

Πρόλογος

Και μόνο η ιδέα της μαύρης τρύπας είναι αληθινά συναρπαστική. Συνδυάζει το άγνωστο, με την έξαψη που το συνοδεύει, και μια αίσθηση επερχόμενης απειλής και παραίτησης από κάθε αντίσταση. Ένας νοητικός περίπατος στις παρυφές μιας μαύρης τρύπας είναι σαν να πλησιάζουμε από ψηλά στο χείλος από τους καταρράκτες του Νιαγάρα. Αναλογιζόμαστε την κατακόρυφη πτώση στα αφρισμένα νερά από κάτω, αλλά νιώθουμε ασφαλείς γιατί ξέρουμε πως μια στιβαρή κατασκευή μάς προστατεύει από κάθε κίνδυνο. Όμως και στον πραγματικό κόσμο αισθανόμαστε ασφαλείς, αφού κι οι πιο κοντινές σ' εμάς μαύρες τρύπες απέχουν —ευτυχώς!— εκατοντάδες έτη φωτός από τη Γη. Έτσι, βιώνουμε αυτή τη σκοτεινή ουράνια περιπέτεια μόνον έμμεσα.

Κάθε αστροφυσικός που θα βρεθεί σε μια μεγάλη παρέα ξέρει πολύ καλά ότι οι περισσότερες ερωτήσεις που θα δεχτεί θα αφορούν τούτο το κοσμικό φαινόμενο. Κι όχι αδικαιολόγητα: μια μαύρη τρύπα είναι κάτι εξωφρενικά αλλόκοτο. Όπως έγραψε ο θεωρητικός φυσικός [και νομπελίστας] Κιπ Θορν του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Καλιφόρνιας —του περίφημου Caltech— και διακεκριμένος ειδικός στις μαύρες τρύπες, «σαν τους μονόκερους και τα τέρατα, οι μαύρες τρύπες φαίνεται να

ταιριάζουν περισσότερο στην επιστημονική φαντασία και τη μυθολογία, παρά στο αληθινό σύμπαν».¹

Ο αστροφυσικός Τζ. Κραιγκ Χουήλερ του Πανεπιστημίου του Τέξας τις αποκαλεί πολιτισμικό σύμβολο: «Όλοι σχεδόν αντιλαμβάνονται τον συμβολισμό της μαύρης τρύπας, [η οποία μοιάζει] με ορθάνοιχτο στόμα που καταπίνει τα πάντα και δεν αφήνει τίποτα να ξεφύγει».²

Αυτές ακριβώς οι άγριες και αλλόκοτες ιδιότητές τους, που σήμερα μας συναρπάζουν, επί ολόκληρες δεκαετίες εμπόδιζαν τους φυσικούς να αποδεχτούν ότι οι μαύρες τρύπες πράγματι υπάρχουν. Σύμφωνα με μια περίφημη φράση, που μνημονεύεται συχνά, «κάθε αλήθεια περνά από τρία στάδια.³ Στο πρώτο, λιοδορείται· στο δεύτερο, δέχεται σφοδρές επιθέσεις· στο τρίτο, γίνεται δεκτή ως αυτονόητη». Η έννοια της μαύρης τρύπας πέρασε διαδοχικά από κάθε πτυχή και των τριών αυτών σταδίων.

Η μαύρη τρύπα ανάγκασε τους αστρονόμους και τους φυσικούς να πάρουν επίσης στα σοβαρά το πιο σημαντικό επίτευγμα του Άλμπερτ Αϊνστάιν — τη γενική θεωρία της σχετικότητας. Για μια περίοδο, εκείνη η θεωρία του είχε μάλλον λησμονηθεί. Το 1999, το περιοδικό *Time* ανακήρυξε τον Αϊνστάιν «Προσωπικότητα του 20ού αιώνα», όμως μια ανάλογη διάκριση θα άφηνε έκπληκτη την επιστημονική κοινότητα της δεκαετίας του 1950. Εκείνη την εποχή ελάχιστα πανεπιστήμια στον κόσμο δίδασκαν τη γενική σχετικότητα, διότι πίστευαν ότι δεν είχε καμιά πρακτική χρησιμότητα για τους φυσικούς. Τα καλύτερα και πιο λαμπερά μυαλά συνέρρεαν σε άλλα πεδία της φυσικής. Μετά τον ξέφρενο ενθουσιασμό του 1919, όταν η περίφημη μέτρηση που έγινε σε μια έκλειψη Ηλίου επιβεβαίωσε θριαμβευτικά τη συγκεκριμένη θεωρία, η νέα οπτική του Αϊνστάιν για τη βαρύτητα κατέληξε σε μεγάλο βαθμό να αγνοείται. Η νευτώνεια προσέγγιση αρκούσε σ' έναν κόσμο χαμηλών

ταχυτήτων και φυσιολογικών αστέρων — γιατί να ασχοληθούν με τις ανεπαίσθητες τελειοποιήσεις που έφερε η γενική σχετικότητα; Σε τι θα χρησίμευαν; Όπως παρατήρησε κάποιος επικριτικά, «οι προβλέψεις του Αϊνστάιν αφορούν τόσο απειροελάχιστες αποκλίσεις απ' τη θεωρία του Νεύτωνα, ώστε δεν καταλαβαίνω γιατί γίνεται τέτοιος ντόρος». ⁴ Πολύ σύντομα, το αναθεωρημένο όραμα του Αϊνστάιν για τη βαρύτητα έμοιαζε περιττό και άχρηστο. Όταν ο Αϊνστάιν πέθανε, το 1955, η γενική σχετικότητα είχε περάσει στο περιθώριο. Ελάχιστοι φυσικοί ειδικεύονταν στο συγκεκριμένο πεδίο. Λίγα χρόνια μετά τον θάνατο του μεγάλου επιστήμονα, ο νομπελίστας Μαξ Μπορν, επιστήθιος φίλος του από παλιά, παραδέχτηκε ότι η γενική σχετικότητα «φαινόταν σαν ένα έργο τέχνης που το απολαμβάνεις και το θαυμάζεις από μακριά». ⁵

Στην πραγματικότητα, βέβαια, ο Αϊνστάιν είχε αναπτύξει μια θεωρία που βρισκόταν δεκαετίες μπροστά από την εποχή της. Το μοντέλο του για τη βαρύτητα ήταν αποτέλεσμα καθαρά διαισθητικού στοχασμού, γι' αυτό οι πειραματικές μετρήσεις άργησαν να δώσουν αποτελέσματα που θα την επιβεβαίωσαν. Μόνο όταν οι αστρονόμοι ανακάλυψαν αδιανόητα έως τότε φαινόμενα στο σύμπαν, που ήρθαν στο φως με νεότερες, προηγμένες τεχνολογίες, καταδέχτηκαν οι επιστήμονες να ρίξουν μια δεύτερη — και πιο σοβαρή — ματιά στις απόψεις του Αϊνστάιν για τη βαρύτητα. Το 1963 ταυτοποιήθηκε ο πρώτος κβάζαρ, ένας μακρινός νεαρός γαλαξίας που από το κέντρο του ξεχυνόταν ενέργεια ίση με ένα τρισεκατομμύριο άστρα σαν τον Ήλιο μας. ⁶ Τέσσερα χρόνια αργότερα, πολύ πιο κοντά σ' εμάς, παρατηρήθηκε ο πρώτος πάλσαρ, μια φωτεινή πηγή που περιστρέφεται ταχύτατα εκπέμποντας διακεκομμένα ραδιοσήματα. Στο μεταξύ, διαστημικοί αισθητήρες εντόπισαν πανίσχυρες ακτίνες X και ακτίνες γ που έρχονται από διαφορετικά σημεία του ουράνιου θόλου. Όλα αυτά τα καινούργια και

περίπλοκα σήματα παρέπεμπαν σε ουράνια αντικείμενα που είχαν καταρρεύσει —σε αστέρες νετρονίων και μαύρες τρύπες—, των οποίων η συντριπτική βαρύτητα και η ιλιγγιώδης περιδίνηση τα είχαν μετατρέψει σε κολοσσιαίες γεννήτριες ενέργειας. Η ανίχνευση αυτών των νέων αντικειμένων έκανε το άλλοτε γαλήνιο σύμπαν πολύ πιο συναρπαστικό: το μεταμόρφωσε στο σύμπαν του Αϊνστάιν, πλημμυρισμένο από πηγές τιτάνιας ενέργειας που μπορούμε να τις κατανοήσουμε μόνο στο πλαίσιο της θεωρίας της σχετικότητας.

