτούν καινούργιες ιδέες. (Μεταξύ αυτών και μερικές πολύ δηλητηριώδεις, όπως δυστυχώς αποδείχθηκε λίγα χρόνια αργότερα.) Αυτές λοιπόν τις «παράλληλες κρίσεις» —και τη σύμπλεξή τους— απέτυχε να αναδείξει ο Φόρμαν, αδικώντας έτσι και την δυνητική συμβολή του άρθρου του στη βαθύτερη κατανόηση της ιστορίας της κβαντομηχανικής. Αν ο Φόρμαν ήταν λιγότερο μονοφυσίτης —αναγνώριζε δηλαδή και τη σχετική αυτονομία του επιστημονικού φαινομένου, αντί να το βλέπει απλώς ως μια εξαρτημένη μεταβλητή του ευρύτερου κοινωνικού πλαισίου—, τότε θα μας είχε αφήσει ένα λαμπρό έργο και σίγουρα θα είχε κάνει και πολλούς από εμάς —τους δασκάλους της φυσικής— πολύ λιγότερο μονοφυσίτες από όσο συνεχίζουμε να είμαστε. Όμως το άρθρο το έγραψε ο Φόρμαν και όχι εμείς, κι εκείνο που καλούμαστε να κάνουμε δεν είναι να αποφασίσουμε αν είμαστε υπέρ ή κατά —δεν είναι αυτά τα αντανakλαστικά που επιτρέπεται να καλλιεργεί μια επιστημονική παιδεία—, αλλά να επιλέξουμε εκείνα τα στοιχεία της άποψής του που εμπλουτίζουν τη δική μας ή και τη θέτουν σε σοβαρή δοκιμασία. Αυτό κάνει ένα ανοιχτό μυαλό, και αυτό είναι ό,τι πιο πολύτιμο μπορούμε να σας διδάξουμε, αγαπητέ μου φοιτητή.

Και κάπου εκεί τελείωσε το πρώτο μέρος της συζήτησης με τον φοιτητή μου. Το δεύτερο έγινε πιο πολιτικό, με κεντρικό θέμα τη στάση των μεγάλων φυσικών της εποχής απέναντι στον ναζισμό και τα όσα ακολούθησαν την περίοδο της Βοϊμάρης. Θέματα για τα οποία δίνει επίσης πολλά ερεθίσματα το βιβλίο, όχι πάντα με μονοσήμαντη ερμηνεία.

Θα κλείσω λοιπόν τούτο το κείμενο μεταφέροντάς σας μερικά από τα ερωτήματα που προέκυψαν από τη συζήτησή μας. Αρχίζοντας με το πιο «χονδροειδές». Υπάρχει αντιδραστική ή προοδευτική φυσική επιστήμη; Κι αν ναι, τι είναι η κβαντομηχανική; Προοδευτική ή αντιδραστική; Υπάρχει ιδεολογικό περιεχόμενο —κι όχι απλά φιλοσοφικό— σε μια θεμελιώδη φυσική θεωρία όπως η κβαντομηχανική; Κι αν υπάρχει, πώς συμβαίνει και μπορούν να την οικειοποιούνται εξίσου —ή να την απορρίπτουν εξίσου— ιδεολογικώς αντίπαλα συστήματα; Πώς συνέβη, π.χ., και μπορούσαν να επικαλούνται την κβαντομηχανική τόσο ο Γιόρνταν όσο και ο Σταρκ (δύο πολύ γνωστοί φυσικοί και εξίσου γνωστοί ναζιστές), αλλά με αντίθετο πρόσημο; Για να στηρίξει το φιλοναζιστικό του παραλήρημα ο πρώτος, και το δικό του περί εβραιοκρατούμενης φυσικής ο δεύτερος; Τι είναι τελικά η κβαντομηχανική; Εβραϊκή θεωρία —όπως ισχυριζόταν ο Σταρκ— ή γνήσιο τέκνο της αρίας φυλής, όπως την έβλεπε ο Γιόρνταν;

Υπάρχει και ένα ερώτημα πολύ λεπτότερο. Όποια κι αν είναι η διαδικασία της ανακάλυψης μιας φυσικής θεωρίας κι όποια κι αν ήταν τα ιδεολογικά ή φιλοσοφικά κίνητρα και οι απόψεις των θεμελιωτών της, αφήνει αυτή η διαδικασία οποιοδήποτε ίχνος στην οριστικά διατυπωμένη μορφή αυτής της θεωρίας; Κι αν η απάντηση είναι ναι, ποια είναι αυτά τα ίχνη στην περίπτωση της κβαντομηχανικής; Ή, για να το πω πιο εμφατικά: *θυμάται τίποτε από τη Βαϊμάρη η κβαντομηχανική;*

Δεν είμαι ιστορικός ή φιλόσοφος της επιστήμης για να έχω βαρύνουσα γνώμη σε τέτοια ζητήματα. Διερωτώμαι όμως: αν ισχύει όντως ότι η κβαντομηχανική θυμάται κάτι από τη Βαϊμάρη, πώς συμβαίνει και η «ανάμνηση» αυτή δεν γίνεται αντιληπτή σε κανέναν από εμάς τους κοινούς χρήστες της; Πώς συμβαίνει επίσης —αν υποθεθεί ότι η κβαντομηχανική κουβαλάει κάτι από την περιρρέουσα ιδεολογία της εποχής που τη γέννησε— να μην έχουν καταφέρει ακόμα να την «καθαρίσουν» από το «στίγμα» τόσο διαφορετικά καθεστώτα όσο αυτά που τη χρησιμοποιούν έκτοτε με αξιοθαύμαστη μάλιστα αποτελεσματικότητα; Ένα ερώτημα που τίθεται ακόμη πιο επιτακτικά, αν λάβουμε υπόψη ότι ο «ιδεολογικός καθαρισμός» των θεωριών της σύγχρονης φυσικής —και η επανίδρυσή τους πάνω σε «υγιείς» ιδεολογικές βάσεις— ήταν στην ημερήσια διάταξη σε πολύ διαφορετικά μεταξύ τους κοινωνικά και πολιτικά συστήματα στη διάρκεια του μεσοπολέμου αλλά και στην πρώτη μεταπολεμική περίοδο. Μια υπαινικτική, αλλά αναγκαία, πιστεύουμε, υπενθύμιση για όσους θεωρούν ότι οι περιπέτειες της επιστήμης με τα μεγάλα «συστήματα του κόσμου» —τις μεγάλες βεβαιότητες, τους μεγάλους «-ισμούς»— τέλειωσαν με τη δίκη του Γαλιλαίου. Δεν τέλειωσαν. Και δεν τέλειωσαν, γιατί η βασική πηγή της αντιπαλότητας παραμένει η ίδια. Είναι ο θεμελιώδης αντιδογματισμός της επιστήμης.

Από τον Αριστοτέλη στον Νεύτωνα

Μια παιδαγωγική ανακατασκευή  
της επιστημονικής επανάστασης του 17ου αιώνα\*

3.1 Ο αριστοτελικός νόμος της κίνησης και το λεωφορείο-Γη

Έχει φτάσει πλέον Νοέμβριος, οι συνθήκες για περιηγήσεις στον έναστρο ουρανό δεν είναι πια κατάλληλες, οπότε η τελική συνάντηση της ομάδας, με το θέμα που αποφάσισαν την προηγούμενη φορά, γίνεται σε ένα φοιτητικό στέκι στο κέντρο της μικρής τους πόλης. Τη συζήτηση ανοίγει η Νεφέλη, ως εξής:

ΝΕΦΕΛΗ: Προβληματίζομαι πώς να ξεκινήσω, φίλοι μου. Όπως ξέρετε, το μυστήριο με το «λεωφορείο-Γη» —δηλαδή πώς δεν φεύγει η Γη κάτω από τα πόδια μας όταν αναπηδούμε— τίθεται όταν δεν γνωρίζει κάποιος τη γαλιλαιική αρχή της αδράνειας και τον νευτώνειο νόμο της κίνησης, και σκέφτεται με τον τρόπο της αριστοτελικής φυσικής, όπου κάθε κίνηση απαιτεί τη διαρκή δράση μιας κατάλληλης κινούσας δύναμης. Επομένως, δεν βλέπω άλλον τρόπο για να βάλουμε τη συζήτηση στη σωστή τροχιά, παρά να βυθιστούμε πρώτα στην αριστοτελική φυσική. Όμως χωρίς προκαταλήψεις και χωρίς τη δανεική αλαζονεία τής εκ των υστέρων σοφίας μας. Στο κάτω-κάτω, αν μια θεωρία της κίνησης διήρκεσε περίπου 2.000 χρόνια, πρέπει να είναι κανείς ένας ανόητος υπερόπτης για να μην δεχτεί ότι αυτή η θεωρία σίγουρα θα έχει μια ισχυρή βάση στην κοινή ανθρώπινη εμπειρία. Αλλάζουμε «ρούχα» λοιπόν —πετάμε

\* Πρόκειται για το κύριο μέρος ενός κεφαλαίου του βιβλίου μας *Το αμάρτημα της Εύας: Φυσική κάτω από τ' άστρα και δημιουργική μάθηση* (ΠΕΚ, 2020). Πρωταγωνιστές του... βιβλίου είναι τέσσερις φοιτητές και φοιτήτριες του τμήματος... πλατωνικής φυσικής του Πανεπιστημίου των καθαρών επιστημών! —η Εύα, η Νεφέλη, ο Φοίβος και ο Ορέστης— οι οποίοι... δραπετεύουν από τη Σχολή με σκοπό να αφεθούν για λίγο στη γοητεία του πραγματικού κόσμου· τη γοητεία του έναστρου ουρανού. Να κάνουν φυσική κάτω από τ' άστρα. Στο «επεισόδιο» που διηγούμαστε εδώ, η παρέα των τεσσάρων καταπιάνεται με το μυστήριο του ηλιοκεντρικού συστήματος, δηλαδή με το μυστήριο της κινούμενης Γης, και πώς αυτό μπορούσε να λυθεί μόνο με το πέρασμα από την αριστοτελική στη νευτώνεια φυσική. Η πρώτη παράγραφος του Συμπληρώματος απευθύνεται σε όλους, βασικά, τους αναγνώστες, ενώ η δεύτερη κυρίως σε εκείνους με σπουδές θετικών επιστημών ή μηχανικού.

Γαλιλαίο και Νεύτωνα από πάνω μας— και ο αριστοτελικός νόμος της κίνησης είναι μπροστά μας. Σε σύγχρονη αλγεβρική μορφή γράφεται ως\*

$$v = \frac{F}{R},$$

όπου  $F$  η κινούσα το σώμα δύναμη,  $R$  ένα μέτρο της αντίστασης που προβάλλεται στην κίνησή του και  $v$  η ταχύτητα που αποκτά. Κοιτάξτε πόσο λογικός είναι αυτός ο νόμος. Μια βάρκα στην οποία κωπηλατούν δύο κωπηλάτες θα κινείται με διπλάσια ταχύτητα απ' ό,τι αν κωπηλατεί μόνο ένας, αφού η κινούσα δύναμη είναι διπλάσια στην πρώτη περίπτωση. Και παρόμοια για τη μετακίνηση ενός καναπέ σε μια μεγάλη αίθουσα. Αν τον σπρώχνουν δύο, θα κινείται πάλι με διπλάσια ταχύτητα, παρά αν τον σπρώχνει μόνο ένας. Ενώ η ταχύτητα μετακίνησης του καναπέ θα εξαρτάται επίσης από την αντίσταση που προβάλλει το δάπεδο. Αν είναι πολύ λείο —δηλαδή μικρό  $R$ —, ο καναπές θα μετακινείται πιο γρήγορα· αν είναι πολύ αδρό —μεγάλο  $R$ —, η ταχύτητα μετακίνησης θα είναι σίγουρα μικρότερη. Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι ο νόμος του Αριστοτέλη όχι μόνο δεν λέει ανοησίες, αλλά πατάει και πολύ γερά στην καθημερινή εμπειρία. Μάλιστα, είναι εύκολο για εμάς σήμερα να δούμε ότι —υπό κατάλληλες συνθήκες— ο τύπος του Αριστοτέλη είναι σωστός και με σύγχρονους όρους. Συγκεκριμένα, είναι σωστός στην περίπτωση που ένα σώμα υπόκειται σε τριβή ανάλογη με την ταχύτητα, η οποία ύστερα από λίγο πιάνει μια οριακή τιμή και το σώμα εκτελεί πλέον ομαλή κίνηση με αυτήν την ταχύτητα. Πράγματι, όταν το σώμα πιάνει την οριακή του ταχύτητα, το δεύτερο μέλος στη σχετική εξίσωση Νεύτωνα που γράφω εδώ

$$F_{ολ.} = F + F_{τριβής} = F - \lambda v = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

θα μηδενίζεται, αφού η ταχύτητα παύει να μεταβάλλεται. Θα είναι επομένως  $F - \lambda v = 0$ , δηλαδή

$$v = \frac{F}{\lambda}.$$

Ο νόμος του Αριστοτέλη περιγράφει λοιπόν αυτήν την οριακή κατάσταση κίνησης, με  $v$  την οριακή ταχύτητα,  $R$  τον συντελεστή τριβής  $\lambda$ , και  $F$  την ασκούμενη εξωτερική δύναμη. Δεδομένου μάλιστα ότι στα

\* Δανείζομαι τον σχετικό συμβολισμό από το βιβλίο του I. B. Cohen, *Η γέννηση μιας Νέας Φυσικής*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2017. Ένα καλό αντίδοτο, παρεμπιπτόντως, στο βιβλίο του Σέιπιν για την επιστημονική επανάσταση που δεν ήταν!

