

# פיזיקה 1

פרק 6 - כוח ציפה וכוח גרא-

תוכן העניינים

- 1 ..... כוח ציפה
- 2 ..... כוח גרא, הסבר ודוגמה עם צנחו
- 3 ..... כוח סטוקס (לא ספר)
- 4 ..... סיכום כוח גרא סטוקס וכוח ציפה
- 5 ..... תרגילים מסכימים

## כוח ציפה

### רקע

כוח ציפה – כוח הפועל על גוף בנוזל. כיוונו הפוך לכוח הכבוד.

$$F_b = \rho_l V g$$

כאשר  $\rho_l$  היא צפיפות הנוזל ו-  $V$  הוא נפח הגוף.

### שאלות

#### 1) שני כדורים קשורים בחוט בתוך המים

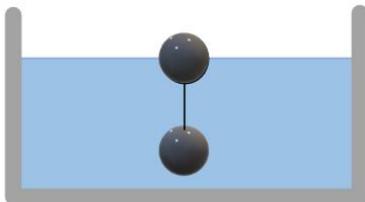
שני כדורים בעלי נפח זהה  $V = 20\text{cm}^3$  קשורים בחוט זה לזה.

מניחים את ה כדורים במים ולאחר זמן רב רואים שהמערכת מתיצבה כך שכדור 1 נמצא כולו מתחת למימי ורך חצי מנגבשו של כדור 2 שקיים לתוך המים. ראה איור.

המסה של כדור 1 גדולה פי 4 מזו של כדור 2.

א. מהי המסה של כל כדור?

ב. מהי צפיפות המסה של כל כדור?



### תשובות סופיות

$$\rho_1 = 1.2 \frac{\text{gr}}{\text{c.m}^3}, \rho_2 = 0.3 \frac{\text{gr}}{\text{c.m}^3} \quad \text{ב.} \quad m_1 = 24\text{gr}, m_2 = 6\text{gr} \quad \text{א.} \quad (1)$$

## כוח גרא, הסבר ודוגמה עם צנחן

### רקע

כוח גרא הוא כוח מהצורה

$$\vec{F} = -k\vec{v}$$

כאשר  $\vec{v}$  היא מהירות הגוף ו-  $k$  הוא קבוע כלשהו.

**משוואת תנועה** - משווהה הבודלת את  $x$ ,  $v$  ו-  $a$ . בדרך מגאים אליה ממשוואת הבודות.

**מהירות סופית** - המהירות הקבועה שהגוף מגיע אליה לאחר זמן רב. (תאוצה שווה לאפס)

כוח סטוקס - כוח גרא שפועל על כדור בתוך נוזל  

$$\vec{F}_v = -6\pi\eta R\vec{v}$$

η - צמיגות הנוזל  
 R - רדיוס הכדור

### שאלות



- 1) הסבר ודוגמה עם צנחן  
 צנחן קופץ ממוטס ופותח מצנה.  
 נתון כי כוח החיכוך עם האויר הוא:  $\vec{F} = -kv$ .
- מצאו את משוואת התנועה של הצנחן.
  - מצאו את המהירות הסופית.
  - מצאו את המהירות כפונקציה של הזמן אם הנפילה התחילה ממנוחה.

### תשובות סופיות

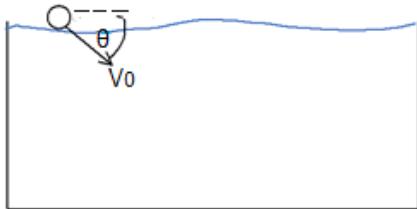
$$v(t) = \frac{mg}{k} \left( 1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right) \text{ ג.} \quad v_{yfinal} = \frac{mg}{k} \text{ ב.} \quad mg - kv_y = ma_y \text{ א.} \quad (1)$$

## כדור נזרק לבריכה:

שאלות:

**1) כדור נזרק לבריכה**

כדור נזרק לתוך בריכה עם מהירות ההתחלתית  $v_0$  בזווית  $\theta$  עם פני המים.  
נתונים :



צמיגות המים -  $g$ .

