

# Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΩΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΞΙΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ

Κ. Ν. Αθανασιάδης

Δρ. Τεχνικών Επιστημών, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσ/νίκης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών,  
Τμήμα Αυτοματισμού, Σίνδος 54101, Θεσ/νίκη

e-mail: [kath@teithe.gr](mailto:kath@teithe.gr)

## 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μετρήσεις αποτελούν βασικότατο μέσο για την κατάκτηση της γνώσης και την κατανόηση των φυσικών νόμων από τον άνθρωπο, ενώνοντας τη θεωρία με την πρακτική ζωή της κοινωνίας. Αντικείμενο των μετρήσεων αποτελεί η εύρεση της τιμής του φυσικού μεγέθους με πειραματικό τρόπο.

Στην εργασία αυτή η μέτρηση ως κεντρική έννοια της μετρολογίας, αναλύεται ως προς τον **κοινωνικό** της ρόλο, τη σημασία της για τη **θεωρία της γνώσης** και το ρόλο της στο **φιλοσοφικό** επίπεδο. Οι μετρήσεις, εξασφαλίζουν τη λήψη της ποσοτικής πληροφορίας για το αντικείμενο που ελέγχεται, την υψηλή ποιότητα και την αποτελεσματική διαχείριση των προϊόντων, η δε σημασία των μετρήσεων εκφράζεται με τρεις διαστάσεις: την **τεχνολογική**, τη **φιλοσοφική** και την **επιστημονική**.

Ως προς το αποτέλεσμα της, η μέτρηση πρέπει να μας περιγράφει την κατάσταση ή το φαινόμενο του φυσικού κόσμου το οποίο μετράμε. Μεταξύ αυτής της κατάστασης ή του φαινομένου και του αποτελέσματος της μέτρησης πρέπει να υπάρχει κάποια αναλογία. Αν και η μέτρηση μπορεί να περιγραφεί ως λήψη πληροφορίας, η λήψη αυτής της πληροφορίας είναι αναγκαία όχι όμως και ικανή για τον ορισμό της μέτρησης και αυτό γιατί η μέτρηση πρέπει να είναι **περιγραφική**, **επιλεκτική** και **αντικειμενική**.

Η μετρολογία ως επιστήμη των μετρήσεων συμπεριλαμβάνει όλες τις εκδοχές της θεωρητικής και πρακτικής μετρολογίας που αναφέρονται στις μετρήσεις με οποιαδήποτε ακρίβεια και σε οποιοδήποτε πεδίο της επιστήμης και τεχνολογίας απαντάται. Έτσι περιγράφεται η θέση της μετρολογίας σε σχέση με τις θετικές, κοινωνικές και φιλοσοφικές επιστήμες.

Όπως οποιαδήποτε άλλη επιστήμη, η μετρολογία κατασκευάζεται βάσει διάφορων βασικών υποθέσεων και περιγράφεται μέσω των αρχικών αξιωμάτων της. Από τις υποθέσεις αυτές γίνεται, στην παρούσα εργασία, προσπάθεια **αξιωματικής προσέγγισης** της επιστήμης της μετρολογίας με σκοπό τη θεμελίωση της θεωρητικής της βάσης.

Περιγράφονται και αναλύονται τα τρία αξιώματα της μετρολογίας: α) σε σχέση με την ύπαρξη καθορισμένου φυσικού μεγέθους και της μετρητικής τιμής του στα πλαίσια ενός προσδιορισμένου μοντέλου, β) ότι η μετρητική τιμή υπάρχει και δεν μεταβάλλεται και γ) υπάρχει αναντιστοιχία μεταξύ του μετρούμενου φυσικού μεγέθους και της υπό μέτρηση ιδιότητας ενός αντικειμένου η οποία και περιορίζει την απαιτούμενη αβεβαιότητα μέτρησης.

*Λέξεις-Κλειδιά: Μετρήσεις, Μετρολογία, Αξιώματα Μετρολογίας, Ταξινόμηση Μετρολογίας.*

## 2. Ο ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Η μέτρηση – βασική έννοια της μετρολογίας – είναι εκείνη «**η διαδικασία που έχει ως αντικείμενο τον προσδιορισμό της τιμής της ποσότητας (του φυσικού μεγέθους)**»[1]. Βασικό αντικείμενο των μετρήσεων η εύρεση της τιμής του φυσικού μεγέθους με πειραματικό τρόπο και με τη βοήθεια ειδικών τεχνικών μέσων. Όπως στη φυσική έτσι και στη μετρολογία, η έννοια του Φυσικού μεγέθους έχει να κάνει με μια από τις ιδιότητες ενός φυσικού αντικείμενου (συστήματος, φαινομένου ή διαδικασίας) η οποία είναι κοινή ποιοτικά για πολλά φυσικά αντικείμενα (π.χ. μάζα, μήκος, ηλεκτρική αντίσταση, θερμοκρασία κτλ.), όμως ποσοτικά είναι μοναδική για το καθένα από αυτά. Δηλαδή ως ιδιότητα, η οποία μπορεί για ένα αντικείμενο να είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο από κάποιο άλλο (για παράδειγμα κάθε αντικείμενο έχει ορισμένο μήκος, μάζα, πυκνότητα, δύναμη κλπ.). Το ποσοτικό περιεχόμενο αυτής της ιδιότητας στο αντικείμενο λέγεται μέτρο του φυσικού μεγέθους και η αριθμητική εκτίμηση του μεγέθους της –τιμή του φυσικού μεγέθους.

