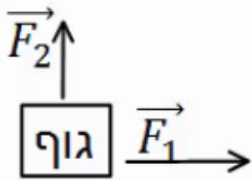


מתקף

(1) שחקן בועט בכדור

שחקן כדורגל בועט בכדור, הכוח הממוצע שמפעיל השחקן הוא 100 ניוטון בכיוון ציר ה- x .
זמן המגע של השחקן עם הכדור הוא 0.2 שניות.
חשב את המתקף שהפעיל השחקן על הכדור.

(2) חישוב מתקף כולל



בציור הבא נתון גוף שפועלים עליו שני כוחות: $\vec{F}_1 = 2\hat{x}$, $\vec{F}_2 = 3\hat{y}$.
זמן הפעולה של שני הכוחות הוא $\Delta t = 0.5 \text{ sec}$.
א. חשב את המתקף של כל כוח בנפרד.

ב. מצא את וקטור המתקף הכולל. מהו גודלו וכיוונו?

ג. חשב את שקול הכוחות הפועל על הגוף ומצא באמצעות שקול הכוחות את גודל המתקף הכולל.

תשובות סופיות:

$$\vec{J} = 20N\hat{x} \quad (1)$$

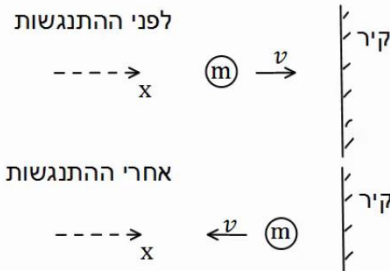
$$(2) \quad \text{א. } \vec{J}_1 = 1 \cdot \hat{x}, \quad \vec{J}_2 = 1.5 \cdot \hat{y} \quad \text{ב. } (1, 1.5), \quad \text{גודל: } |\vec{J}_T| \approx 1.8N \cdot \text{sec}, \quad \text{כיוון: } \theta \approx 56.31^\circ.$$

$$\text{ג. } \sum \vec{F} = 2\hat{x} + 3\hat{y}, \quad \text{גודל: } |\vec{J}_T| \approx 1.8N \cdot \text{sec}.$$

תנע ושימור תנע

(1) כדור מתנגש בקיר

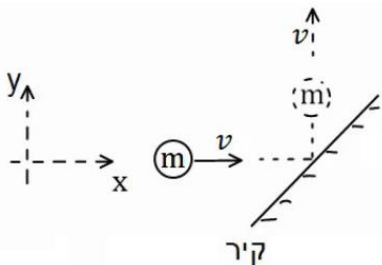
כדור בעל מסה $m = 0.5\text{kg}$ נע במהירות $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכיוון ציר ה- x .
ברגע מסויים הכדור מתנגש בקיר וחוזר חזרה באותה מהירות.
התעלם מכוח הכובד.



- מהו התנע של הכדור לפני ההתנגשות?
- מהו התנע של הכדור לאחר ההתנגשות?
- מהו השינוי בתנע?
- מהו המתקף שהפעיל הקיר על הכדור?
- מהו הכוח הנורמלי הממוצע שהפעיל הקיר על הכדור, אם משך זמן ההתנגשות היה 0.2 שניה.

(2) כדור מתנגש בקיר משופע

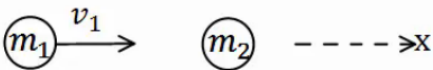
כדור בעל מסה $m = 0.2\text{kg}$ נע במהירות $v = 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכיוון ציר ה- x .
ברגע מסויים הכדור מתנגש בקיר משופע. לאחר ההתנגשות הכדור נע בכיוון החיובי של ציר ה- y באותו גודל של מהירות. התעלם מכוח הכובד.



- מהו התנע של הכדור לפני ההתנגשות?
- מהו התנע של הכדור לאחר ההתנגשות?
- מהו השינוי בתנע?
- מהו המתקף שהפעיל הקיר על הכדור?
- מהו הכוח הנורמלי הממוצע שהפעיל הקיר על הכדור, אם משך זמן ההתנגשות היה 0.1 שנייה?

(3) כדור מתנגש בכדור במנוחה

כדור 1 בעל מסה $m_1 = 2\text{kg}$ נע במהירות $v_1 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכיוון ציר ה- x .
ברגע מסויים הכדור פוגע בכדור 2 הנמצא במנוחה.
מסת הכדור השני היא $m_2 = 3\text{kg}$.



לאחר הפגיעה, כדור 1 ממשיך במהירות $u_1 = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכיוון החיובי של ציר ה- x .

