ΦΥΣΙΚΗ Ι



ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

Χειμερινό Εξάμηνο

Ακαδημαϊκό Έτος 2026-2027

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

- Νόμος της Αδράνειας – Αδρανειακό Σύστημα
- Μάζα και Ορμή
- Αρχή διατήρησης της Ορμής
- Δύναμη – Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα
- Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα

ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

- Βαρυτική Δύναμη - Βάρος
- Κάθετη Δύναμη σε Επιφάνεια
- Τάση Νήματος
- Τριβή
- Οπισθέλκουσα Δύναμη και Οριακή Ταχύτητα

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΦΥΣΙΚΗ Ι

ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ
Χειμερινό Εξάμηνο
Ακαδημαϊκό Έτος 2026-2027

ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ

	ΦΑΡΑΚΟΣ	GIANCOLI	HALLIDAY-RESNICK WALKER	YOUNG FREEDMAN
ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ	2.1	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8	5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.8, 5.9	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ	2.1		5.7	5.1, 5.2
ΤΡΙΒΗ ΟΡΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	2.4, 2.10	5.1, 5.6	6.1, 6.2, 6.3, 6.4	5.3

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ

Ελεύθερο Σώμα: Ένα σώμα που δεν υπόκειται σε καμία αλληλεπίδραση.

Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει στη φύση ελεύθερο σώμα!

Στην πράξη μπορούμε να ορίσουμε σαν ελεύθερο ένα απομονωμένο σώμα με αμελητέες αλληλεπιδράσεις.

Νόμος της Αδράνειας
ή
Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα

Ένα ελεύθερο σώμα κινείται πάντοτε με σταθερή ταχύτητα, δηλαδή χωρίς επιτάχυνση.

Η αναφορά της κίνησης ή μη ενός σώματος γίνεται σε σχέση με κάποιον παρατηρητή, ο οποίος είναι ο ίδιος ελεύθερο σώμα. Ένας τέτοιος παρατηρητής λέγεται αδρανειακός παρατηρητής και το σύστημα που χρησιμοποιεί καλείται αδρανειακό σύστημα αναφοράς.

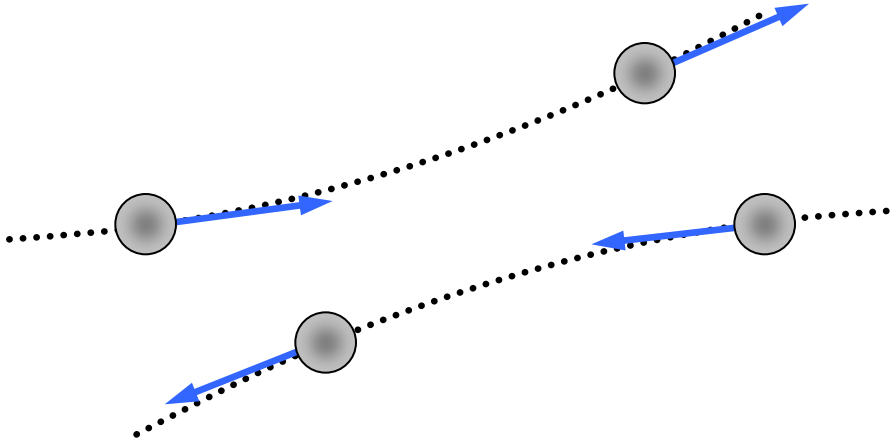
© E. Stiliaris, UoA 2026

ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΟΡΜΗ ΣΩΜΑΤΟΣ

Γραμμική Ορμή Σώματος: Το γινόμενο μάζας επί την ταχύτητά του.

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Μια αλληλεπίδραση παράγει ανταλλαγή ορμής.

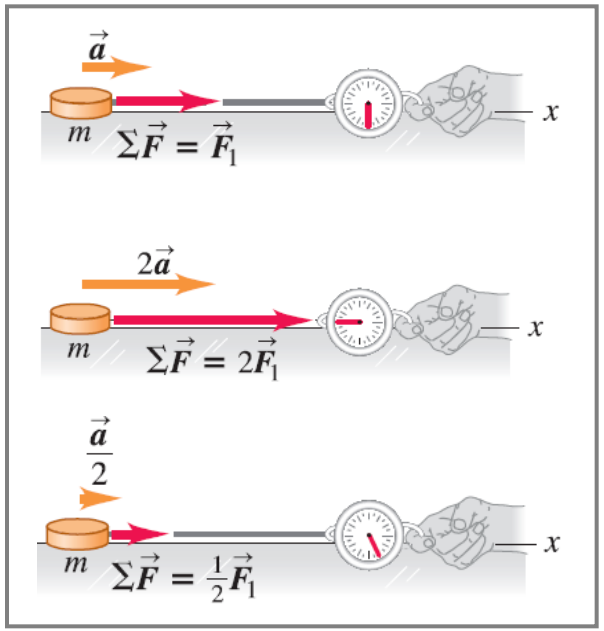


Η ολική ορμή ενός απομονωμένου συστήματος σωμάτων παραμένει σταθερή.

$$\vec{p} = \sum m_i \vec{v}_i = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \cdots = \text{const}$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ



Για δεδομένο σώμα, το πηλίκο της συνισταμένης δύναμης προς την επιτάχυνση παραμένει σταθερό.

Η συνισταμένη δύναμη σε ένα σώμα είναι ίση με το γινόμενο της μάζας του σώματος επί την επιτάχυνσή του.

