

פיסיקה 1 ב' 1391-1-203

- מרצים: פרופ' מיכאל גדלין
- מועד א' 31.01.17
- משך המבחן 3 שעות
- חומר עזר: דף נוסחאות מצורף, מחשבון אסור
- $g = 10 \text{ m/s}^2$
- בהצלחה !

חלק א' - שאלות אמריקאיות (כל שאלה - 5 נק') - יש לסמן תשובה נכונה בטבלה בלבד

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

1) מערכת מורכבת משני גופים נקודתיים, בעלי מסות m_1 ו- m_2 . ברגע מסוים תאוצה של גוף 1 היא \vec{a}_1 ותאוצה של גוף 2 היא \vec{a}_2 . מהי תאוצה של מרכז המסה באותו רגע ?

A	B	C	D
$\vec{a}_1 + \vec{a}_2$	$\frac{\vec{a}_1 + \vec{a}_2}{2}$	$\frac{m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2}{m_1 + m_2}$	$\frac{m_2 \vec{a}_1 + m_1 \vec{a}_2}{m_1 + m_2}$

2) מקדם החיכוך, סטטי וקינטי, בין גוף קטן ומשטח אופקי הוא $\mu = 0.2$. כדי להזיז את הגוף מהמקום צריך להפעיל כוח אופקי מינימלי 100 N. איזה כוח אופקי צריך להפעיל כדי שהגוף ינוע בתאוצה 4 m/s^2 ?

A	B	C	D
100 N	200 N	300 N	חסרים נתונים

3) גוף נקודתי מתחיל לנוע במעגל נגד כיוון השעון ממצב מנוחה בתאוצה זוויתית קבועה. תוך 10 s הגוף מסתובב בזווית 500 rad. מהי התאוצה הזוויתית הממוצעת במשך זמן זה ?

A	B	C	D
5 rad/s^2	10 rad/s^2	50 rad/s^2	100 rad/s^2

4) סכום כל הכוחות החיצוניים שפועלים על מערכת שווה לאפס. איזו מהטענות הבאות נכונה ?

A	B	C	D
תנע של המערכת לא מתשנה	תנע זוויתי של המסה לא משתנה	אנרגיה קינטית של מרכז המסה לא משתנה	כל הטנעות A-C נכונות

5) גליל אחד מתגלגל ללא החלקה במדרון למעלה. מהו כיוון של כוח החיכוך ?

A	B	C	D
כלפי מעלה	כלפי מטה	כוח החיכוך שווה לאפס	חסרים נתונים

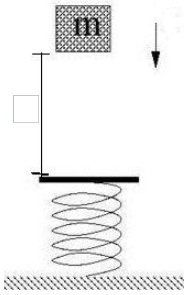
6) מוט אחד מסתובב סביב ציר מקובע העובר דרך קצה המוט בניצב למוט. איזה חלק מהאנרגיה הקינטית שלו היא אנרגיה קינטית פנימית ? $I_{cm} = ml^2/12$

A	B	C	D
1/2	1/3	1/4	0

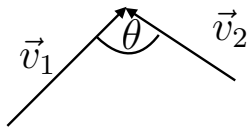
7) גוף קטן נח בנקודת שיווי משקל יציב של אנרגיה פוטנציאלית $U(x) = ax^2 - bx^4$, $a > 0$, $b > 0$. איזו אנרגיה קינטית מינימלית יש לספק לגוף כדי שיוכל לברוח לאינסוף ?

A	B	C	D
a/b	a^2/b	$a^2/2b$	$a^2/4b$

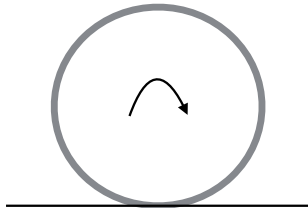
חלק ב' - שאלות פתוחות, כל שאלה 15 נק', אין סעיפים, יש לרשום פתרון על הדפים המצורפים בלבד, רק מצד אחד



1) מסה m מופלת על קפיץ אנכי רפוי. קבוע הקפיץ הוא k . המסה נצמדת לקפיץ ומכווצת אותו עד לאורך כיווץ (אורך במצב רפוי פחות אורך במצב מכווץ) מקסימלי של d . מהי המהירות המקסימלית של המסה?



2) 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 θ . אחרי ההתנגשות, גודל המהירות של אחד מהם הוא u_1 . מהי הזווית בין וקטורי המהירויות אחרי ההתנגשות?



3) טבעת דקה הונחה אנכית על מישור אופקי עם חיכוך, כאשר היא מסתובבת סביב צירה במהירות זוויתית ω_0 ומהירות קווית של מרכז מסה היא אפס. מה תהיה המהירות הזוויתית של הטבעת כעבור זמן רב?

