

Ένα ενεργειακό μοντέλο

Ένα μοντέλο που θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε την ενέργεια και τη διατήρησή της οφείλεται στον Richard Feynman και έχει χρησιμοποιηθεί στα βιβλία του.

Ας υποθέσουμε ότι μια μητέρα χαρίζει στο παιδί της (ο Feynman χαριτολογώντας ταυτίζει το παιδί με τον Ντένις τον Τρομερό) έναν συγκεκριμένο αριθμό από κύβους, έστω 28, που ο καθένας τους δεν μπορεί να σπάσει, τουλάχιστον όχι εύκολα, σε μικρότερα κομμάτια. Καθένας από τους κύβους αυτούς έχει μάζα ίση με 100 g και η μητέρα περιοδικά μετρά τους κύβους στο δωμάτιο του γιού της. Κάποια μέρα διαπιστώνει ότι οι κύβοι στο πάτωμα του δωματίου είναι 24, αλλά υπάρχει ένα κουτί στο οποίο υποψιάζεται ότι ο Ντένις έχει βάλει τους υπόλοιπους κύβους. Όταν επιχειρεί όμως να ανοίξει το κουτί, ο Ντένις της το απαγορεύει και η μητέρα του υποχωρεί. Ωστόσο, είναι περίεργη και θέλει να επιβεβαιώσει τις υποψίες της. Μια μέρα που βλέπει και τους 28 κύβους στο πάτωμα ζυγίζει το κουτί και διαπιστώνει ότι η μάζα του είναι ίση με 500 g. Έτσι, όταν κάποια άλλη φορά στο δωμάτιο είναι ορατοί 25 κύβοι, μπορεί να διαπιστώσει αν ο Ντένις έχει κρύψει τους υπόλοιπους 3 κύβους στο κουτί κάνοντας την πράξη:

$$\frac{\left(\begin{array}{l} \text{συνολική μάζα} \\ \text{του κουτιού σε g} \end{array} \right) - 500}{100}$$

Επομένως, η μητέρα του Ντένις έχει ανακαλύψει ότι το άθροισμα των κύβων που είναι ορατοί και των κύβων που βρίσκονται στο κουτί πρέπει πάντα να δίνει το ίδιο αποτέλεσμα, δηλαδή:

$$(\text{ορατοί κύβοι}) + \frac{\left(\begin{array}{l} \text{συνολική μάζα} \\ \text{του κουτιού σε g} \end{array} \right) - 500}{100} = 28$$

Κάποια άλλη μέρα η μητέρα διαπιστώνει ότι το προηγούμενο άθροισμα δεν δίνει 28, αλλά ένα μικρότερο αποτέλεσμα, έστω 26. Παρατηρεί όμως ότι στο δωμάτιο του γιού της υπάρχει τώρα μια λεκάνη με βρώμικο νερό, που δεν της επιτρέπει να δει αν μέσα ο Ντένις έχει ρίξει κάποιους κύβους. Η μητέρα επιστρατεύει πάλι την εφευρετικότητά της και μια μέρα που βλέπει και τους 28 κύβους μετρά το ύψος του νερού στη λεκάνη, το οποίο βρίσκει ίσο με 40 cm, ενώ ρίχνοντας έναν κύβο σε μια παρόμοια λεκάνη μετρά την αύξηση του ύψους του νερού, την οποία βρίσκει ίση με 5 cm. Επομένως, μπορεί τώρα να τροποποιήσει την προηγούμενη εξίσωση προσθέτοντας έναν ακόμη όρο, ο οποίος θα μετρά τους κύβους μέσα στο νερό. Καταλήγει έτσι σε μια νέα εξίσωση που έχει τη μορφή:

$$(\text{ορατοί κύβοι}) + \frac{\left(\begin{array}{l} \text{συνολική μάζα} \\ \text{του κουτιού σε g} \end{array} \right) - 500}{100} + \frac{(\text{ύψος νερού σε cm}) - 40}{5} = 28$$

Η επινοητικότητα του Ντένις στο κρύψιμο των κύβων συνεχίζεται, αλλά η μητέρα του βρίσκει πάντα τρόπο, μετά από προσεκτική παρατήρηση και τις κατάλληλες μετρήσεις να προσθέτει έναν όρο στην προηγούμενη εξίσωση έτσι, ώστε να αποκαθιστά το άθροισμα και να είναι πάντα ίσο με 28.

Μια μέρα όμως βρίσκεται μπροστά σε κάτι εντελώς καινούργιο, καθώς το άθροισμα στην εξίσωση της δίνει ως αποτέλεσμα 30. Θυμάται ότι εκείνη τη μέρα τούς επισκέφθηκε ο γείτονάς τους, ο Τζορτζ Γουίλσον, ο οποίος της επιβεβαίωσε το γεγονός ότι χάρισε στον Ντένις 2 κύβους. Η μητέρα απομακρύνει τους δύο κύβους και η εξίσωση λειτουργεί και πάλι μέχρι που μια μέρα διαπιστώνει ότι το άθροισμα στην εξίσωσή είναι τώρα μικρότερο, έστω 26. Αν και ψάχνει για μια άλλη κρυψώνα του Ντένις, δεν βρίσκει



Εικόνα Richard P. Feynman (1918 - 1988)

τίποτα μέχρι που βλέπει ότι το παράθυρο του δωματίου είναι ανοικτό και στον κήπο είναι οι δύο κύβοι που λείπουν. Επιστρέφει τους δύο κύβους μέσα στο δωμάτιο και η εξίσωσή της λειτουργεί και πάλι.

