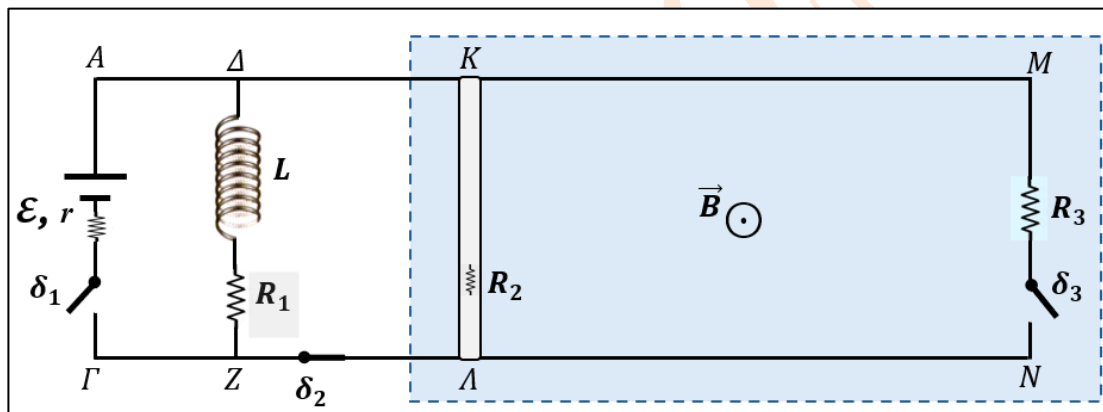


ΘΕΜΑ Γ

Δύο αγωγία σύρματα AM , $ΓN$ μεγάλου μήκους και αμελητέας ωμικής αντίστασης είναι παράλληλα και τοποθετημένα σε οριζόντιο επίπεδο όπως φαίνεται στην κάτοψη του παρακάτω σχήματος. Τα σύρματα απέχουν απόσταση $\ell = 1m$ και στα άκρα A , $Γ$ συνδέεται ηλεκτρική πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης $\mathcal{E} = 12V$ και εσωτερικής αντίστασης $r = 1\Omega$. Στα άκρα M , N συνδέεται ωμική αντίσταση $R_3 = 1\Omega$. Στα σημεία Δ , Z των συρμάτων έχει συνδεθεί παράλληλα με την πηγή ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής $L = 0,2H$ και ωμική αντίσταση $R_1 = 2\Omega$. Ευθύγραμμος αγωγός $K\Lambda$ μήκους $\ell = 1m$, μάζας $m = 1Kg$ και ωμικής αντίστασης $R_2 = 2\Omega$ είναι τοποθετημένος πάνω στα σύρματα AM , $ΓN$ και μπορεί να ολισθαίνει σε αυτά χωρίς τριβές. Το τμήμα της διάταξης που περιλαμβάνει τον αγωγό $K\Lambda$ και την ωμική αντίσταση R_3 βρίσκεται μέσα σε περιορισμένου εύρους κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου $B = 1T$, οι δυναμικές γραμμές του οποίου έχουν φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη. Στη διάταξη υπάρχουν τρεις διακόπτες. Ένας διακόπτης (δ_1) στον κλάδο $A\Gamma$ της πηγής, ένας διακόπτης (δ_2) στο τμήμα $Z\Lambda$ και ένας διακόπτης (δ_3) στον κλάδο MN της αντίστασης R_3 . Αρχικά οι διακόπτες (δ_1) και (δ_3) είναι ανοικτοί, ενώ ο διακόπτης (δ_2) είναι κλειστός όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνουμε μόνο τον διακόπτη (δ_1). Ασκώντας κατάλληλη εξωτερική δύναμη στον αγωγό $K\Lambda$ τον συγκρατούμε ακίνητο σε όλη τη διάρκεια του φαινομένου.

Γ1. Να προσδιορίσετε τη χρονική στιγμή $t = 0$, αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη (δ_1), ποια τμήματα της διάταξης διαρρέονται από ηλεκτρικά ρεύματα και να τα υπολογίσετε. (3 μονάδες)

Γ2. Να βρείτε τον ρυθμό που μεταβάλλεται η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος στο πηνίο τη χρονική στιγμή $t = 0$, αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη (δ_1). (5 μονάδες)

Γ3. Όταν τα ηλεκτρικά ρεύματα στη διάταξη έχουν αποκτήσει σταθερές τιμές να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που ασκείται στον αγωγό $K\Lambda$ ώστε να παραμένει ακίνητος. (4 μονάδες)

Κάποια χρονική στιγμή t_1 , ενώ τα ηλεκτρικά ρεύματα στη διάταξη έχουν αποκτήσει τις σταθερές τιμές τους, ανοίγουμε τον διακόπτη (δ_1), ενώ ο διακόπτης (δ_2) παραμένει κλειστός και ο (δ_3) ανοικτός. Ο αγωγός $K\Lambda$ παραμένει ακίνητος ασκώντας του κατάλληλη εξωτερική δύναμη.

