ΚΕΦ. 1.2 – ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΕ ΜΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

Στο Κεφάλαιο 1.1 (Κινηματική) είδαμε πώς κινούνται τα σώματα (αν κάνουν δηλαδή ΕΟΚ, ΕΟΕΚ κλπ).
Στο Κεφάλαιο 1.2 τώρα της Δυναμικής θα δούμε το γιατί κινούνται τα σώματα. Εδώ θα πρέπει όμως να εισάγουμε ένα νέο μέγεθος, τη **Δύναμη**.

Δύναμη

Γνωρίζουμε ήδη από την εμπειρία μας ότι σε ένα σώμα ασκείται μια δύναμη όταν αυτό σπρώχνεται ή τραβιέται. Γενικότερα, τώρα θα πούμε ότι...

«...**δύναμη** είναι η αιτία που ένα σώμα αλλάζει την κινητική του κατάσταση (αλλάζει την ταχύτητά του δηλαδή) ή παραμορφώνεται.»

Με άλλα λόγια σε ένα σώμα ασκείται μια δύναμη όταν αυτό το σώμα αλλάζει την ταχύτητά του ή παραμορφώνεται (ή συμβαίνουν και τα 2 μαζί)

Αν και τις δυνάμεις δεν τις βλέπουμε, αντιλαμβανόμαστε όμως τα αποτελέσματά τους (την αλλαγή ταχύτητας στο σώμα δηλαδή ή την παραμόρφωσή του). Ξέρουμε δηλαδή ότι σε ένα σώμα ασκείται μια δύναμη, αν αλλάζει η ταχύτητα αυτού του σώματος ή αν το σώμα παραμορφώνεται.

Ξέρουμε για τις δυνάμεις επίσης ότι αυτές ασκούνται πάντα ανά ζεύγη, ότι οι δυνάμεις δηλαδή εμφανίζονται πάντοτε ανά δύο και μεταξύ 2 σωμάτων. Πάντα χρειάζεται δηλαδή ένα δεύτερο σώμα που θα ασκεί δύναμη στο πρώτο, ενώ και το πρώτο θα ασκεί δύναμη στο δεύτερο (3^{ος} Νόμος Νεύτωνα που θα δούμε παρακάτω). Λέμε τότε ότι τα 2 αυτά σώματα αλληλεπιδρούν.

Διανυσματικός χαρακτήρας της Δύναμης

Η δύναμη είναι ένα διανυσματικό μέγεθος – σαν την ταχύτητα – χρειάζεται δηλαδή για τον προσδιορισμό της μέτρο, διεύθυνση και φορά. Πράγματι, όταν λέμε ότι ασκούμε μία δύναμη με το χέρι μας σε ένα βιβλίο που ακουμπά στο τραπέζι, εκτός από το πόσο δυνατά σπρώχνουμε το βιβλίο (μέτρο της δύναμης) θα πρέπει να δώσουμε και πληροφορία προς τα πού σπρώχνουμε το βιβλίο (πχ διεύθυνση Βορρά–Νότου με φορά προς το Νότο)

Μονάδα μέτρησης της δύναμης στο SI είναι το 1 Newton (Νιούτον) ή πιο σύντομα 1N. Χοντρικά μπορούμε να πούμε ότι όταν κρατάμε μάζα 100 γραμμαρίων στο χέρι μας (ένα μέτριο λεμόνι) τότε στο χέρι μας νοιώθουμε δύναμη 1 N περίπου.

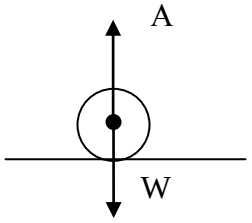
Οι δυνάμεις συμβολίζονται συνήθως με το γράμμα **F** από την αγγλική λέξη Force που σημαίνει δύναμη (αν και θα γνωρίσουμε και άλλες ειδικές δυνάμεις που συμβολίζονται W, A, T κλπ)

users.sch.gr/dimror

Πώς σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα;

