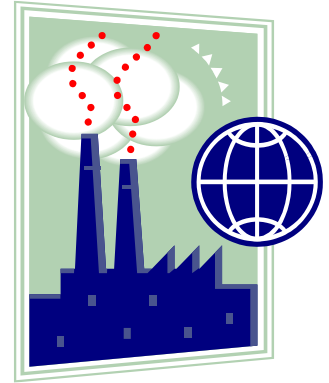


# Φυσική

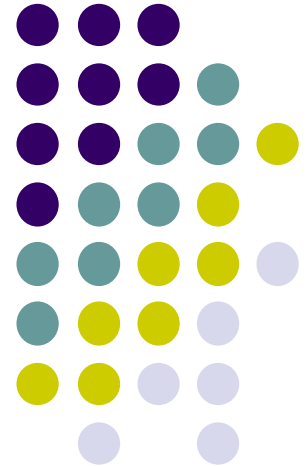
## 1ο εξάμηνο

Γεώργιος Γκαϊντατζής  
Καθηγητής

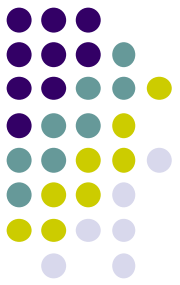


Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης  
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

1<sup>ο</sup> μάθημα

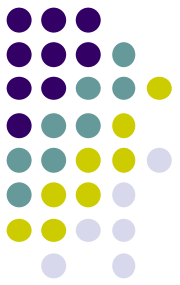


# Ποιος είμαι ...

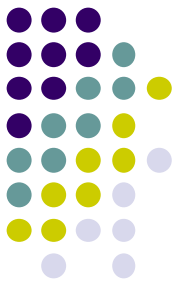


- **Doctor of Philosophy (Ph.D.)**  
(Τμήμα Περιβαλλοντικής Χημικής Μηχανικής, Μεταπτυχιακή Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Saitama, Ιαπωνίας)
- **Master of Engineering (M.E.)**  
(ομοίως με παραπάνω)
- **Πτυχίο Φυσικής**  
(Φυσικό Τμήμα Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης)
- **Μεταπτυχιακός Τίτλος Σπουδών στη Διοίκηση Επιχειρήσεων (MBA)**  
(Ελληνική Ένωση Διοίκησης Επιχειρήσεων-ΕΕΔΕ)

# Που θα με ξανασυναντήσετε ...



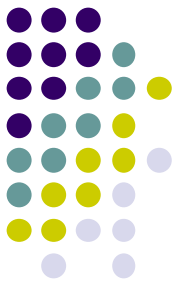
- Ρευστομηχανική (5<sup>ο</sup> εξάμηνο)
- Συστήματα Βιομηχανικών Διεργασιών (6<sup>ο</sup> εξάμηνο)
- Περιβαλλοντική Μηχανική (8<sup>ο</sup> εξάμηνο)
- Διπλωματική εργασία (5% πιθανότητα)



# Γιατί ήρθατε εδώ ?

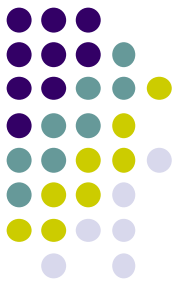
- Τι θέλω να σπουδάσω ?
- Τι νομίζω ότι θα σπουδάσω ?
- Τι θα σπουδάσω τελικά ?
- Που θα το χρησιμοποιήσω ?

# Τι θα κάνετε μαζί μου (περιγραφή...)



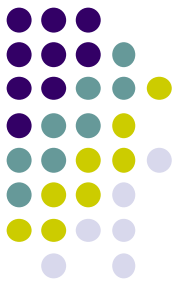
- Χώρος και χρόνος, μονάδες, σημαντικά ψηφία, επιτάχυνση της βαρύτητας, κίνηση βλημάτων, σχετικότητα της κίνησης, μετασχηματισμοί Galileo
- 1ος, 2ος, 3ος νόμος Νεύτωνα, οι 4 θεμελιώδεις δυνάμεις, βάρος, τριβή, νόμος Hooke
- Έργο σε μία και σε τρεις διαστάσεις, κινητική, δυναμική βαρυτική ενέργεια, διατηρητικές δυνάμεις, διατήρηση ενέργειας, νόμος βαρύτητας, νόμοι Kepler,
- Ορμή συστήματος σωματιδίων, κέντρο μάζας και κίνησή του, συγκρούσεις,
- Κίνηση στερεού σώματος, ροπή αδράνειας, στροφορμή στερεού σώματος, ροπή στρέψης, διατήρηση στροφορμής
- Στατική στερεών σωμάτων, μοχλοί και τροχαλίες
- Θερμότητα ως μορφή ενέργειας, θερμική συμπεριφορά της ύλης, θερμική ισορροπία

# Τι θα κάνετε μαζί μου (σκοπός μαθήματος...)



- Παρουσίαση μιας σύγχρονης άποψης της κλασσικής Μηχανικής και της Θερμοδυναμικής για το φοιτητή των Πολυτεχνικών σχολών που κυρίως χρειάζεται και εφαρμόζει τη Φυσική ως εργαλείο και δεν τον ενδιαφέρει για παράδειγμα η ατομική δομή της ύλης.
- Επειδή όμως η Φυσική δεν μπορεί να διαχωριστεί από τη λειτουργία της,
  - το μεν θεωρητικό μέρος του μαθήματος παρουσιάζεται από την οπτική γωνία των φυσικών,
  - το δε πρακτικό μέρος (ασκήσεις πράξης, εφαρμογές) δίνει έμφαση σε παραδείγματα της καθημερινότητας και στη διασύνδεσή της με εφαρμογές της τεχνικής μηχανικής.

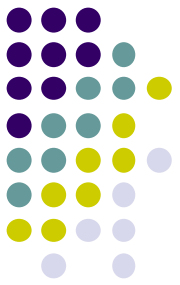
# Τι αναμέν(ω)εται να ξέρετε ...



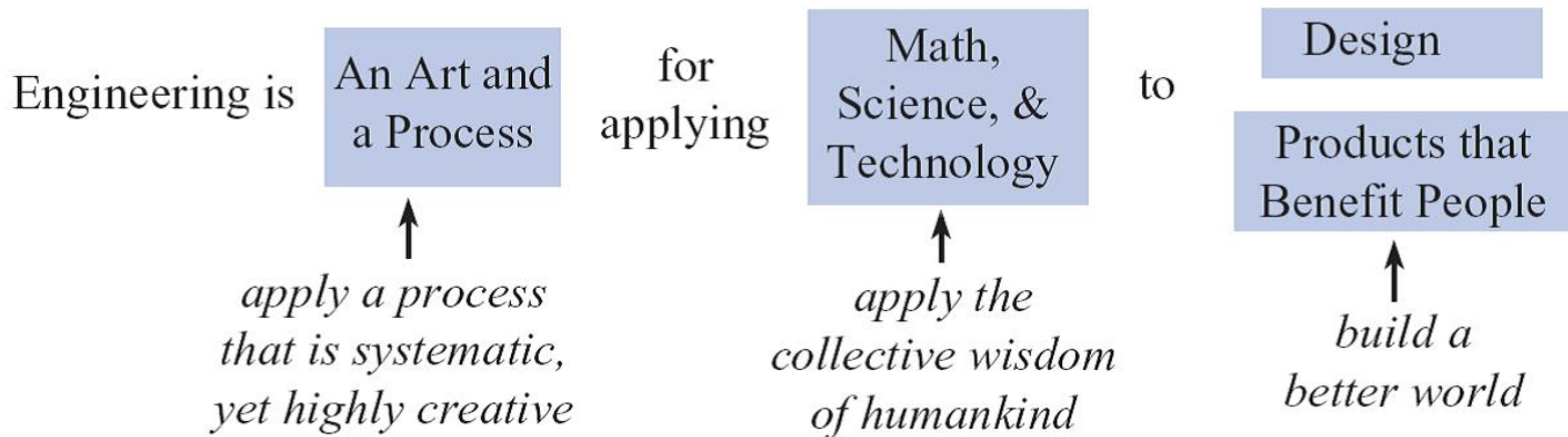
*Στο τέλος του μαθήματος οι φοιτητές θα είναι σε θέση να:*

- *Επιλύουν απλά και σύνθετα προβλήματα φυσικής σχετικά με:  
Κινηματική, δυναμική, διατήρηση ορμής, στροφορμής, ενέργειας, θερμότητα*
- *Αναγνωρίζουν  
Τα σημαντικά ψηφία, τη σχετικότητα της κίνησης, του συστήματος αναφοράς και ενίοτε της λύσης*
- *Εφαρμόζουν  
με ευχέρεια μετατροπές μονάδων, νόμους, ιδιότητες και τη φυσική σκέψη στην εξήγηση φαινομένων*

# Αξιολόγηση φοιτητών



- Γραπτή εξέταση (κλειστά βιβλία)



# Συγγράμματα



## 1<sup>η</sup> επιλογή

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ με Σύγχρονη Φυσική, Τόμος Α

**Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 112690832**

Έκδοση: 4η /2022

Συγγραφείς: YOUNG και FREEDMAN

ISBN: 978-960-02-3824-2

Διαθέτης (Εκδότης): Εκδόσεις ΠΑΠΑΖΗΣΗ

## 2<sup>η</sup> επιλογή

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

**Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο : 86055468**

Έκδοση : 1η /2019

Συγγραφείς: Wolfson Richard

ISBN: 978-960-586-305-0

Διαθέτης (Εκδότης): Εκδόσεις Κριτική ΑΕ

## 3<sup>η</sup> επιλογή

Φυσική για Επιστήμονες και Μηχανικούς, Τόμος Α

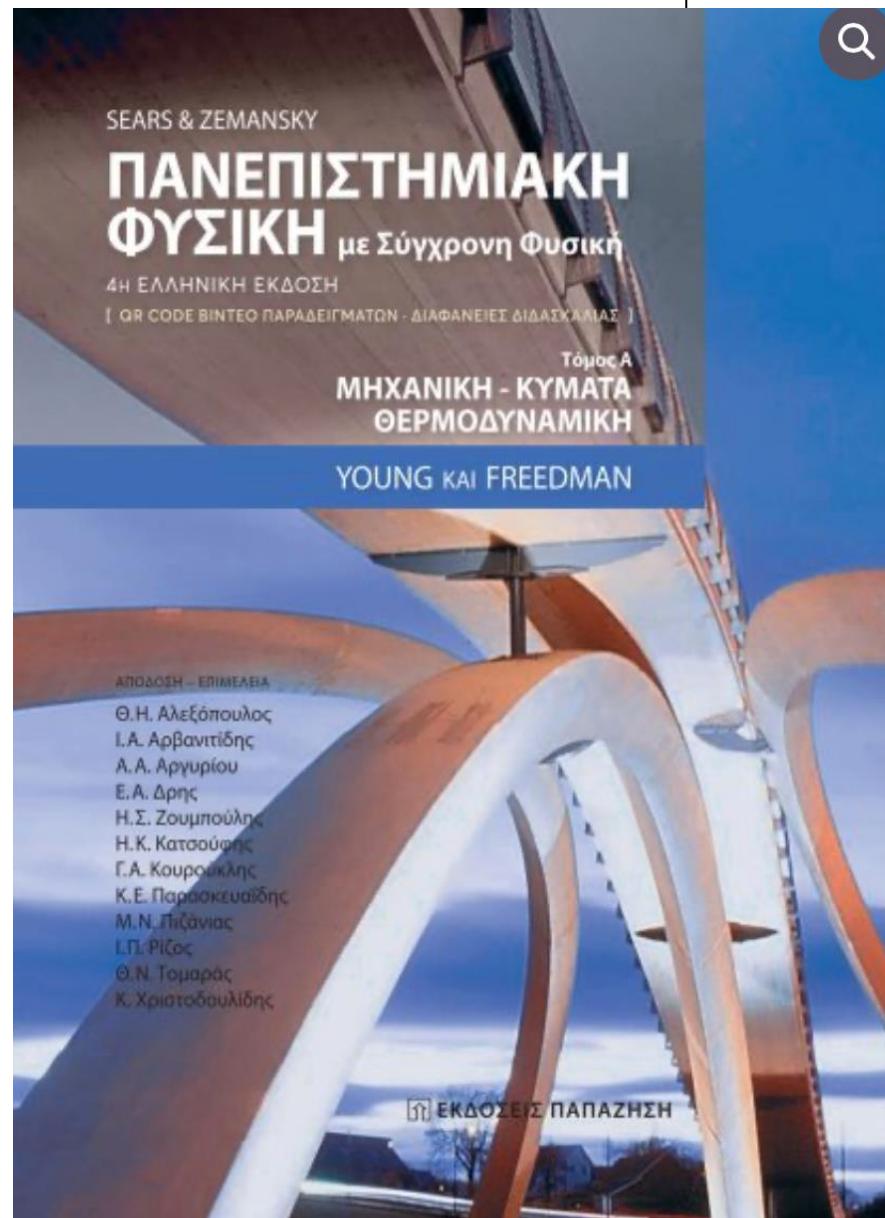
**Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 18549052**

Έκδοση: 4<sup>η</sup> έκδοση

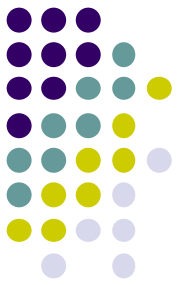
Συγγραφείς: Giancoli

ISBN: 978-960-418-342-5

Διαθέτης (Εκδότης): Τζιόλα



# Επιλογή Βιβλίου



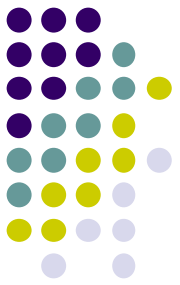
- Παρουσίαση μιας σύγχρονης άποψης της κλασσικής Μηχανικής και της Θερμοδυναμικής
- Φοιτητές των Πολυτεχνικών σχολών χρειάζονται τη Φυσική ως εργαλείο
- Εργαλείο ναι, αλλά δεν μπορεί να διαχωριστεί από τη λειτουργία της

# Πρόγραμμα διαλέξεων



| Εβδομάδα | Θεματική Ενότητα Διάλεξης                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------|
| 1        | Κάνοντας Φυσική, Μετρήσεις χώρου, χρόνου, και μάζας       |
| 2        | Ευθύγραμμη κίνηση                                         |
| 3        | Κίνηση σε δύο και τρεις διαστάσεις                        |
| 5        | Δύναμη και κίνηση                                         |
| 6        | Χρήση των νόμων του Νεύτωνα                               |
| 7        | Ενέργεια, έργο και ισχύς                                  |
| 8        | Διατήρηση ενέργειας                                       |
| 9        | Βαρύτητα                                                  |
| 10       | Συστήματα Σωματιδίων                                      |
| 11       | Περιστροφική κίνηση, διανύσματα περιστροφής και στροφορμή |
| 12       | Στατική ισορροπία                                         |
| 13       | Θερμότητα και θερμότητα, θερμική συμπεριφορά της ύλης     |

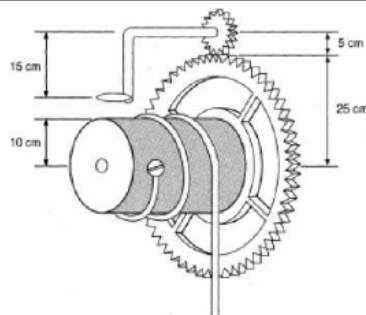
# Ερωτήσεις - Απορίες ??



- Έναρξη στις 14.15
- Όχι συγκεκριμένα διαλλείματα
- Όχι συγκεκριμένη λήξη
- Όχι στο Λύκειο (αλλάξτε νοοτροπία)
- Όχι στη φασαρία
- Όχι στη αντιγραφή
- Ναι στις διακοπές (του μαθήματος εννοώ)
- Ναι στη συμμετοχή (στο μάθημα)
- Άλλο ??



