

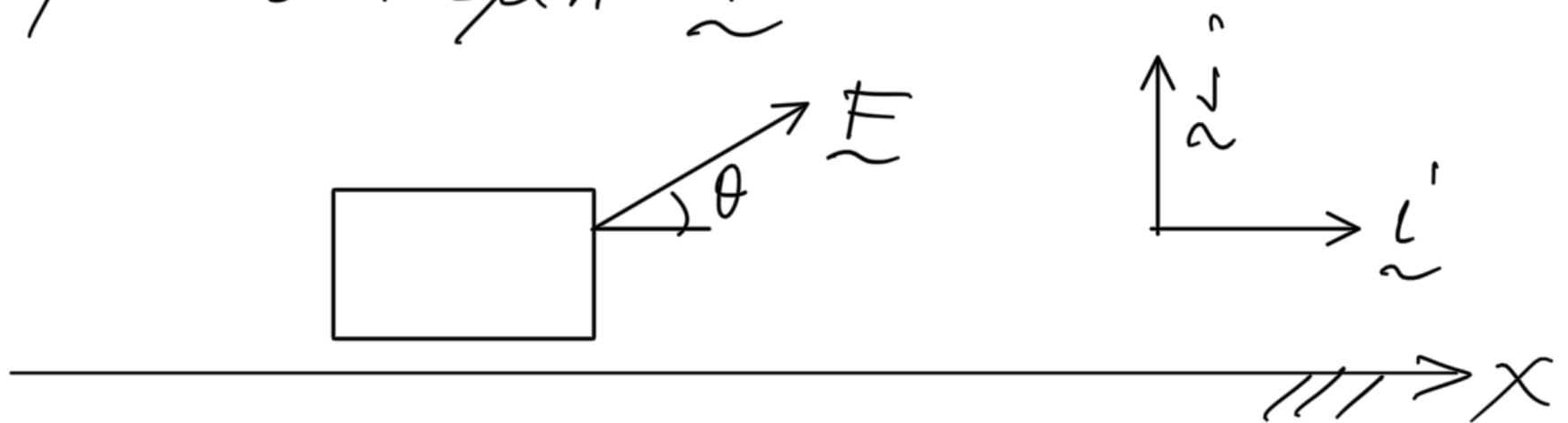
ΦΥΣΙΚΗ Ι

Διάλεξη 9

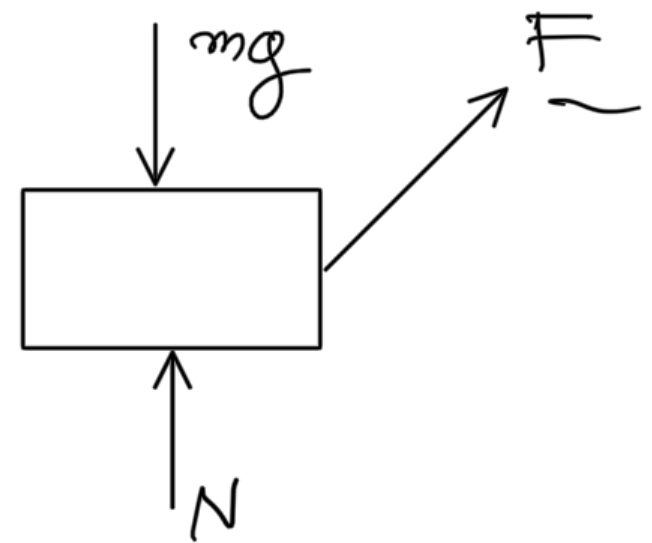
ΕΡΓΟ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Σταθερή Δύναμη

Σέρνω ένα καρόνι χωρίς τριβές
με δύναμη \vec{F}



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΩΜΑΤΟΣ



Με ενδιαφέρει το έργο της \vec{F} .
Το καρόνι γλιστράει πάνω
στο δάπεδο.

Τη στιγμή $t=0$ περνάει από
τη θέση $x=0$ με ταχύτητα
 v_0 . Πως θα κινηθεί μετά;

Θα επιταχυνθεί.

