

Μηχανική, Κυματική και Θερμοδυναμική

ΦΥΣ 131

Φθινόπωρο 2011

Διδάσκων:

Φώτης Πτωχός

e-mail: fotis@ucy.ac.cy

Τηλ: 22.89.2837

Γραφείο: B235 – ΘΕΕ02 – Τμήμα Φυσικής –
Πανεπιστημιούπολη

web-page: <http://www2.ucy.ac.cy/~fotis/phy131/phy131.htm>

Γενικές Πληροφορίες

- **Ώρες/Αίθουσα διδασκαλίας:**
 - Τρίτη-Παρασκευή 12:00 – 13:30 αίθουσα: 108 ΧΩΔ01
 - Τετάρτη 13:00 – 14:00 αίθουσα: 108 ΧΩΔ01
-  **Φροντιστήρια** 
 - Τετάρτη 16:00 – 18:00
 - Αίθουσα: 108 ΧΩΔ01
- **Απορίες**
 - Διακόπτεται για απορίες κατά την διάρκεια των διαλέξεων.
 - **Περάστε από το γραφείο:**
Επίσημες ώρες γραφείου: Τετάρτη 14:00-16:00
Πέμπτη 10:00-13:00

Βιβλιογραφία

- **Physics for Scientists and Engineers - R.A. Serway**
(απόδοση στα Ελληνικά από Λ.Κ. Ρεσβάνη).
 - **Τόμοι I (Μηχανική) & III (Θερμοδυναμική-Κυματική-Οπτική)**
 - Το βιβλίο αυτό θα ακολουθηθεί πολύ στενά
 - Άλλα βιβλία που μπορούν να φανούν χρήσιμα:
 - Physics I & II - Halliday & Resnick (Εκδ. Πνευματικός)
 - Mechanics, από τη σειρά Berkeley Physics Course, Vol. I
(Μεταφρ. Παν/μιακες εκδ. Ε.Μ.Π.)
 - University Physics - Young & Freedman (Αγγλική)
 - Physics for Scientists and Engineers – D. Giancoli
- Ανάλογα με τις ανάγκες περισσότερα βοηθήματα και βιβλιογραφία θα δοθούν στην τάξη

Βαθμολογία

- Η βαθμολογία θα βασιστεί στα ακόλουθα:
 - **15% mini-exams (10λεπτα) Τρίτη και Παρασκευή**
 - **40% 2 ενδιάμεσες (~2-ωρες) εξετάσεις (20% η καθεμιά)**
 - Η 1^η εξέταση θα γίνει το Σάββατο 16 Οκτώβρη
 - Η 2^η εξέταση το Σάββατο 20 Νοέμβρη
 - **45% τελική εξέταση – 3-ωρη εξέταση**
 - Η τελική εξέταση συνήθως παίζει το ρόλο διόρθωσης των ενδιάμεσων εξετάσεων ώστε να βγάζετε το μέγιστο βαθμό
 - Οι εξετάσεις (πρόοδοι και τελική) είναι **χωρίς** σημειώσεις και βιβλία αλλά σας δίνεται τυπολόγιο.
Κατανόηση εννοιών και όχι αποστήθιση τύπων
 - Τα mini-exams θα είναι σύντομα προβλήματα που θα απαιτούν απάντηση είτε με μορφή επιλογής από διάφορες απαντήσεις (multiple choice) ή με κάποιους σύντομους υπολογισμούς.
3% συμμετοχή + 12% απάντηση.
- Επιστρέφετε τα δικά σας quiz και όχι των φίλων σας
- Κατά τη διάρκεια του mini-exam μπορεί να συνεργαστείτε μεταξύ σας

Ασκήσεις για εξάσκηση

- ❑ Ασκήσεις θα δίνονται κάθε βδομάδα: **την Δευτέρα**
- ❑ Οι λύσεις τους θα ανακοινώνονται **την επόμενη Τετάρτη**
- ❑ Θα περιέχουν 5-6 ασκήσεις από την τρέχουσα ύλη
- ❑ Αν υπάρχουν απορίες, οι λύσεις των ασκήσεων θα συζητούνται κατά τη διάλεξη της Τετάρτης και στις ώρες του φροντιστηρίου.
- ❑ Οι ασκήσεις σας δίνονται για εξάσκηση και είναι πολύ αποδοτικό για σας να προσπαθείτε να τις λύσετε μόνοι σας πριν πάρετε τις λύσεις ώστε να συγκρίνετε τα αποτελέσματα
- **Δεν είστε υποχρεωμένοι να τις επιστρέψετε και δεν θα βαθμολογούνται**
- ❑ Εργασίες και οι λύσεις τους θα βρίσκονται στην αντίστοιχη ιστοσελίδα του μαθήματος:
<http://www2.ucy.ac.cy/~fotis/phy131/homework.htm>

