



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Πρόταση Ψηφιακού Σεναρίου ως Προσχεδίου Εκπαιδευτικού Λογισμικού για τις Δομές της Ύλης

Μεταπτυχιακός φοιτητής:

Νικόλαος Βενιζέλος

A.M.: 215402

Επιβλέπων Καθηγητής:

Γεώργιος Θεόφ. Καλκάνης

ΟΜΟΤΙΜΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΟΥ ΠΤΔΕ ΑΘΗΝΩΝ

ΑΘΗΝΑ 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Έχοντας ολοκληρώσει τη διπλωματική μου εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον επιβλέποντα καθηγητή μου, **κ. Καλκάνη Θ. Γεώργιο**, Ομότιμο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αθηνών, για τη συνεχή και πολύτιμη καθοδήγηση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου, μα κυρίως για την αγάπη που μου εμφύσησε για τις Φυσικές Επιστήμες.

Ευχαριστώ, επίσης, τον **κ. Καπότη Ευστράτιο**, Διδάκτορα του Πανεπιστημίου Αθηνών, για την πολύτιμη βοήθειά του και την αδαπάνητη υπομονή που επέδειξε στις επίμονες και ατέλειωτες απορίες μου.

Περίληψη

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρουσιάζουμε μια πρόταση εκπαιδευτικού ψηφιακού σεναρίου που συνιστά προσχέδιο για τη δημιουργία εκπαιδευτικού λογισμικού. Προτείνουμε, λοιπόν, μια διδακτική παρέμβαση βασισμένη στην επιστημονική / εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση και στην ψηφιακή τεχνολογία. Σκοπός της διδακτικής παρέμβασης είναι να βοηθήσει τους μαθητές της Β' Γυμνασίου να αντιληφθούν πώς εκφράζεται στην πράξη η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στον μικρόκοσμο και τον μακρόκοσμο, η οποία αποτελεί και το κλειδί για την ερμηνεία πολλών μακροσκοπικών φυσικών φαινομένων, ειδικά εκείνων που αναφέρονται στη θερμότητα. Πρωταρχικός στόχος είναι η κατανόηση ενός βασικού κορμού εννοιών, που σχετίζονται σε πρώτη φάση με τα κύρια στάδια εξέλιξης του Σύμπαντος (από τη Μεγάλη Έκρηξη μέχρι σήμερα), με τα «συστατικά» της ύλης, καθώς και με τον τρόπο που αυτή δομείται και συγκροτείται (λ.χ. στοιχειώδη σωματίδια, θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις, άτομα, μόρια, χημικά στοιχεία, χημικές ενώσεις, μίγματα, υλικά σώματα). Υπό το πρίσμα του μοντέλου του μικρόκοσμου, παρουσιάζονται στη συνέχεια έννοιες που αφορούν στις κινήσεις των σωματιδίων (θερμότητα-θερμοκρασία-θερμική ενέργεια), στις φυσικές καταστάσεις των υλικών σωμάτων (στερεή-υγρή-αέρια κατάσταση) και σε ορισμένα φαινόμενα που σχετίζονται με τις κινήσεις αυτές (συστολή-διαστολή υλικών). Ανάμεσα στις έννοιες που εξετάζονται είναι και αυτές της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας, σε συνδυασμό μάλιστα με τη θερμική αγωγιμότητα. Η διδακτική πρόταση ολοκληρώνεται με τη μικροσκοπική ερμηνεία μερικών μακροσκοπικών θερμικών φαινομένων (αλλαγή φυσικής κατάστασης, ροή θερμότητας σε στερεά-υγρά-αέρια υλικά σώματα, θερμική ισορροπία). Το λογισμικό, που σκοπεύουμε στο μέλλον να δημιουργήσουμε επί τη βάση του συγκεκριμένου ψηφιακού σεναρίου, πιστεύουμε πως θα καταστεί πολύτιμο εργαλείο, όχι απλά επειδή θα αξιοποιεί τη σωματιδιακή θεωρία με τη χρήση προσομοιώσεων του μοντέλου του μικρόκοσμου, αλλά κυρίως γιατί θα ενοποιεί εκπαιδευτικά μικρόκοσμο και μακρόκοσμο με έναν ιδιότυπο τρόπο, που δεν είναι άλλος από την παρουσίαση των εννοιών της φυσικής στο πλαίσιο της αφήγησης μιας ιστορίας (αλλά και στο πλαίσιο της αφήγησης της ιστορίας του Σύμπαντος), σε συνδυασμό μάλιστα με την ανάδειξη μοτίβων (και αναλογιών), τα οποία θα χρησιμεύσουν ως εργαλεία ερμηνείας, αναδόμησης εσφαλμένων προϋπαρχουσών αντιλήψεων και γενικεύσεων.

Λέξεις/έννοιες-κλειδιά

Θεωρία μεγάλης έκρηξης, δομή ύλης, πρότυπο μικρόκοσμου, αλλαγή φυσικής κατάστασης, θερμότητα-θερμοκρασία-θερμική ενέργεια, ροή θερμότητας σε στερεά-υγρά-αέρια υλικά σώματα, θερμική ισορροπία, προϋπάρχουσες αντιλήψεις μαθητών, προσομοιώσεις, ψηφιακό σενάριο, εκπαιδευτικό λογισμικό, μοτίβο, αναλογία, επιστημονική / εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση, storytelling.

Abstract

In the context of this diploma thesis, we present a proposal for an educational digital scenario that constitutes a draft for the creation of educational software. We, therefore, propose a teaching intervention based on scientific / educational research methodology and digital technology. Purpose of the teaching intervention is to help students of the Second High School Class to apprehend how the relationship between microcosm and macrocosm is expressed in practice, which is the key to the interpretation of many macroscopic natural phenomena, especially those related to heat. The primary objective is to understand a basic body of concepts that are related, firstly, to the main stages of evolution of the Universe (from the Big Bang to the present), to the "components" of matter, and to the way it is constructed and assembled (e.g. elementary particles, fundamental interactions, atoms, molecules, chemical elements, chemical compounds, mixtures, material bodies). In the light of the microcosm model, concepts related to the particle movements (heat-temperature-thermal energy), the physical states of material bodies (solid-liquid-gaseous state) and some phenomena associated with these movements (shrinkage-dilation of materials, are presented below. Among the concepts considered, there are also the mass, the volume and the density, in combination with thermal conductivity. The teaching proposal is completed by the microscopic interpretation of some macroscopic thermal phenomena (change of physical state, heat flow to solid-liquid-gas bodies, thermal equilibrium). The software we intend to build on this digital scenario in the future, is expected to become a valuable tool, not just because it reclaims the particle theory using simulations of the microcosm model, but mainly because it links educationally microcosm and macrocosm in a peculiar way, that is no different from the presentation of the concepts of physics in the narrative way of a story (but also in the narrative way of the Universe's history), in combination with the

promotion of motifs (and proportions) that are tools of interpretation, reconstruction of incorrect pre-existing perceptions and generalizations.

Key words / concepts

Big-Bang theory, structure of matter, standard of microcosm, change of physical state, heat-temperature-thermal energy, heat flow in solid-liquid-gas bodies, thermal equilibrium, pre-existing student perceptions, simulations, digital scenario, educational software, standard, scientific / educational methodology by inquiry, storytelling.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	9
Θεωρητικό πλαίσιο - Φιλοσοφία ψηφιακού σεναρίου/εκπαιδευτικού λογισμικού	10
1) Η αφήγηση ως παιδαγωγική στρατηγική στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών -Storytelling	10
2) Τα μοτίβα-πρότυπα και οι αναλογίες ως εργαλεία ερμηνείας των φαινομένων.....	15
2α. Μοτίβα-πρότυπα.....	15
2β. Αναλογίες.....	18
3) Επιστημονικά μοντέλα, προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις φυσικών φαινομένων στην κλίμακα μακρόκοσμου και μικρόκοσμου.....	19
3α. Επιστημονικά μοντέλα.....	19
3β. Προσομοιώσεις.....	21
3γ. Οπτικοποιήσεις.....	21
4) Αξιοποίηση εκπαιδευτικού ψηφιακού σεναρίου και εκπαιδευτικού λογισμικού - Το «στοίχημα» της μεταξύ τους συνάφειας.....	22
4α. Εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο.....	22
4β. Εκπαιδευτικό λογισμικό.....	24
4γ. Χρήση υλικών και ψηφιακών πόρων για τη δημιουργία του εκπαιδευτικού λογισμικού	27
5) Ο Ρόλος της εικόνας στη διδασκαλία εννοιών των φυσικών επιστημών...27	
6) Επιστημονική μεθοδολογία και Επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία με Διερεύνηση.....	28
6α. Επιστημονική μεθοδολογία.....	28
6β. Επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία με Διερεύνηση.....	29

7) Οι αρχικές-προϋπάρχουσες ιδέες/αντιλήψεις των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες των φυσικών επιστημών.....	33
7α. Αρχικές ιδέες.....	33
7β. Αρχικές ιδέες των παιδιών για τη σωματιδιακή δομή των υλικών σωμάτων.....	34
7γ. Αρχικές ιδέες των παιδιών για τη θερμότητα και για τις έννοιες (και τα φυσικά φαινόμενα) που σχετίζονται με αυτή.....	34
8) Θεωρία της μεγάλης «έκρηξης» και εκπαιδευτικό πρότυπο του μικρόκοσμου.....	35
Εκπαιδευτική Πρόταση.....	37
ΔΟΜΗ ΑΦΗΓΗΣΗΣ ΨΗΦΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	38
Διδακτικοί Στόχοι του ψηφιακού σεναρίου.....	41
ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ: «ΤΑΞΙΔΙ... ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ».....	43
1 ^ο ΜΕΡΟΣ.....	43
ΠΡΑΞΗ Α (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1-12).....	43
ΠΡΑΞΗ Β (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1, 2: I-III).....	49
1 ^η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ.....	50
ΔΙΑΣΤΟΛΗ-ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΣ-ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΑ-ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ.....	53
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ.....	56
ΠΥΡΗΝΕΣ.....	58
ΑΤΟΜΑ.....	60
ΒΑΡΥΤΗΤΑ.....	65
ΜΑΖΑ-ΥΛΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ.....	65
ΜΟΡΙΑ-ΥΛΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ-ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ.....	72
2 ^η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ.....	76
2 ^ο ΜΕΡΟΣ.....	99
ΠΡΑΞΗ Γ (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1-4).....	99
ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΛΗΣ: ΣΤΕΡΕΑ-ΥΓΡΑ-ΑΕΡΙΑ ΥΛΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ.....	99
1 ^ο ΠΕΙΡΑΜΑ.....	101

2 ^ο ΠΕΙΡΑΜΑ.....	103
3 ^η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ.....	104
ΣΤΕΡΕΑ-ΥΓΡΑ-ΑΕΡΙΑ.....	110
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ.....	112
ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ.....	114
ΜΑΖΑ-ΟΓΚΟΣ.....	118
ΣΥΣΤΟΛΗ-ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΥΛΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ.....	119
ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	121
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΙΑ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΛΛΗ.....	123
ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ.....	130
4 ^η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ.....	132
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ.....	139
5 ^η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ.....	140
3 ^ο ΜΕΡΟΣ.....	141
ΠΡΑΞΗ Δ (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1 - 6).....	141
Α.ΠΕΙΡΑΜΑ (Μετάδοση Θερμότητας με Αγωγή).....	144
Β.ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ (Μεταφορά Θερμότητας με Ρεύματα).....	146
Γ.ΠΕΙΡΑΜΑ (Διάδοση Θερμότητας ως Ακτινοβολία).....	152
Δ.ΠΕΙΡΑΜΑ (Θερμική Ισορροπία).....	155
ΤΕΛΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ.....	159
Συμπεράσματα-Προτάσεις.....	180
Βιβλιογραφία.....	183

Εισαγωγή

Μέσα από ένα πλήθος ερευνών έχει αναδειχθεί εις πολλαπλούν η αδυναμία των μαθητών να αντιληφθούν και να χειριστούν επαρκώς ένα συνδυασμό εννοιών (και προεκτάσεών τους) που αφορούν αφενός στην ύλη και αφετέρου σε ορισμένα από τα μακροσκοπικά φαινόμενα που σχετίζονται με τις κινήσεις των σωματιδίων (Nakhleh & Samarapungavan, 1999; Wisner & Smith, 2012a). Και ενώ το επιστημονικό και εκπαιδευτικό πρότυπο του μικρόκοσμου εδράζεται σε απλές αρχές, με τις οποίες είναι εφικτό να παραχθούν, μέσω της κατάλληλης καθοδήγησης, διαφόρων ειδών μοτίβα, ή και αναλογίες, που θα διευκόλυναν την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων, ωστόσο οι μαθητές συνεχίζουν να αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση αυτών των εννοιών, οι οποίες μάλιστα είναι συνάρτηση του γεγονότος ότι τα παιδιά και οι έφηβοι έχουν αυθόρμητα κι από πολύ νωρίς προχωρήσει στον σχηματισμό δικών τους ερμηνειών που διαφέρουν μάλιστα από τις αντίστοιχες επιστημονικές (Χαλκιά, 2016). Θεωρούμε ότι η ανάσχεση αυτών των δυσκολιών μπορεί να υπηρετηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό μέσα από ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο που θα συνδυάζει τα παιδαγωγικά και επιστημονικά οφέλη από τις ακόλουθες περιοχές της επιστημονικής και της εκπαιδευτικής πράξης: α)Θεωρία της Μεγάλης «Εκρηξης» και εκπαιδευτικό πρότυπο του μικρόκοσμου, β)Προϋπάρχουσες αντιλήψεις, γ)Επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση, δ)Εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο και εκπαιδευτικό λογισμικό, ε)Επιστημονικά μοντέλα, προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις φυσικών φαινομένων στην κλίμακα μακρόκοσμου και μικρόκοσμου, στ)Μοτίβα και αναλογίες (αναπαραστάσεις κανονικοτήτων), ζ) Εικόνα στις φυσικές επιστήμες και η) Αφήγηση (Storytelling).

Θεωρητικό πλαίσιο - Φιλοσοφία ψηφιακού σεναρίου/εκπαιδευτικού λογισμικού:

1) Η αφήγηση ως παιδαγωγική στρατηγική στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών -Storytelling

Το εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο του εκπαιδευτικού λογισμικού (και κατά συνέπεια το ίδιο το λογισμικό) απαρτίζεται από αλληλοδιαδεχόμενα στάδια. Ο καθορισμός των σταδίων γίνεται καταρχάς με γνώμονα τη συγγένεια των εννοιών που παρουσιάζονται, ενώ σε δεύτερο επίπεδο οργάνωσης της δομής του σεναρίου, η διάκριση ανάμεσα στα στάδια αυτά ακολουθεί τα βασικά βήματα της επιστημονικής/εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση. Η είσοδος (με ξεχωριστό κωδικό) σε κάθε επόμενο στάδιο πραγματοποιείται μετά από επιτυχή διεκπεραίωση κάποιας «δοκιμασίας». Κάθε «δοκιμασία» συνιστά την καταληκτική φάση ενός διερευνητικού ταξιδιού, ενός άτυπου «παιχνιδιού θησαυρού», το κύριο χαρακτηριστικό του οποίου είναι η συναρμολόγηση διαφόρων γεγονότων από τη μια και φυσικών φαινομένων και εννοιών από την άλλη. Αυτό συντελείται αρχικά στο πλαίσιο της ιστορίας της εξελικτικής πορείας του Σύμπαντος και κατόπιν στο πλαίσιο της αφήγησης μια σειράς περιστατικών, που σχετίζονται με την καθημερινότητα ορισμένων προσώπων. Τα πρόσωπα αυτά προέρχονται από μια σχολική κοινότητα και αποτελούν στην πραγματικότητα αποκύημα της φαντασίας του μοναδικού ήρωα-πρωταγωνιστή του εν λόγω σεναρίου, ο οποίος είναι ένας έφηβος.

Οι έννοιες, τα φυσικά φαινόμενα και η ιστορία του Κόσμου συνδέονται ομαλά και συμπλέκονται αρμονικά με τα ιδιαίτερα γεγονότα μιας φανταστικής ιστορίας, την οποία πλάθει ο βασικός ήρωας της αφήγησης, που παρακινείται από την εσωτερική του ανάγκη να διερευνήσει, να ανακαλύψει, να ερμηνεύσει και να γνωρίσει τον φυσικό κόσμο. Κάθε νέα γνώση που αποκτά, την μπολιάζει στον κορμό μιας ακολουθίας γεγονότων, φυσικών και ιστορικών. Αυτή ακριβώς η ακολουθία εξασφαλίζει την ενότητα, τη συνέχεια και την επιτυχία της μαθησιακής πορείας που διανύει. Από την άλλη, οι φυσικοί μηχανισμοί που εκδηλώνονται στην κλίμακα του μικρόκοσμου και τα μοτίβα/οι αναλογίες που μπορούν να αναδυθούν μέσα από αυτούς, «συντονίζονται» εκπαιδευτικά στην προοπτική της ερμηνείας μακροσκοπικών θερμικών φαινομένων. Κάθε έννοια που εξετάζεται γύρω από τα φαινόμενα μεταμορφώνεται σε μια μικρή «αφήγηση», η οποία εντάσσεται ομαλά στο πλαίσιο μιας ενιαίας ιστορίας, που φαίνεται

ιδιαίτερα οικεία στα παιδιά και στους εφήβους. Γι' αυτό και είναι εύληπτη, κατανοητή και απομνημονεύεται αυθόρμητα.

Επίσης, ο προσωπικός τρόπος σκέψης του κεντρικού ήρωα, ο ιδιαίτερος χαρακτήρας των ιδεών του, που παρουσιάζονται μέσα από διαλόγους μεταξύ φανταστικών προσώπων, καθώς και η ξεχωριστή οπτική του απέναντι στα γεγονότα της φυσικής πραγματικότητας συνθέτουν μια μοναδική ιστορία και δίνουν έναν ξεχωριστό τόνο. Κάτι τέτοιο υποβοηθά τη μαθησιακή διαδικασία, καθώς το προσωπικό στίγμα που συνοδεύει την πορεία ανακάλυψης της πραγματικότητας, δηλαδή τα συγκεκριμένα βιώματα και οι εμπειρίες που δηλώνονται ξεκάθαρα μέσα στην αφήγηση, είναι το κλειδί για τη σύνδεση των εννοιών και την ανώδυνη αφομοίωσή τους. Κι αυτό γιατί - λόγω της «φύσης» τους- οι προσωπικές εμπειρίες, όταν εξιστορούνται, οδηγούν συνήθως τον ακροατή σε ταύτιση με την προσωπική οπτική. Με την ταύτιση αυτή γίνονται οικεία όχι μόνο τα πρόσωπα και τα γεγονότα μιας ιστορίας αλλά σχεδόν και κάθε πληροφορία, ιδέα, έννοια και γνώση που αναφέρεται. Άλλωστε, η αφήγηση προσωπικών εμπειριών δύσκολα αφήνει αδιάφορο έναν ακροατή. Όταν η επιστημονική γνώση μεταμορφώνεται σε εκπαιδευτική γνώση, τότε το μέσο που αναλαμβάνει ένα τέτοιο έργο (δηλαδή η ίδια η εκπαιδευτική πράξη) οφείλει να έχει συγκεκριμένο κι όχι αφηρημένο ή «χλιαρό» χαρακτήρα.

Σε κάθε περίπτωση, λοιπόν, η διδασκαλία, για να είναι λυσιτελής, οφείλει να χρησιμοποιεί εργαλεία που με παράλληλο τρόπο θα συνδέουν, χωρίς να συγχέουν, την καθαρή γνώση με αφηγήματα, τα οποία διακρίνονται για τον ιδιαίτερο και ξεχωριστό τους χαρακτήρα. Συνεπώς, οι γνωστικοί στόχοι δεν πρέπει να αναπτύσσονται «στο κενό», αλλά αντιθέτως πρέπει να συμπληρώνονται και να πλαισιώνονται από μέσα που θα τους προσδώσουν συγκεκριμένο νόημα και αξία. Γνώση και ιστορία συντονίζονται σε έναν κοινό ερμηνευτικό άξονα, ο οποίος εγγυάται σε μεγάλο βαθμό την άνετη επίτευξη των μαθησιακών στόχων.

Άλλωστε, η πλαισίωση της γνώσης από αφηγήσεις γεγονότων, που αναφέρονται σε εμπειρίες προερχόμενες από διάφορα πρόσωπα, εμπεριέχουν το στοιχείο των πολλαπλών προοπτικών και απόψεων, το οποίο, βέβαια, συνάδει με τις βασικές αρχές της κοινωνικής εποικοδομητικής προσέγγισης στη μάθηση (Κοινωνικός εποικοδομισμός-Κοινωνικοπολιτισμική θεωρία του Vygotsky). Ο ρόλος που διαδραματίζουν στην οικοδόμηση της γνώσης η κοινωνική εμπειρία και η

αλληλεπίδραση μέσα στο κοινωνικό-πολιτισμικό συγκείμενο είναι, σύμφωνα με τον Vygotsky, καθοριστικός και πολύτιμος (Vygotsky, 2000). Ούτως ή άλλως, ακόμη κι η αφήγηση που έχει σαν θέμα την ιστορία των φυσικών επιστημών, συνιστά καρπό πολιτισμικής προέλευσης και προϊόν πολιτισμικής δράσης, δεδομένου ότι οι επιστημονικές θέσεις και απόψεις που εκφράζονται μέσα σε αυτή έχουν συγκεκριμένη πολιτισμική χροιά και κατεύθυνση.

Η αφήγηση στην εκπαιδευτική διαδικασία προσφέρει ευκαιρίες για διερεύνηση και επιτρέπει στα παιδιά να μεταφέρονται με τη φαντασία τους σε ένα περιπετειώδες περιβάλλον, το οποίο παρέχει ποικίλα ερεθίσματα και πλήθος ευκαιριών, τέτοιων ώστε να δοκιμάζουν συνεχώς τη σκέψη τους σε διάφορα προβλήματα. Μπορούν, παράλληλα, και να διερευνήσουν τις διαφορετικές πτυχές εκάστου των προβλημάτων και να επινοήσουν εναλλακτικές στρατηγικές επίλυσης του, δηλαδή καινούριους τρόπους σκέψης. Έτσι, οικοδομούν νέα γνωστικά σχήματα με τη χρήση αναλογικών και μεταφορικών συλλογισμών και δημιουργούνται γέφυρες από τον καθημερινό στην επιστημονική υπό διερεύνηση γνώση (Κολιόπουλος, 2006).

Η παρώθηση για τη μελέτη των γνωστικών αντικειμένων που προέρχονται από τον κόσμο της φυσικής, προάγεται με τον καλύτερο τρόπο, όχι μόνο μέσω της περιέργειας ή της επιθυμίας για ικανοποίηση πνευματικών αναγκών, αλλά συγχρόνως και μέσω της συναισθηματικής εμπλοκής με το θέμα που διερευνάται. Και η βάση πάνω στην οποία κτίζεται και καλλιεργείται η συναισθηματική εμπλοκή δεν είναι άλλη από την αφήγηση ιστορίας. Μέσα από την αυθόρμητη συμπλοκή φυσικών φαινομένων, εννοιών και προσώπων εξασφαλίζεται η ταυτόχρονη ενεργοποίηση της λογικομαθηματικής και συναισθηματικής νοημοσύνης. Το πάντρεμα λογικής και συναισθήματος δεν σημαίνει σε καμιά περίπτωση ότι λειτουργεί σε βάρος της αντικειμενικής και ορθής κρίσης, δεδομένου ότι η αφήγηση ιστορίας καλύπτει κυρίως δευτερεύουσες ανάγκες του υποκειμένου και υπηρετεί εκείνες τις πτυχές της μαθησιακής διαδικασίας που αντιστοιχούν μόνο στη νοηματική πλαισίωση και στη συγκεκριμενοποίηση του γνωστικού αντικειμένου. Παραδείγματα τέτοιων αναγκών αποτελούν η ανάγκη για διαρκή νοηματοδότηση του κόσμου καθώς και η ανάγκη της εννοιολογικής συνοχής της γνώσης και η σύνδεσή της με την καθημερινότητα και την προσωπική εμπειρία.

Προς επίρρωση των προηγούμενων, ο Rowcliffe (2004) υποστηρίζει ότι η αφήγηση ιστοριών συμβάλλει καθοριστικά στην καλλιέργεια της φαντασίας κατά την παιδική

και εφηβική ηλικία, και την ίδια στιγμή πιστεύει ότι η φαντασία είναι το βασικό όχημα της μάθησης, γι' αυτό και η μάθηση θα πρέπει να πραγματοποιείται διαμέσου ιστοριών. Με την αφήγηση ο εκπαιδευτικός δίνει νόημα στη διδασκαλία και αναπτύσσει τη φαντασία και τα συναισθήματα των παιδιών. Όταν τα παιδιά ακούνε ιστορίες, δημιουργούν νοητές εικόνες, συνδέοντας το περιεχόμενο της ιστορίας με κάτι προσωπικό τους και κάνοντας συσχετίσεις με τις προηγούμενες εμπειρίες τους. Συν τοις άλλοις, η ιστορία θα μπορούσε να λειτουργήσει ως μέσο αναδόμησης των αρχικών αντιλήψεων των παιδιών.

Ο Klassen (2009) αναφέρει πως το να διηγείται κανείς ιστορίες, κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, μπορεί να οξύνει την κριτική ικανότητα, διευκολύνοντας έτσι τη μάθηση. Συγκεκριμένα αυξάνει τις δεξιότητες των παιδιών στην έρευνα και την οργάνωση πληροφοριών και αναπτύσσει το ενδιαφέρον για το υπό διερεύνηση φαινόμενο.

Ωστόσο, η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών θέτει ένα σημαντικό ζήτημα που αφορά στον βαθμό ανάπτυξης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που εμπεριέχουν το στοιχείο της αφήγησης (Rocard et al., 2007). Στη σχετική βιβλιογραφία αναφέρεται ότι υπάρχουν περιορισμένες διδακτικές παρεμβάσεις που αξιοποιούν την αφήγηση ως στρατηγική διδασκαλίας. Στο πλαίσιο της έρευνας εξετάστηκε το κατά πόσο διάφορες έννοιες από τις Φυσικές Επιστήμες έχουν γνωστοποιηθεί σε μαθητές μέσω κάποιας αφήγησης (Negrete & Lartigue, 2004; Παπαδόπουλος, 2013).

Οι Lynch και Fleming (2007) τονίζουν τον πολυδιάστατο χαρακτήρα της αφήγησης ιστοριών. Οι αφηγήσεις περιλαμβάνουν πληροφορίες, οι οποίες ενσωματώνουν προφορικά, οπτικά και άλλα αισθητηριακά στοιχεία. Συνεπώς, μέσω αυτών, ένα μεγάλο μέρος γνωστικών διαδικασιών που ενισχύουν τη μάθηση ενεργοποιείται, γι' αυτό μπορούμε και μιλάμε για πολύπλευρη ανάπτυξη της προσωπικότητας σε διάφορα επίπεδα, όπως στο προφορικό επίπεδο, στο οπτικό, στο διαπροσωπικό, στο ενδοπροσωπικό, στο νατουραλιστικό και στο γνωστικό. Το τελικό αποτέλεσμα από μια τέτοια ενσωμάτωση φανερώνει ότι, κατά την ανάπτυξη του περιεχομένου μιας ιστορίας, δεν έχει σημασία τόσο η παράθεση των συστατικών στοιχείων/εννοιών, όσο η ίδια η διαλογική αλληλεπίδρασή τους.

Η αφήγηση ιστορίας προτάθηκε ως εκπαιδευτικό εργαλείο για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών τη δεκαετία του 1990. Η προσέγγιση αυτή έτυχε μεγάλης

προσοχής και αποδοχής και χρησιμοποιήθηκε με διάφορους τρόπους και για την επίτευξη διαφόρων σκοπών (Allchin 2012, Clough 2011, Kokkotas and Kokkotas 2014), όπως για παράδειγμα για την κατανόηση από την πλευρά των μαθητών της πραγματικής φύσης της επιστήμης και για την καλλιέργεια ανάλογων στάσεων και αντιλήψεων που συνάδουν με τις διαχρονικές επιταγές της επιστημονικής ερευνητικής διαδικασίας (όπως είναι λ.χ. η σημασία και η αξία του πειραματισμού) (Hansson, L et al., 2019).

Ωστόσο, υπάρχουν ελάχιστα στοιχεία σχετικά και με την πραγματική έκταση της χρήσης της αφήγησης ιστορίας κατά τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών των φυσικών επιστημών και με τα αποτελέσματα από την εφαρμογή μιας τέτοιας προσέγγισης (Hansson, L et al., 2019). Εξαίρεση αποτελεί η μελέτη του Hadzigeorgiou et al. (2012), με την οποία διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές που έμαθαν ορισμένες προσωπικές πτυχές του έργου του Τέσλα παρακινήθηκαν περισσότερο στο να γνωρίσουν σε βάθος το περιεχόμενο των επιστημονικών πεδίων με τα οποία είχε εμπλακεί. Σύμφωνα με τους Klassen και Froese Klassen (2014) είναι σημαντικό για μια αφήγηση ιστορίας να περιλαμβάνει τόσο ένα επιστημονικό περιεχόμενο όσο κι ένα ιστορικό πρόσωπο που είναι ο πρωταγωνιστής της ιστορίας.

Η εκπαιδευτική διαδικασία που λαμβάνει υπόψη την αφήγηση ιστορίας στο πλαίσιο της ανάπτυξης εννοιών που προέρχονται από τις φυσικές επιστήμες έχει και τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

Πρώτα και κύρια, οι αφηγήσεις παρουσιάζουν συνήθως κάποια ευελιξία, με την έννοια ότι μπορεί να δοθεί επιλεκτικά έμφαση σε ορισμένες πτυχές του περιεχομένου μιας ιστορίας. Τότε είναι εύκολο για τον υπεύθυνο της εκπαιδευτικής διαδικασίας να προσαρμόσει την αφήγηση στις ανάγκες των εκπαιδευόμενων (Hansson, L et al., 2019).

Δεύτερον, μια συγκεκριμένη ιστορία μπορεί να ειπωθεί με διάφορους τρόπους, ακόμη και να παραλλαχθεί, προκειμένου να καλυφθούν δυσκολίες που προκύπτουν από την ενσωμάτωση επιστημονικών όρων στην αφήγηση (Hansson, L et al., 2019).

Συνάμα, μέσα από την ίδια την πλοκή της ιστορίας, δηλαδή μέσα από την περιγραφή συγκεκριμένων γεγονότων και καταστάσεων, προβάλλονται ζητήματα που σχετίζονται με τη διαδικασία παραγωγής αληθούς γνώσης. Έτσι, ανακινούνται θέματα που έχουν να κάνουν με την αξιοπιστία και την εγκυρότητα της ερευνητικής μεθόδου που ακολουθεί ο βασικός ήρωας της ιστορίας, καθώς και με τα χαρακτηριστικά που πρέπει

να έχει η επιστημονική μεθοδολογία. Ακόμη κι αν η ανάδειξη ζητημάτων επιστημονικής μεθοδολογίας γίνεται κάπως άτυπα, αφού πραγματοποιείται απλά και μόνο στο πλαίσιο μιας αφήγησης, ωστόσο έχει τεράστια σημασία για την καλλιέργεια ανάλογων στάσεων το να παρουσιάζεται μέσα από την αφήγηση αυτή ένα πλήθος στοιχείων που αφορούν την ίδια την ουσία της επιστήμης. Για παράδειγμα, στοιχεία, που συγκεφαλαιώνουν το επίπονο αλλά και συναρπαστικό ταξίδι του ανθρώπου προς τη γνώση, θα μπορούσαν να είναι ο αρχικός προβληματισμός (ή η ερευνητική αφορμή) του πρωταγωνιστή-ερευνητή, η εσωτερική παρώθηση για εξεύρεση λύσης, οι πρακτικές δυσκολίες και τα εννοιολογικά-επιστημολογικά εμπόδια που συναντά στη συνέχεια καθώς αναζητά λύσεις-απαντήσεις, η πορεία της σκέψης του και η διαδοχή των ιδεών του, η συνέπειά του απέναντι στους κανόνες της λογικής, η δράση τυχαίων παραγόντων που μπορεί ή δεν μπορεί να ελέγξει, η τακτική που επιλέγει για να επιλύσει ένα πρόβλημα, η σημασία που αποδίδει στην επαλήθευση της θεωρίας του αλλά και στον τρόπο που επιλέγει για να την επαληθεύσει κ.ο.κ. Με την αφήγηση, ο ίδιος ο πρωταγωνιστής της ιστορίας αναδεικνύεται σε πρότυπο, ικανό να επηρεάσει και να διαμορφώσει στάσεις που προάγουν την ορθή επιστημονική πρακτική. Την ίδια στιγμή, θα μπορούσε να συμπεράνει κανείς ότι, με αφορμή την εισαγωγή της αφήγησης ιστοριών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, οι πρακτικές που εφαρμόζονται στον χώρο της επιστήμης αποκτούν πολιτισμική χροιά και θεωρούνται πολιτιστικές δράσεις. Άλλωστε, η ίδια η επιστήμη συνιστά, λόγω της ιστορικής της διάστασης, μια ακόμη πτυχή του ανθρώπινου πολιτισμού (Matthews, 2014).

2) Τα μοτίβα-πρότυπα και οι αναλογίες ως εργαλεία ερμηνείας των φαινομένων:

2α. Μοτίβα-πρότυπα

Σε πολλά επιστημονικά πεδία, όπως στις θετικές και στις κοινωνικές επιστήμες, έχει πλέον καθιερωθεί η μελέτη και η χρήση μοτίβων (ή patterns/πρότυπα) και αναλογιών, καθώς τα μοτίβα μπορούν να καταστούν αποτελεσματικά εργαλεία για την κατανόηση εννοιών και για την απόκτηση γνώσεων (Τσικοπούλου, 2007).

Τα μοτίβα είναι χρήσιμα επειδή συνιστούν, με την ευρεία έννοια, απλούς και εύληπτους τρόπους απεικόνισης αφενός μιας κατάστασης ή ενός γεγονότος (φυσικού ή κοινωνικού) και αφετέρου της εμπειρίας, των ιδεών και της γνώσης που γεννά η ίδια η έρευνα. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η επανάληψη ενός βασικού σχήματος, το οποίο μπορεί αφενός να συμβολίζει ένα αντικείμενο ή ένα γεγονός ή μια κατάσταση

ή μια αφηρημένη έννοια, και αφετέρου να εμπεριέχει το στοιχείο της σταδιακής εξέλιξης στη λογική της αλληπάλληλης διαδοχής. Επιπροσθέτως, τα μοτίβα είναι επαναχρησιμοποιήσιμα, καθώς παρέχουν μια έτοιμη διαδικασία προσέγγισης που μπορεί, όποτε κριθεί αναγκαίο, να προσαρμοστεί σε διαφορετικά προβλήματα. Την ίδια στιγμή, πλαισιώνονται από ένα κοινό λεξιλόγιο λύσεων, με το οποίο είναι δυνατόν να εκφραστεί περιληπτικά μια μεγάλη ποικιλία απαντήσεων (Τσικοπούλου, 2007).

Υπό αυτό το πρίσμα, κρίνεται απαραίτητη η ενσωμάτωση μοτίβων στη διδακτική μας πρόταση, τέτοιων που να διευκολύνουν την κατάκτηση εννοιών σχετικών με τη δημιουργία ατόμων, χημικών στοιχείων και υλικών σωμάτων, με την αλλαγή της φυσικής κατάστασης των σωμάτων και, τέλος, με τη θερμότητα. Συνεπώς, η διδακτική στρατηγική που ακολουθείται στο παρόν ψηφιακό σενάριο στοχεύει σε μεγάλο βαθμό στην ανάπτυξη κατάλληλων μοτίβων και αναλογιών (Τσικοπούλου, 2007).

Οι επιστημονικές περιοχές που μελετούν τα μοτίβα είναι αρκετές. Ωστόσο, η χρήση τους είναι συχνότερη κατά την πραγμάτευση μαθηματικών εννοιών. Από την άλλη, η στενή σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη Φυσική και τα Μαθηματικά επιτρέπει την ανταλλαγή ή τον δανεισμό μοτίβων, πράγμα το οποίο κρίνεται αναγκαίο και απαραίτητο, ιδίως στην περίπτωση κατά την οποία υπηρετούνται σκοποί που αφορούν την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων και την κατανόηση εννοιών, οι οποίες προέρχονται από μοντέλα και πρότυπα που περιγράφουν τη φύση (Τσικοπούλου, 2007).

Τα μοτίβα-πρότυπα πραγματικά ή φανταστικά, οπτικά ή διανοητικά, στατικά ή δυναμικά, ποιοτικά ή ποσοτικά, περισσότερο ή λιγότερο χρηστικά, ή απλώς ψυχαγωγικά, προκύπτουν από την παρατήρηση του φυσικού κόσμου παράλληλα και σε συνδυασμό με τη δραστηριοποίηση του ανθρώπινου νου, ο οποίος κατατείνει στο να προδίδει πάντα νόημα σε καθετί υπαρκτό (συγκεκριμένο νόημα). Ακολουθώντας την αναλογική προσέγγιση μέσω της χρήσης μοτίβων-προτύπων (ιδίως των μαθηματικών) κατά την πορεία διερεύνησης της πραγματικότητας, η επιστήμη κατόρθωσε να ξεπεράσει αρκετά εμπόδια μεθοδολογικής φύσεως, κυρίως εκείνα που σχετίζονται με τη λύση προβλημάτων και την ερμηνεία φαινομένων. Μέσα από την οπτική των αναλογιών, οδηγήθηκε στην ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών καταγραφής, κατηγοριοποίησης, συσχετίσεων και γενικεύσεων και, με τον τρόπο αυτό, κατέληξε αβίαστα στην ερμηνεία πολλών δεδομένων, τα οποία προέρχονται από

φαινόμενα ή καταστάσεις που επαναλαμβάνονται-ανακυκλώνονται (Τσικοπούλου, 2007).

Η αναγνώριση των μοτίβων-προτύπων μελετάται σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένης της Ψυχολογίας, της Ηθολογίας (πρότυπα συμπεριφοράς των ζώων) και της Πληροφορικής. Ένα μοτίβο-πρότυπο λογισμικού είναι μια γενική επαναλαμβανόμενη λύση σε ένα συχνά εμφανιζόμενο πρόβλημα, που μπορεί να μετασχηματιστεί άμεσα σε κώδικα. Είναι μια περιγραφή ή ένα πρότυπο για το πώς να λυθεί ένα πρόβλημα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές διαφορετικές καταστάσεις (Τσικοπούλου, 2007).

Κατά τη διερεύνηση των μοτίβων-προτύπων, ο επιστήμονας υποθέτει, δοκιμάζει, ελέγχει, εκφράζει περιφραστικά και γενικεύει. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, εντοπίζει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των μοτίβων-προτύπων, ανακαλύπτει έννοιες και σχέσεις, αναπτύσσει ένα σύνολο όρων-λέξεων για να περιγράψει τα μοτίβα-πρότυπα, ταυτίζει ή διακρίνει ένα συγκεκριμένο μοτίβο-πρότυπο με/από άλλα που έχουν ήδη μελετηθεί κ.λπ. Επίσης, όταν μελετά τις σχέσεις μεταξύ των ποσοτήτων σ' ένα μοτίβο-πρότυπο, καταλήγει σε μαθηματικές σχέσεις και συναρτήσεις (Τσικοπούλου, 2007).

Τα μοτίβα-πρότυπα οργανώνουν την συγκεχυμένη πληροφορία που προέρχεται από το πλούσιο σε ερεθίσματα περιβάλλον και κάτι τέτοιο βοηθά στην καλύτερη και πληρέστερη κατανόηση του φυσικού κόσμου. Εκτός από την Αριθμητική και τη Γεωμετρία, και η Φυσική ασχολείται, μέσω των μαθηματικοποιημένων μοντέλων των φυσικών φαινομένων, με παρατηρήσεις, μετρήσεις και στοιχεία που προέρχονται από τον φυσικό κόσμο, καθώς και με την επαγωγή, την αφαίρεση και την απόδειξη. Αυτές οι πτυχές της επιστημονικής πρακτικής σχετίζεται άμεσα με τη μελέτη κανονικοτήτων και δομών, δηλαδή με τη μελέτη των μοτίβων-προτύπων και της τάξης. Ο βασικός σκελετός των επιστημονικών θεωριών δεν είναι, για παράδειγμα, τα μόρια και η ενέργεια, αλλά οι αριθμοί, η πιθανότητα, η μορφή, οι επαναλήψεις, οι αλγόριθμοι και η αλλαγή (Τσικοπούλου, 2007).

Ο Devlin Keith (1994) στο πολύ ενδιαφέρον βιβλίο του «Mathematics: The science of Patterns» αναφέρει ότι με τη βοήθεια των Μαθηματικών, που είναι η επιστήμη των προτύπων, έχουν ξεχωρίσει έξι κατηγορίες μοτίβων-προτύπων: Τα πρότυπα αρίθμησης, τα πρότυπα δικαιολόγησης και επικοινωνίας, τα πρότυπα κίνησης και

αλλαγής, τα πρότυπα μορφής, τα πρότυπα συμμετρίας και κανονικότητας και τα πρότυπα θέσης (Τσικοπούλου, 2007).

Παρόλο που τα μοτίβα-πρότυπα των προηγούμενων κατηγοριών εδράζονται στην αφηρημένη μαθηματική λογική, αποτελούν ταυτόχρονα και εργαλεία για την ανίχνευση μοτίβων μέσα στην ίδια τη φύση (δηλαδή, μέσα στη φυσική πραγματικότητα), τα οποία μάλιστα μας βοηθούν να κάνουμε προβλέψεις για το μέλλον αλλά και να κατανοήσουμε το παρελθόν. Με τα πρότυπα αυτά εδραιώνεται η συνοχή μεταξύ των εννοιών της Φυσικής και ερμηνεύεται ένα πλήθος φυσικών φαινομένων με τη χρήση μόνο λίγων, απλών και κοινών σχημάτων-απεικονίσεων. Τα σχήματα αυτά έχουν συμβολικό χαρακτήρα και λειτουργούν στο πλαίσιο της συμβολικής αναπαράστασης μιας πραγματικής κατάστασης ή της έκφρασης μιας αναλογίας μεταξύ κατηγοριών που παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά. Από την άλλη πλευρά, τα μοτίβα-πρότυπα αποδεικνύονται χρήσιμα και απαραίτητα ως ερμηνευτικά εργαλεία στην περίπτωση που είναι ανέφικτη η παρατήρηση, είτε εξαιτίας του πεπερασμένου των ανθρώπινων αισθήσεων είτε λόγω των ακραίων συνθηκών που επικρατούν κατά την εξέλιξη ενός φαινομένου (Τσικοπούλου, 2007).

Η εξερεύνηση μοτίβων-προτύπων σε ρεαλιστικά προβλήματα και η προσπάθεια κατανόησης των σχέσεων και των λειτουργιών των μοτίβων αυτών οδηγεί σε διαδικασίες συμβολικής αναπαράστασης (Karut, 1995). Η συμβολική αναπαράσταση βοηθά στην γενίκευση, δηλαδή στη σύνδεση συγκεκριμένων εννοιών με αφηρημένες μαθηματικές έννοιες (Ferrini-Mindy, Lappan & Phillips, 1997). Η τελική έκβαση μετά από μια τέτοια διαδικασία δεν είναι άλλη από την ερμηνεία και την κατανόηση των βασικών πτυχών της εκδήλωσης των φυσικών νόμων. Τέλος, η γενίκευση χρειάζεται μια ορισμένη περιγραφή με τη χρήση συμβόλων, η οποία δεν συνεπάγεται απαραίτητα τη χρήση γραμμάτων στη θέση συμβόλων. Τα σύμβολα μπορεί να είναι λεκτικά, εικονικά, γεωμετρικά ή αλγεβρικής φύσης (Τσικοπούλου, 2007).

2β. Αναλογίες

Ένα ακόμη χρήσιμο ερμηνευτικό εργαλείο αποτελεί κι η αναλογία. Η αναλογία είναι ένα είδος καθημερινού (αλλά και επιστημονικού) λόγου που βοηθά στην κατανόηση μιας νέας πραγματικότητας, καθώς επιτρέπει συλλογισμούς επί τη βάσει νοητικών εργαλείων, τα οποία έχουν ήδη κατακτηθεί κατά τη διάρκεια της προσπάθειας κατανόησης μιας άλλης πραγματικότητας (Χαλκιά, 2016).

Γενικά, οι αναλογίες χαρακτηρίζονται ως ειδικές νοητικές κατασκευές που επιτρέπουν αντιστοιχίσεις και διασυνδέσεις μεταξύ δύο δομών: της δομής της «βάσης», δηλαδή αυτής που θεωρείται γνωστή, και της δομής του «στόχου», δηλαδή αυτής που θεωρείται αντικείμενο κατανόησης. «Η αναλογία αποδίδει μια μερική σχέση ανάμεσα σε μέρη των δομών της «βάσης» και του «στόχου»..., αλλά καμία ιδιαίτερη ομοιότητα στα χαρακτηριστικά των ίδιων των δομών. Έτσι, μια αναλογία μπορεί να αποδίδει όμοιες λειτουργίες και σχέσεις σε εντελώς ανόμοια πράγματα. Η δομή των σχέσεων διατηρείται, όχι όμως και τα αντικείμενα» (Ραβάνης, 2015).

Μέσω του αναλογικού συλλογισμού επιτυγχάνεται η κινητοποίηση και η προσαρμογή ειδικών γνώσεων, (συγκροτημένων υπό κάποιες συνθήκες σε μια δεδομένη γνωστική περιοχή), ώστε να αντιμετωπιστούν προβλήματα των οποίων τα χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις σχετίζονται με άλλες γνωστικές περιοχές (Ραβάνης, 2015).

3) Επιστημονικά μοντέλα, προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις φυσικών φαινομένων στην κλίμακα μακρόκοσμου και μικρόκοσμου:

3α. Επιστημονικά μοντέλα

Στο πλαίσιο των αρχών της οικοδόμησης της γνώσης (constructivism) από τον ίδιο τον μαθητή, έχουν αναπτυχθεί εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, ιδιαίτερα στον χώρο των φυσικών επιστημών (Lemeignan & Weil-Barais 1997), που υποστηρίζουν τη μαθησιακή διαδικασία μέσω της χρήσης πολλαπλών μορφών αναπαράστασης, μέσω της ενσωμάτωσης των τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας στη διδασκαλία, μέσω της παροχής ευκαιριών δράσης σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας (Ράπτης & Ράπτη 2007Α), δηλαδή σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα που σχετίζονται άμεσα με τον πραγματικό κόσμο, και μέσω της εκμετάλλευσης κοινωνικής εμπειρίας και των δεδομένων που προέρχονται από πολλές ταυτόχρονα προοπτικές. Τα προηγούμενα σημεία αποτελούν, σύμφωνα με τον Boyle, μερικές από τις βασικές αρχές σχεδίασης εκπαιδευτικού λογισμικού εποικοδομητικού τύπου (Μικρόπουλος, 2014).

Σχετικά με τα οφέλη από την παιδαγωγική αξιοποίηση ψηφιακών εκπαιδευτικών περιβαλλόντων, όπως είναι λ.χ. οι γλώσσες προγραμματισμού και τα εικονικά εργαστήρια – προσομοιώσεις, τα αποτελέσματα των ερευνών καταδεικνύουν ότι, μέχρι σήμερα, η ενσωμάτωση τέτοιων τεχνολογικών μέσων πληροφορίας και επικοινωνίας στη σύγχρονη εκπαίδευση έχει αποτιμηθεί θετικά (Μικρόπουλος, 2014). Παρόμοια

αποτελέσματα εμφανίζονται και κατά τη αξιοποίηση εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων (Μικρόπουλος και Στρουμπούλης 2000).

Στο παρόν ψηφιακό σενάριο προβλέπεται η ένταξη δυναμικών μοντέλων, προσομοιώσεων και οπτικοποιήσεων των φυσικών φαινομένων και του μικρόκοσμου. Αυτά τα ψηφιακά εργαλεία θα αποτελούν το βασικό κορμό του εκπαιδευτικού λογισμικού που σκοπεύουμε να δημιουργήσουμε μελλοντικά.

Προς την κατεύθυνση της συμβολικής και αφηρημένης περιγραφής μιας πραγματικής κατάστασης προσανατολίζεται και εκείνο το είδος αναπαράστασης που ονομάζεται επιστημονικό μοντέλο. Το μοντέλο απεικονίζει τις σημαντικές πτυχές ενός συστήματος καθώς και τον τρόπο με τον οποίο αυτές εκδηλώνονται και λειτουργούν. Ο όρος μοντέλο μπορεί να σημαίνει είτε την αναπαράσταση ενός φυσικού συστήματος, κάποιων φαινομένων, διαδικασιών ή δεδομένων, είτε την ερμηνεία μιας θεωρίας, που αποδίδει νόημα στα αξιώματα, στα θεωρήματα, στους κανόνες και στις προτάσεις της θεωρίας. Οι δυο αυτές σημασίες δεν αποκλείονται αμοιβαία, καθώς ένα επιστημονικό μοντέλο έχει συχνά και τις δύο έννοιες, συνδέοντας μια αναπαράσταση του φυσικού κόσμου με μια θεωρία.

Στη γλώσσα των θετικών επιστημών τα επιστημονικά μοντέλα αποτελούν μαθηματικές εκφράσεις μιας κανονικότητας αλλά και εικονικές ή σχηματικές αναπαραστάσεις καταστάσεων. Με άλλα λόγια, τα μοντέλα είναι τεχνικές οντότητες οι οποίες εγκαθίστανται μεταξύ θεωρητικών κατασκευών και πραγματικότητας με στόχο να προσφέρουν τοπικές λύσεις στην αναπαράσταση, την σχηματοποίηση και την κατανόηση των φαινομένων. Τα χαρακτηριστικά αυτά δηλώνουν τη λειτουργική συσχέτιση των επιστημονικών μοντέλων με τα μοτίβα-πρότυπα. Από την άλλη πλευρά, τα μοντέλα θα μπορούσαν να έχουν τη μορφή πειραματικών διατάξεων (Ραβάνης, 2015).

Στην πράξη, η διαδικασία της επιστημονικής μοντελοποίησης περιλαμβάνει τη δημιουργία αφηρημένων, εννοιολογικών, γραφικών ή και μαθηματικών μοντέλων. Η επιστημονική μέθοδος βασίζεται σ' αυτή τη διαδικασία, και χρησιμοποιεί πολλές διαφορετικές τεχνικές και θεωρίες για τη δημιουργία κάθε είδους ειδικών επιστημονικών μοντέλων. Η μοντελοποίηση αποτελεί βασικό και αδιαχώριστο μέρος της επιστημονικής δραστηριότητας, και πολλά επιστημονικά πεδία έχουν τις δικές τους ιδέες και μεθόδους για διάφορα είδη μοντελοποίησης. Τα μοντέλα έχουν αποφασιστικό

ρόλο στην αναπαράσταση της γνώσης, τόσο στην επιστημονική έρευνα όσο και στην εκπαιδευτική διαδικασία (Μικρόπουλος, 2014).

3β. Προσομοιώσεις

Ως προσομοίωση ορίζεται η αναπαράσταση κατάστασης ή αντικειμένου από λογισμικό, με δυνατότητες χειρισμού συνθηκών και παραμέτρων για μελέτη, ώστε να είναι φανερή η σχέση των επιδράσεων των μεταβλητών με την εξέλιξη του φαινομένου που προσομοιώνεται. Στη μαθησιακή διαδικασία, η προσομοίωση θέτει το μαθητή σε καταστάσεις παρόμοιες με την πραγματικότητα που του παρέχουν ανάδραση σε πραγματικό χρόνο για αποφάσεις, δράσεις και ερωτήματα (Μικρόπουλος, 2014)..

Η διαδικασία και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αναπαρίστανται με διάφορους τρόπους, κυρίως ως αριθμητικά δεδομένα και γραφικά. Ως εργαλείο για τη μαθησιακή διαδικασία, η προσομοίωση δείχνει την ισχύ της ιδιαίτερα με τη μορφή της οπτικοποίησης που ορίζεται ως η οπτική αναπαράσταση πληροφοριών ή νοητικών εικόνων. Οι τεχνολογίες της πληροφορίας οδήγησαν στη χρήση υπολογιστικών γραφικών για την επεξεργασία αριθμητικών δεδομένων και την μετατροπή τους σε εικόνες 2 και 3 διαστάσεων (Μικρόπουλος, 2014)..

Με την οπτικοποίηση (visualization), νέα δεδομένα, πληροφορίες και ερωτήματα προκύπτουν και εμφανίζονται από τις δημιουργούμενες εικόνες. Η οπτικοποίηση αποτελεί ένα εργαλείο για ανακάλυψη, κατανόηση, επικοινωνία και διδασκαλία. Η οπτικοποίηση, είτε αναφέρεται στην παρουσίαση δεδομένων είτε σε διεργασίες, υλοποιείται ως εξήγηση με αυθαίρετη αναπαράσταση (animation) ή εξήγηση οδηγούμενη από δεδομένα ή διεργασίες (Μικρόπουλος, 2014)..

3γ. Οπτικοποιήσεις

Ως οπτικοποίηση στη μαθησιακή διαδικασία εννοούμε τον οπτικό ερμηνευτικό πειραματισμό. Ως εκ τούτου αυθαίρετες αναπαραστάσεις σε μορφή κυρίως κινούμενης εικόνας που εμφανίζονται συχνά σε εκπαιδευτικά λογισμικά χωρίς τη βάση των μοντέλων και του αντίστοιχου μαθηματικού μοντέλου - προσομοίωσης, δε θεωρούνται ότι προσφέρουν ιδιαίτερα στη μαθησιακή διαδικασία (Μικρόπουλος, 2014)..

Οι δυναμικές προσομοιώσεις όπως περιεγράφηκαν παραπάνω με απόδοσή τους μέσω της οπτικοποίησης εντασσόμενες σε ένα επικοινωνιακό περιβάλλον αλλά και συμβάλλοντας για τη δημιουργία του, έχουν φέρει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα

στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Μικρόπουλος, 2014). Οι χρήσεις τους είναι πολλές και σημαντικές. Μέσω αυτών, μπορεί να προσομοιωθεί λ.χ. μια κατάσταση επικίνδυνη, πολύ αργή ή πολύ γρήγορη, ένα φαινόμενο που δεν φαίνεται με γυμνό οφθαλμό και ένα υποθετικό θεωρητικό μοντέλο (Ράπτης & Ράπτη 2007Α).

4) Αξιοποίηση εκπαιδευτικού ψηφιακού σεναρίου και εκπαιδευτικού λογισμικού - Το «στοίχημα» της μεταξύ τους συνάφειας:

4α. Εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο

Εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο είναι η περιγραφή ενός ψηφιακού διδακτικού πλαισίου με συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο, καθορισμένους εκπαιδευτικούς στόχους, διδακτικές αρχές και πρακτικές που αξιοποιούν ψηφιακά εργαλεία (Τομέας Επιμόρφωσης και Κατάρτισης EAITY, 2010β). Υλοποιείται μέσα από μια σειρά εκπαιδευτικών βημάτων που καταλήγουν σε συναφείς με το γνωστικό αντικείμενο δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες αυτές αποτελούν τμήματα του σεναρίου και μπορούν, ως προς τις απαιτήσεις τους, να είναι από απλές έως αρκετά σύνθετες. Τα ψηφιακά σενάρια συνάδουν κυρίως με τα ανοικτού τύπου υπολογιστικά περιβάλλοντα, χωρίς βέβαια αυτό να αποκλείει την ενσωμάτωσή τους και σε κλειστά πληροφοριακά συστήματα (Ράπτης & Ράπτη 2007Α).

Ας τονιστεί ότι η περιγραφή ενός ψηφιακού σεναρίου δεν πρέπει να αφορά στον σχεδιασμό δραστηριοτήτων που σχετίζονται εξωτερικά και τυπικά μόνο με κάποιο λογισμικό. Ο δημιουργός ενός ψηφιακού σεναρίου οφείλει να καταθέτει μια ουσιαστική διδακτική πρόταση, η οποία θα είναι αποτέλεσμα εμβάθυνσης τόσο στη διδακτική πρακτική και μεθοδολογία όσο και στο περιεχόμενο της μάθησης. Γι' αυτό και το εκπαιδευτικό σενάριο πρέπει να εκλαμβάνεται περισσότερο ως ένα διδακτικό μοντέλο που διαμορφώνεται επί τη βάση μιας ή περισσότερων ψυχοπαιδαγωγικών θεωριών, οι οποίες δίνουν συγκεκριμένο τόνο στη διδακτική παρέμβαση και καθορίζουν με δυναμικό τρόπο τον χαρακτήρα και την ταυτότητα των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων (Τομέας Επιμόρφωσης και Κατάρτισης EAITY, 2010β).

Μια τυπική δομή ενός εκπαιδευτικού σεναρίου περιλαμβάνει την ταυτότητα του σεναρίου, το πλαίσιο υλοποίησης σεναρίου, τη διδακτική διαδικασία και την υλοποίηση. Ένα διδακτικό σενάριο μπορεί να έχει διάρκεια περισσότερων από μία διδακτικών ωρών.

Σε ό,τι αφορά γενικά στη δομή του, ένα εκπαιδευτικό και δη ψηφιακό σενάριο αποτελείται από (Τομέας Επιμόρφωσης και Κατάρτισης EAITY, 2010β):

- την κεντρική ιδέα που διέπει το σενάριο,
- τους γενικούς σκοπούς και τους μαθησιακούς στόχους,
- τους εμπλεκόμενους και τους ρόλους αυτών (π.χ. μαθητής-εκπαιδευτικός, δημιουργός σεναρίου-χρήστης λογισμικού),
- τις δραστηριότητες που θα πραγματοποιούν οι εμπλεκόμενοι,
- το υποστηρικτικό εκπαιδευτικό υλικό (μαθησιακοί πόροι–αντικείμενα) σε ψηφιακή ή μη μορφή,
- τις Τ.Π.Ε. που προτείνονται προς χρήση (π.χ. εκπαιδευτικό λογισμικό, δικτυακό υλικό κ.α.) και
- τη δημιουργία φύλλων εργασίας για την αξιολόγηση της διαδικασίας.

Σε ό,τι αφορά στην προβληματική των εκπαιδευτικών σεναρίων, αυτά θα ήταν καλό να σχεδιάζονται αφενός με την προϋπόθεση της ορθής επιλογής ποιοτικών και συναφών με τις παιδαγωγικές αρχές εκπαιδευτικών λογισμικών και αφετέρου με το κριτήριο της ενσωμάτωσης σύγχρονων μέσων και υπηρεσιών που προσφέρουν οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση (Τομέας Επιμόρφωσης και Κατάρτισης EAITY, 2010β).

Αναφορικά με το περιεχόμενο και τη μορφή των εκπαιδευτικών σεναρίων, μια γενική διαπίστωση θα έλεγε ότι αυτά εξειδικεύονται συνήθως στα γνωστικά αντικείμενα που καθορίζονται βάσει ΑΠΣ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι ΤΠΕ μπορούν να χρησιμεύσουν ως γνωστικά εργαλεία που θα υποστηρίζουν διερευνητικού τύπου μαθησιακές καταστάσεις και θα προωθήσουν τη διεπιστημονική προσέγγιση εννοιών. Κάτι τέτοιο αφορά κυρίως την ακολουθούμενη διδακτική μεθοδολογία και στρατηγική του σεναρίου. Σύμφωνα, λοιπόν, με τις νέες διδακτικές μεθοδολογικές προτάσεις, η έμφαση των εκπαιδευτικών σεναρίων πρέπει να δίνεται, από τη μια, στην υλοποίηση διδακτικών καταστάσεων που ευνοούν την ανάπτυξη από τους μαθητές γνωστικών δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου και, από την άλλη, στην καλλιέργεια ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων και στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης (Τομέας Επιμόρφωσης και Κατάρτισης EAITY, 2010β).

4β. Εκπαιδευτικό λογισμικό

Ανάμεσα στα βοηθητικά εργαλεία που παρέχουν οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση, το εκπαιδευτικό λογισμικό κατέχει ξεχωριστή θέση στις επιλογές των εκπαιδευτικών. Ως εκπαιδευτική εφαρμογή, το λογισμικό λειτουργεί υποστηρικτικά κατά τη διαδικασία της μάθησης και έχει το πλεονέκτημα να είναι συμβατό και προσαρμοσμένο στα δεδομένα των Νέων Τεχνολογιών. Κριτήρια διαμόρφωσης ενός εκπαιδευτικού λογισμικού αποτελούν κατεξοχήν οι εκπαιδευτικοί σκοποί και οι επί μέρους αναδυόμενοι μαθησιακοί στόχοι, ενώ δεν λείπουν οι εμβόλιμες ενότητες ψυχαγωγίας ή παιχνιδιού (Κόμης, 2004).

Με την αυστηρή έννοια του όρου, ένα εκπαιδευτικό λογισμικό εμπεριέχει διδακτικούς στόχους, ολοκληρωμένα σενάρια, interface και αλληγορίες με παιδαγωγική σημασία, και κυρίως επιφέρει συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα (Μικρόπουλος, <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http://www.epyna.eu/show/isigisi6.doc>).

Τα εκπαιδευτικά λογισμικά θα μπορούσαν να υπαχθούν στον εκπαιδευτικό-επιμορφωτικό-ερευνητικό-εγκυκλοπαιδικό τομέα και στον επικοινωνιακό-πληροφοριακό τομέα. Θα μπορούσαν επίσης να έχουν χρηστικό και εργαλειακό χαρακτήρα (Ράπτης & Ράπτη 2007Α).

Ανάλογα με το πώς δημιουργούνται και πώς οργανώνονται, τα λογισμικά κατατάσσονται σε διάφορα είδη. Έτσι, λοιπόν, έχουμε (Μικρόπουλος, <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http://www.epyna.eu/show/isigisi6.doc>):

- Λογισμικά γενικής χρήσης, όπως αυτοματισμού γραφείου και επικοινωνιών,
- Γλώσσες προγραμματισμού διαδικαστικού ή μη τύπου,
- Παιχνίδια κυρίως στρατηγικής,
- Πακέτα εξάσκησης και πρακτικής (drill & practice),
- Προσομοιώσεις,
- Εκπαιδευτικά περιβάλλοντα ανοικτού τύπου,
- Εκπαιδευτικά περιβάλλοντα κλειστού συστήματος,
- Τεχνητή νοημοσύνη, έμπειρα συστήματα (artificial intelligence, intelligent tutoring systems),
- Νευρωνικά δίκτυα,

- Εικονική πραγματικότητα, και
- Πολυμέσα/υπερμέσα, στατικά ή προσαρμοστικά.

Κατά την αλληλεπίδραση τους με λογισμικά που δημιουργούνται στο πλαίσιο της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες οι χρήστες συνήθως έχουν τη δυνατότητα να εντοπίσουν τους παράγοντες που επιδρούν στην εξέλιξη ενός φαινομένου, να προσδιορίσουν τον τρόπο επίδρασης καθεμιάς από τις εμπλεκόμενες μεταβλητές στην εξέλιξη του φαινομένου, να παρατηρήσουν την τροποποίηση των τιμών των φυσικών μεγεθών που μετρούν, να εκτελέσουν εικονικά πειράματα και να αναπτύξουν το επιστημονικό μοντέλο που ερμηνεύει το φαινόμενο που ερευνούν. Όλες οι προηγούμενες ενέργειες θέτουν σε λειτουργία την αναλογική, αναλυτική και συνθετική τους σκέψη, μιας που εμπλέκονται σε μια διαδικασία συλλογής, επεξεργασίας δεδομένων και ανακάλυψης σχέσεων (Ράπτης & Ράπτη 2007B).

Το ψηφιακό σενάριο της παρούσας εργασίας προτείνει ένα λογισμικό που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως υπολογιστικό περιβάλλον κλειστού τύπου/συστήματος (που κάνει χρήση πολυμέσων και υπερμέσων) και ως ειδικό λογισμικό με σαφή μαθησιακό και διδακτικό σκοπό.

Το εν λόγω εκπαιδευτικό λογισμικό, παρόλο που θα συνιστά κατ'ουσίαν ένα κλειστό υπολογιστικό περιβάλλον για τη διδασκαλία και την ανθρώπινη μάθηση, θα διαφοροποιείται από τα κλασικά λογισμικά μιχεβιοριστικού προσανατολισμού, μιας που η ιδιαιτερότητά του θα έγκειται, όχι τόσο στο να αναπτύσσει πρακτικές δεξιότητες που εμφορούνται από τις αρχές της οικοδόμησης της γνώσης, αλλά κυρίως στο να καλλιεργεί στάσεις και συμπεριφορές που συνάδουν με αυτές τις αρχές (πέρα από τα γνωστικά οφέλη που πρόκειται να αποκομίσουν οι χρήστες του).

Αντίστοιχα, ο τρόπος με τον οποίο θα επιτυγχάνει την καλλιέργεια τέτοιων στάσεων δεν θα είναι άμεσος, δηλαδή δεν θα έχει τη μορφή της πραγματικής-έμπρακτης εφαρμογής και υλοποίησης, από την πλευρά των χρηστών του λογισμικού, μιας σειράς δράσεων διερευνητικού χαρακτήρα, οι οποίες θα στοχεύουν στην πρόσκτηση νέας γνώσης. Αντιθέτως, η επιστημονική συνείδηση θα οικοδομείται μέσω της ταύτισης με συγκεκριμένους χαρακτήρες (προσωπικότητες-ρόλους), οι οποίοι θα δρουν στο πλαίσιο μιας άτυπης επιστημονικής ομάδας που θα απαρτίζεται από μαθητές Γυμνασίου. Με άλλα λόγια, προτείνεται η έμμεση συμμετοχή σε μια ευχάριστη διερευνητική πορεία μάθησης, που θα παρουσιάζεται μέσα στην αφήγηση κι θα

λειτουργεί ως παράδειγμα, με την έννοια ότι θα καλεί τους χρήστες να ακολουθήσουν τα βασικά βήματα μιας τυπικής διαδικασίας έρευνας, μιμούμενοι τους ήρωες της ιστορίας.

Γι' αυτό, σε πρώτο χρόνο, οι χρήστες του λογισμικού δεν θα κληθούν να αλληλεπιδράσουν διερευνητικά και άμεσα με το περιβάλλον τους, ώστε να καταλήξουν σε συμπεράσματα, αλλά θα κληθούν να παρακολουθήσουν (και να ταυτιστούν με) τους ήρωες της ιστορίας, οι οποίοι αλληλεπιδρούν με το εικονικό περιβάλλον, με την εικονική πραγματικότητα, που αποτελεί ψηφιακή αναπαράσταση της φυσικής πραγματικότητας. Συνεπώς, οι χρήστες δεν θα παραγάγουν νέες προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις (και δεν θα μεταβάλλουν τις υπάρχουσες), ούτε θα προβούν στη δημιουργία κάποιου επιστημονικού μοντέλου. Επίσης, δεν θα κατασκευάσουν πολυμεσικά σενάρια- ιστορίες, ούτε θα συνθέσουν/επεξεργαστούν εικόνα, ήχο και βίντεο. Επιπλέον, δεν θα κληθούν να εφεύρουν κανένα μοτίβο ή αναλογία. Απλά, θα εξοικειωθούν με τις έννοιες της μεγάλης έκρηξης, του μικρόκοσμου και της θερμότητας συμμετέχοντας έμμεσα σε μια εικονική διερευνητική διαδικασία μάθησης. Μέσα σε αυτή τη λογική, ακόμη και οι προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων θα είναι κλειστές, με την έννοια ότι ο χρήστης δεν θα μπορεί να παρέμβει σε αυτές και να κάνει αλλαγές.

Κατά συνέπεια, το λογισμικό που μέλλει να δημιουργηθεί ακολουθεί τη φιλοσοφία των συστημάτων της καθοδηγούμενης από υπολογιστή διδασκαλίας και, ως εκ τούτου, συνδυάζει χαρακτηριστικά από τις διαλογικές ιστορίες πολυμέσων (interactive stories), από τα συστήματα εξάσκησης (drill and practice) και, εν μέρει, κι από τα συστήματα καθοδήγησης στην επίλυση προβλημάτων (intelligent tutoring systems).

Ωστόσο, κρίνοντας το λογισμικό με βάση το σύνολο των διδακτικών προσεγγίσεων που έχουν προτιμηθεί, μπορούμε να πούμε ότι αυτό τελικά πρόκειται να δομηθεί σύμφωνα με τις αρχές των συστημάτων μάθησης μέσω καθοδηγούμενης ανακάλυψης (discovery model) και διερεύνησης (exploratory model), μιας που σκοπεύουμε να ψηφιοποιήσουμε ορισμένα εργαστηριακά πειράματα, στο πλαίσιο της χρήσης συστημάτων που στηρίζουν κλειστές εργαστηριακές δραστηριότητες μέσω υπολογιστή (computer based laboratories) (Ράπτης & Ράπτη 2007Α). Έτσι, καθίσταται δυνατόν να μελετήσουν οι χρήστες του λογισμικού διάφορα θερμικά φαινόμενα κατά τρόπο που συμφωνεί με το φυσικό πείραμα. Αυτό θα τους βοηθήσει να ολοκληρώσουν επιτυχώς

τη διαδικασία της κατανόησης και της οικοδόμησης έγκυρων εννοιολογικών μοντέλων θεώρησης των φαινομένων, σε συνάρτηση με το απαραίτητο γνωστικό περιεχόμενο που θα τους δοθεί.

Το λογισμικό θα μπορούσε, επιπλέον, να αποτελέσει μια πρόταση που θα στοχεύει στην ακαδημαϊκή κατάρτιση μελλοντικών εκπαιδευτικών.

4γ. Χρήση υλικών και ψηφιακών πόρων για τη δημιουργία του εκπαιδευτικού λογισμικού

Το εν λόγω εκπαιδευτικό λογισμικό θα δομηθεί με το Πρόγραμμα Opus pro 9. Η δημιουργία της εικόνας θα γίνει με τη γραφίδα σχεδίασης Huion Kamvas GT-156HD V2 και με χρήση του προγράμματος Adobe Photoshop CC 2018. Η κινούμενη εικόνα-ταινία θα γίνει στο πρόγραμμα Adobe Flash Animate CC 2018. Η 3D εικόνα στο πρόγραμμα Blender. Η επεξεργασία του ήχου θα γίνει με τα προγράμματα Cool Edit Pro και Adobe Audition CC 2017. Η αφήγηση θα ηχογραφηθεί με μικρόφωνα. Τα κείμενα που θα εμφανίζονται θα έχουν την μορφή ηλεκτρονικού βιβλίου, που θα δημιουργηθεί βάσει του προγράμματος FlashBook Creator.

5) Ο Ρόλος της εικόνας στη διδασκαλία εννοιών των φυσικών επιστημών

Ο όρος εικόνα χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει κάθε είδος οπτικής αναπαράστασης στα σχολικά εγχειρίδια ή σε κάθε άλλο εκπαιδευτικό υλικό (έντυπο ή ηλεκτρονικό). Κάθε εικόνα προκαλεί νοητικές αναπαραστάσεις. Η νοητική αναπαράσταση αναφέρεται στον σχηματισμό μιας νοητικής, οπτικο-χωρικής αντίληψης που συμβαίνει ως αποτέλεσμα ενός προσλαμβανόμενου οπτικού ερεθίσματος (Χαλκιά κ.α., 1999).