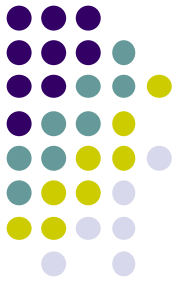
| Θέμα | Περιγραφή - Επεξήγηση                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Μονάδες |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1    | Ένα πλοίο $3,0 \times 10^4$ μετρικών τόνων κινούμενο με 40 km/hr προσκρούει σε παγόβουνο $8,0 \times 10^5$ μετρικών τόνων. Εάν η σύγκρουση είναι τελείως ανελαστική ποιο κλάσμα της αρχικής κινητικής ενέργειας του πλοίου παραμένει ως κινητική ενέργεια του συστήματος πλοίου-παγόβουνου; Τι απέγινε η υπόλοιπη ενέργεια; (Κ.11, Α.15) | 2       |
| 2    | Δύο ομογενή τετράγωνα λαμαρίνας διαστάσεων $L \times L$ ενώνονται υπό ορθή γωνία κατά μήκος μιας ακμής. Το ένα από τα τετράγωνα έχει 2-πλάσια μάζα από το άλλο. Βρείτε το κέντρο μάζας του συνδυασμού. (Κ.10, Α.29)                                                                                                                      | 3       |
| 3    | Για να ανυψώσουμε 10 Kg νερό από ένα πηγάδι πόση δύναμη πρέπει να ασκήσουμε στο χερούλι της διάταξης του διπλανού σχήματος ; ( $g=10\text{m/s}^2$ ) (Κ.14, Α.43)                                                                                                                                                                         | 2       |
| 4    | Να υπολογιστεί η ροπή αδράνειας μιας λεπτής ομογενούς ράβδου μήκους $\ell$ και μάζας $M$ που περιστρέφεται περί άξονα που είναι κάθετος στη ράβδο και διέρχεται :<br>α) από το κέντρο της<br>β) από το άκρο της ράβδου<br>Τι συμπεραίνετε από τα αποτελέσματα;                                                                           | 3       |







| Θέμα | Περιγραφή - Επεξήγηση                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Μονάδες |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1    | Ένας μοτοσικλετιστής που οδηγούσε σε περιοχή με όριο ταχύτητας τα 60 km/hr χτύπησε ένα αυτοκίνητο σε οριζόντιο δρόμο. Από το βίντεο του ατυχήματος φαίνεται ότι ο μοτοσικλετιστής εκτινάχθηκε με γωνία περίπου 35 μοιρών και προσγειώθηκε 15 m πιο κάτω στο δρόμο. Σας προσλαμβάνει ως εμπειρογνώμονα η οικογένεια του μοτοσικλετιστή για να διευκρινίσετε αν είχε υπερβεί το όριο ταχύτητας. Τι απαντάτε;                                                                                                                                 | 2       |
| 2    | Είστε ο υπεύθυνος του κέντρου ελέγχου εκτόξευσης ενός πυραύλου για ερευνητικούς σκοπούς. Από το υψόμετρο των 500 m μέχρι το υψόμετρο των 3000 m βρίσκονται σύννεφα. Ο πύραυλος εκτοξεύεται κατακόρυφα και επιταχύνεται με $4 \text{ m/s}^2$ . Για λόγους ασφαλείας δεν επιτρέπεται να μείνει εκτός ορατότητας για περισσότερο από 15 s. Θα επιτρέψετε την εκτόξευση;                                                                                                                                                                       | 2       |
| 3    | <p>Σχεδιάζετε τον ανελκυστήρα ενός ουρανοξύστη. Στο καταστροφικό σενάριο που μελετάτε, ο ανελκυστήρας με κομμένο το συρματόσχοινο υφίσταται ελεύθερη πτώση μέχρι να προσκρούσει σε ελατήριο απορρόφησης κραδασμών στο δάπεδο. Μόλις έρχεται σε επαφή με το ελατήριο ενεργοποιείται φρένο στο συρματόσχοινο που με ένα σφικτήρα ασφαλείας ασκεί μια σταθερή δύναμη τριβής 17.000 N στον ανελκυστήρα. Το ελατήριο πρέπει να ακινητοποιήσει τον ανελκυστήρα με συμπίεσή του το πολύ κατά 3 μέτρα. Προσδιορίστε την σταθερά του ελατηρίου.</p> | 4       |
| 4    | Σίδερο μάζας 2 kg και 600 °C βυθίζεται σε κουβά που περιέχει 20 kg νερού θερμοκρασίας 15 °C. Πόση είναι η θερμοκρασία ισορροπίας; $C_{Fe} = 0,107 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$ , $C_{H2O} = 1,0 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2       |



① Μέγιστο βέλους είναι για  $45^\circ$ , δίνεται από τον νόμο  $x = \frac{v_0^2}{2g} \sin 2\theta$   
 Για  $35^\circ$  και για  $60 \text{ km/hr} = 16,67 \text{ m/s}$   
 $x = \frac{16,67^2}{2 \cdot 9,8} \sin 70^\circ \Rightarrow x = 21,9 \text{ m}$ . Εφόσον προσγειώνεται στα  $15 \text{ m}$ ,  
 έρχεται με  $v_0 < 60 \text{ km/hr}$

②  $z = \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2z}{a}}$   
 $t_{500} = \sqrt{\frac{2 \cdot 500}{4}} \Rightarrow t_{500} = 15,8 \text{ s}$   
 $t_{3000} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000}{4}} \Rightarrow t_{3000} = 38,7 \text{ s}$   
 Θα καθυστερήσει για σύνολο  $38,7 - 15,8 = 22,9 \text{ s} >$  από το επιτρεπόμενο  $15 \text{ s}$

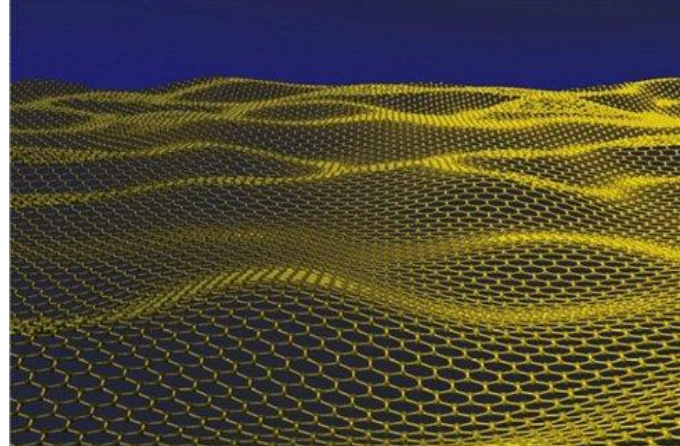
③ (Ενέργεια συν θέση 1) = (Ενέργεια συν θέση 2) + (Έργο τριβής)  
Ενέργεια συν θέση 1  $K_1 = \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} 2000 \cdot 25^2 = 625.000 \text{ J}$   
 $v_{\text{grav.}} = 0$  (ενέργεια  $g_1 = 0$ , επιφ. αναπόσει δυνάμεως)  
 $v_{\text{ελασ.}} = 0$  ( $v = \frac{1}{2} k y^2$ , δεν έχει επιμήκυνση,  $y = 0$ )  
Ενέργεια συν θέση 2  $K_2 = 0$  (ακίνητο σώμα)  
 $v_{\text{grav.}} = m g y_2 = 2000 \cdot 9,8 \cdot (-3) = -58.800 \text{ J}$   
 $v_{\text{ελασ.}} = \frac{1}{2} k y_2^2 = ??$   
Έργο τριβής  $W_{\text{τρ.}} = F_{\text{τρ.}} \cdot y_2 = 17.000 \cdot 3 = 51.000 \text{ J}$

(Ενέργεια 1) = (Ενέργεια 2) + (Έργο τριβής)  $\Rightarrow$   
 $625.000 = -58.800 + \frac{1}{2} k y_2^2 + 51.000 \mid \Rightarrow \boxed{k = 1,41 \times 10^5 \text{ N/m}}$   
 $y_2 = 3 \text{ m}$

④ Γνωσ  $T$  η θερμοκρασία ισορροπίας  
 $m_{\text{Fe}} c_{\text{Fe}} \cdot (T_{\text{Fe}} - T) = m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot (T - T_{\text{H}_2\text{O}}) \Rightarrow$   
 $2 \cdot 0,107 (600 - T) = 20 \cdot 1 \cdot (T - 15) \Rightarrow \boxed{T = 21,2^\circ \text{C}}$

# Nobel 2010

## Α. Γκέιμ και Κ. Νοβοσέλοφ



### 2-διάστατο υλικό γραφένιο

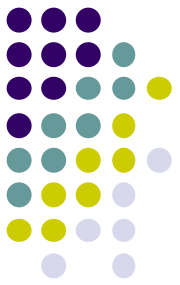
Το ασυνήθιστο υλικό, μια μορφή άνθρακα με τη μορφή φύλλων που έχουν πάχος ενός ατόμου, εμφανίζει ιδιότητες που υπόσχονται επανάσταση στην ηλεκτρονική και σε μια ποικιλία άλλων εφαρμογών. Οι δύο φυσικοί απομόνωσαν το γραφένιο από ένα κομμάτι γραφίτη όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στις μύτες των μολυβιών. Χρησιμοποιώντας συνηθισμένη κολλητική ταινία, κατάφεραν να αποσπάσουν από τον γραφίτη μια φλούδα με πάχος όσο ένα άτομο άνθρακα.

Ως αγωγός του ηλεκτρισμού, το γραφένιο είναι εξίσου καλό με τον χαλκό. Ως αγωγός της θερμότητας, ξεπερνά πολλά άλλα υλικά. Είναι επίσης σχεδόν τελείως διαφανές, κι όμως λειτουργεί ως φίλτρο που δεν αφήνει να περάσουν από μέσα του ακόμα και τα άτομα ήλιου, τα μικρότερα άτομα αερίου.

Στο χώρο της ηλεκτρονικής το γραφένιο θεωρείται ήδη διάδοχος του πυριτίου, καθώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε τρανζίστορ πολύ ταχύτερα από ότι τα σημερινά. Δεδομένου ότι είναι αγωγίμο και ταυτόχρονα διαφανές, θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί σε διαφανείς οθόνες αφής, ηλιακούς συλλέκτες, κτλ. Όταν προστεθεί σε πλαστικά υλικά, το γραφένιο τα κάνει όχι μόνο αγωγιμα αλλά και πιο ανθεκτικά στη θερμότητα και τη μηχανική καταπόνηση. Δίνει έτσι εξαιρετικά λεπτά, εύκαμπτα αλλά και πολύ ισχυρά υλικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή αυτοκινήτων, αεροπλάνων και δορυφόρων.

# Nobel 2011

## S. Perlmutter, B. Schmidt, A. Riess



The Nobel Prize in Physics 2011 was divided,

one half awarded to Saul Perlmutter,

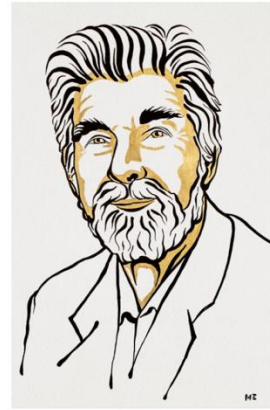
the other half jointly to Brian P. Schmidt and Adam G. Riess

*"for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae".*

# Nobel price 2021



Ill. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach  
**Syukuro Manabe**  
Prize share: 1/4



Ill. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach  
**Klaus Hasselmann**  
Prize share: 1/4



Ill. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach  
**Giorgio Parisi**  
Prize share: 1/2

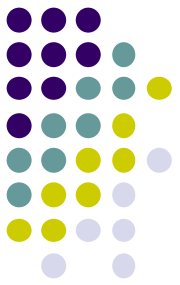
## 2021 — Syukuro Manabe; Klaus Hasselmann; Giorgio Parisi

### Γιατί τιμήθηκαν:

Το βραβείο απονεμήθηκε “for groundbreaking contributions to our understanding of complex physical systems” [NobelPrize.org +2](#)

### Λίγα στοιχεία:

- **Syukuro Manabe & Klaus Hasselmann:** Τιμήθηκαν για τη συμβολή τους στη φυσική μοντελοποίηση του κλιματικού συστήματος της Γης — στην ανάλυση της μεταβλητότητας της ατμόσφαιρας και των ωκεανών, και στην ικανότητα πρόβλεψης της υπερθέρμανσης του πλανήτη. [NobelPrize.org +2](#)
- **Giorgio Parisi:** Αναγνωρίστηκε για την ανακάλυψη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ αταξίας (disorder) και φλακτουσιακών φαινομένων (fluctuations) σε πολύπλοκα φυσικά συστήματα, από τα ατομικά έως τα πλανητικά κλίμακα. [NobelPrize.org +2](#)
- Το έργο του Parisi έχει εφαρμογές σε πολλές περιοχές — από φυσική συμπεκνωμένης ύλης έως βιολογία και κοινωνικά δίκτυα. [Max Planck Society](#)



## 2022 — Alain Aspect; John F. Clauser; Anton Zeilinger

### Γιατί τιμήθηκαν:

"for experiments with entangled photons, establishing the violation of Bell inequalities and pioneering quantum information science." [optica.org](#) +2

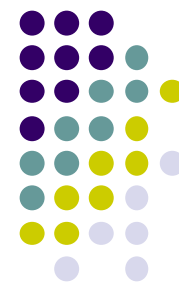
### Κύρια έργα:

- **John F. Clauser:** Πρωτοπόρος σε πειράματα για να δοκιμαστεί η ανισότητα του Bell (Bell inequalities), δηλαδή να γίνει μετρήσεις που να δείχνουν ότι η πραγματικότητα δεν μπορεί να περιγραφεί από τοπικά κρυμμένα μεταβλητά μεγέθη (local hidden variables). [optica.org](#) +1
- **Alain Aspect:** Εκτέλεσε σειρά από πειράματα με φωτόνια που ήταν συζευγμένα (entangled), ιδιαίτερα ένα πείραμα με μεταβλητές εισόδους για τα πολωτικά φίλτρα μετά την εκπομπή των φωτονίων, ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν υπήρχε επικοινωνία ή προκατάληψη ("loopholes") μεταξύ των μέτρων. [PNAS](#) +1
- **Anton Zeilinger:** Πειραματικός φυσικός που ανέδειξε τη σημασία του quantum entanglement και της τηλεμεταφοράς κβαντικής πληροφορίας (quantum teleportation) και άλλων πρωτοποριακών πειραμάτων στη βάση της θεμελιώδους φύσης της κβαντικής μηχανικής. [optica.org](#) +1

## 2023 — Pierre Agostini, Ferenc Krausz & Anne L'Huillier

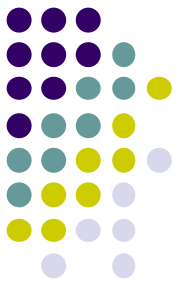
### Γιατί τιμήθηκαν:

"for experimental methods that generate attosecond pulses of light for the study of electron dynamics in matter." [NobelPrize.org](#) +2



### Κύρια έργα:

- **Anne L'Huillier:** Ανακάλυψε ότι όταν στέλνεις υπέρυθρο λέιζερ μέσα από ευγενή αέρια, παράγονται πολλαπλά υπέρ-αρμονικά κύματα (high harmonic generation – HHG). Αυτό έδωσε την ιδέα ότι μπορείς να ενώσεις αυτά τα κύματα ώστε να πάρεις πολύ σύντομα παλμούς φωτός — *attosecond pulses*. [PNAS](#) +1
- **Pierre Agostini:** Ανέπτυξε τεχνικές όπως το RABBITT ("reconstruction of attosecond beating by interference of two-photon transitions") για να μελετήσει τη φάση των υπέρ-αρμονικών και να επιβεβαιώσει ότι οι φάσεις μπορούν να συγχρονιστούν ώστε να παραχθούν παλμοί attosecond. [PNAS](#) +1
- **Ferenc Krausz:** Ανέπτυξε λέιζερ υψηλής ισχύος και τεχνικές για να απομονώνει έναν μεμονωμένο attosecond παλμό (isolated attosecond pulse), και επίσης εργαλεία όπως το *attosecond streak camera* για να καταγράφει τις ηλεκτρονικές διεργασίες με αυτό το χρονικό εύρος. [PNAS](#) +1



## 2024 — John J. Hopfield & Geoffrey Hinton

Γιατί τιμήθηκαν:

“for foundational discoveries and inventions that enable machine learning with artificial neural networks.” [NobelPrize.org](https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2024/hopfield-hinton/)

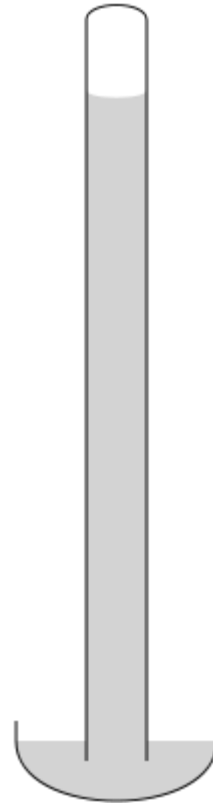
- Ο John Hopfield δημιούργησε το *associative memory* (δικτύωμα που μπορεί να αποθηκεύει και να ανακαλεί εικόνες και άλλα πρότυπα δεδομένων). [NobelPrize.org](https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2024/hopfield-hinton/)
- Ο Geoffrey Hinton ανέπτυξε μεθόδους που επιτρέπουν στα συστήματα να μαθαίνουν αυτόνομα χαρακτηριστικά μέσα από δεδομένα, π.χ. να αναγνωρίζουν στοιχεία σε εικόνες. [NobelPrize.org](https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2024/hopfield-hinton/)

# Μια ωραία ιστορία ...

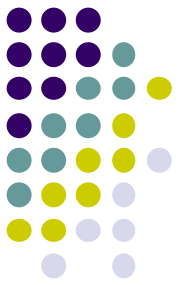


Το παρακάτω κείμενο αφορά μια  
ερώτηση που τέθηκε σε μια εξέταση  
Φυσικής στο πανεπιστήμιο της  
Κοπενχάγης:

"Περιγράψτε πως μπορούμε να  
μετρήσουμε το ύψος ενός  
ουρανοξύστη χρησιμοποιώντας ένα  
βαρόμετρο".



## Ένας φοιτητής απάντησε :

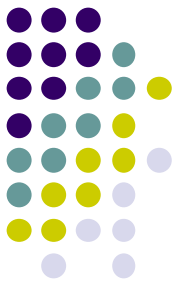


**"Δένετε ένα μακρύ σπάγκο στο λαιμό του βαρόμετρου, τότε κατεβάζετε το βαρόμετρο από την ταρατσα στο έδαφος. Το μήκος του νήματος συν το μήκος του βαρομέτρου θα είναι ίσο με το ύψος του κτιρίου."**

Αυτή η πρωτότυπη απάντηση, έκανε έξω φρενών τον εξεταστή έτσι ώστε ο φοιτητής κόπηκε αμέσως. Ο φοιτητής προσέφυγε στις αρχές του πανεπιστημίου διαμαρτυρόμενος ότι η απάντησή του ήταν αναμφίβολα σωστή, και το πανεπιστήμιο όρισε έναν ανεξάρτητο εξεταστή να διερευνήσει την υπόθεση. Ο διαιτητής αυτός έκρινε ότι η απάντηση ήταν πράγματι σωστή, αλλά δεν έδειχνε καμιά αξιοσημείωτη γνώση της φυσικής. Για να διαλευκανθεί τελείως το θέμα αποφασίστηκε να καλέσουν το σπουδαστή και να του αφήσουν 6 λεπτά μέσα στα οποία αυτός έπρεπε να δώσει μια προφορική απάντηση που να δείχνει μια εξοικείωση με τη φυσική σκέψη.

