

פיזיקה 1 ב' 1391-1-203  
מרצה: מיכאל גדליון, מתרגל: תומר יגאל  
מועד א' 21/09/2018

- משך המבחן 3 שעות
  - חומר עזר: דף נוסחאות מצורף, מחשבון אסור
  - בשאלות פתוחות יש לרשום פתרון באמצעות אותיות בלבד, להגיע לנוסחה סופית ולהציב מספרים רק בה
  - בשאלות עם מספרים חובה להגיע למספר סופי (בקירוב)
  - בשאלות אמריקאיות רק תשובות סופיות (בטופס) נבדקות
- בהצלחה !

חלק א' - שאלות אמריקאיות (כל שאלה - 6 נק') - יש לסמן תשובה נכונה בטבלה בלבד

No.	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5				

1) רכב נכנס לסיבוב במהירות שגודלה  $60 \text{ km/h}$  יוצא מהסיבוב כעבור  $10 \text{ s}$  במהירות שגודלה  $72 \text{ km/h}$ . התאוצה המישיקית הממוצעת בסיבוב זה היא

A	B	C	D
$1.2 \text{ km/h/s}$	$-1.2 \text{ km/h/s}$	$0 \text{ km/h/s}$	חסרים נתונים

2) גודל מהירות המטוס ביחד לקרקע הוא  $500 \text{ km/h}$ . גודל מהירות הרוח ביחס לקרקע הוא  $500 \text{ km/h}$ . מהי הזווית בין וקטור מהירות המטוס ביחס לקרקע ווקטור מהירות הרוח ביחס לקרקע?

A	B	C	D
$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	לא ניתן לדעת

3) לשני גופים גודלי התנעים  $p_1$  ו- $p_2$ , בהתאמה. האנרגיה הקינטית של מרכז המסה של השניים היא  $K_{cm}$  והמסה הכוללת היא  $M$ . מהו  $\cos \theta$ , כאשר  $\theta$  היא הזווית בין וקטורי המהירויות?

A	B	C	D
$\frac{p_1^2 + p_2^2}{p_1 p_2}$	$\frac{2MK + p_1^2 + p_2^2}{2p_1 p_2}$	$\frac{2MK - p_1^2 - p_2^2}{2p_1 p_2}$	$\frac{2MK - 2p_1 p_2}{p_1^2 + p_2^2}$

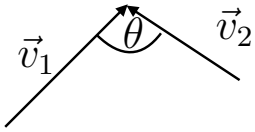
4) איזו מהטענות הבאות נכונה תמיד?

A	B	C	D
תנע זוויתי פנימי לא תלוי במערכת יחוס	תנע זוויתי של מרכז המסה לא תלוי במערכת יחוס	אנרגיה קינטית לא תלויה במערכת יחוס	מומנט הפיתול של כוחות חיצוניים לא תלוי במערכת יחוס

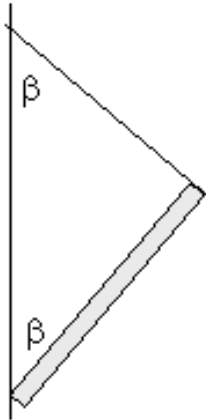
5) גוף, אשר מחובר לקפיץ, מתנדנד לאורך ציר  $x$  בין הגבולות  $x_1 = 10 \text{ cm}$  ו- $x_2 = 60 \text{ cm}$ . גודל המהירות המקסימלית של הגוף הוא  $v_{max} = 500 \text{ cm/s}$ . מהי תדירות התנודות  $\omega$ ?

A	B	C	D
$10 \text{ rad/s}$	$20 \text{ rad/s}$	$10\pi \text{ rad/s}$	$20\pi \text{ rad/s}$

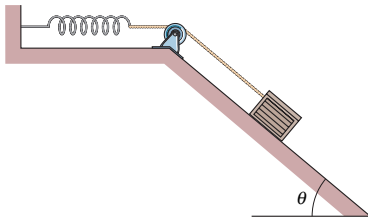
חלק ב' - שאלות פתוחות, כל שאלה 20 נק', אין סעיפים  
פתרון חייב להיות רשום בדף המסומן בצד אחד בלבד, לא לרשום חישובי ביניים



(1) שני גופים נקודתיים זהים מתנגשים התנגשות אלסטית. גודלן של מהירויותיהם לפני ההתנגשות הם  $v_1$  ו- $v_2$  בהתאמה, והזווית בין וקטורי המהירויות לפני ההתנגשות היא  $\theta$ . אחרי ההתנגשות, הזווית בין וקטורי היא  $\beta$ . מה גודלם המהירויות של הגופים אחרי ההתנגשות?



(2) מוט אחיד מחובר בעזרת חוט לקיר לא חלק כמוראה. מקדם החיכוך בין המוט לקיר הוא  $\mu$  (גם סטטי וגם קינטי). מהי הזווית  $\beta$  המינימלית האפשרית?