Μια εικόνα μπορεί να ταξινομηθεί ως προς τη διδακτική της λειτουργία και αποτελεσματικότητα σύμφωνα με διάφορα κριτήρια, όπως είναι η διδακτική της επάρκεια και η ιδεολογική συνέπεια της.

Γενικά, προτείνεται η εικόνα να είναι απόλυτα επικεντρωμένη στο θέμα το οποίο στοχεύει να προβάλει (έννοια, φυσικό φαινόμενο, χημικό φαινόμενο, κτλ.). Μόνον έτσι η εικόνα αυτή θα μπορεί διδακτικά να αξιοποιηθεί. Για το σκοπό αυτό τα εποπτικά της στοιχεία πρέπει να επικεντρώνονται και να αναφέρονται αποκλειστικά στο υπό μελέτη θέμα, αποφεύγοντας την απεικόνιση άλλων στοιχείων τα οποία μπορεί να απασχολήσουν ή να παραπλανήσουν τον μαθητή (Χαλκιά & Θεοδωρίδης, 2002).

Η εικόνα που επιλέγεται για διδακτικούς σκοπούς, πρέπει οπωσδήποτε να χαρακτηρίζεται από οπτική σαφήνεια στο θέμα το οποίο θέλει να καταδείξει ή να «διδάξει». Ως εκ τούτου, οι εικόνες ενός σχολικού εγχειριδίου, ή ενός εκπαιδευτικού λογισμικού, ακριβώς επειδή το μήνυμα που μεταφέρουν είναι πολύ ισχυρό, επιβάλλεται να είναι πολύ προσεγμένες ως προς το εικαστικό τους αποτέλεσμα, ώστε να μη δημιουργούν εναλλακτικές αντιλήψεις στα παιδιά. Για τον λόγο αυτό απαιτούνται ποιοτική σχεδίαση του θέματος, ή καλή φωτογράφιση του, σωστή εκτύπωση, φροντισμένο «κασέ» (ώστε η εικόνα να βρίσκεται σε αντίστοιχη θέση με το κείμενο), και κατάλληλο μέγεθος εικόνας, ανάλογο δηλαδή με τη λειτουργία της (Χαλκιά & Θεοδωρίδης, 2002).

Η εικόνα θα πρέπει να αλληλεπιδρά με το δέκτη και να τον καλεί σε μια «συνομιλία». Μέσα από ένα «διάλογο» μεταξύ εικόνας και δέκτη, ο δεύτερος καταφέρνει να ασκήσει τις νοητικές δεξιότητές του: να κρίνει, να επιλέξει, να αποφασίσει, να διατυπώσει κριτήρια, να δοκιμάσει τις απόψεις του για ένα θέμα, να τροποποιήσει τις αντιλήψεις του για μία έννοια (Χαλκιά κ.α., 1999).

6) Επιστημονική μεθοδολογία και Επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία με Διερεύνηση:

6α. Επιστημονική μεθοδολογία

Η επιστημονική μεθοδολογία, με την εφαρμογή της αρχικά από τον Θαλή και με την ολοκλήρωσή της από τον Νεύτωνα (17ος αιώνας), αποτέλεσε και αποτελεί το εργαλείο του επιστήμονα για την κατανόηση και την περιγραφή του φυσικού κόσμου, αλλά και οριοθετεί, μαζί με την επιστημονική δεοντολογία, την ίδια την επιστήμη σε σχέση με τις άλλες γνωστικές περιοχές (Καλκάνης, 2007).

Πράγματι, δεν είναι το αντικείμενο έρευνας και μελέτης της επιστήμης ο φυσικός κόσμος που ορίζει ή οριοθετεί την επιστήμη από τις άλλες γνωστικές περιοχές, αλλά η ερευνητική μεθοδολογία και η επιστημονική δεοντολογία που τη συνοδεύουν (Καλκάνης, 2007).

Η ερευνητική επιστημονική μεθοδολογία απαιτεί τον συνεχή έλεγχο (τόσο θεωρητικό όσο και πειραματικό) κάθε υπόθεσης, για να την οδηγήσει είτε σε διάψευση είτε σε επιβεβαίωση, καθιστώντας την αποδεκτή θεωρία. Η επιστημονική δεοντολογία είναι αυτή που επιβάλλει σε όλους τους επιστήμονες την απόρριψη όλων των προηγούμενων

ανεπαρκών ή διαψευσμένων θεωριών και την αποδοχή και διδασκαλία κάθε νέας επιβεβαιωμένης θεωρίας, μέχρι τη διάψευση και αυτής και την αντικατάστασή της από άλλη (Καλκάνης, 2007).

Η επιστημονική μεθοδολογία περιγράφεται εδώ με τα εξής βήματα:

- Έναυσμα ενδιαφέροντος
- Διατύπωση υποθέσεων
- Πειραματισμός
- Διατύπωση θεωρίας
- Συνεχής έλεγχος (επιβεβαίωση ή απόρριψη)

Από τα παραπάνω βήματα, ο πειραματισμός είναι το αναντικατάστατο και πλέον χαρακτηριστικό στοιχείο της επιστημονικής μεθοδολογίας (Καλκάνης, 2007).

6β. Επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία με Διερεύνηση

Για την εκπαιδευτική διαδικασία, προτείνεται η επιστημονική / εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση, που αποτελεί μια παιδαγωγική προσέγγιση της ιστορικά καταξιωμένης επιστημονικής ερευνητικής μεθόδου, της μεθόδου με την οποία οι επιστήμονες ερευνήσαν και ερευνούν τον φυσικό κόσμο (Καλκάνης, 2007).

Η επιλογή αυτή εξυπηρετεί, εκτός του διττού χαρακτήρα της εκπαίδευσης (εκπαιδευτικού και παιδαγωγικού) στις φυσικές επιστήμες, και μια γενικότερη επιδίωξή της. Αυτή αφορά στην ανάπτυξη της γνώσης των διαδικασιών αντί της ανάπτυξης της γνώσης των εννοιών. Η απομνημόνευση εννοιών και η αντικειμενική περιγραφή φαινομένων, χωρίς την αντίληψη και την καταγραφή των διαδικασιών που τα δημιουργούν και τα συνθέτουν και χωρίς την περιέργεια και την ικανοποίηση της ανακάλυψης, είναι μια αδιάφορη αλλά και αναποτελεσματική εκπαιδευτική προσέγγιση (Καλκάνης, 2007).

Η επιστημονική μεθοδολογία της έρευνας σχηματοποιείται, στη γενικότερη μορφή της και ανεξάρτητα της θεματικής ή του αντικειμένου της, επεκτείνεται και προσαρμόζεται σε συγκεκριμένα βήματα της επιστημονικής μεθοδολογίας με διερεύνηση:

1. Έναυσμα ενδιαφέροντος – Παρατηρώ, Πληροφορούμαι, Ενδιαφέρομαι

Το έναυσμα ενδιαφέροντος χρησιμοποιείται για την πρόκληση του ενδιαφέροντος του εκπαιδευτικού / μαθητή, σε αναλογία με την πρόκληση της περιέργειας του επιστήμονα / ερευνητή για την έρευνα του φυσικού κόσμου. Στην επιστημονική έρευνα, έναυσμα αποτέλεσε συχνά η παρατήρηση των φυσικών φαινομένων, αλλά και η μαθηματική πρόβλεψη και η έμπνευση. Στην εκπαιδευτική διαδικασία, αντλείται τόσο από το φυσικό περιβάλλον όσο και από την επικαιρότητα, με τη μεθοδολογική πρόβλεψη να εμφανίζεται πράγματι ως η αφορμή μιας συγκεκριμένης μελέτης.

2. Διατύπωση Υποθέσεων – Συζητώ, Προβληματίζομαι, Αναρωτιέμαι, Υποθέτω

Η διατύπωση υποθέσεων περιλαμβάνει το στάδιο του προβληματισμού για το συγκεκριμένο θέμα, όπως έχει προκύψει από την πρόκληση του εναύσματος. Ακολουθεί συζήτηση, που οδηγεί στη διατύπωση υποθέσεων για τα αίτια, τις αρχές λειτουργίας και τις παραμέτρους που επηρεάζουν το θέμα ή που επηρεάζονται από αυτό. Επίσης, στο στάδιο αυτό, διερευνώνται οι όποιες προαντιλήψεις των μαθητών, ώστε στη συνέχεια, κατά τον πειραματισμό, να ενισχυθούν οι ακριβείς προαντιλήψεις και να αρθούν οι εσφαλμένες, αν υπάρχουν. Είναι απαραίτητη η διατύπωση κατά το δυνατόν ακριβέστερων υποθέσεων, για την πληρέστερη και πλέον ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του θέματος, όπως απαιτεί η σφαιρικότερη μελέτη του.

3. Πειραματισμός – Ενεργώ, Πειραματίζομαι

Η διατύπωση ερωτημάτων και υποθέσεων αναδεικνύει την αναγκαιότητα περαιτέρω έρευνας, η ποικιλότητα της οποίας μάλιστα συχνά επιβάλλει τον χωρισμό των μαθητών σε ομάδες και τον καταμερισμό ή την εξειδίκευση της εργασίας. Οι δραστηριότητες και ο πειραματισμός είναι βασικές συνιστώσες της όποιας πειραματικής εργασίας, είτε αυτή αφορά στην αναζήτηση πληροφορίας, είτε στην επικοινωνία με ειδικούς, είτε στην εκτέλεση πειραμάτων, είτε στη λήψη μετρήσεων, είτε στην επεξεργασία και αξιολόγηση των δεδομένων και, εν τέλει, στην επιλογή και τη σύνθεσή τους.

Ο πειραματισμός, η μέτρηση, η στατιστική επεξεργασία, ο υπολογισμός σφαλμάτων και ανοχών, οι ποσοτικοί συσχετισμοί (όταν υπάρχουν ποσοτικές μετρήσεις), η αξιολόγηση αποτελεσμάτων είναι, επίσης, χαρακτηριστικά της επιστημονικής μεθοδολογίας και αποτελούν δεξιότητες που επιδιώκονται και επιτυγχάνονται με τη χρήση της. Ο συντονισμός των ομάδων που πειραματίζονται, ο χρονισμός και η τήρηση χρονοδιαγράμματος, αλλά και η ανάδραση της πληροφορίας, είναι βασικές συνιστώσες

της επιτυχίας μιας συλλογικής προσπάθειας, στην οποία με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού ασκούνται οι εκπαιδευόμενοι μαθητές.

4. Διατύπωση Θεωρίας – Συμπεραίνω, Καταγράφω

Το στάδιο διατύπωσης της θεωρίας περιλαμβάνει την επεξεργασία, την αξιολόγηση, την επιλογή και τη σύνθεση του υλικού που έχει συγκεντρωθεί, δηλαδή των πειραματικών παρατηρήσεων, των μετρήσεων και των δεδομένων. Επιπλέον, περιλαμβάνει τον όποιο ποσοτικό ή ποιοτικό συσχετισμό των παραμέτρων. Ακολουθεί (με ενεργοποίηση όλων των ομάδων και με συντονιστή τον εκπαιδευτικό) η διατύπωση των συμπερασμάτων της πειραματικής μελέτης. Τα συμπεράσματα είναι δυνατόν να διατυπωθούν και ως θεωρία, για τον τρόπο με τον οποίο οι συνιστώσες και οι παράμετροι επιδρούν στην εξέλιξη και στην κατάσταση που διαπιστώθηκε κατά την έρευνα του συγκεκριμένου θέματος.

5. Συνεχής Έλεγχος – Εφαρμόζω, Εξηγώ, Γενικεύω

Μετά την εξαγωγή των συμπερασμάτων, γίνεται προσπάθεια εφαρμογής τους στις διαδικασίες του εναύσματος και σε άλλες παρόμοιες, αλλά και σε φαινόμενα του φυσικού μας κόσμου. Τέλος, γίνεται προσπάθεια συσχετισμού των συμπερασμάτων και με άλλες παρατηρήσεις, φαινόμενα ή συμπεράσματα, ώστε από τη σύνθεση αυτών να προκύψει μια δυνατή θεωρία περιγραφής και ερμηνείας (Καλκάνης, 2007).

Ακολουθώντας τα βήματα της επιστημονικής μεθοδολογίας με διερεύνηση, προτείνονται συγκεκριμένες στρατηγικές και πρακτικές. Αυτές οι πρακτικές, βέβαια, προτείνονται με τη γενικότητα που επιβάλλει η ιδιαιτερότητα του κάθε εκπαιδευτικού και η διαφορετικότητα των αντικειμενικών δυνατοτήτων και των διατιθέμενων μέσων, αλλά και με την κατά βήμα ανάπτυξη που απαιτεί η πληρότητα και η σαφήνεια της πρότασης (Καλκάνης, 2007).

(1) Ως έναυσμα προτείνεται η αναφορά σε επίκαιρα ή ασυνήθιστα φυσικά φαινόμενα του τοπικού ή ευρύτερου κόσμου, σε επιστημονικές ανακοινώσεις ή προβλέψεις, σε παρουσιάσεις νέων τεχνολογικών εφαρμογών και προϊόντων, σε συμβάντα της τρέχουσας επικαιρότητας, στον τρόπο δημιουργίας ή την έμπνευση πνευματικών και καλλιτεχνικών δημιουργημάτων.

Εκτός του φυσικού περιβάλλοντος, πηγή άμεσης αναζήτησης, επιλογής και συγκέντρωσης πολύμορφης και ενημερωμένης πληροφορίας (κείμενο – εικόνα – ήχος)

που είναι δυνατό να αποτελέσει το έναυσμα μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας, αποτελεί και προτείνεται το διαδίκτυο και άλλες πηγές, όπως τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, οι εγκυκλοπαίδειες, σχετικές συζητήσεις κ.ά. Ο τρόπος παρουσίασης της ιδέας, ώστε να έχει τον χαρακτήρα τυχαίου εναύσματος, και κατά συνέπεια αποτελεσματικότερου για την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, επαφίεται στη φαντασία και επινοητικότητα του εκπαιδευτικού.

(2) Η ανάπτυξη του προβληματισμού προτείνεται να ξεκινά με συζήτηση, αφού βέβαια έχει προκληθεί το ενδιαφέρον με το έναυσμα. Η διερεύνηση των προαντιλήψεων των μαθητών, η καταγραφή των όποιων γνώσεων και πληροφοριών υπάρχουν για το θέμα και η διατύπωση ερωτημάτων είναι ευκαίριο να οδηγεί κατά τη συζήτηση στη διατύπωση κάποιας υπόθεσης, που οριοθετεί καταρχήν το θέμα, αναζητά τις αιτίες των φαινομένων, αλλά κυρίως αναδεικνύει και επιβάλλει περαιτέρω έρευνα και μελέτη.

Ωστόσο, η μη κωδικοποιημένη και συστηματική σχεδίαση αυτής της συζήτησης εκ των προτέρων από τον εκπαιδευτικό, αλλά και η μη επιμελής οργάνωσή της με διορθωτικές παρεμβάσεις του, καταλήγει συχνά σε ελλιπή ή αποσπασματική ή αποπροσανατολιστική στρατηγική.

(3) Η πειραματική μελέτη του θέματος διευκολύνεται από τον χωρισμό της τάξης σε ομάδες. Ο πειραματισμός περιλαμβάνει απαραίτητα την εκτέλεση πειραμάτων και συμπληρωματικές, σχετικές δραστηριότητες. Η εκτέλεση πειραμάτων μπορεί να γίνεται στην αίθουσα διδασκαλίας ή στο εργαστήριο ή και σε εξωτερικούς χώρους, οι οποίοι είναι κατάλληλοι και προσφέρονται για αυτό τον σκοπό. Προτείνεται η χρησιμοποίηση απλών μέσων και αυτοσχέδιων κατασκευών. Οι ομάδες των μαθητών πρέπει να φροντίζουν για τη συγκέντρωση των υλικών και να επιχειρούν μόνες τους τις κατασκευές και τη λειτουργία τους.

Οι άλλες δραστηριότητες μπορεί να αφορούν σε αναζήτηση, συγκέντρωση, επιλογή και αξιολόγηση σχετικής και πολύμορφης πληροφορίας από ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων ή από το διαδίκτυο, ερωτήσεις σε ειδικούς (επιστήμονες, τεχνικούς), συγκέντρωση και εξέταση υλικών ή συσκευών, μετρήσεις, συμμετοχή σε παιχνίδια ή δραματοποιήσεις σχετικές με το θέμα.

(4) Την επεξεργασία, αξιολόγηση, επιλογή και σύνθεση του υλικού που έχει συγκεντρωθεί – των πειραματικών παρατηρήσεων, των μετρήσεων και των δεδομένων – αλλά και τον όποιο ποσοτικό ή ποιοτικό συσχετισμό παραμέτρων, ακολουθεί η

διατύπωση των συμπερασμάτων της πειραματικής μελέτης. Απαραίτητη κρίνεται εδώ η ενεργοποίηση όλης της ομάδας με συντονιστή τον εκπαιδευτικό. Τα συμπεράσματα μπορούν να διατυπωθούν και ως θεωρία.

(5) Μετά την εξαγωγή των συμπερασμάτων, γίνεται προσπάθεια εφαρμογής τους και σε άλλες παρόμοιες διαδικασίες και φαινόμενα του φυσικού κόσμου, προκειμένου να ενισχυθεί η εμπέδωσή τους από τους μαθητές.

Τέλος, γίνεται προσπάθεια συσχετισμού των συμπερασμάτων, ώστε με τη σύνθεσή τους να προκύψει η γενικότερη δυνατή θεωρία περιγραφής και ερμηνείας τους. Η επιλογή των επιπλέον φαινομένων, για εφαρμογή και γενίκευση των συμπερασμάτων, συνίσταται να γίνεται από θέματα της σύγχρονης ζωής και τεχνολογίας, που ενδιαφέρουν ιδιαίτερα τους μαθητές, ώστε να αντιλαμβάνονται τη σκοπιμότητα της μελέτης των φυσικών επιστημών (Καλκάνης, 2007).

7) Οι αρχικές-προϋπάρχουσες ιδέες/αντιλήψεις των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες των φυσικών επιστημών:

Ο σωστός σχεδιασμός μιας διδακτικής παρέμβασης, που αφορά σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών, πρέπει να λαμβάνει οπωσδήποτε υπόψη τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών. Στο παρόν ψηφιακό σενάριο το θέμα αυτό παρουσιάζεται έμμεσα, στο πλαίσιο ορισμένων διαλόγων ανάμεσα σε μαθητές Γυμνασίου, οι οποίοι παραθέτουν τις δικές τους αντιλήψεις για τον μικρόκοσμο, καθώς και τις προσωπικές τους ερμηνείες πάνω σε διάφορα φαινόμενα που σχετίζονται με τη θερμότητα. Ειδικότερα, κατά τη βιβλιογραφική επισκόπηση που διενεργήθηκε εντοπίστηκαν τα παρακάτω σημεία που αναφέρονται στις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών:

7α. Αρχικές ιδέες

Ο βαθμός επιτυχίας μιας διδασκαλίας, που έχει σαν αντικείμενο έννοιες από τον χώρο των φυσικών επιστημών, εξαρτάται σε ένα μεγάλο μέρος του από τις ιδέες που έχουν από πολύ νωρίς διαμορφώσει οι ίδιοι οι μαθητές, στο πλαίσιο της προσωπική ερμηνείας των φαινομένων του φυσικού κόσμου. Οι αρχικές αυτές ιδέες, που συνήθως αποκλίνουν από τις επιστημονικές έννοιες, είναι γνωσιακές κατασκευές που δομούνται στο μυαλό των παιδιών καθώς επιχειρούν να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα, αλληλεπιδρώντας με τον φυσικό κόσμο και το κοινωνικό τους περιβάλλον (Χαλκιά, 2016; Καριώτογλου, 2006).

Σύμφωνα με τους Osborne & Gilbert (1980) οι αρχικές ιδέες δεν είναι αυθαίρετες κατασκευές, αλλά ενσωματώνονται σε εννοιολογικές δομές που παρέχουν μια λογική και συνεπή κατανόηση του κόσμου (Χαλκιά, 2016).

7β. Αρχικές ιδέες των παιδιών για τη σωματιδιακή δομή των υλικών σωμάτων

Τα παιδιά αποδίδουν στα σωματίδια, και συγκεκριμένα στα άτομα, χαρακτηριστικά, τα οποία είναι αρκετά διαφορετικά από αυτά που τους αποδίδουν οι επιστήμονες. Οι μαθητές συχνά αντιμετωπίζουν τα άτομα σαν μικρά κομματάκια στερεού ή ως μικρές σταγόνες υγρού. Θεωρούν ότι τα άτομα είναι ακίνητα, ανομοιόμορφα και χωρίς συνεκτική δύναμη (Driver, Squires, Rushworth, Wood-Robinson, 1998).

Ο Pfundt και άλλοι ερευνητές έχουν βρει ότι τα παιδιά θεωρούν αρχικά το άτομο ως ένα μικρό κομμάτι υλικής ουσίας ή ως το τελικό κομμάτι της υλικής ουσίας, το οποίο δημιουργήθηκε από τη σταδιακή διαίρεση του υλικού. Φαίνεται ότι τα παιδιά πιστεύουν ότι τέτοια κομματάκια ποικίλλουν στο μέγεθος και στο σχήμα, δεν έχουν καθόλου κενό χώρο μεταξύ τους και έχουν παρόμοιες ιδιότητες με το υλικό από το οποίο προέρχονται. Μάλιστα, συχνά θεωρούν ότι τα άτομα του στερεού έχουν όλες ή τις περισσότερες μακρο-ιδιότητες αυτού, Συνεπώς, τα παιδιά συχνά αποδίδουν στα μεμονωμένα άτομα (παρά σε μεγάλο αριθμό ατόμων) μακρο-ιδιότητες, όπως ότι είναι σκληρά, κρύα ή ζεστά, έχουν χρώμα, είναι στην ίδια φυσική κατάσταση όπως και το υλικό από το οποίο προέρχονται (Driver, Squires, Rushworth, Wood-Robinson, 1998).

7γ. Αρχικές ιδέες των παιδιών για τη θερμότητα και για τις έννοιες (και τα φυσικά φαινόμενα) που σχετίζονται με αυτή

Οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των παιδιών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ερμηνεία και των αντίστοιχων όρων αλλά και των θερμικών φαινομένων. Οι αντιλήψεις τους για τη φύση της θερμότητας συνοψίζονται στις ακόλουθες (Χαλκιά, 2016):

- Η θερμότητα είναι μια ρευστή ουσία.
- Η θερμότητα ταυτίζεται με ένα θερμό σώμα, ή ουσία, και μάλιστα όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθός (η ποσότητα) του σώματος τόσο περισσότερη θερμότητα περικλείει.
- Η θερμότητα εκπέμπεται από μια θερμική πηγή (που γίνεται αντιληπτή από την υψηλή θερμοκρασία της).

Οι ιδέες των παιδιών για τη διάδοση της θερμότητας συνοψίζονται στις ακόλουθες (Χαλκιά, 2016):

- Η ευκολία με την οποία η θερμότητα εισέρχεται, ή εξέρχεται, από διαφορετικά υλικά ποικίλλει. Διαφορετικά υλικά έλκουν, ή διατηρούν, τη θερμότητα με διαφορετικό τρόπο.

Οι ιδέες των παιδιών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία συνοψίζονται στις ακόλουθες (Χαλκιά, 2016):

- Η θερμοκρασία είναι εγγενής ιδιότητα των σωμάτων.
- Η θερμότητα και το «κρύο» (ή η «κρυότητα») είναι δύο ξεχωριστές και αντίθετες οντότητες.
- Η θερμοκρασία και θερμότητα ταυτίζονται (είναι το ίδιο πράγμα).
- Η θερμοκρασία ενός σώματος σχετίζεται με το μέγεθός του, ή τη μάζα του.
- Εάν δύο σώματα έχουν την ίδια θερμοκρασία, έχουν την ίδια ενέργεια, ή θερμότητα.
- Η θερμοκρασία είναι ένα μέτρο του ποσού θερμότητας (ή, πιο σπάνια, της «κρυότητας») που περιέχει ένα αντικείμενο.

Οι ιδέες των παιδιών για τη θερμοκρασία κατά την αλλαγή φυσικής κατάστασης συνοψίζονται στην ακόλουθη (Χαλκιά, 2016):

- Η θερμοκρασία αλλάζει κατά την αλλαγή φάσης.

8) Θεωρία της Μεγάλης «Έκρηξης» και εκπαιδευτικό πρότυπο του μικρόκοσμου

Η ιστορία του Σύμπαντος απασχολούσε ανέκαθεν την επιστημονική κοινότητα. Η θεωρία της μεγάλης «έκρηξης» συνιστά την πεμπτουσία της σύγχρονης επιστημονικής κοσμολογίας. Με την μεγάλη έκρηξη σηματοδοτείται η αρχή του χώρου και του χρόνου. Η θεωρία αυτή αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για την απάντηση του βασικότερου προβλήματος που απασχολεί διαχρονικά τον άνθρωπο (Hawking, 1998).

Η εξοικείωση των μαθητών με έννοιες από τη σύγχρονη κοσμολογία, μέσα από τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, είναι ένα συχνό αίτημα που προκύπτει από την ανάγκη να αποκτήσουν οι νέοι άνθρωποι μια σφαιρική εικόνα για την τρέχουσα γνώση της επιστήμης (American Association for the Advancement of Science, 1993). Αυτό πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη, ώστε να σχεδιαστεί άμεσα εκείνη η εκπαιδευτική

στρατηγική που θα έχει ως στόχο να ενοποιήσει τις επιστημονικές θεωρίες της σύγχρονης κοσμολογίας ακόμη και στο επίπεδο της σχολικής γνώσης. Ίσως το επιστημονικό/εκπαιδευτικό μοντέλο/πρότυπο του μικρόκοσμου (ή μοντέλο της σωματιδιακής δομής της ύλης, γνωστό στη διεθνή βιβλιογραφία και ως *particulate nature of matter*) να αποτελεί τη μόνη λύση που θα οδηγήσει στην ενοποίηση της επιστημονικής/εκπαιδευτικής γνώσης (Καλκάνης, 2007α).

Ο νομπελίστας Φυσικός Richard P. Feynman (1977) αναφέρεται στη μεγάλη σημασία του σωματιδιακού μοντέλου για την επιστήμη. Το σωματιδιακό πρότυπο θεωρείται ένα πολύτιμο εργαλείο για τους μαθητές, γι' αυτό και αναζητείται ένα μοντέλο διδασκαλίας που θα προσαρμόσει το σωματιδιακό πρότυπο στα παιδιά ακόμη και μικρότερων ηλικιών (Ιμβριώτη, 2006). Κρίνεται πολύτιμη η κατανόηση της σωματιδιακής δομής της ύλης προκειμένου οι μαθητές να νιώθουν εξοικείωση με ορισμένες έννοιες που προέρχονται κι από άλλους τομείς των Φυσικών Επιστημών (Bouwma-Gearhart et al., 2009). Το πλεονέκτημα του σωματιδιακού μοντέλου είναι ότι βοηθά τους μαθητές να αποκτήσουν μια ιδέα σχετικά με φαινόμενα που δεν μπορούν να παρατηρήσουν δια ζώσης (Papageorgiou et al., 2010).

Οι ειδικοί συμφωνούν στο ότι πρέπει οι μαθητές να αναπτύξουν από νωρίς ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο, το οποίο θα λειτουργεί ως βάση για την κατανόηση ενός περισσότερο πολύπλοκου υποατομικού σωματιδιακού μοντέλου (Bouwma-Gearhart κ.α., 2009). Η κατανόηση ενός βασικού σωματιδιακού προτύπου είναι μια καλή αφετηρία για τη μετέπειτα προσέγγιση της δομής του ατόμου και, μάλιστα, συνιστά ένα αποτελεσματικό πλαίσιο για την ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης (Papageorgiou κ.α., 2010).

Εκπαιδευτική Πρόταση

Με αφορμή τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές της ύστερης Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και των πρώτων τάξεων της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην κατανόηση ορισμένων βασικών εννοιών της Φυσικής και στην ερμηνεία διάφορων φυσικών φαινομένων, όπως αυτές αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία (Nakhleh & Samarapungavan, 1999; Wiser & Smith, 2012a), διατυπώνεται το ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα. Η παρούσα εκπόνηση καλείται να προσπαθήσει να το αξιολογήσει και να το απαντήσει.

Προβληματισμός-ερώτημα:

Είναι εφικτή η βελτίωση της κατανόησης εννοιών και φαινομένων, στα οποία είναι προφανής η σύνδεση του μικρόκοσμου με τον μακρόκοσμο, μέσα από μια διδακτική παρέμβαση που θα περιλαμβάνει εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο, θα προϋποθέτει τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού και θα συνδυάζει την επιστημονική/εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση και το πρότυπο του μικρόκοσμου με την αφήγηση, τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών, τα μοτίβα και τις προσομοιώσεις του μικρόκοσμου;

ΔΟΜΗ ΑΦΗΓΗΣΗΣ ΨΗΦΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ:

1^ο ΜΕΡΟΣ

ΠΡΑΞΗ Α (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1-12). Ένα παιδί, 5 ετών, οργανώνει τη σκέψη του. Τακτοποιεί διάφορα αντικείμενα στο σπίτι του με ιδιαίτερο ζήλο. Αναπτύσσει έντονο αλλά «σιωπηρό» ενδιαφέρον για διάφορα φυσικά «γεγονότα» που συμβαίνουν γύρω του. Τα παρατηρεί για ώρες. Στρέφει όλη την προσοχή του σε αυτά και τροφοδοτεί τη σκέψη του. Δεν ενδιαφέρεται για άλλες ασχολίες. Παρατηρεί σκόνες που αιωρούνται, φαντάζεται τον χώρο να είναι τεράστιος και έχει μια αίσθηση των μεγάλων αποστάσεων στον ουρανό, όταν βλέπει τις Πλειάδες. Ρωτάει συνεχώς.

Μεγαλώνει λίγο ακόμη. Ένα βουνό εκεί κοντά το βοηθά να κατευθύνει το βλέμμα του στους πλανήτες που είναι ορατοί από τη Γη. Αρχίζει να τους γνωρίζει. Τους ξεχωρίζει από τη φωτεινότητά τους. Παρατηρεί τις κινήσεις τους. Βλέπει σε όνειρο την έκλειψη Ηλίου που πρόκειται να πραγματοποιηθεί σε λίγες ημέρες. Μαθαίνει πως ο χώρος «μεγαλώνει». Άρα ακόμη κι αυτός δεν υπήρχε από πάντα. Ήρθε στην ύπαρξη μαζί με καθετί που μπορεί κάποιος να αγγίζει και να δει.

Πληροφορείται για τη λεγόμενη κούρσα του διαστήματος από διάφορα κόμιξ. Αντιλαμβάνεται από φωτογραφίες πως η Σελήνη έχει βουνά, πέτρες και χώμα. Υπάρχει σκόνη κι εκεί. Παρατηρεί το ψωμί να τρίβεται, το σιτάρι να γίνεται αλεύρι και την πέτρα να θρυμματίζεται. Όλα αυτά μοιάζουν με τη σκόνη που αιωρείται στον ατμοσφαιρικό αέρα.

ΠΡΑΞΗ Β (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1, 2: I-III). Από τη σκόνη που αιωρείται και τα υλικά σώματα που αποσυναρμολογούνται στα στοιχειώδη συστατικά τους μέρη σε ένα Σύμπαν γεμάτο ασύνδετα υποατομικά σωματίδια, που συστέλλεται και γίνεται σημείο και ύστερα ... «τίποτα». Η πορεία αντιστρέφεται, ο χώρος και ο χρόνος ξεκινούν να υφίστανται και παρουσιάζονται με απλό τρόπο τα βασικά στάδια της εξέλιξης του Σύμπαντος. Περιγράφονται ικανοποιητικά οι βασικές έννοιες της Φυσικής-Κοσμολογίας (καθώς και τρεις από τις φυσικές αλληλεπιδράσεις). Ένας εκπαιδευτικός μέσα σε μια τάξη αναφέρει αυτά τα στάδια.

➤ 2^ο ΜΕΡΟΣ

ΠΡΑΞΗ Γ (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1-4). Το παιδί δεν εμφανίζεται πλέον να λαμβάνει μέρος σε κάποια από τις επόμενες σκηνές. Εμφανίζονται σταδιακά τα μέλη μιας ομάδας εφήβων, που είναι μαθητές Γυμνασίου. Ο εκπαιδευτικός είναι ο βασικός συντονιστής. Ανάλογα με το θέμα, κάποιος μαθητής, ή κάποιοι μαθητές, εντοπίζουν, μέσα από διάφορες παρατηρήσεις και λογικές διεργασίες, ορισμένα ενδιαφέροντα θέματα που σχετίζονται με φαινόμενα και έννοιες της φυσικής και κατόπιν σχολιάζουν. Λαμβάνουν μέρος σε ανάλογα πειράματα και ελέγχουν τις ιδέες και τις γνώσεις τους μέσα από διάφορες διαδικασίες. Καταλήγουν στη διατύπωση συμπερασμάτων, που λαμβάνουν μορφή ερμηνευτικών αρχών. Ανακαλύπτουν παραδείγματα εφαρμογής αυτών των αρχών.

Το 2^ο και 3^ο μέρος του σεναρίου, που σχετίζονται με το βασικό θέμα του λογισμικού, δηλαδή με μοτίβα και αναλογίες που μπορούν να προκύψουν από τον μικρόκοσμο και που αφορούν φαινόμενα σχετιζόμενα με τη θερμότητα, ξεκινά μετά απ' την παρατήρηση ορισμένων μοτίβων κίνησης. Καταδεικνύεται η αδυναμία των ανθρώπινων αισθήσεων να προσλάβουν σε όλο τους το εύρος διάφορα ερεθίσματα που αφορούν καταρχάς την κινητικότητα των επιμέρους στοιχείων μιας περιοχής του φυσικού χώρου, μιας περιοχής στον μακρόκοσμο. Η αίσθηση αυτής της αδυναμίας εντείνεται στη συνέχεια, όταν θα χρειαστεί να μελετηθούν θερμικά φαινόμενα στην κλίμακα του μικρόκοσμου. Λόγω της αισθητηριακής αδυναμίας, η ποιότητα της παρατήρησης της κίνησης των σωμάτων διαφέρει, αφού άλλες είναι οι πληροφορίες που προσλαμβάνονται από μικρές αποστάσεις και άλλες από μεγάλες αποστάσεις. Η «αταξία» κρύβεται μες στην «ηρεμία».

Η ομάδα διακρίνει την τάξη αλλά και την κίνηση και την αλλαγή στη φύση. Αντιλαμβάνεται ότι και η τάξη και η αλλαγή απορρέει από τους φυσικούς νόμους ή καλύτερα από την υφή του χωροχρονικού συνεχούς (από τη φυσική ποιότητα του χώρου-χρόνου, από το πώς είναι «κατασκευασμένος», από την ποιότητα των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του). Με τα μοτίβα προσεγγίζει και εξηγεί μικροσκοπικά τις έννοιες που σχετίζονται με το Στερεό-Υγρό-Αέριο υλικό σώμα, τις μικροκινήσεις ατόμων-μορίων, τον Όγκο, την Πυκνότητα και τη Μάζα (προβάλλει μοτίβα και αναλογίες από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο, παρατηρεί και εξηγεί την αλλαγή της φυσικής κατάστασης των σωμάτων, περιγράφοντας τις αλλαγές στον μικρόκοσμο).

Επίσης γίνεται λόγος για απορρόφηση και αποβολή ενέργειας (αναφέρεται, απλά ως όρος, μόνο η Θερμότητα).

➤ 3^ο ΜΕΡΟΣ

ΠΡΑΞΗ Δ (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1-6). Οι μαθητές δημιουργούν προσομοιώσεις θερμικών φαινομένων, ανιχνεύουν και επαληθεύουν μοτίβα που σχετίζονται με τη μετάδοση, μεταφορά και διάδοση Θερμότητας, εξηγούν μικροσκοπικά και παρουσιάζουν στο πλαίσιο αυτό τους διάφορους τρόπους ροής της Θερμότητας και, τέλος, προβαίνουν σε γενικεύσεις. Γίνεται αναλυτική αναφορά στους τρόπους ροής της Θερμότητας καθώς και στη θερμική ισορροπία. Μέσω οπτικοποίησης του μικρόκοσμου καταλήγουν σε μοτίβα που ερμηνεύουν τα φαινόμενα των πειραμάτων του σχολικού βιβλίου.

Τελική Δοκιμασία: Ο χρήστης του λογισμικού καλείται να κατατάξει διάφορα φυσικά φαινόμενα αλλά και μοτίβα-αναλογίες φυσικών γεγονότων-λειτουργιών (και αλληλεπιδράσεων) στην ιστορική γραμμή των βασικών σταδίων εξέλιξης του Σύμπαντος. Ο χρήστης καλείται να συνδέσει φαινόμενα και φυσικές έννοιες, καθώς και μοτίβα φυσικών γεγονότων-λειτουργιών, με αρχές που σχετίζονται με τη θερμότητα.

Τελευταία σκηνή: Το αγόρι κάθεται στο γραφείο του δωματίου του. Όλα όσα έχουν παρουσιαστεί μέχρι τώρα τα έχει γεννήσει η φαντασία του. Οι περιγραφές, τα μοτίβα, οι ερωτήσεις, οι δοκιμασίες, τα συμπεράσματα, τα πρόσωπα και οι ιστορίες προέρχονται αποκλειστικά από εκείνο. Μέσα από τους διάφορους ρόλους, ταύτισε την εξέλιξη της σκέψης του με μια πορεία διερεύνησης που έχει ιστορική συνέχεια.

Διδακτικοί Στόχοι του ψηφιακού σεναρίου

Βασικός σκοπός του σεναρίου είναι η κατανόηση από τους μαθητές αφενός της έννοιας της ύλης, της δομής της και των φυσικών καταστάσεών της, και αφετέρου, των εννοιών που σχετίζονται με τη θερμότητα. Οι επιμέρους διδακτικοί στόχοι είναι:

1. Ως προς το γνωστικό αντικείμενο, οι μαθητές:

- να περιγράφουν με απλά λόγια τα διάφορα στάδια της εξέλιξης του Σύμπαντος,
- να αντιληφθούν την ενότητα στη φυσική και χρονική διαδοχή μεταξύ των σταδίων αυτών,
- να γνωρίζουν την ύπαρξη της ενέργειας και της ύλης και να κατανοήσουν ότι αποτελούν ένα ενιαίο φυσικό μέγεθος, την Ενέργεια-Μάζα,
- να γνωρίζουν ότι υπάρχουν στοιχειώδεις δομικές μονάδες της ύλης και να κατονομάζουν τις βασικές από αυτές,
- να αντιληφθούν ότι τα υλικά σώματα αποτελούνται από μικρότερες δομές της ύλης,
- να γνωρίζουν και να ερμηνεύουν μικροσκοπικά τις έννοιες της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας,
- να αποδεχθούν τη διαρκή και ασταμάτητη κίνηση των σωματιδίων,
- να παρατηρήσουν τις κινήσεις των σωματιδίων ενός σώματος, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία του,
- να ανακαλύψουν ότι η προσφορά θερμότητας σε ένα σώμα μεταβάλλει τις κινήσεις των σωματιδίων του.
- να διακρίνουν τις φυσικές καταστάσεις της ύλης και να ταξινομούν σώματα βάσει της φυσικής τους κατάστασης,
- να συνδέσουν τις κινήσεις των σωματιδίων με τη μεταβολή της φυσικής κατάστασης ενός υλικού σώματος, δηλαδή να εξηγούν τις φυσικές καταστάσεις της ύλης με αναφορά στις κινήσεις των σωματιδίων του μικρόκοσμου,
- να διακρίνουν το φυσικό μέγεθος «θερμότητα» από το φυσικό μέγεθος «θερμοκρασία»,
- να διακρίνουν τους αγωγούς θερμότητας από τους μονωτές και να εξηγούν μικροσκοπικά τη διαφορά τους,
- να γνωρίζουν φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με την απορρόφηση και την αποβολή της θερμότητας,

- να περιγράφουν και να εξηγούν μικροσκοπικά τη ροή της θερμότητας στα στερεά, στα υγρά και στα αέρια,
- να γνωρίζουν ότι η θερμότητα διαδίδεται με τη μορφή ακτινοβολίας μέσα από τον κενό χώρο και
- να περιγράφουν μικροσκοπικά το φαινόμενο της θερμικής ισορροπίας.

2. Ως προς την καλλιέργεια επιστημονικής στάσης, οι μαθητές:

- να διαπιστώσουν ότι οι επιστήμονες παρατηρούν ένα φαινόμενο και το ερμηνεύουν με την αξιοποίηση μοντέλων / προτύπων, μοτίβων, αναλογιών κ.λπ.,
- να παρατηρούν μοτίβα και να δημιουργούν αναλογίες,
- να αντιληφθούν τη χρησιμότητα των προσομοιώσεων και των οπτικοποιήσεων των φυσικών φαινομένων,
- να χρησιμοποιούν την αφήγηση ως μέσο κατανόησης εννοιών των φυσικών επιστημών,
- να αναγνωρίζουν την αξία του πειράματος στη διερευνητική διαδικασία,
- να αναγνωρίζουν ότι το πρότυπο του μικρόκοσμου ενοποιεί τις γνώσεις που προέρχονται από διάφορα πεδία των φυσικών επιστημών,
- να αποδέχονται την ύπαρξη ιδεών που δεν συμφωνούν με τις επιστημονικές απόψεις και
- να αναγνωρίζουν την αξία της ομαδικής δουλειάς και της συνεργασίας,

3. Ως προς τη χρήση των ΤΠΕ, οι μαθητές:

- να εξοικειωθούν με τη χρήση εργαλείων ψηφιακού περιβάλλοντος,
- να εξοικειωθούν με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης,
- να υλοποιήσουν διαδραστικές δραστηριότητες αντιστοίχισης και συμπλήρωσης κενών στην οθόνη του υπολογιστή τόσο στο σχολικό περιβάλλον όσο και εξ αποστάσεως και
- να ενισχύσουν την αυτοπεποίθησή τους αναφορικά με τη χρήση των νέων τεχνολογιών στη διαδικασία της μάθησης.

ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

(Καλκάνης, 2007α; Καλκάνης, 2007; Hawking, 1998; Hawking et al., 2010; Hewitt, 2002; Lemeignan et al., 1997; Weinberg, 2006; Wiser et al., 2012a; Καριώτογλου, 2006; Κολιόπουλος, 2006; Aletz et al., 2016; Bouwma-Gearhart et al., 2009; Nakhleh et al., 1999; Γκικοπούλου, 2018; Ιμβριώτη, 2018; Χαλκιά, 2016).

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΣ ΤΙΤΛΟΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ:

«ΤΑΞΙΔΙ... ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ»

➤ 1^ο ΜΕΡΟΣ

ΠΡΑΞΗ Α (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1-12):

1) Γονείς συζητούν: *Διαβάζουν μια γνωμάτευση που αφορά την αναπτυξιακή διαταραχή του παιδιού τους: ...**Ευρήματα:** στοιχεία συνδρόμου Asperger, Διάχυτη αναπτυξιακή διαταραχή... . Ένα πεντάχρονο αγόρι βάζει σε σειρά μερικά ζευγάρια παπούτσια στο διάδρομο ενός σπιτιού.*

ΑΦΗΓΗΤΗΣ:

2) Είναι καλοκαίρι. Το αγόρι βρίσκεται στο κρεβάτι του, μόνο του μέσα στο υπνοδωμάτιο. Είναι απόγευμα. Ξυπνά και έχει τα βλέφαρά του κλειστά. Παρατηρεί μέσα από αυτά το φως που μπαίνει από το παράθυρο. Κάτω από τα βλέφαρα το φως παίρνει ένα απαλό κόκκινο-πορτοκαλί χρώμα. Ανοίγει τα μάτια του και βλέπει ακτίνες λευκού φωτός. Τα κλείνει ξανά και βλέπει πάλι κόκκινο-πορτοκαλί χρώμα. Παρατηρεί στο σκούρο φόντο μιας ντουλάπας σκόνη να αιωρείται και να διέρχεται από τον χώρο που φωτίζεται από τις ακτίνες του ήλιου. Το βλέμμα του ακολουθεί τη σκόνη που αιωρείται κοντά στο παράθυρο. Το ίδιο βράδυ το παιδί παρατηρεί τον έναστρο ουρανό. Η αίσθηση που αφήνει η «πρώτη» θέαση του απέραντου ουρανού είναι απερίγραπτη (μητέρα του λέει πως ο ουρανός είναι τεράστιος). Η εντύπωση που του δημιουργεί η πρώτη συνειδητή εμπειρία του ουρανού προκαλεί μια σειρά από σκέψεις στο παιδί.

3) Το αγόρι είναι στο μαγαζί του παππού. Ένας έμπορος από μια λαϊκή αγορά του δίνει ένα φουσκωμένο μπαλόνι. Ο μικρός βρίσκεται στην ταράτσα και κρατά μια κλωστή με την οποία έχει δέσει το μπαλόνι του. Ο άνεμος το παρασέρνει και το ανεβάζει όλο πιο ψηλά στον ουρανό.

4) Είναι βράδυ καλοκαιριού. Το παιδί βρίσκεται στο κρεβάτι του και κοιμάται. Στη μέση της νύχτας ακούγεται ήχος από δυνατή βροχή και αστραπές. Όλη η οικογένεια σηκώνεται και βγαίνει στην ταράτσα για να μαζέψει τα τελάρα με τα λιασμένα σύκα. Μετά από λίγο ο ουρανός ξαστερώνει. Η γιαγιά μαζεύει τα παιδιά και τα βγάζει στο μπαλκόνι. Το βρεγμένο χώμα έχει μια ξεχωριστή μυρωδιά. Τους δείχνει τον ουρανό, την «Πούλια» και τον «Ιορδάνη ποταμό». Μετά βρίσκονται μέσα στο δωμάτιο και η γιαγιά τους μιλάει για το πρωινό και το απογευματινό αστέρι, τον Αυγερινό. Τους προτείνει να ξυπνήσουν κάποια μέρα νωρίς για να δουν το αστέρι αυτό. Το αγόρι ακούει τις λέξεις «Πούλια» και «Αυγερινός». Τις φέρνει και τις ξαναφέρει στον νου του. Του φαίνονται ιδιαίτερες. Δεν τις ξεχνάει. Το παιδί βρίσκεται και πάλι στο κρεβάτι του και φαντάζεται τον τεράστιο ουρανό, τον απέραντο χώρο του διαστήματος. Φαντάζεται το μπαλόνι να πετάει στο Διάστημα. Βλέπει όνειρο (άγνωστο). Ξυπνάει και σκέφτεται ξανά τον ουρανό. Έχει την άποψη ότι το μπαλόνι του μπορεί και να έχει φτάσει στον Ήλιο. Αυτό το ανακοινώνει με σιγουριά στους γονείς του το επόμενο πρωί.

5) Το αγόρι μαθαίνει πως η Γη είναι σαν σφαίρα. Σκέφτεται τι θα μπορούσαν να «πάθουν» οι άνθρωποι που βρίσκονται στον Νότιο Πόλο. Αναρωτιέται αν «πέφτουν» στο Διάστημα; Επίσης, διερωτάται πού πηγαίνει το μπλε χρώμα της θάλασσας όταν κάποιος κοιτά από κοντά το νερό της.

6) Μετά από λίγα χρόνια. Μόλις έχουν κλείσει τα σχολεία. Το αγόρι (μαθητής Δημοτικού) έχει ενημερωθεί στοιχειωδώς σχετικά με το πλανητικό σύστημα από βιβλία και εγκυκλοπαίδειες. Γνωρίζει για την επίσκεψη του ανθρώπου στη Σελήνη. Διαβάζοντας κόμιξ πληροφορείται για την κόντρα ανάμεσα στην Αμερική και τη Ρωσία, που αφορά την κατάκτηση του Διαστήματος και εξελίσσεται σε πραγματική «κούρσα». Βλέπει στις εικόνες των κόμιξ, για πρώτη φορά, τους τεχνητούς δορυφόρους που αιωρούνται στην περιοχή του Διαστήματος γύρω από τη Γη και μαθαίνει για τον κενό χώρο. Επίσης, από τις εικόνες των κόμιξ παρατηρεί και γνωρίζει πώς είναι περίπου η επιφάνεια της Σελήνης. Αντιλαμβάνεται ότι οι συνθήκες εκεί δεν είναι όμοιες με της Γης: οι αστροναύτες φορούν προστατευτικές στολές, όταν βαδίζουν

στο σεληνιακό έδαφος φαίνεται πως είναι πολύ ελαφριοί, ενώ όταν είναι στο Διάστημα αιωρούνται μονίμως. Δεν υπάρχει οξυγόνο. Δεν υπάρχει ζωή εκεί. Εντυπωσιάζεται από την ύπαρξη βουνών, βράχων, πεδιάδων, κοιλάδων, χώματος κ.λπ. στη Σελήνη (αυτό γεννάει την ιδέα ότι υπάρχουν κι έξω από τη Γη τόποι που μπορούν να φιλοξενήσουν ζωντανά πλάσματα: το Διάστημα έχει «ράφια» ή εξωτικά «βοτσαλάκια» όπου εκεί μπορούν να ζήσουν ειρηνικά άνθρωποι και ζώα), καθώς και από το γεγονός ότι ο ουρανός εκεί φαίνεται μαύρος ακόμη κι όταν φωτίζεται η επιφάνεια του εδάφους από τον Ήλιο. Νιώθει θαυμασμό όταν φέρνει αυτές τις νέες πληροφορίες στον νου του: Είναι ασύλληπτο να βλέπει κάποιος από το έδαφος της Σελήνης τον Ήλιο και τα υπόλοιπα αστέρια μαζί (ταυτόχρονα) και την ίδια στιγμή ο ουρανός να φαίνεται μαύρος κι όχι γαλάζιος, είναι συναρπαστικό να μαθαίνει κανείς ότι οι λακκούβες στο έδαφος του Φεγγαριού είναι αποτέλεσμα πτώσης κινούμενων διαστημικών βράχων (μετεωριτών), μοιάζει με άθλο να πατά άνθρωπος το πόδι του εκεί, ιδίως αν σκεφτούμε ότι για ένα τέτοιο κατόρθωμα θα έπρεπε να ξεπεραστούν ανυπέρβλητα εμπόδια, όπως το να νικήσουν και να ξεφύγουν από το πεδίο βαρυτικής δράσης της Γης οι αστροναύτες, να «στοχεύσουν» και να έχουν ως προορισμό ένα μακρινό ουράνιο σώμα, να ταξιδέψουν (ως εκεί) με επιτυχία, μέσα στον τεράστιο κενό χώρο χωρίς να χαθούν, να προσσεληνωθούν χωρίς να προκύψουν βλάβες στις μηχανές της διαστημοσυσκευής, γνωρίζοντας μάλιστα ότι στη Σελήνη δεν υπάρχουν ούτε ανέσεις ούτε καν τα απαραίτητα μέσα (λ.χ. συνεργεία), να ξεφύγουν από τη βαρύτητα του Φεγγαριού χρησιμοποιώντας μια μικρή διαστημοσυσκευή (που βρίσκεται στη μέση του άγνωστου, του «πουθενά», που ξεκινά ένα ταξίδι από ένα αφιλόξενο περιβάλλον, που είναι ήδη «ταλαιπωρημένη» από το ταξίδι της από τη Γη και ως εκ τούτου είναι «επιρρεπής» σε σοβαρές βλάβες), να προσανατολιστούν στο αχανές διάστημα και να κάνουν το ταξίδι της επιστροφής μες στον κενό χώρο, και τέλος να προσεδαφιστούν σώοι και αβλαβείς σε προκαθορισμένο σημείο στην επιφάνεια της Γης. Η επίσκεψη ανθρώπων στο Φεγγάρι δημιουργεί μια αίσθηση μυστηρίου, αφού έστω και ένα μικρό αποτύπωμα παπουτσιού στο σεληνιακό χώμα μαρτυράει κάτι ασύλληπτο: για πρώτη φορά το απρόσιτο χαοτικό Διάστημα παύει να εξελίσσεται μόνο του (δηλαδή αποκλειστικά και μόνο από την εφαρμογή των φυσικών νόμων) αλλά επηρεάζεται και αλλάζει μετά από την παρέμβαση και τη δράση ενός όντος, το οποίο ενεργεί κατόπιν δικής του βουλήσεως. Είναι αδιανόητο και συνάμα γοητευτικό να επιτυγχάνονται μη φυσικές παρεμβάσεις στο μακρινό, αρχέγονο, μοναχικό και απρόσιτο περιβάλλον ενός ουράνιου σώματος, το οποίο διαμορφωνόταν επί δισεκατομμύρια χρόνια στην απόλυτη

«απομόνωση» που επέβαλαν ο χώρος, ο χρόνος και οι φυσικοί νόμοι. Ο «Μικρός πρίγκιπας» εξάπτει περισσότερο τη φαντασία. Όλα αυτά τα μαθαίνει για πρώτη φορά. Του δημιουργούν μια «απόκοσμη» αίσθηση, μια περίεργη αίσθηση απεραντοσύνης. Το αγόρι παρατηρεί το Φεγγάρι και αρχίζει να αντιλαμβάνεται τον όγκο του με τη βοήθεια του ανακλώμενου-από την επιφάνειά του- ηλιακού φωτός και της σκιάς του. Ο ουρανός δεν φαντάζει πλέον επίπεδος, έχει βάθος και προοπτική.

7) Είναι Καλοκαίρι. Μια γειτόνισσα ανακοινώνει της έλευση ενός κομήτη. Το παιδί της είναι ακόμη μωρό. Εκείνη δηλώνει ότι ο κομήτης θα ξαναπεράσει από τη Γη, όταν ο γιος της θα είναι 104 χρόνων. Αυτή η πληροφορία αφήνει άφωνο και σκεπτικό το αγόρι. Τα ουράνια γεγονότα παρουσιάζουν επαναληψιμότητα. Όμως ο χρόνος του Διαστήματος φαντάζει τεράστιος μπροστά στα γήινα γεγονότα και στη χρονική έκταση του ανθρώπινου βίου.

Την ίδια περίοδο, κατά τη διάρκεια ενός βραδινού δελτίου ειδήσεων, ένας δημοσιογράφος αναφέρεται σε ένα παλιό περιστατικό πτώσης ενός άγνωστου ιπτάμενου αντικειμένου στην περιοχή Ρόσγουελ του Νέου Μεξικού, στις Η.Π.Α. Η φωτογραφία ενός μικρόσωμου εξωγήινου ανθρωπάκου προκαλεί αλυσιδωτές σκέψεις στο αγόρι, το οποίο αρνείται να δεχθεί την αλήθεια και την αξιοπιστία του γεγονότος. Επιχειρηματολογεί λέγοντας ότι ακόμη κι αν υπάρχουν εξωγήινα όντα, αυτά μπορεί να έχουν μια οποιαδήποτε άλλη μορφή και όψη, η οποία δεν είναι υποχρεωτικό να έχει τα χαρακτηριστικά ενός ανθρώπινου σώματος. Η κοινή λογική λέει ότι ένα οποιοδήποτε εξωγήινο ον, που ανήκει σε ένα συγκεκριμένο ζωικό είδος, είναι πιο πιθανό να έχει εντελώς διαφορετικά σωματικά χαρακτηριστικά από εκείνα που διαθέτει το ανθρώπινο σώμα. Άλλωστε, η φύση δεν αρέσκεται στο να ακολουθεί συνταγές. Αγαπά τα διαφορετικά μονοπάτια. Το τυχαίο στη συμπλοκή των φυσικών παραγόντων και η αβεβαιότητα κυριαρχούν, παρόλο που οι φυσικοί νόμοι είναι πάντα οι ίδιοι και βρίσκονται πάντοτε πίσω από κάθε φυσική διαδικασία. Γι' αυτό και αυτή η είδηση είναι ψευδής. Ο δημοσιογράφος δεν αποκαλύπτει τελικά την αλήθεια. Οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν απέδειξαν ότι το περιστατικό ήταν σκηνοθετημένο.

8) (Μαθητής Γυμνασίου) Είναι Χειμώνας. Από την τηλεόραση ανακοινώνεται ότι θα πραγματοποιηθεί σύνοδος μεταξύ των πλανητών Δία και Αφροδίτης. Το αγόρι αποφασίζει να τους εντοπίσει το ίδιο βράδυ. Ένα ψηλό βουνό εκεί κοντά στέλνει συνεχώς το βλέμμα του αγοριού στον ουρανό. Το παιδί παρατηρεί δύο «αστεράκια» με

μεγάλη φωτεινότητα. Αυτά μετακινούνται και αλλάζουν θέση από μήνα σε μήνα. Το φωτεινότερο από τα δύο μάλλον είναι ο πλανήτης Αφροδίτη (επιβεβαιώνεται έτσι η γνώση του για τον πλανήτη αυτό). Το αγόρι στρέφει ένα ζευγάρι κιάλια προς το δεύτερο ουράνιο σώμα. Τότε παρατηρεί μικρότερα φωτεινά σημεία να το συνοδεύουν. Τις επόμενες ημέρες αυτά τα φωτεινά σημεία αλλάζουν θέση. Κάποιες φορές βρίσκονται στα δεξιά του φωτεινού ουράνιου σώματος και κάποιες άλλες στα αριστερά. Το αγόρι επιβεβαιώνει ότι αυτό το ουράνιο σώμα είναι ο Δίας με τους φυσικούς του δορυφόρους (τα φεγγάρια του). Η ζωντανή θέαση άλλων, εκτός της Σελήνης, δορυφόρων ενθουσιάζει το αγόρι. Το Σύμπαν αποτελεί πλέον ανοικτό πεδίο για ανακαλύψεις που δεν τελειώνουν. Από 'κει και πέρα οι πλανήτες Δίας και Αφροδίτη αναγνωρίζονται εύκολα από τη φωτεινότητά τους και το χρώμα τους.

Μετά από καιρό, στην παρέα μπαίνει και ο κόκκινος πλανήτης. Λίγο αργότερα, το αγόρι «κυνηγά» και τελικά εντοπίζει και τον πρώτο πλανήτη. Η παρατήρηση του Ερμή αποτελούσε στοίχημα: είναι ένα ουράνιο σώμα με ιδιαίτερη αίγλη, γιατί είναι πολύ κοντά στον Ήλιο, έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (θερμοκρασία κ.λπ.), είναι ένας κοντινός γείτονας και φαίνεται για πολύ λίγη ώρα στον ουρανό της Γης. Μοιάζει με βότσαλο, πάνω στο οποίο μπορεί να πατήσει η ανθρωπότητα για να κάνει ένα σάλτο προς το απέραντο Διάστημα. Είναι μυθικός. Ανήκει στην «οικογένειά» μας αλλά είναι και όμοιος και διαφορετικός από τη Γη, και παρόλο που βρίσκεται στην αγκαλιά του Ήλιου, μοιάζει απόκοσμος και ξένος. Η μορφή της επιφάνειάς του παραπέμπει σε μια εποχή χαμένη στα βάθη της διαστημικής προϊστορίας. Μοιάζει σαν να γεννήθηκε μέσα σε ένα άλλο πλανητικό σύστημα. Εξαιτίας των προηγούμενων, δίνει μια αίσθηση ασφάλειας και ταυτόχρονα μια υπόσχεση για ένα ταξίδι δίχως τέλος προς το άγνωστο και το διαρκώς νέο και συναρπαστικό. Κι εδώ το νέο μπορεί να σημαίνει ακόμη και βουτιά στο μυστήριο του απώτατου παρελθόντος του Διαστήματος. Για τους λόγους αυτούς ο Ερμής είναι μυθικός.

9) Είναι Άνοιξη. Ένας νέος κομήτης αρχίζει να φαίνεται στον ουράνιο θόλο. Μέσα σε λίγες εβδομάδες η ουρά του γίνεται πολύ εντυπωσιακή. Η γιαγιά σχολιάζει αυτό το γεγονός. Το αγόρι πληροφορείται για την έλευσή του από τις ειδήσεις. Είναι αδύνατο να αποφύγει μια σκέψη που του προκαλεί δέος αλλά και ταυτόχρονη στενοχώρια: «Η γιαγιά δεν θα ζει, όταν περάσει ξανά, μετά από χρόνια, ο ίδιος κομήτης. Ίσως το αγόρι βλέπει κι εκείνο για πρώτη και τελευταία φορά τον συγκεκριμένο κομήτη». Εάν τον δει στο μέλλον, το αγόρι θα έχει γίνει πια γέροντας, κι αυτός ο κομήτης θα γίνει τότε

έναν «ζωντανό» κρίκος, που θα τον συνδέσει με τη νεανική του «προϊστορία», με τη γιαγιά του, αφού θα είναι το ίδιο ουράνιο σώμα που παρατήρησαν και τα δικά της μάτια πριν χρόνια. Το ίδιο ουράνιο σώμα θα συνδέσει ξανά σε εκείνο το παρόν δυο πρόσωπα, που το ένα θα υπάρχει ακόμη ενώ το άλλο όχι. Το αγόρι θα βρίσκεται τότε στην ίδια θέση που ήταν κάποτε η αγαπημένη του γιαγιά.

Η θέση και η φωτεινότητα του κομήτη και των πλανητών εμπλουτίζουν την αίσθηση της προοπτικής του συμπαντικού χώρου. Σε αυτό βοηθάει και το φόντο του ουράνιου θόλου, στο οποίο βρίσκονται τα πιο απομακρυσμένα αστέρια. Ο ουρανός χωρίζεται σε επίπεδα στο μυαλό του αγοριού, άλλα πιο κοντινά κι άλλα πολύ απομακρυσμένα. Στο νου του εγκαθίσταται μόνιμα η ιδέα ότι ο χώρος του Διαστήματος είναι πραγματικά άπειρος, χωρίς αρχή και τέλος. Θεωρεί λανθασμένα ότι ένα καλό τηλεσκόπιο έχει την ιδιότητα να «φθάνει» και τα πιο απομακρυσμένα επίπεδα του ουρανού, γι' αυτό καταφέρνει και βλέπει τα ουράνια σώματα που βρίσκονται εκεί. Δεν έχει ιδέα για το μακροχρόνιο ταξίδι του φωτός, από διάφορα ουράνια σώματα, ως τη Γη. Δεν μπορεί να φανταστεί ότι όταν οι άνθρωποι κοιτούν τον βραδινό ουρανό, βλέπουν απλά μια παρελθοντική εικόνα του Σύμπαντος, μια πολύ παλιά εικόνα, μια πολύ παλιά ιστορία.

10) Είναι Φθινόπωρο. Το αγόρι βρίσκεται στο γραφείο του και γράφει ένα ποίημα με θέμα τη μερική έκλειψη Ηλίου που πρόκειται να γίνει σε λίγες ημέρες. Το συνεπαίρνει η ιδέα ότι σε μια ολική έκλειψη σκοτεινιάζει μια περιοχή της Γης. Στο βραδινό τραπέζι η μητέρα του εξιστορεί τη δική της εμπειρία από μια ολική έκλειψη Ηλίου που συνέβη πριν χρόνια, όταν κι εκείνη ήταν παιδί. Επιβεβαιώνει ότι το χωριό συσκοτίστηκε για λίγα λεπτά. Επισημαίνει την επικινδυνότητα της παρατήρησης ενός τέτοιου φαινομένου και μάλιστα αναφέρει πως ήταν τυχερή που δεν τυφλώθηκε, αφού είχε παρατηρήσει εκείνη την έκλειψη μέσα από ένα θολωμένο και μαυρισμένο από καπνό τζάμι αντί να χρησιμοποιήσει ειδικά για τον σκοπό αυτό γυαλιά. Το ίδιο βράδυ το αγόρι βλέπει σε όνειρο ένα απόκοσμο γήινο τοπίο, στο οποίο ενώ πραγματοποιούνταν μια έκλειψη κυριαρχούσε το σεληνιακό φως.

11) Το αγόρι παρατηρεί μια συλλογή από φωτογραφίες σχετικές με την αστρονομία που έχει ο αδερφός του. Παρατηρώντας ένα σμήνος αστερών και έχοντας κατά νου τα μεγέθη και τις αποστάσεις, αισθάνεται έναν δυνατό ίλιγγο και ταυτόχρονα τρομάζει.

12) Μετά από αρκετό καιρό το παιδί πληροφορείται πως ακόμη κι ο κενός χώρος, δηλαδή ο χώρος από μόνος του, δεν υπήρχε πριν γεννηθεί το Σύμπαν. Ότι γεννήθηκε

κι αυτός στο πλαίσιο της εμφάνισης και της εξέλιξης του Σύμπαντος, παράλληλα με καθετί που αναπτυσσόταν στον Κόσμο. Ήταν επίσης εντυπωσιακή η πληροφορία ότι ο χώρος δεν είναι στατικός αλλά μεγαλώνει κι αυτός διαρκώς, με αποτέλεσμα το Σύμπαν να γίνεται ολοένα και μεγαλύτερο από τη μια στιγμή στην άλλη.

ΠΡΑΞΗ Β (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1, 2: I-III):

1) *Το παιδί φαντάζεται: Από τη σκόνη των νεφελωμάτων, στη σκόνη που σηκώνει το πόδι του αστροναύτη όταν πατά στο σεληνιακό έδαφος, στη σκόνη αλευριού του σιταριού που σπάει, στα τρίμματα ψωμιού που πέφτουν στα ρούχα του αγοριού που τρώει, στη στάχτη των καμένων ξύλων του τζακιού, στο νηπιακό κρεβάτι και στις σκόνες που περνούν μέσα από τις ηλιακές ακτίνες, στην άμμο που προέρχεται από πέτρες που θρυμματίζονται και τέλος στις μικρές σταγονίτσες των υδρατμών της κατσαρόλας με το νερό που βράζει. Το παιδί σταματά να σκέφτεται.*

Απότομο ταξίδι από το παιδί και το γήινο έδαφος στο σύννεφο και στους υδρατμούς του και κατόπιν στο Διάστημα με τα πλανητικά συστήματα, τους Ήλιους, τους γαλαξίες, τα σμήνη γαλαξιών και τέλος στην πανοραμική άποψη του Σύμπαντος. Επιστροφή στο πλανητικό σύστημα και στη σταδιακή αποσύνθεσή του σε μικρές σκονίτσες. Από το αποσυντεθημένο πλανητικό σύστημα προχωράμε σταδιακά στην πανοραμική συμπαντική εικόνα. Κατά την κίνηση αυτή φαίνεται ότι παντού υπάρχουν σκόνες. Καταλήγουμε σε ένα σύμπαν που μοιάζει με «σούπα» από «σκόνες». Σιγά σιγά το σύμπαν αυτό συστέλλεται και καταλήγει σε μια μικρή τελίτσα «μέσα» σε ένα λευκό φόντο, η οποία στο τέλος χάνεται.

[Η είσοδος σε κάθε επόμενο στάδιο του εκπαιδευτικού λογισμικού απαιτεί κι ένα συγκεκριμένο κωδικό. Αυτός ο κωδικός δίνεται στο τέλος κάθε προηγούμενου σταδίου, μετά από την επιτυχή ολοκλήρωση κάποιων δοκιμασιών που υπάρχουν στο τέλος του σταδίου/της ενότητας. Προϋπόθεση για τη λήψη του κωδικού είναι ο χρήστης να απαντά σωστά/να ανταποκρίνεται επιτυχώς στο 70 τοις εκατό του συνόλου μιας δοκιμασίας. Οι λύσεις δίνονται παρακάτω με **κόκκινο** χρώμα. Στην Τελική Δοκιμασία δεν δίνουμε όλες τις λύσει. Πρέπει να υπάρχει ελευθερία στην επινόηση καινούριων μοτίβων-αναλογιών.]

1^η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ: Για να προχωρήσει ο χρήστης στο επόμενο στάδιο πρέπει να απαντήσει σωστά σε μια σειρά ερωτήσεων που σχετίζονται με τα προηγούμενα. [Οι χρήστες θα μπορούν να βλέπουν σε ξεχωριστό παράθυρο σε ποια θέση βρίσκονται, σε μια ενιαία σκηνή, που έχει επίπεδα-στάδια. Κατευθύνονται από ανάλογες με τα θέματα εικόνες.]

Σωστό-Λάθος : «ΔΙΑΛΟΓΟΣ» ΜΕ ΤΟΝ... ΕΑΥΤΟ:

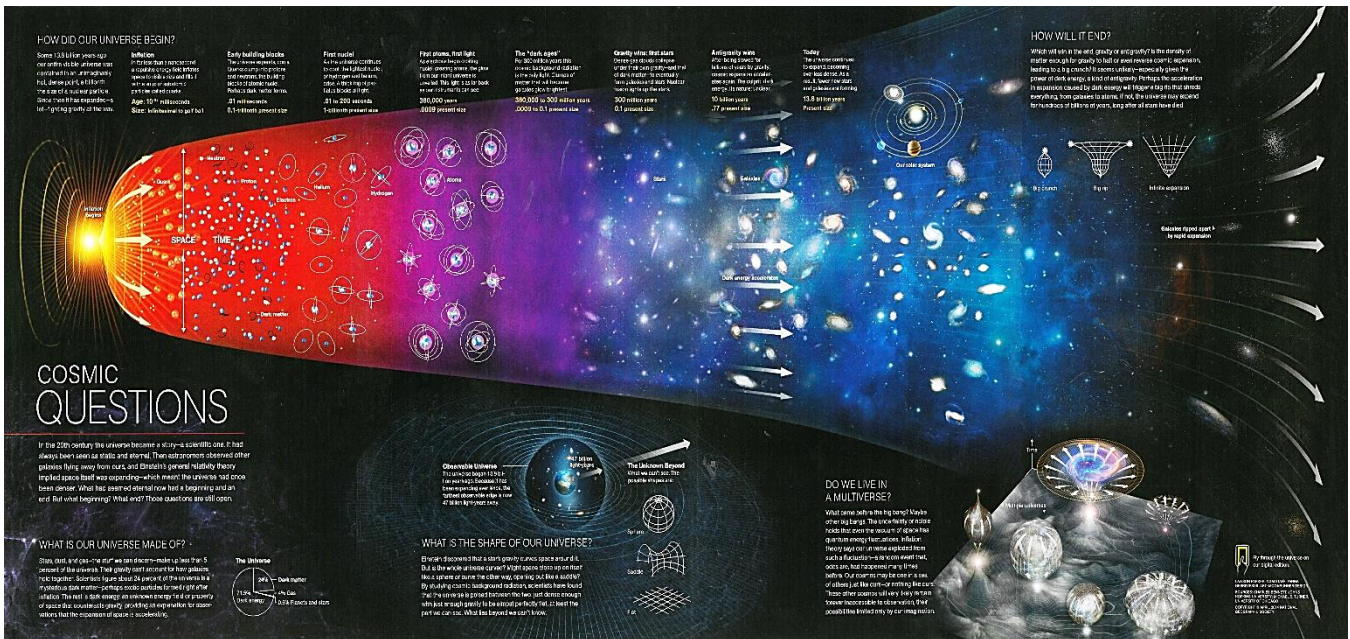
Είναι αρχή Άνοιξης. Βράδυ, στο παιδικό του δωμάτιο. Πάνω υπάρχει φωταγωγός, από τον οποίο φαίνεται ο Ωρίωνας. Το παιδί βρίσκεται απέναντι από τον καθρέφτη και θυμάται-φαντάζεται-αναρωτιέται για τα παρακάτω [σε αχνό συννεφάκι, που ξεκινά από το κεφάλι του, μια-μια οι ερωτήσεις-επιλογή Σ/Λ, στο τέλος των ερωτήσεων οι απαντήσεις και η αξιολόγηση/κρίση για το αν θα προχωρήσει ο χρήστης στο επόμενο στάδιο].