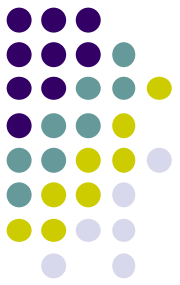
Για 5 λεπτά αυτός παρέμεινε σιωπηλός. Ο εξεταστής του θύμισε ότι ο χρόνος τελείωνε, και ο σπουδαστής απάντησε ότι ήδη είχε στο μυαλό του αρκετές συναφείς απαντήσεις αλλά δεν μπορούσε να αποφασίσει ποια να χρησιμοποιήσει. Στην προτροπή να βιαστεί, ο σπουδαστής απάντησε ως εξής:

# απάντησε ...



1. "Κατ' αρχήν μπορείς να ανεβάσεις το βαρόμετρο στην κορυφή του ουρανοξύστη, να το αφήσεις να πέσει στο δρόμο και να μετρήσεις το χρόνο που κάνει να φτάσει στο έδαφος. Το ύψος του κτιρίου μπορεί τότε να βρεθεί από τον τύπο  $h = gt^2/2$ . Αλλά αλίμονο στο βαρόμετρο."
2. "Η αν υπάρχει ηλιοφάνεια μπορείς να μετρήσεις το ύψος του βαρόμετρου, να το στήσεις όρθιο στο έδαφος και να μετρήσεις το μήκος της σκιάς του. Να μετρήσεις ύστερα το μήκος της σκιάς του ουρανοξύστη, και τέλος με απλή αριθμητική αναλογία να βρεις το πραγματικό ύψος του ουρανοξύστη."
3. "Αλλά αν θέλεις να κάνεις μια πραγματικά επιστημονική δουλειά, θα μπορούσες να δέσεις ένα μικρού μήκους νήμα στο βαρόμετρο και να το βάλεις σε ταλάντωση σαν εκκρεμές, πρώτα στο έδαφος και μετά στην τσιντσα του ουρανοξύστη. Το ύψος θα μπορούσε στη συνέχεια να βρεθεί μετρώντας και συγκρίνοντας τις δυο περιόδους οι οποίες είναι αντιστρόφως ανάλογες των τετραγωνικών ριζών των επιταχύνσεων της βαρύτητας, στο έδαφος και στο ύψος του ουρανοξύστη. Η επιτάχυνση της βαρύτητας εξαρτάται με τη σειρά της από το ύψος από την επιφάνεια της γης και συνεπώς γνωρίζοντας την επιτάχυνση της βαρύτητας στην τσιντσα βρίσκουμε το ύψος."

# απάντησε ...

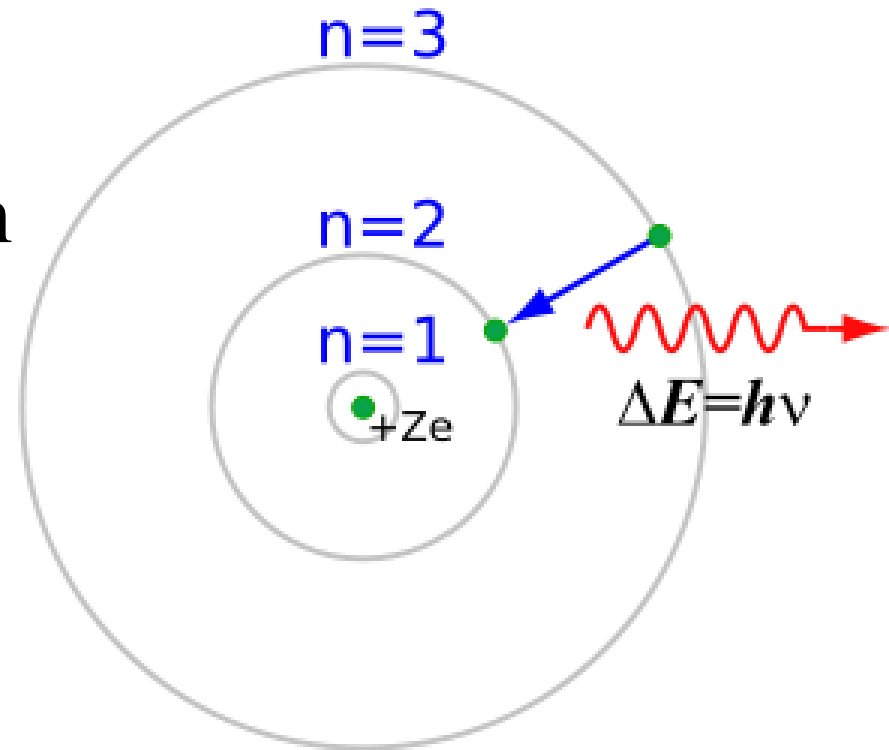


4. "Η αν ο ουρανοξύστης διαθέτει μια εξωτερική σκάλα κινδύνου θα ήταν ευκολότερο να ανεβείς τη σκάλα και να βάλεις διαδοχικά σημάδια επαναλαμβάνοντας το μήκος του βαρόμετρου. Μετά να προσθέσεις όλα αυτά τα μήκη."
5. "Αν απλώς βαριόσουν, και ήθελες να χρησιμοποιήσεις το βαρόμετρο με ορθόδοξο τρόπο, μπορούσες να μετρήσεις την ατμοσφαιρική πίεση στην ταράτσα και στο έδαφος και να μετατρέψεις την διαφορά των mbars σε αντίστοιχη διαφορά σε μέτρα."
6. "Αλλά επειδή ως φοιτητές συνεχώς παροτρυνόμαστε να ασκούμε την ανεξαρτησία του μυαλού και να εφαρμόζουμε επιστημονικές μεθόδους, αναμφίβολα ο καλύτερος τρόπος θα ήταν, να χτυπήσουμε την πόρτα του θυρωρού και να του πούμε: "Αν θα σου άρεσε να έχεις ένα ωραίο καινούριο βαρόμετρο, θα σου χαρίσω αυτό αν μου πεις το ύψος του ουρανοξύστη".

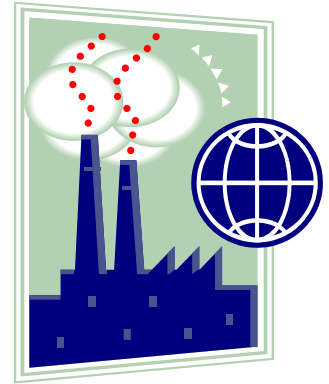
Ο σπουδαστής αυτός ήταν ο **Niels Bohr** ο μόνος Δανός που κέρδισε το βραβείο Nobel της Φυσικής.



**Prize motivation:** "for his services in the investigation of the structure of atoms and of the radiation emanating from them"

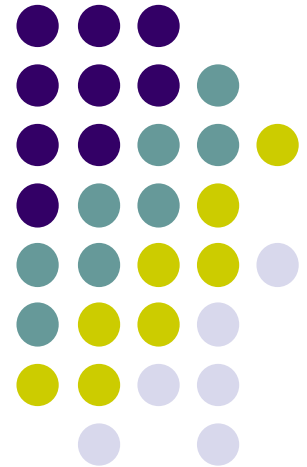


# Κεφάλαιο 1



**Κάνοντας Φυσική**

**Μετρήσεις Χώρου, Χρόνου και Μάζας**

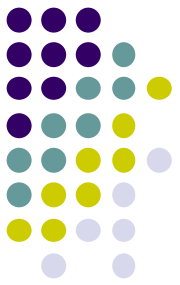


# Τι μαθαίνετε

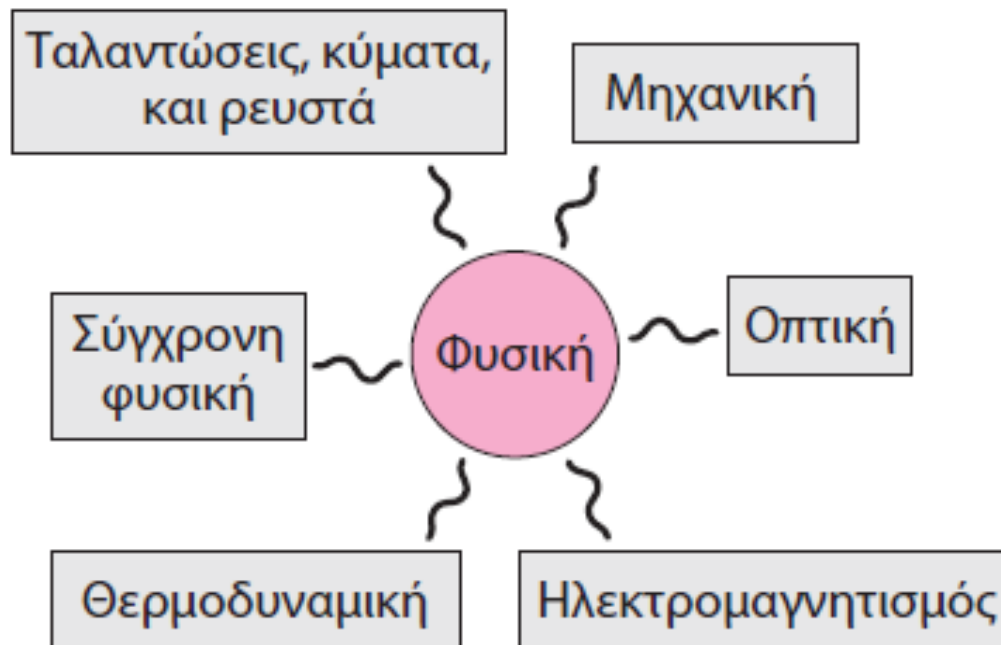
- Τους τομείς της φυσικής
- Το σύστημα SI των μονάδων μέτρησης
- Πώς να εκφράζετε και να χειρίζεστε τους αριθμούς που χρησιμοποιούνται στη φυσική
- Πώς να αντιμετωπίζετε την ακρίβεια και την αβεβαιότητα
- Πώς να εξαγάγετε πληροφορίες από πειραματικά δεδομένα
- Μια μέθοδο για την επίλυση προβλημάτων φυσικής



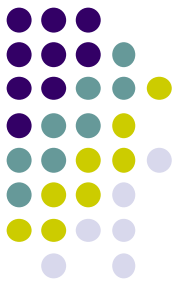
# Τομείς φυσικής



- Η φυσική παρέχει μια σχεδόν ενιαία περιγραφή όλων των φυσικών φαινομένων
- Μπορούμε να διαιρέσουμε τη φυσική σε έξι επιμέρους, αλλά αλληλοσυνδεόμενους τομείς



# Μετρήσεις Χώρου, Χρόνου και Μάζας



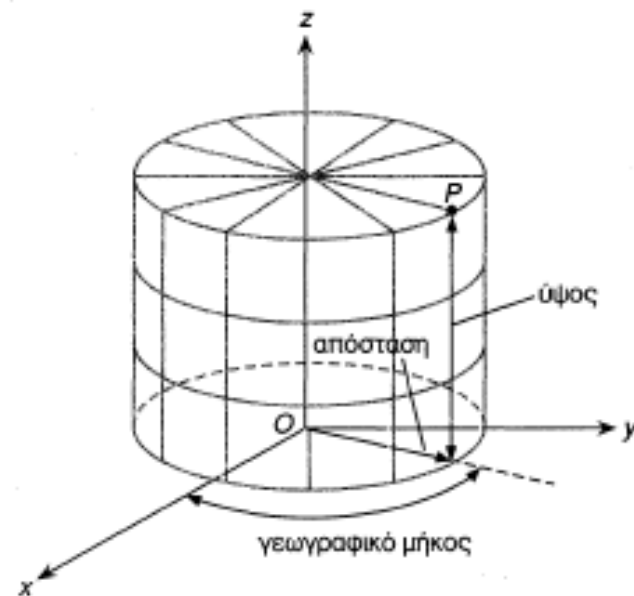
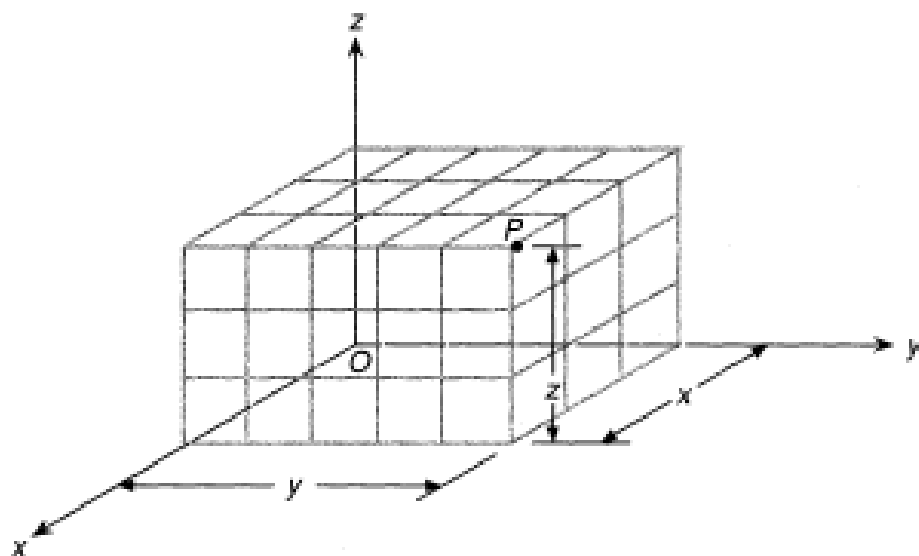
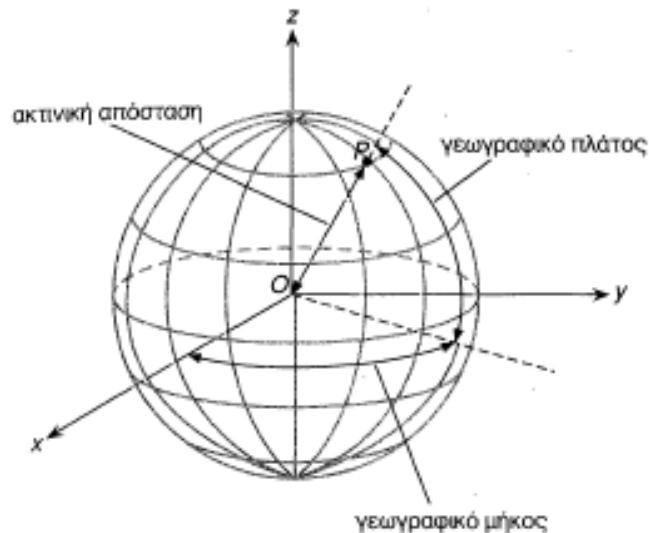
- Γεγονός: συμβάν σε ένα σημείο του χώρου σε μια χρονική στιγμή (π.χ. σύγκρουση 2 αυτοκινήτων)
- Ερευνητής-Παρατηρητής: Που και πότε συνέβη?
- Ιδανικό σωματίδιο: σημειακή μάζα χωρίς διακριτό μέγεθος και χωρίς εσωτερική δομή
- Αν γνωρίζουμε τη θέση συναρτήσει του χρόνου, και τη μάζα τότε γνωρίζουμε τα πάντα για το σωματίδιο
- Αφού κάθε μακροσκοπικό σώμα αποτελείται από σωματίδια γνωρίζοντας τα πάντα για τα σωματίδια, γνωρίζουμε τη συμπεριφορά του μακροσκοπικού σώματος
- Το αυτοκίνητο αποτελείται από άτομα (και αυτά από άλλα πολύ μικρότερα σωματίδια), τα οποία αφού είναι πολύ μικρότερα από το μέγεθος του αυτοκινήτου μπορεί να θεωρηθούν ως σημειακές μάζες.

