

1

Γιατί ο γείτονάς σου στον κάτω όροφο θα ζήσει περισσότερο από εσένα;

Κοίταξε το ρολόι σου: τικ, τακ, τικ, τακ, προχωρά πάντα με τον ίδιο ρυθμό, αδιάφορα, απaráλλαχτα, με στρατιωτικό βηματισμό. Τικ, τακ, τικ, τακ. Όλα τα ρολόγια προχωρούν το ίδιο, ασχέτως με το τι κάνουμε εμείς, πού βρισκόμαστε ή με τι ταχύτητα ταξιδεύουμε. Οι αισθήσεις μας μάς λένε ότι ζούμε στο Σύμπαν που το περιγράφει η φυσική του Νεύτωνα, όπου οι συντεταγμένες του χώρου είναι ανεξάρτητες από τη διάσταση του χρόνου. Ο χρόνος προχωράει στα τυφλά, σαν να μην τον νοιάζει τίποτα, ξένος με τα πάντα. Τικ, τακ, τικ, τακ...

Όμως αυτό μας το λένε οι αισθήσεις μας, τις οποίες δεν μπορούμε να εμπιστευόμαστε απόλυτα. Όντως, στην πραγματικότητα που μελετούν οι επιστήμονες, ο χρόνος δεν είναι κάτι άκαμπτο αλλά κάτι που αλλάζει και διαμορφώνεται. Αυτό το ανακάλυψε ο ιδιοφυής φυσικός Άλμπερτ Αϊνστάιν (ο πιο σημαντικός άνθρωπος του 20ού αιώνα σύμφωνα με το περιοδικό *Time*, του οποίου η φιγούρα με τα ανάστατα μαλλιά και τη γλώσσα έξω αποτελεί σύμβολο της επιστήμης στη λαϊκή φαντασία) με την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Τη διατύπωσε το 1905, το λεγόμενο «θαυματουργό έτος» του Αϊνστάιν λόγω των πολυάριθμων επαναστατικών συνεισφορών που έκανε στην επιστημονική γνώση.

Ο Αϊνστάιν κατάφερε να δει ότι η ροή του χρόνου είναι διαφορετική για δύο άτομα τα οποία ταξιδεύουν με διαφορετική ταχύτητα. Για παράδειγμα, αν εγώ είμαι ακίνητος κι εσύ απομακρύνεσαι με το ποδήλατό σου (το ποδήλατο του άρεσε πολύ του Αϊνστάιν), ο ρυθμός του χρόνου

για εσένα θα είναι πιο αργός. Ο χρόνος κυλάει πιο αργά για κάποιον που κινείται με ποδήλατο· αυτό το ονομάζουμε «διαστολή του χρόνου». Γιατί δεν το αντιλαμβανόμαστε; Επειδή αυτό είναι ένα από τα λεγόμενα «σχετικιστικά φαινόμενα», δηλαδή αυτά που συμβαίνουν κοντά στην ταχύτητα του φωτός.

Η ταχύτητα του φωτός στο κενό (300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο) είναι ίδια για όλα τα άτομα, όπως κι αν κινούνται (είναι απόλυτη), και επίσης είναι ένα όριο του Σύμπαντος που δεν μπορεί να ξεπεραστεί. Είναι ο θεμέλιος λίθος πάνω στον οποίο στηρίζονται όλες οι εργασίες του Αϊνστάιν. Σε συνηθισμένες ταχύτητες (λόγου χάρη, όταν κινούμαστε με ποδήλατο), η διαφορά ανάμεσα στο δικό μου ρολόι και το δικό σου είναι ανεπαίσθητη (υπαρκτή όμως).

Ωστόσο, τι θα συνέβαινε άραγε αν ένας από τους δυο μας ταξίδευε με την ταχύτητα ενός φανταστικού διαστημόπλοιου που κινείται με σχετικιστικές ταχύτητες; Θα συνέβαινε αυτό που περιγράφεται στο λεγόμενο Παράδοξο των Διδύμων, μια περίεργη ιστορία που οι φυσικοί τη χρησιμοποιούν για να εξηγήσουν αυτό το φαινόμενο. Φαντάσου δύο δίδυμους στον πλανήτη Γη. Ο ένας είναι αστροναύτης και φεύγει για ταξίδι στο Σύμπαν με ένα πανίσχυρο διαστημόπλοιο που τρέχει με τις σχετικιστικές ταχύτητες, δηλαδή κοντά στην ταχύτητα του φωτός. Ο άλλος δίδυμος, λιγότερο περιπετειώδης, μένει σπίτι και περιμένει τον αδελφό του. Ας υποθέσουμε ότι ο ταξιδιώτης δίδυμος πηγαίνει ως το πιο κοντινό στη Γη αστέρι, το Άλφα του Κενταύρου (σε μια απόσταση περίπου τεσσάρων ετών φωτός), ταξιδεύοντας με το 80% της ταχύτητας του φωτός.

Στην επιστροφή του, διαπιστώνουν και οι δύο, έκπληκτοι, ότι αν στην αρχή του ταξιδιού είχαν την ίδια ηλικία (αφού είναι δίδυμοι), τώρα αυτός που έμεινε στη Γη είναι τέσσερα χρόνια μεγαλύτερος. Στη Γη έχουν περάσει δέκα χρόνια, ενώ στο διαστημόπλοιο μόνο έξι (ένα άλλο παράξενο αποτέλεσμα της σχετικότητας είναι ότι και η απόσταση συστέλλεται, οπότε και για τον αστροναύτη η διαδρομή θα ήταν μικρότερη). Ο χρόνος έχει περάσει με διαφορετικό ρυθμό για τους δύο, και στη διάρκεια του ταξιδιού του ο αστροναύτης γιόρτασε τέσσερα γενέθλια

λιγότερα. Πράγματι, αν το ταξίδι του αστροναύτη ήταν αρκετά μακρύ και η ταχύτητά του κατάλληλη, στην επιστροφή του η Γη μπορεί να είχε ήδη καταβροχθιστεί από τον Ήλιο, που θα είχε μετατραπεί σε Ερυθρό Γίγαντα (κάτι που θα συμβεί σε περίπου 5 δισεκατομμύρια χρόνια). Συνεπώς, ενώ η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή, οι συντεταγμένες του χώρου και του χρόνου μεταβάλλονται ώστε να υπακούουν στους νόμους της φυσικής.

Πώς μπορούμε να ξέρουμε ότι όλα αυτά είναι αλήθεια; Παρότι ακόμα δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν διαστρικά ταξίδια σε τέτοιες τεράστιες ταχύτητες, το 1971 οι επιστήμονες Χαφέλε και Κήτινγκ έκαναν ένα πείραμα για να το αποδείξουν χρησιμοποιώντας ατομικά ρολόγια Καισίου (μεγάλης ακρίβειας) και αεροπλάνα συνηθισμένων αερογραμμών· πέταξαν πρώτα προς τα ανατολικά κι έπειτα προς τα δυτικά, ενώ ένα άλλο ρολόι αναφοράς είχε μείνει στο Ναυτικό Παρατηρητήριο των ΗΠΑ, στην πόλη της Ουάσινγκτον. Βρήκαν ότι, πράγματι, τα ρολόγια είχαν κινηθεί διαφορετικά, όπως προβλέπει η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Παρότι η διαφορά ήταν πολύ μικρή, αυτά τα ατομικά ρολόγια μπορούν να μετρήσουν χρονικά διαστήματα πάρα πολύ μικρά και κατάφεραν να την καταγράψουν.



ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΞΙΟΠΕΡΙΕΡΓΟ: Ένας άλλος τρόπος να παρατηρήσουμε το φαινόμενο είναι χρησιμοποιώντας μιονία, όπως έκαναν οι Φρις και Σμιθ το 1963. Τα μιονία είναι σωματίδια (είτε αρνητικά είτε θετικά φορτισμένα) 207 φορές βαρύτερα από τα ηλεκτρόνια (αρνητικά φορτισμένα) και παράγονται στην ανώτερη ατμόσφαιρα μετά τη δράση της κοσμικής ακτινοβολίας. Ο χρόνος ημιζωής ενός μιονίου, όσο χρειάζεται για να μετασχηματιστεί σε άλλα σωματίδια με φυσικό τρόπο, είναι 22 μικροδευτερόλεπτα. Οι Φρις και Σμιθ απέδειξαν ότι στην επιφάνεια της Γης ανιχνεύονταν περισσότερα από τα αναμενόμενα μιονία: ενώ θα έπρεπε να φτάνουν 27 σωματίδια την ώρα (θα έπρεπε ήδη να έχουν αποσυντεθεί), έφταναν 412. Η εξήγηση του ανίγματος ήταν ότι, καθώς τα μιονία τα-

ξιδεύουν με ταχύτητες κοντά σ' αυτή του φωτός, ο χρόνος γι' αυτά κυλάει πιο αργά, εάν τον παρατηρείς από την επιφάνεια της Γης. Ακριβώς όπως με τον δίδυμο αστροναύτη, τα ταξιδιάρικα μόνια αργούν περισσότερο να γεράσουν και να αποσυντεθούν. Κι έτσι φτάνουν σε μεγαλύτερες ποσότητες στο έδαφος.

Αλλά η ιστορία δεν τελειώνει εδώ. Ο Αϊνστάιν συνέχισε να δουλεύει ώσπου ανέπτυξε μια ακόμα πιο εξελιγμένη θεωρία, που την ονόμασε Γενική Θεωρία της Σχετικότητας και την παρουσίασε το 1915. Η θεωρία αυτή εξηγεί το Σύμπαν σε μεγάλη κλίμακα συνδέοντας τις βαρυτικές δυνάμεις με τη γεωμετρία του χωρόχρονου. Η θεωρία αυτή μας μιλάει για τη Μεγάλη Έκρηξη (Big Bang), για το μέλλον του Σύμπαντος, για τις μαύρες τρύπες. Μία από τις συνέπειές της είναι ότι τα ρολόγια πηγαίνουν πιο αργά, όχι μόνο όταν ταξιδεύουν με μεγάλη ταχύτητα, αλλά επίσης όταν βρίσκονται σε ισχυρότερο βαρυτικό πεδίο. Για παράδειγμα, θα πηγαίνουν πιο αργά σε ένα υπόγειο απ' ό,τι σε μια σοφίτα, αφού το βαρυτικό πεδίο της Γης μικραίνει όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της. Γι' αυτό, αν μένεις στο ισόγειο είσαι τυχερός...

Για άλλη μία φορά, η διακύμανση του βαρυτικού πεδίου είναι τόσο μικρή που δεν αντιλαμβανόμαστε αποτελέσματα στην καθημερινή μας ζωή. Ωστόσο, τα αντιλαμβάνονται οι αστροναύτες της ταινίας *Interstellar*. Σε μια σκηνή της, μια ομάδα αστροναυτών εγκαταλείπουν το κυρίως σκάφος για να κατέβουν στον πλανήτη που ονομάζεται πλανήτη του Μίλλερ, και βρίσκεται μέσα στο ισχυρό βαρυτικό πεδίο της υπερμαζικής μαύρης τρύπας Γαργαντούας· στο μεταξύ, ένας μένει φρουρός. Για όσους κατέβηκαν έχει περάσει μόνο μια στιγμή (εντάξει, στο διάστημα αυτό συμβαίνουν διάφορες περιπέτειες, ας μην κάνουμε spoilers), αλλά στην επιστροφή τους διαπιστώνουν ότι ο σύντροφός τους που έμεινε επάνω είναι πια γέρος. Για κάθε μία ώρα του πλανήτη του Μίλλερ, έχουν περάσει επτά ώρες στο διαστημόπλοιο.

Το ίδιο αποτέλεσμα έχει αποδειχθεί και στη Γη τοποθετώντας ατομικά ρολόγια ακριβείας σε διαφορετικά υψόμετρα, και τα οποία, όπως προβλέπει η θεωρία, έχουν καταγράψει διαφορές νανοδευτερολέπτων στις μετρήσεις τους (πράγματι, για τη σωστή τους λειτουργία, οι δορυφόροι του συστήματος εντοπισμού GPS πρέπει να λαμβάνουν υπόψη διαρκώς αυτό το φαινόμενο). Οπότε την επόμενη φορά που θα επισκεφθείς ένα διαμέρισμα στο οποίο θα ζήσεις, θυμήσου τον παππού Αϊνστάιν και λάβε υπόψη σου το φαινόμενο αυτό. Γι' αυτό ο χρόνος είναι χρυσός, αλλά σε υγρή μορφή. Τικ, τακ, τικ, τακ...

2

Σε τι θερμοκρασία βράζει το νερό στην κορυφή του Έβερεστ;

Όλοι έχουμε μάθει από μνήμης ότι το νερό βράζει στους 100 βαθμούς Κελσίου (°C). Στη θερμοκρασία αυτή ζεσταίνουμε το νερό για να μαγειρέψουμε μακαρόνια ή να φτιάξουμε μια σούπα από φακελάκι σκόνη. Αλλά η απάντηση αυτή δεν είναι εντελώς σωστή, ή δεν είναι πλήρης. Όπως συμβαίνει πολλές φορές στην επιστήμη, όλα σχεδόν είναι σχετικά, και γι' αυτό το σημείο βρασμού του νερού (η θερμοκρασία στην οποία βράζει) εξαρτάται από ορισμένους άλλους παράγοντες.

