

## Το κυνήγι παίρνει φωτιά

Ο ουρανός ήταν καταγάλανος και το χιόνι εκτυφλωτικά λευκό. Ο νορβηγός πρωθυπουργός Γενς Στόλτενμπεργκ στεκόταν, φορώντας το μακρύ κόκκινο μπουφάν του, σε ύψος 2.745 μέτρων πάνω απ' τη στάθμη της θάλασσας και θερμοκρασία γύρω στους  $-30^{\circ}\text{C}$ . «Βρισκόμαστε εδώ σήμερα για να γιορτάσουμε ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της ανθρωπότητας» βροντοφώναξε, καθώς ο θόρυβος απ' τις σημαίες που ράπιζε ο άνεμος και το χιόνι που συνέθλιβαν οι μπότες των ανθρώπων που περπατούσαν απειλούσε να σκεπάσει τη φωνή του. Ολοκληρώνοντας τη σύντομη δήλωσή του, παρέα με καμιά διακοσάρια εργάτες, προσκεκλημένους και τουρίστες που τον παρακολουθούσαν, ο Στόλτενμπεργκ αποκάλυψε μια προτομή σκαλισμένη στον πάγο, τοποθετημένη σ' ένα βάθρο που του έφτανε ως τη μέση: «Ίδου ένας σπουδαίος άνθρωπος!»

Το σκαλισμένο γλυπτό στον πάγο είχε τη μορφή του θρυλικού συμπατριώτη του, του Ρόαλντ Άμουνσεν. Η διακριτική τελετή στις εσχατιές του κόσμου ήταν αφιερωμένη στα εκατό χρόνια από την άφιξη του Άμουνσεν και των τεσσάρων συντρόφων του στον Νότιο Πόλο, στις 14 Δεκεμβρίου του 1911 – άφιξη η οποία χάρισε αιώνια δόξα στο νεότευκτο νορβηγικό κράτος, που είχε αποκτήσει την

ανεξαρτησία του απ' τη Σουηδία μόλις έξι χρόνια πριν. Με όπλο την ακατάβλητη αποφασιστικότητα και με όχημα έλκηθρα που τα έσερναν σκύλοι, η ομάδα του Άμουνσεν έμεινε στην ιστορία γιατί έφτασε πρώτη στον Νότιο Πόλο, σχεδόν πέντε εβδομάδες πριν από την άτυχη αποστολή του βρετανού αξιωματικού του Πολεμικού Ναυτικού Ρόμπερτ Φάλλκον Σκοτ, σημειώνοντας ένα αναμφίβολα αξιοσημείωτο επίτευγμα στην εξερεύνηση του πλανήτη μας.

Σήμερα, στην άγονη παγωμένη γη όπου έλαβε χώρα ο σφοδρός ανταγωνισμός μεταξύ Άμουνσεν και Σκοτ, με διακύβευμα την περηφάνια των δύο λαών και τις ζωές των ηρωικών ανδρών τους, δραστηριοποιείται μια διαφορετική γενιά εξερευνητών, που έχουν πιο φευγαλέους στόχους. Οι σημερινοί διεκδικητές της Ανταρκτικής είναι ατρόμητες ομάδες επιστημόνων που δίνουν αγώνα δρόμου για να αποκαλύψουν τα μυστήρια της ζωής, της Γης και του σύμπαντος. Για την ακρίβεια, κατά τους θερινούς μήνες η ήπειρος σφύζει από ζωή, φιλοξενώντας πάνω από χίλιους επιστήμονες και προσωπικό υποστήριξης. Γεωλόγοι βγάζουν με γεωτρύπανα «καρότα» πάγου και παρακολουθούν τις κινήσεις των παγετώνων, αναζητώντας στοιχεία για την κλιματική αλλαγή. Μετεωρολόγοι απελευθερώνουν μπαλόνια με ήλιο για να μετρήσουν το όζον στη στρατόσφαιρα και να συμπληρώσουν τις παρατηρήσεις των δορυφόρων που το παρακολουθούν ψηλά απ' το διάστημα. Παλαιοντολόγοι ψάχνουν απολιθώματα πλασμάτων που εξάλειψε το φονικότερο γνωστό συμβάν εξαφάνισης ζωικών ειδών, το οποίο σημειώθηκε πριν από 250 εκατομμύρια χρόνια. Βιολόγοι χτενίζουν τις ξηρές κοιλάδες της Ανταρκτικής αναζητώντας οργανισμούς που ακμάζουν σε ακραία περιβάλλοντα. Στις αρχές του 2012, ύστερα από πολλά χρόνια προσπάθειας, ρώσοι ερευνητές κατάφεραν

να διατρήσουν τρία χιλιόμετρα πάγου και να φτάσουν στην υποπάγια λίμνη Βοστόκ –έναν ανέγγιχτο απ' τον άνθρωπο ταμειυτήρα νερού, όπου εδώ και 20 εκατομμύρια χρόνια δεν φτάνει το φως του Ήλιου ούτε ο άνεμος– με την ελπίδα να συναντήσουν άγνωστες ως τώρα μορφές ζωής.

Δύο χρόνια νωρίτερα είχα γνωρίσει από πρώτο χέρι τι σημαίνει να ζεις και να δουλεύεις στους πάγους – ήταν τότε που είχα πάει στην Ανταρκτική ως μέλος μιας αποστολής με στόχο τη συλλογή μετεωριτών. Φτάσαμε στον Σταθμό Μακμέρντο, το παραθαλάσσιο αμερικανικό ερευνητικό κέντρο που βρίσκεται κοντά στο σημείο απόβασης του Σκοτ το 1902, πετώντας με στρατιωτικό μεταγωγικό αεροσκάφος από τη Νέα Ζηλανδία. Ύστερα από μία εβδομάδα προετοιμασίας, πακεταρίσματος και εκπαίδευσης, προσγειωθήκαμε σε μια εποχιακή βάση, απ' όπου συνεχίσαμε το ταξίδι πετώντας ανά δύο μ' ένα αεροπλάνο Twin Otter, το οποίο αντί για τροχούς έχει χιονοπέδιλα. Το μικρό αεροσκάφος, με χειριστές καναδούς πιλότους έμπειρους στις προσγειώσεις σε ανώμαλα εδάφη, μας άφησε σε μια απομακρυσμένη παγωμένη πεδιάδα, πέντε μόλις μίλις απ' τον Νότιο Πόλο. Τα οκτώ μέλη της ομάδας –δύο γυναίκες και έξι άνδρες– στήσαμε κίτρινες, πυραμιδωτές σκηνές τύπου Σκοτ και τις επόμενες πέντε παγερές εβδομάδες ζήσαμε εκεί αποκομμένοι απ' τον υπόλοιπο κόσμο, με εξαίρεση ένα δορυφορικό τηλέφωνο και τη σποραδική παραλαβή αλληλογραφίας και τροφίμων. Στην Ανταρκτική ήταν καλοκαίρι: ο ήλιος έλαμπε συνεχώς, ταξιδεύοντας στον ουρανό με φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού, και διαγράφοντας έναν πλήρη κύκλο κάθε 24 ώρες. Κανένα ίχνος ζωής πουθενά – ούτε άνθρωποι, ούτε ζώα, ούτε φυτά.

