

Δυνάμεις και Ενέργειες...

Μια ακόμη προσπάθεια ανάλυσης!

Σε μια πρόσφατη τοποθέτηση σε διπλανή ανάρτηση, μετέφερα κείμενο από τη «Γενική Φυσική Ι» του κ. Χανιά πάνω στις συντηρητικές δυνάμεις, όπου αναλυτικά περιγράφει πώς καταλήγουμε στην δυναμική ενέργεια.

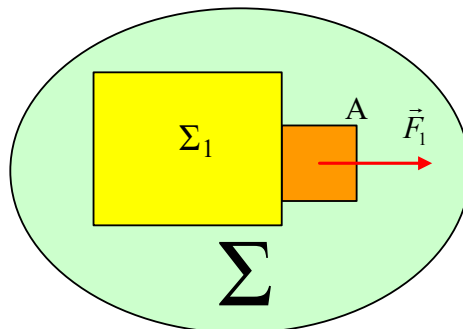
Ας το δούμε:

Συντηρητικές και μη Συντηρητικές δυνάμεις

- Το σύστημα αποτελείται από δύο ή περισσότερα σώματα
- Μία δύναμη δρα ανάμεσα στο σώμα και στο υπόλοιπο σύστημα
- Όταν η διάταξη του συστήματος μεταβάλλεται η δύναμη εκτελεί έργο W_1 πάνω στο αντικείμενο (σωματίδιο), μεταφέροντας ποσά ενέργειας ανάμεσα στην κινητική ενέργεια K του αντικειμένου και σε **κάποιο άλλο είδος ενέργειας** του συστήματος.
- Όταν η διάταξη του συστήματος αντιστρέφεται, η κατεύθυνση της ενέργειας μεταφοράς, επίσης αντιστρέφεται, εκτελώντας κατά την διάρκεια της διαδικασίας αυτής έργο W_2 .
- Όταν $W_1 = -W_2$ το άλλο είδος ενέργειας που συμμετέχει στις μεταβολές είναι η **Δυναμική ενέργεια** και λέμε ότι η δύναμη είναι **Συντηρητική**
- Η βαρυτική δύναμη και η δύναμη του ελατηρίου είναι **συντηρητικές δυνάμεις**

Ας κάνουμε μια προσπάθεια να ξεδιαλύνουμε το τι ακριβώς μας λέει:

- 1) Πρέπει να μιλάμε πάντα για ένα σύστημα με δύο ή περισσότερα σώματα. Όχι για ένα μεμονωμένο σώμα. Αν έχεις μόνο ένα σώμα, τότε αυτό, το μόνο που μπορεί να κάνει είναι να κινείται και να έχει κινητική ενέργεια.
- 2) Σε ένα τέτοιο κλειστό σύστημα (κλειστό σημαίνει ότι το έχουμε απομονώσει από όλο το υπόλοιπο σύμπαν), μπορούμε να εστιάσουμε τώρα σε ένα σώμα A. Τότε το A μπορεί να αλληλεπιδρά δεχόμενο μια δύναμη F_1 , από το υπόλοιπο σύστημα Σ_1 . Προσοχή το Σ_1 το έχουμε κλείσει σε αδιαφανές κιβώτιο κίτρινου χρώματος στο σχήμα.



- 3) «Όταν μεταβάλλεται η διάταξη», αν δηλαδή το σώμα A έχει κάποια ταχύτητα, τότε η δύναμη F_1 παράγει

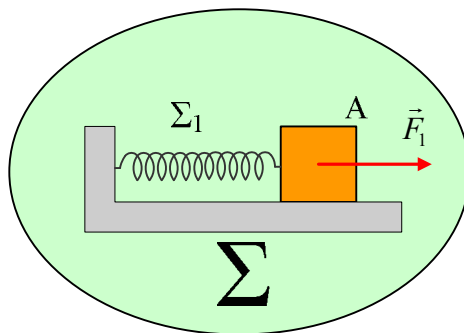
έργο W_1 , αυξάνοντας την κινητική ενέργεια του σώματος A, πράγμα που σημαίνει ότι μέσω του έργου της δύναμης F_1 μεταφέρεται ενέργεια στο A. Αυτή η ενέργεια προϋπήρχε με κάποια μορφή, άγνωστη προς το παρόν, στο μέρος Σ_1 του συστήματος και μεταφέρεται στο σώμα A.

