

Γ. ΓΚΑΝΕΤΣΟΣ Γ. ΚΩΣΤΕΛΕΤΟΣ

Μ. ΛΥΤΡΑ Μ. ΚΑΡΛΑΤΗΡΑ

ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΛΥΚΕΙΟΥ



ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ
ΜΕΣΗΣ & ΑΝΩΤΑΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
Ε. ΣΤΟΓΙΑΝΝΗΣ

Πρόλογος

Το βιβλίο μας

Α) Δομή-Φιλοσοφία

Το ανά χείρας σύγγραμμα αποτελεί προϊόν της συνεργασίας της ομάδας φυσικών του φροντιστηρίου «Ε.Δ.Στογιάννη» και απόσταγμα της πολυετούς τριβής τους με τα θέματα και τη διδασκαλία της Φυσικής Κατεύθυνσης για την Β τάξη του Γενικού Λυκείου.

Η δομή του εν λόγω βιβλίου βασίζεται ουσιαστικά στη δομή της παράδοσης ενός μαθήματος μέσα στην τάξη. Κάθε κεφάλαιο διαρθρώνεται σε τρεις κύριες ενότητες:

- ✓ Την ενότητα της θεωρίας όπου παρουσιάζονται και αναλύονται όλες οι σχετικές με το κεφάλαιο έννοιες, τύποι, διαγράμματα και αποδείξεις. Η παρουσίαση γίνεται με έναν τρόπο απλό αλλά ταυτόχρονα αρκούντως αναλυτικό ώστε να μπορεί ο κάθε μαθητής να χτίσει εκ του μηδενός την απαιτούμενη γνώση που θα τον καταστήσει ικανό όχι μόνο να λύνει οποιοδήποτε είδος άσκησης σχετικής με το κεφάλαιο αλλά και να κατανοήσει σε βάθος τα φυσικά φαινόμενα τα οποία το εν λόγω κεφάλαιο πραγματεύεται.
- ✓ Την ενότητα των λυμένων ασκήσεων στην οποία παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές περιπτώσεις των ασκήσεων του κεφαλαίου όπως επίσης και κάποιες ‘ειδικές’- επομένως εξόχως δύσκολες και επικίνδυνες αν δεν τις έχει κανείς ξαναδεί-περιπτώσεις ασκήσεων το σύνολο των οποίων οφείλει να γνωρίζει ένας καλά προετοιμασμένος μαθητής.
- ✓ Την ενότητα των άλυτων ασκήσεων, η οποία περιλαμβάνει όλες τις κατηγορίες ασκήσεων που δύναται να ζητηθούν σε σχέση με το εκάστοτε κεφάλαιο. Αξίζει εδώ να σημειωθεί πως σε αντίθεση με τη συνήθη τακτική των φροντιστηριακών φυλλαδίων, η ομάδα μας αποφάσισε να προβεί σε μια εξόχως εκτεταμένη συλλογή και συγγραφή ασκήσεων προς κάλυψη κάθε ενδεχομένου αλλά και κάθε πιθανής απαίτησης. Έτσι, όχι μόνο φροντίσαμε να συμπεριλάβουμε κάθε δυνατό είδος άσκησης σχετικής με το εκάστοτε κεφάλαιο αλλά ταυτόχρονα προσέξαμε ώστε να υπάρχει μια διαστρωμάτωση, μια κλιμάκωση του βαθμού δυσκολίας των ασκήσεων κάθε κατηγορίας ώστε το παρόν βιβλίο να μπορεί να φανεί πραγματικά χρήσιμο-αν όχι απαραίτητο-σε κάθε φάση εξοικείωσης του μαθητή με την προς γνώση ύλη, από την πρώτη διστακτική γνωριμία μέχρι την εκτεταμένη εξοικείωση και εμπειρία που αποκτά κανείς κατά το στάδιο των επαναλήψεων ενός κεφαλαίου. Με άλλα λόγια φροντίσαμε ώστε οι ασκήσεις μας να έχουν το μέγιστο βαθμό ομαδοποίησης τόσο κατά

είδος όσο και κατά βαθμό δυσκολίας ξεκινώντας από απλές εισαγωγικές ασκήσεις γνωριμίας με την εκάστοτε κατηγορία και φτάνοντας σε πολύ απαιτητικά επίπεδα ανταποκρινόμενα σε μια πολύ σκληρή και αυστηρή εξέταση. Με αυτό τον τρόπο δίνουμε τη δυνατότητα στους μαθητές μας να θωρακιστούν έναντι οποιασδήποτε πιθανής εξέτασης, γεγονός που αποτελεί βασικό ζητούμενο στο ρευστό περιβάλλον ενός διαρκώς μεταλλασσόμενου και κυρίως αυστηροποιούμενου εκπαιδευτικού και εξεταστικού συστήματος. Για αυτό και όπως μαρτυρά η βιβλιογραφία που παρατίθεται στο τέλος του παρόντος βιβλίου, αντλήσαμε από ένα πλήθος πραγματικά αξιόπιστων πηγών που ποικίλουν από τα βασικότερα και πλέον πετυχημένα εμπορικά βοηθήματα μέχρι τα πλέον ποιοτικά και εκλεπτυσμένα διεθνή πανεπιστημιακά συγγράμματα καθώς επίσης και ένα μεγάλο πλήθος δικών μας προσωπικών σημειώσεων σωρευμένων έπειτα από πολλά χρόνια διδασκαλίας του αντικειμένου της λυκειακής Φυσικής.

Συνολικά θα λέγαμε ότι η φιλοσοφία του βιβλίου μας δεν είναι αυτή ενός τυπικού φροντιστηριακού φυλλαδίου που έρχεται να παίξει έναν απλώς βοηθητικό-συμπληρωματικό ρόλο χρησιμοποιούμενο παράλληλα με το σχολικό βιβλίο και κάποια εμπορικά βοηθήματα. Αντιθέτως επιχειρήσαμε να δημιουργήσουμε ένα βασικό σύγγραμμα δηλαδή ένα σύγγραμμα που θα έχει τον κεντρικό ρόλο στη μελέτη και εκπαίδευση του μαθητή. Ένα βιβλίο που χάρη στον εύληπτο τρόπο παρουσίασης των θεμάτων και στην προσεκτική όσο και εκτεταμένη συλλογή ασκήσεων θα αποτελεί ένα ‘δάσκαλο στο σπίτι’ πάνω στον οποίο θα μπορεί πράγματι να στηρίζει την προσπάθειά του ο μαθητής.

B) Πώς να το διαβάσετε

Ένα συνηθισμένο λάθος που κάνουν πολλοί σε σχέση με τη Φυσική είναι ότι πιστεύουν πως πρόκειται για ένα μάθημα ‘πρακτικό’, στο οποίο αρκεί κανείς να αποστηθίζει κατηγορίες ασκήσεων και τρικ επίλυσής τους. Πέρα όμως εκτός από το πρακτικό της ‘επίχρυσμα’ η Φυσική είναι ένα μάθημα βαθύτατα θεωρητικό υπό την έννοια ότι απαιτεί την τέλεια ισορροπία θεωρητικής και πρακτικής γνώσης με μία όμως μικρή αλλά εξόχως σημαντική λεπτομέρεια: η θεωρητική γνώση προηγείται αναγκαστικά της πρακτικής.

Πιο συγκεκριμένα το τυπικό λάθος των περισσότερων μαθητών είναι να ρίχνουν από την αρχή όλο το βάρος τους στην επίλυση των άλυτων ασκήσεων αγνοώντας ή διαβάζοντας βιαστικά και επιφανειακά τη θεωρία (συνήθως αρκούνται να διαβάσουν μόνο τους τύπους).

Αυτό είναι και το μοιραίο σφάλμα τους καθώς, στην πραγματικότητα, η επίλυση των ασκήσεων Φυσικής (από ένα πρώτο εύκολο επίπεδο και πάνω) απαιτεί όχι απλώς το να γνωρίζεις καλά όλους τους τύπους αλλά κυρίως να γνωρίζεις πότε και με ποιο τρόπο είναι σωστό να τους εφαρμόζεις και να τους συνδυάζεις. Αυτό απαιτεί μια βαθειά κατανόηση της θεωρίας, ήτοι των φυσικών φαινομένων και των μεγεθών που τα περιγράφουν αλλά και του τρόπου που το ένα φαινόμενο ή μέγεθος επηρεάζει το άλλο.

Πρόκειται δε μια απαίτηση που χαρακτηρίζει ακόμα και τις θεωρητικά εύκολες εισαγωγικές ασκήσεις των περισσότερων κεφαλαίων.