Θέματα που θα καλυφθούν στο μάθημα

- Μονάδες μέτρησης, συστήματα συντεταγμένων.
Κίνηση σε μια και περισσότερες διαστάσεις ταχύτητα, επιτάχυνση, συστήματα αναφοράς.
- Δυνάμεις. Νόμοι του Νεύτωνα
- Έργο, μηχανική ενέργεια. Ορμή, κέντρο μάζας
- Ροπή δυνάμεων, στροφορμή, ροπή αδράνειας
- Ταλαντώσεις
- Παγκόσμια βαρυτική έλξη και νόμοι του Kepler
- Εξίσωση κυμάτων, εγκάρσια και διαμήκη κύματα. Φασική και ομαδική ταχύτητα
- Θερμοδυναμική: Θερμότητα και ο Πρώτος και Δεύτερος Νόμος. Θερμικές Μηχανές. Ψυγεία.
- Εντροπία

Θα υποθέσω ότι:

- Έχετε κάποιες γνώσεις φυσικής από το Λύκειο
- Έχετε στοιχειώδεις γνώσεις **διανυσματικού**, **διαφορικού** και **ολοκληρωτικού** λογισμού αν και θα επαναλάβουμε μερικά πράγματα



Κλασσική/Νευτώνια Μηχανική



Το σύμπαν είναι κίνηση

- Το σύμπαν είναι κίνηση, όλα σχετίζονται με κίνηση
- Βρίσκουμε την κίνηση ενδιαφέρουσα:
 - Γαλαξίες, αστέρια, πλανήτες όλα κινούνται
 - Ο πίνακας αποτελείται από άτομα τα οποία κινούνται γύρω από μια κατάσταση ισορροπίας
- Από φιλοσοφική άποψη η κίνηση είναι ενδιαφέρουσα

Descartes: «Δώστε μου μάζα και κίνηση και θα φτιάξω το σύμπαν»

Θα επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας στην κίνηση
μη σχετικιστικών μαζών (non-relativistic) και
όχι στη δομή της ύλης

A yellow rectangular box contains the equation $F = ma$. Three red arrows point to different parts of the equation: one from the left points to the term $m\alpha$ and is labeled "Δύναμη" (Force); another from the top points to the letter a and is labeled "Μάζα" (Mass); and a third from the right points to the letter F and is labeled "Επιτάχυνση" (Acceleration).

- **Εξίσωση αιτίας:** Μεταβολές στην κίνηση είναι εξ' αιτίας κάποιας δύναμης
- Αλλά πως καταλήξαμε σε αυτή την εξίσωση?
 - Παρατήρηση της κίνησης των πλανητών
Tycho Brahe μάζεψε πολλά δεδομένα από παρατηρήσεις
Ο Kepler αργότερα έκανε πολύ επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων αυτών
- Βρήκε ότι
 - Οι πλανήτες κινούνται σε ελλειπτικές τροχιές έχοντας τον ήλιο σε μια από της εστίες της έλλειψης
 - Η γραμμή που ενώνει τον ήλιο με ένα πλανήτη σαρώνει ίσες επιφάνειες σε ίσα χρονικά διαστήματα
 - Το τετράγωνο της περιόδου ενός πλανήτη διαιρούμενο με τον κύβο της μέσης απόστασης του από τον ήλιο είναι σταθερό



Η εμφάνιση του Newton

- Ο Newton βλέποντας αυτές τις ανακαλύψεις και ιδέες κατέληξε στη θεωρία ότι υπάρχει μια δύναμη που προκαλεί τις αλλαγές στην κίνηση

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

Δύναμη ανάλογη Απόσταση πλανήτη-ήλιου

Η θεωρία αυτή προέβλεψε πράγματα τα οποία ήδη παρατηρήθηκαν

- Μεταβολή της επιτάχυνσης της βαρύτητας σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος
- Το φαινόμενο των παλιρροιών λόγω της δράσης του ήλιου και της σελήνης
- Οι τροχιές των κομητών μέσα στο ηλιακό σύστημα
- Αργή και σταθερή αλλαγή της διεύθυνσης του άξονα περιστροφής της γης εξαιτίας βαρυτικών ροπών από τον ήλιο και την σελήνη