Το πρώτο που πρέπει να αναρωτηθούμε είναι: Γιατί βράζει ένα υγρό; Ένα υγρό, όπως το νερό, αποτελείται από μόρια ενωμένα με χαλαρό τρόπο, λιγότερο ισχυρό απ' ό,τι σε ένα στερεό (όπως στην προκειμένη περίπτωση στον πάγο, που είναι νερό στερεό). Ονομάζουμε «θερμοκρασία» τη δόνηση των μορίων από τα οποία αποτελούνται τα πράγματα: όσο πιο ζεστό είναι κάτι τόσο μεγαλύτερη είναι η δόνηση των μορίων του (όταν τα μόρια δεν πάλλονται, έχουμε την πιο ψυχρή θερμοκρασία που υπάρχει, το απόλυτο μηδέν, στους -273 βαθμούς Κελσίου [ή αλλιώς 0 βαθμούς της κλίμακας Κέλβιν, K]), μολονότι σύμφωνα με την αρχή της θερμοδυναμικής και της κβαντικής φυσικής είναι αδύνατο να επιτευχθεί). Οπότε, όταν κάτι βράζει, όταν από υγρό γίνεται αέριο, αυτό συμβαίνει επειδή τα μόριά του πάλλονται τόσο πολύ ώστε

εντέλει απελευθερώνονται από τους εσωτερικούς δεσμούς του υγρού και χάνονται στον αέρα, σε μορφή αερίου. Το νερό, με τα μόρια του H_2O ενωμένα, γίνεται ατμός, όπου κάθε μόριο πετάει ελεύθερα καταλαμβάνοντας τον μεγαλύτερο δυνατό χώρο. Αλλά αυτό το φαινόμενο φυλάει μυστικά και έχει κάποιο κόλπο. Πρώτο: Όταν λέμε ότι το νερό βράζει στους $100^\circ C$, εννοούμε το καθαρό νερό, το αποσταγμένο, μέσα στο οποίο δεν υπάρχει καμία άλλη διαλυμένη ουσία. Κανονικά, το νερό που πίνουμε περιέχει αρκετές διαλυμένες ουσίες, όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε αν διαβάσουμε την ετικέτα σε οποιοδήποτε μπουκάλι εμφιαλωμένου νερού, απ' αυτές που αναλύει το διάσημο εργαστήριο του Γενικού Χημείου του Κράτους: ασβέστιο, μαγνήσιο, νάτριο, σίδηρος, διττανθρακικά, θειώδη...

Για παράδειγμα, το κοινό αλάτι που χρησιμοποιούμε στην κουζίνα ($NaCl$), σε αρκετή ποσότητα, ανεβάζει το σημείο βρασμού του νερού· δηλαδή αργεί περισσότερο να βράσει, απαιτεί μεγαλύτερη θερμότητα, φτάνει πάνω από τους $100^\circ C$. Χρειάζονται περίπου 58 γραμμάρια αλάτι για να ανέβει το σημείο βρασμού ενός λίτρου νερού κατά έναν βαθμό Κελσίου. Επίσης μειώνεται το σημείο πήξης· δηλαδή παγώνει κάτω από τους $0^\circ C$. Καθώς διεισδύουν μέσα τα ιόντα του αλατιού, δυσκολεύουν τα μόρια του νερού να σχηματίσουν κρυστάλλους πάγου. Γι' αυτό ρίχνουν αλάτι στους δρόμους τις μέρες που έχει πολύ κρύο, ώστε να μην σχηματιστεί πάγος και προκληθούν τροχαία ατυχήματα.

Επίσης, όταν λέμε ότι το νερό βράζει στους $100^\circ C$, συνήθως εννοούμε το νερό που υφίσταται πίεση μίας ατμόσφαιρας, η οποία συνήθως μετριέται στο επίπεδο της θάλασσας. Θυμήσου ότι ζούμε διαρκώς κάτω από πίεση, και δεν εννοώ την πίεση των ομάδων του WhatsApp. Όλοι είμαστε κάτω από την πίεση που μας ασκεί το βάρος του αέρα της ατμόσφαιρας από πάνω μας. Ωστόσο, όσο μικρότερη είναι η πίεση τόσο χαμηλότερο είναι το σημείο βρασμού των υγρών· με άλλα λόγια, βράζουν πιο εύκολα. Γιατί; Επειδή τα υγρά αποτελούνται από μόρια, και σε μικρότερη ατμοσφαιρική πίεση τα μόρια δραπετεύουν πιο εύκολα. Η ατμόσφαιρα δεν «φυλακίζει» τα μόρια μέσα στο υγρό.



ΚΟΛΠΟ ΓΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: (1 ατμόσφαιρα = 760 mmHg = 1.013 mbar = 101.300 Pa)

Το πασκάλ (Pa), που ονομάστηκε έτσι προς τιμήν του Μπλαιζ Πασκάλ (Γάλλος μαθηματικός και φυσικός του 17ου αιώνα), είναι η μονάδα μέτρησης της πίεσης στο Διεθνές Σύστημα. Τα 760 χιλιοστόμετρα υδραργύρου (mmHg) έχουν την εξήγησή τους, και είναι κρίμα που δεν μπορείς να επαναλάβεις το πείραμα στην τάξη, γιατί πολύ δύσκολα βρίσκεις υδράργυρο (είναι πολύ τοξικός). Το 1643 ο Ιταλός Εβαντζελίστα Τορριτσέλλι, επίσης φυσικός και μαθηματικός, πήρε έναν σωλήνα 1 m μήκος και 1 cm² διατομή (κλειστό στα δύο άκρα του και γεμάτο υδράργυρο) και τον έβαλε μέσα σ' ένα δοχείο γεμάτο με το ίδιο υλικό. Αμέσως η στήλη κατέβηκε κάμποσα εκατοστά εξαιτίας της ατμοσφαιρικής πίεσης, φτάνοντας σε ύψος 76 cm. Είχε ανακαλύψει το βαρόμετρο. Μπορείς να επαναλάβεις το πείραμα με νερό. Δεν θα φτάσει στο ίδιο ύψος, και μπορεί να γίνετε μουσκίδι όλοι, αλλά τουλάχιστον οι μαθητές σου θα δουν το αποτέλεσμα. *Και δεν θα ξεχάσουν ποτέ αυτό το μάθημα.*

Πώς μπορούμε να μειώσουμε την πίεση ώστε το νερό να βράζει σε μικρότερη θερμοκρασία (εφαρμόζοντας σ' αυτό λιγότερη ενέργεια); Αρκεί να ανεβούμε σ' ένα βουνό. Εφόσον η ατμοσφαιρική πίεση παράγεται από τον αέρα που βρίσκεται από πάνω μας, όσο πιο ψηλά ανεβαίνουμε τόσο λιγότερο αέρα έχουμε από πάνω, λιγότερα ατμοσφαιρικά στρώματα και συνεπώς μικρότερη πίεση. Πράγματι, υπολογίζεται ότι η πίεση πέφτει κατά 1 mmHg (1 ατμόσφαιρα αντιστοιχεί σε 760 χιλιοστόμετρα υδραργύρου) για κάθε δέκα μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Γι' αυτό και το νερό βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία στην κορυφή του Έβερεστ απ' ό,τι στις παραλίες της Σκιάθου.

Μπορούμε να την υπολογίσουμε. Στην κορυφή του Έβερεστ, σε υψόμετρο 8.848, το νερό βράζει στους 86°C. Στα 11.000 μέτρα περίπου

στους 71°C . Και στα 19.000 μέτρα (στο μισό ύψος απ' αυτό που πήδηξε ο Φέλιξ Μπάουμγκαρτνερ), όπου βρίσκεται η λεγόμενη Γραμμή Άρμ-στρονγκ; Εκεί η πίεση είναι το ένα δέκατο έκτο της πίεσης στο επίπεδο της θάλασσας, και το νερό βράζει στη θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος, στους 36°C .



