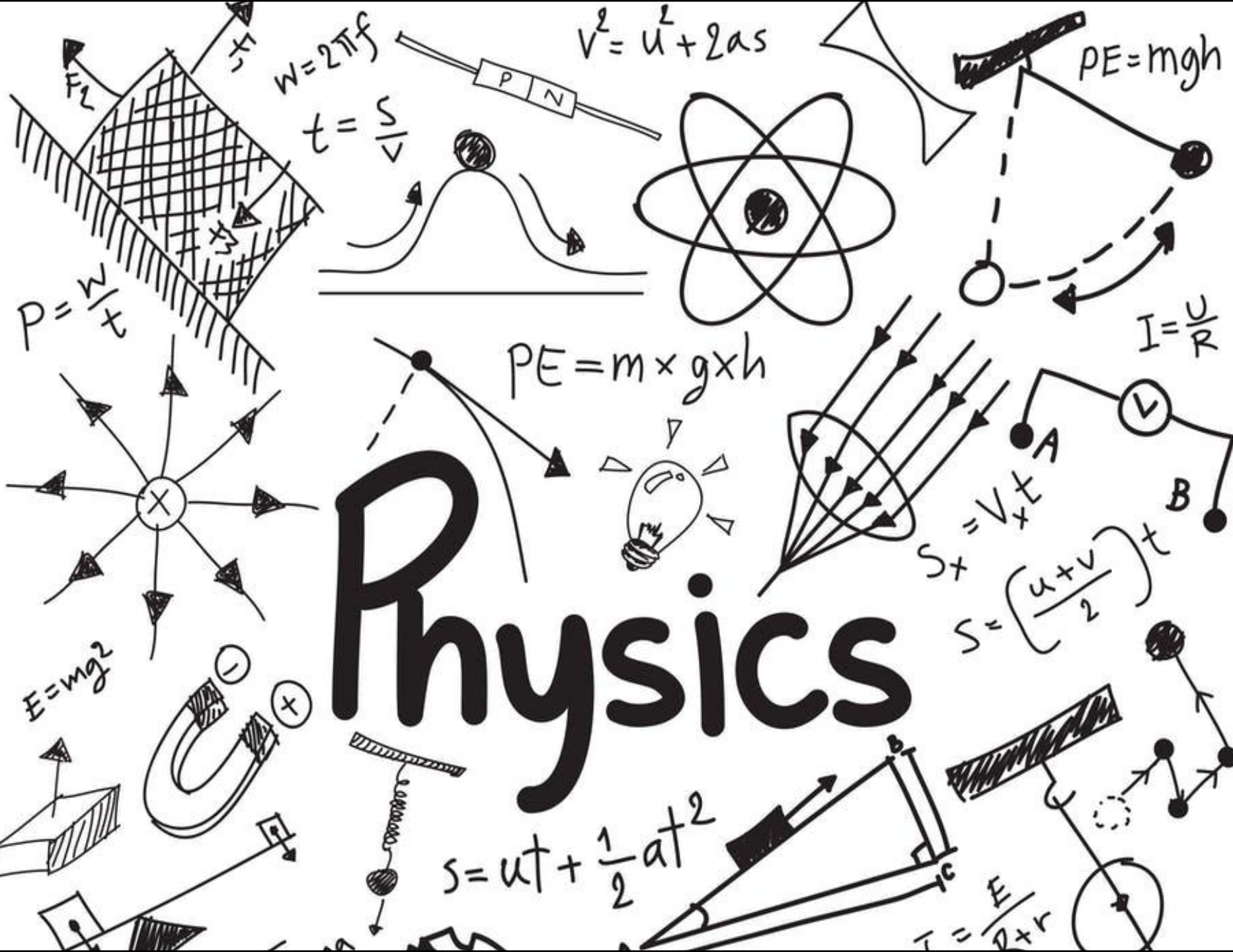


Physics



Reminder...

- ◉ Διαλέξεις
 - ◉ Προαιρετική παρουσία!
- ◉ Είστε εδώ γιατί **θέλετε** να ακούσετε/συμμετέχετε
- ◉ Δεν υπάρχουν απουσίες
- ◉ Υπάρχει σεβασμός στους συναδέλφους σας και στην εκπαιδευτική διαδικασία
- ◉ Προστατέψτε εσάς και τους συναδέλφους σας: απέχετε από το μάθημα αν δεν είστε/αισθάνεστε καλά



Εικόνα: Η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική κατά την ολίσθηση ενός παιχνιδιού σε μια πλατφόρμα. Μπορούμε να αναλύσουμε τέτοιες καταστάσεις με τις τεχνικές που θα δούμε σε αυτή τη διάλεξη.

