

## Γενική Φυσική

Κωνσταντίνος Χ. Παύλου  
 Φυσικός – Ραδιοηλεκτρολόγος (MSc)  
 Καστοριά, Σεπτέμβριος 14

## Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

1. Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση
2. Εξίσωση κίνησης
3. Μετατόπιση & διάστημα
4. Διάγραμμα ταχύτητας χρόνου
5. Στρατηγική λύσης προβλημάτων

## Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

- **Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση** ονομάζεται η κίνηση που γίνεται με σταθερή ταχύτητα.

$$\vec{v} = \text{σταθ.} \Rightarrow \begin{cases} \text{μέτρο : σταθερό} \rightarrow v = \text{σταθ.} \\ \text{και} \\ \text{κατεύθυνση : σταθερή} \end{cases}$$

3

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc)

24-Σεπ-14

## Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

- **Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση** ονομάζεται η κίνηση που γίνεται με σταθερή ταχύτητα.

$$\vec{v} = \text{σταθ.} \Rightarrow \begin{cases} \text{μέτρο : σταθερό} \rightarrow v = \text{σταθ.} \\ \text{και} \\ \text{κατεύθυνση : σταθερή} \end{cases}$$

- Σε **οποιαδήποτε** ίσα χρονικά διαστήματα το σώμα διανύει την ίδια απόσταση.



4

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc)

24-Σεπ-14

## Επιλογή του άξονα ( $x_0$ & $t_0$ )

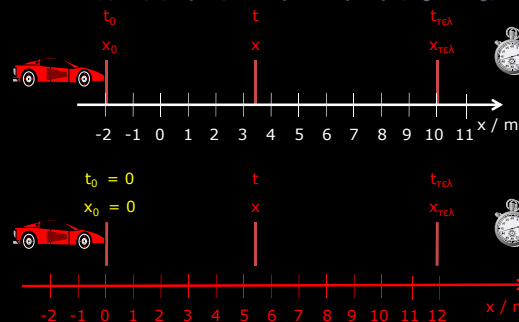
- Για την επιλογή του άξονα με τη βοήθεια του οποίου θα περιγράψουμε την κίνηση θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας τα εξής:
  - ως φορά του άξονα επιλέγουμε την (αρχική) φορά κίνησης του σώματος
  - η αρχή του άξονα επιλέγεται στην αρχική θέση του σώματος
- Σ' ό,τι αφορά στους χρόνους, επιλέγουμε τη χρονική στιγμή έναρξης της κίνησης ως χρονική στιγμή μηδέν (0)

5

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc)

24-Σεπ-14

## Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ( $x_0$ & $t_0$ )



6

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc)

24-Σεπ-14

### Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

$t_0 = 0$   $t_{τελ} = 3 \text{ s}$

$x_0 = -2 \text{ m}$   $x_{τελ} = 10 \text{ m}$

σε κάποια τυχαία χρονική στιγμή:  $t \approx 1.9$   
το σώμα βρίσκεται σε μια τυχαία θέση:  $x \approx 5,7 \text{ m}$

7 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

- Από τον ορισμό της ταχύτητας (επειδή μιλάμε για ευθύγραμμες κινήσεις δε θα χρησιμοποιήσουμε διανύσματα) έχουμε:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0} \xrightarrow{v = \text{σταθ}} x - x_0 = v(t - t_0) \Rightarrow$$

$$x = x_0 + v(t - t_0)$$

8 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Η εξίσωση κίνησης

- Γενικά, η σχέση  $x = x(t)$  που συνδέει τη θέση του σώματος και τον χρόνο ονομάζεται **εξίσωση κίνησης** ή/και **εξίσωση θέσης**.
- Με απλά λόγια η εξίσωση αυτή μας λέει: "πες μου τον χρόνο ( $t$ ) να σου πω που ( $x$ ) είναι το σώμα...".

