

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
בחינת סיווג בפיזיקה - מכניקה

מדבקה

27-8-2020

שם משפחה: _____ שם פרטי: _____ מס. ת.ז. _____
הוראות לנבחן:

1. הבחינה מכילה 5 שאלות, הכוללות 14 סעיפים סה"כ. כל השאלות חובה ולכל הסעיפים משקל זהה.
2. בכל סעיף מספר תשובות אשר אחת מהן ורק אחת נכונה.
3. את התשובה יש לסמן **בשלושה מקומות:**
א. לקבל אותה בחישוב מפורש, ולהקיף את התוצאה הסופית במלבן בביטוי בו התקבלה. לדוגמא: $11a - 7a = 4a$
- ב. להקיף אותה בדף השאלה (בחישובים מספריים, סמן את התשובה הקרובה ביותר).
- ג. לסמן X בטבלה שבעמוד זה, במקום המתאים.
4. עליך לבסס את תשובתך על חישוב או על נימוק קצר. תשובה סתמית ללא ביסוס מתאים לא תקבל! אין לסמן תשובה סתם ללא פתרון מפורש או הנמקה בגליון הבחינה. סימון המבוסס על חישוב מפורש או הנמקה - מזכה במלא הנקודות אם הוא נכון, ואינו מוריד נקודות אם אינו נכון. סימון סתמי **ללא פתרון או הנמקה, יוריד נקודות.**
5. אסור להשתמש בכל חומר עזר, למעט מחשבון כיס. דף נוסחאות מצורף לבחינה ואין לתלוש אותו **מגוף הבחינה.**
6. כתוב את כל פתרוןך, **כולל טיוטה**, על דפי השאלות. אל תכתוב דבר מחוץ לדפי השאלות. יש להחזיר למשגיח את גליון הבחינה בשלמותו.
7. משך הבחינה **2.5 שעות.**
8. **כל התשובות במבחן נתונות ביחידות MKS אלא אם נכתב במפורש אחרת.**
9. **הנח שתאוצת הכובד על פני הארץ היא $g = 10 \text{ m/s}^2$.**

סמן בטבלה שכאן את תשובותיך הסופיות (כלומר: סמן X במשבצת המתאימה) **בהצלחה!**

שאלה	1			2		3			4			5		
סעיף / תשובה	i	ii	iii	i	ii	i	ii	iii	i	ii	iii	i	ii	iii
א								X	X			X		
ב		X	X									X		
ג				X	X						X			
ד								X						
ה						X			X					

נוסחאות בפיזיקה - מכניקה (מצורפות לבחינת הסיווג בפיזיקה, חלק א')

$\vec{F} = -k\vec{x} ; k = m\omega^2$	תנועה הרמונית פשוטה
$T = 2\pi / \omega = 2\pi\sqrt{m/k}$	זמן מחזור
$f = 1/T$	תדירות וזמן מחזור
$x(t) = A\cos(\omega t + \phi)$	
$v(t) = -A\omega\sin(\omega t + \phi)$	
$a = -\omega^2 A\cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x$	
$v_1 = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$	
$T = 2\pi\sqrt{L/g}$	מטוטלת מתמטית
$F = -kx$	כוח של קפיץ (חוק הוק)
כוח משיכת הכובד בין מסות נקודתיות	
$F = GmM/r^2 ; G = 6.67 \cdot 10^{-11} [Nm^2/kg^2]$	
אנרגיה פוטנציאלית כבדית	
$U = -GmM/r ; (U_\infty \equiv 0)$	
אנרגיה כוללת במסלול מעגלי או אליפטי	
$E = -G\frac{mM}{2a} ; a = \frac{r_{\max} + r_{\min}}{2}$	רדיוס ממוצע
$(T_1/T_2)^2 = (a_1/a_2)^3$	חוק המחזוריים של קפלר
תנע זוויתי של חלקיק סביב הראשית	
$\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v} ; (L = r m v \sin \alpha)$	
$I_A = I_{c.m.} + mL^2$	משפט שטיינר
תנע זוויתי של מערכת חלקיקים (גוף)	
$L_o = I_o\omega$	סביב ציר סבוב קבוע