Έχουμε συμφωνήσει ότι - ασχέτως αν μια δύναμη σπρώχνει ή τραβάει ένα σώμα - εμείς θα σχεδιάζουμε αυτή τη δύναμη σαν ένα βέλος με αρχή πάντα το κέντρο μάζας του σώματος που δέχεται αυτή τη δύναμη. Τα βήματα που ακολουθούμε όταν σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα είναι τα εξής:

i) Προσδιορίζουμε το σώμα το οποίο μελετάμε και στο οποίο ασκούνται οι δυνάμεις που θέλουμε να σχεδιάσουμε
ii) Πρώτα σχεδιάζουμε το βάρος W του σώματος (εκτός αν έχουμε την ειδική περίπτωση ενός σώματος στο διάστημα, μακριά από το βαρυτικό πεδίο οποιουδήποτε πλανήτη). Το διάνυσμα του Βάρους θα ξεκινά βέβαια από το κέντρο μάζας του σώματος και θα κατευθείνεται πάντα προς τα κάτω!
iii) Βρίσκουμε στη συνέχεια και τα άλλα σώματα που είναι σε άμεση επαφή με το σώμα που μελετάμε (ποια σώματα το ακουμπάνε δηλαδή) και σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που αυτά ασκούνε πάνω του.



Στο διπλανό σχήμα έχουμε σχεδιάσει το βάρος W που ασκεί η Γη στο σώμα μας από απόσταση, καθώς και τη δύναμη Α που ασκεί το δάπεδο στο σώμα εξ επαφής.

Αδράνεια

Σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να ορίσουμε και την έννοια της Αδράνειας ενός σώματος. Με λίγα λόγια:

«**Αδράνεια** είναι η τάση των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης (μεταβολή της ταχύτητάς τους δηλαδή)».

Θυμηθείτε το πείραμα με το κέρμα πάνω στο χαρτόνι. Αν το κέρμα είναι ακίνητο και εμείς κουνήσουμε απότομα το χαρτόνι κάτω από το κέρμα, τότε το κέρμα «θέλει» να παραμείνει ακίνητο. Αν το κέρμα κινείται μαζί με το χαρτόνι και το χαρτόνι ξαφνικά φρενάρει, τότε το κέρμα «θέλει» να συνεχίσει να κινείται. Αυτά που παρατηρούμε οφείλονται στην αδράνεια του κέρματος

Η αδράνεια ενός σώματος συνδέεται άμεσα με τη μάζα του και μάλιστα όσο μεγαλύτερη μάζα έχει ένα σώμα, τόσο πιο μεγάλη αδράνεια (=αντίσταση στην αλλαγή της ταχύτητας) θα παρουσιάζει.

Αδράνεια (δηλαδή αντίσταση στην αλλαγή της κίνησης) έχει κάθε σώμα που έχει μάζα (πχ το φως δεν έχει αδράνεια)

- ✓ Θεωρία §1.2.1 σελ. 74-76 σχολικού βιβλίου
- ✓ Ερωτήσεις σελ. 101: 14

users.sch.gr/dimror

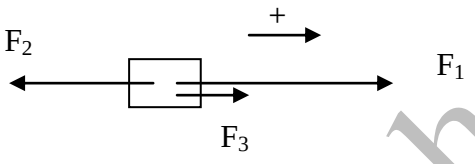
Συνισταμένη δύναμη

Όταν σε ένα σώμα ασκούνται πολλές δυνάμεις, τότε έχει νόημα να αναζητήσουμε τη **συνισταμένη** δύναμη που ασκείται σε αυτό το σώμα. Η συνισταμένη δύναμη είναι η μία εκείνη δύναμη που αντικαθιστά τις πολλές δυνάμεις αλλά προκαλεί τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα με αυτές.

Τη συνισταμένη δύναμη τη συμβολίζουμε συνήθως με **ΣF.** Τις δυνάμεις που αντικαθιστά η συνισταμένη ΣF τις ονομάζουμε **συνιστώσες** της ΣF.