Τελικά, εκείνο που οι αστροφυσικοί ανακάλυψαν στη γενική σχετικότητα, και έμαθαν να εκτιμούν, ήταν η βαθύτερη ομορφιά της, ιδίως σε ό,τι αφορά τις μαύρες τρύπες. Όπως δήλωσε ο Σουμπραμανιάν Τσαντρασεκάρ, παραλαμβάνοντας το Νόμπελ Φυσικής για το 1983, «είναι τα τελειότερα μακροσκοπικά αντικείμενα που υπάρχουν στο σύμπαν». Οι μαύρες τρύπες προσέφεραν όλα όσα λαχταρούσε κάθε φυσικός σ' ένα θεωρητικό αποτέλεσμα: απλότητα και ομορφιά. «Η ομορφιά», είπε ο Τσαντρασεκάρ στο ακροατήριό του, «είναι το μεγαλείο της αλήθειας».⁷

Εκεί που κάποτε το πεδίο της γενικής σχετικότητας ήταν σε τέλμα, σήμερα ακμάζει τόσο στη θεωρία όσο και στην πράξη. Η μαύρη τρύπα δεν είναι πλέον μια παραξενιά της φύσης, αλλά ένα κρίσιμο στοιχείο του σύμπαντος. Σχεδόν κάθε πλήρως ανεπτυγμένος γαλαξίας φαίνεται πως έχει στο κέντρο του μια υπέρμαζη μαύρη τρύπα: ίσως απ' αυτήν να εξαρτάται η ίδια η ύπαρξή του. Σήμερα, τα τηλεσκόπια είναι στραμμένα στη γιγάντια μαύρη τρύπα που καταλαμβάνει το κέντρο και του δικού μας γαλαξία. Ταυτοχρόνως, νέα εξελιγμένα παρατηρητήρια παραμένουν σε ετοιμότητα για να ανιχνεύσουν τις διαταράξεις στον χωρόχρονο —τα βαρυτικά κύματα— που γεννιούνται όταν μαύρες τρύπες συγκρούονται στη διαγαλαξιακή γειτονιά μας. Όπως έγραψε στην αφιέρωση της αυτοβιογραφίας του ο

Τζων Άρτσιμπαλντ Χουήλερ, κορυφαίος αμερικανός ειδικός στη θεωρία της σχετικότητας, «θα καταλάβουμε για πρώτη φορά πόσο απλό είναι το σύμπαν όταν αντιληφθούμε πόσο παράξενο είναι».⁸

Ωστόσο, για να φτάσουμε στη γνώση αυτή, χρειάστηκαν τουλάχιστον διακόσια χρόνια — από τα πρώτα σπέρματα της ιδέας της μαύρης τρύπας (τη δεκαετία του 1780) μέχρι τις παρατηρήσεις που απέδειξαν την ύπαρξή της (τις τελευταίες δεκαετίες του 20ού αιώνα). Στο μεγαλύτερο μέρος τούτης της περιόδου ακόμα και η απλή σκέψη για την ύπαρξη μιας τέτοιας παράξενης οντότητας είτε αγνοήθηκε είτε πολεμήθηκε με πάθος. Οι φυσικοί αποδέχτηκαν την ύπαρξή της μόνον αφού πρώτα προέβαλαν σφοδρότατες αντιρρήσεις.

Εκ των υστέρων, δύσκολα αντιλαμβάνεται κανείς γιατί χρειάστηκε να δοθεί τέτοια μάχη. Στην πραγματικότητα, η ιδέα της μαύρης τρύπας είναι μάλλον απλή. Είναι κάτι που διαθέτει μάζα και σπιν (ιδιοστροφορμή). Από κάποιες πλευρές, είναι μια οντότητα τόσο στοιχειώδης όσο και το ηλεκτρόνιο ή το κουάρκ. Βέβαια, εκείνο που προκαλούσε για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα σύγχυση στους φυσικούς ήταν η ίδια η φύση της: όλη η ύλη της μαύρης τρύπας είναι συμπιεσμένη σε ένα και μόνο σημείο. Η αντίθεσή τους στην ιδέα ότι αυτό θα μπορούσε να είναι η κατάληξη ενός ολόκληρου αστέρα είχε σχέση μάλλον με τη φιλοσοφία παρά με την επιστήμη· πίστευαν βαθιά πως η φύση δεν θα ενεργούσε τόσο παράλογα (δεν ήταν δυνατόν κάτι τέτοιο!). Ωστόσο, αφού πρώτα χάθηκε μισός αιώνας, κάποιοι φυσικοί κολύπησαν κόντρα στο ρεύμα και —ακόμη κι αν φάνταζε παράλογη— προώθησαν την ιδέα αυτή. Το 2015 συμπληρώθηκε ένας ολόκληρος αιώνας από την πρώτη παρουσίαση της γενικής θεωρίας της σχετικότητας. Συμμετέχοντας στον εορτασμό της επετείου, ας ξαναδοούμε πώς και γιατί η αποδοχή της μαύρης τρύπας υπήρξε κάτι τόσο επίπονο,

ευφάνταστο, συχνά συναρπαστικό και, ενίοτε, ευτράπελο. Το βιβλίο που κρατάτε στα χέρια σας δεν είναι ούτε κάποια «ανατομία» της μαύρης τρύπας ούτε τα τελευταία αστρονομικά ευρήματα και θεωρητικά επιτεύγματα. Είναι η ιστορία μιας ιδέας.

*Δηλαδή, τα μεγαλύτερα φωτεινά αντικείμενα
στο σύμπαν μπορεί και να είναι άορατα*

Όλα άρχισαν με τον Ισαάκ Νεύτωνα.

Μπα, όχι... Το παίρνω πίσω! Η αλήθεια είναι πως το γενεαλογικό δέντρο της μαύρης τρύπας ξεκινά από πολύ πιο πριν. Θα μπορούσαμε να πούμε πως όλα άρχισαν στην αρχαιότητα, όταν οι σοφότεροι στοχαστές εκείνης της μακρινής εποχής — οι λησμονημένοι σήμερα Νεύτωνα και Αϊνστάϊν του καιρού τους — αναρωτήθηκαν γιατί οι πατούσες μας μένουν σταθερά πάνω στο έδαφος. Εύλογο ερώτημα, δίχως άλλο, που θα το έθετε κάθε εκκολαπτόμενος λόγιος εκείνης της εποχής.