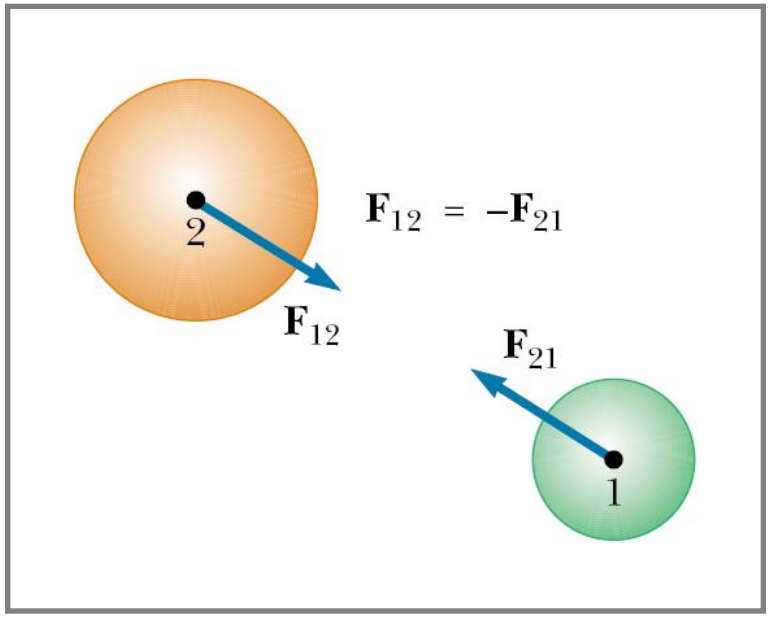
$$\vec{F} = m\vec{a}$$

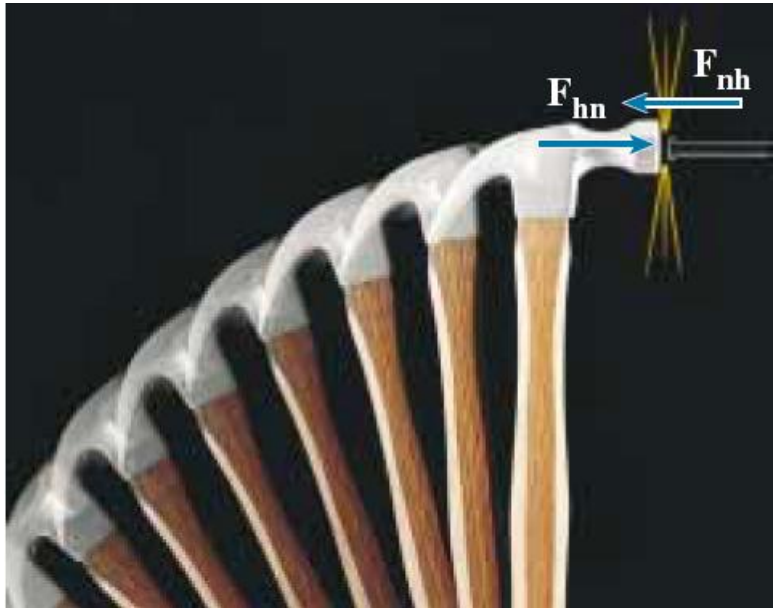
Ο ρυθμός αλλαγής της ορμής ενός σώματος ως προς το χρόνο αποτελεί μέτρο της δύναμης

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = m\frac{d\vec{v}}{dt} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΤΡΙΤΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ



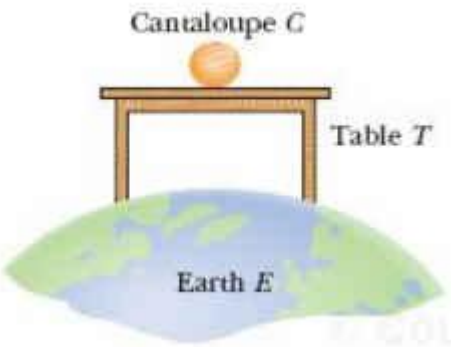


Όταν δύο σώματα αλληλεπιδρούν, οι δυνάμεις που ασκούν τα σώματα το ένα στο άλλο είναι πάντα ίσες σε μέτρο και αντίθετης φοράς.

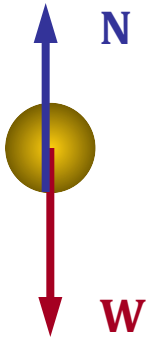
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

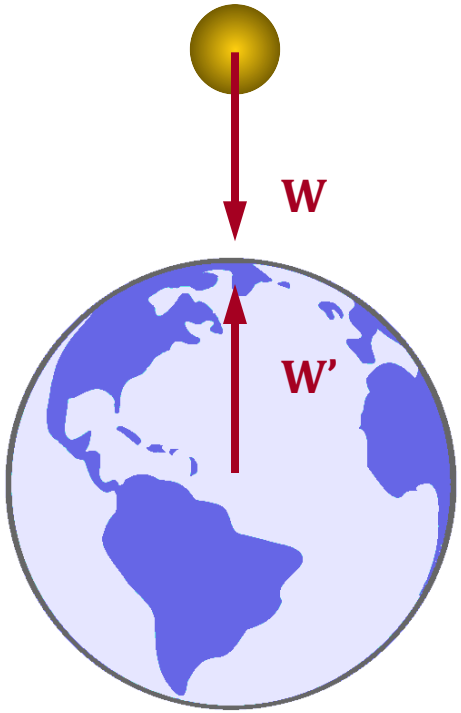
ΤΡΙΤΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ



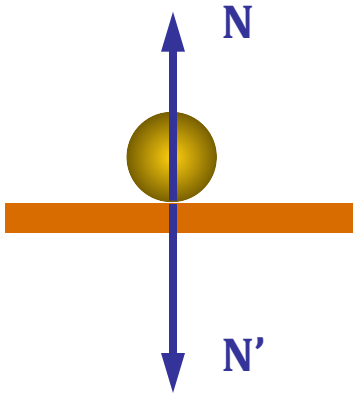
Ένα αντικείμενο πάνω στο τραπέζι που ισορροπεί και τα αντίστοιχα ζεύγη των δυνάμεων.



