



תאריך המבחן : 06.07.2012

שם המרצה : איתן רוטשטיין

שנה: תשע"ב סמ': ב' מועד: א'

מבחן ב: מבוא לפיסיקה

מספר קורס: 203-1-1361

משך הבחינה: 3 שעות

חומר עזר: מחשבון+דף נוסחאות מצורף

מס' נבחן: \_\_\_\_\_

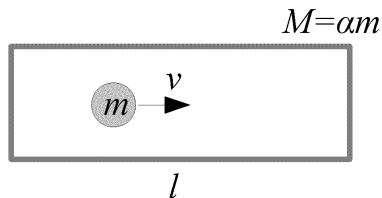
כל שאלה שווה 25 נקודות. יש לענות על 4 שאלות בלבד. נא לכתוב בצורה ברורה ומסודרת.

1. כדור שמסתו  $m$  נע ימינה בתוך מסגרת מלבנית, במקביל לצלע שאורכה  $l$ , במהירות קבועה  $v$ . מסת המסגרת היא  $M = \alpha m$  ( $\alpha > 0$ ). לאחר זמן מסוים הכדור מתנגש חזיתית ואלסטית במסגרת. התנועה היא במישור אופקי ללא חיכוך.

(א) חשבו את מהירות הכדור והמסגרת מיד לאחר ההתנגשות.

(ב) מה קורה כאשר  $\alpha = 0$ ,  $\alpha = 1$ ,  $\alpha \gg 1$ ? הסבירו את התוצאות שקיבלתם.

(ג) עבור  $\alpha > 0$  כלשהי, כמה זמן יעבור בין ההתנגשות הראשונה לשנייה?



2. גליל מלא ואחיד (מסה  $M$ , גובה  $L$  ורדיוס  $R$ ) מתחיל להתגלגל ממנוחה, בגלגול ללא החלקה, במורד מדרון הנטוי בזווית  $\theta$ . מקדם החיכוך הסטטי בין הגליל למדרון הוא  $\mu$ . מעלים את הזווית באיטיות.

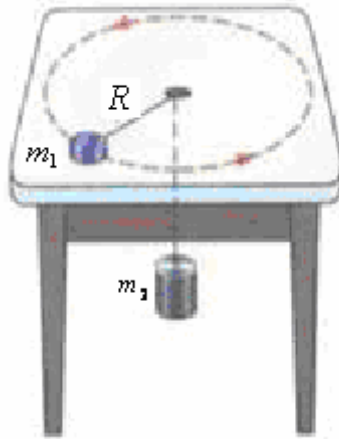
(א) חשבו את מומנט ההתמד של הגליל.

(ב) רשמו את תאוצת הגליל ואת כוח החיכוך כפונקציה של הזווית  $\theta$ .

(ג) באיזו זווית  $\theta$  יתחיל הגוף להחליק?

3. מסה  $m_1$  נמצאת על שולחן אופקי חסר חיכוך וקשורה לחוט חסר מסה. החוט עובר דרך חור בשולחן ומחובר למסה  $m_2$  (ראה ציור) כך שמסה  $m_1$  מבצעת תנועה מעגלית עם רדיוס  $R$ . במצב זה האנרגיה הקינטית של מסה  $m_1$  היא  $E_0$ .

- (א) בטאו את המהירות הזוויתית של מסה  $m_1$  באמצעות נתוני השאלה.  
 כעת מחברים מסה נוספת,  $m_3$ , למסה  $m_2$  כך שרדיוס הסיבוב של  $m_1$  קטן בחצי.  
 (ב) בטאו את המהירות הזוויתית של מסה  $m_1$  באמצעות נתוני השאלה במצב החדש.  
 (ג) כמה עבודה עשתה מסה  $m_3$  בכדי לשנות את רדיוס הסיבוב לחצי הרדיוס המקורי?