$x(t) = v_o t + at^2/2$	תנועה שוות תאוצה
$x = (v_o + v_t) t/2$	
$v_t = v_o + at$	
$v_t^2 = v_o^2 + 2ax$	
$x(t) = (v_o \cos \alpha) t$	זריקה בזווית
$y(t) = (v_o \sin \alpha) t - gt^2/2$	
$y = x \tan \alpha - \frac{g}{2v_o^2 \cos^2 \alpha} x^2$	משוואת המסלול
$f = \mu_s N$	חיכוך סטטי מקסימלי
$f = \mu_k N$	חיכוך קינטי
$a = g \sin \alpha$	תאוצה במדרון חלק
$a = g(\sin \alpha - \mu_k \cos \alpha)$	תאוצה בירידה עם חיכוך
$M = r F \sin \alpha$	מומנט של כוח
$(\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F})$	
$W = \int (F \cos \alpha) dx$	עבודה
$(W = \int \vec{F} \cdot d\vec{x})$	
$E_k = mv^2/2$	אנרגיה קינטית
$E_p = mgy$	אנרגיה כבדית בקרבת כדור הארץ
$U = kx^2/2$	אנרגיה אלסטית בקפיץ
$P = dW/dt = (F \cos \alpha) v$	הספק רגעי
$(P = \vec{F} \cdot \vec{v})$	
$\sum W_{\text{external}} = \Delta E_k$	קשר כללי בין עבודה ואנרגיה
$X_{C.G.} = \sum (x_i W_i) / \sum W_i$	מרכז כובד
$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$	תנועה מעגלית
$v = \omega R$	מהירות משיקית ומהירות זוויתית
$a_c = v^2/R = \omega^2 R$	תאוצה מרכזית
$\vec{p} = m\vec{v}$	תנע קווי
$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$	מתקף ותנע
$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$	שמור תנע בהתנגשות
מקדם תקומה בהתנגשות חד ממדית	
$e = -(u_1 - u_2)/(v_1 - v_2)$	
$e = 0, \vec{u}_1 = \vec{u}_2$	בהתנגשות פלסטית
$e = 1$	בהתנגשות אלסטית לחלוטין
$m_1 v_1^2/2 + m_2 v_2^2/2 = m_1 u_1^2/2 + m_2 u_2^2/2$	
$x_{c.m.} = \sum (x_i m_i) / \sum m_i$	מרכז מסה

כל התשובות במבחן נתונות ביחידות MKS אלא אם נכתב במפורש אחרת.

בכל השאלות הנח שתאוצת הכובד על פני הארץ היא $g = 10 \text{ m/s}^2$

שאלה 1.

מסה $M_1 = 1.6 \text{ kg}$ נמצאת במנוחה על שולחן צמוד לקיר, במרחק של 1.5 מטרים מהקצה הצמוד לקיר. מקדם החיכוך בין השולחן למסה הוא 0.25. מסה שנייה, זהה לראשונה, $M_2 = 1.6 \text{ kg}$ פוגעת במהירות $v = 3 \text{ m/s}$ במסה הראשונה. כל ההתנגשויות בשאלה זו הן אלסטיות לחלוטין.

סעיף א.

לאחר כמה זמן מרגע ההתנגשות בין המסות תגיע המסה M_1 לקיר שבקצה השולחן?

- א. 1.2
- ב. 2.3
- ג. 0.71
- ד. 0.68
- ה. 0.95

סעיף ב.

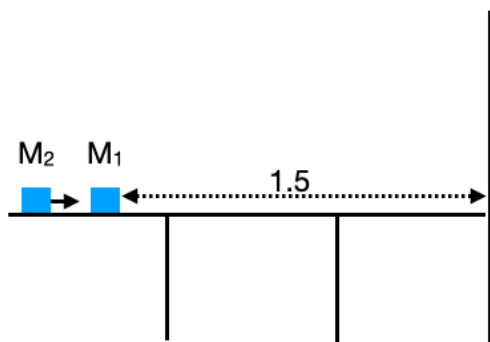
באיזה מרחק מהקיר תעצר המסה M_1 לאחר שפגעה בקיר?

- א. 1.0
- ב. 0.3
- ג. 0
- ד. 1.4
- ה. 1.5

סעיף ג.

סמן את המשפט הנכון.

- א. אם M_1 היה קטן מ M_2 אז הזמן בסעיף א היה מתארך והמרחק בסעיף ב היה מתקצר.
- ב. אם M_1 היה קטן מ M_2 אז הזמן בסעיף א היה מתקצר והמרחק בסעיף ב היה מתארך.
- ג. אם M_1 היה גדול מ M_2 אז הזמן בסעיף א היה מתקצר והמרחק בסעיף ב לא היה משתנה.
- ד. אם M_1 היה קטן מ M_2 אז הזמן בסעיף א היה מתארך והמרחק בסעיף ב היה מתארך.



ה. אם $M_1 = M_2 = 3.2 \text{ kg}$ אז הזמן בסעיף I לא היה משתנה והמרחק בסעיף II היה מתקצר.

שאלה 2.

