

ΒΑΡΥΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ (το γνωστό μας βάρος)

Δύο σώματα με πολύ μικρές διαστάσεις (σημειακές μάζες), που έχουν μάζες m_1 και m_2 και βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους, έλκονται με δύναμη που έχει μέτρο:

$$F_g = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2 \quad \text{όπου:}$$

G η σταθερά της παγκόσμιας έλξης, $G = 6,673 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$.



Νόμος Παγκόσμιας έλξης:

Μεταξύ δυο σημειακών μαζών που απέχουν απόσταση r ασκείται δύναμη που είναι ανάλογη του γινομένου των μαζών τους και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασής τους. Η διεύθυνση της δύναμης είναι πάνω στην ευθεία που ενώνει τα κέντρα τους και είναι ΠΑΝΤΑ ΕΛΚΤΙΚΗ.

Η έλξη ανάμεσα σε δύο σώματα (με αίτιο το ότι έχουν μάζα) είναι **δύναμη από απόσταση**.

Η δύναμη αυτή, όπως και η **δύναμη Coulomb**, είναι **διατηρητική** και **κεντρική**.

Σχόλιο:

Κεντρική σημαίνει ότι η δύναμη σχεδιάζεται πάνω στην ευθεία που ενώνει τα κέντρα των δύο σφαιρών (σε μεγάλα αντικείμενα) και

Διατηρητική σημαίνει ότι το έργο της δύναμης σε μια μετατόπιση δεν εξαρτάται από την ακολουθούμενη διαδρομή αλλά ΜΟΝΟ από τις αρχικές και τελικές θέσεις του.

Η παραπάνω σχέση δίνει και τη δύναμη που αναπτύσσεται μεταξύ δύο ομογενών σφαιρικών μαζών m_1 και m_2 .

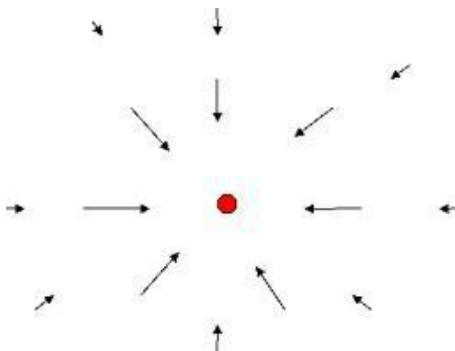
Στην περίπτωση αυτή απόσταση r είναι η απόσταση μεταξύ των κέντρων των σφαιρών και οι ελκτικές δυνάμεις έχουν σημεία εφαρμογής τα κέντρα των σφαιρών.

ΒΑΡΥΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ-Ένταση βαρυτικού πεδίου

Η αλληλεπίδραση μεταξύ μαζών περιγράφεται με την έννοια του βαρυτικού πεδίου.

Κάθε μάζα δημιουργεί γύρω της βαρυτικό πεδίο (πεδίο βαρύτητας) και το πεδίο υπάρχει «αόρατο».

Για να αισθητοποιήσουμε, να ανιχνεύσουμε, την ύπαρξη του, πρέπει να βρεθεί κάποια άλλη μάζα μέσα στο πεδίο, οπότε το πεδίο της ασκεί τότε βαρυτική δύναμη.



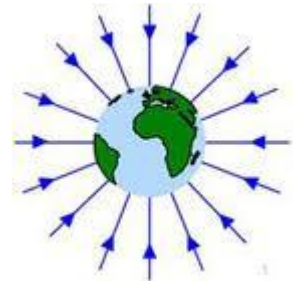
Βαρυτικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος στον οποίο κάθε μάζα δέχεται βαρυτική δύναμη

Για την περιγραφή του βαρυτικού πεδίου χρησιμοποιούμε τα μεγέθη ένταση και δυναμικό.

- **Ένταση (g)** του πεδίου βαρύτητας σε ένα του σημείο του A , ονομάζουμε το διανυσματικό μέγεθος που έχει μέτρο: ίσο με το σταθερό πηλίκο της βαρυτικής δύναμης (F_g) που θα δεχτεί μια δοκιμαστική μάζα (m) προς τη μάζα m αυτή, δηλαδή:

$$g_A = F_g / m$$

Η ένταση g έχει την ίδια κατεύθυνση με τη βαρυτική δύναμη.



Το βαρυτικό πεδίο της Γης

Μονάδα της έντασης βαρύτητας είναι το **1N/kg** ή **1m/s^2** , δηλαδή μετριέται σε μονάδες επιτάχυνσης.

Προσοχή!!!!

Εάν ένα σώμα αφεθεί ελεύθερο στο πεδίο βαρύτητας (χωρίς καμία άλλη δύναμη) τότε $\Sigma F = F_G$
Η επιτάχυνση που θα αποκτήσει τότε είναι **$a = \Sigma F / m$** και από τη τελευταία σχέση προκύπτει ότι **$g = a$** , επομένως:

Στο πεδίο βαρύτητας, η ένταση του πεδίου σε ένα σημείο ταυτίζεται με την επιτάχυνση που θα αποκτήσει ένα σώμα αν αφεθεί ελεύθερο σε εκείνο το σημείο.