4. גוף שמסתו  $m$  נע תחת ההשפעה של אנרגיה פוטנציאלית  $U(x) = U_0(x^2 - a^2)^2$  (ראה שרטוט)

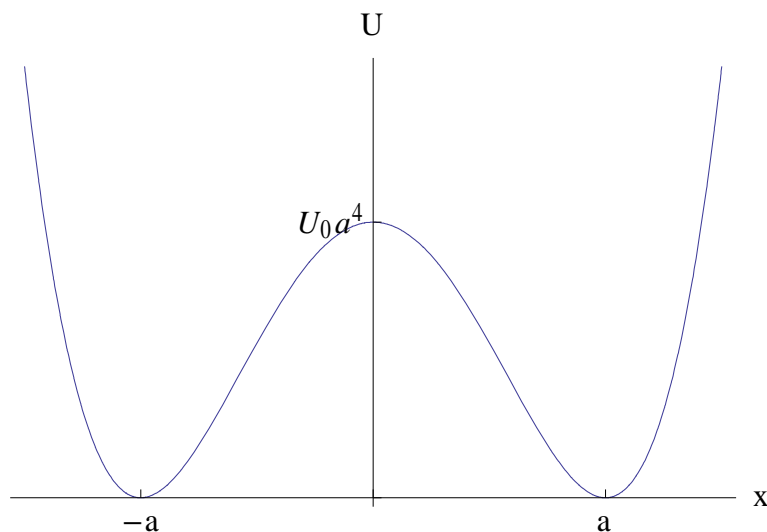
א. היכן נקודות השיווי משקל ומה סוג כל נקודה (שיווי משקל יציב/לא יציב)?

עבור סעיפים ב' ו ג' נתון שלגוף יש סך אנרגיה של  $\frac{U_0 a^4}{4}$ .

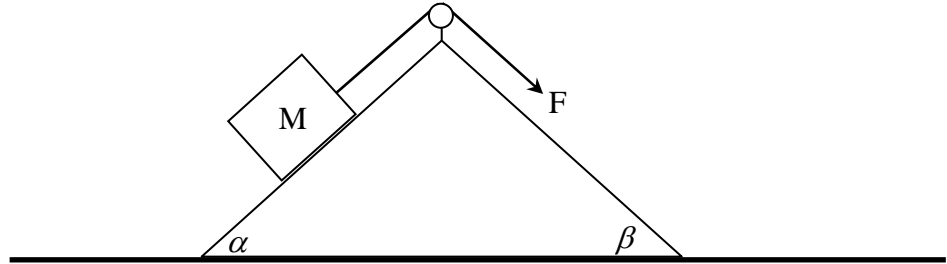
ב. מהו תחום התנועה שבו ינוע הגוף ( $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$ ). בטאו מפורשות  $x_{\min}$  ו  $x_{\max}$ .

ג. מצאו את המהירות כפונקציה של  $x$ .

ד. מהי תדירות התנועה של הגוף עבור העתקים קטנים נקודת שיווי משקל יציב כלשהי?



5. נתונה המערכת באיור הבא. מקדם החיכוך הסטאטי בין הגוף למשולש הוא  $\mu$ . הגלגלת היא אידיאלית וחסרת מסה.



- א. מהו טווח הכוחות שמותר על מנת שהמסה תישאר במקומה.
- ב. מניחים את המערכת בתוך מעלית היורדת בתאוצה קבועה  $a$ . ענה מחדש על סעיף א בתנאים אלו.
- ג. מוציאים את המערכת מהמעלית ומניחים אותה כעת בתוך קרונית הנעה בתאוצה קבועה  $a$  ימינה. ענה מחדש על סעיף א בתנאים אלו.

**בהצלחה!**

$$M = \alpha m$$

(1)

$$\begin{cases} MV = MV_1 + MV_2 \\ \frac{1}{2} M V^2 = \frac{1}{2} M V_1^2 + \frac{1}{2} M V_2^2 \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} V = -V_1 + \alpha V_2 \Rightarrow V_1 = -V + \alpha V_2 \\ V^2 = V_1^2 + \alpha^2 V_2^2 \end{cases}$$

$$V^2 = (-V + \alpha V_2)^2 + \alpha^2 V_2^2 = V^2 - 2\alpha V V_2 + \alpha(1+\alpha)V_2^2$$

$$V_2 = \frac{2}{1+\alpha} V$$

$$V_1 = -V - \frac{2\alpha}{1+\alpha} V = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} V = V_1$$