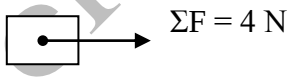
Στην περίπτωση που έχουμε συγγραμικές δυνάμεις (πάνω στην ίδια ευθεία δηλαδή), τότε βολεύει να δουλέψω όπως και στην Κινηματική στο 1^{ο} Κεφάλαιο (παράγραφος §1.1.4 βιβλίου και φυλλάδιο «Εισαγωγή στην Κινηματική – Βασικές Έννοιες») για τον υπολογισμό της μετατόπισης Δx: να ορίσω πχ μια αυθαίρετη θετική φορά προς τα δεξιά και να προσθέτω όσες δυνάμεις είναι προς τα δεξιά, ενώ να αφαιρώ όσες δυνάμεις είναι προς τα αριστερά. Αν το τελικό αποτέλεσμα προκύψει θετικό, τότε η συνισταμένη ΣF θα είναι προς τα δεξιά. Αν προκύψει αρνητικό, τότε η ΣF θα είναι προς τα αριστερά.

Παράδειγμα:
Αν στο παρακάτω σχήμα ισχύει $F_1 = 10$ N, $F_2 = 8$ N και $F_3 = 2$ N,



τότε $\Sigma F = F_1 + F_3 - F_2 = 10 + 2 - 8 = 12 - 8 = 4 \Rightarrow$ ΣF = 4 N προς τα δεξιά.

Συνήθως ξανακάνω το σχήμα χωρίς τις πολλές δυνάμεις, αλλά μόνο με τη ΣF που τις έχει αντικαταστήσει:



users.sch.gr/dimrot

- ✓ Θεωρία §1.2.2 σελ. 77-81 σχολικού βιβλίου
- ✓ Ερωτήσεις σελ. 101: 2, 3, 4
- ✓ Ασκήσεις σελ. 107: 1, 2, 3

Νόμοι του Νεύτωνα

Όπως στην Κινηματική είναι σημαντικές οι εξισώσεις κίνησης, έτσι και εδώ στη Δυναμική, εξέχουσα θέση έχουν οι 3 Νόμοι του Νεύτωνα που εξηγούν πλήρως τις κινήσεις των σωμάτων (στην Κλασσική τουλάχιστον Φυσική)

Συνισταμένη δύναμη και Νόμοι του Νεύτωνα

Αναλόγως με το τί θα προκύψει η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα, θα έχουμε και τον αντίστοιχο Νόμο του Νεύτωνα που θα ισχύσει για αυτό το σώμα:

1ος Νόμος του Νεύτωνα

Ο 1^{ος} Νόμος του Νεύτωνα συνοψίζεται στην εξής πρόταση:

«Όταν σε ένα σώμα η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται επάνω του είναι ίση με μηδέν ($\Sigma F = 0$) τότε το σώμα αυτό μπορεί να κάνει δύο πράγματα:

i) ή θα ισορροπεί ($\upsilon=0$), αν αρχικά ήταν ακίνητο
ii) ή θα κάνει κίνηση με σταθερή ταχύτητα (υ=σταθερή, ΕΟΚ δηλαδή), αν αρχικά είχε μια ταχύτητα»

2ος Νόμος του Νεύτωνα

Ο 2ος Νόμος του Νεύτωνα συνοψίζεται στην εξής πρόταση:

«Όταν σε ένα σώμα η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται επάνω του είναι διάφορη του μηδενός ($\Sigma F \neq 0$) τότε το σώμα αυτό θα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση (ΕΟΕΚ) με επιτάχυνση a που υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$\boxed{\Sigma F = m\,a}$ Μαθηματική σχέση του 2^{ου} Νόμου του Νεύτωνα
ή αλλιώς <u>Βασική Εξίσωση της Δυναμικής</u>»

Βλέπουμε τελικά ότι ο 1^{ος} και ο 2^{ος} Νόμος του Νεύτωνα μας απαντάνε ουσιαστικά στο <u>γιατί</u> ένα σώμα κάνει ΕΟΚ ή <u>γιατί</u> κάνει επιταχυνόμενη κίνηση: το γιατί έχει να κάνει με το αν είναι μηδενική ή όχι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται πάνω του.

users.sch.gr/dimror

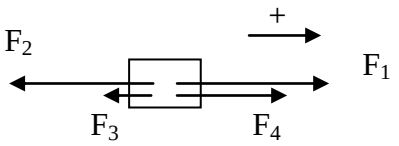
Παράδειγμα 1:

Το σώμα του παρακάτω σχήματος έχει μάζα m=2kg και είναι αρχικά ακίνητο ενώ για τις δυνάμεις που ασκούνται επάνω του ισχύει $F_1 = 5$ N, $F_2 = 6$ N, $F_3 = 1$ N και $F_4 = 4$ N.