ΣΩΜΑ



ΓΗ

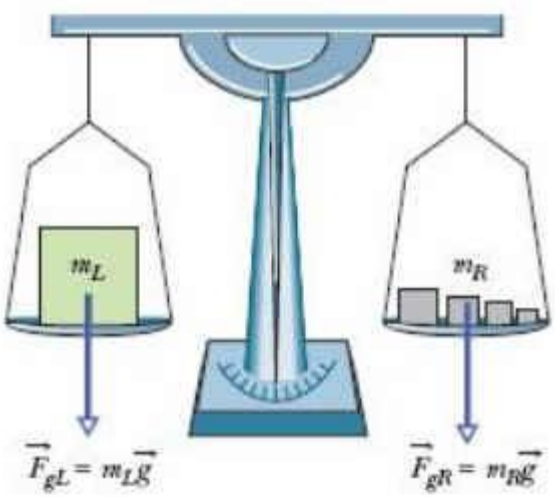


ΤΡΑΠΕΖΙ

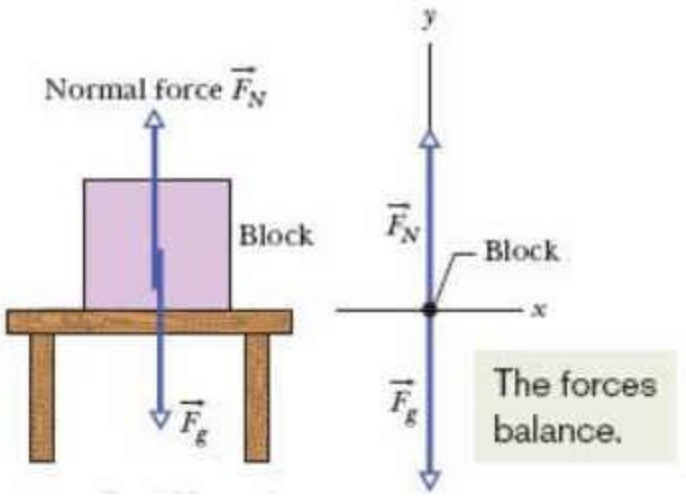
© E. Stiliaris, UoA 2026

ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

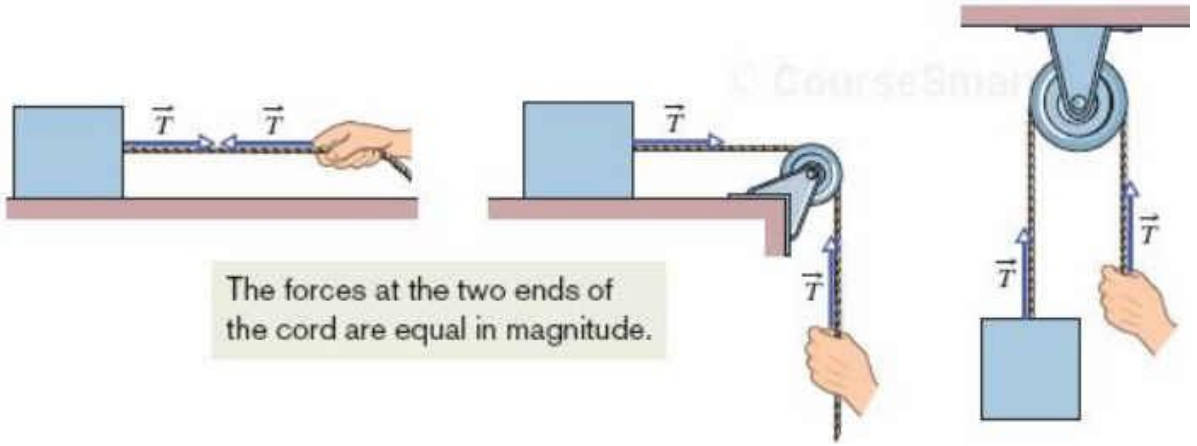
ΒΑΡΥΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ



ΚΑΘΕΤΗ ΔΥΝΑΜΗ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ



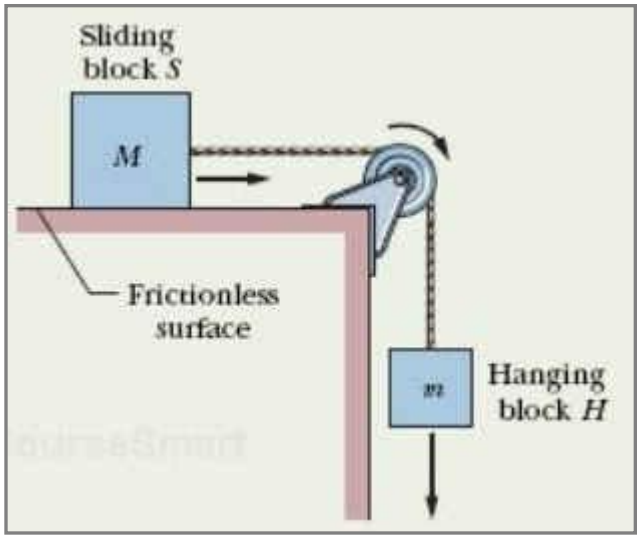
ΤΑΣΗ

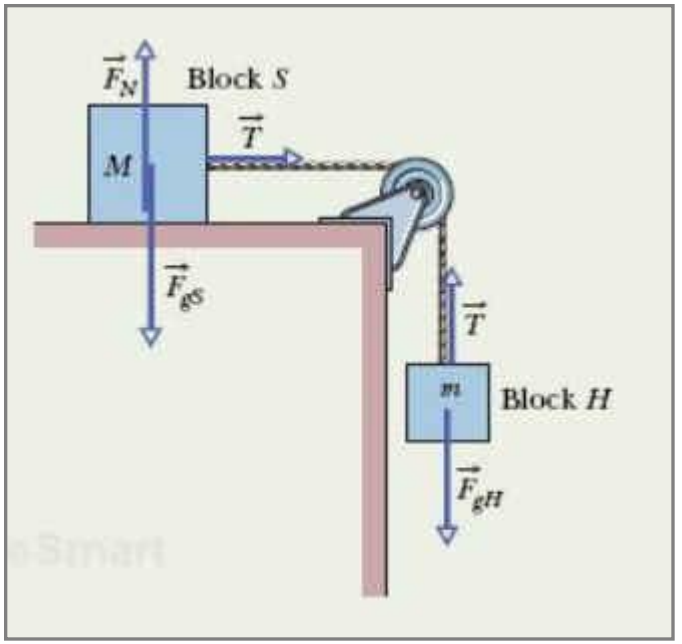


© E. Stiliaris, UoA 2026

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Κίνηση χωρίς τριβές



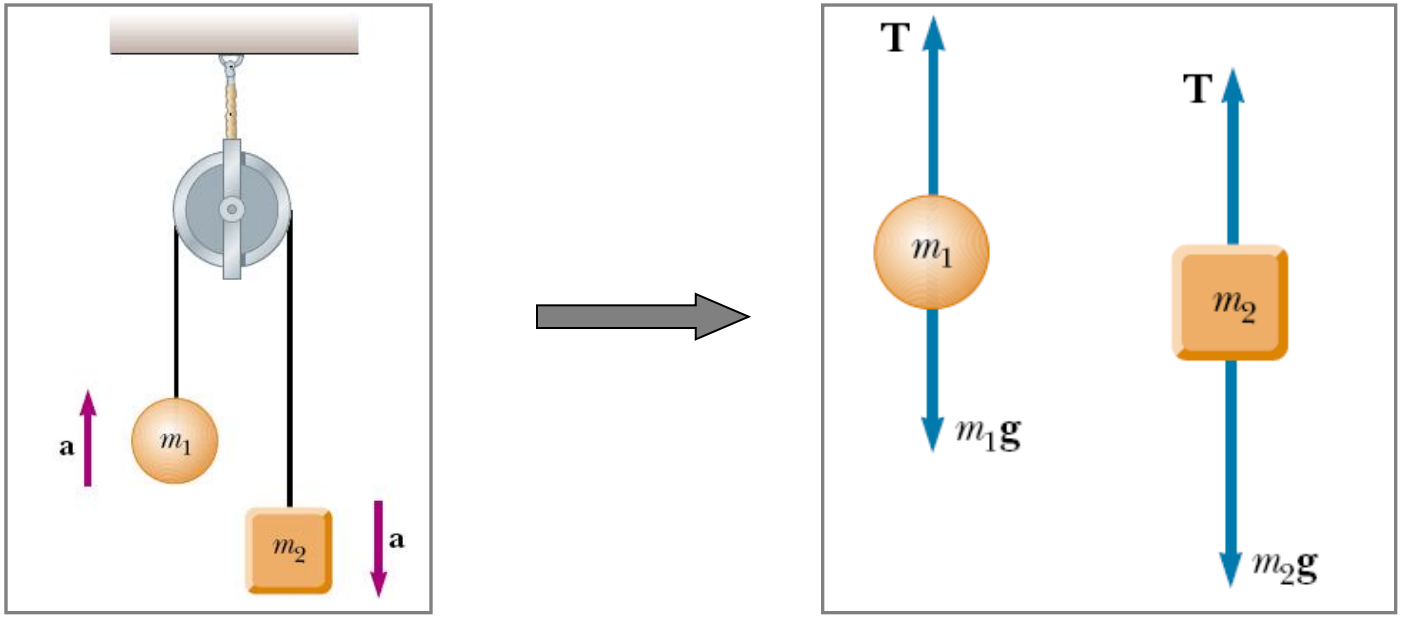


$$\left\{\begin{array}{l} F_N - Mg = 0 \\ T = Ma \\ T - mg = -ma \end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} F_N = Mg \\ T = Ma \\ Ma - mg = -ma \end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} F_N = Mg \\ T = \dfrac{M}{M+m} mg \\ a = \dfrac{m}{M+m} g \end{array}\right\}$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Μηχανή του Atwood

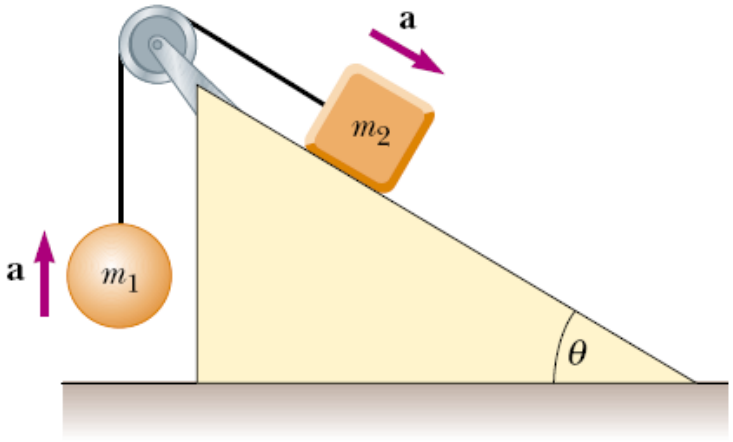


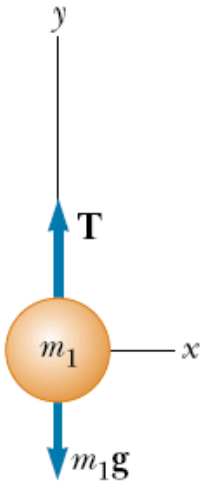
$$\left\{\begin{matrix} T - m_1 g = m_1 a \\ T - m_2 g = -m_2 a \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} T = m_1 (a + g) \\ m_1 (a + g) - m_2 g = -m_2 a \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} T = 2\dfrac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g \\ a = g\dfrac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \end{matrix}\right\}$$

