

Η Ισορροπία στη Μηχανική

A. Οδοιπορικό

Ένα οδοιπορικό και στα δύο δίκτυα με έκανε να συνειδητοποιήσω ότι η ουσία των θεμάτων αρκετών συζητήσεων, από το καλοκαίρι μέχρι και σήμερα, βρισκόταν στον εντοπισμό κάποιου ορισμού.

Κάποιοι, κάποτε, σε κάποιες θέσεις-κλειδιά, για κάποιους λόγους, δε δώσανε στους ορισμούς της Φυσικής την αξία που τους πρέπει. Και με μειωμένη την αξία των ορισμών τους παραδύσανε σε άλλους, για να τους δώσουνε με τη σειρά τους σε άλλους ή και σε μας. Έτσι λοιπόν αρκετές συζητήσεις που έγιναν, είχαν ως κεντρικό θέμα την ανάρσυση και αποκατάσταση κάποιου ορισμού.

a) Μια παλιά μου διαφωνία

Ότι υπάρχει θέμα ορισμού της ισορροπίας το συνειδητοποίησα για πρώτη φορά, σε διαλόγους που είχα το καλοκαίρι με συναδέλφους, για τις φθίνουσες ταλαντώσεις.

Ανάμεσα στις διαφωνίες που διατύπωνα τότε σε κάποιο συνάδελφο για όσα είχε γράψει, έλεγα και τα εξής:

.....
.....

3η διαφωνία:

Λέτε κ.:

"... Ούτε καν η θέση ισορροπίας δεν έχει αυτονόητο ορισμό. Είναι η θέση $x=0$ ή η θέση όπου $\Sigma F=0$? θα πρέπει να συμφωνήσουμε σε ορισμούς των μεγεθών..., περίοδος, θέση ισορροπίας."

Όμως:

Σε αυτά που αναρωτιέστε δεν υπάρχει πουθενά και ποτέ αμφιβολία. Θέση ισορροπίας υλικού σημείου παντού και πάντα είναι η θέση όπου η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν. Στη φθίνουσα ταλάντωση, αλλά και σε όλες τις κινήσεις (τρεις τον αριθμό) που συνδέονται με τον μονοδιάστατο αρμονικό ταλαντωτή με απόσβεση, η θέση $x=0$ δεν είναι ποτέ μα ποτέ θέση ισορροπίας, αλλά θέση αναφοράς, θέση δηλαδή από την οποία μετράμε τις απομακρύνσεις. Και η επιλογή μας ως θέσης αναφοράς της $x=0$ δεν είναι αυθαίρετη όπως γράφετε εσείς και γράφτηκε και από άλλους συναδέλφους, αλλά την επιβάλλει η δύναμη επαναφοράς $F=-Dx$ γιατί αυτή η θέση, η $x=0$, είναι το ελκτικό της κέντρο

Αλίμονο αν δεν έχει ορισμό η θέση ισορροπίας!!!!!!! Αλίμονο!

Όσον αφορά την περίοδο, σας είπα ότι θαυμάσια μπορεί να οριστεί στη φθίνουσα ταλάντωση γιατί έχει θαυμάσια σταθερότητα.

4η διαφωνία:

Λέτε κ.:

"...Κατά τη γνώμη μου τα προβλήματα που δημιουργούνται δεν είναι προβλήματα ουσίας, αλλά διαφορετικών ορισμών (εξίσου καλών) που δίνει ο καθένας μας στα διάφορα φυσικά μεγέθη μιας φθίνουσας ταλάντωσης."

Τι λέτε κ. :////

Δεν είναι πρόβλημα ουσίας να παίρνουμε για θέση πλάτους τις θέσεις όπου η ταχύτητα είναι μέγιστη;

Δεν είναι πρόβλημα ουσίας να λέμε τα ελκτικά κέντρα $x=0$, θέσεις ισορροπίας;

Δεν είναι πρόβλημα ουσίας να δίνουμε και να εξωθούμε τα παιδιά να κάνουν υπολογισμούς με εξισώσεις κίνησης που είτε δεν ισχύουν, είτε είναι λανθασμένες και βγάζουν του κόσμου τα άτοπα;

Δεν είναι πρόβλημα ουσίας να λέμε τις περιβάλλουσες, γραφική παράσταση πλάτους;

Δεν είναι πρόβλημα ουσίας να λέμε την ενέργεια στη φθίνουσα ταλάντωση εκθετική συνάρτηση του χρόνου και να μαθαίνουμε στα παιδιά να κάνουν του κόσμου τους λανθασμένους υπολογισμούς;

Δεν είναι πρόβλημα ουσίας χίλια δυο που γράφονται για τους μαθητές με περυσινή ανευθυνότητα; Τέλος πάντων.