$$x = x(t)$$

9 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Η εξίσωση κίνησης

- Με την (ορθή) επιλογή:  $\begin{cases} t_0 = 0 \\ x_0 = 0 \end{cases}$
- έχουμε:

$$x = x_0 + v(t - t_0) \xrightarrow[t_0=0, x_0=0]{} x = vt$$

10 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Η εξίσωση κίνησης

- Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η εξίσωση κίνησης είναι μια γραμμική σχέση (δλδ σχέση αναλογίας) της μορφής  $y = ax + b$ :

$$x = x_0 + v(t - t_0) \Rightarrow x = vt + (x_0 - vt_0)$$

$$\underset{y}{x} = \underset{a}{v} \underset{x}{t} + \underbrace{(x_0 - vt_0)}_b$$

11 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Η εξίσωση κίνησης

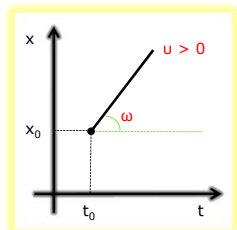
$x = x_0 + v(t - t_0)$

$x = vt$

12 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Διάγραμμα x – t. Η ταχύτητα

$$x = x_0 + v(t - t_0)$$



- Για την κλίση της γραφικής παράστασης της εξίσωσης

$$x = vt + (x_0 - vt_0)$$

ισχύει:

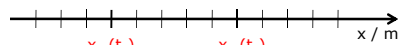
$$\epsilon\phi\omega = v$$

13

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

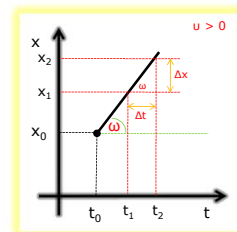
24-Σεπ-14

### Διάγραμμα x – t. Η ταχύτητα



$$v = \epsilon\phi\omega = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

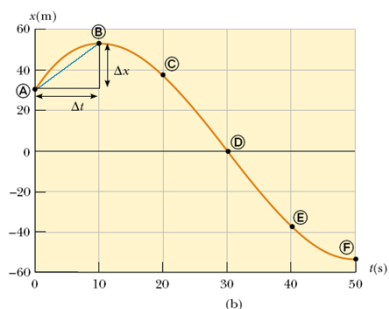


14

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Διάγραμμα x – t. Η ταχύτητα



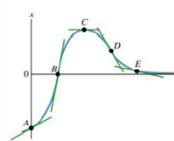
15

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

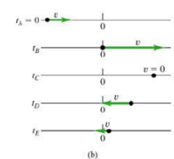
24-Σεπ-14

### Διάγραμμα x – t. Η ταχύτητα

x vs t plot



x-t graph	Motion of particle
A positive slope, so $v_1 > 0$	moving in +x-direction
B larger positive slope, so $v_2 > 0$	moving in +x-direction faster than at A
C zero slope, so $v_3 = 0$	instantaneously at rest
D negative slope, so $v_4 < 0$	moving in -x-direction
E smaller negative slope, so $v_5 < 0$	moving in -x-direction more slowly than at D

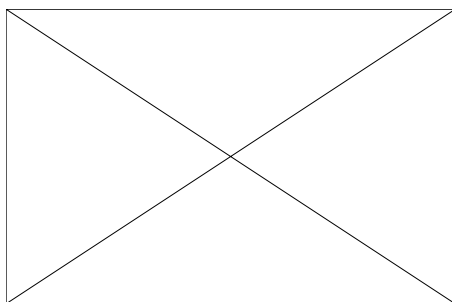


16

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Διάγραμμα θέσης – χρόνου



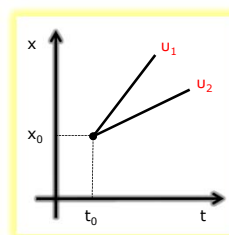
17

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Άσκηση

$$x = x_0 + v(t - t_0)$$



- Αν δυο σώματα κινούνται με ταχύτητες  $u_1$  και  $u_2$  και τα αντίστοιχα διαγράμματα θέσης χρόνου είναι αυτά που φαίνονται, να αποδειχθεί ότι:

$$u_1 > u_2$$

18

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Παράδειγμα...