Κάθε μέρα, εφόσον οι άνεμοι ήταν ανεκτοί, βγαίναμε με τα χιονοχόματά μας ή με τα πόδια και εξερευνούσαμε το

απέραντο γειτονικό πεδίο πάγου και τους παγετωνικούς λιθώνες δίπλα στους λόφους, ψάχνοντας για πέτρες που είχαν πέσει απ' το διάστημα. Κουκουλωμένοι με μακριά κόκκινα μπουφάν, φορώντας πολλαπλές στρώσεις από ισοθερμικά εσώρουχα, αρβύλες ακραίου ψύχους του αμερικανικού στρατού, θερμαντικά περιλαίμια, γάντια, γυαλιά, κουκούλες προσώπου και καπέλα, φροντίζαμε κατά τις εξορμήσεις μας να αποφύγουμε τα κρουπαγήματα και τα ατυχήματα στις ρωγμές του πάγου. Ήταν πολύ εύκολο να γλιστρήσεις, να πέσεις στον σκληρό σαν πέτρα πάγο και να τραυματιστείς σοβαρά. Μια φορά έπεσα απ' το χιονόχρημα, αλλά ευτυχώς το χοντρό μπουφάν λειτούργησε σαν μαξιλάρι και με προστάτεψε. Μικροατυχήματα είχαν κι άλλοι από την ομάδα, όμως αντέξαμε το κρύο, την πλήξη και την απομόνωση δίχως σοβαρά προβλήματα. Απολαμβάναμε, μάλιστα, την αυστηρή ομορφιά του τοπίου – η θέα από την κορυφή κάποιων υψωμάτων ήταν μοναδική – ενώ ανακαλύψαμε ακόμα και τρόπους για να διασκεδάζουμε. Με την ολοκλήρωση της αποστολής, η ομάδα είχε συγκεντρώσει συνολικά 900 μετεωρίτες, οι οποίοι είναι σήμερα διαθέσιμοι σε ερευνητές απ' όλο τον κόσμο για διάφορες μελέτες. Η δική μας ανταμοιβή ήταν η ξεχωριστή εμπειρία που ζήσαμε – αλλά και οι αξιαγάπητοι πιγκουίνοι της Αδελίας και οι αυτοκρατορικοί πιγκουίνοι, τους οποίους συναντήσαμε κοντά στο Μακμέρντο προς το τέλος της παραμονής μας. Το μοναδικό πράγμα για το οποίο μετάνιωσα ήταν που δεν επισκέφτηκα τον Νότιο Πόλο, αν και βρέθηκα τόσο κοντά.

Η ανθρώπινη δραστηριότητα στον ίδιο τον Πόλο έχει σαφώς εξωγήινους στόχους. Απ' ό,τι φαίνεται, οι επιστήμονες εκεί δίνουν μεγάλο βάρος στη φράση του Μαρσέλ Προυστ ότι «το μόνο ταξίδι ανακάλυψης που είναι αληθι-

νό [...] δεν είναι να ταξιδέψεις σε νέα μέρη, αλλά να αποκτήσεις άλλα μάτια». Το πιο εντυπωσιακό κομμάτι του επιστημονικού εξοπλισμού κοντά στον Πόλο είναι ένα ραδιοτηλεσκόπιο με διάμετρο δέκα μέτρα, στραμμένο στον ουρανό για να χαρτογραφήσει την ασθενική λάμψη που έχει μείνει από τη Μεγάλη Έκρηξη. Ένας συνάδελφος στο Τορόντο, ο Κηθ Βάντερλιντ, πέρασε σχεδόν όλο το 2008 φροντίζοντας τούτο το τηλεσκόπιο· κατάφερε να αντέξει την πολιτική (αύχτα) που κράτησε έξι μήνες, θερμοκρασίες που έπεφταν στους  $-73^{\circ}\text{C}$  και το έντονο αίσθημα απομόνωσης – για να μην αναφέρω τα εξωφρενικά σύντομα ντους και την απέραντη βαρεμάρα. Όμως το πιο φιλόδοξο και αντισυμβατικό συνάμα από τα επιστημονικά όργανα κοντά στον Νότιο Πόλο βρίσκεται μονίμως βαθιά θαμμένο μέσα στους πάγους και βλέπει προς τα κάτω, όχι προς τα πάνω. Η κατασκευή του –ο ενταφιασμός του, για να είμαστε πιο ακριβείς– ολοκληρώθηκε μόλις έναν χρόνο πριν από τον εορτασμό των εκατό χρόνων από το επίτευγμα του Άμουνσεν. Το μόνο που μπορούσαν να δουν οι επιφανείς επισκέπτες πάνω απ' το έδαφος ήταν ένα ορθογώνιο γραφείο κοντέινερ που στηριζόταν σε στύλους, γεμάτο υπολογιστές και καλώδια. Ελάχιστες ενδείξεις υπήρχαν για ό,τι κρύβεται από κάτω, αν εξαιρέσουμε τα σημαιάκια που οι επιστήμονες είχαν «φυτέψει» στον πάγο για να σημαδέψουν το γιγάντιο αποτύπωμα του οργάνου.

Το IceCube είναι ένα παρατηρητήριο που όμοιό του δεν υπάρχει. Ο ίδιος ο παγετωνικός πάγος, διαφανής και απαλλαγμένος από φυσαλίδες αέρα χάρη στην ακραία πίεση που επικρατεί σε βάθη μεγαλύτερα από ενάμισι χιλιόμετρο, εξυπηρετεί τον ίδιο σκοπό που εξυπηρετεί το λείο πρωτεύον κάτοπτρο ενός συμβατικού αστρονομικού τηλεσκοπίου. Ενταφιασμένα στο εσωτερικό του είναι 86

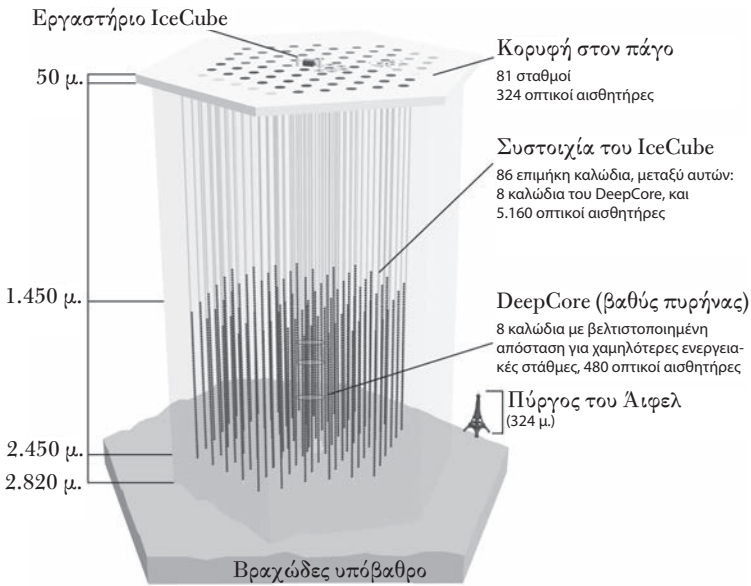
επιμήκη κατακόρυφα ατσάλινα καλώδια, που στο κάθε ένα υπάρχουν αναρτημένες 60 σφαίρες στο μέγεθος μπάλας του μπάσκετ, ανά τακτά διαστήματα. Κάθε μία από τις 5.160 σφαίρες περιέχει οπτικούς αισθητήρες και ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Οι αισθητήρες, οι οποίοι ονομάζονται φωτολυχνίες, λειτουργούν αντίστροφα από τους λαμπτήρες φωτισμού: συγκεντρώνουν φως και παράγουν ηλεκτρικά σήματα. Στην περίπτωση του IceCube, οι αισθητήρες ελέγχουν εξονυχιστικά τον υπόγειο πάγο για αμυδρές μπλε λάμπες που περιστασιακά τρεμοπαίζουν μέσα στο γαλήνιο σκοτάδι. Κάθε φορά που ένας αισθητήρας ανιχνεύει κάποια λάμψη στέλνει ένα σήμα στους υπολογιστές που βρίσκονται στην επιφάνεια.