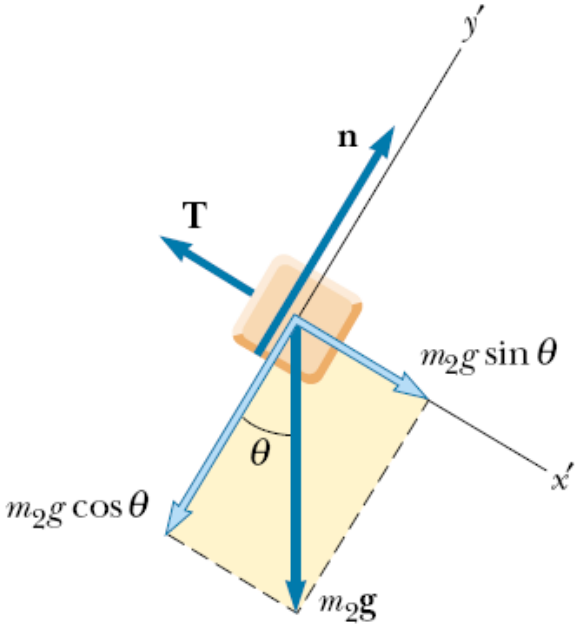
© E. Stiliaris, UoA 2026

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Κίνηση χωρίς τριβές





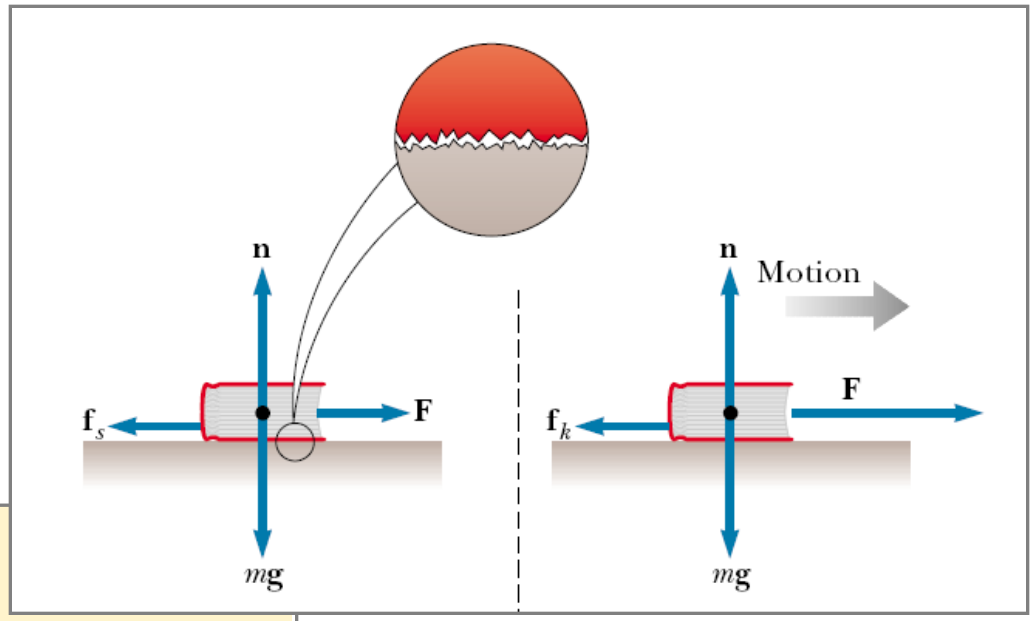


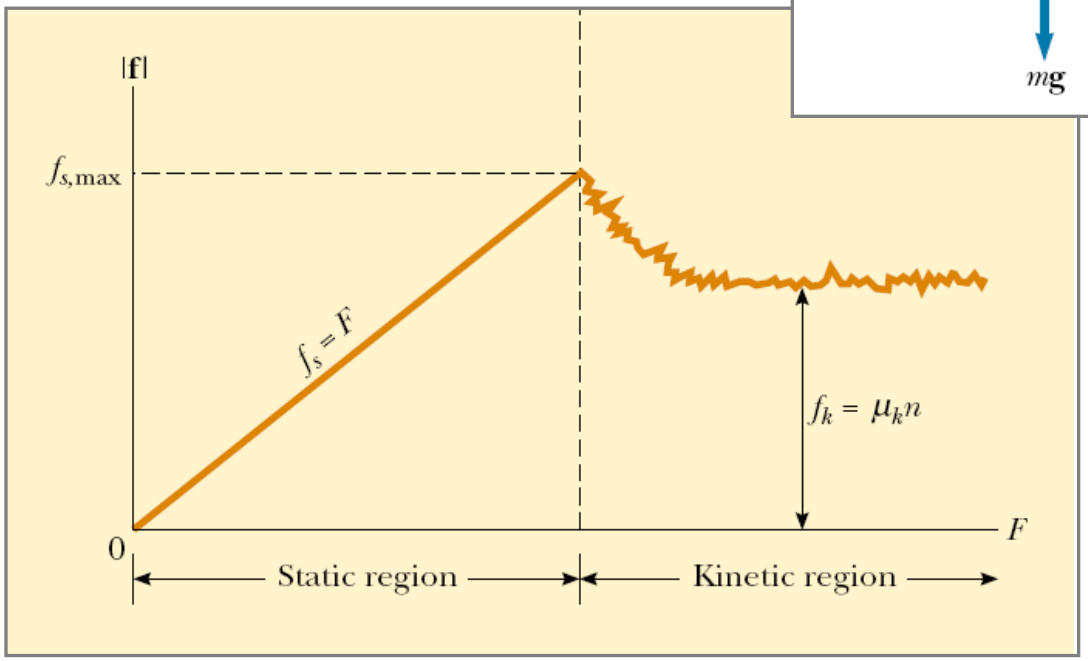
$$\left\{\begin{aligned} &T - m_1 g = m_1 a \\ &N = m_2 g\cos\theta \\ &-T + m_2 g\sin\theta = m_2 a \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{aligned} &T = m_1(g+a) \\ &N = m_2 g\cos\theta \\ &-m_1(a+g) + m_2 g\sin\theta = m_2 a \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{aligned} &T = \frac{m_1 m_2 (1+\sin\theta)}{m_1 + m_2} g \\ &N = m_2 g\cos\theta \\ &a = g\frac{m_2\sin\theta - m_1}{m_1 + m_2} \end{aligned}\right\}$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΤΡΙΒΗ

- Στατική Τριβή f_s
- Τριβή Ολίσθησης f_k



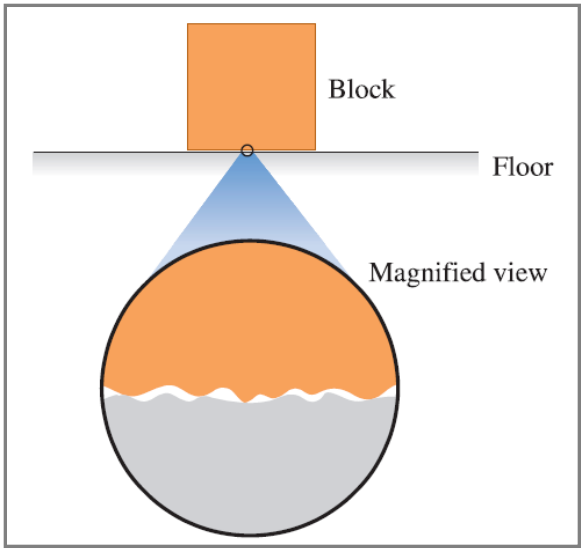


$$f_{s,max} = \mu_s N$$

$$f_k = \mu_k N$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΤΡΙΒΗ



Η δύναμη τριβής σε μικροσκοπικό επίπεδο είναι το διανυσματικό άθροισμα πολλών δυνάμεων που δρουν μεταξύ των ατόμων στην επιφάνεια των δύο σωμάτων. Η προέλευση της λοιπόν οφείλεται σε ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις.