Ο William Thomson (από το 1892 Λόρδος Kelvin) ανέφερε συχνά την άποψη του για τις μετρήσεις, που είχε σχηματίσει κατά την πόντιση του πρώτου Ατλαντικού τηλεγραφικού καλωδίου [2]: «Πολλές φορές λέω ότι όταν μπορείς να μετρήσεις εκείνο για το οποίο μιλάς και να το εκφράσεις με αριθμούς, ξέρεις κάτι γι' αυτό· όταν όμως δεν μπορείς να το εκφράσεις με αριθμούς, η γνώση σου είναι φτωχή και ελλιπής: πιθανόν να βρίσκονται στην αρχή της γνώσης, αλλά όμως η σκέψη σου δεν έχει προχωρήσει στο στάδιο της επιστήμης, οποιοδήποτε κι αν είναι το αντικείμενό σου.»

Οι μετρήσεις μας βοηθούν να γνωρίσουμε τον υλικό κόσμο και να κατανοήσουμε τους φυσικούς νόμους. Αυτές ενώνουν την θεωρία με την πρακτική ζωή της κοινωνίας και χρησιμοποιούνται παντού: στην επιστήμη, σε οποιαδήποτε παραγωγική διαδικασία, στον έλεγχο της ποιότητας, στην τελειοποίηση τεχνολογικών διαδικασιών, στην αυτοματοποίηση της παραγωγής, στην τυποποίηση και αλλού.

Η εξαγωγή της ποσοτικής πληροφορίας για τις ιδιότητες των αντικειμένων και διαδικασιών, πραγματοποιείται με τη βοήθεια των μετρήσεων· δηλαδή οι μετρήσεις υλοποιούνται για να μάθουμε κάτι για το αντικείμενο που υπόκειται τη μέτρηση, για το μετρούμενο μέγεθος. Το αποτέλεσμα της μέτρησης πρέπει να μας περιγράφει την κατάσταση ή το φαινόμενο του φυσικού κόσμου το οποίο μετράμε [3]. Μεταξύ αυτής της κατάστασης ή του φαινομένου και του αποτελέσματος της μέτρησης πρέπει να υπάρχει κάποια αναλογία. Αν και η μέτρηση μπορεί να περιγραφεί ως *λήψη πληροφορίας*, η λήψη αυτής της πληροφορίας είναι αναγκαία όχι όμως και ικανή για τον ορισμό της μέτρησης: όταν διαβάζουμε ένα βιβλίο παίρνουμε πληροφορίες, δεν πραγματοποιούμε όμως μετρήσεις[3]. Η μέτρηση επομένως πρέπει να είναι **περιγραφική**.

Η δεύτερη άποψη της μέτρησης είναι ότι αυτή θα πρέπει να είναι **επιλεκτική**: να μας δίνει δηλαδή πληροφορίες μόνο για αυτό για το οποίο μετράμε (μετρούμενη φυσική ποσότητα), όμως να μην μας πει τίποτα για τις άλλες διαφορετικές καταστάσεις ή φαινόμενα γύρω μας. Παρατηρώντας μια ζωγραφιά σε ένα άδειο δωμάτιο, μέσα στο οποίο δεν υπάρχει τίποτα άλλο, θα πάρουμε πληροφορία για τη ζωγραφιά, όμως αυτό δεν θα είναι μέτρηση[3].

Η τρίτη άποψη που είναι και η πλέον απαραίτητη πλευρά της δουλειάς, είναι το γεγονός ότι η μέτρηση πρέπει να είναι **αντικειμενική**[3]. Η εξέλιξη της μέτρησης δεν πρέπει να εξαρτάται από τον παρατηρητή. Ο οποιοσδήποτε παρατηρητής πρέπει να εξάγει από τις μετρήσεις την ίδια ακριβώς πληροφορία και να φτάνει στα ίδια ακριβώς συμπεράσματα με κάποιον άλλον.

Ο ορισμός της μέτρησης, ως διαδικασίας που έχει ως αντικείμενο τον προσδιορισμό της τιμής της φυσικής ποσότητας [1] με τη βοήθεια ειδικών τεχνικών μέσων, αναπτύσσει την **τεχνική διάσταση** της σημασίας της μέτρησης. Οι μετρήσεις εξασφαλίζουν

την λήψη της ποσοτικής πληροφορίας για το αντικείμενο που ελέγχεται, την υψηλή ποιότητα και την αποτελεσματική διαχείριση των προϊόντων.

Εκτός της τεχνικής η σημασία της μέτρησης εκφράζεται και με άλλες δυο διαστάσεις: την φιλοσοφική και την επιστημονική[4].

Η **επιστημονική διάσταση** των μετρήσεων βασίζεται στο γεγονός, ότι με τη βοήθειά τους πραγματοποιείται η σύνδεση της θεωρίας με την πράξη στην επιστήμη. Χωρίς τις μετρήσεις δεν θα ήταν δυνατός ο έλεγχος των επιστημονικών υποθέσεων και επομένως η ανάπτυξη της επιστήμης.