Οι μπλε λάμπες δηλώνουν τη διέλευση των στοιχειωδών σωματιδίων που είναι γνωστά ως μίονια, τα οποία ανήκουν στην ίδια οικογένεια με τα ηλεκτρόνια, αλλά έχουν περίπου διακόσιες φορές μεγαλύτερη μάζα. Με τον συνδυασμό των σημάτων από τους διάφορους κόμβους αυτού του ενταφιασμένου δικτύου αισθητήρων, οι φυσικοί μπορούν να παρακολουθήσουν την πορεία ενός μιονίου στις τρεις διαστάσεις. Οι ερευνητές δεν κυνηγούν όμως τα ίδια τα μίονια. Κυνηγούν νετρίνα, τους πιο φευγαλέους και αλλόκοτους απ' όλους τους θαμώνες του υποατομικού κόσμου τους οποίους γνωρίζουμε. Αυτά τα σωματίδια-φαντάσματα αλληλεπιδρούν κάθε τόσο με πρωτόνια στα μόρια του πάγου και απελευθερώνουν μίονια, κάτι που προδίδει την παρουσία τους καθώς τα μίονια με τη σειρά τους φωτίζουν τον πάγο. Το νεογέννητο μίονιο ταξιδεύει μέσα στον πάγο συνεχίζοντας την ίδια διαδρομή που ακολούθησε το εισερχόμενο νετρίνο, οπότε οι ερευνητές μπορούν, εξετάζοντας το ίχνος του μιονίου, να υπολογίσουν από ποια κατεύθυνση μας ήρθε το νετρίνο.

Τα νετρίνα είναι στοιχειώδη σωματίδια, όπως και τα ηλεκτρόνια που περιφέρονται γύρω από τους πυρήνες των ατόμων ή τα κουάρκ που συνδυάζονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν πρωτόνια και νετρόνια. Πρόκειται για θεμελιώδη δομικά στοιχεία της ύλης, αλλά δεν μένουν παγιδευμένα μέσα στα άτομα. Επιπλέον, σε αντίθεση με τα υποατομικά ξαδελφάκια τους, τα νετρίνα δεν φέρουν ηλεκτρικό φορτίο, η μάζα τους είναι απειροελάχιστη και σπανιότατα αλληλεπιδρούν με άλλα σωματίδια. Ένα τυπικό νετρίνο θα μπορούσε να ταξιδέψει απόσταση ίση με ένα έτος φωτός μέσα σε μόλυβδο και να μην αλληλεπιδράσει ούτε με ένα άτομο. Αυτό είναι άλλωστε και το πρόβλημα: τα νετρίνα είναι παθολογικώς ντροπαλά! Η σφοδρότατη απροθυμία τους για συναναστροφές δυσχεραίνει τον εντοπισμό τους, γι' αυτό και το κυνήγι των νετρίνων είναι πολύ δύσκολη δουλειά. Όμως μια στο τόσο όλο και κάποιο νετρίνο θα συγκρουστεί με κάτι, π.χ. με ένα πρωτόνιο σ' ένα μόριο νερού – ουσιαστικά, πρόκειται για ατύχημα. Οι επιστήμονες κατασκευάζουν λοιπόν εξαιρετικά μεγάλες ανιχνευτικές διατάξεις, όπως το IceCube, με σκοπό να αυξήσουν την πιθανότητα των τυχαίων συγκρούσεων και, επομένως, τις ευκαιρίες να παρατηρήσουμε νετρίνα.

Ακόμα κι έτσι όμως, δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε άμεσα τα νετρίνα – μπορούμε μόνο να αντιληφθούμε αμυδρά την παρουσία τους από τις ενδείξεις που αφήνουν πίσω τους. Στις σπάνιες περιπτώσεις που τα νετρίνα πράγματι αλληλεπιδρούν με την ύλη, παράγουν σωματίδια που φέρουν φορτίο, όπως τα μίονια, τα οποία οι φυσικοί μπορούν να εντοπίσουν με τα όργανά τους. Εδώ υπάρχει όμως και μια πρόκληση: πώς θα διακρίνουμε τα σήματα των νετρίνων από τον άσχετο «θόρυβο», αφού μίονια παράγουν και οι κοσμικές ακτίνες, σωματίδια με μεγάλη ταχύτητα

που έρχονται από το απώτατο διάστημα και ενδέχεται να παρερμηνευτούν ως μίονια προερχόμενα από αλληλεπιδράσεις με νετρίνα. Οι κυνηγοί νετρίνων τοποθετούν τον εξοπλισμό τους βαθιά μέσα στη γη ή κάτω από παχιά στρώματα πάγου, έτσι ώστε να μην μπορούν να φτάσουν μέχρις εκεί τα μίονια των κοσμικών ακτίνων. Όπως εξηγεί η Τζάνετ Κόνραντ του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Μασσαχουσέττης (MIT): «Όταν προσπαθείς να ακούσεις έναν ψίθυρο, δεν θέλεις πολλή φασαρία γύρω σου».



Σκαρίφημα του παρατηρητηρίου νετρίνων IceCube (J. Yang/NSF)

Είναι δύσκολο να τα «τσακώσεις», όμως τα νετρίνα είναι από τους πιο «περιζήτητους» κοσμικούς αγγελιαφόρους λόγω των μυστικών που κρύβουν για τη φύση της ύλης, τις αστρικές εκρήξεις και τη δομή του ίδιου του σύμπαντος.



Όπως είπε άλλωστε ο θεωρητικός φυσικός Μπόρις Κέυζερ του Εθνικού Εργαστηρίου Επιταχυντών Fermi (Fermilab) κοντά στο Σικάγο, όπου διεξάγονται πολλά πειράματα για τα νετρίνα: «Αν δεν υπήρχαν τα νετρίνα, εμείς δεν θα ήμασταν εδώ». Και εξηγεί: «Ο Ήλιος παράγει ενέργεια μέσω πυρηνικών αντιδράσεων από τις οποίες εξαρτάται η ζωή στη Γη και οι αντιδράσεις αυτές δεν θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν χωρίς τα νετρίνα». Επιπλέον, χωρίς τα νετρίνα δεν θα ήταν δυνατή ούτε η πυρηνική καύση σε αστέρες προηγούμενων γενεών, από την οποία έχουν προκύψει τα βαρέα στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη ζωή. Συνεπώς, υποστηρίζει, «για να κατανοήσουμε το σύμπαν πρέπει να καταλάβουμε καλά τα νετρίνα».