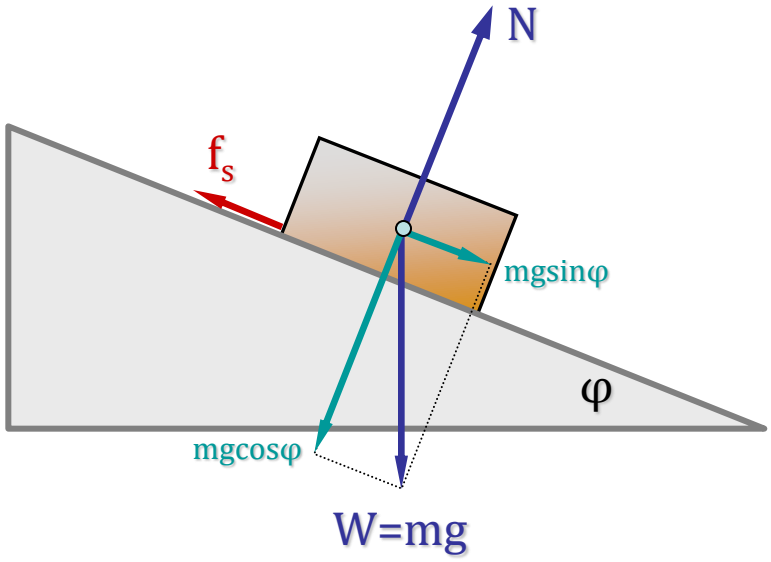
Ο συντελεστής της στατικής τριβής f_s είναι μεγαλύτερος του συντελεστή της τριβής ολίσθησης f_k.

Ενδεικτικός Πίνακας Συντελεστών Τριβής για μερικά υλικά

ΥΛΙΚΑ	f_s	f_k
Ατσάλι με Ατσάλι	0.74	0.57
Αλουμίνιο με Ατσάλι	0.61	0.47
Χαλκός με Ατσάλι	0.53	0.36
Γυαλί με Γυαλί	0.94	0.40
Χαλκός με Γυαλί	0.68	0.53
Teflon με Teflon	0.04	0.04
Λάστιχο με Σκυρόδεμα (Ξηρό)	1.00	0.80
Λάστιχο με Σκυρόδεμα (Υγρό)	0.30	0.25

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΤΡΙΒΗ



Σώμα μάζας m ισορροπεί εξ αιτίας των τριβών σε κεκλιμένο επίπεδο. Εάν φ είναι η οριακή γωνία, πέραν της οποίας το σώμα αρχίζει να ολισθαίνει, τότε ισχύουν:

Κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου

$$mg\sin\phi - f_s = 0$$

Κάθετα στο κεκλιμένο επίπεδο

$$N - mg\cos\phi = 0$$

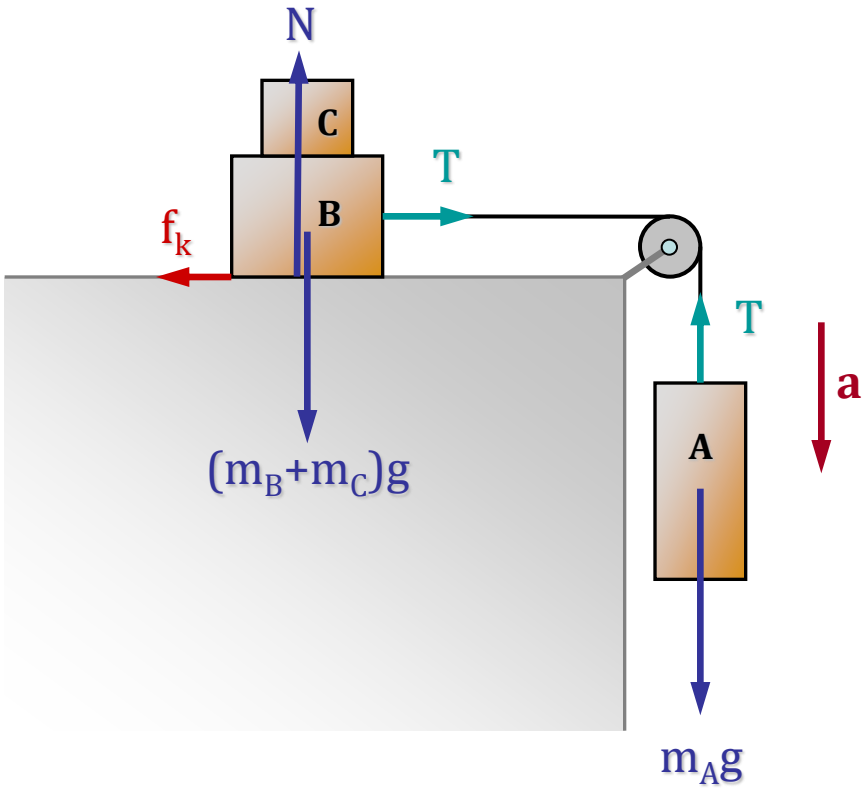
Από τις εξισώσεις αυτές συνάγεται:

$$\left\{\begin{matrix} f_s = mg\sin\phi \\ N = mg\cos\phi \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} \mu_s N = mg\sin\phi \\ N = mg\cos\phi \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} \mu_s mg\cos\phi = mg\sin\phi \\ N = mg\cos\phi \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} \mu_s \cos\phi = \sin\phi \\ N = mg\cos\phi \end{matrix}\right\}$$

$$\boxed{\mu_s = \tan\phi}$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΤΡΙΒΗ



Τα σώματα A,B και C είναι συζευγμένα με αβαρές νήμα και τροχαλία και κινούνται με επιτάχυνση **a**. Ο συντελεστής τριβής κίνησης με το δάπεδο είναι μ_k. Να εκφραστεί η επιτάχυνση a συναρτήσει των μεγεθών αυτών.

(Θεωρείστε το B+C σαν ένα σώμα).