Η **φιλοσοφική διάσταση** στηρίζεται στο ότι οι μετρήσεις αποτελούν την βασική και καθολική μέθοδο γνώσης των φυσικών φαινομένων και διεργασιών. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο η μετρολογία ως επιστήμη των μετρήσεων βρίσκεται σε ιδιαίτερη θέση σε σχέση με τις υπόλοιπες επιστήμες. Η δυνατότητα μέτρησης καθορίζεται με την προκαταβολική μελέτη της καθορισμένης ιδιότητας του αντικειμένου μέτρησης, την κατασκευή νοητών μοντέλων τόσο της ίδιας της ιδιότητας όσο και του φορέα αυτής – του αντικειμένου μέτρησης συνολικά, δηλαδή. Γι' αυτό η θέση των μετρήσεων προσδιορίζεται όχι μεταξύ των πρωτευόντων μεθόδων γνώσης (θεωρητικών ή εμπειρικών) αλλά μεταξύ των δευτερευόντων (ποσοτικών Quantitative), οι οποίες καθορίζουν την αξιοπιστία των μετρήσεων. Με τη βοήθεια αυτών των δευτερευόντων γνωστικών διαδικασιών λύνονται τα προβλήματα διαμόρφωσης των δεδομένων (παγίωση αποτελεσμάτων γνώσης)[4]. Η μέτρηση, από αυτήν την οπτική γωνιά, εμφανίζεται ως μέθοδος κωδικοποίησης των πληροφοριών, οι οποίες λαμβάνονται με την βοήθεια διάφορων μεθόδων γνώσης, δηλαδή του τελικού σταδίου της διαδικασίας γνώσης, η οποία σχετίζεται με την καταγραφή της λαμβανόμενης πληροφορίας[5].

### 3. Η ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

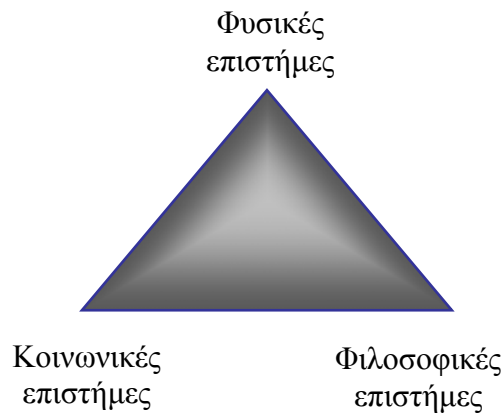
Η επιστήμη και η βιομηχανία δεν μπορούν να υπάρχουν χωρίς τις μετρήσεις. Κάθε δευτερόλεπτο γίνονται δισεκατομμύρια μετρήσεις τα αποτελέσματα των οποίων χρησιμοποιούνται για την διασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.

Όπως αναφέρει ο Α.Η. Cook: «Οι μετρήσεις είναι το νευρικό σύστημα της τεχνικής ζωής. Μέσω των μετρήσεων μαθαίνουμε για το φυσικό κόσμο γύρω μας· μέσω αυτών θέτουμε την γνώση σε αριθμητική γλώσσα, στην οποία εφαρμόζουμε μαθηματικές μεθόδους για την οργάνωσή της σε λογικά συστήματα· μέσω των μετρήσεων αυτή η συστηματική γνώση εφαρμόζεται για την αλλαγή του φυσικού κόσμου από την μηχανική. Η ακριβής μέτρηση απαιτείται για την ορθή γνώση και τον οικονομικό σχεδιασμό· η κατάλληλη χρειάζεται για γρήγορη επικοινωνία και αποτελεσματική οργάνωση.»

Πρακτικά δεν υπάρχει πεδίο της ανθρώπινης δραστηριότητας στο οποίο να μην χρησιμοποιούνται εντατικά οι μετρήσεις, οι δοκιμές και οι έλεγχοι. Γίνεται επομένως ολοφάνερη η τεράστια κοινωνική σημασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων. Για παράδειγμα, οι αρνητικές συνέπειες από αναξιόπιστα αποτελέσματα μετρήσεων, μερικές φορές μπορεί να είναι καταστροφικές (στην ιατρική, πυρηνική ενέργεια κλπ.).

Πέραν της **κοινωνικής σημασίας** των μετρήσεων, μεγάλος είναι και ο ρόλος στο φιλοσοφικό επίπεδο εξαιτίας της σημασίας των μετρήσεων στη θεωρία της γνώσης (γνωσθεωρία), καθώς οι μετρήσεις αποτελούν το βασικό μέσο της επιστήμης για την αντικειμενική απόκτηση γνώσης του φυσικού κόσμου.

Ο ρώσος ακαδημαϊκός Μπ. Μ. Κέδροβ (Кедров В.М.) πρότεινε [4,6] το επονομαζόμενο «τρίγωνο των επιστημών», στην κορυφή του οποίου βρίσκονται οι θετικές, κοινωνικές και φιλοσοφικές επιστήμες (Σχ. 1)



Σχήμα 1. Το τρίγωνο των επιστημών

Με βάση αυτή την ταξινόμηση, η μετρολογία κατατάσσεται στην πλευρά Θετικές – Κοινωνικές επιστήμες. Η ταξινόμησή της όμως και προς την πλευρά Θετικές – Φιλοσοφικές επιστήμες θα ήταν εξίσου σωστή λόγω της σημασίας της μετρολογίας για τη γνώση του φυσικού κόσμου[7].

Μιλώντας για τη «θέση» οποιασδήποτε επιστήμης στο σύστημα των επιστημών, ο Κέδροβ μας δείχνει[4]: «Η θέση στο σύστημα επιστημών εκφράζει, πρώτα το σύνολο όλων των σχέσεων και αλληλουχιών μεταξύ αυτής της επιστήμης και των όμορων επιστημών της και μέσω αυτών και στις επιστήμες που είναι πιο μακρινές από αυτήν και επομένως με όλο το σύνολο της ανθρώπινης γνώσης· αυτό απαντάει στην εξέταση του ερωτήματος από την πλευρά της οργανωτικής διάρθρωσης. Κατά δεύτερον, σε καθορισμένο επίπεδο ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, αυτή αντανακλά το αντίστοιχο επίπεδο ανάπτυξης του ίδιου εξωτερικού κόσμου, και έτσι με αυτό την ύπαρξη διαβάσεων μεταξύ αυτής της επιστήμης και των άμεσα παρακείμενων με αυτή γενικά επιστημών· αυτό απαντάει στην εξέταση του ερωτήματος από την ιστορική ή και γενετική πλευρά». Χωρίς την ύπαρξη της μετρολογίας δεν μπορεί να ανταποκριθεί ούτε μια επιστήμη, για αυτόν τον λόγο η μετρολογία ως επιστήμη των μετρήσεων βρίσκεται σε στενή επαφή με όλες τις άλλες επιστήμες [7].