- מהו התנע הכולל לפני ההתנגשות?
- השתמש בחוק שימור התנע ומצא את מהירותו של כדור 2 לאחר ההתנגשות.
- מהו המתקף שפעל על כדור 1?
- מהו המתקף שפעל על כדור 2?
- מהו המתקף שפעל על כל המערכת?

(4) שני כדורים נעים אחד כלפי השני

שני כדורים נעים אחד כלפי השני ומתנגשים ברגע מסוים. מסות הכדורים והמהירות שלהם לפני ההתנגשות הן:



$$v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad v_2 = 15 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad m_1 = 4\text{kg}, \quad m_2 = 3\text{kg}$$

מהירותו של כדור 2 לאחר ההתנגשות היא $u_2 = 12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

בכיוון הפוך למהירותו לפני ההתנגשות.

הנח שההתנגשות היא מצחית (כלומר, שהכדורים נשארים על אותו ציר לאחר ההתנגשות).

א. מהו התנע הכולל לפני ההתנגשות?

ב. השתמש בחוק שימור התנע ומצא את מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות.

ג. מהו המתקף שפעל על כדור 1?

ד. מהו המתקף שפעל על כדור 2?

ה. מהו המתקף שפעל על כל המערכת?

(5) התנגשות דו מימדית

שני כדורים נעים אחד כלפי השני על ציר ה-x.

$$v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}, \quad v_2 = -5 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}, \quad m_1 = 3\text{kg}, \quad m_2 = 4\text{kg}$$

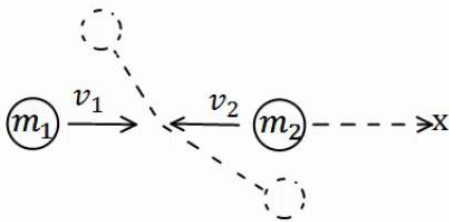
הכדורים מתנגשים ולאחר ההתנגשות כדור אחד נע

בזווית של 30 מעלות מתחת לציר ה-x וכדור 2 נע

בזווית של 120 מעלות עם ציר ה-x החיובי.

א. מצא את גודל מהירות הכדורים לאחר ההתנגשות.

ב. מה המתקף שפעל על כל כדור?



(6) איזה התנגשות אפשרית

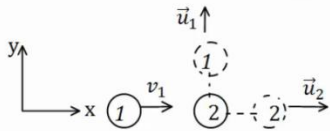
כדור מספר 1 נע במהירות חיובית על ציר ה-x.

ברגע מסוים הוא מתנגש בכדור מספר 2 הנמצא במנוחה.

נתון כי לאחר ההתנגשות מהירותו של כדור 2 היא בכיוון ציר ה-x.

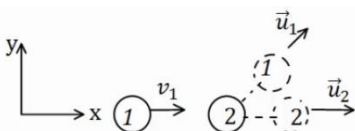
א. האם יתכן כי מהירותו של כדור 1

לאחר ההתנגשות היא רק בכיוון ציר ה-y?



ב. האם יתכן כי מהירותו לאחר ההתנגשות

היא בזווית של 30 מעלות עם ציר ה-x?



ג. האם יתכן שכדור מספר 1 נע בכיוון החיובי של ציר ה-x לאחר ההתנגשות?

ד. האם יתכן כדור מספר 1 נע בכיוון השלילי של ציר ה-x לאחר ההתנגשות?

ה. האם יתכן ששני הכדורים נעים בכיוון השלילי של ציר ה-x לאחר ההתנגשות?

(7) מציאת המהירות של כדור 2

כדור מספר 1 נע בכיוון החיובי של ציר ה-x.

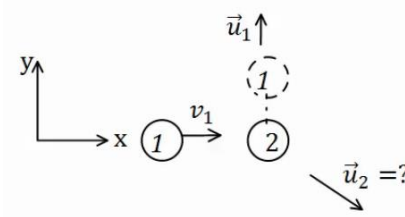
מסתו היא $m_1 = 3\text{kg}$ ומהירותו היא $v_1 = 12 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$.

הכדור פוגע בכדור מספר 2 שמסתו היא $m_2 = 4\text{kg}$ הנמצא במנוחה.

מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות היא $u_1 = 8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ (בכיוון ציר ה-y החיובי בלבד).

א. מצא את וקטור המהירות של כדור 2 לאחר ההתנגשות.

ב. מהו גודלה של המהירות ומהו כיוונה?



