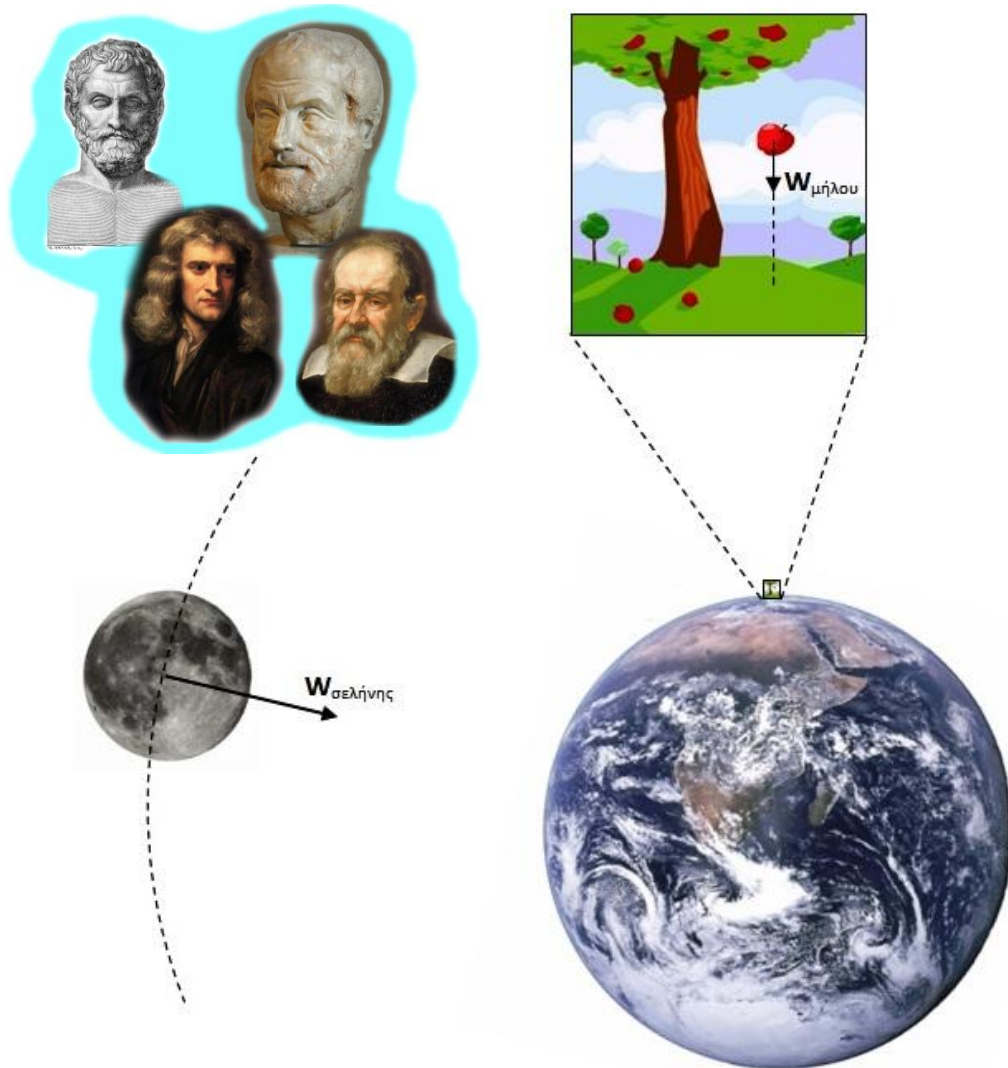


Ερευνητική εργασία

Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ



Ομάδα ερευνητικής εργασίας Α' τάξης (τμήμα Α₂)

ΓΕ.Λ. Προβατά Σερρών

Σχολικό έτος 2012 – 13

Ερευνητική ομάδα

Προσωκρατικοί φυσικοί φιλόσοφοι

Μπαϊλγκάμη Ευαγγελία
Ντάνη Λαμπρινή
Πάντσιος Ιωάννης
Σαββίδου Ανθή
Φεγγομυτίδου Γεσθημανή
Χράπα Αναστασία

Η αριστοτελική φυσική

Μετεμτζής Συμεών
Μήτκας Άγγελος
Μιχαηλίδου Σημέλα
Περπερίδου Σωτηρία
Πρασιάδης Γεώργιος
Ράσκου Έλλη

Ο Γαλιλαίος

Μοσχολιού Θεοδοσία
Μπούτη Ξανθίππη
Παρασκευάς Χρήστος
Πητσιάνη Χαρίσα
Πυστικόζογλου Σοφία
Χαρίσκου Μαρία

Ο Νεύτωνας

Μπεκιαρίδου Βασιλική
Παπάζογλου Ξανθούλα
Σιδέρη Αθανασία
Φλαμούρη Ιωάννα
Φραγγίδου Άννα
Ψωμά Χριστίνα

Υπεύθυνος καθηγητής: Νικόλαος Αλεξανδρίδης (ΠΕ04.01)

Πρόλογος

«Τα πάντα ρει».

«Η φύση απεχθάνεται το κενό».

«Το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο στη γλώσσα των μαθηματικών».

«Αν είδα μακρύτερα, είναι γιατί στάθηκα πάνω σε ώμους γιγάντων».

Τι σημαίνουν αυτές οι εκφράσεις; Πώς μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους;

Είναι απόψεις και εκφράσεις μεγάλων φιλοσόφων – επιστημόνων, οι οποίοι σε διάφορες εποχές προσπάθησαν να κάνουν το ίδιο: να κατανοήσουν και να εξηγήσουν το φυσικό κόσμο. Η πρώτη φράση αποδίδεται στον Ηράκλειτο, έναν από τους προσωκρατικούς φυσικούς φιλοσόφους, η δεύτερη ήταν μια από τις βασικές απόψεις του Αριστοτέλη, η τρίτη σηματοδοτεί τη μεγάλη συνεισφορά του Γαλιλαίου με τη χρήση των μαθηματικών στην περιγραφή των νόμων της φυσικής και η τέταρτη αναφέρεται στο Νεύτωνα. Ο τελευταίος, εμπνευσμένος από μεγάλες προσωπικότητες της αρχαιότητας και της εποχής του, θεμελίωσε την κλασική μηχανική. Μια μελέτη της πορείας της φυσικής από την αρχαιότητα μέχρι το Νεύτωνα μπορεί να δείξει τη σύνδεση των παραπάνω, αλλά πολύ περισσότερο μια τέτοια μελέτη θα μας δείξει:

α) Πώς ξεκίνησε η ερμηνεία του φυσικού κόσμου στην αρχαιότητα, με τη φυσική φιλοσοφία των προσωκρατικών φιλοσόφων.

β) Πώς πορεύθηκε η φυσική ανά τους αιώνες, με τον Αριστοτέλη να κυριαρχεί στο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

γ) Πώς πήρε τη σύγχρονη μορφή της ως πειραματική επιστήμη, κατά την επιστημονική επανάσταση, με το Γαλιλαίο να θεωρείται πάλι ο πρωτοπόρος.

δ) Πώς έφτασε στην πρώτη ενοποιημένη περιγραφή φυσικών φαινομένων (αυτών που συμβαίνουν στην επιφάνεια της Γης και των ουράνιων φαινομένων, πέρα από τη Σελήνη) με τη Νευτωνική σύνθεση.

Σε αυτούς τους τέσσερις άξονες βασίστηκε η εργασία μας τη σχολική χρονιά 2012 – 13 με τον τίτλο «Η πορεία της φυσικής από την αρχαιότητα μέχρι την πρώτη ενοποίηση». Η προσπάθειά μας ήταν να καταγράψουμε αυτήν την πορεία, εστιάζοντας περισσότερο στους κλάδους της κινηματικής, της δυναμικής και της βαρύτητας, για να δώσουμε μια πρώτη ένδειξη ότι είναι μια πορεία προς συνεχείς ενοποιήσεις. Γιατί η φράση «πρώτη ενοποίηση» που περιλήφθηκε στον τίτλο μας, δείχνει ότι ακολούθησαν και άλλες ενοποιήσεις θεωριών και κλάδων της φυσικής με απώτερο στόχο τη θεωρία των πάντων, που θα εξηγεί όλο το φυσικό κόσμο.

Ελπίζουμε, παρά τις δυσκολίες που συναντήσαμε με κυριότερη την έλλειψη των απαραίτητων τεχνολογικών μέσων για αρκετό χρόνο, η προσπάθειά μας να οδήγησε σε ένα αξιοπρεπές και ενδιαφέρον αποτέλεσμα. Άλλωστε είναι μια εργασία που μπορεί να παραπέμψει σε πολλές παρόμοιες, είτε για το χρονικό διάστημα που μελετήσαμε εμείς (για παράδειγμα να μελετηθεί κάποια χρονική περίοδος πιο αναλυτικά), είτε για τη συνέχεια, που αφορά τη συναρπαστική εξέλιξη που ακολούθησε η επιστήμη της φυσικής μετά την επιστημονική επανάσταση.

Με εκτίμηση
Η συγγραφική ομάδα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦ. 1 ΟΙ ΠΡΟΣΩΚΡΑΤΙΚΟΙ ΦΥΣΙΚΟΙ ΦΙΛΟΣΟΦΟΙ	
1Α Πριν από τους προσωκρατικούς φιλοσόφους	13
Η αρχική ερμηνεία των φαινομένων από τους ανθρώπους	13
Οι πρώτες επιστημονικές δραστηριότητες	14
Η πρώτη προσπάθεια για απαντήσεις στη λειτουργία της φύσης με βάση τη λογική σκέψη	15
1Β Προσωκρατικοί φιλόσοφοι - Ορισμός, σχολές	16
1Γ Η ζωή, οι απόψεις και το έργο των κυριότερων προσωκρατικών φιλοσόφων	19
ΘΑΛΗΣ Ο ΜΙΛΗΣΙΟΣ (624 - 546 π.Χ.)	21
ΑΝΑΞΙΜΑΝΔΡΟΣ Ο ΜΙΛΗΣΙΟΣ (610 - 546 π.Χ.)	23
ΑΝΑΞΙΜΕΝΗΣ Ο ΜΙΛΗΣΙΟΣ (περ. 585 - 525 π.Χ.)	25
ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ Ο ΣΑΜΙΟΣ (περ. 575 - 495 π.Χ.) ΚΑΙ ΠΥΘΑΓΟΡΕΙΟΙ	27
ΞΕΝΟΦΑΝΗΣ Ο ΚΟΛΟΦΩΝΙΟΣ (570 - 480 π.Χ.)	30
ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ Ο ΕΦΕΣΙΟΣ (περ. 544 - 484 π.Χ.)	32
ΠΑΡΜΕΝΙΔΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΑΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ	34
ΕΜΠΕΔΟΚΛΗΣ Ο ΑΚΡΑΓΑΝΤΙΝΟΣ (495 - 435 π.Χ.)	37
ΑΝΑΞΑΓΟΡΑΣ Ο ΚΛΑΖΟΜΕΝΙΟΣ (περ. 500 - 428 π.Χ.)	40
ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ Ο ΑΒΔΗΡΙΤΗΣ (περ. 460 - 370 π.Χ.)	42
1Δ Συμπεράσματα	46
Βιβλιογραφία	48
ΚΕΦ. 2 Η ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ	
2Α Βιογραφία, ιδέες και έργο του Αριστοτέλη	49
Εισαγωγή	49
Βιογραφία του Αριστοτέλη (384 - 322 π.Χ.)	50
Ιδέες της φυσικής φιλοσοφίας του Αριστοτέλη	52
Το έργο του Αριστοτέλη	57
2Β Η σύσταση της ύλης και τα είδη των κινήσεων, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη	59
Τα τέσσερα βασικά στοιχεία και η πεμπτουσία	59
Τα τρία είδη των κινήσεων στην αριστοτελική φυσική	59
Ερμηνεία «επίγειων» φαινομένων με την αριστοτελική φυσική	63
2Γ Συμπεράσματα	65
2Δ Μετά τον Αριστοτέλη	67
Τα επιτεύγματα που ακολούθησαν	67
Η επικράτηση της αριστοτελικής φυσικής	69
Οι αιτίες της μεγάλης διαχρονικότητας των απόψεων του Αριστοτέλη	71
Βιβλιογραφία	72
ΚΕΦ. 3 Ο ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ	
3Α Η επιστημονική επανάσταση	73
Τα χαρακτηριστικά και οι συντελεστές της επιστημονικής επανάστασης	73
Νόμοι του Κέπλερ	74
Η μαθηματικοποίηση της φύσης	75
3Β Βιογραφία και έργο του Γαλιλαίου	77
Βιογραφία του Γαλιλαίου (1564 - 1642)	77
Το έργο του Γαλιλαίου	78
3Γ Ο νόμος αδράνειας του Γαλιλαίου και το σχετικό νοητικό πείραμα	81

	Αδρανειακά συστήματα – Μετασχηματισμοί Γαλιλαίου	83
3Δ	Ο νόμος ελεύθερης πτώσης, το πείραμα και η μαθηματική περιγραφή του	84
	Ορισμός ελεύθερης πτώσης	84
	Η άποψη που επικρατούσε και τα συμπεράσματα του Γαλιλαίου	84
	Πώς έφτασε ο Γαλιλαίος στο νόμο της ελεύθερης πτώσης	85
	Αναλυτική διατύπωση του νόμου της ελεύθερης πτώσης	88
	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΗΣ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	89
3Ε	Συμπεράσματα	92
	Ποίημα αφιερωμένο στο Γαλιλαίο	93
	Βιβλιογραφία	94
ΚΕΦ. 4	Ο ΝΕΥΤΩΝΑΣ	
4Α	Βιογραφία και έργο του Νεύτωνα	95
	Βιογραφία του Νεύτωνα (1643 - 1729)	95
	Το έργο του Νεύτωνα	97
	ΤΑ PRINCIPIA	98
4Β	Οι τρεις νόμοι του Νεύτωνα	100
	Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα (νόμος της αδράνειας)	100
	Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα (θεμελιώδης νόμος της μηχανικής)	102
	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ 2ου ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ	109
	Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα (αρχή δράσης - αντίδρασης)	112
4Γ	Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης	115
	Εξήγηση των εμπειρικών νόμων κίνησης των πλανητών του Κέπλερ	119
4Δ	Συμπεράσματα	120
4Ε	Η κατάσταση της Φυσικής μετά το Νεύτωνα	122
	Η ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΥ 19ου ΑΙΩΝΑ	123
	Βιβλιογραφία	125
	Το ερώτημά μας στον Καθηγητή Γιάννη Χριστιανίδη	127
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	129
	ΕΠΙΛΟΓΟΣ	131
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ		
I	ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ ΝΟΜΟΥ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΓΑΛΙΛΑΙΟΥ	135
II	ΕΝΑ ΠΕΙΡΑΜΑ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΗΣ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	136
III	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ 2ου ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ	143
IV	Η ΑΦΙΣΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΑΣ	149

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τον υπεύθυνο καθηγητή:

Η φυσική περιλαμβάνει ένα μεγάλο και ετερογενές σύνολο γνώσεων, που προκύπτει από τη μελέτη του χώρου, του χρόνου, της ύλης, των διαφόρων μορφών ενέργειας και των σχέσεων όλων των προηγούμενων. Γι' αυτό είναι δύσκολο να περιγραφεί με έναν σύντομο ορισμό. Πολύ γενικά θα λέγαμε ότι φυσική είναι η θεμελιώδης επιστήμη που ασχολείται με τη φύση (κατ' αρχήν τον πλανήτη μας, αλλά και όλο το σύμπαν), καθώς και με τους νόμους που καθορίζουν τις μεταβολές της, δηλαδή τα φυσικά φαινόμενα, στηριζόμενη στην πειραματική προσέγγιση και την ποσοτική μέτρηση. Ανήκει στις φυσικές επιστήμες, όρος που περιλαμβάνει τη μέθοδο που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για τις έρευνές τους και το σύνολο της γνώσης που προκύπτει από αυτές. Η μελέτη της φυσικής και γενικότερα των φυσικών επιστημών μας εφοδιάζει με γνώσεις απαραίτητες και χρήσιμες με πολλά οφέλη, από την προώθηση και ανάπτυξη της τεχνολογίας με τις πολλές εφαρμογές που βελτιώνουν τις συνθήκες ζωής μας, έως και τη διαμόρφωση της στάσης ζωής μας, μέσω προβληματισμών που δημιουργεί, αλλά και εξηγήσεων που ήδη δίνει για θεμελιώδη φιλοσοφικά ερωτήματα των ανθρώπων, όπως η προέλευση και η εξέλιξη της ύλης, της ζωής, του σύμπαντος.

Πότε, όμως, ξεκίνησαν οι άνθρωποι την προσπάθεια κατανόησης του φυσικού κόσμου; Υπήρχε η επιστήμη της φυσικής στην αρχαιότητα; Πότε η φυσική πήρε τη σημερινή της μορφή ως πειραματική επιστήμη; Ποια είναι η πορεία της φυσικής και πού «φιλοδοξεί» να φτάσει; Ενδιαφέροντα ερωτήματα, που είναι πολύ χρήσιμο να ερευνηθούν παράλληλα με τις πρώτες γνώσεις της φυσικής που αποκτούν οι μαθητές στο Λύκειο. Έτσι, η επιλογή του θέματος της ερευνητικής μας εργασίας «Η πορεία της φυσικής από την αρχαιότητα μέχρι την πρώτη ενοποίηση» **σχετίζεται με το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικής στην Α' Λυκείου, μια σχέση που, εκτός από την «ιστορική τοποθέτηση» και το «νοικοκύρεμα» των γνώσεων που πρόκειται να αποκτήσουν οι μαθητές στο Λύκειο, οδηγεί σε πολλαπλά οφέλη:**

1. Οι μαθητές γνωρίζουν πότε έγιναν οι πρώτες προσπάθειες κατανόησης και ερμηνείας του κόσμου, με τη φυσική φιλοσοφία των προσωκρατικών φιλοσόφων, και παράλληλα πότε και από ποιους διατυπώθηκαν για πρώτη φορά σημαντικές θεωρίες, όπως η ατομική θεωρία, τις οποίες συχνά αποδίδουν σε επιστήμονες των δυο τελευταίων αιώνων.
2. Η γνώση της Αριστοτελικής Φυσικής είναι χρήσιμη, γιατί η αναφορά πρώτα σε αυτήν αποτελεί από τις καλύτερες διδακτικές προσεγγίσεις για το νόμο της αδράνειας και το νόμο της ελεύθερης πτώσης. Γενικά η Αριστοτελική Φυσική, λόγω του εποπτικού της χαρακτήρα, περιλαμβάνει πολλές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, οι οποίες θα ανιχνευθούν και θα «διορθωθούν».
3. Η γνώση των πειραμάτων του Γαλιλαίου, πέρα από τη σημασία της χρήσης εξιδανικεύσεων και μοντέλων στη Φυσική και της πειραματικής επινόησης και σχεδιασμού, αναδεικνύει το χρονικό σημείο από το οποίο άρχισε η Φυσική να εξελίσσεται ως πειραματική επιστήμη και χρησιμοποιήθηκαν τα μαθηματικά στην περιγραφή των φυσικών φαινομένων.
4. Η Νευτωνική σύνθεση δείχνει στους μαθητές πώς άνοιξε η «πόρτα» των ενοποιήσεων στη Φυσική, καθώς έχουμε την πρώτη αναφορά σε παγκόσμιους νόμους.

Τα παραπάνω τέσσερα αποτελούν και τους άξονες στους οποίους κινήθηκε η ερευνητική εργασία, επειδή πρόκειται για τους τέσσερις πιο σημαντικούς σταθμούς για το χρονικό διάστημα που μελετήθηκε, χωρίς να λείπουν και οι σύντομες αναφορές για τα ενδιάμεσα χρονικά διαστήματα. Είναι επίσης και τα αντικείμενα των τεσσάρων ομάδων που έκαναν την έρευνα.

Όμως, υπάρχουν και μελλοντικά οφέλη που αναμένεται να αποκομίσουν οι μαθητές με μια εργασία σαν αυτήν:

Α. Θα κεντριστεί το ενδιαφέρον των μαθητών για τη φυσική των επόμενων τάξεων, καθώς με τη διδασκαλία των διάφορων κλάδων της φυσικής θα υπάρχει πάντα η προσμονή να

διαπιστώνουν, ποιες ακριβώς είναι οι επόμενες ενοποιημένες περιγραφές που ακολούθησαν μετά από τη Νευτωνική σύνθεση.

Β. Οι μαθητές θα συνειδητοποιήσουν ότι οι γνώσεις της φυσικής που πρόκειται να αποκτήσουν, δεν κατακτήθηκαν ούτε σε μια στιγμή, ούτε είναι οι τελικές. Έτσι, θα αναπτύξουν περισσότερο **κριτική και ερευνητική στάση σε αυτά που μαθαίνουν, στοιχεία απαραίτητα για έναν επιστήμονα του μέλλοντος**. Άλλωστε, έγινε αναπαράσταση κάποιων από τα πειράματα του Γαλιλαίου, όπως και πειράματα σχετικά με τους νόμους του Νεύτωνα, προσπαθώντας να **«νοιώσουμε» τις ανακαλύψεις τους**. Δεν θα δίσταζα το συγκεκριμένο να το χαρακτηρίσω ως έναν «παράλληλο στόχο» της εργασίας.

Γ. Ως πρώτη ερευνητική εργασία τους, οι μαθητές θα αποκομίσουν όλα τα **οφέλη του καινοτόμου αυτού μαθήματος**, όπως α) ανάπτυξη πρωτοβουλίας, ομαδοσυνεργατικού πνεύματος, ατομικής και ομαδικής ευθύνης, β) συγκέντρωση και επεξεργασία υλικού, γ) πειραματισμός, δ) ενίσχυση κριτικής ικανότητας, ε) ανάπτυξη αιτιολογημένης επιχειρηματολογίας, στ) παρουσίαση δικού τους έργου.

Ο κεντρικός στόχος, λοιπόν, της εργασίας δηλώνεται ήδη με τον τίτλο μας και είναι να αναδείξει ότι η Φυσική με το Νεύτωνα πραγματοποίησε την πρώτη ενοποιημένη περιγραφή του φυσικού κόσμου, ενώ ο ίδιος τίτλος με τη φράση «πρώτη ενοποίηση» δείχνει ότι αυτή είναι γενικότερα η πορεία της φυσικής, δηλαδή προς συνεχείς ενοποιήσεις, με τελικό στόχο μια θεωρία των πάντων. Εξάλλου οι μαθητές, ήδη στην Α΄ Λυκείου και στο κεφάλαιο της ενέργειας, θα διαπιστώσουν ότι η Νευτωνική σύνθεση, παρά το «μηχανιστικό δόγμα» που επικράτησε μετά από αυτήν, δεν ήταν παρά η αρχή στη σύγχρονη φυσική και υπήρχαν ερωτήματα που δεν μπορούσε να απαντήσει κατά τη βιομηχανική επανάσταση.

Τα ερευνητικά ερωτήματα των ομάδων επίσης τέθηκαν με τρόπο που υποδηλώνει τους στόχους της κάθε ομάδας.

Η 1η ομάδα ασχολήθηκε με τους προσωκρατικούς φυσικούς φιλοσόφους, με στόχο να δείξει ότι ουσιαστικά ήταν οι πρωτοπόροι στην ερμηνεία του φυσικού κόσμου.

Η 2η ομάδα ασχολήθηκε με τις θεωρίες του Αριστοτέλη για τη σύσταση και τις κινήσεις των σωμάτων, γήινων και ουράνιων, με στόχο να επισημάνει ότι οι νόμοι κατά τον Αριστοτέλη ήταν διαφορετικοί στη Γη (μέχρι τη Σελήνη) και στον ουρανό (πέρα από τη Σελήνη). Η ίδια ομάδα ανέλαβε την εξήγηση της μεγάλης διάρκειας των θεωριών του Αριστοτέλη.

Η 3η ομάδα ασχολήθηκε με την έναρξη της επιστημονικής επανάστασης και ειδικότερα με το Γαλιλαίο, με στόχο να δείξει τη μεγάλη συμβολή του στη Φυσική με τη χρήση της πειραματικής μεθόδου, της μαθηματικής περιγραφής στους φυσικούς νόμους, αλλά και της «εξιδανίκευσης» και των πειραματικών επινοήσεων, που πάντα έχει ανάγκη η Φυσική σε θεωρητικό και πειραματικό επίπεδο.

Η 4η ομάδα ασχολήθηκε με τους νόμους του Νεύτωνα, εξηγώντας με αυτούς «επίγεια» φαινόμενα και τους εμπειρικούς νόμους κίνησης των πλανητών του Κέπλερ, με στόχο να δείξει την ενιαία πλέον περιγραφή των υποσελήνιων και ουράνιων φαινομένων. Η ίδια ομάδα ανέλαβε να περιγράψει την κατάσταση της Φυσικής μετά την θεμελίωση της Νευτώνειας μηχανικής, καθώς και στοιχεία για τις επόμενες ενοποιήσεις (για τον επίλογο της εργασίας μας).

Λόγω του γεγονότος ότι οι πρώτες γνώσεις Φυσικής στο Λύκειο αφορούν τους κλάδους της **κινηματικής και της δυναμικής**, θεωρήθηκε σκόπιμο να αναπτυχθούν περισσότερο οι αντίστοιχες απόψεις που υπήρχαν στις διάφορες εποχές, μαζί με τις **θεωρίες της βαρύτητας**, με δεδομένο και ότι ο στόχος της εργασίας μας για την ανάδειξη της πρώτης ενοποίησης εξυπηρετείται περισσότερο με αυτό τον τρόπο, χωρίς να γίνονται μακροσκελείς αναφορές σε άλλους τομείς.

Αφού ευχαριστήσω τους μαθητές, γιατί με την εργασία τους βοήθησαν κι εμένα να επεκτείνω τις γνώσεις μου, ειδικά στο κομμάτι της αρχαίας ελληνικής επιστήμης, δεν έχω παρά να δώσω...

τη σκυτάλη στους μικρούς επιστήμονες - ερευνητές ...

Από την ερευνητική ομάδα:

Η επιλογή του θέματος και ο κεντρικός στόχος της εργασίας

Τη σχολική χρονιά 2012 - 13 συναντήσαμε για πρώτη φορά το μάθημα της ερευνητικής εργασίας. Στο πρώτο δίωρο έγινε από τον υπεύθυνο καθηγητή, με παρουσίαση διαφανειών, μια ενημέρωση για το καινοτόμο αυτό μάθημα και τις διαδικασίες του. Εντύπωση μας έκανε ένα από τα συμπεράσματα της παρουσίασης, που διατυπώθηκε με τη φράση «μαθαίνουμε πώς να μαθαίνουμε» και παράλληλα μας άρεσε η προοπτική της έρευνας και της ομαδικής δουλειάς, για την οποία υποσχθήκαμε συνέπεια, συμμετοχή και σεβασμό προς τους συμμαθητές μας. Αφού ενημερωθήκαμε για τα κριτήρια επιλογής θεμάτων και τους θεματικούς κύκλους, έγινε η επιλογή του θέματός μας. Προέρχεται από τον κύκλο «Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες και Τεχνολογία» και είναι «Η πορεία της Φυσικής από την αρχαιότητα μέχρι την πρώτη ενοποίηση». Η φράση «πρώτη ενοποίηση» προτάθηκε να μπει στον τίτλο από τον καθηγητή μας, ώστε ο τίτλος μας να ανήκει στην κατηγορία αυτών που φανερώνουν και το στόχο της εργασίας. Αυτός ήταν να δείξουμε πώς ξεκίνησε η επιστήμη της φυσικής και πώς πορεύθηκε μέχρι την πρώτη μεγάλη ενοποίηση, δηλαδή την ενιαία περιγραφή γήινων και ουράνιων φαινομένων.

Πρόκειται για ένα θέμα που επιλέξαμε για διάφορους λόγους:

- α) Το θεωρήσαμε πολύ ενδιαφέρον και σημαντικό για την εξήγηση της καθημερινότητας.
- β) Θεωρήσαμε σημαντική την πληροφορία από τον καθηγητή μας, ότι σχετίζεται με το μάθημα της Φυσικής στην Α΄ Λυκείου, από το οποίο μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε πολλά στοιχεία.
- γ) Δεν είχε γίνει ακόμα θέμα σχετικό με τη φυσική στο Λύκειό μας.
- δ) Ανταποκρίνεται σε μεγάλη κλίμακα των ενδιαφερόντων μας, αφού περιέχει έρευνα και στο πεδίο της φιλοσοφίας και της ιστορίας των επιστημών.

Οι ομάδες και τα υποερωτήματα

Τα ενδιαφέροντά μας λήφθηκαν υπόψη κατά το χωρισμό των ομάδων. Χωριστήκαμε σε 4 ομάδες των 6 μελών και θέσαμε τους στόχους της κάθε ομάδας και τα υποερωτήματα.

Στην πρώτη ομάδα με το όνομα «**ομάδα των προσωκρατικών φιλοσόφων**», αναλάβαμε να δείξουμε πότε και πώς ξεκίνησε από τους ανθρώπους η προσπάθεια ερμηνείας του φυσικού κόσμου. Τα υποερωτήματα που θέσαμε είναι:

1. **Πώς γινόταν αρχικά η ερμηνεία των φυσικών φαινομένων από τους ανθρώπους;**
2. **Ποιοι ήταν οι προσωκρατικοί φιλόσοφοι και ποιες ήταν οι σχολές τους;**
3. **Ποιες ήταν οι ιδέες τους για την ερμηνεία του φυσικού κόσμου;**

Στη δεύτερη ομάδα με το όνομα «**ομάδα του Αριστοτέλη**», αναλάβαμε να ερευνήσουμε την αριστοτελική φυσική και να δείξουμε τη διαφορετική περιγραφή των φαινομένων στην υποσελήνια και την υπερσελήνια περιοχή. Τα υποερωτήματα που θέσαμε είναι:

1. **Βιογραφία, ιδέες και έργο του Αριστοτέλη.**
2. **Ποια ήταν η σύσταση των σωμάτων (υποσελήνιων και ουράνιων) κατά τον Αριστοτέλη και ποιες ήταν οι θεωρίες κίνησής του;**
3. **Εξήγηση φαινομένων, σύμφωνα με την αριστοτελική φυσική και διατύπωση βασικών συμπερασμάτων με έμφαση στην πτώση των σωμάτων και τη σχέση δύναμης – ταχύτητας.**

Από την ομάδα μας ζητήθηκε επιπλέον μια σύντομη έρευνα για την πορεία της φυσικής μετά τον Αριστοτέλη και η εξήγηση της μεγάλης χρονικής διάρκειας των απόψεών του.

Στην τρίτη ομάδα με το όνομα «ομάδα του Γαλιλαίου», αναλάβαμε να ερευνήσουμε τη συνεισφορά του Γαλιλαίου στη διαμόρφωση της σύγχρονης φυσικής.

Τα υποερωτήματα θέσαμε είναι:

1. **Η βιογραφία του Γαλιλαίου, το έργο του και η συμβολή του στην επιστημονική επανάσταση. Παράλληλα, μελέτη των νόμων κίνησης πλανητών του Κέπλερ.**
2. **Ο νόμος αδράνειας του Γαλιλαίου και το σχετικό νοητικό πείραμα.**
3. **Ο νόμος ελεύθερης πτώσης, το πείραμα και η μαθηματική περιγραφή του.**

Στην τέταρτη ομάδα με το όνομα «ομάδα του Νεύτωνα», αναλάβαμε να ερευνήσουμε τους νόμους του και να δείξουμε την ενιαία περιγραφή με αυτούς, των επίγειων και των ουράνιων φαινομένων.

Τα υποερωτήματα θέσαμε είναι:

1. **Η βιογραφία και το έργο του Νεύτωνα.**
2. **Οι τρεις νόμοι του Νεύτωνα – εξήγηση «επίγειων» φαινομένων.**
3. **Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης – εξήγηση νόμων του Κέπλερ.**

Από την ομάδα μας ζητήθηκε επιπλέον μια σύντομη αναφορά για την κατάσταση της φυσικής μετά το Νεύτωνα.

Οργάνωση και χρονοδιάγραμμα – τρόποι διεξαγωγής της έρευνας

Στη συνέχεια οργανώσαμε τους ατομικούς φακέλους και τον φάκελο της κάθε ομάδας, για τον οποίο ορίστηκε ένας υπεύθυνος που θα τον κρατάει και θα τον ενημερώνει, και μας δόθηκαν έντυπα και οδηγίες για τα ημερολόγια (ατομικά και ομάδων) και γενικά τι θα τηρούμε στους φακέλους (όπως στοιχεία από τις έρευνές μας ή παραπομπές των στοιχείων στον ομαδικό φάκελο). Ακολούθησε ένα ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα για την εργασία μας. Οι φάσεις που ορίστηκαν για την εργασία ήταν:

Στο πρώτο τετράμηνο συλλογή δεδομένων με παράλληλες αλληλοενημερώσεις και πραγματοποίηση πειραμάτων.

Στο δεύτερο τετράμηνο επεξεργασία κειμένων, με τη συγγραφή από κάθε ομάδα της ερευνητικής έκθεσης (που θα είχε τη μορφή ενός από τα 4 κεφάλαια της τελικής ερευνητικής έκθεσης), αλληλοενημερώσεις μεταξύ των ομάδων για τη σύνδεση των εκθέσεων και εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων. Στο ίδιο τετράμηνο ορίστηκε να γίνει η προετοιμασία της παρουσίασης και η πραγματοποίηση της αφίσας της εργασίας μας.

Για διεξαγωγή της έρευνας, ορίσαμε τους παρακάτω τρόπους:

1. Βιβλιογραφική έρευνα με χρήση βιβλίων, σχολικών ή όχι.
2. Αναζήτηση υλικού στο διαδίκτυο.
3. Διεξαγωγή εργαστηριακών πειραμάτων.
4. Σύνταξη και αποστολή επιστολών προς ειδικούς.

Τα υλικά και μέσα που χρησιμοποιήσαμε ήταν ηλεκτρονικοί υπολογιστές, σαρωτές, εκτυπωτές, αφαιρούμενα μέσα αποθήκευσης, υλικά για τις κατασκευές μας (σανίδες, χρώματα κ.ά.), υλικά εργαστηρίου, φωτογραφική μηχανή και αναλώσιμα (χαρτιά, μαρκαδόροι κ.ά.).

Α΄ τετράμηνο

Αρχικά ο καθηγητής μας έδωσε μια ενδεικτική βιβλιογραφία και μας εξήγησε τον τρόπο με τον οποίο θα καταγράφουμε τη βιβλιογραφία. Μας έφερε παλιά σχολικά βιβλία και βιβλία από άλλες τάξεις. Επίσης μας επισήμανε το θέμα της αξιοπιστίας των στοιχείων που τίθεται σε ορισμένες ιστοσελίδες, πόσο σημαντικό είναι να λαμβάνουμε υπόψη ποιος γράφει τα κείμενα και πόσο σημαντική είναι η διασταύρωση των στοιχείων που βρίσκουμε. Στη συνέχεια διαβάσαμε κείμενα σχετικά με το θέμα, από το διαδίκτυο.

Σαν αρχή, μας δόθηκαν σε ηλεκτρονική μορφή αποσπάσματα από τα εξής σχολικά βιβλία:

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αραμπατζής Θ., Γαβρόγλου Κ., Διαλέτης Δ., Χριστιανίδης Γ., Κανδεράκης Ν., Βερνίκος Σ., ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1999.

PSSC ΦΥΣΙΚΗ, Απόδοση στα Ελληνικά: Θανάσης Κωστίκας, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1994

Θεοδόσιος Ν. Πελεγρίνης, ΑΡΧΕΣ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ Β΄ ΛΥΚΕΙΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ, ΟΕΔΒ, Αθήνα 2006

Ν. Δαπόντες, Α. Κασέτας, Σ. Μουρίκης, Μ. Σκιαθίτης, ΦΥΣΙΚΗ Α΄ ΕΝΙΑΙΟΥ ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1996

Βλάχος Ι., Γραμματικάκης Ι., Καραπαναγιώτης Β., Κόκκοτας Π., Περιστερόπουλος Π., Τιμοθέου Γ., ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Α΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, ΟΕΔΒ, Αθήνα 2009 (έκδοση του βιβλίου μας της Φυσικής, με το κεφάλαιο της βαρύτητας).

Στη συνέχεια, σε 2 δίωρα, ακολούθησε από τον καθηγητή διδασκαλία και εξήγηση των προαπαιτούμενων για την έρευνα επιστημονικών γνώσεων. Διδάχτηκαν θέματα που δεν υπήρχαν στην Α΄ Λυκείου ή θα συναντούσαμε αργότερα, όπως γενικά στοιχεία για τους προσωκρατικούς φιλοσόφους, γενικά για την αριστοτελική φυσική, οι νόμοι κίνησης του Νεύτωνα, ο νόμος της παγκόσμιας έλξης και οι τρεις νόμοι κίνησης των πλανητών του Κέπλερ. Ακολούθησε η συλλογή στοιχείων από εξωσχολικά βιβλία, εγκυκλοπαίδειες και από το διαδίκτυο, αν και στην τελευταία περίπτωση είχαμε προβλήματα σύνδεσης, που ξεπεράστηκαν το Νοέμβριο. Παράλληλα, ανταλλάσαμε απόψεις για την ταξινόμηση και τη σύνδεση των στοιχείων μεταξύ των ομάδων. Ο καθηγητής μας έδωσε ενδεικτικά διαγράμματα, για να μπουν στη σειρά τα στοιχεία και μας διέθεσε σε ηλεκτρονική μορφή αρκετά δικά του κείμενα, φωτογραφίες και σχήματα για θέματα που αφορούσαν όλες τις ομάδες. Μας έφερε επίσης και άλλα εξωσχολικά βιβλία από έλληνες και ξένους συγγραφείς.

Στο διάστημα του πρώτου τετραμήνου έγιναν το νοητικό πείραμα του Γαλιλαίου για το νόμο της αδράνειας και η πειραματική επαλήθευση του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα. Τα πειράματα παρακολούθησαν όλες οι ομάδες. Στο πρώτο, ο καθηγητής μας έφερε μια κατασκευή, τη «συσκευή ανάδειξης του νόμου αδράνειας του Γαλιλαίου», με το οποίο αναπαραστήσαμε τους συλλογισμούς με τους οποίους ο Γαλιλαίος έφτασε στο νόμο της αδράνειας και μας προέτρεψε να σκεφτούμε πώς θα κατασκευάσουμε ένα κεκλιμένο επίπεδο, για να διαπιστώσουμε τον τρόπο με τον οποίο ο Γαλιλαίος έφτασε στο νόμο της ελεύθερης πτώσης. Για το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα μας δόθηκε φύλο εργασίας, με το οποίο αναλύσαμε το θεωρητικό υπόβαθρο και χρησιμοποιήσαμε υλικά εργαστηρίου, με τα οποία πρώτα εξοικειωθήκαμε (ειδικά με τις φωτοπύλες), ενώ χρειάστηκε να κάνουμε και βοηθητικές για το πείραμα μικροκατασκευές. Δείξαμε, χρησιμοποιώντας σύστημα σωμάτων, ότι η επιτάχυνση είναι ανάλογη με τη συνολική δύναμη.

Β΄ τετράμηνο

Με την έναρξη του δεύτερου τετραμήνου, ζητήθηκε κατάθεση πρόσθετων ιδεών για την ερευνητική εργασία. Από την ομάδα του Γαλιλαίου έγινε πρόταση για ένα ποίημα αφιερωμένο στο Γαλιλαίο, από την ομάδα του Νεύτωνα έγινε η πρόταση να εμπλουτίσουμε τις ερευνητικές εκθέσεις με δικά μας σκίτσα, ενώ ανταλλάξαμε ιδέες για τη μορφή που θα μπορούσε να έχει μια αφίσα που να συνοψίζει τα ευρήματά μας. Αποφασίσαμε να κάνουμε μια ηλεκτρονική αφίσα με

τα πρόσωπα των φιλοσόφων – επιστημόνων και τις πιο βασικές ιδέες και επιτεύγματά τους στις διάφορες εποχές. Στο τετράμηνο αυτό κατασκευάσαμε το κεκλιμένο επίπεδο. Σε ένα διαφορετικό και διασκεδαστικό δώρο, καλύψαμε τις ατέλειες των σανίδων με στόκο για ξύλα και το βάρναμε. Έτσι, πραγματοποιήσαμε το πείραμα του Γαλιλαίου για την ελεύθερη πτώση. Στο φύλο εργασίας, ο καθηγητής μας εξήγησε γιατί η κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο είναι παρόμοια κίνηση με την ελεύθερη πτώση και έτσι δείξαμε ότι το διάστημα στην ελεύθερη πτώση είναι ανάλογο με το τετράγωνο του χρόνου κίνησης και ελέγξαμε αν πράγματι οι δυο παραπάνω κινήσεις είναι παρόμοιες.

Το πιο δύσκολο κομμάτι ήταν η συγγραφή των ερευνητικών εκθέσεων (τα τέσσερα κεφάλαια). Συζητήσαμε με τον καθηγητή μας πολλά στοιχεία που βρήκαμε, αλλά δεν κατανοούσαμε και ζητήσαμε τις συμβουλές του για το ποια να χρησιμοποιήσουμε και ποια όχι και σε ποιες ενότητες πρέπει να γίνει η χρήση τους. Η στήριξή του και η ενθάρρυνσή του σε αυτό το στάδιο ήταν πολύ σημαντική και το άγχος γρήγορα έδωσε τη θέση του σε ικανοποίηση γι' «αυτό που βγαίνει». Παράλληλα, ξεκινήσαμε τις διαφάνειες για την παρουσίαση και την ηλεκτρονική αφίσα μας.

Στο διάστημα αυτό στείλαμε επιστολή στον Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αθηνών Γιάννη Χριστιανίδη, ζητώντας την πολύτιμη γνώμη του για την πορεία της φυσικής πριν την επιστημονική επανάσταση και τον ευχαριστούμε θερμά για την απάντησή του και τις συμβουλές του για πιθανά αναλυτικά και ενδιαφέροντα θέματα από την ιστορία των επιστημών και για σχετική βιβλιογραφία. Στα τελευταία δώρα ενώσαμε τα τέσσερα κεφάλαια (αφού πρώτα τα δώσαμε σε ηλεκτρονική μορφή στον καθηγητή μας, μαζί με τους φακέλους, για την αξιολόγηση) και προσθέσαμε από κοινού σχόλια που τα συνδέουν, την εισαγωγή μας, τα συνολικά συμπεράσματα, τον επίλογο της ερευνητικής μας εργασίας και τα παραρτήματα. Επίσης, ολοκληρώσαμε τις διαφάνειες για την παρουσίαση, όπως και την αφίσα της εργασίας μας. Η παρουσίαση έγινε την προτελευταία μέρα πριν τη λήξη των μαθημάτων στο σχολείο μας και είχε μεγάλη επιτυχία.

Η εργασία μας είχε πολλά θέματα να ερευνήσουμε και έγινε στο μικρό χρονικό διάστημα ενός σχολικού έτους, κυρίως στο δώρο ανά εβδομάδα του μαθήματος της ερευνητικής εργασίας. Για το λόγο αυτό, θα ζητήσουμε την επιείκειά σας για τα όποια λάθη ή παραλείψεις μας. Ελπίζουμε, όμως, να σας προσφέρουμε και ευχόμαστε μια:

καλή περιήγηση στην πορεία της Φυσικής μέχρι την πρώτη ενοποίηση!

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΟΙ ΠΡΟΣΩΚΡΑΤΙΚΟΙ ΦΥΣΙΚΟΙ ΦΙΛΟΣΟΦΟΙ

1Α. Πριν από τους προσωκρατικούς φιλοσόφους

Η αρχική ερμηνεία των φαινομένων από τους ανθρώπους

Από την εποχή που ο άνθρωπος εμφανίστηκε πάνω στη Γη, άρχισε να αναρωτιέται για το πώς δημιουργήθηκε ο ίδιος και ο κόσμος στον οποίο ζει, καθώς και για το ποιες δυνάμεις και νόμοι διέπουν τα φαινόμενα που παρατηρεί γύρω του. Αρχικά όμως, δεν μπορούσε να κατανοήσει και να εξηγήσει τα φαινόμενα που παρατηρούσε. Η άγνοια των μηχανισμών λειτουργίας του φυσικού περιβάλλοντος και η αδυναμία για αντιμετώπιση των ισχυρών περιβαλλοντικών φαινομένων, δημιούργησε τρόμο για το αύριο και την αίσθηση ότι τα φαινόμενα υποκρύπτουν μυστικές και αθέατες θεϊκές δυνάμεις. Έτσι δημιουργήθηκαν μύθοι και τα φαινόμενα αποδόθηκαν σε θεότητες, πνεύματα και υπερφυσικά όντα. Οι μύθοι αυτοί, που κυρίως πρόβαλλαν τη γενεαλογία των θεών, ήταν η πρώτη προσπάθεια ερμηνείας της ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος και σ' αυτούς ήταν διατυπωμένη η γνώση σχετικά με τον κόσμο.

Σε πολλές θεολογικές μυθολογίες οι θεοί κυβερνούσαν τα ουράνια φαινόμενα ή επινοήθηκαν θεοί, ως προσωποποίηση των φυσικών δυνάμεων. Για παράδειγμα, όλες οι φυλές των ανθρώπων πάνω στη γη έδιναν εξηγήσεις αυτού του είδους για τους κεραυνούς. Παράλληλα, στους περισσότερους λαούς, τις απαντήσεις για τα φαινόμενα είχαν αναλάβει να δίνουν οι ιερείς και οι άρχοντες, οι οποίοι δεν αισθάνονταν την ανάγκη να τις δικαιολογούν ή να τις συζητούν.



Παρόλα αυτά, η προσπάθεια του ανθρώπου να δαμάσει το περιβάλλον, για να προστατεύσει τον εαυτό του, να ντυθεί και να βρει τροφή, οδήγησε στην απόκτηση κάποιων πρώτων γνώσεων όπως:

α) Η κατεργασία του λίθου σε ποικίλα σχήματα, που ξεκίνησε περίπου πριν 40.000 χρόνια, και η κατασκευή εργαλείων από αυτόν (τσεκούρι, αιχμή ακοντίου κ.τ.λ.). β) Η ανακάλυψη του ανάμματος της φωτιάς, που πρόσφερε αρχικά ζεστασιά και φως, ενώ άνοιξε το δρόμο αργότερα στο μαγείρεμα της τροφής, στην κατασκευή πήλινων αντικειμένων, στην κατεργασία των μετάλλων κ.τ.λ. γ) Η εξημέρωση των ζώων, όπως τα βοοειδή και το άλογο και η χρήση τους στη γεωργία. δ) Η επινόηση απλών μηχανών, όπως ο μοχλός, η τροχαλία, η σφήνα και το κεκλιμένο επίπεδο, που διευκόλυναν τις εργασίες του ανθρώπου και έδωσαν αργότερα εντυπωσιακές κατασκευές, όπως οι πυραμίδες της Αιγύπτου και το μεγαλιθικό οικοδόμημα του Στόουνχεντζ στην Αγγλία (κατασκευές με αστρονομικό προσανατολισμό). ε) Η ανακάλυψη του τροχού, πριν από 4.500 χρόνια περίπου, και η βελτίωση των μεταφορών.

Οι πρώτες επιστημονικές δραστηριότητες

Οι πρώτες τεκμηριωμένες επιστημονικές δραστηριότητες καταγράφηκαν στη Μεσοποταμία και την Αίγυπτο και αφορούσαν αριθμητικά συστήματα, γεωμετρία και αστρονομία. Στα ομηρικά έπη η αντίληψη του κόσμου είναι απλοϊκή: ο ουρανός είναι ένα στερεό ημισφαίριο, που σκεπάζει τη στρογγυλή και επίπεδη Γη, η οποία εκτείνεται σε μεγάλο βάθος, ενώ γύρω της κυλάει ο αχανής Ωκεανός. Αναδεικνύουν, όμως, πολλές φυσιογνωστικές γνώσεις των Αρχαίων Ελλήνων. Η Ιλιάδα και η Οδύσσεια δίνουν πολλές πληροφορίες για φυτά και ζώα, για πέτρες και ορυκτά. Αναφέρονται όλα τα γνωστά μέταλλα της εποχής αυτής, χρωστικές και απολυμαντικές ουσίες, καθώς και οι γνώσεις της τυροκομίας, της οινοποίησης, της αρωματοποίησης, της μεταλλουργίας κ.ά. Όλα αυτά όμως είχαν περισσότερο πρακτικούς σκοπούς.

Ο Ησίοδος (8ος-7ος αι. π.Χ.) θα κάνει το πρώτο βήμα απομυθοποίησης και μετάβασης από θεϊκές προσωποποιήσεις προς αντίστοιχες αφηρημένες έννοιες. Είναι εκείνος που θα θέσει για πρώτη φορά τα βασικά ερωτήματα για την «αλήθεια», για την «απαρχή» και για τη «συνοχή» του κόσμου. Δίνοντας μια φυσιοκρατική απάντηση στην κοσμογονία του, φωτίζει ήδη τον δρόμο που θα ακολουθήσει ο ελληνικός στοχασμός.

Το ελληνικό πνεύμα είναι πλέον ώριμο για το αποφασιστικό βήμα προς τη φιλοσοφία και την, ακόμη άρρηκτα συνδεδεμένη με αυτήν, επιστήμη. Αυτό το τελικό αποφασιστικό βήμα θα είναι αποκλειστικό επίτευγμα των προσωκρατικών φιλοσόφων. Ήδη με τους πρώτους φιλοσόφους, οι μυθικές εξιστορήσεις μεταπλάθονται σε έννοιες και μαζί με τις θεωρίες καταρτίζεται και η ορολογία της φιλοσοφίας. Έτσι, η αφθαρσία του Θεού γίνεται αφθαρσία της ύλης και η έννοια του κόσμου, που σημαίνει τάξη και νομοτέλεια, μεταφέρεται από την πολιτική, για να δηλώσει τη φύση ως οργανωμένο σύνολο.

Η πρώτη προσπάθεια για απαντήσεις στη λειτουργία της φύσης με βάση τη λογική σκέψη

Γενικά η φιλοσοφία μπορεί να ασχοληθεί με τη διερεύνηση δύο διαφορετικών «κόσμων», του «εσωτερικού» και του «εξωτερικού». Στην πρώτη περίπτωση επικεντρώνεται στη συνείδηση των ανθρώπων, αναζητώντας την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, δηλαδή της ηθικής, των κινήτρων και των αντιδράσεων των ανθρώπων. Στη δεύτερη περίπτωση επικεντρώνεται στον γύρω κόσμο, επιχειρώντας μια διερεύνηση του αντιληπτού Σύμπαντος ή με άλλα λόγια, της φύσης. Οι φιλόσοφοι που ακολούθησαν τη δεύτερη εναλλακτική οδό ονομάστηκαν φυσικοί φιλόσοφοι και για πολλούς αιώνες μετά από την ακμή του αρχαίου Ελληνικού πολιτισμού η μελέτη των φαινομένων της φύσης συνεχίστηκε να ονομάζεται Φυσική Φιλοσοφία.

Για πρώτη φορά το ανθρώπινο πνεύμα φιλοσόφησε στην Ελλάδα και το πρώτο θέμα με το οποίο ασχολήθηκε ήταν ο κόσμος και η προέλευσή του. Οι προσωκρατικοί φιλόσοφοι ήταν αυτοί που ασχολήθηκαν με τη φιλοσοφία της φύσης και επιχείρησαν με βάση τη λογική να βρουν απαντήσεις γι' αυτήν, μακριά από τους διάφορους μύθους που ίσχυαν μέχρι τότε και πίστευαν οι διάφοροι λαοί. Βέβαια, η σκέψη τους σήμερα μοιάζει απλοϊκή, όμως αποτελεί την πρώτη απόπειρα λογικής ερμηνείας του κόσμου.

Ας αναφέρουμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, για να γίνει κατανοητή αυτή η ουσιαστική μεταλλαγή που έγινε στη σκέψη των στοχαστών αυτών. Όπως αναφέρθηκε αρχικά, η δημιουργία των μύθων ήταν μια προσπάθεια των ανθρώπων να κατευνάσουν τους φόβους τους, τις ανησυχίες τους, το δέος που ένοιωθαν μπροστά στα φυσικά φαινόμενα και μ' αυτούς οι άνθρωποι αντικαθιστούσαν την αδυναμία τους να μελετήσουν τον φυσικό κόσμο συνειδητά και με ορθολογικό τρόπο, όπως κάνει η επιστήμη. Όμως, ο Θαλής ο Μιλήσιος για τους σεισμούς έδωσε μια ερμηνεία, βάσει ενός φυσικού φαινομένου: ότι η γη επέπλεε στη θάλασσα και οι σεισμοί ήταν το αποτέλεσμα ισχυρών κυμάτων που από καιρό σε καιρό την χτυπούσαν. Η εικόνα της γης που επιπλέει στο νερό ήταν συνηθισμένη στους αιγυπτιακούς και στους βαβυλωνιακούς μύθους. Υπεύθυνοι για κάθε συγκεκριμένο σεισμό στις μυθικές εξιστορήσεις ήταν κάθε φορά οι Θεοί που έλεγχαν τα ύδατα. Αιτία των σεισμών ήταν η οργή τους, που οφειλόταν κάθε φορά σε μια διαφορετική αιτία. Ακόμη και στην ελληνική μυθολογία η ιδέα ότι υπεύθυνος για τους σεισμούς ήταν ο Ποσειδώνας, ο Θεός των υδάτων, ήταν τρέχουσα. Ο Θαλής και η Μιλήσια σχολή της σκέψης δεν αρνήθηκαν την ύπαρξη του Ποσειδώνα, αλλά δεν τη χρησιμοποίησαν στην ερμηνεία που έδωσαν στο φαινόμενο των σεισμών. Το σημαντικό, όμως, είναι ότι η ερμηνεία που δόθηκε για τους σεισμούς ήταν συγκεκριμένη και δεν ήταν κάθε φορά διαφορετική η αιτία που τους προκαλούσε.

Ας δούμε όμως αναλυτικά ποιοι φιλόσοφοι χαρακτηρίζονται «προσωκρατικοί».

1B. Προσωκρατικοί φιλόσοφοι – Ορισμός, σχολές

Προσωκρατικοί ονομάζονται οι Έλληνες φιλόσοφοι που έζησαν μεταξύ του 7ου και 5ου αιώνα π.Χ. πριν, αλλά και κατά την εποχή του Σωκράτη (470/69-399 π.Χ.), αφού ορισμένοι υπήρξαν σύγχρονοί του. Ο στοχασμός τους είναι προδρομικός της σωκρατικής σκέψης και της ελληνικής φιλοσοφίας γενικότερα. Θεωρούνται οι πρώτοι φυσιολόγοι, αφού προσπάθησαν να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν τη φύση, διατυπώνοντας συγκεκριμένες φιλοσοφικές θεωρίες, χρησιμοποιώντας τη λογική και εγκαταλείποντας την αυθεντία της παράδοσης, των μύθων και της θρησκείας. Έθεσαν ερωτήματα που αφορούν την Κοσμογονία, ως απάντηση στο ερώτημα για τη γένεση του κόσμου, την Κοσμολογία, ως απάντηση στο ερώτημα για την υφή και τη λειτουργία του κόσμου, την Γνωσιολογία, ως απάντηση στο ερώτημα ποιες είναι οι δυνατότητες και τα όρια της ανθρώπινης σκέψης, αλλά και ερωτήματα σχετικά με την κοινωνία, την ηθική και την πολιτική.

Η προσωκρατική φιλοσοφία γεννήθηκε στα τέλη του 7ου π.Χ. αιώνα στην Ιωνία, στις ελληνικές αποικίες που βρίσκονταν στις ακτές της Μικράς Ασίας (στη Μίλητο αρχικά, στην Έφεσο και την Κολοφώνα στη συνέχεια), όπου υπήρχε προηγμένη οικονομική ζωή, κοινωνική και πολιτική ελευθερία και επικοινωνία μεταξύ διαφόρων πολιτισμών και λαών. Αργότερα αναπτύχθηκε στη Σικελία, στην Κάτω Ιταλία, στη νησιωτική Ελλάδα, στη Θράκη και στην Αθήνα. Η εμφάνισή της συμπίπτει με την πτώση των τυραννικών καθεστώτων και έγινε σε μια περίοδο κοινωνικού μετασχηματισμού, στην οποία έβρισκε γόνιμο έδαφος η ανάπτυξη του ατόμου, της προσωπικότητας που έχει τη δική της κρίση και βούληση. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι πρώτοι φιλόσοφοι ενθάρρυναν τους μαθητές τους να συζητούν και να αμφισβητούν, αναπτύσσοντας τις δικές τους ιδέες και τη δική τους **κριτική σκέψη**. Η μεγάλη εμπορική και ναυτιλιακή ανάπτυξη στην Ιωνία επέτρεψε την ανάπτυξη φιλοσοφικής σκέψης με θεωρητικό και πρακτικό χαρακτήρα. Έτσι, για την αρχαιότητα αυτή φιλοσοφία, τα όρια μεταξύ της φιλοσοφίας και της επιστήμης, μεταξύ θεωρίας και εμπειρικής έρευνας, ήταν ασαφή. Για αυτό οι προσωκρατικοί μέσα στα πλαίσια της φιλοσοφίας τοποθετούσαν τη φυσική, την αστρονομία, τα μαθηματικά και την ιατρική. Οι πρώτοι προσωκρατικοί, που ονομάζονταν και φυσικοί ή σοφοί, έγραψαν τα συμπεράσματά τους κυρίως σε στίχους, στους οποίους δόθηκε το γενικό όνομα «*Περί Φύσεως*».

Από τα πιο βασικά προβλήματα, λοιπόν, που απασχόλησαν τους προσωκρατικούς φιλοσόφους ήταν η φύση, η προέλευση του κόσμου και η εξήγηση των φυσικών φαινομένων. Το πρωταρχικό δηλαδή ερώτημα αφορούσε την αρχική ουσία του κόσμου, αλλά και τη δομή ή μορφή του κόσμου. Επιχείρησαν να ερευνήσουν τους νόμους της φύσης, ανάγοντας την όλη δομή του σύμπαντος σε κάποιο στοιχείο. Έτσι προέκυψαν διαφορετικές θεωρήσεις: Ο Θαλής ο Μιλήσιος θεώρησε αρχή των πάντων το ύδωρ, ο Αναξίμανδρος το άπειρο, ο Αναξίμενης τον αέρα, ο Ηράκλειτος το πυρ. Αυτές οι θεωρήσεις οδήγησαν στο να χαρακτηριστούν «υλοζωιστές», επειδή έδιναν έμβια χαρακτηριστικά σε άψυχα στοιχεία (νερό, αέρας, φωτιά), αλλά όλες αυτές οι διαφορετικές θεωρήσεις αποτελούν όψεις μια πρώτης αιτίας, που για τους προσωκρατικούς ήταν ο στόχος της μελέτης τους. Ασχολήθηκαν με τις έννοιες της ύλης, του απείρου, της δύναμης, του αριθμού, της κίνησης και της μεταβολής, του Γίνεσθαι (της αέναης ροής και μεταβολής των πάντων) και του Είναι, που νοείται ως αιώνιο και ακίνητο. Το γεγονός ότι η φύση, που αποτέλεσε και το κύριο αντικείμενο της μελέτης τους, διέπεται από μια συνεχή μεταβολή, τους έθεσε μπροστά σε ένα θεμελιώδες πρόβλημα της φιλοσοφίας: έπρεπε να ερμηνεύσουν τον κόσμο με βάση την κίνηση και τη μεταβολή ή με βάση την ηρεμία και την ακινησία; Από το πρόβλημα αυτό ξεπήδησε ένα άλλο ερώτημα εξίσου σπουδαίο και ακόμα επίκαιρο: έπρεπε να έχουν εμπιστοσύνη στις αντιλήψεις που βασίζονταν στα αισθητήρια όργανα; Και αν ναι, τι σχέση είχαν αυτές με την νόηση;

Οι πρώτοι προσωκρατικοί δεν διαχώρισαν τον κόσμο σε φύση και σε νου, κι αυτό γιατί τη φύση την ένιωθαν ως έμφυχη και για αυτούς όλα ήταν ζωντανά. Ο δυϊσμός που ξεχωρίζει την ύλη από το νου, το σώμα από την ψυχή, το Θεό από τον κόσμο, θα εμφανιστεί στην ελληνική φιλοσοφία με τους Πυθαγόρειους και θα κορυφωθεί με τον Εμπεδοκλή και τον Πλάτωνα.

Θα μπορούσαμε να κατατάξουμε τους προσωκρατικούς στις εξής σχολές:

α) Ιωνική σχολή. Σε αυτήν ανήκουν οι Μιλήσιοι Θαλής, Αναξίμανδρος και Αναξίμενης. Έζησαν γύρω στον 6ο αιώνα και έθεσαν το πρόβλημα της αρχής του σύμπαντος. Όπως ήδη αναφέραμε, ο Θαλής πίστευε ότι ήταν το νερό, ο Αναξίμανδρος το άπειρο και ο Αναξίμενης ο αέρας.

β) Σχολή Πυθαγορείων. Ιδρύθηκε από τον Πυθαγόρα το Σάμιο και είχε την μορφή πολιτικοθηρησκευτικού συλλόγου. Σύμφωνα με αυτούς, οι αριθμοί αποτελούσαν την ουσία του σύμπαντος. Σπουδαιότεροι υπήρξαν ο Αλκμαίωνας ο Κροτωνιάτης και ο Φιλόλαος.

γ) Ελεατική σχολή, στην Ελέα της Κάτω Ιταλίας. Στους Ελεάτες κατατάσσονται ο Παρμενίδης, ο Ζήνωνας και ο Μέλισσος. Αυτοί αναζητούσαν το νοητό κόσμο που βρίσκεται πέρα από τα φαινόμενα και παραμένει αμετάβλητος και αιώνιος.

δ) Ανεξάρτητοι από σχολές όπως:

i) Ξενοφάνης ο Κολοφώνιος. Αναζήτησε την ενιαία αρχή στη θεϊκή σφαίρα και θεώρησε την ανθρώπινη γνώση περιορισμένη, αλλά εξελίξιμη.

ii) Ηράκλειτος ο Εφέσιος. Υποστήριξε ότι το σύμπαν βρίσκεται κάτω από μια συνεχή και αιώνια εναλλαγή. Γνωστό είναι το απόφθεγμα του «τα πάντα ρει».

iii) Εμπεδοκλής ο Ακραγαντινός. Υποστήριξε ότι τα βασικά στοιχεία του κόσμου είναι τέσσερα και μπαίνουν σε κίνηση από τις αντίθετες δυνάμεις της «Φιλότητας» και του «Νείκους».

iv) Αναξαγόρας ο Κλαζομένιος. Δίδασκε ότι η τάξη του κόσμου οφείλεται στην ύπαρξη του Νου. Στη σχολή του ανήκουν ο Διογένης ο Απολλωνιάτης και ο Αρχέλαος.

δ) Ατομική σχολή. Ιδρυτής της ήταν ο Λεύκιππος. Υποστήριξε ότι ο κόσμος αποτελείται από άτομα απειράριθμα, αλλά απρόσιτα στην αίσθηση. Ο μαθητής του Δημόκριτος τελειοποίησε τις θεωρίες του και διατύπωσε την πρώτη ολοκληρωμένη ατομική θεωρία.

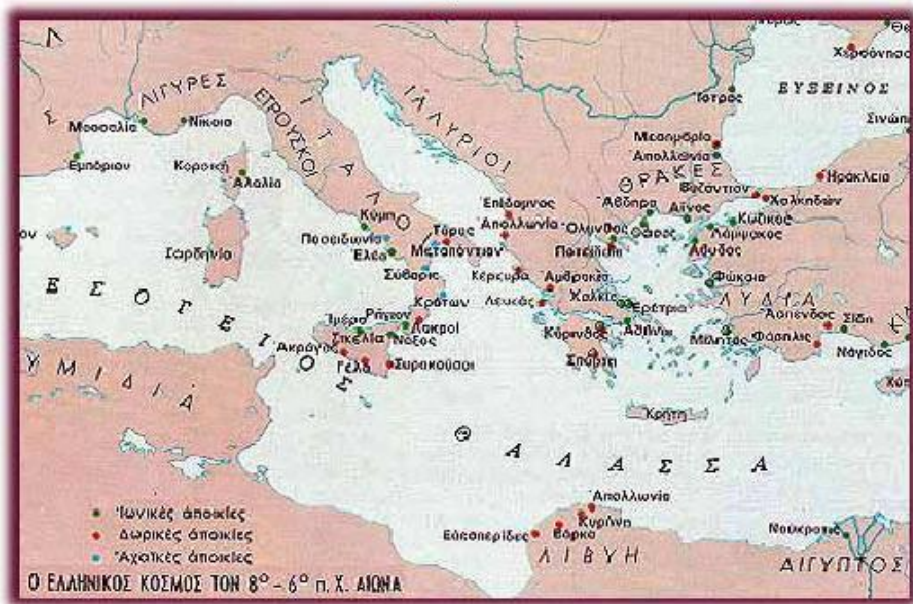


Άποψη της Μιλήτου, όπου φαίνεται το αρχαίο θέατρο. Η πόλη βρισκόταν στην ακτή της Ιωνίας, ανάμεσα στον ελληνικό κόσμο και την περσική αυτοκρατορία.

Προσωκρατικοί φιλόσοφοι και φιλοσοφικές σχολές

Μιλήσιοι	Ελεάτες	Πυθαγόρειοι	Ανεξάρτητοι από Σχολές	Ατομικοί
Θαλής	Παρμενίδης	Πυθαγόρας	Ηράκλειτος	Λεύκιππος
Αναξίμανδρος	Ζήνων	Φιλόλαος	Εμπεδοκλής	Δημόκριτος
Αναξίμενης	Μέλισσος	Αλκμαίων	Ξενοφάνης	
			Αναξαγόρας	
			Διογένης ο Απολλωνιάτης	

(Από: Οι επιστήμες στην Αρχαία Ελλάδα, στο Βυζάντιο και στο Νεότερο Ελληνισμό, Γ. Χριστιανίδη κ.ά.)



1Γ. Η ζωή, οι απόψεις και το έργο των κυριότερων προσωκρατικών φιλοσόφων

Χρονικά, οι κυριότεροι εκπρόσωποι της προσωκρατικής φιλοσοφίας καταχωρούνται συνήθως και βάσει των μαρτυριών, όπως παρακάτω (οι χρονολογίες αναφέρονται στην ακμή της δημιουργίας τους, ενώ εμπλουτίστηκε η χρονική σειρά με σημαντικά ιστορικά γεγονότα):

Στοχαστές		Ιστορικά γεγονότα	
		610 594/3	Ο Θρασύβουλος τύραννος της Μιλήτου Νομοθεσία του Σόλωνος
Θαλής	585-575		
Αναξίμανδρος	570-560	546/5-528/7	Ο Πεισίστρατος τύραννος των Αθηνών
Αναξίμανδρος	585-525		
Πυθαγόρας	535-525	522	Θάνατος του Πολυκράτη στη Σάμο
Ξενοφάνης	520	511/10	Καταστροφή της Σύβαρης από τους Κροτωνιάτες
		507-504	Μεταρρυθμίσεις του Κλεισθένη στην Αθήνα. Πρώτη εφαρμογή γνήσιου δημοκρατικού πολιτεύματος
Ηράκλειτος	540-480	494 490	Άλωση της Μιλήτου από τους Πέρσες Μάχη του Μαραθώνα
Παρμενίδης	515-450	478	Δημιουργία της Δελφικής Αμφικτιονίας
Αναξαγόρας	462-432		
Ζήνων ο Ελεάτης	450-440	450-440	Ακμή του Φειδία
Εμπεδοκλής	454-444		
Μέλισσος	440		
Λεύκιππος	440-430		
Διογένης ο Απολλωνιάτης	440-430		
Φιλόλαος	434-424	429	Θάνατος του Περικλή
		431-404	Πελοποννησιακός πόλεμος
		421-414	Ειρήνη του Νικία
		415-413	Σικελική εκστρατεία των Αθηναίων
Δημόκριτος	430-410		
Θεόδωρος ο Κυρηναίος	430-410		

(Από: Οι επιστήμες στην Αρχαία Ελλάδα, στο Βυζάντιο και στο Νεότερο Ελληνισμό, Γ. Χριστιανίδη κ.ά.)



Επεξεργασμένη εικόνα από υποστηρικτικό εκπαιδευτικό υλικό για το μάθημα «Ανθολόγιο Φιλοσοφικών Κειμένων» Γ' Γυμνασίου, με τους τόπους όπου έδρασαν οι κυριότεροι προσωκρατικοί φιλόσοφοι.

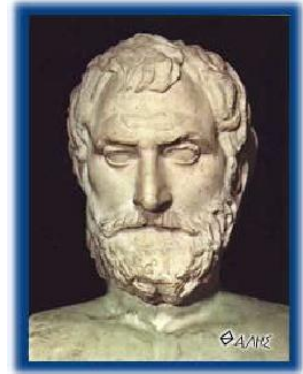
Οι πηγές για τους προσωκρατικούς φιλοσόφους είναι τα διάσπαρτα αποσπάσματα του αυθεντικού λόγου τους (πρωτογενείς) - έτσι όπως τουλάχιστον έχει σωθεί - και οι αναφορές άλλων συγγραφέων (δευτερογενείς) και συγκεκριμένα φιλοσόφων, όπως ο Πλάτων και ο Αριστοτέλης, δοξογράφων, όπως ο Θεόφραστος ο Εφέσιος (με το «*Φυσικών Δόξαι*», που καθιέρωσε την δοξογραφική παράδοση) και ο Αέτιος, βιογράφων όπως ο Διογένης ο Λαέρτιος και άλλων. Βέβαια, οι ύστερες πληροφορίες χρειάζεται πάντα να σταθμίζονται προσεκτικά, καθώς οι όποιες αναφορές γίνονται, εκφράζουν και την οπτική γωνία του εκάστοτε συγγραφέα.

Θα δούμε στη συνέχεια ορισμένα στοιχεία για τη ζωή και τις απόψεις των κυριότερων προσωκρατικών φιλοσόφων.

ΘΑΛΗΣ Ο ΜΙΛΗΣΙΟΣ (624 – 546 π.Χ.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ

Ο Θαλής γεννήθηκε το 624 π.Χ. στη Μίλητο, μια εξέχουσα ελληνική αποικία στη Μικρά Ασία και ήταν γιος του Εξαμύου και της Κλεοβουλίνης. Υπήρξε ιδρυτής της ιωνικής σχολής (σχολή της Μιλήτου). Αγαπούσε πολύ τα ταξίδια, με τα οποία οικειώθηκε τις γνώσεις της ανατολής. Οι σοφοί του 6ου αιώνα π.Χ. (λ.χ. ο Σόλων) ήταν καθιερωμένο να ταξιδεύουν στην Αίγυπτο και να μελετούν τον τρόπο ζωής και τις επιστήμες (γεωμετρία) των Αιγυπτίων. Ο Θαλής ήταν ένας από τους επτά σοφούς της αρχαιότητας και θεωρείται πατέρας της Ελληνικής φιλοσοφίας, επειδή πρώτος έθεσε το πρόβλημα **μιας γενικής αρχής όλων των πραγμάτων**. Πέθανε σε προχωρημένη ηλικία, παρακολουθώντας αθλητικούς αγώνες της 58ης Ολυμπιάδας, εξαιτίας της ζέστης, της δίψας και της εξάντλησης. Στον τάφο του χαραχτηκε το εξής επίγραμμα:
«Αυτός ο μικρός τάφος, είναι του Θαλή του εξαίρετου, που η δόξα έφτανε ως τα ουράνια».



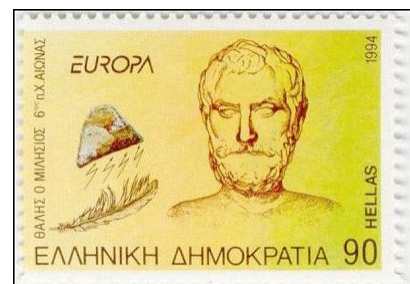
ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΠΡΩΤΗ ΑΡΧΗ

Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, **ο Θαλής υπήρξε ο πρώτος φιλόσοφος και η φιλοσοφία αρχίζει με αυτόν**. Ήταν ο πρώτος Έλληνας φιλόσοφος που αναζήτησε την πρώτη αρχή των όντων και των κοσμικών φαινομένων. Έτσι, έκανε εισαγωγή της πολύ σημαντικής για τις επιστήμες **έννοιας της αρχής**. **Ως πρωταρχικό δομικό υλικό του κόσμου όρισε το νερό**, οπότε στη θέση του θεογονικού Ωκεανού, το Πόντου, του Νηρέα, του Πρωτέα και του Τρίτωνα αναγνωρίστηκε το νερό, απρόσωπα, ως φυσικό σώμα και ως τμήμα του κόσμου. Η ζωτική δύναμη του νερού, η ιδιότητά του να ευνοεί την ανάπτυξη της ζωής και η τεράστια σημασία του στη φύση ήταν η αιτία που έκανε τον Θαλή να το ορίσει ως πρωταρχικό στοιχείο. Πίστευε πως επειδή το νερό είναι κοινό σε όλα τα όντα, με αυτό μπορούν να εξηγηθούν όλα τα φυσικά φαινόμενα, ενώ η Γη έχει τη μορφή ενός κυκλικού δίσκου που στηρίζεται στο νερό. Ο Αριστοτέλης αναφέρει: *«Το ερωτάν περί των πρώτων αρχών και αιτίων... αλλά Θαλής μεν ο της τοιαύτης αρχηγός φιλοσοφίας ύδωρ φησίν είναι αρχήν...»* (Το να ερωτά κάποιος για τις πρώτες αρχές και τα αίτια είναι φιλοσοφία... αλλά ο Θαλής, ο εισηγητής της φιλοσοφίας, ισχυρίζεται ότι το νερό είναι η πρώτη αρχή) – Αριστοτέλους, «Μετά τα Φυσικά».

Ο Θαλής πιθανόν να υποστήριζε ότι τα πάντα προέρχονται από το νερό, επειδή σε ταξίδι του στην Αίγυπτο είδε πόσο γόνιμη ήταν η γη μετά τις πλημμύρες του Νείλου. Το νερό μπορούσε να πάρει και άλλες μορφές, όπως ο πάγος και οι υδρατμοί. Είπε ακόμα, πως όλα «ήταν γεμάτα θεούς». Ίσως σκέφτηκε πως το μαύρο λασπωμένο χώμα είναι η πηγή κάθε ζωής, από τα λουλούδια και το στάρι έως τις μέλισσες και τις κατσαρίδες, και στη συνέχεια φαντάστηκε το χώμα γεμάτο μικρούς αόρατους «σπόρους ζωής». Το σίγουρο είναι, πάντως, ότι δεν είχε στο μυαλό του τους θεούς του Ομήρου.

ΤΑ ΕΠΙΤΕΥΓΜΑΤΑ ΤΟΥ ΘΑΛΗ - ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ, ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ, ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

Ο Θαλής, εκτός από φιλόσοφος, υπήρξε μεγάλος φυσικός, αστρονόμος, μαθηματικός και μηχανικός. **Ανακάλυψε τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό**. Παραδοσιακά ο ηλεκτρισμός ορίζεται ως η ιδιότητα που αποκτά το ήλεκτρο (κεχριμπάρι), να έλκει μικρά αντικείμενα μετά από τριβή. Η ιδιότητα αυτή παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από το Θαλή. Αντίστοιχα, παρατήρησε πρώτος την ιδιότητα του μαγνητισμού στο ορυκτό μαγνητίτη (επιτεταρτοξείδιο του σιδήρου), που υπήρχε στη Μαγνησία.



Γραμματόσημο του 1994 με το Θαλή και σχήμα σχετικό με το στατικό ηλεκτρισμό.

Ως μαθηματικός, ο Θαλής είναι γνωστός στη στοιχειώδη **γεωμετρία** από το **ομώνυμο θεώρημα**, για τα τμήματα που τέμνονται από παράλληλες ευθείες του επιπέδου πάνω σε δύο άλλες ευθείες του και το ανάλογό του στη γεωμετρία του χώρου. Αποδίδονται επίσης σε αυτόν η εφαρμογή του κριτηρίου γωνία – πλευρά – γωνία, της ισότητας τριγώνων, η ανακάλυψη των θεωρημάτων για την ισότητα των παρά βάση γωνιών ενός ισοσκελούς τριγώνου και για την ισότητα των κατά κορυφήν γωνιών, η κατασκευή του περιγεγραμμένου κύκλου σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο και η απόδειξη της πρότασης ότι η διάμετρος χωρίζει τον κύκλο σε δυο ίσα μέρη.

Ο Διογένης Λαέρτιος γράφει για τον Θαλή στο 1ο βιβλίο του: «*Κάποιοι λένε ότι πρώτος αυτός είπε πως οι ψυχές είναι αθάνατες. Ένας απ' αυτούς είναι ο ποιητής Χοιρίλος. Πρώτος βρήκε την πορεία του ήλιου από ηλιοστάσιο σε ηλιοστάσιο και διατύπωσε την άποψη πως το μέγεθος του ήλιου και της σελήνης είναι ίσο με το ένα επτακοσιοστό της τροχιάς του. Πρώτος ονόμασε την τελευταία μέρα του μήνα τριακοστή και πρώτος, όπως λένε μερικοί, ασχολήθηκε με τη φύση. Ως πολιτικός επίσης υπήρξε διαπρεπής. Όταν ο Κροίσος έστειλε πρέσβεις στους Μιλήσιους για να ζητήσει συμμαχία, ο Θαλής τους εμπόδισε. Πράγμα το οποίο μετά την επικράτηση του Κύρου αποδείχτηκε σωτήριο για την πόλη. Πρωταρχική αιτία όλων θεωρούσε το νερό και για τη φύση έλεγε πως είναι έμφυχη και γεμάτη θεότητες. Λένε πως αυτός βρήκε τις εποχές του χρόνου και τον διαίρεσε σε 365 ημέρες.*»

Σύμφωνα με την παράδοση, ο Θαλής κάποτε υπολόγισε το ύψος μιας πυραμίδας στην Αίγυπτο, μετρώντας τη σκιά της τη στιγμή ακριβώς που η δική του σκιά ήταν ίση με το πραγματικό του ύψος, ενώ το 585 π.Χ. πρόέβλεψε με ακρίβεια μια ολική έκλειψη ηλίου.



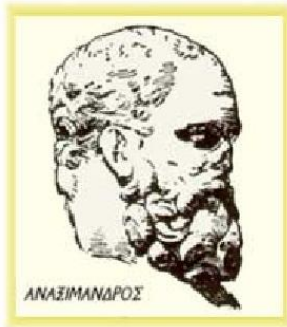
Λέγεται ακόμα, ότι ο Θαλής διατύπωσε και μια θεωρία για τις ανά τακτά χρονικά διαστήματα επαναλαμβανόμενες πλημμύρες του ποταμού Νείλου, ενώ ο Ηρόδοτος αναφέρει ότι ως μηχανικός στο στρατό του Κροίσου, σε μια εκστρατεία του, με κατάλληλη διοχέτευση των νερών του ποταμού Αλύ διευκόλυνε τα στρατεύματα του στη διάβασή τους.

ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ

Υπάρχει διαφωνία σχετικά με τα γραπτά του έργα. Άλλοι υποστηρίζουν πως δεν άφησε γραπτά, ενώ άλλοι του αποδίδουν κάποια έργα, ανάμεσα τους τα «Περί ηλιοστασίων», «Περί ισημερίας» και «Ναυτική αστρολογία». Σύμφωνα με τον Διογένη Λαέρτιο, το τελευταίο είναι έργο του Φώκου του Σάμιου. Πολλά κομμάτια από την φιλοσοφία του διέσωσαν οι μαθητές του και οι μετέπειτα φιλόσοφοι όπως ο Αριστοτέλης. Σημαντικά στοιχεία για την φιλοσοφία του Θαλή βρίσκουμε στο έργο του Διογένη Λαέρτιου «Βίοι Φιλοσόφων» (βιβλίο 1ο).

ΑΝΑΞΙΜΑΝΔΡΟΣ Ο ΜΙΛΗΣΙΟΣ (610 – 546 π.Χ.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ



Ο Αναξίμανδρος γεννήθηκε στην Μίλητο το 610 π.Χ. και ήταν γιος του Πραξιάδη και μαθητής του Θαλή. Όπως και ο δάσκαλός του, δεν ήταν μόνο φιλόσοφος, αλλά μεγάλος αστρονόμος, μετεωρολόγος, γεωγράφος και βιολόγος. Ο Αιλιανός τον αναφέρει ως αρχηγό της αποικίας της Μιλήτου στην Αμφίπολη. Ο Αναξίμανδρος είναι ο πρώτος που έκανε μια μεθοδική προσπάθεια να εξηγήσει φιλοσοφικά όλες τις πτυχές της ανθρώπινης εμπειρίας, εγκαταλείποντας τις μέχρι τότε μυθολογικές διατυπώσεις για την αρχή, την γένεση και την φθορά των όντων.

