



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Γενική Φυσική

Ενότητα 4: Εισαγωγή στην ειδική θεωρία της
σχετικότητας

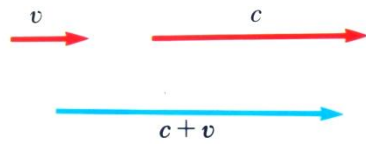
Γεώργιος Βούλγαρης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Μαθηματικών

Εισαγωγή στη Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας - Διδακτικοί στόχοι

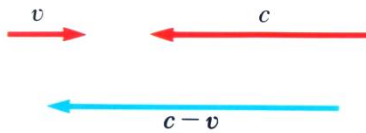
- Οι Νόμοι της Μηχανικής σε Κινούμενο Σύστημα.
- Πότε Δύο Γεγονότα είναι Ταυτόχρονα.
- Η Μέτρηση του Χρόνου και του Μήκους.
- Οι Δύο Νόμοι της Σχετικότητας.
- Μετασχηματισμός Χρόνου και Μήκους.
- Απλά Προβλήματα Στην Ε.Θ.Σ.



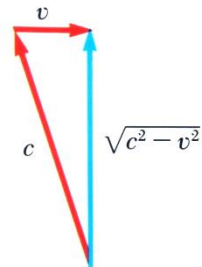
Ο Αιθέρας και το Πείραμα των Michelson - Morley