Όλα έχουν σχέση με τη βαρύτητα. Η βαρύτητα ελέγχει την κίνηση των πλανητών γύρω απ' τον Ήλιο, αλλά και το πέσιμο του τρεμάμενου φύλλου απ' το κλαδί ενός δέντρου το φθινόπωρο. Είναι μια δύναμη της οποίας την παρουσία θεωρούμε σήμερα αυτονόητη, χρειαστήκαμε όμως αιώνες για να την κατανοήσουμε. Γιατί τα πράγματα έλκονται προς τα κάτω, προς την επιφάνεια της Γης; Περισσότερο από δύο χιλιάδες χρόνια πριν, ο Αριστοτέλης και άλλοι αρχαίοι φιλόσοφοι είχαν μια άμεση και λογική απάντηση σε τούτο το ερώτημα: ο πλανήτης μας βρίσκεται ακριβώς στο κέντρο του σύμπαντος· έτσι, είναι φυσιολογικό τα πάντα να πέφτουν προς το μέρος του.¹ Άνθρωποι, άλογα, άμαξες και βαρέλια — όλα πασχίζουν να καταλάβουν

όσο το δυνατόν καλύτερη θέση κοντά στο κέντρο. Κατά συνέπεια, μέναμε προσκολλημένοι σταθερά στη στερεή επιφάνεια της Γης. Ήταν η φυσική κατάσταση των πραγμάτων.

Με βάση την καθημερινή μας εμπειρία, τούτη η εξήγηση ήταν απολύτως εύλογη. Για την ακρίβεια, ήταν μέχρι να εμφανιστεί ο Κοπέρνικος, οπότε το κοσμικό τοπίο άλλαξε άρδην, για πάντα. Το 1543, ο πολωνός ιερέας τόλμησε να ισχυριστεί ότι, στην πραγματικότητα, η Γη περιστρεφόταν γύρω απ' τον Ήλιο, μαζί με όλους τους υπόλοιπους πλανήτες. Και άλλοι είχαν υποστηρίξει κάτι ανάλογο πριν από τον Κοπέρνικο, π.χ. ο Αρίσταρχος ο Σάμιος τον 3ο π.Χ. αιώνα, αλλά η ιδέα ρίζωσε μόνο όταν ο Κοπέρνικος παρουσίασε το ηλιοκεντρικό σύμπαν του. Η συνέπεια ήταν ότι έπρεπε να αναθεωρήσουμε την πανάρχαιη παραδοχή που μας κρατούσε ριζωμένους στον πλανήτη μας. Η Γη δεν ήταν πια θρονιασμένη στο κέντρο του σύμπαντος περιμένοντας γαλήνια να πέφτουν αντικείμενα πάνω της. Αντίθετα, έπρεπε να κινείται, και την κεντρική θέση την κατείχε πια ο Ήλιος.² Σύντομα, τα νέα δεδομένα οδήγησαν ορισμένα από τα καλύτερα μυαλά της Ευρώπης στο να επανεξετάσουν τους νόμους της βαρύτητας, αλλά και τον μηχανισμό που διέπει τις κινήσεις των πλανητών. Ένας αγώνας δρόμου για νέες ανακαλύψεις είχε αρχίσει.

Ξεκινώντας από τον ισχυρισμό του άγγλου Ουίλλιαμ Γκίλμπερτ, το 1600, ότι η Γη είναι ένας γιγάντιος μαγνήτης,³ ο γερμανός μαθηματικός Γιοχάννες Κέπλερ διατύπωσε την υπόθεση ότι για την κίνηση των πλανητών ευθύνονται λεπτά νήματα μαγνητικής δύναμης που ξεκινούν απ' τον Ήλιο.⁴ Αντίθετα, τη δεκαετία του 1630, ο γάλλος φιλόσοφος Ρενέ Ντεκάρτ, γνωστός μας και ως Καρτέσιος, είχε την ιδέα ότι οι πλανήτες παρασύρονται και στροβιλίζονται σαν φύλλα παγιδευμένα σε ανεμοστρόβιλο, από δίνες αιθέρα,⁵ μιας αδιόρατης ουσίας που τότε πίστευαν ότι υπάρχει διάχυτη παντού στο σύμπαν.

Ωστόσο, όλες αυτές οι ιδέες τελικά ανατράπηκαν όταν, το 1687, ο Νεύτωνας πρότεινε ένα πιο αυστηρό σύνολο κανόνων για τη βαρύτητα και για την κίνηση των πλανητών. Ήταν η χρονιά που δημοσίευσε το μνημειώδες έργο του *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* («Μαθηματικές αρχές της φυσικής φιλοσοφίας»), σήμερα γνωστό απλώς ως *Principia*. Ο Νεύτωνας ήταν τότε 44 ετών, αλλά η καινούργια προσέγγιση που εισηγήθηκε για τη βαρύτητα κλωθογύριζε στο μυαλό του εδώ και πολλά χρόνια.

Η αρχική ιδέα τού ήρθε το 1665, επί βασιλείας Καρόλου Β΄, όταν για άλλη μια φορά είχε ξεσπάσει μια φοβερή επιδημία πανούκλας. Για να γλιτώσει, ο Νεύτωνας εγκατέλειψε προσωρινά τις σπουδές του στο Πανεπιστήμιο του Καίμπριτζ και απομονώθηκε στο σπίτι των παιδικών του χρόνων, στο αγροτικό χωριουδάκι Γούλσθορπ, ανατολικά του Νόττιγχαμ. Μάλλον εκεί παρατήρησε το περίφημο μήλο να πέφτει στον κήπο του· ήταν το μήλο που τον ενέπνευσε να αρχίσει να στοχάζεται για την τάση των σωμάτων να πέφτουν στη Γη με σταθερή επιτάχυνση. Μήπως η ίδια δύναμη που επενεργούσε στο μήλο, αναρωτήθηκε, μπορούσε να φτάσει μέχρι τη Σελήνη; Βιρτουόζος στα μαθηματικά, αν και σε μεγάλο βαθμό αυτοδίδακτος, κάθισε και υπολόγισε ότι η Σελήνη μοιάζει πράγματι να «πέφτει» συνεχώς προς τη Γη —αποκτώντας έτσι καμπύλη τροχιά— εξαιτίας μιας γήινης έλξης η οποία μειώνεται, κατά προσέγγιση, αντιστρόφως ανάλογα του τετραγώνου της απόστασης. Με άλλα λόγια, αν διπλασιάσουμε την απόσταση ανάμεσα σε δύο αντικείμενα, η δύναμη που ασκείται ανάμεσά τους μειώνεται στο ένα τέταρτο της αρχικής. Αν τριπλασιάσουμε την απόσταση, η δύναμη μειώνεται στο ένα ένατο. Από μαθηματική πλευρά, αυτό δείχνει ότι η δύναμη κατανέμεται με την ίδια ένταση προς όλες τις κατευθύνσεις. Όμως αυτοί οι πρώτοι υπολογισμοί του είχαν κάποια προβλήματα, κι έτσι ο νεαρός

επιστήμονας άφησε στην άκρη το συγκεκριμένο πρόβλημα για πολλά χρόνια. «Δίσταζε και προβληματιζόταν», έγραψε ο βιογράφος του Ρίτσαρντ Ουέστφελ, «όντας σε προσωρινή σύγχυση μπροστά σε ανυπέρβλητες δυσκολίες».⁶

Το ενδιαφέρον του Νεύτωνα για τη βαρύτητα δεν αναθερμάνθηκε πλήρως παρά μόνο τη δεκαετία του 1670. Εκείνη την εποχή, ο Ρόμπερτ Χουκ, επίτροπος πειραμάτων στη Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου, επεξεργάστηκε ένα εύλογο σύνολο υποθέσεων για να εξηγήσει τη βαρύτητα.⁷ Σύμφωνα με αυτό, όλα τα ουράνια σώματα ασκούν μια βαρυτική δύναμη που κατευθύνεται προς το κέντρο τους, όλα μπορούν να έλξουν άλλα σώματα και, επιπλέον, αυτή η έλξη είναι ισχυρότερη όσο πιο κοντά βρίσκεται κανείς στο συγκεκριμένο σώμα. Ο Χουκ είχε μεν ένα γενικό σύνολο κανόνων, αλλά δεν είχε ακόμα εξισώσεις. Όπως σημείωνε στην εργασία που δημοσίευσε, δεν μπορούσε να υπολογίσει αν η κίνηση των πλανητών θα ήταν υποχρεωτικά «κύκλος, έλλειψη ή κάποια άλλη πιο σύνθετη καμπύλη».⁸ Με ερέθισμα κάποιες επιστολές που αντάλλαξε με τον Χουκ για το θέμα αυτό τον χειμώνα του 1679-80, ο Νεύτωνα αποφάσισε να καταπιαστεί πάλι με το πρόβλημα που τον απασχόλησε στη νιότη του.