1. Το πρώτο πράγμα που παρατηρεί το αγόρι, όταν είναι νήπιο, είναι οι πλανήτες Αφροδίτη και Δίας. (Λ)
2. Οι ακτίνες φωτός, καθώς διέρχονταν από τα κλειστά βλέφαρα, αποκτούσαν απαλό κόκκινο χρώμα, επειδή περνούσαν μέσα από τα αιμοφόρα αγγεία των βλεφάρων, όπου κυκλοφορεί το αίμα. (Σ)
3. Η γιαγιά του αγοριού είχε πολύ καλές γνώσεις αστρονομίας, αφού γνώριζε την επιστημονική ονομασία των πλανητών και κάποιων αστερισμών. Αναγνωρίζει, επίσης, ότι η λευκή περιοχή του νυχτερινού ουρανού είναι ο Γαλαξίας μας. (Λ)
4. Το μπαλόνι έφτασε τελικά πολύ κοντά στον Ήλιο. (Λ)
5. Οι άνθρωποι που ζουν στον Νότιο Πόλο της Γης δεν «πέφτουν» προς το Διάστημα, επειδή η βαρυτική δύναμη του πλανήτη μας τους συγκρατεί στην επιφάνειά του. Επίσης, στο Διάστημα δεν υπάρχει «πάνω» ή «κάτω», άρα η φράση «οι άνθρωποι θα πέσουν κάτω από τη Γη» είναι λάθος. (Σ)
6. Η «Πούλια» είναι μια ομάδα αστέρων που η επιστημονική της ονομασία είναι Πλειάδες. (Σ)
7. Πριν 50 χρόνια, οι απλοϊκοί άνθρωποι έδιναν ονόματα ποταμών σε διάφορες περιοχές του ουρανού. Για παράδειγμα, ονόμαζαν «Ιορδάνη ποταμό» την γαλακτόχρωμη ζώνη του Γαλαξία μας (η οποία φαίνεται από τη Γη και απλώνεται από τη μια μεριά του ουρανού έως την άλλη). (Σ)

8. Το αγόρι συμφωνεί με την άποψη ότι έχουν εμφανιστεί εξωγήινοι στη Γη και μάλιστα ισχυρίζεται ότι αυτοί μοιάζουν αρκετά με τους ανθρώπους. (Λ)
9. Στη Σελήνη, την ημέρα ο ουρανός είναι σκοτεινός, παρόλο που ο Ήλιος λάμπει, επειδή η ατμόσφαιρα εκεί είναι σχεδόν ανύπαρκτη. Το Οξυγόνο και το Άζωτο, που υπάρχουν ως αέρια στη γήινη ατμόσφαιρα ευθύνονται για το γαλάζιο χρώμα που βλέπουμε κοιτώντας τον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας. (Σ)
10. Οι αστροναύτες, κατά τη διάρκεια ενός μικρού περιπάτου στη Σελήνη, ήταν πολύ ανάλαφροι, επειδή έχασαν πολλά κιλά από τα σώματά τους μέχρι να φτάσουν στο Φεγγάρι. (Λ)
11. Ο πλανήτης Δίας έχει φεγγάρια. (Σ)
12. Ο πρώτος πλανήτης του πλανητικού μας συστήματος είναι ο Άρης. (Λ)
13. Το αγόρι έχει τη λανθασμένη άποψη ότι ο διαστημικός χώρος είναι άπειρος, δεν έχει όρια, είναι απέραντος. (Σ)
14. Η γιαγιά θα δει μετά από χρόνια τον ίδιο κομήτη να περνάει από τη Γη. (Λ)
15. Όποιος κοιτά μια έκλειψη Ηλίου χωρίς ειδικά προστατευτικά γυαλιά κινδυνεύει να τυφλωθεί. (Σ)
16. Ο χώρος του Σύμπαντος υπήρχε από πάντα. (Λ)
17. Ο χώρος του Σύμπαντος δεν αλλάζει. (Λ)
18. Όλα τα υλικά σώματα, από τους τεράστιους γαλαξίες, τους φωτεινούς αστέρες, τους πλανήτες, τα βουνά, το νερό, τον ατμοσφαιρικό αέρα, μέχρι και τα δέντρα, τα ζώα, τον άνθρωπο, τα διάφορα καθημερινά αντικείμενα που χρησιμοποιούμε, τις τροφές και άλλα πολλά, μπορούν να «αποσυναρμολογηθούν» σε μικρότερα σώματα και τελικά να γίνουν μικροσκοπικές « — — — — — » (Το αγόρι παρατηρούσε τέτοιες να αιωρούνται στο παιδικό του δωμάτιο) (σκόνες).

ΚΩΔΙΚΟΣ: «σκόνη_παντού»

2) Το φόντο είναι λευκό. Ακούγεται η φωνή του αφηγητή (που είναι ένας εκπαιδευτικός-στην αρχή δεν φαίνεται), ο οποίος ξεκινά να περιγράφει βήμα-βήμα κάθε στάδιο εξέλιξης του Σύμπαντος, από το πρωιμότερο μέχρι το σημερινό. Τα βασικά στάδια είναι τα εξής:



Στάδια εξέλιξης του Σύμπαντος

1) - Πριν 13,8 δισεκατομμύρια χρόνια η Μεγάλη Αρχή: Ξαφνικά εμφανίζεται ένα απειροελάχιστο σημείο χώρου και χρόνου. Αυτό ήταν το «νεογέννητο» Σύμπαν. Το «σφαιρικό» αυτό σημείο άρχισε να μεγαλώνει, να φουσκώνει σαν μπαλόνι, να εξαπλώνεται με τεράστια ταχύτητα. «Εξω» απ' αυτό δεν υπήρχε χώρος. Δηλαδή, αυτό το μικρό σημείο δεν βρισκόταν μέσα σε κάποιο χώρο. Επίσης ο χώρος στο «εσωτερικό» του στην αρχή ήταν πάρα πολύ μικρός. Δηλαδή, δεν υπήρχε το τεράστιο Διάστημα, αφού κι αυτό ακόμη σχηματιζόταν σιγά-σιγά καθώς αναπτυσσόταν αυτό το σημείο. Ο χώρος του Σύμπαντος συνεχίζει να μεγαλώνει μέχρι σήμερα, όχι όμως με την ίδια, απίστευτη ταχύτητα που αναπτυσσόταν κατά τα πρώτα στάδια της γένεσης του Κόσμου. Η ταχύτητα με την οποία αναπτύσσεται σήμερα ο χώρος μειώνεται συνεχώς.

Από τη στιγμή που εμφανίστηκε αυτό το μικροσκοπικό σημείο άρχισε να κυλάει και ο χρόνος. Χρόνος πριν δεν υπήρχε.

Σε αυτό το ελαχιστότατο σημείο, σε αυτή τη μικροσκοπική περιοχή ήταν συγκεντρωμένη όλη η ενέργεια που υπάρχει στο Σύμπαν, γι' αυτό η περιοχή αυτή ήταν υπερβολικά πυκνή και αφάνταστα θερμή. Όλα τα υλικά σώματα-αντικείμενα, από τους τεράστιους γαλαξίες, τους φωτεινούς αστέρες, τους πλανήτες, τα βουνά, το νερό, τον

ατμοσφαιρικό αέρα, μέχρι και τα δέντρα, τα ζώα, τον άνθρωπο, τα διάφορα καθημερινά αντικείμενα που χρησιμοποιούμε, τις τροφές και άλλα πολλά, που υπήρχαν στο παρελθόν, που υπάρχουν τώρα και θα υπάρξουν στο μέλλον είναι «φτιαγμένα» από αυτή την ενέργεια.

Όμως, με ποιον τρόπο δημιουργήθηκαν αυτά τα υλικά σώματα; Πώς δημιουργήθηκε η ύλη;

ΔΙΑΣΤΟΛΗ-ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΣ-ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΑ-ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

-Όπως είπαμε και προηγουμένως, στην αρχή όλη η ενέργεια του Σύμπαντος ήταν περιορισμένη σε έναν εξαιρετικά μικρό χώρο. «Μέσα» σε αυτή τη μικροσκοπική περιοχή επικρατούσαν συνθήκες μεγάλης πυκνότητας και τεράστιας πίεσης και θερμοκρασίας. Μετά από ένα ελαχιστότατο χρονικό διάστημα, αυτή η περιοχή άρχισε να μεγαλώνει με απίστευτη ταχύτητα, η οποία ξεπερνούσε σε μεγάλο βαθμό ακόμη και την ταχύτητα του φωτός. Το απότομο μεγάλωμα του χώρου συνέβη εξαιτίας μιας πολύ μεγάλης δύναμης.

Η δύναμη αυτή προκαλείται όταν επικρατούν ακραίες συνθήκες και συγκεκριμένα όταν μια εξαιρετικά μεγάλη ποσότητα ενέργειας είναι συγκεντρωμένη σε μια αδιανόητα μικρή περιοχή. Τότε η πυκνότητα της ενέργειας, η πίεση και η θερμοκρασία σε αυτήν την περιοχή ήταν τεράστιες. Εκείνη η πίεση, μάλιστα, δεν έμοιαζε με την πίεση που υπάρχει, για παράδειγμα στα τοιχώματα ενός πλαστικού μπουκαλιού που είναι γεμάτο με νερό, αφού στο μπουκάλι η πίεση έχει κατεύθυνση προς τα έξω, ενώ η πίεση στο αρχέγονο Σύμπαν είχε κατεύθυνση προς το εσωτερικό του. Αυτού του είδους η πίεση προς το εσωτερικό ονομάστηκε από τους επιστήμονες αρνητική πίεση και ήταν εκείνη που προκάλεσε τη δύναμη που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Για να είμαστε ακριβείς πρέπει να πούμε ότι αυτή η απότομη και ξαφνική ανάπτυξη του χώρου ξεκίνησε σχεδόν ακαριαία, δηλαδή μετά από ένα ελαχιστότατο χρονικό διάστημα αφότου το Σύμπαν άρχισε να υπάρχει. Επίσης, το ταχύτατο αυτό μεγάλωμα κράτησε για πολύ λίγο χρόνο. Η διάρκειά του ήταν μόνο ελάχιστα κλάσματα δευτερολέπτου, και μάλιστα πριν ολοκληρωθεί το πρώτο δευτερόλεπτο ζωής του Σύμπαντος. Είναι σημαντικό να πούμε, επίσης, ότι ο χώρος του Σύμπαντος συνεχίζει να μεγαλώνει και σήμερα με μεγάλη ταχύτητα, όμως σε καμία περίπτωση δεν συμβαίνει με τον ασύλληπτα ταχύτατο ρυθμό του αρχικού ξαφνικού μεγάλωματος. Κι όσο μεγαλώνει ο χώρος τόσο το Σύμπαν θα γίνεται όλο και πιο γιγάντιο. Αυτή τη

διαρκή ανάπτυξη του χώρου οι επιστήμονες την ονομάζουν διαστολή του Σύμπαντος, ενώ εκείνο το αρχικό, απότομο και ταχύτατο μεγάλωμα πληθωρισμό.

Για να έχουμε μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για τον πληθωρισμό, δηλαδή γι' αυτή την αρχική, απότομη και ταχύτατη διαστολή του χώρου, ας προσπαθήσουμε να φανταστούμε ένα νόμισμα με διάμετρο 1 εκατοστό να μεγαλώνει και να ξεπερνάει τη διάμετρο του Γαλαξία μας κατά δέκα εκατομμύρια φορές μέσα σε μια ελαχιστότατη στιγμή του χρόνου. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι η διάμετρος του Γαλαξία μας, ο οποίος περιέχει πάνω από 250 δισεκατομμύρια άστρα, είναι τόσο μεγάλη που δεν τη μετράμε ούτε καν σε χιλιόμετρα, αλλά σε...έτη φωτός. Ένα έτος φωτός είναι η διαδρομή που κάνει το φως όταν ταξιδεύει στον χώρο για έναν ολόκληρο χρόνο. Μιλάμε για απίστευτες αποστάσεις που δεν μπορεί να τις χωρέσει ο νους μας. Μια τέτοια ασύλληπτη απόσταση είναι και διάμετρος του Γαλαξία μας, η οποία είναι 105.700,0834 έτη φωτός.

Λίγο πριν από το τέλος αυτού του πολύ μικρού χρονικού διαστήματος, κατά τη διάρκεια του οποίου το «νεογέννητο Σύμπαν μεγάλωνε απότομα και με ραγδαίο ρυθμό, η θερμοκρασία άρχισε να μειώνεται, αφού η θερμότητά του Σύμπαντος «απλωνόταν» διαρκώς με τη μορφή ακτινοβολίας σε όλο και μεγαλύτερο χώρο. Σε εκείνη ακριβώς τη φάση, κατά την οποία θερμοκρασία του Σύμπαντος ξεκίνησε να μειώνεται λόγω της συνεχούς διαστολής του χώρου, συνέβη ένα πολύ σημαντικό γεγονός: Μόλις έπεσε θερμοκρασία ορισμένων βαθμούς, η ενέργεια άρχισε να μετατρέπεται σε ύλη, δηλαδή καταναλωνόταν για να δημιουργηθούν οι πρώτες μικροσκοπικές υλικές δομές, δηλαδή τα πρώτα πάρα πολύ μικρά σωματίδια της ύλης.

Μέσα στις επόμενες λίγες στιγμές του χρόνου, μειώθηκε και η ταχύτητα διαστολής του χώρου και παρόλο που αυτός αναπτυσσόταν γρήγορα, ωστόσο το μεγάλωμα του από κει και πέρα δεν γινόταν με την υπερβολική ταχύτητα των πρώτων στιγμών. Όμως, με τη βοήθεια της ενέργειας συνέχισαν να «φτιάχνονται» όλο και περισσότερες μικροσκοπικές δομές ύλης, δηλαδή σωματίδια, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν τεράστιες ποσότητες από αυτά μέσα στον συμπαντικό χώρο, ο οποίος παρόλο που είχε μεγαλώσει αρκετά δεν ήταν τόσο «ευρύχωρος» ώστε να χωράει με «άνεση» όλα αυτά τα σωματίδια. Εξαιτίας αυτού η θερμοκρασία του Σύμπαντος έγινε και πάλι αρκετά υψηλή, με συνέπεια το Σύμπαν να συμπεριφέρεται πλέον σαν ένας μεγάλος πυρηνικός αντιδραστήρας.

Οι επιστήμονες τονίζουν πως όλη η ύλη από την οποία είναι φτιαγμένο κάθε υλικό σώμα στον Κόσμο δημιουργήθηκε σε εκείνο ακριβώς το χρονικό διάστημα, που ξεκίνησε λίγο πριν την ολοκλήρωση της φάσης του πληθωρισμού, δηλαδή λίγο πριν ολοκληρωθεί η βίαιη διαστολή του χώρου, και συνεχίστηκε μόνο για λίγα λεπτά ακόμη. Ο χώρος, πάντως, δεν έπαψε να μεγαλώνει. Αναπτυσσόταν με λιγότερο γρήγορους ρυθμούς.

Εδώ πρέπει να κάνουμε μια μικρή παύση για να πούμε ότι ο Ήλιος μας, όπως και κάθε ενεργό άστρο, είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας, ο οποίος «περιέχει» μια μεγάλη ποσότητα ύλης σε μια μικρή περιοχή. Κάτι τέτοιο δημιουργεί ειδικές συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης, λόγω της μεγάλης πυκνότητας σε ύλη και σε ενέργεια. Οι συνθήκες αυτές προκαλούν μια σειρά από πυρηνικές αντιδράσεις, που καταλήγουν σε διάφορα αποτελέσματα, στα οποία θα αναφερθούμε παρακάτω. Πάντως, ολόκληρο το Σύμπαν είχε μετατραπεί τότε σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα, που ήταν πολύ πιο θερμός από το κέντρο του Ήλιου μας κι αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας σειράς από σημαντικά γεγονότα.

-Ας ασχοληθούμε, όμως, τώρα με τα σωματίδια ή για να μιλάμε με περισσότερη ακρίβεια με τα στοιχειώδη σωματίδια.

Αυτά είναι πάρα πολύ μικρά, τόσο που δεν φαίνονται ούτε καν με μικροσκόπιο. Τα στοιχειώδη σωματίδια είναι τα πρώτα και βασικά συστατικά από τα οποία φτιάχνονται όλα τα άλλα σωματίδια της ύλης, αλλά και όλες οι μεγαλύτερες δομές της, όπως τα υλικά αντικείμενα και τα μεγαλύτερα σώματα που υπάρχουν στον Κόσμο.

Τα συγκεκριμένα σωματίδια ονομάζονται στοιχειώδη, γιατί είναι καταρχάς τα πιο μικρά που έχουν ανακαλυφθεί μέχρι τώρα και, επίσης, γιατί από αυτά «φτιάχνονται» όλες οι υπόλοιπες μεγαλύτερες δομές, δηλαδή όλα τα υπόλοιπα πιο σύνθετα σωματίδια, τα οποία μπορούμε να ονομάζουμε από εδώ και στο εξής σωματίδια. Εκτός από τα στοιχειώδη σωματίδια, ούτε και τα σωματίδια, δηλαδή τα λίγο μεγαλύτερα και πιο σύνθετα σωματίδια, είναι δυνατόν να γίνουν ορατά με μικροσκόπιο. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, που η τεχνολογία έχει σημειώσει άλματα στην κατασκευή επιστημονικών οργάνων, έχει γίνει πλέον εφικτή η παρατήρηση ορισμένων σύνθετων σωματιδίων μέσω υπερσύγχρονων ηλεκτρονικών μικροσκοπίων.

-Όμως, με ποιο τρόπο «φτιάχνονται» τα λίγο μεγαλύτερα σωματίδια;

Όπως είπαμε, ο χώρος γέμισε τότε με αυτές τις πολύ μικρές υλικές δομές που «φτιάχτηκαν» από ενέργεια. Δηλαδή, γέμισε από στοιχειώδη σωματίδια. Τα στοιχειώδη σωματίδια δεν όλα ίδια μεταξύ τους. Υπάρχουν πολλά είδη στοιχειωδών σωματιδίων. Μερικά από αυτά ονομάζονται κουάρκ και ανήκουν στο ίδιο είδος, γιατί μοιάζουν μεταξύ τους. Κάποια άλλα ονομάζονται ηλεκτρόνια και ανήκουν σε άλλο είδος. Βέβαια, υπάρχουν κι άλλα είδη στοιχειωδών σωματιδίων, που έχουν διαφορετικά ονόματα.

Τα στοιχειώδη σωματίδια ήταν πολλά και περιορισμένα μέσα στον όχι και τόσο μεγάλο ακόμη χώρο του Σύμπαντος. Παράλληλα, η θερμοκρασία και η πίεση ήταν ιδιαίτερα υψηλές, όχι όμως σε ακραίο βαθμό όπως συνέβαινε κατά τις πρώτες στιγμές της εμφάνισης του Σύμπαντος. Τα κουάρκ βρίσκονταν, λοιπόν, πολύ κοντά μεταξύ τους. Στη συνέχεια τα σωματίδια αυτά δημιούργησαν ομάδες των τριών, με τη βοήθεια μιας πολύ ισχυρής δύναμης, η οποία προέρχεται από τα ίδια τα κουάρκ. Δηλαδή, τα κουάρκ είναι φτιαγμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε μια από της ιδιότητες τους είναι να εκδηλώνουν κι αυτή τη δύναμη που τα κάνει να δημιουργούν ομάδες των τριών. Οι επιστήμονες ονόμασαν αυτή τη δύναμη Ισχυρή Πυρηνική Αλληλεπίδραση.

Το πιο σημαντικό απ'όλα είναι ότι ετούτες οι τριάδες από κουάρκ αντιστοιχούσαν σε λίγο μεγαλύτερα σωματίδια. Για να το πούμε πιο απλά, από κάθε τριάδα κουάρκ φτιαχνόταν κι ένα λίγο μεγαλύτερο σωματίδιο, ή αλλιώς κάθε τριάδα ήταν από μόνη της ένα σωματίδιο, συνιστούσε δηλαδή ένα σύνθετο σωματίδιο. Οι τριάδες αυτές δεν ήταν ίδιες μεταξύ τους. Ανάλογα με το είδος της τριάδας των κουάρκ, σχηματιζόταν κι ένα διαφορετικό σωματίδιο. Έτσι λοιπόν, από κάποιες τριάδες προήλθαν τα σωματίδια που ονομάζονται πρωτόνια, ενώ από κάποιες άλλες σχηματίστηκαν τα νετρόνια.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

-Τα σύνθετα σωματίδια, δηλαδή τα πρωτόνια και τα νετρόνια, αλλά και τα στοιχειώδη σωματίδια που λέγονται ηλεκτρόνια, επειδή φτιάχτηκαν με διαφορετικό τρόπο, απέκτησαν δικές τους ξεχωριστές «συμπεριφορές», δηλαδή έχουν κάποιες διαφορετικές ιδιότητες. Αυτό συνέβη επειδή η φύση «φόρτωσε» «επάνω» στα σωματίδια αυτά ένα χαρακτηριστικό που ονομάζεται φορτίο, το οποίο είναι διαφορετικό ανάλογα με είδος του σωματιδίου.

Όμως, τι σημαίνει η φράση ότι η φύση «φόρτωσε» «επάνω» στα σωματίδια εκείνο το χαρακτηριστικό που λέγεται φορτίο; Κάτι τέτοιο στην πραγματικότητα σημαίνει ότι τα

σωματίδια που ανήκουν σε ένα συγκεκριμένο είδος «κατασκευάστηκαν» έχοντας ιδιαίτερα και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία διαφέρουν από τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων ενός άλλου είδους, και για τον λόγο αυτό λειτουργούν με τον δικό τους συγκεκριμένο τρόπο. Για παράδειγμα, τα πρωτόνια διαφέρουν και από τα νετρόνια και από τα ηλεκτρόνια, και γι' αυτό λειτουργούν ή «συμπεριφέρονται» εντελώς διαφορετικά.

Τα πρωτόνια, λοιπόν, «φορτώθηκαν» ή «κατασκευάστηκαν» έχοντας θετικό φορτίο (+), δηλαδή έχοντας συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, ενώ τα ηλεκτρόνια που έχουν άλλα χαρακτηριστικά έχουν και αντίθετο φορτίο, δηλαδή αρνητικό (-). Αυτό σημαίνει ότι τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια έχουν κάποια χαρακτηριστικά που τα κάνουν να αλληλοσυμπληρώνονται.

Από την άλλη τα νετρόνια δεν απέκτησαν ούτε πιο πολύ αρνητικό ούτε πιο πολύ θετικό φορτίο, αλλά είναι ουδέτερα φορτισμένα (0), δηλαδή έχουν ίσο αρνητικό ίσο θετικό φορτίο, κι έτσι το ένα φορτίο εξουδετερώνει το άλλο, γι' αυτό λέμε ότι τα νετρόνια έχουν μηδενικό φορτίο.

Είπαμε ότι τα σωματίδια, ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκουν, έχουν ξεχωριστά χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα διαφορετικό φορτίο. Όμως, τι σημαίνει στην πράξη η ύπαρξη φορτίων, δηλαδή πώς εκδηλώνουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους τα διάφορα σωματίδια; Να, λοιπόν, πώς λειτουργεί ένα σωματίδιο ανάλογα με το πώς είναι «φτιαγμένο», για παράδειγμα, ανάλογα με το φορτίο που έχει.

Τα σωματίδια της ίδιας κατηγορίας, που έχουν ίδιο φορτίο, δεν πλησιάζουν πολύ κοντά το ένα στο άλλο, δηλαδή, όταν βρεθούν δίπλα-δίπλα, έχουν την τάση να απομακρύνονται. Μπορούμε να τα παρομοιάσουμε με τα όμοια κομμάτια ενός παζλ, τα οποία δεν ταιριάζουν μεταξύ τους αφού είναι ολόδια. Όπως συμβαίνει με τους όμοιους πόλους ενός μαγνήτη, τα όμοια σωματίδια δεν πλησιάζονται πολύ κοντά επειδή, εάν τύχει και βρεθούν κοντά, τότε εκδηλώνεται αναμεσά τους μια δύναμη που τα απομακρύνει. Στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των σωματιδίων, δηλαδή στην ίδια τους τη φύση υπάρχει αυτή η ιδιότητα που κάνει τα σωματίδια με όμοιο φορτίο να απομακρύνονται, να απωθούνται, επειδή ακριβώς εκδηλώνεται από τα ίδια μια δύναμη που τα απομακρύνει. Τη δύναμη αυτή οι επιστήμονες την ονομάζουν απωστική δύναμη. Έτσι, τα πρωτόνια απομακρύνονται από τα άλλα όμοια τους σωματίδια,

δηλαδή από τα πρωτόνια, και τα ηλεκτρόνια απομακρύνονται, αντίστοιχα, από τα ηλεκτρόνια. Απωθεί το ένα το άλλο!

Ωστόσο, τα σωματίδια που λέγονται πρωτόνια έχουν διαφορετικό, αντίθετο φορτίο από τα στοιχειώδη σωματίδια που λέγονται ηλεκτρόνια. Το αντίθετο φορτίο κάνει πρωτόνια και ηλεκτρόνια να έλκονται μεταξύ τους, να πλησιάζουν το ένα αρκετά κοντά στο άλλο, χωρίς να κολλούν το ένα πάνω στο άλλο. Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται λίγο μεγαλύτερες δομές της ύλης. Όπως συμβαίνει με τους αντίθετους πόλους ενός μαγνήτη, εάν τύχει και βρεθούν κοντά σωματίδια με διαφορετικό φορτίο, τότε εκδηλώνεται αναμεσά τους μια ελκτική δύναμη που τα φέρνει κοντά. Στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των σωματιδίων, δηλαδή στην ίδια τους τη φύση υπάρχει αυτή η ιδιότητα που κάνει τα σωματίδια με αντίθετο φορτίο να πλησιάζονται, να έλκονται, επειδή ακριβώς εκδηλώνεται από τη φύση τους μια ελκτική δύναμη. Έτσι, τα πρωτόνια έλκουν τα ηλεκτρόνια και τα ηλεκτρόνια έλκουν τα πρωτόνια.

ΠΥΡΗΝΕΣ

-Το Σύμπαν φαινόταν πάρα πολύ αλλόκοτο κατά τη διάρκεια των πρώτων λεπτών της ύπαρξής του. Όπως είπαμε, σε αυτό το χρονικό διάστημα ήταν υπερβολικά καυτό, παρόλο που η θερμοκρασία του ήταν χαμηλότερη από τη θερμοκρασία που είχε κατά τη διάρκεια των πρώτων στιγμών της ύπαρξής του. Ωστόσο, ήταν αρκετά ζεστό, περισσότερο μάλιστα κι από το κέντρο του Ήλιου μας. Έτσι, πριν καλά-καλά περάσει το πρώτο λεπτό από τότε που ξεκίνησε να υπάρχει, το Σύμπαν λειτουργούσε σαν ένας πανίσχυρος πυρηνικός αντιδραστήρας, αφού «μέσα» του, μέσα στον στενό του χώρο, η τεράστια πυκνότητα της ύλης και της ενέργειας, η μεγάλη και ομοιόμορφη πίεση, και η υψηλή θερμοκρασία είχαν σαν αποτέλεσμα πολλά από τα σωματίδια να πλησιάσουν πάρα πολύ κοντά.

Η υπέρμετρη πυκνότητα οφειλόταν στο γεγονός ότι μια τόσο μεγάλη ποσότητα ύλης βρισκόταν «μέσα» σε μια περιοχή περιορισμένων διαστάσεων. Με άλλα λόγια, όλα αυτά τα αμέτρητα σωματίδια ήταν «στρυμωγμένα» μέσα στον αρχικά όχι και τόσο μεγάλο χώρο του Σύμπαντος. Είναι, όμως, σημαντικό να πούμε ότι τα σωματίδια βρίσκονταν παντού και είχαν μοιραστεί στον χώρο με ομοιόμορφο τρόπο, γι'αυτό και η πίεση ήταν κι αυτή ομοιόμορφη παντού. Το ίδιο συνέβαινε και με τη θερμότητα, η οποία είχε διαδοθεί με τη μορφή ακτινοβολίας παντού ομοιόμορφα, γι'αυτό και η

θερμοκρασία είχε την ίδια τιμή σε κάθε σημείο του μικροσκοπικού συμπαντικού χώρου, ο οποίος συνέχιζε να μεγαλώνει.

Μετά το τέλος της φάσης του πληθωρισμού, για λίγα μόνο λεπτά ακόμη, το Σύμπαν «συμπεριφερόταν» σαν ένας πυρηνικός αντιδραστήρας, κι έτσι όλο και περισσότερα πρωτόνια και νετρόνια «εξαναγκάζονταν» να πλησιάσουν πολύ κοντά το ένα στο άλλο. Αυτό κράτησε τόσο χρόνο όσο χρειάστηκε για να αποκτήσει το Σύμπαν λίγο μεγαλύτερες διαστάσεις. Οι επιστήμονες υπολογίζουν ότι από τότε που ξεκίνησε η διαστολή του χώρου, ο χρόνος που απαιτήθηκε συνολικά για να μετατραπεί η ενέργεια σε ύλη και για να ολοκληρωθεί το πλησίασμα των πρωτονίων και των νετρονίων ήταν περίπου 5 λεπτά.

-Όμως, τι σημαίνει πρακτικά αυτό το πλησίασμα πρωτονίων και νετρονίων; Τι δημιουργείται με αυτό το πλησίασμα;

Λοιπόν, κατά τη διάρκεια αυτών των λίγων λεπτών, η Ισχυρή δύναμη που, όπως αναφέραμε προηγουμένως, συνδέει τα κουάρκ μεταξύ τους και τα κάνει τριάδες, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται έτσι πρωτόνια και νετρόνια, βοηθά στο να γίνει κάτι πολύ-πολύ σημαντικό σε εκείνη ακριβώς τη φάση κατά την οποία όλη η ύλη ήταν περιορισμένη σε έναν όχι και τόσο μεγάλο χώρο. Βοηθά, δηλαδή, στο να δημιουργηθούν νέες ομαδούλες, τώρα πια από πρωτόνια και νετρόνια. Αυτό που κάνει η Ισχυρή δύναμη είναι να κρατά μαζί τα πρωτόνια και τα νετρόνια σε λίγο μεγαλύτερες ομάδες.

Ετούτη η δύναμη προέρχεται από τα ίδια τα σωματίδια, δηλαδή και από τα πρωτόνια και τα νετρόνια, και, παρόλο που εξαιτίας της απωστικής δύναμης, τα πρωτόνια απομακρύνονται το ένα από το άλλο, καθώς είναι όμοια φορτισμένα, με θετικό φορτίο, η Ισχυρή δύναμη τα συγκεντρώνει μαζί, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται «ομάδες» από πρωτόνια και νετρόνια. Άλλωστε, θα ήταν αδύνατο να πλησιάσουν τόσο κοντά τα θετικά φορτισμένα πρωτόνια χωρίς τη βοήθεια της Ισχυρής δύναμης, αφού, όπως είπαμε, είναι όμοια μεταξύ τους και έχουν το ίδιο φορτίο, άρα ανάμεσά τους εκδηλώνεται η απωστική δύναμη που τα απομακρύνει. Πρέπει να τονίσουμε, επίσης, και μια σημαντική λεπτομέρεια: Η Ισχυρή δύναμη εμφανίζεται μόνο όταν τα πρωτόνια και τα νετρόνια είναι πάρα πολύ κοντά μεταξύ τους. Επίσης, η δύναμη αυτή εκδηλώνεται και μόνο μεταξύ πρωτονίων και μόνο μεταξύ νετρονίων, αλλά και ανάμεσα σε πρωτόνια και νετρόνια.

Επίσης, τα νετρόνια είναι πολύ χρήσιμα στο να μη διαλυθούν αυτές οι ομάδες, αφού υπάρχει ένας τέτοιος κίνδυνος λόγω της απωστικής δύναμης μεταξύ των πρωτονίων. Εκτός από την Ισχυρή δύναμη που συγκρατεί πρωτόνια και νετρόνια μαζί, τα νετρόνια έχουν τη δυνατότητα να μπαίνουν ανάμεσα στα πρωτόνια, με αποτέλεσμα να περιορίζεται έτσι η δράση της απωστικής δύναμης των πρωτονίων. Άλλωστε, τα νετρόνια έχουν ουδέτερο φορτίο, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι δεν αντιδρούν με τρόπο απωθητικό ούτε με άλλα σωματίδια ούτε μεταξύ τους, αφού λόγω της ουδετερότητας του φορτίου δεν εκδηλώνουν κάποια δύναμη που να απωθεί τα ίδια ή άλλα σωματίδια. Μπαίνουν, λοιπόν, ανάμεσα στα πρωτόνια και ελαττώνουν έτσι τα αποτελέσματα των απωστικών δυνάμεων, που κάνουν τα πρωτόνια να απομακρύνονται το ένα από το άλλο. Την ίδια στιγμή, τα νετρόνια, λόγω της Ισχυρής δύναμης, έλκονται και μεταξύ τους και με τα πρωτόνια. Ένα νετρόνιο μπορεί να έλκει και να έλκεται και από όλα τα γειτονικά και πολύ κοντινά νετρόνια και από όλα τα γειτονικά και πολύ κοντινά πρωτόνια. Με άλλα λόγια τα νετρόνια λειτουργούν σαν συνδετικός κρίκος ανάμεσα σε όλα τα σωματίδια αυτών των λίγο μεγαλύτερων ομάδων.

Αυτές, λοιπόν, οι λίγο μεγαλύτερες ομάδες που είναι φτιαγμένες από πρωτόνια και νετρόνια, ονομάζονται από τους επιστήμονες πυρήνες. Παρόλο που είναι ελάχιστα μεγαλύτερες από τις πιο απλές υλικές δομές, ωστόσο είναι αδύνατο να τις δει κανείς ακόμη και με το καλύτερο μικροσκόπιο.

ΑΤΟΜΑ

-Εξαιτίας των πρωτονίων, οι πυρήνες έχουν συνολικά θετικό φορτίο και γι' αυτόν τον λόγο άρχισαν να έλκουν, να «τραβούν» προς το μέρος τους τα ηλεκτρόνια, τα οποία φυσικά έχουν αντίθετο φορτίο, δηλαδή αρνητικό. Τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια, όμως, δεν είναι ακίνητα και κολλημένα πάνω στα θετικά φορτισμένα πρωτόνια των πυρήνων, αλλά βρίσκονται κοντά τους και περιφέρονται με μεγάλη ταχύτητα γύρω από τους πυρήνες. Ήδη από τα πρώτα στάδια εξέλιξης του Σύμπαντος, οι πυρήνες «κράτησαν» κοντά τους κάποια ηλεκτρόνια, σχηματίζοντας έτσι ακόμη μεγαλύτερες «ομάδες» από σωματίδια.

Με τη βοήθεια των επιστημονικών οργάνων, οι άνθρωποι ανακάλυψαν τρία σημαντικά πράγματα σχετικά με αυτές τις πιο σύνθετες δομές της ύλης:

Πρώτον, γύρω από κάθε πυρήνα υπάρχουν ορισμένα ηλεκτρόνια, από τα οποία κάποια βρίσκονται αρκετά κοντά σε αυτόν και κάποια άλλα ελάχιστα πιο μακριά.

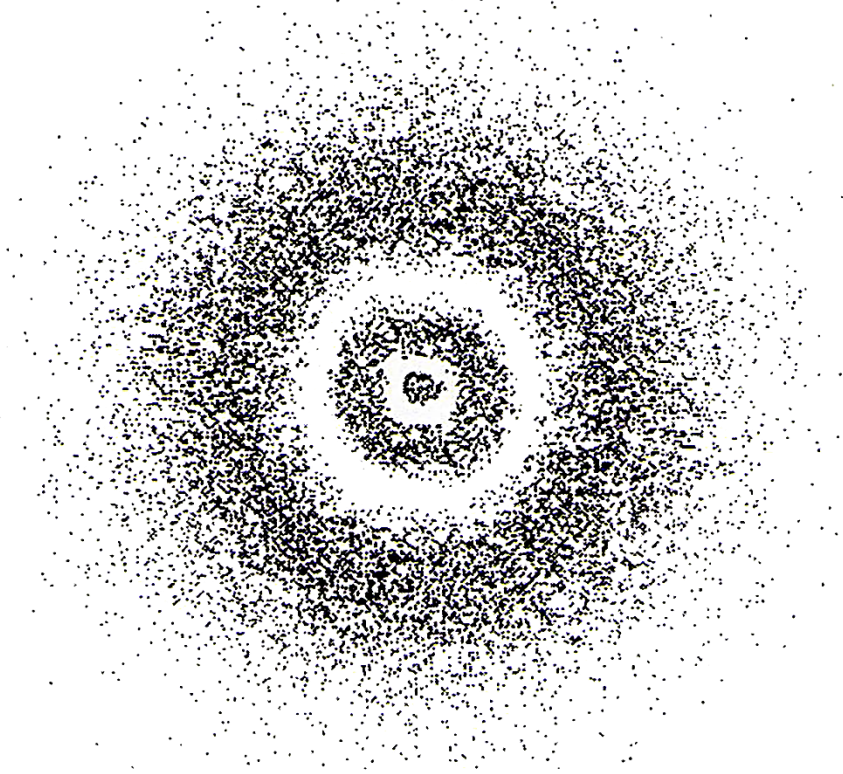
Δεύτερον, η απόσταση που υπάρχει ανάμεσα σε έναν πυρήνα και στα ηλεκτρόνια του είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με το μέγεθος των πρωτονίων και των ηλεκτρονίων. Για να το καταλάβουμε καλύτερα αυτό, οι επιστήμονες έφτιαξαν τον ακόλουθο παραλληλισμό, ο οποίος παρόλο που δεν είναι πραγματικός, μας δημιουργεί μια χρήσιμη εικόνα για το πώς είναι περίπου τα πράγματα στον μικροσκοπικό κόσμο των σωματιδίων: Λοιπόν, αν μπορούσαμε να μεγαλώσουμε έναν απλό πυρήνα, που περιέχει ένα μόνο πρωτόνιο, ώστε να του δώσουμε το μέγεθος μιας μπάλας Γκολφ, τότε το πιο κοντινό του ηλεκτρόνιο θα βρισκονταν σε απόσταση περίπου 1.500 μέτρων μακριά και θα περιφέρονταν γύρω από αυτόν σε μια τέτοια μεγάλη ακτίνα.

Τρίτον, όσα πρωτόνια περιέχει ένας πυρήνας άλλα τόσα περίπου είναι και τα νετρόνια του, και, επίσης, τόσα περίπου σε αριθμό ηλεκτρόνια έλκει κοντά του. Υπάρχει πιθανότητα τα νετρόνια σε έναν πυρήνα να είναι λίγο περισσότερα από τα πρωτόνια. Επίσης, ένας πολύ απλός πυρήνας, που αποτελείται μόνο από ένα πρωτόνιο, μπορεί να μην έχει ούτε ένα νετρόνιο. Από την άλλη πλευρά, κάθε πυρήνας μπορεί να έλξει και άλλα, γειτονικά ηλεκτρόνια, τα οποία μπορεί ή να «ταξιδεύουν» ελεύθερα στον χώρο ή να τα έχει δεσμεύσει κάποιος άλλος πυρήνας.

Έτσι λοιπόν, με τη βοήθεια της ελκτικής δύναμης που εκδηλώνεται ανάμεσα στα πρωτόνια των πυρήνων και τα ηλεκτρόνια, δημιουργήθηκαν λίγο μεγαλύτερες ομάδες. Οι ομάδες αυτές σωματιδίων, δηλαδή οι πυρήνες μαζί με τα ηλεκτρόνια, καλούνται από τους επιστήμονες άτομα και ο άνθρωπος μπορεί να τις παρατηρήσει μόνο με τη βοήθεια υπερσύγχρονων ηλεκτρονικών μικροσκοπίων υψηλής τεχνολογίας. Για να καταλάβουμε πόσο μικρά είναι τα άτομα, μας αρκεί ένα και μόνο παράδειγμα: Σε μια μικρούλα σταγόνα νερού υπάρχουν 5.000.000.000.000.000.000.000 άτομα, δηλαδή 5 εξάκις εκατομμύρια άτομα!!!

Η λέξη άτομο προέρχεται από το στερητικό «α» και τη λέξη «τέμνω» που σημαίνει κόβω. Έτσι λοιπόν, άτομο είναι καθετί που δεν μπορεί να κοπεί, δεν μπορεί να χωριστεί σε μικρότερα κομμάτια. Όμως είδαμε ότι οι ομάδες από σωματίδια που οι επιστήμονες ονόμασαν άτομα, αποτελούνται από μικρότερες δομές ύλης, δηλαδή αποτελούνται από πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια. Επίσης, τα πρωτόνια και τα νετρόνια αποτελούνται από κουάρκ. Πώς γίνεται τότε οι άνθρωποι να ονομάζουν άτομα αυτές τις λίγο μεγαλύτερες ομάδες σωματιδίων, δηλαδή πώς είναι δυνατόν να χαρακτηρίζουν

ως αδιαίρετες αυτές τις πιο σύνθετες δομές, οι οποίες μπορούν να «σπάσουν» σε μικρότερα κομμάτια, δηλαδή να χωριστούν σε λιγότερο σύνθετα σωματίδια;



Άτομο

Πριν ανακαλύψουν οι σύγχρονοι επιστήμονες τούτες τις ομάδες σωματιδίων, οι φυσικοί φιλόσοφοι της αρχαίας Ελλάδας Δημόκριτος και Λεύκιππος σκέφτηκαν ότι αν ξεκινήσει κάποιος να κόβει ένα υλικό σώμα σε όλο και μικρότερα κομμάτια (*εικόνα με στάχνα σε χωράφι, μετά κόκκο σιταριού που σπάει σε: κομμάτια, αλεύρι, μικρότερες σκόνες από αυτές του αλευριού*), τότε θα φτάσει σε κάποιες μικροσκοπικές δομές της ύλης που δεν θα μπορούν άλλο να «κοπούν», ή να «σπάσουν», σε περισσότερα κομμάτια. Αυτές, λοιπόν, τις ονόμασαν άτομα, και με τη λέξη αυτή ο Δημόκριτος και ο Λεύκιππος υπονοούσαν ότι οι εν λόγω δομές είναι οι πιο μικρές που υπάρχουν και γι' αυτό δεν μπορούν να διαιρεθούν σε μικρότερα τμήματα.

Ωστόσο, τα άτομα που παρατηρούν σήμερα οι άνθρωποι με τα υπερσύγχρονα μικροσκόπια δεν είναι τα μικρότερα κομμάτια ύλης που υπάρχουν, γι' αυτό και μπορούν να διασπαστούν σε μικρότερα σωματίδια. Επίσης, ένα άτομο με μεγάλο πυρήνα μπορεί να χωριστεί στη μέση κι έτσι να δημιουργηθούν δυο άλλα άτομα, που είναι μικρότερα από το αρχικό. Κάτι τέτοιο, για παράδειγμα, γίνεται μέσα στα πυρηνικά εργοστάσια, καθώς και μέσω των πυρηνικών βομβών, με τις οποίες επιτυγχάνεται η σχάση των πυρήνων των ατόμων, δηλαδή το «σπάσιμό» τους σε

μικρότερους πυρήνες. Οι επιστήμονες, πάντως, έδωσαν αυτό το όνομα σε τούτες τις λίγο μεγαλύτερες ομάδες σωματιδίων κυρίως για να τιμήσουν εκείνους τους αρχαίους Έλληνες φυσικούς φιλοσόφους για την προσφορά τους στην επιστήμη, αλλά και για έναν ακόμη λόγο, τον οποίο θα αναφέρουμε παρακάτω. Έτσι, αυτά που αποκαλούμε σήμερα άτομα δεν είναι άτομα, δεν είναι δηλαδή «άκοφτα» *(ένα άτομο διαλύεται σταδιακά στα συστατικά του)*.

-Ας επανέρθουμε στην περιγραφή της αρχικής κατάστασης του Σύμπαντος, έχοντας στον νου μας ό,τι μάθαμε για τα άτομα:

Κατά το πρώτο διάστημα της ανάπτυξης του Σύμπαντος, τα άτομα ήταν αρκετά απλά, αλλά υπήρχαν σε μεγάλες ποσότητες. Καθένα από αυτά στον πυρήνα είχε μόνο ένα πρωτόνιο, το οποίο βρισκόταν είτε μονάχο του είτε μαζί με ένα νετρόνιο ή με δύο νετρόνια. Γύρω από έναν τέτοιο απλό πυρήνα περιφερόταν ένα μόνο ηλεκτρόνιο. Αυτό το απλό είδος ατόμων υπάρχει μέχρι σήμερα στο Σύμπαν. Καθένα από τα άτομα αυτού του είδους ονομάζεται Υδρογόνο. Στο Διάστημα, το Υδρογόνο υπάρχει σε τεράστιες ποσότητες και βρίσκεται σε αέρια κατάσταση. Το Υδρογόνο έγινε, επίσης, και το κύριο «συστατικό» των αστερών, άρα και του Ήλιου μας. Ο Ήλιος μας είναι φτιαγμένος από άτομα Υδρογόνου. Επίσης, το Υδρογόνο ήταν το πρώτο υλικό από το οποίο προήλθαν τα πιο σύνθετα άτομα.

Εκτός από αυτά τα απλοϊκά άτομα, δημιουργήθηκαν και άτομα που είχαν 2 πρωτόνια και 2 νετρόνια στον πυρήνα τους, καθώς και 2 ηλεκτρόνια να περιφέρονται γύρω από κάθε τέτοιο πυρήνα. Κι αυτά είναι, επίσης, απλά άτομα, που έχουν το ίδιο όνομα με τον Ήλιο μας, δηλαδή λέγονται άτομα Ηλίου. Από άτομα Υδρογόνου και Ηλίου είναι γεμάτο το Σύμπαν μέχρι σήμερα. Βέβαια, εκείνη την περίοδο δημιουργήθηκαν στο μικροσκοπικό -ακόμη- Σύμπαν κι άλλα απλά και ελαφριά άτομα. Ωστόσο, τα πιο βαριά άτομα, όπως αυτά του σιδήρου και του χρυσού, δημιουργήθηκαν λίγο αργότερα, στο εσωτερικό των καυτών άστρων.

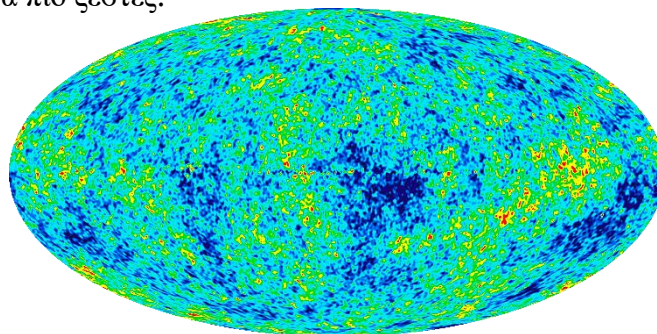
-Όμως πώς εξελίχθηκε το Σύμπαν από κει και πέρα; Επίσης, με ποιον τρόπο άρχισαν να δημιουργούνται τα μεγαλύτερα υλικά σώματα, όπως οι αστέρες και οι πλανήτες; Το τελευταίο αυτό ερώτημα μας απασχολεί από την αρχή της κουβέντας μας.

II) Να, λοιπόν, ποια είναι η συνέχεια της ιστορίας του Σύμπαντος.

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, μέσα σε ένα πάρα πολύ μικρό κλάσμα ενός δευτερολέπτου, ο χώρος του Σύμπαντος μεγάλωσε με ασύλληπτους ρυθμούς, δηλαδή με ταχύτητα πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός. Εκείνο το απότομο μεγάλωμα του χώρου κατά τις πρώτες στιγμές της ύπαρξης του Σύμπαντος είχε κάποιες ιδιαιτερότητες, οι οποίες επηρέασαν τον τρόπο με τον οποίο κατανεμήθηκε η ενέργεια και η ύλη μέσα στον συμπαντικό χώρο, δηλαδή επηρέασαν τον τρόπο με τον οποίο διαμοιράστηκαν η θερμότητα και τα άτομα παντού μέσα στο Διάστημα.

Το μεγάλωμα του χώρου συμπαρέσυρε και όλα τα άτομα προς το να κινηθούν -ή καλύτερα να μετακινηθούν- με μεγάλες ταχύτητες προς διάφορες κατευθύνσεις κι έτσι να καλύψουν ή αλλιώς να γεμίσουν κάθε περιοχή του Σύμπαντος. Όμως, παρόλο που συνολικά ο χώρος μεγάλωνε ομοιόμορφα και ταχύτατα, και κάτι τέτοιο βοηθούσε στο να μοιραστεί η ύλη και η ενέργεια παντού, σχεδόν με ομοιόμορφο τρόπο, κάποιες περιοχές του διέφεραν κάπως από τις υπόλοιπες, αφού εκεί τα άτομα και η ενέργεια είχαν συγκεντρωθεί σε λίγο μεγαλύτερες ποσότητες, που σημαίνει ότι οι περιοχές αυτές ήταν ελάχιστα πιο πυκνές σε ύλη και ενέργεια, πιο θερμές, και ταυτόχρονα ακτινοβολούσαν περισσότερο από όλες τις υπόλοιπες.

Οι επιστήμονες λένε ότι χάρη σ' αυτό το ξαφνικό μεγάλωμα του χώρου, τα τεράστια ποσά θερμότητας διαδόθηκαν με τη μορφή ακτινοβολίας πολύ γρήγορα και σχεδόν ομοιόμορφα σε όλο τον χώρο. Έτσι, και η θερμότητα του Σύμπαντος «απλώθηκε» και «μοιράστηκε» με τον ίδιο τρόπο παντού στον χώρο, που είχε μεγαλώσει πλέον αρκετά. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μειωθεί η θερμοκρασία συνολικά σε όλο το Σύμπαν. Επίσης, παρόλο που η ακτινοβολία μοιράστηκε παντού σχεδόν ομοιόμορφα, ωστόσο σε κάποιες περιοχές του Σύμπαντος είχαν συγκεντρωθεί μεγαλύτερα ποσά θερμότητας κι έτσι η θερμοκρασία εκεί ήταν πιο υψηλή. Οι περιοχές αυτές, άλλωστε, ήταν πιο πυκνές και σε ύλη, αφού περιείχαν μεγαλύτερες ποσότητες ατόμων, και την ίδια στιγμή ήταν και ελάχιστα πιο ζεστές.



Μικροκυματική ακτινοβολία υποβάθρου

Το Σύμπαν συνέχισε να μεγαλώνει και αυτή η σχεδόν ομοιόμορφη κατάσταση της ύλης και της ενέργειας στο «εσωτερικό» του διατηρήθηκε για πολύ καιρό ακόμη. Για μια υπερβολικά μεγάλη χρονική περίοδο, τίποτα το «συνταρακτικό» δεν συνέβαινε στο Σύμπαν. Όσπου μετά από περίπου 380.000 χρόνια πραγματοποιήθηκε μια μεγάλη ανατροπή. Ενώ ο χώρος συνέχιζε να διαστέλλεται, στις πιο πυκνές περιοχές άρχισε να επιδρά η δύναμη της βαρύτητας.

ΒΑΡΥΤΗΤΑ

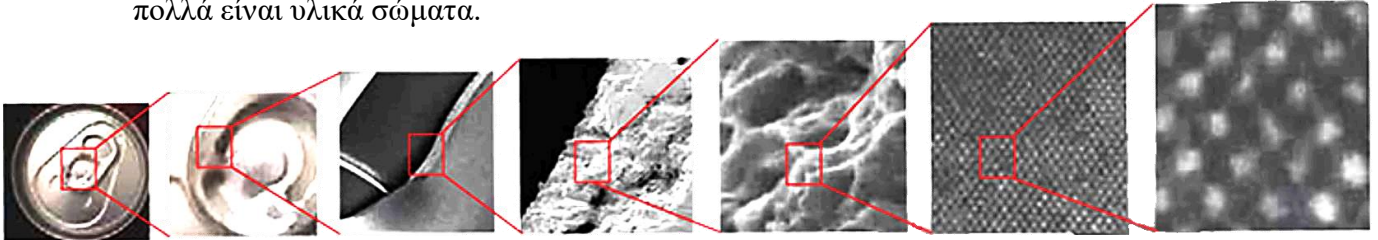
Η βαρύτητα είναι μια δύναμη που εκδηλώνεται ανάμεσα στα υλικά σώματα. Η δύναμη αυτή εκδηλώνεται και μεταξύ σωματιδίων, αλλά και μεταξύ σωματιδίων και υλικών σωμάτων. Εξαιτίας αυτής της δύναμης τα σώματα έλκουν και έλκονται αμοιβαία μεταξύ τους. Το ίδιο συμβαίνει και ανάμεσα στα σωματίδια, καθώς και μεταξύ σωμάτων και σωματιδίων. Με άλλα λόγια, η βαρύτητα είναι μια αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων δομών και σχηματισμών της ύλης που προκαλεί το πλησίασμά τους.

ΜΑΖΑ-ΥΛΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

Για να υπάρξει βαρύτητα πρέπει να υπάρχουν διάφορες ποσότητες ύλης που αλληλεπιδρούν βαρυτικά μεταξύ τους. Η ποσότητα της ύλης από την οποία αποτελούνται οι διάφορες δομές της ύλης και οι διάφοροι σχηματισμοί ονομάζεται μάζα. Μάζα ονομάζεται, για παράδειγμα, η ποσότητα της ύλης που περιέχεται σε ένα άτομο. Επίσης, μάζα καλείται και η ποσότητα της ύλης ενός ολόκληρου υλικού σώματος.

Κάθε υλικό σώμα αποτελείται από άτομα. Σε κάθε υλικό σώμα, τα άτομα έχουν συνδεθεί μεταξύ τους με τη βοήθεια μιας άλλης δύναμης που ονομάζεται ηλεκτρομαγνητική δύναμη. Θα αναφερθούμε αναλυτικά σε αυτή τη δύναμη λίγο παρακάτω. Η σύνδεση των ατόμων μεταξύ τους έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγαλύτερων σχηματισμών ύλης. Τα υλικά σώματα είναι σχηματισμοί ύλης αποτελούμενοι από πάρα πολλά άτομα. Τέτοιοι σχηματισμοί είναι στην πραγματικότητα τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια σώματα που παρατηρούμε γύρω μας. Τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια σώματα αποτελούν διαφορετικές καταστάσεις ή μορφές της ύλης. Υπάρχει και μια τέταρτη κατάσταση της ύλης που λέγεται πλάσμα, η οποία δεν θα μας απασχολήσει προς το παρόν.

Επομένως, τα υλικά σώματα είναι συνθετότεροι σχηματισμοί ύλης που αποτελούνται από μικρότερες δομές ύλης. Τα υλικά σώματα μπορούμε να παρατηρούμε με τα μάτια μας ή μπορούμε να τα αγγίζουμε, να τα γευόμαστε, να τα μυρίζουμε κ.τ.λ. Το σώμα μας, το νερό, οι πέτρες, τα δέντρα, τα ζώα, ο ατμοσφαιρικός αέρας, οι πλανήτες, ο Ήλιος και τα υπόλοιπα άστρα, τα βιβλία, οι τροφές, τα διάφορα αρώματα και άλλα πολλά είναι υλικά σώματα.



Υλικό σώμα

-Με ποιον τρόπο εκδηλώνεται η δύναμη της βαρύτητας;

Με μια πρώτη ματιά, η βαρύτητα φαίνεται να είναι μια δύναμη που κάνει τα υλικά σώματα να έλκουν και να έλκονται από άλλα υλικά σώματα κι ας βρίσκονται σε κάποια απόσταση μεταξύ τους. Για παράδειγμα, δύο υλικά σώματα που έλκονται βαρυτικά μεταξύ τους είναι ο πλανήτης Γη και το σώμα μου, ή η Γη και η Σελήνη. Αυτά τα δύο σώματα φαίνεται να έλκονται μεταξύ τους με τη βαρυτική δύναμη. Και η Γη «τραβάει» το σώμα μου προς τη μεριά της και το σώμα μου «τραβάει» τη Γη προς τη δική του μεριά, με την ίδια δύναμη. Βέβαια, είναι πολύ δύσκολο να καταλάβω ότι το σώμα μου με κάποιο τρόπο μετακινεί πράγματι τη Γη προς τον εαυτό μου, έστω και ελάχιστα. Και κάτι τέτοιο είναι αρκετά δύσκολο να το αντιληφθώ, καθώς δεν έχω ποτέ παρατηρήσει τη Γη να «πέφτει» πάνω μου με φόρα, όπως κάνω εγώ σε αυτήν, όταν για παράδειγμα πέσω από το κρεβάτι μου στο πάτωμα.

Πρέπει να πούμε ότι η βαρυτική έλξη μεταξύ δυο υλικών σωμάτων ούτε προκαλείται ούτε λειτουργεί με τον τρόπο που εμφανίζεται η ελκτική δύναμη ανάμεσα στους αντίθετους πόλους δυο μαγνητών, αφού δεν πρόκειται για έλξη μεταξύ αντίθετων φορτίων. Αρκετοί σπουδαίοι επιστήμονες, όπως ο Γαλιλαίος και ο Νεύτωνας, προσπάθησαν να εξηγήσουν τη φύση αυτής της δύναμης. Αυτό, όμως, το κατάφερε σε σημαντικό βαθμό ο Αϊνστάιν, ο οποίος απέδειξε ότι συμβαίνουν δύο ασυνήθιστα γεγονότα σχετικά με τον χώρο, τον χρόνο και τα υλικά σώματα:

Πρώτον, το Σύμπαν έχει και χώρο και χρόνο.

Τον χώρο τον αντιλαμβανόμαστε με αρκετή άνεση, αφού καθημερινά επεξεργαζόμαστε με το νου μας έννοιες όπως το μήκος, το πλάτος και το ύψος (*δωμάτιο με τρεις διαστάσεις*). Αυτές είναι 3 βασικές έννοιες οι οποίες περιγράφουν τον χώρο. Μια πολύ απλοϊκή σκέψη θα μας επέτρεπε να πούμε ότι το μήκος, το πλάτος και το ύψος είναι τα «μέρη» από τα οποία αποτελείται ο χώρος. Αυτά τα «μέρη» οι επιστήμονες τα ονομάζουν διαστάσεις.

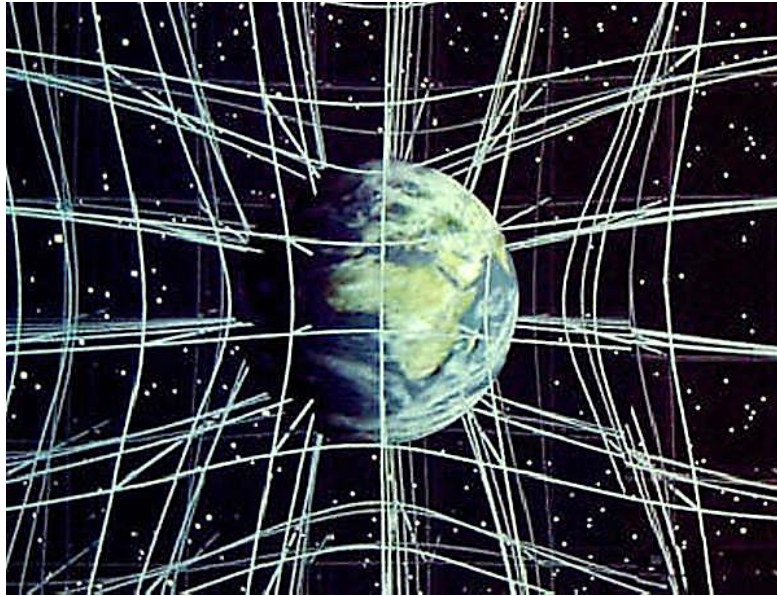
Όμως στο Σύμπαν, ο χώρος, που έχει μήκος, πλάτος και ύψος, συνδυάζεται και με μια ακόμη τουλάχιστον διάσταση, που την λέμε χρόνο. Ο χρόνος μας φαίνεται μια σχετικά εύκολη και κατανοητή έννοια, αφού από την καθημερινή μας εμπειρία έχουμε συνηθίσει να λέμε ότι ο χρόνος αποτελείται απλά από στιγμές. Ωστόσο, η διάσταση του χρόνου είναι κάτι εντελώς διαφορετικό από εκείνο που μετρούν τα ρολόγια μας. Την πραγματική έννοια του χρόνου, δηλαδή του χρόνου που υπάρχει στην πραγματικότητα κι όχι εκείνου που μας δείχνουν τα ρολόγια, είναι αρκετά δύσκολο - μπορεί και ακατόρθωτο- και να την κατανοήσουμε πλήρως και να την περιγράψουμε με λίγα λόγια.

Πάντως, οι επιστήμονες κατέληξαν σε ένα αρκετά ακατανόητο συμπέρασμα το οποίο λέει ότι στο Σύμπαν ο χώρος και ο χρόνος δεν είναι δυο διαφορετικά πράγματα αλλά ένα και το αυτό. Με άλλα λόγια, στο Σύμπαν, μαζί με τις τρεις χωρικές διαστάσεις, δηλαδή μαζί με το μήκος, το πλάτος και το ύψος, υπάρχει και μια τέταρτη διάσταση, η οποία ονομάζεται χρόνος. Αυτές οι τέσσερις διαστάσεις αποτελούν ένα πράγμα, τον λεγόμενο χωρόχρονο. Έτσι, από δω και στο εξής δεν θα μιλάμε πλέον για χώρο και για χρόνο ξεχωριστά, αλλά για χωρόχρονο. Με αυτή τη λέξη θα εννοούμε ότι στην πραγματικότητα ο χώρος είναι μαζί με τον χρόνο.

Δεύτερον, κάθε υλικό σώμα επηρεάζει τον χωρόχρονο γύρω του με έναν αδιανόητο τρόπο, τον οποίο ελάχιστοι μπορούσαν κάποτε να φανταστούν. Ο Αϊνστάιν ήταν ένας από αυτούς. Πολύ παλιά οι περισσότεροι επιστήμονες πίστευαν ότι ο χωρόχρονος είναι κάτι σταθερό που δεν υφίσταται αλλαγές και μεταβολές. Αργότερα, βέβαια, διαπίστωσαν ότι ο χωρόχρονος διαστέλλεται, δηλαδή μεγαλώνει. Κάτι τέτοιο ήταν πέρα από κάθε λογική, γι' αυτό και οι περισσότεροι άνθρωποι δυσκολεύτηκαν να αποδεχτούν ότι είναι γεγονός πραγματικό. Στη συνέχεια, όμως, μια καινούρια ιδέα ήρθε να ταραξεί την ηρεμία της επιστημονικής κοινότητας.

Η ιδέα αυτή προερχόταν από τον Αϊνστάιν και έλεγε με απλά λόγια πως κάθε υλικό σώμα επηρεάζει τον χωρόχρονο γύρω του αλλάζοντας του σχήμα. Φαινόταν εντελώς παράλογο ο κενός χώρος και ο χρόνος να αλλάζουν μορφή. Μέχρι τότε οι άνθρωποι γνώριζαν από την εμπειρία τους ότι σχήμα αλλάζουν μόνο τα υλικά αντικείμενα, και μάλιστα όταν κάποιος ασκήσει πάνω τους κάποια δύναμη ικανή να τα παραμορφώσει. Αν συγκρίνουμε τον χωρόχρονο με κάποιο υλικό σώμα θα σκεφτούμε αυθόρμητα ότι ο χωρόχρονος είναι απλά το κενό, το «τίποτα», ενώ το υλικό σώμα είναι...«κάτι». Αντιλαμβανόμαστε δηλαδή τον χωρόχρονο σαν να είναι η απουσία κάποιας ύπαρξης και τις περισσότερες φορές θεωρούμε ότι το κενό δεν είναι κάτι που υπάρχει όπως και τα αντικείμενα, αλλά μια έλλειψη. Θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι αφού τον χωρόχρονο δεν μπορείς ούτε να τον αγγίξεις ούτε να τον δεις, τότε δεν έχεις ούτε και το ελάχιστο δικαίωμα να τον θεωρείς «πράγμα», που μάλιστα αλλάζει. Η αντίληψη, όμως, αυτή είναι εσφαλμένη.

Παρόλα αυτά, η ιδέα του Αϊνστάιν, που αποδείχθηκε αργότερα μέσω των πειραμάτων ότι ισχύει στην πραγματικότητα, έλεγε ότι όσο πιο πυκνό σε ύλη, δηλαδή σε άτομα είναι ένα υλικό σώμα, τόσο πιο πολύ αλλάζει το σχήμα του χωροχρόνου γύρω του. Όμως, τι σχήμα παίρνει ο χωρόχρονος όταν «μέσα» σε αυτόν βρίσκεται ένα οποιοδήποτε υλικό σώμα; Ο σπουδαίος Αϊνστάιν είπε πως ο χωρόχρονος γύρω από όλη την επιφάνεια ενός για παράδειγμα πυκνού σώματος παίρνει ένα σχήμα σαν χωνί, δηλαδή σαν «λακκούβα», η οποία είναι προφανώς αόρατη, όπως αόρατος είναι κι ο χωρόχρονος. Οι επιστήμονες ονόμασαν κάθε τέτοια ας πούμε...«λακκούβα» καμπύλωση του χωροχρόνου. Κάθε χωροχρονική καμπύλωση είναι μια παραμόρφωση του χωροχρόνου και έχει πάντα μια κλίση προς το ίδιο το υλικό σώμα που την δημιουργεί, γι'αυτό και οτιδήποτε βρεθεί μέσα σε οποιαδήποτε περιοχή αυτής της καμπύλωσης κατευθύνεται προς το εν λόγω σώμα. Χωρίς να χρησιμοποιούμε αυστηρά το επιστημονικό λεξιλόγιο, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο χωρόχρονος γύρω από κάθε υλικό σώμα παίρνει τη μορφή μιας...«σφαιρικής λακκούβας» με κατεύθυνση προς τα «μέσα». Στο κέντρο της «σφαιρικής λακκούβας» βρίσκεται το ίδιο το υλικό σώμα που τη δημιουργεί.



Καμπύλωση του χωροχρόνου

Αλλά πώς γίνεται να σχετίζεται η καμπύλωση του χωροχρόνου με τη βαρύτητα; Εδώ, η απάντηση που δίνεται μερικές φορές είναι αρκετά απλοϊκή. Όσοι προσπαθούν να δώσουν μια εξήγηση, χρησιμοποιούν ένα απλοϊκό παράδειγμα για να μας δείξουν πολύ χοντρικά πώς καμπυλώνεται ο χωρόχρονος γύρω από την επιφάνεια ενός υλικού σώματος και με αυτόν τον τρόπο αυτό προσπαθούν να εξηγήσουν πώς περίπου εκδηλώνεται η δύναμη της βαρύτητας. Το παράδειγμα λέει: Ο χωρόχρονος καμπυλώνεται περίπου σαν ένα τεντωμένο σεντόνι, το οποίο αποκτά μια κλίση όταν τοποθετήσουμε πάνω σε κάποια περιοχή του μια σιδερένια μπάλα.

Είναι δύσκολο, όμως, να φανταστούμε τη μορφή που παίρνει ο χωρόχρονος όταν καμπυλώνεται γύρω από όλη την επιφάνεια του υλικού σώματος, κι όχι μόνο δίπλα σε ένα τμήμα της επιφάνειας του σώματος, όπως δείχνει το παράδειγμα. Για να λέμε την αλήθεια, καμπύλωση υπάρχει σε όλη την περιοχή του χωροχρόνου γύρω από το σώμα. Μπορούμε πολύ απλοϊκά να πούμε ότι η καμπύλωση αυτή έχει ως «βάση» κάθε σημείο της επιφάνειας του σώματος. Αυτό δεν είναι αρκετά δυσνόητο.

Παρόλο που το παράδειγμα με το σεντόνι και τη σιδερένια μπάλα δεν βοηθά στο να καταλάβουμε πλήρως το φαινόμενο της καμπύλωσης του χωροχρόνου, ωστόσο μας διευκολύνει στο να αντιληφθούμε κάτι άλλο: Αν δοκιμάσουμε να ρίξουμε ένα δεύτερο μικρότερο αντικείμενο στο σεντόνι, θα δούμε ότι αυτό το αντικείμενο ακολουθεί την «κατηφόρα» του σεντονιού φθάνοντας στο τέλος δίπλα στη σιδερένια μπάλα. Σας

θυμίζει κάτι αυτή η «κατηφορική» πορεία του μικρότερου σώματος; Μπορούμε να παρατηρήσουμε, επίσης, ότι το μικρότερο αντικείμενο δημιουργεί κι εκείνο μια λακκουβίτσα στο σεντόνι. Ακόμη, μπορούμε να συμπεράνουμε πως αν δώσουμε ώθηση στο μικρό αντικείμενο, τότε αυτό θα περιφέρεται γύρω από το μεγαλύτερο σώμα και δεν θα πέσει πάνω σε αυτό για κάποιο χρονικό διάστημα. Ταυτόχρονα με την περιφορά του μικρού αντικειμένου, θα δούμε ότι και το μεγαλύτερο ταλαντεύεται γύρω από την κεντρική του θέση και στρέφεται συνεχώς προς το περιφερόμενο αντικείμενο.

(Μια βαριά τσάντα φεύγει από μια ψηλή ντουλάπα και πέφτει στο πάτωμα) Ωχ, η τσάντα έπεσε... Μήπως έχουμε κι εδώ μια «κατηφορική» πορεία; Παρόλο που φαίνεται έτσι, η τσάντα δεν έκανε καμιά «κατηφορική» πορεία αλλά απλά κινήθηκε προς ένα υλικό σώμα, κινήθηκε προς τη Γη. Όμως, πώς αντιλαμβανόμαστε συνήθως αυτήν την πτώση; Ένα τέτοιο γεγονός, τα περισσότερα παιδιά το αντιλαμβάνονται λανθασμένα σαν πτώση ενός σώματος που έχει κάποιο βάρος. Νομίζουμε ότι το βάρος είναι κάτι που το έχει μέσα του ένα υλικό σώμα, ότι είναι δηλαδή μια ιδιότητα του υλικού σώματος, την οποία τη θεωρούμε, μάλιστα, σταθερή, μόνιμη και αμετάβλητη. Πιστεύουμε, λοιπόν, ότι για την πτώση φταίει η μάζα του σώματος, δηλαδή η ποσότητα της ύλης που περιέχεται σε αυτό.

Οι αστροναύτες, όμως, όταν πήγαν στη Σελήνη, δεν ζύγιζαν το ίδιο. Φαίνονταν πιο ελαφριοί, παρόλο που δεν είχε αλλάξει τίποτα στα σώματά τους, δηλαδή παρόλο που οι μάζες των σωμάτων τους ήταν σταθερές. Ωστόσο, ήθελαν δεν ήθελαν, «έπεφταν» πάνω στο έδαφος της Σελήνης, παρόλο που έπεφταν με λιγότερη φόρα. Αλήθεια, γιατί όταν βρίσκονται στον κενό χώρο του διαστήματος αιωρούνται και δεν «πέφτουν» κάπου; Μήπως εκεί τα σώματά τους παύουν να είναι βαριά, δηλαδή εξαφανίζεται ας το πούμε η μάζα τους; Όχι! Το βάρος δεν έχει αυτή την έννοια, δηλαδή δεν ταυτίζεται με την ποσότητα της ύλης που περιέχεται σε ένα σώμα, δεν ταυτίζεται με τη μάζα του.