לווין מקיף את הארץ (כדור הארץ יקרא להלן הארץ) בגובה 1500 ק"מ מעל פני הים. נתון שרדיוס הארץ הוא 6371 ק"מ ומסתו היא $5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

סעיף I.

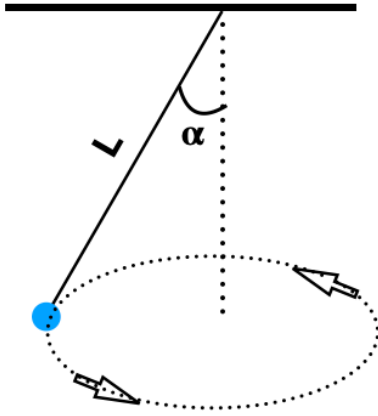
כל כמה זמן ישלים הלווין סיבוב שלם סביב הארץ?

א. 320010 ב. 4577 ג. 6953 ד. 1107 ה. 85320

סעיף II.

סמן את המשפט שאינו נכון לגבי הקפת לווין את הארץ?

- א. יכול להקיף בכל רדיוס.
- ב. יכול לעבור מעל הקטבים.
- ג. יכול להקיף בכל קו רוחב.
- ד. מסת הלווין אינה משנה את מסלול הקפתו.
- ה. יכול להמצא כל הזמן מעל נקודה קבועה אך נקודה זו חייבת להיות על קו המשווה.



שאלה 3.

אבן שמסתה $M=2.7 \text{ kg}$ קשורה בחוט שאורכו $L = 1.4 \text{ m}$ וקצהו השני מחובר לתקרה. האבן נעה במעגל במישור המקביל לתקרה.

סעיף א.

בכל כמה זמן תשלים האבן הקפה מלאה אם החוט נוטה בזווית של $\alpha = 30^\circ$ יחסית לאנך?

- א. 2.54
- ב. 6.66
- ג. 4.32
- ד. 0.15
- ה. 2.19

סעיף ב.

מהי הזווית המקסימלית בתנועה כזו אם החוט יקרע כאשר המתיחות בו תעלה על 200 ניוטון? התשובה במעלות.

- א. 36.5
- ב. 72.3
- ג. 90
- ד. 82.2
- ה. 12.1

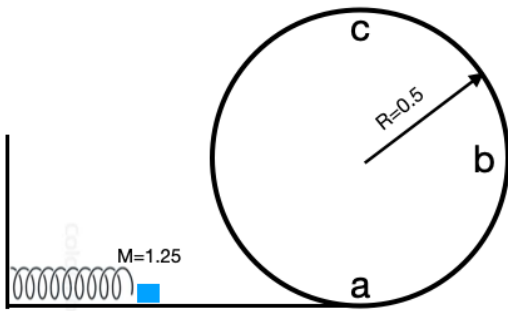
סעיף ג.

אם במקום תנועה מעגלית האבן הייתה מבצעת תנועה מחזורית במישור האנכי (כמטוטלת), מהי הזווית המקסימלית שבה ניתן לשחרר את הגוף ממנוחה כך שהחוט לא יקרע בזמן תנועתו אם המתיחות המקסימלית המותרת בו היא 50 ניוטון? התשובה במעלות.

- א. 55
- ב. 72
- ג. 12
- ד. החוט יקרע בכל זווית שנבחר.
- ה. החוט לא יקרע עבור כל זווית שנבחר.

שאלה 4.

גוף שמסתו $M = 1.25 \text{ kg}$ מונח על מישור אופקי חלק ומוחזק במנוחה בעזרת כוח חיצוני, צמוד לקצה קפיץ (נוגע בקצה אך לא מחובר אליו) כשהקפיץ מכווץ x מטרים. קבוע הכוח של הקפיץ הוא $K = 150 \text{ N/m}$. המישור מחובר למסילה מעגלית חלקה, מאונכת לרצפה ובעלת רדיוס $R = 0.5 \text{ m}$. מפסיקים את הכוח החיצוני, הגוף משתחרר ונע על המישור האופקי והמסילה האנכית.



סעיף א.

מהו ערכו המינימלי, x_{min} , של x שמאפשר הקפה מלאה של הגוף על המסילה המעגלית?

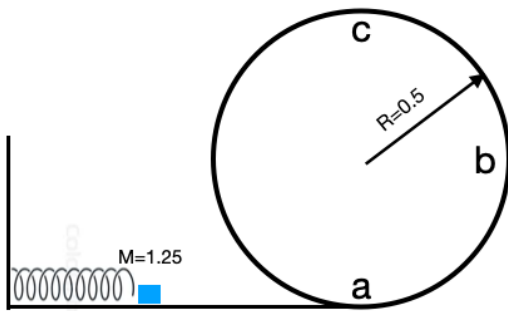
- א. 0.32
- ב. 0.77
- ג. 0.46
- ד. 1.23
- ה. 0.12

סעיף ב.