α) υπολογίστε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα

β) τί είδους κίνηση κάνει το σώμα; Υπολογίστε την επιτάχυνσή του

γ) πόσα μέτρα θα διανύσει το σώμα σε χρόνο t = 4 s; Τί ταχύτητα θα έχει τότε;



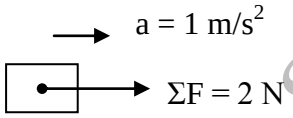
Λύση:

α) Θεωρώντας θετική φορά τη δεξιά, υπολογίζουμε τη συνισταμένη δύναμη:

$\Sigma F = F_1 + F_4 - F_2 - F_3 = 5 + 4 - 6 - 1 = 9 - 7 \Rightarrow \Sigma F = 2$ N προς τα δεξιά.

β) Επειδή $\Sigma F = 2$ N $\neq 0$ θα ισχύει ο $2^{ος}$ νόμος του Νεύτωνα, άρα το σώμα θα κάνει ΕΟΕΚ με επιτάχυνση a που θα υπολογίσω από τη σχέση $\boxed{\Sigma F = m\ a} \Rightarrow a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{2N}{2Kgr} \Rightarrow a = 1\ m/s^2$. Η επιτάχυνση a έχει (πάντα) την ίδια κατεύθυνση με την ΣF

Ξανακάνω το σχήμα χωρίς τις πολλές δυνάμεις, αλλά μόνο με τη ΣF που τις έχει αντικαταστήσει και σχεδιάζω και την επιτάχυνση a:



γ) Επειδή το σώμα κάνει ΕΟΕΚ, θα ισχύουν οι εξισώσεις κίνησης που έχουμε μάθει στο 1° Κεφ. για την επιταχυνόμενη κίνηση:

$\boxed{\upsilon = a\ t}$ και

$\boxed{x = \frac{1}{2}\ a\ t^2}$

Με γνωστό το a αντικαθιστώ το χρόνο t = 4 s στη $2^η$ εξίσωση και έχω: $x = \frac{a\ t^2}{2} \Rightarrow x = \frac{1 \cdot 4^2}{2} \Rightarrow x = 8$ m

Από την $1^η$ εξίσωση κίνησης υπολογίζω την ταχύτητα $\upsilon = 1 \cdot 4 \Rightarrow \upsilon = 4$ m/s

users.sch.gr/dimror

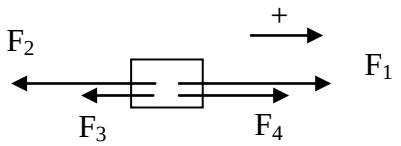
Παράδειγμα 2:

Το σώμα του παρακάτω σχήματος έχει μάζα m=2kg και κινείται με υ=3 m/s, ενώ για τις δυνάμεις που ασκούνται επάνω του ισχύει $F_1 = 5$ N, $F_2 = 6$ N, $F_3 = 3$ N και $F_4 = 4$ N.

α) υπολογίστε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα

β) τί είδους κίνηση κάνει το σώμα; Υπολογίστε την επιτάχυνσή του

γ) πόσα μέτρα θα διανύσει το σώμα σε χρόνο t = 4 s; Τί ταχύτητα θα έχει τότε;



Λύση:

α) Θεωρώντας θετική φορά τη δεξιά, υπολογίζουμε τη συνισταμένη δύναμη:

$\Sigma F = F_1 + F_4 - F_2 - F_3 = 5 + 4 - 6 - 3 = 9 - 9 \Rightarrow \Sigma F = 0$ N.