ΤΟ ΑΠΕΙΡΟ ΩΣ ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΚΟΣΜΟΥ – Η ΑΦΘΑΡΣΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

Ο Αναξίμανδρος πίστευε πως ο κόσμος μας ήταν ένας από τους πολλούς, αλλά δεν μπορούμε να τον κατανοήσουμε με τις αισθήσεις μας. Θεωρούσε πως η αρχή και το τέλος ήταν κάτι εντελώς διαφορετικό από αυτό που καταλαβαίνουμε με τις αισθήσεις μας. Άρα, αφού όλα έχουν μια αρχή και ένα τέλος, αυτό το κάτι που κρύβεται πίσω από όλα, πρέπει να μην έχει ούτε αρχή, αλλά ούτε και τέλος και να βρίσκεται έξω από τα τέσσερα στοιχεία της φύσης γη, νερό, αέρας, φωτιά (ιδέα της δικαιοσύνης). Το πρωταρχικό στοιχείο για τον Αναξίμανδρο είναι το άπειρο. Έτσι, το μεγάλο βήμα, η μεγάλη τομή που έκανε ο Αναξίμανδρος με τη σκέψη του, είναι ότι εισήγαγε πρώτος στην ιστορία της φιλοσοφίας την έννοια του απείρου. **Το άπειρο είναι η αρχή του κόσμου**, η αρχή όλων των πραγμάτων, αυτό που είναι πίσω από την απέραντη ποικιλία και τις διαφορετικές τους ιδιότητες.

Ο Σιμπλικίος, φιλόσοφος του βου αιώνα μ.Χ., παραθέτει σωζόμενο απόσπασμα του Αναξίμανδρου στο έργο του «Εις τα Φυσικά»: *«Ο Αναξίμανδρος είπε ότι αρχή των όντων είναι το άπειρο... από το οποίο έγιναν όλοι οι ουρανοί και οι κόσμοι που υπάρχουν... Και απ' όπου προέρχεται η γένεση των όντων εκεί ακριβώς συντελείται και η διάλυσή τους σύμφωνα με την ανάγκη, γιατί τιμωρούνται και επανορθώνουν αμοιβαία για την αδικία, σύμφωνα με την τάξη του χρόνου»*. Για τον Αναξίμανδρο, όπως στην κοινωνία, έτσι και στη φύση επικρατεί η αρχή της δικαιοσύνης.

Το άπειρο του Αναξίμανδρου είναι μια αχανής υλική μάζα, απεριόριστη στο χώρο και το χρόνο. Το προσδιορίζει ως στοιχείο αγέννητο, άφθαρτο και αθάνατο. Μεταβιβάζοντας αυτό το γνώρισμα από τα πρόσωπα των θεών στην κοσμολογική αρχή, πέτυχε να συλλάβει την **έννοια της αφθαρσίας της ύλης**.

ΤΟ «ΜΗΧΑΝΙΣΤΙΚΟ» ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΚΟΣΜΟΥ, Ο ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΓΗΣ ΚΑΙ Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ !

Ο Αναξίμανδρος εξήγησε τη δημιουργία του κόσμου, ξεκινώντας από το άπειρο. Από το άπειρο ξεχώρισε με έκκριση το «γόνιμον», δηλαδή το σπέρμα το θερμού και του ψυχρού. Με πυρήνα το ψυχρό, που αποτέλεσε τη μάζα της Γης, διαμορφώθηκε μια σφαίρα από τη μάζα του θερμού, που εξερράγη και τα κομμάτια της περικλείστηκαν σε μικρότερες σφαίρες που απλώθηκαν και σχημάτισαν τα ουράνια σώματα. Σύμφωνα με τον Αέτιο, ο Αναξίμανδρος θεωρεί πως τα άστρα είναι συμπυκνώσεις αερίων και πυρός, που δημιουργήθηκαν από περιδινήσεις. Τα ουράνια σώματα είναι αόρατα από τη γη επειδή περιβάλλονται από ομίχλη, στην οποία όμως υπάρχουν πόροι από όπου διαφεύγει το φως και έτσι γίνονται ορατά. Εκλείψεις ήλιου και σελήνης γίνονται όταν φράσσονται οι πόροι.

Η εικόνα του κόσμου του Αναξίμανδρου, για ορισμένους ιστορικούς, είναι η πρώτη απόπειρα διατύπωσης ενός «μηχανιστικού μοντέλου» και είναι βασισμένη σε μαθηματικές έννοιες: Ο κόσμος έχει μορφή σφαίρας και στο κέντρο του είναι τοποθετημένη η γη, που έχει μορφή κυλίνδρου και το πλάτος της είναι τριπλάσιο από το βάθος της. **Η γη αιωρείται στο σύμπαν** και

δε μεταβάλλει ποτέ τη θέση της, ούτε είναι ριζωμένη σε ένα στερεό υπόβαθρο, όπως λέει η μυθική κοσμολογία. Εφόσον η γη είναι τοποθετημένη στο κέντρο, έχει συμμετρική απόσταση από όλα στη σφαίρα του σύμπαντος. Ενώ η γη αιωρείται, ο ήλιος, η σελήνη και τα άστρα κινούνται κυκλικά. Ο κύκλος που διαγράφει ο ήλιος είναι 27 φορές μεγαλύτερος από τη διάμετρο της γης, ο κύκλος της σελήνης 18 φορές και ο κύκλος των απλανών αστερών 9 φορές. Η ιδέα αυτής της μηχανικής ερμηνείας της κυκλικής αστρικής κινήσεως διασώζεται από τον Αέτιο και υπήρξε αποφασιστική στην ιστορία της αστρονομίας.

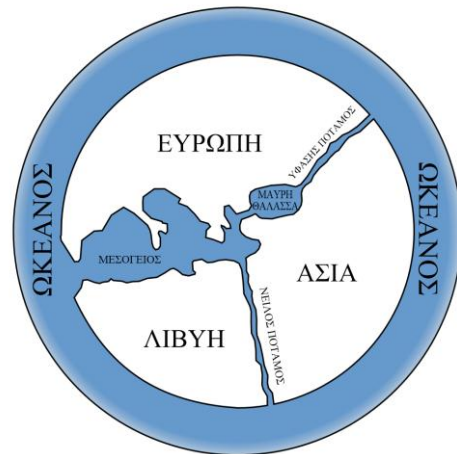
Ο Φαβωρίνος στην παγκόσμια ιστορία του, σύμφωνα με τον Διογένη Λαέρτιο, μας παραδίδει: «...ήταν ο πρώτος που επινόησε τον γνώμονα και τον έστησε πάνω σε ηλιακά ρολόγια για να σημαδεύει τα ηλιοστάσια και τις ισημερίες. Επίσης κατασκεύασε και ωροδεικτικά όργανα. Ήταν ο πρώτος που σχεδίασε το περίγραμμα της γης και της θάλασσας, αλλά επίσης έφτιαξε και μια ουράνια σφαίρα...»

Ο Αναξίμανδρος **κατασκεύασε τον πρώτο χάρτη του κόσμου**, συντέλεσε στην εισαγωγή της χρήσης του ηλιακού ρολογιού στην Ελλάδα, ενώ κατασκεύασε και μια ουράνια σφαίρα για τη διευκόλυνση των ναυτικών. Συγκεκριμένα, όπως αναφέραμε και παραπάνω, δημιούργησε ένα σφαιρικό πρότυπο των ουρανών, στο κέντρο του οποίου τοποθέτησε τη Γη (γεωκεντρικό πρότυπο του σύμπαντος). Ο Πλίνιος αναφέρει ότι υπολόγισε και τη **λόξωση της εκλειπτικής**. Αυτή είναι η γωνία που σχηματίζει το επίπεδο της εκλειπτικής, δηλαδή της φαινόμενης κυκλικής τροχιάς του Ήλιου στην ουράνια σφαίρα, με το επίπεδο του ουράνιου ισημερινού με τιμή $23^{\circ} 27'$ (όση είναι και η κλίση του επιπέδου του ισημερινού της Γης σχετικά με το επίπεδο της τροχιάς της γύρω από τον Ήλιο, στην οποία οφείλεται η ύπαρξη των εποχών).

Ο Αναξίμανδρος, πέρα από τις ικανότητες του στην αστρονομία, είναι και ο πρώτος βιολόγος. Πρώτος εισήγαγε στην ιστορία τη θεωρία **περί της γενέσεως των οργανικών όντων**. Οι πρώτοι οργανισμοί γεννήθηκαν μέσα στο υγρό στοιχείο, όταν αυτό εξαιτίας της ηλιακής θερμότητας εξατμίσθηκε. Αρχικά τα πρώτα ζώα ήταν περιτυλιγμένα μέσα σε έναν αγκαθωτό φλοιό. Έπειτα βγήκαν από το υγρό στοιχείο στην ξηρά και αφού έσπασαν τον αγκαθωτό φλοιό, άρχισαν να προσαρμόζονται στο καινούριο περιβάλλον. Ο άνθρωπος προήλθε από το ψάρι και μόνο όταν ήταν σε θέση να επιβιώσει βγήκε στη στεριά. Ο Αναξίμανδρος είδε την γένεση του κόσμου και της ζωής ως μια ενιαία εξελικτική διαδικασία, που δεν απέχει πολύ από τη σύγχρονη **εξελικτική θεωρία!**

ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ

Τις απόψεις του ο Αναξίμανδρος τις παρουσίασε στο βιβλίο του με τίτλο «*Περί Φύσεως*», το οποίο θεωρείται **το πρώτο βιβλίο σε ελληνικό πεζό λόγο**. Δεν σώζεται σήμερα, αλλά το είχαν υπόψη τους ο Αριστοτέλης, ο Απολλόδωρος, αλλά και ο Θεόφραστος με το Σιμπλίκιο, οι οποίοι παρέθεσαν κατά λέξη αποσπάσματα του Αναξίμανδρου. Τα αποσπάσματα αυτά αποτελούν **τα πρώτα φιλοσοφικά – επιστημονικά κείμενα που έχουν διασωθεί στην ιστορία της φιλοσοφίας και της επιστήμης**.



Αναπαράσταση του Χάρτη της Γης του Αναξίμανδρου (<http://el.wikipedia.org>)

ΑΝΑΞΙΜΕΝΗΣ Ο ΜΙΛΗΣΙΟΣ (περ. 585 – 525 π.Χ.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ



Ο Αναξίμενης, ο τρίτος στη διαδοχή Μιλήσιος φιλόσοφος, ήταν γιος του Ευρύστρατου και μαθητής του Αναξίμανδρου. Δραστηριοποιήθηκε στο δεύτερο μισό του 6ου π.Χ. αιώνα και πέθανε πιθανώς σε ηλικία 60 χρονών κατά την 63η Ολυμπιάδα (528-525 π.Χ.). Για τον βίο και τις δραστηριότητες του Αναξίμενη γνωρίζουμε ελάχιστα πράγματα. Οι περισσότερες πληροφορίες για τη ζωή και το έργο του βασίζονται στον Θεόφραστο, που διασώζεται περιληπτικά από τον Σιμπλίκιο. Αποσπάσματα της φιλοσοφίας του βρίσκονται σε κείμενα του Αριστοτέλη, του Πλούταρχου, του Ιππόλυτου και του Αέτιου. Ο Αναξίμενης, όπως και οι προκάτοχοι του, ασχολήθηκε και με την αστρονομία. Διατύπωσε την άποψη ότι η Σελήνη δεν έχει δικό της φως, αλλά το παίρνει από τον Ήλιο. Πίστευε ότι η Γη είναι ένας επίπεδος δίσκος, ενώ προχώρησε σε διάκριση μεταξύ πλανητών και των απλανών αστερών.

Ο ΑΕΡΑΣ ΩΣ Η ΑΠΕΙΡΟΣ ΑΡΧΗ

Ο Αναξίμενης, όπως κι ο Θαλής, πίστευε πως όλα είχαν προέλθει από κάποιο πρωταρχικό στοιχείο, το οποίο και συνέχιζε να κρύβεται πίσω απ' όλες τις αλλαγές στη φύση. Η επιθυμία του να κάνει αμεσότερα νοητό το «άπειρο» του Αναξίμανδρου φαίνεται ότι ήταν η αφετηρία της θεωρίας του. Θεωρούσε **πηγή κάθε ζωής και αφετηρία όλων των πραγμάτων τον αέρα**. Ο Αναξίμενης γνώριζε τις θεωρίες του Θαλή για το νερό. Αλλά από πού προερχόταν το νερό; Για τον Αναξίμενη το νερό δεν ήταν παρά συμπυκνωμένος αέρας. Κι όταν βρέχει, βλέπουμε καθαρά τον αέρα να πυκνώνει και να στάζει χοντρές στάλες νερού! Ο Αναξίμενης πίστευε πως αν το νερό πυκνώνει ακόμα περισσότερο, τότε γινόταν χώμα. Ίσως είχε δει τον πάγο να λιώνει και ν' αφήνει πίσω του ψήγματα άμμου. Τη φωτιά, από την άλλη, τη θεωρούσε αραιωμένο αέρα. Κατά τη γνώμη του λοιπόν, η γη, το νερό και η φωτιά προέρχονταν από τον αέρα, ανάλογα με το βαθμό πυκνώσης ή αραιώσής του (**νόμος μετατροπής της ποσότητας σε ποιότητα**). Κατά πάσα πιθανότητα θεωρούσε τη γη, τον αέρα, το νερό και τη φωτιά απαραίτητες προϋποθέσεις για τη δημιουργία και τη διατήρηση της ζωής. Έδινε όμως το προβάδισμα στον αέρα. Ο «αήρ» θεωρείται μια μάζα λεπτή, κινητική και «πνευματική», από την οποία δημιουργούνται όλα τα πράγματα και στην οποία τελικά χάνονται. Ο «αήρ» περιέχει όλο τον κόσμο ως μια άπειρη χωρικά μάζα και οπωσδήποτε απροσδιόριστη, στοιχεία που θυμίζουν το άπειρο του Αναξίμανδρου.

Ίσως, όμως, επέβαλαν στον Αναξίμενη την εκλογή του αέρα ως κοσμολογικής αρχής, η χαοτική φύση του και η κινητικότητά του, που προΐδεάζουν για την ενέργεια και την αιτία της γένεσης και κάθε μεταβολής. Οπωσδήποτε, σύμφωνα με την πάγια υλοζωιστική αντίληψη, θεωρούσε τον αέρα ουσιαστικά ως **ύλη και ενέργεια μαζί**.

ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΣΜΟΓΟΝΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΑ

Ο Αναξίμενης ταυτίζει τον αέρα με την ψυχή σαν «γενετική αιτία» του σύμπαντος κόσμου. Η ταύτιση αυτή είναι καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή του αέρα ως βασικού στοιχείου για την κοσμογονία του: *«Όπως η ψυχή μας, όντας αέρας, μας συγκρατεί, έτσι και το πνεύμα και ο αέρας περιέχουν ολόκληρο τον κόσμο»*. Πρόκειται ουσιαστικά για την πρώτη προσωκρατική ψυχολογική θέση.

Όμως ο Αναξίμενης, πρόσφερε και ένα καθοριστικό βήμα για την **εξέλιξη της κοσμολογίας**, επειδή διδάσκοντας ότι ο αέρας είναι, όχι μόνο πριν από τη γένεση του κόσμου, αλλά παντοτινά η μοναδική ουσία του, προώθησε το πρόβλημα από την κοσμογονία στην κοσμολογία, δηλαδή

από την περιγραφική εξήγηση της καταγωγής του κόσμου στη λογική θεώρηση της δομής και λειτουργίας του.

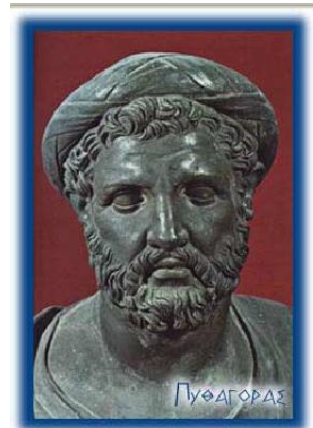
Το σχήμα του Σύμπαντος πίστευε ότι είναι ημισφαιρικό. Για τον Αναξιμένη, τα ουράνια σώματα έχουν πύρινη φύση και προέκυψαν από τους υγρούς ατμούς που αναδίδονται από τα υγρά μέρη της γης. Ανεβαίνοντας οι ατμοί αραιώνουν τόσο, που γίνονται φωτιά και υποβαστάζονται από τον αέρα. Με την θεωρία της πύκνωσης και της αραιώσης εξηγούσε επίσης και διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα (βροχή, σύννεφα κ.λπ.). Ο Αναξιμένης παρουσίασε τη Γη ως πλατύ δίσκο μεγάλης έκτασης που στηριζόταν στον αέρα, μιας και είχε διαπιστώσει ότι στον αέρα συγκρατούνται καλύτερα τα σώματα με μεγαλύτερη επιφάνεια. Ο Αριστοτέλης αναφέρει ότι η ακινησία της Γης, στην οποία πίστευε ο Αναξιμένης, οφειλόταν στο πλατύ της σχήμα. Για τον Ήλιο ο Αναξιμένης πίστευε πως προήλθε από τη Γη, πως έχει σχήμα όμοιο με αυτήν, αλλά πως απέκτησε μεγάλη θερμότητα λόγω της γρήγορης κίνησής του. Το ερμηνευτικό μοντέλο του κόσμου που πρόβαλλε ο Αναξιμένης είναι το πρώτο συστηματικό μονιστικό σύστημα στην αρχαία ελληνική φιλοσοφία και υλιστικό με την ευρύτερη έννοια του όρου. Δεν θεώρησε την ύλη αδρανή, αλλά ζωντανή και αδιαχώριστη από την κινούσα αιτία της, γεγονός που σημαίνει ότι η ύλη και η δύναμη δεν είχαν ακόμα διαχωριστεί ως αυτοτελείς οντότητες.

Με τις απόψεις του ο Αναξιμένης διατήρησε την ενιαία αρχή των όντων (μονισμός) και αναδείχθηκε στον πιο συνεπή υλοζωιστή (εμφύχωση της ύλης και της ύπαρξη ζωής σε όλα τα πράγματα της φύσης) μεταξύ των πρώτων φιλοσόφων. Βλέπουμε πως και οι τρεις Μιλήσιοι φιλόσοφοι πίστευαν σε ένα – και μόνο – πρωταρχικό στοιχείο, από το οποίο είχαν προκύψει τα πάντα. Ήδη, όμως, είχε προκύψει το πρόβλημα του πώς αλλάζει ένα στοιχείο και πώς μετατρέπεται σε κάτι εντελώς διαφορετικό. Με το πρόβλημα αυτό ασχολήθηκαν άλλοι προσωκρατικοί φιλόσοφοι.

ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ Ο ΣΑΜΙΟΣ (περ. 575 – 495 π.Χ.) ΚΑΙ ΠΥΘΑΓΟΡΕΙΟΙ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ ΠΥΘΑΓΟΡΑ

Ο Πυθαγόρας ο Σάμιος υπήρξε σημαντικός Έλληνας φιλόσοφος, μαθηματικός, γεωμέτρης και θεωρητικός της μουσικής. Είναι ο κατεξοχήν θεμελιωτής των ελληνικών μαθηματικών και δημιούργησε ένα άρτιο σύστημα για την επιστήμη των ουράνιων σωμάτων, που κατοχύρωσε με όλες τις σχετικές αριθμητικές και γεωμετρικές αποδείξεις. Γεννήθηκε σε χρονολογία που δεν μας είναι γνωστή, αλλά που εικάζεται πως είναι μεταξύ των ετών 580 - 572 π.Χ. και ως επικρατέστερος τύπος γεννήσεως παραδίδεται η νήσος Σάμος. Ταξίδεψε για αρκετά χρόνια σε χώρες της ανατολής, απ' όπου άντλησε γνώσεις για τα μαθηματικά, την αστρονομία, αλλά και για τα τελετουργικά των θρησκειών της εποχής του. Λέγεται ότι έζησε για 23 χρόνια στην Αίγυπτο. Μετά από τα μακροχρόνια ταξίδια του, ίδρυσε τη δική του σχολή στον Κρότωνα της Κάτω Ιταλίας, που λειτουργούσε ως επιστημονική, φιλοσοφική, καλλιτεχνική και πολιτική οργάνωση. Χαρακτηριστικά της σχολής του ήταν η εχεμύθεια, η ασκητική ζωή και η αλληλοβοήθεια. Ο Πυθαγόρας θεωρείται ο πρώτος που έδωσε στη Φιλοσοφία το όνομά της, ενώ σε αυτόν αποδίδεται και η λέξη Κόσμος (κόσμημα), ως έννοια που δηλώνει την παγκόσμια τάξη και αρμονία. Πέθανε στο Μεταπόντιον της Ιταλικής Λευκανίας σε μεγάλη ηλικία, περί το 500 - 490 π.Χ.

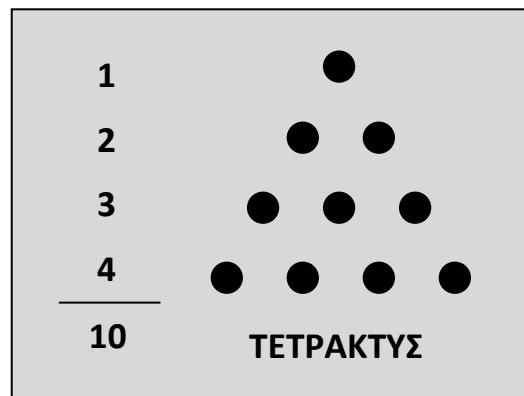


Η ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΠΥΘΑΓΟΡΑ

Η «Ιωνική επανάσταση» γρήγορα βρέθηκε αντιμέτωπη με τη «Δωρική αντεπανάσταση». Απόψεις, προερχόμενες από τον κατωϊταλικό ελληνισμό, εκπροσωπήθηκαν από τους Ορφικούς και τους Πυθαγόρειους. Αυτοί, με αρχηγό τον Πυθαγόρα, αποπειράθηκαν να διαγράψουν ή, οπωσδήποτε, να μειώσουν τη σημασία της κοσμογονσίας που πρόσφερε ο υλοζωισμός και μεθόδεψαν το εγχείρημά τους, προβάλλοντας πάνω στην έννοια του φυσικού σώματος μεταφυσικές δοξασίες με την ψυχή. Ο Πυθαγόρας ανανέωσε το θρησκευτικό κίνημα του Ορφισμού με ένα πιο ορθολογικό και επιστημονικό πνεύμα. Η γνώση της αλήθειας ήταν το αποτέλεσμα μιας μυστικής ενόρασης.

Για τον Πυθαγόρα, οι αριθμοί είχαν μυστικές σημασίες και **ο κόσμος είναι αρμονία και αριθμοί**. Έτσι, οι υλικές αρχές των Μιλήσιων αντικαταστάθηκαν για πρώτη φορά από νοητικές αρχές. Ο Πυθαγόρας πίστευε ότι μέσα από τα μαθηματικά μπορούμε να καταλάβουμε την οργάνωση και τη λογική που διέπει τον κόσμο. Έτσι προέκυψε μια πολύ μεγάλη, για την εποχή της, ανάπτυξη των μαθηματικών. Ο αριθμός 10 είναι ο πιο ιερός στην πυθαγόρεια σκέψη. Είναι το άθροισμα των τεσσάρων πρώτων φυσικών αριθμών 1, 2, 3, 4. Από αυτούς προκύπτουν τα τέσσερα βασικά σχήματα σημείο, ευθεία, επιφάνεια, στερεό (**σύνδεση αριθμών με την έννοια του χώρου**). Οι μονάδες και τα σημεία δεν υπόκεινται σε διαίρεση και έτσι θεωρούνται τα έσχατα στοιχειακά υλικά των πραγμάτων.

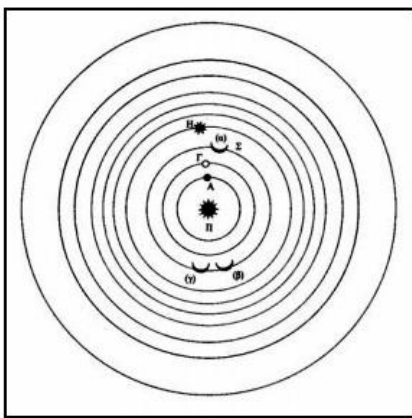
Με την ιερή τετρακτύδα σχηματίζονται και οι λόγοι 2:1, 3:2, 4:3, που στη μουσική κλίμακα παριστάνουν αντίστοιχα την ογδόη, την πέμπτη και την τετάρτη. Αυτό συμβόλιζε μια σύμφυτη τάξη, που δεν αφορούσε μόνο τη μουσική, αλλά και τη δομή του σύμπαντος. Οι Πυθαγόρειοι ξεχώρισαν τους αριθμούς σε άρτιους και περιττούς. Το περίφημο πυθαγόρειο θεώρημα πολλοί δεν το αποδίδουν στον Πυθαγόρα, ήταν αυτός όμως που το απέδειξε.



ΠΥΘΑΓΟΡΕΙΑ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ ... ΚΑΙ ΜΟΥΣΙΚΗ

Οι Πυθαγόρειοι είναι ο πρώτοι που θεώρησαν ότι η Γη και οι πλανήτες έχουν σφαιρικό και όχι επίπεδο σχήμα και ότι **περιφέρονται γύρω από το κεντρικό πυρ, που είναι στο κέντρο του σύμπαντος**. Μέσω της περιφοράς της Γης, εξήγησαν τις εναλλαγές των εποχών.

Είναι επίσης οι πρώτοι που σύνδεσαν την Αστρονομία με τη Μουσική, η οποία στηρίζεται και αυτή στους αριθμούς. Υποστήριζαν ότι στο αρμονικό και σφαιρικό σύμπαν τα πάντα διέπονται από απλούς νόμους, που μπορούν να εκφραστούν με τους αριθμούς της «ερής τετρακτύος». Με τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, που συνδυάζει την κοσμική αρμονία με τη μουσική αρμονία, επιχείρησαν να εξηγήσουν τη θέση και την κίνηση των πλανητών στον ουράνιο θόλο. Χρησιμοποιώντας μουσικούς όρους, καθόρισαν υπό μορφή κλίμακας τις μεσοπλανητικές αποστάσεις. Από τα πρώτα πειράματα που αναφέρονται στην αρχαιότητα, είναι τα πειράματα ήχου των πυθαγορείων και συγκεκριμένα η εξαγωγή της σχέσης που έχει το μήκος μιας χορδής με το μουσικό τόνο που εκπέμπει όταν πάλλεται.



*Το κοσμολογικό μοντέλο του Πυθαγόρειου Φιλόλαου, με το κεντρικό πυρ (II) στο κέντρο και γύρω από αυτό, την αντι-γη (αντίχθων, Α), τη Γη (Γ), τη Σελήνη (Σ), τον Ήλιο (Η). Πιο πέρα περιφέρονται οι πέντε πλανήτες (Ερμής, Αφροδίτη, Άρης, Δίας, Κρόνος) και στο τέλος είναι η εξωτερική σφαίρα με τους απλανείς.
(Από: Οι επιστήμες στην Αρχαία Ελλάδα, στο Βυζάντιο και στο Νεότερο Ελληνισμό, Γ. Χριστιανίδη κ.ά.)*

ΟΙ ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΟΥ ΠΥΘΑΓΟΡΙΣΜΟΥ

Σε αντίθεση με τους φυσικούς φιλοσόφους, οι οποίοι προσπάθησαν να τοποθετήσουν τη γη στο κέντρο του σύμπαντος, ο Πυθαγόρας ακολούθησε έναν ξεχωριστό δρόμο, αναγορεύοντας τον φυσικό κόσμο ως ένα κόσμο μέσα στον οποίο δρα ένα πλήθος από «μυστικές και ακατάληπτες δυνάμεις, κατανοητές μέσα από συμβολισμούς και μυθικές παραστάσεις». Δηλαδή όπως για τον Θαλή, έτσι και για τον Πυθαγόρα οι θεοί υπάρχουν παντού, δεν χρησιμοποίησε όμως φυσικά φαινόμενα για να τεκμηριώσει τον συλλογισμό του, αλλά, σε μια εξορθολογισμένη ερμηνεία των μύθων, χρησιμοποίησε εικόνες από μυθικές παραστάσεις και σύμβολα για να κατονομάσει τα φυσικά σώματα και φαινόμενα.

Η μέχρι στιγμής στάση των φιλοσόφων δεν είχε έρθει σε αντιπαράθεση με την καθημερινή θρησκευτική εμπειρία των κοινών ανθρώπων. Ας μην ξεχνάμε ότι η αρχαία ελληνική θρησκεία δεν βασιζόταν σε κάποιο δόγμα ή σε ιερά βιβλία, αλλά σε καθημερινές πρακτικές, οι οποίες ήταν αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής ζωής των Ελλήνων. Σύμφωνα με τον Πυθαγόρα, ο άνθρωπος πρέπει να συμμορφώνει την εσωτερική ζωή του σύμφωνα με τους αριθμητικούς κώδικες της αρμονίας (πυθαγόρεια ηθική). Ο τρόπος ζωής και η διδασχία των Πυθαγορείων, όμως, με την απαγόρευση των ζωοθυσιών, που ήταν απόρροια της πεποίθησης για τη συγγένεια όλων των έμψυχων όντων και των διαδοχικών μετενσαρκώσεων (μέχρι εξαγνισμού της ψυχής), ήρθαν σε αντίθεση με την κοινή θρησκευτική εμπειρία, η οποία απαιτούσε, ως ένα βαθμό, την πίστη στον κόσμο των μύθων. Για τον Πυθαγόρα η ψυχή έχει θεία καταγωγή, προέρχεται δηλαδή από μία συμπαντική ψυχή και επομένως είναι αθάνατη. Η Πυθαγόρεια σύλληψη της συμπαντικής ψυχής αποτελεί την αρχική κοσμοθεωρία, ότι η ύλη του κόσμου είναι πνευματοποιημένη και υπάγεται σ' ένα ψυχικό σύνολο που δηλώνει την συμπαντική θεότητα.

Οι θρησκευτικές αντιλήψεις του Πυθαγορισμού επηρέασαν για καιρό τον μεταγενέστερο φιλοσοφικό στοχασμό.

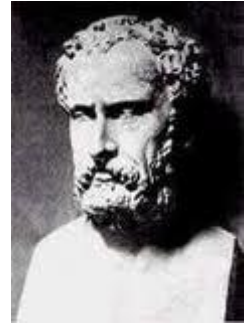
Ο πυθαγόρειος προσανατολισμός της επιστήμης

Οι Πυθαγόρειοι δημιούργησαν έναν τρόπο προσέγγισης της φύσης, που είχε μεγάλη επίδραση στην ιστορία και στην πρόοδο της επιστήμης. Ο τρόπος αυτός είναι η αναζήτηση της μαθηματικής αρμονίας, που είναι παρούσα παντού στη φύση. Η αρμονία αυτή είναι η πραγματικότητα και η γνώση της αποτελεί τη σύλληψη της θεμελιώδους δομής του σύμπαντος. Είναι αυτό που αιώνες μετά είπε πιο καθαρά ο Γαλιλαίος: *«η φιλοσοφία είναι γραμμένη σ' αυτό το μεγάλο βιβλίο (το σύμπαν) ... είναι γραμμένο στη γλώσσα των μαθηματικών και οι χαρακτήρες του είναι τρίγωνα, κύκλοι και άλλα γεωμετρικά σχήματα, χωρίς τα οποία είναι ανθρωπίνως αδύνατο να καταλάβουμε ούτε μια λέξη από το βιβλίο αυτό»*. Ο «πυθαγόρειος προσανατολισμός» της επιστήμης, όπως τον ονομάζει ο John Losse, βρήκε ενίσχυση στη φιλοσοφία του Πλάτωνα, ο οποίος στον «Τίμαιο» περιγράφει τη δημιουργία του σύμπαντος από ένα πανάγαθο Δημιουργό, που επέβαλε ένα μαθηματικό σχέδιο πάνω σε άμορφη πρωταρχική ύλη. Βρέθηκε, όμως, αντιμέτωπος με την παράδοση του «σώζειν τα φαινόμενα», με κορυφαία έκφραση το μοντέλο επικύκλων και φερόντων κύκλων για την εξήγηση των κινήσεων των πλανητών στο γεωκεντρικό σύστημα του Πτολεμαίου. Πρόκειται για τη δημιουργία μαθηματικών υποθέσεων ώστε να τακτοποιούνται τα φαινόμενα, αντί για τη διατύπωση θεωριών που να εξηγούν το τι συμβαίνει στη φυσική πραγματικότητα. Την αδυναμία αυτή είχε επισημάνει τον 5ο μ.Χ. αι. ο νεοπλατωνιστής Πρόκλος.

ΞΕΝΟΦΑΝΗΣ Ο ΚΟΛΟΦΩΝΙΟΣ (570 – 480 π.Χ.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ

Ο Ξενοφάνης από την Κολοφώνα ήταν ένας φιλόσοφος - ποιητής που έζησε σε διάφορα μέρη του αρχαίου ελληνικού κόσμου στο τέλος του 6ου και αρχές του 5ου π.Χ. αιώνα. Ο Διογένης Λαέρτιος στο «Βίοι Φιλοσόφων» αναφέρει ότι Ξενοφάνης, γιος του Δέξιου ή του Ορθομένη κατ' άλλους, γεννήθηκε στη μικρή πόλη Κολοφών της Ιωνίας και έγινε γνωστός κατά τη διάρκεια της 16ης Ολυμπιάδας (540-537 π.Χ.). Ο Λαέρτιος μας αφηγείται ότι ο Ξενοφάνης διώχθηκε από την πατρίδα του, όταν ο Μήδος Άρπαγος εισέβαλε στην Ιωνία το 546/5 π.Χ. Το αποτέλεσμα ήταν να βρεθεί στη Κατάνη της Σικελίας, όπου ασχολήθηκε με τον Όμηρο και τον Ησίοδο. Εκεί έγραψε τα δικά του έργα και σύνθεσε τα δικά του ποιήματα για την ίδρυση του Κολοφώνα και της Ελέας, αποικίας που ίδρυσαν στη Μεγάλη Ελλάδα οι πρόσφυγες της Ιωνίας. Η ιστορία τον θυμάται για την κριτική που άσκησε στον θρησκευτικό ανθρωπομορφισμό, για την ώθηση που έδωσε με τη σκέψη του **στο μονοθεϊσμό** και ορισμένες πρωτοποριακές ιδέες του σε τομείς της γνώσης. Πολλοί ύστεροι συγγραφείς, με βάση δύο μικρούς χαρακτηρισμούς του Ξενοφάνη στον Πλάτωνα (Σοφιστής 242c-d) και στον Αριστοτέλη (Μετά τα φυσικά 986b18-27), τον προσδιόριζαν ως αρχηγό της ελεατικής σχολής.



ΟΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΤΟΥ

Ο Ξενοφάνης είναι ένας συνδυασμός ραγωδού, κοινωνικού κριτικού, θρησκευτικού δασκάλου και οξυδερκούς σπουδαστή της φύσης. Άσκησε σκληρή κριτική στην ανθρώπινη μορφή που είχαν οι θεοί της εποχής του και στο ελάττωμα των ιερατείων να ταυτίζουν τους θεούς με τα ανθρώπινα μέτρα. Η Ιωνική Φυσική, που ανακάλυψε την έννοια της ενότητας και της ολότητας του κόσμου, ενέπνευσε τον Ξενοφάνη, όμως **η ενιαία ουσία αναζητήθηκε στη θεϊκή σφαίρα** και όχι στην ύλη. Η έννοια του Θεού ορίστηκε ως ουσία του Σύμπαντος κόσμου. Για τον Ξενοφάνη υπάρχει ένας Θεός, που δε μοιάζει καθόλου ούτε σωματικά ούτε πνευματικά με τους ανθρώπους, παντοδύναμος, που βλέπει και ακούει τα πάντα. Η ανθρώπινη γνώση, η βασισμένη στην εμπειρία, θεωρείται περιορισμένη και αμφισβητήσιμη. Παρόλα αυτά, η διαρκής προσπάθεια του ανθρώπου μπορεί να τον οδηγήσει σε υψηλότερα επίπεδα γνώσης, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι θ' αγγίξει ποτέ τα όρια της θεότητας. Έτσι οι άνθρωποι, σε αντίθεση με την Ησιόδεια ιδέα η οποία τους θέλει απόλυτα εξαρτημένους από τους θεούς, εδώ έχουν τη δυνατότητα να προσπαθούν για το καλύτερο σταδιακά. Είναι στο πλαίσιο αυτής της θεωρίας, καθώς και της προσπάθειας κάθαρσης και εξιδανίκευσης της θεότητας, που ο Ξενοφάνης θα αντιταχθεί στον ανθρωπομορφισμό των θεών που προβάλλεται μέσα από την επική ποίηση και θα προσεγγίσει την ιδέα των φυσικών φιλοσόφων για μια κοινή θεία ουσία, η οποία διαποτίζει το σύμπαν. Επομένως με τον Ξενοφάνη, η θεότητα (ως εν και παν) παύει να είναι ανθρωπόμορφη, αλλά έχει την τέλεια μορφή της σφαίρας η οποία περικλείει τα πάντα, είναι ομοειδής σε όλα τα μέρη της, μένει ακίνητη και ενεργεί μόνο με τη δύναμη της σκέψης της. Γι' αυτό, διαφέρει ριζικά από τους θεούς της Ιλιάδας, που κατεβαίνουν στη γη και ανακατεύονται συνεχώς στις πράξεις των ανθρώπων, έχουν την όψη και τα ελαττώματα των ανθρώπων και ιεραρχούνται στα πρότυπα της ανθρώπινης κοινωνικής οργάνωσης.

Σε διασωζόμενα αποσπάσματα παρουσιάζει μια άποψη της φύσης και της έκτασης των γήινων βαθών. Προσδιορίζει τη θάλασσα ως πηγή σύννεφων, αέρα και βροχής (μια πρώιμη παρατήρηση πάνω στον **κύκλο του νερού**). Υπάρχουν επίσης σχόλια για τη φύση της Ίριδας (ουράνιο τόξο), την παρουσία ύδατος στις σπηλιές, για διάφορα αστρονομικά φαινόμενα, ενώ δείχνει ενδιαφέρον για τις περιοδικές ηφαιστειακές εκρήξεις στη Σικελία. Ο Ιππόλυτος αποδίδει στον Ξενοφάνη τη θεωρία των εναλλασσόμενων περιόδων παγκόσμιας πλημμύρας και ξηρασίας.

Σημαντικός θεωρείται ο ισχυρισμός του ότι τα σύννεφα ή οι νεφελοειδείς ουσίες διαδραματίζουν βασικό ρόλο σε πολλά φυσικά φαινόμενα. Σύμφωνα με τον Διογένη Λαέρτιο, ο Ξενοφάνης «λέει ότι ... τα σύννεφα διαμορφώνονται από τον ατμό του ήλιου - δηλαδή είναι ατμός που προκαλείται από τη θερμότητα των ακτίνων του ήλιου - που αυξάνονται και ανυψώνονται στον περιβάλλοντα αέρα». Ο Αέτιος με τη σειρά του παραθέτει μια παρόμοια περιγραφή: Ο Ξενοφάνης λέει ότι τα πράγματα στους ουρανούς εμφανίζονται μέσω της θερμότητας του ήλιου ως αρχική αιτία. Όταν η υγρασία αποχωρίζεται από τη θάλασσα, το γλυκό τμήμα της μετατρέπεται σε υδρονεφώσεις, δημιουργεί τα σύννεφα και ξανακυλά προς τα κάτω με τη βροχόπτωση, εξαιτίας της συμπίεσης, και υγροποιεί τους ανέμους (ο κύκλος του νερού). Τα σύννεφα, λοιπόν, είναι τα μέσα της επιστημονικής ερμηνείας. Είναι οντότητες ρευστές ανάμεσα στην στερεά και την αέρια κατάσταση και έτσι μπορούν να συνδεθούν με υγρά, στερεά και αέρια διαφόρων ειδών. Δεδομένου, επιπλέον, ότι καταλαμβάνουν μια μεγάλη περιοχή ανάμεσα στη γη και τον ουρανό, συνδέουν τις **δύο βασικές ουσίες της γης και του ύδατος** με πολλά αστρονομικά φαινόμενα. Η παραπάνω περιοδικότητα, μάλιστα, συμβαίνει και σε **άλλους κόσμους**, εκτός από το δικό μας.

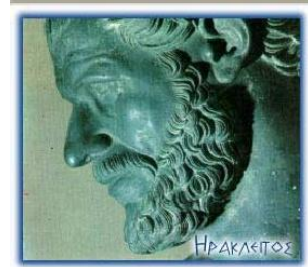
Ίσως δεν είναι δυνατόν να βρούμε στην προσωκρατική φιλοσοφία σαφέστερη έκφραση του χαρακτήρα της διανοητικής επανάστασης των Ιώνων φιλοσόφων. Ο Ξενοφάνης αφαιρεί από τα φυσικά φαινόμενα όλα τα απομεινάρια της θρησκευτικής ή πνευματικής σημασίας. Η απομυθοποίηση των φυσικών φαινομένων είναι το λογικό συμπλήρωμα στον λεπτομερή απολογισμό του για τη θεία φύση.

Αν και πολλές πτυχές της σκέψης του παραμένουν ακόμα θέμα προς συζήτηση και ανάλυση, ο Ξενοφάνης ήταν σαφώς ένας πολυδιάστατος και με επαναστατικό πνεύμα φιλόσοφος, που άφησε το σημάδι του σε πολλές πτυχές της μεταγενέστερης ελληνικής σκέψης. Στη Δημοκρατία, ο Πλάτων αυτοπαρουσιάζεται ως πνευματικός κληρονόμος του Ξενοφάνη, επικρίνοντας τις ιστορίες των ποιητών για τους θεούς και απαιτώντας μετριοπάθεια. Η σύλληψη του Ξενοφάνη για τον «ένα μέγιστο Θεό» ενθάρρυνε τον Ηράκλειτο να διατυπώσει την πίστη του σε μια διάνοια που καθοδηγεί όλα τα πράγματα. Οδήγησε επίσης τον Αναξαγόρα στη διατύπωση της θεωρίας του Νου και τον Αριστοτέλη στην άποψη ότι οι μεταβολές κατευθύνονται προς την τελειότητα. Η θέση του κολοφώνιου στοχαστή είναι μια προαγγελία της αριστοτελικής σύλληψης του θείου, ως του «κινούντος ακίνητου».

ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ Ο ΕΦΕΣΙΟΣ (περ. 544 - 484 π.Χ.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ

Γεννήθηκε στην Έφεσο της Ιωνίας κατά το 544 π.Χ. Αν λάβουμε υπόψη ότι η ακμή του συμπίπτει με την 69η Ολυμπιάδα (504-501 π.Χ.) και έζησε 60 έτη, μπορούμε να δεχθούμε ότι ο θάνατός του συνέβη το 484 π.Χ. Πατέρας του αναφέρεται ο Βλύσων (ή Βλόσων) ή Ηράκων. Ανήκε στο γένος των Ανδροκλειδών, εκείνων δηλαδή που υπό την Αρχηγία του Ανδρόκλου, του γιου του Βασιλέα των Αθηνών Κόδρου, εξορμήθηκαν από την Αθήνα και έχτισαν στην Ιωνία την Έφεσο. Οι περί του βίου του, όμως, αναφερόμενες πληροφορίες είναι πολύ λίγες. Ο Ηράκλειτος υπήρξε από την παιδική του ηλικία άξιος θαυμασμού. Από τα διασωθέντα αποσπάσματα του έργου του, φαίνεται ότι γνώριζε πολύ καλά σχεδόν όλα τα συγγράμματα των προγενέστερων φιλοσόφων, των επικών και ελεγειακών ποιητών, καθώς και όλες τις ιστορικές συγγραφές που κυκλοφορούσαν στην εποχή του, στην Ιωνία.



ΟΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΤΟΥ – ΤΟ ΠΥΡ, Η ΣΥΝΕΧΗΣ ΚΙΝΗΣΗ, Η ΑΡΜΟΝΙΑ ΜΕΣΩ ΑΝΤΙΘΕΣΕΩΝ ΚΑΙ Ο ΚΟΣΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ

Με τη **θεωρία της φωτιάς**, ο Ηράκλειτος έφερε τον υλοζωισμό στην πιο κριτική έκφρασή του για κάθε αξία που είχε θεμελιωθεί μυθικά και όχι επιστημονικά. Το σύμπαν για τον Ηράκλειτο δεν είναι αποτέλεσμα δημιουργίας ή γένεσης, αλλά προϋπάρχει και θεωρείται ως φωτιά, που μετατρέπεται σε ποικίλες μορφές χωρίς ποτέ να χάνει την ταυτότητά της.

Το «*αείζων πῦρ*», είπε ο Ηράκλειτος, εξηγώντας τη δομή και τη λειτουργία του κόσμου, ακολουθεί έναν κύκλο, κατά τον οποίο μετατρέπεται πρώτα σε θάλασσα, κατόπιν το μισό της θάλασσας σε γη και το άλλο μισό σε ρεύματα, για να ακολουθήσει η αντίστροφη διαδικασία μετατροπών ξανά σε φωτιά. Οι **μεταστοιχειώσεις** αυτές **γίνονται «εις τον αυτόν λόγον»**, ένα είδος μαθηματικής διατύπωσης για το πυρ του Ηράκλειτου, που είναι μια **κοσμολογική σταθερά** που κινείται και μεταμορφώνεται αέναα. Η διαρκής κίνηση και μεταβολή αποτελεί το θεμελιώδες χαρακτηριστικό της πραγματικότητας. Η παροιμιώδης φράση που χαρακτηρίζει τη φιλοσοφία του Ηρακλείτου είναι:

«Τα πάντα ρει, μηδέποτε κατά τ' αυτό μένειν».

Κατά τον Ηράκλειτο «δεν μπορείς να μπεις δυο φορές στον ίδιο ποταμό», επειδή ανά πάσα στιγμή ο ποταμός αλλάζει, οπότε δεν είναι ποτέ ο ίδιος ποταμός.

Πολλοί αποδίδουν τη θεωρία της φωτιάς με σύγχρονους όρους σαν την **ενέργεια, που μετατρέπεται σε διάφορες μορφές και διατηρείται**. Ας μην ξεχνάμε ότι η ενέργεια είναι αιτία εκδήλωσης δυνάμεων και άρα κινήσεων και ότι με την ειδική θεωρία της σχετικότητας του Άλμπερτ Αϊνστάιν (Albert Einstein, 1879-1955), γνωρίζουμε η ύλη και η ενέργεια είναι το ίδιο πράγμα σε διαφορετική κατάσταση.

Σε ό,τι αφορά τη θέση του ως προς τις αντίθετες έννοιες, χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το απόφθεγμα του «τα ψυχρά θερμαίνονται, τα θερμά ψύχονται, τα υγρά ξηραίνονται, τα ξηρά υγραίνουν», το οποίο υποδεικνύει ότι οι φαινομενικά αντίθετες καταστάσεις, τάσεις και δυνάμεις συνδέονται με μια συνεκτική σχέση αρμονίας. Τα μεταξύ τους αντίθετα δεν είναι αυθυπόστατες ουσίες, αλλά διαφορετικά φαινόμενα της φωτιάς, όπως η ανηφόρα και η κατηφόρα είναι δυο διαφορετικές όψεις του ίδιου δρόμου. Στο πλαίσιο αυτών των απόψεων, ο φιλόσοφος συνέλαβε τη **σχετικότητα των κινήσεων**. Το ίδιο σώμα μπορεί να είναι ακίνητο ως προς έναν παρατηρητή, αλλά κινούμενο ως προς άλλον (π.χ. ένα δέντρο το βλέπουμε ακίνητο, αλλά κινείται μαζί με τη Γη). Οι θέσεις του Ηράκλειτου έγιναν αφετηρία για τη νεότερη **διαλεκτική** θεωρία, με την προσθήκη ότι η κίνηση προκαλείται από δυνάμεις που ενυπάρχουν στην πραγματικότητα.

Το σύμπαν για τον Ηράκλειτο είναι δομημένο με **συναρμογή από αντίρροπες δυνάμεις**. Η σχέση των αντιθέτων του εκφράζεται ως «πόλεμος», μια άλλη όψη της αρμονίας, μια σταθερά

που διέπει τα αντίθετα και παράγει διαρκώς, μέσω συγκρούσεων, νέες ισορροπίες. Η χρήση του όρου πόλεμος («*Πόλεμος πάντων μεν πατήρ ἐστί, πάντων δε βασιλεύς*») είναι ένα επίσης από τα γνωστά ρητά του) συνδέεται στην ουσία με το «τα πάντα ρει», καθώς εξαιτίας του τα πάντα στον κόσμο είναι σε συνεχή κίνηση και διεργασία (δηλαδή σε πόλεμο).

Με τη θεώρηση του Ηράκλειτου για το σύμπαν άνοιξε ο δρόμος για να μελετηθούν ο χώρος, ο χρόνος, η κίνηση, το συνεχές και η διαιρετότητα της ύλης, ως ειδικά προβλήματα.

Σε μια πολύ πιο αφηρημένη σφαίρα από τον Ξενοφάνη τοποθετεί τον Θεό του ο Ηράκλειτος, δίνοντας του τη μορφή του πνεύματος και υποδεικνύοντας την κατανόηση αυτής της θεότητας ως πρωταρχικό στόχο των προσπαθειών της ανθρώπινης νόησης. Η ανώτατη αυτή αρχή συνδέεται στον Ηράκλειτο με τον **Λόγο** τόσο ως προφορική έκφραση, όσο και ως αναλογική αρχή κατανόησης του Σύμπαντος. Ο παραδομένος σε ένα αέναο γίνεσθαι κόσμος του Ηράκλειτου ρυθμίζεται από τους κανόνες του Λόγου, ο οποίος αναγνωρίζεται όχι μόνο ως θεϊκή δύναμη, αλλά και ως κυρίαρχη ρυθμιστική αρχή των μεταβολών και αντιπαραθέσεων στη φύση. Ο Λόγος, ως ένας **κοσμικός νόμος** που διέπει τα πάντα, είναι αυτός που εξασφαλίζει την αρμονία, δηλαδή την ενότητα των αντιθέσεων. Όμως οι άνθρωποι που δεν είναι σοφοί αδυνατούν να διακρίνουν το Λόγο, ο οποίος ταυτίζεται με την αλήθεια. Ο Ηράκλειτος θεωρούσε την ανθρώπινη φύση υποδεέστερη της θεϊκής. Οι ανθρωπόμορφοι παραδοσιακοί θεοί του μύθου δεν έχουν γι' αυτόν καμιά αξία και υπολείπονται του προτύπου της μοναδικής του θεότητας, η οποία αντικατοπτρίζει την προαιώνια συμπαντική σοφία.

Τα ουράνια σώματα, σύμφωνα με τον Ηράκλειτο, είναι σαν σκάφες με το κοίλο μέρος στραμμένο προς τη γη. Μέσα στις σκάφες υπάρχει φωτιά (έτσι φαίνονται σαν άστρα) που τρέφεται από τις αναθυμιάσεις της θάλασσας.

ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ

Στον Ηράκλειτο απονέμεται ένα έργο με τίτλο «*Περί Φύσεως*», το οποίο χωρίζεται σε τρία μέρη με περιεχόμενο πολιτικό, θεολογικό και κοσμογονικό. Από τα λιγιστά αποσπάσματα που έχουν διασωθεί, φαίνεται πως ο χαρακτήρας του γραπτού έργου του είναι αποφθεγματικός και το ύφος του αινιγματικό, συμβολικό ή και υπαινικτικό. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος για τον οποίο αποκλήθηκε «**σκοτεινός**». Έτσι, οι αναγνώσεις του έργου του καταλήγουν σε διαφορετικές, αλλά και σε αντιφατικές ερμηνείες. Ο Ηράκλειτος στο έργο του δεν αποκαλύπτει τη σκέψη του με άμεσο τρόπο, ούτε όμως επιχειρεί να παραπλανήσει τους ακροατές του. Παρέχει τα σημάδια, τα οποία εκείνοι καλούνται να εννοήσουν με τον ορθό τρόπο. Η φιλοσοφία του, με τα λόγια του ίδιου, δεν είναι μια αυθαίρετη και υποκειμενική κατασκευή, αλλά μια έκφραση του Λόγου που διέπει τα πάντα, όσο και αν μένει απρόσιτος στους πολλούς. Η δυσκολία κατανόησης του λόγου του δεν οφείλεται επομένως σε δική του ιδιορρυθμία, αλλά στην αδυναμία των πολλών να εννοήσουν, όχι τα λόγια του, αλλά τον ίδιο τον «Λόγο». Ο Ηράκλειτος διακρίνει την «πολυμάθεια» από την ουσιαστική και βαθειά γνώση των πραγμάτων. Λέγεται ότι, όταν ο Σωκράτης διάβασε το έργο του Ηράκλειτου, αναγνώρισε τη βαθύτητά του, λέγοντας «*όσα κατάλαβα ήταν υπέροχα, υποθέτω, ακόμα και εκείνα που δεν μπόρεσα να καταλάβω*».

ΠΑΡΜΕΝΙΔΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΑΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

Ο ΠΑΡΜΕΝΙΔΗΣ (περ. 515 – 440 π.Χ.)

Οι Ελεάτες βασίστηκαν, γενικά, στις κατακτήσεις της ελληνικής κοσμολογίας, τόσο στην ιωνική της μορφή, όσο και στη δωρική. Κύριος εκπρόσωπός τους ήταν ο Παρμενίδης. Γεννήθηκε στην Ελέα της Μεγάλης Ελλάδας από πλούσια και αρχοντική οικογένεια στα τέλη του 6ου αι. π.Χ., σε ένα περιβάλλον επηρεασμένο από τις απόψεις του Πυθαγόρα και του Ξενοφάνη. Θεωρείται η πλέον πρωτότυπη μορφή της προσωκρατικής σκέψης, η οποία στηρίχθηκε στη μαθηματική σκέψη των Πυθαγόρειων, αλλά εκδηλώθηκε κυρίως ως αντίδραση στο γεμάτο κινητικότητα σύστημα του Ηράκλειτου.



ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ;

Ο Παρμενίδης δέχτηκε τη μοναδικότητα, την ενότητα και την αιωνιότητα του ηρακλειτικού όντος («ἀείζωνον πῦρ»), δε μπορούσε όμως να δεχτεί την κινητικότητα και τη μεταβλητότητά του. Η φιλοσοφία του Παρμενίδη μπορεί να συνοψιστεί στις φράσεις:

«ἔστι γὰρ εἶναι»: υπάρχει κάποιο είναι,

«μηδὲν δ' οὐκ ἔστιν»: το τίποτε δεν υπάρχει.

Τι σημαίνουν αυτές οι προφανείς εκφράσεις; Το βασικό και κοινό χαρακτηριστικό όλων όσων υπάρχουν αποτελεί ακριβώς αυτό: το ότι υπάρχουν, ότι είναι. Έτσι, εισάγεται το «είναι» και γεννιέται εκείνος ο κλάδος της φιλοσοφίας που ονομάζεται **Οντολογία**, δηλαδή λόγος περί του όντος, περί του «είναι». Σε αντίθεση με τους Ίωνες, ο Παρμενίδης δεν ρωτά για το «τι» των όντων, αλλά στρέφει την προσοχή μας στο «είναι» των όντων, που μπορεί να έχει νόημα και μπορεί να οριστεί μόνο με βάση σταθερά στοιχεία τους κι έτσι αρνείται το «γίνεσθαι» και υποστηρίζει ότι τα πάντα είναι σταθερά. Πώς όμως μπορεί κανείς να αρνηθεί έναν κόσμο γεμάτο μεταβολές; Ενώ αντιλαμβάνοταν τα αντικείμενα, τις κινήσεις και τις μεταβολές στη φύση, έβλεπε ότι οι αισθήσεις δεν δείχνουν κάτι σταθερό για όλα αυτά και επομένως δεν μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο έγκυρης γνώσης. Δηλαδή **οι αισθήσεις οδηγούν σε πλάνη**, σε μια λανθασμένη εικόνα του κόσμου μας. Έτσι, εμπιστεύτηκε τη **λογική**, η οποία μπορεί να αναδείξει τα σταθερά στοιχεία και την ουσία των όντων, οπότε το αίτημα του Παρμενίδη είναι: **ό,τι υπάρχει πρέπει και να νοείται**. Δεν θα διστάσει να φτάσει και στο συμπέρασμα ότι «είναι» και νόηση είναι το ίδιο πράγμα. Η νόηση μπορεί να μας οδηγήσει στη σταθερότητα που χρειαζόμαστε για να γνωρίσουμε ό,τι υπάρχει στην πραγματικότητα, αναδεικνύοντας τις **έννοιες**, που είναι αναλλοίωτες. Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε μια γάτα (παράδειγμα-σύμβολο και στην κβαντική θεωρία), η οποία στη διάρκεια της ζωής της αλλάζει διαρκώς. Άλλη είναι η εμφάνισή της όταν γεννιέται, άλλη στη μέση της ζωής της, άλλη λίγο πριν πεθάνει και γενικά υπάρχει άπειρος αριθμός από μορφές της γάτας κατά τη διάρκεια της ζωής της. Ποια είναι η πραγματική γάτα; Τι συμβαίνει όταν η γάτα πεθάνει και δεν την παρατηρούμε πλέον; Ποιο σταθερό στοιχείο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, για να αναφερόμαστε σε αυτήν; Είναι η έννοια της γάτας. Σε όλα τα στάδια είναι πάντα ένα θηλαστικό, τετράποδο κτλ. και η έννοια αυτή υπάρχει και μετά το θάνατό της. Εδώ ακριβώς βρίσκεται και η ταύτιση του «είναι» με τη νόηση. Ακόμα πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα για την ταύτιση αυτή, είναι το παράδειγμα των δεινοσαύρων. Ενώ δεν υπάρχουν πλέον, υπάρχει η έννοια τους και μπορούμε να μιλάμε γι' αυτούς.

Συνολικά, η έσχατη πραγματικότητα είναι γεμάτη από το Ον, αδιάβρωτη από το μηδέν και το κενό και η αληθινή γνώση είναι μόνον η γνώση του Όντος, ενώ κάθε άλλης μορφής γνώση είναι ψεύτικη και απατηλή. **Το Ον του Παρμενίδη είναι ένα, συνεχές, ενιαίο, αδιαίρετο, ακίνητο, χωρίς αρχή και τέλος, ανώλεθρο και αμετάβλητο.**

Ένα και συνεχές, γιατί μονάχα αυτό υπάρχει και πληρεί όλο το χώρο, χωρίς να υπάρχει κενό.

Ενιαίο, αδιαίρετο και ακίνητο, γιατί αν αποτελούνταν από μέρη, για να διαχωριστούν θα έπρεπε

να υπάρχει κενό και θα ήταν δυνατή η κίνηση του ενός μέρους σε σχέση με το άλλο. Τέλος, μεταβλητότητα του όντος θα μπορούσε να σημαίνει και μετάβαση από την ύπαρξη στην ανυπαρξία.

Για τον Παρμενίδη ο κόσμος όλος (το Όν) αποτελείται από **φως και σκότος**, στοιχεία ισοδύναμα, που την ισορροπία τους εγγυάται η **Δίκη** (που εμφανίζεται και με τις ονομασίες Ανάγκη ή Μοίρα). Η Δίκη αγρυπνεί για την κοσμική τάξη (π.χ. εναλλαγή νύχτας – μέρας).

Έτσι ο Παρμενίδης, θεωρώντας το φυσικό κόσμο ως φαινομενικό κόσμο χωρίς αρχή και τέλος, αύξηση και φθορά, κίνηση και μεταβολή, διαίρεση και ασυνέχεια, ουσιαστικά μιλά για ανυπαρξία χρόνου, αφού ο χρόνος σχετίζεται με τις μεταβολές, και για χώρο με όρια, καθώς σε άπειρο χώρο δεν μπορεί να οριστεί το «είναι». Η Γη, λοιπόν, είναι ακίνητη και βρίσκεται στο κέντρο ενός στατικού και με όρια σύμπαντος (γεωκεντρικό μοντέλο σε πεπερασμένο σύμπαν).

Οι σκέψεις του Παρμενίδη διατυπώθηκαν με λόγο πολλές φορές αλληγορικό σε ένα μεγάλο ποίημα με τίτλο «Περί φύσεως», στο οποίο σε ένα υπερφυσικό ταξίδι μια Θεά του αποκαλύπτει την αλήθεια. Έχουν διασωθεί, κυρίως χάρη στο Σιμπλικίο, εκτενή αποσπάσματα.

Ο ΖΗΝΩΝ (490 – 430 π.Χ.)

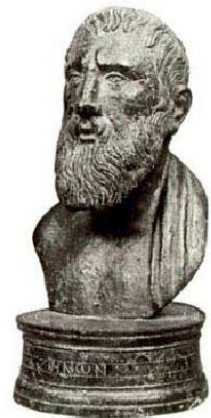
Ο Ζήνων ήταν γιος του Τελευταγόρα και ο αγαπημένος μαθητής του Παρμενίδη. Γεννήθηκε γύρω στο 490 π.Χ στην Ελέα και έζησε μερικά χρόνια στην Αθήνα. Λέγεται ότι βοήθησε τον Παρμενίδη να γράψει τους Νόμους της Ελέας, στους οποίους οι Ελεάτες ορκίζονταν πίστη κάθε χρόνο. Υπέρμαχος της ελευθερίας, δεν δίστασε να ρισκάρει τη ζωή του για να γλυτώσει την πατρίδα του από έναν τύραννο.

Ο Ζήνων αφιέρωσε όλη την ενέργειά του για να επεξηγήσει και να εξελίξει το φιλοσοφικό σύστημα του Παρμενίδη. Ο Πλάτωνας αναφέρει πως ο Ζήνων ήταν 25 χρόνια νεότερος του Παρμενίδη και έγραψε την υπεράσπιση του φιλοσοφικού του συστήματος σε πολύ νεαρή ηλικία. Αν και έχουν σωθεί ελάχιστα από τα γραπτά του, τα περισσότερα που γνωρίζουμε για αυτόν προέρχονται από τον Αριστοτέλη στα Φυσικά, βιβλίο 6, κεφάλαιο 9. Όπως είδαμε, ο Παρμενίδης δίδασκε πως ο κόσμος των αισθήσεων είναι μια ψευδαίσθηση, επειδή αποτελείται από κίνηση και πολλαπλότητα. Το πραγματικό Όν είναι απολύτως ένα και δεν υπάρχει πολλαπλότητα σε αυτό. Ο Ζήνων έδειξε πως η κοινή αντίληψη της πραγματικότητας οδηγεί σε **παράδοξα και οξύμωρα**.

Για την απόδειξη της μη ύπαρξης της πολλαπλότητας και της κίνησης εισήγαγε την «**επ' άπειρον τομήν**»: αν τα πράγματα ήταν διαιρετά, η διαιρετότητά τους θα μπορούσε να προεκταθεί στο διηνεκές του χρόνου. Αν όμως συνέβαινε αυτό, τότε το κάθε πράγμα θα ήταν ταυτόχρονα απείρως μεγάλο (λόγω του αριθμού των τμημάτων) και απείρως μικρό (λόγω του αμελητέου μεγέθους των επιμέρους τμημάτων).

Ο Ζήνων αρνήθηκε την κίνηση του Όντος μέσα στο χώρο και μάλιστα αρνήθηκε και την ύπαρξη του ίδιου του χώρου, με τον εξής συλλογισμό: Αν το «είναι» βρίσκεται ολόκληρο μέσα στο χώρο, τότε θα πρέπει ο χώρος (για να ενταχθεί και αυτός, εφόσον υπάρχει, στο «είναι») να βρίσκεται μέσα σε έναν άλλο χώρο κι ο άλλος χώρος σ' έναν άλλο χώρο, πράγμα που είναι αδύνατον. Γι' αυτό, δεν υπάρχει χώρος.

Γνωστό παράδοξο του Ζήωνα είναι το παράδοξο του Αχιλλέα με τη χελώνα: Ο «ακύβους Αχιλλεύς», που βαδίζει 10 φορές πιο γρήγορα από μια χελώνα, δε θα μπορέσει ποτέ να τη φθάσει, αν η χελώνα προηγείται ένα στάδιο (περίπου 150 m) από αυτόν. Όταν ο Αχιλλέας θα κάνει το ένα στάδιο, η χελώνα θα έχει βαδίσει το 1/10 του σταδίου και θα προηγείται. Όταν ο Αχιλλέας θα κάνει το 1/10, η χελώνα θα είναι 1/100 του σταδίου μπροστά κ.ο.κ. Λογικά ο Αχιλλέας δεν θα φτάσει ποτέ τη χελώνα, ενώ η εμπειρία μας λέει ότι θα την φτάσει! Ο Αχιλλέας, βέβαια, θα φτάσει τη χελώνα και αυτό θα γίνει όταν θα διανύσει 1,111... (περιοδικός δεκαδικός αριθμός) στάδια ή αλλιώς $1 \frac{1}{9}$ του σταδίου.



Με ένα άλλο παράδοξο, ο Ζήνωνας ισχυρίζεται ότι είναι αδύνατο να καλύψει κάποιος μια οποιαδήποτε απόσταση. Για να καλύψει μια απόσταση AB , πρέπει να καλύψει το $1/2$ αυτής. Πριν όμως καλύψει το $1/2$ της αποστάσεως αυτής, πρέπει να καλύψει το μισό αυτό του διαστήματος, δηλ. το $1/4$ του AB , που για να το διατρέξει και αυτό θα πρέπει να καλύψει πάλι το μισό, δηλ. το $1/8$ του AB κ.ο.κ. επ' άπειρον. Για να διατρέξει όμως άπειρα διαστήματα, όσο μικρά και να είναι αυτά, θα χρειαστεί άπειρο χρόνο, άρα ποτέ δε θα φτάσει στο σημείο B .

Τα παράδοξα του Ζήωνα ήταν μια μεγάλη σύγκρουση της εμπειρίας με τη λογική. Χρειάστηκε να φτάσουμε στο 17ο αι. και στην ανάπτυξη του απειροστικού λογισμού, για να δοθούν ικανοποιητικές απαντήσεις.

Ο ΜΕΛΙΣΣΟΣ

Ο Μέλισσος ο Σάμιος ήταν γιος του Ιθαγένη με καταγωγή από τη Σάμο, μαθητής του Παρμενίδη και ο τελευταίος εκπρόσωπος της ελεατικής σχολής. Όπως και ο Ζήνωνας,



υπερασπίστηκε τις απόψεις του δασκάλου του. Δεχόταν ως αρχή του κόσμου το «εν» (ένα), το οποίο χαρακτήριζε αιώνιο, ενιαίο, ακίνητο, απόλυτα όμοιο μόνο με τον εαυτό του και αμετάβλητο, ενώ το «γίνεσθαι» το θεωρούσε δημιούργημα των αισθήσεων και γι' αυτό απατηλό. Δίδασκε ότι το «όντως ον» δεν μπορεί να γεννηθεί αφ' εαυτού, διότι αν γεννιόταν, τότε μοιραία θα έπρεπε και να πεθάνει, ενώ το «όντως ον» είναι αιώνιο και άφθαρτο. Ο Μέλισσος απέρριπτε τόσο την εμπεδόκλειο διδασκαλία για την ανάμιξη των 4 βασικών στοιχείων, όσο και την υπόθεση της ατομικής θεωρίας για την ύπαρξη

κενού χώρου. Πίστευε και δίδασκε ότι στη Φύση δεν υπάρχει τίποτα το βέβαιο και ότι όλα τα επίγεια είναι φθαρτά. Ήταν κι αυτός αντίθετος στις θεωρίες της κίνησης και της μεταβολής.

Σε αντίθεση με τους Ελεάτες, οι Σοφιστές υποστήριξαν ότι μοναδική πηγή γνώσης είναι οι αισθήσεις και το νοούμενο είναι πάντα κάτι διαφορετικό από το είναι. Η γνώση, ως αποκλειστικό προϊόν των αισθήσεων, δεν μπορεί να έχει καθολική εγκυρότητα, αλλά είναι σχετική και τελικά δεν είναι δυνατόν να υπάρχει αντικειμενική πραγματικότητα. Στη στάση αυτή των Σοφιστών αντιτάχθηκε ο Σωκράτης, για τον οποίο ήταν σημαντικό η γνώση να μην είναι σχετική και συνεπώς αναποτελεσματική, αλλά να έχει ένα γενικό κύρος και καθολικότητα, επισημαίνοντας την κοινή σε όλους τους ανθρώπους λογική συνείδηση, που μπορεί να κρίνει τα δεδομένα των αισθήσεων.

Οι Ελεάτες, θέλοντας να δώσουν κάποια ικανοποιητική απάντηση στο εμπειρικά απρόσιτο θέμα του μετασχηματισμού της ουσίας, χώρισαν τον κόσμο σε πραγματικό και φαινομενικό. Έτσι, μαζί με τους Πυθαγόρειους, προκάλεσαν τη διάσπαση της έννοιας της υλοζωιστικής ουσίας σε ύλη και ενέργεια.

ΕΜΠΕΔΟΚΛΗΣ Ο ΑΚΡΑΓΑΝΤΙΝΟΣ (495 – 435 π.Χ.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ

Ο Εμπεδοκλής ήταν ένας από τους σπουδαιότερους αντιπροσώπους της προσωκρατικής ελληνικής φιλοσοφίας, φυσικός, μηχανικός, εφευρέτης, ιατρός, μουσικός και ποιητής. Γεννήθηκε στον Ακράγαντα, δεύτερη ως προς τον πλούτο και τη δύναμη πόλη της Σικελίας. Αξίζει να αναφερθεί ότι είναι ο μόνος γηγενής πολίτης μιας δωρικής πολιτείας, που έπαιξε μεγάλο ρόλο στην ιστορία της φιλοσοφίας. Η σύγχρονη κοινωνία της πόλης που γεννήθηκε, τον τιμά με το να ονομάσει *Porto Empedocle* το τεχνητό λιμάνι του όρμου του Ακράγαντα, όπως δείχνει ο παρακάτω χάρτης (από maps.google.gr). Η καταγωγή του ανάγεται σε αρχοντική και επιφανή οικογένεια. Εγγονός του Εμπεδοκλή, που το 496 π.Χ. στέφθηκε νικητής σε ιππικούς αγώνες στην Ολυμπία. Ήταν γιος του Μέτωνος ή Αρχινόμου, που κατείχε υψηλό αξίωμα στη διακυβέρνηση του τόπου του.



Σ' έναν ιδιαίτερο χώρο, όπου δέσποζαν οι ορφικές και οι πυθαγόρειες διδασκαλίες, ο Εμπεδοκλής δημιούργησε τη δική του φιλοσοφία, στο περιεχόμενο της οποίας είναι φανερή η επίδραση των παραπάνω ιδεών, καθώς και της σκέψης των προγενεστέρων του φιλοσόφων, ιδίως του Παρμενίδη, στου οποίου τη γλώσσα και τη σκέψη οφείλει πολλά. Είναι πολύ πιθανή η μαρτυρία ότι ο Εμπεδοκλής είχε μαθητεύσει σε Πυθαγόρειους, άποψη που ενισχύεται από την επίδραση στον τρόπο γραφής του.

Αναμφίβολα, κύρια φιλοδοξία του Εμπεδοκλή δεν ήταν η αναγνώριση της φιλολογικής ευφυΐας του, όσο η παραδοχή από τους ανθρώπους ως πραγματικής αποστολής του, της προφητικής και ιερατικής, της μυστηριακής με μια λέξη, δράσης του. Φαίνεται ότι η ζωή του ήταν πολύ σεμνή και μεγαλοπρεπής, ότι του απονέμονταν ύψιστες τιμές και κυκλοφορούσαν διαδόσεις για εξαιρετες πράξεις του και θαύματα.

ΟΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΤΟΥ – ΤΑ ΤΕΣΣΕΡΑ ΑΜΕΤΑΒΛΗΤΑ ΡΙΖΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Όπως συμβαίνει και με τον Παρμενίδη, ο Εμπεδοκλής απορρίπτει τη γένεση και τη φθορά. Το Όν, όταν το κοιτάμε σαν σύνολο, είναι ακίνητο, αμετάβλητο, ολοτελές και αιώνιο. Ποτέ δεν γεννήθηκε και ποτέ δεν θα πεθάνει. Όταν όμως κοιτάμε το Όν στα μέρη του, είναι κινούμενο σύμφωνα με τους όρους της κοσμολογίας του Ηράκλειτου. Αυτό που έκανε δηλαδή ο Εμπεδοκλής με τις απόψεις του, ήταν να προτείνει μια σύνθεση, με την οποία δικαίωσε τις κυριότερες θέσεις της ιωνικής φυσικής και της ελεατικής οντολογίας. Με βάση τις κυριότερες κοσμολογικές αρχές της εποχής του, στήριξε την οντολογία του σε τέσσερα βασικά στοιχεία, τα οποία αποκάλεσε **ριζώματα** και το κοσμικό του γίνεσθαι στην αλληλεπίδραση των τεσσάρων στοιχείων. **Τα βασικά στοιχεία που συνθέτουν τον κόσμο είναι η γη, το νερό, ο αέρας και η φωτιά.** Σύμφωνα με τη θέση ότι τίποτα δεν γίνεται από το «μη είναι» και τίποτα δεν καταλήγει στο «μη είναι», αυτό που οι άνθρωποι ονομάζουν γένεση και φθορά δεν είναι παρά η συνένωση και ο χωρισμός των στοιχειακών φορέων. Έτσι, η ύλη του κόσμου είναι μεταβλητή, ενώ τα στοιχεία που συνθέτουν την ύλη είναι αιώνια, αμετάβλητα, συνεπώς θεϊκά, αλλά και ισότιμα μεταξύ τους, σε αντίθεση με το *πυρ* του Ηράκλειτου που υπερέχει των άλλων.

Οι σχέσεις των *ριζωμάτων* διέπονταν από δύο αντίθετες **δυνάμεις**, που ήταν επίσης αγέννητες και αιώνιες, της **φιλότητας** (έλξης και συνένωσης) και του **νείκου** (έχθρας, διάσπασης και διάλυσης). Αυτές ήταν οι δυνάμεις που έσπρωχναν τα τέσσερα στοιχεία να ενώνονται και να χωρίζονται πάλι, δημιουργώντας νέα σώματα και καταστάσεις. Έτσι ο Εμπεδοκλής έκανε σαφή αναφορά σε **αίτια** που ευθύνονται για τη συμπεριφορά του κόσμου, ενώ παράλληλα με το διαχωρισμό των κοσμογονικών δυνάμεων από τα φυσικά στοιχεία διαίωνιζε τη **διάσπαση της έννοιας της ουσίας σε ύλη και ενέργεια.**

Τελικά ο Εμπεδοκλής και συμφωνούσε με τον Παρμενίδη στο ότι τίποτα δεν αλλάζει στην ουσία, αλλά και εμπιστευόταν τις αισθήσεις του, όπως και ο Ηράκλειτος. Προσπαθώντας να εξηγήσει πώς λειτουργούν οι αισθήσεις, δίδαξε πως αφού τα τέσσερα στοιχεία ζουν μέσα στα πάντα, τότε μπορούν να αντιλαμβάνονται τα όμοια γύρω τους. Αν, λοιπόν, έλειπε η φωτιά μέσα από τα μάτια μου, τότε δεν θα μπορούσα να δω την φωτιά μέσα στα πάντα γύρω μου. Τα τέσσερα στοιχεία μέσα μου, μου παρουσιάζουν τον κόσμο στην ολότητά του.

ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΑ

Ο Εμπεδοκλής στην κοσμολογία του περιγράφει το κοσμικό γίνεσθαι ως αιώνια κυκλική πορεία. Τα δύο ορόσημα αυτής της κυκλικής πορείας είναι ο **θεικός σφαίρος** και η **χαοτική δίνη** και η συνολική πορεία έχει αφετηρία την επικράτηση της φιλότητας, με τα τέσσερα ριζώματα να βρίσκονται σε πλήρη αρμονία μεταξύ τους. Κατόπιν, η είσοδος του νείκου οδηγεί σε διαδικασία σταδιακής διάλυσης και αποσύνθεσης και τελικά επανέρχεται βαθμιαία η φιλότητα και ο κόσμος επιστρέφει στη συγκρότηση του σφαιρού. Η θεωρία του θυμίζει πολύ τη σύγχρονη **θεωρία της μεγάλης έκρηξης**, για τη δημιουργία του Σύμπαντος, και την άποψη της διαστολής - συστολής του Σύμπαντος !

Ο Εμπεδοκλής θεωρείται και σπουδαίος φυσικός, αφού καθόρισε τα αίτια των εκλείψεων, μελέτησε την ανάκλαση του φωτός και τη φύση της σκιάς.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Αξιόλογη είναι η **θεωρία για τη γένεση των οργανικών όντων**, η οποία αναπτύσσεται με βασικό άξονα την **εξέλιξη**, γεγονός που έκανε τον αρχαίο στοχαστή να θεωρείται για ορισμένους πρόδρομος του Δαρβίνου. Η εξελικτική αυτή θεωρία αποτελείται από τέσσερα στάδια: στο *πρώτο* η γη γεννά τα οργανικά μέλη του σώματος των ζώων διαχωρισμένα, στη *δεύτερη* τα μεμονωμένα οργανικά μέλη συνενώνονται σε τερατώδεις μορφές, στην *τρίτη* οι τερατώδεις μορφές που προέκυψαν δεν κατορθώνουν να επιβιώσουν και παραχωρούν τη θέση τους σε νέους τύπους ζώων που έχουν την ικανότητα να συνεχίσουν τη ζωή τους, στην *τέταρτη* περίοδο γεννιούνται τα οργανικά όντα, όχι από τη γη, αλλά το ένα από το άλλο.

ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ

Ο Εμπεδοκλής είναι το σύμβολο της ποιητικής μεγαλοφυΐας. Ο τρόπος που διάλεξε να εκθέσει τη φιλοσοφία του ήταν σε στίχους και μάλιστα σε δακτυλικό εξάμετρο. Με δεδομένη αυτή την επιλογή του μέτρου σε συνδυασμό με την ιωνική διάλεκτο, στην οποία είναι γραμμένοι οι στίχοι, γίνεται κιόλας αισθητό ένα από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά της ποίησής του: η σχέση με το έπος και συγκεκριμένα με τον Όμηρο και τον Ησίοδο, των οποίων η μελέτη επηρέασε βαθιά το έργο του. Στο συγγραφικό έργο του Εμπεδοκλή αποδίδονται πολύ περισσότερα έργα από αυτά που σώζονται. Από τα σωζόμενα αποσπάσματα των έργων του Εμπεδοκλή εξάγεται ότι ο συγγραφέας τους, εκτός από τη γενική Φυσική, είχε και ειδικότερες γνώσεις Φυσιογνωσίας και Ιατρικής και ότι έτσι συνδεόταν με τη μεγάλη ιατρική παράδοση της Κάτω Ιταλίας.

Συγκεκριμένα, έγραψε το **Περί Φύσεως** (2.000 στίχοι), στο προσπάθησε να δώσει τις βασικές αρχές της φυσικής φιλοσοφίας του, όπως αυτή εκφράζεται μέσα από την εναλλασσόμενη κυριαρχία της Φιλίας και της Διαμάχης πάνω στα τέσσερα ριζώματα. Το άλλο μεγάλο έργο του Ακραγαντινού σοφού που σώθηκε ως τις μέρες μας έχει τίτλο **Καθαρμοί** (1.000 στίχοι). Στο έργο αυτό, που είχε ως θέμα την πτώση της ανθρώπινης ψυχής, αναγνωρίζουμε εύκολα τις επιδράσεις των θρησκευτικών αντιλήψεων της Μεγάλης Ελλάδας, του Ορφισμού και των Πυθαγόρειων. Π.χ. περιέχεται η άποψη ότι η ψυχή του ανθρώπου είναι μια αυθυπόστατη οντότητα (ανεξάρτητη από το σώμα) και ότι εξαιτίας κάποιου παραπτώματός της έχει καταδικαστεί να κατοικεί μέσα σε σώματα φυτών, ζώων ή ανθρώπων ως την τελική κάθαρσή της (μέσω ενός κύκλου μετενσαρκώσεων), για την οριστική επιστροφή στον τόπο της καταγωγής της. Από τα δύο αυτά μεγάλα έργα του Εμπεδοκλή οι διασωθέντες στίχοι στο έργο **Περί Φύσεως** είναι περίπου 350 και στο έργο **Καθαρμοί** λίγο περισσότεροι από 100. Γίνεται φανερό ότι ως εμάς έφτασε μόνο το 16 με 20% του συνολικού του έργου. Ποσοστό, όμως, πολύ μεγαλύτερο από ό,τι στην περίπτωση των άλλων προσωκρατικών φιλοσόφων.

Αναφέρονται και μερικά ακόμα έργα ως δικά του όπως:

Ένα ποίημα, που αναφερόταν στην εκστρατεία του Πέρση βασιλέα, με τίτλο «Ξέρξου διάβασις» ή «Περσικά».

Ένας ύμνος στον θεό του φωτός, με τίτλο «Προοίμιον εις Απόλλωνα».

«Τραγωδία», για τις οποίες ο περιπατητικός Ιερώνυμος μαρτυρεί πως ανέρχονταν σε 43 και υποστηρίζει πως είχε δει τα χειρόγραφα.

Δύο επιγράμματα, το ένα προς τον μαθητή του Πausανία και το άλλο προς τον Ακραγαντινό γιατρό Άκωνα.

Πολιτικοί λόγοι και ο Ιατρικός λόγος που τον αποτελούσαν 600 στίχοι.