Καθώς η μητέρα του Ντένις είναι αρκετά επινοητική καταλαβαίνει ότι μπορεί να αλλάξει την εξίσωση της χρησιμοποιώντας τις μεταβολές από κάθε όρο του αθροίσματος, εφόσον έχει προηγουμένως εξασφαλίσει ότι κανείς δεν φέρνει ούτε απομακρύνει κύβους από το δωμάτιο του Ντένις. Αν δηλαδή μια μέρα μετρήσει τους κύβους στο πάτωμα, το βάρους του κουτιού με τα παιχνίδια, το ύψος του νερού στη λεκάνη και όποιο άλλο χαρακτηριστικό έχει βρει για τις διαφορετικές κρυψώνες του Ντένις και κάποια άλλη μέρα μετρήσει τα ίδια χαρακτηριστικά, τότε για τις διαφορές θα πρέπει να ισχύει:

$$\Delta(\text{ορατοί κύβοι}) + \frac{\Delta(\text{συνολική μάζα του κουτιού σε g})}{100} + \frac{\Delta(\text{ύψος νερού σε cm})}{5} = 0$$

όπου το Δ συμβολίζει τις διαφορές των αντίστοιχων ποσοτήτων.

Θα χρησιμοποιήσουμε τώρα αυτήν την αναλογία, για να θεμελιώσουμε το βασικό ενεργειακό μοντέλο. Όπως ο Ντένις κρύβει τους κύβους του σε διάφορα σημεία μέσα στο δωμάτιο (μέσα σε ένα κουτί, μέσα στη λεκάνη με το βρώμικο νερό κ.ο.κ.), έτσι και η φύση αποθηκεύει την ενέργεια σε διαφορετικά σώματα και με διαφορετικούς τρόπους. Η μητέρα του Ντένις βασίζεται στο γεγονός ότι οι κύβοι δεν διασπώνται σε μικρότερα κομμάτια, προκειμένου να καταλήξει στην εξίσωσή της. Στο μάθημα της Φυσικής θα έχουμε τον ρόλο της μητέρας του Ντένις. Συγκεκριμένα, θα συναντάμε από καιρού εις καιρόν καταστάσεις και φαινόμενα όπου θα φαίνεται ότι η ενέργεια «χάνεται». Αυτό που θα διαπιστώσουμε κάθε φορά είναι ότι μπορούμε να επινοήσουμε έναν καινούργιο όρο ο οποίος θα αποκαθιστά τη **διατήρηση της ενέργειας**. Ένα ακόμα σημαντικό σημείο είναι ότι, όπως στην περίπτωση των κύβων μπορούν να «μπουν» ή να «βγουν» κύβοι από το δωμάτιο, έτσι και στην περίπτωση της ενέργειας μπορεί να προσφερθεί ενέργεια σε ένα σώμα ή να απομακρυνθεί ενέργεια από ένα σώμα (γενικότερα να μεταφερθεί) και μάλιστα, όπως θα διαπιστώσουμε, με μια ποικιλία διαφορετικών τρόπων με βασικότερους το **έργο** και τη **θερμότητα**. Το τελευταίο σημείο που μας διδάσκει η αναλογία αυτή είναι πολύ σημαντικό. Αντί να επιβεβαιώνουμε ότι το άθροισμα των κύβων είναι σταθερά ίσο με 28, μπορούμε απλώς και μόνο να ελέγχουμε ότι το άθροισμα των μεταβολών είναι ίσο με μηδέν. Κάτι αντίστοιχο ισχύει για την ενέργεια. Σε πολύπλοκα συστήματα όπου είναι πρακτικά αδύνατον να υπολογίσουμε την απόλυτη τιμή της ενέργειας, έχουμε την εναλλακτική να υπολογίζουμε τις *διαφορές* των διάφορων ενεργειών και να διαπιστώνουμε ότι το άθροισμα είναι ίσο με μηδέν. Τέλος, αν κάποια στιγμή διαπιστώσουμε ότι η εξίσωση δεν ισχύει, έχουμε μπροστά μας δύο δυνατότητες: είτε να βρούμε μια καινούργια «κρυψώνα» της ενέργειας είτε να δεχθούμε ότι ενέργεια μεταφέρθηκε με κάποιον μηχανισμό προς ή από το περιβάλλον.

Υπάρχουν βέβαια και ορισμένα χαρακτηριστικά της ενέργειας που δεν μπορούν να συσχετιστούν με την προηγούμενη αναλογία. Το πρώτο από αυτά είναι ότι η ενέργεια μπορεί να *μετασχηματίζεται* από μια μορφή σε μια άλλη (κάτι που μοιάζει με το κρύψιμο των κύβων σε διαφορετικές κρυψώνες), ενώ το δεύτερο είναι ότι η ενέργεια *υποβαθμίζεται* κατά τη διάρκεια αυτών των μετασχηματισμών της.

Συγκεντρώνοντας λοιπόν τις κρίσιμες λέξεις, μπορούμε να συνοψίσουμε λέγοντας ότι η ενέργεια *αποθηκεύεται, μεταφέρεται, μετασχηματίζεται, υποβαθμίζεται*, αλλά πάντα *διατηρείται*.