→ 2ος Νόμος στην κατεύθυνση

της κίνησης. ($\underline{\dot{l}}$)

$$\underline{F} = F_x \underline{\dot{l}} + F_y \underline{j}$$

$$\rightarrow F_x = ma = ma_x \quad (1)$$

Στην κατακόρυφη \underline{j} τ'
 έχει ο 2^{ος} Νόμος;

2^{ος} Νόμος στην κατ. \underline{j}

$$F_y + N - mg = m \cdot 0 = 0$$

Διοτι $a_y = 0$.

$$\text{Ξέρω } F_x \Rightarrow \text{το } a_x = a.$$

Αρα ταχύτητα στο χρόνο t

$$v = v_0 + a_x t$$

Απόσταση που διανύσε στο χρ. t

$$d = v_0 t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

Θυμάμαι ότι το <<εργο>> της
 δύναμης \underline{F} στη μετατόπιση d
 <<ορίζεται>> σαν $W = F_x d$
 δηλ. συνιστώσα δύναμης στην
 κατακόρ. της μετατόπισης, επί
 τη μετατόπιση.

Π

συνμαρμα επίσης < κινητική ενέργεια
στο χρόνο t ίση με $\frac{1}{2}mv^2$.

Αλλαγή της Κιν. Ενερ. από $t=0$
μέχρι t είναι

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mV_0^2 = \frac{1}{2}m(v^2 - V_0^2)$$

Θέλω να τη σχετίσω με τη δύναμη
 \underline{F} και τη μέγιστη απόσταση d .

Υποθέτω

$$\begin{aligned} v^2 - V_0^2 &= (V_0 + a_x t)^2 - V_0^2 = \\ &= \cancel{V_0^2} + 2V_0 a_x t + a_x^2 t^2 - \cancel{V_0^2} = \\ &= 2(V_0 a_x t + \frac{a_x^2 t^2}{2}) = \\ &= 2a_x \left(V_0 t + \frac{a_x t^2}{2} \right) = 2a_x d \end{aligned}$$

αρα $v^2 - V_0^2 = 2a_x d$

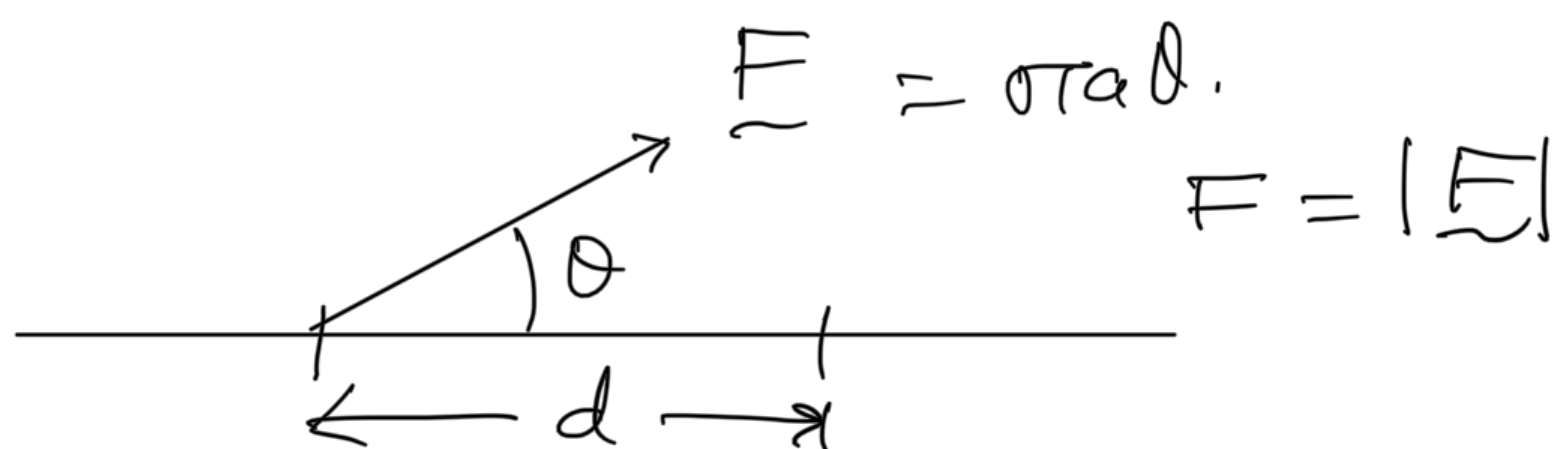
αρα

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = ma_x d$$

$$(1) \Rightarrow \boxed{\frac{mv^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = F_x d = W}$$