ΑΝΑΞΑΓΟΡΑΣ Ο ΚΛΑΖΟΜΕΝΙΟΣ (περ. 500 – 428 π.Χ.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ

Ο **Αναξαγόρας** ήταν σπουδαίος αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος και αστρονόμος. Γεννήθηκε στις Κλαζομενές της Ιωνίας περί το 500 π.Χ. Ήταν γιος του Ηγησίβουλου ή Εύβουλου και ανήκε σε πλούσιο και αριστοκρατικό γένος. Σε ηλικία 26 ετών εγκαταστάθηκε στην Αθήνα, επιδιδόμενος σε φιλοσοφικές σπουδές, όπου και έζησε επί 30 χρόνια. Ήταν **φίλος του Περικλή**, χάρη στη βοήθεια του οποίου σώθηκε, όταν κατηγορήθηκε για αθεΐα. Ο Αναξαγόρας δε φαίνεται να ήταν άθεος, οι επιστημονικές εξηγήσεις όμως που έδινε για τα ουράνια σώματα, πιθανόν να σκανδάλισαν τους συντηρητικούς κύκλους της Αθήνας. Έτσι αναγκάστηκε, λίγο πριν από την έκρηξη του Πελοποννησιακού πολέμου, να εγκαταλείψει την Αθήνα και να επιστρέψει στην Ιωνία, όπου ίδρυσε φιλοσοφική σχολή, πιθανώς στη Λάμψακο. Πέθανε εκεί, ασχολούμενος κυρίως με τα μαθηματικά, τη φυσική, την αστρονομία και την Ιατρική.



ΟΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΤΟΥ – ΤΑ «ΜΟΡΙΑ» ΚΑΙ Ο ΝΟΥΣ

Γενικά ο Αναξαγόρας κινήθηκε στο ίδιο πλαίσιο με τον Εμπεδοκλή. Ήταν πιστός σύμμαχος της Ελεατικής Οντολογίας, όμως προσπάθησε να ανανεώσει την ιωνική φυσιολογία και να τη συνδυάσει με τις πνευματικές κατακτήσεις του Παρμενίδη και του Εμπεδοκλή. Στη βάση του στοχασμού του βρίσκεται η άρνηση της γένεσης και της φθοράς. Τίποτα στο Σύμπαν δεν καταλήγει στο μηδέν και τίποτα δεν αρχίζει από το μηδέν. Το Όν είναι χωρίς αρχή, χωρίς τέλος και ποιοτικά αναλλοίωτο. Ο Αναξαγόρας δεν δέχτηκε τη δυνατότητα δημιουργίας όντων από τη μείξη των τεσσάρων βασικών ριζωμάτων του Εμπεδοκλή, αλλά πίστευε ότι κάθε επιμέρους υπόσταση υπήρχε εξ αρχής στον κόσμο. Στηριζόμενος πάνω στη θεωρία των τεσσάρων πρωταρχικών στοιχείων, ανάπτυξε τη δική του. Με βάση την υλοζωιστική παράδοση και ειδικότερα τον Αναξίμανδρο, που είχε θέσει ως κοσμολογική αρχή την αδιαμόρφωτη μάζα του «απείρου», μίλησε για μικροσκοπικά κομματάκια, για «**μόρια**» **κάθε είδους, μορφής, σχήματος, μεγέθους και αριθμού** από τα οποία απαρτίζεται η ύλη. Πίστευε ότι αρχικά υπήρχε μια αδιαμόρφωτη μάζα που περιείχε τα σπέρματα (τα στοιχειώδη σωματίδια) όλων των πραγμάτων, των ζώων και των ανθρώπων. Τη μάζα αυτή έθεσε σε περιστροφική κίνηση ο **Νους**, ο οποίος επειδή είναι πολύ λεπτός, διαπερνά όλη την ύλη και είναι μια οντότητα προικισμένη με σκέψη και κινητική δύναμη. Από τη στιγμή που τίθεται σε κίνηση η μάζα της ύλης, αρχίζει και η δημιουργία του κόσμου, που πλέον λειτουργεί μόνος του, αφού τα σπέρματα με την ένωσή τους δημιουργούν τα διάφορα όντα. Ο Αναξαγόρας προβάλλει έτσι ένα αίτιο για την κίνηση και κάνει **διάκριση μεταξύ αιτίου (Νους) και αποτελέσματος** (κινούμενος κόσμος).

Στην πραγματικότητα δέχτηκε, όπως και ο Εμπεδοκλής, ότι δεν υπάρχει ουσιαστικά γένεση ή θάνατος αλλά ένωση και χωρισμός των σπερμάτων. Σε κάθε φυσικό σώμα υπάρχουν μόρια κάθε είδους και χαρακτηρίζεται μόνο από την επικρατούσα μέσα σ' αυτό ομάδα από ομοειδή μόρια. Το ποσό της ύλης παραμένει σταθερό και η γένεση και φθορά δεν είναι παρά πρόσμιξη των μορίων της ύλης σε διαφορετικούς συνδυασμούς και σε διαφορετικές αναλογίες κάθε φορά. Από μία άποψη ο «Νους» του Αναξαγόρα επιτελούσε λειτουργία ίδια με εκείνη της *φιλότιτας* και του *νείκους* του Εμπεδοκλή. Διακρίνοντάς τον από τα σπέρματα, ο φιλόσοφος του προσέδωσε τη δυνατότητα της απεριόριστης επίδρασης στο κοσμικό γίγνεσθαι. Η διάκριση της κινητήριας και μορφοπλαστικής δύναμης του Νου από τα συστατικά της ύλης, έδωσε συνέχεια στη διάσπαση της έννοιας της ουσίας σε ύλη και ενέργεια.

Η ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ

Ο Αναξαγόρας πρότεινε για τον κόσμο εξαιρετικά ορθολογικές ερμηνείες. Για τη Γη πίστευε πως έχει τυμπανοειδές σχήμα και πως βρίσκεται μετέωρη στο κέντρο του κόσμου, γι' αυτό και τα άστρα που περιφέρονται περνούν και από κάτω της. Για τον ήλιο, ο Διογένης Λαέρτιος αναφέρει πως ο Αναξαγόρας τον θεωρούσε ως *διάπυρο λίθο*, με μέγεθος μεγαλύτερο από την Πελοπόννησο. Τα άστρα πίστευε ότι έχουν όμοια μορφή με αυτή του ήλιου. Η σελήνη είναι ετερόφωτη, αλλά θεωρείται ως μια δεύτερη Γη, με πεδιάδες και φαράγγια, που κατοικείται από ανθρώπους και άλλα όντα (κατά τον Πλάτωνα). Ο ήλιος, η σελήνη και τα άστρα έχουν αποσπαστεί από τη γη και περιφέρονται γύρω από αυτή, παρασυρμένοι από την περιδίνηση του αιθέρα. Η πυράκτωσή τους είναι αποτέλεσμα της τριβής, θεωρία που πιθανόν να διατύπωσε μετά την πτώση ενός μετεωρίτη το 467 π.Χ. Οι κομήτες θεωρούσε πως είναι πλανήτες οι οποίοι εκπέμπουν φλόγες, οι διάττοντες αστέρες είναι «σπινθήρες» που εκτινάσσονται από τον αέρα και οι μετεωρίτες είναι λίθοι που στροβιλίζονται και έλκονται από τη Γη. Ο γαλαξίας είναι αντανάκλαση του φωτός που προέρχεται από τα άστρα, τα οποία δεν φωτίζονται από τον ήλιο.

ΕΞΗΓΗΣΗ ΓΗΙΝΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Ο Αναξαγόρας έλεγε ότι η θάλασσα προήλθε από τους ποταμούς και γενικά από τα νερά της γης. Οι ποταμοί δημιουργήθηκαν από τη βροχή και από τα νερά που τρέχουν μέσα στη γη. Το ουράνιο τόξο είναι ανταύγειες του ήλιου πάνω στα σύννεφα. Η σύγκρουση των νεφών προξενεί τις βροντές, ενώ η βίαη τριβή τους δημιουργεί τις αστραπές. Γενικά, η προσπάθειά του ήταν να ερμηνεύσει με ορθολογικό τρόπο τη λειτουργία του κόσμου και τα φυσικά φαινόμενα.

Ο Αναξαγόρας, όπως και ο Εμπεδοκλής, προσπάθησαν να συμβιβάσουν τη λογική του Παρμενίδη και της Ελεατικής σχολής με τα φαινόμενα της πολλαπλότητας και της αλλαγής που παρατηρούνται στον φυσικό κόσμο, γι' αυτό και αναφέρονται συχνά ως «συνδυαστικοί». Αρνήθηκαν τον μονισμό, τόσο στην ποιοτική όσο και στην ποσοτική εκδοχή του και δέχτηκαν την ύπαρξη μιας πολλαπλότητας αιώνιων και διαφορετικών ουσιών ή στοιχείων που πληρούν όλο το χώρο. Επίσης, εισήγαγαν κινητήριες αιτίες για να εξηγήσουν την κίνηση, η οποία πριν από τον Παρμενίδη θεωρούνταν αυτόνομη.

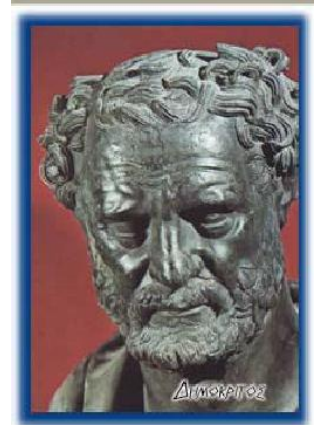
ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ Ο ΑΒΔΗΡΙΤΗΣ (περ. 460 – 370 π.Χ.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΩΗ ΤΟΥ

Ο Δημόκριτος γεννήθηκε στα Άβδηρα της Θράκης. Όπως αναφέρει ο ίδιος στο «Μικρό διάκοσμο», ήταν νέος όταν ο Αναξαγόρας ήταν γέρος. Με βάση αυτό το στοιχείο, η ημερομηνία γεννήσεως που παραδίδει ο Απολλόδωρος (80η ολυμπιάδα: 460-456 π.Χ.) φαίνεται λογικότερη από άλλες χρονολογίες που μας παραδόθηκαν. Καταγόταν από οικογένεια αριστοκρατικής καταγωγής, δημοκρατικών όμως πεποιθήσεων. Τα Άβδηρα, ανατολικά του ποταμού Νέστου στην ακτή της Θράκης, υπήρξαν ιωνική αποικία που ιδρύθηκε το 654 π.Χ. από κατοίκους των μικρασιατικών Κλαζομενών.

Από τη νεανική του ηλικία ο Δημόκριτος έδειξε την προτίμησή του για τη μελέτη και την έρευνα της φύσης και όχι για την πολιτική, στην οποία τον ωθούσαν οι συμπολίτες του. Όταν ο πατέρας του πέθανε, δεν ήθελε τίποτα από τα κτήματα που του άφησε, αλλά το μερίδιό του σε χρήματα, για να ταξιδέψει σε όλο σχεδόν τον τότε γνωστό κόσμο. Τα ταξίδια του στην Αίγυπτο, την Περσία και τη Βαβυλώνα θεωρούνται σχεδόν σίγουρα, ενώ ταξίδια στην Αιθιοπία και στην Ινδία είναι λιγότερο βέβαιο ότι πραγματοποιήθηκαν. Στη διάρκεια αυτών των περιπλανήσεων θα πρέπει σίγουρα να επισκέφτηκε τα μεγάλα πνευματικά κέντρα της Ιωνίας, κυρίως την Έφεσο και τη Μίλητο, όπου γνώρισε από κοντά τη φιλοσοφία του Θαλή, του Αναξίμανδρου, του Αναξίμανη και του Ηράκλειτου. Στη Μίλητο, ίσως να συνάντησε για πρώτη φορά τον άνθρωπο που έμελλε να σημαδέψει η ζωή του, **το Λεύκιππο**. Απ' αυτόν θα πρέπει να διδάχτηκε τη φιλοσοφία του Παρμενίδη, του Εμπεδοκλή, του Πυθαγόρα. Δεν παρέλειψε να επισκεφτεί και το μεγαλύτερο πνευματικό κέντρο της εποχής του, την Αθήνα, φαίνεται όμως ότι η παρουσία του εκεί πέρασε σχετικά απαρατήρητη. Σύμφωνα με μια εκδοχή, αυτό αποτελούσε επιλογή του ίδιου του Δημόκριτου, επειδή ένιωθε μεγάλη περιφρόνηση προς τη δόξα. Η επίσκεψη του Δημόκριτου στην Αθήνα ήταν κάτι φυσιολογικό, αφού η πόλη αποτελούσε την πνευματική πρωτεύουσα της Ελλάδας, ενώ και τα Άβδηρα ήταν μέλος της Αθηναϊκής Συμμαχίας. Ίσως, όμως, και η εμπόλεμη κατάσταση στην οποία βρισκόταν τότε η Αθήνα, λόγω του Πελοποννησιακού πολέμου, να οδήγησε το Δημόκριτο στην απόφαση να ιδρύσει τη σχολή του στα Άβδηρα.

Στα Άβδηρα ο Δημόκριτος αφοσιώθηκε στη διδασκαλία και τη συγγραφή των έργων του. Ονομάστηκε Γελασίνος (ο γελαστός), αφού αντιμετώπιζε τη ζωή πάντα με αισιοδοξία, γαλήνη και καρτερία. Κατά μια εκδοχή ονομάστηκε έτσι, επειδή περιγελούσε τις καθημερινές θλίψεις και ελπίδες που απασχολούσαν τους άλλους ανθρώπους, τις οποίες θεωρούσε ασήμαντες μπροστά στο μεγαλείο του κόσμου. Το πιθανότερο, όμως, είναι ο χαρακτηρισμός να προέρχεται από την άποψη του Δημόκριτου ότι **η ευθυμία αποτελεί στόχο** για τη ζωή του κάθε ανθρώπου. Φαίνεται ότι πέθανε σε πολύ προχωρημένη ηλικία, αφού κατατασσόταν στους μακροβιότερους Έλληνες στοχαστές. Διάφορες πηγές παραδίδουν ότι έζησε από 90 ως και 109 χρόνια. Δεν γνωρίζουμε την ακριβή χρονολογία του θανάτου του, η οποία τοποθετείται συμβατικά στο 370 ή 360 π.Χ.



ΟΙ ΑΤΟΜΙΚΟΙ ΚΟΝΤΡΑ ΣΤΟΥΣ ΕΛΕΑΤΕΣ ΚΑΙ Η ΥΠΑΡΞΗ ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ

Οι ατομικοί ήταν αυτοί που ανέλαβαν τον αντίλογο στους Ελεάτες, στο πεδίο της φυσικής. Αντιλήφθηκαν ότι με την ελεατική οντολογία προέκυψαν ζητήματα, για τα οποία δεν έδινε λύσεις ο υλοζωισμός. Δέχτηκαν το ελεατικό δόγμα ότι το ον είναι αγέννητο και άφθαρτο, δεν δέχτηκαν όμως ότι είναι ακίνητο και αδιαίρετο. Με την άποψη των Ελεατών ότι εκτός από το ον δεν υπάρχει τίποτα άλλο, προκύπτει ότι δεν υπάρχει κενό, το οποίο ταύτιζαν με το μη ον. Για τους ατομικούς, το μη ον είναι τόσο πραγματικό, όσο και το ον. Δηλαδή πρέπει να θεωρείται βέβαιη **η ύπαρξη του κενού χώρου**. Συγκεκριμένα, δεν δέχτηκαν τη θεωρία για την «επ' άπειρον τομήν» του Ζήνωνα, όσον αφορά τα φυσικά σώματα. Αυτό που θα έκανε δυνατή την

απεριόριστη διαίρεση των σωμάτων θα ήταν η παραδοχή της ύπαρξης άπειρου κενού. Με αυτόν τον τρόπο οι ατομικοί οδηγήθηκαν στην άποψη για την ύπαρξη κενού και για την ύπαρξη **εσχάτων σωματιδίων ύλης, που δεν επιδέχονται παραπέρα τομή και παραμένουν άτομα**, δηλαδή άτομα. Έτσι συνέλαβαν τη θεωρία του ατόμου. Στον Λεύκιππο (περ. 480-400 π.Χ.) αποδίδεται, παρά τις αμφιβολίες ορισμένων ερευνητών, η δημιουργία της ατομικής αντίληψης της ύλης, την οποία επέκτεινε αποτελεσματικά ο Δημόκριτος και τη χρησιμοποίησε για την ερμηνεία πλήθους φυσικών φαινομένων.

Η ΑΤΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ

Σύμφωνα με την ατομική θεωρία, όπως την ολοκλήρωσε ο Δημόκριτος: Η ύλη αποτελείται από άτομα, δηλαδή από πολύ μικρά σωματίδια, πλήρη και τέλεια, ομοίμορφα συμπαγή, απαλλαγμένα από κενό, χωρίς αραιώσεις και πυκνώσεις, αδιαίρετα και με καθορισμένα όρια. Συγκεκριμένα τα άτομα:

- α) Διαφέρουν μεταξύ τους κατά το σχήμα και το μέγεθος.
- β) Δε δημιουργούνται, ούτε καταστρέφονται, γι' αυτό είναι άφθαρτα και αιώνια.
- γ) Είναι άπειρα σε πλήθος και βρίσκονται σε διαρκή κίνηση μέσα στο κενό, με άπειρους συνδυασμούς φοράς. Στην κίνηση αυτή οφείλονται τα διάφορα φυσικά φαινόμενα.
- δ) Ενώνονται με άλλα άτομα προς σχηματισμό των υλικών σωμάτων και στο διαχωρισμό τους οφείλεται η καταστροφή των σωμάτων.

Με την ατομική θεωρία εξηγήθηκαν οι ποιότητες των φυσικών σωμάτων και φαινομένων, όχι από την ίδια την ουσία των ατόμων, αλλά από τους συνδυασμούς τους μέσα στο κενό, από το βαθμό πυκνότητας και τη θέση τους μέσα στους σχηματισμούς τους και από το μέγεθος και το σχήμα των ατόμων που συμπλέκονται σε κάθε περίπτωση. Π.χ. σε μια σύνοδο από σφαιρικά άτομα παράγεται η φωτιά, σε μια σύνοδο από πολυγωνικά άτομα ένα σώμα τραχύ κ.λπ.

Ο Δημόκριτος δεν δέχτηκε, όπως ο Αναξαγόρας, την ύπαρξη μιας δύναμης ξεχωριστής από τα άτομα, που τα θέτει σε κίνηση. Πίστευε ότι η κίνηση ορίζεται από τη διαφορά στο μέγεθος και το σχήμα των ατόμων. Με την ατομική του θεωρία, ο Δημόκριτος επιχείρησε να ενοποιήσει τη θεωρία του Παρμενίδη περί ακινησίας και έλλειψης οποιασδήποτε αλλαγής, με τη θεωρία του Ηράκλειτου για διαρκή κίνηση και μεταβολή. Οι απόψεις του Παρμενίδη, που υποστήριζε ότι στην πραγματικότητα δεν υπάρχει κίνηση και μεταβολή, εμφανίζονται στη θεωρία περί της φύσεως των ατόμων: τα άτομα καθαυτά είναι αμετάβλητα. Οι απόψεις του Ηράκλειτου, που υποστήριζε ότι ο αισθητός κόσμος χαρακτηρίζεται από την αέναη μεταβολή, εμφανίζονται στη θέση ότι τα άτομα βρίσκονται σε διαρκή κίνηση στο κενό, προκαλώντας τη γένεση με την ένωσή τους και τη φθορά με το χωρισμό τους. Κατά το Δημόκριτο, εξαιτίας της δίνης, μιας περιστροφικής κίνησης των ατόμων, την οποία αποκαλεί ανάγκη, τα άτομα συγκρούονται μεταξύ τους και ενώνονται. Από τυχαία κίνηση στο μικρόκοσμο δημιουργείται η τάξη που αντιλαμβανόμαστε στο μακρόκοσμο. Η τυχαία μικροσκοπική κίνηση, όμως, γίνεται για κάποιο λόγο και από ανάγκη.



Νόμισμα των 10 δραχμών, αφιερωμένο στην ατομική θεωρία του Δημόκριτου.

Η ατομική θεωρία υιοθετήθηκε από μεταγενέστερους φιλοσόφους, όπως ο Επίκουρος και ο Λουκρήτιος, αλλά καταπολεμήθηκε από τον Πλάτωνα και τον Αριστοτέλη, με αποτέλεσμα να πέσει σε αφάνεια μέχρι την Αναγέννηση. Στις αρχές του 19ου μ.Χ. αι. ο Ντάλτον (J. Dalton, 1766-1844), χρησιμοποίησε τα άτομα για να εξηγήσει νόμους της χημείας που ανακάλυψε πειραματικά. Ακόμα και στο τέλος του 19ου αιώνα, ένα μεγάλο μέρος της επιστημονικής κοινότητας, κόντρα κυρίως στον Μπόλτσμμαν (Ludwig Boltzmann, 1844-1906), δε δεχόταν την ύπαρξη των ατόμων, ενώ η οριστική απόδειξη της ύπαρξης των ατόμων έγινε μόλις το 1905 από τον Αϊνστάιν (Albert Einstein, 1879-1955), μέσω της εργασίας του με την οποία εξηγούσε την κίνηση Brown !

ΟΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ

Τα ενδιαφέροντα του Δημόκριτου ήταν εξαιρετικά πλατιά. Ασχολήθηκε σχεδόν με όλους τους τομείς της ανθρώπινης γνώσης: φυσική, μαθηματικά, μουσική, γεωμετρία, μετεωρολογία, γλωσσολογία, τέχνη του πολέμου, κοσμολογία, αστρονομία, βιολογία, ιατρική, γεωλογία, γεωγραφία, λογική, ηθική, αισθητική, ιστορία, παιδεία, με φανερή αποχή από τη θρησκεία και την πολιτική. Από αυτήν την άποψη υπήρξε κατά κάποιο τρόπο πρόδρομος του Αριστοτέλη, ένας καθολικός νους, ένα πνεύμα εγκυκλοπαιδικό. Θεωρείται ο θεμελιωτής του συστήματος του **υλισμού**. Προσπάθησε παντού να δώσει εξηγήσεις συμβατές με την ατομική του θεωρία, χωρίς να αρνηθεί την ύπαρξη του Θεού, που για τον Δημόκριτο είναι ο δημιουργός κάθε αγαθού. Η σκέψη του για τον κόσμο είναι **υλιστική, μηχανοκρατική**, με το στοιχείο της αναγκαιότητας.

Στον τομέα της κοσμολογίας, ο Δημόκριτος ήταν ανάμεσα στους πρώτους που ανέφεραν ότι το σύμπαν έχει και άλλους «κόσμους», για τους οποίους ανέφερε ότι άλλοι δεν έχουν ήλιο και σελήνη, άλλοι έχουν πάνω από έναν ήλιο και ορισμένοι είναι κατοικημένοι! Για τον Δημόκριτο ένας κόσμος συντίθεται, όταν σε μεγάλο κενό του διαστήματος συναθροίζονται αλληλοσυγκρουόμενα πολλά άτομα και με τη φορά τους σχηματίζεται δίνη. Μέσα σ' αυτή τη δίνη τα όμοια άτομα έλκονται και σχηματίζουν ζώνες, που είναι τα προσιτά στις αισθήσεις μας φυσικά σώματα, δηλαδή γη, νερό, αέρας, φωτιά. Τα βαρύτερα μαζεύονται στο κέντρο και αποτελούν τη Γη και τα ελαφρύτερα εξωθούνται προς την περιφέρεια και διαμορφώνονται σε ουράνια σώματα και μετεωρολογικά φαινόμενα. Έτσι, συντίθενται και διαλύονται άπειροι κόσμοι. Ο Δημόκριτος ήταν επίσης ο πρώτος που αντιλήφθηκε ότι ο Γαλαξίας είναι το φως από μακρινά αστέρια. Αξιοσημείωτη ήταν η παρατήρηση της πιο γρήγορης περιστροφής κατά τη συρρίκνωση, μια πρώιμη σύλληψη της **αρχής διατήρησης της στροφορμής** και η απόδοση ενός είδους κίνησης στα άτομα, το «κατά παλμόν», που θυμίζει τις κυματικές ιδιότητες των σωματιδίων του de Broglie (1923)!

Στον τομέα της **βιολογίας**, υποστήριζε ότι χαρακτηριστικές ιδιότητες, δεξιότητες και όργανα με τα οποία είναι προικισμένα τα ζώα, έγιναν μόνο συμπτωματικά και από αυτά σώθηκαν μόνο όσα φάνηκαν κατάλληλα για τη συντήρηση του κάθε είδους. Με τον ατομισμό ερμηνεύτηκαν και πολλές ανθρώπινες λειτουργίες. Π.χ. η όραση ερμηνεύτηκε ως συνεχής απορροή ειδώλων (αποτελούμενων από άτομα) από τα φωτεινά αντικείμενα που εισέρχονται στα μάτια μας.

Στη **γνωσιολογία** του, ο Δημόκριτος θεωρούσε πολύτιμες τις εντυπώσεις των αισθήσεων, ως πρώτη ύλη για την ερμηνεία της φύσης, αρκεί αυτές οι εντυπώσεις να διωλίζονται από την κριτική ικανότητα του ανθρώπινου νου. Η γνώση είναι σχετική με τις καταστάσεις που μας περιβάλλουν, οι οποίες δεν είναι παρά επιφαινόμενα της ύλης, όπως και εμείς οι ίδιοι, ενώ η αλήθεια βρίσκεται στα άτομα και στο κενό. Η γνώση μας είναι **γνώση των φαινομένων**, ενώ η **αλήθεια βρίσκεται «εν βυθώ»**. Αυτό που στον κόσμο της εμπειρίας εμφανίζεται ως ποιότητα ενός αντικείμενου, οφείλεται αποκλειστικά σε ποσοτικές σχέσεις των ατόμων που συνιστούν το αντικείμενο αυτό. Έτσι, η ύλη θεωρείται η μοναδική αληθινή πραγματικότητα και το σύστημα του Δημόκριτου έχει το χαρακτήρα του υλισμού. Ο Δημόκριτος, με βάση τη γνωσιολογία του, διέκρινε στα άτομα πρωτογενείς ιδιότητες (σχήμα, μέγεθος, κίνηση), έναντι των δευτερογενών των πραγμάτων (χρώμα, γεύση, οσμή κ.λπ.)

Ο Δημόκριτος, όμως, εξήγησε με την ατομική του θεωρία και την **αίσθηση** και τη **νόηση**. Το ον που αντιλαμβάνεται τον κόσμο της εμπειρίας, δηλαδή η ψυχή, αποτελείται και αυτή από



Οι δρόμοι στις εγκαταστάσεις του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Πυρηνικών Ερευνών (CERN), δυτικά της Γενεύης, έχουν τα ονόματα επιστημόνων. Ανάμεσά τους και ο Δημόκριτος.

άτομα και μάλιστα από τα πιο ελαφριά, τα άτομα της φωτιάς. Η αισθητηριακή αντίληψη και η νόηση προκαλούνται από τις εκπεμπόμενες απορροές ειδώλων των αντικειμένων, με τη διαφορά ότι στη νόηση με τα άτομα της φωτιάς έρχονται σε επαφή τα λεπτότατα ομοιώματα των πραγμάτων, αυτά που αναπαριστούν την ατομική δομή τους.

ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ

Μεταγενέστεροι μελετητές του στην αρχαιότητα χώρισαν το έργο του σε δεκατρείς τετραλογίες, ενταγμένες σε πέντε ομάδες έργων: τα ηθικά (δύο τετραλογίες), τα φυσικά (τέσσερις τετραλογίες), τα μαθηματικά (τρεις), τα μουσικά (δύο), τα τεχνικά (δύο). Σ' αυτές τις τετραλογίες πρέπει να προστεθούν εννιά αταξινόμητα έργα και εννιά που φέρουν τον τίτλο «Αιτίαι». Από τα αποδιδόμενα στο Δημόκριτο έργα είναι σχεδόν βέβαιο ότι ο «Μέγας διάκοσμος» ήταν στην πραγματικότητα έργο του Λεύκιππου. Η πληροφορία αυτή προέρχεται από την Περιπατητική Σχολή και μπορεί να θεωρηθεί έγκυρη, αφού έχει την αφετηρία της στις ειδικές πραγματείες για το Δημόκριτο, που συνέταξαν τόσο ο Αριστοτέλης, όσο και ο Θεόφραστος. Στον Λεύκιππο αποδίδεται από τον Αέτιο και ένα άλλο έργο, το «Περί νου». Δεν έχουμε λόγους να αμφιβάλουμε γι' αυτήν την πληροφορία. Το περιεχόμενο του έργου μπορεί να αποτελούσε μια επίθεση κατά της αναξαγόρειας θεωρίας για το Νου. Αν κρίνουμε από τον αριθμό των έργων του Δημόκριτου, η συγγραφική του δραστηριότητα πρέπει να εκτεινόταν σε μια μεγάλη χρονική περίοδο. Δεν μπορούμε, ωστόσο, να αποδώσουμε διαφορετικά έργα σε διαφορετικές περιόδους της ζωής του, αφού κανένα απ' αυτά τα έργα δε σώθηκε ακέραιο. Ούτε και η δήλωσή του ότι έγραψε το «Μικρό διάκοσμο» 730 χρόνια μετά την πτώση της Τροίας μας βοηθά ιδιαίτερα στη χρονολόγηση του έργου, αφού αγνοούμε πότε τοποθετούσε τον τρωικό πόλεμο ο φιλόσοφος. Το ύφος του Δημόκριτου επαιούνταν πολύ στην αρχαιότητα και αξιολογούνταν στο ίδιο επίπεδο μ' αυτό του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη. Ήταν ποιητικό, αν και όχι σε στίχο, γοργό και με διαυγή εκφραστικά μέσα, διακρινόταν για τη μορφική του τελειότητα, την εύστοχη χρήση των λέξεων και τη σαφήνεια. Από τον τεράστιο όγκο των γραπτών του σώζονται ελάχιστα αποσπάσματα, κυρίως ηθικού περιεχομένου, τα οποία ανευρίσκονται σε μεταγενέστερους συγγραφείς ως παραθέματα ή παραφράσεις.

Οι ατομικοί φιλόσοφοι επανέφεραν το βασικό πρόβλημα της αρχικής ιωνικής σκέψης, ότι ο πολλαπλός κόσμος έπρεπε να προέρχεται από μια πρωταρχική ύλη, που μπορούσε να ερμηνεύσει όλα τα άλλα πράγματα που δημιουργήθηκαν. Έτσι εκπλήρωσαν τον απώτερο σκοπό της ιωνικής φιλοσοφίας, ανατρέποντας τα αδιέξοδα της ελεατικής κριτικής. Με το Δημόκριτο, τελειώνει το κομμάτι της ελληνικής επιστήμης και φιλοσοφίας, πριν από το Σωκράτη. Στο δεύτερο μισό του 5ου π.Χ. αιώνα, η κοσμολογική προβληματική που εκφράστηκε από τους προσωκρατικούς είχε αρχίσει να παρακμάζει. Με το Σωκράτη και τους σοφιστές άρχισε να αναδύεται μια νέα ανθρωπιστική φιλοσοφική προβληματική (πέραςμα από την **κοσμολογική** στην **ανθρωπιστική** περίοδο). Σ' αυτήν την αλλαγή κατεύθυνσης είχαν συμβολή και τα νέα φιλοσοφικά ερωτήματα, που είχαν θέσει οι Πυθαγόρειοι και οι Ελεάτες.

Η μηχανιστική αντίληψη του κόσμου που προκύπτει από τη θεωρία του Δημόκριτου, όπως θα δούμε στο κεφάλαιο του Νεύτωνα, επανήλθε δυναμικά το 17ο αιώνα και οδήγησε στην ολική μηχανοποίηση της αντίληψης για τον υλικό κόσμο.

1Α. Συμπεράσματα

Η φυσική φιλοσοφία των προσωκρατικών, όπως και όλα τα δημιουργήματα της ελληνικής διάνοιας, είναι το θεμέλιο αυτού που σήμερα ονομάζουμε δυτικό πολιτισμό. Οι προσωκρατικοί φιλόσοφοι:

α) Παραμέρισαν τις τελευταίες μυθολογικές, ανθρωπομορφικές εικόνες και αναζήτησαν καθολικές αρχές και θεωρίες από προσωπικές, πρακτικές εμπειρίες και γνώσεις, έχοντας μια πολύ δυνατή αίσθηση της πραγματικότητας και κοιτάζοντας το γύρω κόσμο και ολόκληρο το σύμπαν με ανοιχτό μάτι. Η μέθοδος που χρησιμοποίησαν είναι κυρίως παραγωγική, από το γενικό προς το μερικό. Έθεσαν πρώτα ερωτήματα που αφορούν ολόκληρο το σύμπαν, δηλαδή ερωτήματα κοσμολογικά (της πρώτης αρχής, της πρωταρχικής ουσίας) και μετά επεκτάθηκαν σε επιμέρους θέματα, στα έμβια όντα και στον άνθρωπο.

β) Αναζήτησαν την αλήθεια, την τάξη και σταθερότητα στη φύση και προσπάθησαν να την προσεγγίσουν με πνεύμα ορθολογικό και κριτικό, υποστηρίζοντας το πλουραλιστικό ή μονιστικό επιχειρήμα τους. Υπέδειξαν πρώτοι «νοητικά εργαλεία» και ποιοτικές μεθόδους προσέγγισης και κατανόησης του φυσικού κόσμου, που χρησιμοποιούνται δημιουργικά μέχρι σήμερα, όπως μέτρο, ρυθμός, συμμετρία, αναλογία, τάξη, κόσμος, συνεχές - διάκριτο, ομοιογένεια, ισοτροπία, κ.ά. Στην σημερινή επιστημονική μέθοδο, ίσως το πιο δύσκολο βήμα είναι η διατύπωση μιας υπόθεσης. Δεν υπάρχει γι' αυτήν κάποιος συγκεκριμένος τρόπος για την επινοήσή της. Θα λέγαμε ότι είναι ζήτημα ενόρασης ή ορθολογικής κρίσης, δηλαδή αυτό που έκαναν οι προσωκρατικοί.

γ) Δημιούργησαν τις βασικές έννοιες της φιλοσοφίας και επειδή φιλοσοφία και φυσική στην αρχή ήταν αχώριστες, δημιούργησαν επίσης μεγάλο μέρος από τις έννοιες της φυσικής επιστήμης, επηρεάζοντας καταλυτικά όλη την κατοπινή ελληνική, ευρωπαϊκή και παγκόσμια επιστήμη.

δ) Δημιούργησαν όλους τους βασικούς κλάδους της φιλοσοφίας και όλες τις τυπικές μορφές της κοσμοθεωρίας.

ε) Διατύπωσαν θεωρίες, με το εντυπωσιακό στοιχείο ότι κάποιες από αυτές **επαληθεύονται σήμερα** ή έχουν κοινά στοιχεία με σημερινές θεωρίες!

στ) Το σημαντικότερο, ίσως, δεν έπαψαν ποτέ να ρωτούν και πρόβαλαν ως αγαθό την απόκτηση της γνώσης, αναπτύσσοντας έναν διάλογο πέρα από δόγματα και προκαταλήψεις και σε ένα πνεύμα άμιλλας για τη διατύπωση πιο πειστικών εξηγήσεων. Ας μην ξεχνάμε ότι ενθάρρυναν τους ίδιους τους μαθητές τους να συζητούν και να αμφισβητούν, αναπτύσσοντας τις δικές τους ιδέες. Από τα κεντρικά ερωτήματα στην προσωκρατική φιλοσοφία είναι το οντολογικό και από τις κεντρικές «συγκρούσεις» αυτή του κόσμου του Ηρακλείτου με τον κόσμο του Παρμενίδη, δηλαδή του κόσμου του γίνεσθαι (της συνεχούς μεταβολής, εναλλαγής, γένεσης και φθοράς) και του κόσμου του είναι (της ενιαίας αδιαφοροποίητης πραγματικότητας).

Η απάντηση στο ερώτημα, αν υπήρχε η επιστήμη της Φυσικής στην αρχαιότητα, είναι ότι ασφαλώς δεν υπήρχε η Φυσική ως ανεξάρτητος κλάδος της επιστήμης, όπως είναι σήμερα, υπήρχε όμως ως φιλοσοφία της φύσης. Αυτή, μπορούμε να πούμε ότι αποτελεί την προϊστορία της Φυσικής. Όλες οι έννοιες και οι επιστήμες, που μέχρι και σήμερα αναπτύσσονται αλματωδώς, είναι πνευματικά τέκνα των προσωκρατικών φιλοσόφων. Η έννοια της *ύλης*, του *αείρου*, της *δύναμης*, του *αριθμού*, της *κίνησης*, του *Είναι*, του *γίνεσθαι*, του *Όντος*, του *ατόμου*, του *χωροχρόνου*, είναι δημιουργήματα αυτής της φιλοσοφικής σκέψης.

Υπήρχε στην αρχαιότητα η πειραματική μέθοδος και η χρήση των μαθηματικών στη διατύπωση των θεωριών; Ως βασική μέθοδος έρευνας όχι, αλλά σε πολλές περιπτώσεις δεν έλειπαν. Υπήρχαν τομείς στην αρχαία ελληνική επιστήμη, όπου η χρήση πειράματος ήταν πρακτικά αδύνατη. Σε άλλους πάλι τομείς, η χρήση του πειράματος μαρτυρείται από πολλές πηγές. Ο Θαλής πειραματίστηκε με το ήλεκτρο και το μαγνητίτη και ανακάλυψε σε

μακροσκοπικό επίπεδο τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό. Ο Αναξίμανδρος βασίστηκε σε μαθηματικές έννοιες και ανέφερε σχέσεις των τροχιών των ουράνιων σωμάτων. Οι Πυθαγόρειοι εισήγαγαν γενικά **το μαθηματικό προσανατολισμό κατά τη διερεύνηση των φυσικών φαινομένων** και χρησιμοποίησαν την παρατήρηση και το πείραμα (έκαναν πειράματα σχετικά με τον ήχο π.χ. εξαγωγή της σχέσης που έχει το μήκος μιας χορδής με το μουσικό τόνο που εκπέμπει, όταν πάλλεται). Επίσης, στην περίπτωση της ιπποκρατικής ιατρικής το πείραμα χρησιμοποιείται ευρέως, όχι με σκοπό την επέκταση της γνώσης, αλλά την επαλήθευση κάποιων εμπειρικών δεδομένων. Γενικότερα, στην αρχαία Ελλάδα υπήρχε πλήθος πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν, όπως τα πειράματα στην υδροστατική και τη μηχανική του Αρχιμήδη, τα πειράματα οπτικής, ακουστικής, υδροστατικής του Στράβωνα και άλλα. Όπως και να έχει, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι αρχαίοι Έλληνες είχαν πολύ δυνατή αίσθηση της πραγματικότητας και τεράστια ικανότητα στη λογική σκέψη και στους παραγωγικούς συλλογισμούς, ενώ έλειπαν βασικά όργανα (όπως ρολόγια και θερμομέτρα) για πειράματα, τα οποία απαιτούν επαγωγικούς συλλογισμούς.

Ο Σωκράτης έδωσε για πρώτη φορά στη φιλοσοφία ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα, όμως μεγάλωσε μέσα στο πνεύμα των προσωκρατικών φιλοσόφων και αξιοποίησε την γνώση και την σοφία τους. Η φιλοσοφία του Σωκράτη στέλνει το φως της φιλοσοφίας ακόμα πιο μακριά στον Πλάτωνα, τον Αριστοτέλη και τον Πλωτίνο. Η έκταση της προσωκρατικής φιλοσοφίας είναι μικρή, **αλλά η επιρροή που προκάλεσε σε όλον τον μετέπειτα ελληνικό και δυτικό πολιτισμό κολοσσιαία**. Το άλμα από τον θρησκευτικό φόβο στο ελεύθερο και καθαρό πνεύμα είναι το σημαντικότερο στην ιστορία της επιστήμης και δεν έχει προηγούμενο σε κανέναν άλλον πολιτισμό. Ο σημερινός άνθρωπος είναι εξοικειωμένος με την επιστημονική σκέψη. Την εποχή όμως εκείνη, η τομή αυτή που γέννησε τη φιλοσοφία από τη μυθολογία και την ποίηση ήταν πολύ δύσκολη και αντιμετωπίζεται από τους μελετητές με θαυμασμό:

«Σε ολόκληρη την ιστορία, τίποτε δεν είναι πιο εκπληκτικό ή τόσο δύσκολο να περιγραφεί όσο η αιφνίδια άνοδος του πολιτισμού στη Ελλάδα. Πολλά απ' όσα δημιουργούν τον πολιτισμό υπήρχαν ήδη επί χιλιάδες χρόνια στην Αίγυπτο και στη Μεσοποταμία, και είχαν απλωθεί από εκεί στις γειτονικές χώρες. Αλλά ορισμένα στοιχεία έλειπαν, ωστόσο τα προμήθευσαν οι Έλληνες. Το τι απέτέλεσαν στην τέχνη και τη λογοτεχνία είναι γνωστό στον καθένα, αλλά ό,τι έχουν πραγματοποιήσει στον καθαρά διανοητικό τομέα είναι ακόμη εξαιρετικότερο».

(Bertrand Russel, Ιστορία της Δυτικής Φιλοσοφίας).

Βιβλιογραφία

1	Γλυκοφρύδη-Λεοντσίνη Αθ., Σακελλίου Χ., Λεοντσίνη Ελ.	Ανθολόγιο Φιλοσοφικών Κειμένων Γ' Γυμνασίου		ΟΕΔΒ	Αθήνα 2011
2	Θεοδόσιος Ν. Πελεgrίνης	ΑΡΧΕΣ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ		ΟΕΔΒ	Αθήνα 2006
3	Κυριάκου Κατσιμάνη, Ευάγγελου Ρούσσου	ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ		ΟΕΔΒ	Αθήνα, 1995
4	Αραμπατζής Θ., Γαβρόγλου Κ., Διαλέτης Δ., Χριστιανίδης Γ., Κανδεράκης Ν., Βερνίκος Σ.	ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ (ΜΑΘΗΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ)		ΟΕΔΒ	Αθήνα 1999
5	Χριστιανίδης Γ., Διαλέτης Δ., Παπαδόπουλος Γ., Γαβρόγλου Κ.	Οι επιστήμες στην Αρχαία Ελλάδα, στο Βυζάντιο και στο Νεότερο Ελληνισμό		ΕΑΠ	Αθήνα 2001
6	ΙΩΑΝΝΗ Γ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗ	«Από τόν Άριστοτέλη στό Νεύτωνα» (Άρθρο)	«Φυσικός κόσμος» (τεύχος 8, 2002)	Από ομιλία που έγινε στο 1ο Επιστημονικό Συμπόσιο στην Καστοριά το έτος 2002	
7	Κωνσταντίνος Βάμβακας	Οι θεμελιωτές της Δυτικής Σκέψης – Ένας διαχρονικός παραλληλισμός μεταξύ Προσωκρατικού στοχασμού, Φιλοσοφίας και Φυσικής Επιστήμης		Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης	2001
8	Χάρης Βάρβογλης	Άρθρα και διαφάνειες για το μάθημα «Ιστορία και εξέλιξη των ιδεών στη Φυσική» (Τμήμα Φυσικής Σχολής Θ.Ε. του Α.Π.Θ.)			
9	Θ. Χρηστίδης	Σημειώσεις για το μάθημα «Φυσική και Φιλοσοφία» (Τμήμα Φυσικής Σχολής Θ.Ε. του Α.Π.Θ.)			
10	JOHN LOSSE	Φιλοσοφία της επιστήμης	Μετάφραση – επιμέλεια: Θ. Μ. Χρηστίδης	Βάνιας	Θεσσαλονίκη 1991
11	Εγκυκλοπαίδεια «Επιστήμη και ζωή» τόμος 6		Εκδοτικές και εμπορικές επιχειρήσεις Χατζηϊακώβου Α.Ε.		
12	Εγκυκλοπαίδεια «Δομή», τόμος 6, Θαλής ο Μιλήσιος (σελ 389)		Εκδόσεις: «ΔΟΜΗ» Ελλάς.		

ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

http://www.pi-schools.gr/software/gymnasio/fil_keimena
http://el.wikipedia.org/wiki/ (Προσωκρατικοί_φιλόσοφοι)
http://users.sch.gr/ikomninou/peiramatiki_methodos.htm
sciencearchives.wordpress.com/ (προσωκρατικοί)

ΆΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ

Γιώργος Χατζηβασιλείου «ANIMATED ΦΙΛΟΣΟΦΟΙ» Σειρά εκπομπών από την ΕΤ3
--

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ο ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ

2Α. Βιογραφία, ιδέες και έργο του Αριστοτέλη

Εισαγωγή

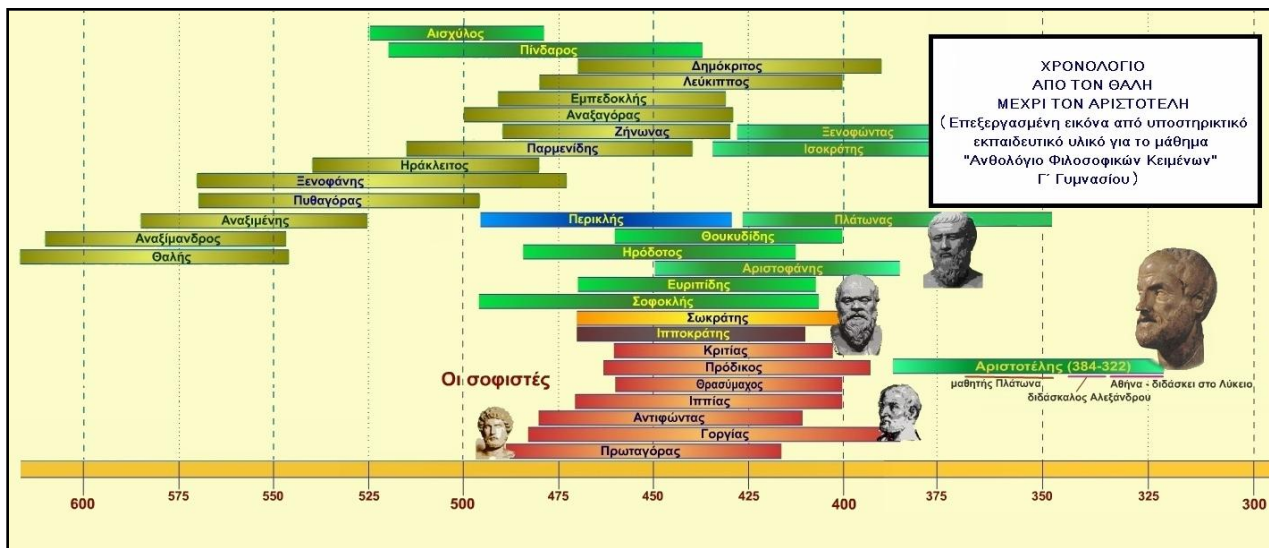
Μετά από τους προσωκρατικούς φιλοσόφους, τρία ήταν τα κύρια συστήματα της Φιλοσοφίας για τη φύση που διαμορφώθηκαν στην Αρχαία Ελλάδα (**συστηματική περίοδος**) και επηρέασαν και επηρεάζουν την ανθρώπινη σκέψη:

- α) Του υλισμού του Δημόκριτου (460-370 π.Χ.), ο οποίος θα αγνοηθεί μέχρι περίπου την Αναγέννηση.
- β) Του ιδεαλισμού του Πλάτωνα (427-347 π.Χ).
- γ) Του ρεαλισμού του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.).

Μεγάλη ήταν η συμβολή της Ακαδημίας του Πλάτωνα στην εξέλιξη της Φυσικής. Στη μεγάλη αυτή Σχολή των Αθηνών, η οποία για κάπου χίλια χρόνια αποτελούσε ένα από τα μεγαλύτερα πνευματικά κέντρα, γινόταν επιστημονικές συζητήσεις που αφορούσαν και τη Φυσική. Για τον Πλάτωνα, το αντικείμενο της επιστήμης είναι ένας μικτός κόσμος, ούτε καθαρά αισθητός, ούτε καθαρά νοητός, που συλλαμβάνεται με τη μαθηματική και λογική σκέψη. Είναι ένας κόσμος, ανάμεσα στον τέλειο κόσμο των ιδεών και στον ατελή κόσμο των αισθήσεων, που είναι ατελές αντίγραφο του κόσμου των ιδεών και μετέχει των ιδεών (μέθεξη). Ο Πλάτων και οι μαθητές του έθιξαν πολλά θέματα Φυσικής και αντιμετώπισαν θετικά την Πειραματική Φυσική. Εκπρόσωποι της Σχολής ήταν, εκτός από τον αρχηγό της Πλάτωνα, ο Σπεύσιππος, ο Ξενοκράτης, ο Φίλιππος ο Οπούντιος, ο Ηρακλείδης ο Ποντικός, ο Εύδοξος ο Κνίδιος.

Στον τομέα της Αστρονομίας, ο Πλάτωνας διαχώρισε τη μαθηματική από την παρατηρησιακή αστρονομία (με τοποθέτηση υπέρ της πρώτης) και ανέδειξε τη σημασία **του προβλήματος της εξήγησης των κινήσεων των πλανητών**, θέτοντας την προϋπόθεση ότι αυτή πρέπει να γίνεται μόνο με ομαλές κυκλικές κινήσεις. Με βάση αυτήν την προϋπόθεση προέκυψε το ευφύες **μοντέλο των ομόκεντρων σφαιρών του Ευδόξου**. Από την άλλη, υπήρχε η ιδέα της ημερήσιας περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της του Ηρακλείδη από τον Πόντο, που ήταν μέλος της Ακαδημίας του Πλάτωνα, ιδέα που μείωνε τον αριθμό των ουράνιων κινήσεων που έπρεπε να εξηγηθούν, αλλά δεν έτυχε αποδοχής στην αρχαιότητα. Υποστήριξε επίσης την ενδιάμεση μεταξύ γεωκεντρικού και ηλιοκεντρικού ηλιακού συστήματος άποψη, ότι ο Ερμής και η Αφροδίτη περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο, αλλά οι υπόλοιποι πλανήτες και ο Ήλιος γύρω από τη Γη.

Από την άλλη, ο Αριστοτέλης υπήρξε «ο μεγαλύτερος συστηματικός νους του κόσμου». Στην ιστορία των επιστημών αποτέλεσε για περισσότερο από δύο χιλιάδες χρόνια μια αυθεντία, που παρόμοια δε γνώρισε η δυτική σκέψη. Ιδιαίτερα η διδασκαλία του για την κίνηση και η κοσμολογία του δεν ξεπεράστηκαν οριστικά παρά μόνο το 17ο αιώνα (χρειάστηκε γι' αυτό να γίνει η λεγόμενη «επιστημονική επανάσταση»). Υπήρξε όχι μόνο φιλόσοφος, αλλά και θεμελιωτής των επιστημών. Το έργο του είναι μια εγκυκλοπαίδεια της αρχαίας ελληνικής σκέψης σε θέματα λογικής, φιλοσοφίας, θεολογίας, φυσικής, βιολογίας, αστρονομίας, ψυχολογίας, πολιτικής και ποίησης.

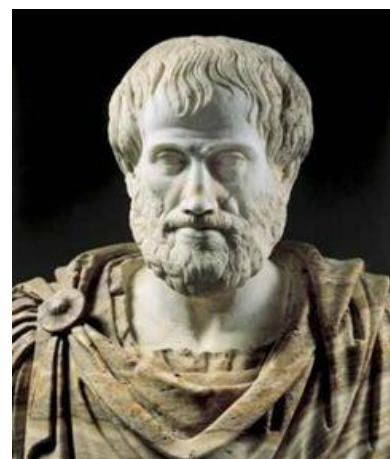


Βιογραφία του Αριστοτέλη (384 - 322 π.Χ.)

Ο Αριστοτέλης γεννήθηκε μεταξύ Ιουλίου και Δεκεμβρίου του έτους 384 π.Χ. στα Αρχαία Στάγειρα της Χαλκιδικής. Ο πατέρας του Νικόμαχος ήταν γιατρός του βασιλιά της Μακεδονίας Αμύντα Γ'. Η μητέρα του ονομαζόταν Φαιστίς, είχε έρθει με Χαλκιδικείς αποίκους στα Στάγειρα και ανήκε στο γένος των Ασκληπιαδών.

Στην ακαδημία του Πλάτωνα

Ο Αριστοτέλης πρόωρα ορφάνεψε από πατέρα και μητέρα και την κηδεμονία του ανέλαβε ο φίλος του πατέρα του Πρόξενος, που ήταν εγκαταστημένος στον Αταρνέα της μικρασιατικής Αιολίδας, απέναντι από τη Λέσβο. Ο Πρόξενος, που φρόντισε τον Αριστοτέλη σαν δικό του παιδί, τον έστειλε στην Αθήνα σε ηλικία 17 ετών (367 π.Χ.), για να γίνει μαθητής του Πλάτωνα. Έτσι, ο Αριστοτέλης σπούδασε στην Ακαδημία του Πλάτωνα επί 20 χρόνια (367 - 347), μέχρι τη χρονιά δηλαδή που πέθανε ο δάσκαλός του. Στο περιβάλλον της Ακαδημίας άφηγε κατάπληκτους όλους και τον ίδιο το δάσκαλό του, με την ευφυΐα του. Ο Πλάτωνας τον ονόμαζε «νουν της διατριβής» και το σπίτι του «οίκον αναγνώστου».



Ο Αριστοτέλης στην Άσσο και μετά στη Μυτιλήνη με το Θεόφραστο

Όταν το 347 π.Χ. πέθανε ο Πλάτωνας, προέκυψε θέμα διαδόχου στη διεύθυνση της σχολής. Επικρατέστεροι για το αξίωμα ήταν οι τρεις καλύτεροι μαθητές του Πλάτωνα, ο Αριστοτέλης, ο Ξενοκράτης και ο Σπεύσιππος. Εκλέχθηκε ο Σπεύσιππος, που είχε μαθηματικό προσανατολισμό. Ο Αριστοτέλης τότε μαζί με τον Ξενοκράτη εγκατέλειψε την Αθήνα και εγκαταστάθηκαν στην Άσσο, πόλη της μικρασιατικής παραλίας απέναντι από τη Λέσβο. Στην Άσσο ο Αριστοτέλης δίδαξε τρία χρόνια. Συνδέθηκε στενά με τον ηγεμόνα Ερμία και τον επηρέασε τόσο, ώστε η τυραννία του να καταστεί πραότερη και

δικαιότερη. Ο Αριστοτέλης είχε παντρευτεί την ανιψιά και θετή κόρη του Ερμιά, την Πυθιάδα, από την οποία απέκτησε κόρη που πήρε το όνομα της μητέρας της (αργότερα στην Αθήνα, μετά το θάνατο της πρώτης του συζύγου, ο Αριστοτέλης θα συνδεθεί με τη Σταγειρίτισσα Ερπυλλίδα, από την οποία θα αποκτήσει ένα γιο, το Νικόμαχο). Το 345 π.Χ. ο Αριστοτέλης, ακολουθώντας τη συμβουλή του μαθητή του Θεόφραστου, πέρασε απέναντι στη Λέσβο και εγκαταστάθηκε στη Μυτιλήνη, όπου έμεινε και δίδαξε μέχρι το 342 π.Χ.

Δάσκαλος του Μεγάλου Αλεξάνδρου

Το 342 π.Χ. τον προσκάλεσε ο Φίλιππος στη Μακεδονία, για να αναλάβει τη διαπαιδαγώγηση του γιου του Αλέξανδρου, που ήταν τότε μόλις 13 χρονών. Ο Αριστοτέλης άρχισε με προθυμία το έργο της αγωγής του νεαρού διαδόχου. Φρόντισε να του μεταδώσει το πανελλήνιο πνεύμα και χρησιμοποίησε ως παιδευτικό όργανο τα ομηρικά έπη. Η εκπαίδευση του Αλέξανδρου γινόταν άλλοτε στην Πέλλα και άλλοτε στη Μίεζα, μια κωμόπολη της οποίας τα ερείπια έφερε στο φως η αρχαιολογική σκαπάνη: βρισκόταν στους πρόποδες του βουνού πάνω στο οποίο είναι χτισμένη η σημερινή Νάουσα της Μακεδονίας. Εκεί το 341 π.Χ. πληροφορήθηκε το θάνατο του Ερμιά.



Ο Αριστοτέλης διδάσκει τον Αλέξανδρο

Η ίδρυση του Λυκείου

Ο Αριστοτέλης έμεινε στη μακεδονική αυλή έξι χρόνια. Όταν ο Αλέξανδρος συνέτριψε την αντίσταση των Θηβαίων και αποκατέστησε την ησυχία στη νότια Ελλάδα, ο Αριστοτέλης πήγε στην Αθήνα (335 π.Χ.) και ίδρυσε δική του φιλοσοφική σχολή. Για να εγκαταστήσει τη σχολή του διάλεξε το **Λύκειο**. Το Λύκειο ήταν ένα από τα γυμνάσια της Αθήνας, δηλαδή τους χώρους έξω από τα τείχη, κοντά όμως στην πόλη, όπου σύχναζαν και αθλούνταν οι νέοι. Στα γυμνάσια όμως σύχναζαν και πολλοί σημαντικοί άνθρωποι των γραμμάτων και των τεχνών, που συζητούσαν τόσο μεταξύ τους, όσο και με τους νέους. Την ονομασία του το Λύκειο την οφείλει στο Λύκειο Απόλλωνα, στον οποίο ήταν αφιερωμένο. Στο χώρο αυτό δίδασκε ήδη από τον 5ο αι. π.Χ. ο Σωκράτης. Ήταν σε μια ειδυλλιακή δενδρόφυτη περιοχή στους πρόποδες του Λυκαβηττού, κοντά στην όχθη του Ιλισού ποταμού. Εκεί ο Αριστοτέλης δίδασκε τους μαθητές του και συνομιλούσε με τους συνεργάτες του **περπατώντας** κατά την παράδοση. Γι' αυτό το λόγο η φιλοσοφική σχολή που ίδρυσε ονομάστηκε και



Χάρτης της Αθήνας που δείχνει τη θέση του Λυκείου (από υποστηρικτικό εκπαιδευτικό υλικό για το μάθημα «Ανθολόγιο Φιλοσοφικών Κειμένων» Γ' Γυμνασίου)

Περιπατητική. Η οργάνωση της σχολής είχε γίνει κατά τα πρότυπα της Πλατωνικής Ακαδημίας. Τα μαθήματα ήταν: α) Ακροαματικοί λόγοι, πρωινή διδασκαλία για τους προχωρημένους μαθητές (τους παλιότερους και καλύτερους μαθητές), που περιλάμβαναν τη συστηματική φιλοσοφία του Αριστοτέλη, καθώς και θεωρίες άλλων φιλοσόφων και β) Εγκύκλιοι λόγοι ή λόγοι προς το κοινό, μαθήματα εισαγωγικά περί ρητορικής, φιλοσοφίας, γραμματολογίας με μορφή διαλέξεων για τους αρχάριους, το απόγευμα. Η μεγάλη ευρυμάθεια και η μοναδική ρητορική δεινότητα του Αριστοτέλη προσέλκυσε στο Λύκειο πολλούς μαθητές και ακροατές από όλα τα μέρη της Ελλάδας. Η σχολή είχε μεγάλη βιβλιοθήκη και τόσο καλά οργανωμένη, ώστε αργότερα χρησίμευσε ως πρότυπο για την ίδρυση των βιβλιοθηκών της Αλεξάνδρειας και της Περγάμου. Ο Αριστοτέλης μάζεψε χάρτες και όργανα χρήσιμα για τη διδασκαλία των φυσικών μαθημάτων. Έτσι, σύντομα η σχολή έγινε περίφημο κέντρο επιστημονικής έρευνας. Στα δεκατρία χρόνια που έμεινε ο Αριστοτέλης στην Αθήνα δημιούργησε το μεγαλύτερο μέρος του έργου του, που προκαλεί το θαυμασμό μας με τον όγκο και την ποιοτική του αξία. Είναι άξιο απορίας, το πώς ένας άνθρωπος σε τόσο λίγο χρονικό διάστημα συγκέντρωσε και κατέγραψε τόσες πολλές πληροφορίες.

Στη Χαλκίδα μέχρι το θάνατό του

Το 323 π.Χ. με την είδηση του θανάτου του Μ. Αλεξάνδρου, οι οπαδοί του αντιμακεδονικού κόμματος πίστευαν ότι βρήκαν την ευκαιρία να εκδικηθούν τους Μακεδόνες στο πρόσωπο του Αριστοτέλη. Κατηγορήθηκε για ασέβεια, επειδή όμως κατάλαβε τα πραγματικά κίνητρα και τις αληθινές προθέσεις των μηνυτών του, έφυγε για τη Χαλκίδα προτού γίνει η δίκη του. Εκεί έμεινε στο σπίτι που είχε από τη μητέρα του, μαζί με τη δεύτερη σύζυγό του την Ερπυλλίδα και με τα δύο του παιδιά, το Νικόμαχο και την Πυθιάδα. Ο Αριστοτέλης απεβίωσε μεταξύ πρώτης και εικοστής δευτέρας Οκτωβρίου του έτους 322 π.Χ. στη Χαλκίδα από στομαχικό νόσημα, μέσα σε θλίψη και μελαγχολία. Το σώμα του μεταφέρθηκε στα Στάγειρα, όπου θάφτηκε με εξαιρετικές τιμές. Οι συμπολίτες του τον ανακήρυξαν «οικιστή» της πόλης και έχτισαν βωμό πάνω στον τάφο του. Στη μνήμη του καθιέρωσαν γιορτή, τα «Αριστοτέλεια», και ονόμασαν έναν από τους μήνες «Αριστοτέλειο». Η πλατεία όπου θάφτηκε ορίστηκε ως τόπος των συνεδρίων της βουλής.

Φεύγοντας από την Αθήνα, διευθυντή της σχολής άφησε το μαθητή του Θεόφραστο, που τον έκρινε ως τον πιο κατάλληλο. Έτσι, το πνευματικό ίδρυμα του Αριστοτέλη εξακολούθησε να ακτινοβολεί και μετά το θάνατο του μεγάλου δασκάλου. Με το Θεόφραστο θα σημειωθεί ουσιαστική πρόοδος στις επιστήμες. Αυτός, για πρώτη φορά, θα καθορίσει τα σύνορα και τις σχέσεις φυσικής και μεταφυσικής, μη θεωρώντας την πρώτη υποδεέστερη της δεύτερης όπως ο δάσκαλός του. Έτσι, είχε μεγάλη συνεισφορά στον τομέα της έρευνας, στην οποία θα στηριχτεί αργότερα ο Στράτωνας και θα αναπτύξει την πρακτική του πειράματος.

Ιδέες της φυσικής φιλοσοφίας του Αριστοτέλη

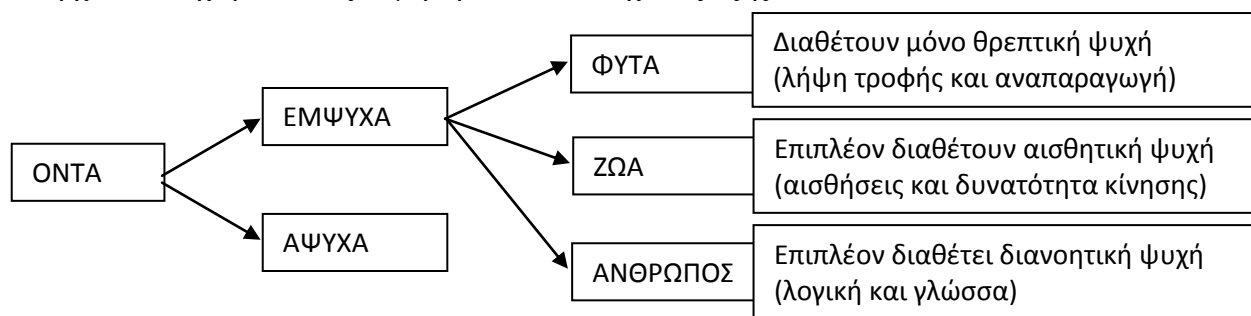
Τόσο οι αρχές του Παρμενίδη για τη λογική, όσο και η μακρόχρονη φοίτηση του στην Ακαδημία του Πλάτωνα, επηρέασαν τον τρόπο σκέψης του Αριστοτέλη και τον οδήγησαν κατ' αρχήν σε μια ιδεαλιστική φιλοσοφία και την παράλληλη περιφρόνηση προς την τεχνική. Παρά την αφοσίωσή του, όμως, στον ιδεαλισμό του Πλάτωνα, η προσέγγιση των φυσικών επιστημών από τον πραγματικό φυσικό κόσμο με βάση τις μαρτυρίες των αισθήσεων και την πολύχρονη προσεκτική παρατήρηση επικράτησαν σταδιακά στην αριστοτελική φυσική. Έτσι, ο Αριστοτέλης αποδεσμεύτηκε από τον ξεχωριστό υπερφυσικό πλατωνικό κόσμο των Ιδεών και έστρεψε το ενδιαφέρον του στην φυσική πραγματικότητα και στην πεποίθηση πως **τη μορφή και τη σημασία του κόσμου θα πρέπει να τις αναζητήσουμε όχι έξω από την ύλη, μα σε στενή σύνδεση μαζί της.**

Η κριτική του Αριστοτέλη, όμως, στη θεωρία των Ιδεών του Πλάτωνα δε σημαίνει ότι δεν επηρεάστηκε από το δάσκαλό του. Υποστήριξε ότι κάθε πράγμα αποτελείται από **ύλη** και **μορφή**, που είναι μεταξύ τους αδιάσπαστα ενωμένα. Η ύλη είναι παθητική, είναι η δυνατότητα του κάθε πράγματος, ενώ η μορφή είναι ενεργητική και μεταβάλλει τη δυνατότητα σε πραγματικότητα. Δηλαδή σε κάθε ον υπάρχει μια ύλη, που έχει πάρει κάποια μορφή.

Ο Αριστοτέλης με το να δέχεται την καταγωγή των γνώσεων από τις αισθήσεις πλησιάζει πολύ τον υλισμό, ενώ με την τυπική λογική βλέπει την αντικειμενική πραγματικότητα «στατικά» και όχι μέσα στην αέναη μεταβολή και κίνησή της. Επιπλέον, ήταν ο φιλόσοφος που διατύπωσε την θεωρία της ύπαρξης του πέμπτου στοιχείου της φύσης. Πρόσθεσε στην τετράδα γη, ύδωρ, αήρ και πυρ τον αιθέρα, ο οποίος θα αποτελέσει την πέμπτη ουσία, την πεμπτούσια. Το στοιχείο αυτό είναι αγέννητο, άφθαρτο και αναλλοίωτο. Επίσης, εντοπίζεται στον «άνω τόπο» όπου κατοικεί η Θεότητα.

Η ταξινόμηση των όντων

Επειδή ο Αριστοτέλης προσπάθησε να κατανοήσει τον κόσμο και τη λειτουργία του, την κοινωνία και τον άνθρωπο, μέσα από τις εμπειρίες και την πραγματικότητα, το πρώτο πράγμα που έκανε ήταν να βάλει σε μια τάξη, να ταξινομήσει τον κόσμο της εμπειρίας, αυτόν που γίνεται αντιληπτός με τις αισθήσεις. Ο φυσικός, ο αισθητός κόσμος αποτελείται κατά τον Αριστοτέλη από αντικείμενα, σώματα («όντα»), που χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι ότι υπάρχουν στο χώρο. Η ταξινόμηση των όντων έχει ως εξής:



Ουσία και συμβεβηκότα

Το βασικό στοιχείο των όντων είναι η **ουσία** τους, εκείνο δηλαδή το βασικό χαρακτηριστικό που αν χαθεί παύει να υπάρχει το ον. Π.χ. η αλλαγή χρώματος σε ένα τραπέζι δεν επηρεάζει την ουσία του και εξακολουθεί να είναι τραπέζι. Αν όμως καεί και γίνει στάχτες, τότε δεν υπάρχει η ουσία του, δεν υπάρχει τραπέζι. Τα όντα πέρα από την ουσία έχουν και 9 ιδιότητες, που ο Αριστοτέλης αποκαλεί **συμβεβηκότα**. Είναι ιδιότητες που συμπτωματικά συνέβη να έχει ένα πράγμα (π.χ. καφέ ή άσπρο, ψηλό ή χαμηλό τραπέζι). Η ουσία και τα συμβεβηκότα αποτελούν τις **κατηγορίες**, με τη βοήθεια των οποίων αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο και μπορούμε να τον εκφράσουμε μέσω του λόγου. Συγκεκριμένα οι κατηγορίες είναι ουσία, ποσότητα, ποιότητα, σχέση, τόπος, χρόνος, θέση, κατάσταση, ενέργεια, πάθημα.

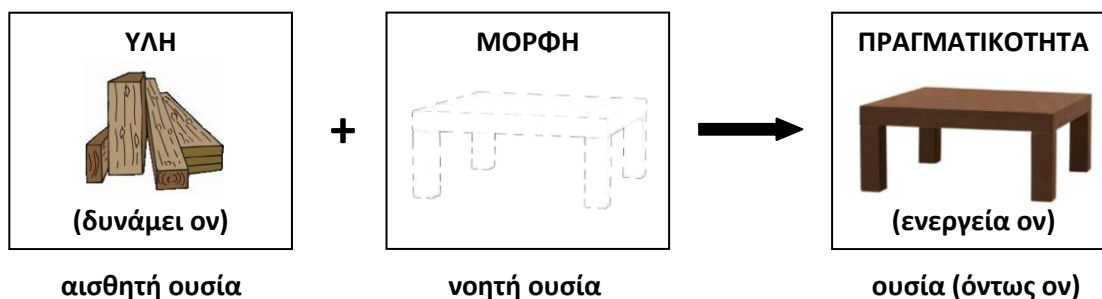
Όλες σχεδόν οι λέξεις που χρησιμοποιούμε, για να σκεφτούμε και να εκφραστήμε (με εξαίρεση τις συνδετικές), μπορούν να ενταχθούν σε μια από αυτές τις κατηγορίες. π.χ. Ο μαθητής (ουσία) τώρα (χρόνος) ερευνά (ενέργεια) στην αίθουσα (τόπος).

Το πρόβλημα της πραγματικότητας – Τα τέσσερα αίτια – Το κινούν ακίνητο

Είδαμε ήδη στους προσωκρατικούς φιλοσόφους το πρόβλημα της πραγματικότητας: από τη μια σκεφτόμαστε τον κόσμο σαν κάτι σταθερό κι από την άλλη παραδεχόμαστε ότι αλλάζει, αφού βλέπουμε τα πάντα να εξελίσσονται και να μεταβάλλονται. Όμως, αφού όλα αλλάζουν και από τη μια στιγμή στην άλλη τίποτε δεν είναι ίδιο, τότε πώς μπορούμε να έχουμε μια άποψη για τον κόσμο, πώς μπορούμε και χρησιμοποιούμε έννοιες και λέξεις που αποδίδουμε σε συγκεκριμένα πράγματα; Ο Ηράκλειτος πίστευε πως τα πάντα μεταβάλλονται, τίποτε δεν είναι σταθερό. Ο Παρμενίδης διατύπωσε τη διαμετρικά αντίθετη άποψη πως τίποτε δε μεταβάλλεται,

πως η αλλαγή και η μεταβολή είναι μια ψευδαίσθηση. Ο Δημόκριτος και ο Πλάτωνας προσπάθησαν να συνδυάσουν αυτές τις απόψεις. Ο Δημόκριτος δέχτηκε πως ο κόσμος αποτελείται από αμετάβλητα, αγέννητα και άφθαρτα μικρά σωματίδια (παρμενίδεια θέση για την έλλειψη μεταβολής) που όμως κινούνται, συγκρούονται μεταξύ τους και η ένωσή τους ή ο χωρισμός τους δημιουργεί τη γένεση και τη φθορά (ηρακλείεια θέση για τη διαρκή μεταβολή). Ο δάσκαλος του Αριστοτέλη Πλάτωνας, όπως είδαμε, έδωσε τη δική του ερμηνεία με τους δύο κόσμους: τον αληθινό, αμετάβλητο κόσμο των Ιδεών που είναι αιώνιες, άφθαρτες, αναλλοίωτες και τον αισθητό κόσμο, όπου τα όντα είναι είδωλα των Ιδεών και γεννιούνται, μεταβάλλονται, πεθαίνουν.

Ο Αριστοτέλης, που ξεκινούσε πάντα από την εμπειρία, δε δέχτηκε ότι η αλήθεια βρίσκεται έξω από το φυσικό κόσμο που αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις (τον αισθητό κόσμο). Όπως έλεγε «είναι αδύνατο να χωριστεί η ουσία από εκείνο του οποίου είναι ουσία». Όλα τα φαινόμενα αποτελούν πραγμάτωση της ουσίας. Το «γίγνεσθαι» είναι η πορεία κατά την οποία η ουσία, διαμέσου της μορφής, μεταβαίνει από την κατάσταση της απλής δυνατότητας στην κατάσταση της πραγματικότητας.



Σε κάθε ενέργεια της μορφής αντιδρά η ύλη (με τη φυσική αναγκαιότητα και με το τυχαίο) κι έτσι η μορφή (που περιέχει το σκοπό) δεν καταφέρνει να πραγματοποιηθεί με απόλυτη ακρίβεια. Πρόκειται όμως για μια διαδικασία συνεχή, με την πραγμάτωση όλο και ανώτερων μορφών προς μία ανώτερη καθαρή μορφή, το «πρώτο κινούν», η οποία είναι η ίδια ακίνητη και δεν ανήκει στον πραγματικό κόσμο, αλλά επηρεάζει τον κόσμο που κινείται προς αυτήν. Η πλήρης εκπλήρωση του σκοπού (τέλους) οδηγεί σε μια τέλεια κατάσταση, που χαρακτηρίζεται ως «εντελέχεια». Η πορεία αυτή, λοιπόν, προς την εντελέχεια χαρακτηρίζει όλο το σύμπαν. Ο κόσμος ως σύνολο είναι ένα **τελολογικό σύστημα**.

Ας κάνουμε πιο συγκεκριμένη την εξήγηση της πραγματικότητας και της αλλαγής από τον Αριστοτέλη. Αυτές καθορίζονται από τη θεωρία του για τα τέσσερα αίτια που είναι α) η ύλη (**υλικό αίτιο**), β) η μορφή (**μορφικό αίτιο**), γ) η ενέργεια (**ποιητικό αίτιο**) και δ) ο σκοπός (**τελικό αίτιο**).

Δυο απλά παραδείγματα είναι τα εξής:

Η κατασκευή ενός τραπέζιού: Το υλικό αίτιο είναι τα ξύλα, το μορφικό αίτιο είναι η μορφή του τραπεζιού, την οποία θα δώσει στα ξύλα ο μαραγκός, το ποιητικό αίτιο είναι η εργασία του και το τελικό αίτιο είναι το τραπέζι, που θα τοποθετήσουμε στο σπίτι μας.

Η αλλαγή στο χρώμα του δέρματος του χαμαιλέοντα, καθώς κινείται από ένα πράσινο φύλο σε ένα γκρίζο κλαδί. Το υλικό αίτιο είναι η ουσία στο δέρμα, που υφίσταται την αλλαγή του χρώματος. Το μορφικό αίτιο εδώ, είναι το σχέδιο της διαδικασίας. Το ποιητικό αίτιο (ενέργεια) είναι η μετάβαση από το φύλο στο κλαδί, που συνοδεύεται από αλλαγή στο ανακλώμενο φως και από μία αντίστοιχη χημική μεταβολή στο δέρμα. Το τελικό αίτιο (σκοπός) είναι ότι ο χαμαιλέοντας δεν θα διακρίνεται από τα αρπακτικά ζώα.

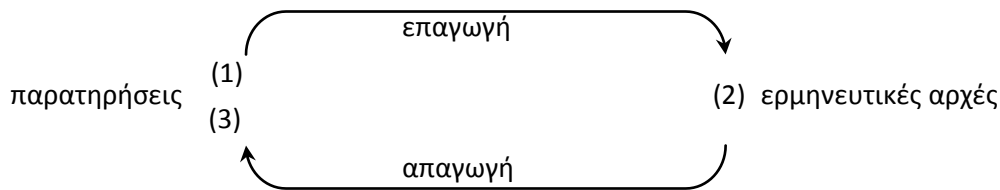
Μέσα στα όρια του κόσμου μας μπορούμε πάντα να ανιχνεύσουμε πίσω από κάθε εξέλιξη αυτό που την κινεί. Από πού, όμως, προέρχεται σε ολόκληρο το σύμπαν η πρώτη ώθηση; Όπως αναφέραμε και παραπάνω, από ένα τέλει ον, πέρα από τον κόσμο της ύλης και της αλλαγής, το

Θεό. Ο Θεός ο ίδιος δεν κινείται (το *κινούν ακίνητον*), δεν εξελίσσεται, δε μεταβάλλεται, αφού αυτά είναι χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ατελούς ύλης. Ο Θεός, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, δεν επεμβαίνει στα πράγματα του κόσμου, γι' αυτό είναι αδιανόητη η έννοια της θείας πρόνοιας.

Η επιστημονική μέθοδος του Αριστοτέλη

Ο Αριστοτέλης θεωρείται θεμελιωτής της **Λογικής**, δηλαδή της επιστήμης εκείνης που μελετά τους κανόνες της νόησης. Τα βασικά είδη του συλλογισμού είναι δύο: ο **επαγωγικός** και ο **απαγωγικός / παραγωγικός**.

Η επιστημονική έρευνα, κατά τον Αριστοτέλη, είναι μια διαδικασία που πηγαίνει από τις παρατηρήσεις στις γενικές ερμηνευτικές αρχές και επιστρέφει πάλι πίσω στις παρατηρήσεις. Αυτή η επαγωγικο-απαγωγική μέθοδος παριστάνεται ως εξής:



Ένα παράδειγμα του επαγωγικού σταδίου είναι το επιχείρημα **απλής απαρίθμησης**, όπου οι υποθέσεις και το συμπέρασμα έχουν τους ίδιους περιγραφικούς όρους. Π.χ.

- Ο Ερμής περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο
- Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο
- Ο Άρης περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο
- Η Αφροδίτη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο

.....
 Ο Ερμής, η Γη, ο Άρης, η Αφροδίτη, ... είναι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος

ΑΡΑ Όλοι οι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος περιστρέφονται γύρω από τον ήλιο.

Ένα άλλο είδος επαγωγής είναι η **διαισθητική επαγωγή** και είναι ζήτημα ενόρασης. Ένα παράδειγμα που δίνει ο Αριστοτέλης είναι η περίπτωση ενός επιστήμονα, ο οποίος σε διάφορες περιστάσεις παρατηρεί ότι η φωτεινή πλευρά της Σελήνης είναι στραμμένη προς τον Ήλιο και καταλήγει στο ότι η Σελήνη φέγγει με το φως του Ήλιου που ανακλά.

Στο **απαγωγικό** στάδιο, οι γενικεύσεις χρησιμοποιούνται ως υποθέσεις για την παραγωγή προτάσεων που αφορούν τις αρχικές παρατηρήσεις. Για τις προτάσεις που μπορούν να εμφανίζονται ως υποθέσεις, ο Αριστοτέλης έθεσε περιορισμούς και επέτρεψε εκείνες που βεβαιώνουν ότι μια τάξη περικλείεται σε ή αποκλείεται από μια δεύτερη τάξη. Θεώρησε πιο σημαντικές τις προτάσεις του τύπου «όλα τα Α είναι Σ». Παράδειγμα τέτοιου συλλογισμού είναι:

- Όλοι οι άνθρωποι είναι θνητοί
- Ο Σωκράτης είναι άνθρωπος

ΑΡΑ Ο Σωκράτης είναι θνητός.

Οι προτάσεις που χρησιμοποιούμε για να φτάσουμε στο συμπέρασμα λέγονται προκείμενες και πρέπει να είναι αληθείς.

Ο Αριστοτέλης και τα μαθηματικά

Με βάση το τελολογικό του σύστημα, ο Αριστοτέλης άσκησε κριτική στους ατομικούς, υποστηρίζοντας ότι αγνοούσαν τις τελικές αιτίες και στους Πυθαγόρειους, υποστηρίζοντας ότι η προσέγγισή τους «πάσχει» από την αποκλειστική ενασχόληση με τις μορφικές αιτίες. Αναγνώριζε, όμως, τη σημασία των αριθμητικών και γεωμετρικών σχέσεων στη φυσική και ξεχώρισε μια ομάδα επιστημών (αστρονομία, οπτική, αρμονική, μηχανική), αντικείμενο των

οποίων είναι οι μαθηματικές σχέσεις ανάμεσα σε φυσικά φαινόμενα. Για τις επιστήμες αυτές έκανε διάκριση ανάμεσα στα εφαρμοσμένα μαθηματικά και στα καθαρά μαθηματικά.