ΗΡΘΕΣ ΔΙΧΩΣ ΜΑΝΔΥΑ: Στις 14 Οκτωβρίου 2012, σε έναν άθλο που ανα-μεταδόθηκε απευθείας σε όλο τον κόσμο από το YouTube, ο Φέλιξ Μπάουμγκαρτνερ (Αυστρία, 20 Απριλίου 1969) μας εντυπωσίασε όταν έγινε ο πρώτος άνθρωπος που έσπασε το φράγμα του ήχου (343 m/s) χωρίς μηχανική υποστήριξη και σε ελεύθερη πτώση. Έπειτα από αρκετές αποτυχημένες απόπειρες, κι ενώ μάλιστα είχε εγκαταλείψει το σχέδιο που στηριζόταν από τη Red Bull, τα κατάφερε πέφτοντας από τα 39.608 μέτρα ύψος από μια κάψουλα την οποία συγκρατούσε ένα στρατοσφαιρικό αερόστατο γεμάτο με αέριο ήλιο και με τοιχώματα μόλις $0,02\text{ mm}$ πάχος. Στα πρώτα 40 δευτερόλεπτα έφτασε τα 373 m/s (1.343 km/h) και προσγειώθηκε επιτυχώς, ζωντανός, παρότι μάλιστα έχασε τις αισθήσεις του για λίγα (και αγωνιώδη) δευτερόλεπτα. Μέχρι σήμερα το ρεκόρ στην ελεύθερη πτώση από μεγάλα ύψη το έχει ο Άλαν Γιούστας, αντιπρόεδρος της Google, που πήδηξε από τα... **41.150 μέτρα!**

Τι θα είχε συμβεί τότε στον Φέλιξ εάν η στολή αστροναύτη που φορούσε, υπό πίεση, πάθαινε βλάβη σ' εκείνο το ύψος; Θα είχε πάρει φωτιά; Όχι. Θα γινόταν έκρηξη; Όχι (παρότι το έχουμε δει άπειρες φορές σε ταινίες). Απλώς τα υγρά του σώματος όπως το σάλιο, τα δάκρυα ή οι βλεννογόνοι του λαιμού θα έβραζαν μόνο με την επαφή τους με το ίδιο το σώμα του και θα είχε στεγνώσει, και δεν θα είχε καεί, γιατί στους 36°C είναι η θερμοκρασία στην οποία είμαστε συνηθισμένοι. Βεβαίως, θα είχε πεθάνει ήδη από έλλειψη οξυγόνου.



ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΖΙΟΠΕΡΙΕΡΓΟ: Και το αίμα; Θα έβραζε κι αυτό; Όχι, γιατί η αρτηριακή πίεση είναι μεταξύ 70 και 120 mmHg (αυτό μετράει ο γιατρός όταν σου παίρνει την πίεση) πάνω από την εξωτερική. Στο επίπεδο της θάλασσας, αν προσθέσουμε σ' αυτή τα 760 mmHg, είναι ανάμεσα σε 830 και 880 mmHg. Στο κενό του διαστήματος, όπου η πίεση είναι σχεδόν μηδενική, η συνολική πίεση κυμαίνεται μόνο ανάμεσα σε 70 και 120 mmHg. Και σ' αυτή την πίεση, το αίμα (άλλο υγρό με σημείο βρασμού διαφορετικό από του νερού) δεν βράζει μέχρι τους 47°C. Και αν, για οποιονδήποτε λόγο, φτάναμε σ' αυτή τη θερμοκρασία, ελάχιστη πλέον σημασία θα είχε τι θα συνέβαινε στο αίμα μας, γιατί ήδη θα είχαμε ψηθεί.

Και μιας και βρισκόμαστε στο διάστημα... Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος κινούμαστε σε μια περιοχή ανάμεσα στο «τριπλό σημείο» και το «κρίσιμο σημείο». Στο τριπλό σημείο (σε 0,01°C και 6,1173 mbar) συνυπάρχουν ταυτοχρόνως οι τρεις καταστάσεις, στερεό, υγρό και αέριο. Στο «κρίσιμο σημείο» (374°C και 218 ατμόσφαιρες) παύει να υπάρχει υγρή κατάσταση. Επειδή η εξάχνωση (απευθείας πέρασμα από το στερεό στο αέριο) συμβαίνει σε πιέσεις χαμηλότερες από το τριπλό σημείο, στο διάστημα, το νερό περνάει κατευθείαν από τη στερεά στην αέρια κατάσταση. Φαντάσου ένα παγάκι να γίνεται αμέσως ατμός χωρίς να περάσει καθόλου από την υγρή φάση. Γι' αυτό δεν υπάρχουν σταγονίτσες νερού να αιωρούνται στο διάστημα.

**Πόσταρα στα κοινωνικά δίκτυα την εξής ερώτηση:
«Σε τι θερμοκρασία βράζει το νερό στην κορυφή
του Έβερεστ;»**

Και η δική σας σοφία μίλησε:

Twitter:

@pedagonval: Ο @JesusCalleja σίγουρα το ξέρει!

@redex: Στην κατσαρόλα ή στον φούρνο μικροκυμάτων;

Facebook:

Carmen Peñalver Leon: Σε καμία. Όταν φτάνεις στην κορυφή δεν έχεις πια νερό, γιατί έχεις τόσο κουραστεί που το έχεις πει όλο.

Jose Luis Duran: Στο Έβερεστ το νερό δεν βράζει, απλώς γιατί κανένας δεν θέλει να ανέβει για να βράσει νερό στην κορυφή του ψηλότερου βουνού του πλανήτη.

Πόσα μεγαπίξελ έχει το ανθρώπινο μάτι;

*Hit me with your flashbulb eyes
Hit me with your flashbulb eyes
You know I've got nothing to hide
You know I got nothing
No, I got nothing*

ARCADE FIRE,
Flashbulb Eyes

Ακούμε αρκετά συχνά να μιλούν για την ανάλυση: τηλεόραση υψηλής ανάλυσης, DVD, Blue-Ray, κάμερες κινητών τηλεφώνων τόσων μεγαπίξελ... Όμως τι ανάλυση έχει το ανθρώπινο μάτι; Αλλά μάλλον θα έπρεπε πρώτα να απαντήσουμε σε δύο προηγούμενα ερωτήματα: Τι είναι η ανάλυση και πώς λειτουργεί το μάτι;

Ο όρος «ανάλυση», στο πεδίο της Οπτικής, αναφέρεται στην ικανότητα ενός οργάνου να διακρίνει δύο αντικείμενα σε μια εικόνα. Για παράδειγμα, ας φανταστούμε δύο αστέρια στον ουρανό που φαίνονται κολλημένα το ένα με το άλλο (δεν είναι ανάγκη να είναι πολύ κοντά στον φυσικό χώρο, το «ένα πίσω από το άλλο», απλώς μπορεί να συμπίπτουν στη δική μας οπτική γραμμή από τη Γη). Αν τα δούμε με ένα τηλεσκόπιο χαμηλής ανάλυσης, μπορεί, αντί για δύο αστέρια, να φαίνονται και τα δύο μαζί σαν ένα ή να σχηματίζουν μια μικρή κηλίδα. Αντιθέτως, αν το τηλεσκόπιο έχει μεγαλύτερη ανάλυση, προσφέρει μια εικόνα στην οποία τα δύο αστέρια διακρίνονται καθαρά, ξεχωριστά το ένα από το άλλο.