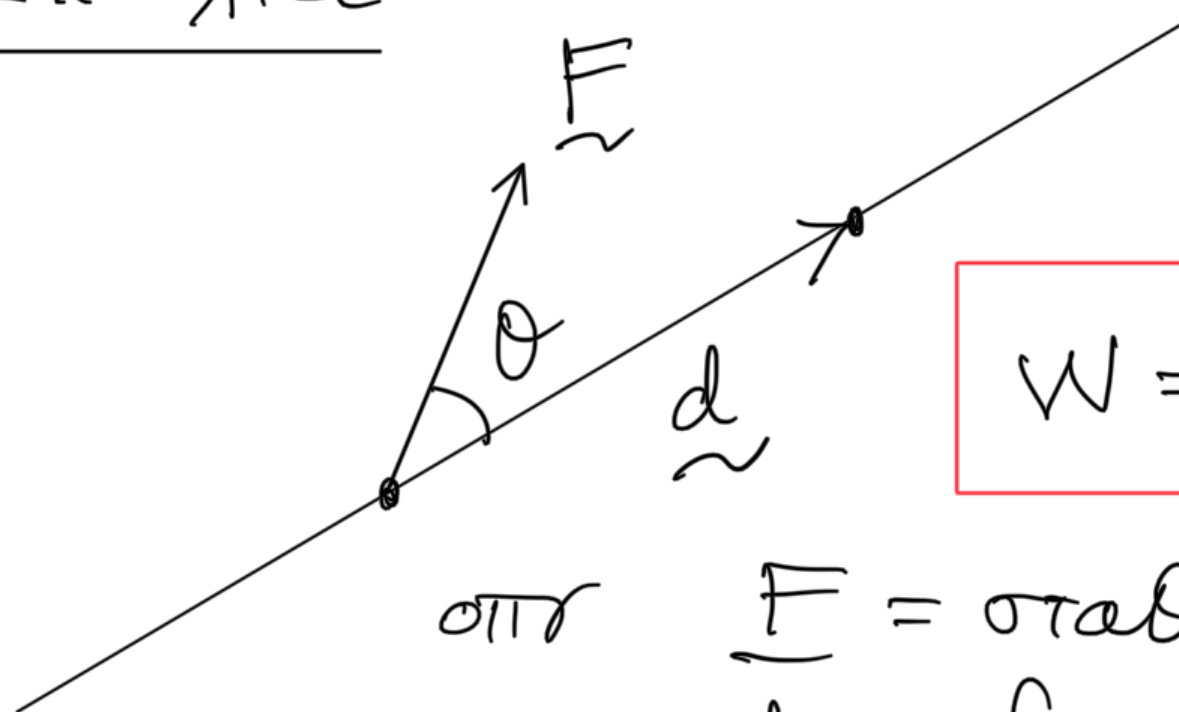
Συμπέρασμα Σε ενθιγρμη
κίνηση υπό σταθερή δύναμη
το έργο είναι ίσο με την αλλαγή

της Κινητικής Ενέργειας



$$\text{Έργο της } \vec{F} = F \cos \theta d = W$$

Σχόλια



$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

οπρ $\vec{F} = \text{σταθ. δύν.}$

$\vec{d} = \text{διαν. μετατόπισης.}$

1) Το έργο είναι εσωτερικό γινόμενο.

2) Αρα, δυνάμεις κάθετες στη μετατόπιση δεν κάνουν έργο.
(μηδενικό έργο).

3) Το συνολικό έργο δυνάμεων
δυν.
αθροισμα έργων ποχών δυνάμεων
ίσονται με
έργο της συνολικής δύναμης