Η κοσμολογία του Αριστοτέλη

Στην κοσμολογία του Αριστοτέλη, ο κόσμος είναι πεπερασμένος, κλειστός και ιεραρχημένος. Το κοσμολογικό σύστημα του Αριστοτέλη έχει στο κέντρο του τη **σφαιρική Γη** και γύρω της σε ουράνιες σφαίρες βρίσκεται η Σελήνη, ο Ήλιος, οι πλανήτες (Ερμής, Αφροδίτη, Άρης, Δίας, Κρόνος), η σφαίρα των απλανών αστερών και τέλος η σφαίρα της πρώτης κινούσας δύναμης. Στη Γη, στον «**υποσελήνιο τόπο**», κυριαρχεί η μεταβολή, η αλλοίωση, η γένεση και η φθορά. Στον «**υπερσελήνιο τόπο**» οι πλανήτες εκτελούν την τέλεια κυκλική κίνηση γύρω από τη σφαιρική Γη. Για να εξηγήσει τις κυκλικές κινήσεις και να τις προσαρμόσει στις εμπειρικές παρατηρήσεις, ο Αριστοτέλης δέχτηκε ένα σύστημα από ουράνιες σφαίρες που ρυθμίζουν αυτές τις κινήσεις.

Στον «υποσελήνιο τόπο» εμφανίζονται τα ζεύγη των **ποιοτήτων** «θερμό-ψυχρό» και «ξηρό-υγρό». Αυτά, ανά δύο, δημιουργούν τα τέσσερα **πρωταρχικά στοιχεία** γη, ύδωρ, αήρ και πυρ. Τα υλικά των επίγειων σωμάτων και οι κινήσεις θα αναλυθούν περισσότερο σε ξεχωριστή ενότητα.

Στα έργα του Αριστοτέλη διερευνούνται ακόμη οι έννοιες του απείρου, του τόπου, του κενού (**κατά τον Αριστοτέλη δε μπορεί να υπάρξει κενό**), του χρόνου κ.ά.

Οι απόψεις του Αριστοτέλη για την κινηματική και τη δυναμική, μετά την επανα-ανακάλυψη των απόψεών του από τη δυτική διάνοηση, επηρέασαν τη σκέψη των φυσικών επιστημόνων μέχρι την Αναγέννηση.

Βιολογία

Όσον αφορά στη Βιολογία, ο Αριστοτέλης στα έργα του περιλαμβάνει την περιγραφή των φαινομένων της ζωής κάθε μορφής ζώων, ανατομικές περιγραφές πολλών ζώων κ.ά. Οι περιγραφές αυτές (όπως για τους τέσσερις θαλάμους του στομάχου των μηρυκαστικών) δείχνουν ότι είχε εκτελέσει ανατομίες. Κατατάσσει τα ζώα σε «έναιμα» και «άναιμα». Γνωρίζει ότι τα κήτη πρέπει να κατατάσσονται στα θηλαστικά, αλλά δε γνωρίζει το νευρικό σύστημα και την αξία του εγκεφάλου. Ως κέντρο του ζώου θεωρεί την καρδιά.

Παρά τις εσφαλμένες σε πολλά σημεία αντιλήψεις του, το έργο που άφησε και η επιστημονική γνώση της εποχής του που συγκέντρωσε, δίκαια του προσφέρουν θέση στο πάνθεον και των φυσικών επιστημόνων. Η προσπάθειά του να συγκεντρώσει και να συστηματοποιήσει όλη τη γνώση της εποχής του, του δίνει τον τίτλο **του πρώτου «πανεπιστήμονα»**.

Το έργο του Αριστοτέλη

Ο Αριστοτέλης δεν έδειξε ενδιαφέρον για τη δημοσίευση των έργων του. Είναι αξιοσημείωτη η ιστορία της διάσωσης του αριστοτελικού έργου. Μετά το θάνατο του Αριστοτέλη, τα έργα του έμειναν στα χέρια του μαθητή του Θεόφραστου, ο οποίος τα άφησε στο φίλο του Νηλέα από τη Σκήψη, μια μικρή πόλη κοντά στην αρχαία Τροία. Από αυτόν, που ήταν και από τους τελευταίους επιζώντες μαθητές του Αριστοτέλη, έμειναν στους κληρονόμους του. Οι απόγονοί τους τα πούλησαν στον Απελλικώνα, έναν βιβλιόφιλο Αθηναίο, τον 1ο π.Χ. αιώνα. Ο Ρωμαίος Σύλλας μετά τον εμφύλιο με το Μάριο και την κατάληψη των Αθηνών το 86 π.Χ. πήρε τη βιβλιοθήκη του Απελλικώνα και τη μετέφερε στη Ρώμη. Εκεί, λίγο πριν να τελειώσει ο 1ος αιώνας π.Χ., τα έργα του Αριστοτέλη δημοσιεύτηκαν από τον Ανδρόνικο, έναν λόγιο από τη Ρόδο.

Ο Αριστοτέλης υπήρξε από τους πολυγραφότερους φιλοσόφους της αρχαιότητας. Τα έργα του κάλυπταν σχεδόν όλους τους τομείς της ανθρώπινης γνώσης. Πολλά από αυτά έχουν χαθεί για πάντα, σώθηκαν όμως τα περισσότερα, που μας επιτρέπουν να γνωρίσουμε τη φιλοσοφία και τη μέθοδο σκέψης του. Οι Αλεξανδρινοί υπολόγιζαν ότι ο Αριστοτέλης έγραψε 400 περίπου συνολικά βιβλία. Τα σωζόμενα έργα του αντιστοιχούν στη διδασκαλία που έκανε στους προχωρημένους μαθητές του και γι' αυτό και είναι γραμμένα σε συνεχή λόγο και όχι σε διάλογο. Αρκετά από τα βιβλία του έχουν υποστεί επεμβάσεις και επεξεργασίες και γενικά η κατάστασή τους δεν είναι καλή.

Τα έργα του Αριστοτέλη, ανάλογα με το περιεχόμενό τους, διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. ΕΡΓΑ ΕΚΛΑΪΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ:

- A) Διάλογοι
- B) Προτρεπτικός (πρώιμο έργο – εγκώμιο της φιλοσοφίας, σώθηκε αποσπασματικά)
- Γ) Ποιήματα (σώθηκαν 3)
- Δ) Επιστολές (σώθηκαν αποσπάσματα).

2. ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ – ΣΥΛΛΟΓΗ ΥΛΙΚΟΥ (Δεν σώζονται)

3. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΕΡΓΑ:

- A) Όργανον ή Λογικά (ανάλυση τρόπων λογικής σκέψης)
 - α) Κατηγορίες (διδασκαλία για την πραγματικότητα και τις 10 κατηγορίες, που χαρακτηρίζουν τα όντα του αισθητού κόσμου)
 - β) Περί Ερμηνείας (πραγματεία για την πρόταση και την κρίση)
 - γ) Αναλυτικά Πρότερα (θεωρία της συλλογιστικής)
 - δ) Αναλυτικά Ύστερα (η απόδειξη και η διαδικασία της)
 - ε) Τοπικά (για τις πιθανές αποδείξεις και για τη διαλεκτική)
 - στ) Περί των Σοφιστικών ελέγχων (διδασκαλία για τις λογικές απάτες και τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να υπερασπιζόμαστε τις θέσεις μας, χωρίς να υποπίπτουμε σε αντιφάσεις)
- B) Φυσικά (έρευνα του φυσικού κόσμου με πραγματείες αστρονομίας, κοσμολογίας κλπ.)
 - α) Φυσική ακρόασις (8 βιβλία με παρουσίαση βασικών θέσεων για την ύλη και την κίνηση)
 - β) Περί Ουρανού (4 βιβλία)
 - γ) Περί γενέσεως και φθοράς (3 βιβλία)
 - δ) Μετεωρολογικά (4 βιβλία)
- Γ) Ψυχολογικά συγγράμματα
 - α) Περί Ψυχής (3 βιβλία με αναφορά στο σώμα και την αθάνατη ψυχή του ανθρώπου, που θεωρούνται ως ύλη και μορφή αντίστοιχα)
 - β) Μικρά Φυσικά (Περί αισθήσεως και αισθητών, Περί μνήμης και αναμνήσεως, Περί ύπνου και εγρηγορήσεως, Περί ενυπνίων, Περί μαντικής της εν τοις

ύπνοις, Περί μακροβιότητας και βραχυβιότητας, Περί ζωής και θανάτου, Περί αναπνοής)

- Δ) Φυσική Ιστορία (πραγματείες, με τις οποίες ο Αριστοτέλης έστρεψε την φιλοσοφική συζήτηση στο γόνιμο έδαφος του αισθητού κόσμου)
- α) Περί τα ζώα ιστορία (10 βιβλία)
 - β) Περί ζώων μορίων (4 βιβλία)
 - γ) Περί ζώων πορείας (1 βιβλίο)
 - δ) Περί ζώων γεννήσεως (5 βιβλία)
- Ε) Μετά τα Φυσικά (14 βιβλία με απόψεις παλαιότερων φιλοσόφων για την αιτία του όντος και τις απόψεις του Αριστοτέλη για τις πρώτες αρχές όλων των όντων «κινουμένων» και «ακινήτων»)
- ΣΤ) Ηθικά συγγράμματα
- α) Ηθικά Ευδήμεια (7 βιβλία)
 - β) Ηθικά μεγάλα (2 βιβλία)
 - γ) Ηθικά Νικομάχεια (10 βιβλία με απόψεις για την ευδαιμονία, το αγαθό, την αρετή και τη φιλία)
- Ζ) Πολιτικά
- α) Πολιτικά (9 βιβλία, πραγματεία για την κοινωνική ζωή του ανθρώπου, τα αίτια και τις προϋποθέσεις της – έκθεση των βασικών τύπων πολιτευμάτων και παρεκτροπών τους και αντιλήψεις για το άριστο πολίτευμα)
 - β) Αθηναίων Πολιτεία (περιγραφή του δημοκρατικού πολιτεύματος της Αθήνας και της προϊστορίας του)
 - γ) Οικονομικά (2 βιβλία)
- Η) Ποιητική Ρητορική ή Τεχνικά
- α) Περί Ποιητικής (σώζεται μόνο το πρώτο βιβλίο με πραγματεία της τραγωδίας και του έπους)
 - β) Ρητορική τέχνη (3 βιβλία, πραγματεία για τα είδη ρητορικών λόγων και τους τρόπους πειθούς)
- Θ) Προβλήματα (περιέχουν προβλήματα από διάφορες περιοχές της γνώσης).

Ο Αριστοτέλης στα 61 χρόνια που έζησε έδωσε πολλά πράγματα στην επιστήμη της Φυσικής, το σημαντικότερο μέρος του έργου του, όμως, το έδωσε μέσα σε 11 χρόνια, από το 334 έως το 323 π.Χ., στη λεγόμενη δεύτερη Αθηναϊκή περίοδο. Στην περίοδο αυτή φαίνεται ότι ολοκληρώνονται τα Φυσικά συγγράμματά του. Πολύ σημαντικό είναι το «Φυσική Ακρόασις», όπου ο φιλόσοφος θέτει τα θεμέλια εκείνου που θεωρεί ότι θα έπρεπε να είναι μια επιστήμη της φύσεως - έργο επιστημολογικό και όχι εφαρμοσμένης επιστήμης με τον τρόπο που είναι τα επόμενα. Στο έργο αυτό εξετάζονται οι πρώτες αρχές και οι ορισμοί της φύσεως και εγείρεται η ιδέα περί ενός πρώτου ακίνητου κινούντος. Επίσης εξετάζονται οι έννοιες του τόπου, του χρόνου, του απείρου και υπάρχει εκτενής ανάλυση της κινήσεως και μεταβολής. Τι κατανοούσε ο Αριστοτέλης με τον ορό «φύσις»; Το θέμα αυτό αναπτύσσεται ακριβέστερα στο βιβλίο Β του έργου, όπου προγραμματικά ο φιλόσοφος ορίζει ότι στην έννοια «φύσιν» υπάγονται όλα όσα έχουν εντός τους μιαν αρχή κινήσεως και μεταβολής, είναι δηλαδή αναπτυσσόμενα.

2B. Η σύσταση της ύλης και τα είδη των κινήσεων, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη

Τα τέσσερα βασικά στοιχεία και η πεμπτουσία

Όπως αναφέραμε, στην κοσμολογία του Αριστοτέλη το σύμπαν είναι μια σφαίρα χωρισμένη σε δύο περιοχές, την υποσελήνια και την υπερσελήνια. Οι δύο αυτές περιοχές είναι πολύ διαφορετικές μεταξύ τους. Καθεμία έχει τους δικούς της νόμους και τη δική της κινητική συμπεριφορά. Ο χώρος πέρα από τη σελήνη είναι αμετάβλητος και άφθαρτος, ενώ στην υποσελήνια περιοχή κυριαρχεί ένα σκηνικό γέννησης, φθοράς, αστάθειας και αλλαγής. Στην υποσελήνια περιοχή εμφανίζονται τα ζεύγη των ποιοτήτων «θερμό-ψυχρό» και «ξηρό-υγρό».

Αυτά, ανά δύο, δημιουργούν τα τέσσερα πρωταρχικά στοιχεία.

Θερμό και ξηρό δίνει πυρ.

Θερμό και υγρό δίνει αέρα.

Ψυχρό και ξηρό δίνει γη.

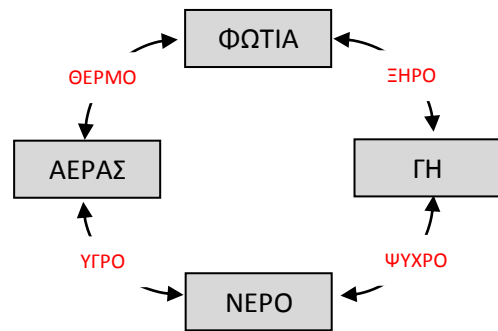
Ψυχρό και υγρό δίνει ύδωρ.

Το υλικό όλων των γήινων σωμάτων προέρχεται από την ανάμιξη των τεσσάρων πρωταρχικών στοιχείων.

Ένα συγκεκριμένο σώμα μπορεί να περιέχει και τα τέσσερα στοιχεία, αλλά κάποιον από τα στοιχεία θα υπερτερεί. Τα τέσσερα στοιχεία (πυρ, αήρ, ύδωρ, γη) δεν πρέπει να τα σκεφτόμαστε σαν όμοια με τα υλικά από τα οποία πήραν το όνομά τους.

Η γήινη (υποσελήνια) περιοχή του κόσμου καλύπτεται πλήρως από τα τέσσερα γήινα στοιχεία: τη γη, το νερό, τον αέρα και τη φωτιά, τα οποία έχουν ξεχωριστές ιδιότητες και διαχωρίζονται σε βαριά και ελαφριά. Η γη και το νερό είναι βαριά (με τη γη να είναι βαρύτερη σε σύγκριση με το νερό) και έχουν την τάση να κινούνται προς το κέντρο του κόσμου. Αντίθετα, ο αέρας και η φωτιά είναι ελαφρά (με τη φωτιά να είναι ελαφρύτερη σε σύγκριση με τον αέρα) και έχουν την τάση να κινούνται προς τα όρια της υπερσελήνιας περιοχής. Σε μια ιδανική περίπτωση, αν υπήρχαν τα τέσσερα στοιχεία σε πλήρη καθαρότητα και αν τα τέσσερα στοιχεία είχαν ολοκληρώσει τις φυσικές κινήσεις τους, στη γήινη περιοχή του κόσμου θα διαμορφώνονταν τέσσερις ομόκεντρες σφαίρες, στην καθεμία από τις οποίες θα είχε καταλήξει και θα βρισκόταν σε κατάσταση ηρεμίας το καθένα από τα τέσσερα στοιχεία. Οι σφαίρες αυτές θα ήταν κατά σειρά (από μέσα προς τα έξω) οι εξής: η σφαίρα της γης, η σφαίρα του νερού, η σφαίρα του αέρα και η σφαίρα της φωτιάς (σχήμα σελ. 62). Έτσι, καθένα από τα τέσσερα στοιχεία έχει τη «φυσική του θέση» στην υποσελήνια περιοχή.

Στην υπερσελήνια περιοχή, τα ουράνια σώματα δεν αποτελούνται από τα τέσσερα στοιχεία αλλά μόνο από μια πέμπτη ουσία (πεμπτουσία) τον αιθέρα.



Τα τρία είδη των κινήσεων στην αριστοτελική φυσική

Για τις κινήσεις ο Αριστοτέλης είχε αναπτύξει μια θεωρία που άσκησε μεγάλη επιρροή και, συνάμα, δέχθηκε πολλές κριτικές. Τον όρο «κίνησις» τον χρησιμοποιεί με πολύ ευρύτερη σημασία από αυτή που του αποδίδουμε σήμερα. Για τον Αριστοτέλη ο όρος αυτός μπορεί να σημαίνει: α) Αλλαγή της ουσίας (γένεσις και φθορά). β) Αλλαγή του μεγέθους (αύξεις και φθίσις). γ) Αλλαγή της ποιότητας (αλλοίωσις). δ) Μετατόπιση. Το θέμα μας είναι η κίνηση με την τέταρτη σημασία του όρου, δηλαδή η μετατόπιση.

ΟΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΠΟΣΕΛΗΝΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Η αριστοτελική θεωρία της κίνησης στην υποσελήνια περιοχή βασίζεται σε δύο θεμελιώδεις αρχές:

1η αρχή: Η κίνηση δεν είναι ποτέ αυθόρμητη. Πίσω από κάθε κίνηση υπάρχει η επενέργεια μιας ενεργούσας δύναμης (**κινούν**), η οποία βρίσκεται σε συνεχή επαφή με το κινούμενο σώμα, δηλαδή:

«Κάθε κίνηση απαιτεί αίτιο»

Το κινούν είναι πάντα διακριτά ξεχωριστό από το κινούμενο, αν και όχι απαραίτητα φυσικά χωρισμένα.

2η αρχή: Υπάρχουν στην υποσελήνια περιοχή δύο είδη κίνησης: **η φυσική και η βίαιη** (εξαναγκασμένη) κίνηση. Η φυσική κίνηση, δηλαδή η ελεύθερη κίνηση των σωμάτων προς τους φυσικούς τόπους τους είναι ευθύγραμμη και η διεύθυνσή της είναι πάντοτε κατακόρυφη. Η βίαιη (εξαναγκασμένη) κίνηση, δηλαδή η κίνηση που γίνεται υπό την επίδραση μιας εξωτερικής δύναμης και υποχρεώνει το σώμα να παρεκκλίνει από τη φυσική κίνησή του, μπορεί να είναι και αυτή ευθύγραμμη, η διεύθυνσή της όμως δεν είναι απαραίτητο να είναι πάντοτε κατακόρυφη. Ας δούμε πώς με βάση τις δύο βασικές αρχές πραγματεύεται ο Αριστοτέλης τις δυο κινήσεις στην υποσελήνια περιοχή.

Η ΦΥΣΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

Το κινούν, το αίτιο, στην περίπτωση της φυσικής κίνησης είναι η φύση του σώματος, εξαιτίας της οποίας έχει την τάση να κινείται προς το φυσικό τόπο του, ώσπου όταν φτάσει σ' αυτόν να παραμείνει για πάντα σε ηρεμία.

Οι φυσικοί τόποι, όπως αναφέραμε, είναι οι τέσσερις σφαίρες της γης, του νερού, του αέρα και της φωτιάς και οι κινήσεις προς αυτούς είναι κατακόρυφες. Οι παράγοντες που καθορίζουν την πορεία της φυσικής κίνησης κάθε επίγειου σώματος είναι:

α) η σύστασή του, δηλαδή η αναλογία των τεσσάρων πρωταρχικών στοιχείων που περιέχει και
β) ο τόπος που βρίσκεται το σώμα σε σχέση με τις φυσικές θέσεις των τεσσάρων πρωταρχικών στοιχείων.

Π.χ. μια η πέτρα που έχει σε μεγαλύτερη αναλογία το στοιχείο γη, όταν αφήνεται στον αέρα πέφτει προς τη Γη, ενώ ο ατμός, που περιέχει περισσότερο πυρ, πηγαίνει από τον αέρα προς τα πάνω.

Ειδικότερα, ο Αριστοτέλης διατύπωσε τις εξής δυο προτάσεις, που ρυθμίζουν τη συμπεριφορά των σωμάτων στην περίπτωση της φυσικής κίνησης:

1. Όταν δύο σώματα διαφορετικού βάρους αφήνονται να πέσουν, για να διανύσουν δεδομένη απόσταση απαιτούνται **χρονικά διαστήματα που είναι αντιστρόφως ανάλογα των βαρών τους** (ένα σώμα με διπλάσιο βάρος σε σχέση με ένα άλλο χρειάζεται για την κάλυψη ίσης απόστασης το μισό χρόνο).

2. Αν σώματα του ίδιου βάρους κινούνται με φυσική κίνηση σε μέσα με διαφορετικές πυκνότητες, για να διανύσουν δεδομένη απόσταση απαιτούνται **χρονικά διαστήματα που είναι ανάλογα προς τις πυκνότητες των μέσων** (όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα τόσο πιο αργά κινείται το σώμα).

Θα μπορούσαμε να συνοψίσουμε τις δυο προτάσεις στην πρόταση:

«η ταχύτητα των σωμάτων στις φυσικές κινήσεις είναι ανάλογη με το βάρος τους και αντιστρόφως ανάλογη με την αντίσταση του υλικού μέσου στο οποίο κινούνται»

και να την εκφράσουμε μαθηματικά με τη σχέση

$$v \propto \frac{B}{A}$$

όπου v είναι η ταχύτητα, B το βάρος και A η αντίσταση.

Η ΒΙΑΙΗ (ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ) ΚΙΝΗΣΗ

Βίαη είναι η κίνηση που προκαλείται από μια **εξωτερική δύναμη, η οποία υποχρεώνει το σώμα να κινηθεί σε κάποια διεύθυνση μακριά από το φυσικό τόπο του**. Δηλαδή για την πραγματοποίηση μιας βίαης κίνησης υπεύθυνο είναι κάποιο εξωτερικό κινούν, το οποίο μάλιστα μπορεί να μεταδώσει την ιδιότητα της πρόκλησης κίνησης και στον αέρα που περιβάλλει το αντικείμενο. **Αν ένα σώμα κινείται και κάποια στιγμή πάψει να ασκείται δύναμη, τότε αυτό αμέσως ηρεμεί**, δηλαδή η απουσία δύναμης κάνει το σώμα να επιστρέφει στην φυσική του κατάσταση που είναι η ακινησία.

Οι κανόνες που διέπουν τη συμπεριφορά ενός σώματος που εκτελεί εξαναγκασμένη κίνηση είναι για τον Αριστοτέλη οι εξής:

Αν μια δεδομένη δύναμη F κινεί ενάντια στη φύση του ένα σώμα βάρους B κατά μια απόσταση Γ εντός χρόνου Δ , τότε:

1. Η ίδια δύναμη F θα μετακινήσει ένα σώμα βάρους $\frac{B}{2}$ στην ίδια απόσταση Γ σε χρόνο $\frac{\Delta}{2}$.
2. Η μισή δύναμη $\frac{F}{2}$ θα μετακινήσει το σώμα βάρους B σε απόσταση Γ σε χρόνο 2Δ .
3. Η μισή δύναμη $\frac{F}{2}$ θα μετακινήσει ένα σώμα βάρους $\frac{B}{2}$ στο χρόνο Δ κατά απόσταση Γ .

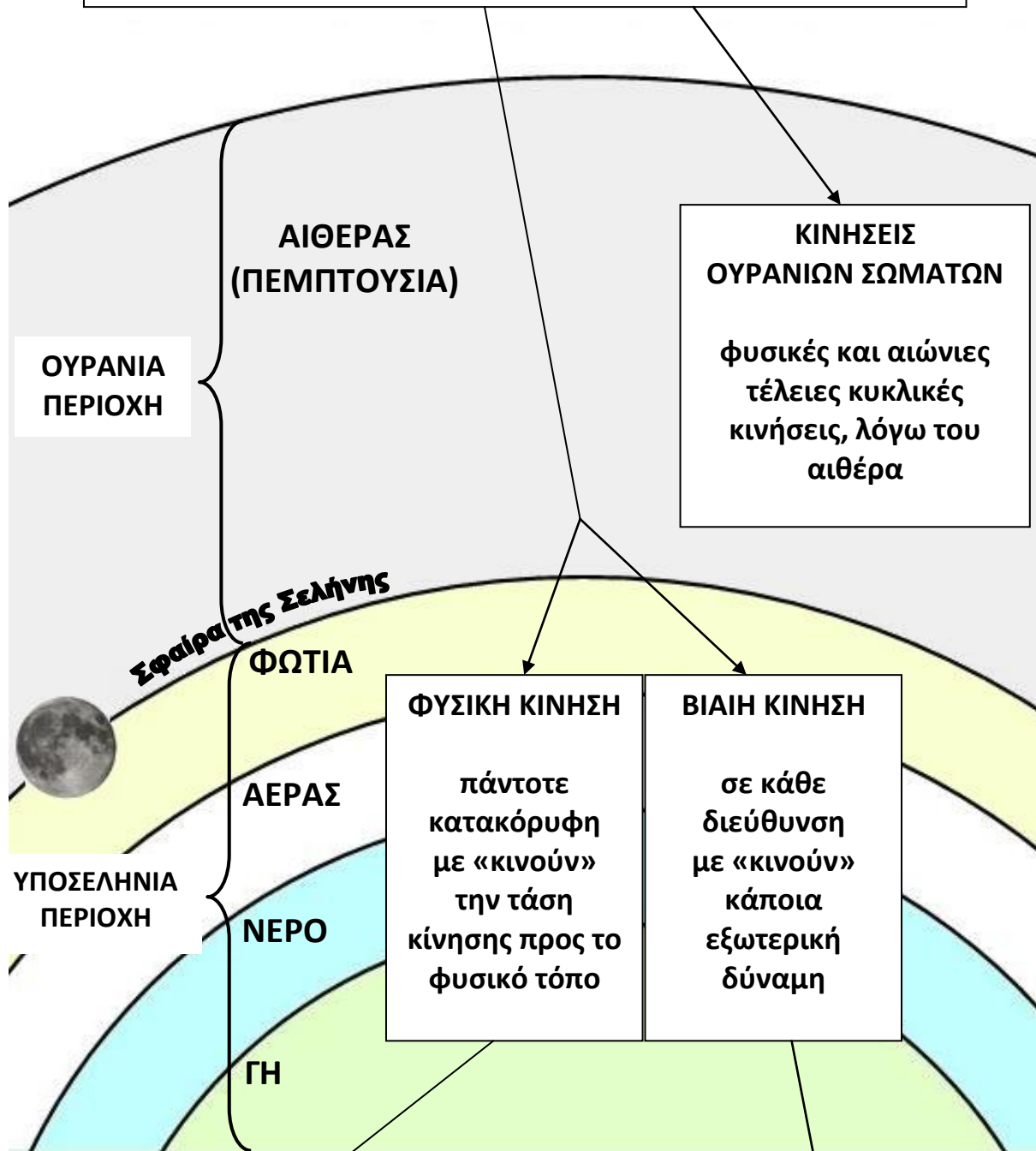
Με τους κανόνες αυτούς ο Αριστοτέλης ουσιαστικά **συνδέει την ταχύτητα στις βίαιες κινήσεις με την εξωτερική δύναμη** (η ταχύτητα είναι ανάλογη της δύναμης) και με την αντίσταση του μέσου στο οποίο γίνεται η κίνηση (η ταχύτητα είναι αντιστρόφως ανάλογη της αντίστασης του μέσου).

Επίσης, με σημερινή ορολογία θα λέγαμε ότι ο Αριστοτέλης δεχόταν μόνο δυνάμεις «εξ επαφής» και αρνιόταν τις δυνάμεις «εξ αποστάσεως».

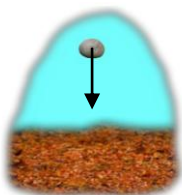
ΟΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΥΡΑΝΙΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Ο Αριστοτέλης υποστήριζε ότι τα ουράνια σώματα δεν αποτελούνται από τα τέσσερα γήινα στοιχεία, αλλά από ένα πέμπτο στοιχείο, μια πέμπτη ουσία (πεμπτουσία) - τον αιθέρα. Πώς οδηγήθηκε σ' αυτό; Το πρόβλημα, όπως το έβλεπε ο ίδιος, ήταν να ερμηνευθούν οι ιδιαίτερου είδους φυσικές και αιώνιες κινήσεις των ουράνιων σωμάτων, τα οποία μεταφέρονται κυκλικά, εκτελώντας ομαλές κυκλικές τροχιές. Αυτές δεν μπορούν να ανήκουν στις βίαιες κινήσεις και πρέπει να είναι φυσικές. Άρα ένα σώμα του οποίου η φυσική κίνηση είναι η κυκλική κίνηση δε μπορεί να ταυτίζεται με κανένα από τα τέσσερα (γήινα) στοιχεία, ούτε να είναι κάποιος συνδυασμός αυτών των στοιχείων, γιατί οι φυσικές κινήσεις αυτών των στοιχείων είναι να πηγαίνουν προς τα πάνω ή προς τα κάτω και αν κάποτε συμβαίνει να κινούνται κυκλικά, όπως για παράδειγμα όταν περιστρέφουμε μια πέτρα δεμένη σε ένα σχοινί, η κίνηση αυτή δεν είναι φυσική αλλά βίαη (εξαναγκασμένη). Υπάρχει, λοιπόν, ένα **πέμπτο στοιχείο, η φυσική συμπεριφορά του οποίου είναι να κινείται εκτελώντας συνεχώς κυκλική κίνηση**. Αυτό είναι το κύριο θεωρητικό επιχείρημα που χρησιμοποιεί ο Αριστοτέλης για να υποστηρίξει την ύπαρξη του αιθέρα.

ΟΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ



ΠΕΤΡΑ



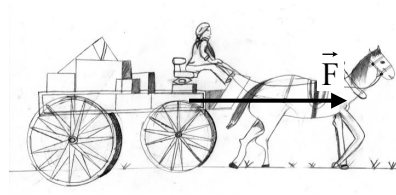
επικρατών στοιχείο γη:
κίνηση προς τα κάτω

ΑΤΜΟΣ



επικρατών στοιχείο φωτιά:
κίνηση προς τα πάνω

ΚΑΡΟ



η ταχύτητα είναι ανάλογη
με τη δύναμη του αλόγου

Ερμηνεία «επίγειων» φαινομένων με την αριστοτελική φυσική

1. Η πτώση των σωμάτων.

Ανήκει στις φυσικές κινήσεις. Έχουμε αναφέρει παραπάνω τον κανόνα του Αριστοτέλη που συνδέει την κινητική συμπεριφορά των σωμάτων, όταν αφήνονται να πέσουν, με το βάρος τους και ισχυρίζεται ουσιαστικά ότι **η ταχύτητα είναι ανάλογη του βάρους**. Έχουμε επίσης ήδη αναφέρει σαν παράδειγμα την πτώση μιας πέτρας. Σ' αυτήν επικρατεί το στοιχείο γη και κινείται προς τα κάτω, όπου είναι η φυσική της θέση. Μεγαλύτερο βάρος, όμως, σημαίνει μεγαλύτερη αναλογία του στοιχείου γη στη σύσταση και τότε είναι πιο έντονη η τάση για κίνηση προς τη φυσική θέση. Με άλλα λόγια όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος, τόσο πιο πολύ η πέτρα σπεύδει να συναντήσει το στοιχείο της (τη γη).

Άρα τα βαρύτερα σώματα πέφτουν γρηγορότερα.

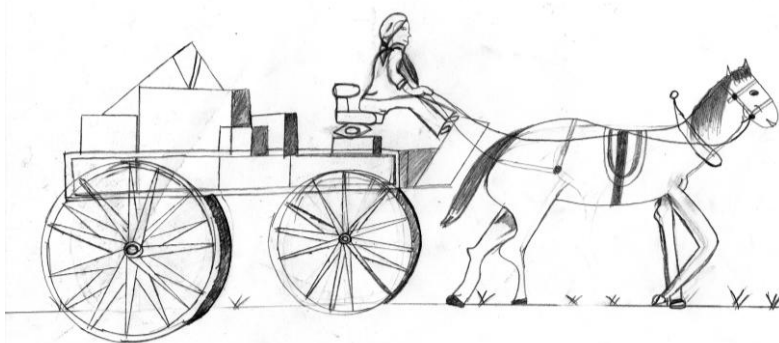
Όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο, στην ελεύθερη πτώση στο κενό αυτό δεν ισχύει. Όμως η αριστοτελική φυσική είναι πολύ κοντά στην καθημερινή μας εμπειρία και πράγματι, όταν η πτώση γίνεται εντός ενός μέσου, π.χ. εντός του αέρα, τα βαρύτερα σώματα πέφτουν γενικά με μεγαλύτερη ταχύτητα από τα ελαφρύτερα, ειδικά όταν δεν είναι μεγάλη η πυκνότητά τους ή πολύ μικρές οι διαστάσεις τους.

2. Ο βρασμός του νερού.

Στο νερό επικρατεί το στοιχείο «ύδωρ». Σε μια ποσότητα νερού που βράζει προστίθεται το στοιχείο «πυρ». Έτσι ο ατμός που προκύπτει, σε μια φυσική κίνηση, ανεβαίνει προς τα πάνω όπου είναι η φυσική του θέση.

3. Η κίνηση του κάρου που σέρνεται από ένα άλογο.

Πρόκειται για βίαιη κίνηση. Συντηρείται από τη δύναμη του αλόγου. Όταν η δύναμη αυτή είναι σταθερή, τότε το κάρο κινείται με σταθερή ταχύτητα. Αν σταματήσει να τραβά το άλογο, τότε το κάρο σταματά. Μεγαλύτερη δύναμη (π.χ. περισσότερα άλογα) θα προσδώσει στο κάρο μεγαλύτερη ταχύτητα.



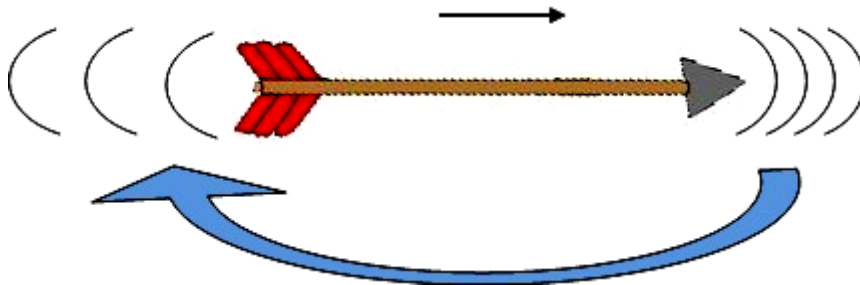
Σκίτσο: Πητσιάνη Χαρίσα

4. Η κίνηση πλοίου που ρυμουλκείται στη θάλασσα.

Πρόκειται για εξαναγκασμένη κίνηση. Το πλοίο ρυμουλκείται πολύ πιο εύκολα όταν είναι άδειο, οπότε βυθίζεται λιγότερο στο νερό και η αντίσταση του υλικού μέσου είναι μικρότερη (η ταχύτητά του είναι αντιστρόφως ανάλογη της αντίστασης του υλικού μέσου). Επίσης η ταχύτητα του πλοίου αυξάνεται όταν ρυμουλκείται από περισσότερα του ενός ρυμουλκά (η ταχύτητα είναι ανάλογη της κινητήριας δύναμης).

5. Η κίνηση ενός βέλους και γενικά οι βολές

Στην κίνηση του βέλους που φεύγει από τη χορδή του τόξου ενός τοξότη, υπήρχε μια δυσκολία που είχε να κάνει με την πρώτη βασική αρχή (απαιτήση για κινούσα δύναμη που είναι σε συνεχή επαφή με το σώμα). Γιατί το βέλος δε σταματά να κινείται αμέσως μόλις χάσει την επαφή του με τη χορδή του τόξου που το εκτόξευσε (εξαναγκασμένη κίνηση), αλλά συνεχίζει μετά την απώλεια της επαφής; Η απάντηση του Αριστοτέλη για το αίτιο που διατηρούσε την κίνηση βρίσκεται στη θεωρία της «**αντιπερίστασης**», σύμφωνα με την οποία το μέσον εντός του οποίου διενεργείται η κίνηση, δηλαδή ο αέρας, αναλαμβάνει το ρόλο του κινούντος. Όταν εκτοξεύουμε ένα βέλος διεγείρουμε ταυτόχρονα το περιβάλλον μέσο, μεταδίδοντάς του τη δύναμη να συνεχίσει να δρα επί του βέλους, με τη διαφορά ότι όσο περισσότερο απομακρύνεται η δύναμη από την αρχική πηγή της, τόσο περισσότερο εξαντλείται. Συγκεκριμένα, ο αέρας συμπιέζεται μπροστά από το βέλος, μετακινείται και σπεύδει να καταλάβει τον χώρο πίσω από το βέλος, για να αποφευχθεί το κενό (**δεν μπορεί να υπάρξει κενό**), ενεργώντας έτσι συνεχώς ως κινούσα δύναμη. Η κίνηση αυτή, που μεταδίδεται από το ένα στρώμα αέρα στο άλλο, δεν γίνεται χωρίς απώλειες κι έτσι μειώνεται βαθμιαία η ικανότητα του αέρα να κινεί το σώμα που εκτοξεύτηκε. Γι' αυτό το βέλος πλησιάζει σταδιακά στη Γη, στην επιφάνεια της οποίας θα πέσει.



Με αυτόν τον τρόπο εξηγούσε ο Αριστοτέλης παρόμοια φαινόμενα, όπως π.χ. την πορεία μιας πέτρας όταν την πετούσε κάποιος άνθρωπος.

2Γ. Συμπεράσματα

Η ιστορία της επιστήμης χρωστά πολλά στο έργο του Αριστοτέλη. Είναι αυτός που δημιούργησε την **επιστημονική σκέψη**, κατηγοριοποίησε τις επιστήμες και υπέδειξε τους κανόνες της **λογικής** και της **επιστημονικής μεθόδου**. Σε ένα τεράστιο έργο, συνόψισε όλες τις κατακτήσεις της αρχαίας ελληνικής σκέψης, μεταξύ άλλων, στους τομείς της φυσικής, της κοσμολογίας και της βιολογίας. Η αριστοτελική φυσική έμελλε να επικρατήσει για πολλούς αιώνες και η επιστήμη της φυσικής, βασισμένη σε αυτήν, έκανε το επόμενο άλμα της πολύ αργότερα, το 16ο αιώνα.

Ο Αριστοτέλης βασίστηκε στα δεδομένα της παρατήρησης και της αισθητικής εμπειρίας, για να εξάγει συμπεράσματα για τη φύση. Έδωσε ουσιαστικά **την πρώτη θεωρία κίνησης που λαμβάνει υπόψη της φυσικές παραμέτρους**, όπως το βάρος των σωμάτων και η αντίσταση του μέσου, και έκανε την **πρώτη προσπάθεια διατύπωσης «νόμων» και απόδοσης όρων της δυναμικής**. Τα συμπεράσματά του εκφράστηκαν με τη μορφή αναλογιών και οδήγησαν σε ένα πλήρες σύστημα ερμηνείας του φυσικού κόσμου, που ήταν σε αρμονία με τον κόσμο της εμπειρίας. Δηλαδή οι κανόνες του Αριστοτέλη για τις επίγειες κινήσεις και η αριστοτελική δυναμική δεν έρχονται σε αντίθεση με τα δεδομένα της παρατήρησης, αλλά αντίθετα, φαίνονται αρκετά εύλογοι και σε συμφωνία με την καθημερινή μας εμπειρία. Γι' αυτό, συνήθως, οι πρώτες ιδέες που αποκτά κάθε άνθρωπος για τη φύση είναι «αριστοτελικές».

Στη φυσική φιλοσοφία του Αριστοτέλη, θα ξεχωρίσουμε τις εξής ιδέες:

α) Το Σύμπαν είναι γεωκεντρικό (στο κέντρο είναι η ακίνητη σφαιρική Γη), πεπερασμένο χωρικά και άπειρο χρονικά. Η Σελήνη, οι πλανήτες, ο Ήλιος και οι απλανείς αστέρες βρίσκονται σε ομόκεντρες σφαίρες, οι οποίες περιστρέφονται γύρω από τη Γη. Οι κινήσεις των ουράνιων σωμάτων είναι φυσικές, αιώνιες, τέλειες κυκλικές κινήσεις. Ο Αριστοτέλης απέδωσε φυσική σημασία στο σύστημα σφαιρών του Ευδόξου, μετατρέποντάς το από καθαρά γεωμετρική κατασκευή σε μηχανική. Είδε το Σύμπαν σαν έναν οργανισμό στον οποίο υπάρχει **σκοπιμότητα**, όπως και στους έμβιους οργανισμούς.

β) Η ύλη είναι συνεχής (σε αντίθεση με την ατομική θεωρία του Δημόκριτου) και αποτελείται στην υποσελήνια περιοχή από τα στοιχεία **γη, νερό, αέρας και φωτιά**.

γ) Η κίνηση είναι θεμελιώδης ιδιότητα της ύλης. Χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η μορφή των σωμάτων, για τις κινήσεις τους πρέπει πάντα **να υπάρχει ένα αίτιο**, είτε αυτό είναι η τάση κίνησης προς το φυσικό τους τόπο, είτε κάποια εξωτερική δύναμη. Ουσιαστικά στον Αριστοτέλη **η δύναμη συνδέεται με την ταχύτητα**, κάτι που κατά την επιστημονική επανάσταση θα αλλάξει και η δύναμη θα συνδεθεί με την επιτάχυνση.

δ) Ο χρόνος στον Αριστοτέλη συνδέεται με την κίνηση. Ενώ όμως οι κινήσεις είναι διαφορετικές, ο χρόνος είναι πάντα ο ίδιος και τελικά κυλά ανεξάρτητα από τις κινήσεις των σωμάτων.

ε) Για την πτώση των σωμάτων το βασικό συμπέρασμα του Αριστοτέλη είναι ότι:

τα βαρύτερα σώματα πέφτουν πιο γρήγορα

ενώ, με σύγχρονες έννοιες, το βασικό συμπέρασμά του για τις βίαιες κινήσεις είναι ότι:

η κίνηση ενός σώματος σε συγκεκριμένο μέσο υπό την επίδραση σταθερής δύναμης, είναι κίνηση με σταθερή ταχύτητα.

στ) Από την αριστοτελική θεωρία για τις επίγειες κινήσεις προκύπτει επίσης ότι:

Η φυσική κατάσταση όλων των επίγειων σωμάτων είναι μόνο η ακινησία.

Κάθε σώμα όταν φτάνει στο φυσικό τόπο του παραμένει σε ηρεμία, ενώ η παύση ενός εξωτερικού κινούντος σημαίνει ακινητοποίηση του σώματος.

Η φύση «απεχθάνεται» το κενό.

Κάθε κίνηση πρέπει να πραγματοποιείται εντός ενός μέσου, με ταχύτητα που είναι αντιστρόφως ανάλογη της πυκνότητας του μέσου. Άρα δεν υπάρχει δυνατότητα κίνησης στο κενό (αφού η

πυκνότητα του κενού είναι μηδέν, η ταχύτητα θα γινόταν απείρως μεγάλη, πράγμα αδύνατο) και δεν υπάρχει στο φυσικό κόσμο το ίδιο το κενό.

Με τη διατύπωση των θεωριών του, δεν θα ήταν υπερβολή να ισχυριστούμε ότι ο Αριστοτέλης δημιούργησε σχεδόν προσωπικά εντελώς καινούργιους γνωστικούς κλάδους.

Το βασικό στοιχείο της αριστοτελικής φυσικής, στο οποίο θα επανέλθουμε σε επόμενα κεφάλαια, είναι ότι:

ΙΣΧΥΟΥΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΣΤΗΝ ΥΠΟΣΣΕΛΗΝΙΑ ΚΑΙ ΥΠΕΡΣΣΕΛΗΝΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ .

Οι κριτικές που ασκήθηκαν κατά καιρούς στην αριστοτελική προσέγγιση της φύσης βασίστηκαν κατά πολύ στην απουσία της πειραματικής διαδικασίας και της χρήσης μαθηματικών σε αυτήν, ενώ συχνά αναφέρεται η άποψη ότι η φυσική ξεκίνησε πραγματικά μετά την απομάκρυνση από τις απόψεις του Αριστοτέλη. Έχουμε ήδη αναφερθεί στο θέμα του πειραματισμού στην αρχαία Ελλάδα (στα συμπεράσματα των προσωκρατικών) και σίγουρα η φυσική του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα δεν είναι ίδια με αυτήν του Αριστοτέλη. Είναι όμως επίσης σίγουρο, ότι οι παραπάνω κριτικές θα έπρεπε να λαμβάνουν υπόψη τους τόσο τα αντικείμενα, τα μέσα, τις ιδιαιτερότητες και τους προβληματισμούς της κάθε εποχής, όσο και τους μεθοδολογικούς σκοπούς των φιλοσόφων - επιστημόνων. Σε κάθε περίπτωση, **δεν μπορούν να αποτελέσουν επιχείρημα κατά των θεμελίων που έθεσε και της τεράστιας προσφοράς που έχει η αρχαία ελληνική φιλοσοφία στη νεώτερη επιστήμη.** Κανείς δεν θα πρέπει να παραβλέπει το γεγονός ότι ο Αριστοτέλης πρόσφερε την πρώτη θεωρία κίνησης, καθώς και μια πρώτη θεωρία βαρύτητας στη φυσική. Άλλωστε, στη σύγχρονη φυσική είναι πολλά τα παραδείγματα θεωριών που διατυπώθηκαν πριν από την πειραματική τους επιβεβαίωση, όπως και θεωριών που ήρθαν να συμπεριλάβουν παλαιότερες θεωρίες και να απαντήσουν σε ερωτήματα στα οποία αδυνατούσαν να απαντήσουν οι παλαιότερες θεωρίες. Αυτό δε σημαίνει ότι οι τελευταίες δεν είχαν τεράστια σημασία στην εποχή τους ή ότι δεν ήταν ένας σημαντικός κρίκος στην αλυσίδα της ιστορίας και της προόδου των επιστημών.

Όπως αναφέρει ο Karl Popper (1902-1994): *«Μια εσφαλμένη θεωρία μπορεί να αποτελεί ένα τόσο μεγάλο επίτευγμα όσο και μια αληθινή. Και πολλές εσφαλμένες θεωρίες συνέβαλαν περισσότερο στην αναζήτηση της αλήθειας από όσο μερικές λιγότερο ενδιαφέρουσες θεωρίες που εξακολουθούν να είναι ακόμη αποδεκτές».*

2Δ. Μετά τον Αριστοτέλη

Η αριστοτελική φυσική ήταν αυτή που επικρατούσε όταν έγινε το επόμενο σημαντικό άλμα της φυσικής πολύ αργότερα, το 16ο μ.Χ. αιώνα, με την επιστημονική επανάσταση, που θα αναλύσουμε στο επόμενο κεφάλαιο. Πώς η φυσική του Αριστοτέλη έφτασε έως εκεί; Τι ακολούθησε μετά τον Αριστοτέλη; Θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά για αυτό το χρονικό διάστημα και θα προσπαθήσουμε να βρούμε κάποιες αιτίες γι' αυτή τη μεγάλη διαχρονικότητα της αριστοτελικής φυσικής.

Τα επιτεύγματα που ακολούθησαν

Από τις αρχές του 3ου π.Χ. αιώνα, η πνευματική εστία του ελληνόφωνου κόσμου μεταφέρθηκε από την Αθήνα στην Αλεξάνδρεια της σημερινής Αιγύπτου, που ήταν η πιο σημαντική από τις 16 πόλεις που ίδρυσε ο Μέγας Αλέξανδρος με αυτό το όνομα. Η Αλεξάνδρεια, με τα δυο φημισμένα ιδρύματα (το μουσείο και τη βιβλιοθήκη), υπό τη διοίκηση των Πτολεμαίων εξελίχθηκε σε πολιτιστικό κέντρο και έγινε για πολλούς αιώνες η πιο σπουδαία εστία επιστημονικής δραστηριότητας σε όλο τον τότε γνωστό κόσμο. Έτσι εγκαινιάστηκε η λεγόμενη **ελληνιστική περίοδος**. Τα επιστημονικά επιτεύγματα της ελληνικής σκέψης **εξειδικεύτηκαν** και προχώρησαν σε βάθος και έκταση κατά τον 3ο και τον 2ο αι. π.Χ.

Σημαντικοί επιστήμονες της ελληνιστικής και της ρωμαϊκής εποχής είναι οι εξής:

- ▶ Ευκλείδης, περ. 325 – 265 π.Χ. (μαθηματικά, οπτική), ο **«πατέρας» της γεωμετρίας**. Το έργο του τα «Στοιχεία» είναι το πιο σημαντικό στην ιστορία των μαθηματικών.
- ▶ Αρίσταρχος ο Σάμιος, 310 – 230 π.Χ. (αστρονομία, μαθηματικά), ο πρώτος που μίλησε για το **ηλιοκεντρικό σύστημα**, το οποίο επανήλθε μετά από 1.800 χρόνια από τον Κοπέρνικο.
- ▶ Αρχιμήδης, 287 – 212 π.Χ. (μαθηματικά, θεωρητική και εφαρμοσμένη μηχανική, υδροστατική, οπτική), με πολύ γνωστή την αρχή του για τη δύναμη της άνωσης.
- ▶ Ερατοσθένης ο Κυρηναίος, 276 – 195 π.Χ. (αστρονομία, γεωγραφία, μαθηματικά), γνωστός για τη **μέτρηση της περιφέρειας της Γης** με αξιοσημείωτη για την εποχή του ακρίβεια.
- ▶ Απολλώνιος ο Περγαίος, περ. 262 – 180 π.Χ. (μαθηματικά, αστρονομία), γνωστός για την εισήγηση του μοντέλου επικύκλου – φέροντος κύκλου για την εξήγηση της κίνησης των πλανητών, που εκτόπισε τις ομόκεντρες σφαίρες του Ευδόξου. Ένα μοντέλο, χαρακτηριστικό της αρχής του «σώζειν τα φαινόμενα».
- ▶ Ίππαρχος, περ. 190 – 120 π.Χ. (αστρονομία, μαθηματικά, γεωγραφία). Εισηγητής, μαζί με τον Απολλώνιο, του μοντέλου επικύκλου – φέροντος κύκλου. Ήταν ο πρώτος μεγάλος παρατηρησιακός αστρονόμος και αστροφυσικός. Ταξινόμησε τα άστρα σε **μεγέθη με βάση τη φωτεινότητά τους**, ταξινόμηση που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα!
- ▶ Ήρων ο Αλεξανδρεύς, 10 – 80 μ.Χ. (μηχανική, γεωμετρία),
- ▶ Λουκρήτιος, 99 – 50 π.Χ., υποστηρικτής της ατομικής θεωρίας.
- ▶ Βιτρούβιος 80 – 10 π.Χ. (αρχιτεκτονική, μηχανική, μετεωρολογία).
- ▶ Πλίνιος, 23 – 79 μ.Χ. (βοτανική, γεωγραφία).
- ▶ Κλαύδιος Πτολεμαίος, 127 – 151 μ.Χ. (αστρονομία, οπτική, γεωγραφία). Το σπουδαιότερο έργο του, η **«Μαθηματική Σύνταξις»** (ή «Μεγίστη»), σώθηκε στα αραβικά ως «Αλμαγέστη» και ήταν το επιστέγασμα των εργασιών του Απολλώνιου και του Ίππαρχου. Πρόκειται για ένα αριστούργημα της αρχαίας αστρονομίας.

Από τον 3ο μ.Χ. αιώνα και μετά, η επιστημονική δραστηριότητα περιορίστηκε στη συγγραφή υπομνημάτων και εξηγήσεων των έργων του παρελθόντος. Στην ελληνική επιστήμη υπήρξε μια διαρκώς φθίνουσα παραγωγή νέων ιδεών και απλά συνοψίστηκε και σχολιάστηκε, για να περάσει αργότερα στους Άραβες (8ος και 9ος μ.Χ. αι.) και μέσω αυτών ή απευθείας από το Βυζάντιο στη Δυτική Ευρώπη (10ος - 13ος μ.Χ. αι.). Σημαντικός παράγοντας για την εξέλιξη αυτή ήταν η ρωμαϊκή κατοχή στην οποία είχε περάσει ο ευρύτερος ελληνιστικός κόσμος, πολύ

περισσότερο όμως η μείωση της εκπαιδευτικής δραστηριότητας (διακοπή της μετάδοσης των γνώσεων) και η επίδραση των φιλοσοφικών και θρησκευτικών κινήματων της εποχής.

Στους πρώτους αιώνες, έως τον 6ο, οι σχολές **της ύστερης αρχαιότητας** (με πιο σημαντικές αυτές της Αθήνας, της Αλεξάνδρειας και της Κωνσταντινούπολης) λειτουργούσαν χωρίς αλλαγές στο περιεχόμενο σπουδών τους. Στη σχολή των Αθηνών είχαν τη διεύθυνση οι Νεοπλατωνικοί με κεντρική διδασκαλία τα μαθηματικά, ως προϋπόθεση για την κατανόηση των προβλημάτων της φιλοσοφίας (πιο σημαντικός εκπρόσωπος ήταν ο **Πρόκλος**), ενώ στη σχολή της Αλεξάνδρειας αντικείμενο ήταν οι επιστήμες καθεαυτές (πιο σημαντικοί ήταν ο **Σιμπλίκιος** και ο **Ιωάννης ο Φιλόπονος**). Κατά τον 5ο και 6ο αιώνα υπήρξε στην Κωνσταντινούπολη ιδιαίτερη ανάπτυξη της μηχανικής (πιο σημαντικοί οι αρχιτέκτονες **Ισίδωρος** και **Ανθέμιος**, που σχεδίασαν και οικοδόμησαν την Αγία Σοφία).

Σε αυτό το διάστημα θα αναφερθούν ξεχωριστά οι εξής:

► Διόφαντος ο Αλεξανδρεύς, περ. 210 – 290 μ.Χ. (μαθηματικά), στον οποίο αποδίδεται το αρχαιότερο εγχειρίδιο άλγεβρας.

► Ο Ιωάννης ο Φιλόπονος ή Γραμματικός, περ. 490 – 570 μ.Χ. (φυσική, κοσμολογία, λογική, μαθηματικά, θεολογία), με πρωτοποριακές για την εποχή του ιδέες, αντίθετες από του Αριστοτέλη, όσον αφορά την αιωνιότητα του κόσμου, την ύπαρξη κενού χώρου, τη θεωρία της αντιπερίστασης και το συσχετισμό δύναμης με την ταχύτητα και την αντίσταση του μέσου. Πολλοί τον θεωρούν πρόδρομο του Γαλιλαίου για τη διατύπωση του νόμου της ελεύθερης πτώσης, ενώ η απάντηση για τη θεωρία της αντιπερίστασης ήταν **η θεωρία της ρύμης** (το βέλος δεν συνεχίζει να κινείται επειδή ο αέρας αναλαμβάνει το ρόλο του κινούντος, αλλά λόγω μιας ωθητικής δύναμης που εντυπώνεται σ' αυτό). Η θεωρία αυτή άνοιξε το δρόμο για τις έννοιες της **ορμής** και της **αδράνειας**.

Γενικά στη βυζαντινή χιλιετία (330 – 1453 μ.Χ.) υπήρχαν εναλλαγές περιόδων άνθησης και στασιμότητας της επιστημονικής δραστηριότητας, που είχαν να κάνουν με τη λειτουργία ή όχι του πανεπιστημίου της Κωνσταντινούπολης. Στους επόμενους αιώνες, μετά τον 6ο, το Βυζάντιο αποτέλεσε σημαντική οδό διάσωσης και μετάδοσης της αρχαίας ελληνικής επιστήμης προς την Ανατολή και προς τη Δύση, όπως και χώρο γόνιμης συνάντησης της ελληνικής με την ακμάζουσα αραβική επιστήμη. Σημαντικές είναι οι προσωπικότητες:

Του Λέοντα του Μαθηματικού ή Φιλοσόφου (9ος αι.), οποίος μεταξύ άλλων επινόησε ένα είδος οπτικού τηλεγράφου και εισήγαγε τη χρήση γραμμάτων στην άλγεβρα.

Του Μιχαήλ Ψελλού (11ος αι.), με έργο στη φυσική, ακουστική, μετεωρολογία, αστρονομία και μαθηματικά.

Του Νικηφόρου Βλεμμύδη (13ος αι.), που έδρασε στην αυτοκρατορία της Νίκαιας, μετά την κατάληψη της Κωνσταντινούπολης από τους Λατίνους.

Του Γεωργίου Παχυμέρη (13ος αι.), με τη σημαντικότερη τετρακτύ που γράφηκε στο Βυζάντιο. Κατά το 14ο αι. έχουμε τη χρυσή περίοδο της Βυζαντινής αστρονομίας (σημαντικοί οι Θεόδωρος Μετοχίτης, Νικηφόρος Γρηγοράς και Θεόδωρος Μελιτινιώτης), με τη συνδρομή της ακαδημίας της Τραπεζούντας, που ίδρυσε ο Γρηγόριος Χιονιάδης, στην οποία μεταφράστηκαν - επιστράφηκαν έργα και γνώσεις της αρχαίας επιστήμης που είχαν διατηρηθεί στον Περσικό κόσμο. Η Βυζαντινή αστρονομία δέχτηκε πολλές ξένες επιδράσεις, που κορυφώθηκαν κατά το 15ο αιώνα. Πέρα από τις διάφορες μεταφράσεις, στα πρωτότυπα έργα ξεχωρίζει η αστρονομία του Γεωργίου Γεμιστού Πλήθωνος.

Η επικράτηση της αριστοτελικής φυσικής

Θα επιχειρήσουμε παρακάτω να κάνουμε μια σύνοψη των γεγονότων, που δείχνει πώς η αριστοτελική φυσική έφτασε μέχρι την επιστημονική επανάσταση.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, τα σπουδαιότερα έργα του Αριστοτέλη έγιναν γνωστά μετά την έκδοσή τους τον 1ο π.Χ. αιώνα από τον **Ανδρόνικο το Ρόδιο**. Στη Ρώμη η επίδρασή του δεν ήταν τόσο μεγάλη. Τον 5ο και 6ο αι. μ.Χ. ο **Βοήθιος**, ο τελευταίος μεγάλος Ρωμαίος φιλόσοφος, μετάφρασε τις *Κατηγορίες* στα λατινικά. Ο αριστοτελισμός κέρδισε τους πρώτους χριστιανούς λόγιους, διότι χάρη στη λογική του ήταν δυνατή η διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου συστήματος θρησκευτικών δογμάτων. Τον 6ο αι. οι απόψεις του **Φιλόπону** καταπολεμήθηκαν από το **Σιμπλίκιο**, τα έργα του οποίου κατέληξαν στους Άραβες. Οι τελευταίοι, θα δείξουν υποστήριξη στις ιδέες του Αριστοτέλη. Τον 7ο αι., μετά την κατάκτηση της Αλεξάνδρειας από τους Άραβες, πολλά από τα χειρόγραφα της βιβλιοθήκης μεταφέρθηκαν στη Δαμασκό, στη Βαγδάτη και στη σχολή των Νεστοριανών και μεταφράστηκαν από τα ελληνικά στα συριακά και αραβικά.

Από τον 9ο μ.Χ. αιώνα ήταν αυτονόητη η μελέτη του Αριστοτέλη στα ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα των Αράβων. Πολλοί σημαντικοί Άραβες φιλόσοφοι σχολίασαν τα έργα του, όπως ο **Αλ-Κίντι**, ο **Αλφαράμπι**, ο **Ιμπν Σίνα** (ο γνωστός στη Δύση ως **Αβικέννας**) και κυρίως ο **Ιμπν Ρουσντ** (**Αβερρόης**). Ο Χαλίφης της Βαγδάτης **Αλ Μαμούν** ήταν ένθερμος υποστηρικτής της φιλοσοφίας και επιθυμούσε να διδάσκεται η αρχαία φιλοσοφία στα πνευματικά ιδρύματα του χαλιφάτου του. Το 830 ο Αλ Μαμούν ίδρυσε στη Βαγδάτη τον «**Οίκο της Σοφίας**», ένα ανώτατο εκπαιδευτικό ίδρυμα, όπου συγκέντρωσε τους πιο σοφούς ανθρώπους του βασιλείου του. Με κάθε μέσο βοήθησε στη συγγραφή φιλοσοφικών έργων και στη μετάφραση των Ελλήνων φιλοσόφων. Οργάνωνε συχνά συζητήσεις ανάμεσα σε φιλοσόφους και του άρεσε να ακούει τα επιχειρήματα και τα αντεπιχειρήματά τους. Μεγάλη ήταν η επίδραση του Αριστοτέλη και στην ιουδαϊκή φιλοσοφία, με σημαντικότερο οπαδό του τον **Μωυσή Μάϊμονίδη** (1138-1204).

Παράλληλα, στο Βυζάντιο επικυρώθηκε η αριστοτελική αυθεντία και προετοιμάστηκε το έδαφος για την επικράτησή της στη Δύση. Τον 11ο αι. με το βυζαντινό λόγιο Μιχαήλ Ψελλό άρχισε η μεγάλη σειρά των αριστοτελικών υπομνηματιστών, που έκλεισε τον 15ο αιώνα.

Τον 12ο αι. αναπτύχθηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό η μελέτη των αριστοτελικών κειμένων, ενώ πολλοί αριστοτελικοί Άραβες φιλόσοφοι (μεταξύ τους ο Αβερρόης) έδρευαν στην Ισπανία. Ο Αβερρόης συνέβαλλε καθοριστικά στην διάδοση του έργου του Αριστοτέλη και γι' αυτόν η θρησκεία και η φιλοσοφία ήταν δύο μορφές προσέγγισης της αλήθειας, χωρίς να έχουν αντιφάσεις. Διάφορες θρησκείες, σε μια ορθολογιστική βάση, προσπάθησαν να συμφιλιώσουν τον Αριστοτέλη με την καθεμιά.

Τον 13ο αι. ξαναγεννήθηκε η πνευματική δραστηριότητα στη Δύση. Πολλά νεοϊδρυθέντα **ευρωπαϊκά πανεπιστήμια** έγιναν σημαντικά κέντρα μάθησης και άρχισε η αναβίωση κειμένων του Αριστοτέλη, γραμμένων στα ελληνικά και στα αραβικά. Οι μεταφράσεις από τα ελληνικά και τα αραβικά όλο και πλήθαιναν στον λατινόφωνο κόσμο και το περιεχόμενο όλων αυτών των κειμένων ήταν μια πρόκληση για τους λόγιους. Έτσι αναγεννήθηκε το ενδιαφέρον για το μεγάλο φιλόσοφο της αρχαιότητας και άρχισε η μεγάλη αριστοτελική επιρροή στη χριστιανική Δύση, στην οποία ο Αριστοτέλης ήταν γνωστός μέχρι τότε, μόνο μέσω των έργων του Κικέρωνα και του Βοηθίου. Αρχικά ο αριστοτελισμός κατέκτησε το **πανεπιστήμιο των Παρισίων** και μετά όλα τα πανεπιστήμια της Δύσης. Έτσι, τα λογικά, επιστημονικά και φιλοσοφικά έργα του Αριστοτέλη σχημάτιζαν τον πυρήνα του προγράμματος σπουδών των ευρωπαϊκών πανεπιστημίων του Μεσαίωνα. Τα έργα του «Φυσική Ακρόασις», «Περί ουρανού», «Μετεωρολογικά» και το «Περί γενέσεως και φθοράς», όπως αυτά περί Λογικής, ήταν θεμελιώδη για τους σπουδαστές των ελευθερίων τεχνών, δηλαδή αυτών που σπούδαζαν Λογική και Επιστήμη. Στον αιώνα αυτό, σημαντικός σχολιαστής των αριστοτελικών κειμένων ήταν ο Άγγλος **Roger Bacon** (1214 - 1294), από τους σημαντικότερους μεσαιωνικούς υποστηρικτές της

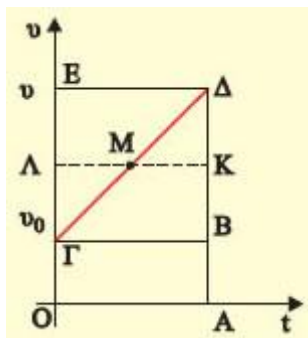
άποψης ότι η παρατήρηση και η πειραματική επιβεβαίωσή της είναι αναγκαίες για την γνώση του φυσικού κόσμου, ενώ ο κορυφαίος στην προσπάθεια αναζήτησης ερεισμάτων υπέρ του χριστιανισμού μέσα από τον Αριστοτέλη ήταν ο Ιταλός Δομινικανός μοναχός **Θωμάς ο Ακινάτης** (1225 - 1274), ο οποίος έτσι δημιούργησε με τη βοήθεια της αριστοτελικής φιλοσοφίας ένα θεολογικό φιλοσοφικό σύστημα, που για πολλά χρόνια ήταν η βάση του καθολικισμού. Ήδη από τον 5ο μ.Χ. αι. ο Άγιος Αυγουστίνος (354 – 430 μ.Χ.), με την άποψη ότι η θρησκεία και η επιστήμη μπορούν να συνυπάρξουν και επηρεασμένος από τον Πλάτωνα (μέσω αυτού αργότερα, όλο το τάγμα των Φραγκισκανών μοναχών) είχε οικοδομήσει θεολογία βασισμένη στα κείμενα του Πλάτωνα. Δημιουργήθηκε, δηλαδή, στους κόλπους της καθολικής εκκλησίας, μετά το πρώτο ρεύμα των Φραγκισκανών μοναχών που ήταν πλατωνικό, και ένα δεύτερο ρεύμα των Δομινικανών που ήταν αριστοτελικό.

Θεώρημα Merton

Αξίζει να αναφερθούμε σε ένα από τα αποτελέσματα των μελετών της περιόδου αυτής, που χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα στη διδασκαλία της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης. Είναι το «Θεώρημα της μέσης ταχύτητας», που ονομάζεται και θεώρημα Merton, επειδή μελετήθηκε στο αντίστοιχο κολλέγιο της Οξφόρδης. Με σύγχρονη ορολογία, το θεώρημα αναφέρεται σε μία κίνηση που είναι ομαλά επιταχυνόμενη με αρχική ταχύτητα v_0 , διαρκεί χρόνο t και έχει τελική ταχύτητα v . Το θεώρημα ορίζει ότι, **το διάστημα που διανύθηκε είναι το ίδιο με αυτό που θα διήνυε στον ίδιο χρόνο άλλο κινητό που θα είχε σταθερή ταχύτητα ίση με τη μέση τιμή των**

ταχυτήτων v_0, v . Δηλαδή η απόσταση αυτή είναι $s = \frac{v_0 + v}{2} t$.

Ενδιαφέρον έχει η ιδιαίτερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την απόδειξη του θεωρήματος από τον Oresme, στο Πανεπιστήμιο του Παρισιού, στις αρχές του 14ου αιώνα. Ο Oresme σκέφτηκε, ότι, εφόσον η ποσότητα $v_0 t$ είναι γινόμενο δύο αριθμών, μπορεί να παρασταθεί με το εμβαδόν ορθογώνιου παραλληλόγραμμου με πλευρές v_0, t , όπως το OABΓ στην εικόνα. Ομοίως, το vt θα είναι το εμβαδόν OADE. Ο Oresme επίσης συμπέρανε, ότι το εμβαδόν OADΓ θα παριστάνει το διάστημα που διανύθηκε από το κινητό που έκανε την επιταχυνόμενη κίνηση.



Πράγματι, αν συνδεθούν τα μέσα των τμημάτων ΓΕ και ΒΔ με το ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ, τα τρίγωνα ΓΛΜ και ΚΔΜ αποδεικνύεται ότι είναι ίσα. Συνεπώς, το εμβαδόν του τραπεζίου OADΓ και του ορθογώνιου OAKL είναι ίσα. Όμως, το εμβαδόν OAKL αντιστοιχεί στο γινόμενο $\frac{v_0 + v}{2} t$, διότι η ΚΛ διέρχεται από τα μέσα των ΒΔ, ΓΕ και $OL = v_0 + \frac{v - v_0}{2} = \frac{v_0 + v}{2}$. Άρα το διάστημα που διανύεται με τη μέση ταχύτητα είναι ίσο με αυτό που διανύεται με ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

(Από το βιβλίο μας της Φυσικής).

Στο κολλέγιο Merton, τον 14ο αι., δόθηκαν οι πρώτες σαφείς περιγραφές για την κίνηση και σαφείς ορισμοί για τα κινηματικά μεγέθη. Στον αιώνα αυτό, εμφανίστηκαν πολλές αμφιβολίες για την ορθότητα αριστοτελικών ιδεών και επανήλθε η θεωρία της **ρύμης**, με την καλύτερη

παρουσία της να γίνεται από το Γάλλο φιλόσοφο **Jean Buridan** (1295 – 1356). Ο Buridan δε δέχτηκε τη θεωρία της αντιπερίστασης. Το κάθε σώμα διατηρεί την κίνησή του και μετά την απώλεια της επαφής, γιατί έχει λάβει την κινητήρια δύναμη από το αρχικό αίτιο και κινείται μέχρι η δύναμη να υπερνικηθεί από την αντίσταση του μέσου. Ο Buridan αντιλήφθηκε ότι η ρύμη εξαρτάται από την ποσότητα ύλης (μάζα) και την ταχύτητα του σώματος, ενώ, όπως και ο Ιωάννης ο Φιλόπονος, έφτασε πολύ κοντά στην έννοια της αδράνειας, ως συνέπεια της θεωρίας της ρύμης, αλλά τελικά απέρριψε την ιδέα της συνεχούς κίνησης στο κενό.

Τον 15ο αι., μετά την άλωση της Κωνσταντινούπολης, αρχίζει η περίοδος της Αναγέννησης. Οι αριστοτελικοί υπομνηματιστές ολοκληρώνουν το έργο τους, ενώ οι μαθητές του Buridan διαδίδουν τις απόψεις του. Μεγάλο ενδιαφέρον για τη θεωρία της ρύμης δείχνει ο **Leonardo Da Vinci** (1452 - 1519). Η **επιστημονική επανάσταση** θα γίνει εν μέσω των ιδεών του Αριστοτέλη, αλλά το έδαφος για την πραγματοποίησή της έχει ήδη προετοιμαστεί.

Τον Αριστοτέλη και τη Φιλοσοφία του διδασκόταν ο νεαρός Ισαάκ Νεύτων στο Trinity College (Κολέγιο της Αγίας Τριάδας) του Cambridge και ουσιαστικά αυτή ανέτρεψε με το έργο του.

Αξίζει να αναφερθεί ότι, παρά την υποχώρηση της επίδρασης του Αριστοτέλη από την εποχή του Descartes (17ος αι.), διακρίνουμε την επίδρασή του σε μεγάλους φιλοσόφους, όπως είναι ο Leibniz (17/18ος αι.) και ο Hegel (18/19ος αι.). Μάλιστα, από τα μέσα του 19ου αι. κερδίζει πάλι έδαφος το φιλοσοφικό ρεύμα που ονομάζουμε **νεοαριστοτελισμό**. Σήμερα ο Αριστοτέλης θεωρείται ως ο μέγιστος των φιλοσόφων, η σκέψη του μελετάται σε όλα τα πανεπιστήμια και επηρεάζει τη σύγχρονη φιλοσοφία.

Οι αιτίες της μεγάλης διαχρονικότητας των απόψεων του Αριστοτέλη

Γιατί, λοιπόν, η αριστοτελική φυσική επικράτησε για 20 περίπου αιώνες; Από όλα τα παραπάνω, μπορούμε να αντλήσουμε τις εξής αιτίες:

α) Η αριστοτελική φυσική στηρίζεται και συμφωνεί με την άμεση εμπειρία μας, δηλαδή την εποπτεία. Ήταν πάντα μια αποτελεσματική φυσική, ικανή να δίνει ορθολογικές ερμηνείες για τον κόσμο, οι οποίες βασιζόνταν σε συνεκτικές και λεπτοδουλεμένες περιγραφές των φυσικών φαινομένων και επομένως αποτελούσε ένα κατάλληλο όργανο για τη μελέτη και κατανόηση της φύσης.

β) Η μεγάλη αυθεντία του Αριστοτέλη. Ο Αριστοτέλης είχε καθιερωθεί τόσο πολύ στη συνείδηση των επιστημόνων και διανοούμενων των μεσαιωνικών χρόνων, ώστε από ένα σημείο και πέρα αποτελούσε ανασχετικό παράγοντα για την πρόοδο της επιστήμης.

γ) Τα πλεονεκτήματα της αριστοτελικής φυσικής σε φιλοσοφικό και θεολογικό επίπεδο. Η ιεραρχική δομή και η λειτουργία που προέβλεπε για τον κόσμο ήταν εύκολα αποδεκτές και μπορούσαν να ενσωματωθούν από διάφορα είδη θεολογικής σκέψης. Πράγματι, σε κάθε θρησκεία, η προσπάθεια για συμφιλίωση με τον Αριστοτέλη οδήγησε στη δημιουργία θεολογικών φιλοσοφικών συστημάτων, που ήταν σε συμφωνία με τις ιδέες του. Από την εποχή του Θωμά του Ακινάτη κυριάρχησε στη Δύση η φιλοσοφία της φύσης του μεγάλου Σταγειρίτη φιλοσόφου.

δ) Επειδή η αριστοτελική φυσική ήταν ένα ολόκληρο ενιαίο και λογικά συνεπές σύστημα ερμηνείας του φυσικού κόσμου, οι επιμέρους αντίθετες ιδέες δεν μπορούσαν να την ανατρέψουν. Έπρεπε να γίνει συσώρευση ιδεών, που θα οδηγούσε σε ένα άλλο σύστημα με αντίστοιχες δυνατότητες συνολικής ερμηνείας. Αυτό συνέβη κατά την επιστημονική επανάσταση.

Βιβλιογραφία

1	Αραμπατζής Θ., Γαβρόγλου Κ., Διαλέτης Δ., Χριστιανίδης Γ., Κανδεράκης Ν., Βερνίκος Σ.	ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ (ΜΑΘΗΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ)		ΟΕΔΒ	Αθήνα 1999
2	Γλυκοφρύδη-Λεοντίνη Αθ., Σακελλίου Χ., Λεοντίνη Ελ.	Ανθολόγιο Φιλοσοφικών Κειμένων Γ' Γυμνασίου		ΟΕΔΒ	Αθήνα 2011
3	Βλάχος Ι., Γραμματικάκης Ι., Καραπαναγιώτης Β., Κόκοτας Π., Περιστερόπουλος Π., Τιμοθέου Γ.	ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Α' ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ		ΟΕΔΒ	Αθήνα 2009
4		PSSC ΦΥΣΙΚΗ	Απόδοση στα Ελληνικά: Θανάσης Κωστίκας	Ίδρυμα Ευγενίδου	Αθήνα 1994
5	Ν. Δαπόντες, Α. Κασσέτας, Σ. Μουρίκης, Μ. Σκιαθίτης	ΦΥΣΙΚΗ Α' ΕΝΙΑΙΟΥ ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ		ΟΕΔΒ	Αθήνα 1996
6	Χριστιανίδης Γ., Διαλέτης Δ., Παλαδόπουλος Γ., Γαβρόγλου Κ.	<i>Οι επιστήμες στην Αρχαία Ελλάδα, στο Βυζάντιο και στο Νεότερο Ελληνισμό</i>		ΕΑΠ	Αθήνα 2001
7	ΙΩΑΝΝΗ Γ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗ	<i>«Από τὸν Ἀριστοτέλη στὸ Νεύτωνα» (Ἄρθρο)</i>	<i>«Φυσικός κόσμος» (τεύχος 8, 2002)</i>	<i>Από ομιλία που έγινε στο 1ο Επιστημονικό Συμπόσιο στην Καστοριά το έτος 2002</i>	
8	Κωνσταντίνος Βάμβακας	<i>Οι θεμελιωτές της Δυτικής Σκέψης – Ένας διαχρονικός παραλληλισμός μεταξύ Προσωκρατικού στοχασμού, Φιλοσοφίας και Φυσικής Επιστήμης</i>		Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης	2001
9	Χάρης Βάρβογλης	Άρθρα και διαφάνειες για το μάθημα «Ιστορία και εξέλιξη των ιδεών στη Φυσική» (Τμήμα Φυσικής Σχολής Θ.Ε. του Α.Π.Θ.)			
10	Ιακώβου Μαρία	Πτυχιακή εργασία «Η φυσική του Ιωάννη Φιλόπονου και ο Γαλιλαίος», Α.Π.Θ., 2004 (Επιβλέπων καθηγητής: Χ. Βάρβογλης)			
11	Θ. Χρηστίδης	Σημειώσεις για το μάθημα «Φυσική και Φιλοσοφία» (Τμήμα Φυσικής Σχολής Θ.Ε. του Α.Π.Θ.)			
12	JOHN LOSSE	Φιλοσοφία της επιστήμης	Μετάφραση – επιμέλεια: Θ. Μ. Χρηστίδης	Βάνιας	Θεσσαλονίκη 1991

ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

http://www.pi-schools.gr/software/gymnasio/fil_keimena
http://el.wikipedia.org/wiki/_(Αριστοτέλης)
http://users.sch.gr/ikomninou/peiramatiki_methodos.htm
http://physics4u.wordpress.com/_(Αριστοτέλης)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ο ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ

3Α. Η επιστημονική επανάσταση

Τα χαρακτηριστικά και οι συντελεστές της επιστημονικής επανάστασης

Με τον όρο «Επιστημονική Επανάσταση» δηλώνουμε τα ιστορικά γεγονότα που εκτυλίχθηκαν στην Ευρώπη από τα μέσα του 16ου έως το τέλος του 17ου αι. και οδήγησαν στην πιο βαθιά και επαναστατική μεταλλαγή, ως προς την κατανόηση της φύσης, που γνώρισε η ανθρωπότητα από την εποχή των Αρχαίων Ελλήνων. Ήταν ένα χρονικό διάστημα που σηματοδεύτηκε από τα εξής:

α) Την εμφάνιση νέων ιδεών στη φυσική, αστρονομία, βιολογία, ανατομία, χημεία και σε άλλες επιστήμες, κόντρα στα δόγματα που είχαν επικρατήσει, ιδέες που οδήγησαν στην θεμελίωση της σύγχρονης επιστήμης.

β) Την ύπαρξη εκτός από τις εντυπωσιακές ανακαλύψεις, τις νέες επαναστατικές θεωρίες και πειραματικές επιτυχίες και «κακών στιγμών», όπως καταδίκες στοχαστών, σκληρές αντιπαραθέσεις και επιστημονικά λάθη.

γ) Την πραγματοποίηση των μεγάλων κατακτήσεων του ανθρώπινου πνεύματος μέσα από περίπλοκες, πολλές φορές διαισθητικές και άλλες φορές ανορθολογικές, διανοητικές διεργασίες. Είναι συχνό το φαινόμενο στο έργο του ίδιου στοχαστή να εναλλάσσεται η μαγική και αλχημική παράδοση με τη συστηματική ορθολογική αναζήτηση της λειτουργίας της φύσης, όπως συμβαίνει στην περίπτωση του Νεύτωνα, ή ο ανιμιστικός (από το λατ. anima = ψυχή) με το μηχανιστικό τρόπο σκέψης, όπως συμβαίνει στην περίπτωση του Κέπλερ. Μερικές φορές φυσικοί νόμοι, που εκ των υστέρων αποδείχτηκαν ορθοί, προέκυψαν από εσφαλμένους συλλογισμούς, ενώ σε άλλες περιπτώσεις δεν υπήρχαν καν αποδείξεις, παρά μόνο διακηρύξεις μεταφυσικών αρχών και εμμονή στην ανακάλυψη των χαρακτηριστικών μιας «κρυμμένης» αρμονίας της φύσης.

Παραδοσιακά έναρξη της επιστημονικής επανάστασης θεωρείται το 1543, χρονιά δημοσίευσης του «De Revolutionibus Orbium Coelestium» (Περί της Περιστροφής των Ουρανίων Σφαιρών) του Νικολάου Κοπέρνικου, και η κορύφωσή της η δημοσίευση του «Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica» (Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας) από τον Ισαάκ Νεύτωνα, το 1687. Έτσι, χρειάστηκαν 144 χρόνια για να ολοκληρωθεί αυτή η ριζική επανάσταση. Σ' αυτά τα χρόνια υπήρξαν διάφοροι πρωταγωνιστές, που πραγματοποίησαν με το έργο τους μεγάλες συνθέσεις ή δημιούργησαν μεγάλες τομές. Θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά σε ορισμένους από αυτούς:

1. Ο Πολωνός κληρικός και αστρονόμος **Νικόλαος Κοπέρνικος** (*Nicolaus Copernicus*, 1473 - 1543), ο οποίος, σε αντίθεση με την τότε επίσημη γεωκεντρική θεωρία που ήθελε τη Γη ακίνητη και στο κέντρο του κόσμου, ανέπτυξε την **ηλιοκεντρική θεωρία** (θεωρία που είχε διατυπωθεί και στον 3ο π.Χ. αι. από τον Αρίσταρχο το Σάμιο), δηλαδή ότι ο Ήλιος είναι στο κέντρο, με τη Γη και τους άλλους πλανήτες να περιφέρονται γύρω από αυτόν σε κυκλικές τροχιές. Η περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της δημιουργεί την εντύπωση της καθημερινής περιστροφής του στερεώματος, που είναι φαινόμενη και όχι πραγματική.

2. Ο Άγγλος φιλόσοφος, πολιτικός, επιστήμονας και συγγραφέας **Φράνσις Μπέικον** (*Francis Bacon*, 1561-1626), ο οποίος με το βιβλίο του «*Novum Organum*» (Νέο Όργανο) έδωσε ώθηση στην **επαγωγικό - πειραματική μέθοδο**, αλλά δεν εμπλούτισε με παραδείγματα τη μέθοδο που δίδασκε.