Δυναμικό και διαφορά δυναμικού σε βαρυτικό πεδίο

Το πεδίο βαρύτητας, όπως και το ηλεκτροστατικό πεδίο, είναι διατηρητικό.
Επομένως ορίζεται το μέγεθος δυναμικό :

- **Δυναμικό (V)** του πεδίου βαρύτητας, σε ένα σημείο του A , ονομάζεται το σταθερό πηλίκο του έργου της βαρυτικής δύναμης, όταν μεταφέρεται (δοκιμαστική) μάζα m από το σημείο A στο άπειρο, προς τη μάζα αυτή:

$$V_A = W_{A \rightarrow \infty} / m$$

Μονάδα δυναμικού του βαρυτικού πεδίου είναι το **1J/kg** .

- **Διαφορά δυναμικού $V_A - V_B$** , μεταξύ δύο σημείων A και B του πεδίου βαρύτητας ονομάζεται το πηλίκο του έργου της βαρυτικής δύναμης, κατά τη μετακίνηση μιας (δοκιμαστικής) μάζας m από το σημείο A στο σημείο B , προς τη μάζα αυτή.

$$V_A - V_B = W_{A \rightarrow B} / m$$

- **Δυναμική ενέργεια συστήματος μαζών**

Δύο σώματα με πολύ μικρές διαστάσεις (σημειακές μάζες) ή δύο ομογενείς σφαίρες, που έχουν μάζες m_1 και m_2 και βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους, έχει το σύστημα τους βαρυτική δυναμική ενέργεια που δίνεται από το τύπο:

$$U = -G \cdot m_1 \cdot m_2 / r$$

Η παραπάνω ενέργεια προκύπτει από το έργο για να μετακινηθούν από άπειρη μεταξύ τους απόσταση σε απόσταση r .

Όταν έχουμε σημειακές μάζες αλλά και στην ειδική περίπτωση που οι μάζες δεν είναι σημειακές αλλά ΟΜΟΓΕΝΕΙΣ ΣΦΑΙΡΕΣ :

- 1) Σύμφωνα με τα παραπάνω, από συνδυασμό του γενικού ορισμού της έντασης $g_A = F_g / m$ και της δύναμης όπως υπολογίζεται για σημειακές μάζες και ομογενείς σφαίρες $F_g = G \cdot M \cdot m / r^2$ προκύπτει ότι:
εάν θεωρήσουμε σαν πηγή βαρυτικού πεδίου τη μάζα M , σε απόσταση r από αυτήν, στη θέση A , έχουμε ένταση βαρυτικού πεδίου:

$$g_A = G \cdot M / r^2$$

- 2) Επίσης, σύμφωνα με τα παραπάνω, από συνδυασμό του γενικού ορισμού του δυναμικού $V_A = W_{A \rightarrow \infty} / m$ και της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας όπως υπολογίζεται για σημειακές μάζες και ομογενείς σφαίρες $U = -G \cdot M \cdot m / r$ προκύπτει ότι:
εάν θεωρήσουμε σαν πηγή βαρυτικού πεδίου τη μάζα M , σε απόσταση r από αυτήν, στη θέση A , έχουμε δυναμικό βαρυτικού πεδίου:

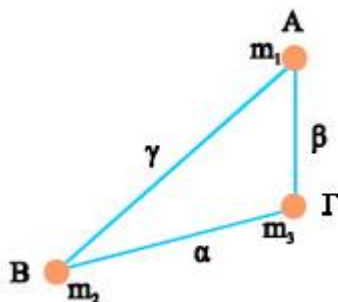
$$V_A = -G \cdot M / r$$

➤ Προσοχή!!!!

Για μεγάλα σφαιρικά σώματα οι τύποι ισχύουν για αποστάσεις ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΤΙΝΑ ΤΩΝ ΣΦΑΙΡΩΝ δηλαδή για ύψος h πάνω από την ακτίνα μιας σφαίρας, ισχύει:

$$r = R_{\text{σφαιρ}} + h$$

Όταν έχουμε πολλές σημειακές μάζες ή πολλές ομογενείς σφαίρες:



Σύστημα τριών υλικών σημείων

Η δυναμική ενέργεια συστήματος τριών υλικών σημείων είναι:

$$U_{\text{ολικό}} = (-G \cdot m_1 \cdot m_2 / \gamma) + (-G \cdot m_1 \cdot m_3 / \beta) + (-G \cdot m_2 \cdot m_3 / \alpha)$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- α)** Μια σφαιρική ομογενής μάζα M συμπεριφέρεται εξωτερικά σαν όλη η μάζα της να είναι συγκεντρωμένη στο κέντρο. Επομένως οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν πανομοιότυπα και για την περιγραφή του βαρυτικού πεδίου ομογενούς σφαιρικού σώματος μάζας M ακτίνας R , υπό την προϋπόθεση ότι εξετάζουμε το πεδίο στο χώρο έξω από τη μάζα του σώματος ($r \geq R$). Εδώ τις αποστάσεις τις μετράμε από το κέντρο του σφαιρικού σώματος.
- β)** Το αρνητικό πρόσημο στη σχέση υποδηλώνει ότι για να κάνουμε άπειρη την απόσταση δυο μαζών που βρίσκονται αρχικά σε απόσταση r πρέπει να προσφέρουμε ενέργεια στο σύστημα.