Το ίδιο συμβαίνει και με άλλα όργανα, όπως οι φωτογραφικές κάμερες. Όσο μεγαλύτερη ανάλυση διαθέτουν τόσο καλύτερα ξεχωρίζουν τα αντικείμενα που φαίνονται, αναλύονται καλύτερα και συνεπώς πα-

ράγονται εικόνες πιο καθαρές. Μια κάμερα με πολύ χαμηλή ανάλυση μπορεί να βγάλει φωτογραφίες που, αν τις μεγεθύνουμε, φαίνονται θολές ή γεμάτες πίξελ. Όταν έχουμε μια φωτογραφία σε υψηλή ανάλυση, μπορούμε να τη μεγεθύνουμε πολύ χωρίς να φαίνονται τα πίξελ. Επειδή οι ψηφιακές εικόνες αποτελούνται από έγχρωμα πίξελ (κάτι σαν τα «άτομα» της εικόνας, τα μικρότερα στοιχεία της, η μικρότερη ομοιογενής χρωματική ενότητα που αποτελεί μέρος μιας ψηφιακής εικόνας), τότε όσο περισσότερα πίξελ έχει μια εικόνα τόσο πιο καθαρή θα φαίνεται· δηλαδή, θα έχει καλύτερη ανάλυση. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα είναι ότι μια εικόνα υψηλής ανάλυσης μπορεί να εκτυπωθεί περισσότερο μεγεθυμένη.

Για παράδειγμα, μια κάμερα μπορεί να βγάλει εικόνες σε σχήμα ορθογώνιο που αποτελούνται από πίξελ κατανομημένα σε σειρές και σε στήλες. Εάν υποθέσουμε ότι η εικόνα μας αποτελείται από 1.600 στήλες και 1.200 σειρές πίξελ, όλα τακτοποιημένα, η ανάλυση είναι ο αριθμός των πίξελ που υπάρχουν στην επιφάνεια της φωτογραφίας· συνεπώς, εάν πολλαπλασιάσουμε τους δύο αριθμούς (1.600×1.200), θα πάρουμε 1.920.000 πίξελ ή 1,92 μεγαπίξελ (θα έχεις περισσότερο ακουστά τον όρο αυτό, γιατί αυτό το χαρακτηριστικό δίνεται για την περιγραφή μιας κάμερας ενσωματωμένης σε smartphone). Προσοχή όμως, γιατί, παρότι οι κατασκευαστές πάντοτε υπερηφανεύονται για τον αριθμό των μεγαπίξελ των κινητών τηλεφώνων τους —όλο και περισσότερα καθώς προχωράει η τεχνολογία—, επίσης πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της κάμερας, όπως το μέγεθος του αισθητήρα, των πίξελ, τα χαρακτηριστικά των φακών και επίσης το software για την επεξεργασία των εικόνων.

Και το μάτι; Έχει πίξελ; Για να δούμε, σε αδρές γραμμές, πώς λειτουργεί το μάτι. Το φως διαπερνά τον κερατοειδή χιτώνα και διασχίζει την ίριδα (που συστέλλεται ή διαστέλλεται ώστε να ρυθμίσει την ποσότητα του φωτός που μπαίνει) και τον φακό (που εστιάζει την εικόνα σε διαφορετικές αποστάσεις). Η εικόνα που προκύπτει προβάλλεται στον αμφιβληστροειδή, που βρίσκεται στο βάθος του ματιού σαν μια οθόνη.

Το φως που φτάνει στον αμφιβληστροειδή παράγει ορισμένα ηλεκτρικά και χημικά φαινόμενα που μετατρέπονται σε νευρικές ώσεις που το οπτικό νεύρο τις μεταφέρει στον εγκέφαλο, ο οποίος αναλαμβάνει να τις ερμηνεύσει.



ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΞΙΟΠΕΡΙΕΡΓΟ: Όπως είδαμε, το μάτι είναι ένα αρκετά περίπλοκο όργανο, συλλαμβάνει και εστιάζει το φως, έπειτα το μετασχηματίζει σε ηλεκτρικά σήματα, τα οποία με τη σειρά τους μετατρέπονται στον εγκέφαλο σε εικόνες. Υψηλή τεχνολογία. Γι' αυτό και οι λεγόμενοι «δημιουργιστές», που απορρίπτουν τη Θεωρία της Εξέλιξης του Δαρβίνου, ενώ αντιθέτως πιστεύουν ότι ο Θεός έπλασε τον κόσμο και τα ζωντανά πλάσματα σε επτά ημέρες, όπως ακριβώς λέει η Αγία Γραφή, το χρησιμοποιούν ως απόδειξη θεϊκού σχεδιασμού. Το μάτι είναι τόσο περίπλοκο ώστε δεν είναι δυνατόν να προέκυψε κατά τύχη από την εξέλιξη, υποστηρίζουν· το μάτι το έχει δημιουργήσει ο Θεός. Οι υποστηρικτές του Ευφυούς Σχεδιασμού έχουν παρόμοιες θεωρίες, αυτοί όμως αντικαθιστούν το θρησκευτικό στοιχείο με κάποια ανώτερη διάνοια, ένα είδος σχεδιαστή που, σε τελική ανάλυση, είναι κάτι παρόμοιο με την έννοια του Θεού που προσπαθούν να αποφύγουν.

Ωστόσο, δεν έχουν δίκιο. Οι επιστήμονες (λόγου χάρη, ο διάσημος βιολόγος Ρίτσαρντ Ντόκινς) έχουν αποδείξει ότι στο μάτι οδήγησε η φυσική επιλογή, και ότι, στην πραγματικότητα, δεν είναι ένα τέλειο όργανο, αλλά εμφανίζει τα τυπικά σφάλματα που παράγει η τυχαία εξέλιξη. Ακόμα και ο παντοδύναμος ανθρώπινος εγκέφαλος είναι γεμάτος με εξελικτικά σφάλματα. Αν είχαν σχεδιαστεί, θα ήταν καλά σχεδιασμένα, εννοείται (δεν χωράει στο κεφάλι κανενός η ιδέα ότι ο Θεός μπορεί να είναι κακός σχεδιαστής).