Κίνηση σώματος A

$$m_Ag - T = m_Aa$$

Κίνηση συσσωματώματος B+C

$$T - f_k = (m_B + m_C)a$$

$$(m_B + m_C)g = N$$

$$\left.\begin{aligned} T &= m_Ag - m_Aa \\ T &= (m_B + m_C)a + f_k \end{aligned}\right\} \Rightarrow m_Ag - m_Aa = (m_B + m_C)a + f_k \Rightarrow a = \frac{m_Ag - f_k}{m_A + m_B + m_C} \Rightarrow$$

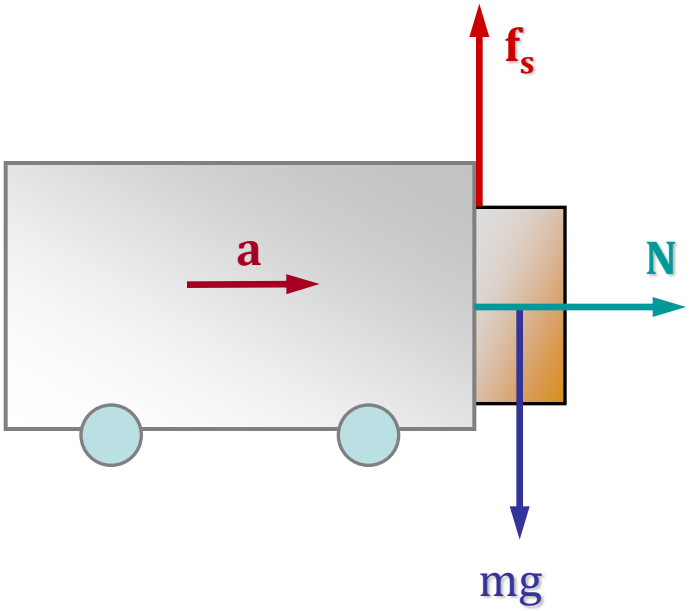
$$\boxed{a = \frac{m_A - \mu_k(m_B + m_C)}{m_A + m_B + m_C}g}$$

Στην οριακή περίπτωση που a=0, ισχύει:

$$\mu_k = \frac{m_A}{m_B + m_C}$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΤΡΙΒΗ



Το όχημα επιταχύνεται έτσι ώστε το σώμα μάζας m να καταφέρνει λόγω της τριβής να ισορροπεί στην κατακόρυφη επιφάνεια του οχήματος. Ποια η σχέση της οριακής (ελάχιστης) επιτάχυνσης a με τον συντελεστή στατικής τριβής μ_s;

Από την ισορροπία του σώματος έχουμε:

$$mg - f_s = 0$$

$$N = ma$$

Κατά συνέπεια:

$$\left\{\begin{matrix} f_s = mg \\ N = ma \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} \mu_s N = mg \\ N = ma \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} \mu_s ma = mg \\ N = ma \end{matrix}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} \mu_s a = g \\ N = ma \end{matrix}\right\}$$

$$\boxed{a = \frac{g}{\mu_s}}$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΟΠΙΣΘΕΛΚΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ

Όταν ένα σώμα κινείται μέσα σ' ένα ρευστό υφίσταται μια δύναμη **D** που αντιστέκεται στην κίνησή του. Η οπισθέλκουσα αυτή δύναμη εξαρτάται από την σχετική ταχύτητα του σώματος στο ρευστό.

$$D = \frac{1}{2} C \rho A v^2$$

- D : Το μέτρο της οπισθέλκουσας δύναμης
- A : Η ενεργός επιφάνεια διατομής του σώματος, η οποία είναι κάθετη στο διάνυσμα της ταχύτητας
- ρ : Η πυκνότητας του ρευστού
- C : Ο συντελεστής οπισθέλκουσας δύναμης (τυπικές τιμές 0.40-1.00)

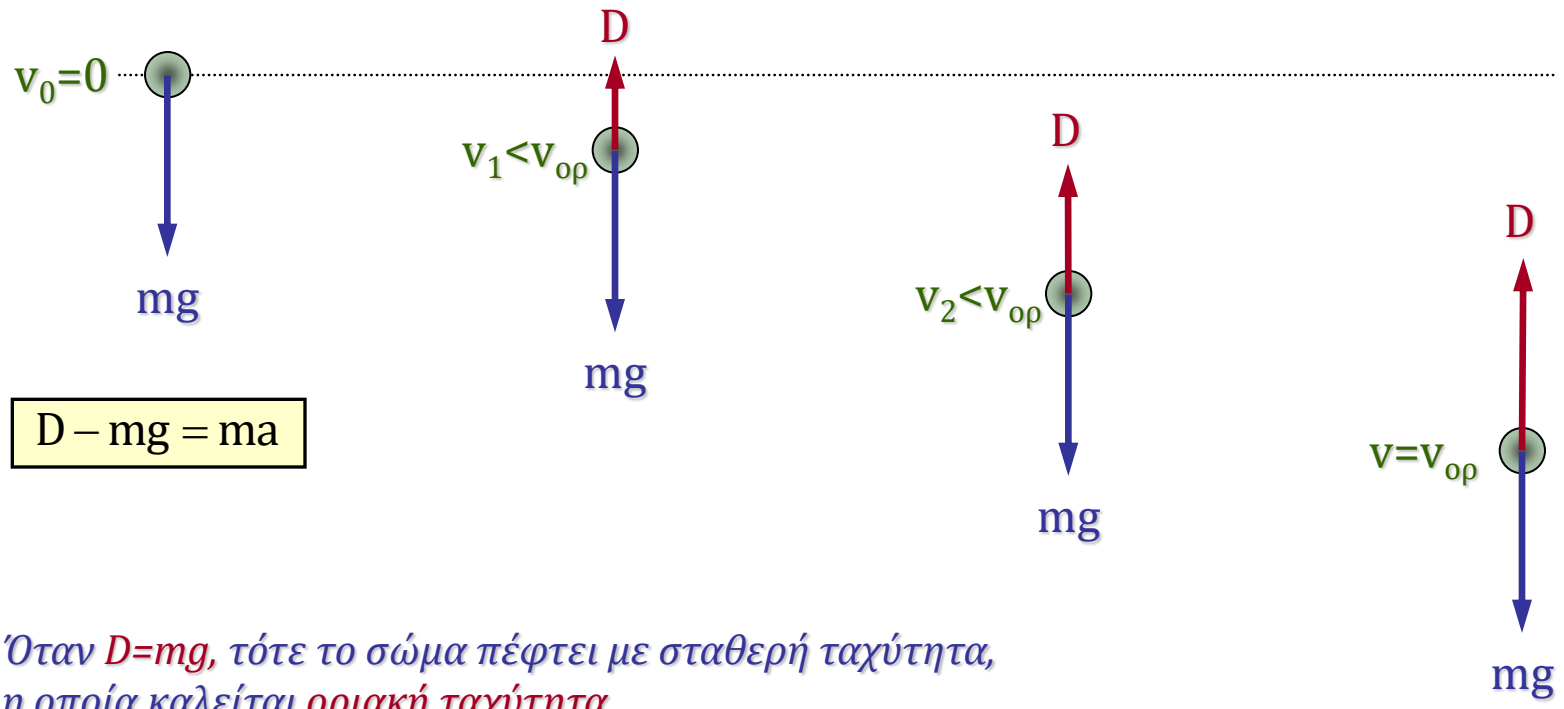
Σημείωση: Ο συντελεστής C είναι καθαρός αριθμός.

