

Εντροπία μέρος δεύτερον.

Είδαμε πως η εντροπία της κατάστασης A είναι μικρότερη από αυτή της κατάστασης B. Καταλαβαίνουμε επίσης ότι αν για μια στιγμή το αέριο βρεθεί στην κατάσταση A, αμέσως θα μεταβεί στην B και θα πάψει να υπάρχει κενό στο δοχείο.

Είναι δυνατόν το αέριο από την κατάσταση B να μεταβεί στην A; Θα μπορούσε να συμβεί κάτι τέτοιο αν όλα τα μόρια είχαν ταχύτητες με φορά προς τα δεξιά. Πόσο πιθανό είναι κάτι τέτοιο;

Θα μπορούσαμε να ρίξουμε ταυτόχρονα ένα τσουβάλι ζάρια και να έρθουν όλα εξάρεις;

Θα μπορούσε μεν, θα ήταν απίθανο δε.

Μια τέτοια πιθανότητα θα ήταν ίση προς $\left(\frac{1}{6}\right)^{5.000}$.

Η πιθανότητα να μαζευτούν όλα τα μόρια αριστερά ποια είναι;

Αν δεχθούμε πως κάθε μόριο έχει πιθανότητα $\frac{1}{2}$ να βρίσκεται

αριστερά, τότε η πιθανότητα να βρεθούν αριστερά όλα τα μόρια (λ.χ. 1 mole) είναι $\left(\frac{1}{2}\right)^{6,023 \cdot 10^{23}}$.

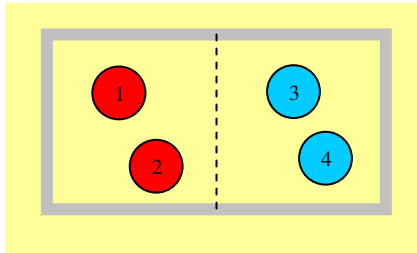
Η πιθανότητα αυτή είναι ασύλληπτα μικρότερη από αυτήν με τις εξάρεις. Αν έχουμε πεισθεί πως δεν θα δούμε 5.000 εξάρια, πρέπει κατά μείζονα λόγο να δεχθούμε πως ουδέποτε θα δούμε αέριο να μαζεύεται αριστερά ακόμα και αν περάσει χρονικό διάστημα πολλαπλάσιο της ηλικίας του σύμπαντος.

Αδύνατο δεν είναι μεν, αλλά εξόχως απίθανο.

Τουλάχιστον διαισθητικά καταλαβαίνουμε ότι μια κατάσταση μεγάλης εντροπίας είναι κατάσταση μεγαλύτερης πιθανότητας από μία μικρής εντροπίας.

Η πιθανότητα σχετίζεται με την αταξία. Όσο μεγαλύτερη αταξία παρατηρούμε σε μία κατάσταση, τόσο πιθανότερη είναι αυτή.

Ας πάρουμε ένα απλοϊκό παράδειγμα με ένα μίγμα αερίων, αζώτου και οξυγόνου. Κάθε αέριο αποτελείται από δύο μόρια. Ποια είναι η πιθανότητα να βρίσκονται όλα τα μόρια αζώτου στο αριστερό μέρος του δοχείου και τα μόρια οξυγόνου δεξιά;



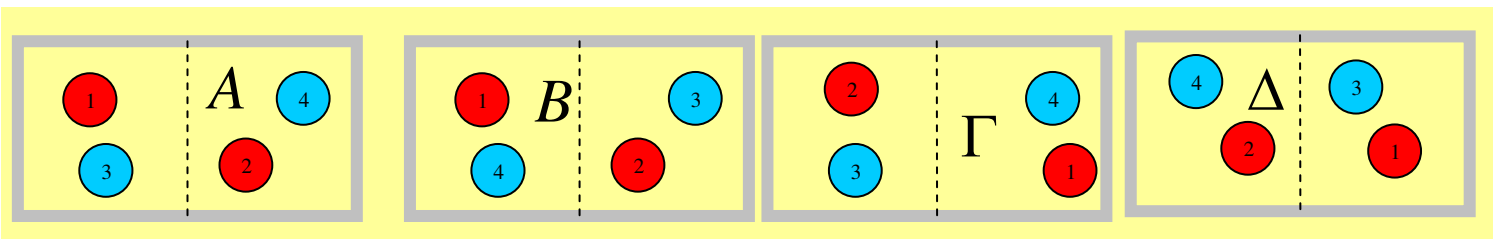
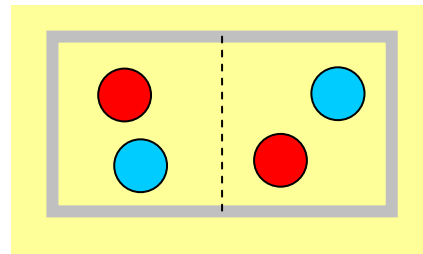
Η μόνη κατάσταση που ικανοποιεί την απαίτησή μας είναι αυτή της εικόνας.