#### 4. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ.

Η μετρολογία ως το πεδίο της γνώσης που εμπλέκεται με τις μετρήσεις συμπεριλαμβάνει όλες τις εκδοχές της θεωρητικής και πρακτικής μετρολογίας που αναφέρονται στις μετρήσεις με οποιαδήποτε ακρίβεια και σε οποιοδήποτε πεδίο της επιστήμης και τεχνολογίας απαντάται.

Η μετρολογία ως επιστήμη και πεδίο της πρακτικής δραστηριότητας μεταξύ των ανθρώπων, δημιουργήθηκε στην αρχαιότητα. Σε όλη τη διαδρομή ανάπτυξης της ανθρώπινης κοινωνίας οι μετρήσεις, συνειδητά ή ασυνειδητά ήταν η βάση των αλληλοσχέσεων των ανθρώπων μεταξύ τους, με τα αντικείμενα που τους περιτριγύριζαν, με την ίδια τη φύση. Οι μετρήσεις που γίνονται στους διάφορους τομείς της κοινωνίας κυριαρχούν πλέον στη ζωή μας επηρεάζοντας την καθημερινή ζωή κάθε ανθρώπου. Συχνά οι μετρήσεις θεωρούνται ως δεδομένες: κατ' αυτόν τον τρόπο, όταν αγοράζουμε τρόφιμα, γεμίζουμε βενζίνη στο αυτοκίνητό μας ή καταναλώνουμε ηλεκτρικό ρεύμα ή φυσικό αέριο στο σπίτι θεωρούμε ως δεδομένο ότι έχουν χρησιμοποιηθεί επακριβή μηχανήματα ζύγισης και μετρητικές διατάξεις ακριβείας. Ορισμένες φορές συνειδητοποιούμε άμεσα τη σπουδαιότητα των μετρήσεων, όπως όταν εξετάζονται τρόφιμα για να εξακριβωθεί κατά πόσο έχουν

μολυνθεί από ιχνοστοιχεία ή άλλες δηλητηριώδεις ουσίες ή όταν γίνονται αναλύσεις αίματος στο πλαίσιο γενικών ιατρικών εξετάσεων.

Βασικός σκοπός της μετρολογίας είναι[7]:

- ⇒ Η δημιουργία γενικής θεωρίας μετρήσεων,
- ⇒ Η θέσπιση μονάδων φυσικών μεγεθών που να είναι διεθνώς αποδεκτές,
- ⇒ Η επεξεργασία επιστημονικών μεθόδων, βάσεων διασφάλισης της ενότητας και ομοιογένειας των μετρήσεων μέσω μιας αδιάσπαστης αλυσίδας μετρήσεων όπου σε κάθε στάδιο-κρίκο η μετρητική αβεβαιότητα καταγράφεται,
- ⇒ Η δημιουργία προτύπων και μετρητικών μέσων, έλεγχος των σταθμών και των μετρητικών μέσων.

**Αντικείμενο** της μετρολογίας είναι η εξαγωγή ποσοτικής πληροφορίας για τις ιδιότητες των αντικειμένων και διαδικασιών με προσδιορισμένη ακρίβεια και αξιοπιστία. Μέσα της μετρολογίας είναι το σύνολο των μετρητικών μέσων και μετρολογικών προτύπων, τα οποία διασφαλίζουν την ορθολογική χρήση της[8].

## 5. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η μετρολογία ως επιστήμη για τις μετρήσεις υποδιαιρείται σε τρεις κατηγορίες με διαφορετικά επίπεδα πολυπλοκότητας και αβεβαιότητας μέτρησης: στην Επιστημονική - Θεωρητική Μετρολογία, στη Βιομηχανική Μετρολογία και στη Νομική Μετρολογία.

Η **Επιστημονική Μετρολογία**, έχει να κάνει με την οργάνωση και ανάπτυξη των προτύπων μέτρησης μαζί με την υποστήριξή τους σε ύψιστο επίπεδο. Η Θεωρητική (βασική) μετρολογία δεν έχει διεθνή ορισμό όμως σηματοδοτεί το ύψιστο επίπεδο για την αβεβαιότητα μέτρησης μέσα σε ένα συγκεκριμένο πεδίο. Η θεωρητική μετρολογία μπορεί επίσης να περιγραφεί ως η επιστημονική μετρολογία εμπλουτισμένη με όλα εκείνα τα μέλη της Νομικής και Βιομηχανικής Μετρολογίας που απαιτούν επιστημονική επάρκεια.

Η **Βιομηχανική Μετρολογία** εξασφαλίζει την επαρκή λειτουργία των μετρητικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία καθώς επίσης και στις διαδικασίες ελέγχου και παραγωγής. Εξετάζει τα ερωτήματα της πρακτικής εφαρμογής των θεωρητικών ερευνών (θεωρητικής μετρολογίας) σε διάφορα πεδία των επιστημονικών δραστηριοτήτων.

Η **Νομική Μετρολογία** εμπλέκεται με τις μετρήσεις και την αβεβαιότητα των μετρήσεων όπου αυτές έχουν επίδραση στη διαφάνεια οικονομικών συναλλαγών, στην υγεία και την ασφάλεια.

