

**ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ**  
**Ακαδ. Έτος 2007-2008 – Διδάσκουσα: Μ. Μακροπούλου**

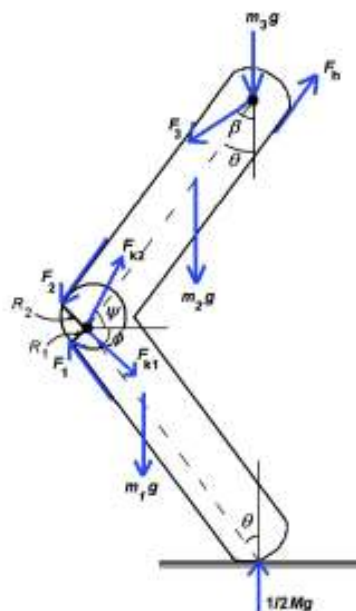
**Στη συνέχεια παρατίθενται κάποιες ερωτήσεις και παλαιότερα θέματα εξετάσεων.**

**Ενδεικτικές ερωτήσεις – δεν είναι όλη η εξεταστέα ύλη σε αυτές!**

Όπου αναφέρονται προβλήματα, είναι από το βιβλίο: «Φυσική του ανθρώπινου σώματος», των J. R. Cameron, J.G. Skofronick, R.M. Grant, (Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης: Γεωργίου Ε., Γιακουμάκης Ε., Κόττου Σ., Ντάλλες Κ., Σερέφογλου Α., Σκυλλάκου – Λουίζη Α.)

1. **Μυϊκές δυνάμεις και μογλοί:** Δώστε παραδείγματα (και με τα κατάλληλα σχήματα) δυνάμεων – ροπών που ασκούνται σε δικέφαλους μύες (π.χ. στο αντιβράχιο). Σχολιάστε το ρόλο μιας τυχαίας γωνίας μεταξύ αντιβράχιου και βραχίονα στην μυϊκή δύναμη που απαιτείται για ανύψωση βάρους.
2. Προβλήματα: 3.3, 3.4, 3.5 σελ. 51, 3.6, 3.7 σελ. 52 και 3.9 σελ. 64.
3. Ισορροπία του σώματος στην όρθια στάση και κατά την άρση βάρους από το έδαφος.
4. **Δυνάμεις σε ισχίο και μηρό:**

Δίνεται το παρακάτω διάγραμμα δυνάμεων του ποδιού μιας χορεύτριας που πατά στο έδαφος μετά από άλμα. (α) Εξηγήστε τι αντιπροσωπεύουν τα μεγέθη που φαίνονται στο διάγραμμα (τα βέλη που δείχνουν τις δυνάμεις δεν είναι απαραίτητως υπό κλίμακα). (β) Διατυπώστε τις εξισώσεις ισορροπίας των δυνάμεων στους κάθετους άξονες  $x$  και  $y$  και των ροπών γύρω από τον άξονα του γόνατου για το χαμηλότερο σκέλος του ποδιού.