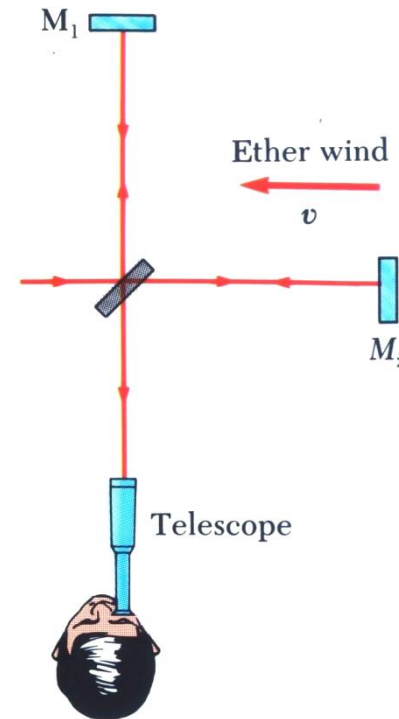
(a) Downwind



(b) Upwind



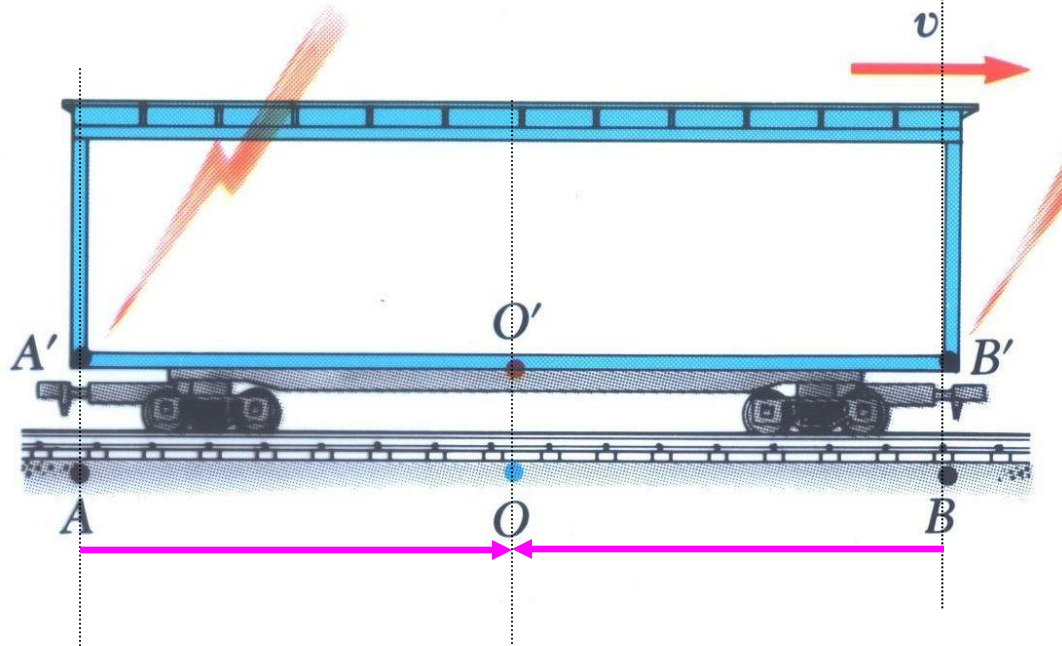
(c) Across wind



© 1990 by Saunders College Publishing

Ταυτόχρονα γεγονότα

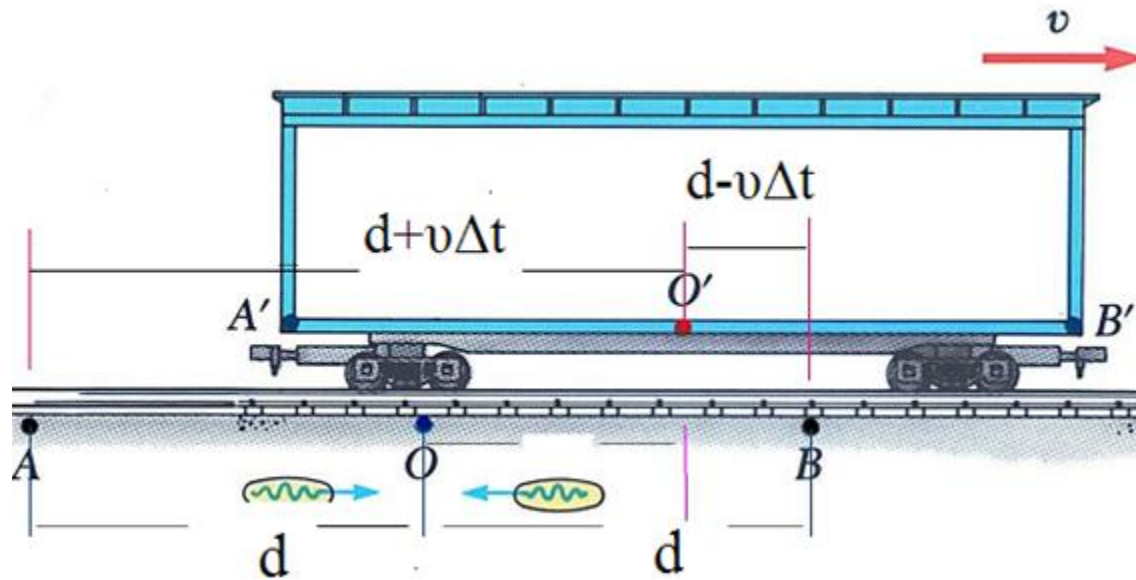
Το βαγόνι κινείται με ταχύτητα v . Οι δύο κεραυνοί πέφτουν όταν τα σημεία A και B, συμπίπτουν με τα A', B'.



$$t_1 = \frac{AO}{c} = \frac{BO}{c} = t_2$$

Ο Ακίνητος παρατηρητής που βρίσκεται στο O, βλέπει τις δύο λάμπσεις να φθάνουν ταυτόχρονα.

Ταυτόχρονα;



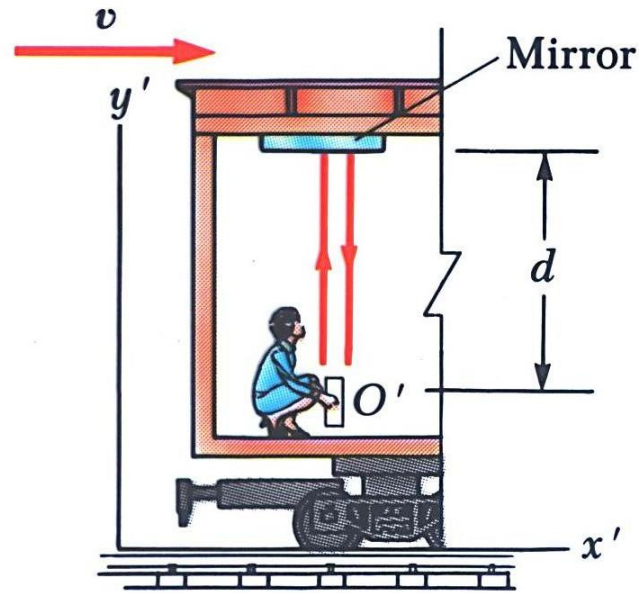
Η διαδρομή του φωτός από το A μέχρι το O', είναι μεγαλύτερη από εκείνη που ξεκινά από το B και φθάνει το O'.