Στην αρχή, ωστόσο, δεν δημοσίευσε τα ρηξικέλευθα αποτελέσματά του. Κι αυτό γιατί ο Νεύτωνα, που ήταν ιδιαίτερα κρυψίνους, δεν εμπιστευόταν καθόλου τον ζηλόφθονο ανταγωνιστή του, τον Χουκ. Συχνά φοβόταν να εκτεθεί στην κριτική των άλλων, ενώ σε μια επιστολή προς κάποιον συνάδελφο παραδέχτηκε κάποτε: «[...] αποφεύγω να γράψω στο χαρτί οτιδήποτε θα μπορούσε να οδηγήσει σε διαμάχες».⁹ Την απόφασή του να γράψει τα *Principia* τη χρωστάμε στον Έντμουντ Χάλλεϋ, απ' τον οποίο πήρε τ' όνομά του ο περίφημος κομήτης. Σε μια επίσκεψή του, το 1684, ο Χάλλεϋ ρώτησε τον επιφανή φυσικό τι τροχιά θα διέγραφε ένας πλανήτης σύμφωνα με τον νόμο



Το περίφημο δέντρο (κέντρο) στο κτήμα του Γούλσθορπ, απ' όπου έπεσε υπό την επίδραση της βαρύτητας το θρυλικό μήλο που λέγεται πως είδε ο Νεύτωνας. (Roy Bishop, Acadia University, ευγενής παραχώρηση του American Institute of Physics, Emilio Segrè Visual Archives)

του αντίστροφου τετραγώνου. «Μια έλλειψη»,¹⁰ απάντησε διαμιάς ο Νεύτωνας, προσθέτοντας πως το είχε υπολογίσει εδώ και πολλά χρόνια.

Από εκείνη τη στιγμή ο Χάλλεϋ έγινε ο πιο αφοσιωμένος υποστηρικτής του. Χάρη στην επιμονή και την οικονομική

του στήριξη, ο Νεύτωνας αποφάσισε τελικά να συγγράψει το μνημειώδες έργο του για τη βαρύτητα. Και από τη στιγμή που ξεκίνησε, τίποτα δεν τον σταματούσε. Σύμφωνα με τον Ουέστφαλ, ο Νεύτωνας είχε μια ανεξάντλητη ικανότητα να περιέρχεται σε «έκσταση, να υποτάσσεται ολοκληρωτικά σε κάτι που τον συνάρπαζε και μονοπωλούσε το ενδιαφέρον του»,¹¹ συχνά ξεχνώντας να φάει ή να κοιμηθεί. Ο Χάλλεϋ είχε πυροδοτήσει αυτή τη νοητική έκσταση για άλλη μια φορά. Πολύ γρήγορα, ο Νεύτωνας εγκατέλειψε κάθε άλλη ασχολία του (μεταξύ άλλων, τα κλασικά μαθηματικά, τη θεολογία και την αλχημεία) και αφιέρωσε πλήρως την παροιμιώδη ικανότητα συγκέντρωσης που είχε στην ολοκλήρωση του έργου του για τη βαρύτητα. Διαθέτοντας πλέον καλύτερες μετρήσεις για τον πλανήτη μας, κατόρθωσε επιτέλους να αποδείξει πέρα από κάθε αμφιβολία ότι η έλξη της Σελήνης από τη Γη διέπεται από τον νόμο του αντιστροφου τετραγώνου και πως αυτή η δύναμη είναι υπεύθυνη για τις ελλειπτικές τροχιές των πλανητών, όπως είχε ήδη ανακαλύψει ο Κέπλερ το 1609. Ο Κέπλερ γνώριζε απ' τις μετρήσεις του πως οι πλανήτες ακολουθούν ελλειπτικές τροχιές, αλλά δεν ήξερε γιατί.¹² Δεκαετίες αργότερα, ο Νεύτωνας απέδειξε μαθηματικά πως οι τροχιές αυτές ήταν φυσική συνέπεια του νόμου της βαρύτητας. Παρατήρηση και θεωρία, ξεκινώντας από διαφορετικές αφετηρίες, συναντήθηκαν και συμφώνησαν.

Ο Νεύτωνας χρειάστηκε περίπου δύο χρόνια για να ολοκληρώσει τα *Principia*. Ενθαρρυσμένος από τους πρώτους εύστοχους υπολογισμούς του, άρχισε να εφαρμόζει σε ολοένα περισσότερες περιπτώσεις τους καινούργιους νόμους κι έτσι πολλά από τα χρόνια προβλήματα της αστρονομίας φάνηκε να λύνονται μονομιás. Η βαρύτητα μπορούσε τώρα να εξηγήσει τις παλίρροιας και τη μετάπτωση του άξονα της Γης (λόγω της έλξης που ασκούν η Σελήνη και ο Ήλιος στον πεπλατυσμένο

πλανήτη μας), αλλά και τις τροχιές των κομητών. Κάνοντας ένα μεγαλειώδες άλμα στις υποθέσεις του, ο Νεύτωνας δήλωσε ότι η βαρύτητα είναι μια θεμελιώδης και καθολική δύναμη της φύσης. Ο καίριος χαρακτηρισμός καθολική στηριζόταν στη διαίσθησή του. Ό,τι κρατάει το μήλο στο έδαφος κρατάει και τη Σελήνη σε τροχιά γύρω από τη Γη. «Γιατί η φύση είναι απλή», έγραψε ο Νεύτωνας, «και δεν ενδίδει στην πολυτέλεια περιττών αιτίων».¹³ Το σύμπαν και η στερεή Γη κάτω απ' τα πόδια μας δεν ήταν πια χωριστές επικράτειες, όπως είχε υποστηρίξει πριν από αιώνες ο Αριστοτέλης: ουρανός και Γη λειτουργούσαν πια με βάση το ίδιο σύνολο φυσικών νόμων. Η βαρύτητα, δηλαδή η έλξη που ασκεί ένα σώμα πάνω σ' ένα άλλο, δρα με τον ίδιο τρόπο σε κάθε κλίμακα του σύμπαντος — στη Γη, στο ηλιακό σύστημα, ανάμεσα στους αστέρες, τους γαλαξίες και τα γαλαξιακά σμήνη.