Κύριε,

Δεν είναι όλα θέμα ορισμών που μπορεί ο καθένας να δίνει ... αυθαίρετα (!!!) και να αθρώνεται μετά σε όσα λέει και το κυριότερο σε όσα προορίζει για μαθητές, λέγοντας ότι είναι θέμα ορισμού και αφού το όρισα έτσι είναι σωστό.

Είναι και θέμα να γράφεις με μεγάλη ευθύνη σχολικό βιβλίο.....

.....
.....

β) Ξαναδιαβάζοντας τους διαλόγους στα δίκτυα

Στο δίκτυο «*Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες*» στη διεύθυνση

<http://scienceteachersnet.ning.com/forum/topics/ti-semahinei-e-phrhase-hena>

και στο δίκτυο «*Υλικό Φυσικής και Χημείας*» στις διευθύνσεις

<http://ylikonet.ning.com/group/ctaxi/forum/topics/mia-erhotese-phano-ste>

και

<http://ylikonet.ning.com/group/a/forum/topics/isorrophia-ylikohu-semehioy>

υπάρχουν εκτενείς διάλογοι μεταξύ συναδέλφων, σχετικοί με το θέμα της ισορροπίας. Αξίζει κάποιος να ανατρέξει σε αυτούς τους διαλόγους για να δει επιχειρήματα και απόψεις αξιόλογες... Αλλά και για να διαπιστώσει την αγωνία όλων μας να διδάξουμε σωστά Φυσική, όταν νιώθουμε ότι τόσα και τόσα ηχηρά πανεπιστημιακά βιβλία μας παρέδωσαν και μας παραδίδουν να μεταλαμπαδεύσουμε ασάφειες.

B. Η αξία των ορισμών και η ιδιότητά τους

Στη Φυσική, επιστήμη των δομών του Κόσμου και τέχνη, τις λέξεις πρέπει να τις πιστεύουμε και τις εικόνες να τις φυλάμε.

Έτσι προσδιορίζεται η αξία των ορισμών όχι μόνο στη δομή της γλώσσας της Φυσικής, αλλά και στη διδακτική μας συμπεριφορά απέναντι στους νέους ανθρώπους, που θα μας πιστέψουν.

Η αξία των ορισμών εντοπίζεται στη σωστή θέση που πρέπει να κατέχουν κατά τη συνεννόηση μεταξύ των φυσικών και στον κορυφαίο και αναντικατάστατο ρόλο που πρέπει με κάθε σεβασμό να αποδεχτούμε ότι διαδραματίζουν στη διαμόρφωση της δομής της γλώσσας που χρησιμοποιεί η Φυσική.

Σε κάποια ανάρτηση έγραφα

«...*δεν πρέπει να χαλάμε τη γλώσσα, γιατί αλλιώς χαλάει η σκέψη και η επικοινωνία μεταξύ μας.* Η Φυσική έχει και ορισμούς και μαθηματική αυστηρότητα. Και αυτό δεν είναι διαπραγματεύσιμο. Ένας καλός δάσκαλος και κυρίως ένα υπεύθυνο σχολικό βιβλίο πρέπει να κατεβάζει, αν χρειαστεί, ακόμη και τις πιο δύσκολες ενότητες της Φυσικής στο επίπεδο των μαθητών, με σωστό τρόπο, με σωστές λέξεις. Δεν λέω σχολακιστικά και με δύσκολα μαθηματικά. Λέω σωστά. Αν λέμε άλλα και εννοούμε άλλα, χαλάμε το μυαλό των μαθητών μας, τη σκέψη τους, τους συλλογισμούς που πάνε σιγά-σιγά να δομήσουνε...»

Δεν γίνεται να κάνεις Φυσική αν δεν έχεις τα σωστά, κατάλληλα λόγια για να περιγράψεις στους άλλους το όμορφο.