3. Ο Ιταλός φυσικός και μαθηματικός **Γαλιλαίος Γαλιλέι** (*Galileo Galilei*, 1564 - 1642), ο οποίος χρησιμοποίησε τα μαθηματικά στην περιγραφή των φαινομένων και εισήγαγε το πείραμα

και τη μέτρηση στην αναζήτηση των φυσικών νόμων. Υποστήριξε το ηλιοκεντρικό σύστημα, αν και (υπό την επιρροή του πλατωνισμού και πυθαγορισμού) δεν υιοθέτησε τις ελλειπτικές τροχιές των πλανητών που πρότεινε ο Κέπλερ (η κυκλική κίνηση ταυτιζόταν για τον Γαλιλαίο με την αδρανειακή κίνηση των ουράνιων σωμάτων γύρω από ένα κέντρο έλξης). Θα δείξουμε σε αυτό το κεφάλαιο αναλυτικά, πώς έφτασε ο Γαλιλαίος να θεωρείται ο πρωτοπόρος της σύγχρονης Φυσικής Επιστήμης.

4. Ο Γερμανός αστρονόμος και μαθηματικός **Γιοχάνες Κέπλερ** (*Johannes Kepler*, 1571-1630), ο «νομοθέτης του ουρανού», ο οποίος όχι απλά είχε αποδεχτεί το ηλιοκεντρικό σύστημα, αλλά διατύπωσε τους **νόμους κίνησης των πλανητών**, αξιοποιώντας τις εικοσάχρονες παρατηρήσεις του Δανού Τύχο Μπράχε (*Tycho Brahe*, 1546 - 1601), του τελευταίου αστρονόμου που έκανε παρατηρήσεις χωρίς τηλεσκόπιο. Στους νόμους αυτούς βασίστηκε ο Νεύτωνας, για να επαληθεύσει τον δικό του νόμο της παγκόσμιας έλξης των μαζών. Ο Κέπλερ ήταν από τους πρώτους που πρότειναν ότι οι κινήσεις των πλανητών θα έπρεπε να αποδοθούν σε δυνάμεις που προέρχονται από τον Ήλιο, αν και τις υπέθεσε λανθασμένα ως εφαπτομενικές στις τροχιές των πλανητών (αργότερα ο Robert Hooke θα κάνει σωστή υπόθεση των κεντρικών δυνάμεων).

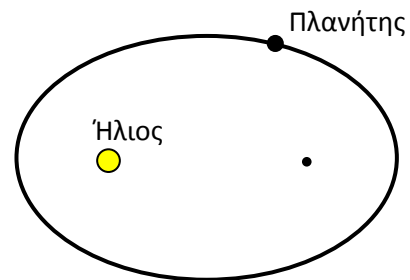


Νόμοι του Κέπλερ

Οι εμπειρικοί νόμοι κίνησης των πλανητών του Κέπλερ ήταν οι πρώτοι φυσικοί νόμοι με τη σύγχρονη έννοια, δηλαδή επαληθεύσιμες προτάσεις σε μαθηματική γλώσσα, και αποτέλεσαν την πρώτη προσπάθεια σύνθεσης της αστρονομίας με τη φυσική. Έτσι ο Κέπλερ, όπως και ο Γαλιλαίος, συνέβαλε να διαμορφωθεί η αντίληψη ότι η φύση μπορεί να περιγραφεί με τη γλώσσα των μαθηματικών. Ήταν ο πρώτος αστρονόμος που δέχτηκε την ηλιοκεντρική θεωρία του Κοπέρνικου, αλλά, με την επεξεργασία του καταπληκτικού σε αφθονία και ακρίβεια υλικού του Τύχο Μπράχε, κατάλαβε ότι οι τροχιές των πλανητών γύρω από τον ήλιο δεν είναι κυκλικές, αλλά ελλειπτικές. Οι τρεις νόμοι του Κέπλερ είναι οι εξής:

1ος νόμος (νόμος των τροχιών):

Οι πλανήτες στρέφονται γύρω από τον ήλιο σε επίπεδες τροχιές. Κάθε τροχιά έχει το σχήμα μιας έλλειψης, στη μια από τις εστίες της οποίας βρίσκεται ο ήλιος. (Στην πραγματικότητα οι ελλείψεις αυτές μοιάζουν αρκετά με κύκλους, οπότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ημιάθροισμα της μικρότερης και μεγαλύτερης απόστασης ήλιου – πλανήτη ως ακτίνα κυκλικής τροχιάς).

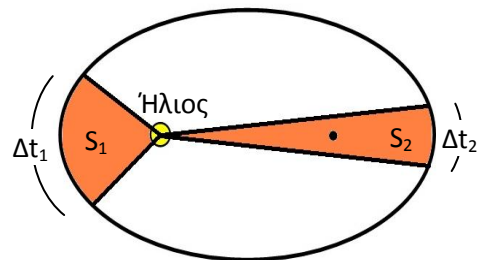


2ος νόμος (νόμος των εμβαδών):

Το νοητό ευθύγραμμο τμήμα που συνδέει το κέντρο του Ήλιου με το κέντρο του πλανήτη διαγράφει, καθώς κινείται ο πλανήτης, εμβαδά ανάλογα με τα χρονικά διαστήματα διαγραφής τους.

Δηλαδή $S = (\text{σταθ.}) \cdot \Delta t$.

Έτσι στο διπλανό σχήμα, αν είναι $\Delta t_1 = \Delta t_2$, τότε είναι και $S_1 = S_2$. Παρατηρήστε ότι ο πλανήτης, όταν είναι κοντά στον ήλιο κινείται πιο γρήγορα στην τροχιά του.



3ος νόμος (νόμος των περιόδων):

Τα τετράγωνα των περιόδων T της περιφοράς πλανητών γύρω από τον ήλιο (δηλαδή των χρόνων στους οποίους πραγματοποιούν μια πλήρη περιφορά) είναι ανάλογα προς τους κύβους των μέσων αποστάσεων τους R από τον ήλιο. Δηλαδή $T^2 = (\text{σταθ.}) \cdot R^3$.

5. Ο Γάλλος κληρικός, φιλόσοφος, αστρονόμος, μαθηματικός και φυσικός **Πιερ Γκασαντί** (*Pierre Gassendi*, 1592 - 1655) επανέφερε στο προσκήνιο την ξεχασμένη **ατομική θεωρία του Δημόκριτου**, την οποία υιοθέτησε και ο Νεύτωνας.

6. Ο Γάλλος μαθηματικός, φιλόσοφος και επιστήμονας φυσικών επιστημών **Καρτέσιος** (*René Descartes*, 1596 - 1650), ο οποίος, προσηλωμένος σε μια **μηχανοκρατική φιλοσοφία** (με την απαίτηση να υπάρχει μηχανική εξήγηση για κάθε φυσικό φαινόμενο), θα επηρεάσει αποφασιστικά τη σκέψη του Νεύτωνα. Από τα σημαντικότερα της εποχής του ήταν το έργο του *Discours de la Méthode* («Περί μεθόδου λόγος») το 1637, στο οποίο, εκτός των άλλων, άνοιξε το δρόμο για να περάσει η έννοια της κίνησης σε χώρο γεωμετρικό. Ο Καρτέσιος μάλιστα διατύπωσε τρεις φυσικούς νόμους, ο ένας από τους οποίους είναι ο νόμος της αδράνειας, που όμως επτά χρόνια νωρίτερα είχε διατυπώσει ο Γαλιλαίος.

7. Ο Άγγλος φυσικός και μαθηματικός **Νεύτωνας** (*Isaac Newton*, 1643 - 1729), που με την έκδοση το 1687 του μνημειώδους συγγράμματός του «**Μαθηματικές αρχές της φυσικής φιλοσοφίας**» **θεμελίωσε τη κλασική Φυσική με νόμους παγκόσμιας ισχύος**.

Σύμφωνα με τον ιστορικό και φιλόσοφο της επιστήμης Alexandre Koyré, τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής επανάστασης είναι η καταστροφή της παλιάς εικόνας του κόσμου και η γεωμετροποίηση του χώρου. Ο πεπερασμένος, κλειστός και ιεραρχημένος κόσμος του Αριστοτέλη, με τη γη στο κέντρο, αντικαθίσταται από ένα ανοιχτό, άπειρο, ενιαίο και ομογενές Σύμπαν που μπορεί να περιγραφεί από ενιαίους νόμους και αποτελείται από χώρο που μπορεί να περιγραφεί από την ευκλείδεια γεωμετρία. Οι αλλαγές αυτές οδήγησαν τελικά, στο 18ο αιώνα, στην ολική μηχανοποίηση της αντίληψης για τον υλικό κόσμο.

Η μαθηματικοποίηση της φύσης

Η μαθηματικοποίηση της φύσης ήταν η αντίληψη ότι οι μαθηματικές θεωρίες αποκαλύπτουν το πώς είναι πραγματικά ο κόσμος και όχι ότι είναι απλώς εργαλεία υπολογιστικού χαρακτήρα.

Έχουμε αναφερθεί, στο κεφάλαιο των προσωκρατικών, στη «μαθηματική φύση του Πυθαγόρα», που βρήκε υποστήριξη στη φιλοσοφία του Πλάτωνα. Η άποψη της «ιδανικής μαθηματικής φύσης», που υπάρχει αντικειμενικά, και της προσέγγισής της, στην οποία ζούμε, υπάρχει στη φιλοσοφία των Ιδεών του Πλάτωνα. Στη φιλοσοφία του Πλάτωνα, βέβαια, ο στόχος δεν ήταν η ερμηνεία των φαινομένων, αλλά η κατάκτηση της γνώσης που υπερβαίνει τις παραστάσεις των αισθήσεων. Ένα απλό παράδειγμα είναι η χάραξη ενός κύκλου. Ο κύκλος, ως ιδεατή έννοια, είναι ένα σύνολο σημείων (χωρίς πάχος) που απέχουν εξίσου από ένα άλλο, το κέντρο. Αν τον χαράξουμε με διαβήτη, θα έχουμε ένα σχήμα που είναι αντικείμενο της εμπειρίας μας, αφού όσο λεπτή και αν κάνουμε τη γραμμή δεν παύει να έχει κάποιες υλικές διαστάσεις. Έτσι, θα έχουμε μια υλική απεικόνιση μιας ιδεατής έννοιας ή αλλιώς μια μαθηματική έννοια, αυτή του κύκλου, περιγράφει ιδανικά αυτό που έχουμε χαράξει ή αλλιώς η αντικειμενική πραγματικότητα βρίσκεται στην ιδέα του κύκλου και όχι σε αυτό που έχουμε χαράξει.

Απαρχή της μαθηματικοποίησης της φύσης κατά την επιστημονική επανάσταση, ήταν ο ισχυρισμός του Κοπέρνικου ότι η ηλιοκεντρική θεωρία του ήταν αληθής, αφού αποδεικνύονταν από τους μαθηματικούς υπολογισμούς του. Ο Κέπλερ βελτίωσε το Κοπερνίκειο μοντέλο, διατυπώνοντας νόμους που βασίζονταν σε μαθηματικούς υπολογισμούς. Επιπλέον ώθηση στην μαθηματικοποίηση της φύσης έδωσαν ο Γαλιλαίος και ο Καρτέσιος. Αμφότεροι διέκριναν πρωταρχικές και δευτερεύουσες ιδιότητες στην ύλη, από τις οποίες οι πρώτες μπορούν να εκφραστούν μαθηματικά. Έτσι, κάθε φυσική κατάσταση μπορεί να αναπαρασταθεί σωστά από μια μαθηματική οντότητα.

Η καινοτομία του Γαλιλαίου ήταν να ερμηνεύσει την ανάλυση και την σύνθεση (όπως αναφερόταν στην εποχή του οι μέθοδοι της επαγωγής και απαγωγής) όχι μόνο ως λογικές, αλλά

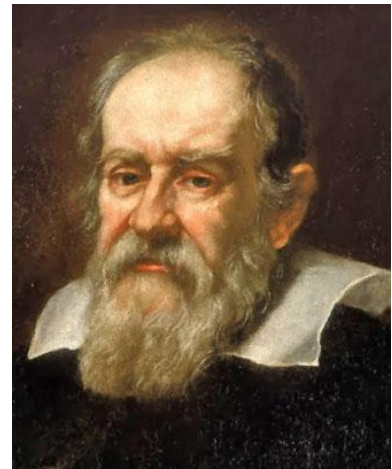
και ως εμπειρικές διαδικασίες. Δημιούργησε έτσι μια νέα προσέγγιση των προβλημάτων, υπάγοντας τον μαθηματικό λόγο στην αισθητή εμπειρία. Στην διατύπωση της μεθοδολογίας του, αξίωσε ότι η φύση είναι ένα σύστημα μαθηματικής αρμονίας. Για την κατασκευή νοητικών μοντέλων για την δομή της φύσης ανέλυε μαθηματικά την εμπειρία, έχοντας απορρίψει τα στοιχεία που δεν συμμετέχουν στην μαθηματική νομοτέλεια, τακτική που ήταν σύμφωνη με το πνεύμα της αρχαίας ελληνικής γεωμετρίας. Επίσης, εξέταζε από τις ιδιότητες των σωμάτων μόνο αυτές που μπορούν να εκφραστούν ποσοτικά. Δηλαδή, ουσιαστικά ο Γαλιλαίος δεν ήταν αντίθετος με την επαγωγικό-απαγωγική μέθοδο του Αριστοτέλη και πολύ περισσότερο συμφωνούσε ότι η επαγωγή πρέπει να ξεκινά από τα δεδομένα της εμπειρίας, συμπληρωμένης όμως με τη δημιουργική φαντασία (αφαίρεση και εξιδανίκευση). Επιπλέον, αναγνωρίστηκε ως ο υπέρμαχος της πειραματικής μεθοδολογίας, εφαρμόζοντας στην επιστημονική μέθοδο το επιπλέον στάδιο του πειραματικού ελέγχου, του Roger Bacon.

Ο Καρτέσιος από την άλλη υποστήριξε, απορρίπτοντας την εμπειρία, ότι το μόνο κριτήριο για την γνώση είναι η απόλυτη βεβαιότητα για την αλήθεια των προτάσεών μας. Βάση της μεθοδολογίας του είναι η λογική παραγωγή και η αξιωματική μέθοδος των μαθηματικών που βασίζεται στην διανοητική ενόραση. Η εφαρμογή της καρτεσιανής μεθόδου κατακύρωσε το μηχανιστικό κοσμοείδωλο και ορισμένες θεωρίες: κάθε σώμα έχει έκταση, δεν υπάρχει κενό και η κίνηση επιτελείται μόνο μέσα από την άμεση σύγκρουση ή επαφή ενός σώματος με ένα άλλο, η βαρύτητα και οι κινήσεις των πλανητών γίνονται χωρίς επιδράσεις από απόσταση, αλλά με το μηχανισμό των στροβίλων (δίνες). Το καρτεσιανό σύστημα ικανοποιούσε αρκετές επιστημονικές αρχές και ήταν κυρίαρχο μέχρι την κατάρριψή του από τον Νεύτωνα. Ο Καρτέσιος, επιπλέον, απέδειξε την δυνατότητα αλγεβρικής έκφρασης των γεωμετρικών σχημάτων, θεμελιώνοντας την **αναλυτική γεωμετρία**, που έδωσε ακόμη μεγαλύτερη ώθηση στην μαθηματικοποίηση της φύσης.

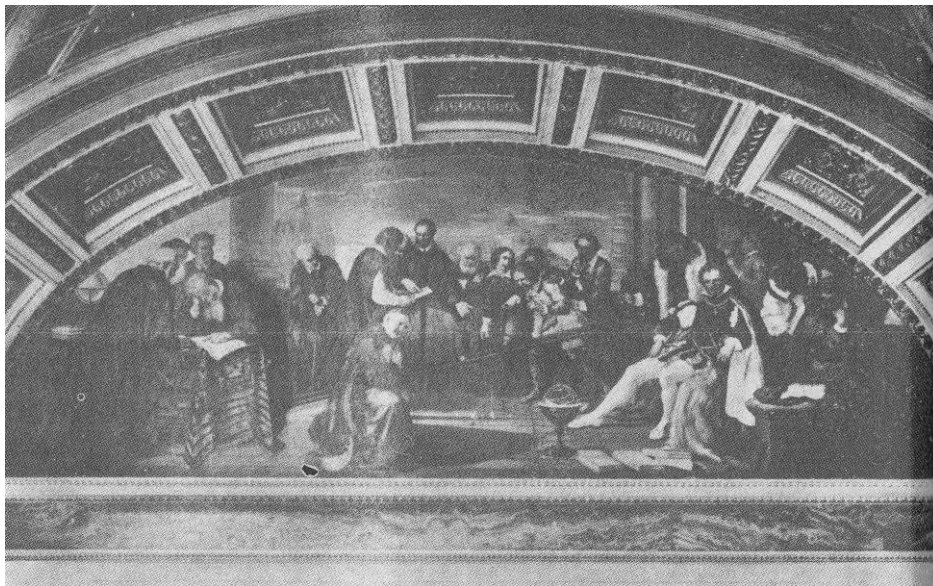
3B. Βιογραφία και έργο του Γαλιλαίου

Βιογραφία του Γαλιλαίου (1564 – 1642)

Ο Γαλιλαίος (Galileo Galilei) γεννήθηκε στην Πίζα της Ιταλίας, στις 15 Φεβρουαρίου του 1564. Ήταν το πρώτο από τα έξι παιδιά του μουσικού Vincenzo Galilei και της Giulia Ammannati. Ο πατέρας του ήταν ξεπεσμένος απόγονος ευγενούς Φλωρεντινής οικογένειας και μοχθούσε για να βοηθήσει τον γιο του να αποκαταστήσει της δόξα της οικογένειας. Ο Γαλιλαίος έμαθε τα πρώτα του γράμματα στο μοναστήρι της Βαλομπρότσα κοντά στη Φλωρεντία, στην οποία είχε μετακομίσει η οικογένειά του όταν ήταν 8 ετών. Το 1581 ο πατέρας του τον έστειλε να σπουδάσει ιατρική στο Πανεπιστήμιο της Πίζας. Εκεί διακρίθηκε, όχι μόνο για τις επιδόσεις του, αλλά και για την αντίθεση του στις δογματικές απόψεις των δασκάλων του, που δεν βασιζόταν στην άμεση



επιστημονική παρατήρηση και την απόδειξη, αλλά στην αυθεντία και το κύρος των σοφών του παρελθόντος. Όμως, δεν ολοκλήρωσε τις σπουδές του στην ιατρική και το 1585 έφυγε από το πανεπιστήμιο, λόγω οικονομικών δυσκολιών της οικογένειάς του. Γοητευμένος από τη μελέτη του Ευκλείδη και του Αρχιμήδη, άρχισε να εργάζεται εντατικά στα μαθηματικά. Παρέδιδε μαθήματα στην Ακαδημία της Φλωρεντίας και η μελέτη του σχετικά με τα κέντρα βάρους των στερεών, που δημοσιεύθηκε το 1586, έγινε αφορμή να διοριστεί το 1589 ως καθηγητής των μαθηματικών στο πανεπιστήμιο της Πίζας. Το εισόδημά του από τη θέση του στην Πίζα ήταν πενιχρό και το 1592 υπέβαλε αίτηση και εκλέχθηκε στην έδρα των Μαθηματικών του Πανεπιστημίου της Πάδοβας, της δεύτερης πόλης της Ενετικής Δημοκρατίας, με ένα από τα παλαιότερα και πιο φημισμένα πανεπιστήμια της Ευρώπης. **Στη διάρκεια των 18 χρόνων που έμεινε στην Πάδοβα μελέτησε συστηματικά όλα τα προβλήματα που σχετίζονται με την κίνηση και ουσιαστικά έθεσε τις βάσεις για την ανατροπή της αριστοτελικής αντίληψης για την κίνηση.**



Πίνακας του G. Bezzuoli που παριστάνει ένα πείραμα του Γαλιλαίου στην Πίζα. Αριστερά και δεξιά, βρίσκονται οι αντίπαλοι του Γαλιλαίου. Δεξιά είναι ο πρίγκιπας Τζοβάνι των Μεδίκων και αριστερά οι εκπρόσωποι του Ακαδημαϊκού δογματισμού σκυμένοι πάνω σε κείμενο του Αριστοτέλη. Ο Γαλιλαίος είναι περίπου στο κέντρο – ο ψηλότερος – περιτριγυρισμένος από τους μαθητές του. (Από: Φυσική Α' ενιαίου πολυκλαδικού λυκείου, ΟΕΔΒ 1996, Ν. Δαπόντες κ.ά.)

Το 1610, μετά από πρόσκληση του Μέγα Δούκα της Τοσκάνης Κόσιμο Β΄ των Μεδίκων, επέστρεψε στη Φλωρεντία. Ο Κόσιμο Β΄ του πρόσφερε τη θέση του κορυφαίου μαθηματικού στην αυλή του, άριστες συνθήκες εργασίας και υψηλές αποδοχές. Το έργο του *«Διάλογοι σχετικά με τα δύο κύρια συστήματα του κόσμου, το πτολεμαϊκό και το κοπερνίκειο»*, που δημοσιεύτηκε το 1632 και στο οποίο υποστήριζε την ηλιοκεντρική θέση (με τον ήλιο ακίνητο και τη γη να κινείται), τον έφερε σε σύγκρουση με την Εκκλησία, ενώ είχαν ήδη προηγηθεί σχετικές προειδοποιήσεις μετά από επισκέψεις του στη Ρώμη. Έτσι, τον επόμενο χρόνο (1633) καταδικάστηκε σε κατ' οίκον περιορισμό και αποκήρυξε το έργο του. Τα τελευταία χρόνια της ζωής του έμενε σ' ένα μικρό κτήμα που είχε κοντά στη Φλωρεντία. Το 1637, έχοντας μείνει σχεδόν τυφλός, υπαγόρευε στους μαθητές του V. Viviani και E. Torricelli τις τελευταίες θεωρίες του για τη μηχανική. Πέθανε στις 8 Ιανουαρίου του 1642.

Αν και τον ανάγκασαν να αποκηρύξει δημόσια τις πεποιθήσεις του, ο Γαλιλαίος μυστικά εξακολουθούσε να πιστεύει στην ηλιοκεντρική θεωρία του και ποτέ δεν άλλαξε γνώμη. Από την ιστορία του Γαλιλαίου έμεινε παροιμιώδης η φράση: *«Και όμως κινείται»*. Κατά την παράδοση ο Γαλιλαίος, τελειώνοντας την απαγγελία της απαρνήσεως των πεποιθήσεών του που έκανε γονατιστός μπροστά στην Ιερά Εξέταση και καθώς σηκωνόταν, χτύπησε το πόδι του στο έδαφος και πρόσθεσε: *«Και όμως κινείται»* (εννοώντας τη Γη). Στην πραγματικότητα, τη φράση αυτή ή δεν την είπε ποτέ ή κι αν την είπε δεν την άκουσαν οι δικαστές του. Το σίγουρο είναι ότι η φράση αυτή έμεινε σαν σύμβολο της δύναμης της επιστήμης, έναντι σε κάθε παράγοντα αντίθετο στην πρόοδό της.

Ο τάφος του μεγάλου επιστήμονα βρίσκεται στον Καθεδρικό Ναό του Σάντα Κρότσε (του Τιμίου Σταυρού) της Φλωρεντίας. Ανά τους αιώνες, χιλιάδες κόσμου έχουν επισκεφτεί το μέρος εκείνο για να τιμήσουν τη μνήμη του μεγάλου ανδρός, που είχε το θάρρος να κηρύξει εκείνο που πίστευε σ' έναν κόσμο που του ήταν εχθρικός. Τη χρονιά του θανάτου του Γαλιλαίου, γεννήθηκε ο Ισαάκ Νεύτων (σαν να έπρεπε να συνεχιστεί το έργο του), ο οποίος, βασιζόμενος μεταξύ άλλων στη δουλειά του Γαλιλαίου και του Κέπλερ, ολοκλήρωσε την επιστημονική επανάσταση στον τομέα της φυσικής και έθεσε τα θεμέλια της κλασικής φυσικής.

Το έργο του Γαλιλαίου

Ο Γαλιλαίος ήταν ένας από τους πιο σημαντικούς φυσικούς της εποχής του, ο οποίος διακρίθηκε για τις επιστημονικές ανακαλύψεις του και είχε τεράστια **συμβολή στην επιστημονική επανάσταση του 17ου αιώνα και στη θεμελίωση της σύγχρονης φυσικής**. Εφαρμόζοντας και εμπλουτίζοντας την αναλυτική μέθοδο για την εύρεση των πρωταρχικών αιτιών, που διδασκόταν στο πανεπιστήμιο της Πάδοβας, εξέφρασε σε μαθηματική γλώσσα τους νόμους της μηχανικής και ανέτρεψε τις θεωρίες κίνησης του Αριστοτέλη, διατυπώνοντας **το νόμο της αδράνειας και το νόμο της ελεύθερης πτώσης**. Για τον Γαλιλαίο **«το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο στη γλώσσα των μαθηματικών»**.

Έτσι, στο Γαλιλαίο οφείλουμε την καθιέρωση του νέου τρόπου μελέτης της φύσης, δηλαδή **το συνδυασμό της μαθηματικής διατύπωσης και του πειραματικού ελέγχου**. Με το έργο του θεσμοθετήθηκαν οι κανόνες που πρέπει να τηρούνται προκειμένου να μελετηθούν και να κατανοηθούν τα φυσικά φαινόμενα. Οι κανόνες αυτοί υπαγορεύουν μια διαφορετική προσέγγιση της φύσης από αυτήν που επικρατούσε στην Αρχαιότητα και στο Μεσαίωνα. Συνοπτικά είναι οι εξής:

1. Η λειτουργία της φύσης διέπεται από φυσικούς νόμους.
2. Οι νόμοι ισχύουν με ακρίβεια όχι στη φύση, όπως την αντιλαμβανόμαστε καθημερινά, αλλά σε μια «ιδεατή φύση» (χωρίς τριβές κτλ.).
3. Η διατύπωση των νόμων και η κατανόηση των επιπτώσεών τους είναι δυνατές μόνο με τη χρήση των μαθηματικών.
4. Είναι δυνατόν να αναπαραχθεί μια λειτουργία της φύσης σε ελεγχόμενο περιβάλλον (πείραμα), ώστε να μελετηθούν οι επιπτώσεις των νόμων που τη διέπουν.

Όμως, ο Γαλιλαίος διακρίθηκε και για πολλά άλλα επιτεύγματα. Η πρώτη του ανακάλυψη ήταν στα 18 του χρόνια, καθώς παρατηρούσε μέσα στον καθεδρικό ναό της Πίζας τον πολυέλαιο να αιωρείται σιγά – σιγά και να μειώνεται το πλάτος των ταλαντώσεων, ενώ ο χρόνος τους παρέμενε ίδιος. Η παραπέρα μελέτη του φαινομένου τον οδήγησε στην ανακάλυψη των νόμων του εκκρεμούς, που χρησιμοποιήθηκαν αργότερα στην πρώτη κατασκευή ρολογιού από τον Huyghens.



Ο Γαλιλαίος βελτίωσε το **τηλεσκόπιο**, που είχε εφευρεθεί στην Ολλανδία. Κατάφερε, το 1609, να κατασκευάσει δικά του τηλεσκόπια, αρχικά με μεγέθυνση εννιά φορές και πολύ σύντομα είκοσι φορές. Ήταν ο πρώτος που το χρησιμοποίησε συστηματικά για αστρονομικές παρατηρήσεις. Παρατήρησε τους κρατήρες, τα όρη και τις πεδιάδες στην επιφάνεια της Σελήνης (δείχνοντας ότι είναι ένα σώμα σαν τη Γη και όχι η αριστοτελική «τέλεια σφαίρα»), ανακάλυψε ότι η Σελήνη στρέφει πάντα προς τη Γη το ίδιο ημισφαίριο της, παρατήρησε τις ηλιακές κηλίδες, τον δακτύλιο του Κρόνου (χωρίς να μπορεί να εξηγήσει ακριβώς την παρατήρησή του αυτή), αποκάλυψε την αστρική φύση του Γαλαξία μας και απέδειξε την ισχύ της ηλιοκεντρικής θεωρίας, παρατηρώντας τις φάσεις της Αφροδίτης και ανακαλύπτοντας 4 από τους δορυφόρους του Δία, την Ιώ, την Ευρώπη, το Γανυμήδη και την Καλλιστώ, τους οποίους ονόμασε Μεδίκεια άστρα προς τιμή του προστάτη του, Κόσμο Β΄ των Μεδίκων.

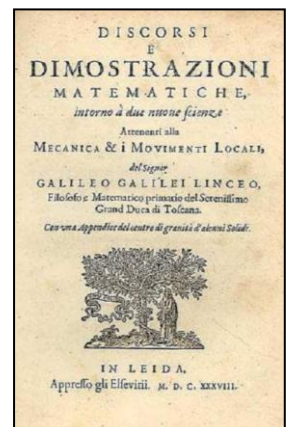
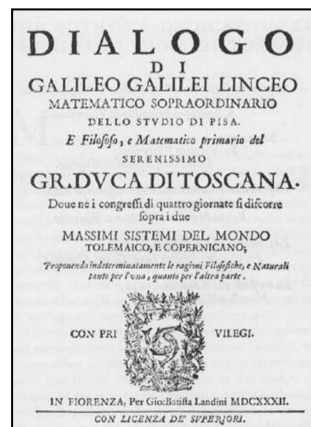
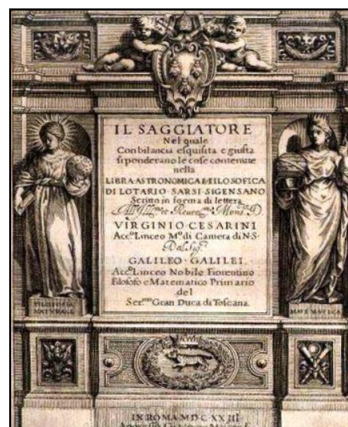
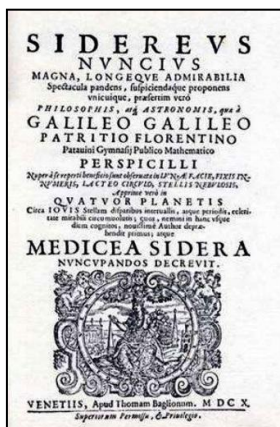


Παρατηρήσεις του Γαλιλαίου με το τηλεσκόπιο (από news.nationalgeographic.com)

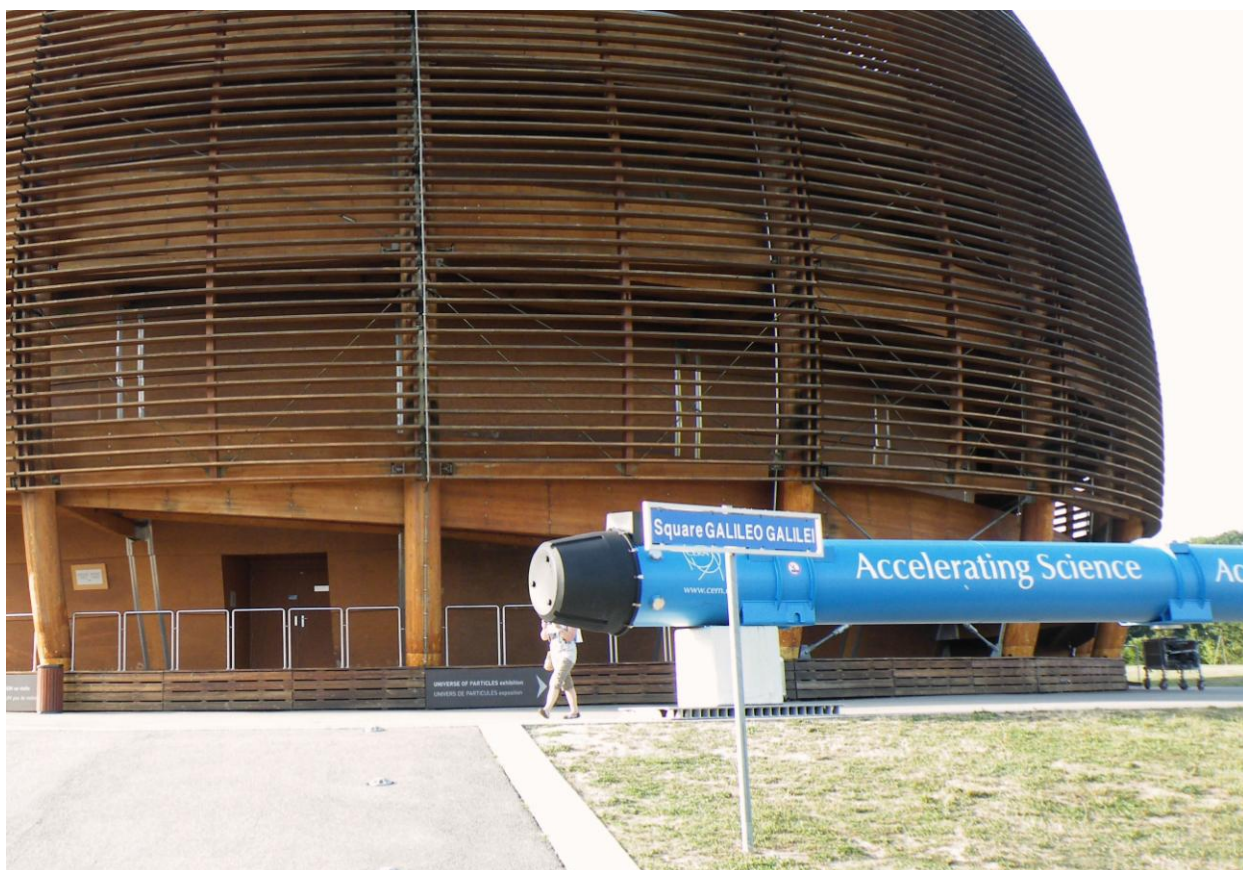
Επίσης εφευρέσεις του Γαλιλαίου ήταν ο **γεωμετρικός και στρατιωτικός κανόνας**, καθώς και **θερμόμετρο**, βασισμένο στη διαστολή των αερίων. Ο μαθητής του Torricelli, αφαιρώντας τον αέρα, το μετέτρεψε σε βαρόμετρο.

Σημαντικά έργα του Γαλιλαίου είναι:

- *De motu*, 1590 (*Περί κινήσεως*), εργασία πάνω στην κινηματική.
- *Sidereus nuncius*, Βενετία 1610 (*Ο Αστρικός Αγγελιαφόρος*), όπου δημοσιεύθηκαν οι αστρονομικές του ανακαλύψεις.
- *Il Saggiatore*, 1623.



- *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*, 1632 (*Διάλογοι σχετικά με τα δύο κύρια συστήματα του κόσμου, το πτολεμαϊκό και το κοπερνίκειο*), το περίφημο βιβλίο όπου ο Γαλιλαίος παρουσίασε την ηλιοκεντρική θεωρία.
- *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno à due nuove scienze*, Leiden 1638 (*Πραγματείες και μαθηματικές αποδείξεις περί των δυο νέων επιστημών*), περιλαμβάνει προβλήματα αντοχής υλικών, την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, τους γαλιλαϊκούς μετασχηματισμούς, την ανεξαρτησία των κινήσεων, γεωμετρικές αποδείξεις και τη διάσημη αρχή της αδράνειας.

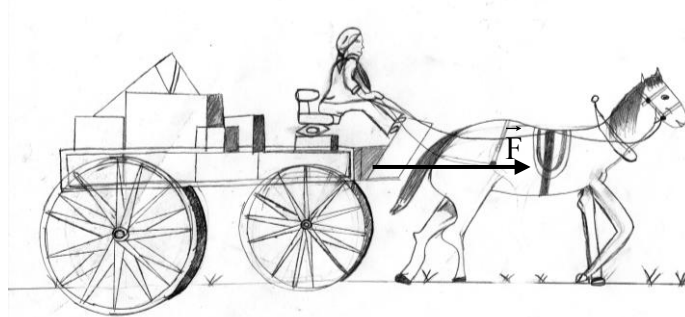
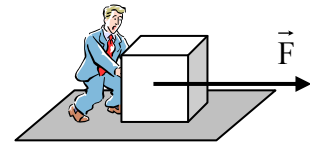


Στο χώρο μπροστά στο «Globe of Science and Innovation» (κόσμος της επιστήμης και της καινοτομίας) του CERN έχει δοθεί το όνομα του Γαλιλαίου.

3Γ. Ο νόμος αδράνειας του Γαλιλαίου και το σχετικό νοητικό πείραμα

Όπως έχουμε αναφέρει στην αριστοτελική φυσική, για να κινείται ένα σώμα με σταθερή ταχύτητα, πρέπει να ασκείται σ' αυτό συνεχώς μια σταθερή δύναμη. Αν σταματήσει να ασκείται η δύναμη, τότε ακινητοποιείται το σώμα. Δηλαδή η φυσική κατάσταση των σωμάτων είναι μόνο η ακινησία.

Είναι μια άποψη που μας φαίνεται λογική. Για να μετακινήσουμε ένα κιβώτιο, πρέπει να ασκούμε διαρκώς μια δύναμη. Αν σταματήσουμε να ασκούμε τη δύναμη, θα σταματήσει και η μετακίνηση. Ένα άλογο πρέπει να σέρνει διαρκώς ένα κάρο, για να κινείται αυτό με σταθερή ταχύτητα.



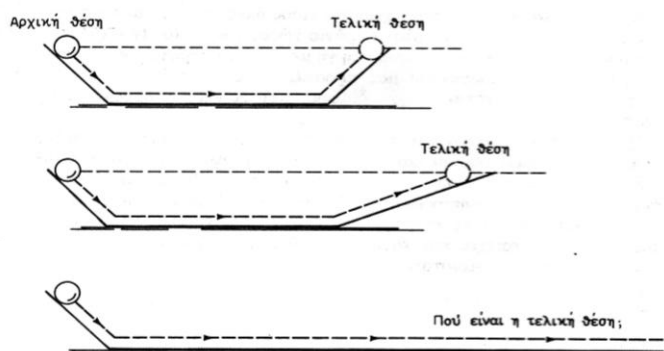
Την παραπάνω άποψη του Αριστοτέλη ανασκεύασε ο Γαλιλαίος, μέσα από την παρατήρηση και το πείραμα, διατυπώνοντας το νόμο της αδράνειας, σύμφωνα με τον οποίο:

Αν σε ένα σώμα δεν ασκείται δύναμη, τότε το σώμα είτε θα είναι ακίνητο, είτε θα κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Σύμφωνα με το νόμο αυτό, εκτός από την ακινησία ενός σώματος, φυσική κατάστασή του είναι και η κίνηση με σταθερή ταχύτητα, για την οποία δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη δύναμης!

Πώς έφτασε, όμως, ο Γαλιλαίος σ' αυτό το συμπέρασμα, που είναι τόσο διαφορετικό από την καθημερινή μας εμπειρία; Χρησιμοποίησε κεκλιμένα επίπεδα και ανέπτυξε τον εξής συλλογισμό: Αν σε ένα κεκλιμένο επίπεδο που έχει κλίση προς τα κάτω αφήσουμε ένα σώμα, τότε αυτό θα επιταχυνθεί, ενώ αν σε ένα κεκλιμένο επίπεδο που έχει κλίση προς τα πάνω ρίξουμε ένα σώμα, τότε αυτό θα επιβραδυνθεί. Λογικά, λοιπόν, σε οριζόντιο επίπεδο δεν θα υπάρχει ούτε επιτάχυνση, ούτε επιβράδυνση, δηλαδή κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Στην πραγματικότητα η κίνηση σε οριζόντιο επίπεδο γίνεται με σχεδόν σταθερή ταχύτητα αλλά, όπως είχε παρατηρήσει, με μείωση της τριβής τα σώματα κινούνται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Με την **εξιδανίκευση** «αν δεν υπάρχουν τριβές» προέκυψε το συμπέρασμα ότι στο οριζόντιο επίπεδο η κίνηση δεν θα σταματούσε ποτέ.

Συνδυάζοντας τα κεκλιμένα επίπεδα, το ένα απέναντι από το άλλο όπως στο σχήμα, και αφήνοντας μια σφαίρα να κυλήσει από την κορυφή του πρώτου επιπέδου, παρατήρησε ότι ανεβαίνει στο δεύτερο κεκλιμένο επίπεδο σχεδόν στο αρχικό της ύψος και σκέφτηκε ότι η τριβή την εμπόδιζε να φτάσει στο ίδιο



Εικόνα από τη φυσική PSSC (Ιδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1994)

ακριβώς ύψος. Μειώνοντας την κλίση του δεύτερου επιπέδου, στο οποίο ανέβαινε η σφαίρα, παρατήρησε ότι σταματούσε στο ίδιο ύψος. Επιπλέον μειώσεις της κλίσης οδηγούσαν στο ίδιο αποτέλεσμα. Δηλαδή η σφαίρα έφτανε στο ίδιο σχεδόν ύψος από όπου είχε ξεκινήσει, αλλά έπρεπε να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση. Τότε έθεσε το ερώτημα «αν έχω μεγάλο οριζόντιο επίπεδο (μηδενίζοντας την κλίση) πόσο μακριά πρέπει να πάει η σφαίρα, για να φτάσει στο αρχικό της ύψος;» Η απάντηση είναι στο άπειρο, επειδή δεν θα φτάσει ποτέ στο αρχικό της ύψος και έτσι θα κινείται διαρκώς. Άρα σε οριζόντιο επίπεδο και αν δεν υπάρχει τριβή, όπου η σφαίρα δεν δέχεται ούτε δύναμη που επιταχύνει, ούτε δύναμη που επιβραδύνει, διατηρεί την κινητική της κατάσταση επ' άπειρον. Την ιδιότητα αυτή των σωμάτων να διατηρούν την κινητική τους κατάσταση, την ονομάζουμε **αδράνεια**.

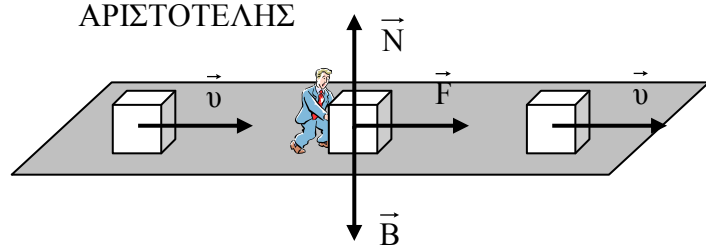
Στο παράρτημα I παρουσιάζεται η προσπάθειά μας να αναπαραστήσουμε αυτό το νοητικό πείραμα του Γαλιλαίου. Η προσπάθειά μας οδήγησε στη «συσκευή ανάδειξης του νόμου αδράνειας του Γαλιλαίου».



«Ενοχλεί» η υπόθεση ότι δεν υπάρχουν τριβές; Κάθε άλλο. Με εξιδανικεύσεις σαν αυτές εξάγονται συμπεράσματα για καθαρά συστήματα, που αποτελούν τη βάση για τη μελέτη πιο πολύπλοκων συστημάτων.

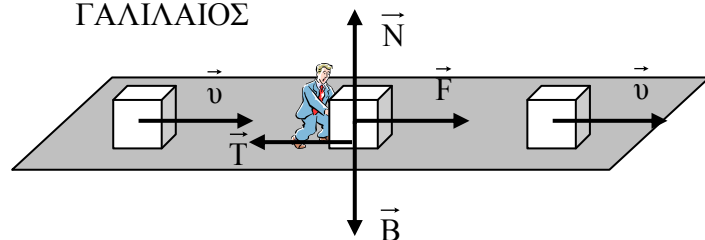
Ας επανέλθουμε τώρα στα αρχικά παραδείγματά μας. Γιατί το κιβώτιο κινείται με σταθερή ταχύτητα, παρά τη δύναμή μας; Η απάντηση είναι ότι η συνολική δύναμη στο κιβώτιο, όταν αυτό κινείται με σταθερή ταχύτητα, είναι μηδέν, γιατί υπάρχει και η τριβή με το δάπεδο, δηλαδή στη διεύθυνση της κίνησης ισχύει $\Sigma F = F - T = 0$. Το ίδιο συμβαίνει και στην κίνηση του κάρου που σέρνει το άλογο.

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ



Με την επίδραση σταθερής δύναμης, το κιβώτιο κινείται με σταθερή ταχύτητα.

ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ



Επειδή η συνολική δύναμη στη διεύθυνση της κίνησης είναι $\Sigma F = F - T = 0$, το κιβώτιο κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Υπάρχει κάποια κίνηση που να προσεγγίζει, έστω, την κατάσταση απουσίας δυνάμεων (γιατί κάτι τέτοιο είναι αδύνατο στο σύμπαν) με την ταχύτητα να παραμένει σταθερή; Για τα ουράνια σώματα ο Γαλιλαίος υπέθεσε μια «κυκλική αδράνεια», δηλαδή εδώ παρέμεινε δέσμιος της Αριστοτελικής φυσικής (η φυσική κίνηση των ουράνιων σωμάτων είναι η κυκλική). Θα χρησιμοποιήσουμε, όμως, ένα σημερινό παράδειγμα από το διάστημα, για να θυμηθούμε και το στόχο της εργασίας μας. Είναι η κίνηση ενός διαστημόπλοιου, που βρίσκεται μακριά από τις επιδράσεις των πλανητών. Με τις μηχανές κλειστές και χωρίς να το προωθεί καμιά δύναμη, απλά ταξιδεύει με σταθερή ταχύτητα. Ήδη χρησιμοποιήσαμε τον ίδιο νόμο, για να ερμηνεύσουμε κινήσεις στη Γη και στον ουρανό!



Η εικόνα αυτή, που αναπαριστά διαστημόπλοιο σε ταξίδι στο πλανητικό μας σύστημα, δημιουργήθηκε στα πλαίσια εξάσκησης για επεξεργασία εικόνων.

Αδρανειακά συστήματα – Μετασχηματισμοί Γαλιλαίου

Αναφέραμε παραπάνω ότι, εκτός από την ακινησία ενός σώματος, φυσική κατάστασή του είναι και η κίνηση με σταθερή ταχύτητα, για την οποία δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη δύναμης. Το γεγονός αυτό μπορούμε να το αντιληφθούμε αν βρισκόμαστε πάνω σε ένα όχημα, χωρίς να μπορούμε να κοιτάξουμε έξω και χωρίς να ακούμε. Δεν θα μπορούμε να διακρίνουμε αν είναι ακίνητο ή αν κινείται με σταθερή ταχύτητα, ούτε υπάρχει κάποιο πείραμα που θα μπορούσε να μας βοηθήσει σ' αυτό. Οι δυο καταστάσεις είναι πράγματι ισοδύναμες. (Ακόμα και σε αυτόν τον συλλογισμό υπάρχει εξιδανίκευση: κίνηση οχήματος με σταθερή ταχύτητα κατά διεύθυνση, φορά και μέτρο προϋποθέτει έναν τέλειο ευθύγραμμο δρόμο, χωρίς την παραμικρή ανωμαλία, αλλά έτσι κι αλλιώς τελείως σταθερό μέτρο ταχύτητας σε ένα όχημα δεν μπορεί να επιτευχθεί.)

Το παραπάνω παράδειγμα παραπέμπει στο πεδίο της σχετικότητας. Πράγματι, πριν από την εμφάνιση του Αϊνστάιν στο επιστημονικό προσκήνιο, είχαν διατυπωθεί πολλές απόψεις για τη σχετικότητα και μια πρώτη μορφή της αρχής της σχετικότητας είχε διατυπωθεί ήδη από τον Γαλιλαίο, η οποία ενσωματώθηκε στη νευτώνεια μηχανική. Σύμφωνα με αυτή την αρχή, «όλοι οι νόμοι της μηχανικής πρέπει να έχουν την ίδια μορφή σε όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς», δηλαδή συστήματα που κινούνται με σταθερή ταχύτητα το ένα ως προς το άλλο. Η μετάβαση από το ένα αδρανειακό σύστημα στο άλλο γινόταν με ένα ορισμένο είδος μετασχηματισμών των συντεταγμένων, οι οποίοι ονομάστηκαν αργότερα «**Μετασχηματισμοί του Γαλιλαίου**». Πρόκειται δηλαδή για εξισώσεις που μετασχηματίζουν την κίνηση ενός σώματος, όπως αυτή περιγράφεται από έναν παρατηρητή, έτσι ώστε η κίνηση να περιγράφεται σωστά σε έναν άλλο παρατηρητή, που κινείται ως προς τον αρχικό με σταθερή ταχύτητα.

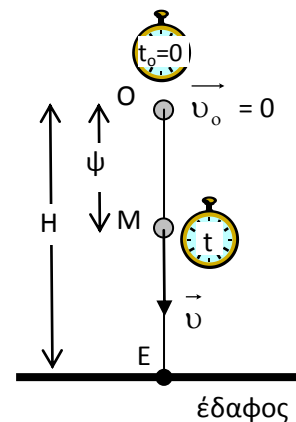
3Δ. Ο νόμος της ελεύθερης πτώσης, το πείραμα και η μαθηματική περιγραφή του

Ορισμός ελεύθερης πτώσης

Συνήθως, ο όρος «ελεύθερη πτώση» αποδίδεται στην πτώση από μικρό ύψος με μηδενική αρχική ταχύτητα. Έτσι θα δώσουμε τον εξής ορισμό:

Ελεύθερη πτώση είναι η κατακόρυφη προς τα κάτω κίνηση που κάνει ένα σώμα, όταν αφήνεται να πέσει χωρίς αρχική ταχύτητα από σχετικά μικρό ύψος και δέχεται μόνο την επίδραση της βαρύτητας.

Πρέπει να επισημάνουμε ότι σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, για να κάνει ένα σώμα ελεύθερη πτώση δεν πρέπει να πέφτει στον αέρα, γιατί τότε εκτός από το βάρος του ασκείται σ' αυτό και η αντίσταση του αέρα. Δηλαδή το σώμα πρέπει να πέφτει στο κενό. Η αντίσταση του αέρα, όμως, για πυκνά σώματα με μικρές διαστάσεις (π.χ. πέτρες) και για μικρές ταχύτητες είναι αμελητέα. Έτσι, υπό αυτές τις προϋποθέσεις η πτώση ενός αντικειμένου στον αέρα θεωρείται ελεύθερη πτώση.



Η άποψη που επικρατούσε και τα συμπεράσματα του Γαλιλαίου

Στον Γαλιλαίο οφείλεται η διατύπωση του νόμου της ελεύθερης πτώσης των σωμάτων, ενός από τους πιο σημαντικούς νόμους της φύσης. Από τις σημειώσεις και το αδημοσίευτο υλικό που άφησε ο Γαλιλαίος συμπεραίνουμε ότι πρέπει να είχε οδηγηθεί στην διατύπωση του νόμου γύρω στο 1604, ενώ τον διατύπωσε για πρώτη φορά στο έργο του «Διάλογοι σχετικά με τα δύο κύρια συστήματα του κόσμου, το Πτολεμαϊκό και το Κοπερνίκειο» (1632) και τον ανέπτυξε λεπτομερώς στο τελευταίο του βιβλίο με τίτλο «Πραγματείες και μαθηματικές αποδείξεις περί των δυο νέων επιστημών, που αφορούν τη μηχανική και την τοπική κίνηση» (1638). Ο νόμος αυτός, ο οποίος ισχύει με απόλυτη ακρίβεια όταν το σώμα κινείται στο κενό, δηλώνει ότι η επιτάχυνση είναι σταθερή, δεν εξαρτάται δηλαδή από τη σύσταση, το βάρος, τον όγκο και το σχήμα του σώματος. Λέγεται ότι ο Γαλιλαίος χρησιμοποίησε τον Πύργο της Πίζας για να επιδείξει την ορθότητα του νόμου, δεν έχουμε όμως αρκετά στοιχεία για να τεκμηριώσουμε κάτι τέτοιο.

Η άποψη του Αριστοτέλη, ότι τα βαρύτερα σώματα πέφτουν πιο γρήγορα από τα ελαφρύτερα φαίνεται λογική και συμβαίνει σε ορισμένες περιπτώσεις πτώσεως στον αέρα. Ο λόγος είναι ότι στις περιπτώσεις αυτές είναι σημαντική η αντίσταση του αέρα στα ελαφρύτερα σώματα και τα καθυστερεί στην πτώση τους. Μια πολύ απλή δοκιμή μπορεί να γίνει, αν αφήσουμε ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος να πέσουν ένα χαρτάκι σημειώσεων και μια γομολάστιχα. Το ελαφρύτερο χαρτάκι θα φτάσει στο πάτωμα αργότερα. Τι θα συμβεί όμως αν τσαλακώσουμε το χαρτάκι και του δώσουμε σφαιρικό σχήμα; Εξακολουθεί να είναι ελαφρύτερο, αλλά θα φτάσει ταυτόχρονα στο πάτωμα με τη γομολάστιχα. Η αντίσταση του αέρα στη δεύτερη περίπτωση έγινε ασήμαντη και για το χαρτάκι και έχουμε αυτό που είπαμε παραπάνω «πτώση στον αέρα που μπορεί να θεωρηθεί ελεύθερη πτώση».

Ερευνώντας τις πτώσεις των σωμάτων, ο Γαλιλαίος κατέληξε σταδιακά στα εξής συμπεράσματα:

- Για την πτώση των σωμάτων στον αέρα: Ο χρόνος πτώσεως των σωμάτων από ένα ορισμένο ύψος είναι ίδιος για μερικά μόνο σώματα (και όχι για όλα) και δεν εξαρτάται από το βάρος τους.
- Για την ελεύθερη πτώση (πτώση των σωμάτων στο κενό, το οποίο ας θυμηθούμε ότι δεν υπάρχει κατά τον Αριστοτέλη): Όλα τα σώματα που αφήνονται ελεύθερα να πέσουν από το ίδιο

ύψος φτάνουν στο έδαφος στον ίδιο χρόνο, ανεξάρτητα από το βάρος τους, όταν δεν υπάρχει αέρας.

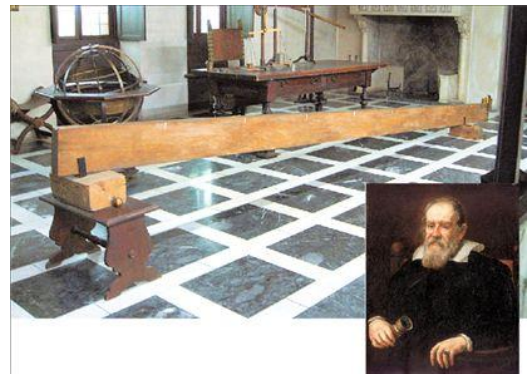
γ) Για τη σχέση του ύψους από το οποίο αφήνονται τα σώματα στο κενό, με το χρόνο πτώσεώς τους (νόμος της μετατόπισης στην ελεύθερη πτώση): Το ύψος από το οποίο αφήνονται να πέσουν τα σώματα στο κενό είναι ανάλογο με το τετράγωνο του χρόνου πτώσεώς τους.

Έχουμε ακόμα μια περίπτωση **εξιδανίκευσης** και αφαίρεσης παραμέτρων από το Γαλιλαίο («αν δεν υπήρχε ο αέρας»), για να αναδειχθεί η απλότητα που υπήρχε κάτω από τα φαινόμενα. Πρόκειται για πολύ σημαντική συμβολή στην πρόοδο της φυσικής. Η προσεκτική ανάλυση ιδανικών καταστάσεων είναι αυτή που μπορεί να θέσει τις σωστές βάσεις για πολλές θεωρίες, οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν να εφαρμοστούν για την εξήγηση των σύνθετων φαινομένων.

Πώς έφτασε ο Γαλιλαίος στο νόμο της ελεύθερης πτώσης

Ο Γαλιλαίος έδειξε πρώτα ότι **η επιτάχυνση των σωμάτων κατά την πτώση τους είναι ίδια**, με το εξής ευφύες πείραμα: Κατασκεύασε δύο ορθογώνια παραλληλεπίπεδα με ίδιες διαστάσεις από δύο διαφορετικά υλικά, π.χ. από ξύλο και από μάρμαρο. Εφάρμοσε το ένα πάνω στο άλλο και αντίστροφα, και τα άφησε να πέσουν. Παρατήρησε ότι τη στιγμή λίγο πριν φτάσουν στη γη δεν υπήρχε κάποια απόσταση ανάμεσα στις δύο επιφάνειες, όποια κι αν ήταν η διάταξή τους. Αν υπήρχε διαφορά στο χρόνο πτώσεως των σωμάτων, τότε θα έπρεπε να υπήρχε απόσταση σε μια από τις δυο παραπάνω δοκιμές.

Έχοντας έτσι επιβεβαιώσει πειραματικά ότι η επιτάχυνση στην ελεύθερη πτώση είναι η ίδια για όλα τα σώματα, ανεξάρτητα από το είδος του υλικού τους, ο Γαλιλαίος προχώρησε στη συστηματική **διερεύνηση της σωστής σχέσης ανάμεσα στην απόσταση που διανύει ένα σώμα σε ελεύθερη πτώση, στο χρόνο που κάνει για να τη διανύσει και στην τελική ταχύτητα που αποκτά στο τέλος της διαδρομής του**. Έως εκείνη την εποχή το φαινόμενο της ελεύθερης πτώσης των σωμάτων προσεγγιζόταν με βάση το λεγόμενο «κανόνα του Merton», που είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτό, το διάστημα που διανύεται σε ορισμένο χρόνο μιας ομαλά μεταβαλλόμενης (επιταχυνόμενης ή επιβραδυνόμενης) κίνησης είναι το ίδιο με αυτό που διανύεται στον ίδιο χρόνο από ένα άλλο σώμα που κάνει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με (σταθερή) ταχύτητα, ίση με τη μέση τιμή της αρχικής και τελικής ταχύτητας της ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης (η οποία ισούται με τη στιγμιαία ταχύτητα στο μέσο του χρόνου της ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης). Ο Γαλιλαίος επανήλθε στη μελέτη του θέματος στις αρχές του 17ου αι., εκτελώντας μια σειρά από πειράματα με σώματα που κινούνται σε κεκλιμένα επίπεδα. Αντιλήφθηκε ότι ο χαρακτήρας της κίνησης μιας σφαίρας που κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει σε κεκλιμένο επίπεδο είναι παρόμοιος με την πτώση στο κενό. Εδώ έχουμε ένα λαμπρό παράδειγμα της **πειραματικής επινόησης και σχεδιασμού**. Ο Γαλιλαίος κατέφυγε σ' αυτόν τον τρόπο, γιατί δεν είχε τη δυνατότητα πραγματοποίησης κενού (η πρώτη αντλία κενού κατασκευάστηκε το 1650), αλλά επίσης δεν υπήρχαν ούτε μηχανικά ρολόγια, που μπορούσαν να μετρούν τον χρόνο με την απαιτούμενη για τα πειράματα αυτά ακρίβεια. Έτσι, το κρίσιμο στοιχείο για την επιτυχή διεξαγωγή αυτών των πειραμάτων ήταν να βρει τρόπο για τη μέτρηση του χρόνου και σ' αυτό



Ανακατασκευή του κεκλιμένου επιπέδου του Γαλιλαίου, που εκτίθεται στο Γερμανικό Μουσείο του Μονάχου. Στην ένθετη φωτογραφία πορτρέτο του Γαλιλαίου σε ηλικία 72 ετών από τον Φλαμανδό Γιούστους Σούστερμανς, επίσημο ζωγράφος της αυλής των Μεδίκων στη Φλωρεντία.

ήταν πλεονέκτημα η χρήση των κεκλιμένων επιπέδων, στα οποία οι κινήσεις διαρκούν περισσότερο απ' ό τι στην ελεύθερη πτώση.

Ας αφήσουμε να μας αφηγηθεί ο ίδιος πώς πραγματοποίησε τα πειράματά του και πώς μετρούσε το χρόνο:

Πήραμε ένα κομμάτι ξύλο με διαστάσεις περίπου 12 κύβιτα [κύβιτο είναι η απόσταση από τους αγκώνες ως την άκρη των δακτύλων] μήκος, μισό κύβιτο πλάτος και πάχος τρία δάκτυλα. Στην επάνω άκρη κάναμε μια τομή και δημιουργήσαμε ένα αυλάκι, λίγο περισσότερο από το πάχος ενός δακτύλου. Το αυλάκι αυτό το επενδύσαμε με μια περγαμινή, και το γυαλίσαμε, για να γίνει όσο το δυνατόν πιο λείο, ώστε να κυλάει [χωρίς δυσκολίες] μια εντελώς στρογγυλή και λεία σφαίρα κατασκευασμένη από το σκληρότερο χαλκό. Αφού τοποθετήσαμε το κομμάτι ξύλου σε κεκλιμένη θέση σηκώνοντας το ένα άκρο του περίπου ένα με δυο κύβιτα, αφήσαμε τη σφαίρα να κυλήσει στο αυλάκι, σημειώνοντας, με τρόπους που θα εξηγήσουμε σε λίγο, το χρόνο που χρειάστηκε για να ολοκληρώσει την κάθοδο. Επαναλάβαμε το πείραμα περισσότερες από μία φορές, για να είμαστε σίγουροι για το χρόνο καθόδου και βρήκαμε πως η απόκλιση ανάμεσα σε δύο παρατηρήσεις ποτέ δεν ήταν παραπάνω από ένα δέκατο ενός [καρδιακού] παλμού. Αφού εκτελέσαμε το εγχείρημα ώσπου να σιγουρευτούμε για την αξιοπιστία του, αφήσαμε κατόπιν τη σφαίρα να κυλήσει μόνο στο ένα τέταρτο του μήκους του αυλακιού. Μετρώντας το χρόνο καθόδου, βρήκαμε ότι είναι ακριβώς το μισό του προηγούμενου. Ύστερα εργαστήκαμε με άλλες αποστάσεις, συγκρίνοντας το χρόνο [που απαιτήθηκε] για το συνολικό μήκος με αυτόν [που απαιτήθηκε] για το μισό ή για τα δύο τρίτα ή για τα τρία τέταρτα ή για όποιο άλλο κλάσμα. Σε αυτά τα πειράματα που επαναλήφθηκαν εκατό φορές βρήκαμε πάντοτε πως οι λόγοι των αποστάσεων [που διένυε η σφαίρα] ήταν ανάλογοι με τους λόγους των τετραγώνων των χρόνων και αυτό ήταν αληθές για κάθε κλίση που είχε το αυλάκι... Για τη μέτρηση του χρόνου χρησιμοποιήσαμε ένα μεγάλο δοχείο με νερό, το οποίο τοποθετήσαμε σε κάποιο ύψος. Στον πυθμένα του δοχείου προσαρμόστηκε ένας σωλήνας μικρής διαμέτρου από τον οποίο έβγαине ένας λεπτός πίδακας νερού. Συλλέγαμε το νερό που αντιστοιχούσε σε κάθε κάθοδο σε ένα μικρό κύπελλο ... και ζυγίζαμε το νερό σε μια ζυγαριά ακριβείας. Οι λόγοι των βαρών αντιστοιχούσαν στους λόγους των χρόνων. Και αυτό ήταν τόσο ακριβές που παρά το γεγονός ότι επαναλάβαμε το πείραμα πολλές φορές δεν υπήρξε καμιά αξιοσημείωτη απόκλιση στις τιμές.

Μετά την αναπαραγωγή των αποτελεσμάτων των πειραμάτων που είχαν γίνει στο Merton ο Γαλιλαίος προχώρησε στη μαθηματική απόδειξη του εμπειρικού κανόνα του Merton. Χρησιμοποιώντας γεωμετρικές μεθόδους, κατέληξε πως στην ελεύθερη πτώση η απόσταση που διανύει ένα σώμα είναι ανάλογη προς το τετράγωνο του χρόνου. Η αριστοτελική άποψη η οποία ίσχυε έως τότε, ήταν πως η απόσταση στην ελεύθερη πτώση ήταν ανάλογη με το χρόνο. Ο κανόνας του Merton ίσχυε για όλα τα κεκλιμένα επίπεδα ανεξάρτητα από τη γωνία τους. Η ελεύθερη πτώση ήταν ουσιαστικά η κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο με γωνία 90° . Όλα αυτά οδηγούσαν στην υπόθεση ότι η κίνηση μιας σφαίρας σε κεκλιμένο επίπεδο ήταν αποτέλεσμα του νόμου της επιτάχυνσης και των περιορισμών (δηλαδή της κλίσης του επιπέδου) του συγκεκριμένου κεκλιμένου επιπέδου. Με ανάλογους συλλογισμούς και πειράματα ο Γαλιλαίος μελέτησε την πτώση των σωμάτων που προηγουμένως είχαν αποκτήσει αρχική ταχύτητα κινούμενα σε οριζόντιο επίπεδο, αποδεικνύοντας ότι οι τροχιές που διαγράφουν είναι παραβολικές.

(Ιστορία των επιστημών και της τεχνολογίας Γ' Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1999)

Σχετικά με το νόμο της ελεύθερης πτώσης, αξίζει να αναφέρουμε τα εξής:

► Για ορισμένους ιστορικούς της επιστήμης ένας τρόπος μέτρησης του χρόνου από το Γαλιλαίο ήταν με χρήση μελωδιών, που του επέτρεπαν να διαιρεί το χρόνο όπως ένας μουσικός. Για τη μέθοδο αυτή μάλιστα διατυπώθηκε η λογική γνώμη ότι είναι πιο ακριβής και άμεση από το «υδροχρονόμετρο».

► Έχουμε ήδη αναφέρει ότι για το νόμο πτώσεως των σωμάτων του Αριστοτέλη είχε εκφράσει αντιρρήσεις ο Έλληνας φυσικός φιλόσοφος του 6ου αιώνα μ.Χ. Ιωάννης ο Φιλόπονος, ο οποίος περιέγραψε πειράματα πτώσεως σωμάτων διαφορετικών βαρών και σημείωσε σαφώς, ότι η διαφορά στον χρόνο πτώσης ήταν πολύ μικρότερη από αυτήν που προβλέπει η θεωρία του Αριστοτέλη. Το ίδιο το σύγγραμμα του Φιλόπονου δεν έχει διασωθεί, η διήγηση όμως περιλαμβάνεται στο βιβλίο του αριστοτελικού φιλοσόφου και αντιπάλου του Φιλόπονου, του Σιμπλίκιου, ο οποίος συχνά ανέφερε ιδέες του Φιλόπονου στην προσπάθειά του να τις καταρρίψει. Φυσικά, όπως αναφέραμε (στις αιτίες διαχρονικότητας της αριστοτελικής φυσικής), η εποχή εκείνη ήταν πολύ πρόωμη για ιδέες αντίθετες της αριστοτελικής φυσικής (πόσο μάλλον μεμονωμένες), οι ιδέες αυτές όμως άρχισαν να συσσωρεύονται λίγο πριν την επιστημονική επανάσταση και ευνοήθηκαν κατά τη διάρκειά της από κοινωνικούς, πολιτικούς, πολιτισμικούς και οικονομικούς παράγοντες. Είναι αξιοσημείωτο ότι στα έργα του Γαλιλαίου, που είναι γραμμένα υπό τη μορφή διαλόγων, ο φιλόσοφος που αντιπροσωπεύει την αριστοτελική άποψη ονομάζεται Σιμπλίκιος!

► Ο Γαλιλαίος μελέτησε και τις βολές, τις οποίες ο Αριστοτέλης εξήγησε με τη θεωρία της αντιπερίστασης. Συμπέρανε ότι πρόκειται για σύνθετες κινήσεις, στις οποίες οι τροχιές των σωμάτων είναι παραβολικές. Έτσι, η οριζόντια βολή είναι μια σύνθεση ευθύγραμμης ομαλής κίνησης στην οριζόντια διεύθυνση και μιας ελεύθερης πτώσης στην κατακόρυφη διεύθυνση, που εξελίσσονται ταυτόχρονα, χωρίς η μια να επηρεάζει την άλλη (αρχή της ανεξαρτησίας των κινήσεων). Αυτό σημαίνει, όπως έδειξαν τα πειράματά του, ότι ο χρόνος που κάνει ένα σώμα για να φτάσει στο έδαφος είναι ίδιος, είτε εκτοξευτεί οριζόντια, είτε αφεθεί να πέσει ελεύθερα από το ίδιο ύψος. Στο θέμα της οριζόντιας βολής θα αναφερθούμε και στο κεφάλαιο του Νεύτωνα.

Αναλυτική διατύπωση του νόμου της ελεύθερης πτώσης

Όταν σε ένα σώμα επιδρά μόνο η βαρυντική δύναμη από τη Γη (το βάρος του), τότε κινείται με την επιτάχυνση της βαρύτητας g , η οποία για μικρές περιοχές θεωρείται σταθερή. Έτσι μια πλήρης διατύπωση του νόμου της ελεύθερης πτώσης μπορεί να γίνει με τις εξής δυο προτάσεις:

1. Στην ελεύθερη πτώση όλα τα σώματα ανεξάρτητα από τη μάζα τους, εφόσον αφήνονται από το ίδιο ύψος, πέφτουν ταυτόχρονα.

Έτσι π.χ. ένα μήλο και ένα φτερό μέσα σε σωλήνα κενού (χωρίς αέρα) πέφτουν ταυτόχρονα, αλλά και στον αέρα μια ελαφριά και μια βαριά πέτρα πέφτουν ταυτόχρονα, αφού γι' αυτές η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.

2. Η ελεύθερη πτώση είναι μια ευθύγραμμη (κατακόρυφη) ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, χωρίς αρχική ταχύτητα, οπότε ειδικότερα ισχύουν:

α) **Νόμος της επιτάχυνσης.** Η επιτάχυνση των σωμάτων στην ελεύθερη πτώση, δηλαδή η επιτάχυνση της βαρύτητας g , είναι ίδια για όλα τα σώματα που βρίσκονται στον ίδιο τόπο ανεξάρτητα από το βάρος τους και για μικρές περιοχές θεωρείται σταθερή. Δηλαδή:

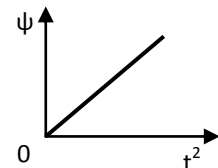
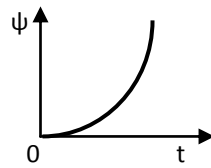
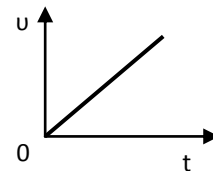
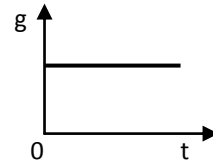
$$g = \text{σταθερή}$$

β) **Νόμος της ταχύτητας.** Η ταχύτητα v ενός σώματος που πέφτει ελεύθερα είναι ανάλογη με το χρόνο πτώσεως. Δηλαδή:

$$v = g \cdot t$$

γ) **Νόμος της μετατόπισης.** Η μετατόπιση ψ από την αρχική του θέση (βλ. στο αρχικό σχήμα της ενότητας) ενός σώματος που πέφτει ελεύθερα είναι ανάλογη με το τετράγωνο του χρόνου πτώσεως. Δηλαδή:

$$\psi = \frac{1}{2} g t^2$$



Επιτάχυνση της βαρύτητας g ονομάζεται η επιτάχυνση που οφείλεται στη βαρυντική δύναμη, που ασκείται στα σώματα από τη Γη. Στους διάφορους τόπους έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

α) Διεύθυνση κατακόρυφη (πιο γενικά η ευθεία στην οποία βρίσκεται η ακτίνα της Γης, που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο τόπο).

β) Φορά προς τα κάτω (προς το κέντρο της Γης).

γ) Μέτρο που εξαρτάται:

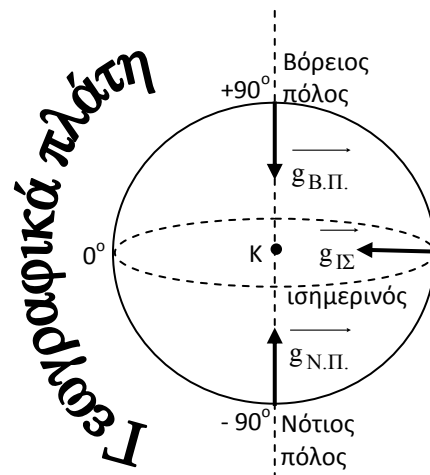
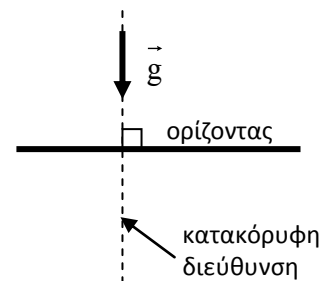
i) Από το γεωγραφικό πλάτος. Συγκεκριμένα αυξάνεται με την αύξηση (κατ' απόλυτη τιμή) του γεωγραφικού πλάτους και είναι μέγιστο στους πόλους και ελάχιστο στον ισημερινό.

ii) Από το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας.

Συγκεκριμένα μειώνεται με την αύξηση του ύψους.

Για μικρές περιοχές η επιτάχυνση g θεωρείται σταθερή και κοντά στην επιφάνεια της Γης λαμβάνεται κατά προσέγγιση $g = 10 \text{ m/s}^2$ (στην Ελλάδα έχει την τιμή $g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Από τον παραπάνω ορισμό γίνεται φανερό, ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας καθορίζεται από τον πλανήτη Γη και δεν εξαρτάται από τις μάζες των σωμάτων που πέφτουν ελεύθερα.



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΗΣ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Στο παράρτημα II υπάρχει πλήρης περιγραφή του πειράματος με το οποίο επαληθεύσαμε το νόμο της ελεύθερης πτώσης, δηλαδή:

1. Η ελεύθερη πτώση από μικρό ύψος είναι μια ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα και επομένως η μετατόπιση είναι ανάλογη του τετραγώνου του χρόνου κίνησης.

2. Στην ελεύθερη πτώση όλα τα σώματα ανεξάρτητα από τη μάζα τους, εφόσον αφήνονται από το ίδιο ύψος, πέφτουν ταυτόχρονα.

Στο πείραμα δώσαμε ιστορική χροιά, χρησιμοποιώντας κεκλιμένο επίπεδο όπως ο Γαλιλαίος (όχι όμως και υδροχρονόμετρο) και ταυτόχρονα ελέγξαμε τη διαπίστωσή του ότι η κύλιση των σφαιρών σε κεκλιμένο επίπεδο είναι παρόμοια με την πτώση τους στο κενό, χωρίς να παίζει ρόλο και στις δυο κινήσεις η μάζα τους.

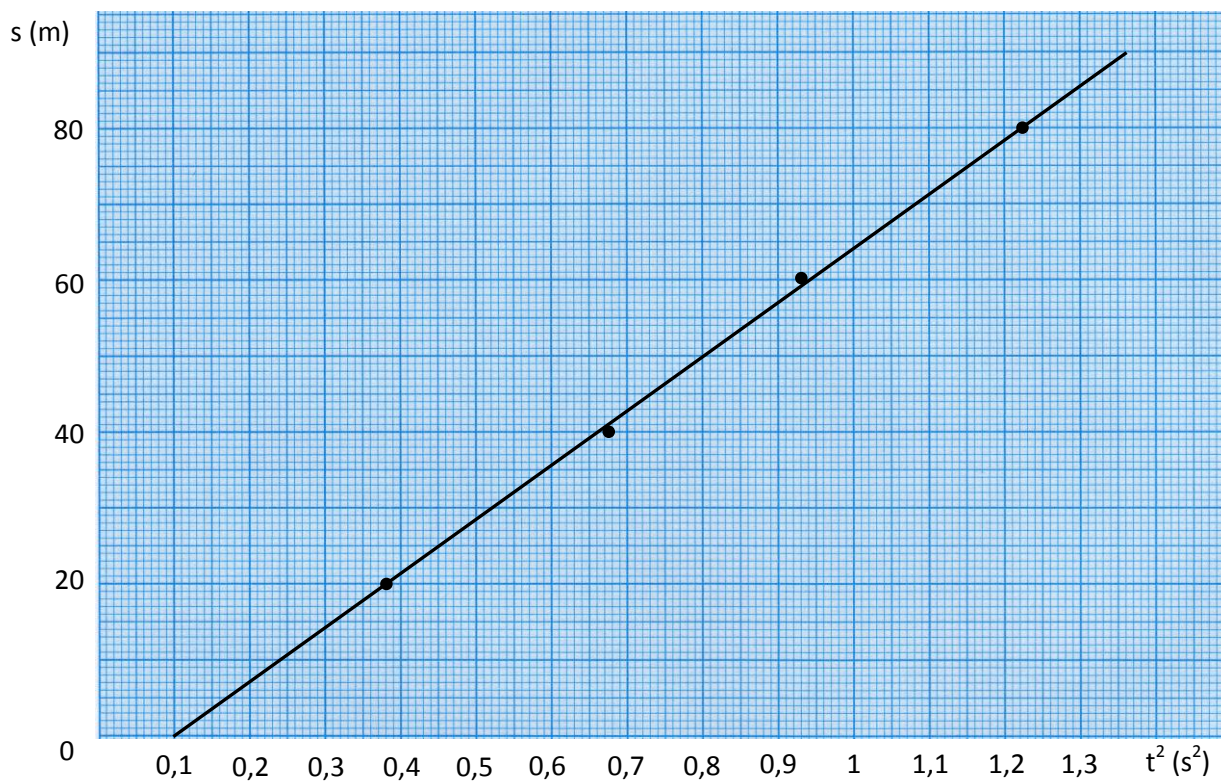
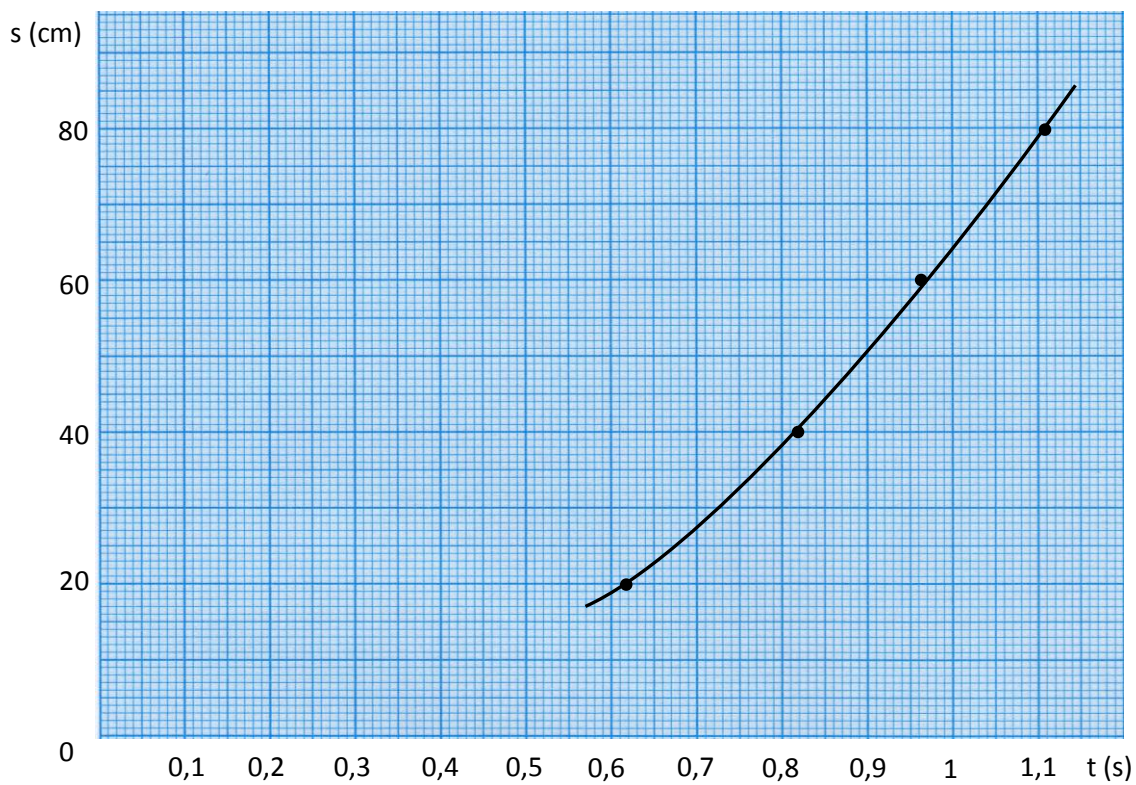


Το κεκλιμένο επίπεδο που χρησιμοποιήσαμε (αρχική κατασκευή: Περπερίδου Σωτηρία).

Παραθέτουμε εδώ τα αποτελέσματα του πειράματός μας:

Διαστήματα κίνησης s (cm)	Μετρήσεις χρόνων κίνησης (s)		Μέσος όρος χρόνων κίνησης t (s)	Τετράγωνα χρόνων κίνησης t ² (s ²)
20	0,61	0,57	0,618	0,382
	0,65	0,67		
	0,63	0,61		
	0,65	0,57		
	0,61	0,61		
40	0,85	0,78	0,822	0,676
	0,86	0,83		
	0,81	0,78		
	0,82	0,86		
	0,78	0,85		
60	0,95	0,96	0,965	0,931
	0,93	0,96		
	0,93	1,02		
	0,95	0,98		
	0,99	0,98		
80	1,09	1,15	1,108	1,228
	1,09	1,09		
	1,07	1,15		
	1,10	1,06		
	1,15	1,13		

► Κατασκευή γραφικών παραστάσεων $s(t)$ και $s(t^2)$.