Φυσική για Μηχανικούς

Διατήρηση της Ενέργειας



Εικόνα: Η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική κατά την ολίσθηση ενός παιχνιδιού σε μια πλατφόρμα. Μπορούμε να αναλύσουμε τέτοιες καταστάσεις με τις τεχνικές που θα δούμε σε αυτή τη διάλεξη.

Φυσική για Μηχανικούς

Διατήρηση της Ενέργειας

Διατήρηση της Ενέργειας

Στρατηγική επίλυσης
προβλημάτων

Σύστημα

Μονομελές

Πολυμελές

Μη απομονωμένο

Μη απομονωμένο

Απομονωμένο

Μόνο συντηρητικές
δυνάμεις

$$\Delta K = \Sigma W_{ext}$$

Θεώρημα
Μεταβολής Κινητικής
Ενέργειας – Έργου

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

Αρχή Διατήρησης
Μηχανικής
Ενέργειας

$$\Delta E_{sys} = 0$$



Διατήρηση της Ενέργειας

- Γνωρίσαμε δυο ενεργειακά θεωρήματα
 - ΘΜΚΕΕ
 - ΑΔΜΕ
 - Υπάρχει άλλο?
- Διαφορετικές υποθέσεις για καθένα από αυτά
- Οι υποθέσεις σχετίζονταν με το **σύστημα** και τις **δυνάμεις** που δρουν στο σύστημα
 - Εσωτερικές ή εξωτερικές
 - Συντηρητικές ή μη
- Ας κάνουμε μια τελευταία, ομαδική θεώρηση σε αυτά

Διατήρηση της Ενέργειας

- **Μη απομονωμένα συστήματα**

- Σύστημα βρίσκεται σε «επικοινωνία» με το περιβάλλον του μέσω μεταφοράς ενέργειας
 - Υπάρχει ενεργειακό «πάρε-δώσε» με το περιβάλλον

- **Θεώρημα Μεταβολής Κινητικής Ενέργειας – Έργου**

- **Εξωτερική** δύναμη αλλάζει μέσω έργου την κινητική ενέργεια ενός συστήματος-σώματος
- Έχουμε δει μόνο το **έργο** ως μέσο μεταφοράς ενέργειας σε ένα σύστημα
- Υπάρχουν κι άλλοι τρόποι... (ακολουθεί μικρή παρένθεση)

Διατήρηση της Ενέργειας

Ενέργεια μεταφέρεται
στο σώμα μέσω
έργου.

© Cengage Learning/George Sample



a

Ενέργεια μεταφέρεται
εκτός του ραδιοφώνου
από το μεγάφωνο ως
μηχανικά κύματα.

© Cengage Learning/George Sample



b

Ενέργεια μεταφέρεται
στη λαβή του
κουταλιού μέσω
θερμότητας.

© Cengage Learning/George Sample



c

Ενέργεια εισάγεται
στο ρεζερβουάρ του
αυτοκινήτου μέσω
μεταφοράς ύλης.

Cocoon/Photodisc/Getty Images



d

Ενέργεια εισάγεται
στο σεσουάρ μέσω
ηλεκτρισμού.

© Cengage Learning/George Sample



e

Ενέργεια εξάγεται από
τη λάμπα με τη μορφή
ηλεκτρομαγνητικής
ακτινοβολίας.