- Μετά τον Newton, η θεωρία του συνέχισε να προβλέπει πράγματα που παρατηρήθηκαν πολύ αργότερα
 - 1846 – Ο πλανήτης Ποσειδών
 - 1940 – Ο πλανήτης Πλούτων μελετώντας τις τροχιές των πλανητών

Παρατήρηση → ανάλυση δεδομένων

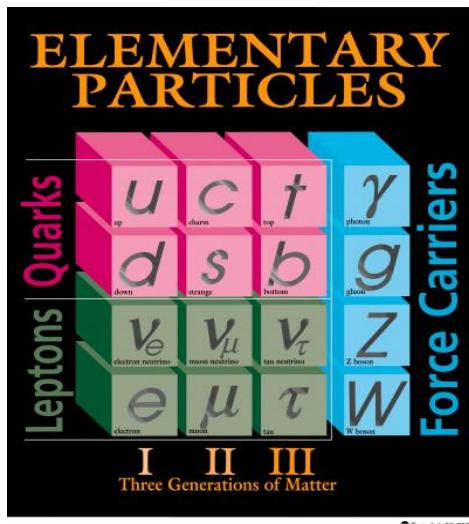
→ θεωρία → πρόβλεψη → παρατήρηση
→ ανάλυση δεδομένων → ...

Αυτό είναι και η βασική ιδιότητα της φυσικής.

- Οι θεωρίες στη φυσική αναπτύσσονται είτε με πειραματικές παρατηρήσεις ή επαληθεύεονται με σύγκριση των προβλέψεων τους με πειραματικές μετρήσεις.
- Το να μπορέσουμε να σχεδιάσουμε και να πραγματοποιήσουμε κάποιο πείραμα και να κατανοήσουμε τους περιορισμούς που επιβάλει ο σχεδιασμός τους είναι σημαντικό για οποιαδήποτε πειραματική επιστήμη και όχι μόνο για τη φυσική.
- Το να καταλάβουμε τα πειραματικά σφάλματα και πως μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε είναι απαραίτητο αν θέλουμε να συγκρίνουμε θεωρητικά και πειραματικά αποτελέσματα και να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα

Θεμελιώδεις Δυνάμεις

- Το μάθημα αυτό είναι σχετικά με την βαρύτητα (το μεγαλύτερο μέρος του)
- Η **βαρύτητα** είναι μιά από τις 4 γνωστές θεμελιώδεις δυνάμεις
 - Ηλεκτρομαγνητική**
 - Ισχυρή** – αυτή κρατάει τα quarks κοντά και σχηματίζουν το πρωτόνιο
 - Ασθενής** – υπεύθυνη για τις ραδιενεργές διασπάσεις αλλάζει και τη «γεύση» των quarks



Τα 6 quarks: down, up, strange, charm, bottom, top

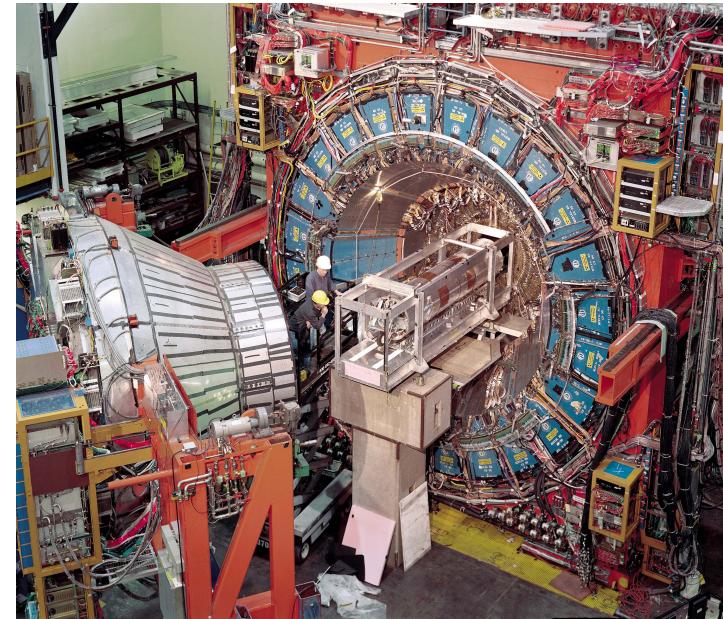
$t \rightarrow Wb$ Ανακαλύφθηκε το 1995 στον επιταχυντή Tevatron (συγκρούσεις $p - \bar{p}$) στο Fermilab από τις πειραματικές ομάδες CDF και D0