- Ένα σώμα ξεκινά από τη θέση -2 m τη χρονική στιγμή 6 s και κινείται προς τον θετικό ημιάξονα με σταθερή ταχύτητα μέτρου 4 m/s.
  1. Να βρεθεί η εξίσωση κίνησής του.
  2. Σε ποια θέση θα βρίσκεται τη χρονική στιγμή 10 s;
  3. Σε ποια χρονική στιγμή θα βρίσκεται στη θέση +100 m;
  4. Να γίνει η γραφική παράσταση της θέσης συναρτήσει του χρόνου.

19

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Παράδειγμα...

Δεδομένα:

$$x_0 = -2 \text{ m}$$

$$t_0 = 6 \text{ s}$$

$$u = +4 \text{ m/s}$$

Ζητούμενα:

$$x = x(t) ?$$

$$x_1 = ? , t_1 = 10 \text{ s}$$

$$t_2 = ? , x_2 = +100 \text{ m}$$

Διάγραμμα  $x = x(t)$

- Διαβάζουμε την άσκηση και ξεκαθαρίζουμε τα **δεδομένα** και τα **ζητούμενα**:

- Ένα σώμα ξεκινά από τη θέση -2 m τη χρονική στιγμή 6 s και κινείται προς τον θετικό ημιάξονα με σταθερή ταχύτητα μέτρου 4 m/s.
  1. Να βρεθεί η εξίσωση κίνησής του.
  2. Σε ποια θέση θα βρίσκεται τη χρονική στιγμή 10 s;
  3. Σε ποια χρονική στιγμή θα βρίσκεται στη θέση +100 m;
  4. Να γίνει η γραφική παράσταση της θέσης συναρτήσει του χρόνου.

20

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Παράδειγμα...

Δεδομένα:

$$x_0 = -2 \text{ m}$$

$$t_0 = 6 \text{ s}$$

$$u = +4 \text{ m/s}$$

Ζητούμενα:

$$x = x(t) ?$$

$$x_1 = ? , t_1 = 10 \text{ s}$$

$$t_2 = ? , x_2 = +100 \text{ m}$$

Διάγραμμα  $x = x(t)$

Από τη γενική εξίσωση

$$x = x_0 + v(t - t_0)$$

αντικαθιστώντας έχουμε:

$$x = x_0 + v(t - t_0) \xrightarrow[t_0=6s]{u=+4m/s, x_0=-2m}$$

$$x = -2 + 4(t - 6) \Rightarrow$$

$$x = 4t - 26 \text{ (x / m, t / s)}$$

21

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Παράδειγμα...

Δεδομένα:

$$x_0 = -2 \text{ m}$$

$$t_0 = 6 \text{ s}$$

$$u = +4 \text{ m/s}$$

Ζητούμενα:

$$x = x(t) ?$$

$$x_1 = ? , t_1 = 10 \text{ s}$$

$$t_2 = ? , x_2 = +100 \text{ m}$$

Διάγραμμα  $x = x(t)$

Από την εξίσωση κίνησης

$$x = 4t - 26 \text{ (x / m, t / s)}$$

για  $t_1 = 10 \text{ s}$  έχουμε:

$$x = 4t - 26 \xrightarrow[x=x_1]{t=t_1} x_1 = 4t_1 - 26 \xrightarrow{t_1=10s}$$

$$x_1 = 4 \cdot 10 - 26 \Rightarrow x_1 = +14 \text{ m}$$

22

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Παράδειγμα...