ב)  $\alpha = 0$ : פגזות אין מסה,  $\rho = 1$ , הפגזת ימין

$$V_1 = V$$

ג)  $\alpha = 1$ : פגזות אינה מסה זהו פגזות ימין

פגזת ימין פגזת ימין מסה זהו פגזות ימין,  $V_2 = V$

$$V_1 = 0$$

ד)  $\alpha > 1$ : הפגזת שמאל מסה פגזת ימין (מא קודם הפגזת

שמאל פגזת ימין פגזת ימין פגזת שמאל

פגזת שמאל פגזת שמאל פגזת שמאל,  $V_1 = -V$

ה) הפגזת הימנית מסה פגזת ימין פגזת ימין

$$V_{rel} = V_2 - V_1 = \left( \frac{1-\alpha}{1+\alpha} - \frac{2}{1+\alpha} \right) V = -V$$

$$t = \frac{l}{V_{rel}}$$

המשך שאלה

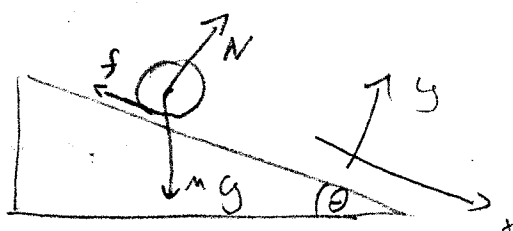
$$M = \int dm = \int \rho dV = \rho \pi R^2 L$$

(16) (2)

$$\rho = \frac{M}{\pi R^2 L}$$

$$I = \int r^2 dm = \rho \int_0^R r^3 dr \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^L dz = \rho \frac{R^4}{4} \cdot 2\pi \cdot L$$

$$= \frac{M}{\pi R^2 L} \cdot \frac{R^4 L \pi}{2} = \boxed{\frac{MR^2}{2} = I}$$



(17)

$$x: \begin{cases} mg \sin \theta - f = ma \\ y: \begin{cases} N - mg \cos \theta = 0 \end{cases} \end{cases}$$

התנאי של נורמל

$$f \cdot R = I \alpha$$

התנאי של סיבוב

$$a = \alpha R$$

התנאי של קשר בין תאוצה לסיבוב

$$mg \sin \theta = Ma + \frac{I \alpha}{R} = Ma + \frac{I a}{R^2}$$

1 = R

$$a = \frac{mg \sin \theta}{M + I/R^2} = \frac{mg \sin \theta}{M + \frac{MR^2}{2}} = \boxed{\frac{2}{3} g \sin \theta = a}$$

$$f = mg \sin \theta - Ma = mg \sin \theta - \frac{2}{3} mg \sin \theta = \boxed{\frac{1}{3} mg \sin \theta = f}$$

$$f = \mu N$$

התנאי של כוח חיכוך

התנאי של כוח חיכוך מקסימלי

$$\frac{1}{3} mg \sin \theta = \mu \cdot mg \cos \theta$$

$$\boxed{\mu = \frac{1}{3} \tan \theta}$$

$$E_0 = \frac{1}{2} M v_0^2 = \frac{1}{2} M_1 \omega_0^2 R^2 \quad (v_0 = \omega_0 R) \quad (3)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2E_0}{M_1 R^2}}$$

ב) מה מזה  $M_3$  מילכת תמכה את החוט ומקבלת את  
 כרסום הכסבים מכיון שהכה כוח על ציר הכסבים  
 ו' שמה תנוע זווית.

$$I_0 \omega_0 = I_1 \omega_1$$

$$M_1 R^2 \omega_0 = M_1 \left(\frac{R}{2}\right)^2 \omega_1$$

$$\boxed{\omega_1 = 4\omega_0}$$

$$\omega_1 = 4 \sqrt{\frac{2E_0}{M_1 R^2}}$$

$$W = K_1 - K_0 = \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2 - \frac{1}{2} I_0 \omega_0^2 \quad (2)$$

$$= \frac{1}{2} M_1 \left(\frac{R}{2}\right)^2 (4\omega_0)^2 - \frac{1}{2} M_1 R^2 \omega_0^2$$

$$= \frac{3}{2} M_1 R^2 \omega_0^2 = \boxed{3E_0 = W}$$

$$U(x) = U_0 (x^2 - a^2)^2$$

(4)

