

Εισαγωγή

*Έμαθα να απολαμβάνω ένα τοπίο, ένα τραγούδι.
Μια ταινία. Μια στιγμή δίπλα στον άνθρωπο που αγαπώ.
Δεν το αλλάζω. Δεν έχω ιδέα πόσα δευτερόλεπτα απομένουν.
Αλλά θα είναι συγκλονιστικά.*

ΡΟΥΑ ΛΟΠΕΣ ΜΟΡΑ,
Στείβοντας δευτερόλεπτα

Εάν η ζωή στο Σύμπαν μπορούσε να συνοψιστεί σε ένα έτος, το ανθρώπινο είδος θα εμφανιζόταν μονάχα το τελευταίο δευτερόλεπτο. Για εμάς αυτό σημαίνει χιλιετίες. Επειδή ο χρόνος είναι σχετικός, όπως και τόσα άλλα πράγματα. Αν σε περιμένει μια ζωή μεγάλη και ευτυχισμένη —και μακάρι έτσι να είναι—, θα ζήσεις πάνω από δύο δισεκατομμύρια δευτερόλεπτα, παρότι το ένα τρίτο θα κοιμάσαι. Τα υπόλοιπα δευτερόλεπτα, έπειτα από κάμποσο καιρό πάνω στο μαξιλάρι, θα είσαι ξυπνητός, θα τα ζήσεις, θα τα απολαύσεις. Γιατί μπορεί να είναι υπέροχα.

Για να διαβάσεις αυτό το βιβλίο θα αφιερώσεις το 0,0005% της ζωής σου, από 7.200 έως 14.400 δευτερόλεπτα. Ίσως όσα και για το *Blade Runner 2049* (2017) ή για την αρχική τριλογία του *Star Wars*. Αν το διαβάσεις έπειτα από μερικά χρόνια, ορισμένα πράγματα απ' αυτά που σήμερα θεωρούνται βέβαια και μάλιστα αμετάβλητα είναι πιθανόν να μην έχουν κανένα νόημα τότε. Τίποτα δεν παραμένει ίδιο, τίποτα δεν είναι σταθερό. «Το μόνο σταθερό είναι η αλλαγή», πρόβλεψε ο Ηράκλειτος πριν από 2.500 χρόνια. Είναι το θαύμα της επιστήμης που προχωράει ασταμάτητη μέρα με τη μέρα, χάρη στην ακούραστη, δημιουργική και συχνά μεγαλοφυέστατη δουλειά χιλιάδων ανθρώπων που ασχολούνται με τη μελέτη της. Είναι όλοι αυτοί στους οποίους —ποιος ξέρει, κάποια

μέρα— μπορεί να προστεθείς κι εσύ εάν μελετάς, και μακάρι να το πετύχεις.

«Αν αναζητάς διαφορετικό αποτέλεσμα, μην κάνεις πάντα τα ίδια», έλεγε ο Αϊνστάιν. Έτσι, στην αντισυμβατική αναζήτηση απαντήσεων έχουν δημιουργηθεί και σφυρηλατηθεί οι βάσεις της ασταμάτητης τεχνολογικής προόδου του πολιτισμού μας στους τελευταίους αιώνες, ειδικότερα στις δύο τελευταίες δεκαετίες, ενώ άλλα πράγματα έχουν μείνει ανεξήγητα. Δεν υπήρχε ταινία επιστημονικής φαντασίας, απ' όσες είδα όταν ήμουν μικρός, από την οποία να μην βγω έκθαμβος από τις σκηνές δράσης και τα ειδικά εφέ, αλλά κυρίως έπειτα από κάθε ταινία μου γεννιόταν σίγουρα ένα ερώτημα. Και σήμερα ακόμα, με γοητεύουν περισσότερο τα ζητήματα που θέτουν ταινίες όπως το *Interstellar* (2014) ή σειρές όπως το *Black Mirror* παρά η ίδια η δράση. Γι' αυτό και είμαι λίγο σπασίκλας, μάλλον γι' αυτό έγινα μηχανικός, πρώτα, και καθηγητής μαθηματικών και φυσικής, κατόπιν. Σε μερικές απ' αυτές βρήκα εξήγηση ρωτώντας όσους ξέρουν περισσότερα από εμένα, που είναι σχεδόν αναρίθμητοι. Σε άλλες, ψάχνοντας στη βιβλιοθήκη ή στο ίντερνετ, αναλόγως με την εποχή· άλλωστε έχω και κάποια ηλικία. Για αρκετές απ' αυτές, ειλικρινά, όσο κι αν προσπάθησα, δεν βρήκα καμία απάντηση· και αν βρήκα, πάλι δεν κατάφερα να τις καταλάβω (έχω συνείδηση των ορίων μου, που είναι σχεδόν άπειρα, άλλωστε είμαι απλώς ένας καθηγητής). Αλλά πάντα μαθαίνω κάτι στην πορεία, όσο λίγο κι αν είναι· αυτό είναι το μαγευτικό, η βάση για να αντιμετωπίσω το επόμενο ερώτημα ή για να πω κάτι ωραίο στους μαθητές μου όταν προσπαθώ να τους εξηγήσω κάτι. Πετυχαίνει.

Γι' αυτό, αντί να σου προσφέρω σαράντα απαντήσεις σε ερωτήσεις που ίσως κάποια φορά κι εσύ να αντιμετωπίσεις, το μόνο που ελπίζω είναι να γίνει ετούτο το βιβλίο για εσένα η αρχή για μια ασυγκράτητη αναζήτηση των αιτιών για όσα συμβαίνουν γύρω σου, χωρίς να συμβιβάζεσαι με τις απαντήσεις που σου δίνουν, με κάθε τι το καθιερωμένο. Αυτό είναι το όνειρό μου. Να σε βοηθήσω κατά κάποιον τρόπο να φτιάξεις τα δικά σου, να σου δώσω ίσως κάποια ιδέα για τα μαθήματά

σου, αν είσαι καθηγητής, ή απλώς να κάνεις ερωτήσεις, όσες περισσότερες μπορείς. Και για τις ερωτήσεις αυτές να ψάξεις απαντήσεις χωρίς να καταφύγεις στους θεούς του Ολύμπου, που πάντα μας προσφέρουν μια συναρπαστική μυθολογία, διόλου όμως επιστημονική· παρότι αυτοί έδωσαν τα ονόματά τους στους αστερισμούς και τους πλανήτες.

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 μίονια, όπως έκαναν οι Φρις και Σμιθ το 1963. Τα μίονια 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 μίονια: ενώ θα έπρεπε να φτάνουν 27 σωματίδια την ώρα (θα έπρεπε ήδη να έχουν αποσυντεθεί), έφταναν 412. Η εξήγηση τουαινίγματος ήταν ότι, καθώς τα μίονια 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 μίονια 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 παस्कάλ (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 αναμεταδόθηκε 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 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.