Όμως ο νόμος της βαρύτητας, τον οποίο διατύπωσε ο Νεύτωνας, είχε ένα πρόβλημα. Υπονοούσε ότι αδιόρατοι ελκτικοί ιμάντες εκτείνονταν με κάποιον τρόπο σε αποστάσεις μεγάλες και μικρές, προσδένοντας τους δορυφόρους στους πλανήτες τους και τα πετρώματα στη Γη. Σε πολλούς, αυτό θύμιζε μάλλον μυστικιστικές δοξασίες παρά επιστήμη. Οι επικριτές απαιτούσαν να προταθεί κάποιος φυσικός μηχανισμός. Αυτό έκαναν οι φυσικοί φιλόσοφοι επί αιώνες. Πώς δρα η βαρύτητα; Τι έπρεπε να αντικαταστήσει τον μαγνητισμό ή τον στροβιλισμό; Όλα τούτα οδήγησαν στην περίφημη δήλωση του Νεύτωνα στα *Principia*: «Δεν κατάφερα μέχρι σήμερα να συμπεράνω από τα φαινόμενα την αιτία για τούτες τις ιδιότητες της βαρύτητας και δεν σκοπεύω να προβώ σε υποθέσεις».¹⁴ Σε αντίθεση με τους συγχρόνους του, ο Νεύτωνας δεν παραδόθηκε σε εικοτολογίες ούτε σκάρωσε κάποιον ευφάνταστο κοσμικό μηχανισμό. Ουσιαστικά, ένωθε ικανοποίηση που οι νόμοι του επέτρεπαν στους φυσικούς να υπολογίζουν, με εξαιρετική

ακρίβεια, την κίνηση ενός πλανήτη ή την τροχιά του βλήματος ενός κανονιού. Με τα χρόνια, και οι υπόλοιποι φυσικοί επιστήμονες συντάχθηκαν μαζί του. Όμως το γεγονός που συνέβαλε σημαντικά σε τούτη την εξέλιξη ήταν η επίσκεψη ενός ουράνιου ταξιδευτή.

Μελετώντας ιστορικά αρχεία, ο Χάλλεϋ κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ένας κομήτης του 1682 είχε πολλά κοινά με δύο κομήτες που παρατηρήθηκαν το 1531 και το 1607. Είχαν τα ίδια χαρακτηριστικά τροχιάς, περιφέρονταν γύρω από τον Ήλιο με αντίθετη φορά από εκείνη των πλανητών και εμφανίζονταν κάθε εβδομήντα πέντε με εβδομήντα έξι χρόνια. Υπολογίζοντας την τροχιά του κομήτη αυτού με βάση τους νόμους του Νεύτωνα, ο Χάλλεϋ προέβλεψε το 1705 ότι ο κομήτης θα εμφανιζόταν και πάλι στα τέλη του 1758.¹⁵ Όπως το είχε υπολογίσει, έτσι ακριβώς συνέβη — δεκαέξι χρόνια μετά τον θάνατό του και τριάντα ένα μετά τον θάνατο του Νεύτωνα. Ήταν ένα επίτευγμα που αιφνιδίασε και αποστόμωσε τους επικριτές του Νεύτωνα. Ποιος μπορούσε να διαφωνήσει με μια θεωρία που μπορούσε να προβλέψει με τέτοια ακρίβεια, μισόν αιώνα πριν, τη συμπεριφορά του ηλιακού συστήματος; Τότε ήταν που ο νευτώνειος νόμος της βαρύτητας, αν και δεν στηριζόταν σε κάποιον μηχανισμό, στέφθηκε επιτέλους νικητής.

Με όπλο τους νόμους του Νεύτωνα, οι επιστήμονες του 18ου αιώνα έφτασαν στο σημείο να θεωρούν ότι μπορούν εύκολα να κατανοήσουν τη φύση του σύμπαντος, ότι ήταν κάτι που λειτουργούσε με ακρίβεια, σαν καλοκουρδισμένο ρολόι. Πολλοί αστρονόμοι άρχισαν να περνούν ατέλειωτες ώρες σκυμμένοι στα γραφεία τους, εφαρμόζοντας τους νευτώνειους μαθηματικούς κανόνες για να προσδιορίσουν τις κινήσεις των πλανητών και να προβλέψουν τις παλίρροιας. Όμως και τα άστρα έγιναν, με τη σειρά τους, βολικά εργαλεία για τον έλεγχο των νόμων της βαρύτητας. Στο πλαίσιο μιας τέτοιας ακριβώς μελέτης για

τα άστρα έκανε την εμφάνισή της και μια πρόδρομη εκδοχή της μαύρης τρύπας. Η πιθανότητα να υπάρχει ένα τόσο παράδοξο αντικείμενο προτάθηκε από έναν άγγλο, τον Τζων Μίτσελ, όταν εφάρμοσε τους νόμους του Νεύτωνα στην πιο ακραία περίπτωση που θα μπορούσε να φανταστεί κανείς.

Ο Μίτσελ έζησε στο αποκορύφωμα μιας εποχής εκπληκτικών επιστημονικών ανακαλύψεων — και πειραματίστηκε με όλες. Γεωλόγος, αστρονόμος, μαθηματικός και θεωρητικός, συναναστρεφόταν συχνά τα μεγάλα κεφάλια της Βασιλικής Εταιρείας του Λονδίνου, άνδρες όπως ο Χένρυ Κάβεντις, ο Τζόζεφ Πρήστλυ και ο Βενιαμίν Φραγκλίνος — το εξ Αμερικής μέλος της Εταιρείας (κατά τις δύο παρατεταμένες διπλωματικές του θητείες στο Λονδίνο). Σύμφωνα με τον ιστορικό της επιστήμης Ράσσελ ΜακΚόρμακ, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι ο Μίτσελ υπήρξε «ο πιο επινοητικός από τους φυσικούς φιλοσόφους του 18ου αιώνα».¹⁶ Λόγου χάρη, συνειδητοποίησε πολύ νωρίς ότι τα στρώματα της Γης μπορούσαν να υποστούν κάμψη, να πτυχωθούν, να ανυψωθούν και να καταβυθιστούν. Αν σήμερα θυμόμαστε καμιά φορά τον Μίτσελ, είναι για την υπόθεσή του, το 1760, ότι οι σεισμοί διαδίδονται υπό μορφή ελαστικών κυμάτων στον στερεό φλοιό της Γης — υπόθεση που του εξασφάλισε τον τίτλο του «πατέρα της σύγχρονης σεισμολογίας».¹⁷ Εξετάζοντας σχολαστικά και συγκρίνοντας τις διάφορες μαρτυρίες για τον φοβερό σεισμό του 1755 που ισοπέδωσε τη Λισσαβώνα, ο Μίτσελ κατάφερε να υπολογίσει τον χρόνο, τη θέση και το εστιακό του βάθος, και να εντοπίσει το σεισμικό επίκεντρο δυτικά της πόλης, στον Ατλαντικό Ωκεανό.¹⁸

Ο Μίτσελ σχεδίασε επίσης ένα λεπτεπίλεπτο όργανο ικανό να μετρά τη βαρυτική σταθερά στις εξισώσεις του Νεύτωνα, κάτι που ουσιαστικά του επέτρεπε να «ζυγίσει» τη Γη. Πέθανε προτού προλάβει να εκτελέσει αυτό το πείραμα, όμως εκείνος

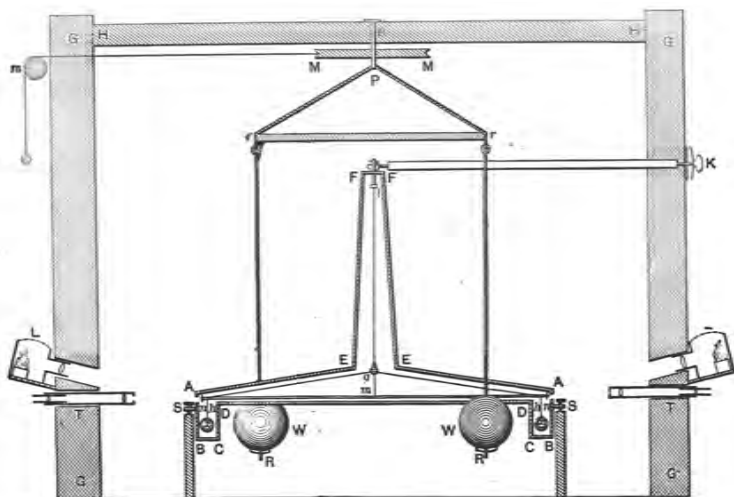


Fig. 1

Ο ζυγός στρέψης, βασισμένος σε σχέδιο του Τζων Μίτσελ, τον οποίο χρησιμοποίησε ο Χένρυ Κάβεντις το 1797-98 για να μετρήσει τη μάζα της Γης. (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*)