Γ4. Να υπολογίσετε:

- α) Τον ρυθμό με τον οποίο παράγεται θερμότητα στις αντιστάσεις τη χρονική στιγμή t_2 κατά την οποία η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τις διαρρέει μεταβάλλεται με ρυθμό $\left| \frac{di}{dt} \right| = 20 \frac{A}{s}$. (4 μονάδες)
- β) Τη θερμότητα που παράγεται στις αντιστάσεις μετά το άνοιγμα του διακόπτη (δ_1) και μέχρι το ηλεκτρικό ρεύμα να μηδενιστεί. (3 μονάδες)

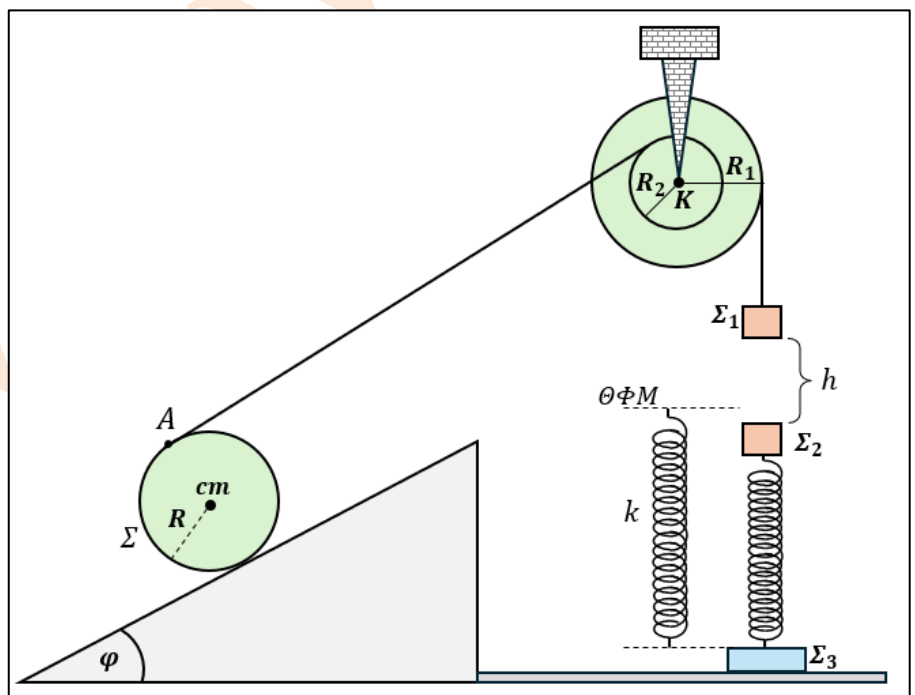
Όταν τα ηλεκτρικά ρεύματα στη διάταξη έχουν μηδενιστεί, ανοίγουμε τον διακόπτη (δ_2) και κλείνουμε τον διακόπτη (δ_3). Ο διακόπτης (δ_1) παραμένει ανοικτός. Ασκούμε στο μέσο του αγωγού σταθερή οριζόντια δύναμη \vec{F} προς τα δεξιά, μέτρου $F = 2N$. Ο αγωγός $ΚΛ$ ξεκινά να κινείται μέσα στο μαγνητικό πεδίο και τη χρονική στιγμή που αποκτά οριακή ταχύτητα η δύναμη \vec{F} καταργείται. Στη συνέχεια ο αγωγός ακινητοποιείται πριν φτάσει στα άκρα MN των συρμάτων.