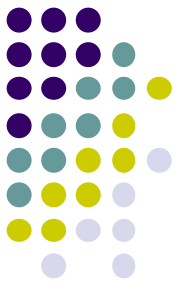
# Χώρος και Χρόνος

## Ορθογώνιες, σφαιρικές, κυλινδρικές συντεταγμένες



Αφετηρία: βολικό σημείο  
του χώρου

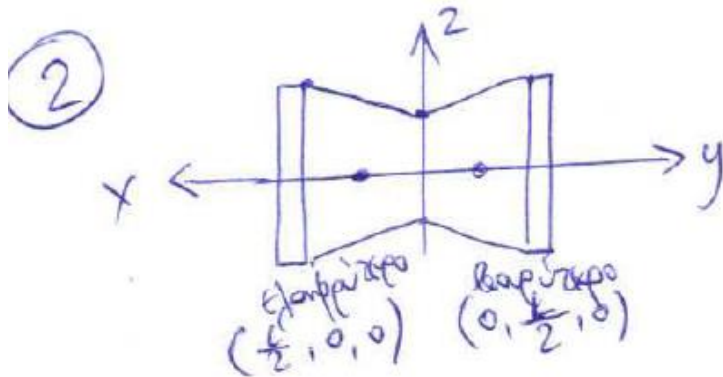




## π.χ. εξετάσεις Σεπτεμβρίου 2010

### Αφετηρία: βολικό σημείο του χώρου

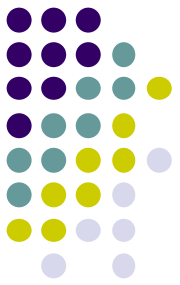
|   |                                                                                                                                                                                                                     |   |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 2 | Δύο ομογενή τετράγωνα λαμαρίνας διαστάσεων $L \times L$ ενώνονται υπό ορθή γωνία κατά μήκος μιας ακμής. Το ένα από τα τετράγωνα έχει 2-πλάσια μάζα από το άλλο. Βρείτε το κέντρο μάζας του συνδυασμού. (Κ.10, Α.29) | 3 |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|



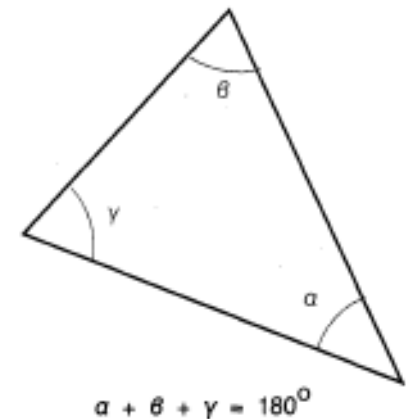
$$r_{cm} = \frac{M(\frac{L}{2}, 0, 0) + 2M(0, \frac{L}{2}, 0)}{M + 2M} = (\frac{L}{6}, \frac{L}{3}, 0)$$

# Χώρος και Χρόνος

## Κλασική Φυσική ή Φυσική του Newton

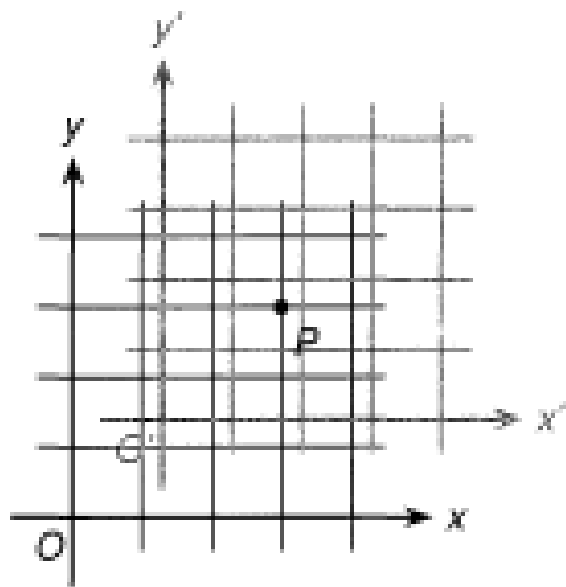


- Χώρος τρισδιάστατος (μήκος, πλάτος, ύψος)
- Η γεωμετρία του χώρου είναι Ευκλείδειος

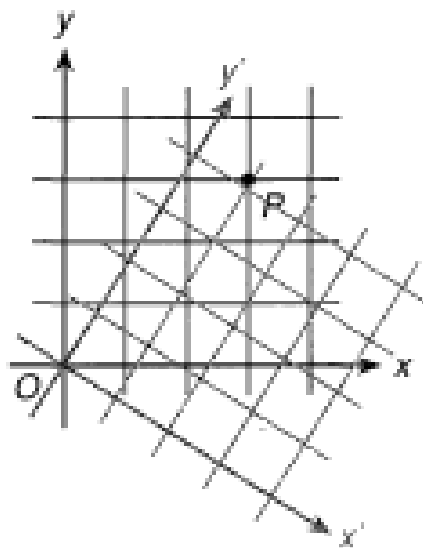


- Ο χρόνος είναι απόλυτος (συγχρονισμένα ρολόγια)  
(θεωρία της Σχετικότητας, απόκλιση από Ευκλείδεια γεωμετρία)

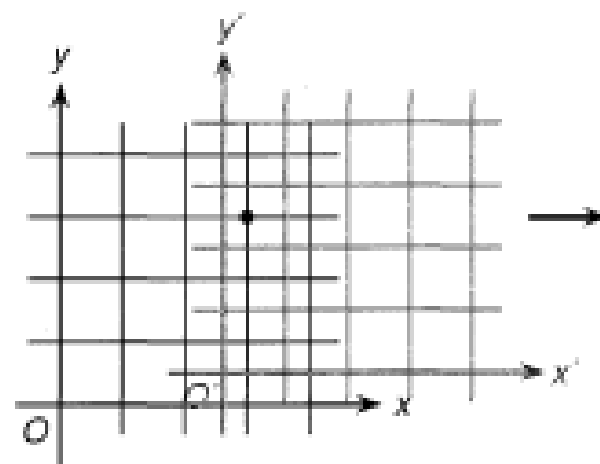
# Πλέγμα συντεταγμένων



(a)



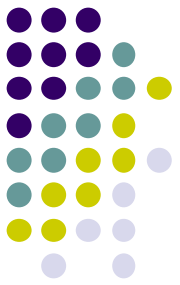
(b)



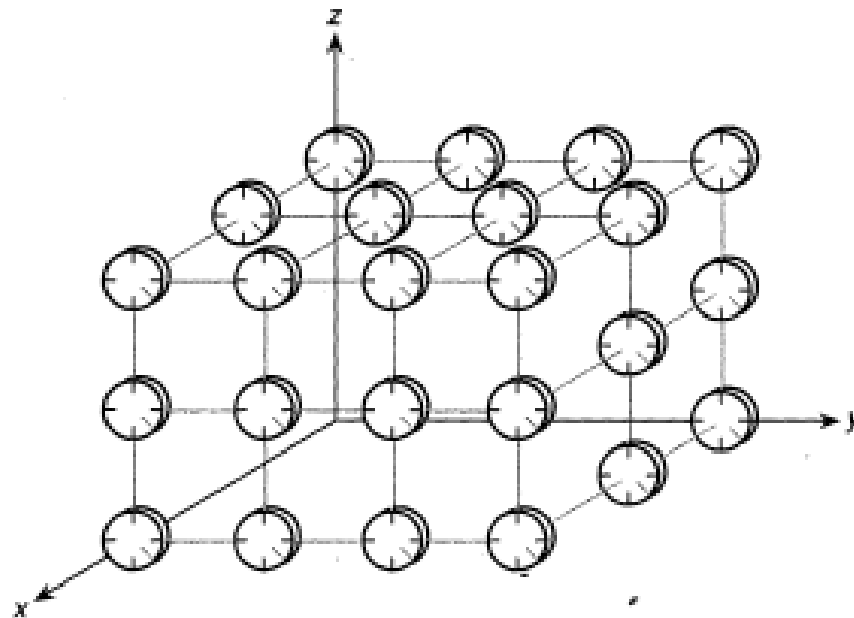
(c)

Η μέτρηση της θέσης ενός γεγονότος εξαρτάται από την επιλογή της αρχής και από την επιλογή του πλέγματος (είναι θέμα ευκολίας)

# Σύστημα αναφοράς



Πλέγμα συντεταγμένων + σειρά συγχρονισμένων ρολογιών = Σύστημα αναφοράς  
(π.χ. σωματίδιο, πλοίο, γη, αλλά Σελήνη (1,3 sec) ή Ήλιος (8 min διαφορά))



**Σχήμα.** Σύστημα αναφοράς αποτελούμενο από πλέγμα συντεταγμένων και συγχρονισμένα ρολόγια.

# Το μετρικό σύστημα SI



**Προσφέρει ακριβείς  
ορισμούς των επτά  
θεμελιωδών ποσοτήτων**

Μήκος: μέτρο

Χρόνος: δευτερόλεπτο

Μάζα: χιλιόγραμμα (κιλό)

Ηλεκτρικό ρεύμα: ampere

Θερμοκρασία: kelvin

Ποσότητα μιας ουσίας: mole

Φωτεινότητα: candela

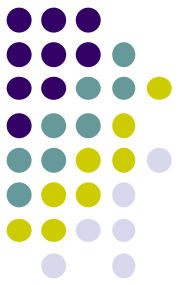


**Συμπληρωματικές  
μονάδες ορίζουν  
γεωμετρικά μέτρα γωνίας**

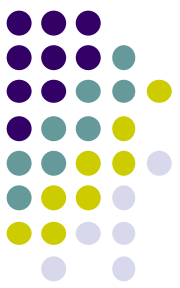
Συνήθεις γωνίες: ακτίνιο

Στερεές γωνίες: steradian

# Η μονάδα μήκους



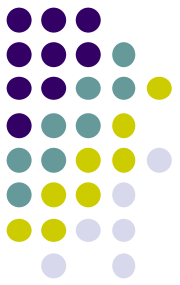
- SI (μήκος: m, μάζα: kg, χρόνος: sec)
- Ράβδος του πρότυπου μέτρου (κράμα Pt-Ir, 2 χαραγές)
- Ανομοιογένεια χαραγών
- Νέο πρότυπο το 1960: 1.650.763,73 μήκη κύματος του φωτός που εκπέμπουν το Kr
- Νέο πρότυπο το 1983: το μήκος του δρόμου που διανύει ένα φωτεινό κύμα στο κενό σε χρόνο  $1/299.792.458$  sec



# Μερικές αποστάσεις και μεγέθη

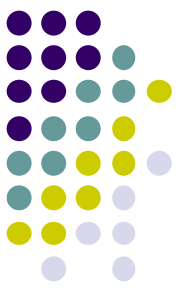
|                                                             |                                    |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Απόσταση μέχρι όριο ορατού σύμπαντος                        | $\sim 1 \times 10^{26} \text{ m}$  |
| Απόσταση μέχρι το γαλαξία της Ανδρομέδας                    | $2,1 \times 10^{22} \text{ m}$     |
| Διάμετρος του Γαλαξία μας                                   | $7,6 \times 10^{20} \text{ m}$     |
| Απόσταση μέχρι τον πιο κοντινό αστέρα (Εγγύτερος Κενταύρου) | $4,0 \times 10^{16} \text{ m}$     |
| Απόσταση Γης – Ηλίου                                        | $1,5 \times 10^{11} \text{ m}$     |
| Ακτίνα Γης                                                  | $6,4 \times 10^6 \text{ m}$        |
| Μήκος κύματος ραδιοκύματος (περιοχή κύματος AM)             | $\sim 3 \times 10^2 \text{ m}$     |
| Μήκος πλοίου <i>Queen Elizabeth</i>                         | $3,1 \times 10^2 \text{ m}$        |
| Ύψος ανθρώπου (μέσο ύψος άνδρα)                             | 1,8 m                              |
| Μήκος ενός βήματος (Στρατός Η.Π.Α.)                         | 0,76 m                             |
| Διάμετρος νομίσματος 5 ¢                                    | $2,1 \times 10^{-2} \text{ m}$     |
| Διάμετρος ερυθρών αιμοσφαιρίων (ανθρώπου)                   | $7,5 \times 10^{-6} \text{ m}$     |
| Μήκος κύματος ορατού φωτός                                  | $\sim 5 \times 10^{-7} \text{ m}$  |
| Διάμετρος μικρότερου ιού (potato spindle)                   | $2 \times 10^{-8} \text{ m}$       |
| Διάμετρος ατόμου                                            | $\sim 1 \times 10^{-10} \text{ m}$ |
| Διάμετρος πυρήνα ατόμου (σίδηρος)                           | $8 \times 10^{-15} \text{ m}$      |
| Διάμετρος πρωτονίου                                         | $2 \times 10^{-15} \text{ m}$      |

Ο λόγος του μεγαλύτερου και του μικρότερου μήκους  
σωμάτων του σύμπαντός μας είναι  $10^{40}$



# Η μονάδα χρόνου

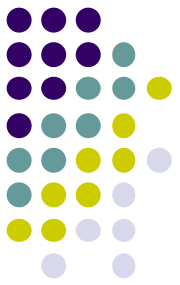
- 1 sec =  $1/(60 \times 60 \times 24)$  μέση ηλιακή μέρα
- 1 sec = ο χρόνος που απαιτείται για να συμπληρωθούν 9.192.631.770 περίοδοι της ακτινοβολίας που εκπέμπει το άτομο του  $\text{Cs}^{133}$  κατά την ενεργειακή του μετάπτωση. Σε αντίθεση με τη συχνότητα ταλάντωσης του εκκρεμούς, η ταλάντωση της ακτινοβολίας που προέρχεται από τη μετάπτωση των ενεργειακών καταστάσεων των ηλεκτρονίων των ατόμων (ατομική συχνότητα) είναι σταθερή παντού και πάντοτε.
- Ρολόγια Cs: ακρίβεια  $1: 10^{13}$   
(δηλ.  $\pm 1\text{sec}$  κάθε 300.000 έτη)



# Μερικά χρονικά διαστήματα

|                                                              |                                    |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Ηλικία σύμπαντος                                             | $\sim 4 \times 10^{17} \text{ s}$  |
| Ηλικία ηλιακού συστήματος                                    | $1,4 \times 10^{17} \text{ s}$     |
| Ηλικία αρχαιότερων γραπτών αρχείων (Sumerian)                | $1,6 \times 10^{11} \text{ s}$     |
| Χρόνος ζωής ανθρώπου (μέσος)                                 | $2,2 \times 10^9 \text{ s}$        |
| Χρόνος για να φτάσει το φως από τον πλησιέστερο αστέρα       | $1,4 \times 10^8 \text{ s}$        |
| Περιφορά της Γης (1 έτος)                                    | $3,2 \times 10^7 \text{ s}$        |
| Περιστροφή της Γης (1 ημέρα)                                 | $8,6 \times 10^4 \text{ s}$        |
| Διάρκεια ζωής ελεύθερου νετρονίου (μέση)                     | $9,2 \times 10^2 \text{ s}$        |
| Χρόνος για να φτάσει το φως από τον Ήλιο                     | $5 \times 10^2 \text{ s}$          |
| Χρόνος για να φτάσει το φως από τη Σελήνη                    | $1,3 \text{ s}$                    |
| Περίοδος παλμού καρδιάς (ανθρώπου)                           | $\sim 0,9 \text{ s}$               |
| Περίοδος ηχητικού κύματος (μεσαίο ντο)                       | $3,8 \times 10^{-3} \text{ s}$     |
| Περίοδος ραδιοκύματος (περιοχή κύματος AM)                   | $\sim 1 \times 10^{-6} \text{ s}$  |
| Διάρκεια ζωής σωματιδίου $\pi^+$                             | $2,6 \times 10^{-8} \text{ s}$     |
| Περίοδος κύματος φωτός                                       | $\sim 2 \times 10^{-15} \text{ s}$ |
| Περίοδος ακτίνων X                                           | $\sim 3 \times 10^{-19} \text{ s}$ |
| Διάρκεια ζωής ασταθούς σωματιδίου με το μικρότερο χρόνο ζωής | $\sim 10^{-24} \text{ s}$          |

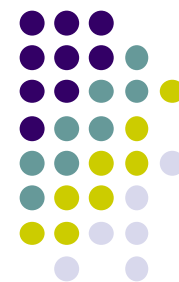
Ο λόγος του μεγαλύτερου και του μικρότερου χρόνου που συσχετίζονται με σώματα του σύμπαντός μας είναι  $10^{40}$



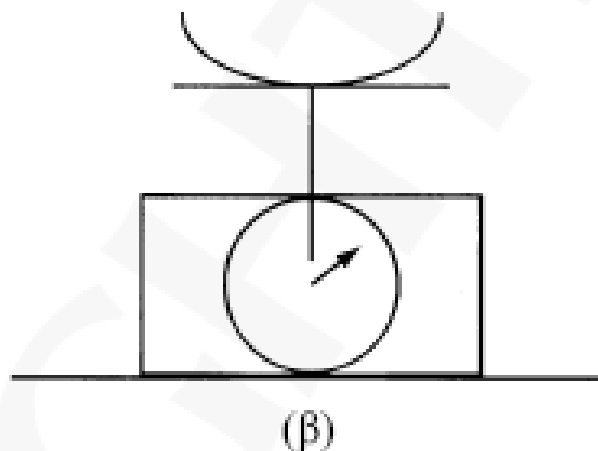
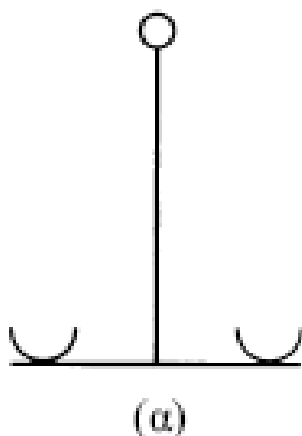
# Η μονάδα μάζας

- 1 kg (κύλινδρος από Ir-Pt)
- Δεν υπάρχει ατομικό πρότυπο (σύγκριση π.χ. με μάζα ατόμου  $H_2$  με ικανοποιητική ακρίβεια)
- Μέτρηση με ζυγό  
(σύγκριση βάρους – ευθέως ανάλογου της μάζας)
- Μάζα μεμονωμένου ατόμου  
(π.χ. άνθρακα  $C = 12 \text{ gr} / 6,02214 \times 10^{23}$ )

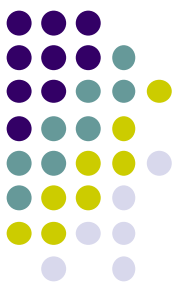
# Μάζα - Βάρος



Διαθέτουμε δύο ζυγούς, έναν ισορροπίας (α) και έναν με ελατήριο (β). Βαθμονομημένα βάρη τοποθετούνται στον έναν δίσκο της ζυγαριάς ισορροπίας ώστε να εξισορροπηθεί το αντικείμενο που θα ζυγίσουμε στον άλλο δίσκο. Στον ζυγό που φέρει ελατήριο, το αντικείμενο προς ζύγιση τοποθετείται στον δίσκο ενώ το συμπιεσμένο ελατήριο κινεί ένα μετρητή ενδείξεων σε kg.