Η πιθανότητα κάθε μόριο να βρίσκεται στο αριστερό ή στο δεξί τμήμα είναι $\frac{1}{2}$. Η πιθανότητα να έχουμε την κατάσταση της εικόνας

είναι $\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}$.

Ποια είναι η πιθανότητα ισοκατανομής των μορίων;

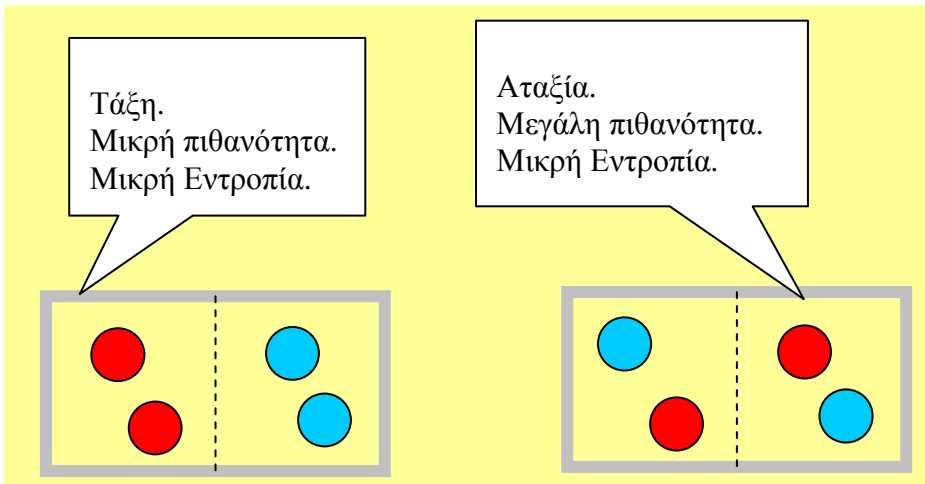
Μια τέτοια κατάσταση υλοποιείται από τα ενδεχόμενα που βλέπουμε στις παρακάτω εικόνες:



Η πιθανότητα είναι $P_A + P_B + P_\Gamma + P_\Delta = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \cdot 4 = \frac{1}{4}$

Είναι 4 φορές μεγαλύτερη από την προηγούμενη πιθανότητα.

Αν τα μόρια είναι πάρα πολλά, όπως σε σύνηθες αέριο, η πιθανότητα ισοκατανομής είναι ασύλληπτα μεγαλύτερη.



Η Στατιστική Φυσική ορίζει την Εντροπία ως:

$$S = k \cdot \ln \Omega$$

Όπου k η σταθερά του Boltzmann και Ω το πλήθος των ευνοϊκών μικροκαταστάσεων που αντιστοιχούν σε μια μακροκατάσταση.

Λόγου χάριν στην μακροκατάσταση «μόρια αζώτου και οξυγόνου ισοκατανεμημένα» αντιστοιχούν 4 μικροκαταστάσεις.

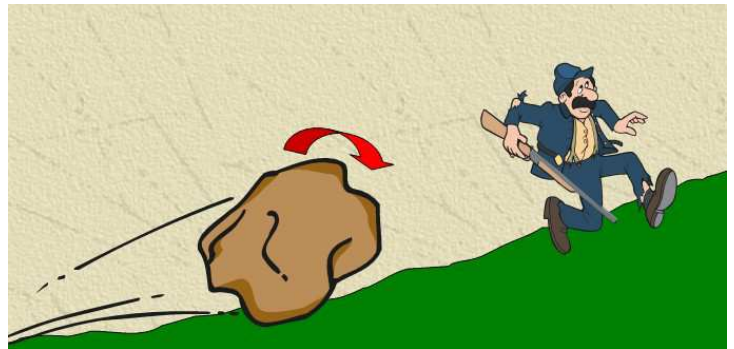
Στην μακροκατάσταση «μόρια αζώτου αριστερά και οξυγόνου δεξιά» αντιστοιχεί μια μικροκατάσταση. Μεγάλο πλήθος μικροκαταστάσεων σημαίνει μεγάλη πιθανότητα, μεγάλη αταξία, μεγάλη Εντροπία.