Τότε η πτώση των σωμάτων ακόμη και πάνω στο φεγγάρι ή έστω πάνω σε έναν νάνο πλανήτη πού οφείλεται, πώς εξηγείται; Χοντρικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αυτό που κάνει ένα αντικείμενο να κινείται λόγω της βαρύτητας προς ένα γειτονικό υλικό σώμα, είναι περίπου το γεγονός ότι το αντικείμενο αυτό ακολουθεί την κλίση του καμπυλωμένου χωροχρόνου, η οποία δημιουργήθηκε από το υλικό σώμα. Μιλώντας γενικά θα λέγαμε ότι το ίδιο το σχήμα του καμπυλωμένου χωροχρόνου υπαγορεύει στα αντικείμενα, αλλά και στο ίδιο το φως, πώς θα κινηθούν.

Συμπληρώνοντας τα προηγούμενα θα λέγαμε ότι κάθε αντικείμενο που βρίσκεται μέσα σε κάποια καμπυλωμένη περιοχή του χωροχρόνου δέχεται μια δύναμη, που το κατευθύνει προς το υλικό σώμα που δημιουργεί αυτήν την καμπύλωση. Η δύναμη αυτή λέγεται βαρυτική δύναμη και η καμπυλωμένη περιοχή έχει την ίδια έκταση με το βαρυτικό πεδίο του σώματος που δημιουργεί την καμπύλωση. Μέσα στο πεδίο αυτό ασκείται η βαρυτική δύναμη.

Η βαρυτική δύναμη είναι πολύ έντονη όταν τα υλικά σώματα αποτελούνται από πάρα πολλά άτομα, δηλαδή όταν είναι φτιαγμένα από μεγάλη ποσότητα ύλης. Επίσης, η δύναμη αυτή γίνεται εντονότερη όταν τα υλικά σώματα βρίσκονται πιο κοντά το ένα στο άλλο.

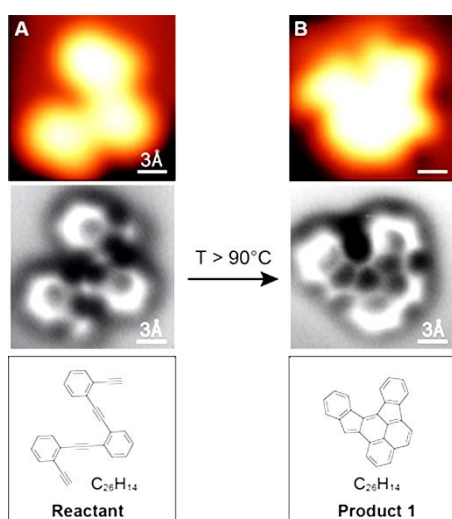
Υπάρχει ένα πρόβλημα ακόμα που πρέπει να λυθεί. Αφού είπαμε ότι δύο σώματα έλκουν βαρυτικά το ένα το άλλο με την ίδια δύναμη, τότε γιατί το σώμα μου δεν κάνει τη Γη να «πέφτει» πάνω του τελικά; Μπορώ να δώσω μια ικανοποιητική απάντηση; Ας αναρωτηθώ, λοιπόν, ποιο από αυτά τα δύο υλικά σώματα παραμορφώνει περισσότερο τον χωρόχρονο. Η Γη ή το σώμα μου; Η απάντησή μου είναι πως η Γη, επειδή είναι φτιαγμένη από περισσότερη ύλη, καμπυλώνει πιο πολύ τον χωρόχρονο.

-Μόλις τώρα μιλήσαμε για τη βαρύτητα. Ωστόσο, μέχρι πριν από λίγο περιγράφαμε τον τρόπο με τον οποίο εξελισσόταν το Σύμπαν. Αναρωτιόμασταν, μάλιστα, για το πώς δημιουργήθηκαν τα μεγαλύτερα υλικά σώματα, όπως οι αστέρες και οι πλανήτες. Σε ένα προηγούμενο ερώτημά μας, διατυπώσαμε την απορία για το πώς δημιουργήθηκαν γενικά όλα τα υλικά σώματα.

Κάποια στιγμή είπαμε ότι η ύλη και η ενέργεια βρίσκονταν παντού στο Σύμπαν, κατανεμημένες σχεδόν ομοιόμορφα. Εξαίρεση αποτελούσαν κάποιες περιοχές που ήταν πιο πυκνές σε άτομα και ακτινοβολία σε σχέση με όλο το υπόλοιπο Σύμπαν. Οι πυκνότερες περιοχές έπαιξαν έναν σπουδαίο ρόλο στο πώς θα συνεχίζονταν από κει και πέρα τα πράγματα στο Σύμπαν, καθώς από αυτές ξεκίνησαν όλα τα σημαντικά γεγονότα που οδήγησαν στη δημιουργία των αστερών, των πλανητών, των μικρότερων υλικών σωμάτων και τέλος της ίδιας της ζωής στη Γη.

ΜΟΡΙΑ-ΥΛΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ-ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Στις πυκνές περιοχές τα άτομα βρίσκονταν πολύ κοντά το ένα στο άλλο. Με κάποιο τρόπο άρχισαν να συνδέονται μεταξύ τους και να δημιουργούν ομάδες. Στις ομάδες αυτές δόθηκε το όνομα μόρια. Μετά άρχισαν να συνδέονται και τα μόρια μεταξύ τους με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μεγαλύτερα μόρια. Τούτη η σύνδεση των μορίων συνεχίστηκε για αρκετό διάστημα και αυτό οδήγησε στη δημιουργία μεγάλων ομάδων από μόρια, οι οποίες λέγονται σώματα ή υλικά σώματα.



Μόρια

Τα πρώτα υλικά σώματα που δημιουργήθηκαν σε εκείνες τις περιοχές ήταν σε αέρια κατάσταση. Για να το πούμε πιο απλά, ήταν σαν νέφη, σαν σύννεφα. Επειδή τα περισσότερα άτομα που υπήρχαν τότε ήταν άτομα Υδρογόνου, έτσι και τα περισσότερα νέφη αποτελούνταν κυρίως από Υδρογόνο. Στη δημιουργία αυτών των νεφών βοήθησε κυρίως η δύναμη της βαρύτητας.

Τα νέφη αυτά ήταν τεράστια και πολύ πυκνά. Και όσο πιο μεγάλα και πυκνά είναι τα υλικά σώματα τόσο πιο πολύ καμπυλώνουν τον χωρόχρονο γύρω τους. Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι αυτά τα υλικά σώματα εκδήλωναν μια μεγάλη βαρυτική έλξη προς τις γειτονικές ομάδες μορίων, με αποτέλεσμα τα νέφη Υδρογόνου να «καταβροχθίζουν» την ύλη που υπήρχε γύρω τους και να γίνονται όλο και πιο μεγάλα, όλο και πιο πυκνά. Κι όσο πιο πολλή ύλη «καταβρόχθιζαν» τόσο πιο ισχυρή γινόταν η βαρυτική τους δύναμη, πράγμα το οποίο τα έκανε να έλκουν και να συσσωρεύουν περισσότερη ύλη.

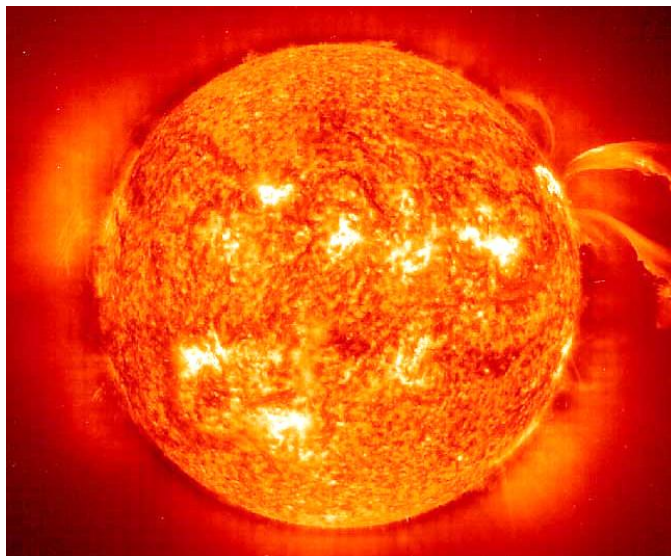
Αυτές οι «βαρυτικές καταβόθρες» συνέχισαν να «καταπίνουν» τεράστιες ποσότητες ατόμων, ώσπου κάποια στιγμή το υλικό που είχαν συγκεντρώσει άρχισε λόγω της

βαρυτικής δύναμης να συμπιέζεται και να καταρρέει προς την κεντρική περιοχή τους. Και καθώς περνούσε ο χρόνος, η κεντρική περιοχή κάθε νέφους Υδρογόνου άρχισε να γίνεται όλο και πιο πυκνή σε ύλη αλλά και πιο θερμή.

Προηγουμένως είχε αναφερθεί ότι το άτομο του Υδρογόνου είναι το πιο απλό από τα άτομα που υπάρχουν στη φύση, αφού έχει μόνο ένα πρωτόνιο στον πυρήνα, το οποίο «δορυφορείται» από ένα ηλεκτρόνιο, που περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα. Είπαμε, επίσης, ότι τα άτομα Υδρογόνου όταν γίνουν ομάδα δημιουργούν νέφη Υδρογόνου. Το Υδρογόνο ως υλικό σώμα, και μάλιστα ως νέφος, έχει μια καταπληκτική ιδιότητα, που δεν είναι άλλη από το ότι το υλικό αυτό αποτελεί μια τεράστια πηγή ενέργειας, δηλαδή είναι ένα πολύ καλό καύσιμο, αφού όταν θερμανθεί πολύ τότε παράγει μεγάλα ποσά ενέργειας.

Γιατί χρειάζεται να ξέρουμε ότι το Υδρογόνο είναι ένα αποδοτικό καύσιμο; Θα καταλάβουμε τον λόγο, μόλις δούμε τι συνέβη στις κεντρικές περιοχές των νεφών Υδρογόνου του αρχέγονου Σύμπαντος.

Όταν λόγω της βαρυτικής δύναμης μια τεράστια ποσότητα ατόμων Υδρογόνου συγκεντρώθηκε στην κεντρική περιοχή του νέφους, τότε η θερμοκρασία της περιοχής αυτής ανέβηκε κατακόρυφα εξαιτίας της μεγάλης πυκνότητας του υλικού και της υψηλής πίεσης που δημιουργήθηκε. Όταν η θερμοκρασία αυτή έφτασε περίπου στο κρίσιμο σημείο των 10 εκατομμυρίων βαθμών, τότε η περιοχή αυτή άρχισε να παράγει ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας. Με άλλα λόγια, η περιοχή αυτή μετατράπηκε σε ένα άστρο, όπως είναι ο Ήλιος μας, το οποίο έστελνε φως και θερμότητα στον χώρο γύρω από αυτό.



Άστρο

Καταλαβαίνουμε από τα προηγούμενα ότι εκείνη τη χρονική περίοδο άρχισαν να «γεννιούνται» στο Σύμπαν τα πρώτα άστρα μέσα από τις κεντρικές περιοχές των νεφών Υδρογόνου. Τα άστρα αυτά λειτουργούσαν σαν πυρηνικοί αντιδραστήρες, όπως άλλωστε και τα σημερινά άστρα. Αυτό ήταν αρκετά σημαντικό, αφού μέσα σε κάθε άστρο θα δημιουργούνταν με μια συγκεκριμένη σειρά κι άλλα είδη ατόμων, διαφορετικά από τα απλά άτομα Υδρογόνου. Δηλαδή, θα δημιουργούνταν άτομα με μεγαλύτερους πυρήνες. Αυτά τα νέα άτομα θα γίνονταν αργότερα το υλικό από το οποίο θα σχηματίζονταν κι άλλα υλικά σώματα, ακόμη και ολόκληρα ουράνια σώματα, όπως οι πλανήτες.

Μέσα σε όλα αυτά, πρέπει να προσθέσουμε ότι η βαρύτητα έκανε κι άλλο ένα σημαντικό έργο. Εξαιτίας της ελκτικής βαρυτικής δύναμης, αρκετά νέφη Υδρογόνου και διάφορα άστρα πλησίασαν αρκετά κοντά και δημιούργησαν τεράστιες ομάδες. Οι ομάδες αυτές, που έμοιαζαν σαν γιγάντια φωτεινά νησιά μέσα στον διαστημικό χώρο, ήταν οι πρώτοι γαλαξίες που σχηματίστηκαν στο Σύμπαν και περιλάμβαναν ίσως και παραπάνω από 250 δισεκατομμύρια άστρα. Επίσης, ένα από τα βασικά συστατικά τους ήταν, όπως καταλαβαίνουμε, και τα νέφη αερίων, κυρίως Υδρογόνου και Ηλίου.



Γαλαξίας

-Τα πράγματα φαίνονται σχετικά απλά. Όμως, το επόμενο ερώτημα που προκύπτει είναι πώς ακριβώς παράγεται ενέργεια μέσα σε ένα άστρο, αλλά και πώς δημιουργούνται τα μεγαλύτερα άτομα στο εσωτερικό των άστρων. Τέλος, δεν λύσαμε το ζήτημα που αφορά τον τρόπο που συνδέονται τα άτομα με αποτέλεσμα να σχηματίζονται υλικά σώματα, τα οποία μπορεί να είναι είτε αέρια είτε υγρά είτε στερεά.

(Εμφανίζεται η σχολική τάξη με τους μαθητές και τον εκπαιδευτικό.) Αυτά τα ερωτήματα είναι μια πρόκληση, γι'αυτό και προτείνω να τα συζητήσετε κατά τη διάρκεια του διαλείμματος. Να θυμάστε, όμως, ότι κάθε σωστή στρατηγική, που μας βοηθάει να λύσουμε ένα πρόβλημα, μας προτρέπει να ξεκινήσουμε από αυτά που ήδη ξέρουμε, δηλαδή μας καθοδηγεί να αναζητήσουμε λύσεις μέσα από τις προηγούμενες γνώσεις μας. Οι γνώσεις που ήδη κατέχουμε δεν είναι απλά και μόνο πληροφορίες. Εκεί κρύβονται κάποια «κλειδιά» που βοηθούν τη σκέψη μας να προχωρήσει. Τα «κλειδιά» δεν είναι εύκολο να τα βρεις, αφού πρέπει να σκέφτεσαι ταυτόχρονα περισσότερες από μια έννοιες, τις οποίες οφείλεις να συνδυάσεις και να ταιριάζεις, κι ας σου φαίνονται αταίριαστες και ξένες μεταξύ τους. Μέσα στις έννοιες μπορείς να εντοπίσεις ομοιότητες και διαφορές και τότε σίγουρα θα παρατηρήσεις μοτίβα. Αργότερα, μόλις αντιληφθείς τα διάφορα μοτίβα και δώσεις χρόνο στη σκέψη σου να ηρεμήσει, θα δεις ότι γεννιούνται στον νου σου οι πρώτες ιδέες. Με αυτόν τον τρόπο ξεκινά το όμορφο ταξίδι της διερεύνησης της φύσης. Η αρχή του μονοπατιού σε αυτό το ταξίδι βρίσκεται σε όσα έχει ήδη κατακτήσει το μυαλό σου, γι'αυτό μην θεωρήσεις τις γνώσεις σου ασήμαντες. Πάντως, ακόμη κι αν με αυτόν τον τρόπο δεν τα καταφέρουμε, μπορούμε να αναζητήσουμε λύσεις ψάχνοντας και σε νέες πηγές γνώσης.

Σε αυτό το σημείο, πριν βγούμε σε διάλειμμα, ας ξεκουραστούμε παίζοντας το παρακάτω παιχνίδι.

2^η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ: Βοήθησε τους μαθητές να κάνουν τις σωστές συνδέσεις, να πετύχουν τους σωστούς συνδυασμούς και να εντοπίσουν τα μοτίβα που «κρύβονται» πίσω από κάθε δοκιμασία. Εάν τα πάμε καλά, τότε παίρνουμε το εισιτήριο για το επόμενο στάδιο της εξερεύνησης των μυστικών του Σύμπαντος...

Α' ΜΕΡΟΣ: Κατασκευή τρισδιάστατου δικτύου σφαιρών. Οι κόμβοι του είναι απλές λευκές σφαίρες μεγάλου μεγέθους. Γύρω από κάθε σφαίρα υπάρχει ενσωματωμένο περιστρεφόμενο δακτυλίδι, στο οποίο είναι δεμένα σε αντίθετα σημεία τουλάχιστον 18 σχοινάκια λευκού και μαύρου χρώματος, στις άκρες των οποίων υπάρχουν υπόλευκα σφαιρίδια με εσοχές. 6 από τα σχοινάκια είναι μαύρα και μακριά. Τα υπόλοιπα 12 είναι λευκά και κοντά. Όλα τα σχοινάκια είναι μοιρασμένα πάνω στο δακτυλίδι με ομοιόμορφο τρόπο.

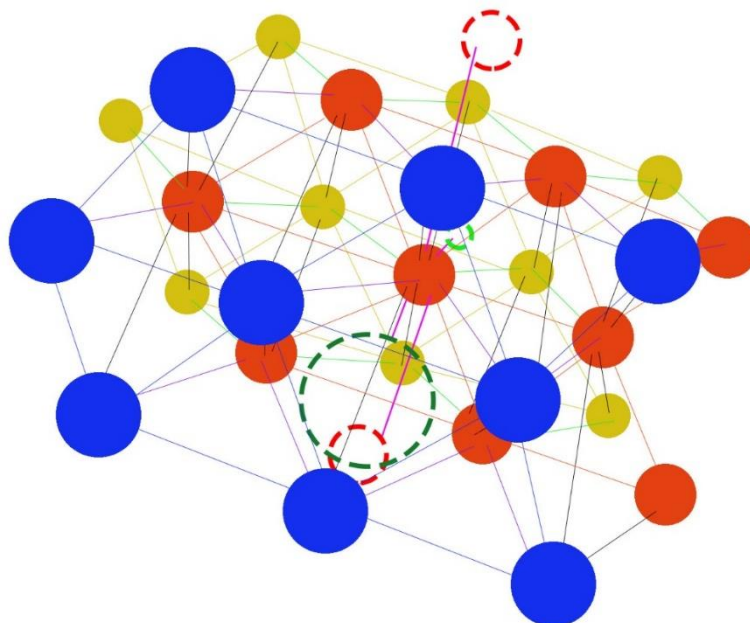
Στο κέντρο του αριστερού και στο κέντρο του δεξιού ημισφαιρίου κάθε σφαίρας υπάρχουν από 7 σχοινάκια με βύσματα. Από αυτά τα 6 σχοινάκια είναι λευκά και κοντά και το 1 είναι μαύρο και μακρύ. Επίσης, στα όρια του δακτυλιδιού, σε 4 σημεία επάνω στη σφαίρα, υπάρχουν 4 μαύρα και μακριά σχοινάκια με βύσματα.

Τα επίπεδα είναι 3. Σε κάθε επίπεδο υπάρχουν 3 σειρές από 3 σφαίρες η κάθε σειρά.

Υπάρχουν τέσσερα στάδια. Στα πρώτα τρία να συνδέσεις τις σφαίρες κάθε επιπέδου ξεχωριστά. Στο τέταρτο στάδιο θα ξεκινήσεις από την κεντρική σφαίρα. Με αυτήν ή σε αυτήν θα συνδέσεις όλες τις υπόλοιπες σφαίρες από όλα τα επίπεδα.

Λύση:

Η κεντρική σφαίρα έχει όλες τις συνδέσεις, δηλαδή 18.



Β' ΜΕΡΟΣ: Υπάρχουν διάφοροι μικροί ημιδιαφανείς κύκλοι με ίδιο εμβαδόν και στην ίδια ακριβώς απόχρωση. Στο πλαίσιο «Δοκιμή» μπορείς να τοποθετήσεις όσους κύκλους θες. Σκοπός σου είναι να πετύχεις το μέγεθος και την απόχρωση του κύκλου-προτύπου στα δεξιά. Στη συνέχεια να καταγράψεις τον αριθμό των κύκλων που χρειάστηκε να τοποθετήσεις μαζί για να πετύχεις το ίδιο μέγεθος και την ίδια απόχρωση με το πρότυπο. Κατάγραψε επίσης τι παρατηρείς καθώς προσθέτεις κύκλους

[Φόρμα με δυο προτάσεις]:

Καθώς προσθέτω κύκλους, «ο βασικός κύκλος _____ (μεγαλώνει) και ο τόνος του χρώματός του _____ (αλλάζει).

ΚΩΔΙΚΟΣ: «συνδέομαι_μόνο_όταν συμπληρώσω_και_συμπληρωθώ»

Διάλειμμα: *(τάξη, κουδούνι, προαύλιο, κάτω από τα πεύκα 3 αγόρια και 3 κορίτσια συζητούν):*

ΔΙΑΛΟΓΟΣ (3 κορίτσια, 3 αγόρια):

-**Κατερίνα:** Σκεφτήκατε κάτι; Πώς συνδέονται τα άτομα στα υλικά σώματα;

-**Χαρά:** Δεν είναι μόνο αυτό. Μας ρώτησε επίσης και πώς παράγεται η ενέργεια μέσα στα άστρα.

-**Μάξιμος:** Θα τους λύσουμε τους «γρίφους»! Μας είπε να θυμηθούμε όσα γνωρίζουμε μέχρι τώρα για τα υλικά σώματα. Ας προσπαθήσουμε να μπούμε μέσα στα υλικά σώματα με τη φαντασία μας.

- **Κατερίνα:** Το βρήκα! Ο κύριος Βαγγέλης είχε πει ότι όλα είναι φτιαγμένα από άτομα.

- **Μάξιμος:** Εντάξει, αυτό το ξέρουμε όλοι! Μα το λέει και η ερώτηση: «Πώς συνδέονται τα άτομα στα υλικά σώματα;» Τι παραπάνω βρήκες δηλαδή...

- **Κατερίνα:** Εννοώ ότι πρέπει να ψάξουμε μέσα στα άτομα, μήπως το μυστικό βρίσκεται μέσα στα «συστατικά» τους. Για να φτιαχτεί ένα υλικό σώμα πρέπει να «κολλήσουν» τα άτομα το ένα με το άλλο. Δεν μπορεί, μέσα τους θα υπάρχει κάποιου είδους κόλλα.

- **Μάξιμος:** Τι λες; Μα και η κόλλα δεν είναι κι αυτή ένα υλικό σώμα; Είναι κι αυτή φτιαγμένη από άτομα λοιπόν!

- **Κατερίνα:** Δεν εννοώ κόλλα κανονική. Δεν με προσέχεις! Είπα να ψάξουμε μέσα στα «συστατικά» των ατόμων. Μπορεί στο καθένα από αυτά να υπάρχει ένα «συστατικό» ή καλύτερα... μια λειτουργία που να το βοηθάει να «κολλάει» με τα άλλα. Μπορεί να υπάρχει μια κατά κάποιο τρόπο «εσωτερική κόλλα».

- **Χαρά:** Ναι...!!! Το μοτίβο!

-**Νίκος:** Ποιο μοτίβο;

- **Χαρά:** Του παιχνιδιού! Θυμάστε που έπρεπε να ενώσουμε τις σφαίρες. Να, για παράδειγμα, κάτι που μοιάζει με αυτό που κάνει μια κόλλα είναι και τα βυσματάκια με τις υποδοχές. Δεν κούμπωνε βυσματάκι με βυσματάκι, ούτε υποδοχή με υποδοχή. Ταίριαζε μόνο βυσματάκι με υποδοχή.

- **Νίκος:** «Κολλούσαν» τα διαφορετικά δηλαδή, τα «αντίθετα»!

- **Χαρά:** Ακριβώς! Μόνο τότε ενώνονταν οι σφαίρες μεταξύ τους! Από την άλλη είναι και το μέγεθος κάθε σχοινιού. Άλλα ήταν κοντά κι άλλα μακριά. Θυμάστε, ταίριαζε κοντό με κοντό και μακρύ με μακρύ.

- **Μάξιμος:** Μην ξεχνάς και τα χρώματα που έπρεπε να ταιριάζουν. Λευκό με λευκό και μαύρο με μαύρο.

- **Νίκος:** Το παιχνίδι αυτό ήταν σαν τρισδιάστατο παζλ. Καθένα από τα μέρη του είχε ένα ας το πούμε «αντίθετο» ταίρι. Να ένα όμορφο μοτίβο.

- **Μάξιμος:** Ακόμη και οι αριθμοί ταιριάζουν. Το δακτυλίδι κάθε μεγάλης σφαίρας είχε 18 σχοινάκια, όσα δηλαδή σχοινάκια υπήρχαν και πάνω στην ίδια τη σφαίρα.

- **Σοφοκλής:** Ωραία όλα αυτά, αλλά νομίζω ότι ξεφύγαμε από το θέμα. Να σας θυμίσω ότι μιλούσαμε για τα άτομα στα υλικά σώματα και μάλιστα για τα υλικά των ατόμων. Βρήκε μήπως κανείς τη μυστηριώδη κόλλα που πρότεινε η Κατερίνα σαν ιδέα;

- **Μαρία:** Σοφοκλή, μην ειρωνεύεσαι! Το μοτίβο μας έχει αποκαλύψει ήδη πολλά! Τι δεν καταλαβαίνεις;

- **Σοφοκλής:** Ωραία, λοιπόν, το μοτίβο μας αποκαλύπτει μια πασίγνωστη αλήθεια...ότι τα αντίθετα συνδέονται κατά κάποιο τρόπο. Και σιγά το πράγμα. Τώρα θα πεταχτεί κάποιος και θα πει: «Ναι, το βρήκα! Τα άτομα αποτελούνται από μικρότερα σωματίδια που συνδέονται μεταξύ τους και φτιάχνουν ομάδες επειδή υπάρχει κάτι αντίθετο που τα συνδέει. Αυτό το αντίθετο είναι τα φορτία!». Σπουδαία ανακάλυψη! Ναι, εντάξει, ο πυρήνας επειδή έχει θετικό φορτίο έλκει τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια και τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια έλκουν τον θετικού φορτίου πυρήνα, αλλά τι σχέση έχει αυτό με τον τρόπο που συνδέονται δυο ή τρία ή περισσότερα άτομα μεταξύ τους; Μην βιάζεστε να απαντήσετε. Να σας θυμίσω ότι υπάρχει και η κυρία...ισχυρή δύναμη που ενώνει τα κουάρκ ανά τρία και φτιάχνει πρωτόνια και νετρόνια. Βρήκαμε την δήθεν «κόλλα», μόνο που σε αυτήν την περίπτωση δεν είναι μία αλλά...δύο! Η μια είναι η ελκτική δύναμη των φορτίων και η άλλη η ισχυρή μες στον πυρήνα.

- **Νίκος:** Μπερδεύτηκα τώρα...

- **Μαρία:** Όχι, μην τα παρατάς έτσι εύκολα. Σοφοκλή, δεν ξέρω αν έχεις προσέξει κάποιες λεπτομέρειες σε αυτά που είπες πριν από λίγο. Πρώτον, στο παιχνίδι αυτό υπάρχουν μεγάλες σφαίρες και μικρά σφαιρίδια. Αυτές θα μπορούσαν να

αντιπροσωπεύουν τους πυρήνες και τα ηλεκτρόνια των ατόμων. Δεύτερον, είπες ότι οι πυρήνες έλκουν και έλκονται από ηλεκτρόνια, αλλά και τα ηλεκτρόνια επίσης έλκουν και έλκονται από τους πυρήνες. Γιατί, λοιπόν, ένας πυρήνας να έλκει μόνο τα «δικά» του ηλεκτρόνια κι όχι και τα ηλεκτρόνια των γειτονικών πυρήνων; Επίσης, γιατί τα ηλεκτρόνια να έλκουν μόνο τον «δικό» τους πυρήνα κι όχι και τους διπλανούς. Σου θυμίζω ότι στο παιχνίδι υπάρχει ένα παρόμοιο μοτίβο: για παράδειγμα δυο μεγάλες σφαίρες συνδέονται μεταξύ τους επειδή «μοιράζονται» από κοινού κάποια από τα σφαιρίδιά τους. Αυτό γίνεται με συγκεκριμένο τρόπο. Ένα κοντό σχοινάκι από το δακτυλίδι της μιας σφαίρας ενώνεται με ένα κοντό σχοινάκι από το σώμα της άλλης σφαίρας. Κάτι τέτοιο δείχνει ξεκάθαρα τις ελκτικές δυνάμεις ανάμεσα στον πυρήνα κάποιου ατόμου κι στο ηλεκτρόνιο ενός άλλου ατόμου. Άλλωστε υπάρχει το βυσματάκι και η υποδοχή, τα οποία, όπως είπαμε προηγουμένως, θα μπορούσαν να είναι τα σύμβολα δυο αντίθετων πραγμάτων. Το παιχνίδι θα μπορούσε να είναι ένα καλό μοντέλο του τρόπου με τον οποίο συνδέονται τα άτομα σε ένα υλικό σώμα.

-Σοφοκλής: Ναι, αλλά δεν ξεμπέρδεψες με την ισχυρή δύναμη.

-Μαρία: Νομίζεις! Η ισχυρή δύναμη υπάρχει μεταξύ των κουάρκ αλλά και μεταξύ πρωτονίων και νετρονίων. Άρα περιορίζεται μέσα στον πυρήνα. Τουλάχιστον, αυτά ξέρουμε μέχρι τώρα.

- Νίκος: Παιδιά, δεν ξέρω αν παρατηρήσατε την κεντρική σφαίρα; Δεν υπήρξε σχοινάκι της που να μην ενωθεί με τα σχοινάκια των γειτονικών σφαιρών. Στις υπόλοιπες σφαίρες περίσσεψαν σχοινάκια.

- Σοφοκλής: Ίσως να μην περίσσευαν εάν υπήρχαν περισσότερες σφαίρες στο παιχνίδι.

- Νίκος: Ακριβώς! Απλά θέλω να πω πως αν ξεκινήσουμε από την κεντρική σφαίρα και ενώνουμε όλες τις σφαίρες μαζί, τότε το σχήμα θα μεγαλώνει διαρκώς και θα «απλώνεται» στον χώρο. Μήπως και τα υλικά σώματα δεν κάνουν κάτι ανάλογο; Άλλωστε κι αυτά «πιάνουν» κάποιον χώρο.

- Σοφοκλής: Εγώ προβληματίζομαι και για κάτι άλλο... Αν η κεντρική σφαίρα συμβολίζει έναν πυρήνα και αν τα σφαιρίδια αντιστοιχούν στα ηλεκτρόνια τότε έχουμε πρόβλημα!

- Νίκος: Τι εννοείς;

- **Σοφοκλής:** Η κεντρική σφαίρα δεν μοιράζεται με τις γειτονικές σφαίρες όλα τα σφαιρίδια που βρίσκονται στο δακτυλίδι της;

- **Νίκος:** Ναι. Και λοιπόν;

- **Σοφοκλής:** Μήπως θέλει το παιχνίδι να μας πει ότι κάθε άτομο που βρίσκεται μέσα σε ένα υλικό σώμα «χάνει» όλα του τα ηλεκτρόνια επειδή τα «δανείζει» στα διπλανά άτομα; Μα τότε το ίδιο δεν συμβαίνει και με καθένα από τα διπλανά; Άρα, με αυτή τη λογική, κανένα άτομο δεν έχει τα «δικά» του ηλεκτρόνια. Απλά δανείζεται τα... «ξένα». Αυτό δεν το δέχομαι! Τι σόι άτομα είναι αυτά; Ο δάσκαλος είπε ότι όλοι οι πυρήνες κρατούν μόνιμα κάποια ηλεκτρόνια, μάλιστα τόσα σε αριθμό όσα είναι και τα πρωτόνια. Το παιχνίδι έχει σοβαρές ατέλειες κατά τη γνώμη μου.

- **Νίκος:** Ναι, μπορεί... Αλλά το παιχνίδι είναι παιχνίδι. Μπορεί να μην περιγράφει ακριβώς την πραγματικότητα. Όμως, παρόλα αυτά οι πυρήνες...δεν μπορεί...θα έλκουν και κάποια γειτονικά ηλεκτρόνια και αυτά με τη σειρά τους θα έλκουν, εκτός από τους «δικούς» τους, και τους υπόλοιπους, τους πιο κοντινούς πυρήνες. Αυτό πάντως δεν μου φαίνεται παράλογο.

- **Σοφοκλής:** Πιθανόν να συμβαίνει κι έτσι. Πάντως, δεν φαίνεται λάθος με τον τρόπο που το λες. Όμως, εάν ένας πυρήνας έλκει «ξένα» ηλεκτρόνια, τότε αυτά θα βρίσκονται οπωσδήποτε σε κάποια απόσταση από τους «δικούς» τους πυρήνες, δηλαδή ίσως βρίσκονται στην -ας το πούμε- εξωτερική περιοχή κάθε γειτονικού ατόμου.

- **Νίκος:** Το πράγμα πάντως δεν είναι απλό. Τι γίνεται στην περίπτωση που κάποιοι από τους γειτονικούς πυρήνες έχουν «δικό» τους ένα μόνο ηλεκτρόνιο; Θέλω να πω ότι δυσκολεύομαι να φανταστώ τον τρόπο με τον οποίο τα πιο απλά άτομα θα μοιράζονταν τα μοναδικά τους ηλεκτρόνια με άλλα πιο σύνθετα άτομα.

-**Μαρία:** Παιδιά το ότι τα άτομα μοιράζονται μεταξύ τους μερικά από τα ηλεκτρονιά τους δεν σημαίνει απαραίτητα ότι τα χάνουν. Σοφοκλή, συμφωνώ με αυτό που λες για το παιχνίδι, αλλά πώς έβγαλες το συμπέρασμα ότι μέσα στα υλικά σώματα τα άτομα χάνουν τα ηλεκτρονιά τους επειδή μοιράζονται ορισμένα με τα γειτονικά τους. Πρόσεξε κάτι... το δακτυλίδι που έχει τα σφαιρίδια βρίσκεται μόνιμα πάνω στην μεγάλη σφαίρα. Κάτι μπορεί να συμβολίζει αυτό, δεν νομίζεις;

- **Χαρά:** Καλά όλα αυτά ρε παιδιά, αλλά το δεύτερο παιχνίδι με τα χρώματα και τους κύκλους λέτε να έχει σχέση με αυτό που συζητάμε τώρα; Μπορεί να σχετίζεται με το ερώτημα «Πώς από τα άτομα δημιουργούνται υλικά σώματα;»;

- **Σοφοκλής:** Δεν νομίζω. Δεν βλέπω κανένα μοτίβο σχετικό με «κόλλα» εδώ. Το μόνο που μου έρχεται στο μυαλό είναι το μοτίβο...του φαταούλα!

-**Όλοι:** Τιιι...;;;

Γελάνε...

- **Σοφοκλής:** Γιατί γελάτε; Μιλάω σοβαρά! Δεν είδατε, μωρέ, ότι κάθε φορά που βάζαμε έναν παραπάνω μικρό κύκλο στη «Δοκιμή», ο βασικός κύκλος που υπήρχε μέσα γινόταν όλο και πιο μεγάλος και το χρώμα που αποκτούσε όλο και πιο σκούρο τόνο; Ανάλογα με τους μικρούς κύκλους που «κατάπινε», ο βασικός κύκλος μεγάλωνε αντίστοιχα και άλλαζε χρωματικό τόνο.

- **Μάξιμος:** Δηλαδή μας λες ότι ο βασικός κύκλος, κάθε φορά που «κατάπινε» έναν μικρό κύκλο, γινόταν διαφορετικός από τον προηγούμενο εαυτό του. Αυτός δεν είναι κύκλος, αλλά ο τιτάνας Κρόνος, που κατάπινε τα παιδιά του. Δεν είναι σοβαρά πράγματα αυτά. Μπορείς να σκέφτεσαι λίγο, πριν ξεστομίζεις κάτι!

Γέλια...

- **Σοφοκλής:** Εξυπνάδες... ο κύριος Βαγγέλης δεν ρώτησε μόνο πώς συνδέονται τα άτομα στα υλικά σώματα, αλλά και δυο πράγματα ακόμη: Πώς παράγεται ενέργεια στα άστρα και πώς δημιουργούνται μεγαλύτερα άτομα; Αν και μου είναι δύσκολο να πιστέψω ότι αυτά τα δύο τελευταία ερωτήματα σχετίζονται μεταξύ τους, ωστόσο διαισθάνομαι ότι το δεύτερο παιχνίδι μάλλον μας δίνει μια απάντηση σχετικά με τον τρόπο που δημιουργούνται μεγαλύτερα άτομα. Όταν λέω «κατάπινε» δεν εννοώ ότι κάπου υπήρχε ένα τεράστιο στόμα που γέμιζε με κύκλους. Θα το είδες κι εσύ, Μάξιμε, πως οι μικρότεροι κύκλοι δεν χάνονταν όταν ενώνονταν και δημιουργούσαν τον βασικό κύκλο, απλά πλησίαζαν πάρα πολύ κοντά ο ένας στον άλλο. Το παράξενο είναι πως όταν κοιτούσες από μακριά, όλοι οι μικροί κύκλοι μαζί φαίνονταν σαν ένας μεγάλος, ο οποίος ήταν μάλιστα και πιο σκούρος.

- **Κατερίνα:** Ναι, ναι! Το είδα κι εγώ αυτό! Εμένα πάντως αυτό που λες για το χρώμα και το μέγεθος του βασικού κύκλου μου θυμίζει τους πίνακες των ζωγράφων του

πουαντιγισμού. Με μικρές πινελιές καθαρού χρώματος κατάφερναν και να πετυχαίνουν τις αποχρώσεις που επιθυμούσαν και να δίνουν όγκο και βάθος στις μορφές των αντικειμένων και των προσώπων που ζωγράφιζαν. Οι πινελιές τους βρίσκονται πολύ κοντά ή μια στην άλλη κι έτσι όταν βλέπεις το έργο τέχνης από απόσταση, τα διάφορα χρώματα σε μια περιοχή του πίνακα μοιάζουν σαν ένα ξεχωριστό χρώμα. Μάλλον αυτό έχει να κάνει με την απόσταση από την οποία κοιτάς κάτι, δηλαδή από το πόσο κοντά ή μακριά βρίσκεται, αλλά και από το αν έχεις τη δυνατότητα να βλέπεις καλά πολύ μικρά ή πολύ μεγάλα πράγματα.

- **Νίκος:** Ουπς...! Σοφοκλάκη, σου ξεφεύγει κάτι. Μην είσαι βιαστικός.

- **Σοφοκλής:** Τι μου ξεφεύγει δηλαδή;

- **Νίκος:** Πού παράγεται και η ενέργεια των άστρων και πού δημιουργούνται τα μεγαλύτερα άτομα;...Μέσα στα ίδια τα άστρα. Γιατί λες τότε ότι αυτά τα δυο ερωτήματα είναι άσχετα μεταξύ τους.

- **Σοφοκλής:** Σαν να έχεις ένα δίκιο. Όμως με μπερδεύει κάτι τώρα. Τι σημαίνει μεγαλύτερα άτομα; Υπάρχουν πολλά και διαφορετικά υλικά σώματα. Θα αναφέρω, για παράδειγμα, ορισμένα υγρά όπως το ξύδι, το νερό και το αργό πετρέλαιο. Μα παρόλο που είναι διαφορετικά, δεν είναι όλα φτιαγμένα από άτομα βρε παιδιά;

- **Κατερίνα:** Φυσικά και είναι! Φαντάζομαι, όμως, ότι δεν είναι φτιαγμένα όλα τα υλικά σώματα από τα ίδια άτομα. Αν είχαν φτιαχτεί από όμοια άτομα, τότε τα υλικά σώματα δεν θα είχαν διαφορετικές ιδιότητες. Δεν θα διέφεραν ούτε στη γεύση ούτε στο χρώμα ούτε στην σκληρότητά τους. Θα ήταν ολόιδια. Δεν νομίζω, όμως, ότι έχουν την ίδια γεύση το ξύδι και το νερό!

- **Σοφοκλής:** Μη μου πεις ότι ξέρεις και τι γεύση έχει το αργό πετρέλαιο;

Γέλια...

- **Κατερίνα:** Ωραία τα αστεία σου, αλλά μας πάγωσες. Μην σπαταλάς τον χρόνο σου σε αυτά, αν είναι να έχουν τέτοια επιτυχία. Καλύτερα να σκεφτείς καμιά απάντηση, γιατί τα ερωτήματα είναι πολλά. Για παράδειγμα, το αν είναι διαφορετικό ένα άτομο εξαρτάται από το μέγεθός του, δηλαδή από το πόσο μεγάλο είναι; Μήπως υπάρχει κάποιος άλλος λόγος που το κάνει διαφορετικό; Δεν ξέρω! Το μυαλό μου κατακλύζεται διαρκώς από ερωτήματα.

- **Χαρά:** Σκέφτηκα κάτι! Λογικά θα πρέπει να υπάρχουν πιο μεγάλα άτομα. Αν ζυγίζα μια κουταλιά νερό και μια κουταλιά σίδηρο, θα έβλεπα ότι ο σίδηρος είναι οπωσδήποτε πιο βαρύς, άρα είναι φτιαγμένος από πιο μεγάλα άτομα.

- **Μάξιμος:** Όμως, μπορεί αυτό που λες να μην είναι σωστό, αφού ο σίδηρος θα μπορούσε να είναι φτιαγμένος με τα ίδια άτομα όπως και το νερό, αλλά μια κουταλιά σίδηρο να περιέχει... περισσότερα άτομα από μια κουταλιά νερό. Να είναι δηλαδή ο σίδηρος πιο πυκνός σε άτομα από το νερό.

- **Νίκος:** Εμένα αυτό δεν μου φαίνεται ούτε τελείως λάθος ούτε εντελώς σωστό. Αν πεις ότι ο σίδηρος είναι φτιαγμένος με τα ίδια άτομα, τότε πού οφείλονται οι διαφορετικές από του νερού ιδιότητές του; Η αλήθεια είναι κάπου στη μέση.

- **Χαρά:** Μάλλον υπάρχουν διαφορετικά άτομα. Ίσως ανάλογα με το μέγεθος των ατόμων να αλλάζουν και το είδος και οι ιδιότητες των υλικών σωμάτων. Μπορεί το δεύτερο παιχνίδι να θέλει να μας δείξει κάτι τέτοιο, αφού όσο μεγάλωνε ο κύκλος τόσο άλλαζε και ο τόνος του χρώματος. Επίσης, δεν μου φαίνεται παράλογο να πω ότι κάποιο υλικό σώμα μπορεί να είναι πιο πυκνό σε άτομα, είτε αυτά είναι ίδια με τα άτομα κάποιου άλλου υλικού σώματος είτε διαφέρουν.

- **Μάξιμος:** Λέτε τα άτομα Υδρογόνου που υπάρχουν μέσα στον Ήλιο να ενώνονται τόσο καλά ώστε να γίνονται ξεχωριστά και μεγαλύτερα άτομα; Με την ενέργεια τι γίνεται; Πώς παράγεται; Δεν μπορώ άλλο! Πείνασα!!!

Κουδούνι

(μέσα στην Τάξη)

-**κ. Βαγγέλης:** Τι συζητούσατε στο διάλειμμα; Σας πήρε το μάτι μου να μιλάτε με αρκετή όρεξη κοντά στο γήπεδο. Τι έγινε; Έβαλε κανένα γκολ ο «Μέσι» του σχολείου μας;

- **Μάξιμος:** Ο «Μέσι» άφησε τα δίχτυα για να ασχοληθεί με τα ερωτήματά σας.

- **κ. Βαγγέλης:** Και; Δόθηκαν απαντήσεις; Τι υποθέσεις κάνατε;

- Τα παιδιά μιλούν..... [δεν ακούγονται οι απαντήσεις των παιδιών]

- Το πρώτο πράγμα που μπορούμε να κάνουμε είναι να ερευνήσουμε καλά όσα γνωρίζουμε για τα άτομα, μήπως ανακαλύψουμε στις γνώσεις αυτές κάποιο χρήσιμο

μοτίβο, το οποίο μας δείχνει ένα μηχανισμό σύνδεσης, δηλαδή έναν τρόπο δημιουργίας ομάδων. Με απλά λόγια, όταν μιλούσαμε για τα άτομα, μήπως συναντήσαμε κάπου καμιά πληροφορία ή μήπως εντοπίσαμε ένα μοτίβο που να μας δείχνει γενικά έναν τρόπο με τον οποίο διάφορα, ας το πούμε, «συστατικά» της ύλης δημιουργούν ομάδες;

Ήδη προτείνετε μια λύση σχετικά με τον τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους τα άτομα στα υλικά σώματα. Το πρώτο βήμα που κάνατε γι' αυτή τη λύση ήταν καταρχάς να συνειδητοποιήσετε ότι τα άτομα αποτελούνται από λιγότερο σύνθετα σωματίδια, τα οποία συνδέονται μεταξύ του και δημιουργούν ομάδες.

Ένα μοτίβο που δείχνει μεγάλα σώματα να απαρτίζονται από άλλα μικρότερα είναι γενικά πολύ συχνό στη φύση. Το θέμα είναι να εντοπίσουμε και το γενικό μοτίβο που μαρτυράει πώς ακριβώς συνδέονται τα μικρότερα υλικά, παραδείγματος χάριν τα σύνθετα σωματίδια, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται όλο και μεγαλύτερες ομάδες. Να είστε σίγουρες και σίγουροι ότι το μοτίβο αυτό θα μας αποκαλύψει πολλά και στο τέλος θα μας φανεί πολύ λογικός ο τρόπος με τον οποίο σχηματίζονται τελικά τα υλικά σώματα, είτε αυτά είναι μεγάλα, όπως οι πλανήτες, είτε αυτά είναι μικρά, όπως οι γόμες που βρίσκονται στις κασετίνες σας, είτε είναι στερεά είτε υγρά είτε αέρια.

Ο τρόπος σύνδεσης των ατόμων μεταξύ τους, καθώς και των μορίων μεταξύ τους, είναι ακριβώς ο ίδιος με εκείνον που κάνει τους πυρήνες και τα ηλεκτρόνια να σχηματίζουν ομάδες. Με άλλα λόγια στα ίδια τα άτομα βρίσκεται το μυστικό. Ο τρόπος που σχηματίστηκαν αυτά μας μαρτυρά και τον τρόπο σχηματισμού των υλικών σωμάτων; Το μοτίβο το ξέρετε ήδη! Ας εντοπίσουμε κι ας περιγράψουμε μαζί λοιπόν το μοτίβο αυτής της σύνδεσης:

Ξέρουμε ήδη ότι οι πυρήνες έχουν θετικό φορτίο, επειδή περιλαμβάνουν πρωτόνια. Τα ηλεκτρόνια όμως έχουν αρνητικό φορτίο. Τα αντίθετα φορτία έλκονται μεταξύ τους, ενώ τα όμοια φορτία απωθούνται. Οι δυνάμεις έλξης που δημιουργούνται ανάμεσα σε αντίθετα φορτία και οι δυνάμεις άπωσης ανάμεσα σε όμοια φορτία ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις ή ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις.

Ο πυρήνας κάθε ατόμου έλκει όχι μόνο τα κοντινά, τα «δικά» του ηλεκτρόνια, αλλά έλκει και τα ηλεκτρόνια των γειτονικών ατόμων, κυρίως αυτά που βρίσκονται στις εξωτερικές περιοχές των γειτονικών ατόμων. Αντίστοιχα, τα ηλεκτρόνια -συνήθως εκείνα των εξωτερικών περιοχών- δεν έλκουν μόνο τους πυρήνες με τους οποίους έχουν σχηματίσει ομάδες, αλλά έλκουν και τους πυρήνες των γειτονικών ατόμων. Με

αυτόν τον τρόπο, σχηματίζεται ένα πλέγμα από ελκτικές ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις, με αποτέλεσμα τα άτομα να πλησιάζουν κοντά το ένα στο άλλο και να δημιουργούν ομάδες ή «οικογένειες». Όπως σας είπα πριν από ώρα, οι «οικογένειες» ατόμων ονομάζονται μόρια. Βέβαια, και τα μόρια συνδέονται μεταξύ τους με τον ίδιο τρόπο σχηματίζοντας ακόμη μεγαλύτερες ομάδες, ακόμη μεγαλύτερα μόρια.

Αυτές οι ομάδες μεταξύ των ατόμων, αλλά και μεταξύ των μορίων, δημιουργούνται επειδή υπάρχουν οι ελκτικές ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις ανάμεσα στα αντίθετα φορτία. Μπορούμε να φανταστούμε ότι οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις είναι σαν συνδετικοί κρίκοι ανάμεσα στα άτομα, κι έτσι αυτά παραμένουν κοντά το ένα στο άλλο.

Σε κάθε υλικό σώμα, κάθε άτομο συνδέεται με τα άλλα άτομα που βρίσκονται γύρω του. Έτσι, δημιουργούνται ομάδες ατόμων, δηλαδή τα μόρια. Τα μόρια συνδέονται κι αυτά με τον ίδιο τρόπο και δημιουργούν ακόμη μεγαλύτερες ομάδες, δηλαδή τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια υλικά σώματα, όπως οι πέτρες, τα τρόφιμα, η γόμα, το θρανίο, ο τοίχος, ο ατμοσφαιρικός αέρας, τα βουνά, η θάλασσα, οι πλανήτες, τα άστρα, οι γαλαξίες κ.ο.κ. Βέβαια, οφείλουμε να πούμε ότι στα αέρια σώματα οι συνδέσεις αυτές μεταξύ των μορίων είναι λιγότερο συχνές σε σχέση με τις συνδέσεις στα στερεά και τα υγρά σώματα. Ας έχουμε από τώρα κατά νου ότι τα μόρια των αέριων σωμάτων συγκεντρώνονται σε κάποιες περιοχές του χώρου με τη βοήθεια κυρίως της δύναμης της βαρύτητας.

Ας σκεφτούμε όμως, τι θα γινόταν αν δεν υπήρχαν οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις και τα ηλεκτρικά φορτία που έχουν τα σωματίδια. Το μόνο σίγουρο είναι πάντως ότι δεν θα υπήρχαν υλικά σώματα, άρα δεν θα υπήρχε ούτε ο Ήλιος ούτε η Γη, και κατά συνέπεια, ούτε και ο άνθρωπος!

(Ο Νίκος φαντάζεται το παράδειγμα Αποστόλου Παύλου για το ψωμί και το αλεύρι: φούρναρης ζυμώνει ψωμί: η σκόνη αλεύρου σκορπίζεται χωρίς το νερό: 1^η σκηνή: ο φούρναρης ρίχνει τη σκόνη αλευριού στον αέρα, η σκόνη πέφτει 2^η σκηνή: κρατά ένα λεπτό και μακρόστενο κομμάτι ζύμης το οποίο δεν διαλύεται στα συστατικά του κι έτσι δεν πέφτει.)

Βέβαια, πρέπει να σημειώσουμε ότι τα άτομα δεν μπορούν να «κολλήσουν» το ένα πάνω στο άλλο, γιατί για παράδειγμα ο θετικός σε φορτίο πυρήνας του ενός απωθεί και απωθείται από τον θετικά φορτισμένο πυρήνα του άλλου κι έτσι διατηρείται μια

απόσταση μεταξύ τους. Επίσης, τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια ενός ατόμου απωθούν και απωθούνται από τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια ενός άλλου ατόμου. Άρα, κανένα άτομο δεν «ακουμπά» πάνω σε κάποιο άλλο άτομο. Ακόμη και τα ίδια τα σωματίδια του πυρήνα διατηρούν μια ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους παρόλο που αυτά βρίσκονται πάρα πολύ κοντά. Δεν θα βρούμε πουθενά στη φύση αληθινή επαφή κι ας μας δίνει ο εγκέφαλός μας την λανθασμένη εντύπωση ότι πραγματικά ακουμπάμε τις επιφάνειες των αντικειμένων που αγγίζουμε!

III) -Ας γυρίσουμε πίσω στην περιγραφή του Σύμπαντος κι ας αναλύσουμε λίγο καλύτερα το σημείο εκείνο που αναφερόταν στη δημιουργία μεγαλύτερων ατόμων. Τι άποψη έχετε γι' αυτό; Μου είπατε προηγουμένως ότι το δεύτερο παιχνίδι σας δημιούργησε κάποιες «υποψίες» που σχετίζονται με τον σχηματισμό μεγαλύτερων ατόμων. Το σίγουρο είναι πάντως ότι με τη βοήθεια του παιχνιδιού αναδείξατε ένα χρήσιμο μοτίβο, το οποίο απαντά σε αρκετά ερωτήματα.

Οι ερωτήσεις ήταν δύο! Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι έθεσα τη μία σε συνδυασμό με την άλλη. Η πρώτη αναφερόταν στον τρόπο που τα άστρα, όπως ο Ήλιος μας, παράγουν ενέργεια, δηλαδή φως και θερμότητα, η οποία διαδίδεται ως ακτινοβολία στον διαστημικό χώρο. Η δεύτερη ερώτηση μας προκαλεί να αναζητήσουμε τη διαδικασία με την οποία δημιουργούνται βαρύτερα άτομα.

Το μοτίβο του παιχνιδιού που μου περιγράψατε προ ολίγου είχε τα εξής βασικά σημεία: Πρώτον, οι μικροί κύκλοι είχαν όλοι ακριβώς το ίδιο μέγεθος και το ίδιο χρώμα. Δεύτερον, παρατηρήσατε ότι όσο προσθέτατε μαζί μικρούς κύκλους τόσο πιο πολύ μεγάλωνε ο βασικός κύκλος και ταυτόχρονα σκούραινε όλο και περισσότερο.

Θέλω, όμως, τώρα να σας ρωτήσω το εξής: Μπορούσατε μήπως να ξεχωρίσετε τους μικρούς κύκλους όταν αυτοί ενσωματώνονταν στον μεγάλο; Θέλω να πω... οι μικροί κύκλοι ενώνονταν όπως γινόταν και στο πλέγμα των σφαιρών του πρώτου παιχνιδιού ή μήπως πλησίαζαν ακόμη πιο κοντά με αποτέλεσμα να μην μπορείτε να τους διακρίνεται τόσο καλά;

- **Κατερίνα:** Ξεχώριζαν ελάχιστα, από μακριά φαίνονταν σαν ένας μεγάλος κύκλος.

-Ωραία! Και... να σας ρωτήσω και κάτι ακόμα. Ας κάνουμε όμως πρώτα μια φανταστική υπόθεση: εάν αντί για χρώμα στους κύκλους είχαμε γεύση και εάν τα μάτια μας αντί για φως προσλάμβαναν μια γευστική πληροφορία, τότε τι θα γινόταν στην

περίπτωση που θα κοιτούσατε τον βασικό κύκλο από μακριά; Η «γεύση» του θα άλλαζε ή θα παρέμενε η ίδια καθώς ο κύκλος μεγάλωνε;

-**Νίκος:** Λογικά, θα γευόμασταν κάτι διαφορετικό κάθε φορά, αφού η προσθήκη ακόμη κι ενός μόνο μικρού κύκλου θα άλλαζε έστω και ελάχιστα τον τόνο του χρώματος, ε..., θα άλλαζε τη γεύση, ήθελα να πω.

Αυτό είναι αλήθεια, Νίκο. Και ξέρεις γιατί; Όσο προσθέτεις κύκλους τόσο περισσότερο αλλάζεις τις ιδιότητες στο σύνολο του βασικού κύκλου, ο οποίος τελικά μεγαλώνει όλο και περισσότερο. Παρόλο που αυτός δημιουργείται από μικρότερους ολόιδιους κύκλους, και το μέγεθος του αλλάζει και οι ιδιότητές του συμπληρώνονται, άρα συνολικά δεν είναι ίδιες με τις ιδιότητες της προηγούμενης του φάσης. Και όπως είπατε πριν από λίγο, από... «μακριά» φαίνεται αυτή η αλλαγή, από μακριά μπορεί να γίνει αντιληπτή αυτή η διαφορά.

-Οπωσδήποτε, το μοτίβο της αλλαγής του βασικού κύκλου δίνει άλλα αποτελέσματα σε σχέση με τα αποτελέσματα του μοτίβου της σύνδεσης των σφαιρών στο πρώτο παιχνίδι, αφού εκεί οι σφαίρες τοποθετούνταν απλά στον χώρο με μια κανονικότητα. Άλλωστε, αν οι σφαίρες του πρώτου παιχνιδιού είχαν κάποιο χρώμα, συνολικά αυτό δεν θα άλλαζε, αφού οι σφαίρες διατηρούν μια κάποια απόσταση μεταξύ τους με αποτέλεσμα το χρώμα της μιας να μην μπερδεύεται με το χρώμα της άλλης.

-Όμως, ας πετάξουμε και πάλι μέχρι τα άστρα. Πρέπει να γνωρίζεται ότι μέσα στα άστρα γίνεται περίπου ένα παιχνίδι παρόμοιο με εκείνο του βασικού κύκλου. Αλλά ας τα πάρουμε τα πράγματα με τη σειρά.

Όταν δημιουργήθηκαν οι πρώτοι ήλιοι, τα άτομα του Υδρογόνου μέσα σε αυτούς, μετά από μια βίαιη διαδικασία, πλησίασαν σε βαθμό τέτοιο, ώστε οι πυρήνες τους ενώνονταν ανά δύο. Τότε σχηματίστηκαν μεγαλύτερα άτομα που το καθένα από αυτά είχε πυρήνες που αποτελούνταν όχι μόνο απλά από ένα πρωτόνιο, όπως γίνεται με τους πυρήνες Υδρογόνου, αλλά από δύο πρωτόνια, τα οποία συνοδεύονταν κι από δύο νετρόνια. Γύρω από κάθε τέτοιο νέο πυρήνα περιφέρονταν δύο ηλεκτρόνια. Τα καινούρια αυτά άτομα, που ήταν λίγο μεγαλύτερα από τα άτομα Υδρογόνου, ονομάζονται άτομα Ηλίου. Μπορείτε να φανταστείτε γιατί.

Βέβαια, όπως αναφέραμε στην αρχή-αρχή, άτομα Ηλίου, όπως και Υδρογόνου, είχαν ήδη σχηματιστεί από τα πρώτα στάδια της ιστορίας του Σύμπαντος, πριν δηλαδή

σχηματιστούν οι πρώτοι ήλιοι. Ωστόσο, συνέχισαν και συνεχίζουν να δημιουργούνται μέσα στα άστρα ακόμη αυτή τη στιγμή που μιλάμε.

Όταν σε ένα άστρο ξεκινήσει αυτή η διαδικασία της ένωσης των πυρήνων Υδρογόνου με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ατόμων Ηλίου, τότε το άστρο αυτό αρχίζει να παράγει ενέργεια, δηλαδή να εκπέμπει φως και να διαδίδει θερμότητα προς το διάστημα. Αυτή η διαδικασία λέγεται πυρηνική σύντηξη, που σημαίνει ένωση πυρήνων. Οι επιστήμονες ανακάλυψαν πως όταν δύο μικρότεροι πυρήνες ενώνονται και σχηματίζουν έναν μεγαλύτερο, τότε την ίδια ακριβώς στιγμή παράγεται και ενέργεια μέσω του νέου ατόμου που σχηματίζεται. Αυτό είναι το μυστικό που κρύβεται πίσω από τα άστρα, αφού αυτά ακτινοβολούν χάριν της πυρηνικής σύντηξης. Κι έτσι λέμε ότι τα άστρα είναι πυρηνικοί αντιδραστήρες, καθώς μέσα τους λαμβάνει χώρα η διαδικασία της πυρηνικής σύντηξης. Θυμάστε που είπαμε ότι ένας παρόμοιος πυρηνικός αντιδραστήρας ήταν και το μικροσκοπικό Σύμπαν στα πρώτα στάδια της εξέλιξής του.

Πρέπει να τονίσουμε κάτι σημαντικό. Όταν λέμε ότι οι πυρήνες ενώνονται εννοούμε ότι τα πρωτόνια και τα νετρόνια του ενός πλησιάζουν πάρα μα πάρα πολύ κοντά με τα πρωτόνια και τα νετρόνια του άλλου, με αποτέλεσμα να γίνουν μια στενή ομάδα, δηλαδή ένας νέος μεγαλύτερος πυρήνας. Κάτι τέτοιο μας θυμίζει το μοτίβο του παιχνιδιού με τους κύκλους, οι οποίοι όταν συνδεθούν μεταξύ τους δημιουργούν μια νέα ομάδα, λίγο μεγαλύτερη και λίγο διαφορετική από οποιαδήποτε άλλη που προηγήθηκε.

Και πιστέψτε με...! Τα νέα άτομα που σχηματίστηκαν και σχηματίζονται στα άστρα, δηλαδή τα άτομα Ηλίου, είναι αρκετά διαφορετικά από τα άτομα Υδρογόνου, κι αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η αλλαγή στον αριθμό των πρωτονίων δημιουργεί αλλαγές και στα χαρακτηριστικά του ατόμου συνολικά. Με άλλα λόγια, όταν αλλάζει ο αριθμός των πρωτονίων σε έναν πυρήνα τότε έχουμε ένα εντελώς διαφορετικό άτομο. Πρέπει να γνωρίζουμε, επίσης, ότι όταν αλλάζει ο αριθμός των πρωτονίων αλλάζει και ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου. Αυτό κάνει το άτομο να διαφέρει ακόμη περισσότερο.

Πάντως, δεν πρέπει να ξεχάσουμε να πούμε ότι εκείνο που αναγκάζει τα άτομα Υδρογόνου να πλησιάζουν τόσο κοντά είναι καταρχάς η δύναμη της βαρύτητας, εξαιτίας της οποίας συγκεντρώνονται και να συμπιέζονται μεγάλες ποσότητες ατόμων Υδρογόνου στο εσωτερικό των άστρων, με αποτέλεσμα οι πυρήνες των ατόμων αυτών

να «συγκρούονται» μεταξύ τους με μεγάλη ορμή και να ενώνονται ανά δύο σχηματίζοντας έτσι άτομα Ηλίου. Σε κάθε τέτοια πρόσκρουση ένα μέρος της ύλης μετατρέπεται σε ενέργεια. Μόνο όταν το Υδρογόνο γίνει αρκετά θερμό ξεκινά η διαδικασία της πυρηνικής σύντηξης. Και πρέπει να ξέρουμε ότι το Υδρογόνο θερμαίνεται όλο και περισσότερο, όταν συμπιέζεται στο εσωτερικό ενός άστρου λόγω της βαρυτικής δύναμης.

Συμπληρώνοντας τα προηγούμενα, αξίζει να σας πω και μια πληροφορία ακόμη, η οποία έχει σπουδαία σημασία. Όταν προσκρούει ο ένας πυρήνας πάνω στον άλλο, τότε, σε αυτές τις πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ των «συγκρουόμενων» πυρήνων, εμφανίζεται και αναλαμβάνει δράση μια άλλη, γνωστή πλέον σε εμάς, δύναμη, η ισχυρή πυρηνική. Όταν οι πυρήνες πλησιάσουν αρκετά μεταξύ τους, τότε η ισχυρή πυρηνική δύναμη τους ενώνει, συνδέοντας περισσότερα πρωτόνια και νετρόνια με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός νέου βαρύτερου πυρήνα, άρα κι ενός νέου μεγαλύτερου ατόμου.

Ωραία... Τα περισσότερα απ'όσα έχουμε πει έχουν γίνει μάλλον κατανοητά. Σωστά; Τελειώσαμε λοιπόν! Η εξέλιξη του Σύμπαντος ολοκληρώνεται στη δημιουργία ατόμων Ηλίου. Ή μήπως όχι;

(Αντιδράσεις, θόρυβος!)

-**Νίκος:** Δηλαδή, κύριε, όλα τα άτομα στο Σύμπαν είναι άτομα Ηλίου; Όλα τα υλικά σώματα είναι φτιαγμένα από Ήλιο; Δηλαδή και το δικό μου σώμα είναι φτιαγμένο μόνο από Ήλιο. Μα...ξέρω ότι... Λοιπόν, κάποια μπαλόνια, που μπορούν και πετούν ψηλά χωρίς να τα φουσήξει άνεμος, περιέχουν Ήλιο. Προχθές ο ξάδερφος μου εισέπνευσε το αέριο αυτό από ένα μπαλόνι και η φωνή του λέπτυνε. Ήταν πολύ αστείο αυτό, αλλά... αν ήταν και ο αέρας της ατμόσφαιρας φτιαγμένος από Ήλιο τώρα θα μιλούσαμε όλοι με αυτόν τον γελοίο τρόπο.

Γέλια...

-**Κατερίνα:** Και το Οξυγόνο; Θέλω να πω ότι όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί εισπνέουν οξυγόνο από την ατμόσφαιρα. Έτσι γνωρίζαμε τουλάχιστον μέχρι τώρα.

-**Μάξιμος:** Είναι και κάτι άλλο. Αν ήταν όλα φτιαγμένα από Ήλιο, τότε... όλα τα υλικά σώματα θα είχαν ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά. Όμως, το μόνο σίγουρο είναι ότι

υπάρχουν πολλές διαφορές ανάμεσα στα υλικά σώματα. Το μέλι είναι γλυκό, το λεμόνι ξινό ή... τα χόρτα είναι πράσινα ενώ το αίμα έχει κόκκινο χρώμα.

- **Μαρία:** Να θυμηθούμε και τον βασικό κύκλο που άλλαζε ο τόνος του χρώματός του. Δεν υπήρχε μόνο ένας χρωματικός τόνος. Άλλαζε κι αυτός ανάλογα με το μέγεθος του κύκλου.

- **Χαρά:** Υπάρχουν κι άλλες διαφορές ανάμεσα στα υλικά σώματα, για παράδειγμα η μυρωδιά τους ή το πόσο σκληρά είναι. Ακόμη και η ελαστικότητά τους διαφέρει. Για να υπάρχουν, όμως, τόσες πολλές διαφορές... λογικά πίσω από τις διαφορές αυτές... Ναι, σίγουρα, θα πρέπει να υπάρχουν κι άλλα είδη ατόμων, και μάλιστα μεγαλύτερα από το Υδρογόνο και το Ήλιο. Δεν εξηγείται αλλιώς. Οι διαφορές αυτές μαρτυρούν την ύπαρξη διαφορετικών, πιο μεγάλων ατόμων.

- **Σοφοκλής:** Τα οποία, δεν μπορεί, θα έχουν δημιουργηθεί στα άστρα. Μόνο εκεί υπάρχουν συνθήκες τέτοιες που εξαναγκάζουν τους πυρήνες να ενώνονται. Μόνο εκεί μπορούν να φτιαχτούν μεγαλύτεροι πυρήνες.

- **Μαρία:** Μπορώ, από όσα είπαμε, να σκεφτώ και κάτι ακόμα, που νομίζω ότι είναι πολύ λογικό. Όχι απλά υπάρχουν περισσότερα είδη ατόμων, αλλά ίσως πολλά από τα υλικά σώματα να είναι φτιαγμένα όχι μόνο από ένα είδος ατόμων αλλά από περισσότερα. Θυμήθηκα ένα λουλούδι που έχει η γιαγιά μου στην αυλή της. Έχει πολλά χρώματα και αποτελείται από διαφορετικά μέρη. Δεν έχει μόνο πέταλα αλλά και γύρη.

- **Σοφοκλής:** Μάλλον δεν υπάρχει υλικό σώμα που είναι φτιαγμένο μόνο από ένα είδος ατόμων. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στη φύση.

-Νομίζω πως δεν με χρειάζεστε άλλο πια εμένα. Θα χάσω τη δουλειά μου έτσι όπως το πάτε.

Γέλια...

-Θα διαφωνήσω μόνο σε μια από τις πληροφορίες που ακούστηκαν.

Πραγματικά, και πολλά είδη ατόμων υπάρχουν και τα άτομα που ανήκουν σε ένα είδος διαφέρουν στο μέγεθος και στα χαρακτηριστικά τους από τα άτομα άλλων ειδών, αλλά και αρκετά από τα υλικά σώματα είναι φτιαγμένα όχι μόνο από ένα αλλά από πολλά

διαφορετικά είδη ατόμων. Όμως, πρέπει να γνωρίζουμε ότι υπάρχουν και υλικά σώματα που είναι φτιαγμένα από ένα και μόνο είδος ατόμων.

Ας κάνουμε ένα μικρό ξεκαθάρισμα στις έννοιες.

Κάποια άτομα είναι σαν τους δίδυμους, αφού είναι ολόιδια μεταξύ τους, κι αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι έχουν τον ίδιο, ακριβώς, αριθμό πρωτονίων στους πυρήνες τους καθώς και τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων. Όμως, τα άτομα αυτά μπορεί να διαφέρουν από κάποια άλλα άτομα που έχουν διαφορετικό αριθμό πρωτονίων στους πυρήνες τους και διαφορετικό αριθμό ηλεκτρονίων. Υπάρχουν, λοιπόν ξεχωριστά είδη ατόμων.

Έτσι, ξεχωρίζουν διαφορετικές κατηγορίες ατόμων. Λ.χ. μια κατηγορία είναι τα άτομα του Υδρογόνου, άλλη του Ηλίου, άλλες του Οξυγόνου, του Σιδήρου, του Χρυσού, του Ασβεστίου, του Χλωρίου, του Χαλκού κ.λπ. Οι επιστήμονες σύγκριναν διαφορετικά υλικά σώματα που το καθένα από αυτά έχει φτιαχτεί από άτομα μιας μόνο κατηγορίας. Για παράδειγμα, σύγκριναν ένα μια βέργα φτιαγμένη από άτομα Σιδήρου και μια βέργα φτιαγμένη από άτομα Ασβεστίου. Διαπίστωσαν, λοιπόν, ότι αυτά τα δυο υλικά σώματα έχουν τις δικές τους, ξεχωριστές ιδιότητες, αφού άλλωστε διέφεραν σε πολλά χαρακτηριστικά τους, όπως στο χρώμα, στο βάρος και στην ελαστικότητα. Οι διαφορές οφείλονται, όπως είπαμε, κυρίως στον διαφορετικό αριθμό των πρωτονίων που έχουν οι πυρήνες των ατόμων ανάλογα με την κατηγορία στην οποία υπάγονται. Προφανώς, οι διαφορές αυτές οφείλονται και στον διαφορετικό αριθμό ηλεκτρονίων.

Βέβαια, οι ερευνητές, παρατηρώντας διάφορα υλικά σώματα, συμπέραναν ότι αυτά είναι φτιαγμένα είτε μόνο από ένα είδος ατόμων είτε από δύο και περισσότερα είδη.

Όσα είναι φτιαγμένα από ένα μόνο είδος ατόμων, όπως για παράδειγμα η βέργα από Σίδηρο ή η βέργα από Ασβέστιο, ονομάζονται Χημικά Στοιχεία. Σε αυτά τα σώματα όμοια άτομα δημιουργούν, με τη βοήθεια των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων, μεγαλύτερες ομάδες, δηλαδή μόρια, που συνδέονται κι αυτά με αποτέλεσμα τον σχηματισμό όλο και μεγαλύτερων ομάδων και τελικά ολόκληρων σωμάτων. Αν μπορούσε κανείς να αποσπάσει και να παρατηρήσει ένα μόνο μόριο από αυτό το υλικό σώμα, θα έβλεπε ότι ακόμη και σε αυτή την ελάχιστη ποσότητα ύλης διατηρούνται οι ιδιότητες που παρατηρούνται σ' ολόκληρο το υλικό σώμα. Ο αριθμός των πρωτονίων των ατόμων, και συνεπώς και των ηλεκτρονίων, καθορίζει τις ιδιότητες του υλικού

σώματος, οι οποίες μπορούν να εντοπιστούν ακόμη και σε ένα μόνο μόριο του σώματος αυτού.

Από την άλλη, υπάρχουν υλικά σώματα που σχηματίζονται από άτομα διαφορετικών κατηγοριών. Τι σημαίνει αυτό πρακτικά. Σημαίνει ότι διαφορετικά άτομα μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους σχηματίζοντας μόρια...

- **Σοφοκλής:** ...παρδαλά. Μόρια παρδαλά!