Αποφασίστε αν το κάθε όργανο ζυγίζει μάζα ή βάρος. Δώστε έμφαση στην απάντησή σας. Δικαιολογείστε με μία φράση την απάντησή σας.

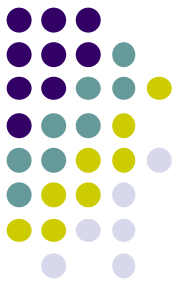


# Μερικές μάζες

|                                           |                                  |
|-------------------------------------------|----------------------------------|
| Ορατό σύμπαν                              | $\sim 10^{55} \text{ kg}$        |
| Γαλαξίας                                  | $4 \times 10^{41} \text{ kg}$    |
| Ηλιος                                     | $2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$  |
| Γη                                        | $6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$  |
| Πλοίο Queen Elizabeth                     | $7,6 \times 10^7 \text{ kg}$     |
| Αεριοθούμενο αεροπλάνο (Boeing 747, κενό) | $1,6 \times 10^5 \text{ kg}$     |
| Skylab                                    | $7,0 \times 10^4 \text{ kg}$     |
| Αυτοκίνητο                                | $1,5 \times 10^3 \text{ kg}$     |
| Ανθρώπος (μέση μάζα άνδρα)                | <b>73 kg</b>                     |
| Νόμισμα 5 €                               | $5,2 \times 10^{-3} \text{ kg}$  |
| Σταγόνα βροχής                            | $2 \times 10^{-6} \text{ kg}$    |
| Ερυθρό αιμοσφαίριο                        | $9 \times 10^{-14} \text{ kg}$   |
| Μικρότερος ιός (potato spindle)           | $4 \times 10^{-21} \text{ kg}$   |
| Ατομο (σίδηρος)                           | $9,5 \times 10^{-26} \text{ kg}$ |
| Πρωτόνιο                                  | $1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ |
| Ηλεκτρόνιο                                | $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ |

Ο λόγος της μεγαλύτερης προς τη μικρότερη μάζα των σωμάτων του σύμπαντός μας είναι  $(10^{40})^2$

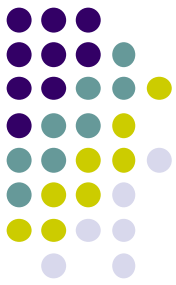
# Λειτουργικοί ορισμοί



<https://youtu.be/Oo0jm1PPRuo>

- Οι μονάδες μήκους και χρόνου έχουν λειτουργικούς ορισμούς, επομένως οι ορισμοί τους μπορούν να βρουν εφαρμογή σε οποιοδήποτε εργαστήριο.
- Οι σημασίες αυτών των ορισμών θα αποσαφηνίζονται, καθώς θα εμβαθύνετε στη μελέτη της φυσικής:
  - **Μέτρο** είναι η απόσταση που διανύει το φως στο κενό σε  $1/299.792.458$  του δευτερολέπτου
  - **Δευτερόλεπτο:** Το μέγεθός του καθορίζεται από τον ορισμό της αριθμητικής τιμής της συχνότητας υπέρλεπτου διαχωρισμού της θεμελιώδους στάθμης του ατόμου του Καισίου 133, σε ηρεμία και σε θερμοκρασία  $0\text{ K}$ , στην ακριβή τιμή  $9.192.631.770$
- Από τις 20/5/2019, το κιλό **ορίζεται** πλέον με βάση τη **Σταθερά Planck ( $h$ )**, που είναι η θεμελιώδης σταθερά της κβαντικής φυσικής. Συνδέει την ενέργεια ενός φωτονίου με τη συχνότητά του  $E = h \cdot f$ , και η τιμή της είναι  $h = 6,62607015 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ , είναι η μικρότερη δυνατή μονάδα ενέργειας που δεν αλλάζει ποτέ και από την οποία μπορεί να προκύψει η μάζα σύμφωνα με τη θεωρία του Αϊνστάιν για τη σχέση μάζας-ενέργειας.

# Kg



Το κιλό από το 2019 (μετά την απόφαση της Γενικής Διάσκεψης Μέτρων και Σταθμών – CGPM) δεν ορίζεται πια με υλικό πρότυπο (π.χ. το διεθνές κύλινδρο από πλατίνα-ιρίδιο που υπήρχε στο Παρίσι), αλλά μέσω θεμελιωδών φυσικών σταθερών.

Ο νέος ορισμός βασίζεται στην σταθερά του Planck ( $h$ ).

**Βήμα-βήμα:**

- Η σταθερά του Planck έχει οριστεί ακριβώς ως:

$$h = 6,62607015 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

- Επειδή το **Joule (J)** εκφράζεται σε μονάδες SI ως

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2,$$

μπορούμε να "δέσουμε" το κιλό με το μέτρο και το δευτερόλεπτο (που ήδη ορίζονται με βάση το φως και το άτομο του καυσίτου).

- Έτσι, το κιλό **ορίζεται έμμεσα**: είναι η μάζα που κάνει την αριθμητική τιμή της σταθεράς του Planck να είναι ακριβώς η παραπάνω.

**Πρακτικά πώς υλοποιείται;**

Για να μετρήσουμε μάζα με βάση αυτήν τη θεμελιώδη σταθερά χρησιμοποιείται το **ζυγός Kibble (Kibble balance)**:

- Συσκευή που συγκρίνει μηχανική ισχύ (βάρος αντικειμένου) με ηλεκτρομαγνητική ισχύ.
- Η ηλεκτρομαγνητική ισχύς μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια μέσω του φορτίου του ηλεκτρονίου και του  $h$ .
- Έτσι, η μάζα "μεταφράζεται" σε όρους της σταθεράς του Planck.

---

 **Συνοπτικός ορισμός (μετά το 2019):**

Το κιλό είναι η μονάδα μάζας στο SI, οριζόμενη με τέτοιο τρόπο ώστε η αριθμητική τιμή της σταθεράς Planck  $h$  να είναι ακριβώς  $6,62607015 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .

---

# The new International System of Units

For people who just really want to know what the new international definitions are.



<sup>(\*)</sup> values not yet finalized



## kilogram

unit of mass

Defined by taking the fixed numerical value of the Planck constant  $h$  to be  $6.626070040 \times 10^{-34}$  <sup>(\*)</sup> when expressed in the unit  $J \cdot s$ , which is equal to  $kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$ .



## metre

unit of length

Defined by taking the fixed numerical value of the speed of light in vacuum  $c$  to be 299792458 when expressed in the unit  $m \cdot s^{-1}$ .



## second

unit of time

Defined by taking the fixed numerical value of the caesium frequency  $\Delta\nu_{Cs}$ , the unperturbed ground-state hyperfine transition frequency of the caesium 133 atom, to be 9192631770 when expressed in the unit  $Hz$ , which is equal to  $s^{-1}$ .



## ampere

unit of electric current

Defined by taking the fixed numerical value of the elementary charge  $e$  to be  $1.6021766208 \times 10^{-19}$  <sup>(\*)</sup> when expressed in the unit  $C$ , which is equal to  $A \cdot s$ .



## kelvin

unit of thermodynamic temperature

Defined by taking the fixed numerical value of the Boltzmann constant  $k$  to be  $1.38064852 \times 10^{-23}$  <sup>(\*)</sup> when expressed in the unit  $J \cdot K^{-1}$ , which is equal to  $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$ .



## mole

amount of substance

Defined by taking the fixed numerical value of the Avogadro constant  $N_A$  to be  $6.022140857 \times 10^{23}$  <sup>(\*)</sup> when expressed in the unit  $mol^{-1}$ .

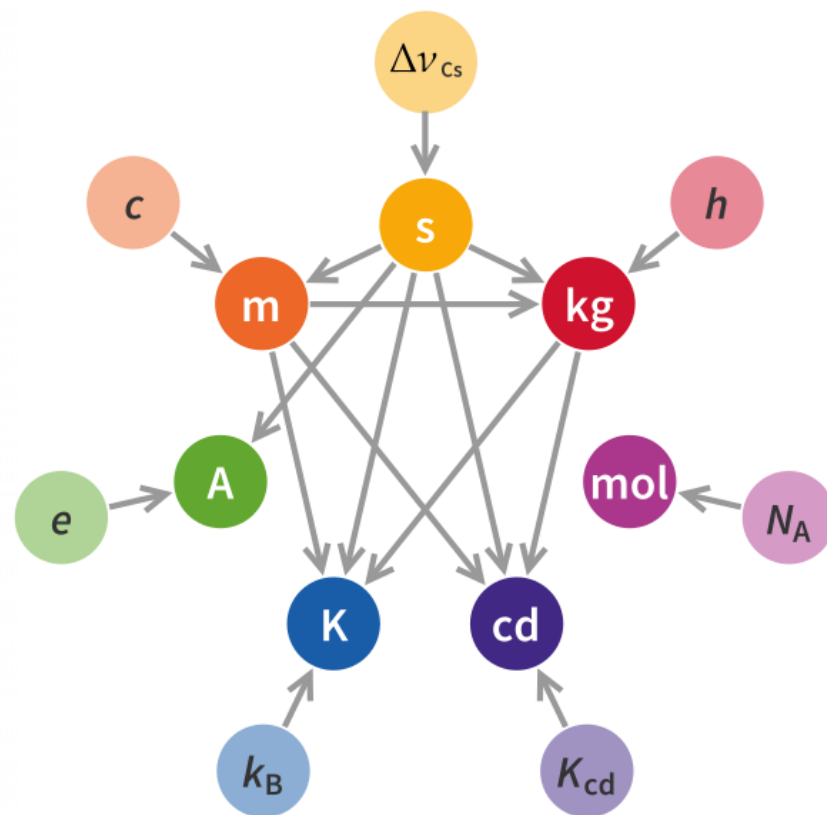


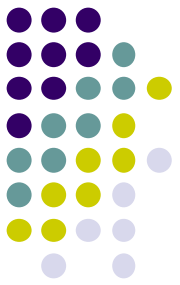
## candela

unit of luminous intensity in a given direction

Defined by taking the fixed numerical value of the luminous efficacy of monochromatic radiation of frequency  $540 \times 10^{12}$   $Hz$ ,  $K_{cd}$ , to be 683 when expressed in the unit  $lm \cdot W^{-1}$ , which is equal to  $cd \cdot sr \cdot W^{-1}$ , or  $cd \cdot sr \cdot kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3$ .

## New SI





# Παράγωγοι μονάδες

- Όγκος (π.χ. υποπολλαπλάσια του  $\text{m}^3$ )

κυβικό μέτρο

$$1 \text{ m}^3$$

λίτρο

$$1 \text{ liter} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$$

κυβικό εκατοστό

$$1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

κυβικό χιλιοστό

$$1 \text{ mm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$$

κυβικό πόδι

$$1 \text{ ft}^3 = 0,02832 \text{ m}^3$$

γαλόνι Η.Π.Α.

$$1 \text{ gal.} = 0,003785 \text{ m}^3$$

- Πυκνότητα
- Επιτάχυνση
- Δύναμη, κτλ.

# Συστήματα μονάδων



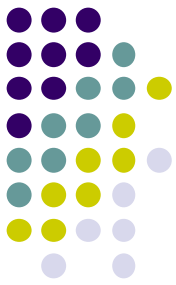
|             | CGS                | FPS        | SI         | Βρετανικό                                 | Αμερικανικό       |
|-------------|--------------------|------------|------------|-------------------------------------------|-------------------|
| Μήκος       | cm                 | ft         | m          | ft                                        | ft                |
| Χρόνος      | s                  | s          | s          | s                                         | s                 |
| Μάζα        | g                  | lb         | kg         | slug*                                     | lb <sub>m</sub>   |
| Δύναμη      | Δύνη*              | poundal*   | Newton(N)* | lb-βάρους                                 | lb <sub>f</sub>   |
| Ενέργεια    | erg, Joule,<br>cal | ft poundal | Joule(J)   | Btu<br>(ft)(lb)<br>(ft)(lb <sub>f</sub> ) | Btu<br>ή (HP) (h) |
| Θερμοκρασία | °K, °C             | °R, °F     | °K, °C     | °R, °F                                    | °R, °F            |

\* Μονάδα που προκύπτει από τις βασικές μονάδες. Όλες οι μονάδες ενέργειας προκύπτουν από τις βασικές μονάδες (Himmelblau, 1986)

# Θεμελιώδεις μονάδες του συστήματος SI



| Διάσταση                      | Ονομασία θεμελιώδους μονάδας | Σύμβολο μονάδας |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Μήκος                         | μέτρο                        | m               |
| Μάζα                          | Χιλιόγραμμα                  | kg              |
| Χρόνος                        | Δευτερόλεπτο                 | s               |
| Ένταση ηλεκτρικού<br>ρεύματος | Ampere                       | A               |
| Θερμοκρασία                   | Kelvin                       | K               |
| Ποσότητα ουσίας               | γραμμομόριο (mole)           | mol             |



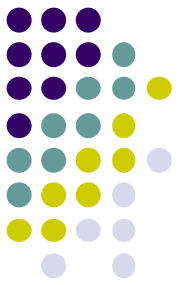
# Μονάδες του συστήματος SI που έχουν ειδικές ονομασίες

| Διάσταση               | Ονομασία | Σύμβολο | Αντιστοιχία |                         |
|------------------------|----------|---------|-------------|-------------------------|
| Συχνότητα              | hertz    | Hz      | 1 Hz        | = 1 s <sup>-1</sup>     |
| Δύναμη                 | newton   | N       | 1 N         | = 1 kg·m/s <sup>2</sup> |
| Πίεση                  | pascal   | Pa      | 1 Pa        | = 1 N/m <sup>2</sup>    |
| Έργο, Θερμότητα        | joule    | J       | 1 J         | = 1 N·m                 |
| Ισχύς                  | watt     | W       | 1 W         | = 1 J/s                 |
| Ηλεκτρικό φορτίο       | coulomb  | C       | 1 C         | = 1 A·s                 |
| Ηλεκτρικό δυναμικό     | volt     | V       | 1 V         | = 1 J/C                 |
| Ηλεκτρική χωρητικότητα | farad    | F       | 1 F         | = 1 C/V                 |
| Ηλεκτρική αντίσταση    | ohm      | Ω       | 1 Ω         | = 1 V/A                 |
| Ηλεκτρική αγωγιμότητα  | siemens  | S       | 1 S         | = 1 Ω <sup>-1</sup>     |

## Άλλες μονάδες του συστήματος SI που δεν έχουν ειδικές ονομασίες



| Διάσταση                         | Μονάδες                                     | Σύμβολα                     |
|----------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|
| Επιφάνεια                        | τετραγωνικά μέτρα                           | $\text{m}^2$                |
| Όγκος                            | κυβικά μέτρα                                | $\text{m}^3$                |
| Ταχύτητα                         | μέτρα ανά δευτερόλεπτο                      | $\text{m/s}$                |
| Επιτάχυνση                       | μέτρα ανά δευτερόλεπτο <sup>2</sup>         | $\text{m/s}^2$              |
| Ειδικός όγκος                    | κυβικά μέτρα ανά χιλιόγραμμα                | $\text{m}^3/\text{kg}$      |
| Πυκνότητα, ειδικό βάρος          | χιλιόγραμμα ανά κυβικό μέτρο                | $\text{kg/m}^3$             |
| Θερμική αγωγιμότητα              | Watt ανά μέτρο και βαθμό Kelvin             | $\text{W/m}\cdot\text{K}$   |
| Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας | Watt ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Kelvin | $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ |
| Ειδική ενέργεια                  | Joule ανά χιλιόγραμμα                       | $\text{J/kg}$               |
| Ειδική θερμότητα                 | Joule ανά χιλιόγραμμα και βαθμό Kelvin      | $\text{J/kg}\cdot\text{K}$  |



# Πολλαπλάσια – υποπολλαπλάσια μονάδων στο SI

| Πολλαπλάσιο /<br>υποπολλαπλάσιο | Σύμβολο  | Συντελεστής                 |
|---------------------------------|----------|-----------------------------|
| tera                            | T        | $10^{12}$                   |
| <b>giga</b>                     | <b>G</b> | <b><math>10^9</math></b>    |
| mega                            | M        | $10^6$                      |
| <b>kilo</b>                     | <b>k</b> | <b><math>10^3</math></b>    |
| hecto                           | h        | $10^2$                      |
| deka                            | da       | $10^1$                      |
| deci                            | d        | $10^{-1}$                   |
| centi                           | c        | $10^{-2}$                   |
| <b>milli</b>                    | <b>m</b> | <b><math>10^{-3}</math></b> |
| <b>micro</b>                    | <b>μ</b> | <b><math>10^{-6}</math></b> |
| <b>nano</b>                     | <b>n</b> | <b><math>10^{-9}</math></b> |
| pico                            | p        | $10^{-12}$                  |
| femto                           | f        | $10^{-15}$                  |
| atto                            | a        | $10^{-18}$                  |