Ας επιστρέψουμε στο θέμα μας. Στον αμφιβληστροειδή, δηλαδή στην οθόνη που έχουμε στον βυθό του ματιού μας, το φως φτάνει και

προξενεί τις ηλεκτρικές ώσεις που είπαμε. Τι υπάρχει στον αμφιβληστροειδή; Δύο ειδών φωτοευαίσθητα κύτταρα, τα κωνία και τα ραβδία, που παίρνουν τα ονόματά τους από το σχήμα τους. Υπάρχουν περίπου εκατό εκατομμύρια τέτοιοι ανιχνευτές φωτός στο ανθρώπινο μάτι, από τους οποίους περίπου έξι εκατομμύρια είναι κωνία και τα υπόλοιπα ραβδία. Τα κύτταρα αυτά έχουν διαφορετικές λειτουργίες. Τα κωνία τοποθετούνται στο κέντρο της όρασης και είναι υπεύθυνα για την έγχρωμη όραση· άλλα συλλαμβάνουν το γαλάζιο φως, άλλα το κόκκινο και άλλα το πράσινο. Τα ραβδία τοποθετούνται πιο περιφερειακά και συλλαμβάνουν τη λάμψη, την ένταση του φωτός. Γι' αυτό, στο σκοτάδι, μερικές φορές αντιλαμβανόμαστε ένα πολύ αδύναμο φως (για παράδειγμα, το φως stand by μιας συσκευής που βρίσκεται μακριά) όταν κοιτάζουμε με την άκρη του ματιού μας. Τη λάμψη αυτή τη συλλαμβάνουν τα ραβδία, στην περιφέρεια.

Αφού φτάσαμε εδώ, τώρα μπορούμε να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημά μας — ποια είναι η ανάλυση του ματιού; Φυσικά, πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι μπορούμε μονάχα να ορίσουμε κάποια αναλογία, διότι προφανώς το μάτι μας δεν είναι ψηφιακός μηχανισμός.

Πρώτα πρώτα, είναι προβληματικό να συγκρίνεις το μάτι με μια κάμερα, αφού το μάτι λαμβάνει εικόνες διαρκώς, προσαρμόζεται σε διαφορετικά περιβάλλοντα, συνήθως δεν αναπαύεται, και τα λοιπά. Και όλα όσα συλλαμβάνει, κυρίως τις εικόνες που ο εγκέφαλός μας συνθέτει εκ των υστέρων, καμία κάμερα ή σύστημα τεχνητής νοημοσύνης δεν μπορεί ακόμα να τα αντικαταστήσει. Πράγματι, το μάτι μας θα έμοιαζε μάλλον με μια βιντεοκάμερα παρά με απλή φωτογραφική μηχανή. Μπορούμε όμως να κάνουμε έναν κατά προσέγγιση υπολογισμό της ανάλυσής του. Έχουμε πει ότι στο μάτι υπάρχουν έξι εκατομμύρια κωνία· οπότε, αν κάνουμε μια αναλογία με τα πίξελ που αναφέραμε προωύτερα, θα είχαμε μια ανάλυση 6 μεγαπίξελ. Αλλά επίσης πρέπει να λάβουμε υπόψη και τα ραβδία, οπότε θα είχαμε μια συνολική ανάλυση 106 μεγαπίξελ.

Επιπλέον θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τη δυνατότητα κίνησης των ματιών, που βλέπουν μια μεγάλη έκταση: Ας πούμε περίπου 120 μοί-

ρες οριζοντίως και άλλες 120 μοίρες καθέτως. Εάν κάθε πίξελ είναι 0,3 λεπτά του τόξου, θα προκύψουν, συνολικά, περίπου 576 μεγαπίξελ ανάλυσης, σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έκανε ο δόκτωρ Ρότζερ Κλαρκ, της Γεωλογικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ. Οι κάμερες των τηλεφώνων έχουν 2, 5, 12, 16 μεγαπίξελ..., και μία από τις κάμερες με τη μεγαλύτερη ανάλυση του κόσμου, η Dark Energy Camera (κατασκευασμένη από το Fermilab με στόχο να χαρτογραφήσει τα 300 εκατομμύρια γαλαξίες από τα αστεροσκοπεία της Χιλής) έχει 570 μεγαπίξελ... και κόστος 35 εκατομμύρια δολάρια. Αν το δούμε έτσι, το ανθρώπινο μάτι έχει ανυπολόγιστη αξία.

**Πόσταρα στα κοινωνικά δίκτυα την εξής ερώτηση:
«Πόσα μεγαπίξελ έχει το ανθρώπινο μάτι;»**

Και η δική σας σοφία μίλησε:

Instagram:

heichou_bicho: Το ανθρώπινο μάτι έχει 576 μεγαπίξελ, εκτός απ' αυτό της γειτόνισσας/του γείτονα που ο κουτσομπόλης οργανισμός τους έχει εξελιχθεί και το μάτι τους έχει φτάσει να έχει 20.000 μεγαπίξελ. ☺

srtrea: Έχω μυωπία, οπότε ας πούμε ότι τα δικά μου μάτια συγκρίνονται με μια κάμερα κινητού καμηνλής ποιότητας.

ivancores77: Αρκετά για να βλέπω ότι φέτος στις εξετάσεις θα μας τσακίσουν.

4

Ποιον νόμο της φυσικής παραβιάζουν τα σκάφη του *Star Wars*;

Σε 600 km πάνω από τον πλανήτη Γη δεν υπάρχει τίποτα που να μεταδίδει τον ήχο. Δεν υπάρχει ατμοσφαιρική πίεση. Δεν υπάρχει οξυγόνο. Η ζωή στο διάστημα είναι αδύνατη.

Από την ταινία *Gravity* (2013),
ΤΟΥ ΑΛΦΟΝΣΟ ΚΟΥΑΡΟΝ

Ούτε ξέρω πόσες φορές είδα την αρχική τριλογία *Star Wars* όταν ήμουν μικρός. Βέβαια, η αλήθεια είναι ότι αυτό που πραγματικά με μάγευε δεν ήταν τόσο να τη βλέπω όσο να την ακούω. Με ξετρέλαινε ο ήχος των φωτόσπαθων, έπαιρνα ό,τι ξύλο έβρισκα (κατά προτίμηση μια σκούπα) και δεν σταματούσα να το κραδαίνω στον διάδρομο του σπιτιού προσπαθώντας να αναπαράγω με το στόμα μου πώς ακούγονταν στην ταινία. Έφτιαχνα σκάφη για να κάνω ότι πετάω και πολεμάω με άλλο μέσα στο σαλόνι, ενώ δεν σταματούσα να βγάζω ήχους που μιμούνταν τους πυροβολισμούς ή τις εκρήξεις.