Η μάζα του: $m_{top} \sim 175 \times m_{πρωτονίου}$

Αναπαραγωγή θεμελιώδους φυσικής στο εργαστήριο

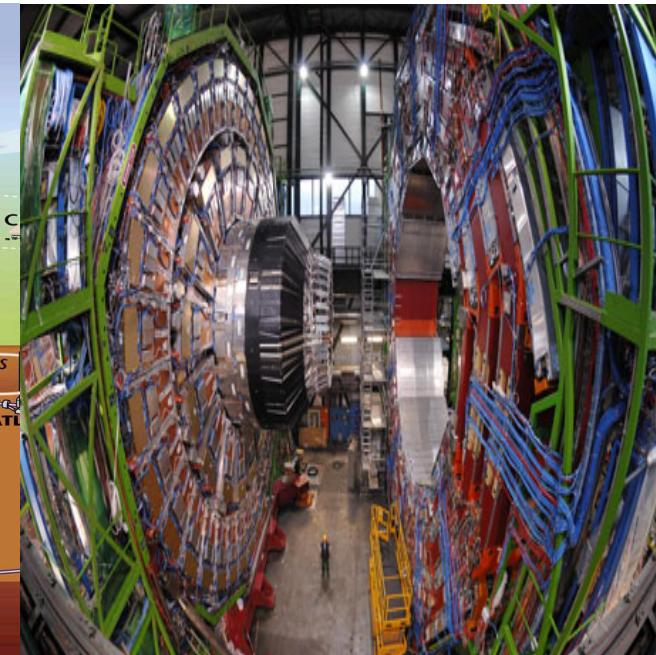
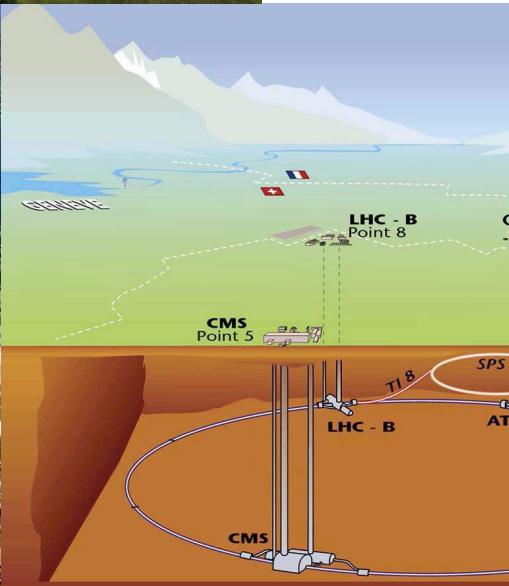
Tevatron – Fermilab : 6.5Km

$E \sim 2 \text{ TeV}$



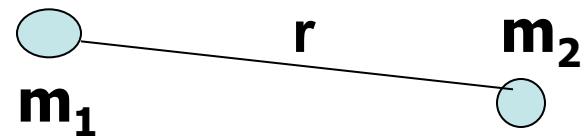
LHC - CERN 27Km

$E \sim 14 \text{ TeV}$



- Η βαρύτητα είναι η μόνη δύναμη που δεν γνωρίζουμε την συμπεριφορά της σε μικρές αποστάσεις
 - Δεν υπάρχει μια κβαντική θεωρία για την βαρύτητα
 - Η θεωρία των χορδών (string theory) είναι μια καλή αλλά μη πειραματικά επαληθεύσιμη θεωρία
- Στην πραγματικότητα δεν μπορούμε να ανιχνεύσουμε την βαρύτητα σε μικρές αποστάσεις

$$F_{\text{βαρυτητα}} \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



- Αν η μάζα m_1 βρεθεί πολύ κοντά στην m_2 οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις υπερισχύουν κατά πολλές δεκάδες τάξεις μεγέθους.

Μονάδες μέτρησης

- Θα χρησιμοποιούμε το SI σύστημα μέτρησης μονάδων
Οι διαστάσεις τους συμβολίζονται ως ακολούθως

μήκος [L] μέτρα (m)

χρόνος [T] sec (s)

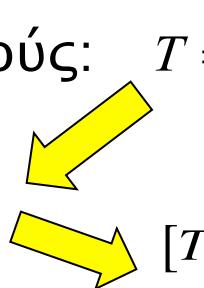
μάζα [m] Χιλιόγραμμα (Kgr)

➤ Όλες οι εξισώσεις πρέπει να είναι διαστασιακά σωστές

$$x = \frac{1}{2} at^2 \quad \left. \begin{array}{l} x: \text{απόσταση m} \\ \alpha: \text{επιτάχυνση m/s}^2 \\ t: \text{χρόνος s} \end{array} \right\} \rightarrow [L] = \frac{[L]}{[T]^2} [T]^2$$