περισσότερα κοινά προβλήματα —π.χ. στην κίνηση της βάρκας ή του καναπέ— η τριβή είναι πολύ ισχυρή και η οριακή ταχύτητα «πιάνεται» πολύ γρήγορα, είναι φανερό ότι ο νόμος του Αριστοτέλη όχι μόνο είναι πολύ λογικός, αλλά περνάει άνετα και τον έλεγχο ενός μεγάλου μέρους της εμπειρίας.

ΟΡΕΣΤΗΣ: Αν και ομολογώ, Νεφέλη, ότι μου αρέσει ο τρόπος που προσπαθείς να μας μυήσεις στην αριστοτελική σκέψη, μην το παρακάνεις όμως και βρεθούμε ξαφνικά να υποστηρίζουμε την παλινόρθωση του παλαιού καθεστώτος; Μας φαντάζεσαι να εμφανιζόμαστε μια μέρα με χλαμύδες στη σχολή, να επανιδρύουμε το Λύκειο του Μεγάλου και να επαναφέρουμε τη διδασκαλία του; Ακαδημία του Πλάτωνος έχουμε ήδη —είναι η Σχολή μας—, γιατί όχι και το Λύκειο του Αριστοτέλη; Η Σχολή των Αθηνών σε έναν νέο χρυσό αιώνα.

ΝΕΦΕΛΗ: Δηλαδή, Ορέστη, προτείνεις να μην εκτεθούμε υπερβολικά στην αριστοτελική φυσική, από τον φόβο μήπως τελικά μας κερδίσει; Τότε να σε δέσουμε στο... κατάρτι σαν τον Οδυσσέα, μην και πλανευτείς από τον παππού Αριστοτέλη. Λοιπόν, φίλοι μου, προσποιούμαστε ότι δεν ακούσαμε την παρέμβαση του Ορέστη και συνεχίζουμε ακάθεκτοι.

ΦΟΙΒΟΣ: Όμως, για την ελεύθερη πτώση των σωμάτων, αυτά που είχε πει ο παππούς δεν ήταν και πολύ σόι. Έτσι δεν είναι;

ΝΕΦΕΛΗ: Ναι, Φοίβο, έτσι είναι. Είχε πει ότι τα πιο βαριά σώματα πέφτουν πιο γρήγορα, και μάλιστα τόσες φορές πιο γρήγορα όσες φορές πιο μεγάλο είναι το βάρος τους! Ένα σώμα 5πλάσιου βάρους θα φτάσει πέντε φορές πιο γρήγορα στο έδαφος. Το οποίο βέβαια έρχεται σε κραυγαλέα αντίθεση με την εμπειρία. Πιάστε με το ένα χέρι σας μια μικρή πέτρα και με το άλλο μια πολύ μεγαλύτερη και αφήστε τις να πέσουν ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος. Θα φτάσουν μαζί στο έδαφος, κι αν είναι η μία πέτρα πολλές φορές βαρύτερη από την άλλη. Όμως, για να μπούμε λίγο περισσότερο στο πνεύμα της αριστοτελικής θεωρίας της κίνησης, πρέπει να πω ακόμη δυο λόγια για μια βασική διάκριση που κάνει ο Αριστοτέλης στα είδη των κινήσεων. Τις χωρίζει σε *φυσικές* και σε *βίαιες*. Φυσικές είναι όσες συμβαίνουν από μόνες τους —π.χ., η πτώση της πέτρας προς τη Γη ή η κίνηση της φλόγας και του καπνού προς τον ουρανό (τα βαριά πάνε προς τα κάτω και τα ελαφριά προς τα πάνω)—, ενώ βίαιες είναι όλες οι άλλες κινήσεις. Αυτές που δεν γίνονται από μόνες τους αλλά απαιτούν μια κινούσα δύναμη για να συμβούν. Παραδείγματος χάριν, η κίνηση μιας βάρκας με κουπιά ή μιας τροχήλατης άμαξας με άλογα. Ο νόμος  $v = F/R$  του Αριστοτέλη αναφέρεται σε τέτοιες βίαιες κινήσεις.

ΕΥΑ: Αν αγνοήσουμε λοιπόν την ελεύθερη πτώση των σωμάτων, που είναι το Βατερλώ της αριστοτελικής φυσικής,\* τα όσα είπε ο Μεγάλος για τις υπόλοιπες —τις βίαιες ή μη φυσικές— κινήσεις πατάνε γερά στο έδαφος της κοινής εμπειρίας. Κάθε μη φυσική κίνηση έχει μια δύναμη που την προκαλεί, τόσο μεγαλύτερη μάλιστα όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα με την οποία θέλουμε να κινηθεί το σώμα. Κοιτάζοντας γύρω σου, δεν βλέπεις ποτέ σώματα που να εκτελούν από μόνα τους —δηλαδή χωρίς την παρουσία δύναμης— μια μη φυσική κίνηση. Με μια ενοχλητική εξαίρεση: Την πλάγια κίνηση μιας πέτρας, που ναι μεν χρειάστηκε το χέρι μας για να της δώσει την αρχική ώθηση, αλλά σίγουρα δεν είναι το χέρι μας που εξακολουθεί να τη σπρώχνει πάνω στην τροχιά της! Η πέτρα συνεχίζει να κινείται χωρίς καμία προφανής δύναμη να ασκείται επάνω της!

ΝΕΦΕΛΗ: Πράγματι, Εύα, χτύπησες τώρα την *αχίλλειο πτέρνα* της αριστοτελικής θεωρίας των βίαιων κινήσεων, για την οποία χύθηκε πολύ μελά-νι, που μάλλον το αδιέξοδο της θεωρίας προώθησε παρά τη λύση του. Ειπώθηκε, παραδείγματος χάριν, ότι η δύναμη που συνεχίζει να κάνει την πέτρα να κινείται, δημιουργείται από τον αέρα ο οποίος εκτοπίζεται από την μπροστινή μεριά της και έρχεται και τη σπρώχνει από πίσω! Διότι η αριστοτελική θεωρία της βίαιης κίνησης —δεν βλέπεις να το επαναλαμβάνουμε αυτό— απαιτεί τη *συνεχή δράση* μιας κινούσας δύναμης. Τίποτα δεν κινείται παρά φύσιν, αν κάποιος δεν το σπρώχνει συνεχώς. Αυτό λέει η πλειονότητα των φαινομένων της κοινής εμπειρίας και το ίδιο διδάσκει η αριστοτελική φυσική των βίαιων —δηλαδή των μη φυσικών— κινήσεων. Ούτε ο καναπές κινείται από μόνος του, ούτε η βάρκα, ούτε το κάρο! Και αν η *αχίλλειος πτέρνα* της θεωρίας εμφανίζεται στη βίαιη κίνηση της πέτρας στον αέρα, είναι γιατί —όπως εμείς σήμερα γνωρίζουμε— στην ατμόσφαιρα ο συντελεστής τριβής είναι πολύ μικρός, οπότε το σώμα έχει μεγάλο περιθώριο να κινηθεί και μετά τη δράση της αρχικής δύναμης, μέχρις ότου οι τριβές (και τελικά η πρόσκρουση στο έδαφος) το σταματήσουν. Αντίθετα, αυτό το περιθώριο είναι σχεδόν ανύπαρκτο κατά την κίνηση μιας βάρκας στη θάλασσα ή ενός καναπέ στο δωμάτιό μας. Διότι εδώ οι τριβές είναι πολύ μεγάλες,

\* Και είναι πράγματι ένα από τα σημαντικότερα ερωτήματα στην ιστορία της επιστήμης το πώς άντεξε για περίπου δυο χιλιάδες χρόνια μια θεωρία για την ελεύθερη πτώση, σε τόσο προκλητική αντίθεση με την κοινή ανθρώπινη εμπειρία. Κατά τη γνώμη μας, μια απάντηση του τύπου «η δύναμη του δόγματος» —παρότι περιέχει ένα μεγάλο μέρος της αλήθειας— δεν είναι αρκετή, και μια δική μας συνθετότερη εξήγηση θα βρει η αναγνώστριά στο βιβλίο μας *Το Φάντασμα της Όπερας και ειδικότερα στο τρίτο του Κεφάλαιο με τίτλο «Η ελληνική κληρονομιά στην Επιστήμη»*. Όπως θα δείτε εκεί, κάναμε μια γνήσια προσπάθεια να καταλάβουμε τον αριστοτελικό νόμο της ελεύθερης πτώσης και είδαμε πως κι αυτός έχει μια ευλογοφάνεια —όχι ασύνδετη με εκείνη του νόμου  $v = F/R$  της βίαιης κίνησης— με τον όρο όμως ότι δεν θα κάνεις ποτέ το πείραμα για να τον ελέγξεις!



οπότε, μόλις ο βαρκάρης παύσει να κωπηλατεί ή εμείς να σπρώχνουμε τον καναπέ, αυτά θα σταματήσουν σχεδόν αμέσως. Για να το πω διαφορετικά: Αν ήμασταν σκεφτόμενα... *ψάρια*, ικανά να κάνουν επιστήμη —οπότε όλη μας η εμπειρία θα ήταν σε υδάτινο περιβάλλον με υψηλές τριβές—, τότε ο νόμος του Αριστοτέλη,  $v = F/R$ , θα ήταν ακόμα σε ισχύ και ο ερχομός του Γαλιλαίου δεν θα ήταν πολύ κοντά!\*

ΟΡΕΣΤΗΣ: Λοιπόν, φίλοι μου, λύσαμε παρεμπιπτόντως και το ετησίως επανεμφανιζόμενο πρόβλημα του τι θα ντυθούμε στις Απόκριες. Εντάξει, είναι νωρίς ακόμα για τις λεπτομέρειες, αλλά τουλάχιστον τη βασική ιδέα —το concept που λένε και στην τηλεόραση του χωριού μου— μπορούμε να τη συμφωνήσουμε από τώρα. Προτείνω να ντυθούμε φαροφυσικοί, φαροφιλόσοφοι, ακόμα και... φαροπροφήτες, για να θυμηθώ ένα ωραίο παρατσούκλι που έβγαλε ο Ζεβεδαίος της Παλαιάς Διαθήκης στον συγχωριανό του, τον Ιωνά —τον γνωστό Ιωνά, από την ιστορία με το κήτος—, και το διέσωσε για χάρη μας ο μεγάλος παραμυθάς Νίκος Καζαντζάκης στον *Τελευταίο Πειρασμό* του, αν θυμάμαι καλά. Και ξέρετε ποια θα είναι η χαριστική βολή στον καλό εκείνο άνθρωπο, τον αστροφυχίατρό μας;\*\* Εντάξει, εντάξει, Νεφέλη. Την είδα την... κίτρινη κάρτα και επανέρχομαι στην... τάξη. Έλεγες λοιπόν ότι αν ήμασταν... *σκεφτόμενα ψάρια*... Αλήθεια, πόσο θα πιάναμε στην φαραγορά;

Δεν χρειάζεται να σας πούμε τι ακολούθησε την τελευταία ατάκα του Ορέστη. Ξέσπασαν όλοι σε ασυγκράτητα γέλια —εκείνο το ανεξέλεγκτο γέλιο που σε πιάνει καμιά φορά μέσα στη σχολική τάξη και εύχεσαι να σε βγάλει έξω ο καθηγητής μήπως και μπορέσεις να σταματήσεις—, και βέβαια η επιστροφή στη συζήτηση μόνο ως ανέκδοτο θα μπορούσε πλέον να προταθεί. «Κρίμα την... ιδέα», λέει, γελώντας πιο πολύ απ' όλους, η Νεφέλη. «Και

\* Να σημειώσουμε, παρεμπιπτόντως, ότι η παραπάνω περιγραφή της αριστοτελικής θεωρίας της κίνησης είναι και μια καλή έμπρακτη επίδειξη της δικής μας αντίληψης για τον τρόπο να προσεγγίζει κανείς το παρελθόν της επιστήμης. Χρειάζεσαι δύο οπτικές γωνίες ταυτόχρονα: Να δεις την παλαιότερη θεωρία με τα μάτια των δημιουργών της και της εποχής τους, ώστε να συνειδητοποιήσεις πόσο εύλογη ήταν, και ταυτόχρονα να καταλάβεις τις δυσκολίες και τα αδιέξοδά της γνωρίζοντας και ποια ήταν η ορθότερη θεωρία που θα την διαδεχόταν. Μια συνέχεια τούτης της συζήτησης θα δείτε στο Συμπλήρωμα 4, όπου εξηγούμε γιατί μια τέτοια θέαση του επιστημονικού μας παρελθόντος δεν συνιστά μια αναδρομική ματιά, όπως στην κοινή ιστορία. Με την εξήγηση να είναι πολύ απλή. Στην ιστορία της επιστήμης αυτό που πρόκειται να ανακαλυφθεί είναι αντικειμενικά προκαθορισμένο —είναι ένας νόμος της φύσης—, ενώ στην κοινή ιστορία κανένας τέτοιος προκαθορισμός δεν υπάρχει. Όλα τα ενδεχόμενα ήταν ανοικτά πριν την τελική έκβαση μιας σύγκρουσης και θα συνεχίσουν να είναι ανοικτά στην ιστορία που βρίσκεται μπροστά μας.