► Ερωτήσεις για την 1η φάση:

α) Αν η ευθεία στο διάγραμμα διαστήματος - τετραγώνου του χρόνου δεν περνάει από την αρχή των αξόνων, ποια είναι η πιο σημαντική αιτία γι' αυτό;

Απάντηση: Με το ηλεκτρονικό χρονόμετρο χειρός υπάρχουν προσωπικά σφάλματα, που έχουν να κάνουν με το χρόνο αντίδρασης αυτού που χρονομετρά κατά την έναρξη και λήξη της κίνησης. Λόγω κυρίως των σφαλμάτων αυτών, η ευθεία μας δεν περνάει από την αρχή των αξόνων.

β) Με δεδομένο ότι η κλίση στο διάγραμμα διαστήματος – τετραγώνου του χρόνου είναι $\kappa = \frac{1}{2} \alpha$, να υπολογίσετε την επιτάχυνση της κίνησης της σφαίρας.

Απάντηση: Επιλέγουμε δυο σημεία από την ευθεία που χαράξαμε (π.χ. αυτά που αντιστοιχούν σε $s = 30 \text{ cm}$ και $s = 70 \text{ cm}$) και βρίσκουμε:

$$\kappa = \frac{0,7 - 0,3}{1,085 - 0,52} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{0,4}{0,565} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,71 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \text{ οπότε } \alpha = 2\kappa = 1,42 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

γ) Να υπολογίσετε ποιο κλάσμα και ποιο ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ αποτελεί η επιτάχυνση της κίνησης της σφαίρας.

Απάντηση: Είναι $\frac{\alpha}{g} = \frac{1,42}{9,81} = 0,145$

ή $0,145 \cdot 100 \% = 14,5 \%$.

► Αποτελέσματα 2ης φάσης

Μεγέθη - Φάσεις πειραματικής διαδικασίας	Μετρήσεις - συμπεράσματα
Μάζα μεταλλικής σφαίρας (g)	81,4 g
Μάζα γυάλινης σφαίρας (g)	22,1 g
Σχέση μαζών	$81,4 / 22,1 = 3,68$. Η μεταλλική σφαίρα είναι 3,68 φορές βαρύτερη.
Αποτέλεσμα της πτώσης τους από το ίδιο ύψος	Οι δυο σφαίρες έπεσαν ταυτόχρονα στο πάτωμα.
Χρόνοι κύλισης (s) της γυάλινης σφαίρας από τα 80 cm	1,15 1,17 1,05 1,13 1,17 1,09 1,09 1,06 1,10 1,10
Μέσος όρος χρόνων (s) κύλισης της γυάλινης σφαίρας από τα 80 cm	1,111 s
Μέσος όρος χρόνων (s) κύλισης της μεταλλικής σφαίρας από τα 80 cm (από την 1η φάση)	1,108 s
Σύγκριση των χρόνων κύλισης στα 80 cm	Οι χρόνοι είναι περίπου ίσοι (με προσέγγιση εκατοστού είναι και οι δυο 1,11 s)
Συμπέρασμα για την κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο, σε σχέση με την ελεύθερη πτώση	Όπως στην ελεύθερη πτώση, έτσι και στην κύλιση χωρίς ολίσθηση σε κεκλιμένο επίπεδο, οι σφαίρες κάνουν την ίδια κίνηση ανεξάρτητα από τη μάζα τους.

3Ε. Συμπεράσματα

Η συνεισφορά του Γαλιλαίου στη φυσική είναι τόσο σημαντική, ώστε να θεωρείται ο θεμελιωτής της σύγχρονης φυσικής. Με την επικράτηση του ηλιοκεντρικού συστήματος (και τη γη να μην είναι πια στο κέντρο του κόσμου) κατά την επιστημονική επανάσταση, το οποίο υποστήριζε με στοιχεία και για το οποίο αγωνίστηκε ο Γαλιλαίος, καταστράφηκε η εικόνα του παλαιού αριστοτελικού κόσμου. Ο τρόπος προσέγγισης της φύσης άλλαξε ριζικά. Οι νόμοι της φύσης διατυπώνονται πλέον με μαθηματικό τρόπο και ελέγχονται με πειράματα.

Συγκεκριμένα στο Γαλιλαίο οφείλουμε:

1. Την εισαγωγή του πειράματος στη φυσική. Έχουμε σημειώσει ξανά ότι πειράματα υπήρξαν και παλαιότερα, αλλά είναι με τον Γαλιλαίο που το πείραμα καθιερώθηκε ως τρόπος μελέτης της φύσης. Ο ίδιος έδωσε τα πρώτα μεγάλα παραδείγματα πειραματικής επινοήσεως και σχεδιασμού.
2. Την εισαγωγή ποσοτικών σχέσεων στην περιγραφή των φυσικών φαινομένων. Ο Γαλιλαίος, όπως και ο Κέπλερ, ανέδειξαν σε πρωταρχικό και βασικό στοιχείο της μεθοδολογίας τους την ανάλυση συστηματικών μετρήσεων και ποσοτικών παρατηρήσεων των φυσικών φαινομένων, είτε επρόκειτο για την ελεύθερη πτώση των σωμάτων, είτε για την κίνηση των πλανητών. Η διαφορά μεταξύ τους είναι ότι ο Γαλιλαίος υπήρξε ο ίδιος μεγάλος σχεδιαστής ευφών πειραμάτων, ενώ ο Κέπλερ βασίστηκε, σχεδόν αποκλειστικά, στις παρατηρήσεις του Tycho Brahe. Και οι δύο, όμως, χαρακτηρίζονται από την απόλυτη πίστη στην ανάγκη η ερμηνεία να μπορεί να ενσωματώσει με επιτυχία τις παρατηρήσεις, διαχωρίζοντας την κατανόηση ενός φυσικού φαινομένου από την κατανόηση του αρχικού αιτίου που το προκαλεί.
3. Τη χρήση του τηλεσκοπίου για αστρονομικές παρατηρήσεις, που οδήγησε σε μια νέα εικόνα του κόσμου και άνοιξε το δρόμο για την πρώτη μεγάλη ενοποίηση στη φυσική. Η «απομυθοποίηση» της σελήνης με τις έρημες πεδιάδες, οροσειρές και κρατήρες και η ανακάλυψη ότι δεν είναι τίποτε άλλο από ένα «κομμάτι γης», σίγουρα βοήθησε το Νεύτωνα να τη δει ως ένα αντικείμενο στο οποίο η γη επιδρά βαρυτικά, όπως σε ένα μήλο.
4. Τη διατύπωση του νόμου της αδράνειας, με τον οποίο αποσύνδεσε τη δύναμη από την ταχύτητα, σε αντίθεση με την αριστοτελική φυσική, πράγμα που θα δεχτεί ο Νεύτωνας και θα περιλάβει το νόμο αυτό στους τρεις νόμους κίνησής του. Με το νόμο της αδράνειας έγινε ένα μεγάλο βήμα προς τη διαμόρφωση της έννοιας της δύναμης, όπως θα την καθορίσει ο Νεύτωνας. Επιπλέον με το νόμο αυτό αναδείχτηκε ότι **εκτός από την ακινησία ενός σώματος, φυσική κατάσταση του είναι και η κίνηση με σταθερή ταχύτητα.**
5. Τη διατύπωση του νόμου της ελεύθερης πτώσης, που αντικατέστησε τη «βαρυτική θεωρία» του Αριστοτέλη και άνοιξε το δρόμο για τις νεότερες θεωρίες βαρύτητας: του Νεύτωνα και τη Γενική Θεωρία Σχετικότητας του Αϊνστάιν.
6. Τη χρήση της εξιδανίκευσης και των μοντέλων για την ανάλυση των φυσικών φαινομένων και την εξαγωγή νόμων που «εμποδίζουν» η πολυπλοκότητά τους. Για το Γαλιλαίο η φύση είναι ένα σύστημα μαθηματικής αρμονίας και κατά την κατασκευή των μοντέλων για την δομή της φύσης, πρέπει να απορρίπτονται τα στοιχεία που δεν συμμετέχουν στην μαθηματική νομοτέλεια.

Η μετάβαση από την αριστοτελική φυσική σε νέες ιδέες, σε νόμους που εκφράστηκαν σε μαθηματική γλώσσα και σε νέο τρόπο έρευνας της φύσης, άνοιξε το δρόμο για την εμφάνιση της πρώτης μεγάλης ενιαίας θεωρίας της φυσικής, που σύνδεσε κινήσεις και δυνάμεις με τρόπο ικανό να ερμηνεύει όλα τα ζητήματα της εποχής. Αυτή οφείλεται στο Νεύτωνα και θα είναι η κορύφωση της επιστημονικής επανάστασης.

Ποίημα αφιερωμένο στο Γαλιλαίο

Σημ. του υπεύθυνου καθηγητή: Το ποίημα ήταν ιδέα των μαθητριών Πητσιάνη Χαρίσας και Πυστικόζογλου Σοφίας, από την ομάδα του Γαλιλαίου. Οι μαθητές της ομάδας δέχτηκαν τη συνεργασία μου στο κομμάτι της αδράνειας και της ελεύθερης πτώσης, όπως και στην προσθήκη λέξεων που παραπέμπουν στις ηλιακές κηλίδες και στους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου. Δεν έχω παρά να τους ευχαριστήσω, γιατί χωρίς την υπέροχη ιδέα τους, είναι σίγουρο ότι δεν θα είχα προσπαθήσει ακόμα να γράψω για τη Φυσική με στίχους. Και όλ' αυτά, στα πλαίσια αυτού του καινοτόμου μαθήματος, της ερευνητικής εργασίας.

*Γαλιλαίο Γαλιλέι
είσαι μεγάλος, ζακουστός
κάθε άνθρωπος το λέει
της Φυσικής ένας σταθμός.*

*Στην Πίζα σε μεγάλωσαν
χρόνια γεμάτα μουσική
τα γράμματα σου γνώρισαν
της Φλωρεντίας μοναχοί.*

*Στα δεκαοχτώ σου έτη
είδες ψηλά στα εκκρεμή
των κινήσεων η μελέτη
αυτή ήταν μόνο η αρχή.*

*Έδειξες πειραματικά
με ευφυΐα τιτάνια
των πτώσεων τα μυστικά
και τι `ναι η αδράνεια.*

*Ρόδινα όλα τα είδες
καίγοντας της γης το δάκρυ
και τ' αδύναμα τα πηγες
σε ταξίδια δίχως άκρη.*

*Κι αν δεν άδειασες αέρα
πάνω σε πλαγιά από ζύλο
έκανες το βάρος πέρα
κι ένα ήταν χαλκός και φύλο.*

*Δε σε σκίασε η ώρα
μα είπες για την πτώση όλων
με νερό κόντρα στη μπόρα
και με γλώσσα των συμβόλων.*

*Το τηλεσκόπιο πιο ψηλά
ανέβασες φορές εννιά
τ' αστέρια γίναν πιο πολλά
κι είδες του Δία τα παιδιά.*

*Είπες ότι γυρίζει η Γη
και κηλίδα ήταν μεγάλη
μετά για μια μόνο στιγμή
ο Ήλιος έγινε σκοτάδι.*

*Και όμως η Γη γυρίζει
ο Ήλιος έλαμψε ξανά
και ο κόσμος πια γνωρίζει
μετασχημάτισες πολλά.*

*Πριν σε γνωρίσω πίστευα
αισθήσεων νόμους φανερούς
μετά να μάθω γύρευα
τι κρύβουν έρευνα και νους.*

*Άπλωσες γιγάντιους ώμους
να σταθούν άλλοι μεγάλοι
εσύ έδειξες τους δρόμους
για να δουν μακριά και πάλι !*

Βιβλιογραφία

1	Αραμπατζής Θ., Γαβρόγλου Κ., Διαλέτης Δ., Χριστιανίδης Γ., Κανδεράκης Ν., Βερνίκος Σ.	ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ (ΜΑΘΗΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ)		ΟΕΔΒ	Αθήνα 1999
2	Βλάχος Ι., Γραμματικάκης Ι., Καραπαναγιώτης Β., Κόκκοτας Π., Περιστερόπουλος Π., Τιμοθέου Γ.	ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Α' ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ		ΟΕΔΒ	Αθήνα 2009
3		PSSC ΦΥΣΙΚΗ	Απόδοση στα Ελληνικά: Θανάσης Κωστίκας	Ίδρυμα Ευγενίδου	Αθήνα 1994
4	Ν. Δαπόντες, Α. Κασσέτας, Σ. Μουρίκης, Μ. Σκιαθίτης	ΦΥΣΙΚΗ Α' ΕΝΙΑΙΟΥ ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ		ΟΕΔΒ	Αθήνα 1996
5	JOHN LOSSE	Φιλοσοφία της επιστήμης	Μετάφραση – επιμέλεια: Θ. Μ. Χρηστίδης	Βάνιας	Θεσσαλονίκη 1991
6	Χριστιανίδης Γ., Διαλέτης Δ., Παπαδόπουλος Γ., Γαβρόγλου Κ.	<i>Οι επιστήμες στην Αρχαία Ελλάδα, στο Βυζάντιο και στο Νεότερο Ελληνισμό</i>		ΕΑΠ	Αθήνα 2001
7	ΙΩΑΝΝΗ Γ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗ	<i>«Από τὸν Ἀριστοτέλη στὸ Νεύτωνα» (Ἄρθρο)</i>	<i>«Φυσικὸς κόσμος» (τεῦχος 8, 2002)</i>	<i>Από ομιλία που έγινε στο 1ο Επιστημονικό Συμπόσιο στην Καστοριά το ἔτος 2002</i>	
8	Χάρης Βάρβογλης	Άρθρα και διαφάνειες για το μάθημα «Ιστορία και εξέλιξη των ιδεών στη Φυσική» (Τμήμα Φυσικής Σχολής Θ.Ε. του Α.Π.Θ.)			

ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

<http://el.wikipedia.org/wiki/> (Γαλιλαίος_Γαλιλέι)

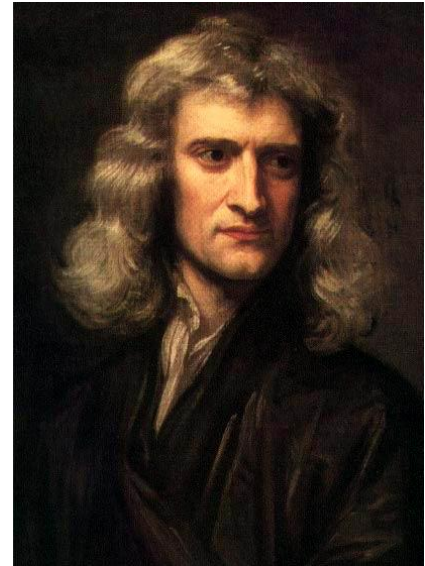
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ο ΝΕΥΤΩΝΑΣ

4Α. Βιογραφία και έργο του Νεύτωνα

Βιογραφία του Νεύτωνα (1643 – 1729)

Ο Νεύτων (Sir Isaac Newton) ήταν Άγγλος φυσικός, μαθηματικός, αστρονόμος, φιλόσοφος, αλχημιστής και θεολόγος. Γεννήθηκε στις 4 Ιανουαρίου 1643 (Χριστούγεννα του 1642 με το παλιό ημερολόγιο, που τότε ήταν σε χρήση στην Αγγλία) στο χωριό Woolsthorpe (Γούλσθορπ), κοντά στο Grantham (Γκράντχαμ) του Lincolnshire (Λίνκολνσαίρ). Ο πατέρας του - Isaac Newton - πέθανε μόλις τρεις μήνες μετά το γάμο με τη μητέρα του - Hannah Ayscough. Μετά από δύο χρόνια η χήρα μητέρα του ξαναπαντρεύτηκε και ακολούθησε το νέο σύζυγο της σε κοντινό χωριό, αφήνοντας το μικρό Isaac στη γιαγιά του. Ο χωρισμός αυτός από τη μητέρα του φαίνεται ότι επέδρασε δραματικά στο χαρακτήρα του. Τελικά, η μητέρα του ξαναγύρισε κοντά του σε μερικά χρόνια, αφού έμεινε για δεύτερη φορά χήρα, με τα τρία ετεροθαλή αδέρφια του, δύο κορίτσια και ένα αγόρι. Οι εγκύκλιες σπουδές του έγιναν στο κοντινό Grantham. Όταν η μητέρα του πείστηκε ότι ο πρωτότοκος γιος της δεν επρόκειτο να αφοσιωθεί στο γεωργικό τρόπο ζωής, για τον οποίο τον προόριζε, αποφάσισε να τον αφήσει να προετοιμαστεί για περαιτέρω σπουδές στο πανεπιστήμιο. Στις 4 Ιουνίου του 1661, ο Isaac Newton έφτασε στο Cambridge και παρουσιάστηκε την επομένη στο κολέγιο Trinity. Παρά το ότι ξεκίνησε τις σπουδές του λιγότερο προετοιμασμένος από τους συμμαθητές του, πολύ γρήγορα διακρίθηκε για τις επιδόσεις του στα μαθηματικά. Είναι γνωστή η αντίδρασή του όταν άρχισε να μελετά τα Στοιχεία του Ευκλείδη, τα οποία γρήγορα εγκατέλειψε γιατί βρήκε το βιβλίο «ασήμαντο». Το 1664 κέρδισε υποτροφία, ακολούθησαν τα λεγόμενα γι' αυτόν «θαυμαστά χρόνια», στα οποία έθεσε τις βάσεις των μεγάλων ανακαλύψεών του, ενώ το 1667 έγινε μέλος της πανεπιστημιακής κοινότητας και άρχισε έτσι επίσημα την ερευνητική σταδιοδρομία του.



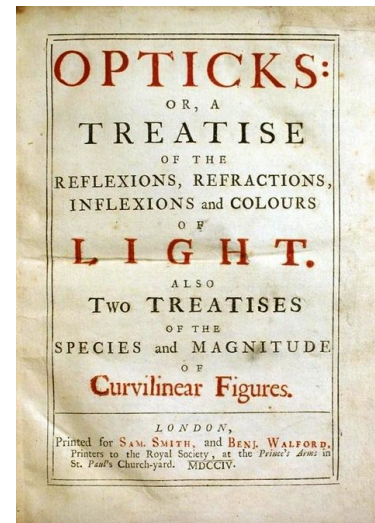
Ως φοιτητής ο Νεύτων πολύ γρήγορα αδιαφόρησε για το επίσημο πρόγραμμα σπουδών που τότε εφαρμοζόταν στο πανεπιστήμιο και μελέτησε μόνος του όλες τις σύγχρονες για την εποχή του εξελίξεις στις περιοχές των μαθηματικών και της φυσικής φιλοσοφίας. Κατά τη διάρκεια των σπουδών του Cambridge, ασχολήθηκε αρχικά με θέματα οπτικής, ενώ παράλληλα μελετούσε τους παλαιότερους συγγραφείς, όπως οπτική από τον Κέπλερ, φιλοσοφία από τον Αριστοτέλη, τα έργα του Γαλιλαίου και τις ιδέες και θεωρίες των μηχανοκρατικών (Descartes, Gassendi, Hobbes, Boyle κ.ά.). Κυρίως τα μαθηματικά του Ντεκάρτ, του έδωσαν το κίνητρο για την επινόηση του διαφορικού λογισμού. Τις χρονιές 1665 και 1666, αναχώρησε από το Cambridge για να αποφύγει μια επιδημία πανούκλας που είχε πλήξει την περιοχή και γύρισε στο Woolsthorpe. Κατά την παραμονή στη γενέτειρά του, η μελέτη του πάνω στα έργα άλλων επιστημόνων άρχισε ήδη να αποδίδει καρπούς. Το 1666 ήταν η χρονιά που συνέλαβε την ιδέα της παγκόσμιας έλξης, βλέποντας, κατά την παράδοση, ένα μήλο να πέφτει από μία μηλιά. Από σημειώσεις του που έχουν διασωθεί και από κείμενα που ο ίδιος έγραψε αργότερα, φαίνεται ότι ανέπτυξε τις βασικές ιδέες για όλες τις μετέπειτα ανακαλύψεις του σε μια τριετία ιδιαίτερα έντονης πνευματικής δραστηριότητας, από το 1666 έως το 1668. Την περίοδο εκείνη έκανε, ή είχε τουλάχιστον εμπνευστεί, σημαντικότερες ανακαλύψεις για τα μαθηματικά και όχι μόνο: τη

θεωρία χρωμάτων, βασισμένη στα πειράματα που για καιρό έκανε, το γενικευμένο διωνυμικό θεώρημα και, βέβαια, τον απειροστικό λογισμό, ένα νέο είδος μαθηματικών («μέθοδος των ροών» για το Νεύτωνα). Η ανάπτυξη της μεθόδου έγινε το φθινόπωρο του 1666 και η δημοσιοποίησή της το 1704. Την ίδια μέθοδο ανέπτυξε επίσης το 1675 ο Leibniz, εργαζόμενος ανεξάρτητα από το Νεύτωνα.

Το 1669 σε ηλικία 26 ετών, διαδέχθηκε το φίλο και δάσκαλο του Ισαάκ Μπάροου (Isaac Barrow, 1630-1677) στη Λουκασιανή έδρα των μαθηματικών στο Cambridge. Ως καθηγητής γνωρίζουμε ότι δεν είχε την αναμενόμενη ίσως αναγνώριση, διδάσκοντας οπτική, άλγεβρα και πολύ από το περιεχόμενο του περίφημου Principia, το οποίο είχε δρομολογηθεί από τα τέλη της προηγούμενης δεκαετίας, μέσα κυρίως από τεταμένη αλληλογραφία με τον Ρόμπερτ Χουκ (Robert Hooke, 1635-1703). Τρία χρόνια αργότερα (1672) εκλέχθηκε μέλος στη νεοσυσταθείσα Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου. Την ίδια χρονιά ανακοίνωσε σ' αυτήν την πραγματεία του «Νέα θεωρία περί φωτός και χρωμάτων». Με την εκλογή αυτή, ο Νεύτων είχε την ευκαιρία να έρθει σε επαφή προσωπικά ή αλληλογραφώντας και με άλλους επιστήμονες, πέρα από τον Χουκ, όπως ήταν ο χημικός Ρόμπερτ Μπόιλ (Robert Boyle), ο φυσικός, αστρονόμος και μαθηματικός Κρίστιαν Χόιχενς (Christiaan Huygens), καθώς και με τον Γκότφριντ Βίλχελμ Λάιμπνιτς (Gottfried Wilhelm Leibniz), με τον οποίο ο Νεύτων είχε μεγάλη διαμάχη για τη διεκδίκηση της πατρότητας του απειροστικού λογισμού, και με τον γνωστό φιλόσοφο Τζον Λοκ (John Locke), ιδρυτή του εμπειρισμού, με τον οποίο είχε επικοινωνία επάνω σε θεολογικά ζητήματα. Είναι αλήθεια ότι ο Νεύτων δεν είχε αμιγώς επιστημονικές ανησυχίες. Από την ίδια χρονιά που διορίστηκε καθηγητής μαθηματικών, εκτός από τα μαθηματικά και την οπτική, άρχισε παράλληλα να ασχολείται με την αλχημεία και τη θεολογία. Το καλοκαίρι του 1684, ωστόσο, όταν ο Έντμουντ Χάλεϊ (Edmond Halley) τον επισκέφτηκε για να συζητήσει μαζί του για θέματα κινηματικής, ο Νεύτων αποφάσισε να διακόψει καθετί άλλο και να ασχοληθεί σοβαρά με τη μηχανική. Το αποτέλεσμα ήταν να ολοκληρώσει μέσα σε τρία χρόνια ένα από τα σημαντικότερα επιστημονικά έργα του αιώνα του (και όχι μόνο), το «**Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica**» (**Μαθηματικές αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας**) το οποίο παρουσιάστηκε το 1686 (44 ετών) στη Βασιλική Εταιρεία και εκδόθηκε το 1687. Με το έργο αυτό ο Νεύτωνας θεμελίωσε την κλασική μηχανική και εγκαθίδρυσε μία κοσμολογική άποψη για τη βαρύτητα, που κυριάρχησε στην επιστημονική κοινότητα μέχρι να την αναθεωρήσει ο Άλμπερτ Αϊνστάιν (Albert Einstein) το 1915, με τη γενική θεωρία της σχετικότητας (περίφημη παραμένει η φράση του Αϊνστάιν «*Νεύτων, συγχώρεσέ με*»). Μετά την έκδοση του Principia και μέχρι το 1696 που έφυγε από το Cambridge, ο Νεύτων επέστρεψε ξανά στις δευτερεύουσες ασχολίες του και άρχισε να χάνει σταδιακά το ενδιαφέρον του για τη έδρα. Το 1687 συνέβαλε ουσιαστικά στην αντίσταση που πρόβαλε το Cambridge στο Βασιλιά Ιάκωβο Β', που σχεδίαζε να μετατρέψει το Πανεπιστήμιο σε καθολικό ίδρυμα, και το 1689 ήταν ένας από τους εκπροσώπους του πανεπιστημίου στην ειδική σύνοδο της βουλής. Το φθινόπωρο του 1693 υπέστη νευρική κατάρπωση.

Όταν ένας από τους παλιούς προσκείμενους μαθητές του μπόρεσε να του εξασφαλίσει τη θέση του διευθυντή του Βασιλικού Νομισματοκοπείου, αποφάσισε να παραιτηθεί από τη έδρα (πράγμα που τυπικά έγινε το 1701) και να μετακομίσει στο Λονδίνο, ώστε να αναλάβει τα νέα του καθήκοντα. Τα τέσσερα επόμενα χρόνια αποτέλεσαν χρόνια έντονης πνευματικής δράσης, αφού εκτός από το θρίαμβο των Principia προσπάθησε να δώσει και σε όλες τις προηγούμενες ανακαλύψεις του την τελική διατύπωσή τους. Η βαθιά γνώση της αλχημείας τον βοήθησε στη νέα θέση του να εντοπίζει κίβδηλα νομίσματα. Το 1703 η Βασιλική Εταιρεία τον εξέλεξε πρόεδρο της, μια θέση που διατήρησε για όλη την υπόλοιπη ζωή του. Τα χρόνια αυτά ο Νεύτων ξεκίνησε και την έντονη διαμάχη του με τον Leibniz, σχετικά με τον απειροστικό λογισμό. Χρησιμοποίησε τη θέση του ως προέδρου της Ακαδημίας, για να δημιουργήσει μια επιτροπή που θα διερευνούσε το θέμα, της οποίας το πόρισμα που κατηγορούσε τον Leibniz για κλοπή

των ιδεών του Νεύτωνα, γνωρίζουμε σήμερα ότι το έγραψε κρυφά ο ίδιος. Ο Νεύτωνας αποφάσισε να εκθέσει στην κρίση των συναδέλφων του τις παλιές ανακαλύψεις του, σε έναν αγώνα δρόμου να κατοχυρώσει τους ερευνητικούς του καρπούς. Εκτός από τα Principia, που είχαν εκδοθεί το 1687, μέχρι το 1711 είχαν εκδοθεί από μία τουλάχιστον φορά τα Opticks (1704), Tractatus de Quadratura Curvarum (1704), Enumeratio Linearum Tertii Ordinis (1704), Arithmeticae Universalis (1707), De Analysisi (1711), Methodis Differentialis (1711), καθώς και δύο ακόμη φορές το Principia (1713, 1726), ενώ εννιά χρόνια μετά το θάνατό του, εκδόθηκε για πρώτη φορά το De Methodis Fluxionum et Serierum Infinitarum (1736). Στις 2 Μαρτίου του 1727, ο Νεύτων κατά τη διάρκεια συνεδρίασης της Βασιλικής Εταιρίας ασθένησε και μεταφέρθηκε εσπευσμένα στο σπίτι του. Την επομένη πέθανε σε ηλικία 85 ετών. Ενταφιάστηκε στο αβαείο του Westminster (Γουεστμίνστερ).



Το έργο του Νεύτωνα

Ο Isaac Newton υπήρξε η κορυφαία επιστημονική φυσιογνωμία της Επιστημονικής Επανάστασης και θεωρείται από τους μεγαλύτερους επιστήμονες όλων των εποχών. Για την ιστορία της επιστήμης αποτελεί μια ιδιαίτερη περίπτωση, όχι μόνο για τη σημασία του έργου του, αλλά και γιατί είναι ένας από τους στοχαστές που η ιστορική έρευνα μπορεί να ανασυγκροτήσει μια λεπτομερή εικόνα της διαδρομής τους. Κι αυτό γιατί δεν κατέστρεφε τίποτα από τις σημειώσεις του, όσο ασήμαντες κι αν ήταν, ενώ χάρη στην ανιψιά του έχει διασωθεί το σύνολο σχεδόν των πάσης φύσεως χειρογράφων του. Οι κυριότερες θεωρητικές συνεισφορές του αφορούν τα μαθηματικά, την οπτική και τη δυναμική.

Στα μαθηματικά η κύρια συνεισφορά του ήταν η θεμελίωση των σύγχρονων μαθηματικών με τη διατύπωση - παράλληλα με τον Leibniz - του Απειροστικού Λογισμού. Η «μέθοδος των ροών», όπως ο ίδιος την ονόμαζε, βασίστηκε στην ιδέα ότι η ολοκλήρωση μιας συνάρτησης (δηλαδή η εύρεση του εμβαδού που ορίζεται από την καμπύλη που την αναπαριστά) είναι ακριβώς η αντίστροφη διαδικασία της διαφορίσης (δηλαδή της εύρεσης της κλίσης της καμπύλης σε κάθε σημείο της). Παρά το ότι ο Νεύτων δεν μπόρεσε να θεμελιώσει αυστηρά τη μέθοδο του, κατάφερε να αναπτύξει ένα ισχυρό αναλυτικό εργαλείο για την ανάλυση και την επίλυση μιας σειράς προβλημάτων στα μαθηματικά και στη φυσική.

Στην οπτική οι εργασίες του Νεύτωνα υπήρξαν σημαντικές και ουσιαστικές. Βασιζόμενος σε μια σειρά πειραμάτων, ανέπτυξε την επαναστατική για την εποχή αντίληψη ότι το λευκό φως δεν είναι μια απλή ομογενής οντότητα, αλλά σύνθεση πολλών χρωμάτων. Ο Νεύτων επανέφερε την ατομική αντίληψη του Δημόκριτου, την οποία επέκτεινε και στο φως (σωματιδιακή φύση του φωτός). Η ανακάλυψη του Νεύτωνα για το φως ήταν αντίθετη με ανθρώπινες βεβαιότητες αιώνων (τα χρώματα προέρχονται από τροποποιήσεις του λευκού φωτός), αντιλήψεις τόσο βαθιά ριζωμένες που είχαν καταστεί αξιωματικές και γι' αυτό συνάντησε πολλές αντιδράσεις, με κύριο εκφραστή τον Robert Hooke.



Εφεύρεση του Νεύτωνα είναι το ανακλαστικό τηλεσκόπιο, με χρήση κατόπτρων αντί φακών όπως στα διαθλαστικά, με το πλεονέκτημα της πιο ρεαλιστικής απεικόνισης των χρωμάτων. Το πρώτο, που κατασκεύασε το 1668, είχε μήκος 15 εκατοστά και μεγέθυνση έως και 40 φορές.

Πολύ περισσότερο, όμως, ο Νεύτων έχει μείνει ως ο πατέρας της κλασικής μηχανικής, καθώς, βασιζόμενος κυρίως στις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου και στους νόμους του Κέπλερ για την κίνηση των πλανητών, διατύπωσε τους τρεις μνημειώδεις νόμους της κίνησης και τον περισπούδαστο νόμο της παγκόσμιας έλξης. Ο Νεύτωνας βλέπει το σύμπαν άπειρο χωρικά και χρονικά. Ο χώρος και ο χρόνος είναι απόλυτες έννοιες και ανεξάρτητες από την ύπαρξη ή μη σωμάτων. Ο χώρος είναι κενός και μέσα σ' αυτόν κινούνται τα διάφορα σώματα, τα οποία αποτελούνται από άτομα. **Το Σύμπαν είναι μια τεράστια μηχανή**, η οποία υπακούει σε αυστηρή νομοτέλεια. Στο Σύμπαν του Νεύτωνα δεν έχει θέση η σκοπιμότητα του Αριστοτέλη ή η τύχη.

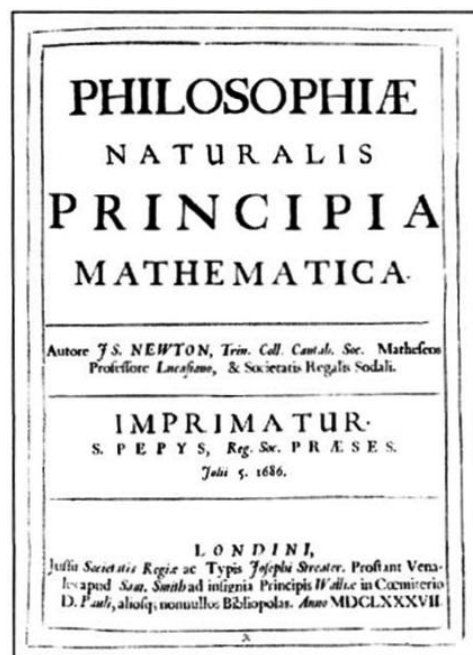
Ο Νεύτων, όμως, υπήρξε και μεγάλος πειραματικός και κατασκευαστής εξαιρετικά ευφών συσκευών, οργάνων και σημαντικών πειραματικών διατάξεων. Η πειραματική μέθοδος κατά τον Νεύτωνα, ορίζει ότι η ανάλυση πρέπει να προηγείται της σύνθεσης. Η ανάλυση συνίσταται στην πραγματοποίηση πειραμάτων και παρατηρήσεων και στην συναγωγή γενικών συμπερασμάτων δια της επαγωγής. Αντί να αναλύει ένα πρόβλημα μαθηματικά σε απλές έννοιες και με την λογική να παράγει δευτερογενείς αλήθειες, βασισμένες σε αξιώματα, όπως ο Καρτέσιος, ο Νεύτων πορεύτηκε με την επαγωγική γενίκευση της εμπειρίας, προς την υπαγωγή ευρύτερων φαινομένων στην εξήγηση που απορρέει από τις γενικεύσεις του.

Για δύο αιώνες ο Νεύτων θεωρήθηκε από τους βιογράφους του ως ο τυπικός και ολοκληρωμένος εκπρόσωπος της Επιστημονικής Επανάστασης, αλλά και ο πρόδρομος της Βιομηχανικής Επανάστασης.

TA PRINCIPIA

Στο μεγαλειώδες έργο του Νεύτωνα PHILOSOPHIÆ NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA (Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας), που εκδόθηκε το 1687, περιέχονται οι ανακαλύψεις του για τους νόμους της κίνησης και της παγκόσμιας έλξης. Ο Stephen Hawking το χαρακτήρισε ως «το πιο σημαντικό βιβλίο Φυσικής που γράφτηκε ποτέ». Η Νευτώνεια Μηχανική περιλαμβάνει: α) Τους τρεις θεμελιώδεις νόμους της κίνησης των σωμάτων, β) Το νόμο της παγκόσμιας έλξης. Το βιβλίο είναι διατυπωμένο σε αρχαϊκό φορμαλισμό, στη συνθετική γεωμετρία των Αρχαίων Ελλήνων, στην οποία προτιμούσε να παρουσιάζει τα θεωρήματά του ο Νεύτων. Δυνάμεις, ταχύτητες, επιταχύνσεις, χρόνοι, πυκνότητες και αποστάσεις παρουσιάζονται με εξαιρετικά πολύπλοκες γεωμετρικές κατασκευές, που χρησιμοποιούν γραμμές και επιφάνειες. Όπως ο ίδιος γράφει στον πρόλογο του, φιλοδοξία του ήταν να ενώσει τους κλάδους της γεωμετρίας και της μηχανικής «και για τούτο παρουσιάζουμε αυτό το έργο ως μαθηματικές αρχές της φυσικής φιλοσοφίας. Γιατί όλη η δυσκολία της φιλοσοφίας φαίνεται ότι συνίσταται στο εξής: από τα φαινόμενα των κινήσεων να διερευνήσει τις δυνάμεις της φύσης και κατόπιν από αυτές τις δυνάμεις να αποδείξει τα άλλα φαινόμενα». Το έργο περιλαμβάνει μια εισαγωγή και τρία μεγάλα βιβλία ή μέρη.

Στην εισαγωγή ο Νεύτων δίνει τους ορισμούς των εννοιών (με μαθηματικό τρόπο) και τα αξιώματα που θα χρησιμοποιήσει, δίνει τους ορισμούς του απόλυτου και σχετικού χώρου και χρόνου, παρουσιάζει τα **τρία «αξιώματα ή νόμους της κίνησης»** και την ολοκληρώνει με τη συστηματική παρουσίαση διάφορων γενικών προβλημάτων της κίνησης, συμπεριλαμβανομένου



Το εσώφυλλο από την πρώτη έκδοση των Principia (1686).

και του νόμου της διατήρησης της ορμής.

Στο πρώτο βιβλίο, που είναι μια πραγματεία για τη μηχανική, ο Νεύτων ασχολείται συστηματικά με την εφαρμογή των τριών νόμων - αξιωμάτων της κίνησης σε σημειακές μάζες και ιδιαίτερα σε σημειακές μάζες που κινούνται σε τροχιά γύρω από κέντρα έλξης. Στην ουσία προετοιμάζει το έδαφος, για να περιληφθεί η τροχιακή κίνηση σε ένα ενιαίο σύστημα μηχανικής, που θα περιλαμβάνει **τόσο τα γήινα, όσο και τα ουράνια φαινόμενα**. Επίσης, αποδεικνύει με τη μορφή θεωρημάτων ότι οι τρεις νόμοι του Κέπλερ για την κίνηση των πλανητών μπορούν να εξαχθούν από τη Δυναμική με τη χρήση των τριών αξιωμάτων της κίνησης, γενικεύοντας αυτούς τους νόμους, με την έννοια ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε όλες τις περιπτώσεις στις οποίες ένα κινούμενο σώμα παρεκκλίνει από την αρχική πορεία του λόγω κάποιας ελκτικής δύναμης.

Στο δεύτερο βιβλίο των Principia ασχολείται συστηματικά με κινήσεις ρευστών και με σώματα που κινούνται με την παρουσία αντίστασης μέσα σε αυτά τα ρευστά. Σκοπός του είναι να αποδείξει ότι η καρτεσιανή ερμηνεία των στροβίλων αδυνατεί να περιγράψει την πλανητική κίνηση. Παράλληλα διαπιστώνει ότι η ευστάθεια της τροχιάς των πλανητών πείθει ότι αυτοί κινούνται στο κενό.

Στο τρίτο βιβλίο, που φέρει τον τίτλο «Το σύστημα του Κόσμου», ο Νεύτων φτάνει στον τελικό σκοπό του, που ήταν η εφαρμογή των αρχών της δυναμικής του στο πλανητικό σύστημα. Αποδεικνύει ότι οι δυνάμεις που καθορίζουν την κίνηση των πλανητών είναι της ίδιας φύσης με τη γήινη βαρύτητα και ότι οι δυνάμεις αυτές δρουν σε ολόκληρο το σύμπαν. Πρόκειται για μια έλξη παγκόσμια. Έχοντας συναγάγει το **νόμο της παγκόσμιας έλξης**, ο Νεύτων τον χρησιμοποιεί στο υπόλοιπο του τρίτου βιβλίου, για να εξετάσει μια σειρά από άλλα φαινόμενα. Ερμηνεύει τη διαφορά της περιόδου του εκκρεμούς στα διάφορα σημεία της γης, τις παλίρροιες, τις ανωμαλίες της κίνησης της σελήνης και την τροχιά των κομητών. Η ερμηνεία της τροχιάς των κομητών ήταν ένα από τα πιο σημαντικά και εντυπωσιακά αποτελέσματά του, γιατί έως τότε δεν είχε γίνει δυνατό να υπαχθεί η τροχιά τους σε κάποιο φυσικό νόμο.

Τα Principia δέχτηκαν πόλεμο από διάσημους σύγχρονους του Νεύτωνα (Huygens, Leibniz), καθώς η βαρύτητα προϋπέθετε την άσκηση δύναμης εξ αποστάσεως και άφηνε το ερώτημα του τρόπου με τον οποίο μεταφέρονται οι δυνάμεις και μάλιστα μέσω κενού. Υπάρχει φυσικά πάντα και το θεμελιώδες ερώτημα της προέλευσης αυτών των δυνάμεων.

Οι έννοιες της κίνησης και της δύναμης

Η ένταξη των κινήσεων και των δυνάμεων στο πλαίσιο μιας ενιαίας και συνεπούς θεωρίας βασίστηκε στο ριζικό μετασχηματισμό της έννοιας της κίνησης και της δύναμης, που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του 17ου αιώνα. Η κίνηση, κυρίως χάρη στο Γαλιλαίο, δεν κατανοείται πια ως ένα είδος γίνεσθαι, ως διαδικασία αλλαγής που επιδρά στα σώματα στα οποία επιβάλλεται, αλλά ως ένα είδος κατάστασης εξίσου μόνιμης και ανθεκτικής όσο και η στάση. Ο φυσικός φιλόσοφος παύει να προσπαθεί να κατανοήσει την «κίνηση ή τη στάση που υπάρχει στα σώματα» και μελετά πια «τα σώματα που είναι σε κίνηση ή σε στάση».

Ριζικός ήταν, επίσης, ο μετασχηματισμός της έννοιας της δύναμης, που οφείλεται κυρίως στο Νεύτωνα. Σύμφωνα με τη μηχανοκρατική άποψη ως δύναμη μπορούσε να νοηθεί μόνο «η πίεση ή η ώθηση ενός σώματος σ' ένα άλλο». Ο Νεύτων είναι ο πρώτος που θεώρησε τη δύναμη ως μια αφηρημένη ποσότητα που μπορούσε να μετρηθεί με τη μεταβολή της κίνησης ενός κινούμενου σώματος, μπορούσε επομένως να ενταχθεί στα προβλήματα της κίνησης χωρίς να είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την πραγματική υπόστασή της. Ο μετασχηματισμός αυτός υπήρξε ο τελικός καρπός μιας πολύπλοκης συλλογικής πνευματικής διαδικασίας, στην οποία εκτός από το Νεύτωνα συνέβαλαν και πολλοί άλλοι επιστήμονες στη διάρκεια των 150 ετών της Επιστημονικής Επανάστασης. Όπως εύστοχα παρατηρεί ο Κουγιε, παραφράζοντας μια φράση του Νεύτωνα*, «αν όντως ο Νεύτων είδε τόσο μακριά, τόσο μακρύτερα από οποιονδήποτε άλλον πριν από αυτόν, ήταν γιατί ήταν ένας γίγας ανεβασμένος πάνω στους ώμους άλλων γιγάντων».

(Ιστορία των επιστημών και της τεχνολογίας Γ' Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1999)

* (ήταν μια φράση του Νεύτωνα σε μια επιστολή προς τον Hooke, πιθανόν όμως εναντίον του τελευταίου).

4B. Οι τρεις νόμοι του Νεύτωνα

Η φράση «νόμοι του Νεύτωνα» αναφέρεται στις τρεις αρχές ή νόμους της μηχανικής που διατύπωσε και αποτελούν την σπονδυλική στήλη της Κλασικής Μηχανικής. Η θεμελίωση της μηχανικής με τις αρχές αυτές είναι ανάλογη της αξιωματικής θεμελίωσης των μαθηματικών από τον Ευκλείδη, όπου όλα τα θεωρήματα και οι προτάσεις αποτελούν συνέπειες πολύ λίγων αξιωμάτων. Αποτελούν τρεις από τις πλέον μη ανακλητές αρχές της Φυσικής, με πλήρη επιτυχία στην ερμηνεία των πιο σύνθετων κινήσεων των υλικών σωμάτων του μακρόκοσμου, σε συνήθεις ταχύτητες. Γιατί αργότερα στο μικρόκοσμο έμελλε να αναλάβει η Κβαντομηχανική και στις υψηλές ταχύτητες (που πλησιάζουν αυτή του φωτός) η ειδική θεωρία της Σχετικότητας.

Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα (νόμος της αδράνειας)

Το κείμενο του Isaac Newton στα ΛΑΤΙΝΙΚΑ	Η μετάφραση στα ΑΓΓΛΙΚΑ από τον Andrew Motte 1729	Απόδοση σε γλώσσα ΕΛΛΗΝΙΚΗ, 2008 (Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας)
Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressi cogitur statum suum mutare.	Every body continues - perseveres - in its state of rest, or of uniform motion in a right line, unless it is compelled to change that state by forces impressed upon it.	Κάθε σώμα διατηρείται στην κατάσταση της ακινησίας ή της ευθύγραμμης ομοιόμορφης κίνησής του, εκτός εάν εξαναγκαστεί σε μεταβολή αυτής της κατάστασης από δυνάμεις ασκούμενες σε αυτό.

Πρόκειται για την αρχή της αδράνειας, την οποία έχουμε αναλύσει στο κεφάλαιο του Γαλιλαίου. Για τον πρώτο νόμο θα αναφέρουμε εξής παρατηρήσεις και υπενθυμίσεις, δίνοντας παράλληλα μερικά παραδείγματα:

1. «κάθε σώμα» σημαίνει οποιοδήποτε σώμα στη γη ή στον ουρανό. Έχουμε ήδη αναφέρει στο προηγούμενο κεφάλαιο το παράδειγμα του διαστημοπλοίου που έχει κλείσει τη μηχανή του.

2. Ο πρώτος νόμος της κίνησης εισάγει την έννοια της αδράνειας, ως θεμελιώδους ιδιότητας της ύλης (γι' αυτό λέγεται και «αρχή ή νόμος της αδράνειας»). Έχουμε ορίσει ήδη την αδράνεια ως τάση διατήρησης της κινητικής κατάστασης. Η αδράνεια όμως των σωμάτων είναι ένα «νόμισμα με δυο όψεις» και εκδηλώνεται με δυο τρόπους: α) ως τάση διατήρησης της κινητικής κατάστασης (ηρεμίας ή ευθύγραμμης ομαλής κίνησης), όταν δεν υπάρχουν δυνάμεις και β) ως αντίσταση στη μεταβολή της κινητικής κατάστασης, που προκαλούν οι δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα. Ποσοτικό μέτρο της αδράνειας των σωμάτων είναι η μάζα τους m , όπως θα δούμε στο δεύτερο νόμο.

Παραδείγματα εμφάνισης των αποτελεσμάτων της αδράνειας, ως τάσης διατήρησης της κινητικής κατάστασης, είναι τα εξής:

α) Όταν φρενάρει ένα αυτοκίνητο, οι επιβάτες πετάγονται προς τα εμπρός, γιατί έχουν την τάση να διατηρήσουν την ταχύτητα που είχαν, ίδια με του αυτοκινήτου πριν αυτό φρενάρει. Γι' αυτό είναι απαραίτητη η χρήση των ζωνών ασφαλείας, που παρέχουν προστασία στους επιβάτες, πολύ περισσότερο στην περίπτωση ατυχημάτων.

β) Σε μια ενστικτώδη κίνηση, όταν είναι βρεγμένο το χέρι μας το τινάζουμε, για να φύγει το νερό από αυτό. Οι σταγόνες φεύγουν από το χέρι μας λόγω της τάσης τους να διατηρήσουν την ταχύτητα που είχαν λίγο πριν το ακινητοποιήσουμε. Η αδράνεια δεν είναι ιδιότητα μόνο των στερεών σωμάτων.

3. Όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, σύμφωνα με τον πρώτο νόμο υπάρχει ισοδυναμία ανάμεσα στις καταστάσεις της ακινησίας και της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης, που

μπορούν να περιγραφούν και οι δυο με τον όρο «ισορροπία». Επίσης υπάρχει ισοδυναμία μεταξύ της ιδανικής περίπτωσης να μην επιδρά στο σώμα καμιά δύναμη και της πραγματικής περίπτωσης να ασκούνται δυνάμεις στο σώμα και η συνολική δύναμη να είναι μηδέν.

Μαθηματικά μπορούμε να εκφράσουμε τον πρώτο νόμο με την συνεπαγωγή:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{v} = 0 \text{ ή } \vec{v} = \text{σταθ.}$$

Δηλαδή όταν σε ένα αντικείμενο δεν ασκούνται δυνάμεις ή ασκούνται και η συνισταμένη τους είναι μηδέν, τότε το αντικείμενο ισορροπεί, δηλαδή ηρεμεί ή κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα.

4. Ο πρώτος νόμος είναι ισοδύναμος με τη **συνθήκη ισορροπίας**, σύμφωνα με την οποία, για να ισορροπεί ένα σώμα (που σημαίνει όχι μόνο ακινησία, αλλά και σταθερή ταχύτητα), πρέπει η συνολική δύναμη σ' αυτό να είναι μηδέν: $\Sigma \vec{F} = 0$.

Έτσι η συνθήκη ισορροπίας μας δίνει:

α) Για ένα ακίνητο βιβλίο πάνω σε ένα θρανίο, στο οποίο ασκούνται το βάρος του \vec{B} και η κάθετη αντίδραση από το θρανίο \vec{N} , θεωρώντας θετική τη φορά προς τα πάνω:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{N} + \vec{B} = 0 \Rightarrow N - B = 0 \Rightarrow N = B,$$

δηλαδή κατά μέτρο οι δυο δυνάμεις είναι ίσες.

Στην ισορροπία αυτή στηρίζεται η λειτουργία της ζυγαριάς, όταν ανεβαίνουμε πάνω της για να ζυγιστούμε. Η ένδειξη είναι η δύναμη N (ασκείται σε εμάς) ή ακόμα καλύτερα η N' που ασκείται στη ζυγαριά και έχει σχέση δράσης - αντίδρασης με τη N (κατά μέτρο $N' = N$), όπως θα δούμε στον τρίτο νόμο.

β) Όμοια, ένα σώμα που ισορροπεί δεμένο στην άκρη κατακόρυφου νήματος, δέχεται το βάρος του \vec{B} και τη δύναμη από το νήμα \vec{T}_v , που ονομάζεται τάση του νήματος. Με θετική τη φορά πάλι προς τα πάνω: $\Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{T}_v + \vec{B} = 0 \Rightarrow T_v - B = 0 \Rightarrow T_v = B$.

Επειδή στα νήματα υπάρχει το όριο θραύσης $T_{\theta\rho}$, που είναι η μέγιστη τιμή της τάσης T_v , η τελευταία εξίσωση δείχνει ότι ένα αρκετά βαρύ σώμα μπορεί να κόψει το νήμα, αν το βάρος του είναι μεγαλύτερο από το παραπάνω όριο.

γ) Μεταξύ ενός κιβωτίου που δεν καταφέρνουμε να το μετακινήσουμε, ασκώντας οριζόντια δύναμη \vec{F} , και του δαπέδου αναπτύσσεται τριβή, που ονομάζεται στατική τριβή \vec{T}_σ .

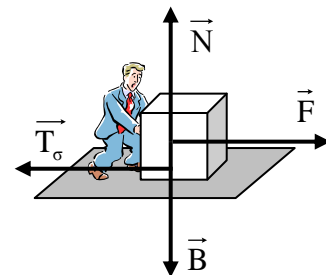
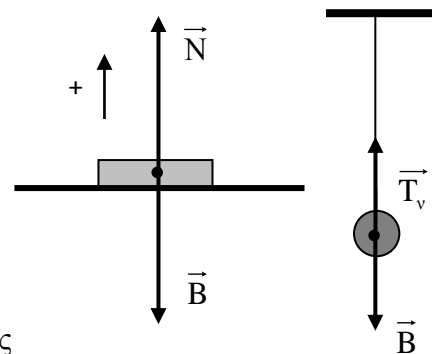
Η συνθήκη ισορροπίας με θετική φορά προς τα δεξιά δίνει:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F - T_\sigma = 0 \Rightarrow F = T_\sigma.$$

Η στατική τριβή είναι η δύναμη που μας δυσκολεύει να θέσουμε σε κίνηση το κιβώτιο, είναι ίση κατά μέτρο με τη δύναμη που ασκούμε, όσο

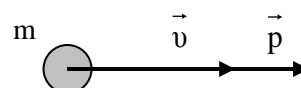
δεν τα καταφέρνουμε, και η κίνηση ξεκινά όταν υπερνικούμε τη μέγιστη τιμή της, που καθορίζεται από τη φύση των επιφανειών που τρίβονται (πόσο τραχιές είναι) και την κάθετη αντίδραση N (στην περίπτωση του σχήματος είναι ίση κατά μέτρο με το βάρος του κιβωτίου).

Έτσι, πιο δύσκολα θα θέσουμε σε κίνηση ένα κιβώτιο πάνω σε χαλί απ' ό,τι σε παρκέ και πιο δύσκολα ένα βαρύ κιβώτιο απ' ό,τι ένα ελαφρύ. Η μέγιστη τιμή στατικής τριβής ονομάζεται οριακή τριβή και είναι περίπου ίση την τριβή που θα αναπτυχθεί, αν καταφέρουμε να κινήσουμε το κιβώτιο, που ονομάζεται τριβή ολίσθησης.



5. Ο πρώτος νόμος είναι ισοδύναμος με την Αρχή Διατήρησης της Ορμής για ένα σώμα.

Ορμή \vec{p} ενός σώματος είναι το διανυσματικό φυσικό μέγεθος, που ισούται με το γινόμενο της μάζας του m



επί την ταχύτητά του \vec{v} , δηλαδή $\vec{p} = m\vec{v}$.

Σύμφωνα με την Αρχή Διατήρησης της Ορμής (για ένα σώμα), αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα είναι μηδέν, τότε η ορμή του σώματος αυτού παραμένει σταθερή, δηλαδή $\Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{p} = \text{σταθ.}$

Επειδή όμως στη Νευτώνεια φυσική οι μάζες των σωμάτων είναι σταθερές, σταθερό γινόμενο $m\vec{v}$ σημαίνει ουσιαστικά σταθερή ταχύτητα, δηλαδή έχουμε πάλι τον πρώτο νόμο.

Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα (θεμελιώδης νόμος της μηχανικής)

Το κείμενο του Isaac Newton στα ΛΑΤΙΝΙΚΑ	Η μετάφραση στα ΑΓΓΛΙΚΑ από τον Andrew Motte 1729	Απόδοση σε γλώσσα ΕΛΛΗΝΙΚΗ (Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας)
Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.	The change of motion is proportional to the motive force impressed; and is made in the direction of the right line in which that force is impressed.	Η μεταβολή στην κίνηση είναι ανάλογη προς την ασκούμενη κινητήρια δύναμη, και συντελείται στην κατεύθυνση της ευθείας γραμμής στην οποία ασκείται η δύναμη.

Σύμφωνα με έναν από τους σημαντικότερους ερευνητές του νευτωνικού έργου, τον I. Bernard Coen, ο Νεύτων με τον όρο motus υπονοεί τελικά την ποσότητα κίνησης, που είναι παλιά ονομασία για την ορμή. Επίσης, χρησιμοποίησε τον όρο «εφαρμοζόμενη δύναμη» για τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα και «μεταβολή» για το ρυθμό μεταβολής. Έτσι σήμερα, ως γενική διατύπωση του δεύτερου νόμου δίνουμε την εξής:

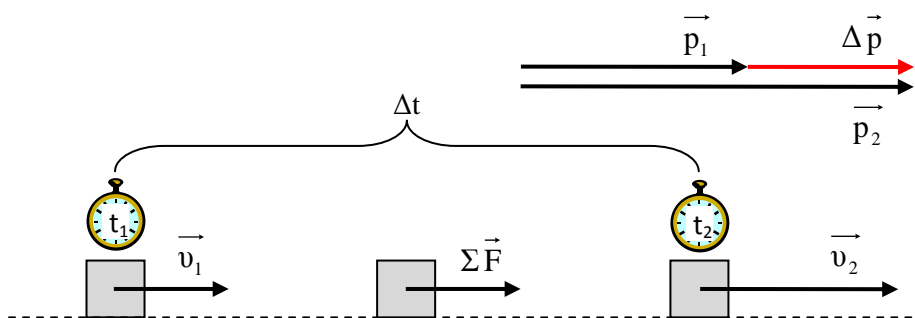
Ο ρυθμός μεταβολής της ορμής ενός σώματος είναι ίσος με τη συνισταμένη δύναμη που εφαρμόζεται σ' αυτό και η μεταβολή γίνεται κατά τη διεύθυνση αυτής της δύναμης,

δηλαδή:

$$\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

όπου $\Delta \vec{p}$ είναι η μεταβολή της ορμής του σώματος που συμβαίνει σε χρονικό διάστημα Δt και

$\Sigma \vec{F}$ η συνισταμένη των δυνάμεων που την προκαλούν. Ο λόγος $\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ είναι ο ρυθμός μεταβολής της ορμής, που δόθηκε εδώ απλοϊκά σαν σταθερός ρυθμός (όταν η συνολική δύναμη είναι σταθερή). Η ισότητα ισχύει κάθε χρονική στιγμή και όταν έχουμε μεταβλητή συνολική δύναμη και μεταβλητό ρυθμό μεταβολής της ορμής.

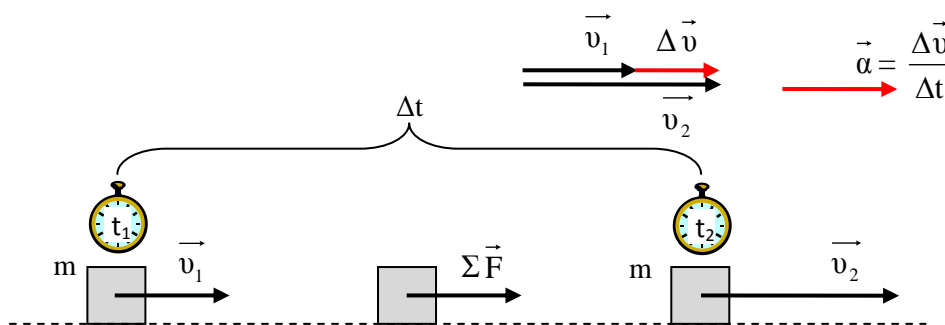


Πιο απλή διατύπωση του νόμου έχουμε θεωρώντας τις μάζες των σωμάτων σταθερές, πράγμα που μπορεί να γίνει για ταχύτητες πολύ μικρότερες της ταχύτητας του φωτός. Τότε, ο δεύτερος νόμος ή Θεμελιώδης Νόμος της Μηχανικής (Θ.Ν.Μ.) διατυπώνεται ως εξής:

Όταν σε ένα σώμα ασκείται μια συνισταμένη δύναμη $\vec{\Sigma F}$, τότε το σώμα αποκτά επιτάχυνση \vec{a} με ίδια κατεύθυνση και μέτρο ανάλογο με αυτό της συνισταμένης δύναμης, δηλαδή:

$$\vec{a} = \frac{\vec{\Sigma F}}{m}.$$

Πιο συνηθισμένη μορφή της εξίσωσης είναι η $\vec{\Sigma F} = m\vec{a}$. Η σταθερά αναλογίας m είναι η μάζα του σώματος. Για πολλά σώματα που δέχονται την ίδια δύναμη, οι επιταχύνσεις τους είναι αντιστρόφως ανάλογες των μαζών τους.



Για το δεύτερο νόμο θα αναφέρουμε εξής παρατηρήσεις, δίνοντας παράλληλα μερικά παραδείγματα:

1. Ο νόμος, με τον τρόπο που διατυπώθηκε στα Principia, αποτελεί τη μεγάλη συμβολή του Νεύτωνα στο χώρο της φυσικής, αφού εισάγει δύο νέα και ουσιαστικά στοιχεία: την **έννοια - ορισμό της δύναμης**, ως μέτρου μεταβολής της κίνησης, και τον **ορισμό της μάζας**, ως κάτι διαφορετικό από το βάρος. Για τη δύναμη γράφει ο Νεύτων: «Δρώσα δύναμη είναι μια δράση που ασκείται σ' ένα σώμα, για να μεταβάλλει την κατάσταση ηρεμίας ή ομαλής ευθύγραμμης κίνησής του ... Οι δρώσες δυνάμεις μπορούν να έχουν διάφορες προελεύσεις: την κρούση, την πίεση, ή μια κεντρομόλα δύναμη.»

2. Μάζα αδράνειας.

Ο Θεμελιώδης Νόμος της Μηχανικής γράφεται, λυμένος ως προς μάζα: $m = \frac{\Sigma F}{a}$.

Με τη μορφή αυτή αποτελεί τον «δυναμικό ορισμό της μάζας», δηλαδή:

Μάζα ενός σώματος ονομάζεται το σταθερό πηλίκο του μέτρου της συνισταμένης δύναμης που ασκείται στο σώμα, προς το μέτρο της επιτάχυνσης που αποκτά. Όπως αναφέραμε ήδη, η μάζα αποτελεί μέτρο της αδράνειας των σωμάτων, η οποία εκδηλώνεται και ως αντίσταση στη μεταβολή της κινητικής κατάστασης, που προκαλούν οι δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα. Πράγματι, είναι πιο δύσκολο να κυλίσουμε ένα γεμάτο βαρέλι απ' ότι ένα άδειο. Το γεμάτο έχει μεγαλύτερη μάζα, μεγαλύτερη αντίσταση στη μεταβολή της κινητικής του κατάστασης και τελικά υπό την επίδραση της ίδιας δύναμης, αποκτά μικρότερη επιτάχυνση.

3. Εφαρμογή του Θ.Ν.Μ.

Ο Θεμελιώδης Νόμος της Μηχανικής $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ είναι ένας νόμος ποσοτικός, που μας δίνει το ρυθμό με τον οποίο αλλάζει η ταχύτητα, δηλαδή την επιτάχυνση ($\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$), σε σχέση με τη συνισταμένη δύναμη και τη μάζα του σώματος. Είναι όμως και μια διανυσματική εξίσωση, δηλαδή η συνισταμένη δύναμη, εκτός από τον καθορισμό του μέτρου της επιτάχυνσης (στον οποίο συμμετέχει και το σώμα με τη μάζα του), καθορίζει και την κατεύθυνση της επιτάχυνσης. Ισχύει ακόμα και για σώματα που κινούνται σε καμπύλη, όπου η επιτάχυνση και η ταχύτητα δεν έχουν την ίδια διεύθυνση.

Σε περίπτωση κίνησης σε ευθεία εφαρμόζεται αλγεβρικά, αφού ορίσουμε ως θετική τη φορά της κίνησης και λάβουμε τα σωστά πρόσημα για τις δυνάμεις.

Ας δούμε ορισμένα παραδείγματα:

α) Ελεύθερη πτώση:

Ασκείται μόνο το βάρος, για το οποίο είναι $B = mg$, οπότε έχουμε:

$$\Sigma F = ma \Rightarrow B = ma \Rightarrow mg = ma \Rightarrow a = g,$$

δηλαδή η επιτάχυνση είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας g .

β) Πτώση στον αέρα:

Ασκείται εκτός από το βάρος και η αντίσταση του αέρα, οπότε έχουμε:

$$\Sigma F = ma \Rightarrow B - F_{αντ} = ma \Rightarrow mg - F_{αντ} = ma \Rightarrow a = \frac{mg - F_{αντ}}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = g - \frac{F_{αντ}}{m}, \text{ δηλαδή η επιτάχυνση είναι μικρότερη από την}$$

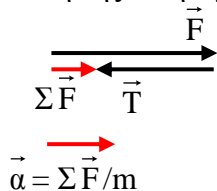
επιτάχυνση της βαρύτητας και το σώμα καθυστερεί σε σχέση με την ελεύθερη πτώση.

γ) Κίνηση κιβωτίου σε οριζόντιο δάπεδο, με την επίδραση οριζόντιας δύναμης.

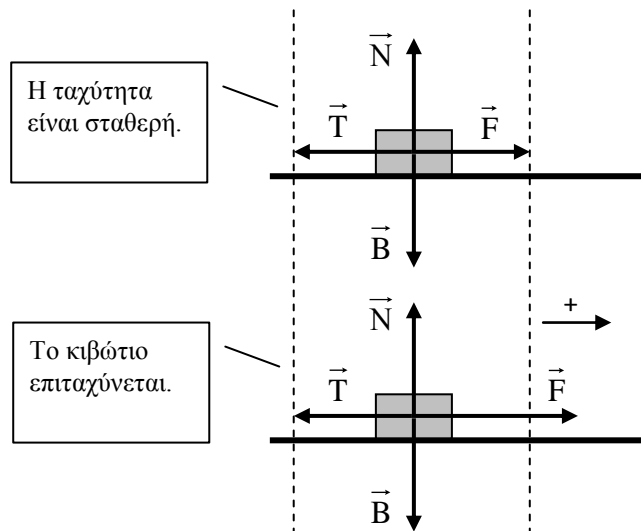
Στο νόμο της αδράνειας είδαμε ότι, όταν το κιβώτιο κινείται με σταθερή ταχύτητα, τότε η «κινητήρια» δύναμη είναι κατά μέτρο ίση με την τριβή ολίσθησης, δηλαδή $F = T$. Για δύναμη μεγαλύτερη από την τριβή ολίσθησης ($F > T$) η ταχύτητα του κιβωτίου θα αυξάνεται, δηλαδή θα έχει επιτάχυνση, που υπολογίζεται ως εξής:

$$\Sigma F = ma \Rightarrow F - T = ma \Rightarrow a = \frac{F - T}{m}.$$

Τα διανύσματα των δυνάμεων, η συνισταμένη τους και η επιτάχυνση στη διεύθυνση της κίνησης έχουν ως εξής:



Στην κατακόρυφη διεύθυνση δεν υπάρχει κίνηση, δηλαδή το βάρος και η κάθετη αντίδραση ισορροπούν.



4. Καθορισμός είδους ευθύγραμμων κινήσεων από τη συνισταμένη δύναμη και την αρχική ταχύτητα.

Ενώ ο πρώτος νόμος της κίνησης μας πληροφορεί για την κίνηση ενός αντικειμένου στο οποίο δεν ασκούνται συνολικά δυνάμεις, ο δεύτερος νόμος μας πληροφορεί για την κίνηση ενός σώματος υπό την επίδραση μη μηδενικής συνολικής δύναμης. Η ταχύτητα που έχει ένα σώμα κάποια στιγμή που θεωρείται αρχή της χρονομέτρησης (αρχική ταχύτητα \vec{v}_0) και η συνισταμένη

δύναμη $\vec{\Sigma F}$ που θα δεχτεί, **μπορούν να καθορίσουν το μέλλον της κίνησης του σώματος**, δηλαδή τις θέσεις που θα βρίσκεται οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Θα κάνουμε μια διερεύνηση του δεύτερου νόμου και θα εξάγουμε απλές περιπτώσεις καθορισμού του είδους ευθύγραμμων κινήσεων:

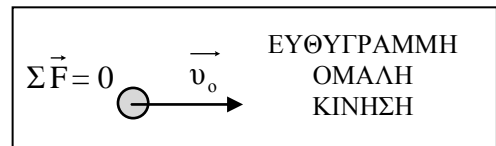
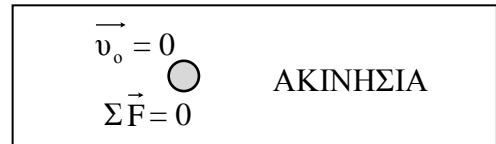
α) Όταν $\vec{\Sigma F} = 0$, δηλαδή η συνισταμένη δύναμη σε ένα σώμα είναι μηδέν, τότε έχουμε:

$$\vec{\Sigma F} = 0 \Rightarrow m \vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0 \Rightarrow \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = 0 \Rightarrow \Delta \vec{v} = 0 \Rightarrow \vec{v}_{\text{τελ}} - \vec{v}_{\text{αρχ}} = 0 \Rightarrow \vec{v}_{\text{τελ}} = \vec{v}_{\text{αρχ}} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \vec{v} = \text{σταθερή}$, δηλαδή το σώμα θα διατηρήσει την ταχύτητά του (προκύπτει ο πρώτος νόμος).

Συγκεκριμένα:

- i) Αν ένα σώμα είναι ακίνητο και η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέν, το σώμα θα παραμείνει σε ακινησία.
- ii) Αν ένα σώμα έχει αρχική ταχύτητα και η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέν, θα κάνει κίνηση με σταθερή ταχύτητα (ευθύγραμμη ομαλή κίνηση).



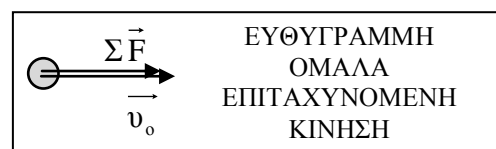
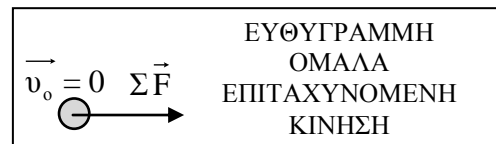
β) Όταν $\vec{\Sigma F} = \text{σταθ.}$, δηλαδή η συνισταμένη δύναμη σε ένα σώμα είναι σταθερή, μη μηδενική, τότε έχουμε:

$$\vec{\Sigma F} = \text{σταθ.} \Rightarrow m \vec{a} = \text{σταθ.} \Rightarrow \vec{a} = \text{σταθ.} \Rightarrow \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \text{σταθ.}$$

δηλαδή έχουμε σταθερό ρυθμό μεταβολής (ομοιόμορφη αύξηση ή ομοιόμορφη μείωση) της ταχύτητας και οι κινήσεις σε αυτήν την περίπτωση ονομάζονται ομαλά μεταβαλλόμενες.

Συγκεκριμένα:

- i) Αν ένα σώμα είναι ακίνητο και η συνισταμένη δύναμη είναι σταθερή, τότε θα κάνει ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση (χωρίς αρχική ταχύτητα). Στην περίπτωση αυτή ανήκει και η ελεύθερη πτώση, με τη σταθερή συνισταμένη να είναι το βάρος του σώματος.
- ii) Αν ένα σώμα έχει αρχική ταχύτητα και η συνισταμένη δύναμη έχει ίδια κατεύθυνση μ' αυτήν, τότε θα κάνει ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση (με αρχική ταχύτητα). Πράγματι, ίδια φορά \vec{v}_0 και $\vec{\Sigma F}$, τελικά σημαίνει ίδια φορά (και ίδιο



πρόσημο σε ευθεία) των \vec{v}_0 και $\Delta \vec{v}$, δηλαδή αύξηση της τιμής της ταχύτητας ($v = v_0 + \Delta v$).

- iii) Αν ένα σώμα έχει αρχική ταχύτητα και η συνισταμένη δύναμη έχει αντίθετη κατεύθυνση από αυτήν, τότε θα κάνει ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση. Πράγματι, αντίθετη φορά \vec{v}_0 και $\vec{\Sigma F}$, τελικά σημαίνει αντίθετη φορά (και αντίθετο πρόσημο σε ευθεία) των \vec{v}_0 και $\Delta \vec{v}$, δηλαδή μείωση της τιμής της ταχύτητας.



Σε αντίθεση με την αριστοτελική φυσική, από τα παραπάνω προκύπτει ότι η εφαρμογή μιας σταθερής δύναμης σε ένα κιβώτιο δε σημαίνει κίνηση με σταθερή ταχύτητα (μόνο όταν $F = T$), αλλά γενικά σημαίνει επιταχυνόμενη κίνηση και η παύση της δύναμης δε σημαίνει άμεση ακινητοποίηση του κιβωτίου, αλλά την επιβραδυνόμενη κίνησή του μέχρι να σταματήσει.

γ) Όταν η $\Sigma \vec{F} \neq \text{σταθ.}$, δηλαδή η συνισταμένη δύναμη σε ένα σώμα δεν είναι σταθερή, τότε έχουμε:

$$\Sigma \vec{F} \neq \text{σταθ.} \Rightarrow m \vec{a} \neq \text{σταθ.} \Rightarrow \vec{a} \neq \text{σταθ.} \Rightarrow \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \neq \text{σταθ.}$$

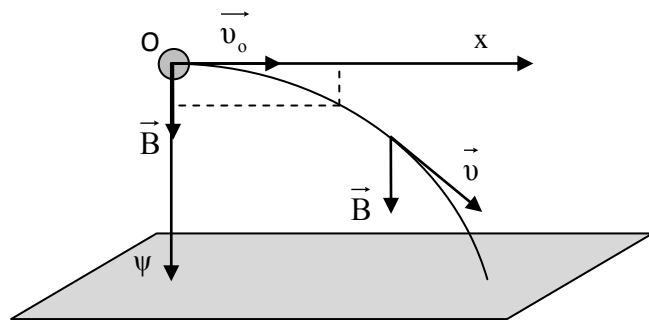
δηλαδή δεν έχουμε σταθερό ρυθμό μεταβολής (ομοιόμορφη αύξηση ή ομοιόμορφη μείωση) της ταχύτητας. Έτσι, οι κινήσεις αυτές καθορίζονται με παρόμοιο τρόπο με τα παραπάνω, αλλά δεν είναι ομαλά μεταβαλλόμενες.

5. Κινήσεις στο επίπεδο.

Τι θα συμβεί, αν σε ένα σώμα ασκηθεί μια συνισταμένη δύναμη κάθετη στην ταχύτητά του;

α) Αν η συνισταμένη δύναμη είναι σταθερή κατά μέτρο διεύθυνση και φορά, τότε το σώμα θα ακολουθήσει **παραβολική τροχιά**, όπως π.χ. σε μια πέτρα που πετάμε με οριζόντια αρχική ταχύτητα και ασκείται σε αυτήν το βάρος της που, όπως γνωρίζουμε, κοντά στην επιφάνεια της είναι μια σταθερή δύναμη, κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω (η αντίσταση του αέρα για μια πέτρα είναι αμελητέα). Πρόκειται για μια σύνθετη κίνηση, που για να τη μελετήσουμε πρέπει να την αναλύσουμε σε δυο κινήσεις, μια στην οριζόντια διεύθυνση και μια στην κατακόρυφη διεύθυνση.

Στην οριζόντια διεύθυνση υπάρχει ταχύτητα, αλλά όχι δύναμη, δηλαδή έχουμε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Στην κατακόρυφη διεύθυνση δεν υπάρχει αρχική ταχύτητα και ασκείται μόνο το βάρος, δηλαδή έχουμε ελεύθερη πτώση. Επομένως, το σώμα μετατοπίζεται προς τα δεξιά λόγω αδράνειας και όχι γιατί ο αέρας αναλαμβάνει το ρόλο του κινούντος, όπως είδαμε στη θεωρία της



«αντιπερίστασης» του Αριστοτέλη, και ταυτόχρονα πέφτει προς το έδαφος λόγω του βάρους του (ελεύθερη πτώση) και όχι λόγω απωλειών κατά τη μετάδοση της κίνησης μεταξύ των στρωμάτων του αέρα.

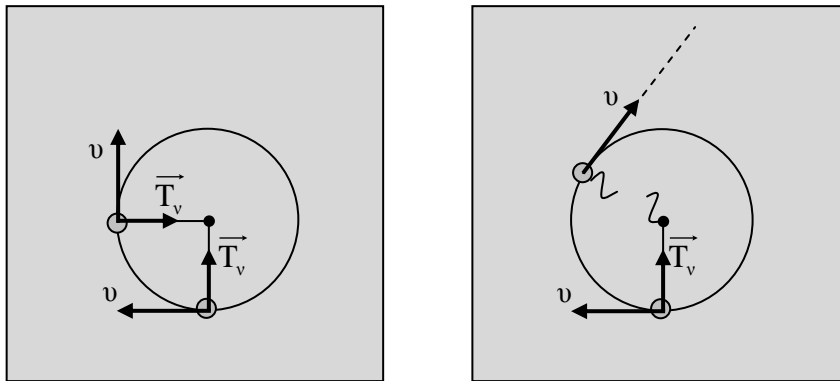
β) Αν η συνισταμένη δύναμη είναι σταθερού μέτρου και συνεχώς κάθετη στην ταχύτητα, τότε το σώμα θα κάνει **ομαλή κυκλική κίνηση**, δηλαδή θα κινηθεί σε κυκλική τροχιά με ταχύτητα σταθερού μέτρου. Το μέτρο της ταχύτητας ισούται με το τόξο s που διαγράφεται από το σώμα

σε χρόνο t , προς το χρόνο αυτό, δηλαδή $v = \frac{s}{t}$. Ο χρόνος που χρειάζεται για μια πλήρη

διαγραφή του κύκλου ονομάζεται περίοδος T . Δηλαδή στην προηγούμενη εξίσωση, μια περιφέρεια ($s = 2\pi r$) διανύεται σε χρόνο T , οπότε είναι $v = \frac{2\pi r}{T}$.

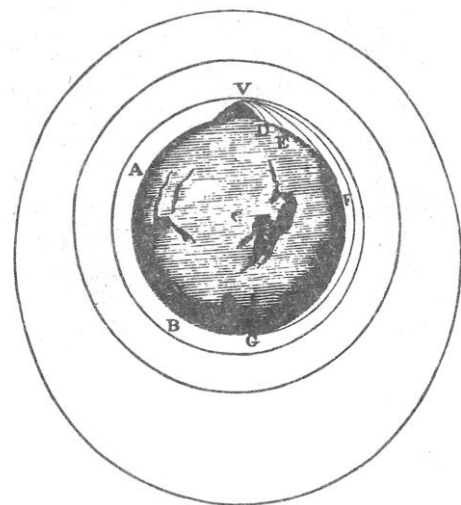
Πρόκειται για μεταβαλλόμενη κίνηση, παρά το γεγονός ότι το μέτρο της ταχύτητας είναι σταθερό (γι' αυτό η λέξη «ομαλή»), επειδή μεταβάλλεται συνεχώς η κατεύθυνση της ταχύτητας. Η συνισταμένη δύναμη που μεταβάλλει μόνο την κατεύθυνση της ταχύτητας, έχει τη διεύθυνση της ακτίνας και φορά προς το κέντρο και γι' αυτό ονομάζεται κεντρομόλος δύναμη F_k . Τον όρο εισήγαγε στα Principia ο Νεύτωνας, για να τονίσει την αντίθεση με τη «φυγόκεντρη δύναμη» του Χόιχενς. Η αντίστοιχη επιτάχυνση λέγεται κεντρομόλος επιτάχυνση a_k και σύμφωνα με το Θ.Ν.Μ. συνδέεται με την κεντρομόλο δύναμη με τη σχέση $F_k = ma_k$, ενώ για το μέτρο της αποδεικνύεται ότι ισχύει $a_k = \frac{v^2}{r}$, όπου r είναι η ακτίνα του κύκλου.

Π.χ. στην περίπτωση μιας πέτρας που κάνει ομαλή κυκλική κίνηση σε λείο (χωρίς τριβή) τραπέζι μέσω νήματος, το ρόλο κεντρομόλου δύναμης παίζει η τάση του νήματος T_v .



Αν κοπεί το νήμα, τότε η πέτρα θα σταματήσει την κυκλική της κίνηση και θα συνεχίσει να κινείται ευθύγραμμα κατά τη διεύθυνση της εφαπτομένης, στο σημείο που κόπηκε το νήμα. Άρα, μια ακτινική δύναμη είναι αυτή που συντηρεί την κυκλική κίνηση των σωμάτων και όχι εφαπτομενική, όπως είχε υποθέσει ο Κέπλερ για τους πλανήτες, ούτε η κυκλική κίνηση των πλανητών οφείλεται στις δίνες του Καρτέσιου.

Ο Νεύτων στα Principia περιγράφει ένα νοητικό πείραμα, στο οποίο, μιλώντας για την οριζόντια βολή μιας πέτρας από κάποιο ύψος, δείχνει πώς μπορεί να γίνει δορυφόρος της Γης. Αν η πέτρα εκτοξευτεί οριζόντια από την κορυφή ενός πολύ ψηλού βουνού, θα ακολουθήσει παραβολική τροχιά και θα πέσει στη Γη. Με την αύξηση της αρχικής ταχύτητας, η πέτρα θα πέφτει όλο και μακρύτερα. Για κάποια όμως αρκετά μεγάλη ταχύτητα, η πέτρα δεν θα πέσει στη Γη, αλλά θα κάνει τροχιά γύρω από αυτήν. Ποιο θα είναι τότε «το νήμα» που θα κρατάει την πέτρα σε κυκλική τροχιά; Δεν θα είναι παρά το βάρος της, το οποίο (αγνοώντας πάντα τον αέρα) είναι η μοναδική δύναμη που ασκείται στην ελεύθερη πτώση, στην οριζόντια βολή, στην κίνηση ενός δορυφόρου. Τη διαφορά στις κινήσεις κάνει η αρχική ταχύτητα !



6. Η συνολική δύναμη και το χρονικό διάστημα

Ας αναφέρουμε και ένα παράδειγμα που εξηγείται με τη μορφή $\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ του δεύτερου νόμου.

Γιατί οι άλτες του ύψους χρησιμοποιούν στρώματα από αφρολέξ, πάνω στα οποία πέφτουν; Για να μη χτυπήσουν, θα λέγαμε απλοϊκά. Πιο αναλυτικά συμβαίνει το εξής: Η μεταβολή της ορμής $\Delta p = p_{\text{τελ}} - p_{\text{αρχ}}$ του αθλητή σε κάθε πτώση είναι συγκεκριμένη. Κι αυτό αν δεχτούμε ότι φτάνει στο στρώμα με συγκεκριμένη ταχύτητα (στην πράξη οι ταχύτητες διαφέρουν πολύ λίγο), οπότε ο αθλητής έχει συγκεκριμένη αρχική ορμή, η οποία πρέπει σε χρόνο Δt να μηδενιστεί, δηλαδή αυτός να ακινητοποιηθεί. Επομένως, η μέση δύναμη ΣF που δέχεται είναι αντιστρόφως ανάλογη με το χρονικό διάστημα Δt στο οποίο ακινητοποιείται. Αυτό ακριβώς κάνει το στρώμα. Προσφέρει σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα για την ακινητοποίηση και η μέση δύναμη που δέχεται ο αθλητής είναι μικρή. Σε ένα σκληρότερο μέσο, όπως η άμμος που χρησιμοποιούσαν παλαιότερα, το χρονικό διάστημα είναι πιο μικρό και η μέση δύναμη πιο μεγάλη.