Ευτυχώς, τα νετρίνα είναι μεν μυστικοπαθή αλλά και απίστευτα διαδεδομένα. Στην πραγματικότητα, είναι τα σωματίδια ύλης που υπάρχουν σε μεγαλύτερη αφθονία στο σύμπαν. Σύμφωνα με τον Χιτόσι Μουραγιάμα του Πανεπιστημίου του Τόκιο και του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας στο Μπέρκλεϋ, για κάθε άτομο στο σύμπαν υπάρχουν ένα δισεκατομμύριο νετρίνα! Ο Μουραγιάμα υποστηρίζει επιπλέον ότι «ο αριθμός τους και μόνο δείχνει ότι ο ρόλος τους είναι σημαντικός. Η συμβολή των νετρίνων στο ισοζύγιο της κοσμικής ενέργειας μπορεί να συγκριθεί με εκείνη όλων των αστερων μαζί». Η αλήθεια είναι ότι εκατό περίπου τρισεκατομμύρια νετρίνα, που παράγονται στους πυρηνικούς «κλιβάνους» στην καρδιά του Ήλιου, διαπερνούν το σώμα μας κάθε δευτερόλεπτο, μέρα και νύχτα – όμως ούτε μας βλάπτουν ούτε ίχνη αφήνουν. Σε όλη μας τη ζωή, ίσως αλληλεπιδράσει το πολύ ένα νετρίνο με ένα άτομο του σώματός μας. Τα νετρίνα διαπερνούν ανεμπόδιστα τη Γη, σαν σφαίρες που σχίζουν την ομίχλη. Νετρίνα δημιουργούνται επίσης στα σπλάχνα

της Γης με τη διάσπαση των ραδιενεργών στοιχείων της, αλλά και στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, τα άτομα της οποίας συγκρούονται με σωματίδια υψηλής ενέργειας που έρχονται απ' το διάστημα. Κατά τον εξαιρετικά βίαιο θάνατο αστέρων πολύ μεγάλης μάζας εκπέμπονται απίστευτες ριπές νετρίνων, τα οποία ξεφεύγουν άθικτα από τα σημεία του κοσμικού ολέθρου και μας φέρνουν ειδήσεις για εντυπωσιακά ουράνια συμβάντα που έλαβαν χώρα εκατομμύρια έτη φωτός μακριά. Επιπλέον, ο πλανήτης μας βρίσκεται βυθισμένος σε μια θάλασσα κοσμικών νετρίνων που δημιουργήθηκαν όταν το νεογέννητο σύμπαν δεν είχε ηλικία ούτε καν δύο δευτερολέπτων.

Οι εξωτικές ιδιότητες των νετρίνων τα έχουν αναδείξει σε κάτι σαν είδωλο της ποπ. Από το 1960 κιόλας, ο Τζων Απντάικ τα τίμησε με το απολαυστικό ποίημα «Κοσμικά διαόλια» (Cosmic Gall), που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *The New Yorker*. Εκεί περιγράφει πώς τα νετρίνα διασχίζουν τη Γη με την ίδια ευκολία που η σκόνη ταξιδεύει σ' έναν διάδρομο με αεράκι ή το φως περνά μέσα από ένα τζάμι. Οι Klaatu, ένα καναδέζικο ροκ συγκρότημα που έγινε κυρίως γνωστό χάρη στις ανυπόστατες φήμες ότι επρόκειτο για τους Beatles που ηχογραφούσαν τραγούδια με ψευδώνυμο, περιέγραψαν το 1976 στους στίχους ενός τραγουδιού τη συμπεριφορά των νετρίνων, που σαν φαντάσματα διαπερνούν το σώμα μας δίχως προειδοποίηση. Τα νετρίνα έφτασαν να πρωταγωνιστήσουν ακόμα και στην τηλεοπτική σειρά κινουμένων σχεδίων *Teenage Mutant Ninja Turtles*.

Φυσικά, καμιά έκπληξη δεν προξενεί το γεγονός ότι αναφορές στα νετρίνα υπάρχουν και στη δημοφιλή κωμική σειρά *The Big Bang Theory*, όπου δύο από τους κεντρικούς χαρακτήρες είναι φυσικοί επιστήμονες. Επιστημονικός

σύμβουλος της σειράς είναι ο Ντέιβιντ Σάλτζμπεργκ του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας στο Λος Άντζελες, επίσης φυσικός, ο οποίος μεταξύ άλλων εργάζεται σε τηλεσκόπια νετρίνων. Σε μια σκηνή, ένας από τους βασικούς χαρακτήρες παιδεύεται με κάτι εξισώσεις στον λευκοπίνακα του γραφείου του όταν εμφανίζονται ο συγγάτοικος και συνάδελφός του μαζί μ' έναν φίλο τους, μηχανικό. Ο πρώτος αναφωνεί: «Α, να και το χαμένο νετρίνο μου. Πήγες να μου κρυφτείς σαν ένα μη ισορροπημένο φορτίο, μικρό υποατομικό διαβολάκι;» Αντί να απαντήσει στον χαιρετισμό του φίλου του, συνεχίζει: «Να, να, ορίστε. Βρήκα το χαμένο μου νετρίνο». Και ο κοινός φίλος απαντά ξερά: «Ωραία, τότε να το βγάλουμε απ' τον κατάλογο αγνοουμένων!»

Εννοείται ότι τα νετρίνα έχουν κάνει πολυάριθμες εμφανίσεις σε βιβλία επιστημονικής φαντασίας, όπου συνήθως ευθύνονται για παράδοξα ή καταστροφικά συμβάντα. Στο μυθιστόρημα του Ρόμπερτ Τζ. Σώγιερ *Flashforward*, μια ριπή νετρίνων από ένα άστρο που ψυχορραγεί προκαλεί απώλεια συνείδησης στους πάντες για σύντομο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα όλοι να βλέπουν τον εαυτό τους όπως θα είναι στο μέλλον, ύστερα από 21 χρόνια. Στο *Foundation and Chaos* του Γκρεγκ Μπέαρ μια αλλόκοτη καταιγίδα νετρίνων διαγράφει τις εντολές που είναι προγραμματισμένα να ακολουθούν τα ρομπότ (παραπέμποντας στα βιβλία της σειράς *Foundation* του Ισαάκ Ασίμοφ), με αποτέλεσμα το απόλυτο χάος. Πιο πρόσφατα, στη χολλυγουντιανή ταινία καταστροφής *2012* του Ρόλαντ Έμμεριχ, τα νετρίνα κατηγορούνται για υπερθέρμανση του πυρήνα της Γης, η οποία πυροδοτεί ισχυρότατους σεισμούς και πλημμύρες.

Παρά την αλλόκοτη γοητεία που ασκούν τα νετρίνα και την προαγωγή τους σε πολιτισμικά σύμβολα, ελάχιστοι

άνθρωποι –πέρα απ’ την κοινότητα των φυσικών– έδιναν ιδιαίτερη σημασία στην επιστήμη που μελετά τα πραγματικά νετρίνα. Πρόσφατα όμως έκαναν την εμφάνισή τους πρωτοσέλιδοι τίτλοι για ενδεχόμενη κατάρριψη του κοσμικού ορίου ταχύτητας που τέθηκε το 1905 από τον Αϊνστάιν. Φυσικοί απ’ όλο τον κόσμο που συμμετέχουν στο πρόγραμμα OPERA (ακρωνύμιο για τον ανοικονόμητο τίτλο Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus, δηλαδή «Πρόγραμμα Μελέτης Ταλαντώσεων με Συσκευή Ανίχνευσης με Γαλάκτωμα») έκαναν αυτή την εντελώς απροσδόκητη ανακοίνωση σε μια ερευνητική εργασία την οποία αρχικά δημοσίευσαν στο διαδίκτυο και στη συνέχεια παρουσίασαν σε συνέντευξη τύπου στα τέλη Σεπτεμβρίου του 2011. Τα σωματίδια φαινόταν ότι ταξίδευαν ταχύτερα από το φως μεταξύ Εργαστηρίου Σωματιδιακής Φυσικής του Ευρωπαϊκού Κέντρου Πυρηνικής Έρευνας (CERN) στη Γενεύη της Ελβετίας και ενός υπόγειου ανιχνευτή στο Γκραν Σάσσο της Ιταλίας, σε απόσταση 730 χιλιομέτρων, φτάνοντας εκεί 60 νανοδευτερόλεπτα νωρίτερα από το αναμενόμενο.