Η σειρά 1) Θεωρία 2) Λυμένες ασκήσεις και 3) Άλυτες ασκήσεις με την οποία αποφασίσαμε να διαρθρώσουμε τις ενότητες κάθε κεφαλαίου δεν είναι λοιπόν τυχαία αλλά ουσιαστικά αντικατοπτρίζει και τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να μελετάται η Φυσική. Συμβουλευουμε λοιπόν τους μαθητές μας να χρησιμοποιήσουν το βιβλίο ως εξής:

- ✓ Να διαβάζουν προσεκτικά το κομμάτι της θεωρίας που αντιστοιχεί στην ύλη που τους παραδώσαμε στο προηγούμενο μάθημα και στη δουλειά που περιμένουμε από αυτούς να μας φέρουν στο επόμενο μάθημα.
- ✓ Να προχωρούν στο διάβασμα των αντίστοιχων λυμένων ασκήσεων (διαβάζοντας συνδυαστικά τις λυμένες ασκήσεις που παρατίθενται στη σχετική ενότητα του βιβλίου μας όσο και αυτές που έχουν πάρει λυμένες χειρόγραφα από το μάθημα). Κατά τη μελέτη των εν λόγω ασκήσεων θα πρέπει να ανατρέχουν πίσω στις σελίδες της θεωρίας επιβεβαιώνοντας τους τύπους που βλέπουν να χρησιμοποιούνται στις ασκήσεις. Τονίζουμε δε ότι το διάβασμα των λυμένων ασκήσεων δε σημαίνει την αποστήθισή τους αλλά την κατανόηση του 'λογικού σκελετού' μιας άσκησης, δηλαδή την κατανόηση της αλληλουχίας των βημάτων που γίνονται σε αυτή. Τι κάνω και γιατί το κάνω. Επιπλέον-και αυτό είναι ίσως το σημαντικότερο- θα πρέπει αφού διαβάσουν και καταλάβουν μια λυμένη άσκηση, να κρύψουν τη λύση της και να επιχειρήσουν να την λύσουν οι ίδιοι από την αρχή να ήταν άλυτη (για εξοικονόμηση χρόνου μπορούν απλώς να γράψουν τους τύπους και τις αντικαταστάσεις παραλείποντας τις τελικές πράξεις) διότι μόνο έτσι θα την κάνουν πράγματι κτήμα τους. Αυτός είναι και ο μόνος τρόπος για να περάσει κανείς από την κατανόηση στην εμπέδωση, από το να καταλαβαίνει απλώς τί διαβάζει στο να γνωρίζει να προβεί στα κατάλληλα βήματα όταν έπειτα από καιρό βρεθεί αντιμέτωπος (και χωρίς την ταυτόχρονη παρουσία και βοήθεια του καθηγητή του) με μια παρόμοια άσκηση σε συνθήκες διαγωνίσματος ή εξετάσεων.
- ✓ Έχοντας ολοκληρώσει τα δύο προηγούμενα βήματα, να προχωρήσουν και στην προσπάθεια επίλυσης αντίστοιχων άλυτων ασκήσεων μπαίνοντας έτσι στο τελικό στάδιο ολοκλήρωσης της γνώσης τους.

Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να δείχνει επίπονη και χρονοβόρα. Όπως όμως έχει αποδειχθεί στην πορεία των χρόνων και με τις περιπτώσεις απειράριθμων μαθητών που πέρασαν από τα χέρια μας, είναι η μόνη διαδικασία που εγγυάται αποτελέσματα.

Η Φυσική δεν είναι ζήτημα 'δυνατού μυαλού' ή 'ταλέντου' αλλά πειθαρχίας σε έναν ορθό τρόπο διαβάσματος.

Με την ευχή για βέλτιστα αποτελέσματα

Οι συγγραφείς

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	i
Πρόλογος	iii
Πίνακας Περιεχομένων.....	vii
Κεφάλαιο 1	1
Καμπυλόγραμμες Κινήσεις	1
1.1. Οριζόντια Βολή	1
1.2. Ομαλή Κυκλική Κίνηση.....	3
1.2.1. Γραμμική Ταχύτητα.....	4
1.2.2. Γωνιακή Ταχύτητα (ω)	4
1.2.3. Σχέση μεταξύ γραμμικής – γωνιακής ταχύτητας.....	4
1.2.4. Κεντρομόλος Επιτάχυνση	5
1.3. Κεντρομόλος δύναμη	5
1.4. Ερωτήσεις.....	5
1.5. Προβλήματα	14
Κεφάλαιο 2	23
Ορμή	23
2.1. Ορμή – Κινητική Ενέργεια.....	23
2.2. Ρυθμός μεταβολής της ορμής	24
2.3. Αρχή διατήρησης της Ορμής.....	24
2.4. Κρούσεις.....	24
2.5. Πλαστική Κρούση	25
2.6. Ερωτήσεις.....	25
2.6.1. Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής	25
2.6.2. Ερωτήσεις Σωστού – Λάθους	27
2.6.3. Ερωτήσεις ανοικτού τύπου.....	28
2.7. Προβλήματα	29

Κεφάλαιο 3 35

Κινητική θεωρία των αερίων 35

3.1. Μακροσκοπική – μικροσκοπική μελέτη αερίου.....	35
3.2. Απόλυτη θερμοκρασία	35
3.3. Νόμοι των αερίων.....	36
3.3.1. Νόμος του Boyle (T = σταθερό).....	36
3.3.2. Νόμος του Charles (V =σταθερό)	36
3.3.3. Νόμος του Gay-Lussac (P =σταθερό)	37
3.4. Ιδανικό αέριο	37
3.5. Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων.....	37
3.5.1. Άλλες μορφές της καταστατικής εξίσωσης	38
3.6. Κινητική θεωρία	38
3.6.1. Το πρότυπο του ιδανικού αερίου.....	38
3.6.2. Αποτελέσματα της κινητικής θεωρίας.....	39
3.6.3. Μέση μεταφορική ενέργεια.....	39
3.6.4. Ενεργός ταχύτητα.....	40
3.7. Μεθοδολογία - λυμένες ασκήσεις	40
3.8. Άλυτες ασκήσεις.....	55
3.8.1. Ερωτήσεις.....	55
3.8.2. Προβλήματα	77

Κεφάλαιο 4 117

Θερμοδυναμική 117

4.1. Θερμοδυναμική ισορροπία.....	117
4.2. Αντιστρεπτή μεταβολή	117
4.3. Μη αντιστρεπτή μεταβολή	118
4.4. Έργο	118
4.5. Θερμότητα.....	119
4.6. Εσωτερική ενέργεια ιδανικού αερίου (U)	119
4.7. Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος.....	119
4.7.1. Ισόθερμη μεταβολή	119
4.7.2. Ισόχωρη μεταβολή.....	120
4.7.3. Ισοβαρής μεταβολή	121
4.7.4. Αδιαβατική μεταβολή.....	121
4.7.5. Κυκλική μεταβολή.....	122

4.8.	Γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες αερίων	123
4.8.1.	Γραμμομοριακή ειδική θερμότητα (C).....	123
4.8.2.	Θέρμανση αερίου υπό σταθερό όγκο (C_V)	123
4.8.3.	Θέρμανση αερίου υπό σταθερή πίεση (C_P)	123
4.9.	Θερμικές μηχανές.....	125
4.9.1.	Συντελεστής απόδοσης.....	126
4.10.	Δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος	126
4.11.	Μηχανή Carnot.....	126
4.12.	Μεθοδολογία – λυμένες ασκήσεις.....	130
4.13.	Άλυτες ασκήσεις.....	146
4.13.1.	Ερωτήσεις Σωστού - Λάθους	146
4.13.2.	Ερωτήσεις Πολλαπλής Επιλογής.....	158
4.13.3.	Ερωτήσεις Κρίσεως:	168
4.13.4.	Προβλήματα	171

Κεφάλαιο 5 249

Ηλεκτρική – Δυναμική ενέργεια 249

5.1.	Δυναμική ενέργεια πολλών σημειακών φορτίων	249
5.2.	Δυναμικό – Διαφορά δυναμικού	249
5.2.1.	Ηλεκτρονιοβόλτ.....	250
5.3.	Κινήσεις φορτισμένων σωματιδίων σε ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο.....	251
5.3.1.	Κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα	251
5.3.2.	Χρόνος κίνησης στο πεδίο.....	251
5.3.3.	Κίνηση με αρχική ταχύτητα κάθετη στις δυναμικές γραμμές	252
5.4.	Μεθοδολογία – λυμένες ασκήσεις.....	254
5.5.	Άλυτες ασκήσεις.....	266
5.5.1.	Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής	266
5.5.2.	Προβλήματα	284

Βιβλιογραφία..... 325

Κεφάλαιο 1

Καμπυλόγραμμες Κινήσεις

1.1. Οριζόντια Βολή

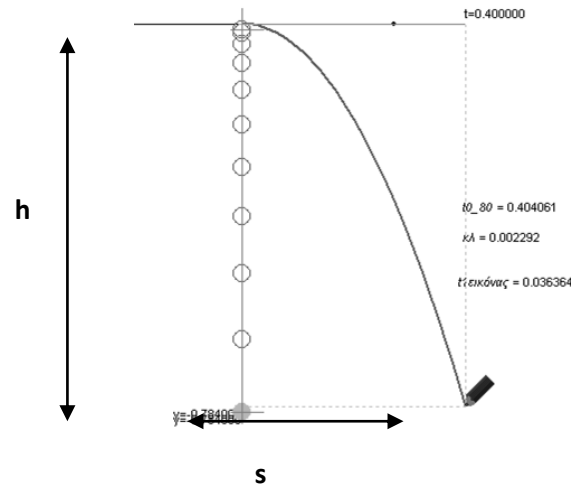
Οριζόντια βολή ονομάζουμε την κίνηση κατά την οποία ρίχνουμε ένα σώμα με οριζόντια ταχύτητα μέσα στο πεδίο βαρύτητας και αγνοούμε τις αντιστάσεις του αέρα στο προς μελέτη σύστημα.

Αρχή της επαλληλίας

Όταν ένα κινητό εκτελεί ταυτόχρονα δύο ή περισσότερες κινήσεις, κάθε μια από αυτές είναι ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες και η θέση στην οποία φτάνει το κινητό μετά από χρόνο t , είναι ίδια είτε οι κινήσεις εκτελούνται ταυτόχρονα, είτε εκτελούνται διαδοχικά σε χρόνο t η κάθε μία.

Η αρχή της επαλληλίας χρησιμοποιείται στις σύνθετες κινήσεις και για την ταχύτητα και τη μετατόπιση ισχύουν αντίστοιχα:

$$\vec{u} = \vec{u}_1 + \vec{u}_2 \quad \text{και} \quad \vec{x} = \vec{x}_1 + \vec{x}_2$$



Η οριζόντια βολή είναι μια σύνθετη κίνηση η οποία αποτελείται από τις ακόλουθες απλές κινήσεις:

Άξονας Ox : Ευθύγραμμη ομαλή εφόσον $u_0 = st$.

Η εξίσωση κίνησης είναι: $x = u_0 \cdot t$

Άξονας Oy : Ελεύθερη Πτώση

Η εξίσωση για την ελεύθερη πτώση είναι:

$$y = \frac{1}{2}gt^2$$

A) Ποιος είναι ο χρόνος πτώσης του σώματος;

Για $y=h$ τότε $t=t_\pi$.

$$t_\pi = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

B) Ποια είναι η συνολική οριζόντια απόσταση που διανύει το σώμα;

Για $t=t_\pi$ τότε $x=s$.

$$s = u_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Γ) Να αποδειχθεί ότι το σώμα διαγράφει παραβολική τροχιά.