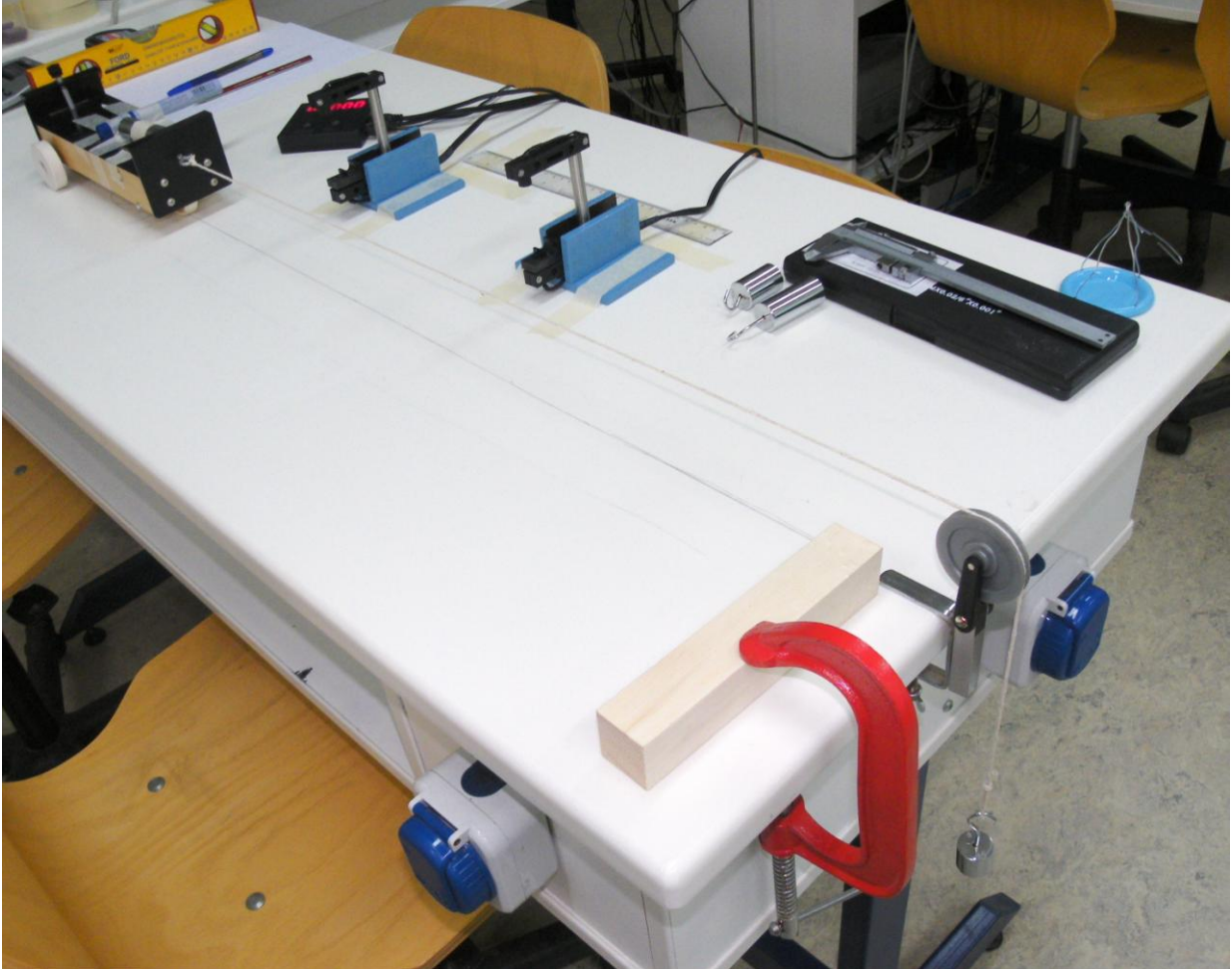
Ώθηση δύναμης

Το γινόμενο της συνολικής δύναμης $\Sigma \vec{F}$ επί το χρονικό διάστημα Δt που αυτή ενεργεί (ο απλός αυτός ορισμός προϋποθέτει σταθερή δύναμη) ονομάζεται ώθηση της δύναμης: $\vec{\Omega} = \Sigma \vec{F} \Delta t$. Η ώθηση είναι αυτή που μεταβάλλει την ορμή των σωμάτων. Σύμφωνα με το δεύτερο νόμο

$\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ ή $\Delta \vec{p} = \Sigma \vec{F} \Delta t$, η ώθηση ισούται με τη μεταβολή της ορμής ενός σώματος και αν δεν υπάρχει, δηλαδή αν η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέν ή αν δεν δράσει για κάποιο χρονικό διάστημα, τότε δεν θα υπάρχει και μεταβολή στην ορμή, δηλαδή η ορμή θα είναι σταθερή (Αρχή Διατήρησης Ορμής για ένα σώμα).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ 2ου ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

Στο παράρτημα III υπάρχει πλήρης περιγραφή του πειράματος με το οποίο επαληθεύσαμε το 2ο νόμο του Νεύτωνα. Παραθέτουμε εδώ τα αποτελέσματα του πειράματός μας.

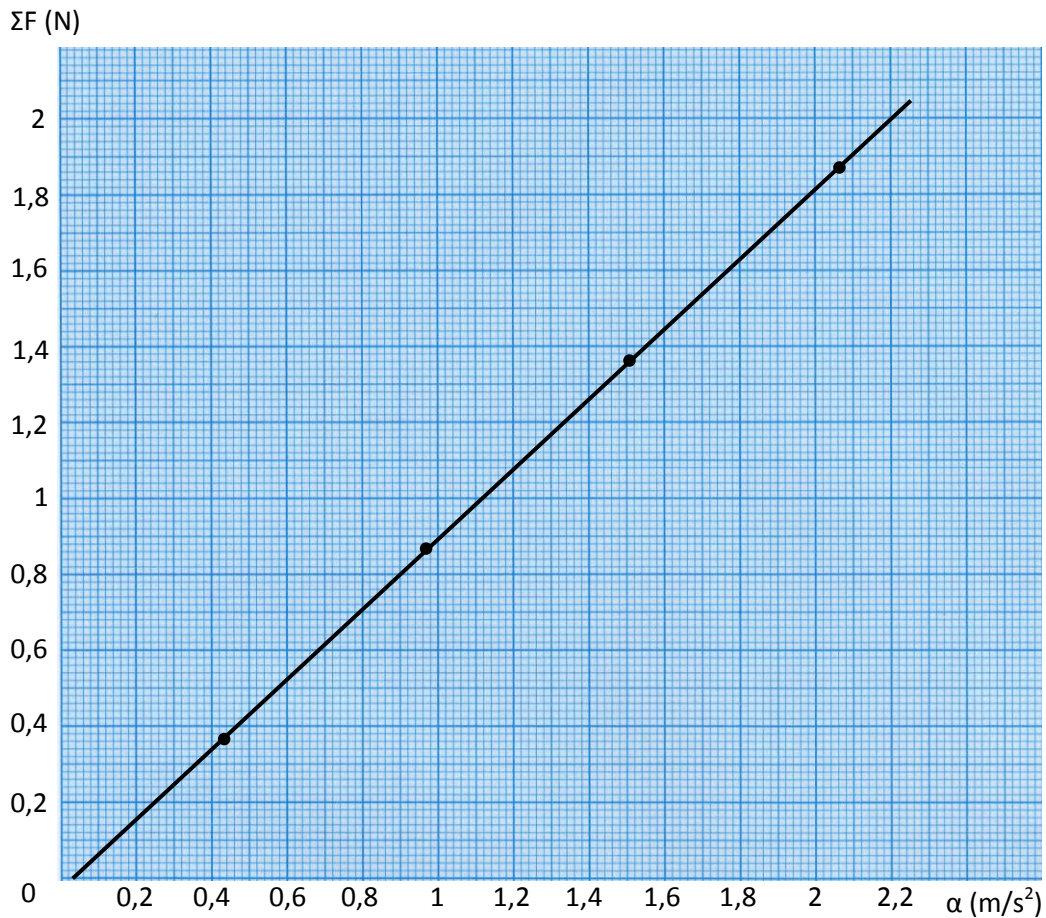


► Αρχικές μετρήσεις

δ (m)	Δx (m)
0,015	0,25

► Μέτρηση της συνισταμένης δύναμης και των επιταχύνσεων

► Κατασκευή γραφικής παράστασης $\Sigma F(a)$



► Συμπέρασμα

Η ευθεία μας διέρχεται πολύ κοντά στην αρχή των αξόνων (λόγω πειραματικών σφαλμάτων), οπότε η συνισταμένη δύναμη ΣF στο σύστημα μας και η επιτάχυνση που αποκτά είναι μεγέθη ανάλογα.

► Ερώτηση:

Τι μπορούμε να υπολογίσουμε από την κλίση της ευθείας στην παραπάνω γραφική παράσταση; Να κάνετε τον υπολογισμό αυτό.

Απάντηση: Η κλίση της ευθείας παριστάνει την συνολική μάζα του συστήματος.

Επιλέγουμε δυο σημεία από την ευθεία που χαράξαμε (π.χ. αυτά που αντιστοιχούν σε $\Sigma F = 1,6\text{N}$ και $0,7\text{N}$) και βρίσκουμε:

$$m_{\text{ολ}} = \frac{1,6 - 0,7}{1,77 - 0,8} \text{ Kg} = \frac{0,9}{0,97} \text{ Kg} = 0,928 \text{ Kg}.$$

Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα (αργή δράσης - αντίδρασης)

Το κείμενο του Isaac Newton στα ΛΑΤΙΝΙΚΑ	Η μετάφραση στα ΑΓΓΛΙΚΑ από τον Andrew Motte 1729	Απόδοση σε γλώσσα ΕΛΛΗΝΙΚΗ (Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας)
Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.	To every action there is always opposed an equal reaction: or, the mutual actions of two bodies upon each other are always equal, and directed to contrary parts.	Σε κάθε δράση αντιστοιχεί πάντοτε μία αντιτιθέμενη ίση αντίδραση ή οι αμοιβαίες δράσεις δύο σωμάτων ανάμεσα στο ένα και το άλλο είναι πάντοτε ίσες και κατευθύνονται αντίθετα.

Ο νόμος είναι γνωστός και ως αρχή της δράσης και της αντίδρασης και μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση στον κλάδο της μηχανικής των εργασιών του Christiaan Huygens (Κρίστιαν Χούιχενς) για τις μεταβολές της κίνησης κατά την κρούση.

Πιο αναλυτικά μπορούμε να διατυπώσουμε τον τρίτο νόμο ως εξής:

Όταν ένα σώμα **A** ασκεί μια δύναμη \vec{F}_{AB} σε ένα άλλο σώμα **B**, τότε και το **B** ασκεί στο **A** μια δύναμη \vec{F}_{BA} ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης, δηλαδή κάθε χρονική στιγμή ισχύει

$$\vec{F}_{AB} = - \vec{F}_{BA} .$$



Σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα:

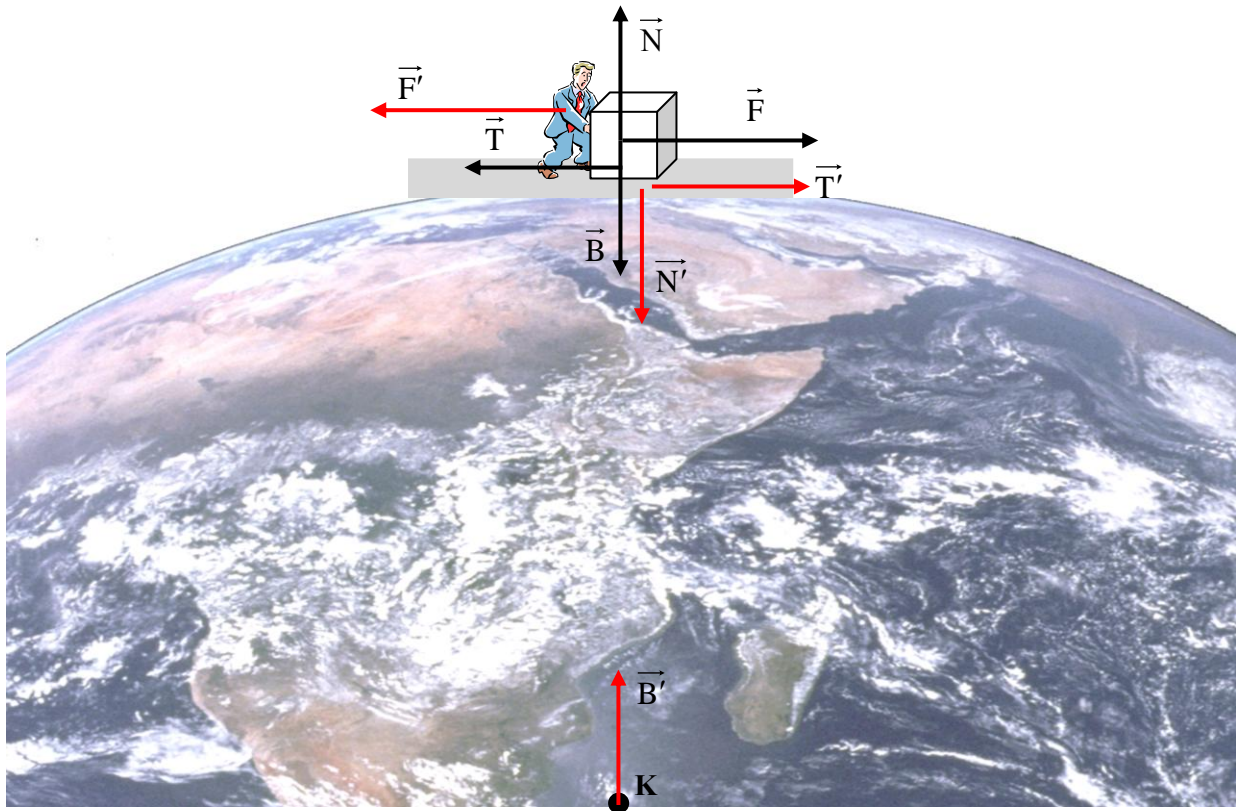
1. Οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται κατά ζεύγη. Είναι αδύνατον να εμφανισθεί περιττός αριθμός δυνάμεων. Το ποια είναι η δράση και ποια η αντίδραση είναι θέμα δικής μας επιλογής. Συνήθως θεωρούμε ως δράσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα που μελετάμε και αντιδράσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα του περιβάλλοντός του. Αν, για παράδειγμα, μελετάμε την κίνηση ενός κιβωτίου που κινεί ένας άνθρωπος, τότε όλες οι δυνάμεις στο κιβώτιο είναι δράσεις και οι αντιδράσεις (με κόκκινο στο παρακάτω σχήμα) ασκούνται στα σώματα από τα οποία προέρχονται οι δράσεις. Συγκεκριμένα στο κιβώτιο ασκούνται:

Η δύναμη \vec{F} από τον άνθρωπο, οπότε ασκείται και η \vec{F}' στον άνθρωπο από το κιβώτιο.

Το βάρος του \vec{B} από τη Γη, οπότε ασκείται και η \vec{B}' στη Γη από το κιβώτιο.

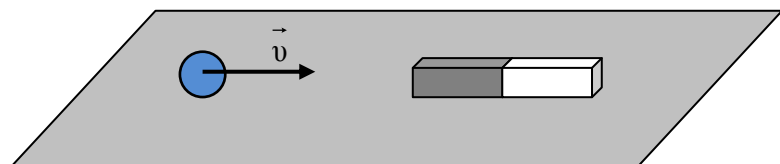
Η κάθετη αντίδραση \vec{N} από το δάπεδο, οπότε ασκείται και η \vec{N}' στο δάπεδο από το κιβώτιο.

Η τριβή \vec{T} με το δάπεδο, η οποία αναπτύσσεται και στο δάπεδο με αντίθετη κατεύθυνση.



2. Θα μπορούσε κάποιος να αναρωτηθεί: αφού όλες οι δυνάμεις στη φύση είναι ζεύγη αντίθετων δυνάμεων, πώς γίνεται να υπάρχουν κινήσεις; Η απάντηση είναι ότι η δράση και η αντίδραση ασκούνται σε διαφορετικά σώματα. Έτσι, δεν έχει νόημα να μιλάμε για συνισταμένη αυτών, όταν μελετάμε ένα συγκεκριμένο σώμα, δηλαδή δεν «εξουδετερώνονται». Όταν επιλέγουμε να μελετήσουμε ένα σώμα, όπως το παραπάνω κιβώτιο, πρέπει να σημειώσουμε σ' αυτό μόνο τις δράσεις (αφού οι αντιδράσεις ασκούνται σε σώματα του περιβάλλοντος) και οι δράσεις, βέβαια, μπορούν να έχουν συνισταμένη διάφορη του μηδενός και επομένως μπορούν να κινήσουν το σώμα.

3. Οι δυνάμεις δράσης δεν αποτελούν το αίτιο των δυνάμεων αντίδρασης, αλλά συνυπάρχουν με αυτές. Η δράση και η αντίδραση μπορεί να είναι **δυνάμεις επαφής** (όπως οι \vec{F} και \vec{F}') ή **δυνάμεις από απόσταση** (όπως οι \vec{B} και \vec{B}') και η κατά μέτρο ισότητά τους δεν επηρεάζεται από την κινητική κατάσταση των σωμάτων που αλληλεπιδρούν, δηλαδή αν είναι ακίνητα ή αν επιταχύνονται. Αυτό πολλές φορές το ξεχνάμε αν η αλληλεπίδραση γίνεται μεταξύ ενός σώματος που κινείται εύκολα και ενός σώματος που κινείται δύσκολα, όπως η σιδερένια σφαίρα και ο ραβδόμορφος μαγνήτης του σχήματος (ο μαγνήτης δέχεται ίση κατά μέτρο δύναμη με τη σφαίρα, που ισορροπείται από τη στατική τριβή). Παρόμοια, ξεχνάμε ότι και το βάρος μας είναι δύναμη αλληλεπίδρασης με τον πλανήτη μας, πράγμα που θα αναλύσουμε στην επόμενη ενότητα, στο νόμο της παγκόσμιας έλξης.



4. Με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα μπορούμε να εξηγήσουμε πλήθος φαινομένων. Ορισμένα από αυτά είναι:

α) Το βάδισμά μας. Σε κάθε βήμα μας, ασκούμε με το πόδι μας μια οριζόντια δύναμη στο έδαφος προς τα πίσω. Η δύναμη με την οποία βαδίζουμε είναι η δύναμη που ασκεί το έδαφος στο πέλμα μας προς τα εμπρός. Πρόκειται για δύναμη στατικής τριβής. Δεν μπορούμε να βαδίσουμε (τουλάχιστον εύκολα) σε έναν παγωμένο δρόμο, όπου υπάρχει ελάχιστη τριβή. Κάτι ανάλογο συμβαίνει κατά την κολύμβηση με το νερό. Επίσης, με παρόμοιο τρόπο δέχονται τη δύναμη τα αυτοκίνητα από το δρόμο, για να κινηθούν.

β) Οι βαρκάρηδες τραβούν ένα σχοινί για να πλησιάσουν την προκυμαία στην οποία είναι δεμένη η βάρκα τους. Ασκούν μια δύναμη στο σχοινί προς την πλευρά της θάλασσας και το σχοινί τους παρέχει την απαραίτητη δύναμη, για να πλησιάσουν την προκυμαία.

γ) Η κίνηση των πυραύλων. Τα εξερχόμενα αέρια ωθούνται από τα τοιχώματα του χώρου καύσης προς τα πίσω. Ταυτόχρονα, τα αέρια ωθούν τον πύραυλο προς τα εμπρός.

Αρχή Διατήρησης της Ορμής

Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα, με τη γενική μορφή του, για ένα σύστημα σωμάτων γράφεται

$$\Sigma \vec{F}_{εξ} = \frac{\Delta \vec{p}_{ολ}}{\Delta t}, \text{ όπου } \Sigma \vec{F}_{εξ} \text{ είναι η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων (αυτών που ασκούνται}$$

από σώματα εκτός του συστήματος) και $\Delta \vec{p}_{ολ}$ η μεταβολή της ολικής ορμής του συστήματος. Οι εσωτερικές δυνάμεις (μεταξύ των σωμάτων του συστήματος) έχουν σχέση δράσης – αντίδρασης και δεν επηρεάζουν τη συνολική ορμή. Αν δεν υπάρχει ώθηση από τις εξωτερικές δυνάμεις, που σημαίνει ότι η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων είναι μηδέν (μονωμένο σύστημα) ή ότι δρουν για αμελητέο χρονικό διάστημα (όπως στις κρούσεις), τότε σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, η μεταβολή της ολικής ορμής του συστήματος είναι μηδέν, δηλαδή η ολική ορμή παραμένει σταθερή. Το παραπάνω συμπέρασμα αποτελεί την **Αρχή Διατήρησης της Ορμής** για σύστημα σωμάτων και ουσιαστικά **είναι συνέπεια της αρχής δράσης – αντίδρασης**. Αυτό φαίνεται εύκολα για μονωμένο σύστημα που αποτελείται από δύο σώματα, καθώς οι μεταξύ τους

εσωτερικές δυνάμεις (δράση – αντίδραση) προκαλούν, σύμφωνα με την εξίσωση $\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$,

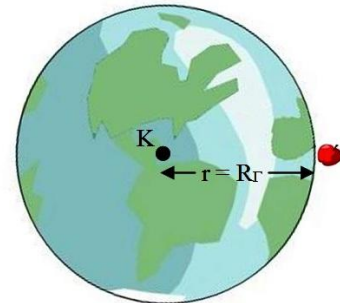
αντίθετες μεταβολές ορμών. Η διατήρηση της ορμής είναι μια από τις πολύ σημαντικές αρχές διατήρησης στη Φυσική.

4Γ. Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης

Η πρώτη θεωρία βαρύτητας μπορούμε να πούμε ότι προτάθηκε από τον Αριστοτέλη, μέσα από τις απόψεις του για την ιεραρχική δομή του σύμπαντος και την πρότασή του για τα τέσσερα στοιχεία από τα οποία αποτελούνται τα γήινα σώματα. Το κέντρο του σύμπαντος ήταν η γη και όλα τα σώματα στα οποία επικρατούσε το βαρύ στοιχείο, η «γη», είχαν από τη φύση τους την τάση να κινούνται προς το κέντρο του σύμπαντος, δηλαδή τελικά προς την επιφάνεια της γης. Αν και η άποψη ότι η γη είναι το κέντρο του σύμπαντος κλονίστηκε από το έργο του Κοπέρνικου, του Μπράχε και του Κέπλερ, οι απόψεις για τη βαρύτητα άλλαξαν ουσιαστικά με τη δημοσίευση του νόμου της παγκόσμιας έλξης από το Νεύτωνα.

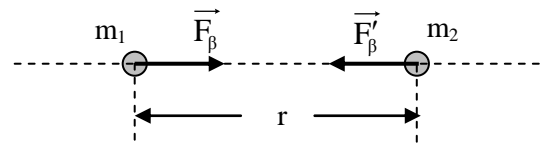
Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης του Νεύτωνα είναι **προϊόν μιας από τις πιο τολμηρές γενικεύσεις στην ιστορία της ανθρώπινης σκέψης**. Ο Νεύτων, βασιζόμενος στους νόμους κίνησης των πλανητών του Κέπλερ, προσπάθησε να βρει τη μορφή της δύναμης που μπορεί να δώσει κινήσεις σαν αυτές των πλανητών.

Βρήκε γενικότερα για συστήματα που κινούνται γύρω από ένα ελκτικό κέντρο, ότι η δύναμη μεταβάλλεται αντίστροφα προς το τετράγωνο της απόστασης από αυτό. Συστήματα που κινούνται γύρω από ελκτικό κέντρο, εκτός από τον Ήλιο με τους πλανήτες, είναι π.χ. και οι πλανήτες με τους δορυφόρους τους. Το επόμενο που ήθελε να δείξει ήταν ότι οι δυνάμεις που διατηρούν τους δορυφόρους στις τροχιές τους είναι της ίδιας φύσης και δε διαφέρουν από κάποια πολύ γνωστή δύναμη στη γη, τη δύναμη που κάνει, π.χ., το μήλο να πέφτει στο έδαφος. Εξέτασε πρώτα το σύστημα γη – μήλο. Για το μήλο, που απέχει τρία - τέσσερα μέτρα από την επιφάνεια της γης, η σχέση που βρήκε αντιστοιχούσε σε μια απόσταση μήλου - γης ίση με την ακτίνα της γης. Η γη είναι μια σφαίρα μεγάλων διαστάσεων, αλλά ο Νεύτωνας έδειξε ότι έλκει ως σημείο με ίδια μάζα που βρίσκεται στο κέντρο της. Με αυτή τη σχέση και με την ακριβή σχέση μεταξύ της κεντρομόλου επιτάχυνσης της σελήνης και της επιτάχυνσης της βαρύτητας, ο Νεύτων διατύπωσε τον νόμο της παγκόσμιας έλξης ως εξής: **«υπάρχει μια δύναμη βαρύτητας, την οποία διαθέτουν όλα τα σώματα, ανάλογη προς τις διάφορες ποσότητες ύλης που περιέχουν»**. Επομένως, το σύμπαν συνολικά μπορεί να νοηθεί ως ένα σύνολο σημειακών μαζών που ανά δύο έλκονται μεταξύ τους με δυνάμεις ανάλογες προς το γινόμενο των μαζών και αντιστρόφως ανάλογες προς το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης. Στη συνέχεια εφάρμοσε τη μελέτη του στην τροχιά της σελήνης. Αφού απέδειξε ότι και η περιφορά της σελήνης γύρω από τη γη οφείλεται σε μια δύναμη που ελαττώνεται με το τετράγωνο της απόστασης, ο Νεύτων υπολόγισε την επιτάχυνση που θα αποκτούσε, αν ήταν κοντά στην επιφάνεια της γης. Βρήκε ότι θα ήταν ακριβώς η ίδια με την επιτάχυνση που τα γήινα σώματα αποκτούν στην ελεύθερη πτώση. Έτσι κατέληξε στην πρώτη του μεγάλη γενίκευση: «Η οικονομία της φύσης απαιτεί από εμάς να αποδώσουμε στη βαρύτητα τη δύναμη που δρα στους πλανήτες». Αυτό σήμαινε ότι αφού η φύση διέθετε ήδη μια δύναμη που δρούσε με αυτό τον τρόπο, δεν είχε λόγο να διαθέτει και μια δεύτερη εντελώς όμοια. Αμέσως μετά έκανε το δεύτερο μεγάλο νοητικό βήμα του με μια δεύτερη και μεγάλη γενίκευση. Αφού στο σύστημα γης - σελήνης αυτό που δρούσε ήταν η βαρύτητα, τότε: «η βαρύτητα δρα σε όλα τα σώματα του σύμπαντος».



Θα διατυπώσουμε αναλυτικά το νόμο της παγκόσμιας έλξης ως εξής:

Η βαρυτική δύναμη \vec{F}_β που ασκείται μεταξύ δυο υλικών σημείων με μάζες m_1 και m_2 που απέχουν απόσταση r μεταξύ τους οπουδήποτε στο σύμπαν:
 α) έχει διεύθυνση την ευθεία που διέρχεται από τα υλικά σημεία,
 β) είναι πάντα ελκτική,
 γ) έχει μέτρο ανάλογο με το γινόμενο των μαζών και αντιστρόφως ανάλογο με το τετράγωνο της απόστασης των υλικών σημείων, δηλαδή



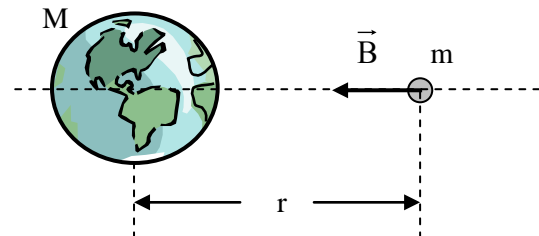
$$F_\beta = F_{\beta'} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

όπου G μια σταθερά, που λέγεται σταθερά της παγκόσμιας έλξης, έχει την ίδια τιμή για όλα τα ζευγάρια μαζών στο σύμπαν και είναι ανεξάρτητη από το υλικό που παρεμβάλλεται μεταξύ των υλικών σημείων.

Για το νόμο της παγκόσμιας έλξης θα παρατηρήσουμε τα εξής:

1. Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης ισχύει για σημειακές μάζες (υλικά σημεία), αλλά και για ομογενείς σφαίρες, οι οποίες συμπεριφέρονται σαν η μάζα τους να είναι συγκεντρωμένη στο κέντρο τους. Έτσι, για τις σφαίρες αυτές, η μέτρηση της απόστασης r γίνεται από το κέντρο τους. Αυτό, βέβαια, δε σημαίνει ότι δεν υπάρχουν βαρυτικές έλξεις μεταξύ σωμάτων οποιουδήποτε σχήματος. Γι' αυτά ο νόμος ισχύει κατά προσέγγιση, όταν βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση σε σύγκριση με τις διαστάσεις τους.

2. Αν εφαρμόσουμε το νόμο της παγκόσμιας έλξης μεταξύ της γης και ενός σώματος μάζας m , τότε η δύναμη δεν είναι παρά το βάρος του σώματος, δηλαδή $B = G \frac{Mm}{r^2}$, όπου M είναι η μάζα της γης και r η απόσταση του σώματος από το κέντρο της γης. Βλέπουμε ότι το βάρος ενός σώματος είναι μια δύναμη που ελαττώνεται με την απομάκρυνση από τη γη, αλλά σε μικρές περιοχές κοντά στην επιφάνεια της γης το θεωρούμε σταθερό.



3. Οι δυνάμεις παγκόσμιας έλξης μεταξύ δυο σωμάτων έχουν σχέση δράσης – αντίδρασης. Έτσι τα μέτρα των βαρυτικών δυνάμεων μεταξύ δυο μαζών είναι πάντα ίσα. Την ίδια δύναμη (βάρος) που δέχεται το σώμα μάζας m στο προηγούμενο σχήμα δέχεται κατά μέτρο και η γη, αλλά βέβαια δεν θα έχει κανένα αποτέλεσμα στην τεράστια μάζα του πλανήτη μας.

4. Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα και ο νόμος της παγκόσμιας έλξης προκάλεσαν σημαντική αλλαγή στην ιδιότητα «βαρύ», με την οποία είχε προικίσει τα σώματα ο Αριστοτέλης. Το βάρος δεν είναι πλέον μια ιδιότητα των σωμάτων, αλλά είναι εκδήλωση της αμοιβαίας έλξης μεταξύ ενός σώματος και της γης. Δεν είναι ένα ξεχωριστό είδος δύναμης, αλλά μια δύναμη όπως οι άλλες, η οποία προκαλεί αλλαγή στην κινητική κατάσταση των σωμάτων. Ο Νεύτων, καταργώντας την ιδιαιτερότητα του βάρους, κατάργησε και τη διάκριση των κινήσεων σε φυσικές και βίαιες. Η μελέτη των κινήσεων γίνεται με ενιαίο τρόπο. Επιπλέον, ο νόμος της παγκόσμιας έλξης μας επιτρέπει να έχουμε μια ενιαία περιγραφή της κίνησης των σωμάτων, είτε αυτά κινούνται στη γη, είτε στο διάστημα.

5. Οι δυνάμεις παγκόσμιας έλξης είναι οι ίδιες ανεξάρτητα από το υλικό που παρεμβάλλεται μεταξύ των σωμάτων και «μεταφέρονται» ανεξάρτητα αν τα σώματα βρίσκονται στο κενό ή παρεμβάλλεται μεταξύ τους κάποιο μέσο. Χαρακτηρίζονται κεντρικές, επειδή βρίσκονται πάνω στη νοητή ευθεία που συνδέει τα υλικά σημεία ή τα κέντρα των σωμάτων που αλληλεπιδρούν και λέμε ότι ακολουθούν το νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου, επειδή το μέτρο τους είναι αντιστρόφως ανάλογο με το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ των σωμάτων.

6. Οι δυνάμεις παγκόσμιας έλξης ανήκουν στις δυνάμεις από απόσταση (όπως οι ηλεκτρικές και οι μαγνητικές) και υπήρχαν γι' αυτές δυο σημαντικά ερωτήματα: α) Ποια είναι η προέλευση αυτών των δυνάμεων; β) Πώς μεταφέρονται;

Ουσιαστικά το πρώτο ερώτημα δεν έχει απαντηθεί ακόμα. Ο Νεύτων έλεγε ότι δεχόμαστε τις δυνάμεις βαρύτητας, απλά γιατί υπάρχουν και βλέπουμε τα αποτελέσματά τους. Για το δεύτερο ερώτημα έλεγε: *«Είναι αδιανόητο, άψυχη ύλη (γη), να δρα και να επηρεάζει μια άλλη (σελήνη), χωρίς αμοιβαία επαφή. Η βαρυντική έλξη ανάμεσα στη γη και στη σελήνη, πρέπει να προκαλείται από κάποιο μέσο, για το οποίο δεν ξέρω αν είναι υλικό ή άυλο».* Στη νευτώνεια δυναμική οι δυνάμεις βαρύτητας δρουν ακαριαία σε ένα χώρο σταθερό και αναλλοίωτο, ο οποίος κατά κάποιο τρόπο «είναι απλός θεατής».

Η αναζήτηση του τρόπου με τον οποίο ασκείται η δύναμη οδήγησε αργότερα, με τη μελέτη της αλληλεπίδρασης μαγνητών από τον Faraday, στην εισαγωγή της έννοιας του πεδίου, απόγονο της έννοιας «σφαίρα επιρροής» που είχε χρησιμοποιήσει ο Gilbert. Σύμφωνα με την κλασική θεωρία πεδίου, η μεταφορά της δύναμης γίνεται μέσω του πεδίου δυνάμεων, μιας ιδιότητας που αποκτά ο χώρος γύρω από κάθε μάζα, να ασκεί δυνάμεις σε άλλες μάζες που θα βρεθούν σ' αυτόν. Η γη μας ασκεί το βάρος μας, γιατί βρισκόμαστε μέσα στο βαρυντικό της πεδίο. Το πεδίο δεν μπορεί να διαδίδεται ακαριαία (με άπειρη ταχύτητα), όπως θα μας πει η ειδική θεωρία της σχετικότητας. Πάντως, η θεωρία του πεδίου δυνάμεων δεν άλλαξε το μέτρο της βαρυντικής δύναμης που είχε προσδιορίσει ο Νεύτων.

7. Η βαρυντική δύναμη που ασκεί ένα σώμα σε ένα άλλο δε μηδενίζεται ποτέ, σε οποιαδήποτε απόσταση κι αν βρίσκεται το σώμα που δέχεται τη δύναμη αυτή. Όπως λέμε θεωρητικά, οι βαρυντικές δυνάμεις μηδενίζονται στο άπειρο. Στην πράξη δεχόμαστε ότι μηδενίζονται από κάποια απόσταση και μετά, όπου γίνονται πάρα πολύ μικρές. Θεωρητικά, λοιπόν, όπως είπε ποιητικά ο *Paul Dirac*:

«Κόβεις ένα λουλούδι στη Γη και κινείς το πιο μακρινό αστέρι».

8. Η πειραματική επαλήθευση του νόμου της παγκόσμιας έλξης έγινε ένα περίπου αιώνα μετά τη δημοσίευση του Νεύτωνα, το 1798, από τον Henry Cavendish με τον ομώνυμο ζυγό στρέψης.

Ο Cavendish μέτρησε τη σταθερά της παγκόσμιας έλξης $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}^2}$. Η τιμή είναι

πάρα πολύ μικρή. Γι' αυτό και οι βαρυντικές δυνάμεις μεταξύ δυο «επίγειων» σωμάτων με μικρή μάζα (π.χ. μεταξύ δυο θρανίων) δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτές. Γίνονται αντιληπτές όταν συμμετέχει μια μεγάλη μάζα, όπως στο βάρος των σωμάτων, που είναι δύναμη αλληλεπίδρασης με τη γη. Η βαρυντική είναι μια από τις τέσσερις βασικές αλληλεπιδράσεις στη φύση και είναι πολύ πιο ασθενής από τις άλλες τρεις που είναι η ηλεκτρομαγνητική, η ασθενής πυρηνική και η ισχυρή πυρηνική. Στη διαδικασία ενοποίησης των δυνάμεων, η βαρυντική εξακολουθεί σήμερα να είναι η πιο προβληματική.

9. Η ανακάλυψη και οι εφαρμογές του νόμου της παγκόσμιας έλξης μας έχουν δώσει λεπτομερείς πληροφορίες για τους πλανήτες στο ηλιακό μας σύστημα, για τη μάζα του ήλιου και γενικά ήταν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για προβλέψεις και μετρήσεις στην αστρονομία. Ένα

παράδειγμα είναι το εξής: Οι νόμοι που καθόριζαν την κίνηση των πλανητών είχαν διατυπωθεί, παίρνοντας τα ουράνια σώματα ανά δύο και δε λάμβαναν υπόψη τις υπόλοιπες επιδράσεις των άλλων ουράνιων σωμάτων. Αν λάβουμε υπόψη αυτές τις επιδράσεις, προκύπτουν διαφοροποιήσεις στην κίνηση αυτή. Με αυτή τη σκέψη ο Ουρμπέν Λεβεριέ μελέτησε τις ανωμαλίες του πλανήτη Ουρανού και διαπίστωσε ότι αυτές δεν μπορούσαν να δικαιολογηθούν, παρά μόνον αν υπήρχε και ένας άλλος πλανήτης έξω από την τροχιά του Ουρανού. Πράγματι, ο πλανήτης αυτός ανακαλύφτηκε το 1846 και ήταν ο Ποσειδώνας.



*«Ο Νεύτωνας συλλαμβάνει το νόμο της παγκόσμιας έλξης»:
Σκίτσο της Μπεκιαρίδου Βασιλικής.*

Μετά από πλήθος «επίγειων φαινομένων» που εξηγήσαμε με τους τρεις νόμους του Νεύτωνα και έχοντας «οπλιστεί» με το νόμο της παγκόσμιας έλξης, θα δούμε πώς εξηγείται ο τρίτος νόμος κίνησης των πλανητών του Κέπλερ.

Εξήγηση των εμπειρικών νόμων κίνησης των πλανητών του Κέπλερ

Η απόδειξη ότι ο πρώτος νόμος του Κέπλερ, δηλαδή η ελλειπτική τροχιά των πλανητών, συνάγεται από την ύπαρξη ελκτικής δύναμης που μεταβάλλεται αντίστροφα προς το τετράγωνο της απόστασης, αποτελεί μια από τις θεμελιώδεις προτάσεις στις οποίες στηρίχθηκε ο Νεύτωνας για το νόμο της παγκόσμιας έλξης. Έδειξε ότι με δύναμη αυτής της μορφής η τροχιά έχει το σχήμα μιας κωνικής τομής και θα είναι έλλειψη, όταν η εφαπτομενική ταχύτητα είναι μικρότερη από μια «κρίσιμη τιμή». Από την άλλη, με τα τρία αξιώματα της κίνησης, έδειξε ότι ο νόμος των εμβαδών ισχύει σε όλες τις περιπτώσεις στις οποίες ένα κινούμενο σώμα παρεκκλίνει από την αρχική του πορεία λόγω κάποιας ελκτικής δύναμης.

Ας προσπαθήσουμε, όμως, να εξάγουμε, με βάση όσα έχουμε αναφέρει για τη Νευτώνεια μηχανική, αυτό που ο Κέπλερ έκανε χρόνια να βρει βάσει των παρατηρήσεων που είχε στη διάθεσή του: τον τρίτο νόμο κίνησης των πλανητών.

Θεωρούμε για απλότητα την τροχιά ενός πλανήτη με μάζα m , γύρω από τον Ήλιο, του οποίου τη μάζα θα θέσουμε M , κυκλική (όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο οι ελλειπτικές τροχιές των πλανητών μοιάζουν αρκετά με κυκλικές).

Η βαρυτική δύναμη στον πλανήτη από τον Ήλιο είναι $F_{\beta} = G \frac{Mm}{r^2}$,

όπου r η απόσταση των κέντρων τους, που αποτελεί και την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς, και G η σταθερά της παγκόσμιας έλξης.

Η δύναμη αυτή αποτελεί την απαραίτητη κεντρομόλο δύναμη για την κυκλική τροχιά του πλανήτη. Από το Θεμελιώδη Νόμο της Μηχανικής έχουμε $F_{\kappa} = ma_{\kappa}$.

Επειδή $a_{\kappa} = \frac{v^2}{r}$, όπου v η ταχύτητα

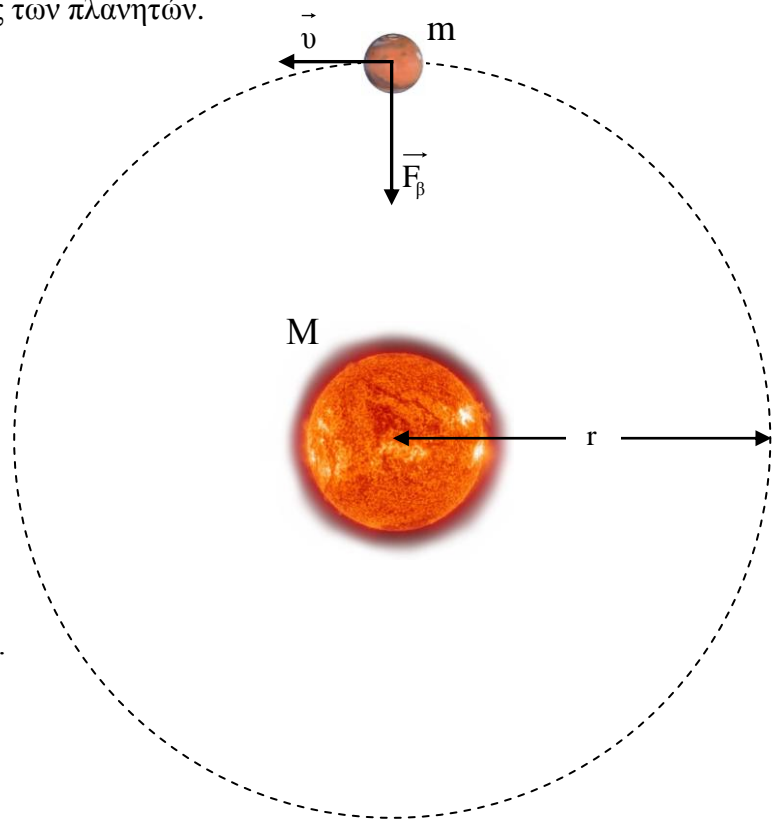
του πλανήτη και $F_{\kappa} = F_{\beta} = G \frac{Mm}{r^2}$, έχουμε $G \frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v^2 = G \frac{M}{r}$ (1).

Εξάλλου σε ομαλή κυκλική κίνηση ισχύει $v = \frac{2\pi r}{T}$ (T είναι η περίοδος, δηλαδή ο χρόνος για μια

πλήρη περιφορά του πλανήτη), απ' όπου βρίσκουμε $v^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$ (2).

Από (1) και (2), εξισώνοντας τα δεύτερα μέλη $\frac{GM}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} \Rightarrow GMT^2 = 4\pi^2 r^2 \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$.

Επειδή η ποσότητα $\frac{4\pi^2}{GM}$ είναι σταθερή για όλους τους πλανήτες, προέκυψε ότι τα τετράγωνα των περιόδων περιφοράς των πλανητών είναι ανάλογα προς τους κύβους των ακτίνων τους, δηλαδή ο τρίτος νόμος του Κέπλερ.



4Α. Συμπεράσματα

Ο Ισαάκ Νεύτων είναι ένας από τους μεγαλύτερους επιστήμονες όλων των εποχών. Η διατύπωση των νόμων του ήταν ένας μεγάλος **σταθμός στην ιστορία της φυσικής** και το «Principia» θεωρείται από πολλούς **το σημαντικότερο βιβλίο Φυσικής** που γράφτηκε ποτέ. Με το νόμο της παγκόσμιας έλξης ο Νεύτων έκανε μια από τις μεγαλύτερες γενικεύσεις στην ιστορία της ανθρώπινης σκέψης. Το έργο του, με το οποίο έθεσε τις βάσεις της μηχανικής, ήταν η κορύφωση και η ολοκλήρωση της επιστημονικής επανάστασης. Η **Νευτώνεια μηχανική** μαζί με τον **ηλεκτρομαγνητισμό**, όπως τον διατύπωσε στις περίφημες εξισώσεις του ο Τζέιμς Κλαρκ Μάξγουελ (James Clerk Maxwell, 1831 - 1879), αποτελούν την **Κλασική Φυσική**.

Από τη μελέτη των νόμων του Νεύτωνα και από τα φαινόμενα που εξηγήσαμε, δείξαμε τη μεγάλη επιτυχία των νόμων του, τόσο μεγάλη ώστε να ακολουθήσει ένα ακόμα είδος δογματισμού στην ιστορία των επιστημών, όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα. Η επαλήθευση των φυσικών νόμων μέσα από έναν **αιτιοκρατικό τρόπο σκέψης** (ντετερμινισμός) ώθησε σε μια **νέα αντίληψη φυσικών και κοινωνικών πραγμάτων στην περίοδο του Διαφωτισμού**.

Ο Νεύτων πραγματοποίησε την πρώτη μεγάλη ενοποίηση στη Φυσική:

ΤΗΝ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΟΥΡΑΝΙΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕ ΙΔΙΟΥΣ ΝΟΜΟΥΣ.

Κατάφερε να βρει ομοιότητες σε κινήσεις διαφορετικές μέσα στο σύμπαν. Μέσα από τους νόμους του ενοποίησε και εξήγησε διαφορετικά φαινόμενα. Την πτώση των σωμάτων, την κίνηση βλημάτων και ουράνιων σωμάτων, αλλά και τις συνέπειες αυτών, όπως τις παλίρροιες.

Με την ενοποίηση των επίγειων με τις ουράνιες δυνάμεις ξεκίνησε μια μεγάλη διαδικασία στη φυσική, που σήμερα λέμε «ενοποίηση των δυνάμεων». Η δεύτερη ενοποίηση θα πραγματοποιηθεί αργότερα με τις εργασίες του Έρστεντ (H.C. Oersted, 1777-1851), του Αμπέρ (A.M. Ampere, 1775-1836) και του Φαραντέι (Michael Faraday, 1791 - 1867). Είναι η ενοποίηση των ηλεκτρικών με τις μαγνητικές δυνάμεις και θα εκφραστεί με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Μάξγουελ.

Από μεθοδολογική σκοπιά, με το Νεύτωνα εδραιώθηκαν **η μαθηματική αναπαράσταση των φυσικών φαινομένων και η πειραματική διερεύνησή τους**. Οι δύο αυτές μεθοδολογικές τομές διατυπώθηκαν για πρώτη φορά στα έργα του Νεύτωνα Principia και Οπτική αντίστοιχα: οι θεωρίες που περιέχονται στα Principia για την κίνηση των σωμάτων και τη βαρύτητα είναι διατυπωμένες σε μαθηματική γλώσσα και η Οπτική αντιπροσωπεύει την εφαρμογή της πειραματικής μεθόδου στην ανάλυση της φύσης του φωτός.

Η μεγάλη συμβολή του Νεύτωνα στη νεότερη επιστήμη δεν έγκειται μόνο στο γεγονός ότι κατόρθωσε να διατυπώσει με τόσο συνεπή και αποτελεσματικό τρόπο, στο πλαίσιο μιας ενιαίας θεωρίας, τη σχέση κινήσεων και δυνάμεων, αλλά και στο γεγονός ότι κατάφερε μέσα από το έργο του να **συνθέσει τη μηχανοκρατική με τη μη μηχανοκρατική αντίληψη** της λειτουργίας της φύσης, ανοίγοντας νέους δρόμους στη φυσική φιλοσοφία. Όταν, λοιπόν, μιλάμε για τη «νευτώνεια σύνθεση» ή για το «ενοποιητικό έργο του Νεύτωνα», αναφερόμαστε μεταξύ άλλων και στη σύνθεση δύο διαφορετικών παραδόσεων του 17ου αι., την παράδοση της μαθηματικής περιγραφής, που εκπροσωπούσε ο Γαλιλαίος, και την παράδοση της μηχανοκρατίας, που εκπροσωπούσε ο Καρτέσιος. Από αυτές κράτησε ορισμένα στοιχεία, αλλά τελικά διαμόρφωσε μια νέα εικόνα της λειτουργίας του υλικού κόσμου. Η νέα αυτή εικόνα του κόσμου, όπως ο ίδιος ο Νεύτων την περιέγραψε μέσα από το έργο του, αποτελείται από τέσσερα στοιχεία, που κατά τον Alexandre Koyre είναι τα εξής:

1. Η ύλη, δηλαδή ένας άπειρος αριθμός σωματιδίων διακριτών και μεμονωμένων, συμπαγών, αναλλοίωτων αλλά όχι όμοιων.
2. Η κίνηση, που δε θίγει την ύπαρξη ή τη φύση των σωματιδίων της ύλης, αλλά μόνο τα μεταφέρει εδώ και εκεί στο άπειρο και ομογενές κενό.
3. Ο χώρος, δηλαδή αυτό το άπειρο και ομογενές κενό, μέσα στο οποίο κινούνται χωρίς αντίσταση τα σωματίδια αυτά.
4. Η έλξη, δηλαδή μια δύναμη που ενώνει και συγκρατεί αυτό τον κόσμο της ύλης στο άπειρο και ομογενές κενό, χωρίς όμως να αποτελεί συστατικό της σύνθεσης του, αφού είτε είναι μια υπερφυσική δύναμη - η δράση του Θεού - είτε κάτι άλλο άγνωστο αλλά σίγουρα όχι «φυσικό».

Το κύριο χαρακτηριστικό της νευτώνειας σύνθεσης είναι ότι επανέφερε, και μάλιστα με νέες ευρύτερες δυνατότητες, τη μαθηματική περιγραφή των φαινομένων με ποσοτικούς όρους, υπερβαίνοντας τα αδιέξοδα στα οποία την είχε οδηγήσει η αυστηρά μηχανοκρατική θεώρηση της φύσης. Αυτό έγινε με τη **μαθηματική διατύπωση φυσικών εννοιών, των οποίων η βασική υπόσταση δεν ήταν απαραίτητα κατανοητή**. Πολύ χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έννοια της δύναμης. Κατά το Νεύτωνα η μαθηματική έννοια της δύναμης μπορούσε και έπρεπε να γίνει δεκτή στις επιστημονικές αποδείξεις, ακόμα κι αν δεν ήταν κατανοητή η βασική υπόστασή της, αφού ως έννοια ήταν αναγκαία προκειμένου στη συνέχεια να μπορούν να περιγραφούν τα φαινόμενα με μηχανικούς όρους. Η ορθότητά της, λοιπόν, απέρρεε από τη χρησιμότητά της στις αποδείξεις και όχι από τις υποθέσεις που θα αφορούσαν την προέλευσή της. Το ίδιο ισχύει και για την έννοια της παγκόσμιας έλξης, που η εισαγωγή της του επέτρεπε να περιγράψει με μαθηματικό τρόπο τα φαινόμενα, χωρίς απαραίτητως να μπορεί να εξηγήσει την αιτία της. Ο Νεύτων πίστευε ότι αυτός ακριβώς έπρεπε να είναι ο στόχος της φυσικής. Σε αντίθεση με τη μηχανοκρατική φιλοσοφία του 17ου αι., που διακήρυσσε τη δυνατότητα της ανθρώπινης διάνοιας να γνωρίσει τη φύση, πίστευε ότι η φύση είναι αδιαπέραστη και αμφέβαλε αν η επιστήμη μπορεί να γνωρίσει το «είναι» των πραγμάτων. Η φύση γι' αυτόν ήταν κάτι δεδομένο και ως τέτοιο θα έπρεπε να τη μελετάμε. Ορισμένες πλευρές της θεωρούσε ότι ίσως δε θα γίνουν ποτέ κατανοητές.

Λίγο πριν το τέλος της ζωής του φαίνεται να είπε:
«Δεν ξέρω πώς μπορεί να φαίνομαι στον κόσμο, αλλά νομίζω ότι μοιάζω μόνο με ένα αγόρι που παίζει στην ακτή και διασκεδάζει, βρίσκοντας που και που ένα ομαλότερο βότσαλο ή ένα πιο όμορφο κοχύλι από τα συνηθισμένα, ενώ ο μεγάλος ωκεανός της αλήθειας απλώνεται ανεξερεύνητος μπροστά μου».

Isaac Newton

4Ε. Η κατάσταση της Φυσικής μετά το Νεύτωνα

Η νευτώνεια εικόνα του κόσμου δεν έγινε εύκολα αποδεκτή. Η αλχημική και θεολογική πλευρά του Νεύτωνα επηρέασαν βαθιά το έργο του. Ίσως, μάλιστα, αυτές να του έδωσαν τη δυνατότητα για μια τελικά μη μηχανιστική και ρηζικέλευθη προσέγγιση των προβλημάτων της τροχιακής κίνησης με τη θεωρία της βαρύτητας, που προϋπέθετε ότι ένα σώμα μπορεί να έλκει κάποιο άλλο από μακριά στο κενό διάστημα χωρίς να υπάρχει μεταξύ τους υλική επαφή. Πίστευε ότι ο Θεός παρείχε τη δύναμη της βαρύτητας και αντιτάχθηκε σθεναρά σε κάθε μηχανιστική ερμηνεία της, καθώς κάτι τέτοιο θα μπορούσε να μειώσει το ρόλο του Θεού. Οι μεγάλοι σύγχρονοι του Νεύτωνα, ο Descartes, ο Leibniz και ο Huygens, θεωρούσαν μια τέτοια προσέγγιση ως επιστροφή στις μεσαιωνικές αντιλήψεις, κατάλοιπο μαγείας, αφού οι μόνες δυνατές ερμηνείες γι' αυτούς ήταν οι «μηχανικές», στις οποίες τα σώματα έρχονταν σε επαφή το ένα με το άλλο. Ο Νεύτωνας μάλιστα επικαλούνταν τη θεϊκή παρέμβαση για την ευστάθεια του πλανητικού συστήματος. Σ' αυτήν απέδιδε τη «διόρθωση» των αποκλίσεων που υπήρχαν στις κινήσεις των πλανητών. Μην ξεχνάμε ότι στο πλανητικό σύστημα υπάρχει ένα πλέγμα αλληλεπιδράσεων και όχι μόνο οι αλληλεπιδράσεις του κάθε πλανήτη με τον Ήλιο.

Στο πρώτο μισό του 18ου αι., όμως, η νευτώνεια θεωρία πέρασε με επιτυχία τρεις δύσκολες δοκιμασίες, γεγονός που συνέβαλε σε μεγάλο βαθμό στην καθιέρωσή της: α) Το σχήμα της γης (πιο διογκωμένο στον ισημερινό απ' ότι στους πόλους), που συμφωνούσε με τη Νευτώνεια θεωρία και όχι με τους στροβίλους του Καρτέσιου που πρόβλεπαν το αντίθετο. β) Η ακριβής κίνηση της Σελήνης, με βάση τους νόμους του Νεύτωνα το 1749, από τον Αλέξις - Κλοντ Κλερό (Alexis - Claude Clairaut, 1713-1765). γ) Η επάνοδος του κομήτη του Halley, με εντυπωσιακή ακρίβεια στην πρόβλεψη του Clairaut.

Μετά την επικράτησή της, η επίδραση της νευτώνειας θεωρίας στις επιστήμες και τη φιλοσοφία υπήρξε και πελώρια και μακροχρόνια. Η πορεία της Φυσικής σημείωσε μια σχετική κάμψη, που είχε να κάνει με την επικράτηση αυτή. Το γόητρο του Νεύτωνα είχε διαποτίσει τη σκέψη όλων σχεδόν των ερευνητών. Οποιαδήποτε διαφορετική άποψη ή επέκταση φαινόταν χωρίς νόημα και έφτανε η νευτώνεια μηχανική για το μέλλον της φυσικής και για να εξαχθούν αιώνιες αλήθειες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μας δίνει και ο τομέας της Οπτικής. Το 18ο αιώνα είχε επικρατήσει η σωματιδιακή φύση του φωτός, που υποστήριξε ο Νεύτωνας, έναντι της κυματικής, που υποστήριξε ο Χούχενς. Όταν ο Τόμας Γιανγκ (Thomas Young, 1773-1829) αποδείκνυε με το ιστορικό πείραμα των δυο σχισμών την κυματική φύση του φωτός, συνάντησε σε πολύ μεγάλο βαθμό αντιδράσεις, ειδικά στην Αγγλία, και χρειάστηκε η στήριξη του Γάλλου Φρενέλ (Augustin Fresnel, 1788-1827), για να δεχτεί η επιστημονική κοινότητα την κυματική φύση (σήμερα γνωρίζουμε ότι το φως έχει και τις δυο παραπάνω, δηλαδή διπλή φύση).

Οι προσπάθειες μαθηματοποίησης της μηχανικής και μηχανιστικής ερμηνείας της φύσης ολοκληρώθηκαν με το έργο του Πιερ Λαπλάς (Pierre Laplace, 1749-1823). Καρπός αυτού του έργου ήταν η μνημειώδης *Mecanique Celeste* (Ουράνια Μηχανική), που δημοσιεύθηκε σε πέντε τόμους, από το 1799 έως το 1825. Ο μαθηματικός φορμαλισμός που ανέπτυξε ο Laplace ήταν τέτοιος, ώστε δεδομένων κάποιων αρχικών συνθηκών οι εξισώσεις έδιναν, κατ' αρχάς, τη δυνατότητα **πλήρους πρόβλεψης της μελλοντικής εξέλιξης του κόσμου**. Η εικόνα του **σύμπαντος ως μιας τεράστιας μηχανής** με απόλυτα προκαθορισμένη λειτουργία εδραιώθηκε πλήρως. Σύμφωνα με τον Laplace, όλα τα φυσικά φαινόμενα θα έβρισκαν μια μέρα την ερμηνεία τους με τη βοήθεια των νευτωνικών δυνάμεων. Το καινούργιο δόγμα είχα χαρακτήρα **«μηχανιστικό»**. Το σύμπαν ήταν ένας ωρολογιακός μηχανισμός με τμήματα που λειτουργούσαν σύμφωνα με νόμους αιτίας και αποτελέσματος. Αυτή η εικόνα του σύμπαντος, η λεγόμενη **αιτιοκρατική** (ορισμένοι την αποκαλούν «ντετερμινιστική»), παρέμεινε κυρίαρχη στη φυσική έως τις αρχές του 20ού αι., όταν άρχισε να αμφισβητείται από τις εξελίξεις στη φυσική του μικρόκοσμου και την εμφάνιση της κβαντικής θεωρίας.

Ο 18ος αιώνας, όμως, ήταν ο αιώνας της Βιομηχανικής Επανάστασης, με τη μετάβαση από τη χειρωνακτική εργασία στη μηχανική βιομηχανία, μια μετάβαση που αποδείχτηκε μεγάλο σχολείο για την επιστημονική γνώση. Μια από τις βασικές συνιστώσες της βιομηχανικής επανάστασης ήταν η ανακάλυψη της ατμομηχανής και η βελτίωσή της από τον Τζέιμς Βατ (James Watt, 1736-1819), ακολουθούμενη από πλήθος εφευρέσεων που άλλαξαν τη μορφή του ανθρώπινου πολιτισμού. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο φάνηκε ότι οι νευτώνικές δυνάμεις και η έννοια της ορμής δεν ήταν παρά το ξεκίνημα, γιατί προέκυψαν ερωτήματα που δε μπορούσαν να απαντηθούν, όπως: α) Τι χρειάζεται για να γεννηθεί μια δύναμη; β) Πώς εξηγείται η δύναμη που κρύβουν τα καύσιμα; γ) Πώς μπορεί να βελτιωθεί η απόδοση της ατμομηχανής; Η κατάσταση δεν κλόνισε τη νευτώνεια μηχανική, αλλά έδειξε ότι χρειάζεται επέκταση. Υπήρχε ανάγκη από την εισαγωγή μιας νέας επιστημονικής έννοιας, η οποία χωρίς να αμφισβητήσει τις βάσεις της νευτώνειας μηχανικής συνέβαλε στη μετεξέλιξή της. Και αυτή ήταν η έννοια της **ενέργειας**.

Με την πάροδο του χρόνου, η έννοια της ενέργειας κατάφερε να ενοποιήσει πράγματα που φαινόταν ότι δεν είχαν κάτι κοινό, όπως η κίνηση, η θερμότητα, ο ηλεκτρισμός, το φως, ο ήχος και η δύναμη που κρύβουν τα καύσιμα. Στις αρχές του 20ού αιώνα ήταν το βασικό νοητικό εργαλείο για την κβαντική θεωρία και τις θεωρίες της σχετικότητας. Σήμερα είναι ο ενωτικός πυρήνας, όχι μόνο των κλάδων της φυσικής, αλλά και της ίδιας με άλλες επιστήμες και την τεχνολογία.

Η ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΥ 19ου ΑΙΩΝΑ

(Από το βιβλίο «Ιστορία των επιστημών και της τεχνολογίας» Γ' Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1999)

Το 19ο αι. ολοκληρώνεται η λεγόμενη κλασική φυσική. Ο όρος χρησιμοποιείται σε αντιδιαστολή με τη σύγχρονη φυσική, την κβαντική θεωρία και τη θεωρία της σχετικότητας. Ο όρος «φυσική» έχει πάρει πια τη σημερινή σημασία του και αναφέρεται στη μηχανική, στη μελέτη της θερμότητας, του ηλεκτρισμού, του μαγνητισμού και του φωτός. Τα βασικά εργαλεία για τη διερεύνηση αυτών των φαινομένων είναι τα μαθηματικά και το πείραμα. Η μετατροπή των ερμηνειών σε μαθηματικές θεωρίες, η ποσοτικοποίηση των πειραματικών γνώσεων και η ενοποίηση διαφορετικών, εκ πρώτης όψεως, φυσικών φαινομένων, χαρακτηρίζουν τις εξελίξεις στη φυσική του 19ου αιώνα.

Οι θεωρίες που προτείνονται για τα θερμικά, τα ηλεκτρικά, τα μαγνητικά και τα οπτικά φαινόμενα είναι διατυπωμένες σε μαθηματική γλώσσα. Αποκλειστικός στόχος της πειραματικής επιστήμης γίνεται η απόκτηση γνώσης μέσα από ακριβείς μετρήσεις και όχι τόσο η ποιοτική διερεύνηση των φυσικών φαινομένων. Η σημασία της μέτρησης είναι εμφανής σε ένα απόσπασμα από μια ομιλία του William Thomson (μετέπειτα Λόρδου Kelvin, 1824-1907):

Συχνά λέω ότι όταν μπορείς να μετρήσεις αυτό για το οποίο μιλάς και να το εκφράσεις με αριθμούς ξέρεις κάτι γι' αυτό· αλλά όταν δεν μπορείς να το μετρήσεις, όταν δεν μπορείς να το εκφράσεις με αριθμούς, η γνώση σου είναι πενιχρή και μη ικανοποιητική: μπορεί να είναι το ξεκίνημα της γνώσης, αλλά έχεις μόλις και μετά βίας ... προχωρήσει στο στάδιο της Επιστήμης.

Η ποσοτικοποίηση των φυσικών επιστημών από το 1800 και μετά είναι τέτοιας έκτασης, που ο ιστορικός και φιλόσοφος της επιστήμης T. Kuhn κάνει λόγο για μια δεύτερη επιστημονική επανάσταση.

Σ' όλη τη διάρκεια του αιώνα πολλές διαφορετικές περιοχές της φυσικής ενοποιούνται. Ο ηλεκτρισμός, ο μαγνητισμός και η οπτική εξηγούνται, μετά τα μέσα του αιώνα, στο πλαίσιο μιας ενιαίας ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας, προϊόν της συνθετικής δουλειάς του Βρετανού φυσικού J.C. Maxwell (Μάξγουελ). Την ίδια περίπου εποχή, τα θερμικά φαινόμενα ερμηνεύονται ως αποτέλεσμα της κίνησης και της αλληλεπίδρασης μικροσκοπικών σωματιδίων, των μορίων, που υπακούουν στους νόμους της νευτώνειας μηχανικής. Δηλαδή, η θερμότητα εντάσσεται σ' ένα μηχανιστικό πλαίσιο.

Μετά το 1850 η μηχανιστική θεώρηση του κόσμου, δηλαδή η άποψη ότι το μόνο που υπάρχει στο σύμπαν είναι ύλη σε κίνηση, κυριαρχεί πλήρως. Τα φυσικά φαινόμενα προσεγγίζονται με

τρεις διαφορετικούς τρόπους, που αποτελούν διαφορετικές όψεις της μηχανιστικής προσέγγισης της φύσης.

Ο πρώτος τρόπος συνίσταται στη διατύπωση εξηγήσεων με βάση τα σωματίδια που αποτελούν την ύλη και τις δυνάμεις που ασκούν μεταξύ τους. Αυτός ο τρόπος χαρακτηρίζει κυρίως, όπως ήδη είπαμε, την εξήγηση των θερμικών φαινομένων.

Ο δεύτερος τρόπος βασίζεται στη δημιουργία μηχανικών μοντέλων ή συσκευών, που αναπαριστούν τα υπό διερεύνηση φαινόμενα. Τα λόγια του Λόρδου Kelvin είναι και σε αυτή την περίπτωση χαρακτηριστικά: *«Ποτέ δε μένω ικανοποιημένος προτού μπορέσω να κατασκευάσω ένα μηχανικό μοντέλο για κάτι. Εάν μπορώ να κάνω ένα μηχανικό μοντέλο, τότε μπορώ να το καταλάβω»*. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι η δημιουργία μηχανικών μοντέλων ανάγεται σε προϋπόθεση για την κατανόηση και την εξήγηση των φυσικών φαινομένων.

Ο τρίτος τρόπος βασίζεται στο φορμαλισμό της δυναμικής, όπως διαμορφώθηκε από τη μαθηματική αναδιατύπωση της νευτώνειας μηχανικής από τον J.-L. Lagrange στον αιώνα που είχε προηγηθεί. Το κεντρικό χαρακτηριστικό αυτής της προσέγγισης είναι ότι για τη μελέτη ενός μηχανικού συστήματος δεν απαιτείται η γνώση των δυνάμεων που ασκούνται μεταξύ των σωμάτων που το απαρτίζουν. Είναι αρκετή, για τη μελέτη ενός τέτοιου συστήματος, η γνώση της ενέργειάς του.

Η έννοια της ενέργειας, ως μεγέθους που διατηρείται, είναι επίσης προϊόν του 19ου αιώνα. Η έννοια αυτή έπαιξε ρόλο τόσο στην ενοποίηση διαφορετικών φαινομένων όσο και στην ένταξή τους σ' ένα μηχανιστικό πλαίσιο· αφ' ενός τα μηχανικά, θερμικά, ηλεκτρικά, μαγνητικά και οπτικά φαινόμενα ερμηνεύονται ως διαφορετικές εκδηλώσεις μιας ενιαίας «δύναμης», της ενέργειας, και αφ' ετέρου, μετά τις αρχές της δεκαετίας του 1850 και τη διατύπωση ενός σαφούς ορισμού της ενέργειας, οι εξηγήσεις πολλών από αυτά τα φαινόμενα εντάσσονται, τουλάχιστον θεωρητικά αν όχι και στην πράξη, στη μηχανική. Κι αυτό γιατί η ενέργεια (ο διαχωρισμός της σε κινητική και σε δυναμική) ορίζεται με βάση τη διάταξη και την κινητική κατάσταση των μερών ενός μηχανικού συστήματος.

Εκτός από την έννοια της ενέργειας, κατά το 19ο αι. αποκτούν ιδιαίτερη σημασία και άλλες έννοιες, όπως οι έννοιες του αιθέρα και του πεδίου. Ο αιθέρας προτείνεται αρχικά ως το μέσο εντός του οποίου μεταδίδεται το φως. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να εξηγηθεί η μετάδοση των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών. Ο ρόλος του στη φυσική υπήρξε ενοποιητικός. Η ηλεκτρομαγνητική θεωρία, για παράδειγμα, που ενοποιεί τα ηλεκτρικά, τα μαγνητικά και τα οπτικά φαινόμενα, διατυπώνεται, στην τελική μορφή της, με βάση τις ιδιότητες και τις κινήσεις του αιθέρα.

Κεντρική έννοια της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας αποτελεί επίσης η έννοια του πεδίου. Διατυπώνεται για πρώτη φορά στα μέσα της δεκαετίας του 1840 από το Βρετανό φυσικό και χημικό M. Faraday (Φάραντεϊ), και στη συνέχεια υιοθετείται και αναπτύσσεται από τους W. Thomson και J.C. Maxwell. Η έννοια του πεδίου στόχευε στην ερμηνεία της μετάδοσης μιας δύναμης από ένα σώμα σε κάποιο άλλο. Σε ό,τι αφορά τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις, έγινε σαφές από μια σειρά πειραματικών και θεωρητικών ερευνών ότι η μετάδοσή τους δεν ήταν στιγμιαία, αλλά απαιτούσε κάποιο χρονικό διάστημα. Ως φορέας της μετάδοσης θεωρήθηκε το πεδίο. Οι απόψεις, όμως, για τη φύση αυτής της οντότητας διέφεραν. Ο Faraday θεωρούσε ότι αντιστοιχεί στην κατανομή των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων στο χώρο, ενώ ο Maxwell πίστευε ότι πρόκειται για ιδιότητα του αιθέρα.

Αν και η ηλεκτρομαγνητική θεωρία και η έννοια του πεδίου διατυπώθηκαν αρχικά με βάση τη μηχανική, προς το τέλος του αιώνα γίνεται ολοένα και πιο σαφές ότι η ηλεκτρομαγνητική θεωρία δεν είναι δυνατόν να αναχθεί στη μηχανική. Σταδιακά η κοινότητα των φυσικών συνειδητοποιεί ότι οι δύο αυτές θεωρίες είναι ασύμβατες και επιχειρεί να θεμελιώσει όλη τη φυσική στην ηλεκτρομαγνητική θεωρία. Οι δυσκολίες αυτού του εγχειρήματος οδήγησαν τελικά στην υπέρβαση της κλασικής φυσικής και στη διατύπωση της θεωρίας της σχετικότητας.

Βιβλιογραφία

1	Αραμπατζής Θ., Γαβρόγλου Κ., Διαλέτης Δ., Χριστιανίδης Γ., Κανδεράκης Ν., Βερνίκος Σ.	ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ (ΜΑΘΗΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ)		ΟΕΔΒ	Αθήνα 1999
2	Ν. Δαπόντες, Α. Κασσέτας, Σ. Μουρίκης, Μ. Σκιαθίτης	ΦΥΣΙΚΗ Α' ΕΝΙΑΙΟΥ ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ		ΟΕΔΒ	Αθήνα 1996
3		PSSC ΦΥΣΙΚΗ	Απόδοση στα Ελληνικά: Θανάσης Κωστίκας	Ίδρυμα Ευγενίδου	Αθήνα 1994
4	Βλάχος Ι., Ζάχος Κ., Κόκκοτας Π., Τιμοθέου Γ.	Φυσική Γ' Λυκείου		ΟΕΔΒ	Αθήνα 1994
5	Βλάχος Ι., Γραμματικάκης Ι., Καραπαναγιώτης Β., Κόκκοτας Π., Περιστερόπουλος Π., Τιμοθέου Γ.	ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Α' ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ		ΟΕΔΒ	Αθήνα 2009
6	Βλάχος Ι., Γραμματικάκης Ι., Καραπαναγιώτης Β., Κόκκοτας Π., Περιστερόπουλος Π., Τιμοθέου Γ.	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ		ΟΕΔΒ	Αθήνα 2006
7	JOHN LOSSE	Φιλοσοφία της επιστήμης	Μετάφραση – επιμέλεια: Θ. Μ. Χρηστίδης	Βάνιας	Θεσσαλονίκη 1991
8	WESTFALL S. RICHARD	Η ζωή του Ισαάκ Νεύτωνα	Μετάφραση Διονύσης Γιαννίμπας	ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ	2005
9	ALBERT EINSTEIN – LEOPOLD INFELD	Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΙΔΕΩΝ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ	Μετάφραση – Συμπλήρωμα Ευτ. Μπιτσάκη	Εκδόσεις «Δωδώνη»	Αθήνα 1978
10	ΙΩΑΝΝΗ Γ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗ	«Από τὸν Ἀριστοτέλη στὸ Νεύτωνα» (Ἄρθρο)	«Φυσικὸς κόσμος» (τεῦχος 8, 2002)	Από ομιλία που έγινε στο 1ο Επιστημονικό Συμπόσιο στην Καστοριά το έτος 2002	
11	Χάρης Βάρβογλης	Ἄρθρα και διαφάνειες για το μάθημα «Ιστορία και εξέλιξη των ιδεών στη Φυσική» (Τμήμα Φυσικής Σχολής Θ.Ε. του Α.Π.Θ.)			

ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

http://el.wikipedia.org/wiki/ (Ισαάκ Νεύτων)
http://users.sch.gr/kassetas/zzzzzzzzNEWTONLAWS.htm
http://www.astronomy.gr/main.cfm?module=educational&section=enc_as&en_id=97&do=detail

Το ερώτημά μας στον Καθηγητή Γιάννη Χριστιανίδη

Ένα βασικό ερώτημα που αφορούσε την εργασία μας και για το οποίο θέλαμε να ζητήσουμε τη γνώμη ενός ειδικού, ήταν **τι ακριβώς πρέπει να περιλαμβάνεται σε μια ιστορία της Φυσικής και αν ήταν σημαντικές οι γνώσεις που κατακτήθηκαν, πριν θεμελιωθεί ως πειραματική επιστήμη από το Γαλιλαίο**, με τη συστηματική χρήση του πειράματος και την εξαγωγή των νόμων του. Το συζητήσαμε με τον καθηγητή μας και επιλέξαμε να κάνουμε την ερώτηση αυτή στον Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αθηνών Γιάννη Χριστιανίδη, συγγραφέα σε δυο από τα βασικά βιβλία στα οποία στηρίξαμε την έρευνά μας «Ιστορία των επιστημών και της τεχνολογίας» (μάθημα επιλογής στη Γ΄ Λυκείου) και «Οι Επιστήμες στην Αρχαία Ελλάδα, στο Βυζάντιο και στο Νεότερο Ελληνισμό». Ευχαριστούμε θερμά τον κ. Χριστιανίδη για την απάντησή του και για τις πολύτιμες συμβουλές του για πιθανά ενδιαφέροντα και πιο αναλυτικά θέματα από την ιστορία των επιστημών και για σχετική βιβλιογραφία.

Ο κ. Χριστιανίδης μας απάντησε:

«Κατ' αρχάς σας ευχαριστώ για την επιστολή σας. Επίσης, σας συγχαίρω για την επιλογή σας να προτείνετε ως θέμα ερευνητικής εργασίας ένα θέμα από την ιστορία της επιστήμης. Νομίζω ότι η ιστορία της επιστήμης μπορεί να προσφέρει πάρα πολλές ιδέες για θέματα στο πλαίσιο αυτού του είδους της ενασχόλησης των μαθητών. Πριν από δύο χρόνια ένα άλλο σχολείο, εδώ στην Αθήνα, είχε επιλέξει ως θέμα το Παλίμψηστο Χειρόγραφο του Αρχιμήδη και με είχαν καλέσει να κάνω μια διάλεξη σχετικά με αυτό. Πέρυσι, επίσης, ένα άλλο σχολείο είχε επιλέξει ως θέμα την Επιστημονική Επανάσταση και είχαν καλέσει για διάλεξη τον συνάδελφό μου κ. Αραμπατζή.

Το θέμα που επιλέξατε διατρέχει όλη την ιστορία της φυσικής. Στο ερώτημα που θέτετε η γνώμη μου είναι ότι μολονότι το νόημα του όρου "φυσική" μεταβάλλεται στην πορεία της ιστορίας, σε μια ιστορική αφήγηση πρέπει κανείς να συμπεριλάβει και παλαιότερες εποχές, στις οποίες το νόημα του όρου απέκλινε. Έτσι, η φυσική του Αριστοτέλη πρέπει να αναφερθεί, έστω και αν δεν ήταν μια φυσική αναζήτησης νόμων (που διέπουν τα φυσικά φαινόμενα) αλλά μια φυσική αναζήτησης αιτίων (των φαινομένων). Επίσης, η μελέτη της κίνησης από τον Αριστοτέλη πρέπει να αναφερθεί, έστω και αν η κίνηση στο πλαίσιο αυτής της φυσικής περιγράφεται με μορφή αναλογιών και όχι με μορφή που να εμπεριέχει την έννοια της ταχύτητας ως μέγεθος. Επίσης, η κριτική που άσκησε τον 6ο αιώνα ο Ιωάννης Φιλόπονος στην αριστοτελική θεωρία της κίνησης, είναι κάτι σημαντικό. Μας δείχνει ότι η περίοδος της Ύστερης Αρχαιότητας δεν ήταν μια στείρα

περίοδος, όπου τίποτα το ενδιαφέρον δεν εμφανίστηκε. Κατόπιν, η περίοδος του Ύστερου Μεσαίωνα είναι μια περίοδος στη διάρκεια της οποίας είχαμε εξελίξεις, για να φτάσουμε στη συνέχεια στην Επιστημονική Επανάσταση.

Κατά τη γνώμη μου θα είναι ενδιαφέρον για τους μαθητές να ασχοληθείτε όχι μόνο με την ιστορία των ιδεών αλλά και με άλλα θέματα, όπως είναι τα βιβλία (χειρόγραφα, αρχικά, έντυπα βιβλία, στη συνέχεια), η διδασκαλία στα πανεπιστήμια στον Μεσαίωνα, ο ρόλος των τεχνιτών για την παραγωγή οργάνων ακριβείας για τα πειράματα, για τις βιογραφίες των επιστημόνων, για τον ρόλο της εκκλησίας στην περίπτωση του Γαλιλαίου, κ.λπ. Φαντάζομαι ότι γνωρίζετε τα σχετικά με το θέμα βιβλία που έχουν εκδώσει οι Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης και το Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τράπεζας.

Με εκτίμηση,
Γιάννης Χριστιανίδης»

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην εργασία μας ασχοληθήκαμε με τέσσερα βασικά στάδια της πορείας της φυσικής, με το καθένα να έχει τη δική του ξεχωριστή σημασία και να αποτελεί ένα σημαντικό βήμα στην προσπάθεια κατανόησης και εξήγησης του φυσικού κόσμου. Θα κάνουμε μια ανακεφαλαίωση των ευρημάτων μας για τα τέσσερα αυτά στάδια:

Στους προσωκρατικούς φυσικούς φιλοσόφους

βρήκαμε την προϊστορία της φυσικής. Θεμελιώθηκε η φιλοσοφία, άρρηκτα συνδεδεμένη τότε με τις φυσικές επιστήμες (η μελέτη των φαινομένων της φύσης συνεχίστηκε να ονομάζεται Φυσική Φιλοσοφία μέχρι πρόσφατα και μόλις το 19ο αι. καθιερώθηκε η έκφραση φυσική επιστήμη). Με τους προσωκρατικούς έγινε εισαγωγή βασικών εννοιών των φυσικών επιστημών, ποιοτικών μεθόδων προσέγγισης και κατανόησης του φυσικού κόσμου, όπως και βασικών φιλοσοφικών ρευμάτων στα οποία πάντα κινείται η φιλοσοφία. Οι θεωρίες που διατυπώθηκαν για το φυσικό κόσμο έχουν το εντυπωσιακό στοιχείο ότι πολλές από αυτές επανήλθαν αιώνες μετά. Άλλωστε, πολλά από τα βασικά ερωτήματα των προσωκρατικών υπάρχουν ακόμα στη σημερινή Φυσική. Για παράδειγμα, το ερώτημα «τι ακριβώς είναι η ύλη και από πού προήλθε;» δεν έχει απαντηθεί ακόμα.

Το μεγάλο βήμα:

Η ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΥΘΙΚΕΣ ΕΞΙΣΤΟΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΜΕ ΠΝΕΥΜΑ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΟ.

Στην αριστοτελική φυσική

βρήκαμε το πρώτο ολοκληρωμένο, ενιαίο και λογικά συνεπές σύστημα ερμηνείας του φυσικού κόσμου, με διάρκεια περίπου 20 αιώνων. Ο Αριστοτέλης έθεσε τους κανόνες της επιστημονικής και λογικής μεθόδου. Βασικό στοιχείο της αριστοτελικής θεωρίας ήταν ο εποπτικός της χαρακτήρας και η ικανότητά της να δίνει ορθολογικές ερμηνείες για τον αισθητό κόσμο. Η αριστοτελική φυσική περιλαμβάνει και μια πρώιμη ενοποίηση, αυτήν της σύστασης των υποσελήνιων αντικειμένων, ενώ για την υπερσελήνια περιοχή προβλέπει διαφορετική σύσταση και διαφορετικούς νόμους.