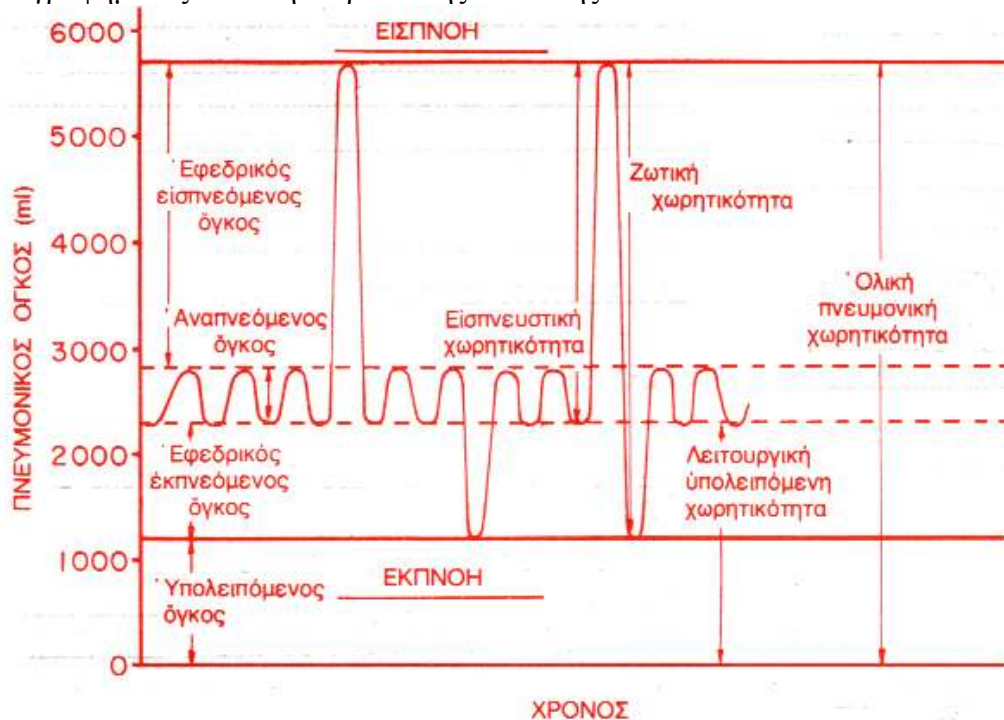
5. Πρόβλημα 3.10, σελ. 66 του βιβλίου.
6. Περιγράψτε τέσσερις (από τις έξι περίπου) λειτουργίες των οστών στο ανθρώπινο σώμα.
7. **Αντοχή των οστών:** Στον πίνακα φαίνονται οι πιθανές μηχανικές φορτίσεις που δέχονται τα οστά.

<p>(α) Θλιπτική (β) Εφελκυστική</p>	<p>(γ) Καμπική</p>	<p>(δ) Στρεπτική</p>	<p>(ε) Διατμητική</p>
---	--------------------	----------------------	-----------------------

Ποιές από τις παραπάνω φορτίσεις κυρίως οδηγούν σε κατάγματα των οστών; Σχεδιάστε ανάλογα παραδείγματα από κατάγματα κνήμης.

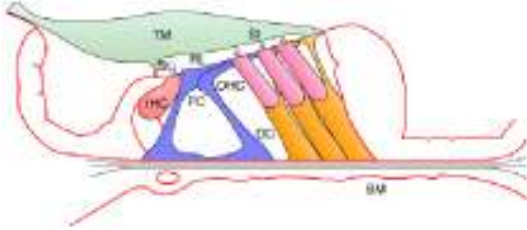
8. Προβλήματα 4.1 και 4.2, σελ. 103-104 του βιβλίου.
9. **Πίεση στο σώμα:** Προβλήματα του κεφ. 5 του βιβλίου.

10. Περιγράψτε τα βασικά είδη πιέσεων στο ανθρώπινο σώμα.
11. **Ωσμωση και νεφροί:** Προβλήματα του κεφ. 6 του βιβλίου, όπως τα 6.3, 6.5 και 6.6.
12. **Φυσική των πνευμόνων και της αναπνοής:** Περιγράψτε τη φυσική και το ρόλο των κυψελίδων.
13. Πως μεταφέρεται το οξυγόνο στους ιστούς;
14. Ποιές είναι οι βασικές φυσικές αρχές της ανταλλαγής αερίων στους πνεύμονες;
15. Στην εικόνα αποδίδεται γραφικά η καταγραφή από ένα **σπειρόμετρο** του όγκου του πνεύμονα συναρτήσει του χρόνου σε ενήλικο άνθρωπο. Σχολιάστε τα στάδια του γραφήματος κατά τη διάρκεια της αναπνοής.