-Μόρια παρδαλά; Ε..., κάπως έτσι, Σοφοκλή!

Γέλια...

-Προφανώς καταλαβαίνουμε τι θέλει να πει ο Σοφοκλής. Ένα μόριο νερού, παραδείγματος χάριν, είναι ένα...«παρδαλό» μόριο, αφού αποτελείται και από άτομα Υδρογόνου και από άτομο Οξυγόνου. Συγκεκριμένα, κάθε μόριο νερού είναι φτιαγμένο από ένα άτομο Οξυγόνου και από δύο άτομα Υδρογόνου. Και τα τρία άτομα στο μόριο του νερού συνδέονται μεταξύ του με ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις. Αυτή η σύνδεση πραγματοποιείται όταν ταυτόχρονα καθένα από τα δύο απλά άτομα Υδρογόνου «μοιράζεται» το ένα και μοναδικό του ηλεκτρόνιο με το άτομο του Οξυγόνου.

Όλα τα μόρια του υλικού σώματος που λέγεται νερό είναι φτιαγμένα με αυτόν τον τρόπο και με αυτά τα -ας τα πούμε- «συστατικά», δηλαδή με αυτά τα άτομα, γι' αυτό και κάθε μόριο νερού έχει όλες τις ιδιότητες που έχει μια μεγάλη ποσότητα από νερό.

Τα σώματα που είναι φτιαγμένα από μόρια που περιέχουν διαφορετικά είδη ατόμων λέγονται Χημικές Ενώσεις. Το νερό είναι μια Χημική Ένωση. Οι ιδιότητές κάθε τέτοιου σώματος προέρχονται από τον συνδυασμό των χαρακτηριστικών διαφορετικών ατόμων. Κάθε μόριο μιας Χημικής Ένωσης δεν περιέχει τα χαρακτηριστικά μόνο ενός είδους ατόμων αλλά έναν ιδιαίτερο συνδυασμό χαρακτηριστικών από όλα τα είδη ατόμων που περιέχει το μόριο αυτό.

Θα κατανοήσουμε κάτι τέτοιο με το ακόλουθο παράδειγμα: Η Γη έχει μέση θερμοκρασία 15 βαθμούς Κελσίου. Σε αυτή τη θερμοκρασία, ένα υλικό σώμα που είναι φτιαγμένο μόνο από Οξυγόνο ή μόνο από Υδρογόνο υπάρχει μόνο σε αέρια μορφή. Στη Γη υπάρχει πράγματι υλικό σώμα φτιαγμένο μόνο από Οξυγόνο. Αυτό είναι για παράδειγμα η ποσότητα Οξυγόνου που υπάρχει σε αέρια κατάσταση στη γήινη ατμόσφαιρα. Επίσης, στον πλανήτη μας μπορούμε να ανιχνεύουμε μικρές ποσότητες

Υδρογόνου, το οποίο είναι κι αυτό αέριο. Όμως, παρόλο που τα σώματα αυτά βρίσκονται μόνο σε αέρια κατάσταση στη Γη, εάν συμβεί άτομα Οξυγόνου και Υδρογόνου να συνδεθούν μεταξύ τους και να δημιουργήσουν μόρια, τότε τα μόρια αυτά συνθέτουν το υλικό σώμα που λέγεται νερό, το οποίο στη μέση θερμοκρασία της Γης υπάρχει μόνο σε υγρή κατάσταση. Γι'αυτό ένα μόριο νερού έχει διαφορετικές ιδιότητες από ένα μόριο Υδρογόνου ή από ένα μόριο Οξυγόνου.

Με απλά λόγια, τα υλικά σώματα που λέγονται Χημικές Ενώσεις δεν σχηματίζονται από συνδυασμούς όμοιων ατόμων.

Υπάρχει και μια ακόμη περίπτωση που αφορά το τι περιέχουν κάποια υλικά σώματα. Θα μπορούσε κάποιος να μας ρωτήσει: «Το ανθρώπινο σώμα είναι Χημικό Στοιχείο ή Χημική Ένωση;»

Εδώ τα πράγματα δυσκολεύουν, αφού τα σώματά μας είναι φτιαγμένα από πολλά και διαφορετικά υλικά σώματα. Είναι βέβαιο ότι μέσα μας θα βρεθούν και μόρια Χημικών Στοιχείων, όπως μόρια Ασβεστίου και μόρια Σιδήρου, αλλά και μόρια Χημικών Ενώσεων, όπως μόρια νερού. Τελικά το ανθρώπινο σώμα τι είδους υλικό σώμα είναι; Στην πραγματικότητα είναι ένα ας το πούμε «ανακάτεμα» μορίων από διάφορα Χημικά Στοιχεία και από διάφορες Χημικές Ενώσεις. Τα υλικά σώματα που έχουν ένα τέτοιο περιεχόμενο ονομάζονται μίγματα. Άρα, το σώμα μας είναι ένα μίγμα, όπως η...πορτοκαλάδα.

Γέλια...

(Σχόλιασμα. Το βράδυ ο Νίκος βλέπει ένα ντοκιμαντέρ σχετικό με έννοιες Αστροφυσικής. Στο δωμάτιό του, κοιτά τα άστρα κάτω από έναν φωταγωγό. Μετά στρέφει την προσοχή του στην τηλεόραση. Φαίνεται μόνο η οθόνη. Μέσω του ντοκιμαντέρ συνεχίζεται η ιστορία της εξέλιξης του Σύμπαντος. Αφηγητής περιγράφει-μουσική από «Διαστημόπλοιο Γη»):

«Πριν ακόμη ολοκληρωθεί η διαδικασία της πυρηνικής σύντηξης του Υδρογόνου μέσα στο άστρο και αφού έχει παραχθεί μια μεγάλη ποσότητα από Ήλιο, τότε ξεκινάει η ίδια ακριβώς διαδικασία και για τα άτομα Ηλίου, τα οποία είναι λίγο πιο βαριά από τα άτομα Υδρογόνου και γι'αυτό βυθίζονται όλο και πιο βαθιά προς το κέντρο του άστρου. Δηλαδή, ξεκινούν οι πυρηνικές αντιδράσεις με τις οποίες ενώνονται ανά δυο οι πυρήνες από τα

άτομα Ηλίου, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται νέα άτομα, ακόμη μεγαλύτερα, αυτά του Βηρυλλίου.

Η μια φάση πυρηνικής σύντηξης διαδέχεται την άλλη, γι' αυτό και μετά από το Βηρύλλιο έρχεται η σειρά του Άνθρακα, του Οξυγόνου και του Σιδήρου. Όσο προχωράει αυτή η διαδικασία, τόσο πιο βαριά άτομα δημιουργούνται, τα οποία καταλαμβάνουν πιο κεντρικές περιοχές του άστρου. Το άστρο μοιάζει σαν κρεμμύδι, αφού εσωτερικά χωρίζεται κατά κάποιο τρόπο σε στρώματα ή αλλιώς σε περιοχές, καθεμιά από τις οποίες περιέχει άτομα ενός είδους. Όσο πιο βαριά είναι τα άτομα, δηλαδή όσο πιο μεγάλοι είναι οι πυρήνες τους, τόσο πιο κεντρική είναι η περιοχή στην οποία βρίσκονται. Την κεντρική περιοχή του άστρου καταλαμβάνουν άτομα Σιδήρου.

Όταν ξεκινήσει η σύντηξη ατόμων Σιδήρου, τα πράγματα αλλάζουν, αφού κατά τη διαδικασία αυτή σταματάει παράγεται ενέργεια. Οι πυρήνες Σιδήρου ξεκινούν να ενώνονται αλλά δεν παράγουν ενέργεια, με αποτέλεσμα να μειώνεται η θερμοκρασία στο εσωτερικό του άστρου. Τότε όλο και περισσότερα άτομα Σιδήρου συσσωρεύονται στην κεντρική περιοχή του άστρου λόγω της βαρύτητας. Η ελάττωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό ευνοεί την συγκέντρωση ύλης στο κέντρο του άστρου, αφού όσο πιο μικρή είναι η θερμοκρασία τόσο πιο μικρή είναι και η πίεση.

Όμως, μόλις ολοκληρωθεί και η τελευταία διαδικασία σύντηξης πυρήνων, το άστρο ξεκινά να συμπιέζεται προς τα μέσα με περισσότερη ορμή εξαιτίας της βαρυτικής δύναμης. Το γεγονός αυτό βοηθά στο να ανέβει και πάλι η θερμοκρασία της κεντρικής περιοχής του άστρου και να αγγίζει μια υπερβολικά μεγάλη τιμή. Το τέλος του αστεριού είναι αναπόφευκτο, αφού η τεράστια θερμοκρασία στο εσωτερικό προκαλεί μεγάλη πίεση. Κάτι τέτοιο έχει ως συνέπεια τη δημιουργία μιας αντίθετης από τη βαρύτητα δύναμης, η οποία σπρώχνει στην κυριολεξία κάθε περιοχή του άστρου προς τα έξω. Τότε το άστρο εκρήγνυται με θαυμαστικό τρόπο μέσα σε ελάχιστο χρονικό διάστημα, σκορπίζοντας όλα τα πολύτιμα συστατικά του προς κάθε σημείο του χωροχρόνου γύρω από αυτό. Η έκρηξη γίνεται με τέτοια σφοδρότητα που τα άτομα Σιδήρου αναγκάζονται να ενωθούν δημιουργώντας έτσι κι άλλα άτομα, ακόμη βαρύτερα, όπως αυτά του Χρυσού, της Πλατίνας και του Μόλυβδου. Αυτό που απομένει συνήθως μετά την έκρηξη είναι η πιο κεντρική περιοχή του άστρου που εξερράγη, η οποία είναι πάρα πολύ συμπαγής και πυκνή σε ύλη, καθώς εκεί υπάρχει ένα τεράστιο πλήθος ατόμων που είναι περιορισμένο σε μια δυσανάλογα μικρή περιοχή του χώρου.

Συνολικά, μέχρι τώρα, έχουν βρεθεί στο Σύμπαν 118 διαφορετικά είδη ατόμων, τα οποία έχουν σχηματιστεί στο εσωτερικό των άστρων με τη διαδικασία της πυρηνικής σύντηξης. Τα άτομα ενός είδους ξεχωρίζουν από τα άτομα ενός άλλου είδους, επειδή έχουν διαφορετικό αριθμό πρωτονίων στους πυρήνες τους. Καταλαβαίνουμε απ' τα παραπάνω ότι, ανάλογα με την κατηγορία, κάποιοι από τους πυρήνες είναι μεγαλύτεροι και βαρύτεροι και κάποιοι μικρότεροι και ελαφρύτεροι, αφού, ανάλογα με την κατηγορία, ο αριθμός των πρωτονίων διαφέρει από πυρήνα σε πυρήνα.

(Σε σειρά, με γρήγορη εναλλαγή και τα 118 στοιχεία με τα ονόματά τους: https://el.wikipedia.org/wiki/Κατάλογος_χημικών_στοιχείων_κατά_ατομικό_αριθμό)

Φαίνεται όντως παράξενο το γεγονός ότι σχεδόν όλα τα υλικά σώματα που υπάρχουν σχηματίζονται από άτομα που δημιουργήθηκαν κάποτε μες στους Ήλιους. Ωστόσο, είναι πέρα για πέρα αληθινό ότι για παράδειγμα τα άτομα Άνθρακα που περιέχουν τα σώματά μας βρίσκονταν κάποτε στο εσωτερικό κάποιων άστρων.

Περίπου 560 εκατομμύρια χρόνια μετά τη Μεγάλη Αρχή του Σύμπαντος, λόγω των βαρυτικών έλξεων τα πρώτα άστρα άρχισαν να πλησιάζονται μεταξύ τους και να δημιουργούν μεγαλύτερες ομάδες, τους γαλαξίες. Ένας από τους πρώτους γαλαξίες που σχηματίστηκαν τότε ήταν κι ο δικός μας γαλαξίας, ο οποίος περιέχει τον Ήλιο μας με το πλανητικό του σύστημα. Εκτός από το δικό μας άστρο, ο γαλαξίας περιέχει και πολλά άλλα άστρα που διαφέρουν και ως προς το σχήμα τους και ως προς τα μεγέθη τους. Συνολικά, ο αριθμός των άστρων του γαλαξία μας ανέρχεται περίπου στα 200 με 250 δισεκατομμύρια άστρα.

Ο Ήλιος μας και συνοδοί του, δηλαδή οι πλανήτες βρίσκονται αρκετά μακριά από το κέντρο του γαλαξία μας. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο Ήλιος με το πλανητικό του σύστημα βρίσκεται λίγο πριν τα ακρότατα όρια του γαλαξία μας. Χρειάστηκαν περίπου 6 δισεκατομμύρια χρόνια για να σχηματιστεί το πλανητικό σύστημα, το οποίο διαμορφώθηκε παράλληλα με το κεντρικό του άστρο, τον Ήλιο μας. Η περίοδος αυτή ξεκινάει με μια έκρηξη.

Λοιπόν, πριν από πολύ καιρό, ένα αρχαίο αστέρι εξερράγη. Από την έκρηξη αυτή, μια κοντινή περιοχή του χώρου γέμισε με νέφη από υλικά που στροβιλίζονταν και που προέρχονταν από το εσωτερικό εκείνου του αρχαίου αστεριού. Το νέφος αυτό, που αλλιώς ονομάζεται νεφέλωμα, περιείχε άτομα Αζώτου, Οξυγόνου και Σιδήρου, καθώς και πολλά άλλα είδη ατόμων, όπως και ορισμένες Χημικές Ενώσεις. Όλο αυτό το υλικό

που υπήρχε εκεί έγινε στη συνέχεια η πρώτη ύλη για να δημιουργηθεί καθετί που υπάρχει στο ηλιακό μας σύστημα.

Το έναυσμα για τον σχηματισμό του ηλιακού συστήματος δόθηκε από τη δύναμη της βαρύτητας, η οποία άρχισε να συγκεντρώνει το υλικό του νεφελώματος προς το κέντρο της περιοχής. Στο κέντρο της δημιουργήθηκε το άστρο μας από άτομα Υδρογόνου και γύρω από αυτό, σε διαφορετικές αποστάσεις, τεράστιες ποσότητες σκόνης, αποτελούμενης από διάφορα υλικά, καθώς και ορισμένες ποσότητες αερίων, άρχισαν να συγκεντρώνονται σε διάφορα σημεία με τη βοήθεια των βαρυτικών δυνάμεων.

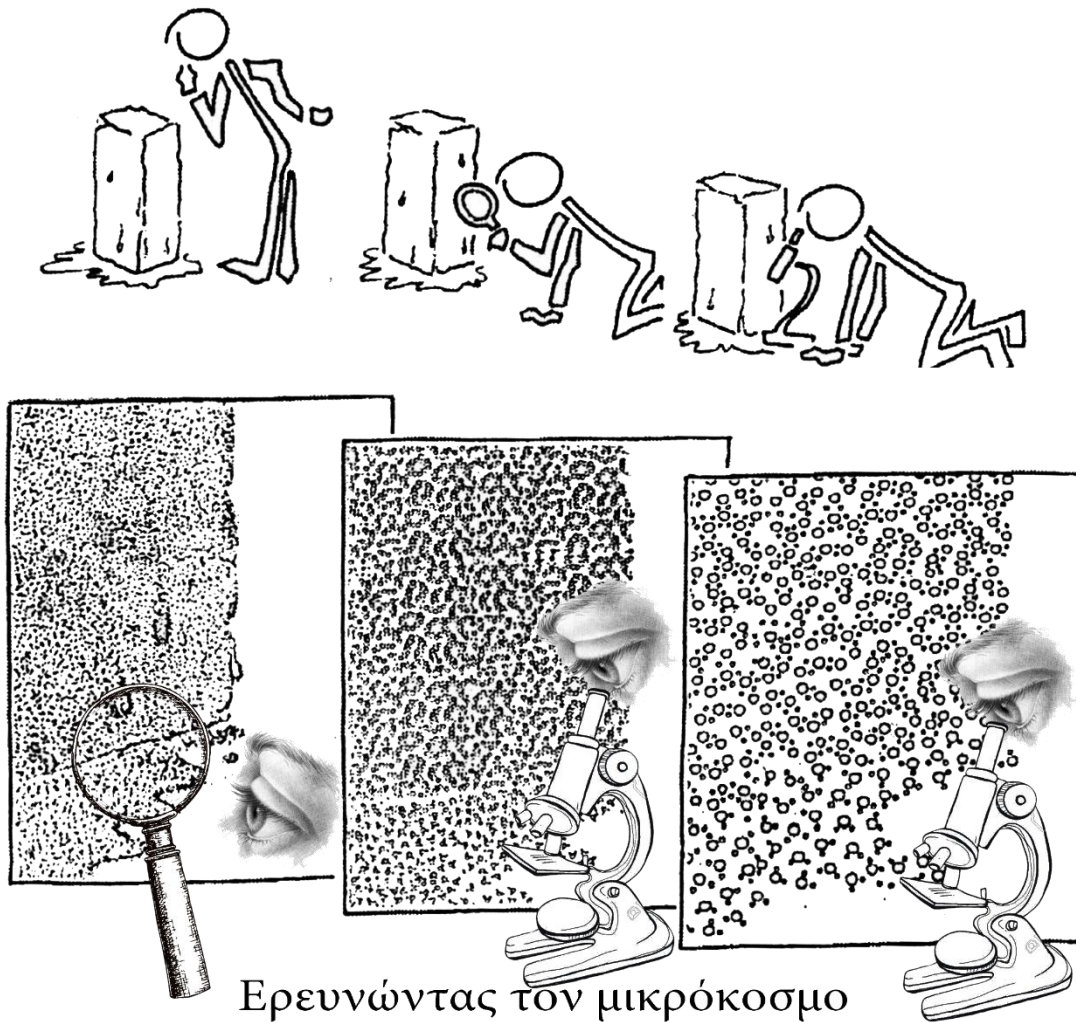
Όταν συμπυκνώθηκαν περισσότερο αυτές οι ποσότητες τότε ανέλαβαν δράση οι ελκτικές ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις ανάμεσα στα αντίθετα φορτία των ατόμων από τα οποία αποτελούνταν η σκόνη και τα διάφορα αέρια. Με τη βοήθεια αυτών των δυνάμεων οι σκόνες συνδέθηκαν μεταξύ τους και σχημάτισαν μεγαλύτερα υλικά σώματα, όπως πέτρες, βράχους και μεγαλύτερους όγκους ύλης. Τα μεγαλύτερα υλικά σώματα βρίσκονταν σε διάφορες φυσικές καταστάσεις, καθώς άλλα από αυτά ήταν στερεά, άλλα υγρά και άλλα αέρια.

Η βαρύτητα και οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις συνένωσαν και τα μεγαλύτερα υλικά σώματα με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν διάφοροι τεράστιοι όγκοι υλικών, που ονομάστηκαν πλανήτες επειδή περιφέρονταν γύρω από το κεντρικό άστρο, τον Ήλιο μας. Μερικοί από τους πλανήτες είναι βραχύδεις, όπως λ.χ. η Γη, ενώ άλλοι είναι φτιαγμένοι κυρίως από αέρια, όπως οι πλανήτες Δίας και Κρόνος.

Μέσα στο πέρασμα των χρόνων, οι πλανήτες διαμορφώθηκαν από τις δυνάμεις της φύσης ακόμη περισσότερο μέχρι που απέκτησαν τη σημερινή τους μορφή, η οποία συνεχίζει να αλλάζει αδιάκοπα. Οι νόμοι της φύσης οδήγησαν ακόμη και στη δημιουργία υλικών σωμάτων που έχουν ζωή. Η δημιουργία ζωής στη Γη ήταν μια διαδικασία που ακολούθησε τους κανόνες της φύσης και κατέληξε στον σχηματισμό των έμβιων όντων. Τα πρώτα ζωντανά πλάσματα δημιουργήθηκαν μέσα στο νερό που υπήρχε στην επιφάνεια της Γης. Αυτό συνέβη όταν κάποια μόρια διαφόρων υλικών ενώθηκαν με έναν ιδιαίτερο τρόπο. Το βασικό υλικό των ζωντανών υλικών σωμάτων είναι τα άτομα Άνθρακα. Ο Άνθρακας είναι το βασικό συστατικό της ζωής στη Γη.

Τα σώματα των έμβιων όντων περιέχουν υλικά σε διάφορες φυσικές μορφές. Για παράδειγμα, στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν και στερεά και υγρά και αέρια υλικά...»

(Ακούγεται η φωνή του αφηγητή, η οποία χαμηλώνει και δεν διακρίνονται οι λέξεις. Την ίδια στιγμή ο Νίκος κλείνει τα μάτια. Σιγή. Σε όνειρο βλέπει την αρχέγονη Γη, στην οποία διακρίνονται υλικά σώματα σε στερεή, υγρή και αέρια κατάσταση. Φευγαλέα γίνεται ζουμ στον μικρόκοσμο των στερεών, των υγρών και των αερίων, κι έτσι διακρίνονται οι πρώτες μικροσκοπικές διαφορές.)



➤ **2^ο ΜΕΡΟΣ**

ΠΡΑΞΗ Γ (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1-4):

1) *(Είναι μέρα, πολύ νωρίς το πρωί: Μια μπάλα μπάσκει πέφτει στην αυλή, ένας έφηβος την χτυπά επαναλαμβανόμενα, ο Νίκος ξυπνά από αυτόν τον θόρυβο και παρατηρεί την τάξη και την ησυχία στο δωμάτιό του που έρχεται σε αντίθεση με τον θόρυβο από την μπάλα. Στον τοίχο ένα εκκρεμές ταλαντεύεται. Παρατηρεί: η οδοντόβουρτσα του πατέρα του δονείται και κάνει θόρυβο, το καπάκι της κατσαρόλας αναπηδά καθώς βράζει το νερό-ο υδρατμός χορεύει, το αυτοκίνητο έχει πάρει μπρος και τρέμει, μια νοικοκυρά τινάζει ένα σεντόνι-σκόνες αιωρούνται με γρήγορο ρυθμό, οι μαθητές μιας μικρής ομάδας χοροπηδούν την ώρα της προπόνησης στην αυλή του σχολείου, σταγόνες βροχής πέφτουν με γρήγορο ρυθμό... Την ώρα της προσευχής θυμάται μια σκηνή από το χθεσινό ντοκιμαντέρ που δείχνει ένα ήσυχο και ακίνητο δάσος από μακριά, το οποίο γίνεται πολύ θορυβώδες και κινητικό όταν η κάμερα κάνει ζουμ: Πτηνό που πετά διαγράφοντας στην αρχή ευθύγραμμη και μετά καμπύλη τροχιά, φύλλα και κλαριά να κινούνται και να θροϊζουν, μέλισσες να βουίζουν, οι νεοσσοί μέσα σε μια φωλιά να αναστατώνουν μια θηλυκή καρδερίνα, ένας νεοσσός να κινείται μέσα στο αυγό και να το σπάει, το νερό ενός ποταμού να παρασύρει βότσαλα, ένα ψάρι στο βυθό μιας λίμνης να κινείται και να αναστατώνει την άμμο του βυθού-κόκκοι άμμου αιωρούνται προς κάθε κατεύθυνση)*

(Θόρυβος μες στην τάξη...ο εκπαιδευτικός μιλά, στην αρχή δεν διακρίνονται τα λόγια του, στη συνέχεια μιλά λέγοντας...)

ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΛΗΣ: ΣΤΕΡΕΑ-ΥΓΡΑ-ΑΕΡΙΑ ΥΛΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

-...Όλα τα σωματίδια και τα σωματίδια, από τα κουάρκ, τα πρωτόνια, τα νετρόνια, τα ηλεκτρόνια, μέχρι τα άτομα και τις λίγο μεγαλύτερες δομές της ύλης, δηλαδή τα μόρια, από τη στιγμή που σχηματίστηκαν, απέκτησαν και μια συνεχή-ασταμάτητη κίνηση, ένα -ας το πούμε- «χοροπηδητό», το οποίο διατηρούν μέχρι σήμερα. Αυτό οφείλεται στην απίστευτα μεγάλη ποσότητα ενέργειας και στις τεράστιες δυνάμεις και πιέσεις που αναπτύχθηκαν τότε στο νεογέννητο Σύμπαν, οι οποίες έσπρωξαν κυριολεκτικά ή «παρέσυραν» σε αυτό το «χορό» κινήσεων και όλα τα σωματίδια.

Επίσης, πρέπει να γνωρίζουμε πως κάθε σωματίδιο έχει αποθηκευμένη ή περικλείει, δηλαδή περιέχει, μια ποσότητα ενέργειας και αυτή είναι που του δίνει τη δυνατότητα να «χοροπηδά». Άλλωστε, όλα τα σωματίδια πρώτον, είναι φτιαγμένα από ενέργεια,

και δεύτερον «γεννήθηκαν» μέσα σε μια τεράστια ποσότητα ενέργειας κατά τα πρώτα στάδια δημιουργίας του Σύμπαντος. Εξάλλου, δεν είναι η ενέργεια η αιτία για κάθε αλλαγή; Συνεπώς, η ενέργεια είναι σίγουρα η μόνη αιτία για την αλλαγή της θέσης ενός σώματος μέσα στον χώρο. Άρα η ενέργεια είναι υπεύθυνη για το γεγονός ότι ένα σώμα κινείται.

Συμβαίνει πράγματι λοιπόν τα σωματίδια να έχουν κάποια κίνηση και μάλιστα με διαφορετικό ρυθμό ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ένα υλικό σώμα. Κάτι τέτοιο είναι δύσκολο να το φανταστούμε. Για παράδειγμα, όταν παρατηρούμε ένα οποιοδήποτε υλικό σώμα, είτε αυτό είναι στερεό είτε υγρό είτε αέριο, το μόνο που αντιλαμβανόμαστε είναι ένα «κομμάτι» ύλης που απλά υπάρχει. Αν μάλιστα αυτό το υλικό σώμα βρίσκεται ολόκληρο σε ηρεμία, δηλαδή δεν μετακινείται μέσα στον χώρο, τότε λέμε ότι το σώμα δεν εμφανίζει καμιά δραστηριότητα που να μαρτυράει κίνηση. Μοιάζει σαν «παγωμένο» άγαλμα.

Η αίσθηση της ακινησίας που μας δίνουν τα υλικά σώματα που βρίσκονται σε ηρεμία, δεν συμφωνεί καθόλου με την πραγματικότητα. Κι αυτό γιατί αν για παράδειγμα η κατάσταση της ακινησίας υπάρχει και στα ίδια του τα συστατικά, δηλαδή στα άτομά του, τότε δυσκολευόμαστε να δικαιολογήσουμε αλλαγές που συμβαίνουν πραγματικά στο ίδιο το σώμα. Με άλλα λόγια, αν ένα αντικείμενο «συμπεριφερόταν» από μέσα μέχρι έξω σαν καθηλωμένο άγαλμα, τότε...δεν θα υπήρχε κανένας λόγος να αλλάξει φυσική κατάσταση και από στερεό να μετατραπεί σε υγρό. Ωστόσο, όλα τα σώματα αλλάζουν φυσική κατάσταση. Ας πάρουμε ένα υλικό σώμα, λ.χ. το νερό. Το νερό μπορεί να υπάρχει είτε ως στερεό είτε ως υγρό είτε ως αέριο. Όλοι μας έχουμε αγγίξει στερεό νερό, δηλαδή πάγο και όλοι μας έχουμε πιεί υγρό νερό. Επίσης, δεν υπάρχει κανένας από εμάς που να μην έχει βάλει το πρόσωπό πάνω από μια κατσαρόλα που βράζει. Οι υδρατμοί που ακουμπούν στο πρόσωπό δεν είναι τίποτε άλλο από νερό σε αέρια κατάσταση.

Εγώ κουράστηκα με όλα αυτά...Εσείς; Δεν πάμε κάτω να ασχοληθούμε με κάτι λιγότερο βαρετό;

(Θόρυβος)

-Θέλω να κατέβουμε στο γήπεδο και να ζητήσουμε από τα παιδιά της ποδοσφαιρικής ομάδας του σχολείου μας να μας βοηθήσουν σε κάτι.

(Στο γήπεδο)

Για να μην βαρεθούμε τη ζωή μας σκεφτήκαμε να αναμετρηθούμε μαζί σας. Θα μας επιτρέψετε να κάνουμε ένα -ας το πούμε-**πείραμα** όλοι μαζί; Μάλλον...δύο πειράματα!

-Παιδιά: Ναι...!!!

1^ο ΠΕΙΡΑΜΑ:

(συνεννοήσεις χωρίς να ακούγονται οι διάλογοι, οι αθλητές δημιουργήσαν μια στενή και κλειστή ομάδα μέσα σε ένα πλαίσιο που σχεδίασε ο εκπαιδευτικός με κιμωλία στο γήπεδο μπάσκετ. Οι αθλητές χοροπηδούν ελαφρά ο καθένας στη θέση του, οι αθλητές είναι 30=4X5, ανάλογα με τη σειρά αλλάζει και το χρώμα της ενδυμασίας των αθλητών: 1^η κόκκινο, 2^η κίτρινο, 3^η πράσινο, 4^η μπλε και 5^η μοβ)

-Μπείτε τώρα όλοι οι αθλητές μέσα στο μικρό πλαίσιο που σχεδίασα. Το πείραμα αυτό θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε εάν μπορείτε να παραμείνετε όπως είστε τώρα, δηλαδή σαν μια «δεμένη» ομάδα.

Ο κανόνας λέει ότι μπορείτε να χοροπηδάτε ελαφρά, με τον ίδιο ρυθμό και οπουδήποτε μέσα στον λίγων τετραγωνικών μέτρων ελεύθερο χώρο που έχει ο καθένας γύρω του, με την προϋπόθεση όμως ότι δεν θα ακουμπάτε κανέναν διπλανό σας, δεν θα τον προσπερνάτε, και δεν θα μετακινείστε σε διάφορες τυχαίες θέσεις μέσα στο πλαίσιο.

Εάν τυχαία σας πλησιάσει κάποιος με αργό ρυθμό, εσείς θα απομακρυνθείτε ελαφρά χοροπηδώντας με τυχαίο τρόπο μέχρι το σημείο που μπορείτε, δηλαδή μέχρι τα όρια εκείνης της μικρής περιοχής γύρω σας, δηλαδή όπου βρείτε ελεύθερο χώρο γύρω σας. Αν πλησιάσετε αναγκαστικά τον διπλανό σας τότε κι εκείνος πρέπει να μετακινηθεί με τον ρυθμό που τον πλησιάζετε κι εσείς. Δεν πρέπει να ακουμπήσετε κανέναν διπλανό σας. Αυτό είναι νόμος!

Εάν κάποιος κινείται με φόρα προς τα πάνω σας, εσείς, μόλις τον αντιληφθείτε, οφείλετε να χοροπηδήσετε βιαστικά προς οποιαδήποτε κατεύθυνση θέλετε αρκεί να τον αποφύγετε! Στην περίπτωση αυτή, εκτός από εσάς που αναγκαστήκατε να χοροπηδήσετε βιαστικά, και ο διπλανός σας πρέπει να έχει στο νου του ότι δεν πρέπει να τον ακουμπήσετε, οπότε οφείλει κι εκείνος να σας αποφύγει με ανάλογη ταχύτητα.

Το πείραμα έχει τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο θα σας αφήσουμε απλά να χοροπηδάτε με βάση τους κανόνες που σας είπαμε. Επί 4 λεπτά θα σας παρατηρούμε. Στο δεύτερο στάδιο, δυο «εξωτερικοί» θα σας πλησιάσουν εναλλάξ και με αργό ρυθμό από μια φορά ο καθένας. Οι «εξωτερικοί» οφείλουν να απομακρυνθούν μόλις πλησιάσουν αρκετά κοντά. Θα σας παρατηρήσουμε επί 5 λεπτά. Στο τρίτο στάδιο, οι «εξωτερικοί», ανά 4, θα σας πλησιάζουν με φόρα. Το πλησίασμα θα γίνεται συνέχεια επί 10 λεπτά. Οι «εξωτερικοί» μόλις πλησιάσουν κοντά θα απομακρύνονται. Ούτε κι εκείνοι επιτρέπεται να ακουμπήσουν κάποιον. Απαγορεύεται να ακουμπήσουν ακόμη και μεταξύ τους.

Σας θυμίζω ξανά και επιμένω σε αυτόν τον κανόνα, ο οποίος λέει ότι κανένας δεν ακουμπάει κανέναν!

Πρέπει να γνωρίζεται ότι στον κεντρικό προβολέα του γηπέδου υπάρχει μια ενσωματωμένη βιντεοκάμερα που καταγράφει το πείραμά μας. Στο τέλος μπορούμε να πάρουμε ορισμένα χρήσιμα στιγμιότυπα και με αυτά να ξεκινήσουμε μια ενδιαφέρουσα συζήτηση, η οποία ελπίζω να μας οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα.

- Σοφοκλής: Συζήτηση με τι θέμα...;

-Δεν θα αποκαλύψω κάτι ακόμα. Το θέμα θα το βρείτε εσείς. Αυτό είναι βέβαιο!

[παρουσιάζεται κάθε στάδιο με κίνηση, στο τέλος κάθε σταδίου υπάρχει «παγωμένη» εικόνα που δείχνει την κατάσταση της ομάδας. Το τρίτο στάδιο έχει δυο στιγμιότυπα: α. ομάδα μέτρια «απλωμένη», β. ομάδα πολύ «απλωμένη»-μεγάλες αποστάσεις]

(επόμενη σκηνή: μαθητές και εκπαιδευτικός συζητούν μες στην τάξη, δεν ακούγεται καθαρά ο διάλογος)

-Μετά από όσα παρατηρήσαμε και συζητήσαμε, ας προχωρήσουμε σε ένα ακόμη πέραμα.

Κατόπιν θα καταγράψετε στο φυλλάδιο που θα σας δοθεί τις Παρατηρήσεις και τα Συμπεράσματά σας.

2^ο ΠΕΙΡΑΜΑ: Σε κάθε έναν από τους πάγκους σας υπάρχουν: ένας μακρόστενος δοκιμαστικός σωλήνας, που περιέχει μέχρι τη μέση κερί μέλισσας σε στερεή κατάσταση, ένα καμινέτο κι ένα χρονόμετρο. Στην αρχή, δοκιμάστε να θερμάνετε τη βάση του δοκιμαστικού σωλήνα μόνο για 15 δευτερόλεπτα. Αφήστε λίγο χρόνο να περάσει με σβηστό καμινέτο και κατόπιν θερμάνετε ξανά τη βάση του δοκιμαστικού σωλήνα για αρκετό χρόνο μέχρι να δείτε ατμούς πάνω από το στόμιο του. Παρατηρήστε τι συμβαίνει με το κερί σε συνάρτηση με τον χρόνο που περνά. Υπάρχουν αλλαγές; Δοκιμάστε κάποια στιγμή να αυξήσετε και μετά να μειώσετε τη φωτιά του καμινέτου. Κατόπιν, σβήστε το καμινέτο και τοποθετήστε το δοκιμαστικό σωλήνα με το κερί σε ένα δοχείο που περιέχει νερό με μερικά παγάκια.

[Το πείραμα εκτελείται και φαίνονται με κίνηση όλα τα στάδιά του.]

3^η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ: Κατάγραψε τώρα, μαζί με τα παιδιά της Τάξης αυτής, τις δικές σου Παρατηρήσεις αλλά και τα Συμπεράσματά σου στο αντίστοιχο φυλλάδιο, συμπληρώνοντας απλά τα κενά. Αν οι σωστές απαντήσεις σου βρίσκονται στο 70 τοις εκατό και πάνω, περνάς στο επόμενο στάδιο.

[Το φυλλάδιο έχει την εξής μορφή]: **1^η Δραστηριότητα:** α) Με βάση τα μοτίβα που παρατήρησες στο πείραμα με τους αθλητές, να αντιστοιχίσεις τις εικόνες της πρώτης σειράς με εκείνες της δεύτερης σειράς, γράφοντας στα κενά κάτω από τις εικόνες της δεύτερης σειράς το κατάλληλο γράμμα. Οι εικόνες έχουν σχέση με τα δυο πειράματα που προηγήθηκαν. [Υπάρχουν τέσσερις εικόνες σε καθεμιά από τις δυο σειρές. Στην πρώτη σειρά οι εικόνες είναι: α) συμπαγής ομάδα αθλητών, β) συμπαγής ομάδα αθλητών με μια πολύ μικρή διαφοροποίηση στις θέσεις 5 αθλητών (2 στην πρώτη σειρά της πλευράς της πρόσκρουσης, 1 πάνω και 1 δεξιά της δεύτερης σειράς και στην τρίτη σειρά 1 αριστερά του πάνω της δεύτερης σειράς), γ) η ομάδα έχει ξεπεράσει τα όρια, έχει απλωθεί αρκετά και τα χρώματα των ενδυμασιών έχουν ανακατευτεί αρκετά, δ) η ομάδα απλώθηκε σε στο μισό στάδιο, τα χρώματα είναι πολύ ανακατεμένα.]

[Στην δεύτερη σειρά οι εικόνες είναι: 1) το κερί βράζει, υπάρχουν ατμοί, 2) το κερί είναι στερεό, δεν υπάρχει φλόγα, 3) το κερί είναι υγρό, 4) το κερί έχει λιώσει ελάχιστα στο κάτω μέρος.]

β) [Εμφανίζονται ξανά όλες οι εικόνες της πρώτης σειράς] Στην εικόνα γ και κατόπιν στην εικόνα δ να σχεδιάσεις με ευθείες γραμμές ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο θα βρίσκονται όλοι οι αθλητές. Ο κατάλληλος τρόπος για να σχεδιάσεις το πλαίσιο σε κάθε εικόνα είναι να εντοπίσεις όλους τους εξωτερικούς και πιο απομακρυσμένους αθλητές και να τους ενώσεις με ευθείες γραμμές. Έτσι θα έχεις δημιουργήσει το πλαίσιο που έχει ζητηθεί. Μετά να συμπληρώσεις τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν πληκτρολογώντας την κατάλληλη λέξη:

«-Τα πλαίσια που σχεδίασα είναι μ _ _ _ _ _ (μεγαλύτερα) από το αρχικό πλαίσιο της εικόνας α, το οποίο έχει σχεδιαστεί στο γήπεδο. Επίσης, το πλαίσιο στην εικόνα δ είναι μ _ _ _ _ _ (μεγαλύτερο) από το πλαίσιο που σχεδίασα στην εικόνα γ.

-[Εμφανίζονται μαζί οι εικόνες γ και 3] Το κοινό χαρακτηριστικό ανάμεσα στις εικόνες γ και 3 είναι ότι και οι αθλητές και το υγρό κερί έχουν «απλωθεί» ή αλλιώς

καταλαμβάνουν περισσότερο χ _ _ _ (χώρα), σε σχέση με τις εικόνες α και 2. [Εμφανίζονται μαζί οι εικόνες α και 2]».

2^η Δραστηριότητα: Συμπλήρωσε τα κενά πληκτρολογώντας την κατάλληλη λέξη ή φράση. [Ξεχωριστό κενό για κάθε γράμμα, υπάρχει και επιλογή ανάγνωσης].

A) Οι αθλητές συμβολίζουν τα α_____ (άτομα) ή τα μ_____ (μόρια) από τα οποία αποτελείται το υλικό σώμα που λέγεται κερί.

B) Οι μαθητές που προσκρούουν πάνω στους αθλητές συμβολίζουν τα άτομα ή τα μόρια του ατμ_____ α_____ (ατμοσφαιρικού αέρα), τα οποία εξαιτίας της ενέργειας που προσφέρεται μέσω της καύσης, κινούνται με φόρα προς την εξωτερική επιφάνεια του πάτου του δοκιμαστικού σωλήνα και παρασύρουν έτσι τα άτομα/μόρια του γυαλιού που βρίσκονται εκεί, μεταδίδοντας τους έναν πιο γρήγορο ρυθμό κίνησης. Βέβαια, η ενέργεια που προσφέρεται και κάνει διαρκώς τα άτομα πιο κινητικά, μεταδίδεται και από την εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού προς την εσωτερική, και κατόπιν στο ίδιο το κερί, με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή μέσω των ταχ_____ (ταχύτερων) ατόμων/μορίων, τα οποία πλησιάζουν με φόρα τα πιο α_____ (αργά) γειτονικά τους άτομα/μόρια, με αποτέλεσμα να τα παρασύρουν και να επιταχύνουν έτσι τον ρυθμό της κ_____ (κίνησης) τους. Τα γειτονικά άτομα/μόρια, ενώ στην αρχή έχουν μικρή ταχύτητα, αναγκάζονται κατόπιν να κινηθούν γρηγορότερα, επειδή υποχρεώνονται από τα γρηγορότερα άτομα/μόρια, που πλησιάζουν με ορμή, να απομακρυνθούν με τον ίδιο ρυθμό. Αυτό συμβαίνει κατά το στενό πλησίασμα των γρήγορων προς τα αργά, δηλαδή όταν αρχίσουν να εμφανίζονται οι απω_____ (απωστικές) δυνάμεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα ό_____ (όμοια) φορτία. Η γρηγορότερη κίνηση που αποκτούν με την πάροδο του χρόνου τα βραδυκίνητα άτομα είναι αποτέλεσμα της ολοένα και αυξανόμενης ταχύτητας των γρηγορότερων ατόμων, τα οποία καταφέρνουν και πλησιάζουν με αυξανόμενη ορμή πολύ κοντά στα πιο αργά, με αποτέλεσμα να αναγκάζονται κι αυτά να απομακρυνθούν με παρόμοιο ρυθμό, καθώς αρχίζουν να γίνονται πιο έντονες και να δρουν οι απωστικές ηλ_____ (ηλεκτρομαγνητικές) δυνάμεις. Από την άλλη, λόγω της μεγάλης κινητικότητάς τους, τα ταχύτερα άτομα/μόρια καταφέρνουν μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και «πέφτουν» πάνω στα βραδυκίνητα περισσότερες φορές σε σχέση με πριν, που σημαίνει ότι τα

«βομβαρδίζουν» συνεχώς και ακατάπαυστα, όπως οι σταγόνες της βροχής που πέφτουν βίαια στο έδαφος κατά τη διάρκεια μιας ισχυρής νεροποντής. Αυτός ο τρόπος μετάδοσης της ε_____ (ενέργεια) από τα γρηγορότερα σωματίδια προς τα αργοκίνητα αποτελεί ένα ακόμη μοτίβο, που θα μπορούσε κανείς χαριτολογώντας να το αποκαλέσει «μοτίβο συγκρούσεων» ή «πολεμικό μοτίβο». Ωστόσο οι επιστήμονες προτιμούν τον όρο «μετάδοση θερμότητας».

Γ) Ένα υλικό σώμα αλλάζει φυσική κατάσταση και μετατρέπεται από στερεό σε υγρό ή αέριο, επειδή, μέσω της προσφοράς ενέργειας, τα άτομα/μόρια του αποκτούν κίνηση που έχει πιο γ_____ (γρήγορο) ρυθμό. Αυτό σημαίνει ότι η μεγαλύτερη ταχύτητα, που έχουν πλέον αποκτήσει, τα βοηθά τώρα πια να ξεφύγουν από τις θέσεις που βρίσκονταν εγκλωβισμένα κι έτσι κανένα από αυτά δεν μπορεί να περιοριστεί μέσα σε μια μικρή περιοχή. Επειδή μπορούν πλέον να μετακινούνται, χρειάζονται ως εκ τούτου και π_____ (περισσότερο-μεγαλύτερο) χώρο για κάτι τέτοιο. Αν όλα τα άτομα/μόρια ξεφύγουν από τις προηγούμενες τους θέσεις και αρχίζουν και μετακινούνται, τότε αυτό σημαίνει ότι το μ_____ (μέγεθος) του υλικού σώματος θα αλλάξει, αφού απαιτείται τώρα πια επιπλέον χώρος γι'αυτές τις μετακινήσεις. Γι'αυτό και ο χώρος που καλύπτει συνολικά όλο το υλικό σώμα είναι πιο μ_____ (μεγάλος) σε σχέση με τον χώρο που κάλυπτε όταν ήταν στερεό. Σε αυτήν την περίπτωση κάθε άτομο/μόριο του σώματος αυτού μπορεί να μετακινηθεί σε διαφορετική θ_____ (θέση) μέσα στο σώμα.

Δ) Τα άτομα/μόρια ενός υλικού σώματος κινούνται πολύ πιο γρήγορα και πιο ελεύθερα όταν αυτό είναι α_____ (αέριο). Τούτο συμβαίνει επειδή στο σώμα προσφέρθηκε ε_____ (ενέργεια), την οποία απορρόφησε κι έτσι έχει περισσότερη σε σχέση με αυτήν που είχε όταν το σώμα ήταν υγρό ή στερεό. Γι'αυτό και τα άτομα/μόρια του είναι πιο δραστήρια, με αποτέλεσμα να καταφέρνουν να απομακρύνονται το ένα από το άλλο, να ξεφεύγουν από τις στενές περιοχές του χώρου που κινούνταν προηγουμένως και να «ταξιδεύουν» προς κάθε κ_____ (κατεύθυνση), καθώς έχουν πλέον άπλετο χώρο γύρω τους. Αντίθετα, όταν το αέριο υλικό σώμα μετατραπεί σε υ_____ (υγρό), τα άτομα/μόρια του, επειδή, για κάποιο λόγο, έχουν χάσει ενέργεια, κινούνται αφενός λιγότερο γ_____ (γρήγορα) και αφετέρου πιο _____ (κοντά) το ένα στο άλλο. Περισσότερο α_____ (αργά) από κάθε άλλη περίπτωση κινούνται τα

άτομα/μόρια του υλικού σώματος που βρίσκεται σε σ_____ (στερεή) φυσική κατάσταση. Σε αυτήν την περίπτωση οι αποστάσεις ανάμεσα στα άτομα/μόρια του υλικού σώματος είναι ακριβώς οι ίδιες όπως κι αυτές που διατηρούνται ανάμεσα στα άτομα/μόρια των υγρών σωμάτων.

Ε) Από τα προηγούμενα καταλαβαίνουμε ότι εκείνο που κάνει ένα σώμα να είναι είτε στερεό είτε υγρό είτε αέριο είναι κυρίως ο ρ _____ (ρυθμός) με τον οποίο κινούνται τα άτομα/μόριά του. Δηλαδή, η φυσική κατάσταση ενός υλικού σώματος εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία κινούνται τα άτομα/μόριά του. Με άλλα λόγια, ένα σώμα είναι σ_____ (στερεό) όταν τα άτομα/μόριά του κινούνται με αργό ρυθμό, βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο και είναι παγιδευμένα μέσα σε σταθερές περιοχές. Το ίδιο σώμα είναι υ_____ (υγρό) όταν τα άτομα/μόριά του είναι ταχύτερα, βρίσκονται κοντά και μετακινούνται σε διάφορες θέσεις μέσα στο σώμα. Τέλος, το σώμα αυτό είναι α_____ (αέριο) όταν τα άτομα/μόριά του είναι πάρα πολύ γρήγορα, βρίσκονται μακριά το ένα από το άλλο και μετακινούνται οπουδήποτε μέσα στον χώρο.

ΣΤ) Στα στερεά και στα υγρά σώματα τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων. Με τον ίδιο τρόπο συνδέονται και τα μόρια τους. Η v _____ (ταχύτητα) με την οποία κινούνται τα άτομα/μόρια σε αυτά τα σώματα είναι τέτοια που δεν τα κάνει ικανά να απομακρύνονται πολύ το ένα από το άλλο, κι έτσι μπορούν και συνδέονται ηλεκτρομαγνητικά. Οι ελκτικές και οι απωστικές δυνάμεις εμφανίζονται όταν τα σωματίδια, λόγω της κινητικής τους κατάστασης, βρίσκονται αρκετά κοντά. Τα άτομα/μόρια μπορούν και αλληλεπιδρούν ηλεκτρομαγνητικά μόνο από μικρές αποστάσεις. Όμως, οι ηλεκτρομαγνητικές συνδέσεις στα άτομα/μόρια των αερίων σωμάτων είναι αρκετά χαλαρές και όχι τόσο ισχυρές, όπως είναι οι αντίστοιχες στα στερεά και στα υγρά σώματα, επειδή εξαιτίας του μ _____ (μεγαλύτερου) ρυθμού της ταχύτητάς τους καταφέρνουν να α_____ (απομακρύνονται) το ένα από το άλλο. Τα αέρια σώματα συγκροτούνται κυρίως με τη βοήθεια μια άλλης δύναμης, εκείνης που ονομάζεται β _____ (βαρύτητα).

Ζ) Μπορούμε να μετατρέψουμε ένα υλικό σώμα από υγρό σε στερεό, αν με κάποιο τρόπο μ _____ (μειώσουμε-ελαττώσουμε) την ταχύτητα της κίνησης

των ατόμων του. Μπορούμε να μετατρέψουμε ένα αέριο σώμα σε υγρό ή στερεό, αν με κάποιο τρόπο μειώσουμε σε μεγάλο βαθμό την τ _____ (ταχύτητα) της κίνησης των ατόμων του.

Η) Υποθέτω ότι όταν ένα στερεό υλικό σώμα μετατρέπεται σε υγρό τότε η θερμοκρασία του αλλάζει και μάλιστα α _____ (αυξάνεται). Αντίθετα, όταν ένα υγρό σώμα μετατρέπεται σε στερεό, τότε η θερμοκρασία του μ _____ (μειώνεται).

Θ) Υποθέτω ότι η θερμοκρασία μας δείχνει τον ρυθμό με τον οποίο κ _____ (κινούνται) τα άτομα ενός υλικού σώματος, δηλαδή μας δείχνει αν αυτά έχουν μικρή ή μεγάλη τ _____ (ταχύτητα).

Ι) Αν θέλουμε να μετατρέψουμε ένα στερεό σε υγρό ή σε αέριο, καθώς και ένα υγρό σε αέριο, τότε πρέπει να αυξήσουμε την ταχύτητα των ατόμων/μορίων του. Για να το πετύχουμε αυτό πρέπει να προσφέρουμε στο σώμα ε _____ (ενέργεια), δηλαδή θερμότητα. Τότε η θ _____ (θερμοκρασία) του σώματος αυξάνεται. Αντίθετα, αν θέλουμε να μετατρέψουμε ένα αέριο σε υγρό ή σε στερεό, καθώς και ένα υγρό σε στερεό, τότε πρέπει να μειώσουμε την ταχύτητα των ατόμων/μορίων του. Για να το πετύχουμε αυτό πρέπει να αφαιρέσουμε από το υλικό σώμα θ _____ (θερμότητα). Τότε η θερμοκρασία του σώματος μ _____ (μειώνεται).

ΙΑ) Όσο πιο μεγάλα είναι τα ποσά της ενέργειας που προσφέρω σε ένα υλικό σώμα ή αφαιρώ από αυτό μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, δηλαδή όσο πιο μεγάλα είναι τα ποσά της θερμότητας που προσφέρω ή αφαιρώ, τόσο πιο γ _____ (γρήγορα-σύντομα) αλλάζει η φυσική κατάσταση αυτού του σώματος σε αυτό το χρονικό διάστημα.

ΙΒ) Όσο πιο μ _____ (μεγάλο) είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο προσφέρω ή αφαιρώ θερμότητα σε ή από ένα υλικό σώμα, τόσο περισσότερες είναι και οι πιθανότητες για το υλικό σώμα που θερμαίνω ή ψύχω να αλλάξει φυσική κατάσταση.

[Υπάρχει κουμπί «βοήθεια». Πατώντας το κουμπί εμφανίζεται ένα σύντομο και περιεκτικό βίντεο στο οποίο παρουσιάζονται με εναλλαγές μακρόκοσμου-μικρόκοσμου όλες οι βασικές φάσεις αλλαγής της φυσικής κατάστασης του κεριού,

μαζί με τις αντίστροφες πορείες τους, που συνολικά περιλαμβάνουν: τις μικροσκοπικές κινήσεις των ατόμων του στερεού κεριού, το αναμμένο καμινέτο, την θέρμανση του ατμοσφαιρικού αέρα, τη μετάδοση της γρήγορης κίνησής των μορίων του αέρα στον πάτο του δοκιμαστικού σωλήνα, την αλλαγή της κινητικής κατάστασης των ατόμων του γυαλιού, της μικροσκοπικές «συγκρούσεις» με το πρώτο «στρώμα» των ατόμων του κεριού, τη μετάδοση των μικροσκοπικών «συγκρούσεων» σε όλα τα υπόλοιπα άτομα του κεριού, την αύξηση του όγκου, την μακροσκοπική οπτική: μεταβολή σε υγρό και μετά σε αέριο, την μικροσκοπική παρατήρηση των κινήσεων των ατόμων του υγρού και του αερίου ξεχωριστά, την αύξηση της προσφοράς θερμότητας με την αύξηση της έντασης της φωτιάς του καμινέτου, την επιτάχυνση της διαδικασίας της αγωγής και της μεταβολής της φυσική κατάστασης σε μακροσκοπική και μικροσκοπική κλίμακα, την διακοπή της προσφοράς θερμότητας, την «αφαίρεση» θερμότητας σε μικροσκοπική κλίμακα στη φάση της τοποθέτησης του δοκιμαστικού σωλήνα μέσα στο δοχείο με τα παγάκια, την πήξη του κεριού πρώτα σε μικροσκοπική κλίμακα και έπειτα σε μακροσκοπική].

ΚΩΔΙΚΟΣ: «μυστικό_η_ταχύτητά_μου»

- 2) *(Συζητήσεις σε έντονο ύφος μες στην τάξη. Μετά ακούγονται οι παρακάτω διάλογοι):*

ΣΤΕΡΕΑ-ΥΓΡΑ-ΑΕΡΙΑ

-...Μαντέψατε σωστά! Και τα δυο πειράματα είχαν σχέση με τη φυσική κατάσταση των υλικών σωμάτων. Οι συζητήσεις που ακολούθησαν ήταν, πιστεύω, αρκετά ωφέλιμες. Επίσης, το μοτίβα αποδείχθηκαν τελικά χρήσιμα, αφού, όπως δηλώσατε, το πείραμα με τους αθλητές σας βοήθησε να αντιληφθείτε τι περίπου συμβαίνει με τις κινήσεις των ατόμων και των μορίων μέσα στα υλικά σώματα. Τα περισσότερα από τα συμπεράσματά σας είναι αληθή και ισχύουν.

(Θόρυβος-Διαπληκτισμός ανάμεσα στον Νίκο και την Κατερίνα):

-**Χαρά:** Εγώ στο είπα! Μέσα σε ένα υλικό σώμα που αλλάζει φυσική κατάσταση δεν αλλάζουν τα άτομα του, αλλά μόνο οι κινήσεις των μορίων του. Αν είχαμε αλλαγή στο είδος των ατόμων, τότε θα βλέπαμε ένα άλλο υλικό σώμα. Το κερί παρέμενε κερί και στη φάση που ήταν στερεό και στην υγρή του κατάσταση αλλά και όταν ήταν αέριο...

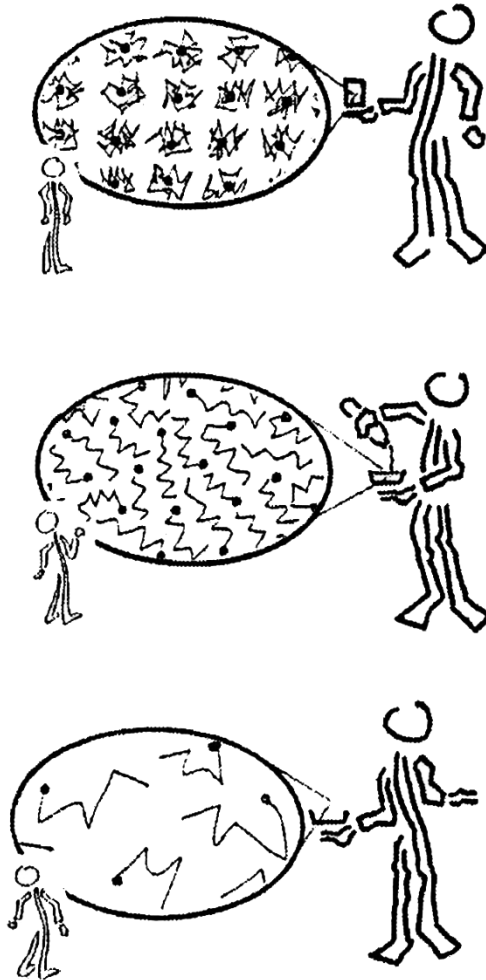
-**Νίκος:** Καλά, καλά...

-Είπαμε προηγουμένως ότι όλα τα σωματίδια κινούνται συνεχώς. Είτε «χοροπηδούν» γύρω από τη θέση τους, είτε μετακινούνται μέσα στο υλικό σώμα είτε ταξιδεύουν μες στον χώρο είτε μετακινούνται προς μια κατεύθυνση ακόμη και σε ομάδες. Η μεγάλη πίεση και η τεράστια ενέργεια, που υπήρχαν αρχικά στο μικροσκοπικό σύμπαν, παρέσυραν σε κίνηση όλα τα σωματίδια. Βέβαια, το «χοροπηδητό» των σωματιδίων, π.χ. των ατόμων, δεν έχει πάντα τον ίδιο ρυθμό. Άλλοτε τα άτομα ενός υλικού σώματος χοροπηδούν πιο γρήγορα και άλλοτε πιο αργά.

Ξέρουμε, επίσης, ότι τα υλικά σώματα δεν βρίσκονται πάντα στην ίδια φυσική κατάσταση. Ένα κομματάκι σιδήρου, για παράδειγμα από κάποιον συνδετήρα, το οποίο βρίσκεται αρχικά σε στερεή κατάσταση, μπορεί να μετατραπεί σε υγρό ή αέριο σίδηρο εάν του προσφέρουμε κάποια ποσότητα ενέργειας. Όμως, πώς ακριβώς μπορεί να γίνει αυτή η μετατροπή της φυσικής κατάστασης ενός υλικού σώματος; Με άλλα λόγια, πώς ένα στερεό σώμα μπορεί να μετατραπεί σε υγρό ή αέριο, αλλά και το αντίστροφο; Γιατί όταν ζεσταίνουμε ένα παγάκι, που είναι νερό σε στερεή κατάσταση, αυτό μετατρέπεται σε υγρό νερό; Επίσης, γιατί όταν θερμαίνουμε λίγο υγρό νερό, αυτό αλλάζει φυσική κατάσταση και γίνεται αέριο; Αλλά ας δούμε και την αντίστροφη πορεία...Για ποιο

λόγο όταν αφαιρώ θερμότητα από ένα, για παράδειγμα αέριο υλικό σώμα, αυτό μετατρέπεται είτε σε υγρό είτε σε στερεό. Τι συμβαίνει στην πραγματικότητα σε ένα σώμα όταν αυτό θερμαίνεται ή ψύχεται;

Το μυστικό βρίσκεται στον τρόπο με τον οποίο «χοροπηδούν» τα άτομα/μόρια ενός υλικού σώματος!



Φυσικές καταστάσεις υλικών σωμάτων

Όταν αγγίζουμε ένα καυτό σώμα, νιώθουμε το χέρι μας να ζεσταίνεται πολύ! Στην πραγματικότητα όμως, δεν υπάρχει ούτε «ζεστό ή καυτό» ούτε «κρύο ή παγωμένο», αφού η ζέστη ή το κρύο που νιώθουμε είναι απλά και μόνο ένα αίσθημα που δημιουργεί ο εγκέφαλός μας, και το αίσθημα αυτό, όπως και οποιοδήποτε άλλο, δεν είναι παρά μια κατάσταση που βιώνεται μόνο μέσα στον νου μας! Με άλλα λόγια, ο εγκέφαλός μας απλά αντιλαμβάνεται και εντοπίζει ορισμένα πραγματικά ερεθίσματα που προέρχονται από το περιβάλλον, τα οποία όμως τα αναπαράγει και τα βιώνει πάντα με τον «δικό»

του τρόπο. Τα ερεθίσματα ναι μεν υπάρχουν, ο εγκέφαλος μέσω των αισθήσεων καταφέρνει να τα εντοπίζει, αφού είναι ικανός να αντιλαμβάνεται αλλαγές και διαφορές που συμβαίνουν σε μια κατάσταση, αλλά ο ιδιαίτερος τρόπος με τον οποίο τα ερεθίσματα αυτά γίνονται αντιληπτά είναι καθαρά θέμα του ίδιου του νου.

(Θόρυβος...)

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

-Τελικά, οι επιστήμονες βρήκαν τη λύση...σχετικά με το τι συμβαίνει στα σώματα που θερμαίνονται ή ψύχονται:

Καταρχάς, όταν αγγίζουμε ένα σώμα ας πούμε «ζεστό», αυτό που αισθανόμαστε στην ίδια την επιφάνεια του χεριού μας, δηλαδή ο καύσος, είναι στην πραγματικότητα ένα γρήγορο «χοροπηδητό» ατόμων/μορίων. Όμως, εδώ χρειάζεται προσοχή ώστε να εντοπίσουμε μια λεπτομέρεια, η οποία θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε σε βάθος την αλήθεια, ώστε να αποφύγουμε τις παρανοήσεις. Η λεπτομέρεια αυτή σχετίζεται με δυο ερωτήσεις: «Ποιος είναι ο μηχανισμός που μας επιτρέπει να διαπιστώνουμε ότι το υλικό σώμα είναι θερμό ή ψυχρό;» και «Το «χοροπηδητό» ποιων σωματιδίων αντιλαμβάνεται ο εγκέφαλός μας;»

Ας τα δούμε τα πράγματα με τη σειρά και μέσα από τη διερεύνηση της περίπτωσης ενός υλικού σώματος που είναι θερμό. Στην αρχή τα σωματίδια που κινούνται εντονότερα είναι τα άτομα/μόρια του θερμού σώματος κι όχι χεριού μας. Στη συνέχεια βέβαια, και τα άτομα/μόρια της επιφάνειας του χεριού αποκτούν -εξαιτίας των «συγκρούσεων που προκαλούνται από τα πιο κινητικά σωματίδια»- μεγαλύτερη κινητικότητα σε σχέση με την προηγούμενη κινητική τους κατάσταση. Τελικά, εκείνο που εγκέφαλός μας αντιλαμβάνεται ως «ζέστη» δεν είναι παρά το γρηγορότερο «χοροπηδητό» των ατόμων/μορίων του ίδιου μας του χεριού. Κατάσταση «ζέστης» στην πραγματικότητα δεν υπάρχει, παρά μόνο σαν αίσθημα στον νου μας. Εκείνο που πραγματικά υπάρχει είναι ο γρηγορότερος ρυθμός που αποκτούν τα σωματίδια του χεριού, τα οποία «βομβαρδίζονται» από τα ταχύτατα άτομα/μόρια της εξωτερικής επιφάνειας του θερμού σώματος κατά τη διάρκεια της επαφής του χεριού με το σώμα αυτό.

Το στενό «πλησίασμα» των σωματιδίων του θερμού σώματος κοντά στα σωματίδια του χεριού έχει, επίσης, ως αποτέλεσμα να ασκούνται απωστικές ηλεκτρομαγνητικές

δυνάμεις ανάμεσα στα άτομα/μόρια της επιφάνειας του χεριού και σε εκείνα της επιφάνειας του ζεστού σώματος. Μάλιστα οι απωστικές δυνάμεις έχουν κατεύθυνση και προς την επιφάνεια του χεριού που αγγίζει το σώμα και προς την επιφάνεια του υλικού σώματος που αγγίζεται. Τελικά, φαίνεται πως ο εγκέφαλός μας αντιλαμβάνεται και αυτό το ερέθισμα που προκαλείται από τις απωστικές δυνάμεις που ασκούνται με κατεύθυνση προς την επιφάνεια του χεριού και την γρήγορη κίνηση που αποκτούν τα σωματίδια του ίδιου του χεριού, εξαιτίας των «συγκρούσεων» που δημιουργήθηκαν από τα ταχύτατα άτομα/μόρια του θερμού σώματος.

Από την άλλη, το αίσθημα του ψύχους που προκαλεί το άγγιγμα ενός σώματος ας πούμε «κρύου», είναι στην πραγματικότητα ένα αργό χοροπηδητό ατόμων/μορίων. Τα άτομα του σώματος αυτού «χοροπηδούν» πάρα πολύ αργά σε σχέση με τα άτομα/μόρια του χεριού. Όμως εμείς, εκείνο που μπορούμε να αισθανθούμε είναι η μειωμένη κινητική δραστηριότητα των σωματιδίων του χεριού μας, η οποία προκαλείται από το ψυχρό υλικό σώμα που αγγίζουμε. Σε αυτήν την περίπτωση, τα σωματίδια του χεριού μας «χάνουν» ενέργεια, δηλαδή θερμότητα, καθώς στην αρχή είναι πιο κινητικά και μεταδίδουν -μέσω των «συγκρούσεων»- την ενέργεια αυτή στα βραδυκίνητα σωματίδια του ψυχρού σώματος. Τα σωματίδια του χεριού αποκτούν μικρότερη κινητικότητα κι αυτό ο εγκέφαλός μας το ερμηνεύει ως αίσθημα «κρύου». Τελικά το ψύχος το αποδίδουμε στο υλικό σώμα που αγγίζουμε, γιατί αυτό είναι η αιτία που οδήγησε στη μείωση της ταχύτητας των σωματιδίων της επιφάνειας του χεριού μας.

Ο εγκέφαλός μας αντιλαμβάνεται δύο διαφορετικά «χοροπηδητά». Το ένα είναι το «γρήγορο χοροπηδητό» των σωματιδίων της επιφάνειας του χεριού που επηρεάστηκε από το θερμό σώμα και το άλλο το «αργό χοροπηδητό» των σωματιδίων της επιφάνειας του χεριού που επηρεάστηκε από το ψυχρό σώμα. Τα δυο αυτά «χοροπηδητά» το μυαλό μας τα «συγκρίνει» με το «χοροπηδητό» που είχαν τα άτομα της επιφάνειας του χεριού μας πριν ακόμα ακουμπήσουμε το θερμό και το ψυχρό σώμα. Πριν από το άγγιγμα, οι κινήσεις των ατόμων/μορίων της επιφάνειας του χεριού ούτε πολύ γρήγορες ήταν ούτε πολύ αργές σε σχέση τις κινήσεις των σωματιδίων του θερμού ή του ψυχρού σώματος. Έτσι, μέσα από αυτή τη σύγκριση, το «γρήγορο χοροπηδητό» ο εγκέφαλος το αντιλαμβάνεται σαν «ζέστη», ενώ αντίθετα, το «αργό χοροπηδητό» το αισθάνεται ως «κρύο».

Όμως, όπως καταλαβαίνουμε όλοι, το χέρι δεν μπορεί να είναι για κανέναν λόγο ένα ασφαλές μέσο που θα μας βοηθήσει να βγάλουμε ένα αληθές και ακριβές συμπέρασμα για το πόσο ζεστό ή ψυχρό είναι ένα σώμα.

ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ

Το αίσθημα του ζεστού και του κρύου είναι απλά μια εκτίμηση, η οποία μπορεί ορισμένες φορές να είναι και εσφαλμένη, με αποτέλεσμα να οδηγεί ακόμη και σε επικίνδυνες ενέργειες. Τέτοιες εκτιμήσεις, που αφορούν τον υπολογισμό της θερμοκρασίας ενός στερεού, υγρού ή αέριου σώματος μέσω της αφής, επηρεάζονται κυρίως από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το σώμα μας τη στιγμή που αγγίζουμε ένα υλικό σώμα. Για παράδειγμα, όταν κάνουμε μπάνιο τον χειμώνα μες στο κρύο, μια μικρή ποσότητα χλιαρού νερού που θα πέσει πάνω στο σώμα μας δεν θα μας φανεί ιδιαίτερα θερμή ώστε να μας ζεστάνει. Θα θεωρούσαμε μάλιστα το νερό αυτό μάλλον κρύο για τις ανάγκες μας τη δεδομένη στιγμή. Αντίθετα, μια ιδιαίτερα ζέστη καλοκαιρινή μέρα το χλιαρό νερό θα μας φανεί ανυπόφορα ζεστό, ιδίως αν χρειαζόμαστε επείγοντως ένα δροσερό ντουζ για να αποβάλλουμε θερμότητα από το σώμα μας. Από την άλλη, αν το χέρι μου είναι παγωμένο και αγγίξω χλιαρό νερό, θα νιώσω ότι το νερό αυτό είναι αρκετά θερμό, ενώ αν το χέρι μου είναι ζεστό, το νερό θα μου φανεί δροσερό.

Το πόσο γρήγορα ή αργά «χοροπηδούν», δηλαδή κινούνται, τα άτομα ενός υλικού σώματος μας το δείχνει με ασφάλεια και ακρίβεια μια έννοια ή καλύτερα ένα φυσικό μέγεθος, που ονομάζεται θερμοκρασία του σώματος. Τη θερμοκρασία ενός υλικού σώματος την υπολογίζουμε με τη βοήθεια ενός άλλου σώματος, που θεωρείται επιστημονικό εργαλείο και ονομάζεται θερμόμετρο. Το θερμόμετρο έρχεται σε επαφή με το υπό μέτρηση υλικό σώμα και «μιμείται» κατά κάποιον τρόπο την κινητική κατάσταση των μορίων του. Κάτι τέτοιο γίνεται ως εξής: Με την επαφή αυτή, ένα κλασικό θερμόμετρο, το οποίο είναι συνήθως φτιαγμένο από γυαλί και περιέχει ένα υγρό, είτε απορροφά ενέργεια από το υλικό σώμα, όταν τα άτομα/μόρια του υπό μέτρηση σώματος κινούνται γρηγορότερα από τα άτομα/μόρια του θερμομέτρου, είτε χάνει ενέργεια με το να τη δίδει στα άτομα/μόρια του υπό μέτρηση αντικειμένου, όταν αυτά κινούνται πιο αργά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται ο ρυθμός της κίνησης των ατόμων/μορίων του υλικού που περιέχει στο εσωτερικό του το θερμόμετρο.

Όταν τα άτομα/μόρια αυτού του υλικού απορροφήσουν ενέργεια, τότε κινούνται γρηγορότερα και για κάτι τέτοιο χρειάζονται περισσότερο χώρο. Αντίθετα, όταν αποβάλλουν ενέργεια, κινούνται πιο αργά κι έτσι ο χώρος που απαιτείται για τις κινήσεις όλων των σωματιδίων είναι συνολικά μικρότερος.

Όπως είδατε και στο β μέρος της 1^{ης} Δραστηριότητας του φυλλαδίου καθώς και στη Γ παράγραφο της 2^{ης} Δραστηριότητας, η αλλαγή στο ρυθμό της κίνησης των σωματιδίων επιφέρει και αλλαγή στο μέγεθος του σώματος. Συνεπώς, το υλικό στο εσωτερικό του θερμομέτρου καταλαμβάνει περισσότερο χώρο, όταν τα σωματίδιά του κινούνται ταχύτερα, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ανεβαίνει η στάθμη του υλικού μέσα στον σωλήνα του θερμομέτρου. Στην αντίθετη περίπτωση, που το υλικό χάνει ενέργεια και τα σωματίδια κινούνται αργά, παρατηρείται πτώση της στάθμης.

