

Συντηρητικές δυνάμεις και δυναμική ενέργεια

Το πόσο σπουδαία είναι η θεωρητική μηχανική, δεν περιμένετε να το μάθετε από μένα! Αλλά εγώ θα ήθελα να κάνω μια ακόμη προσπάθεια αποσαφήνισης κάποιων πραγμάτων, επί του πρακτέου. Για την διδασκαλία τη Φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση...

Έτσι ας αφήσουμε τους ορισμούς που κυκλοφορούν, τα πολύπλοκα μαθηματικά, που πολλές φορές μας μπερδεύουν, και, ας μιλήσουμε συγκεκριμένα. Ποιες συντηρητικές δυνάμεις διδάσκουμε στο σχολείο;

Αν αφήσουμε στην άκρη τις πυρηνικές, διδάσκουμε τις βαρυτικές δυνάμεις, τις ηλεκτροστατικές και τις δυνάμεις των ελαστικών παραμορφώσεων (δύναμη του ελατηρίου). Αυτές τις τρεις κατηγορίες δυνάμεων ονομάζουμε **διατηρητικές** (συντηρητικές...) και τα έργα αυτών των δυνάμεων συνδέονται με κάποια μορφή δυναμικής ενέργειας. Όταν μιλάμε για μηχανική ενέργεια και για ΑΔΜΕ, μορφές ενέργειας που συνδέονται με αυτές τις δυνάμεις έχουμε. Αν σε ένα σύστημα ασκούνται μόνο τέτοιες δυνάμεις, τότε διατηρείται η μηχανική ενέργεια. Αν σε αυτό υπάρχει διαφωνία, ας διατυπωθεί και ας μην διαβαστεί το κείμενο παρακάτω... Η συζήτηση τελειώνει εδώ.

Δεν μπορεί ο καθένας μας να θεωρεί οποιαδήποτε δύναμη ως συντηρητική και να την συνδέει με δυναμική ενέργεια και να μιλάει για διατήρηση μηχανικής ενέργειας. Αν το κάνει ουσιαστικά χάνει κάθε νόημα η συζήτηση και η διάκριση της μηχανικής ενέργειας. Ας μιλάμε τότε για ενέργεια και διατήρησή της, αλλά όχι για μηχανική ενέργεια.

Και ας έρθουμε τώρα στις ταλαντώσεις. Το πρώτο που μας ενδιαφέρει είναι ποιες δυνάμεις ασκούνται στο σώμα και είναι υπεύθυνες για την ταλάντωσή του. Ο στόχος μας είναι να καταλήξουμε στην εξίσωση:

$$\Sigma F = -Dx \quad (1)$$

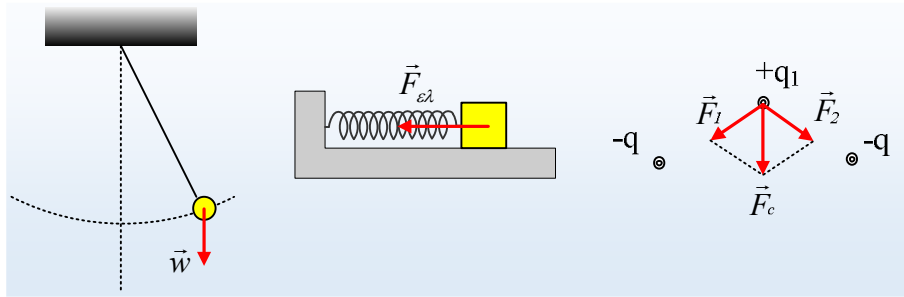
Αφού η εξίσωση αυτή, καθορίζει μονοσήμαντα την επιτάχυνση που θα αποκτήσει το σώμα και στην συνέχεια θα μπορέσουμε να γράψουμε τις γνωστές εξισώσεις $x = A \cdot \eta\mu(\omega t + \varphi)$, $v = v(t)$ και $a = a(t)$. Ολοκληρώνουμε δηλαδή την κινηματική και δυναμική μελέτη του σώματος που ταλαντώνεται, χωρίς καμιά αναφορά στην φύση των ασκούμενων δυνάμεων. Ας είναι οποιεσδήποτε δυνάμεις και οποιαδήποτε η φύση τους...

Την παραπάνω κίνηση, έχω προτείνει από το 2010 να ονομάζουμε «αρμονική ταλάντωση», στην ανάρτηση:

Υπέρ Κινηματικής ο λόγος, αλλά και μια διδακτική πρόταση... (αατ και αρμονική ταλάντωση)

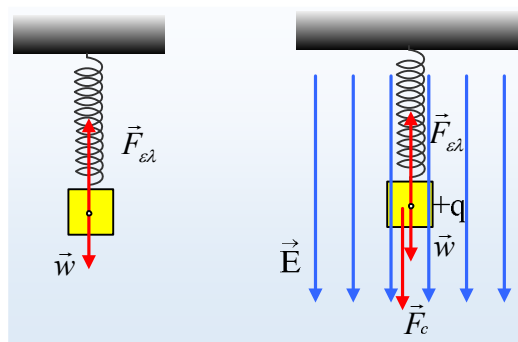
Δεν θα είχα κανένα πρόβλημα βέβαια να πάρει οποιοδήποτε άλλο όνομα, αρκεί να είναι σαφές, ότι μέχρι εδώ δεν έχουμε μιλήσει για ενέργειες. Είναι μια γενική κίνηση, όπως μια γενική κίνηση είναι η ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση. Και όταν μιλάμε γι' αυτήν την κίνηση δεν σκεφτόμαστε μόνο την ελεύθερη πτώση...