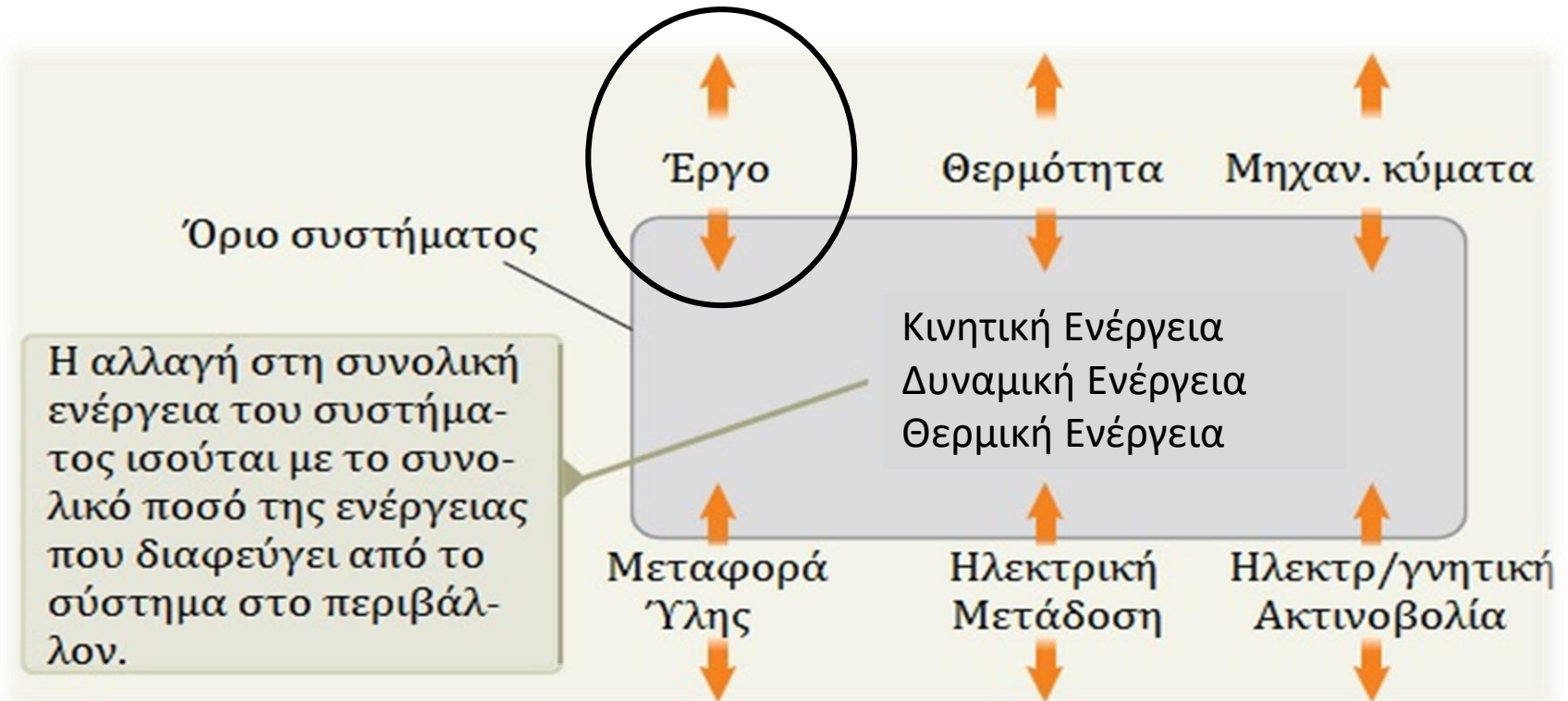
© Cengage Learning/George Sample



f

Διατήρηση της Ενέργειας

Μη απομονωμένα συστήματα



(κλείνει η παρένθεση)

Διατήρηση της Ενέργειας

- Μη απομονωμένα συστήματα
- Αν η **συνολική** ενέργεια σε ένα σύστημα αλλάζει, αυτό συμβαίνει **ΜΟΝΟΝ** αν ενέργεια έχει μεταφερθεί από ή στο περιβάλλον του συστήματος, με κάποιον **μηχανισμό**
- Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας – ΑΔΕ

$$\Delta E_{system} = \sum T = \sum W_{ext}$$

όπου E_{system} είναι η συνολική ενέργεια του συστήματος (κάθε μορφής), και **T είναι το ποσό της ενέργειας** που μεταφέρεται εκτός ή εντός συστήματος με κάποιο **μηχανισμό** (εμείς θα μείνουμε μόνο στο μηχανισμό μέσω έργου)