Παρά την προσεκτική διατύπωση του εκπροσώπου του OPERA και την επιφυλακτικότητα που έδειξαν οι περισσότεροι ερευνητές των νετρίνων, τα νέα έκαναν πάταγο σε όλη την υδρόγειο. Αν λάβουμε υπόψη τις εκπληκτικές συνέπειες, ο ντόρος που δημιουργήθηκε δεν πρέπει να μας εκπλήσσει. Αν το εύρημα αληθεύει, τότε παραβιάζει τη θεωρία του Αϊνστάιν για την ειδική σχετικότητα, ακρογωνιαίο λίθο της σύγχρονης φυσικής. Όπως έγραψε το περιοδικό *Time*: «Αν οι Ευρωπαίοι έχουν δίκιο, ο Αϊνστάιν δεν έκανε απλώς λάθος – ήταν σχεδόν ανίδεος». Οι περισσότεροι φυσικοί επιστήμονες και δημοσιογράφοι τόνισαν ότι ο εκπληκτικός ισχυρισμός χρειαζόταν περαιτέρω διε-

ρεύνηση και ανεξάρτητη επαλήθευση. «Αν αληθεύει, πρόκειται για αποτέλεσμα που θα αλλάξει τον κόσμο. Αυτό το “αν” όμως είναι τεράστιο», έγραψαν οι *New York Times*.

Παρόλα αυτά, οι προσεκτικές διατυπώσεις και οι εύλογες επιφυλάξεις δεν κατάφεραν να περιορίσουν τις αχαλίνωτες εικασίες για ταξίδια με υπερφωτονική ταχύτητα και τα μεγαλεπήβολα οράματα για μια νέα φυσική. Ξαφνικά άκουγες παντού ανέκδοτα για ταξίδια στον χρόνο με τη βοήθεια των νετρίνων. Κάποιοι ευφυολογούσαν ότι τα νετρίνα είχαν σεβαστεί την οριακή ταχύτητα όσο βρίσκονταν στην Ελβετία, αλλά την παραβίαζαν μόλις περνούσαν τα ιταλικά σύνορα. Στην τηλεοπτική κωμική σειρά *The Big Bang Theory*, ο πρωταγωνιστής προσπάθησε να τροφοδοτήσει τη συζήτηση στο βραδινό τραπέζι ρωτώντας: «Τι συμβαίνει με τα σωματίδια του CERN που είναι ταχύτερα απ’ το φως: πρόκειται για ανακάλυψη που ανατρέπει όλα τα δεδομένα ή για άλλο ένα ελβετικό προϊόν διάτρητο σαν τα τυριά τους;» Το ιρλανδικό συγκρότημα φολκ μουσικής Corrigan Brothers, που είχαν παίξει και στην ορκωμοσία του Μπαράκ Ομπάμα το 2009, ανέβασαν στο YouTube ένα τραγούδι όπου αναρωτιούνταν αν εξακολουθεί να ισχύει το  $E = mc^2$  τώρα που τα νετρίνα φαίνεται να ταξιδεύουν πιο γρήγορα απ’ το φως. Προς το τέλος του τραγουδιού όμως, οι στίχοι προειδοποιούν να μην βγάζουμε βιαστικά συμπεράσματα γιατί ο Αϊνστάιν μπορεί να έχει ακόμα δίκιο για την οριακή κοσμική ταχύτητα στο σύμπαν...

Για να γίνει αποδεκτό το νέο αποτέλεσμα χωρίς να πρέπει να σπάσει το φράγμα της ταχύτητας του φωτός, κάποιοι θεωρητικοί διατύπωσαν την πρόταση ότι τα ελβετικά νετρίνα, πηγαίνοντας προς την Ιταλία, ίσως πέρασαν μέσα από μια κρυφή επιπλέον διάσταση, τύπου *Star Trek*,

μειώνοντας την απόσταση που έπρεπε να διανύσουν. Άλλοι πρότειναν μια άλλου είδους συντόμηση: την κατάρρευση του χωροχρονικού συνεχούς κοντά στη Γη. Πολλοί επικριτές υπέδειξαν πιθανά πειραματικά σφάλματα. Οι Αντριου Κοέν και Σέλντον Γκλάσσοου του Πανεπιστημίου της Βοστώνης είχαν μια σοβαρή ένσταση σε επίπεδο θεωρίας: μια δέσμη νετρίνων με υπερφωτονική ταχύτητα θα έχανε γρήγορα ενέργεια λόγω της εκπομπής άλλων σωματιδίων· επομένως, όταν η δέσμη θα έφτανε στο Γκραν Σάσσο, θα είχαν εξαντληθεί τα νετρίνα υψηλής ενέργειας – κάτι που δεν παρατηρήθηκε. Στο μεταξύ, στα μέσα Νοεμβρίου ανακοινώθηκε ότι είχε πραγματοποιηθεί από την ίδια ομάδα του OPERA ένα δεύτερο, πιο ακριβές πείραμα για τη μέτρηση της ταχύτητας, τα αποτελέσματα του οποίου στήριζαν το εκπληκτικό αρχικό συμπέρασμα.

Τρεις μήνες αργότερα, το CERN έδωσε νέα στοιχεία στη δημοσιότητα μέσω μιας σύντομης αλλά πολύ ουσιαστικής ανακοίνωσης. Μεταξύ άλλων ανέφερε ότι: «Η ομάδα OPERA ενημέρωσε τους οργανισμούς που τη χρηματοδοτούν και τα συνεργαζόμενα με αυτήν εργαστήρια ότι έχει εντοπίσει δύο παράγοντες που θα μπορούσαν να έχουν επηρεάσει τις μετρήσεις της για την ταχύτητα των νετρίνων [...] Αν επιβεβαιωθούν, ο ένας θα προκαλούσε αύξηση στην τιμή της ταχύτητας που μετρήθηκε, ενώ ο άλλος θα τη μείωνε δραστικά». Το ένα ενδεχόμενο, ένα πιθανό πρόβλημα με τη χρονοσήμανση των μονάδων GPS που χρησιμοποιούνταν για τον συγχρονισμό των χρονομέτρων στις δύο τοποθεσίες, θα μπορούσε να σημαίνει ότι στην πραγματικότητα η ταχύτητα των νετρίνων ήταν μεγαλύτερη από εκείνη που ανακοινώθηκε αρχικά. Το άλλο ενδεχόμενο, ένα πρόβλημα στην καλωδιακή σύνδεση μεταξύ μιας μονάδας GPS και ενός υπολογιστή, θα σήμαινε

ότι στην πραγματικότητα τα νετρίνα είχαν ταξιδέψει πιο αργά από το φως. Οι περισσότερες αναφορές στα ΜΜΕ και οι περισσότεροι σχολιαστές επικεντρώθηκαν στο δεύτερο ενδεχόμενο. Η *Wall Street Journal* το περιέγραψε ως «ένα ενδεχομένως δυσάρεστο αποτέλεσμα» για τους ερευνητές που είχαν συμμετάσχει στο πείραμα. Αργότερα, στις 16 Μαρτίου 2012, μια άλλη ομάδα φυσικών που εργάζονταν με τον ανιχνευτή ICARUS, επίσης τοποθετημένο στο Γκραν Σάσσο, ανακοίνωσε μια νέα μέτρηση του χρόνου πτήσης των νετρίνων από το CERN – η ταχύτητα αυτή τη φορά δεν ήταν μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός. «Τα στοιχεία αρχίζουν να δείχνουν ότι το αποτέλεσμα της ομάδας OPERA οφειλόταν σε προβλήματα κατά τη μέτρηση», δήλωσε ο Σέρτζιο Μπερτολούτσι, διευθυντής ερευνών του CERN.