\*\* Είναι ένας από τους μικρούς ρόλους στο βιβλίο! Στους βασικούς ρόλους (μετά την παρέα των τεσσάρων) είναι φιγούρες όπως ο δύσπιστος Θωμάς, ο συνήγορος του διαβόλου και ο αυθάδης μαθητής που κατοικούν μέσα στους βασικούς ήρωες ως ο άλλος εαυτός τους!

να φανταστείτε ότι μόλις ετοιμαζόμουν να μας δώσω και μια άσκηση... φαρομηχανικής. Να ελέγχαμε αν ο νόμος του Αριστοτέλη για την ελεύθερη πτώση ισχύει τουλάχιστον στον φαρόκοσμο. Που, αν ισχύει, ξέρετε πού θα βρούμε τώρα τον... παππού! Εκεί που κανείς Γαλιλαίος ή Νεύτωνας δεν προβλέπεται να εμφανιστεί για τα επόμενα χίλια χρόνια. Και η βασιλεία του Μεγάλου θα είναι εις τον... αιώνα! Σοβαρά τώρα, Ορέστη, εσύ στη θέση του τι ψάρι θα διάλεγες να είσαι;»

Η συνέχεια ήταν αναμενόμενη. Με τα βροντερά γέλια μαζεύτηκαν γύρω τους, σχηματίζοντας μια μεγάλη παρέα, όλοι οι φοιτητές της σχολής που ήταν στο στέκι εκείνη την ώρα. Και το τι ιδέες έπεσαν μέχρι το πρωί δεν είναι συνετό να το μάθουμε! Το μόνο βέβαιο είναι ότι χρειάστηκε να περάσουν περίπου τρεις εβδομάδες —και να έχει φτάσει πλέον ο Δεκέμβριος—, μέχρι να τολμήσει κάποια στιγμή ο Φοίβος, παίρνοντας το ρίσκο να πυροδοτήσει ξανά ένα ανεξέλεγκτο ξέσπασμα γέλιου, να προτείνει τη συνέχιση εκείνης της άτυχης-τυχερής συζήτησης. Που θα έχουν να λένε αργότερα ότι τους χάρισε ίσως την πιο διασκεδαστική βραδιά της φοιτητικής τους ζωής.

Η συμφωνία ήταν όμως λεόντεια! Για να διασφαλιστεί ότι δεν θα ξαναγίνουν τα ίδια, η λέξη ψάρια και όλα τα παράγωγά της απαγορεύτηκαν διά... ροπάλου! Παραδόξως, η συμφωνία τηρήθηκε, και η συζήτηση που έγινε ήταν σαν όλες τις άλλες.

Ας την παρακολουθήσουμε.

**ΝΕΦΕΛΗ:** Λέγαμε λοιπόν ότι σε έναν υποθετικό κόσμο με ισχυρές τριβές παντού, ο νόμος του Αριστοτέλη θα ήταν εμπειρικά σχεδόν ακλόνητος. Όμως στον δικό μας κόσμο —όπου υπάρχουν και κινήσεις χαμηλής τριβής, όπως οι κινήσεις στον αέρα— η ισχύς του είναι περιορισμένη, αν και αποδείχτηκε αρκετή για να τον κρατήσει στη ζωή επί περίπου δύο χιλιάδες χρόνια. Αν, επιπλέον, λάβουμε υπ' όψιν ότι το σώμα μετακινείται προς την κατεύθυνση που το σπρώχνουμε —δηλαδή προς την κατεύθυνση της κινούσας δύναμης—, τότε ο νόμος του Αριστοτέλη θα μπορούσε να διατυπωθεί και σε σύγχρονη διανυσματική μορφή ως

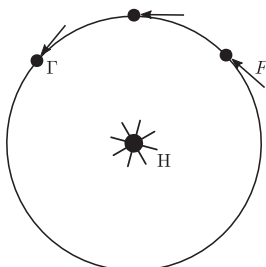
$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{F}}{R}.$$

όπου τα έντονα μαύρα γράμματα δηλώνουν διάνυσμα, όπως ξέρουμε.

**ΦΟΙΒΟΣ:** Το οποίο σημαίνει, παραδείγματος χάριν, ότι για την περίπτωση μιας «τρελής Γης» —που θα εγκατέλειπε την ασφαλή θέση της στο ακίνητο κέντρο του κόσμου και θ' άρχιζε να «βολτάρει» γύρω από τον Ήλιο— κάποιος θα έπρεπε να τη σπρώχνει συνεχώς παράλληλα προς την κατεύθυνση της κίνησής της, δηλαδή παράλληλα προς την εφαπτομένη τής



τροχιάς της. Επομένως, η κινούσα δύναμη θα έπρεπε να είναι όπως στο σκίτσο που κάνω εδώ:\*

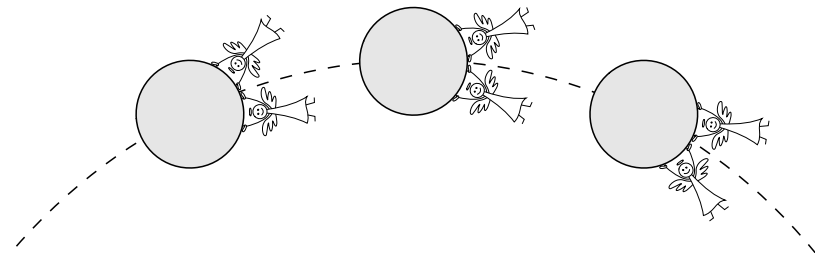


ΣΧΗΜΑ 1: Στο αριστοτελικό «σύστημα του Κόσμου», η ασκούμενη δύναμη πάνω στη Γη, ώστε να περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο, θα είχε την κατεύθυνση της κίνησής της.

ΟΡΕΣΤΗΣ: Ακριβώς όπως το λες, Φοίβο. Μάλιστα, όταν επανεμφανίστηκε δειλά-δειλά το ηλιοκεντρικό σύστημα —μετά την αποτυχημένη πρώτη του «εκτόξευση» από τον Αρίσταρχο—, έκαναν την εμφάνισή τους και διάφορες μεσαιωνικές θεωρίες για την κινούσα δύναμη  $F$ . Με το ερώτημα να είναι πολύ σαφές και συγκεκριμένο: Ποιος είναι αυτός που σπρώχνει τη Γη στους ουρανούς εκεί πάνω; Και επειδή η επικράτεια των ουρανών δεν είναι για τα κοινά όντα —ακόμα και για τις μυθικές οντότητες της ελληνικής μυθολογίας—, η μόνη διαθέσιμη... εργατική δύναμη για να κάνει τη δουλειά ήταν οι... άγγελοι. Διότι, βέβαια, ο μεσαιωνικός άνθρωπος θα έφριττε με το σκίτσο που έκανε νωρίτερα ο Φοίβος. Ακούς εκεί, να κινεί τη Γη ένα βελάκι... Μια αφηρημένη δύναμη δίχως κάποιον να την ασκεί; Το μεσαιωνικό ερώτημα ήταν λοιπόν αυτό που θα έθετε κάθε λογικός άνθρωπος βασισμένος στην καθημερινή εμπειρία του: Ποιος σπρώχνει τη Γη γύρω από τον Ήλιο; Τα αγγελάκια ήταν η καλύτερη διαθέσιμη απάντηση τότε, και αυτήν θα πιστεύαμε κι εμείς αν ζούσαμε εκείνα τα χρόνια. Ας λένε ότι θέλουν εκ των υστέρων οι διαφωτιστές, πάντως εμένα ο μεσαιωνικός επιστήμονας μου φαίνεται πολύ λογικός άνθρωπος, προσγειωμένος στην εμπειρία. Και κακώς παρασύρομαι κάποιες στιγμές σε εξυπνακίστικα σχόλια, όπως αυτό για

\* Μένουμε στις κυκλικές τροχιές για λόγους απλότητας. Εξάλλου, οι ελλειπτικές τροχιές που ισχύουν πραγματικά είναι τόσο κοντά σε κύκλους, ώστε η προσέγγιση των κυκλικών τροχιών να είναι απόλυτα δικαιολογημένη. Μάλιστα, αυτήν υιοθέτησαν εξ αρχής οι τέσσερις φίλοι και χάρις σ' αυτό κατάφεραν να περιγράψουν τις πλανητικές κινήσεις με μαθηματικά Λυκείου και να ξαναανακαλύψουν μόνοι τους όχι μόνο τους νόμους του Κέπλερ αλλά και τον ίδιο τον νόμο της παγκόσμιας έλξης. Σπάζοντας έτσι και το φετίχ των ελλειπτικών τροχιών που καταδυναστεύει τη σκέψη μας, όπως λένε, και δεν μας αφήνει να χαλαρώσουμε και να σκεφτούμε με απλότητα. Να κάνουμε μια αυτονόητη προσέγγιση.

την... εργατική δύναμη, που έκανα παραπάνω. Το παίρνω πίσω λοιπόν και σας δίνω εδώ ένα δικό μου... μεσαιωνικό σκίτσο για την κίνηση της Γης στους ουρανούς:



ΣΧΗΜΑ 2: Μια «μεσαιωνική» εικόνα για την κινούσα δύναμη που ωθεί τη Γη γύρω από τον Ήλιο.

ΝΕΦΕΛΗ: Οπότε, βέβαια, το πρόβλημα με το λεωφορείο-Γη, για το οποίο συζητάμε, γίνεται τώρα ξεκάθαρο. Καλά, τη Γη τη σπρώχνουν τα αγγελάκια· εμάς, ποιος μας σπρώχνει; Αφού δεν είμαστε δεμένοι πάνω της, και το «όχημα» είναι ανοικτό από παντού, γιατί δεν μας αφήνει πίσω του καθώς φεύγει μπροστά, με ταχύτητα πραγματικά ιλιγγιώδη, όπως θα δούμε; Μήπως μας σπρώχνουν κι εμάς αόρατα αγγελάκια;

ΦΟΙΒΟΣ: Ο καθένας τον ιδιωτικό του... άγγελο, δηλαδή. Που όχι μόνο είναι αόρατος, αλλά σε σπρώχνει και τόσο... απαλά, που ούτε καν το καταλαβαίνεις! Ενώ, κανονικά, η δύναμη που σου ασκεί θα έπρεπε να είναι τεράστια, αφού τεράστια είναι και η ταχύτητα με την οποία πρέπει να κινείσαι για να μένεις διαρκώς δίπλα στη Γη. Ναι, αλλά και κάθε πέτρα που ξεκολλάει από τη Γη, ή αφήνεται να πέσει από τα χέρια μας, θα πρέπει κι αυτή να έχει το δικό της αγγελάκι, που θα την εμποδίζει να μείνει πίσω και να χαθεί στο έρεβος! Και ας μην μιλήσουμε για την ατμόσφαιρα, όπου κάθε μόριο του αέρα —εφόσον δεν είναι κολλημένο με τα άλλα, ούτε με τη Γη— θα έπρεπε να έχει κι αυτό το αγγελάκι του, για να μην το φάει το σκοτάδι! Είναι λοιπόν φανερό, Νεφέλη, ότι η αριστοτελική μηχανική και το ηλιοκεντρικό σύστημα δεν μπορούν να είναι ταυτόχρονα σωστά. Από τη σύγκρουσή τους, μόνο το ένα θα επιζήσει.

ΝΕΦΕΛΗ: Σε αυτό ακριβώς το δίλημμα ήθελα να στρέψω την προσοχή μας, Φοίβο, και απ' ό,τι φαίνεται μάλλον τα καταφέραμε. Μένει όμως μια αριθμητική εκκρεμότητα, για να ολοκληρώσουμε αυτό το μέρος της συζήτησής μας. Να υπολογίσουμε την ταχύτητα περιφοράς της Γης γύρω από τον Ήλιο, ώστε να δικαιολογήσουμε τον χαρακτηρισμό «ιλιγγιώδης», που χρησιμοποιήσαμε πιο πριν. Θα είναι, προφανώς,\*

\* Όπου  $r_T$  είναι, βεβαίως, η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς της Γης γύρω από τον Ήλιο,  $v_T$  η

$$v_{\Gamma} = \frac{2\pi r_{\Gamma}}{T_{\Gamma}} = \frac{2\pi \times 150 \times 10^6 \text{ km}}{365 \text{ ημέρες} \simeq 3 \times 10^7 \text{ s}} \simeq 30 \text{ km/s},$$

το οποίο σημαίνει ότι και ένα δευτερόλεπτο να διαρκέσει η αναπήδησή μας από το έδαφος, το λεωφορείο-Γη θα έχει φύγει τριάντα χιλιόμετρα μπροστά. Ας είναι καλά τα αγγελάκια!

ΦΟΙΒΟΣ: Ξέχασες όμως και την ταχύτητα —ας πούμε, στον ισημερινό— λόγω της περιστροφής της Γης περί τον άξονά της. Ας την υπολογίσουμε κι αυτήν, για να δούμε πόση είναι. Θα έχουμε τώρα\*

$$V = \frac{2\pi R_{\Gamma}}{24 \text{ ώρες}} = \frac{2\pi \times 6.400 \text{ km}}{24 \times 60 \times 60 \text{ s}} = 0,465 \text{ km/s} = 465 \text{ m/s},$$

και είναι, προφανώς, πολύ μικρότερη από την προηγούμενη. Καθόλου αμελητέα κι αυτή βέβαια, αφού η τιμή της είναι γύρω στα 1.700 χιλιόμετρα ανά ώρα. Πέφτει δηλαδή στην περιοχή ταχυτήτων των πιο γρήγορων πολεμικών αεροσκαφών. Επομένως, ακόμα και στο γεωκεντρικό σύστημα —όπου η Γη είναι ακίνητη—, η περιστροφή περί τον άξονά της δεν είναι επιτρεπτή. Σε αναπήδηση διάρκειας ενός δευτερολέπτου, το έδαφος θα είχε φύγει κάτω από τα πόδια μας γύρω στο μισό χιλιόμετρο! Τα αγγελάκια ούτε σ' ένα γεωκεντρικό σύστημα —με περιστρεφόμενη όμως Γη— θα έμεναν χωρίς δουλειά!