Διατήρηση της Ενέργειας

- Μη απομονωμένα συστήματα

ΔE_{system}

$$\Delta K + \Delta U + \Delta E_{th} = \sum W_{ext.forces}$$

ΑΔΕ

- Αν το σύστημα είναι **μονομελές**, τότε

$$\Delta K = \sum W_{ext.forces}$$

ΘΜΚΕΕ

- Αν το σύστημα είναι **πολυμελές** με παρουσία μόνο κινητικών και δυναμικών ενεργειών, τότε

$$\Delta K + \Delta U = \sum W_{ext.forces}$$

ΑΔΕ

Διατήρηση της Ενέργειας

- ◉ Απομονωμένα (κλειστά) συστήματα
- ◉ Δεν υπάρχει «εισαγωγή/διαφυγή» ενέργειας με κανένα τρόπο
- ◉ Η συνολική ενέργεια του συστήματος είναι σταθερή
- ◉ Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας – ΑΔΕ

$$\Delta E_{system} = 0$$

Διατήρηση της Ενέργειας

Ένα απομονωμένο
μονομελές σύστημα τι
ενδιαφέρον έχει? ☹ ...

- Απομονωμένα (κλειστά) συστήματα
 - Αναγκαστικά πολυμελές σύστημα
 - Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας – ΑΔΕ

$$\Delta K + \Delta U + \Delta E_{th} = 0$$

ΑΔΕ

αν ασκούνται **συντηρητικές** και **μη** δυνάμεις, δηλ. σε **κάθε** περίπτωση!

- Αρχή Διατήρησης Μηχανικής Ενέργειας – ΑΔΜΕ

$$\Delta E_{mech} = \Delta K + \Delta U = 0$$

ΑΔΜΕ

μόνον όταν ασκούνται **αποκλειστικά** **συντηρητικές** δυνάμεις!

Διατήρηση της Ενέργειας

Στρατηγική επίλυσης
προβλημάτων

Σύστημα

Μονομελές

Πολυμελές

Μη απομονωμένο

Μη απομονωμένο

Απομονωμένο

$$\Delta E_{sys} = \Sigma W_{ext}$$

$$\Delta K = \Sigma W_{ext}$$

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

Αρχή
Διατήρησης
Ενέργειας

Θεώρημα
Μεταβολής Κινητικής
Ενέργειας – Έργου

Αρχή Διατήρησης
Μηχανικής
Ενέργειας

$$\Delta E_{sys} = 0$$

Διατήρηση της Ενέργειας

• Παράδειγμα:

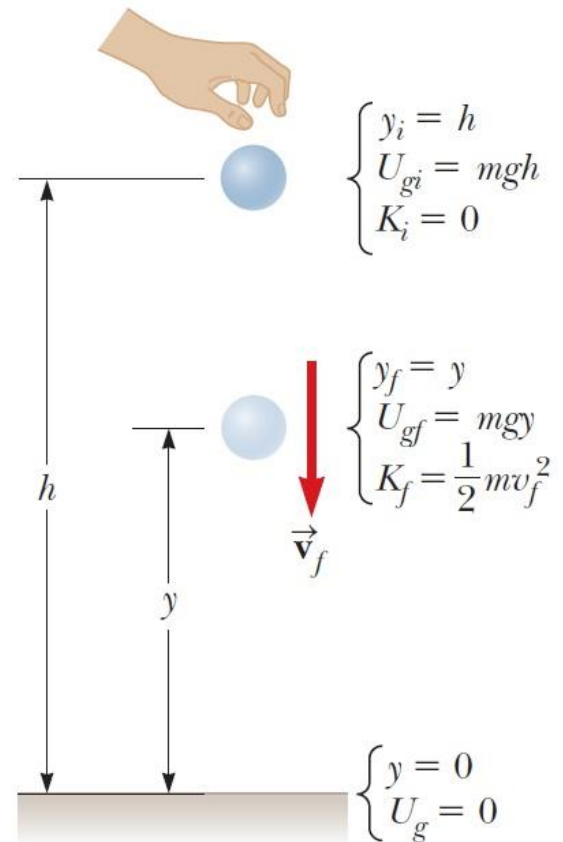
- Μπάλα μάζας m αφήνεται από ύψος h .

- A) Βρείτε την ταχύτητα της μπάλας σε ύψος y . Το σύστημα θα είναι η μπάλα και η Γη.

- B) Υπολογίστε ξανά το A) ερώτημα θεωρώντας ως σύστημα την μπάλα.

$$A) \text{ Σύστημα} = \{ \text{μπάλα}, \text{Γη} \}$$

$$B) \text{ Σύστημα} = \{ \text{μπάλα} \}$$



Διατήρηση της Ενέργειας

◉ Παράδειγμα – Λύση:

- ◉ Μπάλα μάζας m αφήνεται από ύψος h .
- ◉ Α) Βρείτε την ταχύτητα της μπάλας σε ύψος y .
Το σύστημα θα είναι η μπάλα και η Γη.