# Προθέματα του SI και επιστημονική σημειογραφία

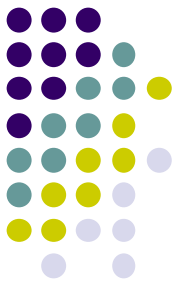


- Το μεγάλο εύρος των ποσοτήτων που προκύπτουν στη φυσική εκφράζεται καλύτερα με τη χρήση αριθμών λογικού μεγέθους πολλαπλασιάζοντας με μία δύναμη του 10:
  - $31416,5 = 3,14165 \times 10^4$
  - $0,002718 = 2,718 \times 10^{-3}$
- Τα προθέματα SI περιγράφουν δυνάμεις του 10:
  - Κάθε τρεις δυνάμεις του 10 παράγουν ένα διαφορετικό πρόθεμα
  - Παραδείγματα:
    - $3,0 \times 10^9 \text{ W} = 3,0 \text{ GW}$   
(3 gigawatts)
    - $1,6 \times 10^{-8} \text{ m} = 16 \text{ nm}$   
(16 nanometers)
    - $10^{12} \text{ kg} = 1 \text{ Pg}$   
(1 petagram)

Πίνακας 1.1 Προθέματα SI

| Πρόθεμα | Σύμβολο | Δύναμη     |
|---------|---------|------------|
| yotta   | Y       | $10^{24}$  |
| zetta   | Z       | $10^{21}$  |
| eta     | E       | $10^{18}$  |
| peta    | P       | $10^{15}$  |
| tera    | T       | $10^{12}$  |
| giga    | G       | $10^9$     |
| mega    | M       | $10^6$     |
| kilo    | k       | $10^3$     |
| hecto   | h       | $10^2$     |
| deca    | da      | $10^1$     |
| —       | —       | $10^0$     |
| deci    | d       | $10^{-1}$  |
| centi   | c       | $10^{-2}$  |
| milli   | m       | $10^{-3}$  |
| micro   | $\mu$   | $10^{-6}$  |
| nano    | n       | $10^{-9}$  |
| pico    | p       | $10^{-12}$ |
| femto   | f       | $10^{-15}$ |
| atto    | a       | $10^{-18}$ |
| zepto   | z       | $10^{-21}$ |
| yocto   | y       | $10^{-24}$ |

# Αλλάζοντας μονάδες



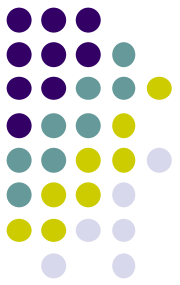
- Οι μονάδες έχουν σημασία! Οι μετρήσεις των φυσικών ποσοτήτων πρέπει πάντα να γίνονται στις σωστές μονάδες
- Πίνακες μετατροπής (Παράρτημα Γ) δίνουν τις σχέσεις μεταξύ φυσικών ποσοτήτων σε διάφορα συστήματα μονάδων:
  - Αλλάζουμε μονάδες πολλαπλασιάζοντας ή διαιρώντας έτσι ώστε οι μονάδες που δεν χρειάζονται να απαλείφονται, κρατώντας μόνο τις μονάδες που απαιτούνται
  - Παράδειγμα: Εφόσον  $1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$ , ένας αγώνας δρόμου  $5280 \text{ ft}$  (1 μίλι) ισούται με
  - Παράδειγμα: 1 κιλοβατώρα (kWh, μια μονάδα ενέργειας) ισοδυναμεί με 3,6 megajoules (MJ, μια άλλη μονάδα ενέργειας). Επομένως, μια μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση  $343 \text{ kWh}$  ισούται με

$$(343 \text{ kWh}) \frac{3,6 \text{ MJ}}{1 \text{ kWh}} = 1,23 \times 10^3 \text{ MJ} = 1,23 \text{ GJ}$$

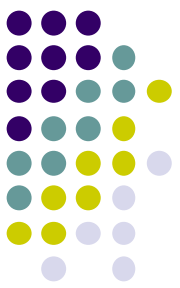
| Πίνακας. Χρήσιμοι συντελεστές μετατροπής |                                  |                                |                             |
|------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Διάσταση                                 | Από                              | Σε                             | Συντελεστής<br>μετατροπής   |
| Μήκος                                    | ίντσα (in)                       | μέτρα (m)                      | $2.540\,000 \times 10^{-2}$ |
|                                          | πόδι (ft)                        | μέτρα (m)                      | $3.048\,000 \times 10^{-1}$ |
|                                          | μίλι (mi)                        | μέτρα (m)                      | $1.609\,344 \times 10^3$    |
| Επιφάνεια                                | τετρ. ίντσα (in <sup>2</sup> )   | τετρ. μέτρα (m <sup>2</sup> )  | $6.451\,600 \times 10^{-4}$ |
|                                          | τετρ. πόδι (ft <sup>2</sup> )    | τετρ. μέτρα (m <sup>2</sup> )  | $9.290\,304 \times 10^{-2}$ |
| Πυκνότητα                                | pounds/κυβ. ίντσα                | kg/m <sup>3</sup>              | $2.767\,990 \times 10^4$    |
|                                          | tons (long)/κυβ. γυάρδα          | Mg/m <sup>3</sup>              | $1.328\,939 \times 10^0$    |
| Ενέργεια                                 | British Thermal Unit (Btu)       | kilojoules (kJ)                | $1.055\,056 \times 10^0$    |
|                                          | Κιλοβατώρα (kWh)                 | megajoules (MJ)                | $3.600\,000 \times 10^0$    |
|                                          | θερμίδα (cal)                    | Joules (J)                     | $4.186\,800 \times 10^0$    |
| Δύναμη                                   | pounds force (lbf)               | Newtons (N)                    | $4.448\,222 \times 10^0$    |
|                                          | killograms force (kgf)           | Newtons (N)                    | $9.806\,650 \times 10^0$    |
|                                          | tons (short) force (tonf)        | Newtons (N)                    | $8.896\,444 \times 10^3$    |
| Μάζα                                     | ουγγιά (oz)                      | grams (g)                      | $2.834\,952 \times 10^1$    |
|                                          | pounds (lb <sub>m</sub> )        | kilograms (kg)                 | $4.535\,924 \times 10^{-1}$ |
|                                          | long ton                         | megagrams (Mg)                 | $1.016\,047 \times 10^0$    |
|                                          | metric ton                       | megagrams (Mg)                 | $1.000\,000 \times 10^0$    |
| Ισχύς                                    | Btu/hr                           | watts (W)                      | $2.930\,711 \times 10^{-1}$ |
|                                          | Ιππος (hp)                       | killowatts (kW)                | $7.456\,999 \times 10^{-1}$ |
| Πίεση                                    | pounds ανά τετρ. ιντσα (psi)     | kilopascals (kPa)              | $6.894\,757 \times 10^0$    |
|                                          | in. H <sub>2</sub> O             | kilopascals (kPa)              | $2.490\,820 \times 10^{-1}$ |
|                                          | ατμόσφαιρα (atm)                 | kilopascals (kPa)              | $1.013\,250 \times 10^2$    |
| Ταχύτητα                                 | μίλια ανά ώρα (mi/h)             | Χιλιόμ./ώρα (km/h)             | $1.609\,344 \times 10^0$    |
|                                          | πόδια ανά λεπτό (ft/min)         | μέτρα/δευτερ. (m/s)            | $5.080\,000 \times 10^{-3}$ |
| Ογκος                                    | κυβική ίντσα (in <sup>3</sup> )  | κυβικά μέτρα (m <sup>3</sup> ) | $1.638\,706 \times 10^{-5}$ |
|                                          | κυβικό πόδι (ft <sup>3</sup> )   | κυβικά μέτρα (m <sup>3</sup> ) | $2.831\,685 \times 10^{-2}$ |
|                                          | κυβικό γυάρδα (yd <sup>3</sup> ) | κυβικά μέτρα (m <sup>3</sup> ) | $7.645\,549 \times 10^{-1}$ |
| Ογκος (υγρά)                             | gallon                           | κυβικά μέτρα (m <sup>3</sup> ) | $3.785\,412 \times 10^{-3}$ |
|                                          | litre                            | κυβικά μέτρα (m <sup>3</sup> ) | $1.000\,000 \times 10^{-3}$ |
| Χρόνος                                   | έτος                             | δευτερόλεπτα (s)               | $3.153\,600 \times 10^7$    |



# Πράξεις με μονάδες



- $2 + 2 = 4$  ?
- $2 + 2 = 3,999999999$  ?
- $21 + 5 = 26$
- $21 + 5 = 2$  ?
- $2 \text{ μήλα} + 2 \text{ πορτοκάλια} = 4 \text{ ή } 1 \text{ φρουτοσαλάτα}$  ?
- $3 \text{ χιλιόγραμμα} + 4 \text{ joule} = ?$
- $2 \text{ λίβρες} + 5 \text{ γραμμάρια} = ?$
- $5 \text{ m}^2 / 50 \text{ cm} = 5 \text{ m}^2 / 0,5 \text{ m} = 5/0,5 (\text{m}^2/\text{m}) = 10 \text{ m}$



# Διαστάσεις και Μονάδες (Παράδειγμα)

Προσθέστε τα εξής:

(α) 1 πόδι + 3 δευτερόλεπτα

(β) 1 ίππος ισχύς + 300 watts

*Λύση:*

Η πράξη

$$1 \text{ hp} + 3 \text{ s}$$

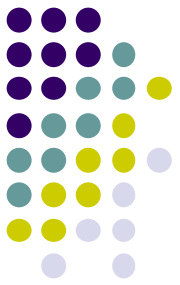
Δεν έχει νόημα αφού οι διαστάσεις των δύο όρων δεν είναι οι ίδιες. Το 1 πόδι έχει διαστάσεις μήκους ενώ τα 3 δευτερόλεπτα έχουν διαστάσεις χρόνου. Στην περίπτωση της πράξης

$$1 \text{ hp} + 300 \text{ watts}$$

οι διαστάσεις είναι ίδιες (ενέργεια ανά μονάδα χρόνου), αλλά οι μονάδες είναι διαφορετικές. Θα πρέπει να μετατρέψουμε τις δύο ποσότητες ώστε να έχουν τις ίδιες μονάδες, όπως ιπποδύναμη ή watts, πριν από την εκτέλεση των πράξεων. Επειδή  $1 \text{ hp} = 746 \text{ watts}$ ,

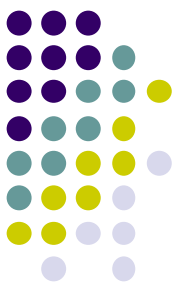
$$746 \text{ watts} + 300 \text{ watts} = 1046 \text{ watts}$$

# Διαστάσεις και Μονάδες (Ασκήσεις)



- Προσθέστε  $1\text{ cm} + 1\text{ m}$
- Αφαιρέστε  $3\text{ ft}$  από  $4\text{ m}$
- Πολλαπλασιάστε  $3\text{ ft}$  με  $4\text{ m}$
- Πολλαπλασιάστε  $3\text{ ft}$  με  $4\text{ lb}$
- Διαιρέστε  $3\text{ m}^{1,5}$  με  $2\text{ m}^{0,5}$

# Σημαντικά Ψηφία



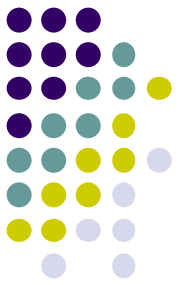
Θα έχετε ίσως ακούσει την ιστορία για τον Αιγύπτιο ξεναγό ο οποίος ανέφερε στους τουρίστες που αντίκρυζαν με δέος μία πυραμίδα, ότι η ηλικία της πυραμίδας ήταν 5013 χρόνων. “Πέντε χιλιάδων και δεκατριών! Πως το ξέρετε;” “Λοιπόν, όταν ξεκίνησα να δουλεύω εδώ πριν από δεκατρία χρόνια μου είπαν ότι η πυραμίδα ήταν 5000 χρόνων.”

Υπεύθυνοι φυσικοί επιστήμονες και μηχανικοί συμφωνούν ότι η μέτρηση θα πρέπει να περιέχει τριών ειδών πληροφορίες:

- α. το μέγεθος της μετρούμενης μεταβλητής
- β. τις μονάδες της
- γ. μία εκτίμηση της αβεβαιότητας

Η τελευταία μπορεί να διαχωριστεί από τις δύο πρώτες ή να αγνοηθεί πλήρως. Αν δεν γνωρίζετε την ακρίβεια μιας μέτρησης ή ενός αριθμού, μία συντηρητική επιλογή είναι να θεωρήσετε το τελευταίο ψηφίο εντός ενός ανώτερου και ενός κατώτερου ορίου. Για παράδειγμα το 1.43, μας δίνει μία τιμή  $1.43 \pm 0.005$ , κυμαίνεται δηλαδή μεταξύ 1.425 και 1.435. Μία άλλη ερμηνεία του 1.43 είναι ότι σημαίνει  $1.43 \pm 0.001$ .

# Σημαντικά Ψηφία

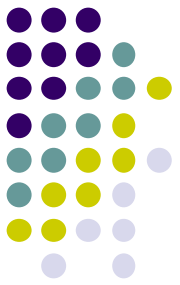


- Σημαντικά ψηφία ενός αριθμού που προέρχεται από μέτρηση **είναι όλα τα ψηφία που γνωρίζουμε με βεβαιότητα, συν το πρώτο αβέβαιο** (εκτιμώμενο) ψηφίο. Δείχνουν την ακρίβεια της μέτρησης, όχι το μέγεθος του αριθμού.
- Για παράδειγμα, αν ένας χάρακας έχει υποδιαιρέσεις mm και διαβάσουμε 12,35 cm, τα 1, 2, 3 είναι βέβαια και το 5 εκτιμώμενο. Ο αριθμός έχει 4 σημαντικά ψηφία.

## Κανόνες αναγνώρισης

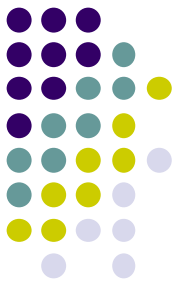
- Τα μη μηδενικά ψηφία είναι πάντα σημαντικά. Το 4,56 έχει 3.
- Τα μηδενικά ανάμεσα σε μη μηδενικά είναι σημαντικά. Το 1,005 έχει 4 και το 2008 έχει 4.
- Τα μηδενικά στην αρχή δεν είναι σημαντικά, γιατί δείχνουν μόνο τη θέση της υποδιαστολής. Το 0,0032 έχει 2.
- Τα μηδενικά στο τέλος μετά την υποδιαστολή είναι σημαντικά. Το 2,50 έχει 3 και το 0,0400 έχει 3.
- Τα μηδενικά στο τέλος ακέραιου χωρίς υποδιαστολή είναι αμφίσημα. Το 1500 μπορεί να έχει 2, 3 ή 4. **Η λύση είναι η επιστημονική γραφή:**
  - $1,5 \times 10^3$  έχει 2
  - $1,50 \times 10^3$  έχει 3
  - $1,500 \times 10^3$  έχει 4

# Σημαντικά Ψηφία



- 2 hr, 7 min, 11,0 sec (χρόνος μαραθωνίου)
- $7,6310 \times 10^3$  sec (χρονόμετρο)
  - 5 σημαντικά ψηφία, ακρίβεια 1/10 δευτερολέπτου
- $7,631 \times 10^3$  sec (ρολόι χεριού με δείκτη sec)
  - 4 σημαντικά ψηφία, ακρίβεια δευτερολέπτου
- $7,63 \times 10^3$  sec (ρολόι χεριού χωρίς δείκτη sec)
  - 3 σημαντικά ψηφία, ακρίβεια 10-20 δευτερόλεπτα
- $7,6 \times 10^3$  sec (ρολόι χεριού χωρίς αριθμούς)
  - 2 σημαντικά ψηφία, ακρίβεια 1-2 λεπτών

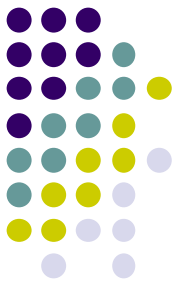
# Σημαντικά ψηφία



$$(343 \text{ kWh}) \frac{3,6 \text{ MJ}}{1 \text{ kWh}} = 1,23 \times 10^3 \text{ MJ} = 1,23 \text{ GJ}$$

- Η απάντηση στο τελευταίο παράδειγμα προηγούμενης διαφάνειας είναι 1,23 GJ και όχι 1234,8 MJ ή 1,2348 GJ όπως θα έδειχνε η αριθμομηχανή σας
  - Αυτό συμβαίνει γιατί η συγκεκριμένη ποσότητα, 343 kWh, έχει μόνο τρία **σημαντικά ψηφία**
  - Αυτό σημαίνει ότι πιστεύουμε πως η πραγματική τιμή είναι πλησιέστερη στις 343 kWh απ' ό,τι στις 342 kWh ή τις 344 kWh
  - Αν είχαμε 343,2 kWh, θα γνωρίζαμε ότι η τιμή είναι πλησιέστερη στις 343,2 kWh απ' ό,τι στις 343,1 kWh ή στις 343,3 kWh.
    - Σε αυτή την περίπτωση, ο αριθμός έχει τέσσερα σημαντικά ψηφία
  - Τα σημαντικά ψηφία υποδηλώνουν με πόση ακρίβεια γνωρίζουμε τις τιμές των φυσικών ποσοτήτων
    - **Οι υπολογισμοί δεν μπορούν να αυξήσουν την ακρίβεια**, επομένως είναι σημαντικό να παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα των υπολογισμών με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων

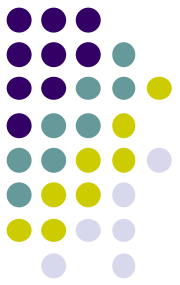
# Κανόνες για τα σημαντικά ψηφία



- Στον πολλαπλασιασμό και τη διαίρεση, η απάντηση πρέπει να έχει τον ίδιο αριθμό σημαντικών ψηφίων με τη λιγότερο ακριβή ποσότητα από αυτές που υπεισέρχονται στον υπολογισμό
  - Παράδειγμα:  $(3,1416 \text{ N})(2,1 \text{ m}) = 6,6 \text{ N}\cdot\text{m}$ 
    - Σημειώστε ότι η κεντρική κουκκίδα κατά κανόνα χρησιμοποιείται όταν οι μονάδες πολλαπλασιάζονται (η kWh αποτελεί εξαίρεση).
- Στην πρόσθεση και στην αφαίρεση, η απάντηση θα πρέπει να έχει τον ίδιο αριθμό ψηφίων στα δεξιά της υποδιαστολής με τον όρο του αθροίσματος ή της διαφοράς που έχει τον μικρότερο αριθμό δεκαδικών ψηφίων
  - Παράδειγμα:  $3,2492 \text{ m} - 3,241 = 0,008 \text{ m}$ 
    - Παρατηρήστε την απώλεια ακρίβειας όταν η απάντηση έχει μόνο ένα σημαντικό ψηφίο

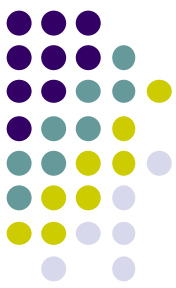
# Πράξεις με σημαντικά ψηφία

<http://www.idomaths.com/sigfig.php>



- $7,63 \times 10^3 \times 7,6 \times 10^3 = \cancel{5,7988 \times 10^7} \text{ (OXI)}$   
 $= 5,8 \times 10^7$
- $7,631 \times 10^3 + 7,6 \times 10^3 = \cancel{15,231 \times 10^3} \text{ (OXI)}$   
 $= 15,2 \times 10^3$
- Το 1,5 δεν στρογγυλεύεται σε 1 (απόκλιση 50%)  
αλλά σε 2 (απόκλιση 25%)

# Μετατροπή μονάδων



**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.** Η πυκνότητα του νερού είναι  $1,00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Να εκφραστεί σε  $\text{g/cm}^3$  και σε  $\text{lb/ft}^3$ .