ΕΥΑ: Μάλιστα, ο τρόμος του προνεωτερικού ανθρώπου απέναντι στο ενδεχόμενο μιας κινούμενης Γης ήταν τέτοιος που ο Πτολεμαίος, στο περίφημο βιβλίο του για το πτολεμαϊκό σύστημα, περιγράφει ως εξής τις συνέπειες μιας τέτοιας κίνησης. Σας διαβάζω από το κινητό μου:

«...τα ζώα και κάθε ξεχωριστό σώμα θα έμεναν πίσω, αιωρούμενα στον αέρα, ενώ και η ίδια η Γη με τη μεγάλη της ταχύτητα θα έφευγε έξω από το ίδιο το σύμπαν».

Αυτό λοιπόν που είχε πει η Νεφέλη από την προηγούμενη φορά —ότι η αριστοτελική φυσική θα έσπαγε τα μούτρα της στο πλανητικό μας σύστημα— είναι απόλυτα σωστό. Δεν γίνεται ν' αλλάξουμε το «σύστημα του κόσμου» —από το γεωκεντρικό να πάμε στο ηλιοκεντρικό— χωρίς ν' αλλάξουμε ταυτόχρονα και τον θεμελιώδη νόμο της κίνησης. Ο νόμος του Αριστοτέλη δεν ήταν συμβιβαστός με μια κινούμενη Γη. Έπρεπε επειγόντως να αλλάξει!\*\*

---

ταχύτητα περιφοράς της γύρω απ' αυτόν και  $T_{\Gamma}$  η αντίστοιχη περίοδος που είναι, βεβαίως, το γήινο έτος. Η απόσταση Γης-Ηλίου —δηλαδή το  $r_{\Gamma}$ — είναι 150 εκατομμύρια km.

\* Το  $R_{\Gamma}$  είναι τώρα η ακτίνα της Γης περίπου ίση με 6.400 km, όπως ξέρουμε.

\*\* Θα πρέπει όμως να υπογραμμίσουμε αυτό που είπαμε και πριν. Ότι στο πλαίσιο της αρι-

### 3.2 Ξαναανακαλύπτοντας την αρχή της αδράνειας και τον νόμο κίνησης του Νεύτωνα

ΝΕΦΕΛΗ: Όμως, πώς θα σκεφτόμασταν εμείς σήμερα για να ξαναανακαλύψουμε τον νόμο του Νεύτωνα —αυτόν που πήρε τη θέση του νόμου του Αριστοτέλη—, ξεκινώντας από το σημείο στο οποίο φέραμε το θέμα προηγουμένως; Ρωτάμε, δηλαδή, αν υπάρχει μια εύλογη συλλογιστική που μας οδηγεί στον νόμο του Νεύτωνα

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} = m \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} \quad \text{ή} \quad \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{F}}{m},$$

αντί για τον νόμο του Αριστοτέλη

$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{F}}{R}.$$

ΕΥΑ: Ωραίο ερώτημα, Νεφέλη: Η διαδικασία επαναανακάλυψης, για την οποία μας μιλούσε ο Παράξενος.\* Θα έχεις καταλάβει πραγματικά τις ανακαλύψεις του παρελθόντος μόνον όταν θα είσαι σε θέση να τις ξαναανακαλύψεις μόνος σου! Έστω και γνωρίζοντας τις απαντήσεις. Καταλαβαίνω μόνο ό,τι μπορώ να ξαναανακαλύψω μόνος μου. Έτσι δεν είναι;

ΦΟΙΒΟΣ: Έτσι είναι, Εύα, αλλά δεν είναι πάντα εύκολο. Όπως και να 'ναι, ας δοκιμάσω πρώτα εγώ. Νομίζω ότι το αναγκαίο πρώτο βήμα είναι να καταλάβουμε τι μας διδάσκει το «λεωφορείο-Γη». Το γεγονός δηλαδή ότι δεν χάνει τους επιβάτες του, παρότι τρέχει με ιλιγγιώδη ταχύτητα και ούτε δεμένους τους έχει, ούτε κλειστό είναι για να μην του φεύγουν, ούτε αγγελάκια τούς σπρώχνουν, για να μην μείνουν πίσω και χαθούν στο Διάστημα. Με όλη την εκ των υστέρων σοφία μας, είναι λογικό να σκεφτούμε —μαζί με τον Γαλιλαίο— την αρχή της αδράνειας. Ότι δεν χρειάζεται δύναμη για να διατηρήσουμε μια ταχύτητα που ήδη έχουμε. Αυτή θα παραμένει σταθερή, εκτός κι αν κάποια δύναμη ασκηθεί πάνω στο σώμα και την αλλάξει. Η πρώτη μας διαπίστωση θα ήταν λοιπόν ότι

$$\mathbf{F} = 0 \Rightarrow \mathbf{v} = \text{σταθερό διάνυσμα.}$$

---

στοτελικής φυσικής, πρόβλημα θα είχαμε και με το γεωκεντρικό σύστημα αν επιτρέπαμε την ημερήσια περιστροφή της Γης περί τον άξονά της.

\* Το παρατσούκλι του αγαπημένου τους καθηγητή στη Σχολή. Του πρώτου που απίστησε στην πλατωνική της παράδοση και άρχισε να μιλάει γι' αυτόν τον «υπέροχο πραγματικό κόσμο εκεί έξω», όπως τον αποκαλούσε. Κερδίζοντας —επαξίως!— τον χαρακτηρισμό «ο παράξενος», από τους άλλους καθηγητές της Σχολής.

Δηλαδή: Αν σε ένα σώμα δεν ασκείται καμία δύναμη, αυτό είτε θα παραμείνει ακίνητο, εφόσον ήταν αρχικά ακίνητο, είτε, εφόσον κινούνταν, θα συνεχίσει να κινείται με την ίδια σταθερή ταχύτητα.

ΕΥΑ: Όμως, Φοίβο, η περίπτωση του λεωφορείου-Γη δεν είναι ακριβώς αυτή. Εμείς δεν κινούμαστε με σταθερή ταχύτητα, αφού κάνουμε περίπου κυκλική τροχιά γύρω από τον Ήλιο και επομένως η ταχύτητά μας αλλάζει συνεχώς κατεύθυνση, παρότι το μέτρο της διατηρείται σταθερό. Επομένως, μόνο προσεγγιστικά και για πολύ μικρό χρονικό διάστημα μπορούμε να σκεφτούμε τη Γη με τον τρόπο που λες.

ΦΟΙΒΟΣ: Με πρόλαβες, Ευά. Αυτό ακριβώς θα έλεγα τώρα. Ότι η κίνηση του λεωφορείου μας δεν είναι μια αδρανειακή κίνηση, όπως θα τη λέγαμε σήμερα, αφού η ταχύτητά του ως διάνυσμα δεν είναι σταθερή, και γνωρίζουμε επίσης ότι η ασκούμενη πάνω του δύναμη δεν είναι μηδέν, αφού υπάρχει το πεδίο βαρύτητας του ήλιου μας. Ξεκίνησα όμως έτσι, διότι αυτό το σημείο είχε μπερδέψει αρκετά και τον Γαλιλαίο, αφού ο νόμος της παγκόσμιας έλξης δεν ήταν ακόμα γνωστός. Έτσι, είχε φλερτάρει και με την ιδέα να είναι αδρανειακές —δηλαδή να μη χρειάζονται τη δράση μιας δύναμης για να συνεχιστούν— όχι μόνο οι ευθύγραμμες ομαλές κινήσεις, αλλά και οι ομαλές κινήσεις πάνω σε κύκλο. Αλλάζοντας πορεία, προτείνω λοιπόν τώρα να χρησιμοποιήσουμε ως σύγχρονο εμπειρικό δεδομένο τη μάλλον κοινή ανθρώπινη εμπειρία του ταξιδιώτη σε ένα τρένο. Ενώσω το τρένο κινείται με σταθερή ταχύτητα σε μια μακρά ευθύγραμμη σιδηροτροχιά, δεν αισθανόμαστε καμία δύναμη να ασκείται πάνω μας —π.χ. από την πλάτη του καθίσματός μας—, προκειμένου να κινούμαστε κι εμείς μαζί του με την ίδια ταχύτητα. Τέτοια δύναμη μας ασκήθηκε μόνο κατά την εκκίνηση της αμαξοστοιχίας, και έπαυσε να μας ασκείται μόλις το τρένο «έπιασε» την προβλεπόμενη σταθερή ταχύτητα και συνεχίζει να κινείται σε ευθεία γραμμή. Ενώ, βέβαια, η αρχή της αδράνειας είναι... υπεύθυνη για τα χιλιάδες θύματα στην άσφαλτο χωρίς ζώνη ασφαλείας. Διότι, αν μεν το αυτοκίνητό μας γκαζώνει, είναι η πλάτη του καθίσματός μας εκείνη που θα μας ασκήσει την απαιτούμενη δύναμη, ώστε ν' αυξήσουμε κι εμείς την ταχύτητά μας στο επίπεδο εκείνης του αυτοκινήτου μας. Αν όμως το αυτοκίνητό μας φρενάρει, για να μειώσουμε κι εμείς την ταχύτητά μας θα πρέπει να μας ασκηθεί μια δύναμη προς τα πίσω, και αυτή μόνο από τη ζώνη ασφαλείας μπορεί να προέλθει. Αν δεν τη φοράμε, τότε θα συνεχίσουμε να κινούμαστε προς τα μπρος με την ταχύτητα του αυτοκινήτου πριν το φρενάρισμα, με τα γνωστά αποτελέσματα. Για τον σύγχρονο άνθρωπο είναι λοιπόν φανερό όχι μόνο ότι ισχύει η αρχή της αδράνειας —ότι, δηλαδή, για  $F = 0 \Rightarrow v = \text{σταθ.}$ —, αλλά και ότι μόνο με τη δράση μιας δύναμης μπορεί ν' αλλάξει η ταχύτητα ενός σώματος.

ΝΕΦΕΛΗ: Επομένως, ο νόμος που ζητάμε πρέπει να συνδέει το αίτιο, δηλαδή την ασκούμενη στο σώμα δύναμη, με το αποτέλεσμα, δηλαδή την αλλαγή στην ταχύτητά του. Αντίθετα, δηλαδή, με την αριστοτελική θεωρία, η δύναμη χρειάζεται όχι για να διατηρείται η ταχύτητα ενός σώματος, αλλά για να αλλάξει.

ΕΥΑ: Από την εμπειρία, όμως, ξέρουμε επίσης ότι όσο πιο γρήγορη είναι η αλλαγή που θέλουμε να προκαλέσουμε στην ταχύτητα τόσο μεγαλύτερη είναι η απαιτούμενη δύναμη. Σε ένα απότομο φρενάρισμα —όπου η μείωση (μέχρι μηδενισμού) της ταχύτητας πρέπει να επιτευχθεί σε ελάχιστο χρόνο—, η δύναμη από τις ζώνες (ή τον σάκκο ασφαλείας) είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ό,τι σε ένα ήπιο φρενάρισμα. Ενώ το ίδιο ισχύει και στο γκάζωμα. Αν είναι πολύ γρήγορο, η δύναμη από την πλάτη του καθίσματός μας θα είναι πολύ μεγαλύτερη. Επομένως, η δύναμη δεν συνδέεται απλώς με τη μεταβολή της ταχύτητας αλλά με τον ρυθμό μεταβολής της. Από το πόσο γρήγορα γίνεται αυτή η μεταβολή. Αυτό δηλαδή που σήμερα αποκαλούμε επιτάχυνση. Ο ζητούμενος νόμος δεν μπορεί λοιπόν παρά να είναι μια σχέση μεταξύ δύναμης και επιτάχυνσης, δηλαδή μια σχέση μεταξύ των διανυσμάτων

$$\mathbf{F} \text{ και } \mathbf{a} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}.$$

Όμως, ενώ μεταξύ δύο κοινών μαθηματικών μεταβλητών μια σχέση μπορεί να έχει μια τυχούσα συναρτησιακή μορφή, μια αντίστοιχη σχέση μεταξύ δύο διανυσμάτων θα είναι αναγκαστικά μια σχέση αναλογίας, της μορφής:

$$\mathbf{F} = k\mathbf{a} = k \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}. \quad (1)$$

ΝΕΦΕΛΗ: Όμως, μια στιγμή. Εύα. Η απαίτηση να είναι και τα δύο μέλη διανύσματα, ώστε να μπορούν να είναι ίσα, δεν σημαίνει ότι ο συντελεστής αναλογίας  $k$  είναι μια σταθερά. Μπορεί κάλλιστα να είναι μια τυχούσα συνάρτηση του μέτρου της ταχύτητας, δηλαδή  $k = k(v)$ . Έτσι δεν είναι;