Πρέπει να δεχτούμε στην ψυχή μας (όχι στα λόγια) ότι οι ορισμοί έχουν αξία και να συνειδητοποιήσουμε την μοναδική τους ιδιότητα Αυτή που είναι και η αιτία της ύπαρξής τους: Να είναι χρήσιμοι!!! *Οι ορισμοί ή είναι χρήσιμοι ή δεν υπάρχουν.*

(http://dmargaris2.blogspot.com/2009/05/blog-post_6729.html)

Κατά τον ορισμό ενός φυσικού μεγέθους ή μιας έννοιας της Φυσικής στην οποία εμπλέκεται μαθηματική σχέση, πρέπει:

- ✓ *Να εξασφαλίσουμε ότι η σχέση αυτή εξαντλεί όλη την αυστηρότητα η οποία θα απαιτούνταν αν ετίθετο και στα Μαθηματικά, ικανοποιώντας όλα τα αξιώματα, τις προτάσεις και τα θεωρήματα της πανίσχυρης λογικής τους συνέπειας.*
- ✓ *Να φροντίσουμε ο ορισμός να μην έρθει σε σύγκρουση με το εννοιολογικό και λεκτικό υλικό με το οποίο προσπαθούμε να διαβάσουμε τη Φύση και συνεπώς να φροντίσουμε να μη δημιουργηθούν αντιφάσεις και αδικαιολόγητοι (χωρίς δηλαδή καμιά αξία) περιορισμοί.*

Γ. Ισορροπία υλικού σημείου

Στο θέμα της ισορροπίας υλικού σημείου, τοποθετήθηκα με την ανάρτηση

«Ένα ευχαριστώ και μια ευχή για τους ανθρώπους του δικτύου»

στη διεύθυνση

http://api.ning.com/files/eHpxSPMwK78i8XQloPE-BLpcZ2LoSmjVCbyvt1eHQ*mLKDZxHGO*ZrveAJiXwFJbhS2n8A3O4Hsk5UxJ9D4N*H8wSex8pxaF/file.pdf

και την ανάρτηση

«Η ανατομία ενός λανθασμένου ορισμού (α' μέρος)»

στη διεύθυνση

<http://api.ning.com/files/gUsLROdOO5rBb5GfM0vJpuHUC8f5eZuZbExgybTUQM/file....pdf>

Συνοψίζοντας, θα ήθελα να τονίσω ότι η έννοια της ισορροπίας υλικού σημείου συνδέεται με το μηδενισμό της συνισταμένης δύναμης που δρα επάνω στο σημείο.

Πιο απλά υπάρχει η ισοδυναμία

$$\text{Ισορροπία υλικού σημείου} \leftrightarrow \vec{F}_{ολ} = \vec{0}$$

όπου $\vec{F}_{ολ}$ είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που δέχεται το υλικό σημείο.

Ο ορισμός αυτός επιβάλλει να θεωρούμε ισορροπία, μεταξύ άλλων και τις:

- ✓ Ακινησία υλικού σημείου
- ✓ Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση υλικού σημείου
- ✓ Θέση στην οποία κατά τη κίνηση ενός υλικού σημείου έστω και στιγμιαία ισχύει $\vec{F}_{ολ} = \vec{0}$, έστω και αν πριν ή μετά από αυτή τη θέση, πριν ή μετά από αυτή τη χρονική στιγμή ισχύουν άλλα.

Σε αυτή την περίπτωση μιλάμε για θέση ισορροπίας του υλικού σημείου.

κ.λ.π.

Άρα η ισορροπία υλικού σημείου είναι πρώτα από όλα ισορροπία δυνάμεων. Δηλαδή είναι $\vec{F}_{ολ} = \vec{0}$.

Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί είτε για μια στιγμή, είτε για μια αιωνιότητα, είτε για αδρανειακό σύστημα είτε για μη αδρανειακό σύστημα, είτε γι' αυτή τη δύναμη, είτε για κείνη.

Αν θελήσουμε να αναφερθούμε σε ειδικές περιπτώσεις ισορροπίας, τότε δίνουμε στην ισορροπία ένα ειδικό όνομα.

Για παράδειγμα:

- ✓ Σε πεδία δυνάμεων συντηρητικά και μόνο σε αυτά ισχύουν οι έννοιες **ευσταθής, ασταθής και αδιάφορη ισορροπία**
- ✓ Αν οι δυνάμεις είναι σταθερές μπορούμε να μιλάμε για **στατική ισορροπία**
- ✓ Αν η σχέση $\vec{F}_{ολ} = \vec{0}$ ισχύει για κάποιο χρονικό διάστημα, τότε μπορούμε να πούμε ότι το υλικό σημείο ισορροπεί κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος.
- ✓ Αν η σχέση $\vec{F}_{ολ} = \vec{0}$ ισχύει μόνο για μια χρονική στιγμή, μπορούμε να μιλάμε για θέση ισορροπίας (δυνάμεων) κ.λ.π.