$$ct_1 = d + vt_1 \quad ct_2 = d + vt_2$$

$$t_1 = \frac{d}{c - v} \quad t_2 = \frac{d}{c + v}$$

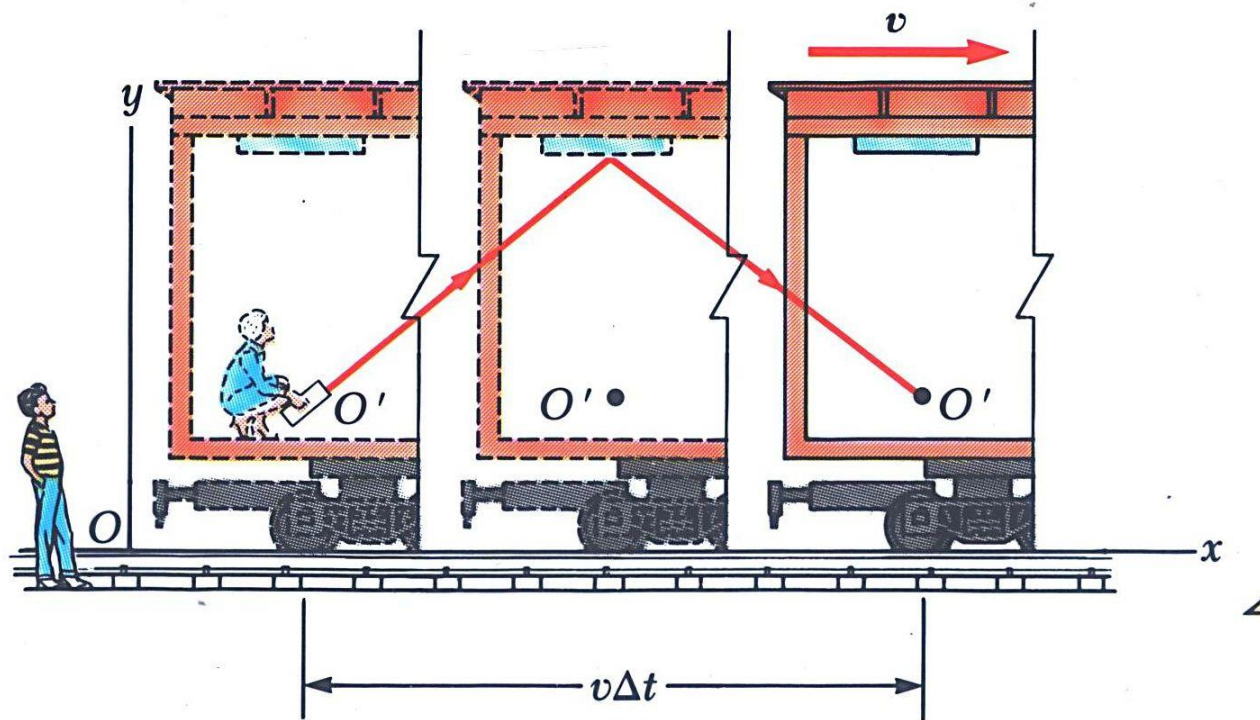
$$t_1 > t_2$$

Παρατηρητής στο βαγόνι



Ο Κινούμενος κάνει ένα πείραμα: Στέλνει μία ακτίνα στην οροφή και μετρά τον χρόνο ανάμεσα στην εκπομπή και λήψη της. Το αποτέλεσμα είναι το ίδιο αν το βαγόνι κινείται είτε είναι ακίνητο.

Παρατηρητής στο έδαφος



Ο Ακίνητος διαπιστώνει ότι η εκπομπή και η λήψη γίνονται σε διαφορετικές θέσεις.

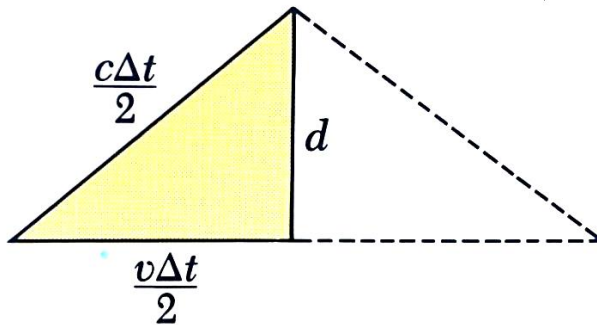
Χρόνος

Υπολογίζουμε το χρόνο που μετρά ο Κινούμενος:

$$\Delta t' = \frac{2d}{c}$$

Από το σχήμα υπολογίζουμε τη διαδρομή της φωτεινής ακτίνας, όπως τη βλέπει ο Ακίνητος, και από αυτήν τον χρόνο Δt .