- 4) Αν το σώμα A αποκτήσει τώρα ταχύτητα προς τα αριστερά και αντί να απομακρύνεται από το Σ_1 πλησιάζει σε αυτό τι θα γίνει; Το έργο της δύναμης F_1 θα είναι αρνητικό, πράγμα που σημαίνει ότι θα μειώνεται η κινητική ενέργεια του σώματος A, αφού το έργο W_2 της δύναμης F_1 θα είναι αρνητικό. Το ότι διατυπώνουμε ότι χάνει ενέργεια το σώμα A, αυτό είναι η μισή αλήθεια. Αυτή η ενέργεια δεν «χάνεται», αλλά μεταφέρεται στο υποσύστημα Σ_1 , αυξάνοντας την ενέργεια του Σ_1 .
- 5) Αν $W_2 = -W_1$, τότε η «άλλη μορφή ενέργειας» που είχε το υποσύστημα Σ_1 , **ονομάζεται Δυναμική Ενέργεια** και η δύναμη αλληλεπίδρασης F_1 ονομάζεται «Συντηρητική» .
- 6) Νομίζω ότι αν παρακολουθήσουμε την παραπάνω συλλογιστική με προσοχή, καταλαβαίνουμε γιατί διατηρείται η μηχανική ενέργεια και γιατί θα ήταν πιο λογικό η δύναμη να χαρακτηριζόταν «διατηρητική» και όχι συντηρητική, αλλά δυστυχώς αυτό το όνομα έχει επικρατήσει.

Τι λέτε, μήπως να αφαιρούσαμε το κίτρινο περίβλημα να δούμε τι μπορεί να κρύβεται από πίσω;

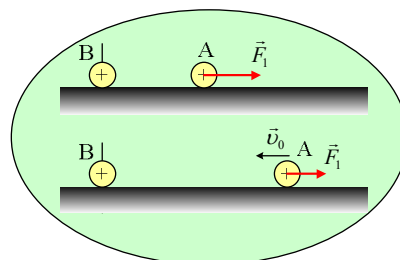
Ας δούμε μερικά ενδεχόμενα:

- Το σύστημα αποτελείται από το ελατήριο και το σώμα A.



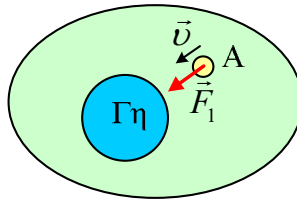
Νομίζω ότι είναι απλό ζήτημα, η παραπάνω ανάλυση πώς θα εφαρμοζόταν στην περίπτωση αυτή. Όταν το σώμα A κινείται προς τα δεξιά, μειώνεται η ενέργεια του ελατηρίου και ισόποσα αυξάνεται η κινητική ενέργεια του σώματος A. Στην αντίθετη κίνηση μειώνεται η κινητική ενέργεια του σώματος A και αυξάνεται ισόποσα η ενέργεια του ελατηρίου. Η ενέργεια αυτή που έχει το ελατήριο ονομάζεται δυναμική ενέργεια.

- Το σύστημά μας είναι δυο φορτισμένες σφαίρες σε μονωτικό επίπεδο, όπως στο σχήμα.



Αν η B σφαίρα συγκρατείται ακίνητη και αφήσουμε την A ελεύθερη, αυτή επιταχύνεται προς τα δεξιά και η κινητική της ενέργεια αυξάνεται, ενώ ισόποσα μειώνεται η δυναμική ενέργεια, που οφείλεται στο ηλεκτρικό πεδίο της B σφαίρας. Αντίθετα αν στο 2^ο σχήμα εκτοξευθεί η A από ορισμένη απόσταση προς την σφαίρα B, τότε το έργο της δύναμης F_1 μετράει την ενέργεια που μεταφέρεται από την A σφαίρα στην B. Αξίζει να προσεχθεί ότι τώρα βάλαμε στην συζήτηση το ηλεκτρικό πεδίο! Δεν είμαστε στην εποχή του Νεύτωνα, αλλά μετά τον Faraday!!!