Φανταζόμουν πώς τα πονηρά Tie Fighters του Αυτοκρατορικού Στόλου, αυτά τα σκάφη που είναι μια μπάλα με κάτι σαν δύο ηλιακά πάνελ στις δύο πλευρές τους, καταδίωκαν τα ταχύτατα X-Wing της Επανάστατικής Συμμαχίας, τα οποία αναγνωρίζονταν από τα φτερά τους σε σχήμα X, σαν αυτό που κυβερνούσε ο Λουκ Σκάιγουοκερ. Χωρίς αμφιβολία, ορισμένες από τις πιο χαρακτηριστικές σκηνές της σειράς *Star Wars* είναι αυτές που, μέσα στα βάθη του διαστρικού διαστήματος, πάνω σ' ένα φόντο από λαμπυρίζοντα άστρα, διεξάγονται φοβερές μάχες μεταξύ διαστημόπλοιων. Εκτοξεύονται κόκκινες και πράσινες ακτί-

νες που παράγουν εκείνο τον ιδιαίτερο ήχο του λείζερ, επίσης αντηχούν τρομακτικές εκρήξεις... Για μια στιγμή. Πυροβολισμοί; Εκρήξεις; Ήχος στο εξωτερικό διάστημα; Αργότερα μου εξήγησαν, στο μάθημα της φυσικής, ότι αυτό ήταν αδύνατο· ότι αν βγούμε από την ατμόσφαιρα της Γης θα διαπιστώσουμε ότι τίποτα δεν ακούγεται, βυθιζόμαστε στην απόλυτη σιγή, χωρίς θορύβους και εκρήξεις, χωρίς το τραγούδι που ακουγόταν συνέχεια το καλοκαίρι. Αλήθεια; Και γιατί;

Ο ήχος είναι ένα κύμα που το αντιλαμβανόμαστε με τα αυτιά μας όταν αυτό το κύμα κάνει τα τύμπανά μας να πάλλονται και ο εγκέφαλός μας ερμηνεύει το σήμα. Όταν υπάρχουν αυτές οι συνθήκες, τότε ακούμε κάτι, μια φωνή, ένα σφύριγμα, έναν κρότο, Μότσαρτ. Αλλά επίσης είναι απαραίτητο να έχουν τα κύματα ένα μέσο με το οποίο να διαδίδονται. Τα κύματα της θάλασσας είναι κύματα που διαδίδονται στο νερό· αν κουνήσουμε ένα σχοινί, τα κύματα μεταδίδονται στο ίδιο το σχοινί· αν πετάξουμε μια πέτρα σε λασπόνερα, θα διαδοθούν κύματα στην επιφάνεια, και τα σεισμικά κύματα διαδίδονται στα υλικά που αποτελούν τον πλανήτη. Το ίδιο και τα ηχητικά κύματα, που είναι κύματα πίεσεως που διαδίδονται στον αέρα ή στο νερό, αναλόγως πού βρισκόμαστε «βυθισμένοι». Οπωσδήποτε όμως απαιτείται ένα μέσο για να διαδοθεί το κύμα, που δεν είναι τίποτε άλλο παρά η ενέργεια σε κίνηση η οποία κάνει να πάλλονται τα μόρια που αποτελούν το συγκεκριμένο μέσο.

Ανάλογα με το μέσο μέσα στο οποίο βρισκόμαστε, ο ήχος διαδίδεται σε διαφορετικές ταχύτητες. Όσο πιο πυκνό είναι το μέσο τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητά του, επειδή τα μόρια του υλικού βρίσκονται πολύ κοντά το ένα με το άλλο. Έτσι διαδίδεται γρηγορότερα σε υγρά απ' ό,τι σε αέρια, δηλαδή φτάνει γρηγορότερα στο νερό παρά στον αέρα, κάτι καταπληκτικό για τις φάλαινες, οι οποίες επικοινωνούν πιο γρήγορα απ' ό,τι οι άνθρωποι, ακόμα και σε πολλά χιλιόμετρα απόσταση η μία από την άλλη μέσα στην απεραντοσύνη του ωκεανού. Κι επίσης μεταδίδεται πιο γρήγορα στα στερεά απ' ό,τι στα υγρά· γι' αυτό, αν βάζαμε το αυτί μας στις γραμμές του τρένου (όπως κάνουν οι ληστές στις καουμπόικες ταινίες, κάτι που δεν θα σας το πρότεινα), θα το ακούγαμε από

μακριά έστω κι αν δεν το ακούγαμε στον αέρα, επειδή η σιδηροτροχιά μεταδίδει καλύτερα την πίεση. Για τον ίδιο λόγο, είναι πιο εύκολο να μάθουμε τι λένε οι γείτονές μας αν κολλήσουμε το αυτί μας στον τοίχο που μας χωρίζει απ' αυτούς. Πάντως ούτε αυτό σας το συνιστώ.

Όμως το ζήτημα είναι ότι δεν ζούμε στη θάλασσα ούτε είμαστε συνεχώς με το αυτί κολλημένο σε σιδηροτροχιές ή σε τοίχους, ευτυχώς. Αυτό που μας επηρεάζει στην πραγματικότητα είναι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα, 343 m/s, 1.225 km/h, η ίδια που ξεπέρασε ο Μπάουμγκαρτνερ και επίσης ξεπερνούν μερικά αεροπλάνα όταν σπάνε το «φράγμα του ήχου», όπως λέγεται. Για τον λόγο αυτό, τα υπερηχητικά αεροπλάνα (γι' αυτό τα ονομάζουν έτσι), αν κινηθούν με αρκετή ταχύτητα, θα προξενήσουν έναν δυνατό ήχο όταν ξεπεράσουν αυτό το φράγμα. Θα έχεις δει ίσως κάπου εκείνη τη φωτογραφία ενός καταδιωκτικού αεροπλάνου που μοιάζει να βγαίνει μέσα από ένα σύννεφο σαν σε μαγεία. Είναι ο λευκός δίσκος που σχηματίζει ο ατμός του νερού καθώς συμπυκνώνεται λόγω του ωστικού κύματος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «φαινόμενο Prandtl-Glauert». Μάλιστα το κάνει και ο Σούπερμαν στην τελευταία του ταινία. Και όχι μόνο μία φορά, αλλά δύο, τρεις, τέσσερις, πέντε φορές συνεχόμενα, σε μια ταχύτητα ήδη υπερηχητική...



POP ΑΞΙΟΠΕΡΙΕΡΓΟ: Ο αριθμός Mach (M) προτάθηκε από τον Ερνστ Μαχ (1838–1916), έναν από τους σπουδαιότερους φυσικούς του αιώνα του, ως ένα αδιάστατο μέτρο σχετικής ταχύτητας. Το όρισε ως τον λόγο της ταχύτητας ενός αντικειμένου (V) προς την ταχύτητα του ήχου (Vs) στο μέσο μέσα στο οποίο κινείται. Αυτή η μονάδα μάς βολεύει καταπληκτικά για να έχουμε μια ιδέα για τις υπερηχητικές ταχύτητες των αεροπλάνων πιο εύκολα. Έτσι, 1 Mach ισοδυναμεί με μία φορά την ταχύτητα του ήχου, 2 Mach είναι δύο φορές η ταχύτητα του ήχου κ.λπ. Όσοι έχετε δει την ταινία *Top Gun* (1986) θα καταλάβετε τι εννοώ: «Κινούμαστε με 1 Mach, Άισμαν», «Έτοιμος να περάσω σε 2 Mach, Μάβερικ»...