Μολονότι τελικά αποδείχτηκε ότι τα νετρίνα δεν έχουν υπερφωτονική ταχύτητα, μας έχουν ήδη διδάξει πολλά για τις ιδιοτροπίες του υποατομικού κόσμου, ενώ μας επέτρεψαν να εξετάσουμε σε βάθος τον φλεγόμενο πυρήνα του Ήλιου. Εκτός αυτού, χωρίς τα νετρίνα δεν θα είχαμε ούτε σταθμούς πυρηνικής ενέργειας ούτε πυρηνικές βόμβες. Τα νετρίνα ήταν οι πρώτοι αγγελιαφόροι του δραματικού αφανισμού ενός διογκωμένου αστέρα μεγάλης μάζας που εξερράγη σε απόσταση 160.000 ετών φωτός, στο Μεγάλο Νέφος του Μαγγελάνου, ενός γαλαξία-δορυφόρου του δικού μας Γαλαξία, που μοιάζει με μια μεγάλη θολή κηλίδα στον ουρανό του Νότιου Ημισφαιρίου. Τρεις υπόγειες ανιχνευτικές διατάξεις στην Ιαπωνία, τη Ρωσία και στις Ηνωμένες Πολιτείες κατέγραψαν συνολικά 24 νετρίνα από την έκρηξη, από τα δισεκατομμύρια δισεκατομμυρίων που σάρωσαν τη Γη σε μια σύντομη ριπή στις 23 Φεβρουαρίου του 1987. Λίγες μόνο ώρες αργότερα,

αστρονόμοι που παρατηρούσαν τον ουρανό σ' ένα απομακρυσμένο αστεροσκοπείο στα βουνά της Χιλής είδαν τον υπερκαινοφανή αστέρα (σουπερνόβα) στο φάσμα του ορατού φωτός.

Στο πέρασμα των χρόνων, τα νετρίνα τράβηξαν την προσοχή μερικών επιστημόνων που συγκαταλέγονται στα πιο σπουδαία μυαλά και στις πιο λαμπρές προσωπικότητες στην ιστορία της φυσικής. Στις ιστορικές φυσιογνωμίες που ασχολήθηκαν με τα νετρίνα ανήκουν ο οξυδερκής Βόλφγκανγκ Πάουλι, ο πρώτος που επικαλέστηκε την ύπαρξή τους, θέλοντας να αποφύγει μια κρίση στο πεδίο της θεωρητικής φυσικής, ο Έττορε Μαγιοράνα, ταραγμένη ιδιοφυΐα που διατύπωσε τη θεωρία για τα κατοπτρικά δίδυμα νετρίνων και κατόπιν εξαφανίστηκε από προσώπου γης χωρίς ν' αφήσει κανένα ίχνος, σε ηλικία 32 ετών, και ο στρατευμένος σοσιαλιστής Μπρούνο Ποντεκόρβο, ο οποίος συνειδητοποίησε ότι τα νετρίνα μπορούν να αλλάζουν μορφή από τον έναν τύπο στον άλλο, αλλά και προκάλεσε μεγάλη αναταραχή στα χρόνια του Ψυχρού Πολέμου όταν αυτομόλησε στη Σοβιετική Ένωση. Κάποιοι κυνηγοί νετρίνων κατασκεύασαν πειραματικές διατάξεις στα έγκατα της Γης για να μελετήσουν την καρδιά του Ήλιου, ενώ άλλοι έστησαν παγίδες κοντά σε πανίσχυρους πυρηνικούς αντιδραστήρες για να εντοπίσουν νετρίνα καθώς αυτά αλλάζουν μορφή. Τις δύο τελευταίες δεκαετίες, πολλοί ακόμη επιστήμονες κόλλησαν το σαράκι με τα νετρίνα και μπήκαν κι αυτοί στο κυνήγι τους.

Κι αυτό διότι, για τους κυνηγούς νετρίνων, τα καλύτερα δεν έχουν έρθει ακόμα. Αυτά τα σκιώδη σωματίδια υπόσχονται να μας φανερώσουν κάποια από τα μεγαλύτερα μυστικά του σύμπαντος. Θα μπορούσαν να μας αφηγηθούν για το πού γεννήθηκαν οι αινιγματικές κοσμικές



ακτίνες που βομβαρδίζουν τον πλανήτη μας όλο το 24ωρο. Για τους αστρονόμους, που ώς τώρα έπρεπε να στηρίζονται σχεδόν αποκλειστικά στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, με τη μορφή του ορατού φωτός, των ραδιοκυμάτων και των ακτίνων Χ από μακρινά ουράνια σώματα, τα νετρίνα προσφέρουν μια νέα, συναρπαστική δυνατότητα για να παρατηρήσουν και τα πιο βίαια φυσικά φαινόμενα. Μάλιστα, ενδέχεται τα νετρίνα να παίζουν ούτως ή άλλως σημαντικό ρόλο στην πυροδότηση εντυπωσιακών αστρικών εκρήξεων. Ορισμένοι επιστήμονες διατύπωσαν την πρόταση ότι μια στείρα ποικιλία νετρίνων θα μπορούσε να ερμηνεύσει τη λεγόμενη σκοτεινή ύλη, από την οποία αποτελείται το ένα τέταρτο περίπου του σύμπαντος· η σκοτεινή ύλη δεν έχει ακόμα ανιχνευτεί, με εξαίρεση το ότι γίνεται αισθητή η βαρυτική της έλξη στους γαλαξίες. Τα αποτυπώματα που άφησαν τα αρχέγονα νετρίνα στη διάχυτη ακτινοβολία που απέμεινε από τη Μεγάλη Έκρηξη, η οποία μπορεί ακόμα να μετρηθεί με τηλεσκόπια μικροκυμάτων, υπάρχει πιθανότητα να μας αποκαλύψουν τις συνθήκες που επικρατούσαν λίγο μετά τη γέννηση του σύμπαντος.

Επιπλέον, στα νετρίνα ενδέχεται να χρωστάμε το απλό γεγονός ότι το σύμπαν έχει ύλη και δεν είναι κενό – μπορεί, επομένως, να τους χρωστάμε ακόμα και την ίδια μας την ύπαρξη! Αμέσως μετά τη Μεγάλη Έκρηξη υπήρχε άφθονη ενέργεια, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν ζεύγη σωματιδίων και αντισωματιδίων. Η κοσμική πυκνότητα τότε ήταν τόσο μεγάλη, ώστε τα σωματίδια κάθε ζεύγους θα έπρεπε πολύ σύντομα να συγκρουστούν αφανίζοντας το ένα το άλλο και αφήνοντας πίσω τους μόνο έναν ωκεανό ραδιενέργειας. Για να αποφευχθεί η ολική καταστροφή, πρέπει να υπήρξε μια ελάχιστη υπεροχή στην πυκνότητα

της ύλης ως προς την αντιύλη. Οι φυσικοί επιστήμονες πασχίζουν να καταλάβουν πώς είναι δυνατόν να προέκυψε μια τέτοια ασυμμετρία. Σύμφωνα με μια δημοφιλή ερμηνεία, στο πρώιμο σύμπαν τα υπερβαρέα ξαδελφάκια των νετρίνων διασπάστηκαν με τέτοιον τρόπο ώστε να δημιουργείται ένα επιπλέον σωματίδιο ύλης για κάθε δισεκατομμύριο ζεύγη ύλης-αντιύλης. Η μέτρηση των ιδιαίτερων ιδιοτήτων των σημερινών ελαφρών νετρίνων θα μπορούσε να μας αποκαλύψει πόσο εύλογο είναι ένα τέτοιο σενάριο για την ανατροπή της ισορροπίας, έστω και κατ' αυτό το ελάχιστο ποσοστό, υπέρ της ύλης. Όπως επισημαίνει ο Μπόρις Κέυζερ: «Και πάλι, αν δεν υπήρχαν τα νετρίνα, εμείς ίσως να μην ήμασταν εδώ».