Δεδομένα:

$$x_0 = -2 \text{ m}$$

$$t_0 = 6 \text{ s}$$

$$u = +4 \text{ m/s}$$

Ζητούμενα:

$$x = x(t) ?$$

$$x_1 = ? , t_1 = 10 \text{ s}$$

$$t_2 = ? , x_2 = +100 \text{ m}$$

Διάγραμμα  $x = x(t)$

Από την εξίσωση κίνησης

$$x = 4t - 26 \text{ (x / m, t / s)}$$

λύνουμε ως προς t:  $t = \frac{x + 26}{4}$

και έχουμε:

$$t = \frac{x + 26}{4} \xrightarrow[t=t_2]{x=x_2} t_2 = \frac{x_2 + 26}{4} \xrightarrow{x_2=100m}$$

$$t_2 = \frac{100 + 26}{4} \Rightarrow t_2 = 31,5 \text{ s}$$

23

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Παράδειγμα...

Δεδομένα:

$$x_0 = -2 \text{ m}$$

$$t_0 = 6 \text{ s}$$

$$u = +4 \text{ m/s}$$

Ζητούμενα:

$$x = x(t) ?$$

$$x_1 = ? , t_1 = 10 \text{ s}$$

$$t_2 = ? , x_2 = +100 \text{ m}$$

Διάγραμμα  $x = x(t)$

Γνωρίζουμε πως η γραφική παράσταση της εξίσωσης κίνησης για την ευθ. ομ. κίνηση είναι ευθεία γραμμή.

Άρα χρειαζόμαστε μόνο δυο ζεύγη τιμών (t, x).

Έχουμε:

$$(t_0, x_0) = (6 \text{ s}, -2 \text{ m})$$

$$(t_1, x_1) = (10 \text{ s}, +14 \text{ m})$$

24

(c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Παράδειγμα...

**Δεδομένα:**  
 $x_0 = -2 \text{ m}$   
 $t_0 = 6 \text{ s}$   
 $u = +4 \text{ m/s}$

**Ζητούμενα:**  
 $x = x(t)$ ?  
 $x_1 = ?$ ,  $t_1 = 10 \text{ s}$   
 $t_2 = ?$ ,  $x_2 = +100 \text{ m}$   
**Διάγραμμα  $x = x(t)$**

Τοποθετούμε τα σημεία στο διάγραμμα:  
 A:  $(t_0, x_0) = (6\text{s}, -2\text{m})$   
 B:  $(t_1, x_1) = (10\text{s}, +14\text{m})$

25 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Μετατόπιση & διάστημα

Για κίνηση προς τον θετικό ημιάξονα ( $u > 0$ ) έχουμε:

**Μετατόπιση:**  $\Delta x = x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}} > 0$   
**Διάστημα:**  $S = x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}}$

$\Rightarrow S = \Delta x$

26 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Μετατόπιση & διάστημα

Για κίνηση προς τον αρνητικό ημιάξονα ( $u < 0$ ) έχουμε:

**Μετατόπιση:**  $\Delta x = x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}} < 0$   
**Διάστημα:**  $S = |x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}}|$

$\Rightarrow S = |\Delta x|$

27 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Μετατόπιση & διάστημα

- Ο υπολογισμός της μετατόπισης μπορεί να γίνει και αλγεβρικά χρησιμοποιώντας τη εξίσωση κίνησης:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= x_0 + v(t_1 - t_0) \\ x_2 &= x_0 + v(t_2 - t_0) \end{aligned} \right\} \xrightarrow{(-)} x_2 - x_1 = [x_0 + v(t_2 - t_0)] - [x_0 + v(t_1 - t_0)] \Rightarrow$$

$$x_2 - x_1 = \cancel{x_0} + vt_2 - \cancel{vt_0} - \cancel{x_0} - vt_1 + \cancel{vt_0} \Rightarrow x_2 - x_1 = vt_2 - vt_1 \Rightarrow$$

$$\Delta x = v(t_2 - t_1) \Rightarrow \Delta x = v\Delta t$$

- Άρα, για το διάστημα θα είναι:  $S = |\Delta x| = |v| \Delta t$

28 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Διάστημα

- Συνεπώς για τον υπολογισμό του διαστήματος χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$S = |x - x_0| = |\Delta x| = |v| \Delta t$$

- Επειδή συνήθως είναι  $t_0 = 0$ , έχουμε:

$$S = |v| \Delta t = |v| (t - t_0) \xrightarrow{t_0=0} S = |v| t$$

29 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου

- Το διάγραμμα ταχύτητας χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση είναι μια ευθεία γραμμή παράλληλη στον άξονα των χρόνων, αφού  $u = \text{σταθ}$ .