רדיויס הכדור -  $R$ .

מהירות ההתחלתית -  $v_0$ .

צפיפות המים -  $\rho_w$ .

צפיפות הכדור -  $\rho_b$ .

א. רשמו את המשוואת התנועה של הכדור.

ב. מצאו את המהירות הסופית של הכדור.

ג. מצאו את העומק המקסימלי אליו יגיע הכדור אם  $\rho_b < \rho_w$ .

**תשובות סופיות:**

**1)** א. משוואות התנועה הן :

$$m = \rho_b \frac{4\pi R^3}{3}, C = (\rho_b - \rho_w)g \frac{4\pi R^3}{3}, k = 6\pi \eta R$$

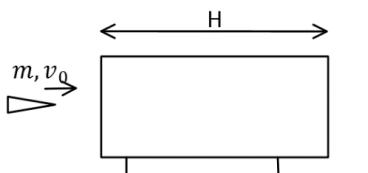
$$\text{ב. } v_{y\ final} = \frac{C}{k}, v_{x\ final} = 0$$

$$\text{ג. } y_{max} = \frac{mc}{k^2} \left[ \frac{v_0 k}{C} \sin \theta - \ln \left( \frac{C}{C - kv_0 \sin \theta} \right) \right]$$

## תרגילים מסכימים:

### שאלות:

- 1) כוח גיר עם חיכוך קינטי**  
 גופ במשקל  $M$  נע על משטח אופקי ב מהירות התחלה  $v_0$  ימינה.  
 בין הגוף והמשטח יש חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא  $\mu$ .  
 בנוסף פועל על הגוף כוח התנגדות של האוויר  $\alpha = -f$ ,  $\alpha$  קבוע.  
 א. מצאו את המשוואת הכוונות על הגוף.  
 ב. מהי מהירות הגוף בכל רגע?  
 ג. מה מיקום הגוף בכל רגע? הנח כי ברגע  $t=0$  מיקום הגוף הוא  $x_0$ .
- 2) רכבת עוצרת**  
 רכבת שמשקלתה  $200$  טון ומהירותה  $30$  מ'./שנ', מתחילה לבלום כאשר כוח  
 עוצר  $F = -4000 \frac{N \cdot s}{m}$  פועל עליה.  
 בעבר איזה מרחק תעבור הרכבת בתנאים האלה?
- 3) כוח גיר ריבועי ב מהירות**  
 ב מהירות גבהות, גודל כח החיכוך שפעיל האוויר על כדור הוא:  $F_d = kv^2$ .  
 א. מצאו את המהירות הסופית של כדור הנופל מגובה רב.  
 זורקים כדור ישיר לעלה ב מהירות התחלה שווה ל מהירות הסופית  
 מסעיף א.  
 ב. מהי תאוצה הכדור כאשר מהירותו שווה לחצי מהירותו התחלה  
 אם הכדור בדרכו לעלה?  
 ג. מהי תאוצה הכדור כאשר מהירותו שווה לחצי מהירותו התחלה  
 אם הכדור בדרכו למטה?
- 4) כוח גיר מתכונתי ל מהירות בשלישית**  
 קליע בעל מסה  $m$  נורה מלוע רובה ועובד דרך בול  
 עץ בעובי  $H$  המקובע במקום. בכניסה לבול העץ  
 מהירות הקליע  $v_0$  וביציאה  $v_1$ .  
 במהלך התנועה בתוך העץ פועל על הקליע כוח  
 מתכונתי ל מהירות בשלישית  $f = -kv^3$ ,  $k$  קבוע.  
 נתון כי הקליע חודר לבול העץ במקביל לקרקע וכי ההשפעה של כוח  
 הכביד על תנועת הקליע זניחה.