Ειδικότερα για τη **στατική ισορροπία** υλικού σημείου ας ξεκαθαρίσουμε τούτο. Μπορεί να φέρνει στο μυαλό μας την ακινησία, αλλά επειδή στη Φυσική η ακινησία δε μπορεί να ξεχωριστεί από την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, θα πρέπει να δεχτούμε ότι η στατική ισορροπία είναι δεμένη και με την ακινησία, αλλά και με την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

Αλλιώς θα πρέπει να βάλουμε στο $\vec{F}_{\alpha} = \vec{0}$ και τον περιορισμό $\vec{v} = \vec{0}$. Ο λόγος που δεν πρέπει να βάζουμε τέτοιους περιορισμούς είναι γιατί στο θέμα εννοιών, που συνδέονται άμεσα με τις δυνάμεις, όπως η ισορροπία, καλό είναι να μην ξεχωρίζουμε τους αδρανειακούς παρατηρητές μεταξύ τους, **μιας και όλοι βλέπουν την ίδια συνισταμένη δύναμη.**

Δεν έχω δει δηλαδή πουθενά την ισοδυναμία

$$\text{Στατική ισορροπία} \leftrightarrow \vec{F}_{\alpha} = \vec{0} \text{ και } \vec{v} = \vec{0}$$

Μια τέτοια απαίτηση για τη στατική ισορροπία θα δημιουργήσει εννοιολογικά προβλήματα και αδιέξοδα. Πώς να το πω δεν θα αντέξει σε μια αυστηρή ανάλυση. Αν ίσχυε η παραπάνω ισοδυναμία θα έπρεπε, για παράδειγμα, ένα υλικό σημείο που είναι σε στατική ισορροπία, να παύει να είναι σε τέτοια ισορροπία, όταν εγώ που το παρατηρώ αρχίσω να κινούμαι με σταθερή ταχύτητα.

Η θέση μου δηλαδή πάνω στο θέμα της στατικής ισορροπίας είναι να εξασφαλίσουμε σε όλους τους αδρανειακούς παρατηρητές τις ίδιες λέξεις για τη συνισταμένη δύναμη, αφού ίδια την βλέπουν.

Επιγραμματικά, η ισορροπία υλικού σημείου ως έννοια, πρέπει να συνδέεται άμεσα μόνο με το μηδενισμό των αιτίων που προκαλούν μεταβολές στην ταχύτητα του σημείου, δηλαδή με τις δυνάμεις. Και αυτό μπορεί να είναι υπόθεση μιας στιγμής ή μιας αιωνιότητας. Μπορεί να είναι ορισμός και δικαίωμα τόσο των αδρανειακών, όσο και των μη αδρανειακών παρατηρητών.

Δ. Ισορροπία συστήματος υλικών σημείων

Εύκολα μπορούμε τώρα να δούμε ότι η εννοιολογική και φορμαλιστική συνέπεια και άρα η αξία του ορισμού που ισχύει για την ισορροπία ενός υλικού σημείου, επιβάλλει την αξία του ορισμού της ισορροπίας συστήματος N υλικών σημείων

$$\text{Ισορροπία συστήματος } N \text{ υλικών σημείων} \leftrightarrow \vec{F}_{i,\alpha} = \vec{0}$$

όπου $\vec{F}_{i,\alpha}$ είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που δέχεται το τυχαίο i υλικό σημείο του συστήματος.

Λέμε λοιπόν ότι ένα σύστημα υλικών σημείων ισορροπεί όταν καθένα υλικό σημείο του συστήματος ισορροπεί. Όταν δηλαδή καθένα σημείο του συστήματος δέχεται συνισταμένη δύναμη μηδέν.

Ας προσέξουμε εδώ, ότι δεν αρκεί η συνισταμένη δύναμη σε ολόκληρο το σύστημα να είναι μηδέν για να ισορροπεί το σύστημα. Πρέπει η συνισταμένη που δέχεται το καθένα ξεχωριστά σημείο του συστήματος να είναι μηδέν.