1.2.1. Γραμμική Ταχύτητα

Γραμμική ταχύτητα στην ομαλή κυκλική κίνηση ονομάζουμε το σταθερό πηλίκο του μήκους του τόξου που διανύει ένα σώμα σε χρόνο και είναι κάθε στιγμή εφαπτόμενη στην τροχιά. Δηλαδή:

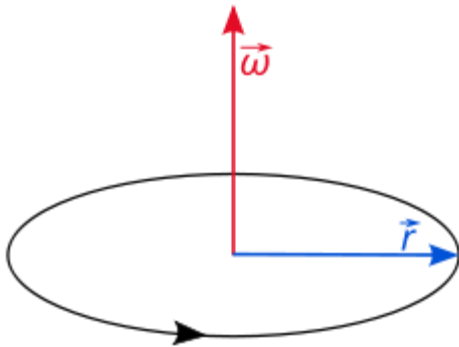
$$v = \frac{s}{t} \xrightarrow{t=T \Rightarrow s=2\pi R} v = \frac{2\pi R}{T}$$

1.2.2. Γωνιακή Ταχύτητα (ω)

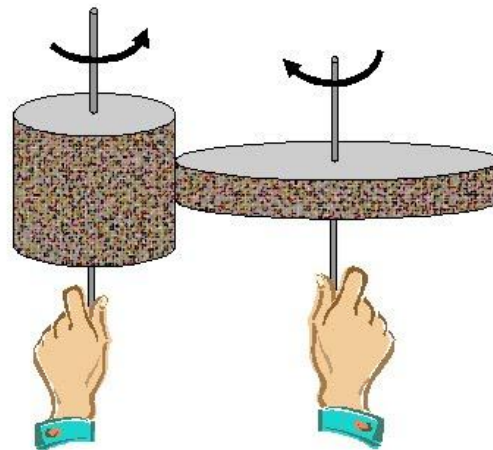
Γωνιακή ταχύτητα ονομάζουμε ένα διανυσματικό μέγεθος με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Το μέτρο του ισούται με το σταθερό πηλίκο της γωνίας $\Delta\phi$ που διαγράφει η επιβατική ακτίνα σε χρόνο Δt δηλαδή: $\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \xrightarrow{t=T \Rightarrow \phi=2\pi} \omega = \frac{2\pi}{T}$
- Διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς. (Σχήμα 1)
- Φορά που καθορίζεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού. (Σχήμα 2)

Η μονάδα γωνιακής ταχύτητας είναι το 1rad/s στο SI.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

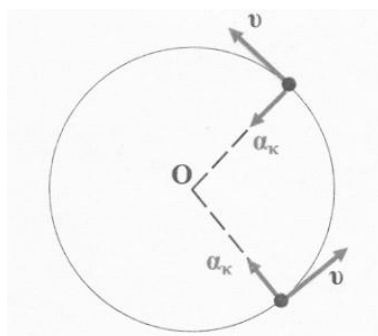
1.2.3. Σχέση μεταξύ γραμμικής – γωνιακής ταχύτητας

$$v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow v = \frac{2\pi}{T} R \Rightarrow v = \omega \cdot R$$

1.2.4. Κεντρομόλος Επιτάχυνση

Στην ομαλή κυκλική κίνηση το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας παραμένει σταθερό ενώ η διεύθυνση και η φορά αλλάζουν συνεχώς. Αυτή η αλλαγή οφείλεται στην κεντρομόλο επιτάχυνση, που είναι ένα διάνυσμα κάθετο στη γραμμική ταχύτητα και έχει την διεύθυνση της ακτίνας και φορά προς το κέντρο της τροχιάς. Το μέτρο της κεντρομόλου επιτάχυνσης δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$a_{\kappa} = \frac{v^2}{R}$$

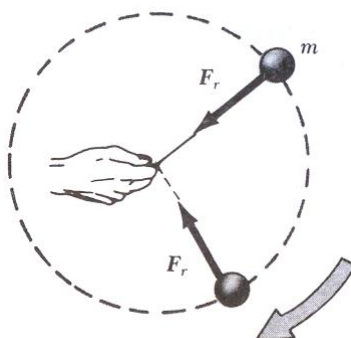


1.3. Κεντρομόλος δύναμη

Εφόσον υπάρχει επιτάχυνση θα υπάρχει και δύναμη η οποία θα έχει μέτρο:

$$F_{\kappa} = m \cdot a_{\kappa} \Rightarrow F_{\kappa} = \frac{mv^2}{R}$$

Η **κεντρομόλος δύναμη** θα έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της τροχιάς και αποτελεί την συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα στην διεύθυνση της ακτίνας.



1.4. Ερωτήσεις

Οριζόντια βολή

1. Στην οριζόντια βολή στο ομογενές πεδίο βαρύτητας από ύψος h , η τροχιά του σώματος είναι:

- α. Οριζόντια και ευθύγραμμη.
 - β. Κατακόρυφη και ευθύγραμμη.
 - γ. Τυχαία καμπύλη.
 - δ. Παραβολική.
2. Η οριζόντια βολή στο ομογενές πεδίο βαρύτητας είναι κίνηση που πραγματοποιείται:
- α. Σε οριζόντιο άξονα.
 - β. Σε κατακόρυφο άξονα.
 - γ. Σε κατακόρυφο επίπεδο.
 - δ. Σε οριζόντιο επίπεδο.
3. Η οριζόντια βολή στο ομογενές πεδίο βαρύτητας είναι σύνθετη κίνηση που μπορεί να αναλυθεί σε δύο κινήσεις οι οποίες είναι:
- α. Ομαλά επιταχυνόμενες σε κάθε άξονα.
 - β. Ομαλή στο άξονα Ox και ελεύθερη πτώση στον άξονα Oy .
 - γ. Ομαλή και στους δύο άξονες.
 - δ. Ομαλή στον άξονα Ox , ομαλά επιταχυνόμενη στον Oy με αρχική ταχύτητα u_0 και επιτάχυνση g .
4. Σώμα βάλλεται οριζόντια από ύψος h με αρχική ταχύτητα u_0 . Ο χρόνος που χρειάζεται μέχρι να φτάσει στο έδαφος είναι:
- α. Ανάλογος του ύψους h .
 - β. Ανάλογος της u_0 .
 - γ. Ανεξάρτητος της τιμής του g .
 - δ. Ανεξάρτητος της u_0 .
5. Σώμα βάλλεται οριζόντια από ύψος h με αρχική ταχύτητα u_0 . Το βεληνεκές είναι:
- α. Ανάλογο της u_0 .
 - β. Ανεξάρτητο του ύψους h .
 - γ. Ανεξάρτητο της u_0 .
 - δ. Ανεξάρτητο του g .
6. Σώμα βάλλεται οριζόντια από ύψος h με αρχική ταχύτητα u_0 και προσγειώνεται μετά από χρόνο t . Το μέτρο της ταχύτητας με την οποία προσγειώνεται στο έδαφος είναι:

$$\alpha. u = \sqrt{u_0^2 + gt} \quad \beta. u = \sqrt{u_0^2 + g^2 t^2} \quad \gamma. u = u_0 \quad \delta. v=0$$

1.5. Προβλήματα

Οριζόντια βολή

1. Σώμα βάλλεται από ύψος $h=20\text{m}$ με οριζόντια αρχική ταχύτητα $v_0=20\text{m/s}$. Να υπολογιστούν:

- Η χρονική στιγμή που το σώμα φτάνει στο έδαφος.
- Το βεληνεκές.
- Η οριζόντια και κατακόρυφη συνιστώσα της ταχύτητας όταν φτάνει στο έδαφος.
- Το μέτρο της ταχύτητας όταν φτάνει στο έδαφος.

Δίνεται: $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

[α. 2s, β. 40m, γ. 20m/s, 20m/s, δ. $20\sqrt{2}$ m/s]

2. Πέτρα βάλλεται από ύψος h με οριζόντια αρχική ταχύτητα $v_0=10\text{m/s}$. Να υπολογιστούν τη χρονική στιγμή $t=1\text{s}$:

- Οι συντεταγμένες (x,y) .
- Το μέτρο της ταχύτητας.
- Η κατεύθυνση της ταχύτητας ως προς τον ορίζοντα.

Δίνεται: $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

[α. $x=10\text{m}$, $y=5\text{m}$, β. $10\sqrt{2}$ m/s, γ. $\theta=45^\circ$]

3. Βλήμα βάλλεται από ύψος h με οριζόντια αρχική ταχύτητα v_0 . Κάποια χρονική στιγμή t_1 περνάει από το σημείο Α με συντεταγμένες $x_A=100\text{m}$ και $y_A=125\text{m}$. Να βρεθούν:

- Η χρονική στιγμή t_1 .
- Η αρχική ταχύτητα v_0 .
- Η ταχύτητα του σώματος όταν περνάει από το Α.

Δίνεται $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

[α. $t=5\text{s}$, β. 20m/s, γ. $v=10\sqrt{29}$ m/s, $\epsilon\phi\theta=2,5$]

4. Μπαλάκι του τένις βάλλεται στο κενό οριζόντια με αρχική ταχύτητα $v_0=30\text{m/s}$ και προσγειώνεται σε οριζόντια απόσταση $s=20\text{m}$ από τα πόδια του τενίστα που το εκτόξευσε. Δίνεται $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Να βρεθούν:

- Το ύψος h από το οποίο βλήθηκε.
- Το μέτρο της ταχύτητας που προσγειώνεται.

[α. 20/9m, β. 30,7m/s]

5. Μπάλα βάλλεται από ύψος h με οριζόντια αρχική ταχύτητα $v_0=10\sqrt{3}\text{m/s}$ και προσγειώνεται με ταχύτητα

Κεφάλαιο 2

Ορμή

Για ένα σώμα μάζας m το οποίο κινείται με ταχύτητα $\vec{v}$ η ορμή του $\vec{p}$ δίνεται από τη σχέση:
 $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$.