Η άνοδος και η πτώση της στάθμης μπορεί να μετρηθεί με τη βοήθεια ενός «χάρακα», ο οποίος βρίσκεται τυπωμένος ή χαραγμένος πάνω στην εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού ενός τυπικού θερμόμετρου υγρού οινοπνεύματος ή υγρού υδραργύρου. Ένας τέτοιος «χάρακας» δεν είναι τίποτε άλλο από μια περιοχή του χώρου -ή καλύτερα μια περιοχή πάνω σε ένα υλικό σώμα-, την οποία έχουμε χωρίσει ομοιόμορφα σε μικρότερα τμήματα που ισαπέχουν. Πρέπει να πούμε ότι ο «χάρακας» που βρίσκεται πάνω σε ένα θερμόμετρο λέγεται σωστότερα βαθμονομημένη κλίμακα. Με τη βοήθεια της βαθμονομημένης κλίμακας καταγράφουμε τη θερμοκρασία του υπό μέτρηση σώματος, η οποία είναι απλά ένας αριθμός που δείχνει, όπως είπαμε προηγουμένως, πόσο γρήγορα ή πόσο αργά «χοροπηδούν» τα άτομα ενός σώματος. Το πόσο αργά ή γρήγορα κινούνται τα άτομα φαίνεται από την αλλαγή του μεγέθους του σώματος, και στην περίπτωση του απλού θερμόμετρου, από την αλλαγή στο επίπεδο της στάθμης του υγρού που υπάρχει μέσα, η οποία μπορεί στο τέλος να μετρηθεί με τη βοήθεια της βαθμονομημένης κλίμακας.

Συνήθως, στα τυπικά θερμόμετρα, χρησιμοποιείται μια κλίμακα που είναι αριθμημένη και σχεδιάζεται με βάση την απόσταση που υπάρχει ανάμεσα στην ανώτερη στάθμη μιας ποσότητα νερού που ξεκινά να βράζει και στη στάθμη που αγγίζει αυτή η ποσότητα νερού όταν αρχίσει να παγώνει. Η απόσταση ανάμεσα στις δυο στάθμες αντιστοιχεί στην πραγματικότητα στον επιπλέον χώρο που καταλαμβάνει ετούτη η ποσότητα νερού όταν από την πρώτη στιγμή της στερεοποίησής της φθάσει στην πρώτη στιγμή της μετατροπής της σε αέριο, πράγμα το οποίο συμβαίνει όταν προσφέρουμε

ενέργεια σε αυτό το υλικό σώμα, δηλαδή όταν θερμαίνουμε το νερό. Θα μπορούσαμε, επίσης, να πούμε το ίδιο ακριβώς πράγμα μέσα από μια αντίθετη οπτική, δηλαδή μιλώντας για τον χώρο που παύει πλέον να καταλαμβάνει η ποσότητα νερού, η οποία χάνει ενέργεια και από την πρώτη στιγμή βρασμού καταλήγει στο πρώτο στάδιο της μετατροπής σε στερεό σώμα.

Όμως, με πιο απλά λόγια, θα λέγαμε ότι η κλίμακα αυτή δημιουργείται με βάση την απόσταση ανάμεσα σε τούτες τις δυο στάθμες, που σημαίνει ότι το βασικό τμήμα της κλίμακας έχει το ίδιο μήκος με εκείνο της απόστασης που υπάρχει ανάμεσα στις δύο στάθμες. Το τμήμα αυτό χωρίζεται ομοιόμορφα σε μικρότερα κομμάτια. Βέβαια, σε ένα κλασικό θερμόμετρο η κλίμακα αυτή επεκτείνεται και προς τα «πάνω» και προς τα «κάτω», δηλαδή αποκτά κι άλλα ισομήκη τμήματα πάνω από την ανώτατη στάθμη και κάτω από την κατώτατη. Γι' αυτό, άλλωστε, ένα απλό θερμόμετρο περιλαμβάνει και τιμές που είναι κάτω του μηδενός και πάνω από το 100.

Αυτό που κάνει στην πραγματικότητα ένα θερμόμετρο είναι να «μιμείται» τη κινητική κατάσταση των σωματιδίων του υλικού σώματος, του οποίου μετράμε τη θερμοκρασία. Όπως συμβαίνει και με την παλάμη μας που αγγίζει ένα θερμό ή ψυχρό σώμα, έτσι και τα σωματίδια του θερμόμετρου επηρεάζονται από τον ρυθμό της κίνησης των σωματιδίων του υλικού σώματος, με το οποίο έρχεται σε επαφή. Συνεπώς, εάν το σώμα είναι θερμότερο, η ενέργειά του μεταδίδεται -μέσω των «συγκρούσεων» των σωματιδίων- στο θερμόμετρο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται συνολικά ο όγκος του εσωτερικού υλικού του θερμομέτρου, αφού τα άτομα/μόρια αυτού του υλικού κινούνται πλέον ταχύτερα σε σχέση με πριν και χρειάζονται, ως εκ τούτου, περισσότερο χώρο. Το αντίθετο συμβαίνει όταν το υλικό σώμα είναι ψυχρότερο από το θερμόμετρο. Τότε το θερμόμετρο αποβάλλει ενέργεια μεταδίδοντάς την στο ψυχρό υλικό σώμα, αφού σε αυτήν την περίπτωση τα άτομα/μόρια του θερμομέτρου είναι εκείνα που κινούνται ταχύτερα και παρασύρουν τα σωματίδια του υπό μέτρηση υλικού σώματος. Η αποβολή αυτής της ενέργειας μέσω των «συγκρούσεων» των σωματιδίων ισοδυναμεί πρακτικά με μείωση της ταχύτητας των ατόμων/μορίων του θερμομέτρου, με πτώση της στάθμης του εσωτερικού υλικού του, αλλά και με αύξηση της ταχύτητας των σωματιδίων του ψυχρότερου υλικού σώματος.

(Η Κατερίνα θέλει να αναφέρει μια χθεσινή εμπειρία της.)

- Έλα, Κατερίνα!

-Κατερίνα: Κύριε, χθες χρειάστηκα ζεματιστό νερό για κάποια δουλειά του σπιτιού. Μισογέμισα, λοιπόν, ένα μπρίκι και το άφησα στο αναμμένο μάτι της κουζίνας. Βγήκα στον κήπο για λίγο και περίμενα μέχρι να βράσει το νερό. Όμως, μετά από ελάχιστα λεπτά άκουσα το νερό να «τσιρίζει» πάνω στο μάτι της κουζίνας. Μπαίνοντας μέσα είδα ότι είχε χυθεί μια ποσότητα νερού πάνω στην κουζίνα και ότι συνέχιζε να χύνεται. Την ίδια στιγμή, όμως, παρατήρησα ότι ο βρασμός όχι απλά δεν είχε ξεκινήσει, αλλά φαινόταν ότι χρειαζόνταν μερικά λεπτά ακόμη για να αρχίσει να συμβαίνει.

Η αλήθεια είναι ότι μετά τα τελευταία μαθήματα που σχετίζονταν με τα άτομα και τα μόρια, μπήκα στον πειρασμό να εξηγήσω γιατί το νερό φουσκώνει και χύνεται πριν καλά-καλά ξεκινήσει να βράζει. Μάλιστα σκέφτηκα ότι αφού φουσκώνει, αυτό σημαίνει ότι η ποσότητά του αυξάνεται. Αλλά αν αυξάνεται η ποσότητά του, τότε κάτι τέτοιο μοιραία συνεπάγεται ότι με κάποιο τρόπο θα αυξάνονται σε αριθμό και τα μόριά του νερού μέσα στο μπρίκι και θα γίνονται πιο πολλά. Όμως και πάλι δυσκολευόμουν να πιστέψω ότι θα μπορούσαν, απ' το πουθενά, να αυξηθούν σε αριθμό τα μόρια, γι' αυτό μετά σκέφτηκα ότι, μάλλον, τα άτομα από τα οποία είναι φτιαγμένα τα μόρια του νερού, μεγαλώνουν και μάλιστα υπέθεσα ότι εκείνο που μεγαλώνει τα άτομα είναι η ενέργεια που απορροφά το νερό, δηλαδή η θερμότητα που προερχόταν από το μάτι της κουζίνας.

-Χαρά: Μα... δεν είπαμε ότι μεγάλα άτομα σημαίνει και μεγάλοι πυρήνες; Δεν θυμάσαι ότι μεγαλύτερα άτομα δημιουργούνται μόνο όταν ενώνονται οι πυρήνες δυο μικρότερων ατόμων και ότι κάτι τέτοιο συμβαίνει μόνο μέσα στα άστρα και μόνο μέσα στους πυρηνικούς αντιδραστήρες;

-Σοφοκλής: Μάλλον το μπρίκι της Κατερίνας είναι ένας υπερσύγχρονος πυρηνικός αντιδραστήρας, ο οποίος πραγματοποιεί τη μια πυρηνική σύντηξη μετά την άλλη.

Γέλια...

-Κατερίνα: Βιαστικέ και εξυπνάκια...σκέφτηκα το ακριβώς αντίθετο. Ότι προφανώς στο μπρίκι μου δεν υπάρχουν εκείνες οι ειδικές συνθήκες που επικρατούν μέσα στα άστρα, γι' αυτό και απέρριψα πολύ γρήγορα την υπόθεση ότι τα άτομα των μορίων του νερού μεγάλωσαν. Θυμήθηκα ακόμη ότι όσο προστίθενται πρωτόνια σε έναν πυρήνα, άρα όσο πιο μεγάλο γίνεται το άτομο, τόσο πιο πολύ αλλάζουν και οι ιδιότητες του υλικού σώματος που φτιάχνεται από μεγαλύτερα άτομα. Αν τα άτομα των μορίων του νερού μεγάλωναν, τότε το μπρίκι μου δεν θα συνέχιζε να περιέχει νερό, αλλά κάποιο

άλλο υλικό σώμα. Γι' αυτό και η απορία μου δεν είχε απαντηθεί μέχρι πριν από λίγο. Δεν είναι εύκολο να σκεφτείς ότι ένα υλικό σώμα καλύπτει περισσότερο χώρο όταν τα μέρη του κινούνται γρηγορότερα και μετακινούνται μέσα στο σώμα, άρα χρειάζονται για κάτι τέτοιο περισσότερο χώρο. Το πρώτο πράγμα που σου έρχεται στο μυαλό είναι ότι όταν μεγαλώνει σε μέγεθος ένα υλικό σώμα, τότε αυξάνεται και η ποσότητα των σωματιδίων που περιέχει. Πού θες να καταλάβω ότι όταν ένα σώμα μεγαλώνει σε μέγεθός εξαιτίας της προσφοράς θερμότητας, τότε αυτό που αυξάνει είναι ο χώρος μέσα του λόγω των εντονότερων κινήσεων των ατόμων, με αποτέλεσμα να περιέχει περισσότερο κενό χώρο κι έτσι το σώμα να καλύπτει συνολικά μεγαλύτερο χώρο;

ΜΑΖΑ-ΟΓΚΟΣ

- Αρκετοί συγχέουν και ταυτίζουν την ποσότητα της ύλης από την οποία αποτελείται ένα υλικό σώμα με τον χώρο που εκείνο καταλαμβάνει. Και μάλιστα θεωρούν ότι το μέγεθος ενός σώματος καθορίζεται αποκλειστικά από το πλήθος και το είδος, ή καλύτερα το μέγεθος, των ατόμων απ' τα οποία είναι «φτιαγμένο».

Βέβαια, το μέγεθος ενός υλικού σώματος έχουμε διαπιστώσει ότι αλλάζει ακόμη κι αν δεν του προσθέσουμε εμείς επιπλέον υλικό, ή ακόμα κι αν δεν του αφαιρέσουμε υλικό. Ένα σώμα μπορεί λ.χ. να μεγαλώσει σε μέγεθος χωρίς να προηγηθεί κάποια εξωτερική προσθήκη υλικού σε αυτό. Όμως, αυτό δεν σημαίνει ότι το σώμα που μεγάλωσε σε μέγεθος απέκτησε περισσότερα ή μεγαλύτερα άτομα. Ακόμη και μεγάλοι άνθρωποι πέφτουν σε αυτήν την παγίδα. Ούτε η ποσότητα των ατόμων αυξάνεται από το τίποτα ούτε τα ίδια τα άτομα μεγαλώνουν αν δεν επικρατούν συνθήκες πυρηνικής σύντηξης. Χωρίς εξωτερική προσθήκη υλικού δεν μπορεί να αλλάξει το πλήθος των ατόμων που αποτελούν ένα υλικό σώμα. Αυτό που αλλάζει στα σώματα που θερμαίνονται είναι ο χώρος που εκείνα καταλαμβάνουν.

Μιλώντας με σωστότερες εκφράσεις, θα λέγαμε ότι πολλοί είναι εκείνοι που μπερδεύουν τη μάζα ενός υλικού σώματος με τον όγκο του.

Η μάζα ενός σώματος είναι απλά ο αριθμός των ατόμων που περιέχονται στο υλικό σώμα, δηλαδή το πλήθος τους, που σημαίνει η ποσότητα των ατόμων που αποτελούν το σώμα. Στην έννοια της μάζας συμπεριλαμβάνεται, επίσης, και το μέγεθος των ατόμων του υλικού σώματος, δηλαδή το πόσο μεγάλους ή μικρούς πυρήνες έχουν και το πόσα ηλεκτρόνια διαθέτουν. Ένα σώμα με πολλά και μεγάλα άτομα είναι ένα σώμα που έχει μεγάλη μάζα, δηλαδή περιέχει μεγάλη ποσότητα ύλης. Η ύλη αυτή μπορεί να

είναι είτε περιορισμένη σε έναν μικρό χώρο, οπότε το σώμα έχει μικρό όγκο, είτε λίγο «απλωμένη», με αποτέλεσμα το σώμα να καταλαμβάνει μεγαλύτερο χώρο και να έχει μεγαλύτερο όγκο. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι ο όγκος ενός υλικού σώματος είναι απλά ο χώρος που εκείνο καταλαμβάνει.

Με άλλα λόγια, μάζα είναι η ποσότητα της ύλης από την οποία αποτελείται ένα υλικό σώμα. Για να το πούμε πιο απλά η μάζα καθορίζεται και από το ποσό των ατόμων/μορίων που αποτελούν το σώμα και από το πόσο μεγάλα είναι αυτά τα άτομα/μόρια.

Προφανώς, μάζα δεν έχουν μόνο οι μεγάλοι σχηματισμοί της ύλης, δηλαδή τα υλικά σώματα. Μάζα έχουν και τα σωματίδια. Γι' αυτό όταν μιλάμε για τη μάζα ενός και μόνο ατόμου εννοούμε την ποσότητα της ύλης από την οποία είναι «φτιαγμένο» αυτό το άτομο. Έτσι λοιπόν, πρέπει να κατανοήσουμε ότι μάζα έχει κι ένα μόριο κι ένα άτομο κι ένας πυρήνας κι ένα ηλεκτρόνιο κι ένα κουάρκ κ.ο.κ.

Πρέπει επίσης να πούμε πως η ποσότητα της ύλης ενός σώματος είναι κατά κάποιο τρόπο ανεξάρτητη από τον χώρο που καλύπτει το σώμα αυτό, παρόλο που είναι λογικό να σκεφτούμε ότι όσο περισσότερη ύλη υπάρχει τόσο πιο πολύς χώρος καλύπτεται. Με τις έννοιες της μάζας και του όγκου, ωστόσο, θα ασχοληθούμε λίγο παρακάτω, παίρνοντας αφορμή από κάποιες δραστηριότητες.

ΣΥΣΤΟΛΗ-ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΥΛΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

Ας σημειωθεί εδώ ότι υπάρχουν συγκεκριμένες λέξεις που περιγράφουν όσα αναφέραμε προηγουμένως. Για παράδειγμα, τη μείωση του μεγέθους ενός υλικού σώματος λόγω της αλλαγής της κινητικής κατάστασης των σωματιδίων του, δηλαδή λόγω της ελάττωσης της ταχύτητάς τους, την ονομάζουμε συστολή του υλικού σώματος. Το ακριβώς αντίθετο φαινόμενο καλείται διαστολή του υλικού σώματος και αναφέρεται στην αύξηση του μεγέθους του, η οποία είναι επακόλουθο της αύξησης της ταχύτητας των σωματιδίων του.

-Συνοψίζοντας θα λέγαμε ότι:

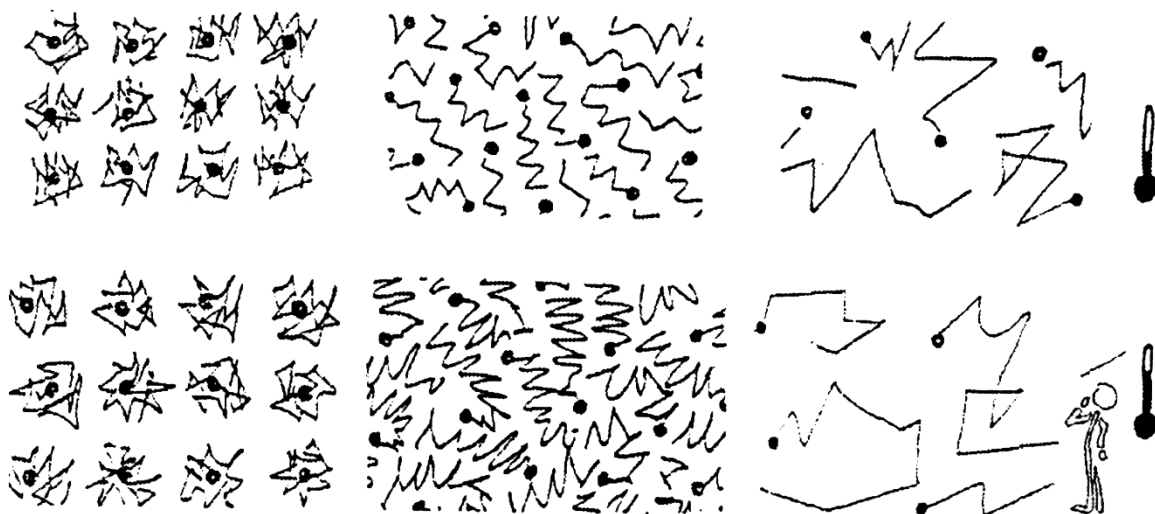
Ο ρυθμός ή αλλιώς η ταχύτητα με την οποία κινούνται ή απλά «χοροπηδούν» τα άτομα ενός σώματος δείχνει σε ποια φυσική κατάσταση βρίσκεται το σώμα αυτό, φανερώνει δηλαδή εάν το σώμα είναι στερεό ή υγρό ή αέριο:

Αν τα άτομα «χοροπηδούν» αργά, τότε το υλικό σώμα είναι στερεό και έχει χαμηλή θερμοκρασία, όπως για παράδειγμα ένα κομμάτι παγωμένου νερού, ένα παγάκι.

Όταν το στερεό υλικό σώμα απορροφήσει ενέργεια κατά τη θέρμανσή του, τα άτομα «χοροπηδούν» λίγο πιο γρήγορα, και τότε το υλικό σώμα μετατρέπεται σε υγρό και έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία σε σχέση με την προηγούμενη στερεή του κατάσταση. Για παράδειγμα, όταν το παγάκι απορροφήσει ενέργεια μετατρέπεται σε υγρό νερό, επειδή τα μόριά του αποκτούν ταχύτερη κίνηση.

Αν, τέλος, τα άτομα χοροπηδούν πολύ γρήγορα, επειδή το σώμα απορρόφησε αρκετή ενέργεια, τότε το υλικό σώμα μετατρέπεται από υγρό σε αέριο και έχει υψηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με την προηγούμενη στερεή ή υγρή του κατάσταση. Οι υδρατμοί από το υγρό νερό που βράζει είναι ένα χρήσιμο παράδειγμα, το οποίο παρουσιάζει την αέρια φυσική κατάσταση ενός υλικού σώματος.

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι τα άτομα ενός υλικού σώματος κινούνται γρηγορότερα όταν αυτό είναι αέριο, λιγότερο γρήγορα όταν αυτό είναι υγρό και, ας πούμε, αργά όταν αυτό είναι στερεό. Επίσης, οφείλουμε να γνωρίζουμε ότι οι ειδικοί, όταν μιλούν για τις κινήσεις των σωματιδίων, δεν χρησιμοποιούν τη λέξη «χοροπηδούν» αλλά τη λέξη «ταλαντώνονται», κι αυτό το κάνουν για να είναι περισσότερο ακριβείς στις διατυπώσεις τους.



Κινήσεις ατόμων

-Θέλετε να χαλαρώσετε ακούγοντας και το παρακάτω...παράδοξο;

-**Μαθητές:** Ναι... *(Θόρυβος...)*

ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

-Οι επιστήμονες προβληματίστηκαν με ένα ιδιαίτερο ζήτημα. Σύγκριναν ένα μικρούτσικο παγάκι νερού με ένα τεράστιο παγόβουνο από νερό. Αφού μέτρησαν με θερμόμετρο τη θερμοκρασία των δυο σωμάτων, παρατήρησαν, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι το παγάκι και το παγόβουνο έχουν ακριβώς την ίδια θερμοκρασία, που σημαίνει ότι τα μόρια νερού στο παγάκι «χοροπηδούν» ακριβώς με τον ίδιο τρόπο όπως και τα αντίστοιχα του παγόβουνου.

Όμως, συμέραναν πολύ σωστά ότι το παγόβουνο είναι φτιαγμένο από πολλά περισσότερα σωματίδια σε σχέση με το παγάκι, άρα το παγόβουνο «νικάει», ας το πούμε έτσι, το παγάκι σε έναν συγκεκριμένο...τομέα. Σκέφτηκαν, λοιπόν, πως θα ήταν χρήσιμο να γνωρίζουμε όχι μόνο το πόσο γρήγορα «χοροπηδούν» τα σωματίδια ενός υλικού σώματος, αλλά επίσης πόση ενέργεια συνολικά έχουν όλα μαζί όταν κινούνται, δηλαδή πόση είναι συνολικά η ενέργεια που κάνει τα σωματίδια να κινούνται. Αυτό μπορεί κανείς να το υπολογίσει αν κάτσει και προσθέσει την ενέργεια που κινεί κάθε σωματίδιο του υλικού σώματος, ούτως ώστε να καταλήξει σε μια συνολική τιμή, η οποία θα αποτελεί το άθροισμα της ενέργειας όλων των κινούμενων σωματιδίων μαζί. Ποιος τολμά να κάνει κάτι τέτοιο...;

(Θόρυβος...)

Βέβαια, οι επιστήμονες ονόμασαν την ενέργεια που κάνει κάθε άτομο ενός υλικού σώματος να κινείται κινητική ενέργεια, ενώ την ίδια την κίνηση του την αποκάλεσαν θερμική κίνηση. Μάλιστα είπαν πως εάν μπορούσαν να προσθέσουν την ενέργεια από όλα τα κινούμενα σωματίδια μαζί, δηλαδή αν μπορούσαν να προσθέσουν την κινητική ενέργεια όλων των ατόμων, τότε θα μπορούσαν να βρουν τη συνολική κινητική ενέργεια που περικλείει ένα υλικό σώμα. Τη συνολική κινητική ενέργεια των ατόμων ενός υλικού σώματος την αποκαλούν θερμική ενέργεια.

Τη θερμική ενέργεια δεν πρέπει να τη συγχέουμε ούτε με τη θερμότητα ούτε με τη θερμοκρασία ενός σώματος. Όπως αναφέρθηκε και στη 2^η Δραστηριότητα, εκείνη με τα κενά που έπρεπε να συμπληρώσετε, η θερμότητα είναι η ενέργεια που μεταδίδεται μέσω των «συγκρούσεων» από τα ταχύτερα σωματίδια στα πιο αργά. Μιλώντας για

υλικά σώματα, θα λέγαμε ότι θερμότητα είναι η ενέργεια που ρέει από τα θερμότερα σώματα προς τα λιγότερο θερμά. Από την άλλη, η θερμοκρασία ενός υλικού σώματος είναι απλά ένα φυσικό μέγεθος, που παίρνει τη μορφή αριθμού και που φανερώνει πόσο γρήγορα κινούνται τα σωματίδια του σώματος. Η θερμική ενέργεια πάλι είναι το άθροισμα της κινητικής ενέργειας όλων των σωματιδίων του σώματος.

Έτσι, ένα παγόβουνο έχει τελικά περισσότερη θερμική ενέργεια από ένα παγάκι, παρόλο που αυτά τα δυο σώματα έχουν την ίδια θερμοκρασία, αφού το παγόβουνο αποτελείται από περισσότερα σωματίδια, που το καθένα απ' αυτά έχει τη δική του κινητική ενέργεια και άρα το παγόβουνο έχει σε επίπεδο σωματιδίων συνολικά περισσότερη κινητική ενέργεια από το παγάκι. Ένα παγόβουνο μπορεί να «ξεπερνά» σε θερμική ενέργεια ακόμη κι ένα πυρακτωμένο κομμάτι σιδήρου, αφού το παγόβουνο αποτελείται από περισσότερα σωματίδια. Αυτό φαίνεται παράδοξο, ιδίως αν σκεφτούμε ότι το πυρακτωμένο κομμάτι σιδήρου έχει ασύγκριτα υψηλότερη θερμοκρασία από το παγόβουνο, καθώς τα άτομά του «χοροπηδούν» πολύ πιο γρήγορα από τα σωματίδια του παγόβουνου.

- 3) -Λοιπόν, έχουμε και λέμε...Θα συγκεντρωθείτε το απόγευμα στο δάσος. Να πάρετε μαζί σας μπουφάν, γιατί θα έχει αρκετό κρύο! Σε κάποιο σκιερό μέρος, πάνω στον κορμό του ψηλότερου δέντρου του δάσους θα βρείτε 4 αντικείμενα. Αυτά είναι ένα θερμόμετρο, μια ζυγαριά και δυο λείοι κύβοι ίδιου μεγέθους. Ο ένας φτιαγμένος από ξύλο κι ο άλλος από σίδηρο. Και οι δυο κύβοι έχουν μια βαθιά εσοχή, στην οποία μπορεί να χωρέσει ακριβώς όλο το θερμόμετρο. Όταν βάλετε το θερμόμετρο στην εσοχή, θα δείτε ότι χωρά ακριβώς εκεί μέσα. Αφού καταγράψετε σε ένα μπλοκάκι τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και τις θερμοκρασίες του ξύλινου και του σιδερένιου κύβου, να αγγίξετε όλοι αυτά τα δυο σώματα και να αναφέρετε ο καθένας ξεχωριστά ποιο σας φαίνεται περισσότερο κρύο. Κατόπιν ζυγίστε τους δυο κύβους και καταγράψτε την τιμή της μάζας του καθενός στο μπλοκάκι. Αλήθεια ποιος από τους κύβους ίδιου μεγέθους περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα ύλης; Δηλαδή, ποιανού η μάζα είναι μεγαλύτερη; Να θυμόμαστε ότι οι κύβοι έχουν το ίδιο ακριβώς μέγεθος, δηλαδή καταλαμβάνει ο καθένας τον ίδιο χώρο με τον άλλο, που σημαίνει ότι έχουν τον ίδιο όγκο. Με αυτά τα δεδομένα προσπαθήστε στη συνέχεια να δώσετε, μέσα από συζήτηση, μια εξήγηση που να ερμηνεύει πειστικά αυτό που

παρατηρήσατε σχετικά με την αίσθηση του κρύου κατά την επαφή του χεριού σας με τα δύο αντικείμενα. Μην φύγετε από το δάσος εάν δεν έρθει το... κέρασμα!

(Κουδούνι, σχόλασμα. Ο Νίκος επιστρέφει σπίτι περπατώντας. Κατά τη διάρκεια του περιπάτου σκέφτεται τις παρακάτω πληροφορίες που ανέφερε ο κ. Βαγγέλης λίγη ώρα πριν. Ο Νίκος φαντάζεται -μέσα σε σύννεφο- όλα όσα λέει ο εκπαιδευτικός):

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΙΑ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΛΛΗ

«Η οριακή ταχύτητα που πρέπει να έχουν τα άτομα δύο διαφορετικών υλικών σωμάτων, ώστε τα σώματα αυτά να μπορούν να μεταβούν και να διατηρηθούν στην ίδια φυσική κατάσταση, δηλαδή η ταχύτητα που πρέπει να έχουν τα άτομα δύο διαφορετικών υλικών σωμάτων, ώστε τα σώματα αυτά να μπορούν να μετατραπούν σε και να παραμείνουν ή μόνο στερεά ή μόνο υγρά ή μόνο αέρια, μπορεί και να είναι διαφορετική. Για παράδειγμα, η ταχύτητα της κίνησης των σωματιδίων του νερού που αποκτά στερεά μορφή, δηλαδή του νερού που παγώνει, που στερεοποιείται, διαφέρει από την ταχύτητα της κίνησης των ατόμων σιδήρου ενός σιδερένιου αντικειμένου που ψύχεται και μετατρέπεται κι αυτό από υγρό σε στερεό. Αυτό σημαίνει ότι δυο διαφορετικά υλικά σώματα μετατρέπονται και μπορούν να παραμείνουν στην ίδια φυσική κατάσταση σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα, το νερό μπορεί από τον πρώτο κιόλας βαθμό Κελσίου να υπάρχει σε υγρή κατάσταση, ενώ ο σίδηρος μετατρέπεται σε υγρό μόνο όταν τα άτομά ενός σιδερένιου αντικειμένου κινούνται τουλάχιστον με τον ρυθμό που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία των 1538 βαθμών Κελσίου. Για τον λόγο αυτό και η ποσότητα της ενέργειας που απαιτείται, ώστε τα άτομα δύο διαφορετικών υλικών να αποκτήσουν την κατάλληλη ταχύτητα, με αποτέλεσμα τα υλικά αυτά να μετατραπούν είτε σε στερεά είτε σε υγρά είτε σε αέρια, διαφέρει και αυτή.

Αυτή η διαφορά στην ταχύτητα της κίνησης των σωματιδίων, που παρατηρείται ανάμεσα σε δύο διαφορετικά υλικά που μεταβαίνουν και διατηρούνται στην ίδια φυσική κατάσταση, έχει μια βασική αιτία. Οφείλεται κυρίως στο πόσο μεγάλα είναι τα άτομα από τα οποία είναι φτιαγμένο κάθε υλικό σώμα. Επιπλέον, ο χρόνος που απαιτείται για να μετατραπεί ολόκληρο το υλικό σώμα σε κάποια συγκεκριμένη φυσική κατάσταση εξαρτάται και από το μέγεθος και από το πλήθος των ατόμων που αποτελούν το σώμα αυτό. Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο πυκνό σε μεγάλα άτομα είναι ένα υλικό σώμα τόσο πιο

μεγάλη πρέπει να είναι κι η χρονική διάρκεια κατά την οποία προσφέρουμε ή αφαιρούμε ενέργεια από το σώμα για να αλλάξουμε την κινητική κατάσταση των ατόμων του και, συνεπώς, τόσο πιο πολλά θα είναι τελικά και τα ποσά ενέργειας που δίνουμε ή παίρνουμε. Ένα τέτοιο σώμα λειτουργεί είτε σαν «ρουφήχτρα» ενέργειας είτε σαν «βίαιος εκτοξευτήρας» ενέργειας.

Η ποσότητα της ύλης από την οποία είναι φτιαγμένο ένα άτομο παίζει σημαντικό ρόλο στο πόσο εύκολα μπορεί αυτό να κινηθεί. Όπως θα 'λεγε κι ο Σοφοκλής, όσο πιο «παχουλό» είναι ένα άτομο, τόσο πιο πολλά είναι και ποσά ενέργειας που χρειάζεται για να επιταχύνει την κίνησή του και τόσο πιο μεγάλη πρέπει να είναι και η «αξία» της ενέργειας που του προσφέρουμε, αν θέλουμε να πετύχουμε γρηγορότερα αποτελέσματα. Επίσης, όσο πιο πολλά άτομα περιέχει ένα σώμα τόσο πιο μεγάλη πρέπει να είναι η προσφερόμενη ενέργεια, ώστε να αλλάζει τελικά η κινητική κατάσταση όλων των ατόμων.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να θυμηθούμε και τα εξής: το πόσο μεγάλο είναι ένα άτομο εξαρτάται, όπως έχουμε πει, από το πόσα πρωτόνια υπάρχουν στον πυρήνα του, καθώς και από τον αριθμό των ηλεκτρονίων του. Επίσης, προηγουμένως είπαμε ότι την ποσότητα της ύλης την ονομάζουμε μάζα, και αυτή η ονομασία αναφέρεται και στην ποσότητα της ύλης που περιέχεται σε ένα ολόκληρο υλικό σώμα, δηλαδή στον αριθμό των ατόμων από τα οποία αποτελείται το σώμα, αλλά και στην ποσότητα της ύλης που περιέχει ένα μόνο άτομο, δηλαδή στον αριθμό των πρωτονίων του και κατά συνέπεια στον αριθμό των νετρονίων και των ηλεκτρονίων που περιλαμβάνει. Η μάζα ενός σωματιδίου, λοιπόν, παίζει καθοριστικό ρόλο στην ταχύτητα της κίνησής του.

Ας δούμε, όμως, τι συμβαίνει όταν προσφέρουμε σε δύο διαφορετικά υλικά σώματα ενέργεια ίσης «αξίας» για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, π.χ. όταν θερμαίνουμε στην ίδια θερμοκρασία -λ.χ. στους 20 βαθμούς Κελσίου- ένα παγάκι κι έναν σιδερένιο χάρακα. Σε αυτήν την περίπτωση και τα σωματίδια του νερού και σωματίδια του σιδερένιου αντικειμένου αποκτούν μετά από λίγη ώρα την ίδια ταχύτητα, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι και τα δύο υλικά σώματα καταλήγουν να έχουν την ίδια θερμοκρασία, δηλαδή εκείνη των 20 βαθμών Κελσίου.

Βέβαια, τα σωματίδια του πάγου, δηλαδή του στερεοποιημένου νερού, μπορούν να αποκτήσουν την ταχύτητα που θα τους δώσει η προσφορά ενέργειας κατά τη θέρμανση στους 20 βαθμούς Κελσίου, πολύ πιο εύκολα και πολύ πιο σύντομα σε σχέση με τα άτομα

σιδήρου, επειδή τα πρώτα έχουν μικρότερη μάζα από εκείνα του σιδερένιου χάρακα και, συνεπώς είναι πιο ευκίνητα. Ακόμη, το στερεοποιημένο νερό θα μετατραπεί γρηγορότερα σε υγρό νερό σε σχέση με τον ρυθμό αλλαγή της φυσικής κατάστασης του στερεού σιδερένιου χάρακα, καθώς αν μετρούσαμε το πλήθος των σωματιδίων που περιέχονται ξεχωριστά στο υλικό καθενός απ'τα σώματα, και μάλιστα στον ίδιο όγκο υλικού, θα βλέπαμε ότι το νερό περιέχει λιγότερα σωματίδια συγκριτικά με τον σίδηρο.

Η «αξία» της ενέργειας που προσφέρεται είναι η ίδια και στα δυο σώματα, αφού και τα δύο θερμαίνονται στους 20 βαθμούς Κελσίου. Ωστόσο η ποσότητα ενέργειας που αρκεί ώστε να αρχίσουν να κινούνται όλα τα μόρια του νερού στον «ρυθμό» των 20 βαθμών Κελσίου είναι μικρότερη από εκείνη που απαιτείται ώστε να κινηθούν με τον ίδιο ρυθμό και τα άτομα σιδήρου. Μικρότερη ποσότητα ενέργειας πρακτικά σημαίνει ότι θα χρειαστεί να θερμάνουμε το νερό για μικρότερο χρονικό διάστημα. Τα σωματίδια του νερού θα αποκτήσουν ταχύτερη κίνηση πιο νωρίς από τα σωματίδια του χάρακα, επειδή είναι μικρότερα σε μάζα και πιο λίγα. Για να αποκτήσουν όμως και τα άτομα σιδήρου την ίδια ταχύτητα θα χρειαστεί να θερμάνουμε τον χάρακα στους 20 βαθμούς για περισσότερη ώρα. Περισσότερη ώρα σημαίνει και προσφορά περισσότερων ποσών ενέργειας, της οποίας όμως η «αξία» παραμένει η ίδια, δηλαδή αντιστοιχεί στους 20 βαθμούς Κελσίου.

Το αξιοσημείωτο εδώ είναι ότι ενώ το παγάκι, εξαιτίας αυτής της ελάχιστης αλλαγής της ταχύτητας των σωματιδίων του, αλλάζει φυσική κατάσταση και μετατρέπεται σε υγρό νερό, ο σιδερένιος χάρακας παραμένει στερεός, παρόλο που τα άτομά του κινούνται πλέον με τον ρυθμό που κινούνται και τα μόρια του νερού. Για τον λόγο αυτό, στο κομματάκι σιδήρου θα χρειαστεί να προσφέρουμε ενέργεια μεγαλύτερης «αξίας», ώστε να κινηθούν γρηγορότερα τα άτομά του και να μετατραπεί τελικά το κομμάτι σιδήρου από στερεό σε υγρό σίδηρο. Ο πάγος γίνεται υγρό νερό στους 1-2 βαθμούς Κελσίου, ενώ ο στερεός σίδηρος λιώνει στους 1538 βαθμούς Κελσίου! Άλλωστε, τα άτομα του σιδήρου είναι μεγαλύτερα από τα σωματίδια του νερού, αφού κάθε πυρήνας ατόμου σιδήρου έχει περισσότερα πρωτόνια. Η μεγάλη μάζα είναι και ο λόγος που τα άτομα σιδήρου είναι ας το πούμε κάπως «δυσκίνητα».

Μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε από την καθημερινή μας εμπειρία με τα υλικά σώματα ότι είναι πολύ δύσκολο να μετακινήσει κανείς ένα ολόκληρο φορτηγό. Θα λέγαμε το ίδιο όμως και για ένα πούπουλο; Ας κάνουμε τον κόπο να συγκρίνουμε τις μάζες και

των δυο αυτών υλικών σωμάτων, δηλαδή ας προσπαθήσουμε να συνειδητοποιήσουμε τι ποσότητα ύλης περιέχει το ένα και τι ποσότητα ύλης το άλλο. Τότε θα καταλάβουμε πολλά σχετικά με την ενέργεια που απαιτείται για την αλλαγή της κινητικής κατάστασης σε κάθε περίπτωση!

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ένα φορτηγό δεν αποτελείται μόνο από μεγαλύτερα άτομα αλλά και από...περισσότερα σε σχέση με το πούπουλο. Κάθε σημείο του υλικού από το οποίο είναι φτιαγμένο το φορτηγό είναι πυκνότερο σε σωματίδια από ένα οποιοδήποτε σημείο του υλικού απ' το πούπουλο.»

(Οι μαθητές συναντιούνται στο δάσος το απόγευμα. Στην αρχή ακούγονται ομιλίες και γέλια. Ξεκινά μια πολύωρη συζήτηση...)

-Σοφοκλής: Εντάξει, δεν έχω λόγια! Είναι όλα εδώ όπως μας τα περιέγραψε ο κύριος Βαγγέλης. Θεωρία συνωμοσίας μου θυμίζει αυτό!

-Μάξιμος: Ποιος θα σημειώσει τα δεδομένα στο μπλοκάκι;

-Χαρά: Θα το κάνω εγώ.

-Σοφοκλής: Το θερμόμετρο δείχνει τώρα 14 βαθμούς Κελσίου. Κατάγραψε...14 βαθμοί Κελσίου, θερμοκρασία περιβάλλοντος.

-Μαρία: Βάζω το θερμόμετρο στον κύβο. Ας περιμένουμε λίγο...(μουσική...) Λοιπόν, 14 βαθμοί Κελσίου, θερμοκρασία ξύλινου κύβου. Βάζω το θερμόμετρο στον σιδερένιο κύβο τώρα.

(μουσική...)

-Μαρία: Εντάξει, πέρασαν λίγα λεπτά. Έχουμε και λέμε... 14 βαθμοί Κελσίου και ο σιδερένιος κύβος.

-Νίκος: Ζυγίζω εγώ τα δυο σώματα. (μουσική...) Σιδερένιος κύβος 1 κιλό και 300 γραμμάρια. (μουσική...) Ξύλινος κύβος...μόλις 208 γραμμάρια.

-Χαρά: Ας αγγίξουμε τώρα τα δυο αντικείμενα με τα δυο μας χέρια. Κάθε παιδί που θα'ρχεται για να αγγίξει, μέχρι να βάλει τα χέρια του πάνω στους κύβους για τη δική του δοκιμή, ας αφήνει λίγο χρόνο να περνά μετά απ' τη δοκιμή του προηγούμενου παιδιού. Δεν θα αποκαλύψουμε τίποτα ο ένας στον άλλο μέχρι να δοκιμάσουμε όλοι. Στο μπλοκάκι έχω σχεδιάσει έναν πίνακα με τους δύο κύβους και με τα ονόματά μας.

Αφού έχουμε ολοκληρώσει όλοι, σημειώνουμε X στον κύβο που μας φαίνεται πιο κρύος. Αν και οι δυο κύβοι μας φαίνονται το ίδιο ψυχροί, δεν σημειώνουμε τίποτα στα κουτάκια. Ας ξεκινήσουμε!

(μουσική...)

[Το μπλοκάκι φαίνεται στην οθόνη. Όλα τα παιδιά έχουν σημειώσει X στον σιδερένιο κύβο.]

(Πάνω στην ώρα φτάνει και ο γιος του κυρίου Βαγγέλη, ο οποίος κρατά με γάντια φούρνου μια φόρμα ζαχαροπλαστικής που περιέχει ένα καυτό και αχνιστό κέικ...)

-Μάξιμος: Ομοφωνία, λοιπόν! Μπράβο μας! Πολύ ωραία...η αφή μας χρειάζεται επισκευή και...πέταμα! Ενώ το θερμόμετρο έδειξε το ίδιο και για τους δυο κύβους, εμείς καταλάβαμε άλλα αντί άλλων. Τέλεια! Η Nasa έχει ορθάνοικτες τις πόρτες για μας.

-Κατερίνα: Για μια ακόμη φορά ο Σοφοκλής βιάζεται να καταλήξει σε συμπεράσματα. Εντάξει, οι αισθήσεις μας δεν μπορούν να προσλάβουν όλες τις πληροφορίες από το περιβάλλον. Ωστόσο, δεν είναι και μηδαμινό αυτό που μας δίνουν. Εγώ αρχίζω να υποπτεύομαι πως οι αισθήσεις μας εντόπισαν κάποιο φαινόμενο, που το μυαλό μας δυσκολεύεται προς το παρόν να εξηγήσει. Δεν είναι τυχαίο που όλοι μας νιώσαμε πιο ψυχρό τον σιδερένιο κύβο. Νομίζω πως ο καθένας, λίγο έως πολύ, έχει ξαναζήσει μια παρόμοια εμπειρία. Εγώ για παράδειγμα... Πέρσι, όταν είχε χιονίσει. Βγήκα στην αυλή για να φέρω στον παππού μου το μεταλλικό του μπαστούνι. Αυτό μου φάνηκε ιδιαίτερα κρύο, όταν το άγγιξα από την περιοχή που βρισκόταν το ακάλυπτο μέταλλο, ενώ δεν ένιωσα το ίδιο όταν ακούμπησα την πλαστική του χειρολαβή. Το καλοκαίρι πάλι... όταν βρισκόμουν στο χωριό των γονιών μου, στην Κύμη... μου έκανε εντύπωση, όταν ένα βράδυ, καθώς πήγαινα περίπατο με τον πατέρα μου, περνώντας από μια περιοχή όπου υπήρχαν βράχια, αισθάνθηκα αρκετή ζέστη. Στην υπόλοιπη διαδρομή δεν ένιωσα κάτι αντίστοιχο και, μάλιστα, μπορώ να πω ότι εκείνο το βράδυ ήταν αρκετά δροσερό. Όταν ακούμπησα, λοιπόν, τα βράχια, κατάλαβα ότι η θερμότητα προερχόταν από αυτά. Τότε ρώτησα τον πατέρα μου αν το ηφαίστειο που βρίσκεται στην περιοχή είναι ακόμη ενεργό κι εκείνος φυσικά...γέλασε. Το συγκεκριμένο ηφαίστειο, που βρίσκεται δίπλα στο χωριό Οξύλιθος, όχι μόνο δεν είναι ενεργό, αλλά έχει σβήσει εδώ και εδώ και εκατομμύρια χρόνια. Ιταλοί και Έλληνες επιστήμονες, μετά από μελέτη, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ηφαιστειακή δραστηριότητά του ολοκληρώθηκε πριν από 11

εκατομμύρια χρόνια. Οπότε...συνέχισα να έχω την ίδια απορία. Πώς γινόταν, ενώ δεν υπήρχε ήλιος στον ουρανό, τα βράχια να εκλύουν θερμότητα προς το περιβάλλον. Μπήκα στον πειρασμό να ακουμπήσω τους κορμούς των πεύκων που είχαν φυτρώσει πάνω σε εκείνα τα βράχια, αλλά...φοβόμουν τα φίδια. Σε λίγο προσπεράσαμε το σημείο και εγώ σκεφτόμουν ακόμη αυτό το παράξενο φαινόμενο. Τελικά, γυρίσαμε πάλι πίσω και ο πατέρας μου με βοήθησε να αγγίξω δυο τρεις κορμούς, μήπως και μου φύγει η περιέργεια. Τότε ήταν που τα πράγματα μπερδεύτηκαν ακόμη περισσότερο μες στο μυαλό μου, αφού οι κορμοί των πεύκων ήταν πολύ πιο δροσεροί από τους βράχους. Ο πατέρας μου δεν ήξερε να απαντήσει γιατί συμβαίνει κάτι τέτοιο. Μάλλον ήρθε τώρα η ώρα για να δοθεί μια λύση σε αυτήν εδώ την απορία!

-Κωστής: Καλησπέρα παιδιά! Μόλις κατέφθασε κι ένα κέρασμα από τον πατέρα μου. Πριν το φάτε, μου είπε, να διαβάσετε αυτό εδώ το σημείωμα.

(Με το που εμφανίζεται το γλυκό ακούγονται θετικά επιφωνήματα. Η Κατερίνα διαβάζει το σημείωμα...)

-Κατερίνα: «Καλή σας όρεξη! Λοιπόν, καθώς γεύεστε το κέικ θέλω *(ακούγονται από το σημείο αυτό και για λίγες λέξεις ακόμα ταυτόχρονα οι φωνές μαθήτριας και δασκάλου, κατόπιν ακούγεται μόνο ο εκπαιδευτικός σαν σε όνειρο)* να σκέφτεστε την εξής ερώτηση: Με την προϋπόθεση ότι δεν έχεις ούτε γάντια ούτε κάποιο άλλο θερμομονωτικό υλικό, όταν βγάζεις ένα καυτό κέικ από τον φούρνο, από ποια επιφάνεια θα ήταν συνετό να το κρατήσεις ώστε να μην πάθεις κάποιο σοβαρό έγκλημα; Από την μεταλλική φόρμα ή από την ελεύθερη επιφάνεια του ίδιου του κέικ, δηλαδή από το πάνω μέρος του γλυκού; Για ποιον λόγο η μια από τις δύο επιλογές δεν είναι τόσο επικίνδυνη; Παιδιά, σας παρακαλώ, προσπαθήστε να δώσετε απάντηση σε αυτήν την ερώτηση σε συνδυασμό με την εξήγηση που σκεφτήκατε αναφορικά με την πραγματική αιτία που σας κάνει να αισθάνεσθε τον έναν κύβο πιο κρύο από τον άλλο.

Θυμηθείτε όσα είπαμε για την επαφή του χεριού με άλλα σώματα. Επίσης, προσπαθήστε να εντοπίσετε το κρυμμένο μοτίβο. Ένα μοτίβο, δηλαδή, που να συμφωνεί με την ιδέα ότι η αύξηση ή η μείωση κάποιας ποσότητας επηρεάζει με ανάλογο τρόπο τον ρυθμό κάποιας αλλαγής στη φύση. Και μιας και μιλάμε για φαινόμενα που σχετίζονται με τη θερμότητα, μεταξύ των σωμάτων που αγγίζετε ποια είναι εκείνη η ποσότητα που διαφοροποιείται από σώμα σε σώμα, με αποτέλεσμα η διαφοροποίηση αυτή να επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο ρέει η θερμότητα από τη μια επιφάνεια στην άλλη; Για να απαντήσετε σωστά

στην ερώτηση σχετικά με το κέικ και για να ερμηνεύσετε με επιτυχία το φαινόμενο που ξεκινά να συμβαίνει όταν αγγίζεται τους κύβους, σας υπενθυμίζω ότι οι συνδυασμοί των σωμάτων που έρχονται σε επαφή είναι τα χέρια σας με τους κύβους και τα χέρια σας με το κέικ ή το ταψί του.

Η επιμονή και η υπομονή επιβραβεύονται πάντα στο τέλος!»

-Νίκος: Δεν ξεκινάμε το φαγοπότι, λέω, γω, και παράλληλα ας βάλουμε κάτω όσα ξέρουμε σχετικά με τη θερμοκρασία των σωμάτων και τη θερμότητα; Ποιος ξεκινά;

(Κάθονται οκλαδόν, θόρυβος και επιφωνήματα θαυμασμού για το κέικ...μετά ξεκινούν να συγκεντρώνουν τις γνώσεις τους)

-Μαρία: Όσο πιο γρήγορα κινούνται τα άτομα ενός υλικού σώματος, τόσο πιο θερμό είναι το σώμα αυτό και τόσο περισσότερο χώρο αρχίζει να καλύπτει, δηλαδή αποκτά μεγαλύτερο όγκο. Τα ταχύτερα άτομα πλησιάζουν με ορμή τα πιο αργά και, λόγω των απωστικών ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων, τα δεύτερα αρχίζουν να απομακρύνονται με γρήγορο ρυθμό. Η εντονότερη κίνηση των σωματιδίων, που κατόπιν οδηγεί στη μετακίνησή τους, απαιτεί μεγαλύτερο χώρο. Δηλαδή, όσο πιο γρήγορη είναι η ταχύτητα των σωματιδίων τόσο πιο πολύς χώρος απαιτείται για την κίνησή τους.

-Σοφοκλής: Η φυσική κατάσταση ενός σώματος εξαρτάται από την ταχύτητα της κίνησης των ατόμων του, η οποία είναι μικρότερη όταν το σώμα είναι στερεό και αυξάνεται καθώς το σώμα μεταβαίνει προς την υγρή και την αέρια κατάσταση.

-Χαρά: Η ταχύτητα της κίνησης των ατόμων εξαρτάται από την ποσότητα της ενέργειας που απορροφά από το περιβάλλον ή εκλύει προς αυτό το υλικό σώμα. Όσο περισσότερη ενέργεια απορροφά το σώμα τόσο πιο γρήγορα κινούνται τα σωματίδιά του. Αν το σώμα αποβάλλει ενέργεια, μεταδίδοντάς τη σε ένα άλλο σώμα του περιβάλλοντός του, τότε η ταχύτητα των σωματιδίων του μειώνεται.

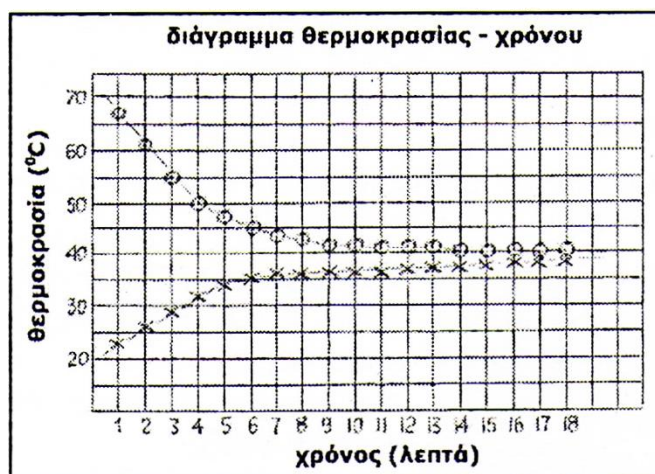
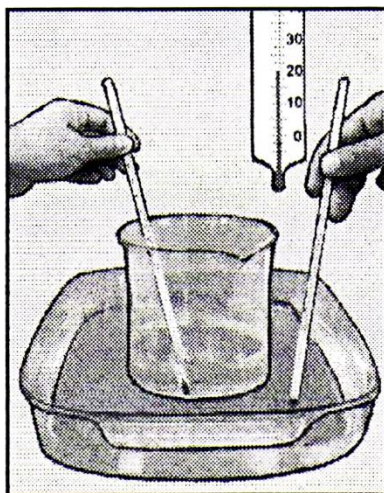
-Μάξιμος: Όσο πιο μεγάλα είναι τα άτομα, τόσο περισσότερη ενέργεια χρειάζονται για να κινηθούν ταχύτερα. Ένα σώμα με πολλά άτομα χρειάζεται περισσότερη ενέργεια, για να κινηθούν γρηγορότερα όλα αυτά τα άτομα. Μάζα είναι η ποσότητα της ύλης που περιέχει ένα υλικό σώμα, ενώ ο όγκος ενός σώματος είναι ο χώρος που εκείνο καταλαμβάνει.

-Κατερίνα: Η ενέργεια μεταφέρεται από τα γρηγορότερα άτομα προς τα πιο αργά. Είναι λογικό να λέμε ότι μόνο εκείνος που κινείται ταχύτερα μπορεί να πλησιάσει τον πιο αργό. Άρα, η ενέργεια ρέει πάντα από τα πιο θερμά σώματα προς τα λιγότερο θερμά. Η ενέργεια αυτή ονομάζεται θερμότητα.

-Νίκος: Όταν προσθέσουμε την ενέργεια που έχει κάθε σωματίδιο και το κάνει να κινείται, τότε θα βρούμε τη συνολική κινητική ενέργεια των σωματιδίων, που ονομάζεται θερμική ενέργεια του υλικού σώματος, το οποίο περιέχει όλα αυτά τα κινούμενα σωματίδια.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

-Μαρία: Όταν ένα θερμό σώμα έρθει σε επαφή με ένα ψυχρό, τότε το θερμό θα μεταδώσει ενέργεια προς το λιγότερο θερμό σώμα, μέσω των...περίπου «συγκρούσεων» που προκαλούνται όταν τα ταχύτερα άτομα πλησιάσουν πολύ κοντά στα πιο αργά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί η ταχύτητα των σωματιδίων του πρώτου και να αυξηθεί η αντίστοιχη για το δεύτερο σώμα. Είναι λογικό να συμπεράνουμε ότι μετά από λίγη ώρα η ενέργεια θα έχει μοιραστεί ισόποσα και στα δύο σώματα, που σημαίνει ότι η ταχύτητα των σωματιδίων και των δυο σωμάτων θα είναι ίδια. Επειδή η ενέργεια έχει μοιραστεί ισόποσα, η ταχύτητα αυτή θα είναι μικρότερη από την αρχική ταχύτητα των σωματιδίων του θερμού σώματος και μεγαλύτερη από την αρχική ταχύτητα των σωματιδίων του ψυχρού σώματος. Ο κ. Βαγγέλης μας είπε σε κάποιο διάλειμμα ότι το φαινόμενο αυτού του ομοιόμορφου μοιράσματος της θερμότητας ονομάζεται θερμική ισορροπία. Κάτι αντίστοιχο συνέβη σ'ολόκληρο το Σύμπαν μετά την ολοκλήρωση του σταδίου της βίαιης διαστολής του κατά την διάρκεια της αρχικής του εξέλιξης.



Θερμική ισορροπία

-**Νίκος:** Το πόσο γρήγορα κινούνται τα άτομα ενός υλικού σώματος μας το δείχνει η θερμοκρασία του. Για τον λόγο αυτό, στο παράδειγμα σου, Μαρία, με το θερμό και το ψυχρό σώμα που έρχονται σε επαφή, η θερμοκρασία και των δυο σωμάτων θα είναι η ίδια, όταν εκείνα περάσουν στη φάση της θερμικής ισορροπίας.

-**Μάξιμος:** Το θερμόμετρο, όπως και το χέρι μας, «μιμούνται» κατά κάποιο τρόπο τη θερμοκρασία του υλικού σώματος με το οποίο έρχονται σε επαφή, αφού, μέσω της ροής θερμότητας, τα σωματίδιά τους αρχίζουν να κινούνται με την ίδια ταχύτητα όπως και τα αντίστοιχα του υλικού σώματος. Ορισμένα σώματα όταν τα αγγίζουμε δεν τα αισθανόμαστε το ίδιο θερμά ή ψυχρά όπως κάποια άλλα, παρόλο που έχουν την ίδια θερμοκρασία. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις της Κατερίνας, αλλά και όλων των υπολοίπων, σε αντίθεση με το πλαστικό, το ξύλο και το...κέικ, τα μέταλλα τα αισθανόμαστε πιο ζεστά όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλή και πιο ψυχρά όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή.

-**Χαρά:** Όμως, πού οφείλεται κάτι τέτοιο;

-**Σοφοκλής:** Νομίζω ότι πρέπει να δούμε σε τι διαφέρουν τα μέταλλα από το ξύλο, το πλαστικό και το κέικ. Θα ήταν φρόνιμο να ξεκινήσουμε την έρευνα από τα σωματίδιά τους. Να δούμε πόσα ακόμη μοτίβα θα ανακαλύψουμε...

(Ακολουθεί έντονη συζήτηση...θόρυβος.)

Την επόμενη ημέρα οι μαθητές έφεραν στην τάξη διάφορα σκίτσα με τα οποία, όπως ισχυρίζονταν, μπορούσαν να εξηγήσουν επαρκώς την παράδοξη διαφορά ανάμεσα στην εντύπωση για τη θερμοκρασία διαφόρων σωμάτων, που τους έδινε η αίσθηση της αφής, και στην επιβεβαιωμένη μέσω θερμομέτρου θερμοκρασία των ίδιων σωμάτων, η οποία ήταν ίδια για όλα τα σώματα. Επίσης, έσωσαν σε ορισμένα μέταλλα τα παρατσούκλια «καλύτεροι κλέφτες θερμότητας» και «γενναιόδωροι θερμοπομποί».

4^η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ:

Με τα παρατσούκλια αυτά τα παιδιά θέλουν να πουν πως στη φύση υπάρχουν υλικά που μπορούν πολύ εύκολα και αρκετά γρήγορα να απορροφήσουν θερμότητα από άλλα σώματα, όπως επίσης μπορούν και να απελευθερώσουν θερμότητα με την ίδια ευκολία προς αυτά.

α) Επίλεξε από καθένα από τα παρακάτω ζευγάρια εκείνο τον κύβο που το υλικό του θα μπορούσε να είναι «γενναιόδωρος θερμοπομπός» και «καλύτερος κλέφτης θερμότητας». Οι κύβοι αυτοί αποτελούν σκίτσα των μαθητών: [Μόνο εικόνες, χωρίς λεζάντες ή κείμενο: Οι χρήστες έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε ζευγάρια κύβων ίδιου όγκου με: **πολλά-λίγα** άτομα ίδιου μεγέθους, **μεγάλα-μικρά** άτομα ίδιου πλήθους, **πολλά μικρά** άτομα-**πολλά μεγάλα** άτομα ίδιου πλήθους, **λίγα μικρά** άτομα-**λίγα μεγάλα** άτομα ίδιου πλήθους, άτομα σε θέσεις **κοντά-μακριά** (στον κύβο με τις κοντινές θέσεις τα άτομα είναι εκ των πραγμάτων περισσότερα). Αν απαντηθεί σωστά το α) σκέλος, τότε ο χρήστης περνά αμέσως στο β) σκέλος.]

β) Τα χαρακτηριστικά εκείνα που δίνουν σε ένα υλικό την ικανότητα να απορροφά και να εκπέμπει θερμότητα με ιδιαίτερη ευκολία περιγράφονται με τη βοήθεια ορισμένων από τα επίθετα και τα επιρρήματα που υπάρχουν στο α) σκέλος αυτής της δοκιμασίας. Κατάγραψε τα κατάλληλα επίθετα στα κενά παρακάτω.

[στο δεξιό μέρος των κενών υπάρχει μια μεγάλη αγκύλη, της οποίας το βέλος δείχνει τη λέξη «άτομα»]

_____ (**πολλά**)

_____ (**μεγάλα**)

_____ και _____ (**πολλά, μεγάλα**)

που βρίσκονται αρκετά _____ το ένα στο άλλο. (**κοντά**)

γ) Ο κ. Βαγγέλης είπε στα παιδιά ότι τα υλικά που αποκαλούν «καλύτερους κλέφτες θερμότητας» και «γενναιόδωρους θερμοπομπούς» ονομάζονται επιστημονικά καλοί αγωγοί της θερμότητας, ή απλά αγωγοί. Για παράδειγμα, τα υλικά από τα οποία φτιάχτηκαν ο σιδερένιος κύβος και το μεταλλικό ταψί του κέικ θεωρούνται καλοί αγωγοί της θερμότητας. Ποια είναι τα δύο βασικά χαρακτηριστικά των καλών αγωγών της θερμότητας; Επίσης, τι είναι αυτό που

λείπει από τα υλικά που θεωρούνται κακοί αγωγοί της θερμότητας, όπως είναι λ.χ. η πλαστική χειρολαβή του μπαστουνιού και το ψημένο κέικ. Κατάγραψε τις απαντήσεις σου παρακάτω.

- Για να είναι ένα υλικό σώμα καλός αγωγός της θερμότητας, πρέπει να έχει _____ (μεγάλη μάζα), δηλαδή να αποτελείται από _____ (πολλά) και _____ (μεγάλα) άτομα. Όσο πιο _____ (κοντά) βρίσκονται μεταξύ τους τα άτομα τόσο πιο εύκολα και γρήγορα _____ (μεταδίδεται) η _____ (ενέργεια) από τα ταχύτερα στα πιο αργά. Σε αυτήν την περίπτωση, οι μικρές αποστάσεις μεταξύ των ατόμων ευνοούν την άμεση αλλαγή της κινητικής κατάστασης των γειτονικών ατόμων.
- Οι κακοί αγωγοί της θερμότητας, που λέγονται αλλιώς μονωτές, δεν περιέχουν _____ (μεγάλη ποσότητα) ύλης και επειδή τα άτομά τους δεν βρίσκονται και τόσο κοντά μεταξύ τους, το υλικό των μονωτών δεν είναι τόσο _____ (πυκνό) όσο είναι των αγωγών.

δ) Μπορείς να συμπληρώσεις τις προτάσεις; Αυτές παρουσιάζουν χρήσιμα γενικά συμπεράσματα, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν σαν μοτίβα ή αναλογίες που ταιριάζουν στην ερμηνεία κι άλλων φαινομένων. [Τις προτάσεις συνοδεύουν εικόνες με ανάλογο περιεχόμενο, τα κενά έχουν διακεκομμένες γραμμές όσα και τα γράμματα της σωστής λέξης.]

1) Τα μικρά δοχεία χωρούν _ _ _ (μικρή/λίγη) ποσότητα νερού, ενώ τα μεγάλα χωρούν _ _ _ (περισσότερο/πολύ) νερό. Πολλά μεγάλα δοχεία μαζί χωρούν _ _ _ (μεγαλύτερη) ποσότητα νερού από τα λίγα μικρά.

2) Με το αριστερό και το δεξί μου χέρι έχω συμπιέσει ένα μεγάλο κι ένα μικρό σφουγγάρι αντίστοιχα. Ταυτόχρονα έχω βυθίσει τα χέρια μου μέσα σε μια λεκάνη με νερό. Όταν ανοίξω τις παλάμες μου και αφήσω ελεύθερα τα σφουγγάρια, το _ _ _ (μεγάλο) σφουγγάρι θα απορροφήσει μεγαλύτερη ποσότητα νερού. Το σφουγγάρι που «κλέβει» περισσότερο νερό από τη λεκάνη είναι το _ _ _ (μεγάλο). Πολλά μεγάλα σφουγγάρια μαζί απορροφούν _ _ _ (μεγαλύτερη) ποσότητα νερού σε σχέση με τα λίγα μικρά σφουγγάρια μαζί. Πέντε σφουγγάρια «κλέβουν»

περισσότερο νερό το καθένα από μια λεκάνη που περιέχει _ _ _ (μεγαλύτερη) ποσότητα νερού παρά από μια άλλη με _ _ _ (λιγότερο/μικρότερο) περιεχόμενο.

3) Ένα αυτοκίνητο χρειάζεται _ _ _ (λιγότερη) ενέργεια για να αυξήσει την ταχύτητά του. Ένα φορτηγό χρειάζεται _ _ _ (περισσότερη) ενέργεια για να αυξήσει την ταχύτητά του.

4) Αν ένα αυτοκίνητο κι ένα φορτηγό καίνε στη μηχανή τους τη βενζίνη με τον ίδιο ρυθμό, το αυτοκίνητο χρειάζεται _ _ _ (λιγότερο) χρόνο για να αυξήσει την ταχύτητά του και το φορτηγό χρειάζεται _ _ _ (περισσότερο) χρόνο για να αυξήσει την ταχύτητά του.

5) Ένα αυτοκίνητο κι ένα φορτηγό τρέχουν με την ίδια ταχύτητα. Όταν το αυτοκίνητο πέσει πάνω σε έναν ξύλινο τοίχο, θα προκαλέσει _ _ _ (μικρότερη) ζημιά σε σχέση με το φορτηγό. Μεγαλύτερη ορμή έχει το _ _ _ (φορτηγό).

6) Κάπου υπάρχουν ένα πολύ μικρό και ένα πολύ μεγάλο ποτάμι. Το μικρό ποτάμι έχει λίγο νερό, το οποίο κυλά σε μια περιοχή με μικρή κλίση, ενώ το μεγάλο έχει πολύ νερό, το οποίο ρέει κατά μήκος μιας πολύ απότομης περιοχής. Σε καθένα από αυτά υπάρχει κι από ένας κολυμβητής. Το _ _ _ (μεγάλο) ποτάμι θα παρασύρει με μεγαλύτερη ευκολία και βιαιότητα τον κολυμβητή που κολυμπά στα νερά του.

7) Σε μια λεωφόρο κινούνται προς τη μια πλευρά αρκετά μηχανάκια. Το αυτοκίνητο και το φορτηγό κινούνται αντίθετα σε σχέση με την κατεύθυνση των μηχανών. Το αυτοκίνητο έχει _ _ _ (λιγότερες/λίγες) πιθανότητες να συγκρουστεί με κάποια από αυτά. Το φορτηγό έχει _ _ _ (περισσότερες/πολλές) πιθανότητες να συγκρουστεί με κάποια από αυτά. Τους _ _ _ (μεγάλους) σε μέγεθος στόχους τους πετυχαίνουμε ευκολότερα και περισσότερες φορές. Περισσότερες πιθανότητες για να συμβούν πολλές συγκρούσεις υπάρχουν σε μια λεωφόρο όπου κυκλοφορεί ένας _ _ _ (μεγάλος) αριθμός μηχανών.

8) Κατά τη σύγκρουση, ένα μηχανάκι μπορεί να αλλάξει ευκολότερα την κινητική κατάσταση του _ _ _ (αυτοκινήτου) παρά του _ _ _ (φορτηγού). Το μηχανάκι πρέπει να κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα ώστε να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό και την κινητική κατάσταση του _ _ _ (φορτηγού). Σε αυτήν την τελευταία περίπτωση, για να έχουμε μεγαλύτερη αλλαγή της κινητικής κατάστασης, αντί για

μηχανάκι θα μπορούσαμε να στείλουμε σε πορεία σύγκρουσης ένα πολύ _ _ _ (μεγάλο) όχημα ή _ _ _ (πολλά) οχήματα μαζί.

9) Καθώς στοχεύεις στο μπιλιάρδο, έχεις περισσότερες πιθανότητες να πετύχεις τις μπάλες που βρίσκονται πιο _ _ _ (κοντά) σε εσένα.

10) Έχεις ένα γιλέκο που στο πίσω του μέρος υπάρχουν ραμμένα κάποια μικρά κομμάτια από αυτοκόλλητα σκρατς. Σε ορισμένα από αυτά έχουν ήδη τοποθετηθεί τα αυτοκόλλητα ζευγάρια τους, ενώ στα υπόλοιπα τα αυτοκόλλητα ζευγάρια θα τοποθετηθούν αφότου φορέσεις το γιλέκο. Αποφασίζεις να φορέσεις το γιλέκο. Ένας φίλος σου τραβά αλλά και τοποθετεί κομμάτια σκρατς. Όταν απομακρύνει ένα σκρατς από το ζευγάρι του, εσύ αισθάνεσαι ένα _ _ _ (τράβηγμα). Αντίθετα, όταν ο φίλος σου τοποθετεί το αυτοκόλλητο σκρατς πάνω στο ραμμένο κομμάτι, εσύ νιώθεις να ασκείται πάνω σου μια _ _ _ (δύναμη).

ε) Έχοντας στον νου σου τις προηγούμενες προτάσεις να απαντήσεις με ΝΑΙ ή ΟΧΙ στις παρακάτω θέσεις.

- Ένα υλικό σώμα είναι καλός αγωγός της θερμότητας (ή αλλιώς είναι αγωγός θερμότητας) όταν γι' αυτό ισχύουν τα παρακάτω:

Ένας καλός αγωγός θερμότητας αποτελείται από πολλά και μεγάλα άτομα.

Τα άτομά του καλού αγωγού θερμότητας βρίσκονται πολύ κοντά το ένα στο άλλο. Λόγω της μικρής απόστασης που τα χωρίζει, ένα οποιοδήποτε άτομο «συναντά» πολύ πιο εύκολα τα διπλανά του.

Όταν τα άτομα είναι πολλά, τότε το υλικό σώμα μπορεί να απορροφήσει και να αποβάλλει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας. Έτσι αποτελεί καλό αγωγό θερμότητας.

Για να κινηθούν γρηγορότερα όλα τα άτομα σε υλικά σώματα που αποτελούνται από ένα μεγάλο πλήθος ατόμων, απαιτείται περισσότερη ενέργεια σε σχέση με εκείνη που απαιτείται για υλικά σώματα που έχουν λιγότερα άτομα. Γι' αυτό τα πυκνότερα υλικά σώματα είναι ικανά να απορροφούν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας. Έτσι αποτελούν καλούς αγωγούς θερμότητας.

Όταν τα άτομα έχουν μεγάλη μάζα, τότε το υλικό σώμα μπορεί να απορροφήσει και να αποβάλλει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας. Έτσι αποτελεί καλό αγωγό θερμότητας.

Για να κινηθεί γρηγορότερα ένα μεγάλο άτομο απαιτείται περισσότερη ενέργεια σε σχέση με εκείνη που απαιτείται για την κίνηση ενός μικρότερου ατόμου. Γι' αυτό τα υλικά σώματα που αποτελούνται από άτομα μεγάλης μάζας είναι ικανά να απορροφούν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας. Έτσι αποτελούν καλούς αγωγούς θερμότητας.

Οι «συγκρούσεις» που προκαλούνται από μεγάλα άτομα που κινούνται γρήγορα είναι πιο σφοδρές από αυτές που προκαλούν μικρά άτομα, τα οποία κινούνται το ίδιο γρήγορα. Επομένως, μέσα από σφοδρότερες «συγκρούσεις» επιταχύνεται η μετάδοση του ίδιου ρυθμού κίνησης. Για τον λόγο αυτό λέμε ότι η ενέργεια μεταδίδεται γρηγορότερα από τα μεγαλύτερα άτομα. Αν μάλιστα, τα μεγάλα άτομα είναι ταυτόχρονα και πολλά, τότε η μετάδοση της κίνησης γίνεται σε ακόμη πιο σύντομο χρόνο.

Οι κινήσεις των μεγάλων ατόμων, που διαθέτει π.χ. ένα στερεό σώμα, μπορούν να γίνουν πιο βίαιες σε σχέση εκείνες των μικρών ατόμων που αποτελούν ένα άλλο στερεό σώμα. Συνεπώς, η ενέργεια που μεταδίδουν προς ένα σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας μπορεί να είναι μεγαλύτερη και σίγουρα γίνεται με περισσότερη άνεση και σε λιγότερο χρόνο. Όταν οι κινήσεις των ατόμων είναι βιαιότερες, τότε το υλικό σώμα έχει υψηλότερη θερμοκρασία.