- Και αν έχουμε ένα ουράνιο σώμα A το οποίο πλησιάζει τη Γη; Η Γη το έλκει και η κινητική του ενέργεια αυξάνεται, εις βάρος της δυναμικής ενέργειας.



Και στα τρία παραπάνω παραδείγματα το έργο της δύναμης F_1 συνδέεται με τις μεταβολές μιας δυναμικής ενέργειας. Της δυναμικής ενέργειας του ελατηρίου, της ηλεκτρικής δυναμικής ενέργειας και της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας. Η δύναμη F_1 ονομάζεται συντηρητική και στο αντίστοιχο σύστημα η μηχανική ενέργεια διατηρείται, ενώ οι μεταβολές που συμβαίνουν θα έχουν ως αποτέλεσμα τις μετατροπές της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα. Το βάρος η δύναμη Coulomb και η δύναμη του ελατηρίου, είναι δυνάμεις συντηρητικές.

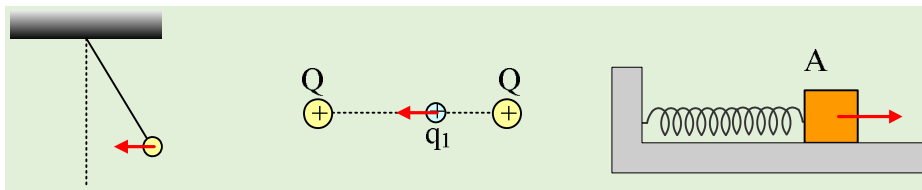
Να ανέβουμε ένα επίπεδο αφαίρεσης τώρα;

Τίνος είναι η δυναμική ενέργεια, οι μεταβολές της οποίας συνδέονται με την δύναμη αλληλεπίδρασης; Αν για παράδειγμα και η σφαίρα B στο 2^ο παράδειγμα ήταν ελεύθερη να κινηθεί, τότε ποια σφαίρα θα αποκτούσε κινητική ενέργεια εις βάρος της δυναμικής; Προφανώς και οι δυο σφαίρες θα επιταχυνόταν και δεν θα υπήρχε λόγος να αναφερόμαστε στην δυναμική ενέργεια της μιας ή της άλλης σφαίρας. Η δυναμική ενέργεια αποδίδεται στο σύστημα των δύο σφαιρών, στο σύστημα. Αν όμως στο 3^ο παράδειγμα η Γη θεωρηθεί ακίνητη, τότε μπορούμε να αποδίδουμε και την δυναμική ενέργεια στο σώμα A, οπότε ναι μεν υπάρχει το βαρυτικό πεδίο της Γης εντός του οποίου κινείται το A σώμα, αλλά μπορούμε να αναφερόμαστε στο άθροισμα $E_{\mu}=K+U$, όπου και οι δύο ενέργειες αποδίδονται στο σώμα A.

Να ανέβουμε άλλο ένα επίπεδο;

Οι συντηρητικές δυνάμεις είναι οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα, από ένα πεδίο δυνάμεων! Πεδίο δυνάμεων είναι το βαρυτικό πεδίο, πεδίο δυνάμεων είναι το ηλεκτροστατικό πεδίο, πεδίο δυνάμεων είναι και ένα πεδίο στο οποίο ασκείται μια δύναμη η οποία κατευθύνεται σε ένα κέντρο και έχει τιμή $F=-Dx$. Ποιο είναι αυτό το πεδίο; Ας δούμε τα παρακάτω σχήματα:

Στο πρώτο σχήμα αναγνωρίζετε το απλό εκκρεμές. Για μικρή γωνία εκτροπής η συνισταμένη του βάρους και της τάσης του νήματος δίνει μια δύναμη που ικανοποιεί την εξίσωση $F=-(mg/l) \cdot x=-Dx$.



Στο 2^ο σχήμα το φορτίο μπορεί να κινείται μεταξύ δύο άλλων σταθερών σημειακών φορτίων και η συνισταμένη δύναμη, για μικρές απομακρύνσεις ικανοποιεί την εξίσωση $F=-Dx$.