(3) גוף שמסתו  $m$  נמצא על מדרון בעל זווית  $\theta$  עם האופק. הגוף מחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ  $k$ . משחררים את הגוף כאשר הקפיץ במצב רפוי. הגוף מגיע למהירות המקסימלית  $v_m$ . מהו מקדם החיכוך הקינטי?

פתרון שאלה פתוחה 1 (צד אחד בלבד של הדף, לא לרשום חישובי ביניים):

פתרון שאלה פתוחה 2 (צד אחד בלבד של הדף, לא לרשום חישובי ביניים):

פתרון שאלה פתוחה 3 (צד אחד בלבד של הדף, לא לרשום חישובי ביניים):

<p>תנע זוויתי:</p> $\vec{J} = \vec{r} \times \vec{p}$ <p>מומנט פיתול (מומנט כוח):</p> $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ <p>תנע זוויתי של מערכת:</p> $\vec{J} = \sum_i \vec{r}_i \times \vec{p}_i = \vec{J}_{cm} + \vec{J}_{int}$ $\vec{J}_{cm} = M \vec{R}_{cm} \times \vec{V}_{cm}$ $\vec{J}_{int} = \sum_i m_i (\vec{r}_i - \vec{R}_{cm}) \times (\vec{v}_i - \vec{V}_{cm})$ <p>חוק שני של ניוטון לתנועה סיבובית:</p> $\frac{d\vec{J}}{dt} = \sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_{i,ext}$ $\frac{d\vec{J}_{cm}}{dt} = \vec{R}_{cm} \times (\sum_i \vec{F}_{i,ext})$ $\frac{d\vec{J}_{int}}{dt} = \sum_i (\vec{r}_i - \vec{R}_{cm}) \times \vec{F}_{i,ext}$ <p>רכיב תנע זוויתי בכיוון ציר הסיבוב של גוף קשיח:</p> $J = I\omega$ <p>מומנט התמד:</p> $I = \sum_i m_i R_i^2$ <p>משפט שטיינר:</p> $I_O = I_{cm} + m d_{O,cm}^2$ <p>אנרגיה קינטית של גוף קשיח:</p> $K = \frac{mv_{cm}^2}{2} + \frac{I_{cm}\omega^2}{2}$ <p>תנועה הרמונית פשוטה:</p> $x = A \cos(\omega t + \phi)$ <p>צורת משוואת התנועה:</p> $m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx, \quad \omega^2 = \frac{k}{m}$ <p>צורת האנרגיה המכנית:</p> $E = \frac{m}{2} \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 + \frac{k}{2} x^2$ $\omega^2 = \frac{k}{m}, \quad k = \left( \frac{d^2U}{dx^2} \right)_{x=x_e}$	<p>אנרגיה פוטנציאלית של כבידה:</p> $U_g = -m\vec{g} \cdot \vec{r} = mgh$ <p>אנרגיה פוטנציאלית של קפיץ:</p> $U_k = \frac{k(\Delta l)^2}{2}$ <p>תנע המערכת:</p> $\vec{P} = \sum_i \vec{p}_i = \sum_i m_i \vec{v}_i$ <p>מסת המערכת:</p> $M = \sum_i m_i$ <p>מהירות מרכז המסה:</p> $\vec{V}_{cm} = \frac{\vec{P}}{M} = \frac{\sum_i m_i \vec{v}_i}{\sum_i m_i}$ <p>מיקום מרכז המסה:</p> $\vec{R}_{cm} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{\sum_i m_i}$ <p>חוק שני של ניוטון למערכת:</p> $\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$ $M \frac{d\vec{V}_{cm}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$ $M \vec{a}_{cm} = \sum \vec{F}_{ext}$ <p>אנרגיה קינטית של מערכת:</p> $K = \sum_i \frac{m_i v_i^2}{2}$ $= K_{cm} + K_{int}$ $K_{cm} = \frac{M V_{cm}^2}{2}$ $K_{int} = \sum_i \frac{m_i (\vec{v}_i - \vec{V}_{cm})^2}{2}$ <p>אנרגיה פוטנציאלית של כבידה למערכת:</p> $U_g = -M\vec{g} \cdot \vec{R}_{cm}$ <p>זווית הסיבוב, מהירות זוויתית, תאוצה זוויתית:</p> $\omega = \frac{d\phi}{dt}, \quad \alpha = \frac{d\omega}{dt}$ $\omega(t) = \omega_0 + \int_{t_0}^t \alpha(t') dt'$	<p>מהירות רגעית ותאוצה רגעית:</p> $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ <p>מהירות כפונקציה של זמן:</p> $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \int_{t_0}^t \vec{a}(t') dt'$ <p>וקטור המקום כפונקציה של זמן:</p> $\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \int_{t_0}^t \vec{v}(t') dt'$ <p>כוח הכבידה:</p> $\vec{F}_g = m\vec{g}$ <p>כוח הקפיץ:</p> $F = -k\Delta l$ <p>כוח חיכוך סטטי:</p> $ \vec{f}_s  \leq \mu_s N$ <p>כוח חיכוך קינטי:</p> $ \vec{f}_k  = \mu_k N$ <p>חוק שני של ניוטון לגוף נקודתי:</p> $\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}$ <p>מתקף ותנע:</p> $\vec{p} = m\vec{v}$ $\Delta \vec{p} = \int \vec{F} dt$ <p>אנרגיה קינטית:</p> $K = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$ <p>הספק:</p> $\frac{dK}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$ <p>עבודה:</p> $W_{12} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} \cdot \vec{v} dt$ $W_{12} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r}$ <p>משפט עבודה-אנרגיה:</p> $\Delta K = K_2 - K_1 = W_{12}$ <p>אנרגיה מכנית:</p> $E = K + U$ <p>משפט עבודה-אנרגיה:</p> $\Delta E = W_{12}, \text{ לא משמרים}$
--	--	---