מהו הכוח שהמסילה מפעילה על הגוף כאשר הוא נמצא בגובה R מעל הרצפה, כלומר כשהשלים רבע סיבוב (הנקודה b שבציור) ו $x > x_{min}$?

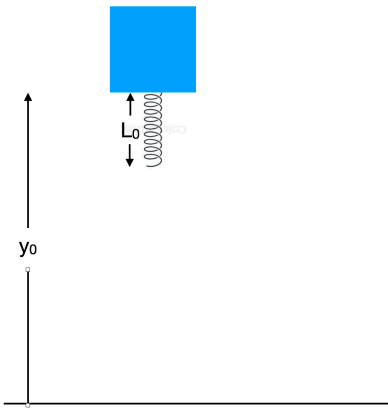
- א. $250x^2 + 25$
- ב. $25x - 25$
- ג. $50x^2 - 5$
- ד. $50x - 2x^2$
- ה. $300x^2 - 25$

שאלה 4 (המשך).
סעיף III.



באיזו מהנקודות המסומנות בציור (a, b, c) מפעילה המסילה על הגוף את הכוח הניצב לה (ניצב למסילה באותה נקודה) הגדול ביותר?

- א. a
- ב. b
- ג. c
- ד. בכל הנקודות פועל אותו כוח.
- ה. בנקודה אחרת שאינה a, b, c .



שאלה 5.

לגוף שמסתו $M=1.5 \text{ kg}$ מחובר לחלקו התחתון קפיץ בעל אורך רפוי $L_0=0.5 \text{ m}$ וקבוע כוח של $K=450 \text{ N/m}$. הגוף נופל ממנוחה מגובה $y_0 = 2.5 \text{ m}$ מעל הקרקע, מגיע לגובה מינימלי y_{min} מעל הקרקע, עולה למעלה עד לגובה מקסימלי y_{max} , נופל שוב עד הגיעו לגובה מינימלי, ועולה ויורד שוב ושוב.

סעיף א.

מהו הגובה המינימלי y_{min} מעל הקרקע אליו יגיע הגוף בפעם הראשונה? אין איבוד אנרגיה מכנית בתהליך.

א. 0.10 ב. 0.22 ג. 0.15 ד. 0.27 ה. 0.51

סעיף ב.

מה תהיה המהירות v_1 של הגוף כאשר המערכת (הגוף עם הקפיץ המחובר אליו) תעזוב את הקרקע בפעם הראשונה (כלומר כאשר קצהו התחתון של הקפיץ יתרום מעל הקרקע)?

א. 7.1 ב. 3.2 ג. 6.3 ד. 7.8 ה. 10.1

סעיף ג.

כמה זמן יעבור בין שתי הפעמים הראשונות בהן הגוף מגיע לנקודה הנמוכה ביותר שלו? בטא את התשובה בעזרת v_1 שהוגדר בסעיף ב לעיל.

א. $0.18 + 0.1v_1$ ב. $0.18 + 0.2v_1$ ג. $0.44 + 0.5v_1$ ד. $0.51 + 0.3v_1$ ה. $0.09 + 0.2v_1$

שאלה מס' 1

סעיף I

פתרון. התשובה: ג 0.71

$$a_1 = \frac{\mu M_1 g}{M_1} = \mu g$$

$$x_1 = vt - \frac{a_1}{2} t^2$$

$$1.5 = 3t - \frac{0.25 \cdot 10}{2} t^2$$

$$1.25t^2 - 3t + 1.5 = 0$$

$$t = \frac{3 \pm \sqrt{9 - 4 \cdot 1.25 \cdot 1.5}}{2 \cdot 1.25} = 1.6899 \quad ; \quad 0.710$$

סעיף II

פתרון. התשובה ב

$$v_1' = \sqrt{v^2 - 2ax} = \sqrt{3^2 - 2 \cdot (0.25 \cdot 10) \cdot 1.5} = \sqrt{1.5}$$

$$0 = \sqrt{v_1'^2 - 2ax'}$$

$$x' = \frac{v_1'^2}{2a} = \frac{1.5}{2 \cdot 0.25 \cdot 10} = 0.3$$

סעיף III

פתרון. התשובה ב

שאלה מס' 2

סעיף I

פתרון. התשובה ג

$$\frac{GMm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r \quad ; \quad r = (1500 + 6371) \cdot 1000$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{[(1500 + 6371) \cdot 1000]^3}{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.97 \cdot 10^{24}}} = 6593.04$$