Στη νομική μετρολογία αναπτύσσονται οι μονάδες μέτρησης, οι μέθοδοι μετρήσεων και μετρητικές συσκευές, που συσχετίζονται με υποχρεωτικές τεχνικές και νομικές απαιτήσεις και ερευνώνται το σύνολο των αλληλένδετων και αλληλοκαθορισμένων κοινών κανόνων, απαιτήσεων και νόμων, καθώς επίσης και θέματα που απαιτούν δημιουργία κανονισμών και ελέγχων από την πλευρά ενός κράτους έτσι ώστε να διασφαλιστεί η ενότητα και η ομοιογένεια των μετρήσεων. Η νομική μετρολογία περιλαμβάνει τις μετρήσεις που σχετίζονται με θέματα προστασίας του πολίτη, για τις οποίες ευθύνη φέρει η πολιτεία όπως στις εμπορικές συναλλαγές, στα θέματα ασφάλειας, στην προστασία του περιβάλλοντος και στο σύστημα υγείας.

### 5.1 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ – ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑ

Βασικότατος τομέας της μετρολογίας είναι η *επιστημονική-θεωρητική μετρολογία*, η οποία αναπτύσσει τη θεωρία των μετρήσεων, τα συστήματα μονάδων μέτρησης, δημιουργεί νέες μεθόδους μετρήσεων και ασχολείται με τη βασική έρευνα.

Η θεωρητική μετρολογία αποτελείται από τέσσερα κύρια τμήματα [8]:

1. τη σύσταση της μετρολογίας,
2. την ιχνηλασιμότητα των μετρήσεων, δηλ. τη θεωρία αναπαραγωγής μονάδων φυσικών ποσοτήτων και μετάδοσης των μεγεθών τους,
3. τη θεωρία κατασκευής μετρητικών οργάνων και,
4. τη θεωρία αβεβαιότητας μετρήσεων.

1. **Σύσταση της μετρολογίας.** Στο τμήμα αυτό περιγράφεται η ανάγκη διατύπωσης των εννοιών, ορισμών και αξιωμάτων της μετρολογίας, όπως αυτό γίνεται και σε κάθε άλλη επιστήμη, καθώς και η επιστήμη της επεξεργασίας και μελέτης (έρευνας) για τις φυσικές ποσότητες (μεγέθη) και της μεθοδολογίας των μετρήσεων.

2. **Ιχνηλασιμότητα των μετρήσεων.** Η κατάδειξη της συσχέτισης κάποιας μέτρησης, διαμέσου μιας αδιάσπαστης αλυσίδας μετρήσεων (διακριβώσεων) προς ένα Διεθνές ή Παγκόσμιο Πρότυπο. Κύριο μέλημα εδώ είναι η θεωρία αναπαραγωγής των μονάδων φυσικών ποσοτήτων και η μετάδοση των μεγεθών τους. Η δημιουργία προτύπων (etalon) τα οποία βασίζονται σε σταθερές φυσικές διαδικασίες. Για τα πρότυπα των βασικών φυσικών μονάδων πρωταρχικό θεωρείται η επίτευξη του μέγιστου επιπέδου για όλα τα μετρολογικά χαρακτηριστικά τους.

3. **Η θεωρία κατασκευής μετρητικών οργάνων.** Η τεχνολογική εξέλιξη είναι αυτή που προσδιορίζει τη δημιουργία νέων μετρητικών συστημάτων για τη διασφάλιση μικρότερης αβεβαιότητας μετρήσεων με βάση της συσκευές αυτές. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στη χρήση μικροεπεξεργαστών και στην κατασκευή νέων αισθητήρων (sensors), για την υλοποίηση μετρητικών συστημάτων.

4. **Θεωρία Αβεβαιότητας μετρήσεων.** Μία εκτίμηση του εύρους τιμών γύρω από την μετρούμενη τιμή, εντός του οποίου είναι πιθανόν (συνήθως με ένα ορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης π.χ. 95%) να βρίσκεται η αληθινή τιμή του μετρούμενου μεγέθους.

## 6. ΑΞΙΩΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

Κάθε επιστήμη χαρακτηρίζεται ως πλήρης όταν θεμελιώνεται βάσει διάφορων βασικών αρχών – των αξιωμάτων της, ενώ το σύνολο της θεωρίας οικοδομείται επαγωγικά. Έτσι και η μετρολογία, κατασκευάζεται βάσει διάφορων βασικών αρχών, οι οποίες περιγράφουν τα αξιώματά της.

Η θεωρία των μετρήσεων και ειδικότερα η αντιπροσωπευτική μορφή της είναι βασισμένη στις εργασίες των Suppes P., Jinnes J.L. κ.ά. [9–12]. Η θεωρία αυτή θεσπίζει ένα συνεπές πλαίσιο για τον καθορισμό και την περιγραφή των διαδικασιών μέτρησης ταιριάζοντας το θεωρητικό μοντέλο αυτής σε μια αλγεβρική περιγραφή. Οι θεμελιώδεις διαδικασίες της μέτρησης, και οι διαφορετικές μορφές μέτρησης, όπως οι άμεσες και έμμεσες, περιλαμβάνονται στην αντιπροσωπευτική αυτή θεωρία. Με άλλα λόγια η θεωρία μετρήσεων περιγράφει τη μεθοδολογία που έχει σχέση με τους αριθμούς και τις μαθηματικές πράξεις πάνω στα φυσικά αντικείμενα και τις διαδικασίες. Βλέποντας το απ' την πρακτική πλευρά η θεωρία μετρήσεων συμφωνεί με τις μαθηματικές μετρήσεις και την ανάλυση των μαθηματικών μετρήσεων.