Επομένως η ορμή αποτελεί ένα διανυσματικό μέγεθος, του οποίου η διεύθυνση είναι ίδια με αυτή της ταχύτητας με μονάδες μέτρησης που είναι $Kg \frac{m}{s}$.

Στη περίπτωση που έχουμε σύστημα σωμάτων, η ολική ορμή είναι ίση με το διανυσματικό άθροισμα των ορμών των επιμέρους σωμάτων:

$$\vec{p}_{ολ} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots$$

2.1. Ορμή – Κινητική Ενέργεια

$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\ p &= m \cdot v \Rightarrow v = \frac{p}{m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow K = \frac{1}{2} m \frac{p^2}{m^2} \Rightarrow K = \frac{p^2}{2m}$$

Στη μετωπική κρούση οι ταχύτητες των σφαιρών αμέσως μετά την κρούση έχουν την ίδια διεύθυνση που είχαν οι ταχύτητες λίγο πριν την κρούση.

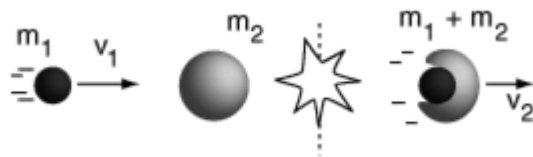
Ελαστική ονομάζουμε το είδος της κρούσεως στην οποία η κινητική ενέργεια διατηρείται.

Ανελαστική ονομάζουμε την κρούση στην οποία η κινητική ενέργεια μετά την κρούση είναι μικρότερη από αυτή πριν τη κρούση.

Μια ειδική περίπτωση ανελαστικής κρούσεως είναι η **πλαστική κρούση**, όπου έχουμε δημιουργία συσσωματώματος μετά την κρούση.

2.5. Πλαστική Κρούση

Έστω σφαίρα μάζας m_1 κινείται με ταχύτητα $\vec{v}_1$ και συγκρούεται πλαστικά με αρχικά ακίνητη σφαίρα μάζας m_2 . Μετά την κρούση το συσσωμάτωμα κινείται με $\vec{v}_k$.



Κατά την πλαστική κρούση ισχύει η Α.Δ.Ο. :

$$\vec{p}_{αρχ} = \vec{p}_{τελ} \Rightarrow m_1 \vec{v}_1 + 0 = (m_1 + m_2) \vec{v}_k \Rightarrow m_1 \vec{v}_1 = (m_1 + m_2) \vec{v}_k \Rightarrow$$

$$\vec{v}_k = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{v}_1 \quad (1)$$

Στη πλαστική κρούση δεν ισχύει η αρχή διατήρησης της κινητικής ενέργειας. Το ποσοστό των απωλειών είναι ίσο με:

$$\%a = \frac{|\Delta K|}{K_A} \cdot 100\%$$

2.6. Ερωτήσεις

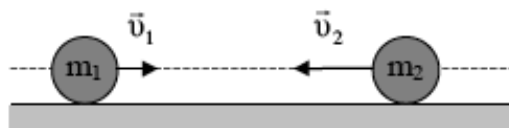
2.6.1. Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

- Ένα αυτοκίνητο μάζας 1000 kg κινείται ευθύγραμμα κατά τη θετική φορά του άξονα $x'x$ με ταχύτητα 20

μορφή κινητικής ενέργειας.

[Απ. (α) 6 m/s, (β) 24 J]

10. Δύο σφαίρες Α και Β, με μάζες $m_1 = 0,6 \text{ kg}$ και $m_2 = 0,4 \text{ kg}$, κινούνται ευθύγραμμα πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο με ταχύτητες που έχουν μέτρα $v_1 = 5 \text{ m/s}$ και $v_2 = 10 \text{ m/s}$, αντίστοιχα. Τα κέντρα



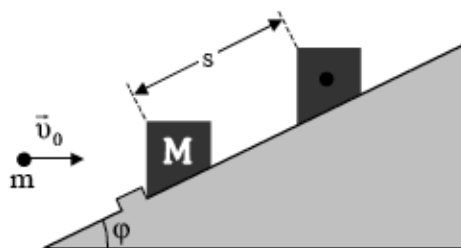
των σφαιρών βρίσκονται πάνω στον άξονα $x'x$. Η σφαίρα Α κινείται προς τη θετική κατεύθυνση του άξονα ενώ η σφαίρα Β προς την αρνητική. Οι σφαίρες συγκρούονται μετωπικά. Α. Αν η κρούση είναι πλαστική, να βρείτε

α. την κοινή ταχύτητα των σφαιρών μετά την κρούση.

β. τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του συστήματος.

[Απ. Α. (α) - 1 m/s, (β)-27 J]

11. Σώμα μάζας $M = 4,8 \text{ kg}$ στηρίζεται σε κεκλιμένο επίπεδο κλίσεως $\varphi = 30^\circ$. Βλήμα μάζας $m = 0,2 \text{ kg}$, κινούμενο οριζόντια με ταχύτητα $v_0 = 200 \text{ m/s}$, σφηνώνεται στο σώμα. Αν υποθέσουμε ότι το σφήνωμα του βλήματος γίνεται ακαριαία, να βρείτε πόσο θα μετακινηθεί το συσσωμάτωμα που σχηματίζεται, αν



α. μεταξύ σώματος και κεκλιμένου επιπέδου δεν υπάρχουν τριβές.

β. ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ σώματος και κεκλιμένου επιπέδου είναι

$$\mu = \frac{\sqrt{3}}{6}$$

[Απ. (α) 4,8 m, (β) 3,2 m]

12. Το ιδανικό ελατήριο του σχήματος έχει το φυσικό του μήκος. Βλήμα μάζας $m_1 = 0,2 \text{ kg}$ σφηνώνεται με ταχύτητα $v_1 = 100 \text{ m/s}$ στο σώμα μάζας $m_2 = 4,8 \text{ kg}$, με αποτέλεσμα το ελατήριο να συσπειρωθεί κατά $\Delta l = 0,2 \text{ m}$. Αν ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ της μάζας m_2 και του οριζώντιου εδάφους είναι $\mu = 0,1$, να βρείτε



Κεφάλαιο 3

Κινητική θεωρία των αερίων

3.1. Μακροσκοπική – μικροσκοπική μελέτη αερίου

Μακροσκοπική ονομάζουμε τη μελέτη ενός φαινομένου κατά την οποία μας ενδιαφέρουν μεγέθη που μετρώνται με όργανα και η μέτρηση αυτή είναι αποτέλεσμα της συνολικής συμπεριφοράς ενός αερίου.

Μικροσκοπική αντίστοιχα είναι η μελέτη στην οποία εξετάζεται η δομή του αερίου καθώς και η μεμονωμένη συμπεριφορά των δομικών του λίθων δηλαδή των μορίων του.

3.2. Απόλυτη θερμοκρασία

Όταν τη θερμοκρασία τη μετράμε σε βαθμούς Kelvin (K), την ονομάζουμε απόλυτη θερμοκρασία. Αν T η θερμοκρασία σε K και θ η θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$ τότε ισχύει η ακόλουθη σχέση:

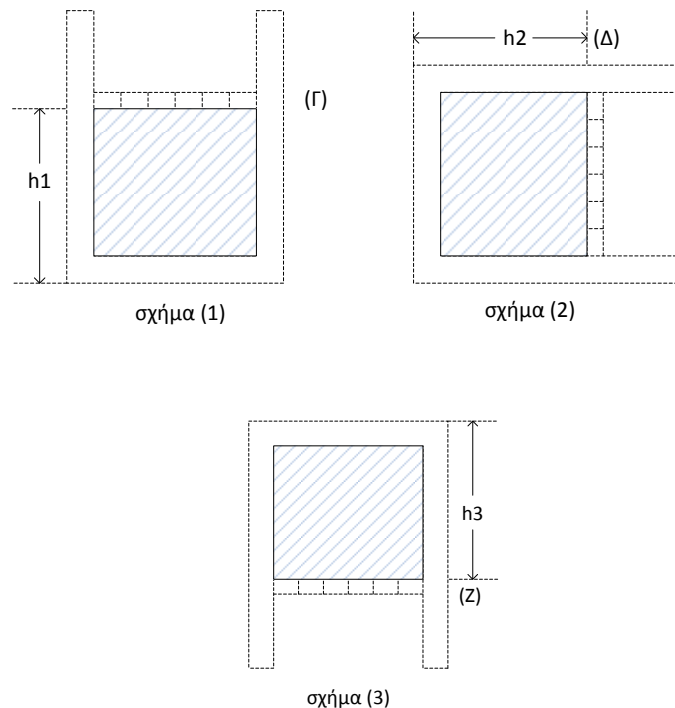
$$T(K) = 273 + \theta(^{\circ}\text{C})$$

$$P \cdot V = \text{σταθ.}$$

1. Δοχείο με αγωγήμια τοιχώματα περιέχει αέριο σε κατάσταση ισορροπίας και είναι σε επαφή με δεξαμενή σταθερής θερμοκρασίας. Αν το αέριο παθαίνει μεταβολή αυτή είναι ισόθερμη.
2. Δοχείο με ανένδοτα και αγωγήμια τοιχώματα περιέχει αέριο σε κατάσταση ισορροπίας. Αν το αέριο παθαίνει μεταβολή, αυτή είναι ισόχωρη.
3. Κατακόρυφο δοχείο κλείνεται στο πάνω μέρος του με έμβολο βάρους w , εμβαδού διατομής A και περιέχει αέριο σε κατάσταση ισορροπίας. Η πίεση του είναι $P = P_{atm} + \frac{w}{A}$. Αν το αέριο παθαίνει μεταβολή και ισχύει συνεχώς η παραπάνω σχέση τότε η μεταβολή είναι ισοβαρής.