Γιατί σε ένα μονωμένο σύστημα αυξάνεται η Εντροπία;

Συμβαίνει ότι είναι πιθανότερο να συμβεί. Οδηγούμαστε σε καταστάσεις μεγαλύτερης πιθανότητας και επομένως μεγαλύτερης Εντροπίας.

Η ροή θερμότητας από ψυχρό σώμα σε θερμό, χωρίς ψυκτική μηχανή, δεν παραβιάζει την διατήρηση της Ενέργειας. Δεν συμβαίνει διότι είναι κάτι εξόχως απίθανο. Πολύ πιο απίθανο από το να ρίξεις νόμισμα και να σταθεί όρθιο.

Τόσο απίθανο όσο και το να αποκτήσουν όλα τα μόρια του βράχου ταχύτητα προς τα δεξιά και να αρχίσει ο βράχος να καταδιώκει τον εικονιζόμενο κύριο.



Πληροφορία.

Η Θεωρία της πληροφορίας πατέρα έχει τον Claude E. Shannon. Θέλησε να ποσοτικοποιήσει την έννοια. Η ιδέα είναι ότι έχουμε μεγάλη πληροφορία αναφέροντας ένα γεγονός μικρής πιθανότητας.

Αν λόγου χάριν σας πω ότι ο Διονύσης έγραψε σήμερα μια άσκηση την οποία δεν δημοσίευσε ακόμα, η πληροφορία είναι ασήμαντη διότι η πιθανότητα να κάνει κάτι τέτοιο είναι μεγάλη.

Αν σας πω όμως ότι βγήκε με το σώβρακο στην Ζάκυνθο άδων άριες, η πληροφορία είναι σημαντική, διότι κάτι τέτοιο είναι εξόχως απίθανο.

Η πληροφορία ορίζεται ως $I(A) = -\log_2 p_A$.

Όπου p_A η πιθανότητα υλοποίησης του ενδεχομένου A .

Μεγάλη πιθανότητα σημαίνει μικρή πληροφορία.

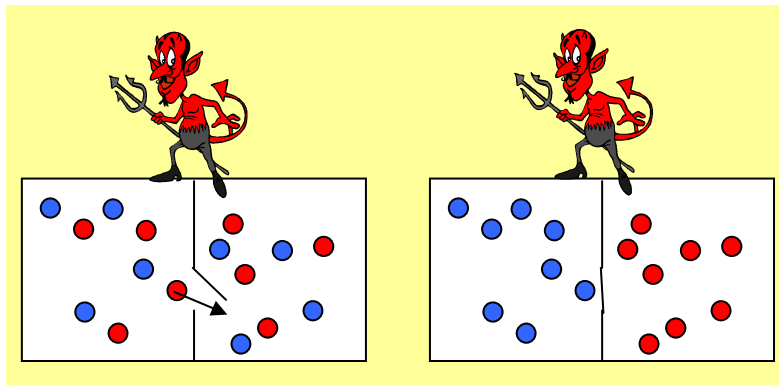
Μεγάλη όμως πιθανότητα σημαίνει μεγάλη Εντροπία. Έτσι η πληροφορία ονομάζεται και «αντεντροπία».

Μονάδα πληροφορίας είναι το 1bit (binary unit).

Η συλλογή, επεξεργασία και μετάδοση πληροφορίας προϋποθέτει ενέργεια.

Ο Δαίμων του Maxwell.

Το 1871 στο βιβλίο του «Theory of Heat» ο Μάξγουελ δημοσίευσε ένα παράδοξο.