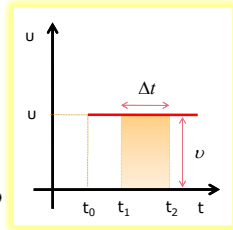
30 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c) 24-Σεπ-14

### Διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου

- Το εμβαδό του σκιασμένου τμήματος είναι:

$$\begin{aligned} \text{Εμβαδόν} &= \text{Βάση} \times \text{Ύψος} = \\ &= \Delta t \times v = \\ &= \Delta x \end{aligned}$$

- Δλδ από το διάγραμμα  $u-t$  μπορούμε υπολογίζοντας το εμβαδό να βρούμε τη μετατόπιση



31

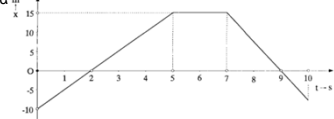
(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Άσκηση – παράδειγμα

- Για το δοθέν διάγραμμα θέσης – χρόνου, και μέχρι τη χρονική στιγμή 9 sec:

1. να περιγραφεί η κίνηση του σώματος
2. να υπολογιστούν οι επιμέρους ταχύτητες
3. να γραφούν οι επιμέρους εξισώσεις κίνησης
4. να γίνει το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου ( $u-t$ )
5. να υπολογιστούν οι επιμέρους μετατοπίσεις
6. να υπολογιστεί η συνολική μετατόπιση και το συνολικό διάστημα που διένυσε το σώμα



32

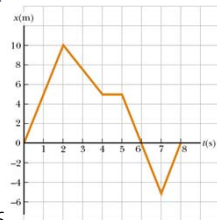
(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Άσκηση – παράδειγμα

- Για το δοθέν διάγραμμα θέσης – χρόνου

  1. να περιγραφεί η κίνηση του σώματος
  2. να υπολογιστούν οι επιμέρους ταχύτητες
  3. να γραφούν οι επιμέρους εξισώσεις κίνησης
  4. να γίνει το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου ( $u-t$ )
  5. να υπολογιστούν οι επιμέρους μετατοπίσεις
  6. να υπολογιστεί η συνολική μετατόπιση και το συνολικό διάστημα που διένυσε το σώμα



33

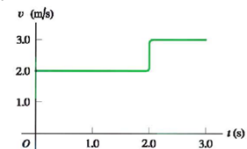
(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (H5c)

24-Σεπ-14

### Άσκηση – παράδειγμα

- Σώμα κινείται σε ευθεία γραμμή. Το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου είναι αυτό που φαίνεται στο σχήμα. Θεωρώντας πως η αρχική θέση του σώματος είναι  $x_0 = 0$ :

1. να περιγραφεί η κίνηση του σώματος.
2. να υπολογιστούν οι επιμέρους μετατοπίσεις, η συνολική μετατόπιση και το συνολικό διάστημα
3. να γραφούν οι επιμέρους εξισώσεις κίνησης
4. να γίνει το διάγραμμα θέσης – χρόνου.