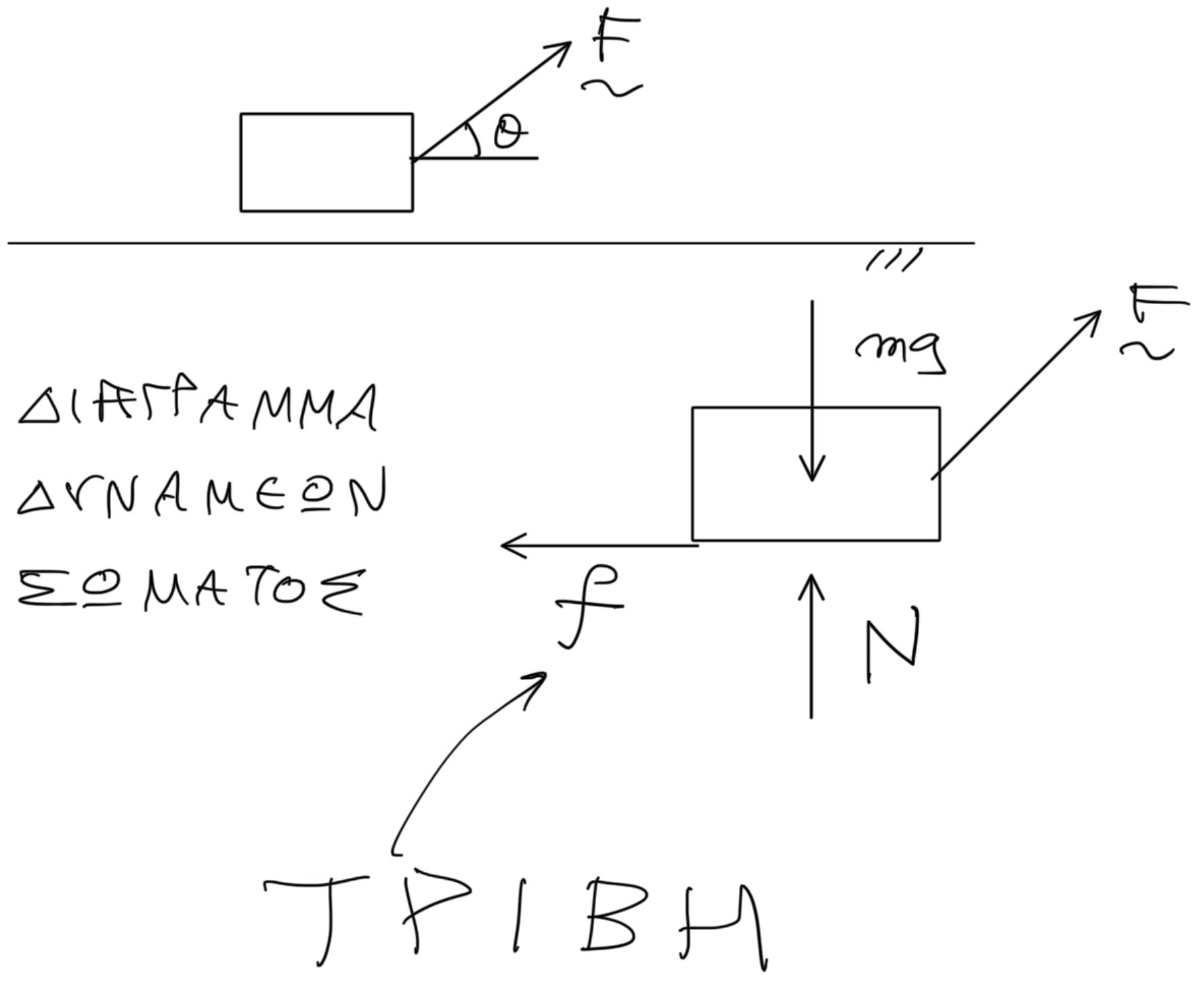
(αθροισμα δυνάμεων)

$$\sum_i W_i = \sum_i (\underline{F}_i \cdot \underline{d}) = \left(\sum_i \underline{F}_i \right) \cdot \underline{d}$$

$$= \underline{F} \cdot \underline{d} = W = \text{εργο της}$$

συνισταμένης $\underline{F} = \sum_i \underline{F}_i$.

π.χ. Κασόν με τριβή.



$$f = \mu N$$

συντελεστής
τριβής

καθετη δύναμη
στο κασόνι (στην
επιφάνεια τριβής).

(Ισχύει ηα σύσταση οχι ηα
στάση).