16. Εξηγείστε τους όρους που σχετίζονται με την αναπνοή: (α) υπολειπόμενη λειτουργική χωρητικότητα, (β) αναπνευστικό πηλίκο, (γ) ενδοτικότητα.
17. Δίνονται οι νόμοι των αερίων (Boyle-Mariotte, Dalton, Cay-Lussac, Henry):  
 $(PV)_{T,m} = \text{const}$ ,  $P_{\text{ολ}} = \sum P_i$ ,  $[V/T]_{P,m} = \text{const}$ ,  $[m/V]_T = k \cdot P$  (τα σύμβολα έχουν τη συνήθη έννοια). Δώστε παραδείγματα εφαρμογής κάποιων από αυτούς τους νόμους στην φυσιολογική αναπνοή.
18. Προβλήματα 7.2 – 7.11.
19. **Φυσική του καρδιαγγειακού συστήματος:** Το κυκλοφορικό σύστημα θεωρείται ως ένα σύστημα κλειστού κυκλώματος με δύο αντλίες. Περιγράψτε τι συμβαίνει στην καρδιά κατά τη διάρκεια ενός πλήρους «μηχανικού» κύκλου της. Αποδώστε σχηματικά τα παραπάνω.
20. Προβλήματα 8.9 – 8.13.
21. **Ηλεκτρικά σήματα από το σώμα:** Σχεδιάστε μια διάταξη οργάνων για λήψη ηλεκτρομυογραφήματος (ΗΜΓ/τος) κατά τη διάρκεια ηλεκτρικής διέγερσης μιας κινητικής μονάδας. Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής έναντι της λήψης ΗΜΓ/τος εκούσιας σύσπασης;
22. Ηλεκτροκαρδιογράφημα: Προβλήματα 9.5 – 9.8, του βιβλίου.
23. (α) Ποιος είναι ο σημαντικός ρόλος που παίζει ο φλεβόκομβος της καρδιάς; (β) Ποιες είναι οι θέσεις των ηλεκτροδίων για την καταγραφή των κλασσικών απαγωγών των άκρων; (γ) Σχεδιάστε μία ενισχυμένη απαγωγή ΗΚΓ. Γιατί χρησιμοποιούνται οι ενισχυμένες απαγωγές; (δ) Ποιο ηλεκτρικό φαινόμενο στην καρδιά παράγει το σύμπλεγμα QRS στο ΗΚΓ;
24. Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα: Προβλήματα 9.9 – 9.11, (σελ. 255 του βιβλίου).

25. Προβλήματα 12.10, 12.11, 12.13, 12.14, 12.15, (σελ. 348 – 356 του βιβλίου).
26. Αναφέρετε ποιά βασικά στοιχεία περιλαμβάνει συνήθως ένα κοχλιακό εμφύτευμα και σχεδιάστε μια αντίστοιχη πλήρη διάταξη.
27. Βιοαισθητήρες και βιοενεργοποιητές: βασικά χαρακτηριστικά και παραδείγματα βιοαισθητήρων (δώστε 2 τουλάχιστον παραδείγματα).
28. Στο σχήμα απεικονίζεται τμήμα του οργάνου του Corti στο εσωτερικό αυτί (έσω ους). Αποδώστε με τους ελληνικούς όρους τα διάφορα μέρη που σημειώνονται με τα αρχικά των αγγλικών όρων τους.



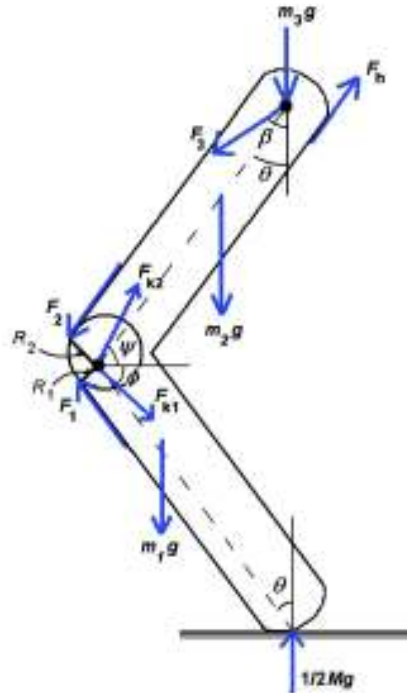
29. Πώς παράγεται το γλωττιδικό ηχητικό κύμα κατά την ομιλία; Από τι εξαρτάται η ευαισθησία των ωτών; Ποιός ονομάζεται κωφός και ποιός βαρήκοος;
30. Περιγράψτε τα κυριότερα προβλήματα εστίασης των ανθρώπινων οφθαλμών και τους τρόπους διόρθωσης αυτών των προβλημάτων, για κάθε πρόβλημα χωριστά. Τι σημαίνει όραση 20/40;
31. Αν ένας μύωπας έχει εγγύτερο σημείο στα 15cm χωρίς γυαλιά και φοράει διορθωτικούς φακούς, με  $-1,0\text{ D}$ , ποιο είναι το εγγύτερο σημείο όταν το άτομο φοράει τα γυαλιά;