$$\left(\frac{c\Delta t}{2}\right)^2 = d^2 + \left(\frac{v\Delta t}{2}\right)^2 \rightarrow (c^2 - v^2)\Delta t^2 = 4d^2 \rightarrow \Delta t^2 = \frac{4\frac{d^2}{c^2}}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$



$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Συμπεράσματα

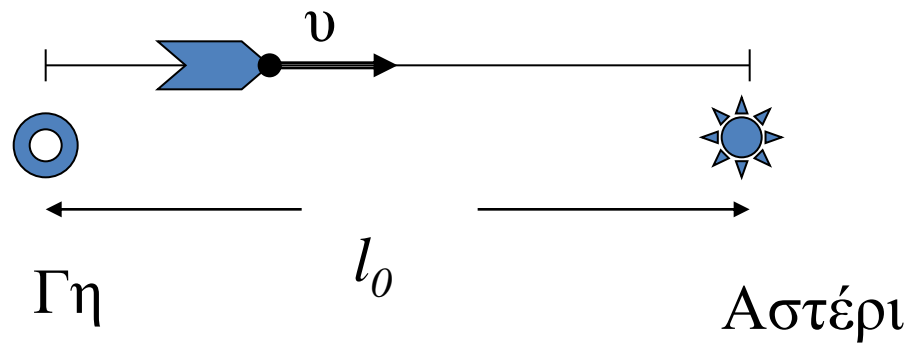
Ο χρόνος που μετρά ο Ακίνητος, είναι μεγαλύτερος από τον χρόνο, του Κινούμενου παρατηρητή.

Αυτό συμβαίνει γιατί:

- 1. Η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή.**
- 2. Η εκπομπή και η λήψη, γίνονται σε διαφορετικά σημεία κατά τον Ακίνητο.**



Μετασχηματισμός Μήκους



Γήινος:

$$\Delta t' = \frac{l_0}{v}$$

Εξωγήινος:

$$\Delta t = \frac{l}{v}$$

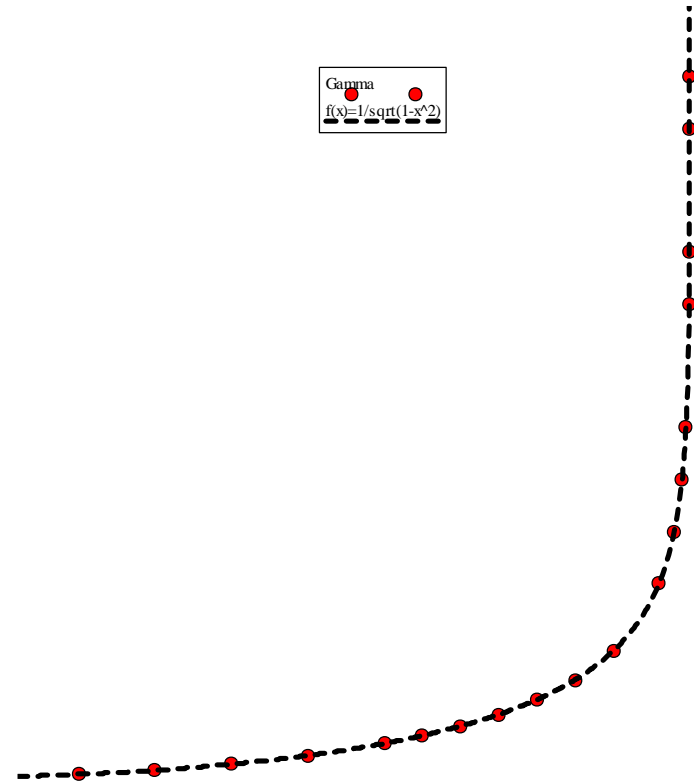
$$\frac{l_0}{\Delta t'} = \frac{l}{\Delta t} \Rightarrow l = l_0 \frac{\Delta t}{\Delta t'}$$

$$\Rightarrow l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Παράγοντας γ

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

$\beta = v/c$	$\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$
0,10000	1,00504
0,80000	1,66667
0,90000	2,29416
0,95000	3,20256
0,97000	4,11345
0,99000	7,08881
0,99500	10,01252
0,99900	22,36627
0,99990	70,71245
0,99999	223,60736



Μετασχηματισμός Lorentz

$$(x, y, z, t) \leftrightarrow (x', y', z', t')$$

Οι Μετασχηματισμοί
Lorents:

$$S \rightarrow S'$$

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{v}{c^2}x\right)$$

Οι Αντίστροφοι
Μετασχηματισμοί Lorentz:

$$S' \rightarrow S$$

$$x = \gamma(x' + vt')$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = \gamma\left(t' + \frac{v}{c^2}x'\right)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



Μετασχηματισμός Ταχύτητας (1 από 2)

Ορθός.