Πολύ συναρπαστική –αν όχι ανατρεπτική– είναι η προοπτική που διαφαίνεται για μια νέα φυσική επιστήμη, πέρα από το λεγόμενο καθιερωμένο πρότυπο της σωματιδιακής φυσικής. Το καθιερωμένο πρότυπο διατυπώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και περιλαμβάνει 24 στοιχειώδη σωματίδια ύλης, μαζί με τα δίδυμά τους σωματίδια αντιύλης, τρεις τρόπους αλληλεπίδρασης μεταξύ τους, καθώς και τις συμμετρίες στις οποίες υπακούουν αυτές οι αλληλεπιδράσεις. Είναι η καλύτερη περιγραφή που διαθέτουμε για τον υποατομικό κόσμο και αναρίθμητα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί τις τρεις τελευταίες δεκαετίες επαληθεύουν τις προβλέψεις του προτύπου αυτού με εξαιρετική ακρίβεια. Ο περίφημος Μεγάλος Επιταχυντής Συγκρουόμενων Αδρονίων (Large Hadron Collider, LHC) στο CERN, το πιο ισχυρό και ακριβό όργανο συντριπτικών συγκρούσεων των ατόμων, που κόστισε το απίστευτο ποσό των 9 περίπου δισ. δολαρίων, κατασκευάστηκε κυρίως για να ανιχνευθεί το τελευταίο κομμάτι του παζλ που έλειπε από τη θεωρία. Ο Μεγάλος

Επιταχυντής επιβεβαίωσε την ύπαρξη του μποζονίου Higgs, ενός σωματιδίου για το οποίο είχε διατυπωθεί η υπόθεση ότι προσδίδει μάζα σε άλλα στοιχειώδη σωματίδια. Σύμφωνα με το καθιερωμένο πρότυπο όμως, τα νετρίνα δεν έχουν μάζα, απαντούν σε τρεις «γεύσεις» (δηλαδή τύπους) και δεν μπορούν να αλλάξουν μορφή. Συνεπώς, η ανακάλυψη ότι τα νετρίνα έχουν μια απειροελάχιστη –σίγουρα πάντως όχι μηδενική– μάζα, αλλά και την τάση να παίρνουν σαν χαμαιλέοντες πότε τη μία και πότε την άλλη από τις τρεις συγκεκριμένες μορφές, αποτέλεσε ρωγμή στο κομψό οικοδόμημα του προτύπου. Αν αποδειχτεί ότι υπάρχουν πάνω από τρεις «γεύσεις» νετρίνων, όπως υποδηλώνουν κάποια ευρήματα, μια τέτοια αποκάλυψη θα μπορούσε να κλονίσει τα ίδια τα θεμέλια της φυσικής επιστήμης. Όπως λέει η φυσικός Κέιτ Σόλμπεργκ του Πανεπιστημίου Ντιουκ: «Είμαστε στην αφετηρία της εξερεύνησης ενός νέου μοντέλου στη φυσική. Υπάρχουν πολλά μυστήρια εκεί έξω που μας γνέφουν προκλητικά». Όπως υπογραμμίζει, «τα νετρίνα μάς ανοίγουν έναν εντελώς νέο τομέα φαινομένων, με τη μέτρηση των οποίων μπορούμε να διερευνήσουμε τη φύση του σύμπαντος».

Ο πρωταγωνιστικός ρόλος των νετρίνων σε πολλές από τις ερευνητικές περιπέτειες που εξελίσσονται σήμερα στα πεδία της φυσικής, της κοσμολογίας και της αστρονομίας εξηγεί γιατί καταβάλλονται τόσο μεγάλες προσπάθειες να παγιδευτούν τούτα τα μικροσκοπικά σωματίδια. Τις δύο τελευταίες δεκαετίες, οι επιστήμονες κατασκεύασαν σε διάφορα σημεία της υδρογείου ολοένα και πιο εξελιγμένες πειραματικές διατάξεις ανίχνευσης νετρίνων. Οι κυνηγοί νετρίνων καταδιώκουν τα θηράματά τους από τα βάθη ενός μεταλλείου στο Οντάριο του Καναδά μέχρι τη σήραγγα ενός αυτοκινητόδρομου που διαπερνά ένα βουνό

της κεντρικής Ιταλίας και από έναν χώρο πυρηνικών αποβλήτων στο Νέο Μεξικό των ΗΠΑ μέχρι έναν κόλπο της Νότιας Σινικής Θάλασσας.

Η πιο εντυπωσιακή παγίδα που έχουν στήσει παραμένει το IceCube, το μεγαλύτερο τηλεσκόπιο νετρίνων στον κόσμο, η κατασκευή του οποίου κόστισε πάνω από 270 εκατ. δολάρια. Με την ολοκλήρωσή του έγινε πραγματικότητα ένα παλιό όνειρο του οραματιστή διευθυντή του, του Φράνσις Χάλζεν. Ο Χάλζεν, ο οποίος μεγάλωσε στο Βέλγιο, ήθελε να γίνει δάσκαλος, αλλά στο πανεπιστήμιο το ενδιαφέρον του στάφηκε στη φυσική και έκτοτε έμεινε αφοσιωμένος σ' αυτήν. Αφού εργάστηκε λίγα χρόνια στο CERN, έγινε καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Ουισκόνσιν-Μάντισον, όπου δίδαξε για 40 περίπου χρόνια. Ως θεωρητικός φυσικός ασχολήθηκε με θέματα κβαντομηχανικής, προτού στρέψει την προσοχή του στο κυνήγι των νετρίνων γύρω στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Ο Χάλζεν άκουσε για πρώτη φορά για τις προσπάθειες εντοπισμού νετρίνων στην Ανταρκτική από συναδέλφους του στο Πανεπιστήμιο του Κάνσας, όταν το είχε επισκεφτεί για μια διάλεξη. Του είχαν πει ότι ρώσοι επιστήμονες χρησιμοποιούσαν στον ερευνητικό σταθμό τους στην Ανταρκτική κεραίες ραδιοσημάτων προκειμένου να εντοπίσουν ηλεκτρικούς σπινθήρες από τη σύγκρουση κοσμικών νετρίνων με τον πάγο. Ο Χάλζεν θεώρησε πολύ ενδιαφέρον αυτό το πείραμα και θέλησε, μαζί με δύο συναδέλφους του, να υπολογίσει πόσο ισχυρά θα ήταν τα σήματα αυτά. Προς μεγάλη τους απογοήτευση, διαπίστωσαν ότι οι εκπομπές ραδιοσημάτων που προκαλούσαν οι περισσότερες αλληλεπιδράσεις νετρίνων θα ήταν πολύ ασθενείς για να καταγραφούν. Συμπέραναν λοιπόν ότι το ρωσικό πείραμα ήταν καταδικασμένο να αποτύχει. Από την άλλη, συνει-

δητοποιήσαν ότι θα ήταν πολύ πιο λογικό να αναζητήσουν μπλε λάμψεις στον πάγο, που επίσης θα υποδείκνυαν την άφιξη νετρίνων. Ο Χάλζεν ήταν πεπεισμένος ότι η βύθιση μιας διάταξης φωτοαισθητήρων βαθιά μέσα στους πάγους της Ανταρκτικής αποτελούσε έναν πολύ καλό τρόπο σύλληψης νετρίνων από το εξώτερο διάστημα.