Η μέτρηση είναι δύο πράγματα, αντιπροσώπηση και τάξη [13]. Η αντιπροσώπηση ασχολείται με τις διαδικασίες κατά τις οποίες μια ιδιότητα αντιπροσωπεύεται από ένα μέτρο (αριθμό). Η τάξη αφορά το ποσό που μια οντότητα κατέχει.

Μια εννοιολογική ανάλυση της μέτρησης μπορεί κατάλληλα να αρχίσει με τη διατύπωση των δύο θεμελιωδών προβλημάτων οποιασδήποτε διαδικασίας μέτρησης[14:

1. Το πρόβλημα της **αντιπροσώπησης** και,

2. Το πρόβλημα του καθορισμού του τύπου κλίμακας μιας δεδομένης διαδικασίας.

Το πρώτο πρόβλημα της **αντιπροσώπευσης**, έγκειται στην ανάθεση των αριθμών στα αντικείμενα ή τα φαινόμενα. Δεν μπορούμε δηλαδή κυριολεκτικά να πάρουμε έναν αριθμό στα χέρια μας και να τον “εφαρμόσουμε” σε ένα φυσικό αντικείμενο. Αυτό που είναι δυνατό να παρουσιάσουμε είναι ότι η δομή ενός συνόλου φαινομένων κάτω από ορισμένες εμπειρικές διαδικασίες και σχέσεις **είναι ίδια** με τη δομή κάποιου συνόλου αριθμών κάτω από τις αντίστοιχες αριθμητικές διαδικασίες και σχέσεις. Η λύση του προβλήματος αντιπροσώπευσης για τη θεωρία μετρήσεων δεν ξεκαθαρίζει εντελώς τη δομή της θεωρίας, γιατί υπάρχει συχνά μια τυπική διαφορά μεταξύ του είδους ανάθεσης των αριθμών που προκύπτουν από διαφορετικές διαδικασίες της μέτρησης. Αυτό είναι το δεύτερο θεμελιώδες πρόβλημα, ο καθορισμός δηλαδή του τύπου κλίμακας μιας δεδομένης διαδικασίας.

Ένας από τους χαρακτηριστικούς τρόπους αναπαράστασης των φυσικών θεωριών είναι η αξιωματική μέθοδος. Τα αξιώματα εκφράζουν τα ίδια τα θεμέλια της θεωρίας, τη δομή και το περιεχόμενό της. Η αξιωματική μέθοδος προσφέρει τον πιο σύντομο τρόπο της ουσίας οποιασδήποτε θεωρίας, επιτρέπει την ακριβέστερη διατύπωση και τη βαθύτερη και πλήρη ερμηνεία της. Από την πλευρά της λογικής, οποιαδήποτε θεωρία από μόνη της αντιπροσωπεύει ένα υποθετικό-παραγωγικό σύστημα το οποίο ξεκινά από ένα ορισμένο σύνολο υποθέσεων και αναπτύσσεται από τους παραγωγικούς κανόνες. Οι υποθέσεις κλήθηκαν αξιώματα με την υπογράμμιση ότι το αξίωμα είναι μια προφανής αλήθεια [15].

Πρέπει να τονιστεί ότι η οποιαδήποτε προσπάθεια διατύπωσης των βασικών θέσεων (αξιωμάτων) της μετρολογίας συναντά θεμελιώδεις δυσκολίες. Αυτές συνδέονται με το γεγονός, ότι από τη μια πλευρά, τα αξιώματα πρέπει να είναι αντικειμενικοί ισχυρισμοί, και από την άλλη – το αντικείμενο της μετρολογίας είναι οι μετρήσεις, δηλαδή μια μορφή ανθρώπινης δραστηριότητας, κατά την οποία αυτές πραγματοποιούνται από τους ανθρώπους για την επίτευξη υποκειμενικών σκοπών. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι είναι απαραίτητη η διατύπωση αυτών των αξιωμάτων αντικειμενικά και να χρησιμεύσουν ως βάση της μετρολογίας εμπεριέχοντας όμως σε μεγάλο βαθμό το υποκειμενικό στοιχείο.

## **1<sup>ο</sup> ΑΞΙΩΜΑ**

Έστω ότι έχουμε έναν κύλινδρο (μοντέλο – κύλινδρος) τότε αυτός έχει ως ένα χαρακτηριστικό του τη διάμετρο, η οποία και μπορεί να μετρηθεί.

Αν θεωρήσουμε ότι το χαρακτηριστικό αυτό δηλαδή η κάθετος διατομή δεν είναι κυκλική αλλά ελλειπτική, τότε η μέτρηση της διαμέτρου είναι αδιανόητη εξαιτίας του γεγονότος ότι η τιμή μέτρησης δε φέρει χρήσιμη πληροφορία και επομένως στα πλαίσια του νέου μοντέλου (διατομή ελλειπτική και όχι κυκλική) η έννοια διάμετρος δεν υπάρχει.

Η μετρητική τιμή λοιπόν υπάρχει μόνο στα πλαίσια δεδομένου μοντέλου δηλαδή έχει νόημα μόνο τότε, όταν το μοντέλο αντιπροσωπεύει επαρκώς το αντικείμενο [7].

Συνάγεται λοιπόν το πρώτο αξίωμα της μετρολογίας:

**“Στα πλαίσια αποδεκτού μοντέλου ενός αντικειμένου έρευνας υπάρχει ένα καθορισμένο μετρούμενο φυσικό μέγεθος και μια αληθής τιμή του”**

Δεδομένου ότι για διαφορετικούς σκοπούς μπορούμε να αντιπαραθέσουμε διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο αντικείμενο έρευνας συνεπάγεται το εξής συμπέρασμα:

**“Για δοσμένο φυσικό μέγεθος του αντικειμένου έρευνας υπάρχει πλήθος μετρούμενων φυσικών μεγεθών (και αντίστοιχα των αληθών τιμών τους)”**.

