

71031 פיזיקה א' (מורחב) – מועד א'

18 בינואר 2022

שאלה 1 [24 נקודות]

הסרט "אל תסתכלו למעלה" (2021) מתאר כוכב שביט ענקי שעומד להתנגש עם כדור הארץ. קוטרו של כוכב השביט הוא 9 ק"מ (נניח שהוא כדורי), והוא עשוי מקרח, שצפיפותו 0.9 g/cm^3 . הדמות המרכזית בסרט, שמגולמת ע"י לאונרדו דיקפרי, מזהירה ש"אם כוכב השביט יפגע בכדור הארץ, עוצמת הפגיעה תהיה שווה למיליארד [פצצות אטום] הירושימה."

1.1 [12 נקודות] אם נמיס את כל הקרח שבכוכב השביט, ונוסיף את המים לאוקיינוסים של כדור הארץ, בכמה מטרים היה עולה מפלס הים? נתון כי האוקיינוסים מכסים 71% מפני כדור הארץ, ושרדיוס כדור הארץ הוא 6371 km. בנוסף, נתון כי נפחו ושטחו של כדור בעל רדיוס R הם $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, $A = 4\pi R^2$, בהתאמה.

1.2 [12 נקודות] לפצצת הירושימה הייתה עוצמה של 15 קילוטון TNT, כאשר טון TNT היא אנרגיה ששווה 4.18×10^9 ג'אול. בהנחה שכל האנרגיה המשוחררת בפגיעת כוכב השביט (מיליארד פצצות הירושימה) באה מהאנרגיה הקינטית של כוכב השביט, חשבו את מהירות כוכב השביט בעת ההתנגשות. [תשובה ב-km/h].

שאלה 2 [48 נקודות]

מטוטלת בליסטית מוצגת בתמונה למטה. קליע בעל מסה $m_1 = 10 \text{ g}$, הנוסע ימינה בגודל מהירות לא ידוע v_i , חודר לתוך בלוק עץ בעל מסה $m_2 = 2.0 \text{ kg}$, התלוי מחוט בעל אורך $L = 76 \text{ cm}$. בעקבות ההתנגשות, שני הגופים (קליע+בלוק) נוסעים ימינה עד שהמטוטלת נעצרת לרגע בזווית $\theta = 26^\circ$, ובגובה h מעל גובהה המקורי. הניחו שהקליע והבלוק הם גופים נקודתיים, חסרי מימד. חשבו את כל הסעיפים בצורה פרמטרית, ורק בסוף כל סעיף קבלו ערך מספרי, כאשר התשובה צריכה להיות ביחידות S.I.

2.1 [6 נקודות] מצאו את הגובה המירבי h שהמטוטלת מגיעה אליו (מצב C). נמקו.

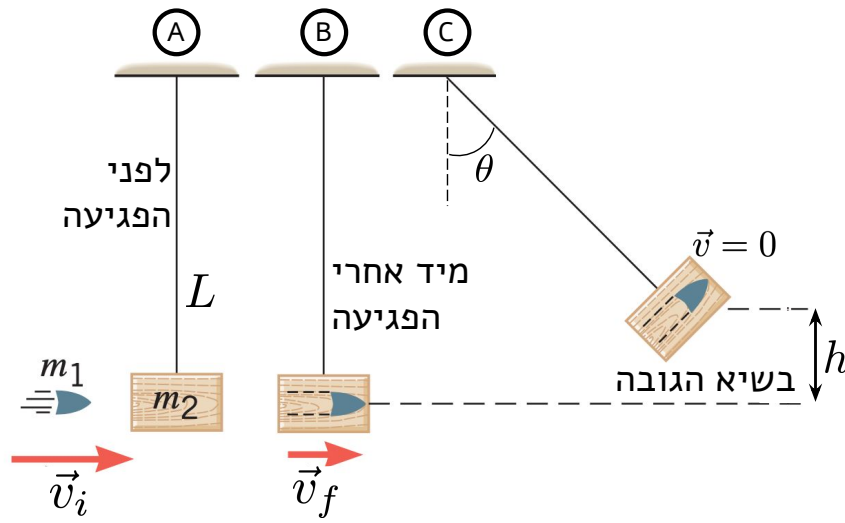
2.2 [10 נקודות] חשבו את גודל המהירות v_f של המערכת קליע+בלוק מיד אחרי פגיעת הקליע (מצב B). נמקו.

2.3 [10 נקודות] חשבו את גודל מהירות הקליע v_i (מצב A). נמקו.

2.4 [6 נקודות] נכון או לא נכון: "מלפני פגיעת הקליע בבלוק (מצב A) עד שהבלוק והקליע מגיעים לשיא הגובה (מצב C), קיים שימור אנרגיה מכנית של המערכת בלוק+קליע." נמקו.