Αν θέλουμε να μιλήσουμε για ενέργειες, πρέπει να επιστρέψουμε στην εξίσωση (1). Ποιες δυνάμεις είναι αυτές που μας δίνουν την συνισταμένη αυτή; Ας δούμε στο παρακάτω σχήμα, μερικές περιπτώσεις και τις ασκούμενες δυνάμεις.



Στο πρώτο σχήμα (απλό εκκρεμές) ασκείται στο σώμα το βάρος, δύναμη συντηρητική η οποία συνδέεται με δυναμική ενέργεια ($U=mgh$). Στο μεσαίο, στην διεύθυνση κίνησης (οι κατακόρυφες δίνουν μηδενική συνισταμένη και δεν καθορίζουν την κίνηση) ασκείται η δύναμη του ελατηρίου και αυτή συντηρητική, η οποία συνδέεται με δυναμική ενέργεια ($U= \frac{1}{2} k(\Delta l)^2$). Στο δεξιό σχήμα ασκούνται δύο ηλεκτροστατικές δυνάμεις από ακίνητα φορτία, δυνάμεις συντηρητικές, οπότε και η συνισταμένη τους είναι επίσης συντηρητική η οποία συνδέεται με δυναμική ενέργεια ($U=k_c q_1 q_2 / r$).

Συμπέρασμα, και στις τρεις αυτές περιπτώσεις ορίζουμε δυναμική ενέργεια για την ταλάντωση, αφού η συνισταμένη ΣF είναι συντηρητική, οπότε η κίνηση είναι μια ΑΑΤ (με τα... όλα της). Το ίδιο συμβαίνει και στα παρακάτω σχήματα, όπου στο σώμα δεν ασκείται μια συντηρητική δύναμη, αλλά περισσότερες.



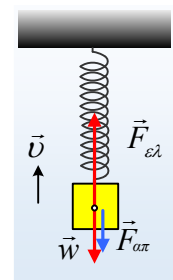
Αλλά αν οι επιμέρους συνιστώσες είναι συντηρητικές και η συνισταμένη θα είναι συντηρητική και θα ορίζεται δυναμική ενέργεια ταλάντωσης $U= \frac{1}{2} Dx^2$.

Σχεδιάστε σχήμα με 23 ελατήρια, δύο βαρυτικά πεδία και 34 ακίνητα φορτία, ενώ είναι φορτισμένο το ταλαντούμενο σώμα. Όλες οι δυνάμεις αυτές είναι συντηρητικές, οπότε συντηρητική θα είναι και η συνισταμένη $\Sigma F=-Dx$, οπότε ορίζεται η δυναμική ενέργεια ταλάντωσης και η κίνηση είναι ΑΑΤ.

Αν όμως στο σώμα ασκείται για παράδειγμα μια αντίσταση του αέρα, όπως στο σχήμα, τότε η συνισταμένη θα έχει τρεις συνιστώσες, δύο συντηρητικές (w και $F_{ελ}$) και μια μη συντηρητική ($F_{απ}=-b \cdot v$). Αλλά τότε ΔEN διατηρείται η μηχανική ενέργεια και η συνισταμένη δύναμη δεν συνδέεται με κάποια δυναμική ενέργεια, όπου $W_{\Sigma F A \rightarrow B}=U_A-U_B$.

Θα ρωτήσει κάποιος δηλαδή τώρα δεν έχουμε δυναμική ενέργεια ταλάντωσης;

Και βέβαια έχουμε, αλλά αυτή συνδέεται με τις συντηρητικές συνιστώσες (w και $F_{ελ}$, δηλαδή την δύναμη επαναφοράς $-kx$ και όχι με κάποιο D , το οποίο καθορίζεται και από την μη συντηρητική δύναμη $F_{απ}$. Να θυμίσω ότι στην φθίνουσα ταλάντωση έχουμε μια μικρή αύξηση της περιόδου σε σχέση με την

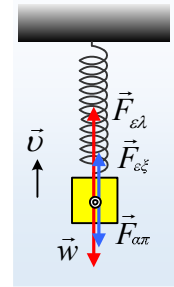


αμείωτη, άλλο αν την προσεγγίζουμε, κατά την διδασκαλία μας).

Έτσι αν φτάσουμε στην εξαναγκασμένη ταλάντωση, όπου επιπλέον ασκείται στο σώμα και μια εξωτερική δύναμη $F_{εξ}$ από τον διεγέρτη;

Τώρα η συνισταμένη προκύπτει από δύο συντηρητικές δυνάμεις (w και $F_{ελ}$), όπου η συνισταμένη τους $F_1 = F_{ελ} - w = -kx$, είναι επίσης συντηρητική, και συνδέονται με δυναμική ενέργεια $U = \frac{1}{2} k \cdot x^2$ και δύο μη συντηρητικές ($F_{εξ}$, $F_{ωπ}$), οι οποίες δεν συνδέονται με δυναμικές ενέργειες.

Η κίνηση είναι μια αρμονική εξαναγκασμένη ταλάντωση (μετά τα μεταβατικά φαινόμενα), αλλά δεν είναι η γνωστή μας ΑΑΤ με ενέργεια ταλάντωσης σταθερή και ίση με $\frac{1}{2} DA^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 \cdot A^2$, αφού αυτή η σταθερά D καθορίζεται και από δύο μη συντηρητικές δυνάμεις.



ΥΓ

Νόμιζα ότι το ζήτημα είχε διευκρινιστεί, άσχετα με την θέση που παίρνει ο καθένας μας πάνω στο ζήτημα.

Φαίνεται ότι έκανα λάθος, πράγμα που με οδήγησε στην παρούσα ανάρτηση.

Μέχρι την επόμενη φορά...