Λυμένες ασκήσεις

1. Κυλινδρικό δοχείο με εμβαδό βάσης $A = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ περιέχει ιδανικό αέριο και κλείνεται με έμβολο βάρους $\vec{w}$ που μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Τα τοιχώματα του δοχείου είναι θερμικά αγωγήμια και η θερμοκρασία περιβάλλοντος σταθερή.



Η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με $P_{atm} = 1 \text{ atm}$. Όταν το δοχείο τοποθετηθεί με τη βάση του προς τα κάτω (σχήμα 1) το ύψος της στήλης του αερίου είναι $h_1 = 20 \text{ cm}$ και η πίεση του $P_1 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

Το έμβολο ισορροπεί στη θέση (Γ).

- α. Να υπολογίσετε το βάρος του εμβόλου.

β. Περιστρέφουμε το δοχείο ώστε να γίνει οριζόντιο και το έμβολο ισορροπεί σε νέα θέση (Δ).

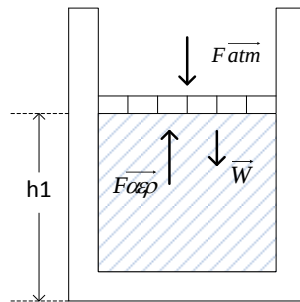
Να υπολογίσετε το μήκος h_2 .

γ. Περιστρέφουμε το δοχείο ώστε να γίνει κατακόρυφο με το έμβολο από κάτω και έτσι το έμβολο ισορροπεί σε νέα θέση (Z). Να υπολογίσετε το νέο ύψος h_3 της στήλης του αερίου.

$$\text{Δίνεται } 1\text{Atm} = 10^5 \text{ N/m}^2.$$

Λύση

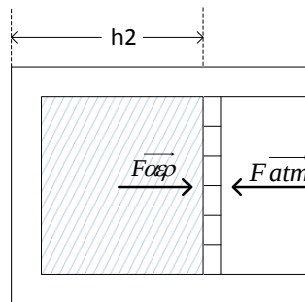
α. Επειδή το έμβολο ισορροπεί:



$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow F_{1\alpha\epsilon\rho} = F_{atm} + w \Rightarrow P_1 \cdot A = P_{atm} \cdot A + w \Rightarrow w = (P_1 - P_{atm}) \cdot A \Rightarrow$$

$$w = (1,5 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ N} \Rightarrow w = 200 \text{ N}$$

β. Από την ισορροπία του εμβόλου



$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow F_{2,\alpha\epsilon\rho} = F_{atm} \Rightarrow P_2 \cdot A = P_{atm} \cdot A \Rightarrow P_2 = P_{atm} = 10^5 \text{ N/m}^2.$$

Επειδή τα τοιχώματα είναι θερμικά αγωγίμα και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος σταθερή, η μεταβολή είναι ισόθερμη με το αέριο να διατηρεί τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Άρα:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \Rightarrow P_1 \cdot A \cdot h_1 = P_2 \cdot A \cdot h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{P_1 \cdot h_1}{P_2} \Rightarrow$$

$$\Delta p = 2 \cdot \frac{2\bar{K}}{v_{\varepsilon V}^2} \cdot v_{\varepsilon V} \Rightarrow \Delta p = \frac{4\bar{K}}{v_{\varepsilon V}} \Rightarrow \Delta p = \frac{4 \cdot 565 \cdot 10^{-23} \text{ Kg} \cdot \text{m/s}}{493,7} \Rightarrow \Delta p = 4,58 \cdot 10^{-23} \text{ Kg} \cdot \text{m/s}$$

3. Κατά την ισόχωρη θέρμανση μιας ποσότητας αερίου, η ενεργός ταχύτητα του διπλασιάζεται. Να υπολογίσετε την εκατοστιαία μεταβολή της πίεσης του αερίου.

Λύση

Έχουμε:

$$v_{\varepsilon V,2} = 2 \cdot v_{\varepsilon V,1} \Rightarrow \sqrt{\frac{3RT_2}{M}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{3RT_1}{M}} \Rightarrow T_2 = 4 \cdot T_1 (1)$$

Από το νόμο του Charles έχουμε:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = P_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \stackrel{(1)}{\Rightarrow} P_2 = 4 \cdot P_1 (2).$$

Το ποσοστό μεταβολής της πίεσης είναι:

$$\frac{P_2 - P_1}{P_1} \cdot 100\% \stackrel{(2)}{=} \frac{4P_1 - P_1}{P_1} \cdot 100\% = 300\%$$

Παρατήρηση

Το ποσοστό μεταβολής ενός μεγέθους x δίνεται γενικά από τη σχέση: $\frac{x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}}}{x_{\text{αρχ}}} \cdot 100\%$

3.8. Άλυτες ασκήσεις

3.8.1. Ερωτήσεις

- Ποσότητα ιδανικού αερίου εκτονώνεται υπό σταθερή θερμοκρασία.
 - Ποιος νόμος ισχύει για τη μεταβολή αυτή;
 - Να παραστήσετε τη μεταβολή αυτή σε διάγραμμα P-V, V-T και P-T.
- Τα παρακάτω διαγράμματα παριστάνουν τρεις μεταβολές μιας ποσότητας ιδανικού αερίου.
 - Ποιος νόμος ισχύει για καθεμία από τις μεταβολές αυτές;

3.8.2. Προβλήματα

1. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) έχει γραμμομοριακή μάζα $M_{\text{CO}_2} = 44 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/mol}$. Αν το θεωρήσουμε ιδανικό αέριο, να βρείτε την πυκνότητά του σε πίεση $P = 8,31 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ και σε θερμοκρασία $T = 440 \text{ K}$.

Δίνεται: $R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$.

$$[\rho = 1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}]$$

2. Μια ποσότητα ιδανικού αερίου μάζας $m_{\text{ολ}} = 0,012 \text{ kg}$ βρίσκεται σε θερμοκρασία $T_1 = 450 \text{ K}$ και καταλαμβάνει όγκο $V_1 = 4 \text{ L}$. Το αέριο ψύχεται ισοβαρώς. Σε ποια θερμοκρασία T_2 η πυκνότητά του γίνεται $\rho = 6 \text{ kg/m}^3$;

$$[T = 225 \text{ K}]$$

3. Μια ποσότητα ιδανικού αερίου, η οποία βρίσκεται αρχικά στην κατάσταση Α με $P_A = 10^5 \text{ N/m}^2$, $V_A = 6 \text{ L}$ και $T_A = 400 \text{ K}$, συμπιέζεται ισόθερμα μέχρι την κατάσταση Β, όπου η πίεση είναι $P_B = 3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Από την κατάσταση Β μεταβαίνει ισοβαρώς στην κατάσταση Γ με $T_\Gamma = 200 \text{ K}$. Στη συνέχεια, από την κατάσταση Γ μεταβαίνει ισόθερμα στην κατάσταση Δ, απ' όπου ισοβαρώς επιστρέφει τελικά στην αρχική του κατάσταση Α.

α) Να βρείτε τους όγκους V_B, V_Γ, V_Δ του αερίου.

β) Να παραστήσετε την κυκλική μεταβολή του αερίου σε διάγραμμα $P - V$.

$$[\alpha. V_B = 2 \text{ L}, V_\Gamma = 1 \text{ L}, V_\Delta = 3 \text{ L}]$$

4. Ποσότητα $n = \frac{10}{R} \text{ mol}$ ιδανικού αερίου, η οποία αρχικά βρίσκεται στην κατάσταση Α με

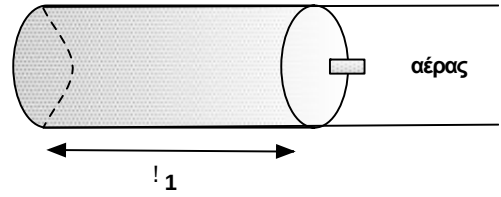
$$P_A = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2, V_A = 7,5 \text{ L}$$

εκτελεί την κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ, που αποτελείται από τις ακόλουθες επιμέρους μεταβολές:

ΑΒ: ισοβαρής εκτόνωση με $T_B = 2T_A$.

ΒΓ: ισόθερμη εκτόνωση με $V_\Gamma = 2V_B$.

30. Ιδανικό αέριο βρίσκεται σε κυλινδρικό δοχείο το ένα άκρο του οποίου κλείνεται με έμβολο εμβαδού $A = 20\text{cm}^2$, που μπορεί να κινείται ελεύθερα χωρίς τριβές. Η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με $p = 1\text{atm}$, η απόλυτη θερμοκρασία του αερίου είναι ίση με $T_1 = 300\text{K}$ και το έμβολο ισορροπεί σε θέση που απέχει $l_1 = 10\text{cm}$ από το κλειστό άκρο του δοχείου.

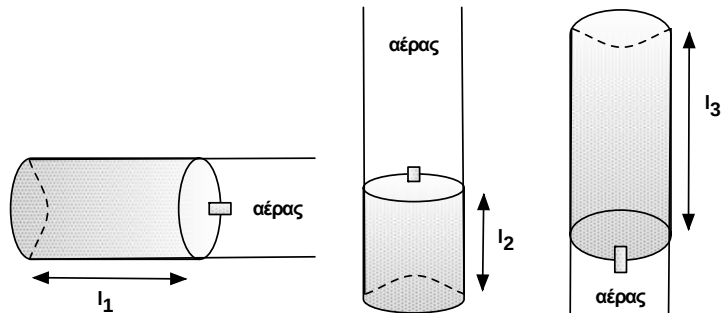


- Να υπολογίσετε τον αριθμό των μορίων του αερίου.
- Θερμαίνουμε αργά το αέριο μέχρι το έμβολο να ισορροπήσει σε νέα θέση που απέχει $l_2 = 40\text{cm}$ από το κλειστό άκρο του δοχείου. Να υπολογίσετε:
 - το πηλίκο των ενεργών ταχυτήτων των μορίων του αερίου στην αρχική και τελική κατάσταση,
 - τη μεταβολή της μέσης μεταφορικής κινητικής ενέργειας των μορίων του αερίου.