פתרונות חלק א'

1.

$$\vec{v}_{cm} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}$$

גוזרים לפי זמן:

$$\vec{a}_{cm} = \frac{m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2}{m_1 + m_2}$$

2. הכוח המינימלי האופקי הדרוש להזזה הוא

$$f_{min} = \mu mg$$

לכן

$$m = \frac{f_{min}}{\mu g}$$

כאשר הגוף נא בתאוצה a נקבל

$$F - \mu mg = ma \rightarrow F = f_{min} + \frac{f_{min} a}{\mu g}$$

3. כאשר התאוצה קבועה תאוצה ממוצעת שווה לתאוצה הקבועה. לתנועת שוות תאוצה

$$\phi = \frac{\alpha t^2}{2}$$

4.

$$\frac{d\vec{P}_{cm}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext} = 0$$

$$\frac{d\vec{J}_{cm}}{dt} = \vec{R}_{cm} \times (\sum \vec{F}_{ext}) = 0$$

$$\frac{dK_{cm}}{dt} = (\sum \vec{F}_{ext}) \cdot \vec{V}_{cm} = 0$$

5. ללא חיכוך מהירות מרכז המסה תקטן ומהירות זוויתית לא תשתנה. בגלגול ללא החלקה גם מהירות זוויתית חייבת לקטון, לכן כוח החיכוך מאיט את הסיבוב, ז"א פועל בכיוון כלפי מעלה.
6. אנרגיה קינטית של גוף קשיח מסתובב היא

$$K = \frac{I\omega^2}{2}, \quad I = I_{cm} + m(l/2)^2 = \frac{ml^2}{3}$$

אנרגיה קינטית פנימית של גוף קשיח היא

$$K_{int} = \frac{I_{cm}\omega^2}{2}$$

לכן

$$\frac{K_{int}}{K} = \frac{1}{4}$$

7. שיווי משקל יציב הוא במינימום של אנרגיה פוטנציאלית:

$$\frac{dU}{dx} = 0, \quad \frac{d^2U}{dx^2} > 0 \rightarrow x = 0$$

במצב זה אנרגיית הגוף היא

$$E = U(0) = 0$$

כדי שהגוף יברח לאינסוף, יש לספק לא אנרגיה קינטית K כך שהאנרגיה המכנית תהיה לפחות שווה לאנרגיה פוטנציאלית מקסימלית. המקסימום בנקודות

$$x^2 = a/2b \rightarrow U_{max} = a(a/2b) - b(a/2b)^2 = a^2/4b$$

יש להעניק לגוף אנרגיה קינטית

$$a^2/4b$$

לפחות.

פתרון שאלה 1 (צד אחד בלבד של הדף):

מהירות מקסימלית בנקודה שבה התאוצה מתאפסת. אם התאוצה מתאפסת, סכום הכוחות חייב להיות אפס. נסמן ב- x את הכיווץ בנקודה זאת. חייב להתקיים

$$mg = kx$$

נניח שהגוף נופל מגובה h . נבחר את נקודת הייחוס של אנרגיה פוטנציאלית בגובה h . משימור האנרגיה

$$E_h = 0$$

$$E_d = \frac{kd^2}{2} - mg(h + d) = 0$$

$$E_x = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} - mg(h + x) = 0$$

$$E_d = E_x \rightarrow v^2 = \frac{kd^2}{m} - 2gd + \frac{mg^2}{k}$$

מכיון ש- $h \geq 0$ חייב להתקיים

$$\frac{kd^2}{2} - mgd \geq 0 \rightarrow d \geq \frac{2mg}{k}$$

פתרון שאלה 2 (צד אחד בלבד של הדף):

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = m\vec{u}_1 + m\vec{u}_2$$
$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mu_1^2}{2} + \frac{mu_2^2}{2}$$

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{u}_1 + \vec{u}_2$$

$$v_1^2 + v_2^2 = u_1^2 + u_2^2 \rightarrow u_2 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - u_1^2}$$

$$v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \theta = u_1^2 + u_2^2 + 2u_1u_2 \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{v_1v_2 \cos \theta}{u_1u_2}$$

חייב להתקיים

$$v_1^2 + v_2^2 - u_1^2 \geq 0$$

פתרון שאלה 3 (צד אחד בלבד של הדף):
כל עוד המהירות בנקודת המגע

$$v_{cm} - \omega R < 0$$

פועל כוח חיכוך קינטי f ביכוון חיובי (ימינה בשרטוט). לכן

$$m \frac{dv_{cm}}{dt} = f$$

$$I_{cm} \frac{d\omega}{dt} = -fR, \quad I_{cm} = mR^2$$

$$\frac{d}{dt}[v_{cm} + \omega R] = 0 \rightarrow v_{cm} + \omega R = \omega_0 R$$

מהירות מרכז המסה גדלה ומהירות זוויתית קטנה עד לרגע שבו החלקה מסתיימת ומתקיים קשר

$$v_{cm} = \omega R$$

לכן

$$\omega = \omega_0/2$$

מרגע זה v_{cm} ו- ω לא משתנות.