סעיף II

פתרון. התשובה ג

שאלה מס' 3

סעיף I

פתרון. התשובה ה

$$F \cos \alpha = Mg \Rightarrow F = \frac{Mg}{\cos \alpha}$$

$$F \sin \alpha = M \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \cdot L \sin \alpha$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{ML}{F}} = 2\pi \sqrt{\frac{ML}{Mg / \cos \alpha}} = 2\pi \sqrt{\frac{L \cos \alpha}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{1.4 \cos 30}{10}} = 2.188$$

סעיף II

פתרון. התשובה ד

$$F_{\max} \cos \alpha_{\max} = Mg$$

$$\cos \alpha_{\max} = \frac{Mg}{F_{\max}} = \frac{2.7 \cdot 10}{200} = 0.135$$

$$\alpha = 82.24$$

סעיף III

פתרון. התשובה א

המתיחות המקסימלית מתרחשת כאשר $\alpha = 0$.
נמצא את זווית השחרור $\alpha_{\max}$ שתתן מתיחות גדולה מ- 50 ניוטון כשהחוט מגיע לזווית 0.

$$F_{\max} - Mg = \frac{Mv^2}{L}$$

$$\frac{M}{2} v^2 - MgL(1 - \cos \alpha_{\max})$$

$$F_{\max} - Mg = 2Mg(1 - \cos \alpha_{\max})$$

$$1 - \cos \alpha_{\max} = \frac{F_{\max} - Mg}{2Mg} = \frac{50 - 2.7 \cdot 10}{2 \cdot 2.7 \cdot 10} = 0.4259$$

$$\cos \alpha_{\max} = 1 - 0.4259 = 0.5741 \Rightarrow \alpha_{\max} = 54.965$$

שאלה מס' 4

סעיף I

פתרון. התשובה ג

$$\frac{k}{2}x_{\min}^2 = \frac{M}{2}v_a^2 \Rightarrow v_a = \sqrt{\frac{k}{M}}x_{\min}$$

$$Mg = M \frac{v_c^2}{R}$$

$$\frac{M}{2}v_a^2 = \frac{M}{2}v_c^2 + Mg \cdot 2R$$

$$\frac{k}{M}x_{\min}^2 = Rg + 2 \cdot g \cdot 2R = 5Rg$$

$$x_{\min} = \sqrt{\frac{5Rg \cdot M}{k}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 0.5 \cdot 10 \cdot 1.25}{150}} = 0.456$$

סעיף II

פתרון. התשובה ה

$$F_b = \frac{Mv_b^2}{R}$$

$$\frac{k}{2}x^2 = \frac{M}{2}v_b^2 + Mg \cdot R$$

$$F_b = \frac{Mv_b^2}{R} = \frac{kx^2}{R} - \frac{2MgR}{R} = \frac{kx^2}{R} - 2Mg = \frac{150}{0.5}x^2 - 2 \cdot 1.25 \cdot 10 = 300x^2 - 25$$

סעיף III

פתרון. התשובה א

שאלה מס' 5

סעיף I

פתרון. התשובה א

$$\begin{aligned}Mgy_0 &= \frac{k}{2}(L_0 - y_{\min})^2 + Mgy_{\min} \\1.5 \cdot 10 \cdot 2.5 &= \frac{450}{2}(0.5 - y_{\min})^2 + 1.5 \cdot 10 \cdot y_{\min} \\37.5 &= 225 \cdot (0.5 - y_{\min})^2 + 15y_{\min} \\37.5 &= 225 \cdot (0.25 + y_{\min}^2 - y_{\min}) + 15y_{\min} \\225y_{\min}^2 - 210y_{\min} + 18.75 &= 0 \\y_{\min} &= \frac{210 \pm \sqrt{210^2 - 4 \cdot 225 \cdot 18.75}}{450} = 0.10\end{aligned}$$

סעיף II

פתרון. התשובה ג

$$\begin{aligned}Mgy_0 &= \frac{M}{2}v_1^2 + MgL_0 \\v_1 &= \sqrt{2g(y_0 - L_0)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot (2.5 - 0.5)}\end{aligned}$$

סעיף III

פתרון. התשובה ב

$$\begin{aligned}-v_1 &= v_1 - gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{2v_1}{g} = \frac{2v_1}{10} = 0.2v_1 \\t_2 &= \frac{1}{2}T = \frac{1}{2} \cdot 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} = \pi\sqrt{\frac{1.5}{450}} = 0.181 \\t &= t_2 + t_1 = 0.181 + 0.2v_1\end{aligned}$$