Δίνονται: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$ και $1\text{atm} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

[α. $N = 0,48 \cdot 10^{22}$ μόρια, β. i) $\frac{v_{ev1}}{v_{ev2}} = \frac{1}{2}$, ii) $\Delta \bar{E}_k = 1863 \cdot 10^{-23} \text{J}$]

31. Ένας κυλινδρικός σωλήνας φράσσεται με εφαρμοστό έμβολο εμβαδού $A = 50\text{cm}^2$ και βάρους $B = 100\text{N}$, το οποίο μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Στο σωλήνα υπάρχουν $n = \frac{0,5}{R} \text{mol}$



O_2 (όπου R η παγκόσμια σταθερά των ιδανικών αερίων σε $\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$) σε θερμοκρασία

$\theta = 27^\circ\text{C}$. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι $p_{\text{ατμ}} = 10^5 \text{N/m}^2$.

- Να υπολογίσετε το ύψος της στήλης του O_2 , όταν ισορροπεί το έμβολο και ο σωλήνας είναι:
 - οριζόντιος,
 - κατακόρυφος με το έμβολο από πάνω,

Κεφάλαιο 4

Θερμοδυναμική

Στην **Θερμοδυναμική**, εκείνο που ενδιαφέρει κυρίως είναι το σύστημα (τμήμα του φυσικού κόσμου που διαχωρίζεται από τον υπόλοιπο με πραγματικά ή νοητά τοιχώματα), και όχι το περιβάλλον του, οπότε οι εξισώσεις της θερμοδυναμικής πρέπει να συνδέουν μεγέθη που αναφέρονται στις ιδιότητες ή συντεταγμένες του συστήματος (P, V, T) και όχι του περιβάλλοντος.

Για το λόγο αυτό οι μεταβολές πρέπει να είναι τέτοιες ώστε όλοι οι υπολογισμοί να ανάγονται στις θερμοδυναμικές συντεταγμένες του συστήματος και όχι του περιβάλλοντος.

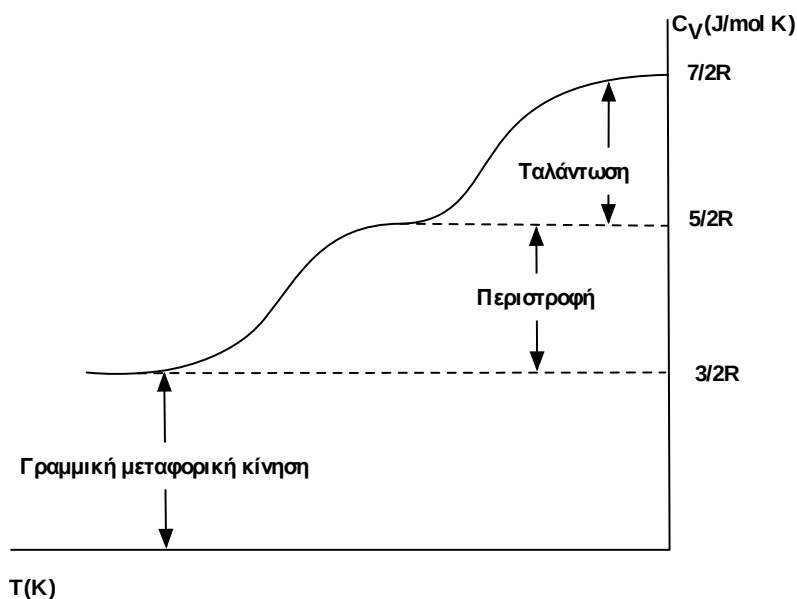
Υπάρχει ένα είδος μεταβολών, στις οποίες είναι πάντοτε δυνατόν οι υπολογισμοί να βασίζονται στις συντεταγμένες του συστήματος. Αυτές οι μεταβολές ονομάζονται αντιστρεπτές.

4.1. Θερμοδυναμική ισορροπία

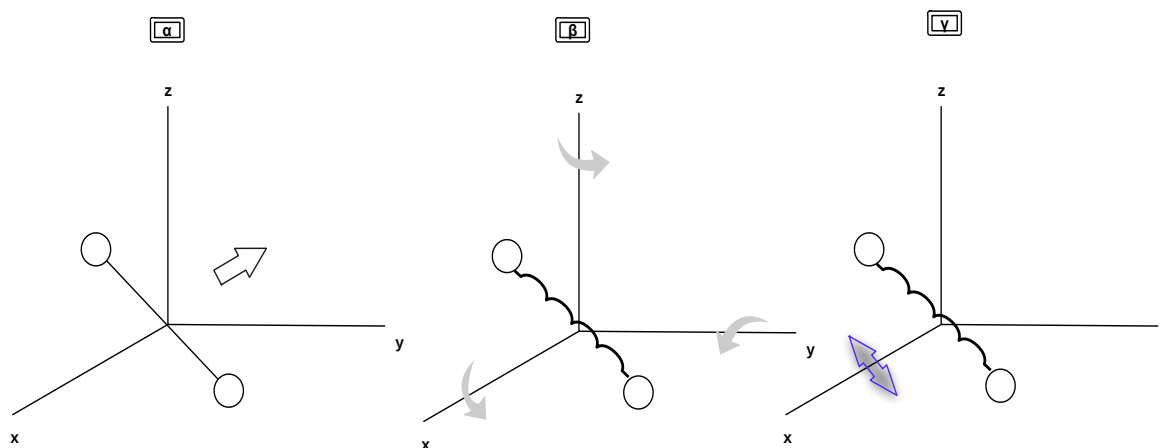
Μια ποσότητα αερίου βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας όταν οι θερμοδυναμικές μεταβλητές του έχουν την ίδια τιμή σε όλη την έκταση του αερίου. Η κατάσταση αυτή μπορεί να παρασταθεί γραφικά με ένα σημείο.

4.2. Αντιστρεπτή μεταβολή

Αντιστρεπτή μεταβολή ενός συστήματος, ονομάζουμε τη μεταβολή που όταν αντιστραφεί και το σύστημα επανέλθει στην αρχική του κατάσταση, δεν έχουμε καμία αλλαγή στο σύστημα και το περιβάλλον.



Σχήμα 4.1



Εικόνα 4.1: α) μεταφορική κίνηση β) περιστροφική κίνηση και γ) ταλάντωση

4.9. Θερμικές μηχανές

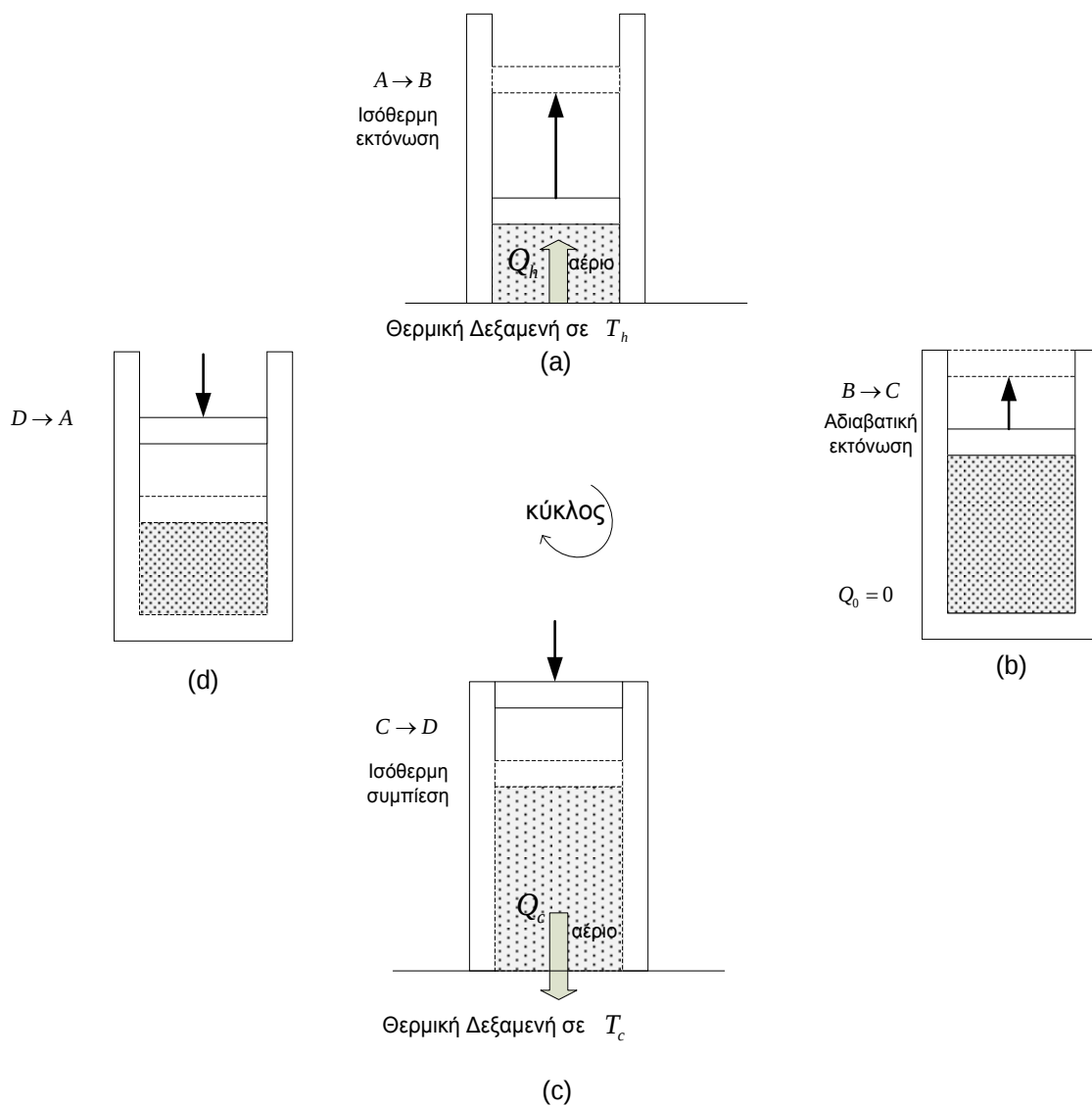
Η **θερμική μηχανή** είναι μια συσκευή η οποία μετατρέπει θερμική ενέργεια σε μηχανικό έργο.