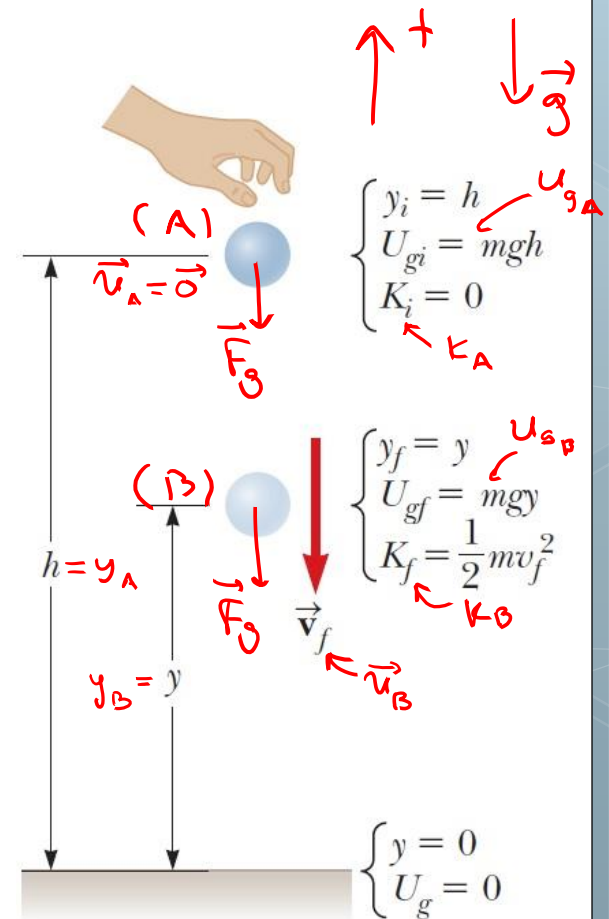
Σύστημα : { μπάλα, Γη } $\Rightarrow$ παθολογικό!
Επίσης, είναι απομονωμένο. Η μόνη δύναμη στο σύστημα είναι η $\vec{F}_g$, η οποία είναι και συντηρητική! Ισχύει η

$$\Delta ME_{A \rightarrow B} : \Delta K_{A \rightarrow B} + \Delta U_{g_{A \rightarrow B}} = 0$$

$$K_B - K_A + U_{g_B} - U_{g_A} = 0$$

$$\frac{1}{2} m u_B^2 - 0 + mgy - mgh = 0$$

Άρα $u_B^2 = 2g(h-y) \Rightarrow u_B = -\sqrt{2g(h-y)}$.



Διατήρηση της Ενέργειας

$$W_F = \vec{F} \cdot \Delta \vec{y}$$

• Παράδειγμα – Λύση:

- Μπάλα μάζας m αφήνεται από ύψος h .
- Β) Υπολογίστε ξανά το Α) ερώτημα θεωρώντας ως σύστημα την μπάλα.

Σύστημα: $\{m, \alpha\} \Rightarrow$ ανεξέλεγκτο και μη-απορροφητικό ισχύει το ΘΜΚΕ-Ε_{A-B}:

$$\Delta K_{A-B} = \sum W_{\text{ext}} = W_{F_g} \quad \left(-(\vec{h} - \vec{y}) = \Delta \vec{y} \right)$$