Έτσι λοιπόν, στη γήινη ατμόσφαιρα ή στη θάλασσα, ή σε μια πισίνα, μπορούμε να ακούσουμε ήχους, όχι όμως στο εξωτερικό διάστημα (μετά τα 100 περίπου χιλιόμετρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, σύμφωνα με τη Διεθνή Αεροναυτική Ομοσπονδία), όπου υπάρχει κενό, δηλαδή δεν υπάρχει μέσο μετάδοσης του ήχου. Για την ακρίβεια, το διάστημα δεν είναι εντελώς κενό. Υπολογίζεται ότι κατά μέσο όρο υπάρχουν ένα εκατομμύριο άτομα ύλης ανά κυβικό μέτρο όγκου, κάτι που μπορεί να ακούγεται πολύ αλλά είναι πάρα πολύ λίγο, ενώ ανάμεσα στα αστέρια υπάρχουν και νέφη αερίων και σκόνης όπου η πυκνότητα ύλης μπορεί να είναι αρκετά μεγαλύτερη (φτάνει και μερικά τρισεκατομμύρια μόρια ανά κυβικό μέτρο, που όμως είναι συγκρίσιμη με το καλύτερο κενό που έχει επιτευχθεί στο εργαστήριο). Πάντως υπάρχει τόσο λίγη ύλη που δύσκολα μπορεί να μεταδοθεί ένα ηχητικό κύμα, όπως επίσης δεν μπορούμε να αναπνεύσουμε γιατί δεν υπάρχει αέρας.



ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΞΙΟΠΕΡΙΕΡΓΟ: Το σύμπαν είναι μέρος αρκετά αφιλόξενο για τη ζωή. Αν μας πετάξουν τυχαία εκεί έξω, το πιθανότερο είναι να καταλήξουμε καβουρδισμένοι σε κάποιο αστέρι, ή παγωμένοι στη μέση του πουθενά, ρουφηγμένοι από μια μαύρη τρύπα ή παγιδευμένοι σε κάποιον πλανήτη ακατάλληλο για τη ζωή. Μόνο σ' αυτό το μικρό κοσμικό νησί που ονομάζουμε Γη υπάρχουν οι συνθήκες για την ύπαρξή μας, παρότι κι εδώ υπάρχουν μέρη άκρως αφιλόξενα, όπως οι πόλοι, οι έρημοι, οι βαθιές ωκεάνιες τάφροι ή οι πιο ψηλές κορυφές. Γι' αυτό, πρέπει να προσέχουμε αυτή τη μικρή παραλία που διαθέτουμε στην όχθη του κοσμικού ωκεανού, όπως περιέγραφε τον πλανήτη μας ο φυσικός Καρλ Σείγκαν.

Έχοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, αν παρακολουθούσαμε μια έκρηξη στο εξωτερικό διάστημα, θα τη βλέπαμε σαν να μας είχαν βάλει βαμβάκι στ' αυτιά, σαν να είχαμε χαμηλώσει τον ήχο της τηλεόρασης. Είναι παράξενο, αλλά έτσι είναι. Στην πραγματικότητα ο ήχος είναι φαινόμενο αποκλειστικά για πολύ λίγα σημεία του Σύμπαντος, όπου πρέπει να

υπάρχει ένα μέσο για να μεταδίδεται το κύμα, ένας δέκτης να το συλλαμβάνει (όπως το αυτί) και ένα σύστημα για να τον ερμηνεύει (όπως ο εγκέφαλος).

Είναι αλήθεια ότι ο Τζωρτζ Λούκας δεν νοιαζόταν πολύ αν στο *Star Wars* ίσχυαν οι νόμοι της φυσικής που γνωρίζουμε (άλλωστε ούτε έξυπνα ρομπότ υπάρχουν όπως ο R2-D2 και ο C-3PO, ούτε εξωγήινα πλάσματα όπως ο Jabba the Hutt ή ο Jar Jar Binks, ή τουλάχιστον δεν τα έχουμε ανακαλύψει), παρ' όλα αυτά όμως του είμαι ευγνώμων που μ' έκανε να ονειρεύομαι, να φαντάζομαι άλλους κόσμους ή να περάσω τα μισά παιδικά μου χρόνια κάνοντας θορύβους μέσα σ' όλο το σπίτι (η μητέρα μου δεν ξέρω αν έχει την ίδια γνώμη). Ωστόσο, δεν είναι όλα τα είδη επιστημονικής φαντασίας το ίδιο. Υπάρχει η λεγόμενη «σκληρή» επιστημονική φαντασία (*hard science fiction*), που προσπαθεί (παρότι δεν το πετυχαίνει πάντοτε) να τηρούνται οι νόμοι της επιστήμης μέσα στις μελλοντολογικές ή διαστημικές φανταστικές ιστορίες. Σ' αυτό το είδος εντάσσονται συγγραφείς μεγαλύτερης επιστημονικής εμβέλειας, όπως ο Ισαάκ Ασίμοφ (συγγραφέας της σειράς *Foundation* και *Εγώ το Ρομπότ*), ο Άρθουρ Κλαρκ (συγγραφέας του *Οδύσσεια του διαστήματος 2001*), ή ο Στανισλάβ Λεμ (συγγραφέας του *Σολάρις* ή του *Φιάσκο*). Και μ' αυτή την έννοια, υπάρχουν μερικές ταινίες που αναπαριστούν ορθά την τρομακτική ησυχία του διαστήματος, όπως το *2001 Οδύσσεια του διαστήματος* του Στάνλεϋ Κιούμπρικ, ή το πιο πρόσφατο *Gravity* του Αλφόνσο Κουαρόν. Στην τελευταία, ο Τζωρτζ Κλούνεϋ και η Σάντρα Μπούλλοκ παρατηρούν τη Γη από τον Διαστημικό Σταθμό, όταν εκείνη ρωτάει: «Κοβάλσκι, τι σου αρέσει περισσότερο στο διάστημα;» Εκείνος την κοιτάζει βαθιά και απαντάει: «Η ησυχία, δόκτωρ Στόουν, η ησυχία».

**Πόσταρα την εξής ερώτηση στα κοινωνικά δίκτυα:
«Ποιον νόμο της φυσικής παραβιάζουν τα σκάφη
του *Star Wars*;»**

Και η δική σας σοφία μίλησε:

Instagram:

andejuji17: Κανείς δεν μπορεί να ταξιδέψει με την ταχύτητα του φωτός! Αλλά ποιος ξέρει αν στους κόσμους του *Star Wars* οι νόμοι της φυσικής λειτουργούν το ίδιο... μπορεί κάποια μέρα να καταφέρουμε να κινηθούμε γρηγορότερα από το φως... προς το παρόν «η μάζα επί την επιτάχυνση» ας σας συντροφεύει. 😊

Twitter:

@jorgegrau19: Ο φυσικός νόμος που παραβιάζεται είναι ότι ο Γιόντα (που είναι σαν γιγάντιος βάτραχος) μπορεί να μιλήσει. Η γλωττίδα των βατράχων δεν είναι φτιαγμένη γι' αυτό.

Facebook:

Rakel Gonzalez Ruiz: Δεν γίνεται να κάνουν τόσες ατέλειωτες μάχες χωρίς να σταματάνε για κατούρημα. Είναι το πιο φυσικό που μου 'ρχεται στο μυαλό.