Η θερμική μηχανή υποβάλλει ένα μέσο σε μια κυκλική διαδικασία, κατά τη διάρκεια της οποίας: **(1)** Η μηχανή απορροφά θερμότητα από πηγή θερμότητας που έχει υψηλή θερμοκρασία, **(2)** Η μηχανή παράγει έργο και **(3)** Η μηχανή αποβάλλει θερμότητά προς μια πηγή χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Το **καθαρό έργο** W που παράγει η μηχανή ισούται με την καθαρή (δηλαδή τη διαφορά της εισερχόμενης μείον την εξερχόμενη) θερμότητα που ρέει στη μηχανή. Δηλαδή: $W = Q_h - Q_c$.

δεξαμενής και T_h τής θερμής). Το μέσον αυτό είναι ιδανικό αέριο που περιέχεται σε έναν κύλινδρο με κινητό έμβολο στο ένα άκρο του.

Τα τοιχώματα τού κυλίνδρου και το έμβολο δεν άγουν τη θερμότητα (δηλαδή είναι θερμομονωτές). Στο σχήμα 1 βλέπουμε τους τέσσερις μετασχηματισμούς τού κύκλου τού Carnot, ενώ στο σχήμα 2 απεικονίζεται το διάγραμμα PV τού κύκλου αυτού. Ο κύκλος Carnot αποτελείται από δύο αδιαβατικές και δύο ισόθερμες μεταβολές (όλες είναι αντιστρεπτές).



Σχήμα 4.2

$$T_h V_B^{\gamma-1} = T_c V_C^{\gamma-1}$$

$$T_h V_A^{\gamma-1} = T_c V_D^{\gamma-1}$$

Διαιρούμε τις δύο αυτές εξισώσεις και βρίσκουμε:

$$\left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow$$

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{V_C}{V_D}$$

Άρα προκύπτει $\frac{|Q_c|}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$

4.12. Μεθοδολογία – λυμένες ασκήσεις

1^η Κατηγορία ασκήσεων

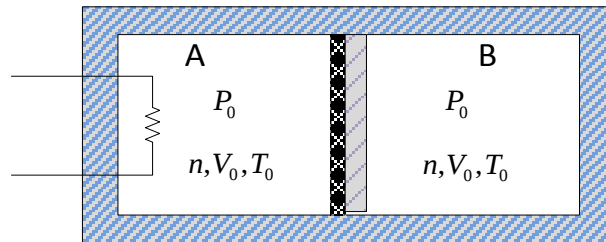
Μεταβολές και 1^{ος} Θερμοδυναμικός νόμος

Για τη λύση αυτών των ασκήσεων πρέπει να γνωρίζουμε τα εξής:

1. Στη σχέση $Q = \Delta U + W$ τα μεγέθη αντικαθίστανται με τις αλγεβρικές τους τιμές.
2. Τα μεγέθη Q, W είναι μεταβατικά, δηλαδή έχουν νόημα για μεταβολές και όχι για καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας. Επίσης εξαρτώνται από το είδος της μεταβολής.
3. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας εξαρτάται μόνο από την αρχική και τελική κατάσταση του αερίου και δίνεται για κάθε μεταβολή από τη σχέση $\Delta U = n \cdot C_V \cdot \Delta T$.
4. Δύο καταστάσεις A και B για τις οποίες το γινόμενο $P \cdot V =$ σταθερό, έχουν την ίδια θερμοκρασία.
5. Έργα ισοβαρών μεταξύ δύο ίδιων ισόθερμων είναι ίσα

$$W_{AB} = W_{\Gamma A} = n \cdot R \cdot (T_2 - T_1).$$

4. Κύλινδρος με αδιαβατικά και ανένδοτα τοιχώματα περιέχει αδιαβατικό έμβολο που είναι ελεύθερο να κινηθεί χωρίζει τον κύλινδρο σε δύο ίσα μέρη και σε καθένα απ' αυτά περιέχονται $n = \frac{20}{R}$ moles του ίδιου ιδανικού αερίου σε θερμοκρασία $T_0 = 300\text{K}$ και πίεση $P_0 = 10^5 \text{ N/m}^2$. Θερμαίνουμε μέσω αντίστασης το μέρος Α προκαλώντας αργή αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι ο όγκος να γίνει $V_A = \frac{15}{8} V_0$. Να υπολογίσετε :



- α. Τις τελικές τιμές πίεσης και θερμοκρασίας σε κάθε μέρος του κυλίνδρου.
β. Το ποσό θερμότητας που προσφέρεται στο σύστημα μέσω της αντίστασης.

Δίνονται: $\gamma = \frac{5}{3}$ και ότι η σταθερά R μετριέται σε μονάδες (S.I.)

Λύση

α.

- i. Η τελική πίεση είναι ίδια και στα δύο μέρη του κυλίνδρου αφού το έμβολο θα ισορροπήσει. Η μεταβολή του αερίου στο μέρος Β είναι αδιαβατική συμπίεση. Έχουμε:

$$P_0 \cdot V_0^\gamma = P \cdot V_B^\gamma \Rightarrow P_0 \cdot V_0^\gamma = P \cdot \left(\frac{V_0}{8} \right)^\gamma \Rightarrow P_0 \cdot V_0^\gamma = P \cdot \frac{V_0^\gamma}{8^\gamma} \Rightarrow P = P_0 \cdot 8^\gamma \Rightarrow$$

$$P = P_0 \cdot (2^3)^{\frac{5}{3}} \Rightarrow P = 32 \cdot P_0$$

- ii. Οι θερμοκρασίες στα μέρη Α και Β υπολογίζονται από την καταστατική εξίσωση:

$$T_A = \frac{P \cdot V_A}{n \cdot R} \Rightarrow T_A = \frac{32 \cdot P_0 \cdot 15 \cdot V_0}{8 \cdot n \cdot R} \Rightarrow T_A = 60 \cdot \frac{P_0 \cdot V_0}{n \cdot R} \Rightarrow$$

$$T_A = 60 \cdot T_0 \Rightarrow T_A = 18000\text{K}$$

$$T_B = \frac{P \cdot V_B}{n \cdot R} \Rightarrow T_B = \frac{32 \cdot P_0 \cdot V_0}{8 \cdot n \cdot R} \Rightarrow T_B = 4 \cdot \frac{P_0 \cdot V_0}{n \cdot R} \Rightarrow$$

4.13. Άλυτες ασκήσεις

4.13.1. Ερωτήσεις Σωστού - Λάθους

1. Ποιες από τις επόμενες προτάσεις, που αναφέρονται στο έργο αερίου, είναι σωστές;
 - α) Όταν το αέριο εκτονώνεται, το έργο του είναι θετικό.
 - β) Όταν ο όγκος του αερίου δεν μεταβάλλεται, το έργο του είναι μηδέν.
 - γ) Τα αέρια παράγουν έργο μόνο στις αντιστρεπτές μεταβολές.
 - δ) Στην αντιστρεπτή ισόχωρη μεταβολή ιδανικού αερίου το έργο είναι πάντα διάφορο του μηδενός.
 - ε) Σε μια αντιστρεπτή μεταβολή το έργο του αερίου μπορεί να υπολογιστεί από το διάγραμμα $P - V$.
2. Στην ισόχωρη θέρμανση ιδανικού αερίου:
 - α) ο όγκος του παραμένει σταθερός,
 - β) η πίεσή του παραμένει σταθερή,
 - γ) η εσωτερική του ενέργεια παραμένει σταθερή,
 - δ) η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή.Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστή;
3. Σε μια ισόθερμη εκτόνωση μιας ποσότητας
 - α) η πίεσή του αυξάνεται,
 - β) η εσωτερική του ενέργεια μειώνεται,
 - γ) η ενεργός ταχύτητα των μορίων του μένει σταθερή.Ποιες από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
4. Σε μια ισόχωρη ψύξη το αέριο:
 - α) αυξάνει την εσωτερική του ενέργεια,
 - β) αποδίδει στο περιβάλλον ενέργεια με τη μορφή θερμότητας,
 - γ) απορροφά από το περιβάλλον ενέργεια με τη μορφή έργου,
 - δ) αποδίδει στο περιβάλλον έργο ίσο με τη θερμότητα που απορροφά.

Κεφάλαιο 5

Ηλεκτρική – Δυναμική ενέργεια

Είναι ήδη γνωστό ότι η δύναμη της βαρύτητας είναι διατηρητική. Η ηλεκτροστατική δύναμη Coulomb είναι επίσης μια συντηρητική δύναμη.

Γνωρίζουμε εξ ορισμού ότι το έργο που παράγει μια διατηρητική δύναμη ισούται με το αντίθετο της μεταβολής της δυναμικής ενέργειας ΔU .

Έτσι αν ένα δοκιμαστικό φορτίο μετακινηθεί υπό την επίδραση της ηλεκτρικής δύναμης του πεδίου από το σημείο A στο σημείο B, τότε μπορούμε να γράψουμε ότι η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας είναι $\Delta U = -W_{A \rightarrow B} \Rightarrow W_{A \rightarrow B} = -(U_B - U_A)$.

Έστω $B \rightarrow \infty \Rightarrow U_B = 0$. Τότε έχουμε ότι $U_A = W_{A \rightarrow \infty}$. Με χρήση ανώτερων μαθηματικών προκύπτει ότι το έργο $W_{A \rightarrow \infty} = k \frac{Qq}{r} = U_A$.

5.1. Δυναμική ενέργεια πολλών σημειακών φορτίων

Στην περίπτωση όπου έχουμε ένα σύστημα με περισσότερα από δύο σημειακά φορτία, για να υπολογίσουμε τη δυναμική ενέργεια του συστήματος, αθροίζουμε τις δυναμικές ενέργειες αλληλεπίδρασης των φορτίων ανά δύο.