ο ζυγός στρέψης* τελικά κατέληξε στον φίλο του Κάβεντις, που ύστερα από κάποιες μετατροπές μέτρησε με επιτυχία τη μάζα του πλανήτη μας.¹⁹

Παρ' όλα τα επιτεύγματά του, ο Μίτσελ είχε την κακή συνήθεια να θάβει τις πρωτότυπες ιδέες του (π.χ. τον νόμο του αντίστροφου τετραγώνου της μαγνητικής δύναμης, που τον είχε διατυπώσει δεκαετίες πριν ανακαλυφθεί εκ νέου) σε περιοδικά τα οποία εστίαζαν το ενδιαφέρον τους σε έρευνες που αφορούσαν την καθημερινότητα, με αποτέλεσμα να περνούν σχεδόν απαρατήρητες.²⁰ Μερικές από τις πιο λαμπρές ιδέες του τις είχε αναφέρει πρόχειρα εντός παρενθέσεως ή σε υποσημειώσεις. Ήταν φυσικό επακόλουθο να στερηθεί την υστεροφημία.

* Γνωστός, σήμερα, ως «ζυγός του Κάβεντις». (Σ.τ.Μ.)

Ο Μίτσελ είχε αρχίσει τις επιστημονικές του έρευνες στο Κουήνς Κόλλετζ του Καίμπριτζ. Γιος αγγλικανού εφημέριου, μπήκε στο Κουήνς το 1742, σε ηλικία δεκαεπτά ετών, και μετά την αποφοίτησή του παρέμεινε πολλά χρόνια εκεί ως καθηγητής. Σύμφωνα με την περιγραφή ενός συγχρόνου του, ήταν «κοντούλης, μελαχρινός και χοντρός. [...] Τον θεωρούσαν ιδιαιτέρως ευφυή και εξαίρετο φιλόσοφο».²¹ Στα χρόνια του Καίμπριτζ, ο Μίτσελ είχε μαθητή ακόμα και τον νεαρό Έρασμο Δαρβίνο, παππού του μεγάλου φυσιοδίφη, ο οποίος αποκαλούσε τον μέντορά του «κομήτη πρώτου μεγέθους».²²

Όμως το 1763, λίγο πριν παντρευτεί, ο Μίτσελ αποφάσισε να σταματήσει τη διδασκαλία και να αφοσιωθεί στην εκκλησία. Τελικά εγκαταστάθηκε στο Θόρνχιλ, ένα χωριό στο δυτικό Γιوركσάιρ, όπου υπηρέτησε ως κληρικός μέχρι τον θάνατό του, σε ηλικία εξήντα οκτώ ετών. Ωστόσο, όλες αυτές τις δεκαετίες που πέρασε στις τάξεις της Αγγλικανικής Εκκλησίας, ο αιδεσιμότατος συνέχισε να ικανοποιεί την επιστημονική του δίψα.²³ Διατύπωνε συνεχώς εύστοχα ερωτήματα και δεν δίσταζε να σκαρφίζεται εικασίες, τις οποίες όμως στήριζε πάντα στις εξαιρετές μαθηματικές του δεξιότητες. Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες εικασίες του Μίτσελ εκείνη την περίοδο, κατά την οποία η Μεγάλη Βρετανία πάσχιζε να συνέλθει απ' τον πόλεμο με τις αμερικανικές αποικίες της, ήταν ότι διανοήθηκε αυτό που εμείς σήμερα ονομάζουμε *μαύρη τρύπα*.

Η ιδέα γεννήθηκε από μια παλιότερη πρόβλεψή του. Οι αστρονόμοι του 18ου αιώνα, ερευνώντας τον ουράνιο θόλο με ολοένα πιο ισχυρά τηλεσκόπια, είχαν αρχίσει να παρατηρούν όλο και πιο πολλά διπλά αστέρια. Σύμφωνα με τις καθιερωμένες απόψεις της εποχής, τούτα τα άστρα στην πραγματικότητα βρίσκονταν σε διαφορετικές αποστάσεις από τη Γη· το ότι φαίνονταν το ένα δίπλα στο άλλο ήταν καθαρή σύμπτωση — η όποια φαινομενική σύνδεση μεταξύ τους δεν ήταν παρά μια

ψευδαίσθηση. Όμως ο Μίτσελ, με αξιοσημείωτη διορατικότητα, υποστήριξε ότι τα άστρα σε όλα σχεδόν τα συγκεκριμένα ζευγάρια έπρεπε να συνδέονται βαρυτικά.

Υποστήριξε, δηλαδή, ότι κάποιοι αστέρες συγκροτούν ζεύγη — ιδέα πρωτόγνωρη για τους αστρονόμους της εποχής. Σε μια επαναστατική εργασία που δημοσίευσε το 1767, ο Μίτσελ κατέληγε στο συμπέρασμα ότι, λαμβάνοντας υπόψη το πώς ήταν διατεταγμένα στον ουράνιο θόλο τα περισσότερα άλλα άστρα, υπήρχε πολύ μεγάλη πιθανότητα οι δίδυμοι αστέρες να βρίσκονται κοντά ο ένας στον άλλο — «οι πιθανότητες να ισχύει το αντίθετο», όπως τόνισε, «είναι εκατομμύρια εκατομμυρίων προς ένα».²⁴ (Καταπώς το συνήθιζε, στρίμωξε τους υπολογισμούς του σε μια υποσημείωση.) Κάνοντας αυτούς τους υπολογισμούς, ο πρωτοπόρος Μίτσελ προσέθεσε τη στατιστική στα μαθηματικά εργαλεία που χρησιμοποιούσαν οι αστρονόμοι. Σύμφωνα με τον ιστορικό της αστρονομίας Μάικλ Χόσκιν, η συγκεκριμένη δημοσίευση ήταν «πιθανότατα η πιο καινοτόμα και διορατική συνεισφορά στην αστρονομία [...] του 18ου αιώνα».²⁵

Την ίδια εποχή, ο Μίτσελ συνειδητοποίησε ότι τα διπλά αστέρια είναι πάρα πολύ χρήσιμα για να μάθουμε ενδιαφέροντα πράγματα για τις ιδιότητες κάθε άστρου: πόσο φωτεινό είναι, τι μάζα έχει, πόσο μεγάλη είναι η περιφέρειά του. Ο Μίτσελ είχε την υποψία ότι υπάρχουν άστρα περισσότερο και λιγότερο φωτεινά απ' τον δικό μας Ήλιο. Τόλμησε μάλιστα να δηλώσει ότι ένας λευκός αστέρας είναι πιο φωτεινός από έναν κόκκινο. («Οι φωτιές που παράγουν το πιο λευκό φως», τόνισε στην εργασία του, «είναι πολύ πιο φωτεινές».)²⁶ Επομένως, δύο άστρα που περιφέρονται το ένα γύρω απ' το άλλο ήταν το τέλειο εργαστήριο για να ελέγξει από μακριά τις ιδέες του και να πάρει απαντήσεις. Όμως σχεδόν κανένας απ' τους αστρονόμους της εποχής δεν καταδεχόταν να ασχοληθεί με τέτοια

ερωτήματα. Αυτό που κυρίως τους ενδιέφερε ήταν να ανακαλύπτουν καινούργια φεγγάρια σε άλλους πλανήτες ή να καταγράφουν με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια τις κινήσεις των πλανητών. Για εκείνους, τα άστρα δεν είχαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον· χρησίμευαν μόνο ως ένα βολικό πλαίσιο αναφοράς για τις μετρήσεις που αφορούν το ηλιακό σύστημα και τα σώματα που το αποτελούν. Οι αστρονόμοι της εποχής παρατηρούσαν κυρίως τον Ήλιο, τη Σελήνη και τους πλανήτες.