## The indirect measurement of biomechanical forces in the moving human body

Melanie Cluss, Kenneth Laws,<sup>a)</sup> Natalie Martin, and T. Scott Nowicki  
Department of Physics and Astronomy, Dickinson College, P.O. Box 1773, Carlisle,  
Pennsylvania 17013

Allan Mira

Mira Orthopedics, 220 Wilson Street, Medical Arts Building, Carlisle, Pennsylvania 17013



Το διάγραμμα δυνάμεων του ποδιού – μετωπιαίο επίπεδο – καθώς ένας χορευτής προσγειώνεται από ένα κάθετο άλμα με τέλεια επιστροφή. Τα βέλη που αντιπροσωπεύουν τις δυνάμεις δεν είναι απαραίτητα υπό κλίμακα.

Τα τμήματα του ποδιού υποτίθεται ότι είναι άκαμπτοι ράβδοι γνωστού μήκους. Οι ράβδοι είναι ελεύθεροι να περιστραφούν γύρω από έναν ελεύθερο τριβών άξονα στο γόνατο, στον οποίο υπάρχει μια τροχαλία, χωρίς τριβές, που αντιπροσωπεύει την επιγονατίδα, στην οποία συνδέεται ο τετρακέφαλος τένοντας (quadriceps) και ο επιγονατιδικός τένοντας. Το άκρο του ισχίου του ανώτερου ποδιού είναι επίσης ελεύθερο να περιστραφεί γύρω από έναν ελεύθερο τριβών άξονα στην ένωση του ισχίου, ενώ το άκρο του χαμηλότερου ποδιού στηρίζεται στο έδαφος. Για αυτόν το λόγο θα αγνοήσουμε τα πέλματα, επειδή η μάζα τους είναι μικρή και η κίνησή τους είναι μικρή έναντι της κίνησης των δύο τμημάτων των ποδιών. Κάνουμε τις ακόλουθες υποθέσεις για αυτό το μοντέλο του συστήματος.

- (1) Η οριζόντια δύναμη τριβής στο πάτωμα είναι μηδέν. Ο χορευτής ακουμπά στο έδαφος ωςάν το πάτωμα να ήταν ολισθηρό.
- (2) Το χαμηλότερο και το ανώτερο σκέλος του ποδιού έχουν το ίδιο μήκος, σχηματίζουν την ίδια πάντα γωνία με την κατακόρυφο, και κάθε ένα έχει ένα κέντρο βάρους που βρίσκεται 40% της απόστασης από το ανώτερο άκρο στο χαμηλότερο άκρο.

(3) Η επιγονατίδα έχει αμελητέα μάζα, έτσι ώστε η συνολική δύναμη και η ροπή που ενεργούν σε αυτήν, σε αυτό το εξιδανικευμένο μοντέλο, πρέπει να είναι μηδέν, ακόμα κι αν η επιγονατίδα επιταχύνει. Επίσης θα υποθέσουμε ότι η δύναμη από το τένοντα μυ που ενεργεί για την κάμψη του ποδιού είναι αμελητέα, επειδή μια τέτοια δύναμη θα δημιουργούσε μια ροπή στην αντίθετη κατεύθυνση σε αυτή του τετρακέφαλου και του επιγονατιδικού τένοντα, εμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο το στόχο της ομαλής προσγείωσης.

(4) Οι δυνάμεις από τον τετρακέφαλο και τον επιγονατιδικό τένοντα ενεργούν σε διευθύνσεις παράλληλες στις ράβδους που αντιπροσωπεύουν το άνω και κάτω σκέλος.