Γ5. Να υπολογίσετε:

- α) Την οριακή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός $ΚΛ$. (3 μονάδες)
- β) Τη θερμότητα που παράγεται λόγω φαινομένου Joule από τη στιγμή που καταργείται η δύναμη και μέχρι ο αγωγός $ΚΛ$ να ακινητοποιηθεί. (3 μονάδες)

ΘΕΜΑ Δ

Η διπλή τροχαλία του διπλανού σχήματος αποτελείται από δύο ομογενείς ομόκεντρους δίσκους που είναι κολλημένοι μεταξύ τους και μπορούν να στρέφονται σαν ένα σώμα. Οι δίσκοι έχουν ακτίνες $R_1 = 0,4m$, $R_2 = 0,2m$ και μπορούν να στρέφονται χωρίς τριβές γύρω από οριζόντιο άξονα, κάθετο στο επίπεδό τους, που διέρχεται από το κοινό τους κέντρο K . Στον δίσκο ακτίνας R_2 είναι τυλιγμένο πολλές φορές



αβαρές μη ελαστικό νήμα, το άκρο του οποίου συνδέεται στο σημείο A της περιφέρειας μιας ομογενούς σφαίρας Σ ακτίνας $R = 1/\pi m$ και άγνωστης μάζας m_Σ . Η σφαίρα είναι τοποθετημένη πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης $\varphi = 30^\circ$. Το σημείο A απέχει τη μεγαλύτερη απόσταση από το κεκλιμένο επίπεδο. Στον δίσκο ακτίνας R_1 είναι τυλιγμένο πολλές φορές ένα άλλο αβαρές μη ελαστικό νήμα, στο άκρο του οποίου συνδέεται σώμα Σ_1 μάζας $m_1 = 1Kg$.

Στην κατακόρυφο που βρίσκεται το σώμα Σ_1 , σε απόσταση $h = 4m$, ισορροπεί στο άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς $k = 50 N/m$ σώμα Σ_2 μάζας $m_2 = 1Kg$. Στο άλλο άκρο του ελατηρίου έχει συνδεθεί σώμα Σ_3 μάζας $m_3 = 0,5Kg$, το οποίο είναι τοποθετημένο πάνω σε οριζόντιο επίπεδο. Αρχικά όλα τα σώματα του συστήματος ισορροπούν. Να βρείτε:

- Δ1.** α) Το μέτρο της στατικής τριβής που δέχεται η σφαίρα από το κεκλιμένο επίπεδο, (4 μονάδες)
β) τη μάζα m_Σ της σφαίρας. (3 μονάδες)

Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κόβουμε το νήμα που συνδέει τη σφαίρα με την τροχαλία. Η σφαίρα κατεβαίνει το κεκλιμένο επίπεδο εκτελώντας κύλιση χωρίς ολίσθηση με σταθερή επιτάχυνση $a_{cm} = 4 m/s^2$.

Το σύστημα τροχαλία – σώμα Σ_1 κινείται με το νήμα να ξετυλίγεται χωρίς να ολισθαίνει από την περιφέρεια του δίσκου. Το σώμα Σ_1 κατεβαίνει και η τροχαλία στρέφεται χωρίς τριβές γύρω από τον άξονά της με σταθερή γωνιακή επιτάχυνση $a_{γων} = 10 rad/s^2$.

Δ2. Να υπολογίσετε την ταχύτητα του σημείου Α, στο οποίο είχε δεθεί το νήμα αρχικά, όταν βρεθεί στην αρχική του θέση για πρώτη φορά μετά τη χρονική στιγμή $t = 0$. (3 μονάδες)

Δ3. Όταν το σώμα Σ_1 έχει διανύσει την κατακόρυφη απόσταση h και ελάχιστα πριν την κρούση του με το σώμα Σ_2 να υπολογίσετε ως προς τον άξονα περιστροφής της τροχαλίας στο κέντρο Κ:

- α) τον ρυθμό μεταβολής της στροφορμής του σώματος Σ_1 , (3 μονάδες)
β) τη στροφορμή του σώματος Σ_1 . (3 μονάδες)

Ελάχιστα πριν την κρούση των σωμάτων Σ_1 και Σ_2 , όταν το σώμα Σ_1 έχει διανύσει την κατακόρυφη απόσταση h , κόβουμε το νήμα που το συνδέει με την τροχαλία. Τα σώματα Σ_1, Σ_2 συγκρούονται κεντρικά και πλαστικά. Στη συνέχεια το συσσωμάτωμα που δημιουργείται εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με σταθερά επαναφοράς $D = k$. Να βρείτε:

Δ4. Το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του συσσωματώματος τη χρονική στιγμή που ακινητοποιείται για πρώτη φορά. (5 μονάδες)

Δ5. Την κινητική ενέργεια του συσσωματώματος τη χρονική στιγμή που το σώμα Σ_3 χάνει την επαφή του από το οριζόντιο επίπεδο. (4 μονάδες)

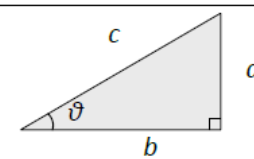
Δίνεται $g = 10 m/s^2$.