Ενθουσιασμένος με την προοπτική της δημιουργίας ενός καινοτόμου τηλεσκοπίου νετρίνων στην Ανταρκτική, ο Χάλζεν έστειλε ηλεκτρονικά μηνύματα σε πολλούς άλλους φυσικούς ρωτώντας τη γνώμη τους για την ιδέα του. Ανάμεσά τους ήταν και ο Τζων Λερντ του Πανεπιστημίου της Χαβάης. Ο Λερντ καταγόταν από παλιά οικογένεια της Νέας Αγγλίας και ένας από τους προγόνους του ήταν στρατηγός κατά την Αμερικανική Επανάσταση. Είχε μεγαλώσει στο Στάτεν Άιλαντ και τα καλοκαίρια παραθέριζε στους παππούδες του, στα βόρεια της Πολιτείας της Νέας Υόρκης. Και στα δύο μέρη τού άρεσε να παριστάνει τον ξένο: «Στην εξοχή ήμουν το παιδί της πόλης και στην πόλη ήμουν το παιδί απ' το χωριό», λέει. Στο γυμνάσιο εργαζόταν στην εφημερίδα του σχολείου και ήταν υπεύθυνος για τον μετεωρολογικό σταθμό πάνω στη στέγη του σχολείου. Θυμάται ακόμη πως είχε αναλάβει εθελοντικά να περιφέρει το έκθεμα κάποιου επιστημονικού πειράματος σε όλο το σχολείο «γιατί ήταν μια φοβερή δικαιολογία για να την κοπανήσω απ' το μάθημα». Αργότερα, στο Τεχνικό Λύκειο του Μπρούκλιν, παρακολούθησε πολλά τεχνικά μαθήματα, που του φάνηκαν πολύ χρήσιμα χρόνια αργότερα, όταν δούλεψε ως πειραματικός φυσικός. Όταν ήταν μεταπτυχιακός φοιτητής στο Πανεπιστήμιο της Ουάσινγκτον, ο Λερντ διερεύνησε τι προοπτικές είχε η υποθαλάσσια μέτρηση σωματιδίων κοσμικής ακτινοβολίας. Κατασκεύασε λοιπόν μια φορτηγίδα, την αγκυροβόλησε

στο μέσο της λίμνης Τσέλαν και βύθισε ανιχνευτές σωματιδίων στα βαθιά, καθαρά νερά της. Μετά την ολοκλήρωση της διδακτορικής του διατριβής εργάστηκε σε έναν ερευνητικό σταθμό στη λίμνη Έκο, στα Βραχώδη Όρη του Κολοράντο, όπου ζούσε σ' ένα ξύλινο σπιτάκι μαζί με τη γυναίκα και τα δυο μικρά παιδιά του. Τότε ήταν που ο Λερντ ενδιαφέρθηκε σοβαρά για τα νετρίνα. Αργότερα μετακόμισε στη Χαβάη, με την ελπίδα να αναπτύξει μια γιγάντια διάταξη υποθαλάσσιων ανιχνευτών νετρίνων στα βαθιά νερά του Ειρηνικού Ωκεανού γύρω από τα ηφαιστειογενή νησιά. Με δεδομένα τα ενδιαφέροντα και την πείρα του, δεν ήταν περίεργο που ο Χάλζεν επικοινωνήσε με τον Λερντ ζητώντας τη γνώμη του σχετικά με τη βύθιση ανιχνευτών νετρίνων στην Ανταρκτική.

Οι δύο φυσικοί συζήτησαν για όλα όσα έκαναν ελκυστικό το σχέδιο του Χάλζεν. «Ο Λερντ αναγνώρισε αμέσως τι πλεονεκτήματα θα είχε ένα τηλεσκόπιο νετρίνων στην Ανταρκτική», υποστηρίζει ο Χάλζεν. Πρώτα απ' όλα, ο πολικός πάγος είναι καθαρός, σκοτεινός, σταθερός και αποστειρωμένος, απαλλαγμένος από κάθε φως υποβάθρου προερχόμενο από φωταυγείς οργανισμούς ή εκπομπές από τη ραδιενεργό διάσπαση του θαλασσινού αλατιού, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ανίχνευση των νετρινικών σημάτων. Εξίσου σημαντικό ήταν το γεγονός ότι το αμερικανικό Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών (National Science Foundation, NSF) είχε ήδη μια ερευνητική βάση σε λειτουργία στον Νότιο Πόλο, επομένως μπορούσε να προσφέρει σημαντική υλικοτεχνική υποστήριξη. Ενθαρρυσμένος από τον ενθουσιασμό του Λερντ και τις προτάσεις του για το σχέδιο του ανιχνευτή, ο Χάλζεν παρουσίασε την πρότασή τους σε ένα συνέδριο στην Πολωνία και τη συνόψισε σ' ένα άρθρο του το 1987, όμως δεν την προχώ-

ρησε – ίσως γιατί, ως θεωρητικός, δεν είχε εμπειρία στην κατασκευή μεγάλων πειραματικών διατάξεων και δίσταζε να αναλάβει ένα τόσο φιλόδοξο έργο μόνος του.

Ο Χάλζεν θυμάται το οργισμένο τηλεφώνημα που είχε από έναν αξιωματούχο του NSF περίπου έναν χρόνο μετά. Ο αξιωματούχος διαμαρτυρήθηκε ότι δύο νεαροί φυσικοί από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Μπέρκλεϋ είχαν προσπαθήσει να μεταφέρουν κρυφά στην Ανταρκτική ένα καλώδιο με φωτολυχνίες, με σκοπό να το τοποθετήσουν μέσα στο άνοιγμα μιας γεώτρησης, χωρίς να έχουν την κατάλληλη εξουσιοδότηση. Ρώτησε τον Χάλζεν αν αυτός τους είχε βάλει στο μυαλό μια τέτοια «παλαβή ιδέα». Ο Χάλζεν διαβεβαίωσε τον αξιωματούχο ότι δεν είχε ακούσει ποτέ στη ζωή του για τους δύο φυσικούς του Μπέρκλεϋ, οι οποίοι μάλλον εμπνεύστηκαν την ιδέα τους όταν συμμετείχαν σε κάποιο συνέδριο όπου οι Χάλζεν και Λερντ ανέλυσαν την πρότασή τους.

Αργότερα ο Χάλζεν συνεργάστηκε με την ομάδα του Μπέρκλεϋ ώστε να γίνει μια σοβαρή επεξεργασία της όλης ιδέας. Πρώτα έλεγξαν κατά πόσο θα ήταν τεχνικά εφικτή, βυθίζοντας ένα καλώδιο μήκους 200 μέτρων με τρεις φωτολυχνίες σε μια γεώτρηση που είχαν ανοίξει παγετωνολόγοι στη Γροιλανδία. Κατόπιν, το 1992, στο θέρος του Νότιου Ημισφαιρίου, άρχισαν να εργάζονται στο πιλοτικό πρόγραμμα AMANDA (Antarctic Muon and Neutrino Detector Array, Ανταρκτική Διάταξη Εντοπισμού Μιονίων και Νετρίνων), που είχε τη χρηματοδότηση και υποστήριξη του NSF. Υιοθέτησαν μια τεχνολογία που είχαν αναπτύξει παγετωνολόγοι για να κάνουν γεωτρήσεις στον πάγο: ένα τρυπάνι που εκτόξευε καυτό νερό, κάτι σαν κεφαλή από ντουςιέρα υψηλής πίεσης, άνοιγε δρόμο προς τα κάτω λιώνοντας τον πάγο. Καθώς έπαιρνε μέρες