Τέλος, αξίζει να δούμε τη μαθηματική και εννοιολογική συνέπεια ότι για $N=1$, ο παραπάνω ορισμός μεταπίπτει στον ορισμό που δώσαμε για την ισορροπία του ενός υλικού σημείου!!!

Δ. Ισορροπία στερεού σώματος

Το στερεό σώμα από ορισμό είναι ένα σύστημα N υλικών σημείων, το οποίο υπόκειται στους ολόνομους συνδέσμους, οι αποστάσεις μεταξύ όλων των ζευγαριών υλικών σημείων να παραμένουν σταθερές.

(Σημ. Το «Ολόνομος σύνδεσμος» αποδίδει το αγγλικό «holonomic constraints».

Αφορά τις εξισώσεις μεταξύ των συντεταγμένων των υλικών σημείων και του χρόνου που περιορίζουν την κίνηση του συστήματος. Το γράφω μήπως δεν υπάρχει ενιαία ελληνική απόδοση και γίνει σύγχυση.)

Άρα το στερεό σώμα δεν είναι τίποτε περισσότερο από μια ειδικά περίπτωση συστήματος υλικών σημείων.

Κατά συνέπεια ισχύει η προηγούμενη ισοδυναμία

Ένα στερεό σώμα ισορροπεί όταν η συνισταμένη δύναμη πάνω σε οποιοδήποτε υλικό του σημείο είναι μηδέν.

Όπως επισημάναμε και παραπάνω την ισορροπία ενός στερεού σώματος δεν την εξασφαλίζει ο μηδενισμός της συνισταμένης πάνω σε ολόκληρο το σώμα, αλλά ο μηδενισμός της συνισταμένης σε καθένα από τα υλικά του σημεία ξεχωριστά.

Αφού όμως κατά την ισορροπία του στερεού η συνισταμένη δύναμη σε κάθε υλικό σημείο είναι μηδέν, θα πρέπει κατά την ισορροπία του στερεού κάθε υλικό του σημείο να είναι είτε ακίνητο, είτε να εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Επειδή όμως ισχύουν οι ολόνομοι σύνδεσμοι (εξισώσεις που εξασφαλίζουν σταθερές αποστάσεις μεταξύ των σημείων), πρέπει όλα τα υλικά σημεία είτε συγχρόνως να είναι ακίνητα, είτε συγχρόνως να έχουν την ίδια ταχύτητα.

Συμπέρασμα:

Ένα στερεό σώμα ισορροπεί όταν

- είναι ακίνητο
- όταν εκτελεί αποκλειστικά μεταφορική κίνηση ευθύγραμμη ομαλή
- όταν περάσει, έστω και στιγμιαία, από θέση όπου η συνισταμένη δύναμη πάνω σε οποιοδήποτε υλικό του σημείο εκείνη τη στιγμή είναι μηδέν.

κ.λ.π.

Από τα παραπάνω λοιπόν προκύπτει ότι **στερεό σώμα που περιστρέφεται δεν είναι σε ισορροπία**, μιας και τα υλικά σημεία από τα οποία αποτελείται δεν βρίσκονται σε ισορροπία. Διαγράφουν καμπύλες τροχιές και συνεπώς υπάρχει οπωσδήποτε πάνω στο καθένα ξεχωριστά κεντρομόλος συνιστώσα (εκτός ίσως από μερικά σημεία, όπως πιθανώς να είναι αυτά του άξονα).

E. Η ανατομία ενός λανθασμένου ορισμού (β' μέρος)

«Ένα στερεό ισορροπεί όταν $\Sigma F=0$ και $\Sigma \tau=0$ »

με ευνόητους τους συμβολισμούς.

Παρακάμπτοντας τους απαράδεκτους μαθηματικά (συγγνώμη για τον όρο, αλλά έτσι λέγεται κάτι που δεν είναι παραδεκτό από τα μαθηματικά) συμβολισμούς $\Sigma F=0$ και $\Sigma \tau=0$, τους οποίους δεν ξέρω ποιος καθιέρωσε μεταξύ μας, όπως δεν ξέρω και γιατί τους συντηρούμε, πάω στο θέμα μας.