Σπάνια εξαίρεση σε τούτο τον κανόνα αποτελούσε ο μεγάλος βρετανός αστρονόμος Ουίλλιαμ Χέρσελ, φίλος του Μίτσελ, που συχνά ξεστράτιζε απ' τα παραδοσιακά μονοπάτια της αστρονομίας. Επί μία περίπου δωδεκαετία μετά την εργασία του Μίτσελ για τους διπλούς αστέρες, ο Χέρσελ παρακολουθούσε και καταλογογραφούσε τα άστρα που βρίσκονταν σε μικρή απόσταση μεταξύ τους στον ουρανό. Ο Μίτσελ εγκωμίασε τη βάση δεδομένων του Χέρσελ, η οποία μεγάλωνε συνεχώς, χαρακτηρίζοντάς την «δώρο ανεκτίμητης αξίας στον κόσμο της αστρονομίας».²⁷ Τόσο ανεκτίμητο μάλιστα, ώστε ο Μίτσελ ανέπτυξε ακόμα περισσότερο τις ιδέες του για τους διπλούς αστέρες, γράφοντας μια εργασία που εκδόθηκε το 1784 και έφερε τον ανοικονόμητο τίτλο «Περί των μέσων για την ανακάλυψη της απόστασης, του μεγέθους κ.λπ. των σταθερών ατέρων», ως αποτέλεσμα της μείωσης της ταχύτητας του φωτός τους, στην περίπτωση που μια τέτοια μείωση θα διαπιστωνόταν σε οιονδήποτε εξ αυτών, καθώς και περί άλλων στοιχείων που θα προέκυπταν από παρατηρήσεις οι οποίες θα κρίνονταν περαιτέρω απαραίτητες για τον συγκεκριμένο σκοπό».²⁸ (*Ουφ!*) Σε τούτη την εργασία ο Μίτσελ υπαινίχθηκε τη δυνατότητα μιας μαύρης τρύπας — ή, τουλάχιστον, μιας νευτώνειας εκδοχής της του 18ου αιώνα.

Ο διακεκριμένος Χένρυ Κάβεντις, ο άνθρωπος που ανακάλυψε το υδρογόνο και τη σχέση του με το νερό, παρουσίασε την

εργασία του Μίτσελ σε διαδοχικές συναντήσεις της Βασιλικής Εταιρείας, τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο του 1783 και τον Ιανουάριο του 1784.²⁹ (Αμέσως μετά, η εργασία δημοσιεύτηκε στα πεπραγμένα της εταιρείας, στο περιοδικό *Philosophical Transactions*, καταλαμβάνοντας είκοσι τρεις τυπωμένες σελίδες.) Ο Μίτσελ ήταν αφοσιωμένο μέλος της εταιρείας³⁰ και τουλάχιστον μία φορά τον χρόνο δεν δίσταζε να διανύσει τα δύσβατα τριακόσια χιλιόμετρα που χώριζαν το Γιορκσάιρ από το Λονδίνο για να συμμετάσχει στις συναντήσεις της ή

VII. *On the Means of discovering the Distance, Magnitude, &c. of the Fixed Stars, in consequence of the Diminution of the Velocity of their Light, in case such a Diminution should be found to take place in any of them, and such other Data should be procured from Observations, as would be farther necessary for that Purpose. By the Rev. John Michell, B. D. F. R. S. In a Letter to Henry Cavendish, Esq. F. R. S. and A. S.*

Read November 27, 1783.

DEAR SIR,

Thornhill, May 26, 1783.

THE method, which I mentioned to you when I was last in London, by which it might perhaps be possible to find the distance, magnitude, and weight of some of the fixed stars, by means of the diminution of the velocity of their light, occurred to me soon after I wrote what is mentioned by Dr. PRIESTLEY in his History of Optics, concerning the diminution of the velocity of light in consequence of the attraction of the sun; but the extreme difficulty, and perhaps impossibility, of procuring the other data necessary for this purpose appeared to me to be such objections against the scheme, when I first thought of it, that I gave it then no farther consideration. As some late observations, however, begin to give us a little more chance of procuring some at least of these data, I thought it would not be amiss, that astronomers should be apprized of the method, I propose (which, as far as I know,

F 2

115.

Η επιστημονική εργασία στην οποία ο Τζων Μίτσελ υπαινίχθηκε για πρώτη φορά, τον 18ο αιώνα, μια νευτώνεια εκδοχή της «μαύρης τρύπας». (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*)

να βρεθεί με φίλους του. Όμως σ' εκείνες ειδικά τις χειμερινές συναντήσεις, ο αιδεσιμότατος παρέμεινε ανεξήγητα στο σπίτι του. Ίσως ήταν άρρωστος, ίσως δεν είχε χρήματα για το ταξίδι ή απλώς δεν ήθελε να εμπλακεί στους άγριους καβγάδες που μαίνονταν τότε στους κόλπους της εταιρείας για την αποπομπή του προέδρου της, του βοτανολόγου σερ Τζόζεφ Μπανκς. Υπήρχε επίσης το θέμα των προκαταρκτικών ελέγχων της ιδέας του, που δεν είχαν δώσει τα προσδοκώμενα αποτελέσματα.³¹ Όμως ορισμένοι ιστορικοί εικάζουν ότι ο Μίτσελ αντιλαμβανόταν πόσο παράτολμη ήταν η εργασία του κι ότι πίστευε πως, αν την παρουσίαζε ο Χένρυ Κάβεντις, στενός του φίλος και εκλεκτό μέλος της εταιρείας, αυτή θα γινόταν πιο εύκολα αποδεκτή.³²

Στη ριζοσπαστική τεχνική που πρότεινε ο Μίτσελ για τη μελέτη των άστρων εμπλεκόταν και η ταχύτητα του φωτός. Αν οι αστρονόμοι παρακολουθούσαν στενά τα δύο άστρα ενός διπλού συστήματος καθώς κινούνται το ένα γύρω από το άλλο επί αρκετά χρόνια, σημείωνε ο Μίτσελ, θα μπορούσαν να υπολογίσουν τη μάζα τους. Ήταν η πιο άμεση εφαρμογή των βαρυτικών νόμων του Νεύτωνα. Αν κάποιος μετρούσε το πλάτος της τροχιάς και τον χρόνο που χρειάζονταν τα δύο άστρα για να περιστραφούν το ένα γύρω απ' το άλλο, η εκτίμηση των δύο μαζών θα ήταν εφικτή. Και εφόσον η βαρυτική έλξη κάθε άστρου επηρεάζει την κίνηση του άλλου, υποστήριξε ο Μίτσελ, η έλξη οφείλει να επηρεάζει και το φως.³³ Την εποχή εκείνη θεωρούσαν ότι το φως το αποτελούν δέσμες σωματιδίων — κυρίως επειδή ο Νεύτωνα, που η γνώμη του ήταν απολύτως σεβαστή, είχε αποδεχθεί τη συγκεκριμένη ιδέα.

Φανταστείτε τώρα τούτα τα σωματίδια να εγκαταλείπουν το άστρο και να απομακρύνονται στο Διάστημα. Ο Μίτσελ υπέθεσε ότι τα εν λόγω σωματίδια θα έλκονται από τη βαρύτητα, ακριβώς όπως και η ύλη. Όσο μεγαλύτερο το άστρο τόσο

ισχυρότερη θα ήταν η βαρυτική του επίδραση στο φως, μειώνοντας αντίστοιχα την ταχύτητά του. Έτσι θα παρατηρούσαμε μια «ελάττωση στην ταχύτητα του [αστρικού] φωτός», όπως ανέφερε και ο τίτλος της εργασίας του. Μετρήστε την ταχύτητα μιας ακτίνας αστρικού φωτός που προσπίπτει σ' ένα τηλεσκόπιο και, ιδού, έχετε έναν τρόπο να ζυγίσετε το άστρο.