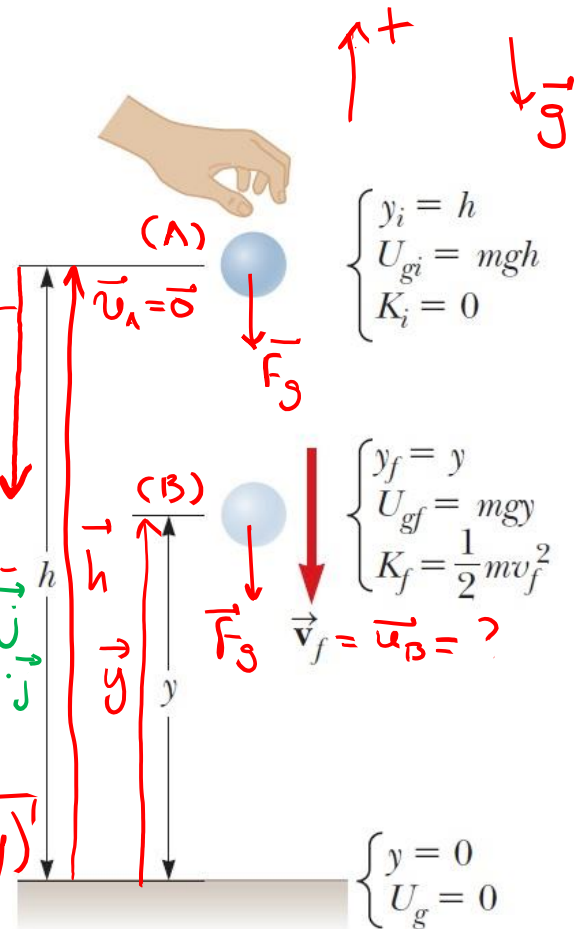
$$K_B - K_A = W_{F_g} \Leftrightarrow K_B - 0 = W_{F_g}$$

$$\frac{1}{2} m u_B^2 = \vec{F}_g \cdot \Delta \vec{y} = m \vec{g} \cdot \Delta \vec{y}$$

$$= -m g (-(\vec{h} - \vec{y}))$$

$$= m g (h - y) \Leftrightarrow$$

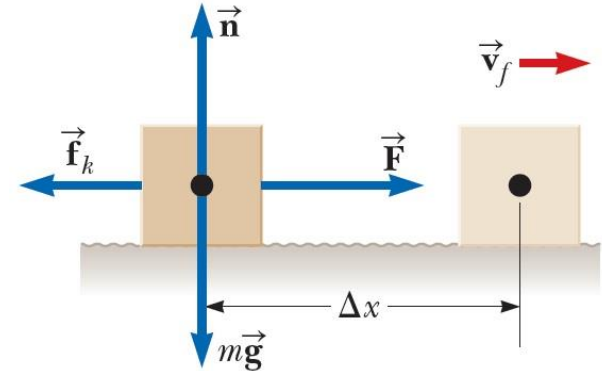
$$\Leftrightarrow u_B^2 = 2g(h - y) \Rightarrow u_B = -\sqrt{2g(h - y)}$$



Διατήρηση της Ενέργειας

◉ Παράδειγμα:

- ◉ Ένα σώμα μάζας 6 kg σε αρχική ηρεμία κινείται προς τα δεξιά επάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια λόγω σταθερής οριζόντιας δύναμης 12 N. Βρείτε την ταχύτητα του σώματος όταν αυτό μετατοπιστεί κατά 3 m, εάν η επιφάνεια επαφής έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης 0.15

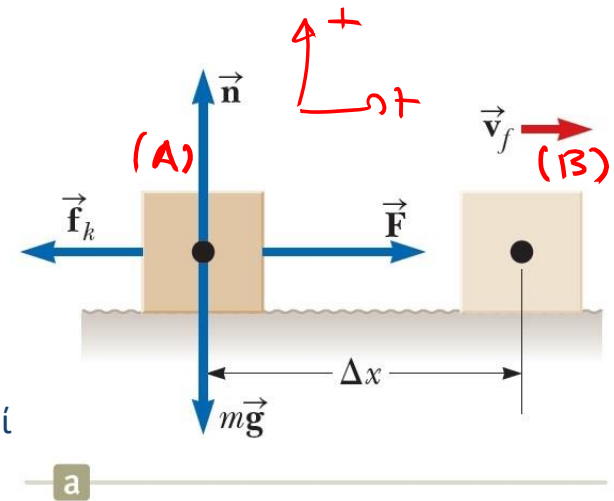


Διατήρηση της Ενέργειας

◉ Παράδειγμα – Λύση:

- Ένα σώμα μάζας 6 kg σε αρχική ηρεμία κινείται προς τα δεξιά επάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια λόγω σταθερής οριζόντιας δύναμης 12 N.