Περίοδος εκκρεμούς: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

Σωστό



$$[T] = \frac{[L]^{\frac{1}{2}}}{[L]^{\frac{1}{2}}} [T]$$

ή

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{g}{l}}$$



Λάθος

$$[T] = \frac{[L]^{\frac{1}{2}}}{[L]^{\frac{1}{2}} [T]}$$

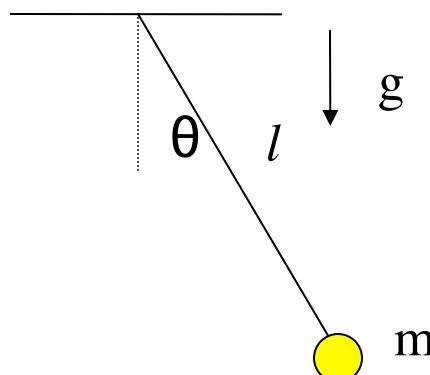


g επιτάχυνση

Διαστασιακή ανάλυση

- Είπαμε ότι χρησιμοποιώντας τις μονάδες μέτρησης μπορούμε να δούμε (α) αν το αποτέλεσμα που έχουμε είναι σωστό και (β) να βρούμε την απάντηση πριν καν λύσουμε το πρόβλημα
- Σα κανόνας, (ιδιαίτερα σε πολύπλοκες καταστάσεις) μπορεί να χρειαστεί να γράψουμε ένα γενικό γινόμενο των δεδομένων ποσοτήτων υψωμένες σε τυχαίους εκθέτες (π.χ. m^a , l^b , g^c) και μετά να γράψουμε τις μονάδες αυτού του γινομένου σα συνάρτηση των εκθετών a, b, c .
- Καταλήγουμε σε ένα σύστημα εξισώσεων η λύση του οποίου δίνει το τρόπο που συνδέονται οι ποσότητες μεταξύ τους.

Παράδειγμα διαστασιακής ανάλυσης



Ποια είναι η συχνότητα του εκκρεμούς

$$\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T$$

Οι διαστασιακές ποσότητες που δίνονται:

- (α) η μάζα $m = [M]$
- (β) το μήκος $l = [L]$
- (γ) η επιτάχυνση $g = [L/T^2]$

Χρειαζόμαστε μια σχέση που να έχει διάσταση $1/\text{χρόνου}$ ή $1/T$

Γράφουμε:

$$m^a l^b g^c = t^{-1}$$

$$[M]^a [L]^b \left[\frac{L}{T^2}\right]^c = [T]^{-1}$$

$a=0 \quad a=0$
 $b+c=0 \quad b=-1/2$
 $-2c=-1 \quad c=1/2$

Αντικαθιστώντας τις μονάδες

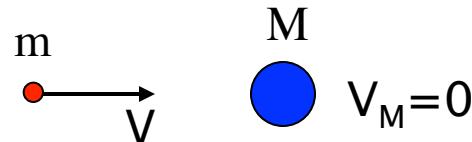
Άρα η συχνότητα του εκκρεμούς είναι

$$\omega = f(\theta) \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Σταθερά
αναλογίας

Εξέταση οριακών συνθηκών

Πολλές φορές η διαισθησή σας (για οριακές περιπτώσεις) μπορεί να σας βοηθήσει να δείτε αν η απάντηση σε κάποιο πρόβλημα είναι η σωστή έστω και αν δεν μπορείτε να εξετάσετε την γενική περίπτωση:



Έστω ότι έχουμε την ελαστική σύγκρουση δύο μαζών m και M σε 1-Δ. Η m αρχικά κινείται με ταχύτητα V ενώ η M είναι ακίνητη.

Θα δούμε αργότερα ότι οι ταχύτητες των μαζών μετά τη σύγκρουση δίνονται από:

$$V'_m = \left(\frac{m - M}{m + M} \right) V \quad \text{και} \quad V'_M = \left(\frac{2m}{m + M} \right) V$$

Προσέξτε ότι η απάντηση είναι της μορφής: $V \times f\left(\frac{m}{M}\right)$

Οριακές συνθήκες:

$m=M$ $V'_m = 0$ και $V'_M = V$ Γνωστή περίπτωση από μπιλιάρδο

$m << M$ $V'_m \approx -V$ και $V'_M \approx 0$ Γνωστή περίπτωση τοίχου ($M >> m$)

$m >> M$ $V'_m \approx V$ και $V'_M \approx 2V$ Απρόσμενο αποτέλεσμα!!??