34

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (H5c)

24-Σεπ-14

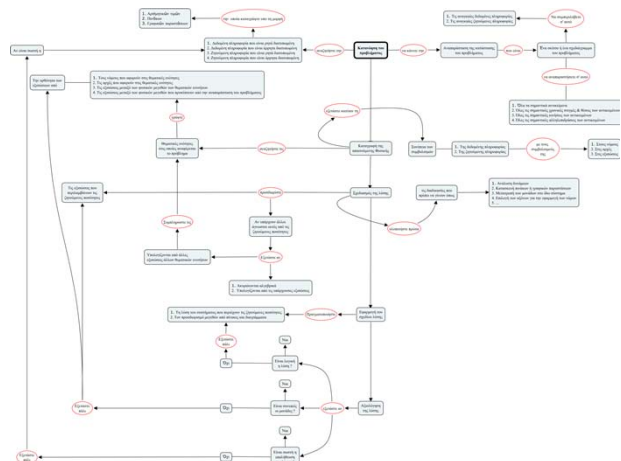
### Στρατηγική λύσης προβλημάτων

1. Ανάγνωση – κατανόηση προβλήματος
2. Παράσταση – απεικόνιση του προβλήματος
3. Καταγραφή δεδομένων
4. Καταγραφή ζητούμενων
5. Καταγραφή αρχών – νόμων
6. Γραφή εξισώσεων
7. Λύση των εξισώσεων & αντικατάσταση τιμών
8. Αξιολόγηση της λύσης

35

(λ) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Ρ/Η (H5c)

24-Σεπ-14



## Στρατηγική λύσης προβλημάτων

### GOAL PROBLEM-SOLVING STEPS

- Besides what you might expect to learn about physics concepts, a very valuable skill you should hope to take away from your physics course is the ability to solve complicated problems. The way physicists approach complex situations and break them down into manageable pieces is extremely useful. We have developed a memory aid to help you easily recall the steps required for successful problem solving. When working on problems, the secret is to keep your GOAL in mind!

37

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

## Στρατηγική λύσης προβλημάτων

### 1. Gather information

- The first thing to do when approaching a problem is to understand the situation. Carefully read the problem statement, looking for key phrases like "at rest" or "freely falls." What information is given? Exactly what is the question asking? Don't forget to gather information from your own experiences and common sense. What should a reasonable answer look like? You wouldn't expect to calculate the speed of an automobile to be  $5 \cdot 10^6$  m/s. Do you know what units to expect? Are there any limiting cases you can consider? What happens when an angle approaches  $0^\circ$  or  $90^\circ$  or when a mass becomes huge or goes to zero? Also make sure you carefully study any drawings that accompany the problem.

38

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

## Στρατηγική λύσης προβλημάτων

### 2. Organize your approach

- Once you have a really good idea of what the problem is about, you need to think about what to do next. Have you seen this type of question before? Being able to classify a problem can make it much easier to lay out a plan to solve it. You should almost always make a quick drawing of the situation. Label important events with circled letters. Indicate any known values, perhaps in a table or directly on your Sketch.

39

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

## Στρατηγική λύσης προβλημάτων

### 3. Analyze the problem

- Because you have already categorized the problem, it should not be too difficult to select relevant equations that apply to this type of situation. Use algebra (and calculus, if necessary) to solve for the unknown variable in terms of what is given. Substitute in the appropriate numbers, calculate the result, and round it to the proper number of significant figures.

40

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14

## Στρατηγική λύσης προβλημάτων

### 4. Learn from your efforts

- This is the most important part. Examine your numerical answer. Does it meet your expectations from the first step? What about the algebraic form of the result— before you plugged in numbers? Does it make sense? (Try looking at the variables in it to see whether the answer would change in a physically meaningful way if they were drastically increased or decreased or even became zero.) Think about how this problem compares with others you have done. How was it similar? In what critical ways did it differ? Why was this problem assigned? You should have learned something by doing it. Can you figure out what? When solving complex problems, you may need to identify a series of subproblems and apply the GOAL process to each. For very simple problems, you probably don't need GOAL at all. But when you are looking at a problem and you don't know what to do next, remember what the letters in GOAL stand for and use that as a guide.

41

© Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός - Π/Η (H5c)

24-Σεπ-14