Βρείτε την ταχύτητα του σώματος όταν αυτό μετατοπιστεί κατά 3 m, εάν η επιφάνεια επαφής έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης 0.15



Επιλέγουμε ως σύστημα το {σώμα} $\Rightarrow$ ενεργείες και μ-α ποσότητες.
Ισχύει το ΘΜΚΕ - $E_{A \rightarrow B}$: $\Delta K_{A \rightarrow B} = \sum W_{ext}$

$$K_B - K_A = W_F + W_{f_k} + \cancel{W_n} + \cancel{W_{F_g}} = W_F + W_{f_k}$$

$$\frac{1}{2} m u_B^2 - 0 = F \cdot \Delta x - \underbrace{\mu_k n}_{f_k} \cdot \Delta x = F \cdot \Delta x - \mu_k n \cdot \Delta x \quad (1)$$

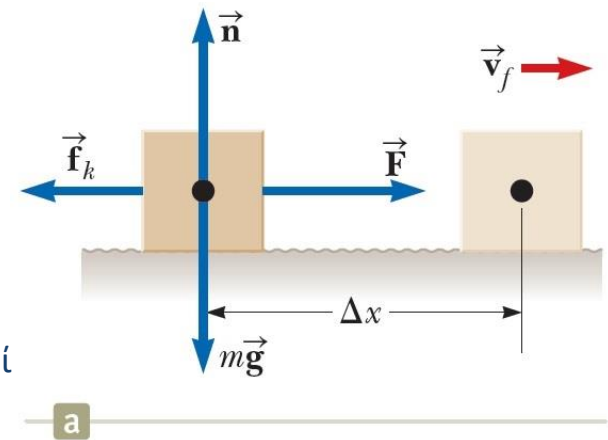
Στον άξονα y , το σώμα ισορροπεί: 1^η Ν Newton. $\sum \vec{F}_y = \vec{0}$

$$\Leftrightarrow \vec{n} + m\vec{g} = \vec{0} \Rightarrow n - mg = 0 \Leftrightarrow n = mg \quad (2)$$

Διατήρηση της Ενέργειας

◉ Παράδειγμα – Λύση:

- ◉ Ένα σώμα μάζας 6 kg σε αρχική ηρεμία κινείται προς τα δεξιά επάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια λόγω σταθερής οριζόντιας δύναμης 12 N.
Βρείτε την ταχύτητα του σώματος όταν αυτό μετατοπιστεί κατά 3 m, εάν η επιφάνεια επαφής έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης 0.15



$$\textcircled{1} \Rightarrow \textcircled{2} \quad \frac{1}{2} m u_D^2 = F \cdot \Delta x - \mu_k m g \Delta x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_B^2 = \frac{2 F \cdot \Delta x - 2 \mu_k m g \Delta x}{m}$$

$$\Rightarrow u_B = \sqrt{\frac{2 F \cdot \Delta x - 2 \mu_k m g \Delta x}{m}} \simeq 1.8 \frac{m}{s}$$

$$\text{Άρα } \vec{u}_B = 1.8 \vec{i} \frac{m}{s}$$

next slide!

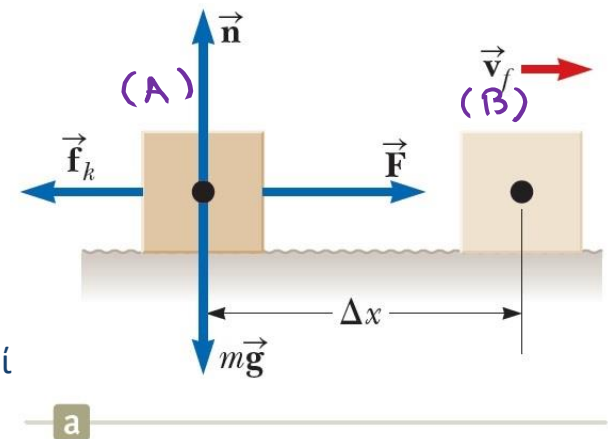
Λύστε το ξανά θεωρώντας ως σύστημα το σώμα και την οριζόντια επιφάνεια!

Διατήρηση της Ενέργειας

◉ Παράδειγμα – Λύση:

- ◉ Ένα σώμα μάζας 6 kg σε αρχική ηρεμία κινείται προς τα δεξιά επάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια λόγω σταθερής οριζόντιας δύναμης 12 N.

