מכניקה - הרחבה והעמקה

שעות	הנושא
2	1. קינמטיקה
2	2. דינמיקה
4	3. התנע ושימורו
4	4. אנרגיה מכנית ושימורה
4	5. תנועה הרמונית פשוטה
16	סה״כ

טבלת הנושאים ופירוטים

נושא	פירוט	נוסחאות	פעילויות מומלצות	שעות
1. קינמטיקה	- תנועת חלקיק בתווך צמיג: • מרחק ומהירות כתלות בזמן. • הכוחות שמפעיל תווך על גוף הנע בו. • המהירות המרבית.	$F = 6\pi\eta r v$	- ניסוי: חקירת מהירות גוף הנע בתווך צמיג, כפונקציה של הזמן, בעזרת סרט וידאו.	2
2. דינמיקה	- מערכות מכניות מורכבות: • תאוצה במערכות שני גופים או יותר, כאשר לכל גוף תאוצה השונה בגודלה (לדוגמה: מערכת עם גלגלת נחה וגלגלת ניידת). • מערכת המורכבת מגוף המונח על גוף, כאשר הגוף התחתון מונח על משטח.			2
3. התנע ושימורו	- המושג "מרכז המסה". - תנועת מרכז המסה בהתנגשות דו-ממדית. - דוגמאות לחישוב תנע של גופים לא נקודתיים. מרכז המסה כמערכת ייחוס.	$\Sigma F_{ext} = Ma_{c.m.}$		4
3. אנרגיה מכנית ושימורה	- משוואת מרכז המסה; המושג "עבודה מדומה". - הבעייתיות בחישוב העבודה הנעשית על גוף שאינו נקודתי, והבעייתיות בהכלת משפט עבודה-אנרגיה עבור גוף שאינו נקודתי.	$\sum F \cdot \Delta x_{c.m.} = \Delta E_{k,c.m.}$		4
4. תנועה הרמונית פשוטה	- תנודות מרוסנות: • כוחות שזורם (נוזל או גז) מפעיל על גוף הנע בו. • ריסון תת-קריטי וריסון על-קריטי. • יישומים של ריסון. - תנודות מאולצות.		- ניסוי ממוחשב: דגימת המקום של תנועה הרמונית מרוסנת כפונקציה של הזמן. - גיליון אלקטרוני: פתרון משוואה דיפרנציאלית באופן נומרי.	4

מכניקה - הערות דידקטיות לנושאי הרחבה והעמקה

1. קינמטיקה (2 שעות)

תנועת חלקיק בתווך צמיג

א. בהוראת סעיף זה, עבור מהירויות נמוכות, יש להשתמש בחוק סטוקס - $F = 6\pi\eta rv$, שבו ייעשה שימוש במושג **צמיגות** - η שהתלמידים אינם מכירים.

ב. מומלץ להסביר באופן עקרוני בליווי דוגמאות מהי צמיגות של נוזל וכיצד היא משפיעה על המהירות הסופית, ולהימנע מהגדרת הצמיגות כיחס בין מאמץ הגזירה המופעל על הנוזל לשינוי מעוות הגזירה.

ג. כדי להגיע לנוסחת המהירות הגבולית $v_t = \frac{2}{9}\frac{r^2 g}{\eta}\left(\rho - \rho'\right)$ יש להזכיר לתלמידים את המושג צפיפות ρ.

ד. כדאי להזכיר דוגמאות מספר הקשורות לנושא, כמו שימוש בחוק זה למציאת רדיוס טיפות השמן בניסוי מיליקן (למציאת מטען האלקטרון), או העובדה שעבור מהירויות גבוהות, גרר האוויר $\frac{1}{2}CA\rho v^2$ תלוי במקדם הגרר C של המשטח A (חזית המכונית או כנף המטוס), ובשונה מכדור, מוצאים אותו בניסוי.

ה. מומלץ להשתמש בפתרון נומרי בעזרת גיליון אלקטרוני.

2. דינמיקה (2 שעות)

מערכות מכניות מורכבות

א. חשוב להדגיש כי במערכות שבהן לגופים תאוצה שונה, יחס התאוצות נקבע על-ידי הגאומטריה של המערכת. לכן, כדי לחשב את יחס התאוצות, יש תחילה לברר את מבנה המערכת על-ידי מציאת יחס ההעתקים של הגופים.

ב. עיקר הקושי בבעיות שבהן גוף מונח על גוף הוא הטיפול בכוח החיכוך. חשוב לציין כי כוח החיכוך הפועל על גוף יכול לפעול בכיוון התאוצה של הגוף.

3. התנע ושימורו

תנע ותנועת מרכז מסה (4 שעות)

א. מומלץ להתחיל את פיתוח הנושא "מרכז המסה" בניתוח מרכז המסה של שני גופים המתנגשים התנגשות לא מצחית, ולהשוות את התוצאות לתוצאות המתקבלות בניתוח המוכר לתלמידים כתנע דו-ממדי.