$$[\frac{1}{2} C \rho A v^2] = [\rho][A][v^2] = \frac{kg}{m^3} \cdot m^2 \cdot \frac{m^2}{s^2} = kg \frac{m}{s^2} = N$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΟΡΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Κατά την ελεύθερη πτώση σώματος σε βαρυτικό πεδίο αναπτύσσεται, λόγω της οπισθέλκουσας δύναμης από τον αέρα, μια δυναμική ισορροπία κατά την οποία η αντίσταση του αέρα εξουδετερώνει τη δύναμη βαρύτητας.



$$D - mg = ma$$

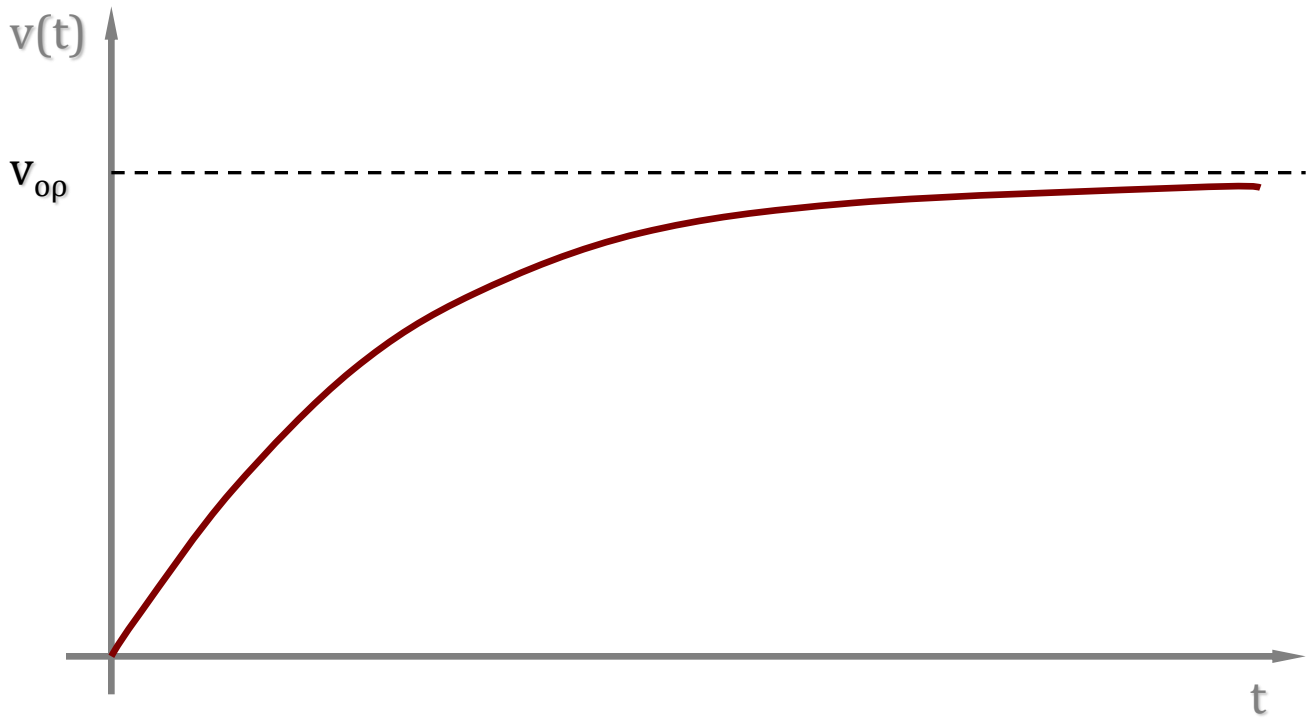
Όταν D=mg, τότε το σώμα πέφτει με σταθερή ταχύτητα, η οποία καλείται οριακή ταχύτητα.

$$D = mg \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v_{o\rho} = \sqrt{\frac{2mg}{C\rho A}}$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΟΡΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

$$D - mg = ma \Rightarrow \frac{1}{2} C\rho A v^2 - mg = m\frac{dv}{dt}$$



$$D = mg \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v_{o\rho} = \sqrt{\frac{2mg}{C\rho A}}$$

© E. Stiliaris, UoA 2026

ΟΡΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Σταγόνα βροχής με ακτίνα R=1.5 mm πέφτει από ένα σύννεφο που βρίσκεται σε ύψος h=1200 m πάνω από το έδαφος. Ο συντελεστής οπισθέλκουσας δύναμης C για την σταγόνα είναι 0.60. Υποθέστε ότι η σταγόνα παραμένει σφαιρική καθ' όλη τη διάρκεια της πτώσης της.

(α) Πόση είναι η οριακή ταχύτητα της σταγόνας;

(β) Πόση θα ήταν η ταχύτητα της σταγόνας στο έδαφος εάν δεν υπήρχε η οπισθέλκουσα δύναμη;

Δίνονται: πυκνότητα νερού $\rho_w=1000\ \mathrm{kg/m^3}$, πυκνότητα αέρα $\rho_a=1.2\ \mathrm{kg/m^3}$

(α) Η οριακή ταχύτητα υπολογίζεται:

$$v_{o\rho}=\sqrt{\frac{2mg}{C\rho A}}=\sqrt{\frac{2\frac{4}{3}\pi R^3\rho_w g}{C\rho_\alpha \pi R^2}}=\sqrt{\frac{8R\rho_w g}{3C\rho_\alpha}}=7.37\ \mathrm{m/s}\approx 27\ \mathrm{km/h}$$

(β) Χωρίς την οπισθέλκουσα δύναμη, η σταγόνα από ύψος h στο βαρυτικό πεδίο (g) θα αποκτήσει τελική ταχύτητα:

$$v=\sqrt{2gh}=153.4\ \mathrm{m/s}\approx 552\ \mathrm{km/h}$$

Σκεφτείτε πόσο καταστροφική είναι μια τέτοια ταχύτητα!

© E. Stiliaris, UoA 2026