β) Επειδή ΣF = 0 N θα ισχύει ο $1^{ος}$ νόμος του Νεύτωνα, άρα το σώμα θα συνεχίσει να κάνει ό,τι έκανε πριν: αν ήταν ακίνητο, θα εξακολουθήσει αν είναι ακίνητο ενώ αν είχε μια αρχική ταχύτητα, θα την διατηρήσει κάνοντας ΕΟΚ

Στην περίπτωσή μας το σώμα κινείται με υ=3 m/s, άρα θα συνεχίσει με την ίδια ταχύτητα κάνοντας ΕΟΚ. Στην ΕΟΚ ισχύει βέβαια $a=0$ m/s^2

γ) Επειδή το σώμα κάνει ΕΟΚ, θα ισχύουν οι εξισώσεις κίνησης που έχουμε μάθει στο 1° Κεφ:

υ = σταθερή και

x = υ t

Στην ΕΟΚ η ταχύτητα παραμένει σταθερή και ίση με υ = 3 m/s

Με γνωστή την ταχύτητα υ αντικαθιστώ το χρόνο t = 4 s στη $2^η$ εξίσωση και έχω:

$x = \upsilon\, t \Rightarrow x = 3 \cdot 4 \Rightarrow x = 12$ m

users.sch.gr/dimror

- ✓ Θεωρία §1.2.3 ($1^{ος}$ Νόμος Νεύτωνα) και §1.2.4 ($2^{ος}$ Νόμος Νεύτωνα) σελ. 82-86 σχολικού βιβλίου
- ✓ Παράδειγμα βιβλίου σελ. 86
- ✓ Ερωτήσεις σελ. 101: 6, 7, 8, 9, 15, 17*, 18, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 41
- ✓ Ασκήσεις σελ. 107: 5,6,7,8,9*,10,11*,12,13,14,17*

Βάρος και Μάζα σώματος

Η Γη (αλλά και κάθε πλανήτης) ασκεί μια βαρυτική δύναμη – που τη λέμε απλά Βάρος – σε κάθε σώμα, ανεξάρτητα αν το σώμα αυτό ακουμπά στο έδαφος ή όχι, πέφτει ή ανυψώνεται, κινείται ή είναι ακίνητο. Το βάρος είναι πάντα ελκτικό προς το κέντρο της Γης και έχει φορά προς τα κάτω, πάντα.

Το βάρος συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα **W** (weight=βάρος) και βέβαια μετριέται σε Νιούτον μιας και είναι δύναμη.

Το βάρος υπολογίζεται μέσω της σχέσης **W = m g**, όπου m η μάζα του σώματος και g η επιτάχυνση της βαρύτητας που θα τη θεωρούμε ίση με $10 m/s^2$. Έτσι πχ μάζα 2 kg έχει βάρος W = 2 · 10 = 20 N.

Πολλές φορές δημιουργείται σύγχυση μεταξύ των εννοιών Βάρος και Μάζα ενός σώματος, μιας και στην καθημερινή μας ζωή υπολογίζουμε τη μάζα ενός σώματος μέσω του βάρους του. Κάθε φορά που ανεβαίνουμε σε μια ζυγαριά για να μετρήσουμε τη μάζα μας, η ζυγαριά μετρά τη βαρυτική μας δύναμη (η ζυγαριά είναι ένα δυναμόμετρο) και υπολογίζει έμμεσα τη μάζα μας. Οι διαφορές των 2 αυτών εννοιών συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Μάζα	**Βάρος**
Είναι μονόμετρο μέγεθος	Είναι διανυσματικό μέγεθος
Μετριέται σε kg	Μετριέται σε Newton
Συμβολίζεται με το γράμμα **m**	Συμβολίζεται με το γράμμα **W**
Εκφράζει την αδράνεια του σώματος	Εκφράζει την ελκτική δύναμη που ασκεί η Γη πάνω στο σώμα
Είναι ίδιο παντού	Αλλάζει από τόπο σε τόπο, με το υψόμετρο και από πλανήτη σε πλανήτη

Πχ, ένας αστροναύτης μάζας m=80kg θα έχει την ίδια μάζα είτε πάνω στη Γη είτε πάνω στη Σελήνη. Όμως, ενώ θα έχει βάρος 800N πάνω στη Γη, πάνω στη Σελήνη θα έχει βάρος περίπου 133N. Η μόνη περίπτωση να αλλάξει η μάζα του αστροναύτη είναι είτε να πάρει κιλά-να παχύνει είτε να κάνει δίαιτα.