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΤΥΠΩΝ

ΦΥΣΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ	
Μάζα πρωτονίου, $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$	Φορτίο ηλεκτρονίου (απόλυτη τιμή), $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
Μάζα νετρονίου, $m_n = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$	Ηλεκτρονιοβόλτ, $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
Μάζα ηλεκτρονίου, $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$	Ταχύτητα του φωτός, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
Επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας κοντά στην επιφάνεια της Γης, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$	
Ηλεκτρική σταθερά, $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$	
Σταθερά παγκόσμιας έλξης, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}^2$	
Μαγνητική διαπερατότητα του κενού, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A}\cdot\text{m} = 4\pi \times 10^{-7} (\text{T}\cdot\text{m/A})$	
Σταθερά του Planck, $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$	
$hc = 12,42 \cdot 10^{-7} \text{ eV}\cdot\text{m} = 12,42 \cdot 10^{-7} \text{ eV}\cdot 10^9 \text{ nm} = 1242 \text{ eV}\cdot\text{nm} \approx 1200 \text{ eV}\cdot\text{nm}$	

ΠΡΟΘΕΜΑΤΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
$10^{12} \rightarrow$ tera (T)
$10^9 \rightarrow$ giga (G)
$10^6 \rightarrow$ mega (M)
$10^3 \rightarrow$ kilo (k)
$10^{-2} \rightarrow$ centi (c)
$10^{-3} \rightarrow$ milli (m)
$10^{-6} \rightarrow$ micro (μ)
$10^{-9} \rightarrow$ nano (n)
$10^{-12} \rightarrow$ pico (p)

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ - ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΑ
Εμβαδόν παραλληλογράμμου: $A = \beta u$
Περίμετρος κύκλου: $C = 2\pi r$
Εμβαδόν κύκλου: $A = \pi r^2$
Εμβαδόν σφαίρας: $A = 4\pi r^2$
Όγκος σφαίρας: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$
Μήκος τόξου κύκλου $s = R\theta$
$\eta\mu\alpha + \eta\mu\beta = 2\sigma\upsilon\nu\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right)\eta\mu\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right)$

ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΤΡΙΓΩΝΟ
$\eta\mu\theta = \frac{a}{c}, \sigma\upsilon\nu\theta = \frac{b}{c}$
$\epsilon\phi\theta = \frac{a}{b}$
$c^2 = a^2 + b^2$


ΜΟΝΑΔΕΣ, ΣΥΜΒΟΛΑ	μέτρο, m	χέρτζ, Hz	τζούλ, J	ηλεκτρονιοβόλτ, eV
	χιλιόγραμμα, kg	τέσλα, T	νιούτον, N	κέλβιν, K
	δευτερόλεπτο, s	χένρι, H	βόλτ, V	βάτ, W
	αμπέρ, A	ομ, Ω	κουλόμπ, C	ακτίνιο, rad

ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ							
θ	0°	30°	37°	45°	53°	60°	90°
$\eta\mu\theta$	0	1/2	3/5	$\sqrt{2}/2$	4/5	$\sqrt{3}/2$	1
$\sigma\upsilon\nu\theta$	1	$\sqrt{3}/2$	4/5	$\sqrt{2}/2$	3/5	1/2	0
$\epsilon\phi\theta$	0	$\sqrt{3}/3$	3/4	1	4/3	$\sqrt{3}$	-

ΚΡΟΥΣΕΙΣ- ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ	ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ- ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ
$u = u_0 + at$ $x = x_0 + u_0 t + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$ $v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$	$E = \frac{F}{q}$ $I = \frac{dq}{dt}$ $I = \frac{V}{R}$ $I = \frac{E}{R_{ολ}}$
α: επιτάχυνση E: ενέργεια f: συχνότητα F: δύναμη T _{ολ} : τριβή ολίσθησης N: κάθετη δύναμη K: κινητική ενέργεια	$\Phi_B = B A \sigma\upsilon\nu\theta$ $F = B q v$ $F = BIl\eta\mu\phi$ $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$
	A: εμβαδόν B: μαγνητικό πεδίο E: ηλεκτρικό πεδίο, ΗΕΔ E _{επ} : ΗΕΔ από επαγωγή E _{αυτ} : ΗΕΔ από αυτεπαγωγή l: συντελεστής αυτεπαγωγής