Εδώ ακριβώς εμφανίστηκε το ενδεχόμενο της «μαύρης τρύπας»: επεκτείνοντας το σενάριο του έως τα έσχατα όριά του, ο Μίτσελ υπολόγισε πότε η αστρική μάζα θα ήταν τόσο μεγάλη ώστε «όλο το φως [...] να αναγκαστεί να επιστρέψει, παγιδευμένο απ' τη βαρύτητα του άστρου»³⁴ — σαν το νερό σ' ένα σιντριβάνι, που εκτοξεύεται, φτάνει σε κάποιο μέγιστο ύψος και μετά πέφτει πίσω στη γούρνα του. Με βάση αυτό το σκεπτικό, αν κανένα σωματίδιο φωτός δεν μπορεί να δραπετεύσει από εκεί, το συγκεκριμένο άστρο θα έμενε για πάντα αόρατο, κάτι σαν μαύρο σημαδάκι στον ουρανό. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Μίτσελ, τούτη η μεταμόρφωση θα συνέβαινε αν το άστρο είχε περίπου πεντακόσιες φορές μεγαλύτερη διάμετρο απ' τον Ήλιο μας και την ίδια πυκνότητα σε όλον του τον όγκο. Στο δικό μας ηλιακό σύστημα, ένα τέτοιο άστρο θα εκτεινόταν μέχρι πέρα απ' την τροχιά του Άρη.

Το 1796, στην καρδιά της Γαλλικής Επανάστασης, ο μαθηματικός Πιερ-Σιμόν ντε Λαπλάς κατέληξε, ανεξάρτητα, σ' ένα παρόμοιο συμπέρασμα. Αναφέρθηκε, χωρίς να επεκταθεί σε λεπτομέρειες, σε τούτα τα κρυμμένα σώματα, στο περίφημο έργο του *Exposition du système du monde* («Έκθεση του συστήματος του κόσμου»), που ουσιαστικά ήταν ένα εγχειρίδιο για την κοσμολογία της εποχής του. «Ένα φωτεινό άστρο, ίδιας πυκνότητας με τη Γη, του οποίου η διάμετρος θα ήταν διακόσιες πενήντα φορές μεγαλύτερη απ' αυτήν του Ήλιου», έγραψε, «δεν θα επέτρεπε, λόγω της έλξης που θα ασκούσε, σε καμία ακτίνα του να φθάσει σ' εμάς· επομένως, τα μεγαλύτερα

φωτεινά σώματα στο σύμπαν ενδέχεται, γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο, να είναι αόρατα». ³⁵ Χρειάστηκε η έκκληση ενός επίμονου συναδέλφου του, του βαρόνου Φραντς Ξάφερ φον Τσαχ, για να επεξεργαστεί ο Λαπλάς, τρία χρόνια αργότερα, μια αυστηρή μαθηματική απόδειξη που θα στήριζε την αρχική του δήλωση. ³⁶ Το αποτέλεσμα του Λαπλάς για τη διάμετρο του σκοτεινού αστέρα διέφερε από εκείνο του Μίτσελ διότι θεώρησε ως δεδομένο ότι ουράνια σώματα που μοιάζουν με τον Ήλιο έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα.

Τι νόημα είχε όμως να προβλέπουμε την ύπαρξη άστρων τα οποία δεν θα μπορούσαμε ποτέ να δούμε; Ο Λαπλάς ίσως να το ξανασκέφτηκε όταν οι φυσικοί άρχισαν να αντιμετωπίζουν το φως ως κύμα και όχι ως σωματίδια. Ή μπορεί και να είχε χάσει κάθε σχετικό ενδιαφέρον, καθώς στις μεταγενέστερες εκδόσεις του *Système du monde*, που συνέχισε να το επανεκδίδει μέχρι τον θάνατό του, το 1827, αφαίρεσε την εικασία περί αόρατων αστερών και δεν την ανέφερε ποτέ ξανά. ³⁷ Αντίθετα, ο Μίτσελ φάνηκε πιο επινοητικός στην εργασία του 1784, αφού πρότεινε έναν έξυπνο τρόπο για να «δούμε» τέτοια αόρατα άστρα. Αν ένα τέτοιο σώμα περιστρέφεται γύρω από κάποιο φωτεινό άστρο, επισήμανε, θα γινόταν αισθητή η βαρυτική του επίδραση στις κινήσεις του φωτεινού αστέρα. ³⁸ Με άλλα λόγια, σε βάθος χρόνου, το φωτεινό άστρο θα φαινόταν να λικνίζεται μπρος-πίσω στον ουρανό λόγω της βαρυτικής έλξης του αόρατου συνοδού του. Είναι ένας από τους βασικούς τρόπους με τους οποίους οι αστρονόμοι εντοπίζουν, ακόμα και σήμερα, τις μαύρες τρύπες.

Ωστόσο, τόσο ο Μίτσελ όσο κι ο Λαπλάς είχαν τελικά προχωρήσει πολύ πέρα απ' την εποχή τους: ασχολήθηκαν με προβλήματα στα οποία η φυσική επιστήμη δεν μπορούσε τότε να δώσει απάντηση. Δεν ήταν ακόμα γνωστό ότι τα υπεργιγάντια άστρα έχουν πολύ πιο μικρή πυκνότητα από εκείνη που αυτοί χρησιμοποιούσαν στις προβλέψεις τους. Ούτε σκέφτηκαν ποτέ

ότι ένα φαινόμενο ανάλογο με τα αόρατα άστρα θα μπορούσε να συμβεί αν το άστρο ήταν μικρότερο αλλά πολύ πιο πυκνό. Αν ένα κανονικό αστέρι συμπιεζόταν με κάποιον τρόπο ώστε να καταλάβει μικρότερο όγκο, η ταχύτητα διαφυγής, δηλαδή η ταχύτητα που θα ήταν απαραίτητη για να απομακρυνθεί κανείς από την επιφάνειά του, θα αυξανόταν αισθητά. Όμως οι αστρονόμοι θεωρούσαν τότε πως όλα τα αστέρια έχουν την ίδια πυκνότητα με τον Ήλιο ή τη Γη. Μπορούσε άραγε να υπάρχει κάτι πιο πυκνό απ' τα στοιχεία που είχαν βρεθεί στον πλανήτη μας; Στα τέλη του 18ου αιώνα κάτι τέτοιο φαινόταν αδιανόητο.

Τόσο ο Μίτσελ όσο κι ο Λαπλάς χρησιμοποιούσαν για τη βαρύτητα έναν νόμο που δεν ήταν πλήρης, και για το φως μια θεωρία που ήταν εσφαλμένη. Δεν ήξεραν ακόμη ότι το φως δεν επιβραδύνεται ποτέ στον κενό χώρο. Για να αποδειχτεί η ύπαρξη τέτοιων σκοτεινών αστερών, απαιτούνταν πιο προηγμένες θεωρίες για το φως, για τη βαρύτητα και για την ύλη. Θα έπρεπε να κυλήσει ένας ολόκληρος αιώνας για να αναδυθεί η έννοια της μαύρης τρύπας όπως την αντιλαμβανόμαστε σήμερα — μια αληθινή «τρύπα» στον χωρόχρονο και όχι ένας μεγάλος, σκοτεινός όγκος αστρικής ύλης. Η έννοια αυτή θα έπρεπε να περιμένει την εμφάνιση του Άλμπερτ Αϊνστάιν, του πιο επινοητικού φυσικού φιλοσόφου του 20ού αιώνα.