Για λείπια στην αίσταλο
χουτρίκα

$$\mu \approx 1$$

Συνολικό έργο ηα μεζατόπηση
 d .

$$W = \sum F_{ix} d =$$

$$F \cos \theta d - \underbrace{mg \cos \frac{\pi}{2}}_0 d + \underbrace{N \cos \frac{\pi}{2}}_0 d - f d$$

$$W = (F \cos \theta - f) d \\ = (F \cos \theta - \mu N) d = F \cos \theta d - f d$$

$$N > 0. \quad \cos \theta > 0.$$

Η F κάνει θετικό έργο

ελα η τριβη κάνει αρνητικό
έργο. (αντιζίδεζει στην κίνηση).

(το ίδιο και η αντίσταση

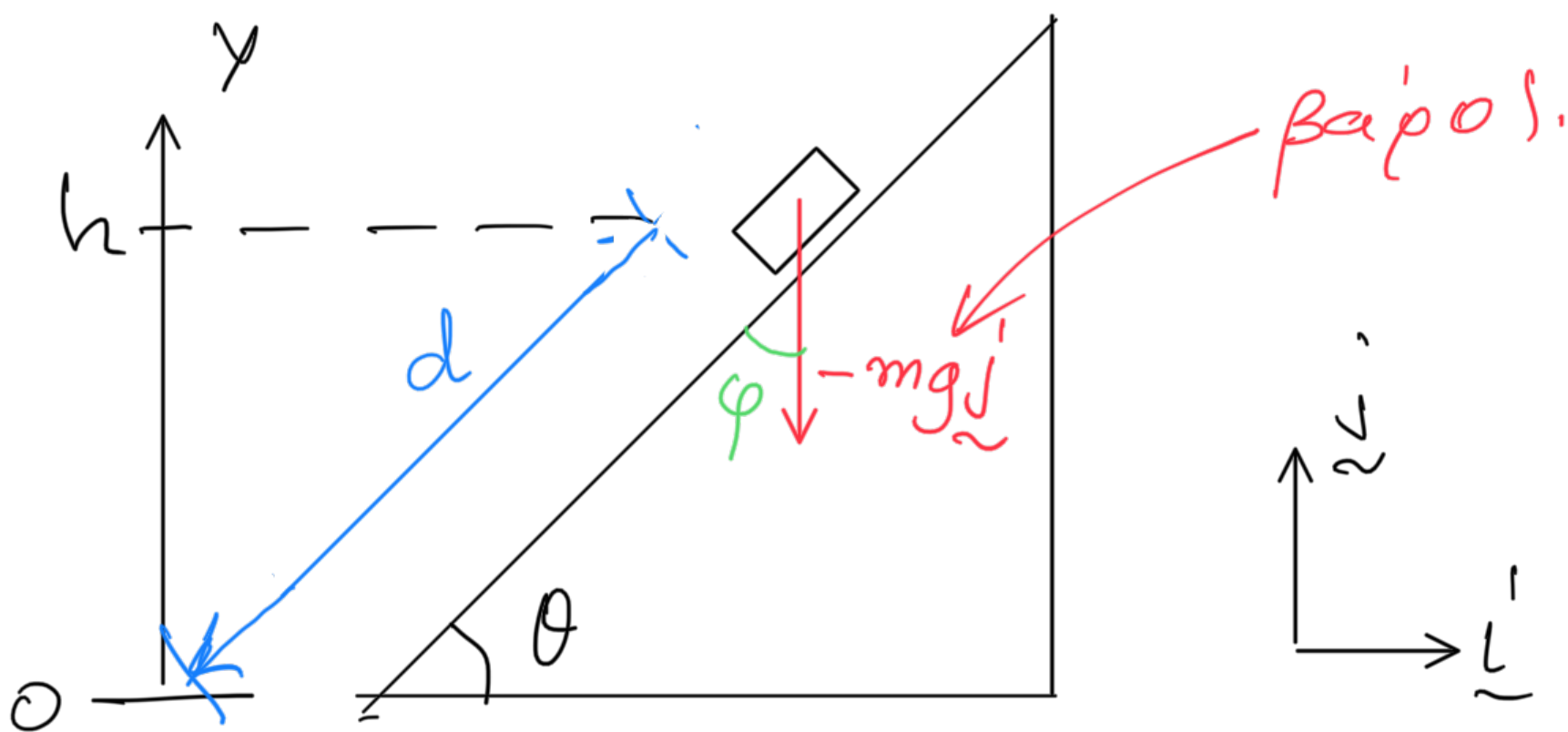
τον αέρα).