ΕΥΑ: Βεβαίως, Νεφέλη. Αν όμως λάβουμε επιπλέον υπ' όψιν ότι η φυσική μέσα στο τρένο και στον σταθμό έξω από αυτό πρέπει να είναι η ίδια,\*

\* Αυτή η ιδιότητα είναι μια θεμελιώδης αρχή της φυσικής —αρχή του Γαλιλαίου την αποκαλούμε— η οποία ισχύει και στη σχετικότητα. Και είναι, βεβαίως, προσιτή στην κοινή εμπειρία. Η φυσική μέσα σ' ένα τρένο που κινείται με σταθερή ταχύτητα σε μια μακρά ευθύγραμμη σιδηροτροχιά είναι ακριβώς η ίδια όπως και στο έδαφος έξω απ' αυτό. Αν έχω κλειστά τα παράθυρα και το τρένο είναι τελείως αθόρυβο δεν υπάρχει καμιά φυσική μέτρηση μέσα στο τρένο που θα μου επιτρέψει να συμπεράνω ότι όντως κινείται. Κι αυτό ταιριάζει πράγματι με την κοινή εμπειρία μας ως επιβατών. Όπως, βέβαια, και με την εμπειρία μας σ' ένα αεροπορικό ταξίδι. Για τον σύγχρονο άνθρωπο η βίωση των νόμων



τότε υποχρεωτικά το  $k$  πρέπει να είναι σταθερό, αφού η μεν επιτάχυνση (όπως και η δύναμη) είναι η ίδια και στα δύο συστήματα, όμως η ταχύτητα του σώματος είναι διαφορετική, εφόσον του προστίθεται και η ταχύτητα του τρένου. Η φυσική ισοδυναμία λοιπόν όλων των συστημάτων που κινούνται το ένα ως προς το άλλο με σταθερή ταχύτητα —των αδρανειακών συστημάτων, όπως τα λέμε— επιβάλλει το  $k$  να είναι το ίδιο για όλα, δηλαδή σταθερό. Οπότε πράγματι ο τύπος (1), στον οποίο καταλήξαμε, δεν είναι παρά ο νόμος του Νεύτωνα, με τη μετονομασία του  $k$  σε  $m$ . Πολύ λογικό βέβαια κι αυτό, διότι είναι γνωστό από την κοινή εμπειρία ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του σώματος τόσο μεγαλύτερη είναι και η δύναμη που πρέπει να του ασκήσουμε για να αποκτήσει μια δεδομένη επιτάχυνση. Οπότε, η μάζα αποκτά έτσι και το σύγχρονο νόημά της ως το μέτρο της αδράνειας του σώματος. Το πόσο πολύ αντιστέκεται στην προσπάθειά μας να το επιταχύνουμε. Τέλος, γράφοντας δίπλα-δίπλα τους νόμους κίνησης του Αριστοτέλη και του Νεύτωνα, όπως παρακάτω, δηλαδή ως

$$v = F/R, \quad a = F/m$$

συνειδητοποιούμε πλήρως και τη θεμελιώδη διαφορά τους. Και στις δύο περιπτώσεις, το αίτιο της κίνησης είναι η δύναμη (στον αριθμητή του δεύτερου μέλους), ενώ το αποτέλεσμα του είναι η ταχύτητα στην πρώτη περίπτωση και η επιτάχυνση στη δεύτερη. Στην αριστοτελική φυσική χρειάζομαστε τη διαρκή δράση μιας δύναμης για να συνεχίζει να κινείται το σώμα, ενώ στη νευτώνεια φυσική η δύναμη χρειάζεται μόνο για να του αλλάξει την ταχύτητά του.

**ΟΡΕΣΤΗΣ:** Μας λες λοιπόν, Εύα, ότι ο νόμος του Νεύτωνα προκύπτει μονοσήμαντα από την αρχή της αδράνειας ( $F = 0 \Rightarrow v = \text{σταθ.}$ ) και τη φυσική ισοδυναμία όλων των αδρανειακών συστημάτων;

**ΕΥΑ:** Βασικά ναι, με την εξαίρεση μιας παραδοχής που την έκρυφα κάτω από το χαλί, για να μην κάνω πολύ τεχνική τούτη τη συζήτηση και πετάξουμε τελείως έξω τον ανήσυχο μαθητή Λυκείου, για τον οποίο λέμε και ξαναλέμε ότι θέλουμε να είναι ένας από τους αναγνώστες των σημειώσεών μας. Αν θέλεις όμως, συζητάμε μόνοι μας κάποια στιγμή για το ποια είναι αυτή η κρυμμένη παραδοχή στους προηγούμενους συλλογισμούς μου.\*

---

της νευτώνειας φυσικής είναι τόσο ενσωματωμένη στην καθημερινή ζωή του ώστε —χάρη βεβαίως στην τεχνολογική πρόοδο που αυτή η φυσική προκάλεσε— έχει παύσει προ πολλού να τη συνειδητοποιεί και να εκπλήσσεται απ' αυτήν.

\* Δεν είναι όμως και τίποτα σπουδαίο, για να το αφήσουμε τελείως μετέωρο. Θέλουμε η εξίσωση του Νεύτωνα, ως διαφορική εξίσωση, να μην είναι πάνω από δεύτερας τάξεως ως προς τη θέση του σώματος, ώστε να αρκούν η αρχική θέση και η αρχική του ταχύτητα

ΟΡΕΣΤΗΣ: Θα πρέπει όμως κάποια στιγμή να κάνουμε και μια χωριστή συζήτηση για τον γενικότερο τρόπο σκέψης ο οποίος βρίσκεται πίσω από τα επιχειρήματα που χρησιμοποιήσες παραπάνω. Τα οποία είναι, βεβαίως, *επιχειρήματα συμμετρίας*. Δεν θα 'πρεπε να τα κατεβάσουμε κι αυτά από τον... ουρανό στη Γη; Να μπορούμε δηλαδή να τα εξηγήσουμε σε επίπεδο βασικής φυσικής;

ΕΓΩ: Μην συνεχίζεις, Ορέστη, γιατί είμαι έτοιμη να... δαγκώσω τη λαμαρίνα. Το αγαπώ πολύ αυτό το θέμα και, με τη βοήθεια που μου έδωσε κάποια στιγμή ο δάσκαλός μας, το έχω φέρει πράγματι στο επίπεδο που λες. Προτείνω όμως να το αφήσουμε για μια άλλη ευκαιρία και να επιστρέψουμε στο θέμα μας. Διότι αφήσαμε τη... φουκαριάρα τη Γη να πλανιέται στο Διάστημα, χωρίς ακόμα να έχουμε εξηγήσει πλήρως πώς συμβαίνει και όλα τα χωριστά μέρη της κινούνται μαζί σαν να αποτελούν ένα ενιαίο και αδιαίρετο σώμα. Και αν μεν η Γη εκτελούσε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση στο Διάστημα, η αρχή της αδράνειας θα αρκούσε για να το εξηγήσει αυτό. Αφού είμαστε όλοι επιβάτες της, κληρονομούμε την κοινή ταχύτητα του σκάφους και αυτή είναι για πάντα μαζί μας. Δεν χρειάζεται να μας σπρώχνει κανείς για να τη διατηρήσουμε. Όμως η Γη εκτελεί —έστω προσεγγιστικά— ομαλή κυκλική κίνηση, και εδώ δεν είναι πια προφανές γιατί όλα τα κομμάτια της να κινούνται «συγχρονισμένα» γύρω από τον Ήλιο.

ΟΡΕΣΤΗΣ: Υποθέτω ότι τώρα η απάντηση θα πρέπει να συμπεριλάβει και τη φύση της κινούσας δύναμης. Δηλαδή τη δύναμη της παγκόσμιας έλξης, που έχει μια θεμελιώδη διαφορά από κάθε άλλη γνωστή δύναμη. Είναι ανάλογη με τη μάζα του σώματος επί του οποίου δρα. Και δεδομένου ότι η μάζα εμφανίζεται επίσης αναλογικά —δηλαδή ως  $ma$ — στο δεύτερο μέλος της εξίσωσης του Νεύτωνα,  $F = ma$ , η μάζα  $m$  του σώματος απαλείφεται από τα δύο μέλη και έτσι η προκύπτουσα εξίσωση είναι ανεξάρτητη από αυτή τη μάζα. Όποια λοιπόν κι αν είναι η μάζα ενός σώματος που κινείται σε ένα πεδίο βαρύτητας με κάποιες αρχικές συνθήκες, η τροχιά που θα εκτελέσει θα είναι ακριβώς η ίδια. Θα εξαρτάται από τις αρχικές συνθήκες —δηλαδή τη θέση από την οποία το εκτόξευσα, και την αρχική ταχύτητα που του έδωσα— αλλά όχι από τη μάζα του. Επομένως, όσα κομμάτια ύλης έτυχε να βρεθούν μαζί κάποια στιγμή, με μια κοινή αρχική ταχύτητα τέτοια ώστε να μπορούν να κινηθούν σε κυκλική (ή οποιαδήποτε άλλη) τροχιά γύρω από τον Ήλιο, αυτά θα παραμένουν για πάντα μαζί, ανεξαρτήτως αν είναι μέρη

---

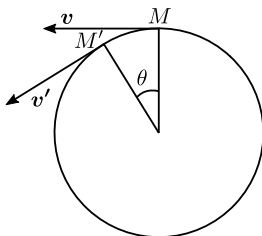
για να προσδιορίσουν την κίνησή του από εκεί και πέρα. Διότι είναι προφανές από την κοινή εμπειρία —σχεφτείτε την εκτόξευση μιας πέτρας από το χέρι μας— ότι αυτά τα δύο δεδομένα πράγματι αρκούν για τον προσδιορισμό της περαιτέρω κίνησης, δηλαδή της τροχιάς του σώματος.



ενός ενιαίου σώματος ή ανεξάρτητα κομμάτια. Και ο μηχανισμός είναι βεβαίως ο ίδιος, όπως και με την ελεύθερη πτώση στο πεδίο βαρύτητας της Γης. Ανεξάρτητα από τη μάζα τους, τα σώματα πέφτουν μαζί, οπότε και πάλι δεν έχει σημασία αν είναι μέρη ενός ενιαίου σώματος ή ανεξάρτητα κομμάτια.

ΕΓΑ: Υπάρχει βέβαια κάτι πολύ βαθύ πίσω απ' όλα αυτά. Ότι η λεγόμενη αδρανειακή μάζα —δηλαδή αυτή που μπαίνει στον νόμο της κίνησης του Νεύτωνα ( $F = ma$ )— είναι ταυτόσημη με τη βαρυτική μάζα που εμφανίζεται στον νόμο  $F = GmM/r^2$  της παγκόσμιας έλξης. Δεν υπάρχει κανένας προφανής λόγος να είναι ποσοτικά ίσες αυτές οι δύο διαφορετικές ιδιότητες της ύλης: η αδράνεια και η πηγή της βαρύτητας. Και το ότι είναι ίσες, πρέπει να θεωρηθεί ως ο τρόπος που βρήκε η φύση για να μας πει κάτι πολύ βασικό σχετικά με τη βαθύτερη φύση της βαρύτητας. Χρειάστηκε η μεγαλοφυΐα του Αϊνστάιν για να διαβαστεί το μήνυμα, και το αποτέλεσμα ήταν η σχετικιστική θεωρία της βαρύτητας, γνωστή σε όλους μας και ως γενική θεωρία της σχετικότητας. Κατά πάσα πιθανότητα, η θεωρία που θα κυριαρχήσει στη φυσική του 21ου αιώνα.

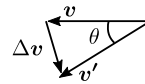
ΝΕΦΕΛΗ: Ας παραμείνουμε όμως για λίγο ακόμα στον μεσαιωνικό άνθρωπο του Ορέστη και στην εικόνα με τα αγγελάκια που σπρώχνουν τη Γη γύρω από τον Ήλιο. Προσέξτε την τεράστια διαφορά ανάμεσα στο είδος της δύναμης που απαιτούσε η αριστοτελική μηχανική για την κίνηση των πλανητών και στο είδος της δύναμης που απαιτεί ο νόμος κίνησης του Νεύτωνα. Στην πρώτη περίπτωση, η δύναμη πρέπει να έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας, και επομένως θα ασκείται κατά μήκος της περιφέρειας του κύκλου, όπως στο σχήμα που έκανε πριν ο Φοίβος. Τα αγγελάκια πρέπει να σπρώχνουν κατά την εφαπτομένη του κύκλου. Όμως, στη δεύτερη περίπτωση —όπου πλέον η δύναμη είναι παράλληλη με την επιτάχυνση—, η εικόνα αλλάζει ριζικά. Το σχήμα που κάνω εδώ (Σχ. 3) δείχνει αμέσως τη δραστική αλλαγή που συμβαίνει. Όπως



(α)

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v' - v}{\Delta t}$$

$$\Delta v = v' - v$$



(β)

ΣΧΗΜΑ 3: Στη νευτώνεια μηχανική, η κινούσα δύναμη σε μια κυκλική κίνηση κατευθύνεται προς το κέντρο του κύκλου.