## 2° ΑΞΙΩΜΑ

Από το πρώτο αξίωμα της μετρολογίας συνεπάγεται ότι στη μετρούμενη ιδιότητα του αντικειμένου μέτρησης πρέπει να αντιστοιχεί μια παράμετρος του μοντέλου του. Το συγκεκριμένο μοντέλο κατά τη διάρκεια του χρόνου, ο οποίος είναι απαραίτητος για τη μέτρηση, πρέπει να μας επιτρέψει να θεωρήσουμε ότι η παράμετρος αυτή δεν μεταβάλλεται σε σχέση με το χρόνο. Σε διαφορετική περίπτωση δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις. Το γεγονός αυτό περιγράφεται από το δεύτερο αξίωμα:

**“η αληθής τιμή του μετρούμενου μεγέθους είναι σταθερή”.**

Μετά την απομόνωση της σταθερής παραμέτρου του μοντέλου, είναι δυνατή η μέτρηση του αντίστοιχου μεγέθους. Για ένα μεταβλητό φυσικό μέγεθος είναι απαραίτητο να απομονωθεί ή να επιλεγεί μια σταθερή παράμετρος του και να μετρηθεί. Γενικά αυτή η σταθερή παράμετρος εισάγεται με τη βοήθεια ενός Functional. Παράδειγμα τέτοιας σταθερής παραμέτρου μεταβαλλόμενου στο χρόνο σήματος αποτελεί η μέση ανόρθωση. Αυτή η πτυχή απεικονίζεται στο συμπέρασμα [7]:

**“για τη μέτρηση μεταβλητής φυσικής ποσότητας είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της σταθερής παραμέτρου του - η μετρούμενη τιμή”**

## 3° ΑΞΙΩΜΑ

Κατά τη διάρκεια της κατάρτισης του μαθηματικού μοντέλου του υπό μέτρηση αντικειμένου είναι αναπόφευκτο να γίνονται εξιδανικεύσεις σε κάποιες από τις ιδιότητές του[7]. Το πρότυπο δεν μπορεί ποτέ να περιγράψει εντελώς όλες τις ιδιότητες του υπό μέτρηση αντικειμένου. Αντίθετα απεικονίζει με συγκεκριμένο βαθμό προσέγγισης μερικές από αυτές, οι οποίες έχουν ζωτική σημασία για τη λύση αυτού του προβλήματος μέτρησης. Το μοντέλο κατασκευάζεται πριν τη μέτρηση βάσει μιας *a priori* πληροφορίας για το αντικείμενο λαμβάνοντας υπόψη το σκοπό της μέτρησης[7]. Η μετρούμενη τιμή του φυσικού μεγέθους ορίζεται ως μια παράμετρος του αποδεκτού μοντέλου, και η τιμή του, η οποία θα ήταν δυνατό να ληφθεί ως αποτέλεσμα μιας απολύτως ακριβούς μέτρησης, θεωρείται ως αληθής τιμή της δεδομένης μετρημένης ποσότητας. Αυτή η αναπόφευκτη εξιδανίκευση, η οποία γίνεται αποδεκτή κατά την κατάρτιση του μοντέλου του μετρούμενου αντικειμένου, καθιστά αναπόφευκτη την *αναντιστοιχία* (ή μη συμμόρφωση) μεταξύ της παραμέτρου του μοντέλου και της πραγματικής ιδιότητας του αντικειμένου η οποία καλείται “*κατώτατο όριο*”. Ο θεμελιώδης χαρακτήρας της έννοιας “*αναντιστοιχία κατώτατου ορίου*” καθιερώνεται από το αξίωμα[7]:

**“υπάρχει αναντιστοιχία του μετρούμενου μεγέθους και της υπό εξέταση ιδιότητας του αντικειμένου μέτρησης (αναντιστοιχία κατώτατου ορίου της μετρούμενης τιμής)”**

Αυτή η αναντιστοιχία κατώτατου ορίου περιορίζει κυρίως τη δυνατότητα πραγματοποίησης μέτρησης υψίστης ακρίβειας κατά τον αποδεκτό προσδιορισμό του μετρούμενου φυσικού μεγέθους.

Αλλαγές και επανακαθορισμοί του σκοπού της μέτρησης, συμπεριλαμβανομένων τέτοιων, οι οποίοι απαιτούν αύξηση στην ακρίβεια μέτρησης, οδηγούν στην ανάγκη για αλλαγή του μοντέλου του αντικειμένου μέτρησης και επαναπροσδιορισμό της έννοιας “μετρημένη τιμή”. Βασικό λόγο για τον επανακαθορισμό αποτελεί το γεγονός, ότι η ανα-



ντιστοιχία κατώτατου ορίου του προηγούμενως αποδεκτού ορισμού δεν επιτρέπει να αυξήσουμε την ακρίβεια μέτρησης στο απαραίτητο επίπεδο. Η πρόσφατα εισαχθείσα μετρούμενη παράμετρος του μοντέλου μπορεί επίσης να μετρηθεί μόνο με μια αβεβαιότητα, η οποία είναι στην καλύτερη περίπτωση ίση με την αβεβαιότητα που προκαλείται από την αναντιστοιχία κατώτατου ορίου. Δεδομένου ότι δεν είναι δυνατό να χτιστεί απολύτως ένα adequate μοντέλο του αντικειμένου μέτρησης, δεν είναι δυνατό να απαλειφθεί η αναντιστοιχία κατώτατου ορίου του φυσικού μεγέθους και της παραμέτρου την οποία περιγράφει το μοντέλο του υπό μέτρηση αντικειμένου. Ως εκ τούτου προκύπτει μια σημαντική συνέπεια:

### **“η αληθής τιμή του μετρούμενου μεγέθους δεν μπορεί να βρεθεί”**

Το μοντέλο μπορεί να χτιστεί μόνο έχοντας την α priori πληροφορία για το αντικείμενο της μέτρησης. Σε αυτήν την περίπτωση όσο περισσότερες είναι οι πληροφορίες, τόσο το μοντέλο θα είναι επαρκέστερο και συνεπώς με μεγαλύτερη ακρίβεια και με σωστότερα θα επιλεγεί η παράμετρος η οποία θα περιγράφει το μετρούμενο φυσικό μέγεθος. Επομένως, μια αύξηση στις α priori πληροφορίες μειώνει το κατώτατο όριο αναντιστοιχίας. Αυτή η κατάσταση απεικονίζεται παρακάτω:

### **“η αποκτήσιμη μετρητική ακρίβεια καθορίζεται από τις α priori πληροφορίες για το αντικείμενο της μέτρησης”**

Γίνεται από εδώ κατανοητό ότι **ελλείψει πληροφοριών η μέτρηση είναι αδύνατη**. Ταυτόχρονα οι ανώτατες πιθανές α priori πληροφορίες συνίστανται στη γνωστή εκτίμηση του μετρούμενου μεγέθους, η ακρίβεια του οποίου ισούται με την απαιτούμενη. Σε αυτήν την περίπτωση δεν υπάρχει καμία ανάγκη για τη μέτρηση.

## **7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η θεωρία των μετρήσεων και ειδικότερα η αντιπροσωπευτική μορφή της, θεσπίζει ένα συνεπές πλαίσιο για τον καθορισμό και την περιγραφή των διαδικασιών μέτρησης. Η θεωρία αυτή ταιριάζοντας το θεωρητικό μοντέλο της σε μια αλγεβρική περιγραφή μας αναφέρει ότι μέτρηση είναι δύο πράγματα, αντιπροσώπευση και τάξη. Το πρόβλημα της **αντιπροσώπευσης**, έγκειται στην ανάθεση των αριθμών στα αντικείμενα ή τα φαινόμενα ενώ η τάξη αφορά το ποσό που μια οντότητα κατέχει.

Κάθε επιστήμη χαρακτηρίζεται ως πλήρης όταν θεμελιώνεται βάσει διάφορων βασικών αρχών – των αξιωμάτων της, ενώ το σύνολο της θεωρίας οικοδομείται επαγωγικά. Έτσι και η μετρολογία, κατασκευάζεται βάσει διάφορων βασικών αρχών, οι οποίες περιγράφουν τα αξιώματά της, όπως αυτά προανφέρθηκαν.

Θα πρέπει να υπογραμμίσουμε, ότι η προσέγγιση της παρούσας εργασίας στα αξιώματα και τις συνέπειές τους είναι μόνο μια προσπάθεια για να αναπτυχθεί η θεωρητική βάση της μετρολογίας, σε καμιά περίπτωση όμως δεν πρέπει να θεωρηθούν ως δεδομένα και ότι βρίσκονται στην τελική τους κατάσταση.

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. BS 5233, “*Glossary Of Terms Used In Metrology*”, British Standards Institution, 1975, p. 17.
2. Halliday D., Resnick R., “*Φυσική*”, Αθήνα, Εκδόσεις Γ.Α. Πνευματικός, 1976, σελ. 646, Τ. 1.
3. Klaassen K.B., “*Electronic measurement and instrumentation*”, Cambridge University Press. 1996
4. Kedrov B.M., “*Classification of sciences*”, Moscow, Misl, 1965. T.2, (in Russian).
5. Dovbeta L.I., Ljantshev V.V., “*On the relationship of the concepts “Measurement” and “Measurement of the physical quantity”*”, Izmeritel'naja tehnika, 1990 № 11. c. 19-20 (in Russian).
6. Issaev L.K., “*On the place of metrology in the system of the science and again about its postulates*”, Izmeritel'naja tehnika, 1993 № 8. c. 10-11, (in Russian).
7. Sergeev A.G., Krohin V.V., “*Metrologia*”, Moscow, Logos, 2001, c. 408, (in Russian).
8. Αθανασιάδης Κ. Ν., “*Σημειώσεις μαθήματος: Μετρολογία Ι*”, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσ/νίκης, Θεσσαλονίκη, σελ. 180, 2004.
9. Ellis B., *Basic Concepts of Measurement*, Cambridge University Press, Cambridge, 1966.
10. Pfanzagl J., *Theory of Measurement*, Physica Verlag, Würzburg-Vienna, 1971.
11. Krantz, D. H., Luce, R. D., Suppes, P., Tversky, A., *Foundations of Measurement , Vol.1, : Additive and Polynomial representations*, Academic Press, New York, 1971.
12. Suppes, P. & Zinnes, J. L. 1965, ‘Basic measurement theory’, in *Handbook of Mathematical Psychology*, eds R. D. Luce, R. R. Bush & E. Galanter, Wiley, Chicester.
13. Pike S., Roos G., “*Mathematics and modern business management*”, Journal of Intellectual capitl, V.5, No 2, pp. 243-256, 2004.
14. Suppes, P. “*Measurement, theory of*”, p. 243-248, 1999.
15. Obradovic S., “*The nature of axioms of physical theory*”, Eur. J. Phys. V. 23 pp. 269-275, 2002.