ΕΡΓΟ - ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η «δυναμική ενέργεια» της βαρύτητας έχει να κάνει με το έργο του βάρους.

Σχόλιο: Έχω ορίσει έργο στην περίπτωση σταθερών δυνάμεων.

Παράδειγμα



Το κασόνι θα συστράει στο κεκλ. επίπεδο και υπάρχουν και άλλες δυνάμεις, καθετες, τριβή κλπ. με ενδιαφέρει μόνο το έργο του βάρους από θέση με ύψος h μέχρι θέση στον πάτο με ύψος μηδέν.

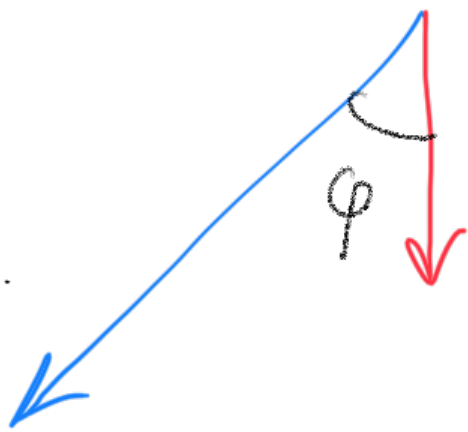
$$\rightarrow W = (-mg\hat{j}) \cdot \underline{d} \quad \text{οπότε}$$

$$\underline{d} = (-d\cos\theta\hat{i} - h\hat{j}).$$

$$W = -mg\hat{j} \cdot (-d\cos\theta\hat{i} - h\hat{j}) = \\ = mgh$$

$$W = mgh.$$

Αλλαγή Δυναμικής Ενέργειας.



$$\begin{aligned} T_{\epsilon\lambda\iota\kappa\eta} - A\rho\chi\iota\kappa\eta &= \\ &= mg0 - mgh = \\ &= -mgh. \end{aligned}$$