βλέπετε, στη γεωμετρική σχεδίαση της διαφοράς  $\Delta v$  των διανυσμάτων  $v'$  και  $v$  το διάνυσμα  $\Delta v$  τείνει να γίνει κάθετο στο  $v$  (και στο  $v'$ ) όταν το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  γίνεται πολύ μικρό, οπότε το σημείο  $M'$  πλησιάζει πολύ στο  $M$  και η γωνία  $\theta$  γίνεται και αυτή πολύ μικρή. Η διανυσματική αλλαγή  $\Delta v$  στην ταχύτητα μεταξύ απειροστά γειτονικών θέσεων είναι λοιπόν κάθετη στην ταχύτητα, με κατεύθυνση προς το κέντρο του κύκλου, όπως δείχνει το Σχ. 3β. Άρα, τα ίδιο θα ισχύει και για την επιτάχυνση  $a = \Delta v / \Delta t$  και φυσικά για τη δύναμη  $F = ma$ , αφού και οι δύο είναι διανύσματα παράλληλα στο  $\Delta v$ . Η ανατροπή είναι λοιπόν πλήρης: Η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί στη Γη για να μπορεί να κινείται σε κυκλική τροχιά γύρω από τον Ήλιο πρέπει να κατευθύνεται προς τον Ήλιο! Τα αγγελάκια σπρώχνουν σε λάθος κατεύθυνση!

ΟΡΕΣΤΗΣ: Όμως, ξέρετε τι μας λέει αυτό; Ότι μάλλον η δύναμη που κρατά τη Γη σε κυκλική τροχιά γύρω από τον Ήλιο πρέπει να αναζητηθεί στον ίδιο τον Ήλιο! Για τον ίδιο λόγο που, όταν παίρνουμε ένα σκοινάκι, δένουμε στην άκρη του μια μικρή πέτρα και το περιστρέφουμε, η δύναμη που κρατά την πέτρα σε κυκλική τροχιά πρέπει να αναζητηθεί στο χέρι μας και, φυσικά, στο σκοινάκι! Ο δρόμος προς την ανακάλυψη του νόμου της παγκόσμιας έλξης ήταν πλέον ανοιχτός.

ΦΟΙΒΟΣ: Όχι όμως... ορθάνοιχτος, Ορέστη. Διότι, εντάξει, τον ρόλο του χεριού μας τον παίζει ο Ήλιος —μάλλον από εκεί προέρχεται η δύναμη που φάχνουμε—, αλλά το σκοινάκι πού είναι; Πώς θα μας τραβήξει ο Ήλιος προς το μέρος του; Από μακριά; Έχουμε δει ποτέ κάτι τέτοιο στην καθημερινή μας ζωή; Μια δύναμη που να ασκείται από μακριά, χωρίς μεσολαβητή; Χωρίς σκοινάκι; Μα... τη δύναμη της βαρύτητας, που κάνει τα σώματα να πέφτουν, θα μου πείτε. Βλέπεις εκεί κανένα σκοινάκι; Σωστά, μόνο που τη βαρύτητα την είδαμε ως δύναμη μόνο μετά τον Νεύτωνα. Πριν από αυτόν —δηλαδή στο αριστοτελικό σύστημα (αλλά και στο γαλιλαικό εν μέρει)—, η πτώση των βαρέων σωμάτων ήταν απλώς η φυσική τους κίνηση προς τη... μάνα Γη. Και οι φυσικές κινήσεις δεν χρειάζονται δύναμη για να συμβούν. Απλώς... συμβαίνουν!

ΝΕΦΕΛΗ: Επομένως, Φοίβο, η θέση του Νεύτωνα ότι η βαρυτική έλξη μεταξύ των σωμάτων δεν χρειάζεται μεσολαβητή —ότι, δηλαδή, πρόκειται για δράση εξ αποστάσεως— ήταν από μόνη της μια επανάσταση στην αντίληψή μας για τη φύση των δυνάμεων. Και απ' ό,τι ξέρουμε, ο Νεύτωνα βασανίστηκε επί χρόνια, προτού τη διατυπώσει στο μνημειώδες έργο του *Principia: Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας*. Την υπερασπίστηκε βέβαια με πάθος ύστερα από αυτό.

ΟΡΕΣΤΗΣ: Ευχαριστούμε, Νεφέλη και Φοίβο. Εκτός των άλλων, μας δώσατε και ωραία ερεθίσματα να φτιάξουμε και μερικά προβλήματα για τις... πανελλαδικές εξετάσεις του... 2050, όταν το μυστικό μας σχέδιο να

μολύνουμε το σύστημα με τον... ιό της Εύας —την αμαρτωλή περιέργεια του πραγματικού κόσμου— θα έχει επιτύχει τον στόχο του! Μέχρι... τότε, ας το ευχαριστηθούμε τουλάχιστον εμείς. Σκεφτείτε τι καταφέραμε. Στην ουσία, ανακαλύψαμε ξανά όλη τη νευτώνεια μηχανική και επιπλέον επιβεβαιώσαμε την ισχύ των νόμων της με αποκλειστικά δικές μας —έστω της Εύας, τις οποίες επαναλάβουμε και εμείς— αστρονομικές παρατηρήσεις. Με καθαρή Αστρονομία Γυμνού Οφθαλμού!\* Νομίζω ότι κανείς από τους ήρωές μας —τους παράλληλους εαυτούς μας— δεν πρέπει να έχει παράπονο. Ούτε ο *δύσπιστος Θωμάς*, ούτε ο *Συνήγορος του Διαβόλου*, ούτε και ο *αυθάδης μαθητής* μέσα μας. Μας παίδεψαν και τους παιδέψαμε, αλλά κάτι βγήκε στο τέλος. Και όχι μόνο το ωραίο ταξίδι.

ΕΥΑ: Ένα πλάνο από ψηλά τώρα. Ξεκινήσαμε από τον νόμο της κίνησης του Αριστοτέλη. Μια «λάθος» απάντηση σε ένα σωστό ερώτημα. Ακριβώς όμως επειδή ήταν σωστό το ερώτημα —και η απάντηση όχι εμφανώς λάθος—, κρατήθηκε ζωντανό για δύο χιλιάδες χρόνια, έως ότου βρεθεί η σωστή απάντηση. Δεν θα είχαμε όμως ποτέ τη σωστή απάντηση αν δεν είχαμε πρώτα τη σωστή ερώτηση. Και όχι απλώς τη σωστή ερώτηση, αλλά και την πλήρη επίγνωση της θεμελιώδους σημασίας της στη *φυσική φιλοσοφία*, όπως την έλεγαν παλιά. Και η καθοριστική συμβολή του Αριστοτέλη στην αναζήτηση του νόμου της κίνησης ήταν ακριβώς αυτή. Όχι μόνο έθεσε το σωστό ερώτημα, αλλά συνειδητοποίησε πλήρως —και ανέδειξε με το έργο του— τη σημασία του ως ενός από τα δύο θεμελιώδη ερωτήματα της φυσικής επιστήμης.

ΟΡΕΣΤΗΣ: Και ποιο είναι το άλλο; Το ένα το είπαμε ήδη. Είναι το ερώτημα για το αίτιο της κίνησης. *Γιατί τα πράγματα κινούνται*. Το άλλο ποιο είναι; Νομίζω όμως ότι το βρήκα. Είναι το ερώτημα: *Από τι είναι φτιαγμένος ο κόσμος*; Ποια είναι τα βασικά συστατικά του;

ΕΥΑ: Τα διατύπωσης θαυμάσια και τα δύο, Ορέστη. Αυτά είναι πράγματι τα μόνα δύο θεμελιώδη ερωτήματα της φυσικής —τα δύο θεμελιώδη ερωτήματα για τη φύση— σε ολόκληρη την ιστορία της. Διότι αν ξέρουμε ποια είναι αυτά τα βασικά συστατικά —υποθέστε, μαζί με τους Έλληνες ατομιστές, πως είναι τα άτομα—, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο κινούνται (δηλαδή τον νόμο της κίνησης), τότε κάθε δυνατό

\* Σε προηγούμενα «επεισόδια» του βιβλίου, η Εύα αρχικά και όλη η παρέα μετά, κατάφεραν όχι μόνο να βρουν μόνοι τους τους νόμους του Κέπλερ και να τους επιβεβαιώσουν εμπειρικά με δικές τους αστρονομικές παρατηρήσεις(!) αλλά και να συμπεράνουν απ' αυτές τον ίδιο τον νόμο της παγκόσμιας έλξης(!!!). Δυστυχώς όμως για μας, τα περί κοινωνικής κατασκευασιοκρατίας δεν τα γνώριζαν όταν τα έκαναν αυτά, και χάσαμε έτσι την ευκαιρία να απολαύσουμε έναν αυθάδη νεανικό χειρισμό του θέματος με το πιο αποτελεσματικό όπλο απ' όλα: το γέλιο. Διότι η βαρύτητα ως... κοινωνική κατασκευή σίγουρα θα έβγαζε πολύ γέλιο. Φανταστείτε τι ιστορίες θα έφτιαχναν με τις πέτρες που πέφτουν ανάλογα με τα φιλοσοφικά σου φρονήματα!

φαινόμενο στη φύση είναι κατ' αρχήν εξηγήσιμο. Διότι κάθε τέτοιο φαινόμενο, δεν είναι τίποτε άλλο παρά μια πολύπλοκη κίνηση ατόμων υπό την επίδραση των αμοιβαίων τους δυνάμεων. Τουλάχιστον εμείς λοιπόν —που αν κάτι μάθαμε από το ταξίδι μας είναι να θεωρούμε πιο σπουδαίες τις ερωτήσεις από τις απαντήσεις— μπορούμε να καταλάβουμε αμέσως γιατί η συμβολή των Ελλήνων στις φυσικές επιστήμες υπήρξε το ίδιο σημαντική με τη συμβολή τους στα μαθηματικά ή οπουδήποτε αλλού. Έθεσαν και τα δύο ακρογωνιαία ερωτήματα γύρω από τα οποία περιστρέφεται μέχρι σήμερα η φυσική επιστήμη.

**ΦΟΙΒΟΣ:** Ας μην το «κάψουμε» όμως αυτό το θέμα με μια βιαστική συζήτηση τώρα. Η ελληνική κληρονομιά στην επιστήμη θέλει τη δική της χωριστή κουβέντα, αν είναι να φωτιστούμε κι εμείς γι' αυτήν. Που κάτι έχουμε διαβάσει σχετικά, αλλά ποτέ δεν σκεφτήκαμε μόνοι μας γι' αυτό το θέμα. Μια διαδικασία επαναανακάλυψης είναι λοιπόν και εδώ αναγκαία. Κάτι σαν συνέχεια της συζήτησής μας για την αριστοτελική θεωρία της κίνησης. Ας σταματήσουμε λοιπόν εδώ κι ας επιστρέψουμε με την πρώτη ευκαιρία.

**ΝΕΦΕΛΗ:** Ένα είναι όμως σίγουρο, κι αυτό τουλάχιστον μπορούμε να το πούμε από τώρα: Ότι οι Έλληνες είναι ο πρώτος πολιτισμός στην ιστορία ο οποίος κοίταξε τον κόσμο γύρω του και τους ουρανοί εκεί πάνω και δεν είδε μόνο θεούς και δαίμονες, αλλά και μια νομοκρατούμενη φύση. Πίστεψε στη βαθύτερη απλότητα και εξηγησιμότητα του κόσμου και αναζήτησε τις εξηγήσεις. Όμως —σε ένα ακόμα βαθύτερο επίπεδο— αυτό που απελευθέρωσαν οι «παππούδες» μας είναι η έμφυτη ανθρώπινη περιέργεια για τον κόσμο γύρω μας. Έβγαλαν το τζίνι απ' το μπουκάλι!

**ΕΥΑ:** Κι εμείς σήμερα κάνουμε ό,τι μπορούμε για να το ξαναβάλουμε! Φτιάξαμε ένα εκπαιδευτικό σύστημα πολύ αποτελεσματικό ως προς αυτό: Να στομώνει την έμφυτη περιέργεια όλων μας —το βασικό χαρακτηριστικό μας πριν πάμε σχολείο— και να μας μετατρέπει σε παθητικούς καταναλωτές απαντήσεων σε ερωτήματα που δεν αφεθήκαμε ποτέ να ρωτήσουμε και να τα κάνουμε δικά μας. Σίγουρα μελαγχολικό, αλλά έτσι είναι. Εκπαιδευόμαστε ως αποθετήρια γνώσεων και πληροφοριών, όταν ήδη υπάρχουν «έξυπνες μηχανές» ασύγκριτα καλύτερές μας. Τις ρωτάς σε ανθρώπινη γλώσσα (αγγλικά, προς το παρόν\*) για μια πληροφορία που θέλεις (πολύ σύντομα για κάθε πληροφορία) και σου απαντούν πάλι σε ανθρώπινη γλώσσα. Δεν μπορώ να πω ότι ξημεροβραδιάζομαι με το γενικότερο πρόβλημα της εκπαίδευσης στο μυαλό

\* Αυτά πριν από το ChatGPT. Το οποίο έχει ήδη μάθει γραπτά ελληνικά και γίνεται κάθε μέρα και καλύτερο!

μου —μου φτάνει ο μπελάς με τις σπουδές μας—, όμως τις λίγες φορές που το κάνω μου έρχεται πάντα στον νου η φράση του Ιρλανδού ποιητή W. B. Yeats (βραβείο Νόμπελ 1923):

*«Εκπαίδευση δεν είναι το γέμισμα ενός κουβά αλλά το άναμμα μιας φλόγας».*

ΝΕΦΕΛΗ: Επομένως, Εύα, αυτό που κάνουμε εμείς τώρα —η παρέα μας εννοώ— είναι να... αδειάζουμε τον κουβά! Και στον χώρο του μυαλού μας που ελευθερώνεται να φυτεύουμε τα δικά μας μικρά ερωτήματα και να τ' αφήνουμε να μεγαλώνουν. Και να μας οδηγούν. Αν αυτό είναι το άναμμα της φλόγας, υποθέτω πως θα το μάθουμε αργότερα.