Ένας τέτοιος ορισμός και χωρίς να τον αναλύσεις, διαισθάνεσαι ότι περικλείει όχι απλώς εννοιολογικά αδιέξοδα, αλλά το κυριότερο δεν έχει καμιά μα καμιά συνέπεια με πάρα πολλές άλλες έννοιες της Φυσικής, μιας και αποδέχεται ως ισορροπία την περιστροφή με σταθερή γωνιακή ταχύτητα, μια κίνηση δηλαδή επιταχυνόμενη.

Διαβάζοντας τους διαλόγους στα δίκτυα **πέτυχα πάνω στους προβληματισμούς του Διονύση** στη διεύθυνση

<http://scienceteachersnet.ning.com/forum/topics/ti-semahinei-e-phrphase-hena?id=3442083%3ATopic%3A471&page=2#comments>

Έλεγε λοιπόν τότε ο Διονύσης:

«...Να ξεκινήσω από το σχολικό βιβλίο. Ξεκινά πάντα για ένα στερεό που αρχικά βρίσκεται σε ακινησία και διαπραγματεύεται την ισορροπία.

Αν κάνουμε το βήμα να ξεκινήσουμε για ένα στερεό που αρχικά στρέφεται με ω_0 , θα πρέπει να μιλάμε για ισορροπία; Εδώ έχω επιφυλάξεις (ιδεολογικού; ; ; περιεχομένου). Η ισορροπία του υλικού σημείου είναι αυτό που, κατά την άποψή μου, οδηγεί στο αδρανειακό σύστημα αναφοράς. Μπορώ να κάνω το αντίστοιχο βήμα για την περιστροφή;

Στρέφεται το στερεό με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Ωραία. Αλλά κάθε του σημείο έχει κεντρομόλο επιτάχυνση. Άρα επιταχύνεται. Μπορώ να τα ξεχωρίσω; Ισορροπεί το στερεό, δεν ισορροπεί το σημείο.

Θα ήθελα να ακούσω τοποθετήσεις και άλλων συναδέλφων.

Εγώ καταθέτω τον προβληματισμό μου για το βήμα που μας μεταφέρει από το υλικό σημείο στο στερεό και από ταχύτητα μεταφορική ενός σημείου, σε γωνιακή ταχύτητα στερεού. Η κίνηση και η ακινησία με βάση τον 1ο νόμο είναι απόλυτα ισοδύναμες. Ισχύει το ίδιο και για την περιστροφή; Θα ορίσουμε κατ'αντιστοιχία και περιστρεφόμενα συστήματα αναφοράς αντίστοιχα των αδρανειακών;

Ερωτήματα.....»

Η συγκεκριμένη φράση που υπογράμμισα στον προβληματισμό του Διονύση είναι η αρχή στην εννοιολογική συμφωρά που μπορεί να δημιουργήσει στη Φυσική ένας ορισμός του τύπου «**Ένα στερεό ισορροπεί όταν $\Sigma F=0$ και $\Sigma \tau=0$** ».

Σε ένα σύνολο υλικών σημείων που κανένα τους δεν ισορροπεί, **πώς** και από εννοιολογικής άποψης και από μαθηματικής σκοπιάς, **πώς βγήκε ότι το σύνολο ισορροπεί;**

Ας προσπαθήσουμε και μια άλλου είδους ανάλυση.

Αν έχω ένα σύστημα υλικών σημείων και δεν απαιτήσω οι αποστάσεις μεταξύ τους να παραμένουν σταθερές, τότε μπορώ να φροντίσω ώστε η συνισταμένη δύναμη πάνω στο σύστημα (όχι σε κάθε του σημείο, αλλά σε ολόκληρο το σύστημα) να είναι μηδέν, καθώς και η συνισταμένη ροπή να είναι μηδέν. Επειδή όμως το κάθε σημείο του συστήματος δεν θα είναι απαραίτητο να δέχεται συνισταμένη δύναμη μηδέν, πολλά, ίσως και όλα τα σημεία του συστήματος, θα επιταχύνονται (δε θα ισορροπούν). Αυτή η κατάσταση και με δεδομένο ότι οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων δεν είναι υποχρεωμένες να είναι σταθερές, θα οδηγούσε στο να χαρακτηρίζω το σύστημα σε ισορροπία έστω και αν τα σημεία συγκρούονταν μεταξύ τους, υπήρχαν τμήματα που αποκτούσαν γωνιακές επιταχύνσεις και κάποια άλλα αντίθετες γωνιακές επιταχύνσεις ή ό,τι άλλο θέλετε. Ας συμβεί ό,τι να είναι στα μέρη του συστήματος αρκεί να μη πειραχτεί το συνολικό « $\Sigma F=0$ και $\Sigma \tau=0$ »

Ένα τέτοιο σύστημα υλικών σημείων που ούτε το καθένα ξεχωριστά, ούτε ολόκληρα τμήματα του συστήματος δεν είναι σε ισορροπία, δε μπορεί να είναι σε ισορροπία.