Λέω Δυν. Ενέργεια U

$$\Delta U = -mgh.$$

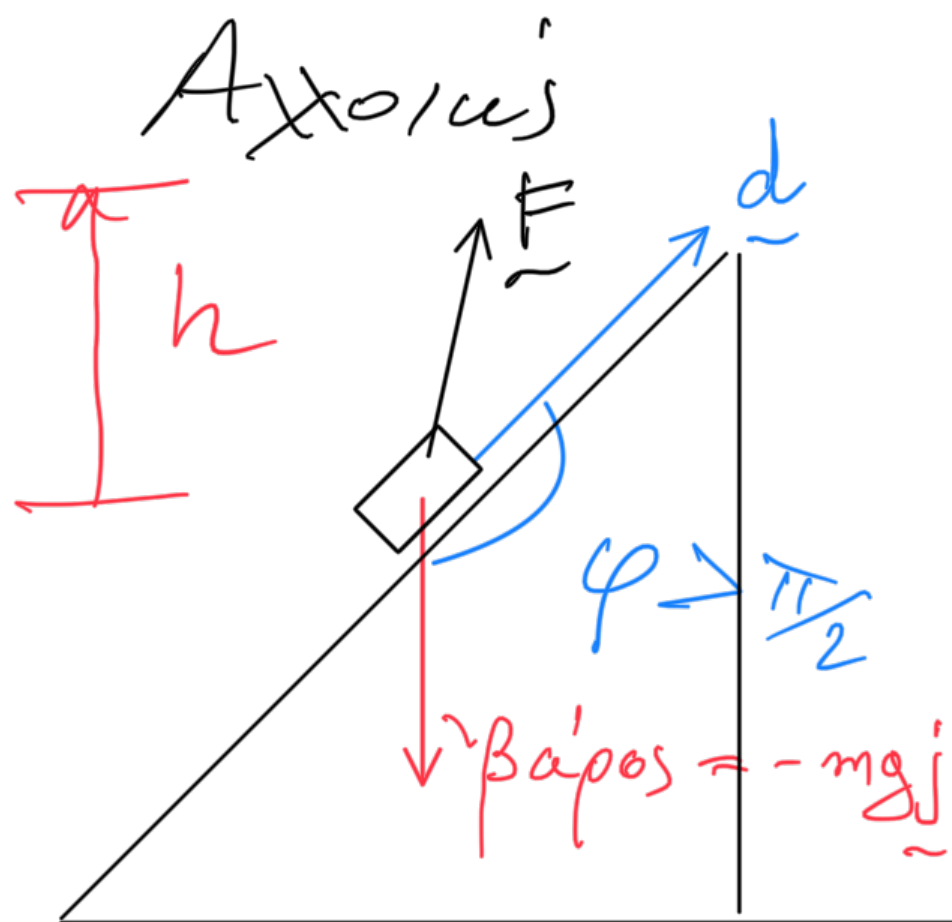
Άρα

Εργο του βαρους ίσούται
με τη μείωση της Δυν. Ενέργειας
(μείον των αλξίων)

$$W = -\Delta U$$

↑
εργο βαρους

αλλαγή
ΔΥΝ. ΕΝΕΡ.



$$\Delta U = mgh$$

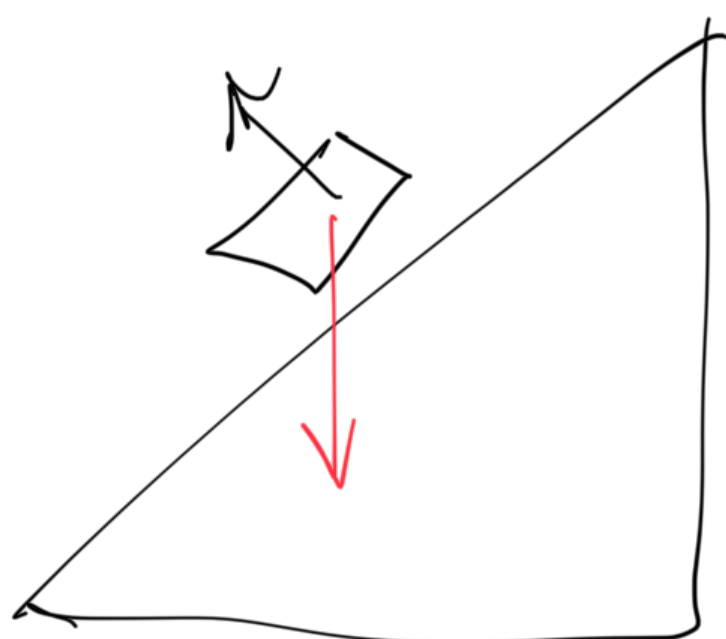
$$W = -mgh$$

$$\parallel$$

$$= \underline{mgj} \cdot \underline{d} \quad \text{με } \varphi > \pi/2$$

άρα $W < 0$.

Υποθέτω ότι αφήνω το
σημά να πέσει χωρίς τριβές



Η μόνη δύναμη
που κάνει
έργο είναι το
βάρος!!

$$W = \Delta KE = \text{αλλαγή της}$$

$$\text{κιν Ενερ.}$$

Ξέρω τώρα

$$W = -\Delta U = -(\text{αλλαγή Κιν. Ενερ.})$$

Άρα έχω

$$\Delta KE = -\Delta U \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta KE + \Delta U = 0.$$

$$\Rightarrow \Delta (KE + U) = 0.$$

Άρα

$$KE + U = \text{σταθ.}$$

Στην περίπτωση χωρίς
τριβες με μόνο το βάρος
να κάνει έργο, το αθροίσμα
ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ + ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΙΑΤΗΡΕΙΤΑΙ
(παράμεινε σταθερό),
παράδειγμα, τη Αρχή
Διατήρησης Ενέργειας.

Εδώ βλέπουμε ότι η
ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΕΙΝΑΙ ΣΥΝΕΠΤΕΙΑ ΤΗΣ
2ης ΝΟΜΟΥ!!

Σχόλιο: Έχουμε ένα θεμελιώδες

Πολλές ενδιαφέρουσες συζητήσεις
δεν είναι σταθερές! Ούτε
και η ίδια η βροδύτητα σε
μεγάλες αποστάσεις από τη
γη (εξαρτάται από τη θέση
τον ουράνιο στο χώρο εν
σχέση με τη γη).

Ερωτήματα 1) Πως γεννιέται
η έννοια του έρχε με μη
σταθερές συζητήσεις;

2) Ισχύει κάποια γενίκευση
την Αρχή Διατήρησης Ενερ.
τότε;