Εσωτερικοί και εξωτερικοί παράγοντες  
σε μια επιστημονική επανάσταση:  
Ποιοι είναι ισχυρότεροι;

Ένας διάλογος ανάμεσα στον συγγραφέα και τον αναγνώστη θα μας βοηθήσει τώρα να εστιάσουμε την προσοχή μας σε κάποιες βασικές διαπιστώσεις από όσα είπαμε μέχρι τώρα. Τον διάλογο ανοίγει ο αναγνώστης ως εξής:

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ: Θα ήθελα να σταθούμε λίγο στη φύση των παραγόντων που διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο σε μια επιστημονική επανάσταση όπως αυτή της κβαντομηχανικής ή την αντίστοιχη νευτώνεια, διακόσια πενήντα χρόνια νωρίτερα. Για μένα ήταν πολύ χρήσιμη η διάκριση που κάνατε στο Συμπλήρωμα 2 ανάμεσα στους εσωτερικούς και τους εξωτερικούς παράγοντες που έπαιξαν ρόλο στην περίπτωση της κβαντομηχανικής. Ποιος όμως από τους δύο —ο εσωτερικός ή ο εξωτερικός— θεωρείτε ότι ήταν ο σημαντικότερος;

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Στην περίπτωση της κβαντομηχανικής, σίγουρα ο εσωτερικός παράγοντας. Δηλαδή τα εννοιολογικά εμπόδια που έπρεπε να υπερπηδηθούν —αυτά που έθεταν οι εδραιωμένες ιδέες μιας τόσο επιτυχημένης θεωρίας όπως η κλασική φυσική— ώστε να γίνει αποδεκτή η ριζοσπαστική νέα εικόνα για τον κόσμο που έφερε μαζί της η κβαντική επανάσταση. Όμως και το πέρασμα από την αριστοτελική στη νευτώνεια φυσική ήταν εξίσου «ζόρικο», από εννοιολογική άποψη, όπως είδαμε στο προηγούμενο Συμπλήρωμα που κυρίως αυτές τις εννοιολογικές δυσκολίες θέλησε να αναδείξει. Νομίζω ότι οι περιγραφές του Κουν γι' αυτές τις μεταβάσεις —γι' αυτές τις αλλαγές Παραδείγματος, όπως τις λέει— είναι ό,τι καλύτερο μπορούμε να έχουμε ως οδηγό.

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ: Πράγματι, έτσι όπως το λέτε είναι. Διότι κυρίως τα εννοιολογικά εμπόδια έχει και ο Κουν στο μυαλό του όταν μιλάει για την αλλαγή κοσμοθεώρησης ή τη μεταστροφή που λαμβάνει χώρα όταν εγκαταλείπουμε μια εδραιωμένη θεωρία —ένα επιτυχημένο (μέχρι τότε) Παράδειγμα— για να πάμε σε μια άλλη. Όμως ο Κουν, απ' ό,τι

είδαμε, μόνο τα εννοιολογικά εμπόδια —τους εσωτερικούς παράγοντες— αναγνωρίζει σ' αυτή τη διαδικασία και κανένα εξωτερικό. Έτσι δεν είναι;

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Ακριβώς έτσι. Όπως έχουμε πει πολλές φορές, για τον Κουν το κοινωνικό περιβάλλον δεν υπάρχει ούτε ως μακρινό φόντο στις περιγραφές των επιστημονικών επαναστάσεων που προσφέρονται στη *Δομή*. Υπάρχει μόνο η *επιστημονική κοινότητα* (με τις εννοιολογικές δεσμεύσεις που της υπαγορεύει το υφιστάμενο Παράδειγμα) και η *Φύση*. Για να χρησιμοποιήσω την ορολογία των ιστορικών της επιστήμης —οι οποίοι μιλάνε για *εσωτερική ιστορία* (αυτήν που εστιάζει στους εσωτερικούς προς την επιστήμη παράγοντες) και για *εξωτερική ιστορία* (η οποία επικεντρώνεται στους εξωτερικούς/κοινωνικούς παράγοντες)—, το είδος της ιστορίας της επιστήμης που εκπροσωπεί ο Κουν είναι σίγουρα η *εσωτερική ιστορία*. Και μάλιστα στην πιο καθαρή της μορφή. Εστιάζει σχεδόν αποκλειστικά στα εννοιολογικά εμπόδια που εγείρει το υφιστάμενο επιστημονικό καθεστώς στην αποδοχή του καινούργιου.

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ: Σε πλήρη αντίθεση δηλαδή με τους σχετικιστές, οι οποίοι βλέπουν μόνο εξωτερικούς παράγοντες και τίποτε άλλο. Κάνουν δηλαδή καθαρά *εξωτερική ιστορία*. Κι αν έχω καταλάβει καλά τα όσα έχουμε συζητήσει κατά καιρούς γι' αυτά τα θέματα, η δική μας θέση ως προς αυτό το δίπολο είναι σαφέστατα προς τη μεριά του Κουν, αν βέβαια προσθέσουμε και τη δική μας σαφή δέσμευση στον επιστημονικό ρεαλισμό.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Πράγματι, έτσι είναι. Είμαστε πολύ πιο κοντά στην εσωτερική ιστορία τύπου Κουν, αφού κι εμείς αποδίδουμε τον καθοριστικό ρόλο στους εσωτερικούς παράγοντες, δηλαδή στα καθαυτό επιστημονικά/εννοιολογικά εμπόδια. Δεν πάμε όμως έως το κουνιανό άκρο της, διότι για μας το κοινωνικό περιβάλλον διαδραματίζει επίσης έναν σημαντικό ρόλο είτε ως επιταχυντής των εσωτερικών εξελίξεων είτε ως τροχοπέδη τους. Με δεδομένο πάντα ότι το τελικό αποτέλεσμα —η επιστημονική ανακάλυψη— είναι για μας (και για κάθε επαγγελματία επιστήμονα) τελείως ανεξάρτητο από το περιβάλλον εντός του οποίου συνέβη.

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ: Πράγματι, αυτή είναι μια καλή περιγραφή της δικής μας θέσης, όπως έχει διαμορφωθεί και εξειδικευθεί μέχρι τώρα. Στην περίπτωση της κβαντομηχανικής, η εσωτερική της ιστορία ήταν αυτή που διηγηθήκαμε στο Κεφάλαιο 1 (ή στο Μέρος 3, για τους προχωρημένους αναγνώστες και αναγνώστριες), ενώ τα Κεφάλαια 3 και 4 ήταν η εξωτερική της ιστορία. Και όσον αφορά αυτή την εξωτερική ιστορία, είχαμε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι στους διευκολυντικούς εξωτερικούς παράγοντες ανήκει σίγουρα η θετική επίδραση του λογικού εμπειρισμού στον Αϊνστάιν και τον Χάιζενμπεργκ και, βέβαια, εκείνοι οι γενικότεροι

κοινωνικοί παράγοντες που περιγράψαμε στην §3.10: Το υψηλό κοινωνικό κύρος της επιστήμης, το αντισυμβατικό πανεπιστημιακό μικροπεριβάλλον και ο επιστημονικός διεθνισμός που επικρατούσαν σε κάποια γερμανικά πανεπιστήμια τις τρεις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα και δημιούργησαν αυτό το μοναδικό παράθυρο ευκαιρίας για τη γερμανική άνοιξη στη θεμελιώδη επιστήμη, όπως την είχατε πει τότε. Στους αρνητικούς εξωτερικούς παράγοντες ήταν βεβαίως το μένος εναντίον του Διαφωτισμού και της επιστήμης που διακινούσαν οι φιλοναζί στοχαστές και φιλόσοφοι —υπό τη μορφή του σχετικισμού της επιστημονικής γνώσης— και βέβαια το πνευματικό δηλητήριο περί εβραϊκής φυσικής, που ήταν γνήσιο παιδί αυτού του πολιτισμικού σχετικισμού. Με το ευτύχημα να είναι ότι αυτοί οι αρνητικοί παράγοντες οξύνθηκαν και έγιναν επικίνδυνοι όταν πλέον η κβαντομηχανική είχε πάρει την τελική της μορφή.

**ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ:** Είδαμε όμως στο Συμπλήρωμα 3 ότι παρόμοια ήταν η σχέση του μέσα με το έξω —της εσωτερικής προς την εξωτερική ιστορία— και στην επιστημονική επανάσταση του 17ου αιώνα. Ο εσωτερικός παράγοντας ήταν κι εκεί εξίσου ισχυρός, διότι η αριστοτελική θεωρία των βίαιων κινήσεων ήταν τόσο κοντά στην κοινή ανθρώπινη εμπειρία ώστε όρθωνε δυσθεώρητα εννοιολογικά εμπόδια στην ιδέα μιας κινούμενης Γης, όπως αυτή που απαιτούσε το ηλιοκεντρικό σύστημα. Και τα εμπόδια ήταν ακόμα μεγαλύτερα, αν σκεφτούμε ότι η μαθηματική διατύπωση της νευτώνειας μηχανικής απαιτούσε και μια θεμελιώδη ανακάλυψη στα ίδια τα μαθηματικά. Απαιτούσε την ανακάλυψη του απειροστικού λογισμού. Ενώ στους (ανασταλτικούς) εξωτερικούς παράγοντες βάρυνε όσο κανείς άλλος η κυριαρχική επίδραση της πίστης στις συνειδήσεις των επιστημόνων της εποχής και, βέβαια, ο ασφυκτικός έλεγχος που ασκούσε η Καθολική Εκκλησία σε όλα τα ζητήματα που θα μπορούσαν να θέσουν υπό αμφισβήτηση τη θεοκρατική κοσμοαντίληψη και τα ελέω θεού καθεστώτα που βασίζονταν σ' αυτήν.

**ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ:** Πράγματι, ήταν τελικά πολύ βοηθητική αυτή η διάκριση ανάμεσα σε εσωτερική και εξωτερική ιστορία της επιστήμης, δηλαδή ανάμεσα σε εσωτερικούς εννοιολογικούς παράγοντες και αντίστοιχους εξωτερικούς, όπως αυτοί που αναφέρατε. Όπου υπαιनिχθήκατε και μια ενδιαφέρουσα υποδιαίρεση αυτών των εξωτερικών παραγόντων σε εσωτερικευμένες πεποιθήσεις —π.χ. τη γνήσια θρησκευτική πίστη των περισσότερων επιστημόνων του 17ου αιώνα —και τους καθαρά κατασταλτικούς μηχανισμούς ενός θεοκρατικού καθεστώτος. Ενώ την ίδια διάκριση θα μπορούσε, υποθέτω, να κάνει κάποιος και για τους αντίστοιχους εξωτερικούς παράγοντες σ' ένα ολοκληρωτικό καθεστώς με κοσμικό ένδυμα και μακρά διάρκεια ζωής, ώστε η ιδεολογία του να

έχει όντως διαποτίσει τους επιστήμονες με παρόμοιο τρόπο όπως και η θρησκευτική πίστη. Για τους κατασταλτικούς μηχανισμούς ενός τέτοιου καθεστώτος δεν χρειάζεται να πούμε οτιδήποτε, ενώ για διευκολυντικούς εξωτερικούς παράγοντες ούτε λόγος.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Ευτυχώς, οι γενιές μας ευτύχησαν να μην δουν ένα τέτοιο «πείραμα», και με λίγη επαγρύπνηση απέναντι στις σύγχρονες αναβιώσεις του νέου καθολικισμού, όπως τον είπαμε, ελπίζουμε να μην το δουν ούτε οι επόμενες.

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ: Πάνω στο ίδιο θέμα, να σημειώσουμε επίσης ότι η έμφαση στην εσωτερική ιστορία της επιστήμης προϋποθέτει ότι μιλάμε για δημοκρατικά καθεστώτα, διότι μόνο σ' αυτά αναγνωρίζεται η πλήρης αυτονομία της επιστημονικής κοινότητας απέναντι στην «κρατική εξουσία» αλλά και το «μη ειδικό κοινό», όπως τονίζει με έμφαση ο Κουν, μιλώντας πάντα για τη θεμελιώδη επιστήμη. Έτσι δεν είναι;

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Έτσι είναι, και γι' αυτό βεβαίως η υπονόμηση αυτής της αυτονομίας είναι μια σταθερή επιδίωξη όλων των ολοκληρωτικών ιδεολογιών—θυμηθείτε τι έλεγε ο Χίτλερ γι' αυτό το θέμα, στην §3.7— και των φιλόσοφων υπερασπιστών τους.