Η θερμική ενέργεια, δηλαδή η συνολική κινητική ενέργεια των ατόμων ενός σώματος με πολλά άτομα είναι μεγαλύτερη από εκείνη ενός σώματος λιγότερα. Αυτό αφορά σώματα που έχουν τον ίδιο όγκο.

Όταν τα άτομα είναι πολλά και μεγάλα, το υλικό σώμα και απορροφά και αποβάλλει πιο εύκολα θερμότητα. Αυτό εξηγείται ως εξής: Λόγω της μεγάλης ποσότητας σε άτομα και εξαιτίας της μεγάλης μάζας κάθε ατόμου, το σώμα αυτό έχει μεγαλύτερη ικανότητα στο να δέχεται ενέργεια από το περιβάλλον, και μάλιστα να δέχεται περισσότερη ενέργεια, αφού αν ακουμπήσει πάνω του ένα θερμότερο σώμα, τότε τα ταχύτερα άτομα του θερμότερου σώματος έχουν περισσότερες πιθανότητες «πετύχουν» και να «συγκρουστούν» με κάποια από τα πολλά και μεγάλα άτομα του. Το σώμα αυτό είναι πιο πυκνό σε... «στόχους»,

δηλαδή «προσφέρει» περισσότερους και μεγαλύτερους στόχους για «συγκρούσεις» και κάτι τέτοιο αυξάνει τις πιθανότητες των «συγκρούσεων». Αντίθετα, οι πιθανότητες θα λιγόστευαν αν το σώμα δεν είχε ούτε μεγάλο πλήθος ατόμων ούτε μεγάλα άτομα. Από την άλλη, το πυκνότερο σε ύλη σώμα μπορεί να μεταδώσει ευκολότερα και αποτελεσματικότερα θερμότητα προς ένα άλλο υλικό σώμα που είναι λιγότερο θερμό, αφού ένα μεγάλο πλήθος ταχύτατων και μεγάλων ατόμων έχει περισσότερες πιθανότητες να «συναντήσει» και να «συγκρουστεί» με τα άτομα κάποιου άλλου υλικού σώματος, το οποίο θα μπορούσε να αποτελείται κι από λιγότερα άτομα. Σε αντίθεση με τις πιθανότητες που υπάρχουν για ένα μικρότερο πλήθος μικρών ατόμων να «συναντήσουν» τα σωματίδια ενός οποιουδήποτε υλικού σώματος, τα πυκνότερα σώματα έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες και να επηρεάσουν την κίνηση των ατόμων κάποιου άλλου σώματος που βρίσκεται σε επαφή με αυτά, αλλά και να επηρεαστούν από τα άτομά του σώματος αυτού.

Η θερμότητα μεταδίδεται ευκολότερα μέσα σε υλικά σώματα που αποτελούνται από πολλά και μεγάλα άτομα, τα οποία βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο, γιατί η μετάδοση ενός ταχύτερου ρυθμού κίνησης ευνοείται και διευκολύνεται κι από τις μικρές αποστάσεις και απ'το μεγάλο πλήθος και μέγεθος των ατόμων. Η προηγούμενη θέση εξηγεί άνετα και αυτή τη θέση.

Τα υλικά σώματα που περιέχουν και περισσότερα και μεγαλύτερα άτομα μπορούν να απορροφούν, να περιέχουν αλλά και να εκλύουν συνολικά περισσότερη θερμότητα. Δηλαδή, τα πυκνότερα σε ύλη σώματα είναι καλύτεροι αγωγοί της θερμότητας.

Όσο πιο πολλά είναι τα ηλεκτρόνια που περιέχονται συνολικά σε ένα στερεό σώμα τόσο πιο εύκολα μεταδίδεται η θερμότητα μέσα σε αυτό. Συγκεκριμένα, εκτός από τα ηλεκτρόνια που δεσμεύουν οι πυρήνες των ατόμων, υπάρχουν και τα λεγόμενα «ελεύθερα» ηλεκτρόνια, τα οποία κινούνται σε διάφορες κατευθύνσεις μέσα σε ένα στερεό σώμα. Όταν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια απορροφήσουν ενέργεια κινούνται ταχύτερα και έχουν τη δυνατότητα να μετακινούνται μέσα στο σώμα. Έτσι προκαλούν «συγκρούσεις» και με αυτόν τον τρόπο μεταδίδουν θερμότητα/ενέργεια.

Απαντήσεις: ΝΑΙ ΚΩΔΙΚΟΣ: «όσο_πιο_πυκνός_τόσο_πιο_αποτελεσματικός»

4) **-κ. Βαγγέλης:** Καλημέρα παιδιά! Μόλις γύρισα από ένα συναρπαστικό ταξίδι στο μέλλον. *(Θόρυβος, γέλια)*. Να σας πληροφορήσω, λοιπόν, ότι οι χρήστες του λογισμικού, στο οποίο όλοι εμείς πρωταγωνιστούμε, απάντησαν σωστά σε όλες τις θέσεις του πέμπτου μέρους της 4^{ης} Δοκιμασίας.

-Σοφοκλής: Δηλαδή, απάντησαν σε όλα «ΝΑΙ»;

-κ. Βαγγέλης: Ακριβώς! Δεν ξέρουν, βέβαια, ότι τις θέσεις αυτές τις έχετε καταγράψει εσείς οι ίδιοι, καθώς κι ότι αποτελούν σωστά συμπεράσματα, στα οποία καταλήξατε μετά από πολύ κόπο. Και για να τους αποδείξουμε ότι τις ακριβείς εξηγήσεις τις δώσατε εσείς, θα σας ζητούσα να έρθετε μαζί μου σε ένα ταξίδι... αυτή τη φορά στο παρελθόν. Φύγαμε...!!!

(Στην οθόνη εμφανίζεται μια σκηνή από τη χθεσινοβραδινή συζήτηση. Το φόντο είναι θολό όσο εξελίσσεται η κουβέντα, οι μαθητές φαίνονται καθαρά. Κάτω από έναν καθαρό έναστρο ουρανό, πάνω σε ένα λόφο, τα παιδιά, καθισμένα πάνω σε κούτσουρα, εξηγούν γιατί νιώθουν κάτι διαφορετικό από τους δυο κύβους και γιατί επιλέγουν να αγγίξουν το κέικ παρά τη μεταλλική φόρμα που το περιέχει.)

-Σοφοκλής: Τελικά οι αισθήσεις μας δεν είναι και τόσο άχρηστες. Κάτι αντιλήφθηκαν.

-Νίκος: Ναι! Αντιλήφθηκαν τη διαφορά στη συμπεριφορά των υλικών όταν τα αγγίζαμε. Που να πάρουμε, όμως χαμπάρι ότι όλα οφείλονται στο μέγεθος και το πλήθος των μορίων. Η άνεση με την οποία ρέει η θερμότητα μέσα από το ξύλο, το σίδηρο, το κέικ και το αλουμίνιο του ταψιού τελικά... διαφέρει.

-Μάξιμος: Ποιος να το φανταστεί ότι υλικά σώματα με πολλά και μεγάλα άτομα, όπως τα μέταλλα, και δίνουν και παίρνουν ευκολότερα θερμότητα σε άλλα σώματα.

-Κατερίνα: Γι'αυτό αισθανόμαστε τον σιδερένιο κύβο πιο ψυχρό... «έκλεβε» με μεγαλύτερη ευκολία ενέργεια από τα χέρια μας σε σχέση με το ξύλο.

-Σοφοκλής: Και 'μεις χαμπάρι δεν πήραμε! Ο σίδηρος είναι...μεγάλος απατεώνας.

Γέλια...

-Χαρά: Γιατί πήραμε χαμπάρι ότι... το κέικ θα μας φερόταν τόσο ευγενικά; Το καημένο,... είναι φτωχό σε άτομα, όπως θα έλεγε κι ο Σόφος. Γι'αυτό δεν μας τσουρούφλισε...

-**Μαρία:** Σε αντίθεση με το καυτό ταψί, του οποίου τα άτομα είναι πολύ ικανά στο να δίνουν μαθήματα σε πεινασμένους για γλυκό εφήβους. Τα άτομα των χεριών μας θα δέχονταν περισσότερες «επιθέσεις» στην περίπτωση που αποφασίζαμε να αγγίξουμε το ταψί.

(Γέλια μες στην τάξη τώρα πια)

ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

-**κ. Βαγγέλης:** Για να ρωτήσω και κάτι ακόμα. Μην μου κανείς ότι η ερώτησή μου είναι άσχετη...θα αρχίσω να περιγράφω την εξέλιξη του Σύμπαντος απ' την αρχή!

Γέλια...

Τελικά, το πόσο πυκνό σε ύλη είναι ένα σώμα εξαρτάται από...; Οι βιαστικοί, πριν απαντήσουν, να δουν τα παρακάτω σχήματα κι ας αποφασίσουν μετά. Παρακαλώ διαβάστε τις λεζάντες.

[Εμφανίζονται 4 εικόνες: η **πρώτη**: δυο κύβοι ίδιου όγκου, ο Α έχει λεζάντα: Ο Α κύβος αποτελείται από 100 άτομα. Ο Β κύβος έχει λεζάντα: Ο Β κύβος αποτελείται από 1.000.000.000 άτομα ίδιου μεγέθους με τον Α. Η **δεύτερη** εικόνα: δυο κύβοι ίδιου όγκου, ο Γ έχει λεζάντα: Ο Γ κύβος αποτελείται από 100 άτομα μικρού μεγέθους. Ο Δ κύβος έχει λεζάντα: Ο Δ κύβος αποτελείται από 100 άτομα μεγάλου μεγέθους. Η **τρίτη** εικόνα: δύο κύβοι διαφορετικού όγκου: ο πολύ μικρός έχει λεζάντα: Ο Ε κύβος αποτελείται από 100 άτομα, ο πολύ μεγάλος κύβος έχει λεζάντα: Ο ΣΤ κύβος αποτελείται από 100 άτομα ίδιου μεγέθους με τον Ε. Η **τέταρτη** εικόνα: τρεις κύβοι: ο Ζ μικρός αλλά με πάρα πολλά μικρά άτομα, με λεζάντα: Ο Ζ κύβος έχει 3.000.000.000 άτομα, ο Η είναι μεγάλος με λιγότερα πολύ μεγάλα άτομα, με λεζάντα: Ο Η κύβος έχει 1.000.000 άτομα., ο Θ κύβος είναι μεσαίος με μεσαίου μεγέθους άτομα και με λεζάντα: Ο Θ κύβος έχει 1.500.000.000 άτομα.]

5^η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ:

-κ. Βαγγέλης: Τώρα ήρθε η ώρα να συνεργαστείτε εσείς οι χρήστες με τους μαθητές. Στον παρακάτω πίνακα μπορείτε να επιλέξετε ποιος από τους κύβους κάθε περίπτωσης είναι ο πυκνότερος. Μπορείτε να κάνετε κλικ στον κύβο που σας φαίνεται πιο πυκνός. Αν δεν είστε σίγουροι, έχετε τη δυνατότητα να κλικάρετε την επιλογή «Δεν γνωρίζω.». Κατόπιν να συμπληρώσετε τα κενά που ακολουθούν.

[Δίνεται πίνακας με τις 4 παραπάνω περιπτώσεις.]

- Η πυκνότητα ενός υλικού σώματος εξαρτάται ταυτόχρονα από τη μ_ _ _ (μάζα) και τον ό_ _ _ (όγκο) του σώματος αυτού.
- Στην 4^η εικόνα, αν έχεις απαντήσει «Δεν γνωρίζω.», να καταγράψεις στο κενό που ακολουθεί τον λόγο που σε κάνει να μην μπορείς να αποφασίσεις σχετικά με το ποιος από τους 3 κύβους είναι τελικά ο πυκνότερος. Πώς μπορείς να αποδείξεις ότι κάποιος από αυτούς είναι ο πιο πυκνός; Πρότεινε λύσεις. [Δεν βαθμολογείται.]

ΚΩΔΙΚΟΣ: «όσο_πιο_μικρός_και_γεμέτος_τόσο_πιο_πυκνός»

➤ **3^ο ΜΕΡΟΣ**

ΠΡΑΞΗ Α (ΟΜΑΔΕΣ ΣΚΗΝΩΝ: 1- 6).

1) (Μες στην τάξη, ο ήχος της φωνής του εκπαιδευτικού ακούγεται σαν μέσα από πηγάδι.)

-κ. Βαγγέλης: «...Οι κοσμολόγοι τονίζουν ότι όταν όλη η ύλη ενός άστρου συγκεντρωθεί σε μια πολύ μικρή περιοχή του χώρου, δηλαδή όταν ένα τεράστιας μάζας άστρο αποκτήσει πολύ μικρό όγκο, τότε η βαρυτική δύναμη αυτού του άστρου γίνεται ασύλληπτα μεγάλη, με αποτέλεσμα ο χώρος να καμπυλώνεται σε υπερβολικό βαθμό...»

(Μετά από 2 μήνες: ένα καλοκαιριάτικο απόγευμα στο εργαστήριο του σχολείου, ακούγονται τζιτζίκια.)

-κ. Βαγγέλης: Παιδιά, σε λίγο, οι χρήστες του λογισμικού, θα καθίσουν στις θέσεις αυτές και θα παρακολουθήσουν τις προσομοιώσεις που δημιουργήσατε εσείς. Σας ευχαριστούμε για το υπέροχο αποτέλεσμα των εργασιών σας. Εργαστήκατε και συνεργαστήκατε σκληρά και με επιμονή στο πλαίσιο της ομάδας σας. Ο δίμηνος κόπος σας αποδίδει τώρα σημαντικούς καρπούς. Εύγε!

Αγαπητέ χρήστη, κάθισε στις ειδικές πολυθρόνες και φόρεσε όλα τα εξαρτήματα του προσομοιωτή πειραμάτων. Θα παρακολουθήσεις 4 πειράματα. Κάθε ένα απαρτίζεται από ορισμένα στάδια. Ας ξεκινήσει, λοιπόν, το συναρπαστικό ταξίδι από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο. Η ψυχαγωγία μόλις ξεκινά. Είναι ωφέλιμο να θυμάσαι ότι:

Το μοτίβο είναι ένα μέσο που βοηθά το μυαλό μας να σχηματίζει μια πολύ απλή αναπαράσταση του φαινομένου που παρατηρούμε, με τελικό σκοπό να εξηγηθεί το φαινόμενο αυτό. Κάθε μοτίβο συνιστά ένα αρκετά χρήσιμο εργαλείο για την ερμηνεία των φαινομένων, επειδή περιέχει συγκεκριμένα σχήματα, αναπαραστάσεις και κανόνες που επαναλαμβάνονται. Και η επανάληψη συγκεκριμένων σχημάτων, κανόνων και αναπαραστάσεων θυμίζει την επανάληψη του σταθερού και μοναδικού τρόπου με τον οποίο αναπτύσσεται και εξελίσσεται πάντοτε ένα συγκεκριμένο φυσικό φαινόμενο (δηλαδή θυμίζει τον φυσικό νόμο που το διέπει), πράγμα το οποίο προϋποθέτει τη σταθερή και αδιάκοπη εφαρμογή κάποιου συγκεκριμένου φυσικού κανόνα που υπάρχει μέσα στο ίδιο το φυσικό φαινόμενο. Γι'αυτόν τον λόγο οι φυσικοί νόμοι, βάσει των οποίων εκδηλώνονται

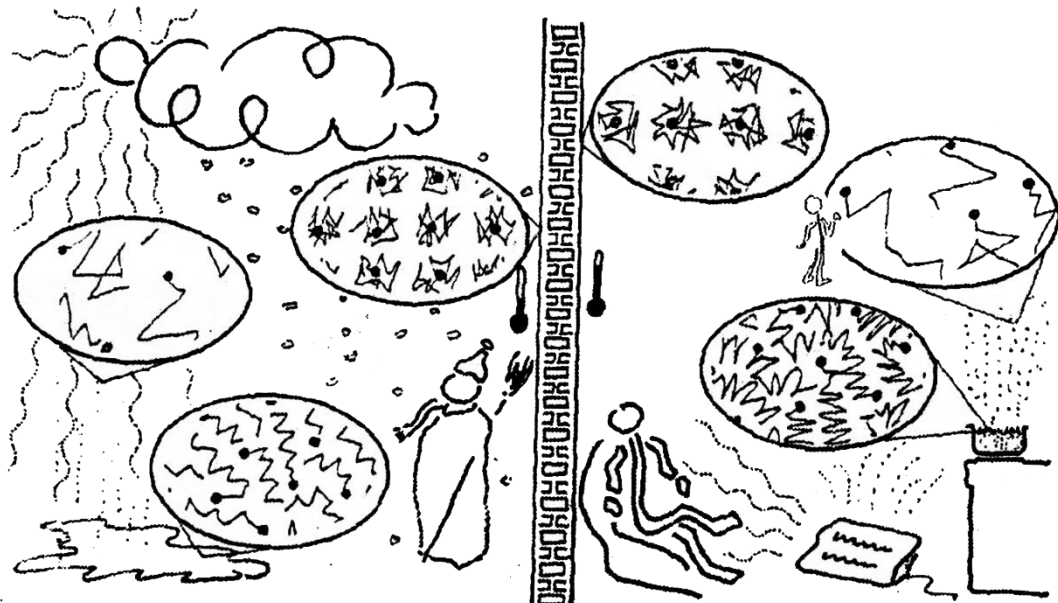
τα φαινόμενα, επειδή «περιέχουν» συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και επαναλαμβάνονται κάτω από παρόμοιες συνθήκες, αποτελούν στην ουσία τους εκφράσεις μοτίβων. Με άλλα λόγια οι φυσικοί νόμοι εμφανίζουν το στοιχείο της σταθερής ακολουθίας συγκεκριμένων χαρακτηριστικών και το στοιχείο της κανονικότητας.

Η περιγραφή του φυσικού φαινομένου μέσω ενός μοτίβου μπορεί να γίνει εύκολα και απλά. Αυτό κατορθώνεται κυρίως με τη χρήση διαφόρων αναλογιών. Αν σκοπεύουμε να ερμηνεύσουμε τα φαινόμενα που σχετίζονται με τη θερμότητα, τότε μπορούμε να σχηματίσουμε μια απλή αναλογία αντιστοιχίζοντας με τρόπο λογικό και ταιριαστό μοτίβα από πράγματα που βλέπουμε και καταλαβαίνουμε με πράγματα και φυσικά γεγονότα που αδυνατούμε να παρατηρήσουμε, είτε γιατί αυτά είναι πολύ μικρά ή πολύ μεγάλα είτε γιατί αυτά βρίσκονται πολύ μακριά. Αυτό θα μας βοηθήσει να αντιληφθούμε σε βάθος και με μεγαλύτερη ακρίβεια τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται ένα φυσικό γεγονός.

Αν θέλουμε, λοιπόν, να καταλάβουμε πλήρως τι συμβαίνει σε κάθε στάδιο εξέλιξης ενός συγκεκριμένου φυσικού φαινομένου, οφείλουμε διερευνήσουμε πρώτα από όλα τι συμβαίνει με τα άτομα και τα μόρια του υλικού σώματος που συμμετέχει στο φαινόμενο, με άλλα λόγια οφείλουμε να εξετάσουμε το φαινόμενο αυτό σε μικρότερη κλίμακα, δηλαδή στην κλίμακα ή στο επίπεδο των σωματιδίων. Οι απλές αναλογίες που μας χρειάζονται για την κατανόηση των φαινομένων της θερμότητας είναι απλές αντιστοιχίες ανάμεσα αφενός σε εικόνες, σχήματα, δομές, κινήσεις και σχέσεις που αποκομίζουμε, μέσω των αισθήσεων, από το οικείο σε εμάς περιβάλλον, αλλά και γενικότερα γνώσεις που έχουμε αποκτήσει από τον κόσμο της καθημερινής μας εμπειρίας, και αφετέρου σε φυσικές διαδικασίες που συμβαίνουν στον μικρόκοσμο. Αντί λοιπόν να μιλάμε για μοτίβο, θα ήταν τελικά πιο εύστοχο να μιλάμε για αναλογία, την οποία βέβαια σχηματίζουμε για να περιγράψουμε τον τρόπο με τον οποίο συμβαίνουν τα πράγματα στον μικρόκοσμο. Η αναλογία ολοκληρώνεται όταν βρεθούν και αντιστοιχηθούν κάποιες ομοιότητες, έστω και φαινομενικές, μη ουσιώδεις ή και επίπλαστες, μεταξύ του μακρόκοσμου, δηλαδή του κόσμου του οποίου τα αντικείμενα μπορούμε να παρατηρήσουμε, και του μικρόκοσμου, τον οποίο αδυνατούμε να προσεγγίσουμε με τις αισθήσεις μας. Για να περιγράψουμε λοιπόν τον μικρόκοσμο, δανειζόμαστε σχήματα και αναπαραστάσεις από το φυσικό περιβάλλον που ζούμε, δηλαδή απ'τον

μακρόκοσμο, και στη συνέχεια προβάλλουμε αυτά τα σχήματα και τις αναπαραστάσεις στον κόσμο των σωματιδίων. Έτσι, καταλήγουμε στο να δημιουργήσουμε διάφορα μοντέλα περιγραφής του μικρόκοσμου.

Συμπερασματικά, θα λέγαμε ότι τα μοτίβα, που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα για την ερμηνεία των θερμικών φαινομένων, συμβολίζουν και αναπαριστούν τα βασικά χαρακτηριστικά των φαινομένων και τα σημαντικά στοιχεία απ' τα οποία απαρτίζονται. Τα στοιχεία αυτά θα μπορούσαν να είναι και τα υλικά μέρη των σωμάτων που λαμβάνουν μέρος σε ένα φαινόμενο σχετικό με τη θερμότητα αλλά και η ποσότητα της ενέργειας που προσφέρεται ή αφαιρείται. Επίσης, τα μοτίβα εικονίζουν συμβολικά τον τρόπο με τον οποίο εκδηλώνονται τα φαινόμενα αυτά στη μικροσκοπική κλίμακα των σωματιδίων, δηλαδή στον μικρόκοσμο, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο σχετίζονται μεταξύ τους τα βασικά στοιχεία που απαρτίζουν τα φαινόμενα. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός φυσικού φαινομένου θα μπορούσαν να είναι το σχήμα, το μέγεθος και η υφή των υλικών σωμάτων που συμμετέχουν στο φαινόμενο, η μάζα, ο όγκος και η πυκνότητά τους, ο τρόπος με τον οποίο είναι τοποθετημένα στον χώρο και ο τρόπος με τον οποίο έρχονται σε επαφή, οι θέσεις των σωματιδίων από τα οποία αποτελούνται, η μάζα των σωματιδίων αυτών και η δομή που αποκτούν όταν συνδέονται μεταξύ τους, το πλήθος τους, οι κινήσεις και ο ρυθμός των κινήσεων των σωμάτων και των σωματιδίων τους, το πλήθος, ο βαθμός και ο ρυθμός των μετακινήσεών τους μες στον χώρο, ο τρόπος και ο ρυθμός με τον οποίο συμβαίνει μια αλλαγή κατά την εξέλιξη ενός φυσικού φαινομένου, καθώς και άλλα πολλά.



[Εκτέλεση των ακόλουθων πειραμάτων, οπτικοποίηση (μικρόκοσμος) της ροής της θερμότητας (αναφορά στην έννοια) και των τρόπων με τον οποίο «ταξιδεύει», καθώς και ερμηνεία των φυσικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων. ΣΤΑΔΙΑ κάθε πειράματος: 1^ο : Παρατήρηση φαινομένου-πειράματος (μακρόκοσμος) και αναφορά στις αισθήσεις που δέχονται ερεθίσματα (φαίνονται και αντίστοιχες εικόνες ματιού, αυτιού, χεριού κ.λπ.), 2^ο λογικές διεργασίες: εντοπισμός παραγόντων που συμμετέχουν, συνδυάζονται, συνθέτουν το φαινόμενο και δρουν (οι αισθήσεις δίνουν τις πληροφορίες), παράλληλη καταγραφή ή αναφορά των/στα σταδίων/στάδια της εξελικτικής πορείας του φαινομένου, ανάδειξη ιδεών που παράγουν ή ταιριάζουν σε μοτίβα, τα οποία αναδύονται μέσα από τις κατακτημένες γνώσεις, και παράλληλα αποκλεισμός ιδεών που δεν ταιριάζουν σε αυτά τα μοτίβα, 3^ο παρακολούθηση της πορείας του φαινομένου στο επίπεδο του μικρόκοσμου: μόνο κινούμενη εικόνα, , 4^ο διατύπωση γενικών αρχών και μοτίβων του μικρόκοσμου, 5^ο Γενικεύσεις-αναφορά σε παραδείγματα-εφαρμογές από την καθημερινότητα που ερμηνεύονται από τα νέα μοτίβα: Δείχνω μόνο εικόνες και μικρές λεζάντες]:

2) Α.ΠΕΙΡΑΜΑ (Μετάδοση Θερμότητας με Αγωγή): Τ.Ε. Στ' Δημοτικού, σελ.52 (βελόνα πλεξίματος καμινέτο),

(1^ο): **Αγγίζω** τη βελόνα πλεξίματος σε διάφορα σημεία καθώς θερμαίνω την άκρη της με ένα καμινέτο. Όσο πιο κοντά πλησιάζω το δάκτυλό μου προς την άκρη που θερμαίνεται, τόσο πιο ζεστή αισθάνομαι τη βελόνα. Μετά από κάμποση ώρα, αρχίζει να θερμαίνεται και η άλλη άκρη της βελόνας, δηλαδή εκείνη που βρίσκεται μακριά από το καμινέτο. Όσο περνά ο χρόνος, η απομακρυσμένη άκρη γίνεται όλο και πιο θερμή, σε βαθμό μάλιστα που να δυσκολεύομαι να την αγγίξω. Σε λίγο **βλέπω** την άκρη που βρίσκεται πάνω από τη φλόγα του καμινέτου να κοκκινίζει και να εκπέμπει φως. Την ίδια στιγμή νιώθω μια παράξενη **μυρωδιά**, που μάλλον προέρχεται από την πυρακτωμένη περιοχή του μετάλλου της βελόνας.

(2^ο): Διαπιστώνω ότι οι παράγοντες και τα στοιχεία που συμμετέχουν και ταυτόχρονα διαμορφώνουν το φυσικό φαινόμενο, που αναπαράγεται μέσω αυτού του πειράματος, καθώς και οι χαρακτηριστικές πλευρές του είναι: η θερμική πηγή που προσφέρει ενέργεια, η οποία ρέει, η υψηλότερη θερμοκρασία

της θερμικής πηγής σε σχέση με τη θερμοκρασία του υλικού σώματος που θερμαίνει, το υλικό της βελόνας πλεξίματος, δηλαδή το μέταλλο, μέσα από το οποίο ρέει η θερμότητα, οι θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στη μύτη της βελόνας και στο αντίθετο άκρο της και η σταδιακή μετάδοση της θερμότητας κατά μήκος της βελόνας, η τήρηση μιας ακολουθίας κι ενός συγκεκριμένου ρυθμού στη μετάδοση της θερμότητας, η πυράκτωση της μύτης της βελόνας που έρχεται σε επαφή με τη θερμική πηγή και η εξέλιξη του φαινομένου όχι ακαριαία αλλά με την πάροδο ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

Από τη σύνθεση όλων αυτών των στοιχείων μπορούμε να καταλήξουμε σε ένα μοτίβο, το οποίο μας αποκαλύπτει και μας βοηθά να αντιληφθούμε τι περίπου συμβαίνει με τα άτομα και τα μόρια του υλικού σώματος που συμμετέχει στο συγκεκριμένο φυσικό φαινόμενο, την ώρα που εκτυλίσσεται το φαινόμενο αυτό. Καθώς παρακολουθούμε συνολικά όλη την εξέλιξη του φυσικού φαινομένου, μπορούμε να υποθέσουμε ότι υπάρχει ένα ή και περισσότερα **μοτίβα** που το αναπαριστούν και το περιγράφουν συμβολικά. Μπορούμε όμως πιο απλά να πούμε ότι υπάρχουν **αναλογίες** με τις οποίες μοτίβα από τον κόσμο των εμπειριών μας, που έχουν κανονικότητα, αντιστοιχούν σε λειτουργίες του κόσμου των σωματιδίων. Η **ιδέα** ή οι **ιδέες** με τις οποίες σχηματίζονται τέτοια **μοτίβα** και τέτοιες **αναλογίες** είναι ότι: Η μετάδοση της θερμότητας θυμίζει το παιχνίδι με τις κάρτες που ονομάζεται ντόμινο. Κάθε κάρτα, κατά την πτώση της, επηρεάζει την μπροστινή της. Η μετάδοση της θερμότητας θυμίζει, επίσης, και την περίπτωση εκείνη κατά την οποία αν αρχίσουν να καίγονται ορισμένα δέντρα μέσα σε ένα δάσος, τότε είναι πολύ βέβαιο πως η φωτιά θα εξαπλωθεί με μεγάλη ευκολία και στο υπόλοιπο δάσος.

Κείμενο (4^ο) [το οποίο φαίνεται ή ακούγεται στην κινούμενη εικόνα μόνο σαν τίτλος και λεζάντα-περιγραφή]: **Μετάδοση θερμότητας με αγωγή:** Τα άτομα/μόρια που απορρόφησαν ενέργεια κινούνται ταχύτερα. Αυτά «συγκρούονται» με τα γειτονικά τους άτομα/μόρια και μεταδίδουν την κινητική τους κατάσταση σε αυτά, προκαλώντας αλλαγή στην ταχύτητά τους. Η αύξηση του ρυθμού της κίνησης γίνεται διαδοχικά κι αυτό απαιτεί χρόνο. Καθώς τα ταχύτερα σωματίδια επηρεάζουν την κίνηση όλων των γειτονικών τους, θα περάσει κάποιο χρονικό διάστημα μέχρι να αλλάξει η κινητική κατάσταση

όλων των ατόμων/μορίων ενός υλικού σώματος, αφού κάτι τέτοιο θα γίνεται σταδιακά, καθώς τα σωματίδια που προηγούνται επηρεάζουν τα απόμενα στη σειρά σωματίδια. Αυτή η μετάδοση του ρυθμού της κίνησης μέσω...»συγκρούσεων» ονομάζεται αγωγή.

(5^ο): Με ένα παρόμοιο μοτίβο είναι δυνατόν να ερμηνεύονται πλείστα άλλα γεγονότα της φυσικής πραγματικότητας, στα οποία εμφανίζεται ή παράγεται το φυσικό φαινόμενο της μετάδοσης θερμότητας με αγωγή. Για παράδειγμα, το φαινόμενο αυτό εκδηλώνεται όταν μια ζεστή παλάμη αγγίζει μια κρύα παλάμη, όταν οι θερμές αντιστάσεις ενός φούρνου θερμαίνουν το μεταλλικό υλικό ολόκληρου του φούρνου, όταν το καυτό ταψί που ακουμπάμε στο πάσο της κουζίνας ζεσταίνει την ξύλινη επιφάνεια που βρίσκεται κάτωθεν του, όταν οι πατούσες μας θερμαίνονται από την καυτή άμμο μιας παραλίας κ.τ.λ. Επιπλέον, τα χερούλια των κατσαρολών πρέπει να είναι φτιαγμένα από θερμομονωτικό υλικό, για να μην προκαλούνται εγκαύματα στα χέρια που αγγίζουν την κατσαρόλα. Το θερμομονωτικό υλικό δεν ευνοεί την εύκολη ροή της θερμότητας μέσα του.

3) Β.ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ (Μεταφορά Θερμότητας με Ρεύματα): 1.Υγρά: πείραμα εργαστηρίου (γυάλινο καλοριφέρ, καμινέτο, σταγόνες χρωματισμένου υγρού),

(1^ο) Παρατηρώ ότι το χρωματισμένο υγρό, ενώ πριν ήταν συγκεντρωμένο σε μια μικρή περιοχή στο εσωτερικό του σωλήνα, μόλις θερμαίνεται αρχίζει να «απλώνεται» ή καλύτερα να μεταφέρεται σε όλο το μήκος του γεμάτου με νερό γυάλινου σωλήνα. Μάλιστα, παρατηρώ ότι κινείται προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Βλέπω ότι το χρωματισμένο υγρό μετακινείται συνεχώς μέσα στον σωλήνα όσο το καμινέτο είναι αναμμένο. Το χρωματισμένο υγρό που βρίσκεται στο τμήμα του σωλήνα που θερμαίνεται από το καμινέτο, κινείται ανοδικά και μετά κατέρχεται μέσα από απέναντι τμήμα του σωλήνα, ακολουθώντας μια κυκλική διαδρομή. Όταν βάζω το δάκτυλό μου στην ανοικτή οπή που βρίσκεται στο μέσο του επάνω τμήματος του σωλήνα, αισθάνομαι το νερό να κινείται με μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Το νερό είναι ζεστό και, καθώς

κινείται, σπρώχνει απαλά το δάκτυλό μου. Όταν το καλοριφέρ στο σπίτι μου θερμαίνεται, **ακούω** το νερό που ρέει μέσα στους σωλήνες.

(2^ο): Διαπιστώνω ότι οι παράγοντες και τα στοιχεία που συμμετέχουν και ταυτόχρονα διαμορφώνουν το φυσικό φαινόμενο, που αναπαράγεται μέσω αυτού του πειράματος, καθώς και οι χαρακτηριστικές πλευρές του είναι: Το καμινέτο που προσφέρει ενέργεια, η προσφορά θερμότητας προς μια συγκεκριμένη περιοχή της γυάλινης διάταξης του καλοριφέρ, η υγρή φυσική κατάσταση του υλικού σώματος που περιέχει το γυάλινο καλοριφέρ, η υγρή φυσική κατάσταση της χρωματισμένης ουσίας, η θέρμανση και των δύο υγρών που περιέχονται στη διάταξη, η ανοδικής κατεύθυνσης αύξηση του όγκου του νερού, η μετακίνηση της χρωματισμένης ουσίας, η ανοδική πορεία που ακολουθεί το χρωματισμένο νερό κατά τη διέλευσή του από το τμήμα της διαδρομής όπου προσφέρεται ενέργεια, η ύπαρξη περιοχών στη διάταξη με υψηλότερη και με χαμηλότερη θερμοκρασία, η κίνηση του υγρού με τη μορφή ρεύματος, η κυκλική πορεία της κίνησης και η συσχέτιση της προσφοράς ενέργειας σε μια μόνο περιοχή της γυάλινης διάταξης με την κυκλική ροή του υγρού.

Από τη σύνθεση όλων αυτών των στοιχείων μπορούμε να καταλήξουμε σε ένα μοτίβο, το οποίο μας αποκαλύπτει και μας βοηθά να αντιληφθούμε τι περίπου συμβαίνει με τα άτομα και τα μόρια του υλικού σώματος που συμμετέχει στο συγκεκριμένο φυσικό φαινόμενο, την ώρα που εκτυλίσσεται το φαινόμενο αυτό. Καθώς παρακολουθούμε συνολικά όλη την εξέλιξη του φυσικού φαινομένου, μπορούμε να υποθέσουμε ότι υπάρχει ένα ή και περισσότερα **μοτίβα** που το αναπαριστούν και το περιγράφουν συμβολικά. Μπορούμε όμως πιο απλά να πούμε ότι υπάρχουν **αναλογίες** με τις οποίες μοτίβα από τον κόσμο των εμπειριών μας, που έχουν κανονικότητα, αντιστοιχούν σε λειτουργίες του κόσμου των σωματιδίων. Η **ιδέα** ή οι **ιδέες** με τις οποίες σχηματίζονται τέτοια **μοτίβα** και τέτοιες αναλογίες είναι ότι: Η μετακίνηση ολόκληρου του υγρού σώματος μέσα στο καλοριφέρ είναι κυκλική και θυμίζει περίπου μια γεωθερμική πηγή νερού στην επιφάνεια του εδάφους, απ' την οποία εκτοξεύεται με ορμή μια ποσότητα νερού, το οποίο επανέρχεται μετά από ελάχιστο χρονικό

διάστημα στο έδαφος, κυλά προς το άνοιγμα της πηγής και εισέρχεται ξανά στο εσωτερικό του εδάφους.

2.Αέρια: Τ.Ε. Στ' Δημοτικού, σελ. 55 (σώμα καλοριφέρ και πούπουλο):

[Αυτά τα δυο πειράματα εμφανίζονται μαζί στην οθόνη μόνο κατά το 4^ο και 5^ο στάδιο, γιατί έχουν κοινό μοτίβο.]

(1^ο): Παρατηρώ ότι όταν το σώμα του καλοριφέρ είναι κρύο, το πούπουλο πέφτει είτε στην πάνω πλευρά του σώματος είτε στο πάτωμα. Αντίθετα, όταν το σώμα του καλοριφέρ είναι ζεστό και αφήσω το πούπουλο να πέσει πάνω απ' αυτό, τότε εκείνο κινείται με κατεύθυνση προς τα επάνω, φτάνει σε ένα ορισμένο ύψος και μετά αρχίζει να πέφτει. Αν τύχει κατά την πτώση του και βρεθεί ξανά σε ένα οποιοδήποτε σημείο πάνω από το καλοριφέρ, ανέρχεται και πάλι προς τα επάνω. Αν το καλοριφέρ είναι πολύ ζεστό και τοποθετήσω το πρόσωπό μου ακριβώς πάνω απ' αυτό, **νιώθω** να ανεβαίνει ένα απαλό και θερμό αεράκι και να με...«χαϊδεύει».

(2^ο): Διαπιστώνω ότι οι παράγοντες και τα στοιχεία που συμμετέχουν και ταυτόχρονα διαμορφώνουν το φυσικό φαινόμενο, που αναπαράγεται μέσω αυτού του πειράματος, καθώς και οι χαρακτηριστικές πλευρές του είναι: το καλοριφέρ που προσφέρει ενέργεια, η θερμότητα που ρέει αρχικά προς μια συγκεκριμένη περιοχή του χώρου, δηλαδή πάνω απ' το καλοριφέρ, η ύπαρξη ενός υλικού σώματος που η όρασή μας αδυνατεί να εντοπίσει και το οποίο χρησιμεύει ως μέσο για τη μεταφορά της θερμότητας, δηλαδή η ύπαρξη του ατμοσφαιρικού αέρα, η θέρμανση του ατμοσφαιρικού αέρα που βρίσκεται πάνω απ' το καλοριφέρ, η μετακίνηση του πούπουλου, η ανοδική πορεία που ακολουθεί το πούπουλο κατά τη διέλευσή του από το τμήμα της διαδρομής όπου προσφέρεται ενέργεια, η επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα στον τρόπο με τον οποίο κινείται το πούπουλο, η ύπαρξη περιοχών στον χώρο του δωματίου με υψηλότερη και με χαμηλότερη θερμοκρασία, η οποία είναι στην πραγματικότητα η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα, η κυκλική πορεία της κίνησης του πούπουλου, η συσχέτιση της προσφοράς ενέργειας σε μια μόνο περιοχή πάνω απ' το καλοριφέρ με την κυκλική κίνηση του πούπουλου και η συσχέτιση της κίνησης του πούπουλου με την κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα.

Από τη σύνθεση όλων αυτών των στοιχείων μπορούμε να καταλήξουμε σε ένα μοτίβο, το οποίο μας αποκαλύπτει και μας βοηθά να αντιληφθούμε τι περίπου συμβαίνει με τα άτομα και τα μόρια του υλικού σώματος που συμμετέχει στο συγκεκριμένο φυσικό φαινόμενο, την ώρα που εκτυλίσσεται το φαινόμενο αυτό. Καθώς παρακολουθούμε συνολικά όλη την εξέλιξη του φυσικού φαινομένου, μπορούμε να υποθέσουμε ότι υπάρχει ένα ή και περισσότερα **μοτίβα** που το αναπαριστούν και το περιγράφουν συμβολικά. Μπορούμε όμως πιο απλά να πούμε ότι υπάρχουν **αναλογίες** με τις οποίες μοτίβα από τον κόσμο των εμπειριών μας, που έχουν κανονικότητα, αντιστοιχούν σε λειτουργίες του κόσμου των σωματιδίων. Η **ιδέα** ή οι **ιδέες** με τις οποίες σχηματίζονται τέτοια μοτίβα και τέτοιες αναλογίες είναι ότι: Η μετακίνηση ολόκληρου του αέριου σώματος, δηλαδή του ατμοσφαιρικού αέρα, μέσα στο δωμάτιο είναι κυκλική και θυμίζει περίπου τα πολύ μικρά πυρακτωμένα κομματάκια ενός ξύλου που καίγεται στο τζάκι, τα οποία εκτοξεύονται με τη μορφή σύννεφου πάνω από την εστία της φωτιάς και επανέρχονται μετά από ελάχιστο χρονικό διάστημα σε αυτήν, με αποτέλεσμα να εκτοξευθούν ξανά ψηλά.

Κείμενο (4^ο): Μεταφορά θερμότητας με ρεύματα: Στα υγρά και στα αέρια υλικά σώματα που βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια της Γης και επηρεάζονται από τη βαρυτική της έλξη συμβαίνει το εξής όσον αφορά τη ροή της θερμότητας μέσα τους: Αν μια «ομάδα» ατόμων/μορίων, μέσα σε ένα υγρό ή αέριο σώμα, απορροφήσει ενέργεια από κάποια εξωτερική πηγή θερμότητας, τότε κινείται ταχύτερα ολόκληρη προς μια άλλη περιοχή του σώματος.

Για την ακρίβεια, μέσα στο ίδιο το υγρό ή αέριο σώμα, μετακινείται ένα ολόκληρο τμήμα από το υλικό του προς μια άλλη περιοχή του σώματος. Η μετακίνηση της ομάδας των σωματιδίων είναι πάντα ανοδική, όταν το σώμα βρίσκεται πάνω στη Γη. Αυτή η ομάδα ατόμων/μορίων δεν είναι αποκομμένη από το υπόλοιπο υλικό του υγρού ή αέριου σώματος, γι' αυτό και κατά τη μετακίνησή της παρασύρει ορισμένα άτομα/μόρια και από τα «στρώματα» υλικού που βρίσκονται ακριβώς πάνω από αυτή. Τα ταχύτερα άτομα/μόρια της ομάδας, μαζί με όσα παρασύρονται, κινούνται ανοδικά, γιατί μόνο προς τα πάνω υπάρχει περισσότερος ελεύθερος χώρος.

Άλλωστε, όσο πιο πάνω από την στερεή επιφάνεια της Γη κινείσαι, τόσο πιο αραιά σώματα θα συναντήσεις, άρα τόσο πιο πολύ κενό χώρο θα βρεις εκεί. Ένα αραιό σώμα είναι κι η ατμόσφαιρα της Γης, που βρίσκεται προφανώς σε αέρια κατάσταση, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι ο κενός χώρος ανάμεσα στα σωματίδια της ατμόσφαιρας είναι αρκετά μεγάλος. Αντίθετα, όσο πιο χαμηλά πεγαίνεις τόσο πιο πυκνά σε ύλη σώματα θα συναντήσεις, όπως είναι λ.χ. το γήινο έδαφος, το οποίο βρίσκεται σε στερεά κατάσταση. Επίσης, και η ίδια η ατμόσφαιρα της Γης, στα χαμηλότερα στρώματά της, είναι πιο πυκνή σε άτομα σε σχέση με την πυκνότητα των στρωμάτων που βρίσκονται πιο ψηλά. Απ'την άλλη, στα στερεά σώματα, ο κενός χώρος ανάμεσα στα άτομα είναι μικρότερος σε σχέση με τα αέρια σώματα. Στα στερεά σώματα, ο επιπλέον κενός χώρος καλύπτεται από άτομα που συνδέονται μεταξύ τους μέσω της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης. Συνεπώς, σε αυτά τα σώματα «θα συναντήσεις» περισσότερα άτομα μέσα σε μια οποιαδήποτε περιοχή τους, ενώ σε μια ανάλογη περιοχή ίδιου όγκου, σε κάποιο αέριο σώμα, «θα συναντήσεις» λιγότερα άτομα.

Όσο πιο πολλά άτομα υπάρχουν σε μια περιοχή τόσο πιο πολλές είναι και οι πιθανότητες για ένα...«ξένο» άτομο, που πλησιάζει πολύ κοντά σε ορισμένα από τα πολλά άτομα αυτής της περιοχής, να απωθηθεί λόγω της εκδήλωσης των απωστικών ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων. Γι'αυτό και στην επιφάνεια της Γης, τα ταχύτερα από τα σωματίδια ενός υγρού ή αερίου σώματος κινούνται προς τα πάνω, αφού η κίνηση προς αυτήν την κατεύθυνση είναι μονόδρομος, δεδομένου ότι προς τα εκεί ο...«δρόμος» είναι περισσότερο ελεύθερος, μιας και το μεγάλο πλήθος των σωματιδίων που υπάρχουν από κάτω έχει ήδη διαμορφώσει τις συνθήκες εκείνες που ευνοούν την εκδήλωση απωστικών ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων.

Ας μην ξεχνάμε ότι η βαρυτική έλξη συγκεντρώνει κάθε είδος ατόμου στην επιφάνεια ενός μεγάλου υλικού σώματος, και σε αυτήν την περίπτωση τα μεγαλύτερα άτομα βρίσκονται πιο χαμηλά από τα πιο μικρά. Αυτό συμβαίνει γιατί τα μικρής μάζας άτομα, έστω και με μια ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που θα τύχει να απορροφήσουν, γίνονται ικανά να ξεφύγουν ευκολότερα από την

επιφάνεια του σώματος αυτού και να «δραπετεύσουν» πιο άνετα από το βαρυτικό του πεδίο.

Συνεχίζοντας την περιγραφή του φαινομένου, θα λέγαμε ότι όλη αυτή η «ομάδα» ατόμων/μορίων, καθώς μετακινείται προς τα πάνω χάνει ενέργεια, επειδή τη μεταδίδει σε ορισμένα από τα σωματίδια που συναντά στην πορεία της, τα οποία συμπαρασύρει τελικά μαζί της, στην ίδια μετακίνηση. Η θέση που καταλάμβανε προηγουμένως στον χώρο η «ομάδα» αυτή δεν μένει κενή. Καθώς η «ομάδα» κινείται ανοδικά, τη θέση της την καλύπτουν σταδιακά όσα άτομα/μόρια βρίσκονται πάνω από την «ομάδα» ή κοντά σε αυτή, τα οποία αφενός δεν συμπαρασύρθηκαν και αφετέρου κινούνται πιο αργά. Τότε τα άτομα/μόρια που δεν συμπαρασύρθηκαν και καλύπτουν διαδοχικά όλες τις προηγούμενες θέσεις της «ομάδας», κατευθύνονται προς τη χαμηλότερη περιοχή, επειδή η μικρή κινητικότητά τους δεν τους επιτρέπει δυναμικές μετακινήσεις. Έτσι υπερισχύει η βαρυτική δύναμη, η οποία τελικά τα «τραβά» προς τα κάτω. Εκεί απορροφούν ενέργεια από τη θερμική πηγή και αρχίζουν κι εκείνα μια ανοδική πορεία ομαδικά.

Στο μεταξύ, η προηγούμενη «ομάδα», έχοντας χάσει ενέργεια, αρχίζει να κατέρχεται, λόγω της βαρυτικής δύναμης. Μόλις φθάσει και πάλι στην περιοχή όπου η θερμική πηγή προσφέρει ενέργεια, θα απορροφήσει ένα μέρος αυτής και θα αρχίσει την ανοδική της πορεία ξανά. Ετούτη η κυκλική μετακίνηση, που έχει τη μορφή ρεύματος, θα συνεχίζεται όσο χρονικό διάστημα η θερμική πηγή προσφέρει ενέργεια. Μέσω αυτής της κυκλικής πορείας των ρευμάτων, η θερμότητα μεταφέρεται από τις θερμότερες «ομάδες» σωματιδίων, που κινούνται διαδοχικά η μία μετά την άλλη, και ρέει προς τις ψυχρές περιοχές ενός υγρού ή αέριου υλικού σώματος.

(5^ο): Με ένα παρόμοιο μοτίβο είναι δυνατόν να ερμηνεύονται πλείστα άλλα γεγονότα της φυσικής πραγματικότητας, στα οποία εμφανίζεται ή παράγεται το φυσικό φαινόμενο της μεταφοράς θερμότητας με ρεύματα μέσα στα υγρά και στα αέρια υλικά σώματα. Οι παρακάτω περιπτώσεις οφείλονται στην παρουσία του φαινομένου αυτού. Για παράδειγμα: Η περιστροφή ενός λεπτού χάρτινου ανεμόμυλου που είναι τοποθετημένος πάνω σε ένα σώμα καλοριφέρ. Η

περιστροφή αυτή συμβαίνει μόνο όταν το καλοριφέρ είναι «αναμμένο». Επίσης, αν τοποθετήσω ένα ανοικτό φαρδύ δοχείο με κολόνια πάνω στο καλοριφέρ, θα δω ότι όταν το καλοριφέρ είναι πολύ ζεστό, κι εγώ στέκομαι στην άλλη άκρη του δωματίου, η οσμή της κολόνιας φθάνει στη **μύτη** μου σε συντομότερο χρονικό διάστημα σε σχέση με την περίπτωση που το καλοριφέρ είναι κρύο. Ακόμη, η καλοκαιρινή θαλάσσια αύρα, η δημιουργία των ανέμων καθώς και η έντονη κινητικότητα των μορίων του αέρα πάνω από την καυτή άσφαλτο είναι κάποια από τα φαινόμενα που σχετίζονται με τη μεταφορά της θερμότητας μέσω αερίων ή υγρών ρευμάτων. Η ύπαρξη θαλάσσιων ρευμάτων στους ωκεανούς και στις μικρότερες θαλάσσιες εκτάσεις, που είναι πολύ γνωστή στους ναυτικούς. Από την άλλη, η εναλλαγή στο αίσθημα ψύχους και ζέστης που μας προκαλούν τα θαλάσσια ρεύματα, τα οποία δημιουργούνται τοπικά στο σημείο που κολυμπάμε.

4) Γ.ΠΕΙΡΑΜΑ (Διάδοση Θερμότητας ως Ακτινοβολία): (λάμπα πυρακτώσεως, θερμόμετρο μέσα σε σφραγισμένο γυάλινο δοχείο κενού αέρος ακουμπισμένο στο τραπέζι, παλάμη, χρονόμετρο).

(1^ο): Παρατηρώ ότι όταν η λάμπα είναι «αναμμένη», η ένδειξη της θερμοκρασία στο θερμόμετρο μαρτυρά ότι το υλικό του θερμόμετρου απορρόφα διαρκώς ενέργεια και άρα είναι πιο ζεστό σε σχέση με πριν, που η λάμπα ήταν σβηστή. Δηλαδή, βλέπω τη στάθμη του υγρού στο θερμόμετρο να ανεβαίνει μέχρι ενός σημείου, που σημαίνει ότι η θερμοκρασία του υλικού του θερμόμετρου είναι τώρα υψηλότερη. Επίσης, αν τοποθετήσω την παλάμη μου σε μια ορισμένη απόσταση κάτω από τη λάμπα, θα αντιληφθώ -ακόμη κι αν έχω κλειστά τα μάτια μου- ότι δέχεται θερμότητα από κάποια θερμική πηγή. Καθώς περνάει ο χρόνος, θα **αισθάνομαι** την παλάμη μου όλο και πιο ζεστή, παρόλο που δεν ακουμπώ τη λάμπα. Επίσης, η παλάμη μου, που βρίσκεται αρκετά πιο χαμηλά από το σημείο όπου έχει τοποθετηθεί η λάμπα, δεν ζεσταίνεται από τα θερμά αέρια ρεύματα που σχηματίζονται όταν ο αέρας γύρω από τη λάμπα θερμαίνεται και ανεβαίνει προς τα επάνω. Άλλωστε, η παλάμη μου είναι αρκετά χαμηλά κι όχι πάνω από τη φωτεινή πηγή για να ζεσταίνεται από τα θερμά αέρια ρεύματα που δημιουργούνται όσο η λάμπα εκπέμπει φως.

(2^ο): Διαπιστώνω ότι οι παράγοντες και τα στοιχεία που συμμετέχουν και ταυτόχρονα διαμορφώνουν το φυσικό φαινόμενο, που αναπαράγεται μέσω αυτού του πειράματος, καθώς και οι χαρακτηριστικές πλευρές του είναι: Το εσωτερικό του γυάλινου δοχείου, που είναι ολότελα κενό και εντελώς άδειο από κάποιο υλικό σώμα, που σημαίνει πως ούτε καλύπτεται κάποιο μέρος του ούτε είναι γεμάτο από κάποιο στερεό ή υγρό ή αέριο σώμα, το θερμόμετρο, που κρεμιέται από ένα θερμομονωτικό υλικό, δηλαδή αιωρείται και δεν ακουμπά σε κανένα σημείο της γυάλινης εσωτερικής επιφάνειας του δοχείου, η άνοδος της στάθμης του εσωτερικού υγρού του θερμομέτρου, που σηματοδοτεί την αύξηση της ταχύτητας των σωματιδίων του, τη διαστολή του, και την αύξηση της θερμοκρασίας όλου του υλικού του θερμομέτρου και, τέλος, το φως της λάμπας, το οποίο φθάνει παντού, ακόμη και μέχρι το θερμόμετρο, καθώς καταφέρνει να ταξιδεύει και μέσα στο κενό δοχείο.

Από τη σύνθεση όλων αυτών των στοιχείων μπορούμε να καταλήξουμε σε ένα μοτίβο, το οποίο μας αποκαλύπτει και μας βοηθά να αντιληφθούμε τι περίπου συμβαίνει με τα άτομα και τα μόρια του υλικού σώματος που συμμετέχει στο συγκεκριμένο φυσικό φαινόμενο, την ώρα που εκτυλίσσεται το φαινόμενο αυτό. Καθώς παρακολουθούμε συνολικά όλη την εξέλιξη του φυσικού φαινομένου, μπορούμε να υποθέσουμε ότι υπάρχει ένα ή και περισσότερα μοτίβα που το αναπαριστούν και το περιγράφουν συμβολικά. Μπορούμε όμως πιο απλά να πούμε ότι υπάρχουν αναλογίες με τις οποίες μοτίβα από τον κόσμο των εμπειριών μας, που έχουν κανονικότητα, αντιστοιχούν σε λειτουργίες του κόσμου των σωματιδίων. Η ιδέα ή οι ιδέες με τις οποίες σχηματίζονται τέτοια μοτίβα και τέτοιες αναλογίες είναι ότι: Ο διαστημικός χώρος ανάμεσα στα ουράνια σώματα είναι κενός, δηλαδή δεν περιέχει κάποιο υλικό το οποίο να τον «γεμίζει» πλήρως και να συνδέει τα ουράνια σώματα μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να μπορεί να μεταφερθεί κάτι από εκείνα, διαμέσου αυτού του υλικού. Παρόλα αυτά, τα μάτια μας και τα επιστημονικά μας όργανα μπορούν να εντοπίσουν κάτι που προέρχεται από τα άστρα, το οποίο δεν είναι άλλο από την ακτινοβολία που αυτά εκπέμπουν, η οποία ταξιδεύει μέσα στον χώρο, παρόλο που δεν υπάρχει κάποιο υλικό μέσο για να τη μεταφέρει. Κάθε φορά που κοιτάμε τα άστρα, ας θυμόμαστε, λοιπόν, ότι φως τους φθάνει μέχρι τα μάτια μας έχοντας προηγουμένως ταξιδέψει μέσα στο κενό.

Κείμενο(4^ο): Διάδοση θερμότητας με τη μορφή ακτινοβολίας: Η θερμότητα «ταξιδεύει» μέσα στον χώρο ακόμη κι όταν δεν υπάρχει ύλη, δηλαδή ακόμη κι όταν δεν υπάρχουν άτομα για να μεταδώσουν μια εντονότερη κίνηση στα γειτονικά τους σωματίδια, ή ακόμη κι όταν δεν υπάρχουν «ομάδες» ατόμων για να μεταφέρουν με τη μορφή ρευμάτων ενέργεια σε μια ψυχρότερη περιοχή. Η διάδοση της θερμότητας μέσω ακτινοβολίας μπορεί να πραγματοποιηθεί, επειδή η ενέργεια έχει τη δυνατότητα να «ταξιδεύει» και με τη μορφή ακτινοβολίας, δηλαδή έχοντας τη μορφή κύματος ενέργειας, το οποίο ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

(5^ο): Με ένα παρόμοιο μοτίβο είναι δυνατόν να ερμηνεύονται πλείστα άλλα γεγονότα της φυσικής πραγματικότητας, στα οποία εμφανίζεται ή παράγεται το φυσικό φαινόμενο της διάδοσης της θερμότητας μέσω ακτινοβολίας. Για παράδειγμα, σε μια κλωσσομηχανή, τα αυγά θερμαίνονται από την ακτινοβολία που εκπέμπεται από ειδικές λάμπες. Η ακτινοβολία διαδίδεται σε κάθε σημείο στο εσωτερικό της εκκολαπτικής μηχανής και απορροφάται από τα αυγά. Χάρη σε αυτήν την ακτινοβολία, η θερμοκρασία των αυγών διατηρείται υψηλότερη από εκείνη που θα είχαν εάν δεν φωτιζόνταν από τις λάμπες. Επίσης, ένα μήνυμα που αποστέλλεται από ένα κινητό τηλέφωνο προς ένα άλλο, πρέπει προηγουμένως να πάρει τη μορφή ακτινοβολίας και να ταξιδέψει μακριά, ώστε να συναντήσει ένα συγκεκριμένο τεχνητό δορυφόρο, ο οποίος βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη, μες στον κενό χώρο του διαστήματος. Έπειτα θα επιστρέψει ως ακτινοβολία πάλι στην επιφάνεια του πλανήτη μας, για να συναντήσει την τηλεφωνική συσκευή του δέκτη του μηνύματός μας. Ακόμη, αν μια παγωμένη, αλλά ηλιόλουστη, χειμωνιάτικη μέρα βρεθούμε μέσα σε ένα αυτοκίνητο, το οποίο είναι σβηστό και έχει στο εσωτερικό του αρχικά χαμηλή θερμοκρασία, είναι βέβαιο πως μετά από λίγη ώρα θα αρχίσουμε να ζεσταινόμαστε, καθώς η θερμοκρασία στο εσωτερικό σιγά σιγά θα αυξάνεται, μιας και οι ηλιακές ακτίνες διαπερνούν συνεχώς το τζάμι του παρμπρίζ.

5) **Δ.ΠΕΙΡΑΜΑ (Θερμική Ισορροπία): Τ.Ε. Ε' Δημοτικού, σελ. 75-76 (δοχείο με πολύ κρύο νερό, μπρίκι με καυτό νερό, θερμόμετρα, χρονόμετρο).**

(1^ο): Στην αρχή **παρατηρώ** ότι η θερμοκρασία του νερού στο μπρίκι είναι πολύ υψηλή, ενώ του νερού στο δοχείο ιδιαίτερα χαμηλή. Καθώς περνά ο χρόνος η θερμοκρασία του νερού στο μπρίκι «πέφτει», ενώ του νερού στο δοχείο «ανεβαίνει». Μετά από κάμποση ώρα το νερό στο μπρίκι και στο δοχείο έχουν την ίδια ακριβώς θερμοκρασία, η οποία με το πέρασμα του χρόνου μειώνεται ακόμη περισσότερο, μέχρι να φθάσει τη θερμοκρασία του δωματίου. Στη συνέχεια η θερμοκρασία αυτή παραμένει σταθερή όπως και η αντίστοιχη του δωματίου.

Στην αρχή, όταν **αγγίζω** το νερό στο μπρίκι το νιώθω καυτό, ενώ το νερό του δοχείου παγωμένο. Μετά από αρκετή ώρα νιώθω το νερό στο μπρίκι και στο δοχείο να είναι το ίδιο χλιαρά. Στην αρχή **βλέπω** να βγαίνει πάνω απ' το μπρίκι ατμός και στα εξωτερικά τοιχώματα του δοχείου να υπάρχει υγρασία. Όταν τα δυο θερμόμετρα δείξουν την ίδια θερμοκρασία, δεν παρατηρώ να υπάρχουν ούτε ατμός ούτε υγρασία.

(2^ο): Διαπιστώνω ότι οι παράγοντες και τα στοιχεία που συμμετέχουν και ταυτόχρονα διαμορφώνουν το φυσικό φαινόμενο, που αναπαράγεται μέσω αυτού του πειράματος, καθώς και οι χαρακτηριστικές πλευρές του είναι: η ύπαρξη δυο αρχικών τιμών θερμοκρασίας που διαφέρουν αρκετά, η συσχέτιση της θερμοκρασιακής διαφοράς με τη διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στην κινητική κατάσταση των μορίων του ενός σώματος και στην αντίστοιχη του άλλου σώματος, η τοποθέτηση του ενός σώματος μέσα στο άλλο, δηλαδή η επαφή του ενός με το άλλο, η παράλληλη, ταυτόχρονη και ίδιου ρυθμού αλλαγή της θερμοκρασίας του νερού στα δυο δοχεία, η αύξηση της θερμοκρασίας του ενός που συσχετίζεται με την ταυτόχρονη μείωση της θερμοκρασίας του άλλου, το «δόσιμο» ή αλλιώς η ροή της θερμότητας προς το ψυχρότερο υλικό σώμα, το «μοίρασμα» της ενέργειας με ομοιόμορφο τρόπο, που μαρτυρείται κι από τη συμφωνία στις τελικές τιμές της θερμοκρασίας που δείχνουν τα δυο θερμόμετρα και η σταδιακή «εξαφάνιση» φαινομένων που συνοδεύουν την

αρχική κατάσταση των δυο σωμάτων, δηλαδή η απουσία υδρατμών πάνω από το μπρίκι και υγρασίας πάνω στα εξωτερικά τοιχώματα του μεγάλου δοχείου.

Από τη σύνθεση όλων αυτών των στοιχείων μπορούμε να καταλήξουμε σε ένα μοτίβο, το οποίο μας αποκαλύπτει και μας βοηθά να αντιληφθούμε τι περίπου συμβαίνει με τα άτομα και τα μόρια του υλικού σώματος που συμμετέχει στο συγκεκριμένο φυσικό φαινόμενο, την ώρα που εκτυλίσσεται το φαινόμενο αυτό. Καθώς παρακολουθούμε συνολικά όλη την εξέλιξη του φυσικού φαινομένου, μπορούμε να υποθέσουμε ότι υπάρχει ένα ή και περισσότερα **μοτίβα** που το αναπαριστούν και το περιγράφουν συμβολικά. Μπορούμε όμως πιο απλά να πούμε ότι υπάρχουν **αναλογίες** με τις οποίες μοτίβα από τον κόσμο των εμπειριών μας, που έχουν κανονικότητα, αντιστοιχούν σε λειτουργίες του κόσμου των σωματιδίων. Η **ιδέα** ή οι **ιδέες** με τις οποίες σχηματίζονται τέτοια **μοτίβα** και τέτοιες αναλογίες αναπτύσσονται παρακάτω ως εξής: Όταν ρίξω μια ποσότητα υγρής χρωστικής ουσίας σε ένα δοχείο με καθαρό νερό, αυτή συνήθως κατακάθεται στον πάτο του δοχείου εξαιτίας της βαρυτικής έλξης. Βέβαια, για να διαλυθεί το χρώμα μες στο νερό και για να μοιραστεί ομοιόμορφα, ώστε να έχουμε ένα ομοιογενές μείγμα, πρέπει να δώσω μια ώθηση στα μόρια της χρωστικής ουσίας. Αυτό το πετυχαίνω όταν ανακατέψω με ένα κουτάλι το νερό και το χρώμα. Βέβαια, αν δεν επέλεγα την τακτική του ανακατέματος, θα υπέθετα ότι ένα παρόμοιο αποτέλεσμα θα μπορούσε να επιτευχθεί μόνο αν τα σωματίδια της χρωστικής ουσίας ήταν ιδιαίτερα δραστήρια και κινητικά, σε βαθμό μάλιστα που θα ήταν ικανά να μετακινηθούν προς κάθε κατεύθυνση μέσα στην ποσότητα του νερού που υπάρχει εντός του σκεύους. Άρα, η έντονη κίνηση και η μετακίνηση των συστατικών των υλικών σωμάτων είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για να πραγματοποιηθεί ένα ομοιόμορφο μείγμα ενέργειας. Επίσης, τα κομματάκια χαρτιού από χαρτοπόλεμο θα μοιράζονταν ομοιόμορφα σε ένα κλειστό δοχείο μόνο εάν με κάποιο τρόπο τα κινούσαμε. Αυτό θα μπορούσαμε να το καταφέρουμε με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα.

Κείμενο(4^ο): Θερμική Ισορροπία: Η θερμότητα ρέει πάντα από ένα σώμα με υψηλότερη θερμοκρασία προς ένα άλλο σώμα με χαμηλότερη θερμοκρασία. Αυτό είναι πολύ λογικό καθώς τα ταχύτερα άτομα/μόρια είναι εκείνα που έχουν

σε μεγαλύτερο βαθμό την ικανότητα να προκαλέσουν περισσότερες και ισχυρότερες «συγκρούσεις» και να παρασύρουν τελικά όσα κινούνται πιο αργά.

Όταν δυο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρθουν σε επαφή, τότε τα δραστήρια σωματίδια του ενός θα επηρεάσουν, μέσω «συγκρούσεων», την ταχύτητα των λιγότερο δραστηρίων σωματιδίων του άλλου σώματος. Τα πρώτα «θα χάσουν» ένα μέρος της ενέργειας που έχουν απορροφήσει, κι έτσι θα κινούνται πλέον πιο αργά, και τα δεύτερα «θα κερδίσουν» αυτό το μέρος της ενέργειας, με αποτέλεσμα να κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με την πριν. Σταδιακά η μετάδοση του ρυθμού της κίνησης, μέσω των «συγκρούσεων», ολοκληρώνεται και κάποια στιγμή όλα τα σωματίδια θα κινούνται με τον ίδιο ρυθμό, αφού η ενέργεια θα έχει μοιραστεί ομοιόμορφα. Άλλωστε, τα ταχύτερα σωματίδια, λόγω της έντονης κινητικής τους κατάστασης, θα παρέχουν ενέργεια όσο υπάρχουν ακόμα αργά σωματίδια. Όταν αποκτήσουν όλα τα σωματίδια, και των δυο σωμάτων, την ίδια ταχύτητα, τότε μπορούμε να πούμε ότι δεν υπάρχουν πλέον πιο δραστήρια σωματίδια, τα οποία θα συνέχιζαν τη μετάδοση της θερμότητας. Συνεπώς η ροή της θερμότητας θα έχει ολοκληρωθεί και τα δύο σώματα θα έχουν έρθει σε θερμική ισορροπία.

Σε αυτή την περίπτωση και τα δυο σώματα θα έχουν την ίδια θερμοκρασία, κι αυτό γιατί το σώμα που ήταν πριν θερμότερο προσέφερε ενέργεια κι έτσι μειώθηκε η θερμοκρασία του, ενώ το ψυχρότερο σώμα απορρόφησε ενέργεια με αποτέλεσμα να ανέβει η θερμοκρασία του. Με άλλα λόγια, ό,τι «έχασε» το ένα σώμα το «πήρε» το άλλο, κι αυτό εξηγεί ακριβώς γιατί τα σώματα αυτά απέκτησαν στο τέλος την ίδια θερμοκρασία.

Συγκεκριμένα, στο πείραμα αυτό, τα μόρια του νερού στο μπρίκι είναι ταχύτερα, λόγω του μεγάλου ποσού ενέργειας που έχει απορροφήσει αυτό το υλικό σώμα κατά τη θέρμανσή του, και εξ' αυτού του λόγου μεταδίδουν την ενέργεια μέσω «συγκρούσεων» στα σωματίδια του μετάλλου, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το μπρίκι. Στη συνέχεια τα μόρια του μετάλλου αρχίζουν να κινούνται γρηγορότερα, με αποτέλεσμα να μεταδίδουν κι αυτά ενέργεια μέσω «συγκρούσεων» στα μόρια του νερού που περιέχει το μεγάλο δοχείο. Όσα

μόρια νερού απ' το μεγάλο σκεύος βρίσκονται κοντά στο μέταλλο, δηλαδή όσα μόρια νερού «αγκαλιάζουν» την εξωτερική επιφάνεια του μπρικιού, είναι εκείνα που δέχονται πρώτα από όλα τ' άλλα τις «συγκρούσεις» αυτές. Κατόπιν, η θερμότητα μεταφέρεται σε όλη την ποσότητα νερού του μεγάλου δοχείου με θερμά ρεύματα, δηλαδή μέσω της ανοδικής μετακίνησης μιας ολόκληρης ομάδας μορίων νερού.

(5^ο): Με ένα παρόμοιο μοτίβο είναι δυνατόν να ερμηνεύονται πλείστα άλλα γεγονότα της φυσικής πραγματικότητας, στα οποία εμφανίζεται ή παράγεται το φυσικό φαινόμενο της θερμικής ισορροπίας. Για παράδειγμα, θερμική ισορροπία πραγματοποιείται όταν βυθίσουμε για αρκετή ώρα ένα μπιμπερό με καυτό γάλα μέσα σε μια κατσαρόλα με δροσερό νερό, όταν οι ιχθυοπώλες αφήσουν για αρκετή ώρα μια ποσότητα τριμμένου πάγου ανάμεσα στα ψάρια που πωλούν, όταν λιώσει πλήρως το παγωτό που βγάλαμε από την κατάψυξη και όταν ανοίξουμε, μια ζεστή καλοκαιριάτικη μέρα, την πόρτα και τα παράθυρα του δωματίου μας, του οποίου ο εσωτερικός χώρος έχει ψυχθεί με τη βοήθεια ενός κλιματιστικού. Κάτι παρόμοιο θα συμβεί και τον χειμώνα, όταν ανοίξουμε τις πόρτες και τα παράθυρα ενός δωματίου, που έχουμε προηγουμένως ζεστάνει με ένα θερμαντικό σώμα.

ΤΕΛΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ:

Φθάσαμε λίγο πριν από το τέλος. Ήρθε η ώρα να κάνουμε κάποιες αντιστοιχίσεις. Αν καταφέρουμε να βρούμε ορισμένους σωστούς συνδυασμούς, θα γνωρίσουμε την αναπάντεχη εξέλιξη της ιστορίας των μαθητών και... του κ.Βαγγέλη.

Ι) Να συνδέσεις τα γεγονότα της ιστορικής γραμμής της εξελικτικής πορείας του Σύμπαντος που υπάρχουν στο πλαίσιο Α' με τα γεγονότα, τα φαινόμενα και τις έννοιες του πλαισίου Β'. Να βάλεις στο κενό κάθε περίπτωσης του πλαισίου Α', δηλαδή του πλαισίου με τα γεγονότα της ιστορίας του Σύμπαντος, όσους αριθμούς από το πλαίσιο Β' θεωρείς ότι ταιριάζουν, δηλαδή όσα γεγονότα ή φαινόμενα σχετίζονται λογικά μ'αυτά.