Άρα ο ορισμός «Ένα στερεό ισορροπεί όταν $\Sigma F=0$ και $\Sigma \tau=0$ » ουσιαστικά αφορά τον τύπο του συνδέσμου μεταξύ των υλικών σημείων και όχι το σύστημα.

Δηλαδή ο ορισμός αυτός είναι σα να λέει:

« Ένα σύστημα υλικών σημείων με ολόνομο σύνδεσμο της ειδικής μορφής

$$(\vec{r}_i - \vec{r}_j)^2 = a_{ij}^2$$

όπου \vec{r}_i και \vec{r}_j τα διανύσματα θέσης των υλικών σημείων i και j και a_{ij} σταθερές, ισορροπεί όταν $\Sigma F=0$ και $\Sigma \tau=0$ »

Είναι προφανές πια, ότι αν αλλάξω τον σύνδεσμο μεταξύ των υλικών σημείων του συστήματος πρέπει να δώσω άλλο ορισμό για την ισορροπία, γιατί αλλιώς θα βλέπω να γίνεται χάος με τα υλικά σημεία, το σύστημα και τα διάφορα τμήματά του να παθαίνουν χίλια δυο και εγώ θα λέω ότι ισορροπεί.

ΣΤ. Τελειώνοντας...

Αν θέλουμε η λέξη ισορροπία να έχει την αξία ενός ορισμού και τον καθοριστικό ρόλο στη δομή της γλώσσας της Φυσικής που έχει κάθε ορισμός, πρέπει να έχει δύναμη και ως εκ τούτου πρέπει να αποδίδεται με ενιαία αυστηρή μαθηματική σχέση είτε πρόκειται για ένα υλικό σημείο, είτε για ένα σύστημα υλικών σημείων, είτε για ολόνομους συνδέσμους, είτε για μη ολόνομους συνδέσμους, είτε για αδρανειακούς παρατηρητές, είτε για μη αδρανειακούς παρατηρητές, είτε.....είτε.....

Και αυτός ο ορισμός υπάρχει:

$$\text{Ισορροπία συστήματος υλικών σημείων} \leftrightarrow \vec{F}_{i,ολ} = \vec{0}$$

όπου $\vec{F}_{i,ολ}$ είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που δέχεται το τυχαίο υλικό σημείο i , του συστήματος.

Αν τώρα θέλουμε να αποδώσουμε ειδικές κατηγορίες ισορροπιών, ας προσθέσουμε στον παραπάνω ορισμό και κάποιον ακόμη περιορισμό (σταθερές δυνάμεις, συντηρητικές, ολόνομοι σύνδεσμοι, μηδέν ταχύτητα κ.λ.π.).

Μόνο που θα πρέπει στη λέξη ισορροπία να προστεθεί και ένας (επιθετικός πιθανώς) προσδιορισμός για να ξεχωρίσει ότι μιλάμε για κάτι ειδικό (ευσταθή ισορροπία, στατική, κ.λ.π.)

Τέλος αν θέλουμε να βάλουμε τη λέξη ισορροπία σε άλλες περιοχές της οποιαδήποτε επιστήμης με άλλη έννοια, ας ορίσουμε όλη μαζί τη φράση τελείως διαφορετικά και γνωρίζοντας ότι θα είναι περιορισμένης ισχύος.

Η ισορροπία στη μηχανική αν θέλουμε να είναι κάτι αυστηρό και καλά ορισμένο πρέπει να συνδεθεί με κάτι αυστηρό και καλά ορισμένο. Αλλιώς θα μιλάμε διαλέκτους, αλλά όχι γλώσσα.

Κάτι που δυστυχώς φαίνεται να μας απειλεί αν διαβάσουμε τις «διχογνωμίες» τόσων και τόσων συγγραφέων μέσα από βιβλία παγκόσμιας εμβέλειας.

Κυριακή, 17 Ιανουαρίου 2010

*Θρασύβουλος Κων. Μαχαίρας
Φυσικός
Άγιος Βλάσιος Τηλίου*