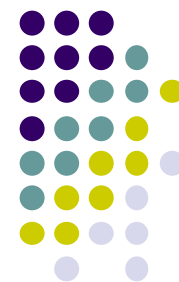
**ΛΥΣΗ:** Αφού  $1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$  και  $1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm}$ , βρίσκουμε

$$\begin{aligned} 1,00 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} &= 1,00 \times 10^3 \times \frac{10^3 \text{ g}}{(10^2 \text{ cm})^3} = 1,00 \times 10^3 \times \frac{10^3 \text{ g}}{10^6 \text{ cm}^3} \\ &= 1,00 \times \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \end{aligned}$$

Ομοίως, αφού  $1 \text{ kg} = 1/0,454 \text{ lb}$  και  $1 \text{ m} = 1/0,305 \text{ ft}$ ,

$$\begin{aligned} 1,00 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} &= 1,00 \times 10^3 \times \frac{1/0,454 \text{ lb}}{(1/0,305 \text{ ft})^3} \\ &= 1,00 \times 10^3 \times \frac{(0,305)^3 \text{ lb}}{0,454 \text{ ft}^3} = 62,5 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \end{aligned}$$

# Μετατροπή μονάδων



ΣΧΟΛΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ: Μια εναλλακτική μέθοδος για τη μετατροπή μονάδων από ένα σύστημα μονάδων σε ένα άλλο, συνίσταται στο εξής: Αφού  $1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$ , έχουμε την ταυτότητα

$$1 = \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$$

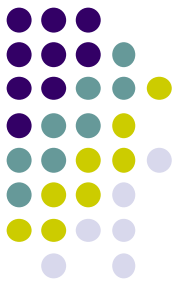
και ομοίως,

$$1 = \frac{1 \text{ m}}{10^2 \text{ cm}}$$

Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε ποσότητα μπορεί να πολλαπλασιαστεί με  $10^3 \text{ g}/1 \text{ kg}$  ή  $1 \text{ m}/10^2 \text{ cm}$  χωρίς να αλλάξει η τιμή της. Έτσι, αρχίζοντας με την τιμή  $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , έχουμε

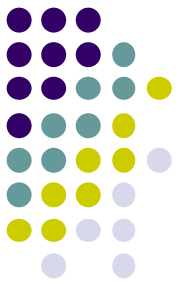
$$\begin{aligned} 1,00 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} &= 1,00 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \left( \frac{1 \text{ m}}{10^2 \text{ cm}} \right)^3 \\ &= 1,00 \times 10^3 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \frac{\text{g}}{\text{kg}} \frac{\text{m}^3}{\text{cm}^3} \\ &= 1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \end{aligned}$$

# Εκτίμηση



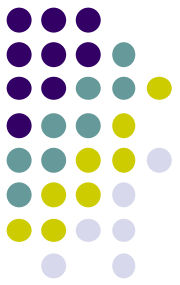
- Για πολλούς σκοπούς, χρειαζόμαστε μόνο μια γενική ιδέα για το μέγεθος ενός αντικειμένου ή φυσικού φαινομένου
- Η εκτίμηση μπορεί να προσφέρει μια ουσιώδη γνώση ενός προβλήματος ή μιας κατάστασης στη φυσική
- Παράδειγμα: Ποια είναι η ετήσια κατανάλωση βενζίνης στις ΗΠΑ;
  - Οι κάτοικοι των ΗΠΑ είναι περίπου 300 εκατομμύρια, επομένως πιθανόν βρίσκονται σε χρήση 100 εκατομμύρια αυτοκίνητα ( $10^8$  αυτοκίνητα)
  - Ένα μέσο αυτοκίνητο διανύει περίπου 10.000 μίλια τον χρόνο ( $10^4$  μίλια).
  - Ένα μέσο αυτοκίνητο διανύει περίπου 20 μίλια ανά γαλόνι
  - Επομένως, σε έναν χρόνο, ένα μέσο αυτοκίνητο καταναλώνει  $(10^4 \text{ μίλια}) / (20 \text{ μίλια/γαλόνι}) = 500 \text{ γαλόνια}$
  - Επομένως, η ετήσια κατανάλωση βενζίνης στις ΗΠΑ είναι περίπου  $(500 \text{ γαλόνια/αυτοκίνητο})(10^8 \text{ αυτοκίνητα}) = 5 \times 10^{10} \text{ γαλόνια}$  (περίπου 200 GL).

# Μια μέθοδος επίλυσης προβλημάτων



- Η μέθοδος IDEΑ απαρτίζεται από τέσσερα απλά βήματα
- Η μέθοδος IDEΑ δεν είναι ένα «συνταγολόγιο» για την επίλυση προβλημάτων φυσικής. Είναι μάλλον ένα εργαλείο για να οργανώσετε την πορεία που θα ακολουθήσετε για την επίλυση ενός προβλήματος
- Τα τέσσερα βήματα της μεθόδου IDEΑ είναι
  - INTERPRET – ΕΡΜΗΝΕΥΣΤΕ
  - DEVELOP – ΑΝΑΠΤΥΞΤΕ
  - EVALUATE – ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕ
  - ASSESS – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΤΕ

# INTERPRET – ΕΡΜΗΝΕΥΣΤΕ



## ΕΡΜΗΝΕΥΣΤΕ

Το πρώτο βήμα είναι να ερμηνεύσετε το πρόβλημα για να βεβαιωθείτε ότι γνωρίζετε τι ζητάει.

Στη συνέχεια προσδιορίζετε τις έννοιες και αρχές που εφαρμόζονται - τους νόμους κίνησης του Νεύτωνα, τη διατήρηση της ενέργειας, τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής, τον νόμο του Gauss κ.ο.κ.

Επίσης, προσδιορίζετε τους «παίκτες» στην κατάσταση - το αντικείμενο του οποίου την κίνηση σας ζητείται να περιγράψετε, τις δυνάμεις που ενεργούν, το θερμοδυναμικό σύστημα που θα αναλύσετε, τα φορτία που παράγουν ένα ηλεκτρικό πεδίο, τα στοιχεία ενός ηλεκτρικού κυκλώματος, κ.ο.κ.

# DEVELOP – ΑΝΑΠΤΥΞΕΤΕ



## ΑΝΑΠΤΥΞΕΤΕ

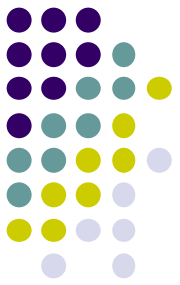
Το δεύτερο βήμα είναι να αναπτύξετε ένα σχέδιο για την επίλυση του προβλήματος.

Είναι πάντα χρήσιμο και συχνά απαραίτητο να σχεδιάζετε ένα σχήμα που να αποτυπώνει την κατάσταση.

Το σχέδιό σας πρέπει να δείχνει αντικείμενα, δυνάμεις και άλλες φυσικές οντότητες. Η επισήμανση των μαζών, των θέσεων, των δυνάμεων, των ταχυτήτων, των ροών θερμότητας, των ηλεκτρικών ή μαγνητικών πεδίων και άλλων ποσοτήτων θα σας βοηθήσει πολύ.

Κατόπιν, καθορίστε τους σχετικούς μαθηματικούς τύπους - συγκεκριμένα, εκείνους που περιέχουν τις ποσότητες που δίνονται στα προβλήματα καθώς και τους αγνώστους ως προς τους οποίους λύνετε. Μην «αρπάξετε» απλά τις εξισώσεις· αντίθετα, σκεφτείτε ότι η καθεμία αντανακλά τις υποκείμενες έννοιες και αρχές που έχετε εντοπίσει ότι διέπουν αυτό το πρόβλημα. Το σχέδιο που αναπτύξατε μπορεί να περιλαμβάνει τον υπολογισμό ενδιάμεσων ποσοτήτων, την εύρεση τιμών σε έναν πίνακα ή σε ένα από τα διάφορα παραρτήματα αυτού του βιβλίου ή ακόμα και την επίλυση ενός προκαταρκτικού προβλήματος, του οποίου η απάντηση είναι απαραίτητη για να πάρετε το τελικό αποτέλεσμα

# ΕΝΑΛΥΑΤΕ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕ



## ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕ

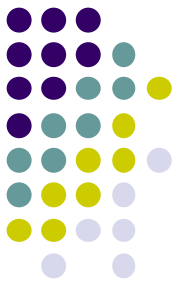
Τα προβλήματα της φυσικής έχουν αριθμητικές ή συμβολικές απαντήσεις και πρέπει να υπολογίσετε την απάντησή σας.

Σε αυτό το βήμα εκτελείτε το σχέδιό σας, ακολουθώντας τα βήματα που έχετε σκιαγραφήσει.

Εδώ χρειάζεστε τις μαθηματικές σας δεξιότητες. Χρησιμοποιήστε **άλγεβρα, τριγωνομετρία ή διαφορικό λογισμό**, όπως απαιτείται, για να λύσετε τις εξισώσεις σας. Είναι καλή ιδέα να κρατήσετε όλες τις αριθμητικές ποσότητες, είτε είναι γνωστές είτε όχι, σε συμβολική μορφή καθώς επεξεργάζεστε τη λύση του προβλήματός σας.

**Στο τέλος μπορείτε να αντικαταστήσετε τους αριθμούς** και να επεξεργαστείτε την αριθμητική για να υπολογίσετε την αριθμητική απάντηση, αν το πρόβλημα την απαιτεί

# ASSESS - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΤΕ



## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΤΕ

Μην ικανοποιήστε με την απάντησή σας μέχρι να αξιολογήσετε αν έχει νόημα!

Είναι σωστές οι μονάδες;

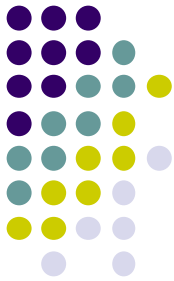
Οι αριθμοί φαίνονται λογικοί;

Η αλγεβρική μορφή της απάντησής σας λειτουργεί σε προφανείς ειδικές περιπτώσεις, όπως ίσως «απενεργοποιώντας» τη βαρύτητα ή κάνοντας μηδενική ή άπειρη τη μάζα του αντικειμένου;

Ο έλεγχος ειδικών περιπτώσεων όχι μόνο σας βοηθά να αποφασίσετε αν η απάντησή σας έχει νόημα, αλλά μπορεί επίσης να σας δώσει πληροφορίες για την υποκείμενη φυσική. Στα λυμένα παραδείγματα, θα κάνουμε συχνά αυτό το βήμα για να ενισχύσουμε τις γνώσεις σας στη φυσική, συσχετίζοντας το συγκεκριμένο παράδειγμα με άλλες εφαρμογές της φυσικής



| Θέμα | Περιγραφή - Επεξήγηση                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Μονάδες |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1    | Ένας μοτοσικλετιστής που οδηγούσε σε περιοχή με όριο ταχύτητας τα 60 km/hr χτύπησε ένα αυτοκίνητο σε οριζόντιο δρόμο. Από το βίντεο του ατυχήματος φαίνεται ότι ο μοτοσικλετιστής εκτινάχθηκε με γωνία περίπου 35 μοιρών και προσγειώθηκε 15 m πιο κάτω στο δρόμο. Σας προσλαμβάνει ως εμπειρογνώμονα η οικογένεια του μοτοσικλετιστή για να διευκρινίσετε αν είχε υπερβεί το όριο ταχύτητας. Τι απαντάτε;                                                                                                                                 | 2       |
| 2    | Είστε ο υπεύθυνος του κέντρου ελέγχου εκτόξευσης ενός πυραύλου για ερευνητικούς σκοπούς. Από το υψόμετρο των 500 m μέχρι το υψόμετρο των 3000 m βρίσκονται σύννεφα. Ο πύραυλος εκτοξεύεται κατακόρυφα και επιταχύνεται με $4 \text{ m/s}^2$ . Για λόγους ασφαλείας δεν επιτρέπεται να μείνει εκτός ορατότητας για περισσότερο από 15 s. Θα επιτρέψετε την εκτόξευση;                                                                                                                                                                       | 2       |
| 3    | <p>Σχεδιάζετε τον ανελκυστήρα ενός ουρανοξύστη. Στο καταστροφικό σενάριο που μελετάτε, ο ανελκυστήρας με κομμένο το συρματόσχοινο υφίσταται ελεύθερη πτώση μέχρι να προσκρούσει σε ελατήριο απορρόφησης κραδασμών στο δάπεδο. Μόλις έρχεται σε επαφή με το ελατήριο ενεργοποιείται φρένο στο συρματόσχοινο που με ένα σφικτήρα ασφαλείας ασκεί μια σταθερή δύναμη τριβής 17.000 N στον ανελκυστήρα. Το ελατήριο πρέπει να ακινητοποιήσει τον ανελκυστήρα με συμπίεσή του το πολύ κατά 3 μέτρα. Προσδιορίστε την σταθερά του ελατηρίου.</p> | 4       |
| 4    | Σίδερο μάζας 2 kg και 600 °C βυθίζεται σε κουβά που περιέχει 20 kg νερού θερμοκρασίας 15 °C. Πόση είναι η θερμοκρασία ισορροπίας; $C_{Fe} = 0,107 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$ , $C_{H2O} = 1,0 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2       |



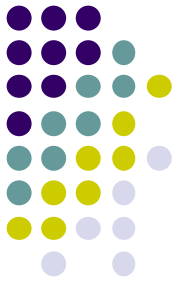
① Μέγιστο βέλους είναι για  $45^\circ$ , δίνεται από τον νόμο  $x = \frac{v_0^2}{2g} \sin 2\theta$   
 Για  $35^\circ$  και για  $60 \text{ km/hr} = 16,67 \text{ m/s}$   
 $x = \frac{16,67^2}{2 \cdot 9,8} \sin 70^\circ \Rightarrow x = 21,9 \text{ m}$ . Εφόσον προσγειώνεται στα  $15 \text{ m}$ ,  
 έρχεται με  $v_0 < 60 \text{ km/hr}$

②  $z = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2z}{a}}$   
 $t_{500} = \sqrt{\frac{2 \cdot 500}{4}} \Rightarrow t_{500} = 15,8 \text{ s}$   
 $t_{3000} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000}{4}} \Rightarrow t_{3000} = 38,7 \text{ s}$   
 Θα καθυστερήσει για σύνολο  $38,7 - 15,8 = 22,9 \text{ s} >$  από το επιτρεπόμενο  $15 \text{ s}$

③ (Ενέργεια συν θέση 1) = (Ενέργεια συν θέση 2) + (Έργο τριβής)  
Ενέργεια συν θέση 1  $K_1 = \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} 2000 \cdot 25^2 = 625.000 \text{ J}$   
 $U_{\text{grav}} = 0$  (ενέργεια  $y_1 = 0$ , επι. αναφοράς δυναμικής)  
 $U_{\text{ελασ}} = 0$  ( $U = \frac{1}{2} k y^2$ , δεν έχει συμπίεση,  $y = 0$ )  
Ενέργεια συν θέση 2  $K_2 = 0$  (ακίνητο σώμα)  
 $U_{\text{grav}} = m g y_2 = 2000 \cdot 9,8 \cdot (-3) = -58.800 \text{ J}$   
 $U_{\text{ελασ}} = \frac{1}{2} k y_2^2 = ??$   
Έργο Τριβής  $W_{\text{τρ}} = F_{\text{τρ}} \cdot y_2 = 17.000 \cdot 3 = 51.000 \text{ J}$