No.	A	B	C	D
1	X			
2		X		
3			X	
4	X			
5		X		



1. תאוצה משיקית שווה לקצב שינוי גודל המהירות:

$$\bar{a}_t = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1)$$

2.

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}_0 \quad (2)$$

לפי כלל חיבור וקטורי שלושת הווקטורים עושים משולש שווה צלעות.

3.

$$K_{cm} = \frac{(\vec{p}_1 + \vec{p}_2)^2}{2M} = \frac{p_1^2 + p_2^2 + 2p_1p_2 \cos \theta}{2M} \quad (3)$$

4. כולם תלויים חוץ מפנימי, בגלל שהוא ביחס למרכז המסה.

5.

$$A = \frac{|x_2 - x_1|}{2} \quad (4)$$

$$\omega = \frac{v_{max}}{A} \quad (5)$$

1.

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{u}_1 + \vec{u}_2 \quad (6)$$

$$v_1^2 + v_2^2 = u_1^2 + u_2^2 \quad (7)$$

$$v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \theta = u_1^2 + u_2^2 + 2u_1u_2 \cos \beta \quad (8)$$

חישוב ביניים (בטיוטה בלבד):

$$u_1u_2 = \frac{v_1v_2 \cos \theta}{\cos \beta} \quad (9)$$

$$(u_1 \pm u_2)^2 = u_1^2 \pm 2u_1u_2 + u_2^2 = v_1^2 + v_2^2 \pm \frac{2v_1v_2 \cos \theta}{\cos \beta} \quad (10)$$

$$u_1 \pm u_2 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 \pm \frac{2v_1v_2 \cos \theta}{\cos \beta}} \quad (11)$$

תשובה סופית:

$$u_1 = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + \frac{2v_1v_2 \cos \theta}{\cos \beta}} + \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - \frac{2v_1v_2 \cos \theta}{\cos \beta}} \right] \quad (12)$$

$$u_2 = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + \frac{2v_1v_2 \cos \theta}{\cos \beta}} - \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - \frac{2v_1v_2 \cos \theta}{\cos \beta}} \right] \quad (13)$$

פתרון קיים בתנאי

$$v_1^2 + v_2^2 \pm \frac{2v_1v_2 \cos \theta}{\cos \beta} \geq 0 \quad (14)$$

2.

$$Tl \sin 2\beta - mg(l/2) \sin \beta = 0 \quad (15)$$

$$T = \frac{mg}{4 \cos \beta} \quad (16)$$

$$N - T \sin \beta = 0 \quad (17)$$

$$N = \frac{mg \tan \beta}{4} \quad (18)$$

$$T \cos \beta + f_s - mg = 0 \quad (19)$$

$$f_s = \frac{3mg}{4} \quad (20)$$

$$f_s \leq \mu N \quad (21)$$

$$\frac{3mg}{4} \leq \mu \frac{mg \tan \beta}{4} \quad (22)$$

$$\tan \beta \geq \frac{3}{\mu} \quad (23)$$

3.

מהירות מקסימלית כאשר התאוצה מתאפסת, ז"א סכום הכוחות מתאפס. מהירות אינה אפס ברגע זה, לכן חיכוך קינטי פועל קלפי מעלה במדרון ברגע זה. נסמן ב  $x$  את המרחק שהגוף עובר במדרון. משפט עבודה ואנרגיה ותנאי איפוס הכוח נותנים:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} - mgx \sin \theta = -\mu mgx \cos \theta \quad (24)$$

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta - kx = 0 \quad (25)$$

חישובי ביניים (בטיטה בלבד):

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = (mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta)x \quad (26)$$

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = kx \quad (27)$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2} \quad (28)$$

$$kx = v\sqrt{km} \quad (29)$$

$$\mu = \tan \theta - \frac{kx}{mg \cos \theta} \quad (30)$$

תשובה סופית:

$$\mu = \tan \theta - \frac{v}{g \cos \theta} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (31)$$