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{u_x v}{c^2}}$$
$$u'_y = \frac{u_y}{\gamma \left(1 - \frac{u_x v}{c^2} \right)}$$
$$u'_z = \frac{u_z}{\gamma \left(1 - \frac{u_x v}{c^2} \right)}$$

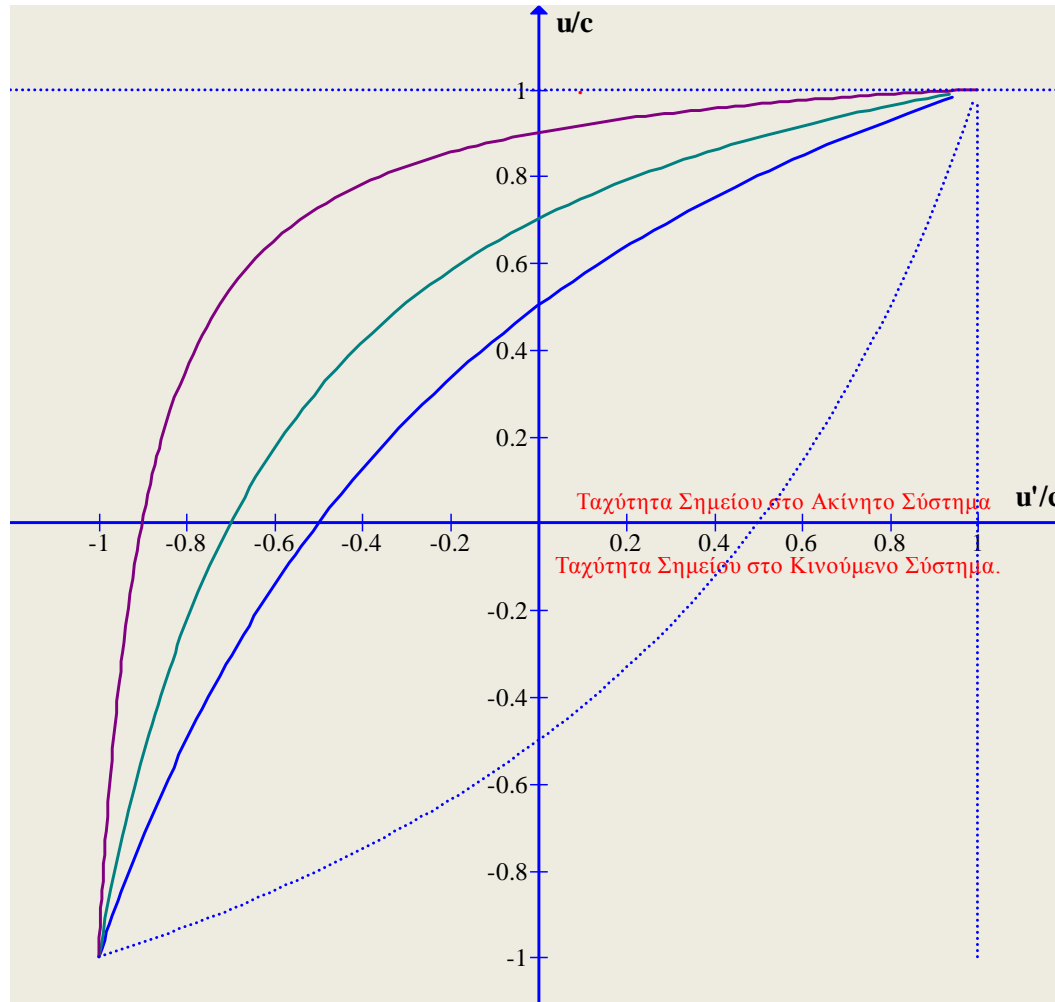
$$v \rightarrow -v$$

Αντίστροφος.

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{u'_x v}{c^2}}$$
$$u_y = \frac{u'_y}{\gamma \left(1 + \frac{u'_x v}{c^2} \right)}$$
$$u_z = \frac{u'_z}{\gamma \left(1 + \frac{u'_x v}{c^2} \right)}$$



Μετασχηματισμός Ταχύτητας (2 από 2)



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Γεώργιος Βούλγαρης 2015. Γεώργιος Βούλγαρης. «Γενική Φυσική. Ενότητα 4: Εισαγωγή στην ειδική θεωρία της σχετικότητας». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/MATH115/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