0'3' 6P	: x=0
0'3'	: x=a
0'3'	: x=-a

.10

$$E = \frac{1}{2} m v^2 + U(x) = \frac{U_0 a^4}{4}$$

.2

$x_{min}$  +  $x_{max}$  - זה הן נקודות המינימום והמקסימום

$$U(x) = \frac{U_0 a^4}{4} = U_0 (x^2 - a^2)^2$$

$$(x^2 - a^2)^2 = \frac{1}{4} a^4$$

$$(x^2 - a^2) = \pm \frac{a^2}{2}$$

$$x^2 = a^2 \pm \frac{a^2}{2} \Rightarrow x = \pm \sqrt{a^2 \pm \frac{a^2}{2}}$$

$-\sqrt{\frac{3}{2}} a \leq x \leq -\sqrt{\frac{1}{2}} a$		$\sqrt{\frac{1}{2}} a \leq x \leq \sqrt{\frac{3}{2}} a$
---	--	---

$$\frac{1}{2} m v^2 + U_0 (x^2 - a^2)^2 = \frac{U_0 a^4}{4}$$

.d

$V = \sqrt{\frac{2}{m}} U_0 \left( \frac{a^4}{4} - (x^2 - a^2)^2 \right)^{1/2}$
---

$$U(x) \approx \frac{U_0(a)}{0'3'7} + \frac{dU}{dx} \Big|_{x=a} (x-a) + \frac{1}{2} \frac{d^2U}{dx^2} \Big|_{x=a} (x-a)^2$$

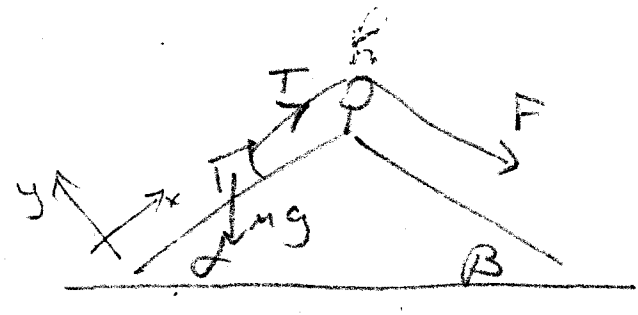
.2

$$\frac{dU}{dx} = 4U_0 x (x^2 - a^2) = 4U_0 x^3 - 4U_0 x a^2$$

$$\frac{d^2U}{dx^2} = 12U_0 x^2 - 4U_0 a^2$$

$$\frac{d^2U}{dx^2} \Big|_{x=a} = 8U_0 a^2$$

$\omega^2 = \frac{8U_0 a^2}{m}$
---------------------------------



השיעור בן שני

כאשר אין חיכוך  $F = mg \sin \alpha$

כאשר  $F < mg \sin \alpha$  - הכסה "רוב" יפול חזק, החיכוך יהיה למעלה

$$\begin{cases} x: F + f = mg \sin \alpha \\ y: N = mg \cos \alpha \end{cases}$$

כאשר  $f = \mu N$  הכה יהיה מינימלי

$$F_{min} = mg \sin \alpha - \mu \cdot mg \cos \alpha = mg (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

כאשר  $F > mg \sin \alpha$  החיכוך יפול בכיוון העליון ויקבל

$$F_{max} = mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$mg (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \leq F \leq mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

(ב) במערכת של אינרציאל, הכסה תזוז עם המסה שגובהו  $ma$  וכיוון למעלה. חזק כמקום  $g$  למטה נעשה  $(g-a)$  למטה התייחסה ויקבל

$$M(g-a)(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \leq F \leq M(g-a)(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

(ג) כשהכסה תזוז עם המסה  $ma$  שגובהו, חזק נעשה למטה (כיוון  $F_{min}$ )

$$\begin{cases} F + f = mg \sin \alpha + ma \cos \alpha \\ N = mg \cos \alpha + ma \sin \alpha \end{cases}$$

$$F_{min} = M(a \sin \alpha + a \cos \alpha) + \mu (Mg \cos \alpha + Ma \sin \alpha)$$

$$Mg (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) + Ma (\cos \alpha - \mu \sin \alpha) \leq F \leq Mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) + Ma (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)$$