$v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$ $\Sigma \vec{F} = m\vec{a} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ $T_{ολ} = \mu N$ $K = \frac{1}{2} m v^2$ $p = m v$ $v = \frac{ds}{dt}$ $a_k = \frac{v^2}{r}$ $\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ $T = \frac{1}{f}$ $v_{cm} = \omega R$ $\alpha_{γων} = \frac{d\omega}{dt}$ $a_{cm} = a_{γων} R$ $\tau = F l = F d$ $L = m v r$ $\Sigma \tau_{εξ} = \frac{dL}{dt}$	<p>L: στροφορμή l, d: μήκος ή απόσταση m: μάζα p: ορμή R ή r: ακτίνα s: τόξο ή διάστημα T: περίοδος V: όγκος v: ταχύτητα W: έργο x, y: θέση Δx: μετατόπιση α_{γων}: γωνιακή επιτάχυνση μ: συντελεστής τριβής θ: γωνία ρ: πυκνότητα τ: ροπή ω: γωνιακή ταχύτητα</p>	$V = \frac{W}{q}$ $R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$ $\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ $R = \rho \frac{l}{A}$ $\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \Delta l}{r^2} \eta \mu \theta$ $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}$ $B = \frac{\mu_0 2\pi I}{4\pi r}$ $\Sigma B \Delta l \sin \theta = \mu_0 I_{εγκ}$ $B = \mu_0 I n$ $n = \frac{N}{l}$	$E_{επ} = B v l$ $E_{επ} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$ $E_{αυτ} = -L \frac{di}{dt}$ $L = \mu \mu_0 \frac{N^2}{l} A$ $U = \frac{1}{2} L I^2$ $\frac{E}{B} = c$ $E = E_{max} \eta \mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ $B = B_{max} \eta \mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$	<p>I: ηλεκτρικό ρεύμα V: διαφορά δυναμικού l ή d ή a: μήκος ή απόσταση U: ενέργεια μαγν. Πεδίου q: ηλεκτρικό φορτίο R: αντίσταση W: έργο R_{ολ}: ολική αντίσταση ρ: ειδική αντίσταση F: δύναμη T: περίοδος r: ακτίνα ή απόσταση n: αριθμός σπειρών ανά μονάδα μήκους N: αριθμός σπειρών v: ταχύτητα Φ_B: μαγνητική ροή θ, φ: γωνία μ: μαγνητική διαπερατότητα c: ταχύτητα του φωτός</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ		ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ	
$x = A \eta \mu(\omega t + \phi)$ $v = \omega A \sigma \nu \nu(\omega t + \phi)$ $a = -\omega^2 A \eta \mu(\omega t + \phi)$ $F = -D x$ $U = \frac{1}{2} D x^2$ $F = -b v$ $A = A_0 e^{-\Lambda t}$ $v = \lambda f$ $y = A \eta \mu 2\pi \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right)$ $y = 2 A \sigma \nu \nu \frac{2\pi x}{\lambda} \eta \mu \frac{2\pi t}{T}$	<p>A: πλάτος x: απομάκρυνση v: ταχύτητα a: επιτάχυνση ω: γωνιακή συχνότητα φ: αρχική φάση f: συχνότητα K ή k: σταθερά ελατηρίου D: σταθερά επαναφοράς T: περίοδος b: σταθερά απόσβεσης λ: μήκος κύματος T: περίοδος U: δυναμική ενέργεια y: απομάκρυνση</p>	$v = V \eta \mu \omega t$ $V = N B \omega A$ $i = I \eta \mu(\omega t)$ $i = \frac{v}{R}$ $I_{εν} = \frac{I}{\sqrt{2}}$ $V_{εν} = \frac{V}{\sqrt{2}}$ $p = v i$ $P = \frac{W}{T}$	<p>v: στιγμιαία τάση V: πλάτος τάσης i: στιγμιαίο ρεύμα I: πλάτος ρεύματος I_{εν}: ενεργός ένταση V_{εν}: ενεργός τάση P: Μέση ισχύς p: Στιγμιαία ισχύς T: περίοδος R: αντίσταση W: ενέργεια ηλ. ρεύματος Q: θερμότητα</p>

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΒΑΝΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ			
$\lambda_{max} T = \text{σταθ}$ $c = \lambda f$ $E = hf = pc, \quad p = \frac{h}{\lambda}$ $K = hf - \Phi$	$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \sigma \nu \nu \phi)$ $\Delta p_x \Delta x \geq \frac{h}{2\pi}, \quad \Delta E \Delta t \geq \frac{h}{2\pi}$ $\Sigma \Psi ^2 dV = 1$	<p>T: θερμοκρασία E: ενέργεια p: ορμή c: ταχύτητα φωτός f: συχνότητα x: θέση</p>	<p>λ: μήκος κύματος φ: γωνία t: χρόνος Φ: Έργο εξαγωγής Δ: αβεβαιότητα Ψ: κυματοσυνάρτηση V: όγκος</p>