Το μεγάλο βήμα:

Η ΠΡΩΤΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΙΑ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ Η ΠΡΩΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ, ΣΕ ΕΝΑ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΤΙΚΟ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.

Στο Γαλιλαίο

βρήκαμε τη θεμελίωση της φυσικής ως πειραματική επιστήμη. Βασικός συντελεστής της επιστημονικής επανάστασης, με την εμφάνιση νέων ιδεών και νέων μεθόδων προσέγγισης της φύσης και με βασικά στοιχεία την ανατροπή της εικόνας του αριστοτελικού κόσμου και τη γεωμετρικοποίηση του χώρου. Οι αισθητές ιδιότητες υποβιβάστηκαν σε δευτερογενείς ιδιότητες, και η αριστοτελική τελεολογία απορρίφθηκε. Καθοριστικής σημασίας για τη διατύπωση των νόμων της αδράνειας και της ελεύθερης πτώσης από το Γαλιλαίο ήταν η χρήση μοντέλων, με την αφαίρεση στοιχείων που δεν συμμετέχουν στην μαθηματική νομοτέλεια και καθιστούν τα φαινόμενα πολύπλοκα, μαζί και την εξαγωγή των νόμων που τα διέπουν.

Το μεγάλο βήμα:

Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΤΗΚΕ ΑΠΟ ΕΥΦΥΕΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΙΝΟΗΣΕΙΣ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ.

Στο Νεύτωνα

βρήκαμε τη θεμελίωση της κλασικής μηχανικής, που μαζί με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell ονομάζουμε κλασική φυσική. Χαρακτηριστικό της νευτώνειας θεωρίας ήταν η πληρότητά της σε παγκόσμια κλίμακα, και μαζί ο έλεγχος και η επιτυχία της. Εδραιώθηκαν η μαθηματική αναπαράσταση των φυσικών φαινομένων και η πειραματική διερεύνησή τους. Οι φυσικές έννοιες επαναδιατυπώθηκαν με μαθηματικό τρόπο, χωρίς να ήταν απαραίτητα κατανοητή η βασική τους υπόσταση. Οι εποπτικές φυσικές επιστήμες μετασχηματίστηκαν σε εφαρμοσμένες και λειτουργικές. Από το Νεύτωνα και μετά, ο άνθρωπος μεταμορφώθηκε από θεατή σε εξουσιαστή της φύσης. Ο τελεολογικός και ανιμιστικός τρόπος σκέψης αντικαταστάθηκαν σιγά - σιγά από το μηχανιστικό και αιτιοκρατικό τρόπο σκέψης, που τελικά, το 18ο αι., οδήγησε στην ολική μηχανοποίηση της αντίληψης για τον υλικό κόσμο.

Το μεγάλο βήμα:

Η ΠΡΩΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΗΛΑΔΗ Η ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΟΥΡΑΝΙΑΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ Η ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΝΟΜΩΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΣΩΜΑΤΑ, ΣΕ ΓΗ ΚΑΙ ΟΥΡΑΝΟ.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η ενοποίηση είναι μια κεντρική έννοια στη Φυσική και σε άλλες επιστήμες. Με απλά λόγια, προσπαθεί να περιγράψει «όσο το δυνατόν πιο πολλά, χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν πιο λίγα». Οι ρίζες της έννοιας της ενοποίησης είναι πολύ παλιές. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα τέσσερα στοιχεία του Αριστοτέλη γη, νερό, αέρας και φωτιά, αποτελούσαν μια πρώιμη ενοποιημένη περιγραφή της υποσελήνιας ύλης. Με την εργασία μας δείξαμε την πρώτη μεγάλη ενοποίηση στη Φυσική. Έγινε πολύ αργότερα, τον 17ο αιώνα, με το Νεύτωνα (I. Newton), που ενοποίησε **την ουράνια με την επίγεια μηχανική**. Περιπλανηθήκαμε, λοιπόν, σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα της ιστορίας των επιστημών, χωρίς βέβαια να το καλύψουμε ή να το αναλύσουμε όλο. Έτσι, η εργασία μας μπορεί να αποτελέσει τη βάση και να παραπέμψει σε παρόμοιες, με την πιο αναλυτική έρευνα κάποιων χρονικών περιόδων ή των πηγών, όπως μπορεί να επεκταθεί και με τις επόμενες ενοποιήσεις στη φυσική.

Ποιες, όμως, είναι οι επόμενες ενοποιήσεις που πραγματοποιήθηκαν και επιδιώκεται να ολοκληρωθούν από τους φυσικούς; Θα κλείσουμε την εργασία μας με μια αναφορά σε αυτές, για να δείξουμε ποια θέση ανάμεσά τους κατέχει η Νευτωνική σύνθεση, αλλά και για να δώσουμε το κίνητρο για παρόμοια έρευνα – επέκταση της δικής μας. Την επόμενη ενοποίηση την πραγματοποίησε ο Μάξουελ (J.C. Maxwell) τον 19ο αιώνα, που περιέγραψε με τις τέσσερις περίφημες εξισώσεις του όλα τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού και καθιέρωσε αυτό που σήμερα αποκαλούμε **ηλεκτρομαγνητισμό**. Στις αρχές του 20ου αιώνα, ο Αϊνστάιν (A. Einstein) ενοποίησε το χώρο με το χρόνο και τη μάζα με την ενέργεια, με την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Στο ίδιο χρονικό διάστημα άρχισε να «χτίζεται» η τεράστια Κβαντική Θεωρία, που εξήγησε πλήθος φαινομένων στο μικρόκοσμο, ενώ το «πάντρεμα» των δυο τελευταίων αποκάλυψε την ύπαρξη της αντιύλης. Η τελευταία ενοποίηση παρουσιάστηκε στα 1967 και περιλαμβάνει την ηλεκτρομαγνητική και την ασθενή αλληλεπίδραση ως διαφορετικές όψεις μιας ενιαίας δύναμης, της **ηλεκτρασθενούς**.



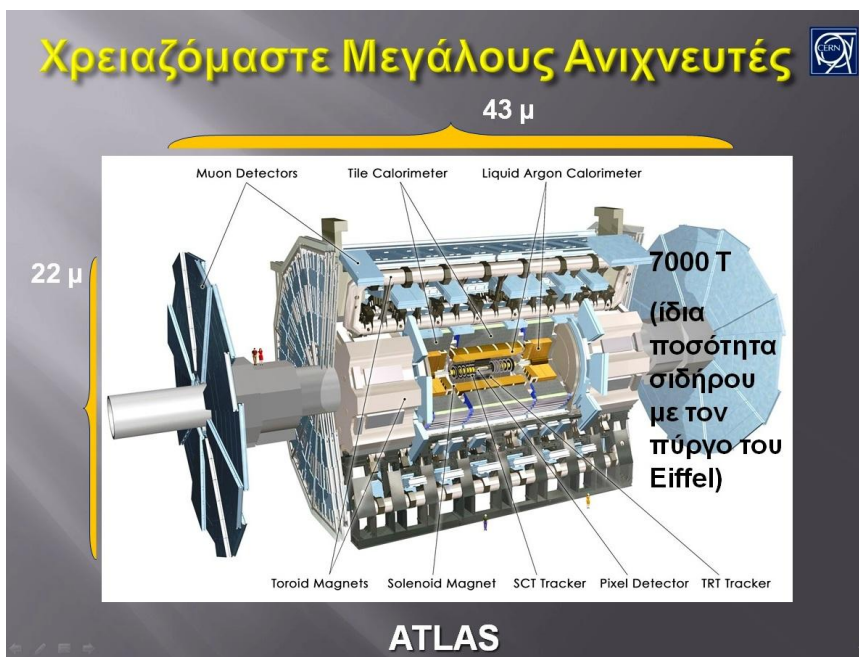
Οι ενοποιήσεις που πραγματοποιήθηκαν και αναμένεται να ολοκληρωθούν σε διάγραμμα από το CMS του CERN, σε μετάφραση Α. Σπανού, Ν. Τράκα. Έχουμε κυκλώσει την ενοποίηση με την οποία ασχοληθήκαμε.

Πηγή: www.physics.ntua.gr.

Μετά από πολλές θετικές πειραματικές ενδείξεις, το 1982 ανακαλύφθηκε στο CERN (στη Γενεύη) το σωματίδιο Z^0 , ο φορέας της ασθενούς αλληλεπίδρασης, με όλες τις ιδιότητες που προέβλεπε η νέα θεωρία. Οι δημιουργοί της Θεωρίας: Γκλάσσοου (S. Glashow), Σαλάμ (A. Salam) και Ουάινμπεργκ (S. Weinberg) είχαν ήδη τιμηθεί με το βραβείο Νόμπελ, ενώ τους ακολούθησαν για την ανακάλυψη του Z^0 οι Ρούμπια (C. Rubbia) και Βαν ντερ Μερ (S. van der Meer).

Όπως βλέπουμε στο προηγούμενο διάγραμμα, η παγκόσμια βαρύτητα του Νεύτωνα και η γενική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν, που είναι μια γενικευμένη θεωρία βαρύτητας, έχουν τον δικό τους ξεχωριστό κομμάτι στη διαδικασία των ενοποιήσεων. Είναι αλήθεια ότι η βαρυτική δύναμη εξακολουθεί να είναι η πιο προβληματική στο στόχο της ενοποίησης των τεσσάρων βασικών δυνάμεων στη φύση (βαρυτικής, ηλεκτρομαγνητικής, ασθενούς πυρηνικής και ισχυρής πυρηνικής). Οι προσπάθειες για τις υπόλοιπες δυνάμεις γίνονται με οδηγό ένα μοντέλο για τα στοιχειώδη σωματίδια και τις αλληλεπιδράσεις τους, που λέγεται Καθιερωμένο Πρότυπο και είναι συνδυασμός της ηλεκτρασθενούς θεωρίας και της κβαντικής χρωμοδυναμικής (η τελευταία διατυπώθηκε για την εξήγηση της ισχυρής αλληλεπίδρασης).

Προς την κατεύθυνση της ενοποίησης αναπτύχθηκαν ελπιδοφόρες θεωρίες (χορδών, υπερσυμμετρίας, υπερχορδών, θεωρία-M), ενώ οι ελπίδες για την επαλήθευση των νέων θεωριών έχουν αποθεθεί σε μεγάλο βαθμό στο CERN, που έχει ως βασικό έργο την πειραματική έρευνα στο πεδίο της φυσικής υψηλών ενεργειών (χωρίς να περιορίζεται σ' αυτό). Στο CERN, δυτικά της Γενεύης και στα σύνορα Ελβετίας – Γαλλίας, υπάρχει ο μεγάλος επιταχυντής αδρονίων (LHC), με μήκος 27 χιλιόμετρα και σε μέσο βάθος από το έδαφος 100 μέτρα, που αποτελεί το σταθμό για τη σύγχρονη έρευνα. Μια έρευνα με έργο καθόλου εύκολο, κυρίως γιατί επιδιώκεται πλέον η ανίχνευση σωματιδίων πολύ μεγάλης μάζας (τέτοια είναι και τα υπερσυμμετρικά σωματίδια) και αυτή απαιτεί την ανάπτυξη τεράστιων ενεργειών ($E = mc^2$).



Από διαφάνειες του καθηγητή Εμμανουήλ Τσεσμελή (CERN).

Τα πειράματα, λοιπόν, στη φυσική υψηλών ενεργειών είναι πειράματα μεγάλα, θαυμαστά αλλά και χρονοβόρα, με αντιπάλους κυρίως τεχνολογικούς, αλλά συχνά και οικονομικούς περιορισμούς. Τα ευρήματα, όμως, είναι τεράστιας σημασίας και συχνά ανακατευθύνουν τις θεωρίες των θεωρητικών φυσικών. Το προηγούμενο καλοκαίρι (2012) ανακοινώθηκε η ανακάλυψη του σωματιδίου Higgs, που εξηγεί πώς τα στοιχειώδη σωματίδια αποκτούν τη μάζα που έχουν και λύνει το βασικό πρόβλημα του Καθιερωμένου Προτύπου, που ξεκινά με τα σωματίδια άμαζα, καθώς και το γρίφο της ενοποίησης της ηλεκτρομαγνητικής με την ασθενή πυρηνική δύναμη σε υψηλές ενέργειες.

Η συναρπαστική πορεία της Φυσικής συνεχίζεται και υπάρχουν ακόμα πολλά ερωτήματα για να απαντηθούν ... αν μπορούν ποτέ να απαντηθούν όλα !

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Ι: ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ ΝΟΜΟΥ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΓΑΛΙΛΑΙΟΥ.



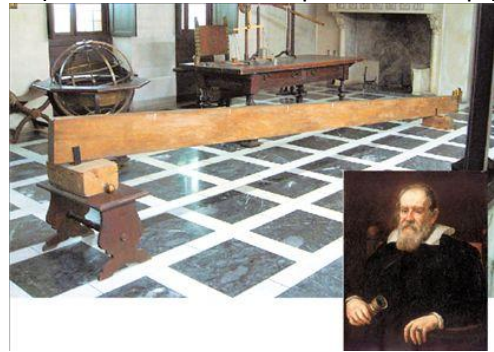
Με τη συσκευή αυτή που κατασκευάσαμε, μπορεί να γίνει αναπαράσταση των συλλογισμών με τους οποίους ο Γαλιλαίος κατέληξε στο νόμο της αδράνειας. Πρόκειται για συνδυασμό τριών επιπέδων. Στο πρώτο κατηφορικό κεκλιμένο επίπεδο, από το οποίο αφήνουμε μια σφαίρα να κυλίσει, η ταχύτητά της αυξάνεται, οπότε σε αυτήν ασκείται μια δύναμη που επιταχύνει, ενώ στο τελευταίο ανηφορικό κεκλιμένο επίπεδο η ταχύτητά της μειώνεται, οπότε ασκείται δύναμη που επιβραδύνει. Είναι φανερό, σύμφωνα με τους συλλογισμούς του Γαλιλαίου, ότι στο ενδιάμεσο οριζόντιο επίπεδο δεν υπάρχει δύναμη στη σφαίρα. Ο Γαλιλαίος παρατήρησε ότι στο τέλος η σφαίρα δεν έφτανε στο ίδιο ύψος από το οποίο αφέθηκε ελεύθερη, αλλά γνώριζε ότι αν δεν υπήρχαν οι τριβές αυτό θα συνέβαινε. Για τη μετάβαση στο ανηφορικό κεκλιμένο επίπεδο χρησιμοποιήσαμε ένα κομμάτι χαρτοταινία, οπότε έγινε πιο ομαλή. Το ύψος στο οποίο σταματά η σφαίρα, παρατηρήσαμε ότι πράγματι είναι μικρότερο από το αρχικό. Το ζητούμενο όμως είναι άλλο: τι θα συμβεί με τη μείωση της κλίσης του ανηφορικού κεκλιμένου επιπέδου; Η μείωση της κλίσης, την οποία κάναμε με την αλλαγή της θέσης ενός συρμάτινου στηρίγματος, μας έδειξε ότι ουσιαστικά η σφαίρα φτάνει στο ίδιο (μειωμένο έστω λόγω τριβών σε σχέση με το αρχικό) ύψος. Περεταίρω μείωση της κλίσης έδειξε το ίδιο. Αυτό φάνηκε εύκολα στην κατασκευή μας, με το οριζόντιο νήμα που στερεώσαμε πίσω από τα επίπεδα με δυο κατακόρυφα μολύβια. Άρα, ανεξάρτητα από την κλίση του κεκλιμένου επιπέδου όπου έχουμε την επιβράδυνση, η σφαίρα «θέλει» πάντα να φτάνει στο ίδιο ύψος. Αν, λοιπόν, οριζοντιώσουμε το επίπεδο αυτό, μηδενίζοντας (απουσία τριβών) τη δύναμη που ασκείται στη σφαίρα και εφόσον έτσι δεν πρόκειται ποτέ να «πετύχει» να φτάσει στο αρχικό ύψος, θα έχουμε μια επ' άπειρον κίνηση με σταθερή ταχύτητα χωρίς να ασκείται δύναμη. Με την οριζοντίωση, η σφαίρα έφτασε στο ανοιχτό κυκλικό εμπόδιο που τοποθετήσαμε στο τέλος, χωρίς ουσιαστικά να μειωθεί η ταχύτητά της.



Παράρτημα II: ΕΝΑ ΠΕΙΡΑΜΑ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΗΣ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Ιστορικά στοιχεία

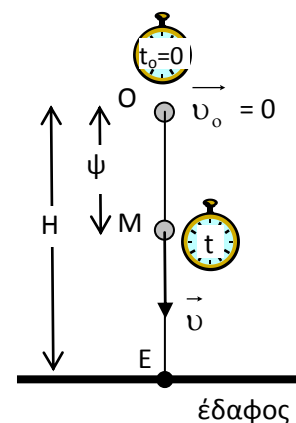
Η πτώση ανήκει στις φυσικές κινήσεις της Αριστοτελικής Φυσικής, οι οποίες είναι πάντα κατακόρυφες. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη ένα σώμα (π.χ. μια πέτρα) στο οποίο επικρατεί το στοιχείο «γη», αν αφεθεί ελεύθερο στον αέρα θα κινηθεί προς τα κάτω, όπου είναι η φυσική του θέση. Ένα βαρύτερο σώμα έχει σε μεγαλύτερη αναλογία το στοιχείο «γη» και επομένως παρουσιάζει πιο έντονη τάση κίνησης προς τη φυσική του θέση, δηλαδή **τα βαρύτερα σώματα πέφτουν γρηγορότερα**, μια άποψη που βρίσκεται κοντά στην κοινή λογική. Έτσι, λόγω και της αριστοτελικής αυθεντίας, η άποψη αυτή έφτασε μέχρι το 17ο αιώνα. Τότε ο Γαλιλαίος, ο οποίος διδάχτηκε την Αριστοτελική Φυσική στο πανεπιστήμιο της Πίζας, αντιλήφθηκε ότι αυτό που καθυστερούσε τα ελαφριά σώματα στην πτώση τους ήταν η παρουσία του αέρα, η οποία μάλιστα γινόταν ασήμαντη σε συμπαγή σώματα. Φαντάστηκε ότι **χωρίς την αντίσταση του αέρα όλα τα σώματα θα έπεφταν ταυτόχρονα**. Έδειξε πρώτα ότι η **επιτάχυνση των σωμάτων κατά την πτώση τους είναι ίδια**. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποίησε δυο σώματα με ίδιες διαστάσεις και διαφορετικό βάρος και τα άφησε να πέσουν, έχοντας επαφή το ένα πάνω στο άλλο και αντίστροφα. Παρατήρησε ότι και στις δυο περιπτώσεις έπεφταν μαζί. Μετά προχώρησε στη διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στην απόσταση που διανύει ένα σώμα σε ελεύθερη πτώση, στο χρόνο που κάνει για να τη διανύσει και στην τελική ταχύτητα που αποκτά στο τέλος της διαδρομής του. Δυο σοβαρά εμπόδια υπήρχαν στην έρευνά του: το ένα ήταν ότι στην εποχή του δεν υπήρχαν μέθοδοι για τη δημιουργία ικανοποιητικού κενού και το άλλο ότι δεν υπήρχαν μηχανικά ρολόγια, που μπορούσαν να μετρούν τον χρόνο με την απαιτούμενη για τα πειράματα ακρίβεια. Ο Γαλιλαίος αντιλήφθηκε ότι **ο χαρακτήρας της κίνησης μιας σφαίρας που κυλιέται σε κεκλιμένο επίπεδο είναι ίδιος με αυτόν της σφαίρας που πέφτει ελεύθερα** και επιπλέον η κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο διαρκεί περισσότερο και δίνει την ευκαιρία για πιο ελεγχόμενες και προσεκτικές χρονομετρήσεις. Για αυτές χρησιμοποίησε ένα «υδροχρονόμετρο», βασισμένο στην ποσότητα νερού που μαζευόταν σε ένα μικρό κύπελλο μέσω σωλήνα μικρής διαμέτρου, από ένα μεγάλο δοχείο που τοποθέτησε ψηλότερα. Το συμπέρασμά του για τη σχέση απόστασης – χρόνου, όπως το ανέφερε ο ίδιος, ήταν:



«Σε αυτά τα πειράματα που επαναλήφθηκαν εκατό φορές βρήκαμε πάντοτε πως οι λόγοι των αποστάσεων [που διένυε η σφαίρα] ήταν ανάλογοι με τους λόγους των τετραγώνων των χρόνων και αυτό ήταν αληθές για κάθε κλίση που είχε το αυλάκι...»

Θεωρητικές επισημάνσεις

► **Ελεύθερη πτώση** είναι η κατακόρυφη προς τα κάτω κίνηση που κάνει ένα σώμα, όταν αφήνεται να πέσει χωρίς αρχική ταχύτητα από σχετικά μικρό ύψος και δέχεται μόνο της επίδραση της βαρύτητας. Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, για να κάνει ένα σώμα ελεύθερη πτώση δεν πρέπει να πέφτει στον αέρα, γιατί τότε εκτός από το βάρος του ασκείται σ' αυτό και η αντίσταση του αέρα. Δηλαδή το σώμα πρέπει **να πέφτει στο κενό**. Η αντίσταση του αέρα, όμως, **για πυκνά σώματα με μικρές διαστάσεις** (π.χ. πέτρες) **και για μικρές ταχύτητες** είναι αμελητέα. Έτσι, υπό αυτές τις προϋποθέσεις η πτώση ενός σώματος στον αέρα θεωρείται ελεύθερη πτώση. Όταν σε ένα σώμα επιδρά μόνο η βαρυτική δύναμη από τη Γη (το βάρος του), τότε κινείται με την επιτάχυνση της βαρύτητας, δηλαδή:



Επιτάχυνση της βαρύτητας g ονομάζεται η επιτάχυνση που οφείλεται στη βαρυτική δύναμη, που ασκείται στα σώματα από τη Γη. Στους διάφορους τόπους έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

α) Διεύθυνση κατακόρυφη (πιο γενικά η ευθεία στην οποία βρίσκεται η ακτίνα της Γης, που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο τόπο).

β) Φορά προς τα κάτω (προς το κέντρο της Γης).

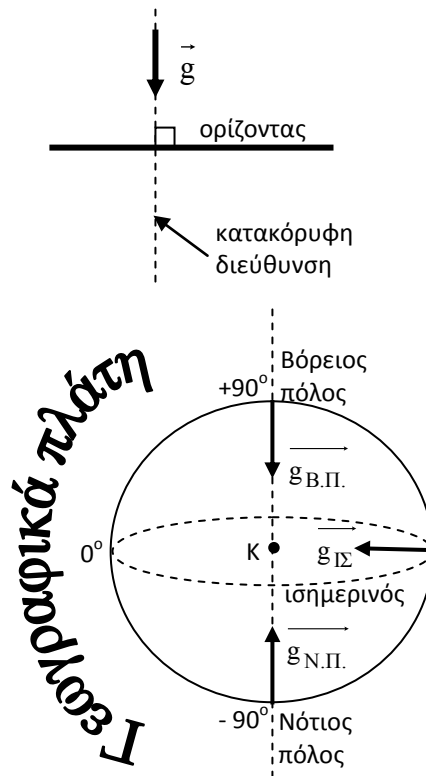
γ) Μέτρο που εξαρτάται:

i) Από το γεωγραφικό πλάτος. Συγκεκριμένα αυξάνεται με την αύξηση (κατ' απόλυτη τιμή) του γεωγραφικού πλάτους και είναι μέγιστο στους πόλους και ελάχιστο στον ισημερινό.

ii) Από το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας. Συγκεκριμένα μειώνεται με την αύξηση του ύψους.

Για μικρές περιοχές η επιτάχυνση g θεωρείται σταθερή και κοντά στην επιφάνεια της Γης λαμβάνεται κατά προσέγγιση $g = 10 \text{ m/s}^2$ (στην Ελλάδα έχει την τιμή $g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Από τον παραπάνω ορισμό γίνεται φανερό, ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας καθορίζεται από τον πλανήτη Γη και δεν εξαρτάται από τις μάζες των σωμάτων που πέφτουν ελεύθερα.



Έτσι, οι νόμοι της ελεύθερης πτώσης συνοψίζονται στις εξής προτάσεις:

1. Η ελεύθερη πτώση είναι μια ευθύγραμμη (κατακόρυφη) ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, χωρίς αρχική ταχύτητα, οπότε ειδικότερα ισχύουν:

α) **Νόμος της επιτάχυνσης.** Η επιτάχυνση των σωμάτων στην ελεύθερη πτώση, δηλαδή η επιτάχυνση της βαρύτητας g , είναι ίδια για όλα τα σώματα που βρίσκονται στον ίδιο τόπο ανεξάρτητα από το βάρος τους και για μικρές περιοχές θεωρείται σταθερή. Δηλαδή:

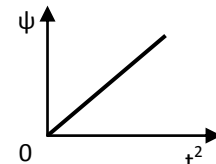
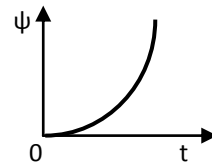
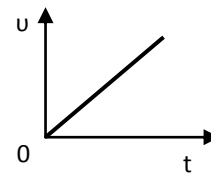
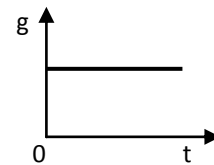
$$g = \text{σταθερή}$$

β) **Νόμος της ταχύτητας.** Η ταχύτητα u ενός σώματος που πέφτει ελεύθερα είναι ανάλογη με το χρόνο πτώσεως.

Δηλαδή: $u = g \cdot t$

γ) **Νόμος της μετατόπισης.** Η μετατόπιση ψ (από την αρχική του θέση) ενός σώματος που πέφτει ελεύθερα είναι ανάλογη με το τετράγωνο του χρόνου πτώσεως. Δηλαδή:

$$\psi = \frac{1}{2} g t^2$$



2. Στην ελεύθερη πτώση όλα τα σώματα ανεξάρτητα από τη μάζα τους, εφόσον αφήνονται από το ίδιο ύψος, πέφτουν ταυτόχρονα.

Έτσι π.χ. ένα μήλο και ένα φτερό μέσα σε σωλήνα κενού (χωρίς αέρα) πέφτουν ταυτόχρονα, αλλά και στον αέρα μια ελαφριά και μια βαριά πέτρα πέφτουν ταυτόχρονα, αφού γι' αυτές η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.

► Θεωρούμε ένα σώμα που κινείται σε λείο κεκλιμένο επίπεδο, γωνίας κλίσης ϕ . Οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα είναι το βάρος του B και η κάθετη αντίδραση N από το επίπεδο. Εκλέγουμε σύστημα δυο κάθετων αξόνων x και ψ , με τον x κατά την κατεύθυνση της κίνησης. Αναλύουμε το βάρος B και εφαρμόζουμε το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής στον άξονα x , για να βρούμε την επιτάχυνση της κίνησης:

$$\Sigma F_x = m\alpha \Rightarrow B_x = m\alpha \Rightarrow B \eta\mu\phi = m\alpha \Rightarrow mg \eta\mu\phi = m\alpha \Rightarrow \alpha = g\eta\mu\phi.$$

Παρατηρούμε ότι η επιτάχυνση είναι ένα κλάσμα της επιτάχυνσης της βαρύτητας g , που καθορίζει η γωνία κλίσης ϕ , και είναι ανεξάρτητη από τη μάζα του σώματος. Για $\phi = 90^\circ$ η κίνηση είναι κατακόρυφη, δηλαδή καταλήγουμε σε ελεύθερη πτώση, με $\alpha = g\eta\mu 90^\circ \Rightarrow \alpha = g$.

Αποδεικνύεται ότι το συμπέρασμα αυτό (η επιτάχυνση είναι κλάσμα της επιτάχυνσης της βαρύτητας) ισχύει και για σφαίρα που κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει στο κεκλιμένο επίπεδο. Π.χ. για μια συμπαγή και ομογενή σφαίρα, που έχει σε επαφή με το δάπεδο συνεχώς μόνο το κατώτερο σημείο, είναι

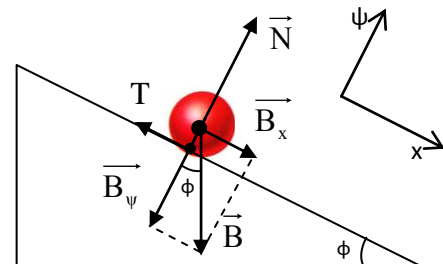
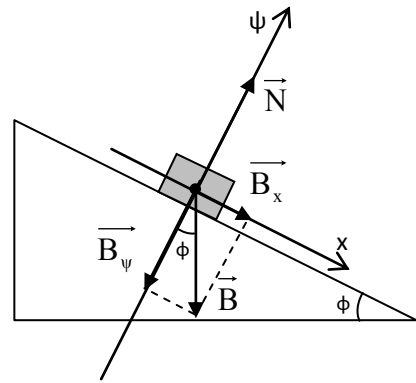
$$\alpha = \frac{5g\eta\mu\phi}{7}.$$

Εδώ μάλιστα δεν υπάρχει παραδοχή για λείο επίπεδο: η τριβή T είναι η δύναμη, της οποίας η ροπή προκαλεί την περιστροφική κίνηση της σφαίρας, ενώ συνεισφέρει, βέβαια, και στη μείωση της επιτάχυνσης της μεταφορικής κίνησης. Αν η σφαίρα κινείται σε αυλάκι ή ανάμεσα σε δυο επίπεδα (όπως θα κινείται στην περίπτωση μας), τότε υπάρχουν πλευρικά σημεία επαφής που διαφοροποιούν λίγο την τιμή της επιτάχυνσης, αλλά και πάλι η επιτάχυνση θα είναι κλάσμα της επιτάχυνσης της βαρύτητας και ανεξάρτητη από τη μάζα της σφαίρας. Επομένως **ο χαρακτήρας μιας τέτοιας κίνησης είναι ίδιος με την ελεύθερη πτώση**, αφού έχουμε επιτάχυνση σταθερή και ανεξάρτητη από τη μάζα του σώματος. Επιπλέον υπάρχει το πλεονέκτημα της πιο αργής κίνησης σε σχέση με την ελεύθερη πτώση και επομένως της πιο εύκολης χρονομέτρησης.

Έτσι, λοιπόν, στο πείραμά μας:

Στην 1η φάση θα επαληθεύσουμε το νόμο της μετατόπισης στην ελεύθερη πτώση έμμεσα, χρησιμοποιώντας την κύλιση σφαίρας σε κεκλιμένο επίπεδο. Θα παρακάμψουμε όμως το εμπόδιο της χρονομέτρησης, που είχε ο Γαλιλαίος, χρησιμοποιώντας χρονόμετρο.

Στη 2η φάση θα ελέγξουμε αν πράγματι ο χαρακτήρας της κίνησης στο κεκλιμένο επίπεδο είναι παρόμοιος με την ελεύθερη πτώση. Συγκεκριμένα, θα ελέγξουμε αν μια ελαφρύτερη σφαίρα πέφτει ταυτόχρονα με την αρχική και αν κάνει την ίδια κίνηση και στο κεκλιμένο επίπεδο.



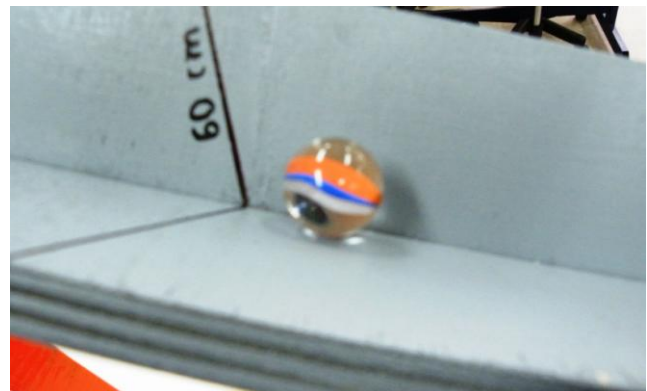
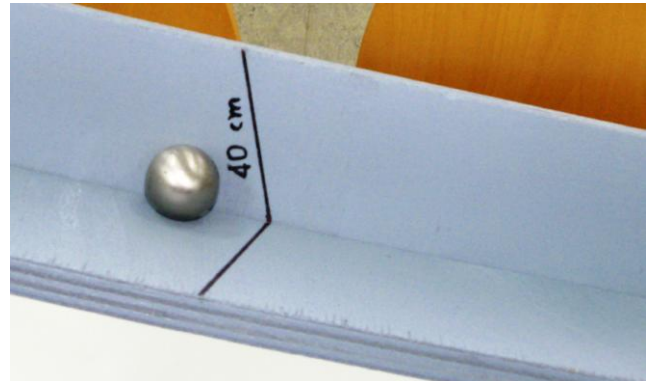
Όργανα και υλικά

1. Κεκλιμένο επίπεδο από σανίδες που ενώθηκαν κάθετα, με μήκος περίπου περίπου 93 cm.
2. Μετροταινία (για τη μέτρηση των αποστάσεων στο κεκλιμένο επίπεδο).
3. Ανεξίτηλος μαρκαδόρος και χάρακας (για τη χάραξη αποστάσεων).
4. Μεταλλική σφαίρα με διάμετρο 2,62 cm και γυάλινη σφαίρα με διάμετρο 2,56 cm (δεν βρήκαμε ακριβώς την ίδια διάμετρο, αλλά η διαφορά είναι ελάχιστη).
5. Ηλεκτρονικό χρονόμετρο.
6. Εργαστηριακός ζυγός.
7. Αριθμομηχανή.

Πειραματική διαδικασία

1ο μέρος

Αρχικά κατασκευάσαμε ένα κεκλιμένο επίπεδο με χρήση δυο σανίδων, που ενώθηκαν κάθετα, και κατακόρυφων σανίδων – στηριγμάτων, που στερεώθηκαν το καθένα σε μια βάση. Δεν επιδιώξαμε να πετύχουμε συγκεκριμένη τιμή στην κλίση του κεκλιμένου επιπέδου (τελικά η κλίση του επιπέδου μας ήταν $\theta = 30,5^\circ$). Στη συνέχεια καλύψαμε με στόκο για ξύλα τις ατέλειες των σανίδων και βάψαμε την κατασκευή, δίνοντας άλλο χρώμα στο κεκλιμένο επίπεδο και άλλο στα στηρίγματα. Τέλος, χαράξαμε με χρήση μετροταινίας, ανεξίτηλου μαρκαδόρου και χάρακα μόνιμα τις αποστάσεις 20 cm, 40 cm και 80 cm από τη βάση του κεκλιμένου επιπέδου.



► Μέτρηση του χρόνου κίνησης σε διάφορες αποστάσεις.

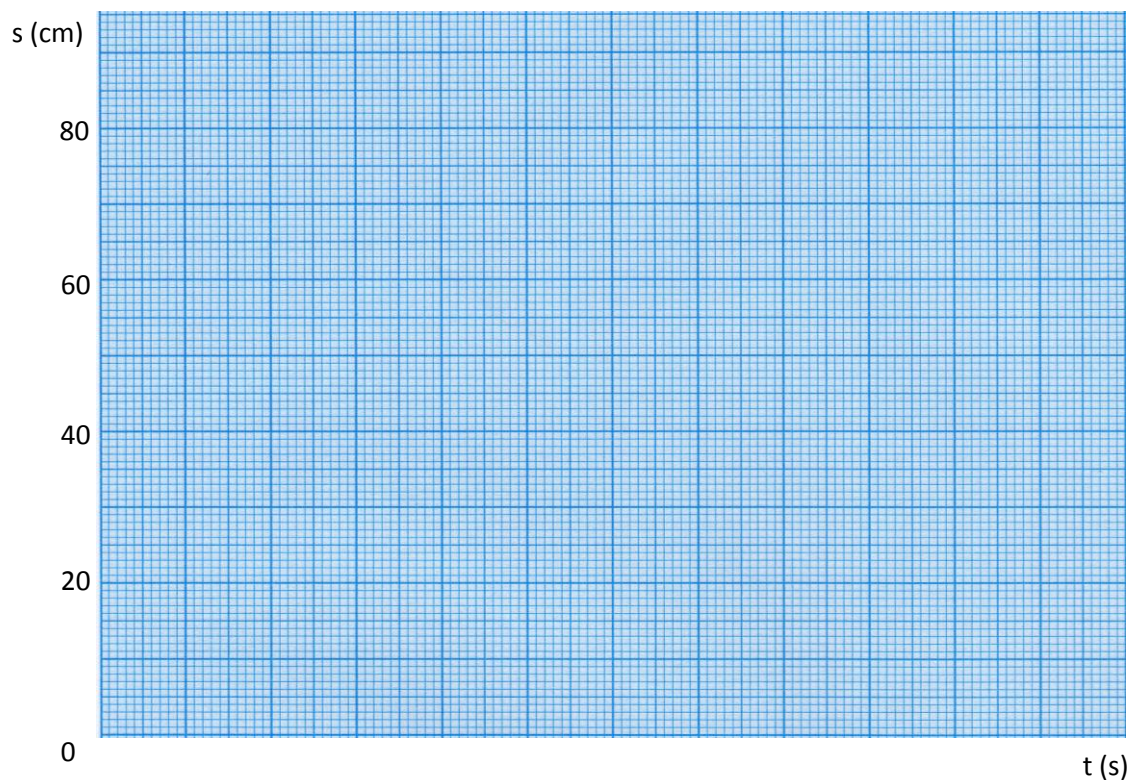
Βάζουμε κάτω από το μπροστινό στήριγμα επιπρόσθετα στηρίγματα (π.χ. βιβλία), ώστε να μειώσουμε την κλίση του κεκλιμένου επιπέδου. Ο λόγος που το κάνουμε αυτό, είναι για **να εξασφαλίσουμε ότι οι σφαίρες θα κυλούν χωρίς να ολισθαίνουν**, πράγμα που δεν ισχύει από μια τιμή κλίσης και μετά. Με τα στηρίγματα που τοποθετήσαμε, δώσαμε στο κεκλιμένο επίπεδό μας κλίση περίπου 15° . Αφήνουμε τη μεταλλική σφαίρα να κυλήσει από τις αποστάσεις 20 cm, 40 cm, 60 cm και 80 cm και μετράμε με το χρονομέτρο το χρόνο κίνησης. Κοιτάμε από ψηλά τη σφαίρα πριν την έναρξη της κίνησής της και φροντίζουμε το μπροστινό μέρος της να «εφάπτεται οπτικά» στις γραμμές που έχουμε χαράξει. Η χρονομέτρηση τελειώνει με το άκουσμα του θορύβου πρόσκρουσης της σφαίρας με το τελικό εμπόδιο. Επαναλαμβάνουμε κάθε μέτρηση δέκα φορές, για να πάρουμε τους μέσους όρους των χρόνων.

Καταγράφουμε τα αποτελέσματά μας στον παρακάτω πίνακα:

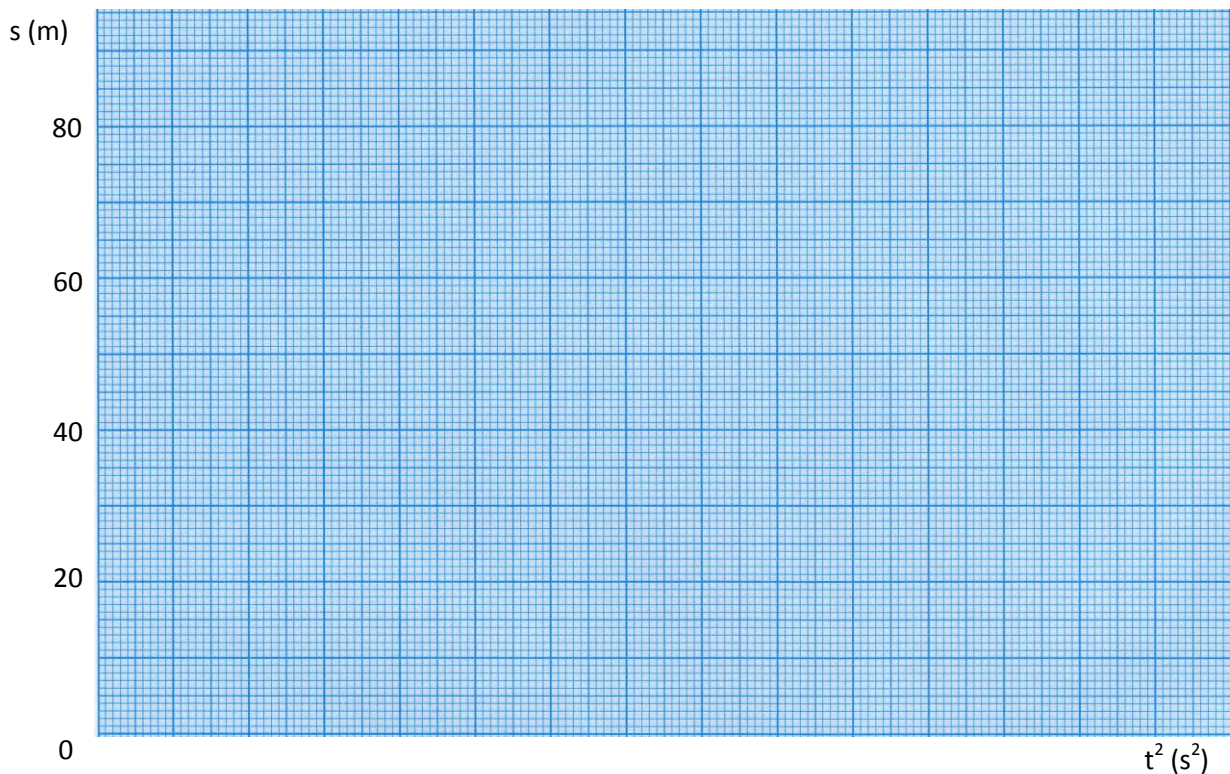
Διαστήματα κίνησης s (cm)	Μετρήσεις χρόνων κίνησης (s)	Μέσος όρος χρόνων κίνησης t (s)	Τετράγωνα χρόνων κίνησης t^2 (s^2)
20			
40			
60			
80			

► Κατασκευή γραφικών παραστάσεων $s(t)$ και $s(t^2)$.

Επιλέγουμε την κατάλληλη κλίμακα και τοποθετούμε τα πειραματικά σημεία διαστήματος – χρόνου στο παρακάτω σύστημα αξόνων. Ενώνουμε τα σημεία και χαράσσουμε την καμπύλη (τμήμα παραβολής).



Κάνουμε το ίδιο με τις τιμές διαστήματος – τετραγώνου του χρόνου. Εξετάζουμε αν τα σημεία βρίσκονται περίπου σε ευθεία και την χαράσσουμε.



► Ερωτήσεις για το 1ο μέρος:

α) Αν η ευθεία στο διάγραμμα διαστήματος – τετραγώνου του χρόνου δεν περνάει από την αρχή των αξόνων, ποια είναι η πιο σημαντική αιτία γι' αυτό;

.....

.....

.....

β) Με δεδομένο ότι η κλίση στο διάγραμμα διαστήματος – τετραγώνου του χρόνου είναι $\kappa = \frac{1}{2} \alpha$, να υπολογίσετε την επιτάχυνση της κίνησης της σφαίρας.

.....

.....

.....

γ) Να υπολογίσετε ποιο κλάσμα και ποιο ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ αποτελεί η επιτάχυνση της κίνησης της σφαίρας.

.....

.....

.....

2ο μέρος

Ζυγίζουμε τη μεταλλική και μετά τη γυάλινη σφαίρα και καθορίζουμε τη σχέση των μαζών τους. Τις αφήνουμε να πέσουν ταυτόχρονα από μικρό ύψος και παρατηρούμε αν φτάνουν στο πάτωμα ταυτόχρονα. Μετά αφήνουμε τη γυάλινη σφαίρα να κυλίσει δέκα φορές από την απόσταση των 80 cm του κεκλιμένου επιπέδου μας και βρίσκουμε το μέσο όρο των χρόνων κίνησής της. Ελέγχουμε ποια σχέση έχει ο χρόνος κίνησης της γυάλινης σφαίρας, με τον αντίστοιχο της μεταλλικής.

Καταγράφουμε τις μετρήσεις και τα συμπεράσματά μας στον παρακάτω πίνακα:

Μεγέθη - Φάσεις πειραματικής διαδικασίας	Μετρήσεις - συμπεράσματα										
Μάζα μεταλλικής σφαίρας (g)											
Μάζα γυάλινης σφαίρας (g)											
Σχέση μαζών											
Αποτέλεσμα της πτώσης τους από το ίδιο ύψος											
Χρόνοι κύλισης (s) της γυάλινης σφαίρας από τα 80 cm	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>										
Μέσος όρος χρόνων (s) κύλισης της γυάλινης σφαίρας από τα 80 cm											
Μέσος όρος χρόνων (s) κύλισης της μεταλλικής σφαίρας από τα 80 cm (από την 1η φάση)											
Σύγκριση των χρόνων κύλισης στα 80 cm											
Συμπέρασμα για την κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο, σε σχέση με την ελεύθερη πτώση											

Παράρτημα III: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΟΥ 2ου ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

Θεωρητικές επισημάνσεις

► Ο Θεμελιώδης Νόμος της Μηχανικής (Θ.Ν.Μ.) αποτελεί μια απλή μορφή του 2ου νόμου του Νεύτωνα, για ταχύτητες πολύ μικρότερες της ταχύτητας του φωτός, όπου οι μάζες των σωμάτων θεωρούνται σταθερές. Για τα συνηθισμένα σώματα του «δικού» μας μακρόκοσμου που μας περιβάλλει μπορεί να εφαρμοστεί, αρκεί να μην έχουν μεταβολή ποσότητας ύλης κατά τις κινήσεις τους. Διατυπώνεται ως εξής:

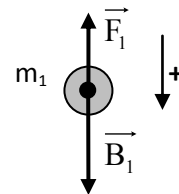
Όταν σε ένα σώμα ασκείται μια συνισταμένη δύναμη $\vec{\Sigma F}$, τότε το σώμα αποκτά επιτάχυνση \vec{a} με ίδια κατεύθυνση και μέτρο ανάλογο με αυτό της συνισταμένης δύναμης, δηλαδή:

$$\vec{a} = \frac{\vec{\Sigma F}}{m}$$

Πιο συνηθισμένη μορφή της εξίσωσης είναι η $\vec{\Sigma F} = m \vec{a}$. Η σταθερά αναλογίας m είναι η μάζα του σώματος.

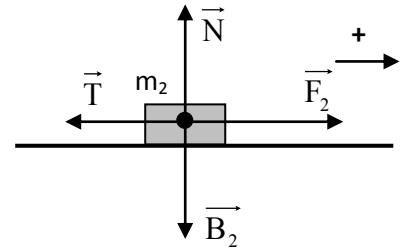
Π.χ. στο σώμα του πρώτου σχήματος, που κινείται προς τα κάτω με την επίδραση του βάρους του B_1 και μιας δύναμης F_1 που αντιτίθεται στην κίνηση, με θετική τη φορά της κίνησης ο Θ.Ν.Μ. εφαρμόζεται ως $\Sigma F = m_1 a \Rightarrow B_1 - F_1 = m_1 a$

και επειδή για το βάρος είναι $B = mg$, όπου g είναι η επιτάχυνση της



βαρύτητας (με τιμή στην Ελλάδα $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$), έχουμε τελικά $m_1 g - F_1 = m_1 a$ (1).

Το σώμα του δεύτερου σχήματος κινείται σε οριζόντιο επίπεδο με την επίδραση μιας δύναμης F_2 και της τριβής T που αντιτίθεται στην κίνηση, ενώ στην κάθετη διεύθυνση ισορροπούν το βάρος του B_2 και η κάθετη αντίδραση (δύναμη στήριξης) από το επίπεδο N . Εδώ, στην ευθεία της κίνησης και με θετική πάλι τη φορά της κίνησης ο Θ.Ν.Μ. εφαρμόζεται ως $\Sigma F = m_2 a \Rightarrow F_2 - T = m_2 a$ (2).



► Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα (ή νόμος της αδράνειας) διατυπώνεται ως εξής:

Όταν σε ένα σώμα δεν ασκούνται δυνάμεις ή ασκούνται και έχουν συνισταμένη μηδέν, τότε το σώμα αυτό διατηρεί την κατάσταση ακινησίας του, αν αρχικά είναι ακίνητο, ή ευθύγραμμης ομαλής κίνησης, αν αρχικά έχει ταχύτητα, δηλαδή:

$$\vec{\Sigma F} = 0 \rightarrow \vec{v} = 0 \text{ ή } \vec{v} = \text{σταθερή.}$$

Έτσι, αν τα παραπάνω σώματα κινούνται με σταθερή ταχύτητα, τότε:

$$\text{Στο πρώτο θα είναι } \Sigma F = 0 \Rightarrow B_1 - F_1 = 0 \Rightarrow F_1 = B_1$$

$$\text{και στο δεύτερο θα είναι } \Sigma F = m a \Rightarrow F_2 - T = 0 \Rightarrow T = F_2.$$

Αν συνδυάσουμε τα δυο σώματα, φροντίζοντας να είναι $F_1 = F_2$, τότε μπορούμε να υπολογίσουμε την τριβή T , απλά γνωρίζοντας τη B_1 , αφού θα ισχύει $T = B_1$ (3).

► Στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα, οι εξισώσεις κίνησης είναι $v = at$

$$x = \frac{1}{2} at^2.$$

Με απαλοιφή του χρόνου από τις δυο παραπάνω εξισώσεις έχουμε $t = \frac{v}{a}$ και

$$x = \frac{1}{2} a \left(\frac{v}{a} \right)^2 \Rightarrow x = \frac{1}{2} a \frac{v^2}{a^2} \Rightarrow x = \frac{v^2}{2a}.$$

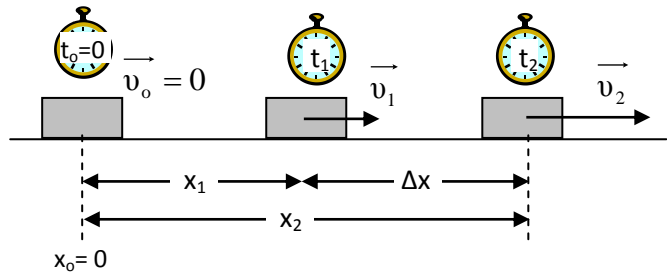
Έτσι, η μετατόπιση μεταξύ δυο θέσεων

$$x_1 = \frac{v_1^2}{2a} \text{ και } x_2 = \frac{v_2^2}{2a} \text{ είναι } \Delta x = x_2 - x_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{v_2^2}{2a} - \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow \Delta x = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

Από την τελευταία εξίσωση προκύπτει

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2\Delta x} \quad (4), \text{ δηλαδή με γνωστή την απόσταση}$$



Δx των θέσεων και των στιγμιαίων ταχυτήτων στις θέσεις αυτές, μπορεί να μετρηθεί η επιτάχυνση α.

► Η μέση ταχύτητα σε ένα χρονικό διάστημα μιας ευθύγραμμης μεταβαλλόμενης κίνησης ορίζεται

από τη σχέση $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$. Η στιγμιαία ταχύτητα είναι το όριο του λόγου αυτού, όταν το χρονικό

διάστημα είναι πολύ μικρό, δηλαδή τείνει στο μηδέν. Έτσι, **μπορούμε να υπολογίσουμε με καλή προσέγγιση στιγμιαίες ταχύτητες από τον παραπάνω λόγο, αρκεί να έχουμε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα διέλευσης (Δt) κάποιου σώματος με μικρές διαστάσεις (δ) από τις αντίστοιχες θέσεις,**

δηλαδή $v = \frac{\delta}{\Delta t}$ (5).

► Ο Θ.Ν.Μ. ισχύει και για συστήματα σωμάτων με τη μορφή $\Sigma F_{εξ} = m_{ολ}a$, όπου $\Sigma F_{εξ}$ είναι η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων που ασκούνται στο σύστημα (οι εσωτερικές δυνάμεις έχουν σχέση δράσης - αντίδρασης και το συνολικό τους αποτέλεσμα για το σύστημα είναι μηδέν), $m_{ολ}$ η συνολική μάζα των σωμάτων του συστήματος και a η κοινή επιτάχυνση των σωμάτων του συστήματος. Ένας συνηθισμένος τρόπος σύνδεσης των σωμάτων του συστήματος είναι με νήματα, ενώ με τη χρήση τροχαλιών (θεωρούνται χωρίς βάρος) μπορούμε να πετύχουμε βολικές διευθύνσεις εφαρμογής των δυνάμεων, ενώ αυτές ουσιαστικά δρουν κατά μήκος του νήματος.

Έτσι στην παρακάτω διάταξη, την οποία θα χρησιμοποιήσουμε, τα σώματα του συστήματος είναι το εργαστηριακό αμαξίδιο μάζας $m_α$ και τα βαρίδια, ένα που θα κρεμάμε στη μια άκρη του νήματος με μάζα $m_{β1}$ και ένα που θα στερεώνουμε στο αμαξίδιο με μάζα $m_{β2}$. Μέσω του νήματος που θεωρείται χωρίς βάρος, μεταξύ του βαριδίου $m_{β1}$ και του αμαξιού ασκούνται δυνάμεις ίσου μέτρου, δηλαδή για τις τάσεις στα άκρα του νήματος είναι $F_1 = F_2 = F$.

Από τις εξισώσεις (1) και (2) έχουμε

$$m_{β1}g - F = m_{β1}a$$

$$F - T = (m_α + m_{β2})a$$

και με πρόσθεση κατά μέλη βρίσκουμε

$$m_{β1}g - T = (m_{β1} + m_{β2} + m_α)a$$

Με την τελευταία εξίσωση θα

επαληθεύσουμε πειραματικά

το Θ.Ν.Μ. $\Sigma F = m_{ολ}a$.

Εναλλάσσοντας κατάλληλα τα

βαρίδια $m_{β1}$ και $m_{β2}$, μπορούμε

να μεταβάλλουμε τη ΣF , μέσω

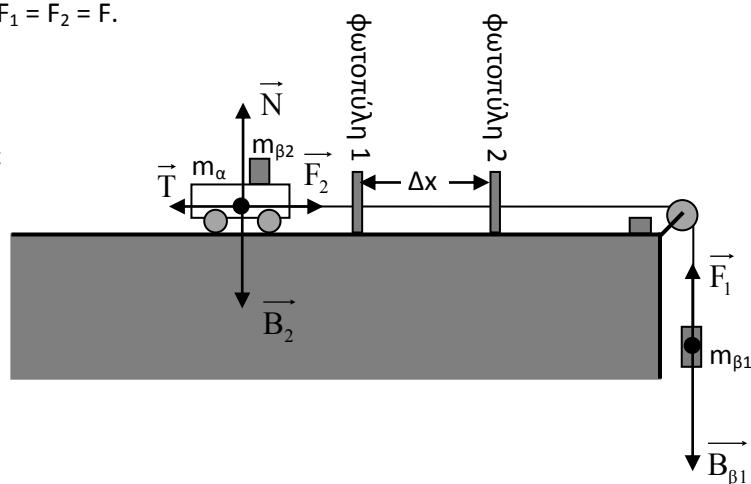
της $m_{β1}$, και να διατηρούμε την

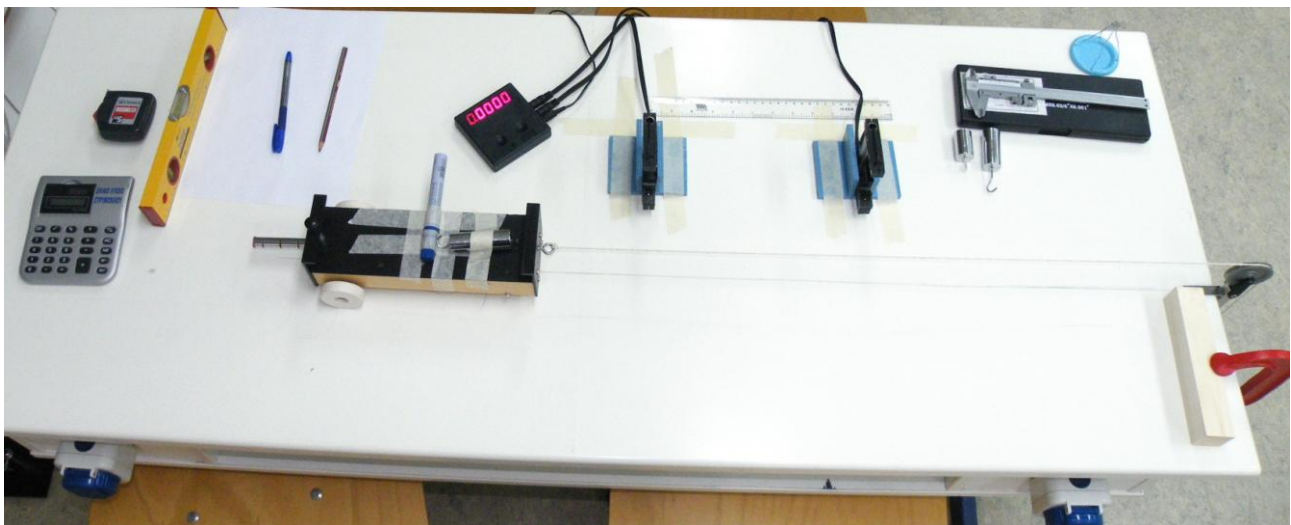
ολική μάζα σταθερή, αν κατά τις

εναλλαγές μας φροντίσουμε να είναι το άθροισμα $m_{β1} + m_{β2}$ σταθερό. Σε κάθε περίπτωση μετράμε την

επιτάχυνση a και κάνουμε τη γραφική παράσταση συνισταμένης δύναμης - επιτάχυνσης $\Sigma F(a)$.

Σύμφωνα με το Θ.Ν.Μ., η συνισταμένη δύναμη και η επιτάχυνση είναι ανάλογες, δηλαδή πρέπει να βρούμε ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων.





Όργανα και υλικά

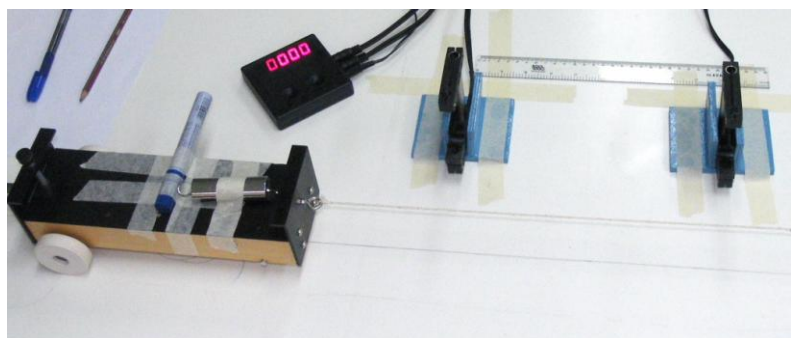
Εργαστηριακά

1. Εργαστηριακό αμαξίδιο.
2. Διαστημόμετρο (για τη μέτρηση της διαμέτρου του μαρκαδόρου που θα στερεωθεί στο αμαξίδιο).
3. Νήμα (θεωρείται χωρίς βάρος).
4. Τροχαλία (θεωρείται χωρίς βάρος).
5. Σφιγκτήρας τύπου G (για τη στερέωση εμποδίου για τον τερματισμό του αμαξιού).
6. Βαρίδια των 50 g, 100g, 150g και 200g.
7. Εργαστηριακός ζυγός.
8. Δυο φωτοπύλες με ηλεκτρονικό χρονομετρητή.
9. Μετροταινία ή χάρακας (για τη μέτρηση της απόστασης των φωτοπυλών).
10. Αλφάδι (για την επιβεβαίωση ότι το επίπεδο που κινείται το αμαξίδιο είναι οριζόντιο).
11. Αριθμομηχανή.



Άλλα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ή κατασκευάστηκαν για τις ανάγκες του πειράματος

1. Μαρκαδόρος, κολλημένος στο αμαξίδιο (με χαρτοταινίες), έτσι ώστε να περάσει από τις φωτοπύλες.
2. Ξύλινες βάσεις για κατακόρυφη στερέωση των φωτοπυλών.
3. Μικρά συρμάτινα βαρίδια, με ελαφρύ πλαστικό δισκάκι ανάρτησης (για τη μέτρηση της τριβής).
4. Μικρή σανίδα (στερεώνεται στην άκρη ως εμπόδιο για τον τερματισμό του αμαξιού, πριν χτυπήσει στην τροχαλία).



Πειραματική διαδικασία

► Αρχικές μετρήσεις

1. Μετράμε με το διαστημόμετρο τη διάμετρο δ του μαρκαδόρου.
 2. Τοποθετούμε τις φωτοπύλες και μετράμε με τη μετροταινία (ή το χάρακα) την απόστασή τους Δx .
- Οι μετρήσεις μας είναι:

δ (m)	Δx (m)

► Μέτρηση της συνισταμένης δύναμης και των επιταχύνσεων

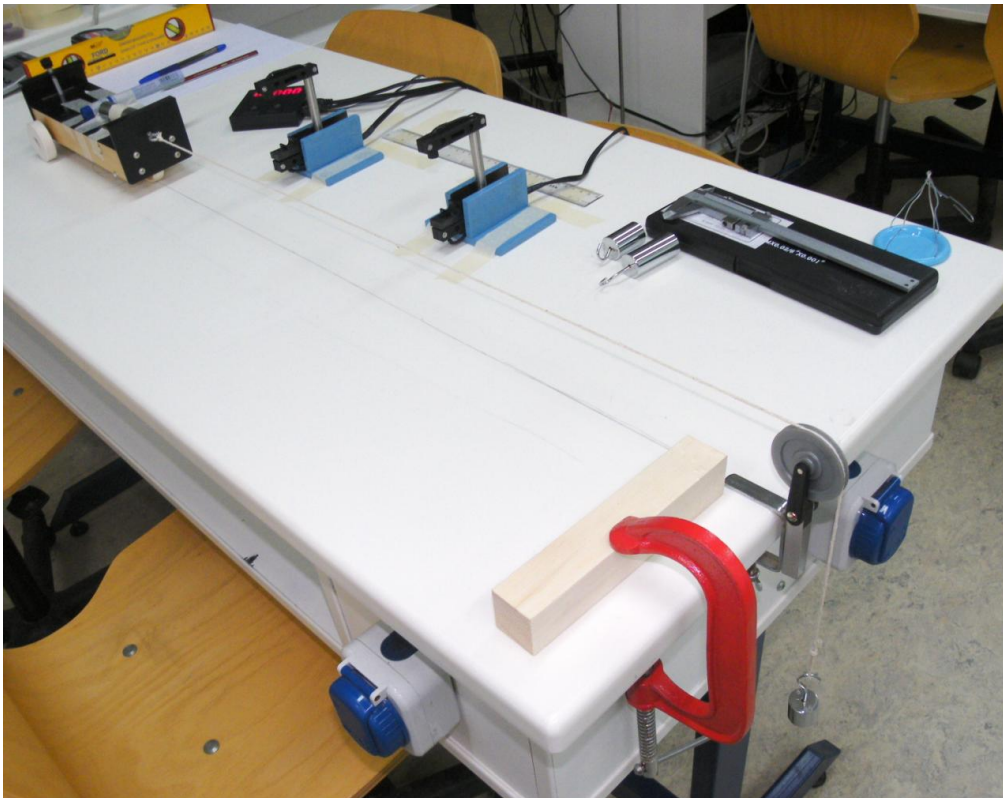
1η μέτρηση:

- Για την τριβή:

Πραγματοποιούμε το σύστημά μας με την τροχαλία και το νήμα και στερεώνουμε στο αμαξίδιο τη μάζα των **200g**. Χαράσσουμε την ευθεία κίνησης του αμαξιού και ελέγχουμε με το αλφάδι ότι το τραπέζι μας είναι οριζόντιο. Κρεμάμε το πλαστικό δισκάκι και προσθέτουμε ένα – ένα τα συρμάτινα βαρίδια μέχρι το αμαξίδιο να αρχίσει να κινείται, με μια ελαφριά ώθηση, αργά και με σταθερή ταχύτητα. Τότε, σύμφωνα με την (3) θα είναι $T = B_1$ ή $T = m_1g$, όπου m_1 η μάζα των συρμάτων και του πλαστικού δίσκου. Βγάζουμε το δισκάκι με τα σύρματα και ζυγίζουμε την m_1 .

- Για την επιτάχυνση:

Κρεμάμε το βαρίδι των **50g** (συνολική μάζα βαριδίων **250g**). Σημειώνουμε στο τραπέζι την αρχική θέση του αμαξιού και το αφήνουμε να κινηθεί. Καταγράφουμε τους χρόνους διέλευσης Δt_1 και Δt_2 του μαρκαδόρου από τις φωτοπύλες (λειτουργία F_1). Επαναλαμβάνουμε την κίνηση τρεις φορές, ώστε να πάρουμε τους μέσους όρους των τιμών των Δt_1 και Δt_2 .



2η μέτρηση:

Στερεώνουμε στο αμαξίδιο τη μάζα των **150g** και μετράμε την τριβή όπως στην 1η μέτρηση. Κρεμάμε το βαρίδι των **100g** (συνολική μάζα βαριδίων **250g**) και μετράμε τους νέους χρόνους διέλευσης Δt_1 και Δt_2 του μαρκαδόρου από τις φωτοπύλες.

3η μέτρηση:

Στερεώνουμε στο αμαξίδιο τη μάζα των **100g** και μετράμε την τριβή όπως στην 1η μέτρηση. Κρεμάμε το βαρίδι των **150g** (συνολική μάζα βαριδίων **250g**) και μετράμε τους νέους χρόνους διέλευσης Δt_1 και Δt_2 του μαρκαδόρου από τις φωτοπύλες.

4η μέτρηση:

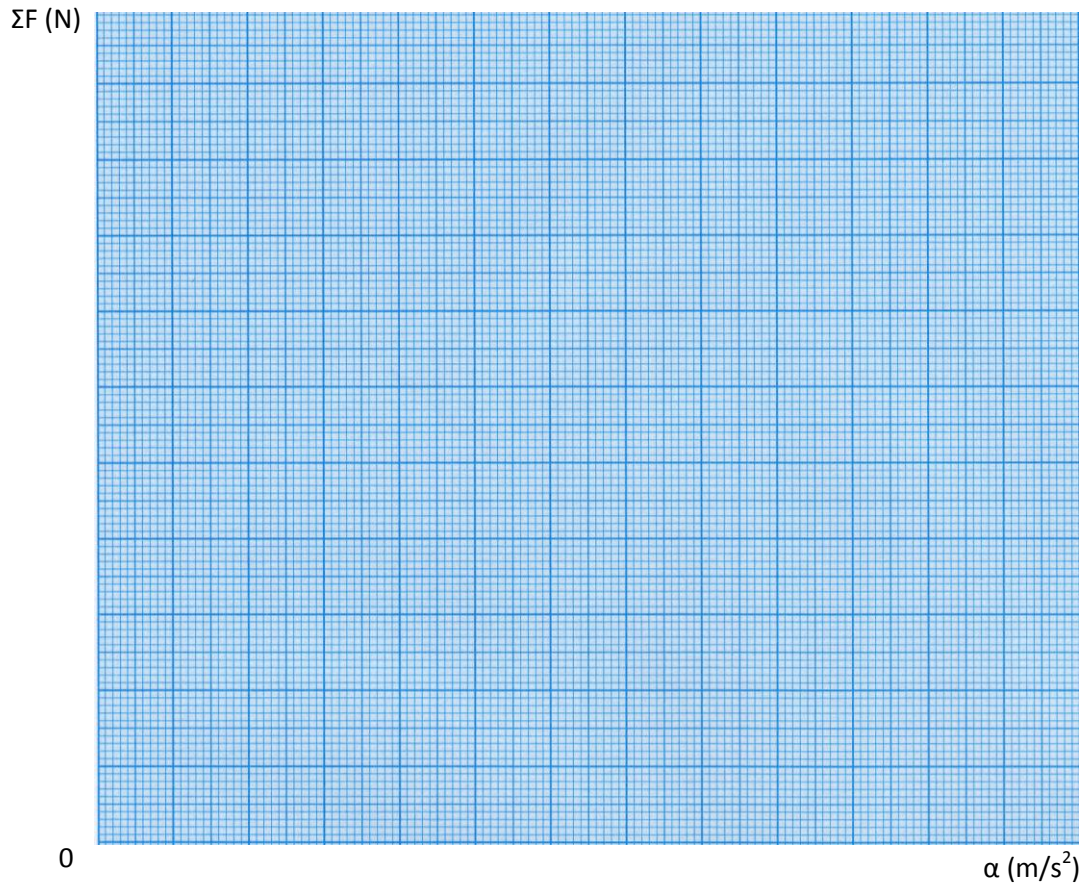
Στερεώνουμε στο αμαξίδιο τη μάζα των **50g** και μετράμε την τριβή όπως στην 1η μέτρηση. Κρεμάμε το βαρίδι των **200g** (συνολική μάζα βαριδίων **250g**) και μετράμε τους νέους χρόνους διέλευσης Δt_1 και Δt_2 του μαρκαδόρου από τις φωτοπύλες.

Καταγράφουμε τις μετρήσεις μας και τους υπολογισμούς μας στον παρακάτω πίνακα (η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$):

Μάζα που είναι κρεμασμένη $m_{β1}$ (Kg)	Μάζα δίσκου-συρμάτων βαριδίων m_1 (Kg)	Τριβή $T = m_1 g$ (N)	Συνισταμένη δύναμη $\Sigma F = m_{β1} g - T$ (N)	Χρόνοι διέλευσης από την 1η φωτοπύλη (s)	Μέσος όρος χρόνων διέλευσης από την 1η φωτοπύλη Δt_1 (s)	Χρόνοι διέλευσης από την 2η φωτοπύλη (s)	Μέσος όρος χρόνων διέλευσης από τη 2η φωτοπύλη Δt_2 (s)	$v_1 = \frac{\delta}{\Delta t_1}$ (m/s)	$v_2 = \frac{\delta}{\Delta t_2}$ (m/s)	v_1^2 (m^2/s^2)	v_2^2 (m^2/s^2)	Επιτάχυνση α (εξίσωση 4) (m/s^2)
0,05												
0,1												
0,15												
0,2												

► Κατασκευή γραφικής παράστασης $\Sigma F(\alpha)$

Επιλέγουμε την κατάλληλη κλίμακα και τοποθετούμε τα πειραματικά σημεία στο παρακάτω σύστημα αξόνων. Εξετάζουμε αν τα σημεία βρίσκουμε περίπου σε ευθεία και την χαράσσουμε.



► Συμπέρασμα:

.....

.....

.....

► Ερώτηση:

Τι μπορούμε να υπολογίσουμε από την κλίση της ευθείας στην παραπάνω γραφική παράσταση; Να κάνετε τον υπολογισμό αυτό.

.....

.....

.....

Παράρτημα IV: Η ΑΦΙΣΤΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΑΣ

ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΤΟΣ: 2012 - 13

Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ

ΕΝΟΠΙΩΣΗ ΓΗΙΝΗΣ ΚΑΙ ΟΥΡΑΝΙΑΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ. ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΚΛΑΣΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ: Ορισμός εννοιών με μαθηματικό τρόπο (δύναμη, μέτρο μεταβολής της κίνησης) - Διατύπωση τριών νόμων της κίνησης και νόμου παγκόσμιας έλξης **ΘΕΩΡΙΑ ΧΡΩΜΑΤΩΝ - ΣΩΜΑΤΙΑΔΙΑΚΗ ΦΥΣΗ ΦΩΤΟΣ** Εφεύρεση κατοπτρικού τηλεσκοπίου **ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ** (Απειροστικός Λογισμός)

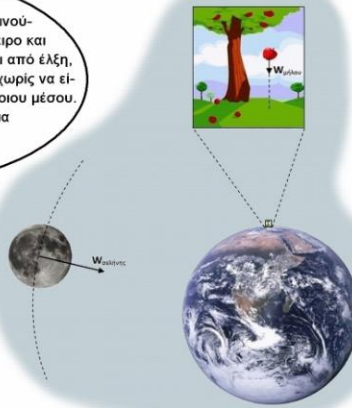
Η ύλη είναι ένας άπειρος αριθμός σωματιδίων, που κινούνται μέσα στο χώρο, σε άπειρο και ομογενές κενό. Συγκρατείται από έλξη, που μεταφέρεται ακαριαία, χωρίς να είναι αναγκαία η ύπαρξη κάποιου μέσου. Το Σύμπαν είναι μια τεράστια μηχανή που υπακούει σε αυστηρή νομοτέλεια



NEYTON

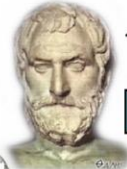


ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ



Ερευνητική ομάδα τμήματος Α2 Γενικού Λυκείου Προβιάς Σερρών Υπ. Καθηγ. Νικόλαος Αλεξανδρίδης

ΜΙΛΗΣΙΟΙ



Αρχή όλων είναι το νερό και η γη είναι ένας επίπεδος δίσκος που πλέει σε νερό

ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ



ΑΝΑΞΙΜΑΝΔΡΟΣ

Αρχή του κόσμου είναι το άπειρο. Η γη είναι κυλινδρική και αιωρείται στο κέντρο του σφαιρικού κόσμου

ΑΡΧΗ ΑΦΘΑΡΣΙΑΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΜΗΧΑΝΙΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΟΣΜΟΥ



ΑΝΑΞΙΜΕΝΗΣ

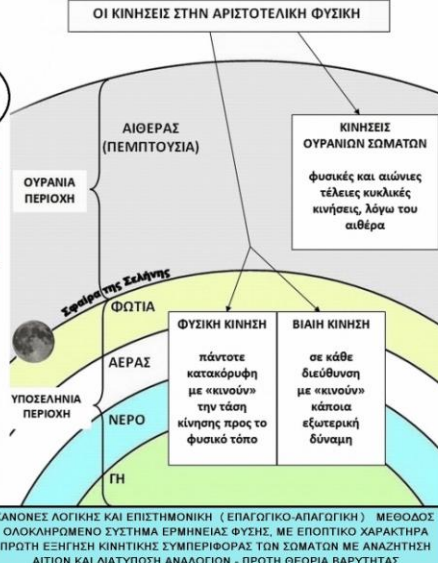
Αρχή όλων και μοναδική ουσία του κόσμου είναι ο αέρας. Η γη είναι πλατύς δίσκος που στηρίζεται στον αέρα, σε ημισφαιρικό Σύμπαν

ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΣΜΟΓΟΝΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΑ

Το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο στη γλώσσα των μαθηματικών. Για τη μελέτη της φύσης χρειάζονται μοντέλα (ιδεατή φύση). Χωρίς τα στοιχεία που δε συμπεριφέρον στην μαθηματική νομοτέλεια. Η εξαγωγή και διατύπωση των φυσικών νόμων γίνεται με συνδυασμό πειραματικού ελέγχου και μαθηματικής διατύπωσης. Φυσική κατάσταση είναι και η κίνηση με σταθερή ταχύτητα. *Και όμως κινείται* (υποστηρίζει στο ηλιοκεντρικό σύστημα)

ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΩΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΝΟΜΟΥ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟΥ ΓΙΑ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ: Nicolaus Copernicus (ηλιοκεντρική θεωρία), Francis Bacon (εμπειρικό - πειραματική μέθοδος), Johannes Kepler (νόμοι κίνησης πλανητών), René Descartes (μηχανιστική φιλοσοφία, κίνηση σε χώρο γεωμετρικό)
ΥΣΤΕΡΗ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ, ΜΕΣΑΙΩΝΑΣ: Ιωάννης ο Φιλόπονος (θεωρία ρύμης), Αραβες φιλόσοφοι, Βυζαντινή αστρονομία, Roger Bacon (πείραμα), Jean Buridan (θεωρία ρύμης)
ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΡΩΜΑΪΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: Αριστάρχος ο Σάμιος (ηλιοκεντρικό σύστημα), Αρχιμήδης (μηχανική, υδροστατική, οπτική), Ερατοσθένης ο Κυρηνάιος (περίμετρος Γης), Απολλώνιος ο Πέργαμος (εξήγηση κίνησης πλανητών στο γεωκεντρικό σύστημα), Ιππαρχος (αστρονομία, μέγεθος αστέρων), Πτολεμαίος (αρχαία αστρονομία)
ΠΛΑΤΩΝ: Μέθεξη - Μαθηματική αστρονομία



Ο κόσμος είναι αρμονία και αριθμοί. Η γη έχει σφαιρικό σχήμα και περιφέρεται γύρω από το κέντρο του σύμπαντος

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΦΥΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΗΘΟ ΜΗ ΓΕΩΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΜΠΑΝ

Η ενιαία ουσία του κόσμου βρίσκεται στη θεϊκή σφαίρα, ενώ τα βασικά στοιχεία είναι η γη και το ύδωρ. Τα σύννεφα είναι τα μέσα για επιστημονικές ερμηνείες

Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Βασικό συστατικό του κόσμου είναι η φωτιά (κοσμολογία σταθερά που μετασχηματίζεται). *Τα πάντα με*: Χαρακτηριστικό της πραγματικότητας είναι η κίνηση και η μεταβολή, που προκύπτουν από αντιπαράθετες δυνάμεις, υπό τους κανόνες του Λόγου

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΙΝΗΣΕΩΝ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ

Η μορφή και σημασία του κόσμου πρέπει να αναζητείται σε στενή σύνδεση με την ύλη. Η πραγματικότητα και η αλλαγή εξηγούνται με το υλικό, μορφικό, ποιητικό και τελικό αίτιο. Ο κόσμος είναι πεπερασμένος και ιεραρχημένος, με τη σφαιρική Γη στο κέντρο και τα ουράνια σώματα γύρω της, σε ουράνιες σφαίρες. Στην υποσφαίρνια περιοχή η ύλη είναι συνεχής και κάθε σώμα αποτελείται από γη, νερό, αέρα και φωτιά, με κάποιο στοιχείο να επικρατεί και να ορίζει τη φυσική θέση στις αντίστοιχες ομόκεντρες σφαίρες. Κάθε κίνηση απαιτεί αίτιο και φυσική κατάσταση είναι μόνο η ακινησία. Στην υπερσφαίρνια περιοχή, τα ουράνια σώματα αποτελούνται μόνο από μια πέμπτη ουσία, τον αιθέρα

Τα πάντα είναι σταθερά. Οι αισθήσεις δέχονται φαινομενικό κόσμο κίνησης και πολλαπλότητας. Αληθινή είναι μόνο η γνώση του Οντος και προκύπτει με τη λογική. Το Ον είναι ένα, συνεχές, ακίνητο, χωρίς αρχή και τέλος. Η γη είναι στο κέντρο ενός στατικού και με όρια σύμπαντος

ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΟ ΣΥΜΠΑΝ - ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ, ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕΤΑΦΥΣΙΚΗΣ



ΠΑΡΜΕΝΙΔΗΣ

ΕΛΕΑΤΕΣ

Η κοινή αντίληψη της πραγματικότητας οδηγεί σε παρανόμια και σύμφωνο

Στην πραγματικότητα υπάρχουν μόνο το κενό και τα άτομα, δηλαδή έσοχα σωματίδια (άτομα), που αποτελούν την ύλη. Τα άτομα είναι άσφαιρα, διαφορετικά στο σχήμα και στο μέγεθος και βρίσκονται σε διαρκή κίνηση στο κενό, χωρίς την επίδραση ξεχωριστής δύναμης. Ο σχηματισμός και η καταστροφή των αλκίων, οφείλονται στην ένωσή και στο χωρισμό των ατόμων. Το σύμπαν έχει και άλλους "κόσμους", που δημιουργούνται από συνάντηση πολλών ατόμων στο κενό και σχηματίζουν δίχτυς

ΑΤΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΣΥΛΛΗΨΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΡΟΦΟΡΜΗΣ ΥΠΑΡΕΝ "ΑΛΛΑΧΗ ΚΟΣΜΩΝ" - ΑΣΤΡΙΚΗ ΦΥΣΗ ΓΑΛΛΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΟΣΜΟΥ



ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΙΤΙΟΥ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

ΑΝΑΞΑΓΟΡΑΣ



Η ύλη απαρτίζεται από "μόρια" κάθε είδους, σχήματος, μεγέθους και αριθμού, που ενώνονται και χωρίζονται σε διαφορετικούς συνδυασμούς και αναλογίες. Αίτιο για την κίνηση είναι μια ξεχωριστή ουσία, ο Νους. Η Γη είναι μέτωπο στο κέντρο του κόσμου και έχει τυμπανοειδές σχήμα, ο Ηλιος είναι διάπυρος λίθος, η σελήνη είναι ετεροφωτιστή, τα αστρα έχουν όμοια μορφή με αυτή του Ηλίου

Βασικά συστατικά του κόσμου είναι τα τέσσερα αιώνια και αμετάβλητα ριζώματα: γη, νερό, αέρας, φωτιά, που ενώνονται και χωρίζονται από τις δυνάμεις της φιλοτίας και του νεύκου κι έτσι υπάρχουν μεταβολές στον κόσμο

ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΙΤΙΟΥ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΘΕΩΡΙΑ "ΜΕΓΑΛΗΣ ΕΚΦΡΗΣΗΣ" ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ - ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ



ΕΜΠΕΔΟΚΛΗΣ