5.2. Δυναμικό – Διαφορά δυναμικού

Μέχρι τώρα η περιγραφή του ηλεκτρικού πεδίου έγινε με την εισαγωγή του μεγέθους ένταση, που είναι μέγεθος διανυσματικό. Παρακάτω η περιγραφή του πεδίου εμπλουτίζεται με ένα μονόμετρο μέγεθος που ονομάζεται διαφορά δυναμικού ή τάση.

5.3. Κινήσεις φορτισμένων σωματιδίων σε ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο

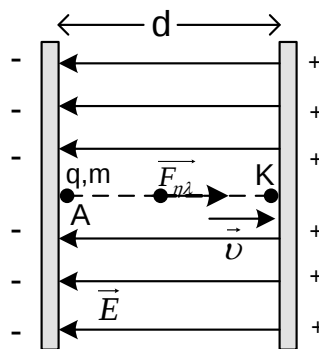
Σε αυτή την ενότητα θα περιγραφεί η κίνηση ενός φορτισμένου σωματιδίου μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Όπως θα δούμε η κίνηση είναι ισοδύναμη με την κίνηση ενός βλήματος σε ομογενές βαρυτικό πεδίο.

5.3.1. Κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα

Όταν τοποθετήσουμε ένα φορτίο μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο σταθερής έντασης, τότε η μοναδική δύναμη που δέχεται το σωματίδιο είναι η ηλεκτρική δύναμη $F = |q|E$. Εφαρμόζοντας τον 2^ο Νόμο του

Νεύτωνα έχουμε ότι $F = ma \Rightarrow |q|E = ma \Rightarrow a = \frac{|q|E}{m}$.

Έτσι εάν το φορτίο είναι θετικό η επιτάχυνση έχει την κατεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου E ενώ αν το σωματίδιο είναι αρνητικά φορτισμένο τότε η επιτάχυνση κατευθύνεται αντίθετα από το ηλεκτρικό πεδίο.



Οι εξισώσεις κίνησης είναι οι ακόλουθες:

$$v = at$$

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

5.3.2. Χρόνος κίνησης στο πεδίο

Αν η απόσταση των πλακών είναι d τότε:

$$d = \frac{1}{2}at_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2d}{a}}$$

Τελική Ταχύτητα

Η ταχύτητα με την οποία φτάνει στην φορτισμένη πλάκα είναι ίση με:

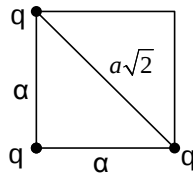
Λυμένες ασκήσεις

1. Τρία σημειακά φορτία q βρίσκονται στις τρεις κορυφές τετραγώνου πλευράς a . Να υπολογίσετε την απαιτούμενη ενέργεια ώστε να μεταφερθούν στις κορυφές ισοπλεύρου τριγώνου πλευράς a .

Δίνεται: $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0,7$.

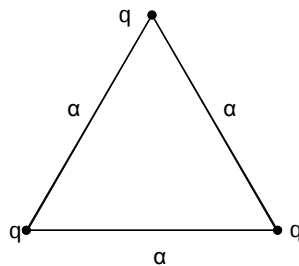
Λύση

Η αρχική δυναμική ενέργεια του συστήματος είναι:



$$U_{\text{αρχ}} = k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a\sqrt{2}} = k \frac{q^2}{a} \left(1 + 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \Rightarrow U_{\text{αρχ}} = 2,7k \frac{q^2}{a}.$$

Η τελική δυναμική ενέργεια του συστήματος είναι:



$$U_{\text{τελ}} = k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a} \Rightarrow U_{\text{τελ}} = 3 \cdot k \frac{q^2}{a}.$$

Η απαιτούμενη ενέργεια (ελάχιστη) είναι:

$$E_{\text{απαιτ.}} = -W_{E_{\eta\lambda}} = -(U_{\eta\lambda(\text{αρχ})} - U_{\eta\lambda(\text{τελ})}) \Rightarrow E_{\text{απαιτ.}} = U_{\eta\lambda(\text{τελ})} - U_{\eta\lambda(\text{αρχ})} \Rightarrow E_{\text{απαιτ.}} = 0,3 \cdot k \frac{q^2}{a}$$

(παρατήρηση μεθοδολογίας 2).

2. Δύο σωματίδια έχουν την ίδια μάζα $m = 2 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$, το ίδιο φορτίο $q = 10 \mu\text{C}$ και συγκρατούνται σε απόσταση $x = 2 \text{ cm}$

A. Την ταχύτητα του, όταν η απόσταση γίνει $2x$.

B. Τη μέγιστη ταχύτητα που αποκτά το κινούμενο σωματίδιο.

Δίνεται: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

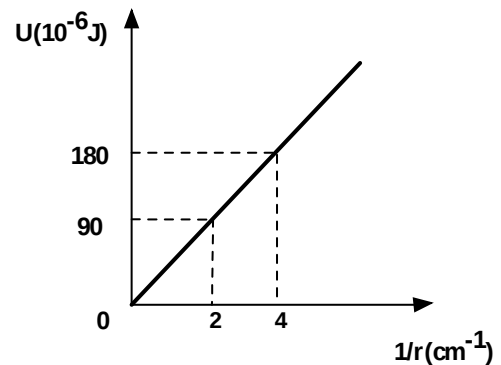
β) κινηθεί προς τα κάτω.

Ποια είναι η σωστή απάντηση; Να την αιτιολογήσετε.

5.5.2. Προβλήματα

Η δυναμική ενέργεια δύο φορτίων q_1 και $q_2 = 10\mu\text{C}$ παριστάνεται σε συνάρτηση με το αντίστροφο της μεταξύ τους απόστασης στο διπλανό σχήμα. Να υπολογίσετε το φορτίο q_1 . Δίνεται $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

[$5 \cdot 10^{-12} \text{ J}$]



1. Η δυναμική ενέργεια συστήματος δύο φορτίων είναι 10 J . Ποια η επί % μεταβολή της ενέργειας καθενός, αν η μεταξύ τους απόσταση τετραπλασιαστεί;

[-75%]

2. Τρία σημειακά φορτία $Q_1 = +2\mu\text{C}$, $Q_2 = +1\mu\text{C}$ και Q_3 κρατούνται στις κορυφές ΑΒΓ ενός ισόπλευρου τριγώνου, πλευράς $a = 10 \text{ cm}$, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η δυναμική ενέργεια του συστήματος των τριών φορτίων ισούται με $4,5 \cdot 10^{-2} \text{ J}$. Να υπολογίσετε:

α) Το φορτίο Q_3 ,

β) Τη δυναμική ενέργεια του φορτίου Q_3 , εξαιτίας της αλληλεπίδρασης του με τα άλλα δυο φορτία,

γ) Την ενέργεια που απαιτείται για να μετακινηθεί το φορτίο Q_3 από το σημείο Γ στο άπειρο, κρατώντας τα άλλα δυο φορτία ακίνητα.

Δίνεται: $k_c = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$.

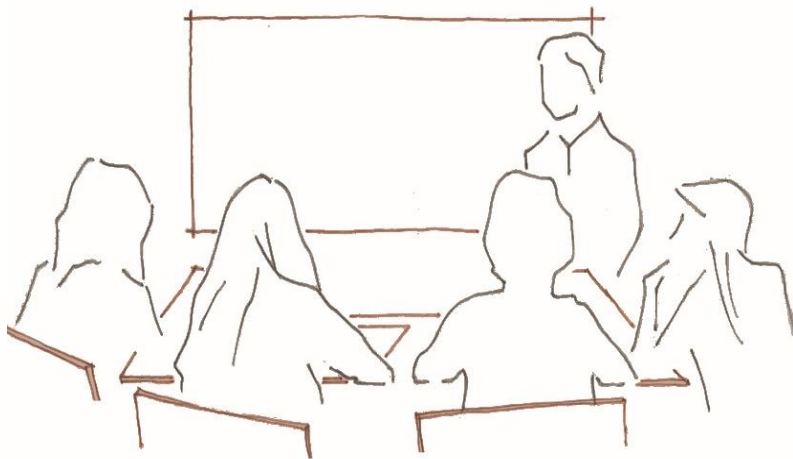
[α. $Q_3 = -0,5 \cdot 10^{-6} \text{ J}$, β. $U_3 = -0,135 \text{ J}$, γ. $E_{\text{απαιτ}} = 13,5 \cdot 10^{-2} \text{ J}$]

3. Τρία σημειακά φορτία $Q_1 = -1\mu\text{C}$, $Q_2 = -2\mu\text{C}$ και $Q_3 = +2\mu\text{C}$ κρατούνται ακίνητα στα σημεία Α, Β και Γ αντίστοιχα μιας ευθείας $x'x$. Η απόσταση ΑΒ είναι τριπλάσια της απόστασης ΒΓ, ενώ η απόσταση ΑΓ ισούται με 12 cm . Να υπολογίσετε τη δυναμική ενέργεια:

α) Του συστήματος των φορτίων Q_1 και Q_3 ,

Βιβλιογραφία

1. Serway “Physics for scientists and engineering” Third edition Τόμοι I,II και III.
2. Young H. “ Πανεπιστημιακή φυσική διευρυμένη με σύγχρονη”, Τόμος Α’.
3. Μαθιουδάκης Γ., Παναγιωτακόπουλος Γ., Φυσική θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης, Β’ Λυκείου, 2003, Εκδόσεις Σαββάλας.
4. Σαββάλας Σ., Σαββάλας Α., Φυσική θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης, Β’ Λυκείου, 2003, Εκδόσεις Σαββάλας.
5. Κομελίδης Γ., Φυσική θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης, Β’ Λυκείου, Εκδόσεις Κάνδυλας.
6. www.ylikonet.gr



ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ ΜΕΣΗΣ & ΑΝΩΤΑΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
Ε. ΣΤΟΓΙΑΝΝΗΣ

Ασπασίας 76-78, Χολαργός Τηλ. 210 6512099

e-mail: stogiannis@stogiannis.edu.gr

www.stogiannis.edu.gr