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ: Ενώ, βέβαια, σε καθαρά επιστημολογικό επίπεδο, η εσωτερική ιστορία πάει χέρι-χέρι με τον επιστημονικό ρεαλισμό και τον χαρακτήρα της επιστήμης ως μιας διαδοχής ανακαλύψεων, όπως η ανακάλυψη της Αμερικής ή η ανακάλυψη εκείνης της γιγάντιας μαύρης τρύπας στο κέντρο του γαλαξία M87. Οπότε και η ανάλυση των εννοιολογικών δυσκολιών που είχε κάθε συγκεκριμένη επιστημονική ανακάλυψη μπορεί να γίνει μόνο εκ των υστέρων, όταν η ανακάλυψη θα έχει συντελεστεί και οι δυσκολίες του εγχειρήματος—οι εννοιολογικές ανατροπές που απαιτούσε— θα έχουν γίνει κατανοητές. Έτσι δεν είναι;

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Λαμπρή παρατήρηση. Όπως θα έλεγε κι ο Γουάινμπεργκ, το πόσο δύσκολη είναι η ανάβαση στο Έβερεστ δεν θα μπορούσαμε να το πούμε παρά μόνο αφού είχαμε ανέβει εκεί. Το ίδιο και η ανακάλυψη της κβαντομηχανικής. Οι δυσκολίες που είχε—και λόγω αυτών χρειάστηκαν τριάντα ολόκληρα χρόνια για να ολοκληρωθεί— μόνο η ίδια η ανακάλυψη θα μας τις φανέρωνε. Και μόνο τότε θα καταλαβαίναμε ότι ήταν κυρίως αντικειμενικές δυσκολίες και όχι αποτέλεσμα των οποιωνδήποτε κοινωνικών παραγόντων της εποχής. Και προστίθενται βέβαια σ' αυτές τις δυσκολίες και εκείνες που συνδέονται με τα πολύ απαιτητικότερα μαθηματικά εργαλεία που απαιτούσε η κβαντομηχανική για την ακριβή διατύπωση των νόμων της. Διότι κι αυτό επίσης φαίνεται να είναι ένα άλλο βασικό χαρακτηριστικό των επιστημονικών επαναστάσεων στη θεμελιώδη φυσική. Ότι συνδέονται πάντα και με ένα ποιοτικό άλμα

στα μαθηματικά που απαιτούνται.\* Οι εξωτερικοί κοινωνικοί παράγοντες μπορούν να δράσουν διευκολυντικά ή ανασταλτικά κατά περίπτωση —και είδαμε πώς έδρασαν στην ανακάλυψη της κβαντομηχανικής—, όμως οι εσωτερικές δυσκολίες του εγχειρήματος ήταν αντικειμενικά προκαθορισμένες, όπως και οι δυσκολίες της ανάβασης στο Έβερεστ. Και όπως η ιστορία της κατάκτησης του Έβερεστ ή της ανακάλυψης της Αμερικής δεν μπορεί να γραφεί ερήμην του πώς είναι το Έβερεστ ή πού είναι η Αμερική, το ίδιο και με την ιστορία της κβαντομηχανικής ή κάθε άλλης θεμελιώδους φυσικής θεωρίας. Όπως το είπαμε και σε μια σχετική επισήμανση στο Συμπλήρωμα 3 (σ. 5), χρειάζονται δύο οπτικές γωνίες ταυτόχρονα για να μπορείς να ανασυνθέσεις την ιστορία μιας μεγάλης επιστημονικής ανακάλυψης. Χρειάζεσαι τη σκοπιά των πρωταγωνιστών της —να έχεις εγκλωπωθεί τη θεωρία τους και να «νιώθεις» το πόσο εύλογη είναι— και ταυτόχρονα να γνωρίζεις τη θεωρία που πρόκειται να ανακαλυφθεί ώστε να βλέπεις επίσης και ποια ακριβώς είναι τα εννοιολογικά εμπόδια που θα έπρεπε να υπερπηδηθούν για να γίνει τελικά δυνατή η ανακάλυψή της.

**ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ:** Και όμως, κάποιοι ιστορικοί της επιστήμης —σχετικιστές, απ' ό,τι αντιλαμβάνομαι— αρνούνται με πάθος μια ιστορία τέτοιου είδους, χαρακτηρίζοντάς την ως αναχρονιστική ματιά στο παρελθόν (να το βλέπουμε δηλαδή από τη σκοπιά του σήμερα) και μας λένε ότι η γνώση τού τι ήταν αυτό που ανακαλύφθηκε πρέπει να απουσιάζει τελείως από την προσέγγιση του ιστορικού στα γεγονότα που οδήγησαν στην «ανακάλυψη». Ακόμα περισσότερο, όταν γι' αυτούς δεν υπάρχει τίποτα για να ανακαλυφθεί και το θέμα είναι ποια από τις αντιμαχόμενες κοινωνικές κατασκευές θα επικρατήσει.

**ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ:** Ο αναχρονισμός είναι πράγματι ένα λεπτό ζήτημα, όχι όμως με τον τρόπο που τον εννοούν οι σχετικιστές. Να σας δώσω ένα

\* Η γενική θεωρία της σχετικότητας —δηλαδή η σχετικιστική θεωρία της βαρύτητας— είναι ένα άλλο κλασικό παράδειγμα. Για τη μαθηματική της διατύπωση από τον Αϊνστάιν, το πλήρες οπλοστάσιο της μη ευκλείδειας γεωμετρίας ήταν αναγκαίο. Και δεν είναι παράξενο, σ' αυτό το πλαίσιο, ότι ένας από τους αγαπημένους στόχους των σχετικιστών είναι και η χρήση προχωρημένων μαθηματικών για τη διατύπωση των φυσικών θεωριών. Ακούσαμε τον Σέιπιν, παραδείγματος χάριν, να μας λέει (βλ. σ. 289) ότι ο Νεύτωνας χρησιμοποίησε το κύρος των Μαθηματικών για να καταπτοήσει τους αντιπάλους του, ενώ ο Πίκερινγκ —γέννημα και θρέμμα της Σχολής του Εδιμβούργου κι αυτός— σπεύδει να γνωμοδοτήσει (βλ. σ. 74) ότι η κυριαρχία των μαθηματικών στη φυσική «δεν έχει άλλη αιτιολογία από την αγάπη των μελών μιας εθνότητας προς τη μητρική τους γλώσσα»!!! Κι όπως εξηγήσαμε κι αλλού (βλ. σ. 289), η αποκάλυπτη αυτή εχθρότητα προς την ακριβή μαθηματική διατύπωση των φυσικών νόμων έχει τον λόγο της: Διότι η δυνατότητα μιας τέτοιας διατύπωσης αποτελεί μια ισχυρότατη ένδειξη της αντικειμενικής τους ύπαρξης. Εκτός των άλλων, η πολεμική των σχετικιστών προς την επιστήμη είναι τόσο προφανής ώστε να είναι και τελείως προβλέψιμη.

παράδειγμα. Αν μας έχει τυφλώσει η εκ των υστέρων σοφία μας, τότε θα αντιμετωπίζουμε τις παλαιότερες θεωρίες —κυρίως αυτές που δεν επέζησαν ούτε ως οριακές περιπτώσεις των μεταγενέστερων— είτε με συγκαταβατική αλαζονεία (δες τι έλεγαν κάποτε οι άνθρωποι!) είτε με τη βεβαιότητα ότι πρόκειται για «άχρηστη γνώση» που τίποτε ενδιαφέρον δεν έχει να πει σε μας σήμερα. Ενώ η γνώση αυτή θα είναι και λάθος, εκτός των άλλων! Όπου το «λάθος» αντιμετωπίζεται, σ' αυτό το πλαίσιο, ως περίπου ισοδύναμο με την «ανοησία». Μια ανοησία του Αριστοτέλη ήταν λοιπόν ο νόμος της βίαιης κίνησης,  $v = F/R$ , και κάθε περαιτέρω ενασχόληση μ' αυτόν είναι χαμένος χρόνος. Όλο το προηγούμενο Συμπλήρωμα είναι μια απόδειξη του πόσο βλακώδης είναι μια τέτοια «αφ' υψηλού» προσέγγιση στην αριστοτελική φυσική της βίαιης κίνησης και στις φυσικές θεωρίες του παρελθόντος γενικότερα. Όμως αυτό που λέμε εδώ —ότι δηλαδή η ιστορία μιας επιστημονικής ανακάλυψης μπορεί να κατανοηθεί ουσιαστικά μόνο εν γνώσει αυτού που πρόκειται να ανακαλυφθεί— είναι τελείως διαφορετικό και σε καμία περίπτωση δεν συνιστά αναχρονισμό, αφού οι πρωταγωνιστές της ανακάλυψης συνεχίζουν (σε κάθε σοβαρή ιστορία) να βλέπουν τα πράγματα από τη δική τους σκοπιά —τη σκοπιά της θεωρίας που είχαν στο μυαλό τους— και τη σκοπιά της εποχής τους. Απλώς εμείς ξέρουμε τις δυσκολίες που θα συναντήσουν, υπό τον όρο βέβαια ότι έχουμε κάνει και τη διανοητική προσπάθεια που απαιτείται ώστε να εγκολπωθούμε τη δική τους σκοπιά —τη δική τους θεωρία— και να καταλάβουμε πόσο εύλογη ήταν για την εποχή της. Να την ξαναανακαλύψουμε, με άλλα λόγια, και να την κάνουμε δική μας, όπως το επιχειρήσαμε λίγο πριν με την αριστοτελική θεωρία της βίαιης κίνησης. Όπως το είπατε κι εσείς: Χρειαζόμαστε και τις δύο οπτικές γωνίες —την τοτινή και τη σημερινή— για να καταλάβουμε το επιστημονικό μας παρελθόν.

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ: Είναι φανερό όμως —το είπαμε και πριν— ότι ουδείς σχετικιστής θα δεχτεί ποτέ την ιδέα της προκαθορισμένης κατάληξης, μιας θεμελιώδους επιστημονικής αναζήτησης, όπως αυτή του νόμου της κίνησης. Ότι ήταν προδιαγεγραμμένο να πάμε από τον νόμο του Αριστοτέλη στον νόμο του Νεύτωνα, δηλαδή από το  $v = F/R$  στο  $F = ma$ . Εξάλλου, μας το είπε ρητά και ο Στήβεν Σέιπιν, ότι αν είχαν νικήσει οι... άλλοι, ο Γαλιλαίος και ο Νεύτωνα δεν θα ήταν σήμερα στο... εικονοστάσιό μας! Έτσι δεν είναι;

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Βεβαίως έτσι είναι, εξ ου και το πάθος εναντίον του Γουάινμπεργκ ο οποίος τόλμησε να γράψει ιστορία, με τον τρόπο που λέμε. Θεωρώντας δηλαδή δεδομένο ότι οι νόμοι της φύσης ανακαλύπτονται και δεν επινοούνται ούτε κατασκευάζονται κοινωνικά, όπως θα το ήθελε ο Σέιπιν και οι ομόδοξοί του. Για να το πω λίγο διαφορετικά: Οι



σχετικιστές επιδιώκουν να επιβάλλουν μια αντίληψη της ιστορίας της επιστήμης ταυτόσημη με εκείνη της γενικής ιστορίας. Όπου, πράγματι, όλα (ή σχεδόν όλα) είναι ανοικτά σε κάθε ιστορικό σταυροδρόμι, και η τελική έκβαση σχεδόν ποτέ δεν είναι προδιαγεγραμμένη. Το οποίο βέβαια ουδεμία σχέση έχει με τον τρόπο που εξελίσσεται η (θεμελιώδης) επιστήμη, όπου η κατάληξη μιας επιστημονικής διαμάχης είναι προκαθορισμένη, έστω κι αν οι πρωταγωνιστές της μόνο εκ των υστέρων θα μάθουν ποια επρόκειτο να είναι.

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ: Οπότε, το βιβλίο του Γουάινμπεργκ *To Explain the World: The Discovery of Modern Science* (Β.9 στη Βιβλιογραφία) είναι μάλλον το κατάλληλο ανάγνωσμα για όσους από μας αισθάνονται την ανάγκη να δουν πώς βλέπει τη θεμελιώδη επιστήμη και την ιστορία της ένας από τους σύγχρονους πρωταγωνιστές της. Σωστά;

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Μια λαμπρή ιδέα! Θα πρότεινα μάλιστα να διαβαστεί το βιβλίο του Γουάινμπεργκ παράλληλα με το βιβλίο του Σέιπιν για την επιστημονική επανάσταση, κι ας βγάλει ο καθένας τα συμπεράσματά του. Θα έχει δίπλα-δίπλα δύο διαφορετικούς κόσμους. Κι απ' αυτήν την αντι-παράθεση (από κάθε αντιπαράθεση με τον σχετικισμό) ο κόσμος της επιστήμης —ο κόσμος που επιχειρήσαμε να σας παρουσιάσουμε σε τούτο το βιβλίο— μόνο κέρδος θα έχει. Και εκείνο που θα ζητάει πάντα η δική μας πλευρά από την άλλη —την πλευρά των σχετικιστών— θα είναι πρώτα απ' όλα τούτο: Να υπερασπιστούν τις λογικά αναπότρεπτες συνέπειες των επιλογών τους στην εκπαίδευση, όπως τις ξεδιπλώσαμε στις σσ. 267-268 του βιβλίου. Με μια τηλεγραφική περίληψη να είναι τούτη: Αν η θεωρία της εξέλιξης είναι κι αυτή μια κοινωνική κατασκευή, όπως η βιβλική γένεση, θα θέλαμε να ξέρουμε με τι σκεπτικό θα αρνούνταν ένας σχετικιστής —αν αρνούνταν— την ισότιμη διδασκαλία και των δύο στο μάθημα της σχολικής βιολογίας. Αν κάναμε δημόσιο διάλογο με έναν σχετικιστή, αυτή θα ήταν η δική μας πρώτη ερώτηση που θα του θέταμε. Και θα θέλαμε πολύ να ξέρουμε ποια θα ήταν η αντίστοιχη δική του.