2.5 [6 נקודות] נכון או לא נכון: "מלפני פגיעת הקליע בבלוק (מצב A) עד שהבלוק והקליע מגיעים לשיא הגובה (מצב C), קיים שימור תנע קווי של המערכת בלוק+קליע." נמקו.

2.6 [10 נקודות] בהיעדר חיכוך, מה יקרה למטוטלת אחרי מצב C? שרטטו גרף עבור האנרגיה הפוטנציאלית של המטוטלת כתלות בזווית המטוטלת (זווית חיובית כפי שמתואר במצב C באיור, זווית שלילית כאשר המטוטלת בצד שמאל של האנך). בנוסף, תארו במילים את תנועת המטוטלת בעזרת המושגים: תנועה אוסילטורית, שיווי משקל יציב/בלתי יציב, אנרגיה קינטית ואנרגיה פוטנציאלית, נקודות מפנה, בור/מחסום אנרגיה פוטנציאלית. (לא בהכרח כל המושגים שימושיים במקרה המתואר). אם רלוונטי, סמנו בגרף את המושגים שבעזרתם תיאר את תנועת המטוטלת.



איור של שאלה 2

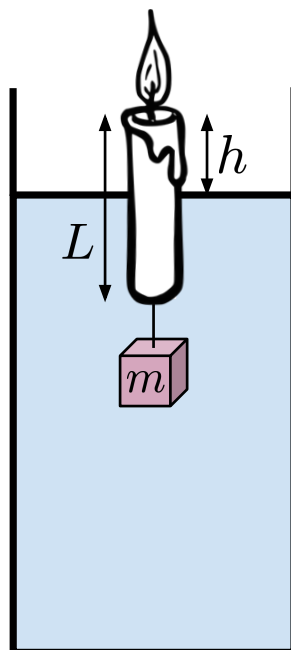
שאלה 3 [28 נקודות]

נר גלילי (אורך $L_0 = 10 \text{ cm}$ ורדיוס $R = 1 \text{ cm}$) צף בכוס מים, כאשר קוביית ברזל קשורה לקצהו התחתון. בשעה 13:00 הנר נדלק, והוא מתקצר בשיעור של 1 cm/h . בשעה מסוימת הנר כולו יהיה בתוך המים והאש תכבה. נתונים: לקוביית הברזל אורך צלע 0.5 cm וצפיפות 7.9 g/cm^3 , צפיפות הנר היא 0.9 g/cm^3 , וצפיפות המים היא 1.0 g/cm^3 .

3.1 [4 נקודות] ציירו דיאגרמת גוף חופשי עבור הנר ועבור קוביית הברזל. הגדירו ציר y כלפי מעלה, וכתבו את כל הכוחות שזיהיתם בצורה קרטזית (בעזרת \hat{i}, \hat{j}).

3.2 [16 נקודות] ברגע שהאש נכבית, הדופן העליונה של הנר נמצאת בדיוק בפני המים. שרטטו את הרגע הזה, וחשבו מה אורכו של הנר ברגע זה. [תשובה ב-cm]

3.3 [8 נקודות] אילו לא הייתה קוביית ברזל, הסבירו מה היה קורה לנר. באיזו שעה הוא היה כבה? בניח שהוא תמיד נשאר אנכי ולא מתהפך או מסתובב. זכרו: הנר מתקצר כל זמן שהאש דולקת. אפשר לענות על השאלה בעזרת חישובים וגם באופן מילולי בלבד.



בהצלחה!

נוסחאות

$$U = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$

$$U = mV$$

$$P = P_0 + \rho gh$$

$$P = \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gy = \text{constant}$$

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}t$$

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2\vec{a} \cdot \vec{\Delta r}$$

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}^{net} = m\vec{a}$$

$$F_s \leq \mu_s N; \quad F_k = \mu_k N$$

$$a_{\text{centr}} = \frac{v^2}{r}; \quad v = \omega R; \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

עבור כוח קבוע: $W = \vec{F} \cdot \vec{\Delta x}$

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = |\vec{v}_1| |\vec{v}_2| \cos(\theta)$$

$$E = K + U^G + U^{EL}$$

$$E_1 + W^{NC} = E_2$$

$$F = -\frac{d}{dx}U(x)$$

$\vec{J} = \vec{F} \Delta t$ עהור כוח קבוע, $\vec{J} = \vec{\Delta p}$

עבור התנגשות אלסטית:

$$v_{A2} = v_{A1} \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} + v_{B1} \frac{2m_B}{m_A + m_B}$$

$$v_{B2} = v_{A1} \frac{2m_A}{m_A + m_B} + v_{B1} \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B}$$

$$x_{cm} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$