- ✓ Θεωρία §1.2.5 και §1.2.6 σελ. 87-88 σχολικού βιβλίου
- ✓ Ερωτήσεις σελ. 103: 22, 36, 37

users.sch.gr/dimror

Ελεύθερη πτώση σωμάτων

Ένα σώμα λέμε ότι κάνει Ελεύθερη πτώση, όταν αυτό κινείται προς τα κάτω στον αέρα ή στο κενό (δηλαδή πέφτει) με την επίδραση μόνο του βάρους του W.

Αν από το ίδιο ύψος αφήσουμε ένα ελαφρύ και ένα βαρύ σώμα να πέσουν ταυτόχρονα, ποιό θα φτάσει νομίζετε πιο γρήγορα στο έδαφος;

Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι τα βαρύτερα σώματα φθάνουν στη Γη γρηγορότερα από τα ελαφρύτερα, το θεωρούσε μάλιστα τόσο σίγουρο αυτό ώστε δεν έκανε ούτε ένα πείραμα για να το αποδείξει. Ο Γαλιλαίος όμως, περίπου 1700 χρόνια μετά, έκανε ένα πείραμα με μια βαριά και μια ελαφριά σφαίρα και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι και οι 2 σφαίρες φτάνουν ταυτόχρονα στη Γη. Αυτό συμβαίνει κανονικά όταν η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα, οπότε λέμε τελικά ότι η ελεύθερη πτώση πραγματοποιείται μόνο στο κενό *(κενό = απουσία αέρα)*. Δηλαδή αν ένα σώμα πέφτει σε πυκνό αέρα ή μέσα στο νερό, τότε υπάρχει αντίσταση στην πτώση άρα ΔΕΝ ασκείται μόνο το βάρος του σώματος στο σώμα, άρα και η κίνηση ΔΕΝ θεωρείται ελεύθερη πτώση.

Αποδεικνύεται μάλιστα ότι όταν ένα σώμα εκτελεί ελεύθερη πτώση από μικρό ύψος από την επιφάνεια της Γης, ουσιαστικά κάνει μια ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση προς τα κάτω, με επιτάχυνση που εξαρτάται από τόπο σε τόπο και συμβολίζεται με το γράμμα **g**. Το g ισούται με $9{,}81 m/s^2$ σε τόπο με γεωγραφικό πλάτος 45°, στο Βόρειο και στο Νότιο Πόλο είναι $9{,}83 m/s^2$ ενώ στον Ισημερινό είναι $9.78 m/s^2$. Η επιτάχυνση αυτή οφείλεται στην έλξη της Γης και ονομάζεται επιτάχυνση της βαρύτητας.

Γνωρίζουμε από το προηγούμενο Κεφάλαιο ότι οι εξισώσεις κίνησης της Ευθύγραμμης Ομαλά Επιταχυνόμενης είναι οι παρακάτω:

$\boxed{\upsilon = \upsilon_0 + a\,t}$ νόμος ταχύτητας για την ΕΟΕΚ.

$\boxed{x = \upsilon_0\, t + \frac{a\,t^2}{2}}$ νόμος μετατόπισης για την ΕΟΕΚ.

Αν στις εξισώσεις αυτές λοιπόν θέσουμε όπου $\upsilon_0 = 0$ και όπου $\alpha = g$, τότε προκύπτουν οι εξισώσεις κίνησης της Ελεύθερης Πτώσης:

$\boxed{\upsilon = g\,t}$ νόμος ταχύτητας για την Ελεύθερη Πτώση.

$\boxed{x = \frac{g\,t^2}{2}}$ νόμος μετατόπισης για την Ελεύθερη Πτώση.

- ✓ Θεωρία §1.2.7 σελ. 89-90 σχολικού βιβλίου
- ✓ Ερωτήσεις σελ. 101: 10, 11, 12, 13, 16Β, 19, 23, 30*, 31, 35-, 37-, 38, 39, 40
- ✓ Ασκήσεις σελ. 108: 15, 16*, 18*

users.sch.gr/dimrot