Βρείτε την ταχύτητα του σώματος όταν αυτό μετατοπιστεί κατά 3 m, εάν η επιφάνεια επαφής έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης 0.15



Τι θα αλλάξω αν σύστημα = { κεκλιμένο, σωτήρ } ? Το παραπάνω σύστημα θα ήταν μ.η ανεξωτερικό, αρα υπάρχει έργο από την εξωτερική δύναμη $\vec{F}$ (το έργο της $\vec{F}_g$ είναι μηδέν, αρα δε μας ενδιαφέρει) οπ. προσμετράει και μ.η ανεξωτερικό. θα υποκειται στην $\Delta E_{A \rightarrow B}$ $\Delta E_{sys} = \sum W_{ext} \Leftrightarrow$

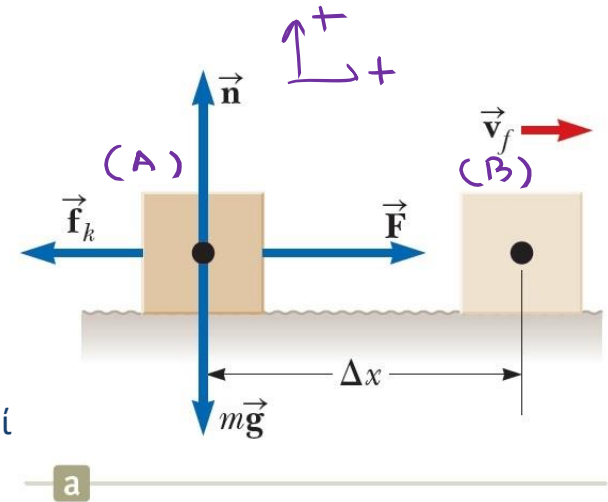
$$\Leftrightarrow \Delta K_{A \rightarrow B} + \Delta E_{th A \rightarrow B} = W_F + \cancel{W_{F_g}^{\text{0}}} = W_F = F \Delta x \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow K_B - K_A + f_k \Delta x = F \Delta x \Leftrightarrow \frac{1}{2} m v_B^2 - 0 = F \Delta x - f_k \Delta x \quad \text{Ⓢ}$$

Διατήρηση της Ενέργειας

◉ Παράδειγμα – Λύση:

- ◉ Ένα σώμα μάζας 6 kg σε αρχική ηρεμία κινείται προς τα δεξιά επάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια λόγω σταθερής οριζόντιας δύναμης 12 N.
Βρείτε την ταχύτητα του σώματος όταν αυτό μετατοπιστεί κατά 3 m, εάν η επιφάνεια επαφής έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης 0.15



Όπως λόγω ισορροπίας στον άξονα y , ισχύει ο 1^{ος} Ν. Newton:

$$\sum \vec{F}_y = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{n} + m\vec{g} = \vec{0}$$

Θεωκ' γιὰ τὴν ἄνω, ἀρα $n - mg = 0 \Leftrightarrow n = mg$ ②

$$\text{Η } ① \xrightarrow{②} \frac{1}{2} m u_B^2 = F \cdot \Delta x - \mu_k m g \Delta x \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow u_B^2 = \frac{2F \cdot \Delta x - 2\mu_k m g \Delta x}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_B = \sqrt{\frac{2F \cdot \Delta x - 2\mu_k m g \Delta x}{m}} \simeq 1.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \text{ ὡς καὶ πρὶν.}$$

Διατήρηση της Ενέργειας

- Γνωρίζουμε ότι **έργο == μεταφορά ενέργειας**
 - Ερώτημα: Πόσο γρήγορα μεταφέρεται η ενέργεια?
 - Αν θέλετε να αγοράσετε έναν κινητήρα για να κινεί ένα ασανσέρ μάζας 1500 kg για 5 ορόφους, έχει μεγάλη σημασία αν ο κινητήρας το κάνει σε 30 s ή σε 30 min! 😊
- Το «πόσο γρήγορα» υποδηλώνει ένα ρυθμό μεταβολής
 - Μεταβολή ενέργειας σε χρονικό διάστημα Δt : **μέση ισχύς**

$$P_{avg} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

- Μονάδα μέτρησης: $1 \text{ Watt} = 1 \frac{\text{Joule}}{\text{s}}$

Διατήρηση της Ενέργειας

- Εναλλακτικά, η ισχύς μπορεί να ιδωθεί ως ο **ρυθμός παραγωγής έργου**

- Μέση ισχύς σε διάστημα Δt

$$P_{avg} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{W}{\Delta t}$$

- Στιγμιαία ισχύς (για έργο σταθερής δύναμης)

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} P_{avg} = \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{u}$$

↑ -ετατόνιση



Τέλος Διάλεξης