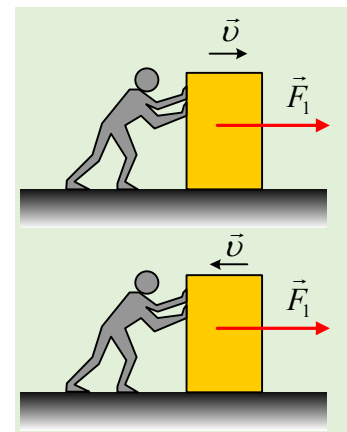
Στο 3^ο σχήμα; Γνωστή περίπτωση, όπου για λόγους γενίκευσης μπορούμε να μιλάμε, ότι το σώμα βρίσκεται σε ένα πεδίο δύναμης $F=-Dx$ και το ελατήριο απλά «υλοποιεί» αυτό το πεδίο δύναμης.

Αλλά τότε και η δύναμη $F=-Dx$, όπως και οι βαρυτικές και οι ηλεκτρικές δυνάμεις, προέρχονται από ένα πεδίο δύναμης και ονομάζονται συντηρητικές!

Και κάποιες επισημάνσεις:

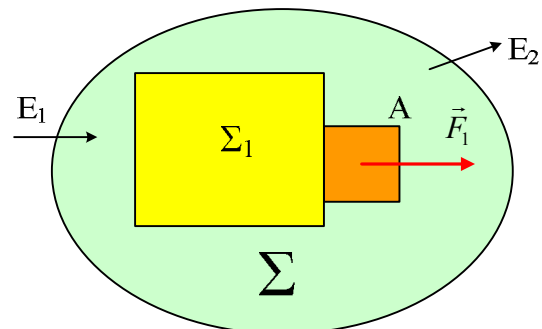
- Αν τραβώντας το κίτρινο περίβλημα από το πρώτο σχήμα αποκαλυφθεί ένας άνθρωπος ο οποίος ασκεί στο σώμα δύναμη της μορφής $F=-Dx$, η δύναμη αυτή είναι συντηρητική; Τι λένε είναι;

Αν ήταν, θα έπρεπε το σώμα να επιστρέφει ενέργεια στον άνθρωπο, όταν θα είχε ταχύτητα προς τα αριστερά, όπου ο άνθρωπος θα προσπαθούσε να το σταματήσει. Τι λένε ο άνθρωπος κερδίζει ενέργεια προσπαθώντας να σταματήσει ένα σώμα που κινείται προς το μέρος του ή αντίθετα κουράζεται και για την προσπάθεια αυτή;



- Καμιά δύναμη, η οποία δεν οφείλεται σε κάποιο πεδίο δύναμης, όπως οι τρεις παραπάνω περιπτώσεις, δεν μπορεί να συνδεθεί με δυναμική ενέργεια, αφού δεν έχει μηχανισμό αποθήκευσης και ξανά απόδοσης της ενέργειας αυτής. Το ζήτημα δεν είναι αν το έργο κατά μήκος κλειστής διαδρομής είναι μηδέν. Ο ορισμός αυτός, καλός για μαθητές του Λυκείου, προκύπτει από την ισότητα των δύο έργων ($W_1=-W_2$) της παρατήρησης 5) αλλά αυτό σημαίνει ότι, αν η δύναμη είναι συντηρητική, τότε εξαιτίας της σχέσης των δύο έργων, το συνολικό έργο κατά μήκος κλειστής διαδρομής είναι μηδενικό και όχι το αντίστροφο.

- Αν το σύστημα είναι ανοικτό και αλληλεπιδρά με το περιβάλλον, τότε προφανώς ισχύει η διατήρηση της ενέργειας, στην οποία όμως πρέπει να συνυπολογισθεί και η ενέργεια που περνά τα σύνορα (εισέρχεται ή εξέρχεται στο σύστημα) και πλέον δεν μπορούμε να μιλάμε για ΑΔΜΕ, έστω και αν κάθε στιγμή όση ενέργεια εισέρχεται στο σύστημα, τόση εξέρχεται...



- ΑΔΜΕ εφαρμόζουμε για ένα απομονωμένο κλειστό σύστημα, έστω και αν αυτό περιλαμβάνει όλο το σύμπαν, όπου οι μόνες μετατροπές ενέργειας είναι η μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε δυναμική και

αντίστροφα.

dmargaris@gmail.com