(5) Η μάζα του πέλματος και ο ρόλος του στην επιβράδυνση της καθόδου του σώματος κατά την προσγείωση αγνοούνται. Εξετάζουμε μόνο τη χρήση του τετρακέφαλου μυ που ενεργεί στην κνήμη μέσω της επιγονατίδας για να ασκήσει τις δυνάμεις ευθυγράμμισης του σκέλους και την περιστροφή του μηρού προς τα κάτω ως προς την κνήμη.

(6) Υποθέτουμε επίσης ότι το σώμα είναι στάσιμο και αργότερα θα προσαρμόσουμε το μοντέλο για να ενσωματώσουμε τις επιταχύνσεις των διάφορων μερών του σώματος.

Από το διάγραμμα των δυνάμεων και τις παραπάνω υποθέσεις υπολογίζουμε τις κάθετες και οριζόντιες εξισώσεις της δύναμης και την εξίσωση της ροπής για το χαμηλότερο σκέλος, το ανώτερο πόδι και την επιγονατίδα. Οι εξισώσεις της κίνησης είναι οι ακόλουθες.

Η εξίσωση 1 εκφράζει την κάθετη δύναμη (άξονας  $y$ ), την οριζόντια δύναμη (άξονας  $x$ ), και τη ροπή  $\tau$  γύρω από τον άξονα του γόνατου για το χαμηλότερο σκέλος του ποδιού. Η εξίσωση 2 εκφράζει τα ίδια για το ανώτερο σκέλος του ποδιού, και η εξίσωση 3 ισχύει για την επιγονατίδα.

### Χαμηλότερο σκέλος του ποδιού:

$$\frac{1}{2}Mg - m_1g + F_1 \cos \theta - F_{k1} \sin \phi = 0 \quad (\text{vertical}), \quad (1a)$$

$$F_1 \sin \theta - F_{k1} \cos \phi = 0 \quad (\text{horizontal}), \quad (1b)$$

$$\frac{1}{2}MgL \sin \theta - m_1g\alpha L \sin \theta - F_1 R_1 = 0 \quad (\text{torque}), \quad (1c)$$

όπου  $M$  είναι η συνολική μάζα του σώματος,  $m_1$  είναι η μάζα του χαμηλότερου σκέλους του ποδιού,  $L$  είναι το μήκος του ανώτερου σκέλους του ποδιού από τον άξονα του ισχίου ως τον άξονα του γόνατου, το οποίο είναι ίσο επίσης με το μήκος του χαμηλότερου σκέλους του ποδιού από τον άξονα του γόνατου ως το σημείο επαφής του χαμηλότερου σκέλους του ποδιού με το πάτωμα. Επίσης έχουμε ότι  $F_1$  είναι η τείνουσα δύναμη της επιγονατίδας,  $F_{k1}$  είναι η δύναμη που ενεργεί από τον άξονα του γόνατου στο χαμηλότερο σκέλος του ποδιού,  $\theta$  είναι η γωνία του χαμηλότερου ποδιού με την κατακόρυφο (που είναι ίση με τη γωνία του ανώτερου ποδιού με την κατακόρυφο),  $\alpha$  είναι ο λόγος της απόστασης μεταξύ του άξονα στο ανώτερο άκρο και του κέντρου μάζας του τμήματος του ποδιού, ως προς το συνολικό μήκος του του τμήματος του ποδιού, που υποθέτουμε ότι είναι ο ίδιος για

το ανώτερο και το χαμηλότερο τμήμα του ποδιού, και  $\varphi$  είναι η γωνία μεταξύ  $F_{k1}$  και του οριζόντιου άξονα.