- א. מצאו את מהירות הקליע כתלות בזמן בתוך בול העץ.
- ב. מהו מיקום הקליע כתלות בזמן בתוך בול העץ?
- ג. מהי מהירות הקליע בתוך הבול לאחר זמן אורך ביחס ל-  $\frac{m}{kv_0^2}$
- ד. בטאו את מהירות היציאה כתלות ב מהירות הכניסה, אורך הבול, מסת הקליע, ומקדם החיכוך.

**5) צוללת**

צוללת שمسתה 20 טון שטה בכיוון אופקי ב מהירות 10 מ"ש/נ. ברגע מסוים, הצוללת מכבה את מנועה. מרגע זה פועל על הצוללת כוח עצירה בנתון ביביטוי:  $\hat{F} = -\gamma v^2$ , כאשר  $\gamma$  זה וקטור היחידה בכיוון התנועה. זהו הכוח היחיד הפועל על הצוללת. הניחו כי בכיוון האנכי אין תנועה. נתון כי 5 דקומות לאחר כיבוי המנוע מהירות הצוללת קטנה פי 4.

א. מהי מהירות הצוללת כפונקציה של הזמן?

ב. חשבו את הקבוע  $\gamma$ .

ג. מהו המרחק שעברה הצוללת בחמש הדקות מרגע כיבוי המנוע?

**6) סירה עם כוח גרא אקספוננציאלי**

סירה שמסתה 50 ק"ג החלה את תנועתה ב מהירות 5 מ"ש/נ וモואatta על ידי כוח חיכוך הנתנו בנוסחה:  $\hat{F} = -2e^{0.5v}$ . יחידות המידה mks,  $v$  מהירות הגוף. הניחו שכוח החיכוך הוא הכוח היחיד הפועל על הסירה.

א. כמה זמן יעבור עד לעצירת הסירה?

ב. מהי מהירות הגוף בחצי מהזמן הנ"ל?

**תשובות סופיות:**

$$v(t) = \left( -\mu g + \left( \mu g + \frac{\alpha}{m} v_0 \right) e^{-\frac{\alpha}{m} t} \right) \frac{m}{\alpha}. \quad \text{ב} \quad -\mu mg - \alpha v = ma. \quad \text{א}$$

$$x(t) = \frac{m}{\alpha} \left( (-\mu g)t + \left( \mu g + \frac{\alpha}{m} v_0 \right) \left( \frac{1}{-\frac{\alpha}{m}} \right) e^{-\frac{\alpha}{m} t} \right) + C, \quad C = x_0 + \left( \frac{m}{\alpha} \right)^2 \left( \mu g + \frac{\alpha}{m} v_0 \right). \quad \lambda$$

$$x(t) \approx 6.1 \text{ km} \quad \text{(1)}$$

$$a = \frac{3}{4}g \quad \lambda \quad a = \frac{5}{4}g \quad \text{ב} \quad v = \sqrt{\frac{mg}{k}} \quad \text{א} \quad \text{(2)}$$

$$x(t) = \frac{m}{k} \sqrt{\frac{2k}{m} t + \frac{1}{v_0^2}} - \frac{m}{kv_0} \quad \text{ב} \quad v(t) = \frac{1}{\sqrt{\frac{2k}{m} t - \frac{1}{v_0^2}}} \quad \text{א} \quad \text{(3)}$$

$$v(t) = \frac{1}{\frac{kH}{m} + \frac{1}{v_0}} = v_2 \quad \text{ט} \quad v(t) \approx \frac{1}{\sqrt{\frac{2kt}{m}}} \quad \lambda$$

$$\Delta x = 1.39 \cdot 10^3 \text{ m} \quad \lambda \quad \lambda = 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{ב} \quad v(t) = \frac{1}{0.1 + 10^{-3}t} \quad \text{א} \quad \text{(4)}$$

$$v\left(t = \frac{45.9}{2}\right) \approx 1.23 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב} \quad t = 45.9 \text{ sec} \quad \text{א} \quad \text{(5)}$$