Α' ΠΛΑΙΣΙΟ:

- ☺ Διαστολή του αρχικού μικροσκοπικού σημείου χώρου και χρόνου.(2,6,8,9)
- ☺ Παρουσία μεγάλων ποσών ενέργειας, υψηλή θερμοκρασία.(6,9)
- ☺ Αρχικά, υπήρχε πίεση προς το εσωτερικό και ταυτόχρονα εκδηλώνονταν μια δύναμη που προκαλούσε την απότομη διαστολή του χώρου, δηλαδή μια δύναμη με κατεύθυνση προς τα έξω.(6,9)
- ☺ Διαστολή χωροχρόνου με ασύλληπτους ρυθμούς (πληθωριστική διαστολή του Σύμπαντος).(2,6,9)
- ☺ Πτώση θερμοκρασίας, κατόπιν δημιουργία πολύ μικρών και απλών σωματιδίων.(2,3,5,6,9,12)
- ☺ Άνοδος της θερμοκρασίας του Σύμπαντος, πλησίασμα σωματιδίων.(3,6,10)
- ☺ Δράση της ισχυρής πυρηνικής αλληλεπίδρασης, σύνθεση πρωτονίων και νετρονίων, σύνθεση πυρήνων.(2,3,4,6)
- ☺ Σύνθεση ατόμων: δράση ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων, οι θετικά φορτισμένοι πυρήνες έλκουν και έλκονται από τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια.(2,3,4,6,7)
- ☺ Ομοιόμορφη κατανομή ύλης και ενέργειας, ύπαρξη πυκνότερων σε ύλη και ενέργεια περιοχών σε τοπικό επίπεδο.(1,3,6,11)

- ☺ Δράση βαρυτικής δύναμης στις πυκνότερες περιοχές, συγκέντρωση επιπλέον ύλης τοπικά, δημιουργία μορίων με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης, δημιουργία αέριων υλικών σωμάτων, δημιουργία άστρων.
.....(1,2,3,4,6,7,10,14)
- ☺ Παραγωγή βαρύτερων ατόμων στο εσωτερικό των άστρων και παράλληλη έκλυση ακτινοβολίας και θερμότητας από τα άστρα. Ένωση -με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης- όμοιων ατόμων σε ομάδες ή σε ενιαία σώματα ή αλλιώς σε ουσίες, που ονομάζονται χημικά στοιχεία.
.....(3,4,6,7,13,14)
- ☺ Εκρήξεις άστρων, διασπορά χημικών στοιχείων στον χώρο.
.....(1,3,6,10,11,15)
- ☺ Δημιουργία νέων πυκνότερων περιοχών, δημιουργία νέων άστρων, γαλαξιών και πλανητικών συστημάτων με τη βοήθεια της βαρυτικής δύναμης. Δημιουργία χημικών ενώσεων και μιγμάτων, καθώς και διαφόρων υλικών σωμάτων με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης.
.....(1,2,3,4,6,7,10,11,13,14,15,16)

Β' ΠΛΑΙΣΙΟ:

1. Αιωρούμενη σκόνη, αστέρια στον βραδινό ουρανό, που είναι «απλωμένα» σε κάθε περιοχή του ουράνιου θόλου, αλλά κατά τόπους είναι συγκεντρωμένα σε μεγαλύτερο αριθμό.
2. Μια περιοχή του χώρου άλλοτε μοιάζει πολύ μικρή και άλλοτε πολύ μεγάλη. Επίσης, ένα σωματίδιο ή ένα ολόκληρο υλικό σώμα άλλοτε φαίνεται πολύ μικρό και άλλοτε πολύ μεγάλο. Η άποψη που αποκτά κανείς για το μέγεθος του χώρου και των διαφόρων δομών της ύλης ποικίλει και είναι σχετική, αφού εξαρτάται από το πόσο κοντά ή μακριά σε σχέση με μια συγκεκριμένη περιοχή του χώρου ή σε σχέση με το συγκεκριμένο σωματίδιο ή υλικό σώμα βρίσκεται εκείνος που παρατηρεί, καθώς και από το μέγεθός του παρατηρητή.
3. Σωματίδια, πρωτόνια, νετρόνια, πυρήνες, άτομα, Ήλιος, Γη, Σελήνη, πλανήτες, δορυφόροι, κομήτες, αστεροειδείς.

4. Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις (ή θεμελιώδεις δυνάμεις: ισχυρή και ασθενής πυρηνική, ηλεκτρομαγνητική, βαρυτική) που συγκεντρώνουν και συνδέουν ή χωρίζουν τα δομικά συστατικά της ύλης.
5. Δημιουργία ύλης από ενέργεια.
6. Οι νόμοι της φύσης εφαρμόζονται με συγκεκριμένο κι όχι αόριστο τρόπο. Το Σύμπαν έχει τα χαρακτηριστικά που έχει, επειδή εξελίσσεται και ρυθμίζεται από τους κανόνες που το ίδιο περιέχει.
7. Στην ύλη περιέχονται αντίθετα φορτία.
8. Ο χρόνος ξεκινά να κυλά μαζί με την εμφάνιση του χώρου. Όσο διαστέλλεται ο χώρος τόσο κυλά ο χρόνος.
9. Όταν είναι συγκεντρωμένα μεγάλα ποσά ενέργειας σε μια μικρή περιοχή του χώρου, εκεί υπάρχει και υψηλή θερμοκρασία. Μια μεγαλύτερη περιοχή με τα ίδια ποσά ενέργειας έχει χαμηλότερη θερμοκρασία.
10. Όταν είναι συγκεντρωμένα μεγάλα ποσά ύλης σε μια σχετικά μικρή περιοχή του χώρου, εκεί υπάρχει και υψηλή θερμοκρασία. Μια μεγαλύτερη περιοχή με τα ίδια ποσά ύλης έχει χαμηλότερη θερμοκρασία.
11. Η ύλη αλλάζει κινητική κατάσταση όταν της προσφερθεί ή της αφαιρεθεί ενέργεια.
12. Τα πρώτα σωματίδια της ύλης σχηματίστηκαν όταν ψύχθηκε το Σύμπαν. Αυτό βοήθησε τη μετατροπή της ενέργειας σε ύλη.
13. Σύντηξη πυρήνων: συνθετότερα άτομα δημιουργούνται όταν ενώνονται απλά άτομα, δηλαδή όταν ενώνονται οι πυρήνες απλών ατόμων.
14. Η βαρυτική δύναμη συγκεντρώνει τα υλικά σώματα προς ένα κέντρο.
15. Στα στερεά σώματα τα άτομα είναι τοποθετημένα στον χώρο με σχετική τάξη, διατηρούν μεταξύ τους συγκεκριμένες αποστάσεις και δεν μετακινούνται.
16. Στα υγρά σώματα τα άτομα διατηρούν μεταξύ τους συγκεκριμένες αποστάσεις αλλά δεν έχουν συγκεκριμένες θέσεις, καθώς μετακινούνται διαρκώς.

II) Να συνδέσεις τα γεγονότα της ιστορικής γραμμής της εξελικτικής πορείας του Σύμπαντος που υπάρχουν στο πλαίσιο Α' με μοτίβα, αναλογίες, γενικούς κανόνες ή διατυπώσεις σχέσεων (μεταξύ κάποιων μερών) από το πλαίσιο Β', καθώς και με αναπαραστάσεις που έχουν το στοιχείο της επανάληψης συγκεκριμένων χαρακτηριστικών από το ίδιο πλαίσιο. Να βάλεις στο κενό κάθε περίπτωσης του πλαισίου Α', δηλαδή του πλαισίου με τα γεγονότα της ιστορίας του Σύμπαντος, όσους αριθμούς από το πλαίσιο Β' θεωρείς ότι ταιριάζουν, δηλαδή όσα μοτίβα-αναλογίες-αναπαραστάσεις μπορούν να συσχετιστούν λογικά μ' αυτά.

Α' ΠΛΑΙΣΙΟ:

- ☺ Διαστολή του αρχικού μικροσκοπικού σημείου χώρου και χρόνου.()
- ☺ Παρουσία μεγάλων ποσών ενέργειας, υψηλή θερμοκρασία.()
- ☺ Αρχικά, υπήρχε πίεση προς το εσωτερικό και ταυτόχρονα εκδηλώνονταν μια δύναμη που προκαλούσε την απότομη διαστολή του χώρου, δηλαδή μια δύναμη με κατεύθυνση προς τα έξω.()
- ☺ Διαστολή χωροχρόνου με ασύλληπτους ρυθμούς (πληθωριστική διαστολή του Σύμπαντος).()
- ☺ Πτώση θερμοκρασίας, κατόπιν δημιουργία πολύ μικρών και απλών σωματιδίων.()
- ☺ Άνοδος της θερμοκρασίας του Σύμπαντος, πλησίασμα σωματιδίων.()
- ☺ Δράση της ισχυρής πυρηνικής αλληλεπίδρασης, σύνθεση πρωτονίων και νετρονίων, σύνθεση πυρήνων.()
- ☺ Σύνθεση ατόμων: δράση ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων, οι θετικά φορτισμένοι πυρήνες έλκουν και έλκονται από τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια.()
- ☺ Ομοιόμορφη κατανομή ύλης και ενέργειας, ύπαρξη πυκνότερων σε ύλη και ενέργεια περιοχών σε τοπικό επίπεδο.()
- ☺ Δράση βαρυτικής δύναμης στις πυκνότερες περιοχές, συγκέντρωση επιπλέον ύλης τοπικά, δημιουργία μορίων με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης, δημιουργία αέριων υλικών σωμάτων, δημιουργία άστρων.()

- ☺ Παραγωγή βαρύτερων ατόμων στο εσωτερικό των άστρων και παράλληλη έκλυση ακτινοβολίας και θερμότητας από τα άστρα. Ένωση -με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης- όμοιων ατόμων σε ομάδες ή σε ενιαία σώματα ή αλλιώς σε ουσίες, που ονομάζονται χημικά στοιχεία.
.....()
- ☺ Εκρήξεις άστρων, διασπορά χημικών στοιχείων στον χώρο.
.....()
- ☺ Δημιουργία νέων πυκνότερων περιοχών, δημιουργία νέων άστρων, γαλαξιών και πλανητικών συστημάτων με τη βοήθεια της βαρυτικής δύναμης. Δημιουργία χημικών ενώσεων και μιγμάτων, καθώς και διαφόρων υλικών σωμάτων με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης.()

Β' ΠΛΑΙΣΙΟ:

1. Κάθε αντικείμενο αποτελείται από όλο και μικρότερα υλικά τμήματα.
2. Το σφαιρικό σχήμα είναι πολύ συχνό στο Σύμπαν: Καθετί κινείται ή συγκεντρώνεται γύρω από ένα κέντρο ή μια σφαιρική περιοχή.
3. Στο Σύμπαν όλα μεταβάλλονται.
4. Αν ήταν εφικτό να αφαιρεθούν όλη η ενέργεια και η ύλη από τον χώρο, τότε καμιά αλλαγή δεν θα μπορούσε να συμβεί μέσα σε αυτόν.
5. Όσο περισσότερο αυξάνει το μέγεθος ενός πράγματος, τόσο πιο πολύ αυτό το πράγμα αραιώνει, δηλαδή η πυκνότητά του ελαττώνεται όλο και πιο πολύ. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και με τον χώρο όσον αφορά την πυκνότητά του σε διάφορες ποσότητες.
6. Όταν περιορίζω κάτι σε μια πολύ μικρή περιοχή του χώρου, τόσο πιο δυναμική θα είναι αυτή η νέα κατάσταση που δημιουργείται και τόσο πιο βίαια θα είναι τα αποτελέσματα που θα επιφέρει. Ισχύουν τα ακριβώς αντίθετα, όταν κάτι αναπτύσσεται μέσα σε μια αρκετά μεγάλη έκταση. Επίσης, όσο πιο μεγάλη είναι η ποσότητα που συγκεντρώνεται κάπου τόσο πιο έντονα και ιδιαίτερα είναι τα φαινόμενα που εκδηλώνονται από αυτή τη συγκεκριμένη κατάσταση.
7. Όσο πιο έντονο είναι ένα φυσικό γεγονός τόσο μεγαλύτερες είναι κι οι πιθανότητες να γίνει ακόμη πιο έντονο στο μέλλον. Σε ορισμένες περιπτώσεις η φύση δρα και λειτουργεί πολλαπλασιαστικά.

8. Κάθε φορά που προκαλώ μια δράση, εισπράττω και μια ανάλογη απάντηση σε αυτή τη δράση.
9. Καθετί που δημιουργείται μες στο Σύμπαν, σχηματίζεται μέσα σε ένα φυσικό πλαίσιο που προϋπάρχει. Οτιδήποτε υπάρχει στο Σύμπαν, έχει σχηματιστεί από κάτι άλλο που προηγήθηκε.
10. Καθετί που αλλάζει, ή θα αυξάνεται ή θα μειώνεται.
11. Τα συστατικά μέρη ενός υλικού, που έχουν περιοριστεί σε μια ιδιαίτερα μικρή περιοχή του χώρου, γίνονται περισσότερο δραστήρια κι αυτό οδηγεί αναπόφευκτα στην ένωσή τους. Επίσης, αν τύχει τα συστατικά μέρη ενός υλικού, που έχουν «απλωθεί» σε μια ιδιαίτερα μεγάλη περιοχή του χώρου, να είναι πολύ δραστήρια, τότε απομακρύνονται το ένα από το άλλο.
12. Για να ενωθεί κάτι με κάτι άλλο, πρέπει το «σχήμα» του ενός να συμπληρώνεται από το «σχήμα» του άλλου. Δύο πράγματα όμοιου «σχήματος» δεν μπορούν να ενωθούν αυθόρμητα.
13. Όταν δυο πράγματα δεν μπορούν αυθόρμητα να ενωθούν, λόγω της ομοιότητάς τους, τότε απωθούνται με δυναμικό τρόπο.
14. Το ίδιο πράγμα μπορεί να αποτελείται από συστατικά που αλληλοσυμπληρώνονται, επειδή είναι φτιαγμένα έχοντας αντίθετα χαρακτηριστικά το ένα από το άλλο. Το Σύμπαν εμφανίζει το χαρακτηριστικό της συμπληρωματικότητας. Καθετί δεν μπορεί να υπάρχει μόνο του, αφού από τη φύση του έχει την ιδιότητα να σχετίζεται με κάτι άλλο.
15. Κάθε σύνθετο πράγμα αποτελείται από όλο και πιο απλά σε δομή συστατικά. Κάθε σύνθετη δομή δημιουργείται από την επανάληψη της πιο απλής πρωταρχικής βασικής δομής.
16. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί συνδυασμοί των απλών βασικών δομών. Έτσι, εξηγείται η ύπαρξη ποικίλων και διαφορετικών σύνθετων δομών.
17. Οι ιδιότητες των πιο σύνθετων δομών εκφράζονται με διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τον τρόπο που εκφράζονται οι αντίστοιχες ιδιότητες των απλούστερων δομών.
18. Αυτό που χάνεται από κάπου προσφέρεται κάπου αλλού. Το Σύμπαν έχει κανονικότητα.
19. Όταν κάτι ηρεμεί, είναι πιο εύκολο να συγκεντρωθεί κάπου.

20. Ανάλογα με τη θέση που έχει κάποιος όταν παρατηρεί, μπορεί να γίνουν αντιληπτά τότε τα μέρη και οι κινήσεις των μερών μιας ολόκληρης ποσότητας και τότε η ίδια η ποσότητα στο σύνολό της, καθώς και η κίνηση και μετακίνησή της.

III) Να συνδέσεις τα γεγονότα, τα φαινόμενα και τις έννοιες του πλαισίου Α' με μοτίβα, αναλογίες, γενικούς κανόνες ή διατυπώσεις σχέσεων (μεταξύ κάποιων μερών) από το πλαίσιο Β', καθώς και με αναπαραστάσεις που έχουν το στοιχείο της επανάληψης συγκεκριμένων χαρακτηριστικών από το ίδιο πλαίσιο. Να βάλεις στο κενό κάθε περίπτωσης του πλαισίου Α', δηλαδή του πλαισίου με τα γεγονότα και τα φαινόμενα, όσους αριθμούς από το πλαίσιο Β' θεωρείς ότι ταιριάζουν, δηλαδή όσα μοτίβα-αναλογίες-αναπαραστάσεις μπορούν να συσχετιστούν λογικά μ'αυτά.

Α' ΠΛΑΙΣΙΟ:

- ☺ Αιωρούμενη σκόνη, αστέρια στον βραδινό ουρανό, που είναι «απλωμένα» σε κάθε περιοχή του ουράνιου θόλου, αλλά κατά τόπους είναι συγκεντρωμένα σε μεγαλύτερο αριθμό.
()
- ☺ Μια περιοχή του χώρου άλλοτε μοιάζει πολύ μικρή και άλλοτε πολύ μεγάλη. Επίσης, ένα σωματίδιο ή ένα ολόκληρο υλικό σώμα άλλοτε φαίνεται πολύ μικρό και άλλοτε πολύ μεγάλο. Η άποψη που αποκτά κανείς για το μέγεθος του χώρου και των διαφόρων δομών της ύλης ποικίλει και είναι σχετική, αφού εξαρτάται από το πόσο κοντά ή μακριά σε σχέση με μια συγκεκριμένη περιοχή του χώρου ή σε σχέση με το συγκεκριμένο σωματίδιο ή υλικό σώμα βρίσκεται εκείνος που παρατηρεί, καθώς και από το μέγεθός του παρατηρητή. ()
- ☺ Σωματίδια, πρωτόνια, νετρόνια, πυρήνες, άτομα, Ήλιος, Γη, Σελήνη, πλανήτες, δορυφόροι, κομήτες, αστεροειδείς. ()
- ☺ Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις (ή θεμελιώδεις δυνάμεις: ισχυρή και ασθενής πυρηνική, ηλεκτρομαγνητική, βαρυτική) που συγκεντρώνουν και συνδέουν ή χωρίζουν τα δομικά συστατικά της ύλης. ()

- ☺ Δημιουργία ύλης από ενέργεια. ()
- ☺ Οι νόμοι της φύσης εφαρμόζονται με συγκεκριμένο κι όχι αόριστο τρόπο. Το Σύμπαν έχει τα χαρακτηριστικά που έχει, επειδή εξελίσσεται και ρυθμίζεται από τους κανόνες που το ίδιο περιέχει. ()
- ☺ Στην ύλη περιέχονται αντίθετα φορτία. ()
- ☺ Ο χρόνος ξεκινά να κυλά μαζί με την εμφάνιση του χώρου. Όσο διαστέλλεται ο χώρος τόσο κυλά ο χρόνος. ()
- ☺ Όταν είναι συγκεντρωμένα μεγάλα ποσά ενέργειας σε μια μικρή περιοχή του χώρου, εκεί υπάρχει και υψηλή θερμοκρασία. Μια μεγαλύτερη περιοχή με τα ίδια ποσά ενέργειας έχει χαμηλότερη θερμοκρασία. ()
- ☺ Όταν είναι συγκεντρωμένα μεγάλα ποσά ύλης σε μια σχετικά μικρή περιοχή του χώρου, εκεί υπάρχει και υψηλή θερμοκρασία. Μια μεγαλύτερη περιοχή με τα ίδια ποσά ύλης έχει χαμηλότερη θερμοκρασία. ()
- ☺ Η ύλη αλλάζει κινητική κατάσταση όταν της προσφερθεί ή της αφαιρεθεί ενέργεια. ()
- ☺ Τα πρώτα σωματίδια της ύλης σχηματίστηκαν όταν ψύχθηκε το Σύμπαν. Αυτό βοήθησε τη μετατροπή της ενέργειας σε ύλη. ()
- ☺ Σύντηξη πυρήνων: συνθετότερα άτομα δημιουργούνται όταν ενώνονται απλά άτομα, δηλαδή όταν ενώνονται οι πυρήνες απλών ατόμων. ()
- ☺ Η βαρυτική δύναμη συγκεντρώνει τα υλικά σώματα προς ένα κέντρο. ()
- ☺ Στα στερεά σώματα τα άτομα είναι τοποθετημένα στον χώρο με σχετική τάξη, διατηρούν μεταξύ τους συγκεκριμένες αποστάσεις και δεν μετακινούνται. ()
- ☺ Στα υγρά σώματα τα άτομα διατηρούν μεταξύ τους συγκεκριμένες αποστάσεις αλλά δεν έχουν συγκεκριμένες θέσεις, καθώς μετακινούνται διαρκώς. ()

Β' ΠΛΑΙΣΙΟ:

1. Κάθε αντικείμενο αποτελείται από όλο και μικρότερα υλικά τμήματα.
2. Το σφαιρικό σχήμα είναι πολύ συχνό στο Σύμπαν: Καθετί κινείται ή συγκεντρώνεται γύρω από ένα κέντρο ή μια σφαιρική περιοχή.
3. Στο Σύμπαν όλα μεταβάλλονται.
4. Αν ήταν εφικτό να αφαιρεθούν όλη η ενέργεια και η ύλη από τον χώρο, τότε καμιά αλλαγή δεν θα μπορούσε να συμβεί μέσα σε αυτόν.
5. Όσο περισσότερο αυξάνει το μέγεθος ενός πράγματος, τόσο πιο πολύ αυτό το πράγμα αραιώνει, δηλαδή η πυκνότητά του ελαττώνεται όλο και πιο πολύ. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και με τον χώρο όσον αφορά την πυκνότητά του σε διάφορες ποσότητες.
6. Όταν περιορίζω κάτι σε μια πολύ μικρή περιοχή του χώρου, τόσο πιο δυναμική θα είναι αυτή η νέα κατάσταση που δημιουργείται και τόσο πιο βίαια θα είναι τα αποτελέσματα που θα επιφέρει. Ισχύουν τα ακριβώς αντίθετα, όταν κάτι αναπτύσσεται μέσα σε μια αρκετά μεγάλη έκταση. Επίσης, όσο πιο μεγάλη είναι η ποσότητα που συγκεντρώνεται κάπου τόσο πιο έντονα και ιδιαίτερα είναι τα φαινόμενα που εκδηλώνονται από αυτή τη συγκεκριμένη κατάσταση.
7. Όσο πιο έντονο είναι ένα φυσικό γεγονός τόσο μεγαλύτερες είναι κι οι πιθανότητες να γίνει ακόμη πιο έντονο στο μέλλον. Σε ορισμένες περιπτώσεις η φύση δρα και λειτουργεί πολλαπλασιαστικά.
8. Κάθε φορά που προκαλώ μια δράση, εισπράττω και μια ανάλογη απάντηση σε αυτή τη δράση.
9. Καθετί που δημιουργείται μες στο Σύμπαν, σχηματίζεται μέσα σε ένα φυσικό πλαίσιο που προϋπάρχει. Οτιδήποτε υπάρχει στο Σύμπαν, έχει σχηματιστεί από κάτι άλλο που προηγήθηκε.
10. Καθετί που αλλάζει, ή θα αυξάνεται ή θα μειώνεται.
11. Τα συστατικά μέρη ενός υλικού, που έχουν περιοριστεί σε μια ιδιαίτερα μικρή περιοχή του χώρου, γίνονται περισσότερο δραστήρια κι αυτό οδηγεί αναπόφευκτα στην ένωσή τους. Επίσης, αν τύχει τα συστατικά μέρη ενός υλικού, που έχουν «απλωθεί» σε μια ιδιαίτερα μεγάλη περιοχή του χώρου, να είναι πολύ δραστήρια, τότε απομακρύνονται το ένα από το άλλο.

12. Για να ενωθεί κάτι με κάτι άλλο, πρέπει το «σχήμα» του ενός να συμπληρώνεται από το «σχήμα» του άλλου. Δύο πράγματα όμοιου «σχήματος» δεν μπορούν να ενωθούν αυθόρμητα.
13. Όταν δυο πράγματα δεν μπορούν αυθόρμητα να ενωθούν, λόγω της ομοιότητάς τους, τότε απωθούνται με δυναμικό τρόπο.
14. Το ίδιο πράγμα μπορεί να αποτελείται από συστατικά που αλληλοσυμπληρώνονται, επειδή είναι φτιαγμένα έχοντας αντίθετα χαρακτηριστικά το ένα από το άλλο. Το Σύμπαν εμφανίζει το χαρακτηριστικό της συμπληρωματικότητας. Καθετί δεν μπορεί να υπάρχει μόνο του, αφού από τη φύση του έχει την ιδιότητα να σχετίζεται με κάτι άλλο.
15. Κάθε σύνθετο πράγμα αποτελείται από όλο και πιο απλά σε δομή συστατικά. Κάθε σύνθετη δομή δημιουργείται από την επανάληψη της πιο απλής πρωταρχικής βασικής δομής.
16. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί συνδυασμοί των απλών βασικών δομών. Έτσι, εξηγείται η ύπαρξη ποικίλων και διαφορετικών σύνθετων δομών.
17. Οι ιδιότητες των πιο σύνθετων δομών εκφράζονται με διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τον τρόπο που εκφράζονται οι αντίστοιχες ιδιότητες των απλούστερων δομών.
18. Αυτό που χάνεται από κάπου προσφέρεται κάπου αλλού. Το Σύμπαν έχει κανονικότητα.
19. Όταν κάτι ηρεμεί, είναι πιο εύκολο να συγκεντρωθεί κάπου.
20. Ανάλογα με τη θέση που έχει κάποιος όταν παρατηρεί, μπορεί να γίνουν αντιληπτά τότε τα μέρη και οι κινήσεις των μερών μιας ολόκληρης ποσότητας και τότε η ίδια η ποσότητα στο σύνολό της, καθώς και η κίνηση και μετακίνησή της.

IV) Να συνδέσεις τις παρακάτω αρχές που σχετίζονται με τη θερμότητα και τη φυσική κατάσταση των υλικών σωμάτων, από το πλαίσιο Α', με τα θερμικά φαινόμενα και τις αντίστοιχες έννοιες από το πλαίσιο Β'. Να βάλεις στο κενό κάθε περίπτωσης του πλαισίου Α' όσους αριθμούς από το πλαίσιο Β' θεωρείς ότι ταιριάζουν.

Α' ΠΛΑΙΣΙΟ:

- ☺ Κάθε δομή της ύλης κινείται. Κίνηση υπάρχει και στις υλικές δομές του μικρόκοσμου και στις υλικές δομές του μακρόκοσμου και στις αντίστοιχες του μέγακοσμου. Η κίνηση αυτή είναι συνεχής και ακατάπαυστη. ()
- ☺ Τα γρήγορα σωματίδια μεταδίδουν τον ρυθμό της κίνησής τους στα αργά σωματίδια. Αυτό γίνεται επειδή τα ταχύτερα σωματίδια παρασύρουν τα λιγότερο γρήγορα, μέσω των έντονων «συγκρούσεων» που προκαλούν. Η ένταση των «συγκρούσεων» εξαρτάται καταρχάς από την ταχύτητα των πιο δραστήριων σωματιδίων. ()
- ☺ Η θερμοκρασία ενός σώματος δηλώνει την ταχύτητα με την οποία κινούνται τα σωματίδιά του, καθώς και την ποσότητα της ενέργειας που έχει απορροφήσει. ()
- ☺ Η μεγάλη ποσότητα ενέργειας σημαίνει και εντονότερη κίνηση. Εντονότερη κίνηση σημαίνει υψηλότερη θερμοκρασία. ()
- ☺ Η ροή της ενέργειας πραγματοποιείται μέσω της κίνησης. Άλλοτε κινούνται έντονα κάποια σωματίδια γύρω από τις θέσεις τους και μεταδίδουν την κίνησή τους στα γειτονικά σωματίδια, οπότε η ενέργεια σε αυτήν την περίπτωση μεταδίδεται με αγωγή, άλλοτε μια ολόκληρη ομάδα ταχύτερων σωματιδίων μετακινείται μες στον χώρο και συμπαρασύρει στην ίδια κίνηση κι άλλες ομάδες σωματιδίων, οπότε η μεταφορά της ενέργειας πραγματοποιείται με ρεύματα και άλλοτε η ενέργεια από μόνη της, χωρίς τη μεσολάβηση κάποιου υλικού μέσου, διαδίδεται στον χώρο με τη μορφή κύματος ενέργειας, δηλαδή ακτινοβολίας, που ταξιδεύει προς κάθε δυνατή κατεύθυνση, οπότε σε αυτήν την περίπτωση έχουμε διάδοση της ενέργειας με τη μορφή ακτινοβολίας. ()

- ☺ Η ροή της θερμότητας ξεκινά από τις περιοχές ή τα σώματα που έχουν υψηλότερη θερμοκρασία και έχει κατεύθυνση προς τις περιοχές ή τα σώματα που έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία. Αυτό οφείλεται στα μεγάλα ποσά ενέργειας που περιέχουν τα θερμότερα σημεία και, κατά συνέπεια, στην μεγαλύτερη και εντονότερη κινητικότητα που εμφανίζουν τα σημεία αυτά σε σχέση με κάποια άλλα. ()
- ☺ Τα υλικά σώματα βρίσκονται σε διάφορες φυσικές καταστάσεις ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον όπου βρίσκονται. Αν αλλάξουν αυτές οι συνθήκες, ένα οποιοδήποτε υλικό σώμα μπορεί να μεταπηδήσει από τη μια φυσική κατάσταση στην άλλη. Δηλαδή, το ίδιο σώμα μπορεί να βρίσκεται άλλοτε σε στερεή, άλλοτε σε υγρή και άλλοτε σε αέρια κατάσταση. ()
- ☺ Ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στον περιβάλλοντα χώρο, υπάρχει μια συγκεκριμένη τιμή θερμοκρασίας για ένα συγκεκριμένο σώμα, η οποία σηματοδοτεί την αλλαγή της φυσικής του κατάστασης και τη μετάβασή του στη νέα φυσική κατάσταση. Η θερμοκρασία αυτή αντιστοιχεί στον ελάχιστο βασικό και απαραίτητο ρυθμό κίνησης που πρέπει να έχουν τα σωματίδια του συγκεκριμένου υλικού σώματος, ώστε αυτό να μπορεί να αλλάξει φυσική κατάσταση. ()
- ☺ Απαιτείται περισσότερος χώρος για τα σωματίδια που κινούνται γρηγορότερα. ()
- ☺ Αν κάποια απ'τα σωματίδια ενός ορισμένου πλήθους σωματιδίων κινούνται ταχύτατα, λόγω της υψηλής τους ενέργειας, τότε θα κατευθυνθούν υποχρεωτικά προς την περιοχή εκείνη που υπάρχει περισσότερος κενός και ελεύθερος χώρος, δηλαδή προς την περιοχή όπου είναι μεγαλύτερη η πιθανότητα να μην έρθουν αντιμέτωπα με απωστικές δυνάμεις. Σε τούτη την περίπτωση, τα σωματίδια αυτά θα κινηθούν σαν ομάδα προς την ίδια κατεύθυνση. ()
- ☺ Τα πυκνότερα σε ύλη σώματα, που έχουν μάλιστα και μόρια με μεγάλη μάζα, μπορούν και να απελευθερώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας αλλά και να απορροφούν αντίστοιχα ποσά. ()
- ☺ Όταν δύο σώματα επικοινωνούν με κάποιο τρόπο και το ένα είναι θερμότερο από το άλλο, τότε η επιπλέον ενέργεια θα μοιραστεί εξίσου και

στα δύο σώματα. Αυτό κατορθώνεται λόγω της ροής της θερμότητας προς τις ψυχρότερες περιοχές, η οποία πραγματοποιείται είτε μέσω της εντονότερης κίνησης κάποιων σωματιδίων είτε μέσω της μετακίνησης μιας ολόκληρης ομάδας ταχύτερα κινούμενων σωματιδίων. Όταν τα δυο σώματα αποκτήσουν την ίδια ακριβώς θερμοκρασία, παύει και η ροή της θερμότητας. ()

- ☺ Η διάδοση της θερμότητας ως ακτινοβολία μπορεί να πραγματοποιηθεί και προς ένα υλικό σώμα με υψηλότερη θερμοκρασία. ()

Β' ΠΛΑΙΣΙΟ:

1. Αλλαγή φυσικής κατάστασης υλικού σώματος: από στερεό σε υγρό, από υγρό σε αέριο, από στερεό σε αέριο, από αέριο σε υγρό, από υγρό σε στερεό, από αέριο σε στερεό.
2. Ένα παγάκι λιώνει γρηγορότερα όταν το βουτήξουμε μέσα σε ένα ποτήρι που περιέχει νερό.
3. Η θερμοκρασία της λαβής της βελόνας πλεξίματος ανεβαίνει ύστερα από την παρέλευση αρκετού χρόνου. Στα στερεά σώματα η μετάδοση της θερμότητας γίνεται σταδιακά από τη θερμότερη περιοχή του στερεού προς τη λιγότερο θερμή.
4. Όταν τα σώματα θερμαίνονται διαστέλλονται κι όταν ψύχονται συστέλλονται.
5. Οι πειραματικές συσκευές και τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό διαφόρων φυσικών μεγεθών, όπως είναι λ.χ. η θερμοκρασία, αναπαράγουν τα φυσικά φαινόμενα και «αντιγράφουν» τα φυσικά γεγονότα που μετρούν.
6. Η θερμότητα στα υγρά και αέρια σώματα μεταφέρεται με ρεύματα. Τα θερμά ρεύματα μετακινούνται προς τις ψυχρότερες περιοχές.
7. Η θερμότητα διαδίδεται και ως ακτινοβολία. Η ακτινοβολία μπορεί να διαδοθεί προς κάθε κατεύθυνση και να ταξιδέψει μέσα σε οποιοδήποτε διαφανές και ημιδιαφανές υλικό σώμα. Επίσης, η ακτινοβολία ταξιδεύει και μες στον κενό χώρο.
8. Όταν η ενέργεια από ένα θερμό σώμα κατανεμηθεί ομοιόμορφα σε όλα τα υλικά σώματα που έρχονται σε επαφή με αυτό, τότε σταματά η ροή

θερμότητας, αφού σε αυτήν την περίπτωση τα σώματα περιέρχονται σε θερμική ισορροπία.

V) Να συνδέσεις τις παρακάτω αρχές που σχετίζονται με τη θερμότητα και τη φυσική κατάσταση των υλικών σωμάτων, από το πλαίσιο Α', με μοτίβα, αναλογίες, γενικούς κανόνες ή διατυπώσεις σχέσεων (μεταξύ κάποιων μερών) από το πλαίσιο Β', καθώς και με αναπαραστάσεις που έχουν το στοιχείο της επανάληψης συγκεκριμένων χαρακτηριστικών από το ίδιο πλαίσιο. Να βάλεις στο κενό κάθε περίπτωσης του πλαισίου Α' όσους αριθμούς από το πλαίσιο Β' θεωρείς ότι ταιριάζουν.

Α' ΠΛΑΙΣΙΟ:

- ☺ Κάθε δομή της ύλης κινείται. Κίνηση υπάρχει και στις υλικές δομές του μικρόκοσμου και στις υλικές δομές του μακρόκοσμου και στις αντίστοιχες του μέγακοσμου. Η κίνηση αυτή είναι συνεχής και ακατάπαυστη. ()
- ☺ Τα γρήγορα σωματίδια μεταδίδουν τον ρυθμό της κίνησής τους στα αργά σωματίδια. Αυτό γίνεται επειδή τα ταχύτερα σωματίδια παρασύρουν τα λιγότερο γρήγορα, μέσω των έντονων «συγκρούσεων» που προκαλούν. Η ένταση των «συγκρούσεων» εξαρτάται καταρχάς από την ταχύτητα των πιο δραστήριων σωματιδίων. ()
- ☺ Η θερμοκρασία ενός σώματος δηλώνει την ταχύτητα με την οποία κινούνται τα σωματίδιά του, καθώς και την ποσότητα της ενέργειας που έχει απορροφήσει. ()
- ☺ Η μεγάλη ποσότητα ενέργειας σημαίνει και εντονότερη κίνηση. Εντονότερη κίνηση σημαίνει υψηλότερη θερμοκρασία. ()
- ☺ Η ροή της ενέργειας πραγματοποιείται μέσω της κίνησης. Άλλοτε κινούνται έντονα κάποια σωματίδια γύρω από τις θέσεις τους και μεταδίδουν την κίνησή τους στα γειτονικά σωματίδια, οπότε η ενέργεια σε αυτήν την περίπτωση μεταδίδεται με αγωγή, άλλοτε μια ολόκληρη ομάδα ταχύτερων σωματιδίων μετακινείται μες στον χώρο και συμπαρασύρει στην ίδια κίνηση κι άλλες ομάδες σωματιδίων, οπότε η μεταφορά της ενέργειας πραγματοποιείται με ρεύματα και άλλοτε η ενέργεια από μόνη

της, χωρίς τη μεσολάβηση κάποιου υλικού μέσου, διαδίδεται στον χώρο με τη μορφή κύματος ενέργειας, δηλαδή ακτινοβολίας, που ταξιδεύει προς κάθε δυνατή κατεύθυνση, οπότε σε αυτήν την περίπτωση έχουμε διάδοση της ενέργειας με τη μορφή ακτινοβολίας.
..... ()

☺ Η ροή της θερμότητας ξεκινά από τις περιοχές ή τα σώματα που έχουν υψηλότερη θερμοκρασία και έχει κατεύθυνση προς τις περιοχές ή τα σώματα που έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία. Αυτό οφείλεται στα μεγάλα ποσά ενέργειας που περιέχουν τα θερμότερα σημεία και, κατά συνέπεια, στην μεγαλύτερη και εντονότερη κινητικότητα που εμφανίζουν τα σημεία αυτά σε σχέση με κάποια άλλα. ()

☺ Τα υλικά σώματα βρίσκονται σε διάφορες φυσικές καταστάσεις ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον όπου βρίσκονται. Αν αλλάξουν αυτές οι συνθήκες, ένα οποιοδήποτε υλικό σώμα μπορεί να μεταπηδήσει από τη μια φυσική κατάσταση στην άλλη. Δηλαδή, το ίδιο σώμα μπορεί να βρίσκεται άλλοτε σε στερεή, άλλοτε σε υγρή και άλλοτε σε αέρια κατάσταση. ()

☺ Ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στον περιβάλλοντα χώρο, υπάρχει μια συγκεκριμένη τιμή θερμοκρασίας για ένα συγκεκριμένο σώμα, η οποία σηματοδοτεί την αλλαγή της φυσικής του κατάστασης και τη μετάβασή του στη νέα φυσική κατάσταση. Η θερμοκρασία αυτή αντιστοιχεί στον ελάχιστο βασικό και απαραίτητο ρυθμό κίνησης που πρέπει να έχουν τα σωματίδια του συγκεκριμένου υλικού σώματος, ώστε αυτό να μπορεί να αλλάξει φυσική κατάσταση.
..... ()

☺ Απαιτείται περισσότερος χώρος για τα σωματίδια που κινούνται γρηγορότερα. ()

☺ Αν κάποια απ'τα σωματίδια ενός ορισμένου πλήθους σωματιδίων κινούνται ταχύτατα, λόγω της υψηλής τους ενέργειας, τότε θα κατευθυνθούν υποχρεωτικά προς την περιοχή εκείνη που υπάρχει περισσότερος κενός και ελεύθερος χώρος, δηλαδή προς την περιοχή όπου είναι μεγαλύτερη η πιθανότητα να μην έρθουν αντιμέτωπα με απωστικές δυνάμεις. Σε τούτη την περίπτωση, τα σωματίδια αυτά θα κινηθούν σαν ομάδα προς την ίδια κατεύθυνση. ()

- ☺ Τα πυκνότερα σε ύλη σώματα, που έχουν μάλιστα και μόρια με μεγάλη μάζα, μπορούν και να απελευθερώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας αλλά και να απορροφούν αντίστοιχα ποσά. ()
- ☺ Όταν δύο σώματα επικοινωνούν με κάποιο τρόπο και το ένα είναι θερμότερο από το άλλο, τότε η επιπλέον ενέργεια θα μοιραστεί εξίσου και στα δύο σώματα. Αυτό κατορθώνεται λόγω της ροής της θερμότητας προς τις ψυχρότερες περιοχές, η οποία πραγματοποιείται είτε μέσω της εντονότερης κίνησης κάποιων σωματιδίων είτε μέσω της μετακίνησης μιας ολόκληρης ομάδας ταχύτερα κινούμενων σωματιδίων. Όταν τα δυο σώματα αποκτήσουν την ίδια ακριβώς θερμοκρασία, παύει και η ροή της θερμότητας. ()
- ☺ Η διάδοση της θερμότητας ως ακτινοβολία μπορεί να πραγματοποιηθεί και προς ένα υλικό σώμα με υψηλότερη θερμοκρασία. ()

Β' ΠΛΑΙΣΙΟ:

1. Ανάλογα με τη θέση που έχει κάποιος όταν παρατηρεί, μπορεί να γίνουν αντιληπτά τότε τα μέρη και οι κινήσεις των μερών μιας ολόκληρης ποσότητας και τότε η ίδια η ποσότητα στο σύνολό της, καθώς και η κίνηση και μετακίνησή της. Ανάλογα με το βαθμό της εστίασής μας, άλλοτε βλέπουμε τα επιμέρους και άλλοτε το όλο.
2. Η κίνηση είναι κατάσταση μόνιμη για τα υλικά σώματα.
3. Κάθε αλλαγή στη φύση συνοδεύεται κι από αλλαγή στην κίνηση.
4. Όσο πιο μεγάλη η ποσότητα του υλικού τόσο πιο βίαιη κι η σύγκρουση.
5. Ο ρυθμός μιας κίνησης μπορεί να μεταδοθεί.
6. Όσο πιο δραστήριος τόσο πιο «ταξιδευτής».
7. Ο πιο δραστήριος και δίνει και παίρνει πολλά.
8. Δυο μεγάλα δοχεία επικοινωνούν μέσω ενός αγωγού. Το ένα είναι γεμάτο με μυγάκια. Όσο πιο δραστήρια και κινητικά είναι τα μυγάκια τόσο πιο μεγάλες είναι κι οι πιθανότητες να πετούν μετά από λίγη ώρα ορισμένα από αυτά στο εσωτερικό και του δεύτερου δοχείου.
9. Συγκρούσεις προκαλεί εκείνος που κινείται.
10. Όσο πιο γρήγορα κινούμαι τόσο πιο πολλούς συναντώ.

11. Όσο πιο γρήγορα κινούμαι τόσο πιο πολλούς μπορώ να παρασύρω. Με τη γρήγορη κίνησή μου δίνω ώθηση σε όσους παρασέρνω, με αποτέλεσμα αυτοί να κινούνται ταχύτερα.
12. Πετυχαίνω κάποιον όταν κινούμε ταχύτερα απ' αυτόν.
13. Θα συναντήσω κάποιον μόνο αν βρεθώ και «περιπλανηθώ» στον χώρο που εκείνος «συχνάζει».
14. Το αποτέλεσμα μιας σύγκρουσης, η οποία προκαλείται από κάποιον που κινείται με μεγάλη φόρα, είναι βιαιότερο.
15. Μετά από κάποια σύγκρουση χάνω ταχύτητα, όταν συγκρούομαι με κάποιον που κινείται πιο αργά από μένα.
16. Με «αλλάζουν» και όταν μου δίνουν και όταν μου παίρνουν.
17. Το «πώς» συμπεριφέρομαι εξαρτάται από το πόσο «γεμάτος» ή «άδειος» είμαι.
18. Όσα πιο πολλά «περιέχεις» τόσα πιο πολλά μπορείς να δώσεις ή να πάρεις.
19. «Αλλάζω» μόνο αν βρεθώ εκεί όπου υπάρχει κάτι διαφορετικό από εμένα.
20. Μια ολόκληρη ποσότητα υλικού μετακινείται μόνο αν προέρχεται από υλικό σώμα που μπορεί να ρεύσει.
21. Μια ποσότητα υλικού ενός σώματος, που μετακινείται μέσα σε αυτό το σώμα, συμπαρασύρει και άλλες ποσότητες υλικού και προκαλεί σε αυτές μια παρόμοια μετακίνηση.
22. Αν όλα τα μέρη ενός σώματος υποστούν την ίδια αλλαγή, τότε μεταβάλλεται εντελώς και ένα απ' τα χαρακτηριστικά του ίδιου του σώματος. Το σώμα αυτό αποκτά έτσι μια νέα «συμπεριφορά».
23. Η «συμπεριφορά» μου εξαρτάται από το «περιεχόμενό» μου.
24. Όσο πιο αργή είναι η κίνηση τόσο πιο απίθανη είναι μια ακραία αλλαγή.
25. Όσο πιο αργά κινούμαι τόσο πιο λίγος χώρος μου είναι απαραίτητος.
26. Δυο αντικείμενα είναι ενωμένα με ένα ελαστικό νήμα. Αν κάποια στιγμή το ένα απ' τα δυο αρχίσει να κινείται, τότε και το άλλο, μετά από ελάχιστο χρόνο, θα αποκτήσει την ίδια ταχύτητα. Αν το ένα αυξήσει απότομα και με βίαιο τρόπο την ταχύτητά του, τότε είναι πολύ πιθανό να σπάσει το ελαστικό νήμα, με αποτέλεσμα τα δυο σώματα να απομακρυνθούν το ένα από το άλλο.

27. Όταν κινούμαστε με την ίδια ταχύτητα και προς την ίδια κατεύθυνση, τότε κινούμαστε σαν μια «δεμένη» ομάδα.
28. Μόνο από την ανοικτή πόρτα μπορούν να φύγουν όσοι είχαν εγκλωβιστεί σε έναν ανελκυστήρα. Τα νεογέννητα χελωνάκια, που είναι ακόμη θαμμένα στην άμμο, σκάβουν με κατεύθυνση προς τα επάνω κι όχι προς τα κάτω, γιατί αισθάνονται πιο μαλακή και ελαφριά την άμμο που βρίσκεται πάνω από αυτά. Άλλωστε, η ποσότητα της άμμου που βρίσκεται από κάτω τους είναι κατά πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με αυτήν που τα καλύπτει.
29. Όταν όλοι κινούμαστε με την ίδια ταχύτητα και συγκρουστούμε, κανένας από εμάς δεν θα έχει ταχύτητα μεγαλύτερη από την προηγούμενη μετά τη σύγκρουση.

VI) Να συνδέσεις τα θερμικά φαινόμενα και τις αντίστοιχες έννοιες, από το πλαίσιο Α', με μοτίβα, αναλογίες, γενικούς κανόνες ή διατυπώσεις σχέσεων (μεταξύ κάποιων μερών) από το πλαίσιο Β', καθώς και με αναπαραστάσεις που έχουν το στοιχείο της επανάληψης συγκεκριμένων χαρακτηριστικών από το ίδιο πλαίσιο. Να βάλεις στο κενό κάθε περίπτωσης του πλαισίου Α' όσους αριθμούς από το πλαίσιο Β' θεωρείς ότι ταιριάζουν.

Α' ΠΛΑΙΣΙΟ:

- ☺ Αλλαγή φυσικής κατάστασης υλικού σώματος: από στερεό σε υγρό, από υγρό σε αέριο, από στερεό σε αέριο, από αέριο σε υγρό, από υγρό σε στερεό, από αέριο σε στερεό. ()
- ☺ Ένα παγάκι λιώνει γρηγορότερα όταν το βουτήξουμε μέσα σε ένα ποτήρι που περιέχει νερό. ()
- ☺ Η θερμοκρασία της λαβής της βελόνας πλεξίματος ανεβαίνει ύστερα από την παρέλευση αρκετού χρόνου. Στα στερεά σώματα η μετάδοση της θερμότητας γίνεται σταδιακά από τη θερμότερη περιοχή του στερεού προς τη λιγότερο θερμή. ()
- ☺ Όταν τα σώματα θερμαίνονται διαστέλλονται κι όταν ψύχονται συστέλλονται. ()
- ☺ Οι πειραματικές συσκευές και τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό διαφόρων φυσικών μεγεθών, όπως είναι λ.χ. η θερμοκρασία,

αναπαράγουν τα φυσικά φαινόμενα και «αντιγράφουν» τα φυσικά γεγονότα που μετρούν. ()

- ☺ Η θερμότητα στα υγρά και αέρια σώματα μεταφέρεται με ρεύματα. Τα θερμά ρεύματα μετακινούνται προς τις ψυχρότερες περιοχές. ()
- ☺ Η θερμότητα διαδίδεται και ως ακτινοβολία. Η ακτινοβολία μπορεί να διαδοθεί προς κάθε κατεύθυνση και να ταξιδέψει μέσα σε οποιοδήποτε διαφανές και ημιδιαφανές υλικό σώμα. Επίσης, η ακτινοβολία ταξιδεύει και μες στον κενό χώρο. ()
- ☺ Όταν η ενέργεια από ένα θερμό σώμα κατανεμηθεί ομοιόμορφα σε όλα τα υλικά σώματα που έρχονται σε επαφή με αυτό, τότε σταματά η ροή θερμότητας, αφού σε αυτήν την περίπτωση τα σώματα περιέρχονται σε θερμική ισορροπία. ()

Β' ΠΛΑΙΣΙΟ:

1. Ανάλογα με τη θέση που έχει κάποιος όταν παρατηρεί, μπορεί να γίνουν αντιληπτά τότε τα μέρη και οι κινήσεις των μερών μιας ολόκληρης ποσότητας και τότε η ίδια η ποσότητα στο σύνολό της, καθώς και η κίνηση και μετακίνησή της. Ανάλογα με το βαθμό της εστίασής μας, άλλοτε βλέπουμε τα επιμέρους και άλλοτε το όλο.
2. Η κίνηση είναι κατάσταση μόνιμη για τα υλικά σώματα.
3. Κάθε αλλαγή στη φύση συνοδεύεται κι από αλλαγή στην κίνηση.
4. Όσο πιο μεγάλη η ποσότητα του υλικού τόσο πιο βίαιη κι η σύγκρουση.
5. Ο ρυθμός μιας κίνησης μπορεί να μεταδοθεί.
6. Όσο πιο δραστήριος τόσο πιο «ταξιδευτής».
7. Ο πιο δραστήριος και δίνει και παίρνει πολλά.
8. Δυο μεγάλα δοχεία επικοινωνούν μέσω ενός αγωγού. Το ένα είναι γεμάτο με μυγάκια. Όσο πιο δραστήρια και κινητικά είναι τα μυγάκια τόσο πιο μεγάλες είναι κι οι πιθανότητες να πετούν μετά από λίγη ώρα ορισμένα από αυτά στο εσωτερικό και του δεύτερου δοχείου.
9. Συγκρούσεις προκαλεί εκείνος που κινείται.
10. Όσο πιο γρήγορα κινούμαι τόσο πιο πολλούς συναντώ.

11. Όσο πιο γρήγορα κινούμαι τόσο πιο πολλούς μπορώ να παρασύρω. Με τη γρήγορη κίνησή μου δίνω ώθηση σε όσους παρασέρνω, με αποτέλεσμα αυτοί να κινούνται ταχύτερα.
12. Πετυχαίνω κάποιον όταν κινούμε ταχύτερα απ' αυτόν.
13. Θα συναντήσω κάποιον μόνο αν βρεθώ και «περιπλανηθώ» στον χώρο που εκείνος «συχνάζει».
14. Το αποτέλεσμα μιας σύγκρουσης, η οποία προκαλείται από κάποιον που κινείται με μεγάλη φόρα, είναι βιαιότερο.
15. Μετά από κάποια σύγκρουση χάνω ταχύτητα, όταν συγκρούομαι με κάποιον που κινείται πιο αργά από μένα.
16. Με «αλλάζουν» και όταν μου δίνουν και όταν μου παίρνουν.
17. Το «πώς» συμπεριφέρομαι εξαρτάται από το πόσο «γεμάτος» ή «άδειος» είμαι.
18. Όσα πιο πολλά «περιέχεις» τόσα πιο πολλά μπορείς να δώσεις ή να πάρεις.
19. «Αλλάζω» μόνο αν βρεθώ εκεί όπου υπάρχει κάτι διαφορετικό από εμένα.
20. Μια ολόκληρη ποσότητα υλικού μετακινείται μόνο αν προέρχεται από υλικό σώμα που μπορεί να ρεύσει.
21. Μια ποσότητα υλικού ενός σώματος, που μετακινείται μέσα σε αυτό το σώμα, συμπαρασύρει και άλλες ποσότητες υλικού και προκαλεί σε αυτές μια παρόμοια μετακίνηση.
22. Αν όλα τα μέρη ενός σώματος υποστούν την ίδια αλλαγή, τότε μεταβάλλεται εντελώς και ένα απ' τα χαρακτηριστικά του ίδιου του σώματος. Το σώμα αυτό αποκτά έτσι μια νέα «συμπεριφορά».
23. Η «συμπεριφορά» μου εξαρτάται από το «περιεχόμενό» μου.
24. Όσο πιο αργή είναι η κίνηση τόσο πιο απίθανη είναι μια ακραία αλλαγή.
25. Όσο πιο αργά κινούμαι τόσο πιο λίγος χώρος μου είναι απαραίτητος.
26. Δυο αντικείμενα είναι ενωμένα με ένα ελαστικό νήμα. Αν κάποια στιγμή το ένα απ' τα δυο αρχίσει να κινείται, τότε και το άλλο, μετά από ελάχιστο χρόνο, θα αποκτήσει την ίδια ταχύτητα. Αν το ένα αυξήσει απότομα και με βίαιο τρόπο την ταχύτητά του, τότε είναι πολύ πιθανό να σπάσει το ελαστικό νήμα, με αποτέλεσμα τα δυο σώματα να απομακρυνθούν το ένα από το άλλο.

27. Όταν κινούμαστε με την ίδια ταχύτητα και προς την ίδια κατεύθυνση, τότε κινούμαστε σαν μια «δεμένη» ομάδα.
28. Μόνο από την ανοικτή πόρτα μπορούν να φύγουν όσοι είχαν εγκλωβιστεί σε έναν ανελκυστήρα. Τα νεογέννητα χελωνάκια, που είναι ακόμη θαμμένα στην άμμο, σκάβουν με κατεύθυνση προς τα επάνω κι όχι προς τα κάτω, γιατί αισθάνονται πιο μαλακή και ελαφριά την άμμο που βρίσκεται πάνω από αυτά. Άλλωστε, η ποσότητα της άμμου που βρίσκεται από κάτω τους είναι κατά πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με αυτήν που τα καλύπτει.
29. Όταν όλοι κινούμαστε με την ίδια ταχύτητα και συγκρουστούμε, κανένας από εμάς δεν θα έχει ταχύτητα μεγαλύτερη από την προηγούμενη μετά τη σύγκρουση.

ΚΩΔΙΚΟΣ: «είσαι_ΜΕΓΑΛΟΣ»

- 6) *Το αγόρι κάθεται πάνω στο γραφείο του, απέναντι από το ανοιχτό παράθυρο του δωματίου του. Μέσα σε σύννεφο εμφανίζεται η φανταστική τάξη, που έχει ο ίδιος δημιουργήσει. Η μητέρα το καλεί για φαγητό. Στο τραπέζι, ο πατέρας το ρωτά ποια είναι η συνέχεια του σεναρίου που γράφει κι αν πρόσθεσε κανένα καινούριο ρόλο. Το αγόρι δηλώνει πως η ιστορία συνεχίζεται. Φαίνεται ένα μπαλόνι να ταξιδεύει μες στα σύννεφα. Η εικόνα οδηγείται από το μπαλόνι στην επιφάνεια της Γης.*

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Το προτεινόμενο ψηφιακό σενάριο δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη, δεδομένου ότι πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί το εκπαιδευτικό λογισμικό που πλαισιώνει ψηφιακά το σενάριο αυτό.

Ωστόσο, μετά τη δημιουργία και χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού, αναμένουμε οι μαθητές να έχουν μεταβεί σε εκείνο το μαθησιακό επίπεδο κατά το οποίο θα είναι σε θέση να μην αντιστέκονται στην αναδόμηση των ιδεών τους αναφορικά με τις έννοιες και τα φαινόμενα που σχετίζονται με την ύλη και την ενέργεια. Επίσης, ελπίζουμε πως θα είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με το πρότυπο του μικρόκοσμου. Υποθέτουμε ότι θα μπορούν να χρησιμοποιούν με άνεση διάφορα μοτίβα κινήσεων των σωματιδίων, ή ακόμη και να ανακαλύπτουν καινούρια, ώστε να ερμηνεύουν με επιτυχία ένα πλήθος θερμικών φυσικών φαινομένων και να προβλέπουν με ακρίβεια τις πιθανές εκβάσεις τους.

Το επιστημονικό μοντέλο που συνδυάζει την ενέργεια με τη σωματιδιακή μορφή της ύλης θα βοηθήσει στο να γίνει αντιληπτό ότι στη φύση υπάρχουν αφενός απλές δομές και ελάχιστες θεμελιώδεις δυνάμεις και αφετέρου κοινοί μηχανισμοί, οι οποίοι λαμβάνουν χώρα στην κλίμακα του μικρόκοσμου και εμφανίζουν το στοιχείο της κανονικότητας. Συνεπώς, οι μηχανισμοί αυτοί αποτελούν ερμηνευτικά κλειδιά για την σφαιρική κατανόηση των φυσικών φαινομένων και τη λογική ερμηνεία τους. Με αυτόν τον τρόπο καταδεικνύεται η ενότητα του φυσικού κόσμου. Μέσα από τη βαθιά κατανόηση των φαινομένων, οι μαθητές θα δύνανται να ελαχιστοποιούν τις όποιες απαιτήσεις για αποστήθιση εννοιών και θεωριών και θα μπορούν να εφαρμόζουν τη νέα γνώση σε νέες περιοχές της εμπειρίας τους.

Η μελέτη φαινομένων που σχετίζονται με τη θερμότητα, καθώς και η σύνδεση των διδακτικών στόχων με αντίστοιχες έννοιες, έγιναν βάσει του κριτηρίου της εύκολης εφαρμογής ενός κοινού ερμηνευτικού πλαισίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξήγηση αρκετών θερμικών φαινομένων. Κάτι τέτοιο δεν μας φαίνεται παράδοξο, καθώς το καθιερωμένο πρότυπο είναι μια θεωρία που παράγει απλές και κοινές για πολλά φαινόμενα ερμηνευτικές αρχές. Στα θερμικά φαινόμενα, με άλλα λόγια, είναι εφικτό να εφαρμοστεί ένας κοινός μηχανισμός ερμηνείας, ο οποίος πηγάζει από τις ίδιες τις λειτουργίες των απλών δομών της ύλης. Έτσι, δίδεται ένα πρώτο (και

εύκολα κατανοητό) παράδειγμα περιγραφής μιας σειράς φυσικών γεγονότων μέσα από μια κοινή φόρμα μοτίβων.

Επιπρόσθετα, η αξιοποίηση του ψηφιακού σεναρίου σε συνδυασμό με την αφήγηση ιστοριών πιστεύουμε ότι θα αυξήσει το ενδιαφέρον των μαθητών και θα ενισχύσει την ενεργό συμμετοχή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, τόσο στις συζητήσεις όσο και στην εκτέλεση των πειραμάτων του σχολικού βιβλίου. Η διδασκαλία είναι αποτελεσματική όταν χρησιμοποιεί εργαλεία που με παράλληλο τρόπο συνδέουν, χωρίς να συγχέουν, την καθαρή γνώση με αφηγήματα, τα οποία διακρίνονται για τον ιδιαίτερο και ξεχωριστό τους χαρακτήρα. Συνεπώς, οι γνωστικοί στόχοι δεν πρέπει να αναπτύσσονται «στο κενό», αλλά αντιθέτως πρέπει να συμπληρώνονται και να πλαισιώνονται από μέσα που θα τους προσδώσουν συγκεκριμένο νόημα και αξία. Γνώση και ιστορία συντονίζονται σε έναν κοινό ερμηνευτικό άξονα, ο οποίος εγγυάται σε μεγάλο βαθμό την άνετη επίτευξη των μαθησιακών στόχων.

Το λογισμικό θα μπορούσε, επιπλέον, να αποτελέσει μια πρόταση που θα στοχεύει στην ακαδημαϊκή κατάρτιση μελλοντικών εκπαιδευτικών.

Ελπίζουμε τα συμπεράσματα που θα συνάγουμε στο μέλλον, από την εφαρμογή της διδακτικής πρότασης που σχεδιάσαμε, να βρεθούν σε συμφωνία με αυτά άλλων ερευνητών που υποστηρίζουν ότι η χρήση ψηφιακών εργαλείων επιτρέπει στα παιδιά να αποκτήσουν μια εμπειρία μάθησης που δεν είναι ανιαρή (Γκικοπούλου, 2018). Τα ψηφιακά περιβάλλοντα, λόγω της ποικιλίας των διδακτικών μέσων που διαθέτουν, μπορούν να αναδειχθούν σε σημαντικά εκπαιδευτικά εργαλεία, δεδομένου ότι καταφέρνουν να προκαλούν εσωτερική παρώθηση σε όλο και περισσότερους μαθητές, πολύ πιο εύκολα σε σχέση με έναν πιο παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας και μάθησης. Μέσω καινοτόμων εκπαιδευτικών ψηφιακών εφαρμογών, που σταθμίζονται με βάση τις επιταγές της επιστήμης, εξασφαλίζεται η αθρόα συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες που προετοιμάζουν μελλοντικούς πολίτες με επιστημονική συνείδηση και στάση. Παράλληλα, είναι εφικτό να καλλιεργηθούν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων μέσα σε ένα πλαίσιο συνεργασίας και αλληλοβοήθειας (Ράπτης & Ράπτη 2007Α).

Τα εκπαιδευτικά ψηφιακά σενάρια μπορούν να παίξουν ρόλο γνωστικού εργαλείου, να υποστηρίξουν διερευνητικού τύπου μαθησιακές καταστάσεις, να ευνοήσουν δραστηριότητες επίλυσης προβλήματος, λήψης απόφασης και ανάπτυξης της κριτικής

σκέψης και να υποστηρίξουν δραστηριότητες συμβολικής έκφρασης, επικοινωνίας και αναζήτησης πληροφοριών, ευνοώντας με αυτόν τον τρόπο την ανάπτυξη από τους μαθητές γνωστικών ικανοτήτων υψηλού επιπέδου (Γκικοπούλου, 2018).

Βιβλιογραφία

Βιβλιογραφικές αναφορές σε βιβλία

Devlin Keith, (1994). Mathematics: The science of Patterns. New York: W. H. Freeman.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1998). ΟΙΚΟΔΟΜΩΝΤΑΣ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ: Μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών. Μετάφραση Μαρία ΧΑΤΖΗ, Επιμέλεια Παναγιώτης ΚΟΚΚΟΤΑΣ. Αθήνα: Τυπωθήτω, ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΑΡΔΑΝΟΣ.

Ferrini-Mundy, J., Lappan, G. & Phillips E. (1997), Experiences with patterning, Teaching Children Mathematics, 3, pp. 282-288.

Hawking, S. (1998). ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ: Από τη Μεγάλη Έκρηξη έως τις μαύρες τρύπες. Μετάφραση ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΧΑΡΑΚΑΣ. Εκδόσεις ΚΑΤΟΠΤΟ.

Hawking, S., Mlodinow, L. (2010). ΤΟ ΜΕΓΑΛΟ ΣΧΕΔΙΟ: Νέες απαντήσεις στα έσχατα ερωτήματα της ζωής. Εκδόσεις ΚΑΤΟΠΤΟ.

Hewitt, P. G. (2002). *Conceptual physics*. Pearson Education.

Lemeignan, G., Weil-Barais, A. (1997). *Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική*. Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω.

Matthews, M. R. (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Springer.

Negrete, A. & Lartigue, C. (2004). Learning from education to communicate science as a good story. *Endeavour*, 28 (3), 120-124.

Vygotsky, L.S., ΝΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ: Η Ανάπτυξη των Ανώτερων Ψυχολογικών Διαδικασιών. Επιμέλεια Στέλλα Βοσνιάδου. Μετάφραση Άννα Μπίμπου & Στέλλα Βοσνιάδου. Αθήνα: Εκδόσεις GUTENBERG.

Weinberg, S. (2006). ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΤΡΙΑ ΛΕΠΤΑ: Μια Σύγχρονη Άποψη για την Προέλευση του Σύμπαντος. Μετάφραση Γιάννης Πιπίνης. Αθήνα: Εκδόσεις OCTAVISION.

Wiser, M., & Smith, C. (2012a). Learning and Teaching about Matter in Elementary Grades: What Conceptual Changes Are Needed? In S. Vosniadou (Ed.) *International Handbook of Research on Conceptual Change*, 2nd edition, (pp.159-176). NY: Routledge.

Young, H. D. (1994). Πανεπιστημιακή Φυσική – ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ. Τόμος Α'. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Young, H. D. (1994). Πανεπιστημιακή Φυσική – ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ, ΟΠΤΙΚΗ, ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ. Τόμος Β'. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Καλκάνης, Γ. Θ. (2007). Εκπαιδευτική ΦΥΣΙΚΗ και Εκπαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ. Αθήνα.

Καλκάνης, Γ. Θ. (2007α). Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις–με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ (Ι. οι Θεωρίες, ΙΙ. τα Φαινόμενα). Αθήνα.

Καριώτογλου, Π. (2006). ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΓΡΑΦΗΜΑ.

Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Κόμης, Ι. Β. (2004). Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών. Αθήνα: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ.

Ράπτης, Α., Ράπτη, Α. (2007). ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ: Ολική Προσέγγιση. τόμος Α'. Αθήνα: Αριστοτέλης Ράπτης.

Ράπτης, Α., Ράπτη, Α. (2007). ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ: Ολική Προσέγγιση. τόμος Β'. Αθήνα: Αριστοτέλης Ράπτης.

Χαλκιά, Κ. (2016). Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκης.

Διδακτορική Διατριβή

Ιμβριώτη, Δ. (2006). *Το Μοντέλο του μικρόΚοσμου ως Ενοποιητικό και Ερμηνευτικό Στοιχείο των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση – Λογισμικό και Αξιολόγηση*. Διδακτορική Διατριβή. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Άρθρα από περιοδικά

Aletz, S., Borowski, A., Schmeling, S. (2016, December). A fairytale creation or the beginning of everything: Students' pre-instructional conceptions about the Big Bang theory.

[Ανάκτηση από

ScienceDirect:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213020916302427>].

Allchin D 2012 The minnesota case study collection: new historical inquiry case studies for nature of science education *Sci. Educ.* **21** 1263–81.

American Association for the Advancement of Science. (1993). [Benchmarks for science literacy](#). New York: Oxford University Press.

Bouwma-Gearhart, J., Stewart, J., & Brown, K. (2009). Student Misapplication of a Gas-like Model to Explain Particle Movement in Heated Solids: Implications for curriculum and instruction towards students' creation and revision of accurate explanatory models. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1157–1174.

Hadzigeorgiou Y, Klassen S and Froese Klassen C 2012 Encouraging a 'Romantic Understanding' of science: the effect of the nikola tesla story *Sci. Educ.* **21** 1111–38.

Hansson, L., Arvidsson, A., Heering, P., Pendrill, A-M. (2019). Rutherford visits middle school: a case study on how teachers direct attention to the nature of science through a storytelling approach. *Physics Education* (54).

Klassen, S. (2009). The Construction and Analysis of a Science Story: A Proposed Methodology. *Science & Education*, 18 (3-4), 401-423. [Ανακτήθηκε από:

<http://scholar.google.gr/scholar>

?q=Klassen+S.+%282006%29,+A+theoretical+framework+for+contextual +science+teaching.+Interchange+37%281-2%29,+3161.&hl=el&as_sdt=-o&

as_vis=1&oi=scholar&sa=X&ei=gHwDVeGcD4O1Ubn6gegO&ved=0CBwQgQMwAA].

Klassen S and Froese Klassen C 2014 Science teaching with stories: theoretical and practical perspectives *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* vol 2, ed M R Matthews (Dordrecht: Springer) pp 1503–29.

Kokkotas P V and Kokkotas S (ed) 2014 *Storytelling in Science Education—Experiences and Perspectives* (Scotts Valley, CA: CreateSpace Independent Publishing Platform).

Nakhleh, M., Samarapungavan, A., (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 777-805.

Papageorgiou, G., & Grammaticopoulou, M., & Johnson, P.M. (2010). Should we Teach Primary Pupils about Chemical Change?. *International Journal of Science Education*, 32(12), 1647-1664.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Belgium: Official Publications of the European Communities. [Ανακτήθηκε από: <http://ec.europa.eu/research/science-society/>].

Rowcliffe, S. (2004). Storytelling in science. *School Science Review*, 86 (314), 121-126.

Γκικοπούλου, Ο. (2018). Διδασκαλία της έννοιας της ύλης στο δημοτικό σχολείο με αξιοποίηση του εκπαιδευτικού προτύπου του μικρόκοσμου. Open Education.

Ιμβριώτη, Δ. (2018). Ένα Ψηφιακό Σενάριο για τις έννοιες Θερμότητα και Θερμοκρασία με την αξιοποίηση του προτύπου του μικρόκοσμου. Open Education.

Χαλκιά Κρ. & Θεοδωρίδης Μ. (2002). «Η χρήση της εικόνας στα εγχειρίδια των φυσικών επιστημών: ένα σύστημα ταξινόμησης και αξιολόγησης των εικόνων». Περιοδικό *Θέματα στην Εκπαίδευση*. Τόμος 3, Τεύχος 1. Αθήνα: Εκδόσεις Leader Books.

Διαλέξεις- Παρουσιάσεις- Πρακτικά Συνεδρίων-Επιμορφώσεις

Feynman, R., Leighton R. & Sands, M. (1977). *The Feynman Lectures on Physics* (6th reprint), Reading MA: Addison-Wesley.

Kaput J.J. (1995), A research base supporting long term algebra reform. Paper presented at the 16th meeting of the PME-NA, Annual Meeting Columbus, OH.

Lynch, G., & Fleming, D. (2007). *Innovation through design: A constructivist approach to learning*. LAB 3000, RMIT University. [Ανακτήθηκε από: <http://lab.3000.com.au/research/research/index.jsp>.].

Τομέας Επιμόρφωσης και Κατάρτισης EAITΥ. (2010β). Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών. Τεύχος 1 και 2.

Μικρόπουλος, Τ. Α. Εκπαιδευτικό Λογισμικό Πολυμέσων / Υπερμέσων;
[Ανακτήθηκε από:
<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http://www.epyna.eu/show/isigisi6.doc>].

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2014). Προσομοιώσεις στη Οικοδόμηση της Γνώσης στις Φυσικές Επιστήμες. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Ανοικτά Ακαδημαϊκά μαθήματα. [Ανακτήθηκε από: <http://ecourse.uoi.gr/course/view.php?id=1367>].

Μικρόπουλος, Τ. Α. και Στρουμπούλης, Β. (2000) Διαμορφωτική αξιολόγηση εικονικού εκπαιδευτικού εργαστηρίου laser. *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου: Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση*. Πάτρα.

Παπαδόπουλος, Π. (2013). Δημιουργική γραφή και αφήγηση στις φυσικές επιστήμες. Στο Θ. Πιερράτος, Σ. Αρτέμη, Χ. Πολάτογλου & Π. Κουμαράς (επιμ). *Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου - “Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;”* Θεσσαλονίκη, 9 – 10 Μαρτίου 2013, σ.195-204. [Ανακτήθηκε από: saph2013.web.auth.gr].

Ραβάνης, Κ. (2015). Εισαγωγή στη Διδακτική των Θετικών Επιστημών, Ενότητα 5η: Τα μοντέλα στις διαδικασίες μάθησης και διδασκαλίας τω Θετικών Επιστημών. Πανεπιστήμιο Πατρών. Ανοικτά Ακαδημαϊκά μαθήματα ΠΠ. [Ανακτήθηκε από: <https://eclass.upatras.gr/courses/PN1521/>].

Τσικοπούλου, Σ. (2007). Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ (patterns, μοτίβων) ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ. ΕΜΕ. Κοζάνη.

Χαλκιά Κρ., Θεοδωρίδης Μ., Ιμβριώτη Δ. και Καλκάνης Γ. (1999). Η Εικόνα στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών: Ερωτήματα και Επισημάνσεις στην επιλογή και χρήση τους, *Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: 29-31 Μαΐου 1998*, Θεσσαλονίκη.

Ηλεκτρονικές πηγές

https://el.wikipedia.org/wiki/Επιστημονικό_μοντέλο