### Ανώτερο σκέλος του ποδιού:

$$\frac{1}{2}m_3g + m_2g + F_2 \cos \theta - F_{k2} \sin \psi - F_h \cos \theta + F_3 \cos \beta = 0, \quad (2a)$$

$$F_2 \sin \theta - F_{k2} \cos \psi - F_h \sin \theta + F_3 \sin \beta = 0, \quad (2b)$$

$$F_2R_2 + F_hR_h + F_3L \sin(\beta - \theta) - \frac{1}{2}m_3gL \sin \theta - m_2g(1 - \alpha)L \sin \theta = 0, \quad (2c)$$

όπου  $m_2$  είναι η μάζα του ανώτερου σκέλους του ποδιού,  $m_3$  είναι η μάζα του σώματος επάνω από το ισχίο,  $R_2$  είναι ο μοχλοβραχίονας κατά τη διεύθυνση εφαρμογής της δύναμης του τετρακέφαλου τένοντα στην επιγονατίδα με τον άξονα στο γόνατο, το  $F_2$  είναι η τείνουσα δύναμη του τετρακέφαλου τένοντα και  $F_{k2}$  είναι η δύναμη που ενεργεί από τον άξονα του γόνατου στο ανώτερο πόδι.

### Επιγονατίδα:

$$F_1 \cos \theta - F_2 \cos \theta - F_{k1} \sin \phi + F_{k2} \sin \psi = 0, \quad (3a)$$

$$F_1 \sin \theta + F_2 \sin \theta - F_{k1} \cos \phi - F_{k2} \cos \psi = 0, \quad (3b)$$

$$F_1R_1 - F_2R_2 = 0. \quad (3c)$$

Παρατηρούμε από την εξίσωση 3c ότι, επειδή  $R_1 < R_2$ , η δύναμη  $F_1$  θα είναι μεγαλύτερη από την  $F_2$  και έτσι η  $F_1$  είναι η ποσότητα που μας ενδιαφέρει.

Ο μόνος άγνωστος στην εξίσωση 1c είναι η δύναμη του τένοντα της επιγονατίδας  $F_1$ , επομένως μπορεί να υπολογισθεί εύκολα. Το αποτέλεσμα εκφράζεται ως λόγος της δύναμης προς το βάρος του σώματος για να μπορεί εύκολα να γενιξευθεί σε σώματα διαφορετικού μεγέθους:

$$\frac{F_1}{Mg} = \frac{L}{R_1} \sin \theta \left[ \frac{1}{2} - \alpha \frac{m_1}{M} \right].$$

**Κλειστά βιβλία, σημειώσεις – Όσοι παρέδωσαν εργασία το 2007, απαντούν σε 4 από τα 5 θέματα.**  
 Διδάσκουσα: Μ. Μακροπούλου **Διάρκεια: 2 ώρες**

**Θέμα 1.***(2 μονάδες)*

Δώστε παραδείγματα (και με τα κατάλληλα σχήματα) δυνάμεων – ροπών που ασκούνται σε δικέφαλους μύες (π.χ. στο αντιβράχιο). Σχολιάστε το ρόλο μιας τυχαίας γωνίας μεταξύ αντιβράχιου και βραχίονα στην μυϊκή δύναμη που απαιτείται για ανύψωση βάρους.

**Θέμα 2.***(2 μονάδες)*

(i) Δώστε τον ορισμό των όρων που σχετίζονται με την αναπνοή: (α) υπολειπόμενη λειτουργική χωρητικότητα, (β) αναπνευστικό πηλίκο, (γ) ενδοτικότητα.  
 (ii) Περιγράψτε μια βασική φυσική αρχή για τη συμπεριφορά των αερίων στους πνεύμονες (π.χ. για την ανταλλαγή  $O_2$  και  $CO_2$ ), στη φυσιολογική αναπνοή.

**Θέμα 3.***(2 μονάδες)*

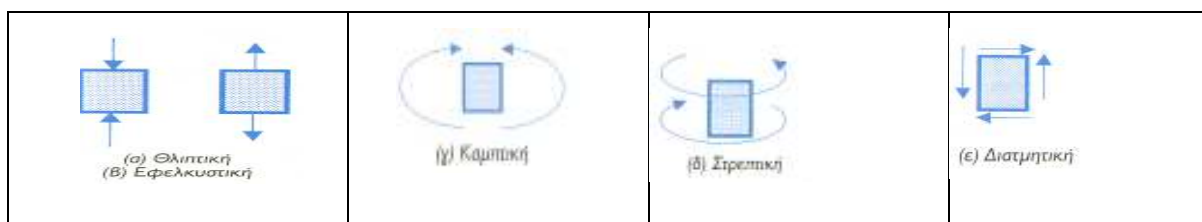
(α) Ποιος είναι ο σημαντικός ρόλος που παίζει ο φλεβόκομβος της καρδιάς;  
 (β) Αναφέρετε ποιά βασικά στοιχεία περιλαμβάνει συνήθως ένα κοχλιακό εμφύτευμα και σχεδιάστε μια αντίστοιχη πλήρη διάταξη.