ב. שימוש בהדמיית מחשב יסייע רבות בהדגמת המושגים ובמעקב אחר התהליכים המתרחשים במצבים שבהם חל שימור התנע או כאשר פועלים כוחות חיצוניים.

ג. כדאי להדגיש כי החוק השני של ניוטון תקף לגבי גופים נקודתיים. אולם רוב היישומים נעשים לגבי גופים שאינם נקודתיים, כגון מכוניות וספרים. הנוסחה $\Sigma F_{ext} = Ma_{c.m.}$ המפותחת במסגרת "מערכות רב-גופיות", מצדיקה בדיעבד שימוש "לא כשר" שנעשה בעבר בחוק השני של ניוטון.

יש להדגיש את הנוחות של מערכת מרכז המסה כמערכת ייחוס.

4. אנרגיה מכנית ושימורה (4 שעות)

משוואת מרכז המסה; המושג "עבודה מדומה"

א. כדאי להדגיש כי החוק השני של ניוטון תקף לגבי גופים נקודתיים. אולם היישומים נעשים רובם לגבי גופים שאינם נקודתיים, כגון מכוניות וספרים. הנוסחה $\Sigma F_{ext} = Ma_{c.m.}$ המפותחת במסגרת "מערכות רב-גופיות" מצדיקה בדיעבד הכללת החוק השני של ניוטון לגופים לא נקודתיים.

ב. כדי לדון בגופים שאינם נקודתיים, אין להכיל את "משפט עבודה-אנרגיה" מגוף נקודתי לגוף שאינו נקודתי באופן אוטומטי, אלא יש לחזור על הפיתוח לגבי גוף שאינו נקודתי. המשוואה המתקבלת:

$$\sum\left(F_x \cdot \Delta x_{c.m.}\right) = \frac{mv_{f,c.m.}^2}{2} - \frac{mv_{i,c.m.}^2}{2}$$

לגבי נוסחה זו יש לציין:

(1) היא מהווה תמיד קשר נומרי נכון.

(2) אגף שמאל שווה לעבודה רק אם העתק מרכז המסה של הגוף שווה להעתקי נקודות האחיזה של הכוחות. במקרים אלה, המשוואה מבטאת שימור.

(3) אם העתק נקודת האחיזה של אחד הכוחות שונה מהעתק מרכז המסה של הגוף, אגף שמאל אינו מבטא עבודה (הוא מכונה "עבודה מדומה"), והמשוואה בכללותה אינה מבטאת שימור, אם כי היא מהווה קשר נומרי נכון.

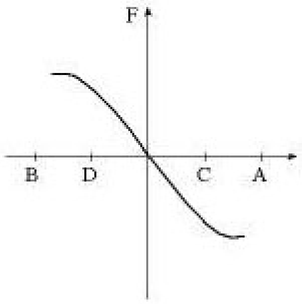
ג. מומלץ לנתח מספר דוגמאות פשוטות מנקודת ראות של משוואת מרכז המסה ומנקודת ראות של שימור אנרגיה, למשל: אדם קופץ, נער על גלגיליות דוחף קיר.

5. תנועה הרמונית פשוטה (4 שעות)

תנודות הרמוניות מרוסנות

א. כאשר גוף מבצע תנודות - הכוח המחזיר הפועל עליו אינו נמצא בהכרח ביחס ישר להעתק הגוף מנקודת שיווי-המשקל.

ב. אולם במקרים רבים, ככל שמשרעת התנודות קטנה, הקשר בין הכוח להעתק מבטא יחס ישר בקירוב טוב יותר. כך, למשל, חלק העקומה שבין C ל- D בתרשים סוטה מיחס ישר במידה פחותה מאשר חלק העקומה בתחום מ- A ל- B.



ג. לא כל תנודה ניתנת לייצוג כהרמונית בקירוב, גם כאשר משרעת התנודות קטנה. אפשר להיווכח בכך כאשר מפתחים את הביטוי המתמטי המתאר כוח מחזיר כלשהו (לא הרמוני) לטור טיילור סביב נקודת שיווי-המשקל (אין צורך להציג פיתוח זה בפני תלמידים):

$$F(x) = F(0) + F'(0)x + \frac{1}{2!}F''(0)x^2 + \frac{1}{3!}F'''(0)x^3 + \ldots$$

$F(0)=0$ (כי 0 היא נקודת שיווי משקל), לכן:

$$F(x)=F'(0)x+\frac{1}{2!}F''(0)x^2+\frac{1}{3!}F'''(0)x^3+\ldots$$

ייתכנו שני מקרים:

1. $F'(0)\neq 0$ - במקרה זה אפשר להזניח איברים מסדרים יותר גבוהים, ומתקיים:

   $F(x)\approx F'(0)x$, כאשר $F'(0)$ שלילי, ולכן התנועה היא הרמונית בקירוב.

2. $F'(0)=0$ - במקרה זה לא ניתן לתאר את התנודות כהרמוניות, גם כאשר המשרעת קטנה.

תנודות מאולצות

כדי לעקוף את הקשיים המתמטיים, מומלץ להציג סעיף זה באמצעות הדמיות מחשב.