(Ενέργεια 1) = (Ενέργεια 2) + (Έργο τριβής)  $\Rightarrow$   
 $625.000 = -58.800 + \frac{1}{2} k y_2^2 + 51.000 \mid \Rightarrow \boxed{k = 1,41 \times 10^5 \text{ N/m}}$   
 $y_2 = 3 \text{ m}$

④ Γνωσ  $T$  η θερμοκρασία Ισορροπίας  
 $m_{\text{Fe}} c_{\text{Fe}} \cdot (T_{\text{Fe}} - T) = m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot (T - T_{\text{H}_2\text{O}}) \Rightarrow$   
 $2 \cdot 0,107(600 - T) = 20 \cdot 1 \cdot (T - 15) \Rightarrow \boxed{T = 21,2^\circ \text{C}}$



1. Δύο σφαίρες αφήνονται ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος πάνω από οριζόντιο έδαφος, χωρίς αντίσταση αέρα: η μία αφήνεται να πέσει κατακόρυφα από την ηρεμία, ενώ η άλλη εκτοξεύεται ταυτόχρονα οριζόντια με κάποια αρχική ταχύτητα. Ποια από τις δύο φτάνει πρώτη στο έδαφος;

- A) Αυτή που πέφτει κατακόρυφα, γιατί δεν διανύει οριζόντια απόσταση
- B) Αυτή που εκτοξεύεται οριζόντια, γιατί έχει μεγαλύτερη συνολική ταχύτητα
- Γ) Φτάνουν ταυτόχρονα, γιατί η κατακόρυφη κίνηση είναι ανεξάρτητη από την οριζόντια
- Δ) Εξαρτάται από τη μάζα της κάθε σφαίρας

2. Ένα άλογο τραβά ένα κάρο. Σύμφωνα με τον 3ο νόμο του Νεύτωνα, το κάρο ασκεί στο άλογο δύναμη ίση σε μέτρο και αντίθετη σε φορά από αυτήν που ασκεί το άλογο στο κάρο. Γιατί τότε το σύστημα αλόγου-κάρου μπορεί να κινηθεί;

- A) Επειδή η δύναμη του αλόγου είναι στην πραγματικότητα μεγαλύτερη από αυτήν του κάρου
- B) Επειδή ο 3ος νόμος του Νεύτωνα δεν ισχύει όταν υπάρχει τριβή με το έδαφος
- Γ) Επειδή οι δύο δυνάμεις του ζεύγους δράσης-αντίδρασης ασκούνται σε διαφορετικά σώματα και άρα δεν αλληλοαναιρούνται
- Δ) Επειδή το κάρο έχει μηδενική αδράνεια

3. Σε ένα σώμα που ηρεμεί πάνω σε οριζόντιο τραπέζι ασκείται οριζόντια δύναμη, μικρότερη από τη μέγιστη δυνατή στατική τριβή, και το σώμα παραμένει ακίνητο. Ποια πρόταση περιγράφει σωστά τη στατική τριβή σε αυτή την περίπτωση;

- A) Είναι μηδενική, αφού το σώμα δεν κινείται
- B) Ισούται πάντα με  $\mu_s N$ , ανεξάρτητα από την ασκούμενη δύναμη
- Γ) Προσαρμόζεται ώστε να ισούται σε μέτρο με την ασκούμενη δύναμη, ισορροπώντας την
- Δ) Είναι πάντα μεγαλύτερη από την ασκούμενη δύναμη κατά σταθερό ποσοστό

4. Ένα σώμα κινείται σε κυκλική τροχιά με σταθερό μέτρο ταχύτητας, υπό την επίδραση κεντρομόλου δύναμης. Το έργο που παράγει η δύναμη αυτή κατά τη διάρκεια της κίνησης είναι:

- A) Θετικό, αφού η δύναμη διατηρεί την κίνηση
- B) Αρνητικό, αφού αντιτίθεται στην τάση του σώματος να απομακρυνθεί
- Γ) Μηδενικό, αφού η δύναμη είναι σε κάθε στιγμή κάθετη στην ταχύτητα
- Δ) Ίσο με τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος

5. Ποια από τις παρακάτω δυνάμεις είναι μη-συντηρητική (μη διατηρητική), δηλαδή το έργο της εξαρτάται από τη διαδρομή και όχι μόνο από τις αρχική/τελική θέση;

- A) Η δύναμη βαρύτητας
- B) Η δύναμη επαναφοράς ελατηρίου
- Γ) Η δύναμη τριβής
- Δ) Η ηλεκτροστατική δύναμη Coulomb

6. Ένας αστροναύτης μέσα σε διαστημικό σταθμό που βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη βιώνει φαινομενική έλλειψη βάρους. Ποια είναι η σωστή φυσική εξήγηση;

- A) Στο ύψος αυτό δεν ασκείται πλέον καθόλου βαρυτική δύναμη από τη Γη
- B) Ο σταθμός και ο αστροναύτης βρίσκονται σε συνεχή ελεύθερη πτώση γύρω από τη Γη, με την ίδια επιτάχυνση, οπότε δεν υπάρχει σχετική δύναμη μεταξύ τους
- Γ) Η μάζα του αστροναύτη μηδενίζεται στο διάστημα
- Δ) Μια φυγόκεντρη δύναμη εξουδετερώνει πλήρως και μόνιμα τη βαρύτητα σε κάθε τροχιά

7. Ένα απομονωμένο σύστημα δύο σωμάτων (χωρίς εξωτερικές δυνάμεις) που αρχικά κινείται με σταθερή ταχύτητα, εκρήγνυται εσωτερικά και χωρίζεται σε δύο κομμάτια διαφορετικής μάζας. Πώς κινείται το κέντρο μάζας του συστήματος μετά την έκρηξη;

- A) Επιταχύνεται προς την κατεύθυνση του βαρύτερου κομματιού
- B) Συνεχίζει να κινείται με την ίδια ταχύτητα που είχε πριν την έκρηξη
- Γ) Σταματάει ακαριαία τη στιγμή της έκρηξης
- Δ) Κινείται με ταχύτητα ίση με τον απλό αριθμητικό μέσο όρο των ταχυτήτων των δύο κομματιών

8. Σε μια πλαστική (τελειώς ανελαστική) κρούση δύο σωμάτων, τα οποία μετά την κρούση κινούνται μαζί:

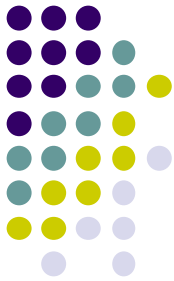
- A) Διατηρούνται και η ολική ορμή και η ολική κινητική ενέργεια του συστήματος
- B) Διατηρείται η ολική ορμή, αλλά η ολική κινητική ενέργεια γενικά μειώνεται
- Γ) Διατηρείται η ολική κινητική ενέργεια, αλλά όχι απαραίτητα η ορμή
- Δ) Δεν διατηρείται ούτε η ορμή ούτε η κινητική ενέργεια

9. Δύο δίσκοι έχουν την ίδια μάζα και την ίδια ακτίνα και περιστρέφονται γύρω από τον ίδιο άξονα συμμετρίας: ο ένας έχει ομοιόμορφα κατανεμημένη μάζα, ενώ ο άλλος έχει το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του συγκεντρωμένο κοντά στην περιφέρεια. Ποιος έχει τη μεγαλύτερη ροπή αδράνειας;

- A) Ο ομογενής δίσκος
- B) Ο δίσκος με τη μάζα συγκεντρωμένη στην περιφέρεια
- Γ) Έχουν την ίδια ροπή αδράνειας, αφού έχουν ίδια μάζα και ίδια ακτίνα
- Δ) Δεν μπορεί να καθοριστεί χωρίς να γνωρίζουμε τη γωνιακή ταχύτητα

10. Μια παγοδρόμος περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα με τα χέρια της τεντωμένα, χωρίς να ασκείται καμία εξωτερική ροπή στο σύστημά της. Στη συνέχεια μαζεύει τα χέρια της κοντά στο σώμα. Τι συμβαίνει στη γωνιακή της ταχύτητα;

- A) Παραμένει σταθερή, αφού δεν ασκείται καμία εξωτερική δύναμη στο σύστημα
- B) Αυξάνεται, γιατί μειώνεται η ροπή αδράνειάς της, ενώ η στροφορμή της παραμένει σταθερή
- Γ) Μειώνεται, γιατί μειώνεται η συνολική μάζα που συμμετέχει στην περιστροφή
- Δ) Αυξάνεται, γιατί αυξάνεται η στροφορμή της καθώς μαζεύει τα χέρια



1. Δύο σφαίρες αφήνονται ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος πάνω από οριζόντιο έδαφος, χωρίς αντίσταση αέρα: η μία αφήνεται να πέσει κατακόρυφα από την ηρεμία, ενώ η άλλη εκτοξεύεται ταυτόχρονα οριζόντια με κάποια αρχική ταχύτητα. Ποια από τις δύο φτάνει πρώτη στο έδαφος;

- A) Αυτή που πέφτει κατακόρυφα, γιατί δεν διανύει οριζόντια απόσταση
- B) Αυτή που εκτοξεύεται οριζόντια, γιατί έχει μεγαλύτερη συνολική ταχύτητα
- Γ) Φτάνουν ταυτόχρονα, γιατί η κατακόρυφη κίνηση είναι ανεξάρτητη από την οριζόντια
- Δ) Εξαρτάται από τη μάζα της κάθε σφαίρας

2. Ένα άλογο τραβά ένα κάρο. Σύμφωνα με τον 3ο νόμο του Νεύτωνα, το κάρο ασκεί στο άλογο δύναμη ίση σε μέτρο και αντίθετη σε φορά από αυτήν που ασκεί το άλογο στο κάρο. Γιατί τότε το σύστημα αλόγου-κάρου μπορεί να κινηθεί;

- A) Επειδή η δύναμη του αλόγου είναι στην πραγματικότητα μεγαλύτερη από αυτήν του καρό
- B) Επειδή ο 3ος νόμος του Νεύτωνα δεν ισχύει όταν υπάρχει τριβή με το έδαφος
- Γ) Επειδή οι δύο δυνάμεις του ζεύγους δράσης-αντίδρασης ασκούνται σε διαφορετικά σώματα και άρα δεν αλληλοαναιρούνται
- Δ) Επειδή το κάρο έχει μηδενική αδράνεια

3. Σε ένα σώμα που ηρεμεί πάνω σε οριζόντιο τραπέζι ασκείται οριζόντια δύναμη, μικρότερη από τη μέγιστη δυνατή στατική τριβή, και το σώμα παραμένει ακίνητο. Ποια πρόταση περιγράφει σωστά τη στατική τριβή σε αυτή την περίπτωση;

- A) Είναι μηδενική, αφού το σώμα δεν κινείται
- B) Ισούται πάντα με  $\mu_s N$ , ανεξάρτητα από την ασκούμενη δύναμη
- Γ) Προσαρμόζεται ώστε να ισούται σε μέτρο με την ασκούμενη δύναμη, ισορροπώντας την
- Δ) Είναι πάντα μεγαλύτερη από την ασκούμενη δύναμη κατά σταθερό ποσοστό

4. Ένα σώμα κινείται σε κυκλική τροχιά με σταθερό μέτρο ταχύτητας, υπό την επίδραση κεντρομόλου δύναμης. Το έργο που παράγει η δύναμη αυτή κατά τη διάρκεια της κίνησης είναι:

- A) Θετικό, αφού η δύναμη διατηρεί την κίνηση
- B) Αρνητικό, αφού αντιτίθεται στην τάση του σώματος να απομακρυνθεί
- Γ) Μηδενικό, αφού η δύναμη είναι σε κάθε στιγμή κάθετη στην ταχύτητα
- Δ) Ίσο με τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος

5. Ποια από τις παρακάτω δυνάμεις είναι μη-συντηρητική (μη διατηρητική), δηλαδή το έργο της εξαρτάται από τη διαδρομή και όχι μόνο από τις αρχική/τελική θέση;

- A) Η δύναμη βαρύτητας
- B) Η δύναμη επαναφοράς ελατηρίου
- Γ) Η δύναμη τριβής
- Δ) Η ηλεκτροστατική δύναμη Coulomb

6. Ένας αστροναύτης μέσα σε διαστημικό σταθμό που βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη βιώνει φαινομενική έλλειψη βάρους. Ποια είναι η σωστή φυσική εξήγηση;

- A) Στο ύψος αυτό δεν ασκείται πλέον καθόλου βαρυτική δύναμη από τη Γη
- B) Ο σταθμός και ο αστροναύτης βρίσκονται σε συνεχή ελεύθερη πτώση γύρω από τη Γη, με την ίδια επιτάχυνση, οπότε δεν υπάρχει σχετική δύναμη μεταξύ τους
- Γ) Η μάζα του αστροναύτη μηδενίζεται στο διάστημα
- Δ) Μια φυγόκεντρη δύναμη εξουδετερώνει πλήρως και μόνιμα τη βαρύτητα σε κάθε τροχιά

7. Ένα απομονωμένο σύστημα δύο σωμάτων (χωρίς εξωτερικές δυνάμεις) που αρχικά κινείται με σταθερή ταχύτητα, εκρήγνυται εσωτερικά και χωρίζεται σε δύο κομμάτια διαφορετικής μάζας. Πώς κινείται το κέντρο μάζας του συστήματος μετά την έκρηξη;

- A) Επιταχύνεται προς την κατεύθυνση του βαρύτερου κομματιού
- B) Συνεχίζει να κινείται με την ίδια ταχύτητα που είχε πριν την έκρηξη
- Γ) Σταματάει ακαριαία τη στιγμή της έκρηξης
- Δ) Κινείται με ταχύτητα ίση με τον απλό αριθμητικό μέσο όρο των ταχυτήτων των δύο κομματιών

8. Σε μια πλαστική (τελείως ανελαστική) κρούση δύο σωμάτων, τα οποία μετά την κρούση κινούνται μαζί:

- A) Διατηρούνται και η ολική ορμή και η ολική κινητική ενέργεια του συστήματος
- B) Διατηρείται η ολική ορμή, αλλά η ολική κινητική ενέργεια γενικά μειώνεται
- Γ) Διατηρείται η ολική κινητική ενέργεια, αλλά όχι απαραίτητα η ορμή
- Δ) Δεν διατηρείται ούτε η ορμή ούτε η κινητική ενέργεια

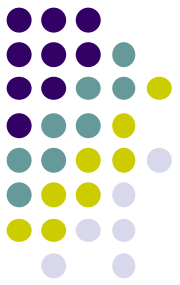
9. Δύο δίσκοι έχουν την ίδια μάζα και την ίδια ακτίνα και περιστρέφονται γύρω από τον ίδιο άξονα συμμετρίας: ο ένας έχει ομοιόμορφα κατανομημένη μάζα, ενώ ο άλλος έχει το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του συγκεντρωμένο κοντά στην περιφέρεια. Ποιος έχει τη μεγαλύτερη ροπή αδράνειας;

- A) Ο ομογενής δίσκος
- B) Ο δίσκος με τη μάζα συγκεντρωμένη στην περιφέρεια
- Γ) Έχουν την ίδια ροπή αδράνειας, αφού έχουν ίδια μάζα και ίδια ακτίνα
- Δ) Δεν μπορεί να καθοριστεί χωρίς να γνωρίζουμε τη γωνιακή ταχύτητα

10. Μια παγοδόρμος περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα με τα χέρια της τεντωμένα, χωρίς να ασκείται καμία εξωτερική ροπή στο σύστημά της. Στη συνέχεια μαζεύει τα χέρια της κοντά στο σώμα. Τι συμβαίνει στη γωνιακή της ταχύτητα;

- A) Παραμένει σταθερή, αφού δεν ασκείται καμία εξωτερική δύναμη στο σύστημα
- B) Αυξάνεται, γιατί μειώνεται η ροπή αδράνειας της, ενώ η στροφορμή της παραμένει σταθερή
- Γ) Μειώνεται, γιατί μειώνεται η συνολική μάζα που συμμετέχει στην περιστροφή
- Δ) Αυξάνεται, γιατί αυξάνεται η στροφορμή της καθώς μαζεύει τα χέρια

# ΣΥΝΟΨΗ



- Από κοινού, οι επιμέρους τομείς της φυσικής προσφέρουν μια συνολική περιγραφή των βασικών αρχών που διέπουν τη φυσική πραγματικότητα
- Το σύστημα μονάδων SI προσφέρει ακριβείς ορισμούς των θεμελιωδών ποσοτήτων της φυσικής
  - Αυτοί οι λειτουργικοί ορισμοί μπορούν να αναπαραχθούν οπουδήποτε
- Ο χειρισμός των αριθμών που αντιπροσωπεύουν φυσικές ποσότητες προϋποθέτει
  - Τη χρήση επιστημονικής σημειογραφίας και προθεμάτων SI
  - Την κατανόηση των σημαντικών ψηφίων
  - Την εκτίμηση
- Η μέθοδος IDEA προσφέρει ένα γενικό πλαίσιο για την επίλυση προβλημάτων φυσικής