Το δοχείο του σχήματος περιέχει αέριο. Σχεδιάστηκαν με κόκκινο χρώμα όσα έχουν μεγάλες ταχύτητες. Ο δαίμων γνωρίζει κάθε στιγμή τις θέσεις και τις ταχύτητες των μορίων. Ανοίγει την κατάλληλη στιγμή ένα πορτάκι έτσι ώστε να επιτρέπει την διέλευση στο δεξί τμήμα και την διέλευση των αργών μορίων στο αριστερό.

Το άνοιγμα και το κλείσιμο του πορτακιού

δεν απαιτεί ενέργεια. Θα μπορούσε να έχει ελατήριο και να επιστρέφεται κατά το κλείσιμο η όποια ενέργεια δαπανήθηκε για το άνοιγμα.

Έτσι όλα τα «γρήγορα» μόρια θα βρεθούν δεξιά και όλα τα αργά αριστερά.

Αυτό όμως έχει κάποιες συνέπειες.

Δημιουργείται θερμό αέριο δεξιά και ψυχρό αριστερά. Γιατί να μην βάλουμε μια θερμική μηχανή που, εργαζόμενη μεταξύ των δύο δεξαμενών, να μας δίνει έργο εκ του μηδενός;

Έπειτα πως πετύχαμε την μείωση της Εντροπίας;

Ας αρχίσουμε από το δεύτερο. Η Εντροπία προφανώς μειώθηκε μια και ο δαίμων επέβαλε τάξη.

Χώρισε πρόβατα από ερίφια. Όμως το αέριο δεν είναι απομονωμένο σύστημα. Το πλήρες σύστημα είναι αέριο-δαίμων. Δεχόμενοι την αρχή ότι η Εντροπία απομονωμένου συστήματος δεν μειώνεται, πρέπει να δεχθούμε αύξηση της Εντροπίας του δαίμονα. Πως όμως;

Ο δαίμονας για να γνωρίζει τις θέσεις και τις ταχύτητες των μορίων συλλέγει και επεξεργάζεται πληροφορία. Η στενή σχέση Πληροφορίας-Εντροπίας υποδεικνύει πως παραγωγή πληροφορίας οδηγεί σε αύξηση της Εντροπίας του δαίμονα, είτε αυτός είναι βιολογικός μηχανισμός είτε ηλεκτρομηχανικός.

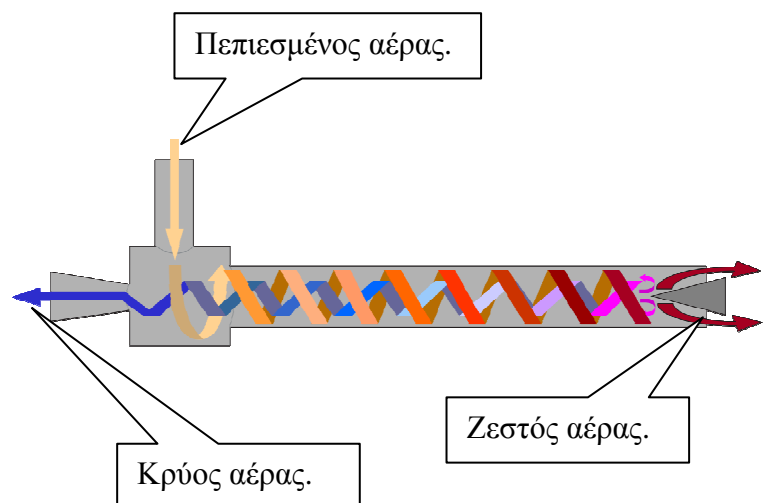
Όμως η Ενέργεια; Παράγεται ενέργεια από το μηδέν μέσω θερμικής μηχανής που εργάζεται μεταξύ θερμού και ψυχρού διαμερίσματος;

Τελικά δεν παράγεται Ενέργεια από το μηδέν. Ο δαίμων πρέπει να προσφέρει μέρος της Ενέργειάς του ώστε να συλλέξει και να επεξεργαστεί την Πληροφορία. Αν μάλιστα είναι η χρησιμοποιεί υπολογιστή, πρέπει να σβήσει την μνήμη RAM του όταν γεμίσει. Και αυτό απαιτεί ενέργεια.

Συναφές πρόβλημα:



Σωλήνας vortex.



Ο πεπιεσμένος αέρας χωρίζεται σε δύο τμήματα. Ένα πολύ ψυχρού αέρα και ένα θερμού.

Εδώ δεν έχουμε μείωση της Εντροπίας;