**Θέμα 4.***(2 μονάδες)*

Περιγράψτε τα κυριότερα προβλήματα εστίασης των ανθρώπινων οφθαλμών και τους τρόπους διόρθωσης αυτών των προβλημάτων, για κάθε πρόβλημα χωριστά. Τι σημαίνει όραση 20/40;

**Θέμα 5.***(2 μονάδες)*

(α) Περιγράψτε τρεις (από τις έξι περίπου) λειτουργίες των οστών στο ανθρώπινο σώμα.  
 (β) Στο σχήμα φαίνονται οι πιθανές μηχανικές φορτίσεις που δέχονται τα οστά. Ποιές από τις παρακάτω φορτίσεις κυρίως οδηγούν σε κατάγματα κνήμης; Αποδώστε σχηματικά ανάλογα παραδείγματα από κατάγματα κνήμης.



Κλειστά βιβλία, σημειώσεις – Όσοι παρέδωσαν εργασία το 2007, απαντούν σε 4 από τα 5 ισοδύναμα θέματα.  
Διδάσκουσα: Μ. Μακροπούλου Διάρκεια: 2 ώρες

**Θέμα 1.**

(α) Περιγράψτε τα θέματα ισορροπίας του σώματος στην όρθια στάση.

(β) Ένας άνθρωπος, μάζας 50kg, πηδά από ύψος 1m και η ταχύτητά του ακριβώς πριν προσγειωθεί είναι 4,4m/s. Θεωρείστε ότι ο άνθρωπος προσγειώνεται πάνω σε ένα στρώμα και ότι σταματά σε χρόνο 0,2s. Ποιά είναι η μέγιστη τιμή της επιβραδυντικής δύναμης που θα αισθανθεί;

**Θέμα 2.**

(α) Περιγράψτε το ρόλο των τριχωτών κυττάρων στην ανίχνευση του ήχου.

(β) Ποιο ηλεκτρικό φαινόμενο στην καρδιά παράγει το σύμπλεγμα QRS στο ΗΚΓ;

**Θέμα 3.**

Το κυκλοφορικό σύστημα θεωρείται ως ένα σύστημα κλειστού κυκλώματος με δύο αντλίες. Περιγράψτε τι συμβαίνει στην καρδιά κατά τη διάρκεια ενός πλήρους «μηχανικού» κύκλου της. Αποδώστε σχηματικά τα παραπάνω.

**Θέμα 4.**

(α) Περιγράψτε τα κυριότερα προβλήματα εστίασης των ανθρώπινων οφθαλμών και τους τρόπους διόρθωσης αυτών των προβλημάτων, για κάθε πρόβλημα χωριστά.

(β) Αν ένας μύωπας έχει εγγύτερο σημείο στα 15cm χωρίς γυαλιά και φοράει διορθωτικούς φακούς, με -1,0 D, ποιο είναι το εγγύτερο σημείο όταν το άτομο φοράει τα γυαλιά;

**Θέμα 5.**

Στο σχήμα δίνεται το διάγραμμα δυνάμεων του ποδιού μιας χορεύτριας που πατά στο έδαφος μετά από άλμα. (α) Εξηγήστε τι αντιπροσωπεύουν τα μεγέθη που φαίνονται στο διάγραμμα (τα βέλη που δείχνουν τις δυνάμεις δεν είναι απαραίτητως υπό κλίμακα). (β) Διατυπώστε τις εξισώσεις ισορροπίας των δυνάμεων στους κάθετους άξονες  $x$  και  $y$  και των ροπών γύρω από τον άξονα του γόνατου για το χαμηλότερο σκέλος του ποδιού.