תשובות סופיות:

(1) א. $\vec{p} = 2.5\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$ ב. $\vec{p} = -2.5\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$ ג. $\Delta\vec{p} = -5\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$

ד. $\vec{J}_T = \vec{J}_N = \Delta\vec{p} = -2.5\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$ ה. $\vec{N} = -25\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \hat{x} = -25\text{N}\hat{x}$

(2) א. $\vec{p} = 0.6\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$ ב. $\vec{p} = 0.6\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{y}$ ג. $(-0.6, 0.6)$

ד. $\vec{J}_N = (-0.6, 0.6)\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ה. $\vec{N} = (-6, 6)\text{N}$

(3) א. $\vec{p}_T = 40\hat{x}\text{N} \cdot \text{sec}$ ב. $\vec{u}_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$ ג. $\vec{J}_{T1} = -30\hat{x}\text{N} \cdot \text{sec}$

ד. $\vec{J}_{T2} = 30\hat{x}\text{N} \cdot \text{sec}$ ה. 0

(4) א. $\vec{p}_T = -5\hat{x}\text{N} \cdot \text{sec}$ ב. $u_1 = -10.25 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $\vec{J}_1 = -81\hat{x}\text{N} \cdot \text{sec}$

ד. $\vec{J}_2 = 81\hat{x}\text{N} \cdot \text{sec}$ ה. 0

(5) א. $u_1 = 5.78 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $u_2 = 2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $\vec{J}_1 = (-14.97, -8.67)$

(6) א. לא. ב. לא. ג. כן. ד. כן. ה. לא.

(7) א. $\vec{u}_2 = (9, -6) \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. גודל: $|\vec{u}_2| \approx 10.82 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, כיוון: $\theta = 33.69^\circ$.

התנגשות אלסטית

(1) התנגשות אלסטית

כדור בעל מסה $m_1 = 2\text{kg}$ פוגע בכדור שני הנמצא במנוחה. מהירותו של הכדור

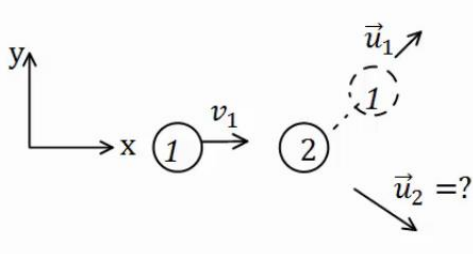
הראשון לפני ההתנגשות היא $v_1 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

נתון כי מהירותו של הכדור הראשון לאחר ההתנגשות

היא $u_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בזווית של 45° מעלות ביחס לכיוון פגיעתו

מצא את מהירות הכדור השני ומסתו,

אם ידוע שההתנגשות היא אלסטית.



(2) התנגשות אלסטית מצחית

גוף בעל מסה $m_1 = 5\text{kg}$ נע על ציר ה- x ומתנגש בגוף אחר בעל מסה $m_2 = 8\text{kg}$,

הנע על ציר ה- x גם כן.

מהירויות הגופים לפני ההתנגשות הן $v_1 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \hat{x}$, $v_2 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \hat{x}$. בהתאמה.

ידוע שההתנגשות היא פלסטית ומצחית.

מצא את מהירויות הגופים לאחר ההתנגשות.



תשובות סופיות:

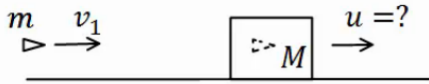
$$(1) \text{ מסה: } m_2 \approx 1.45\text{kg}, \text{ מהירות: } u_{2,x} = 17.86 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_{2,y} = -9.75 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$(2) u_2 \approx 16.54 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_1 = 1.54 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

התנגשות אלסטית ורתע

(1) קליע נתקע בבול עץ

קליע נע במהירות $v_1 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ לעבר בול עץ הנמצא במנוחה.



הקליע חודר לבול העץ ונתקע בתוכו.

מסת הקליע היא $m = 20\text{gr}$ ומסת בול העץ היא $M = 5\text{kg}$.

מצא את המהירות המשותפת של הגופים לאחר הפגיעה.

(2) קליע נורה מרובה

כדור נורה מרובה הנמצא במנוחה. מהירות הכדור לאחר הירי היא $u_1 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.



ומסת הכדור היא $m = 20\text{gr}$.

מהי מהירות הרובה, אם מסת הרובה היא $M = 3\text{kg}$?

(3) טיל מתפרק

טיל טס באוויר במהירות $v = 540 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ בקו ישר, מסת הטיל היא $M = 50\text{kg}$.

ברגע מסוים הטיל מתפוצץ לשני חלקים. מסת החלק הראשון היא $m_1 = 20\text{kg}$.

מצא את מהירות החלק השני במקרים הבאים:

א. מהירות החלק הראשון היא $u_1 = 72 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ בכיוון הפוך לכיוון אליו נע הטיל לפני הפיצוץ.

ב. מהירות החלק הראשון היא $u_1 = 360 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ בכיוון 30 מעלות

מתחת לכיוון אליו עף הטיל לפני הפיצוץ.

תשובות סופיות:

$$u = \frac{2}{5} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (1)$$

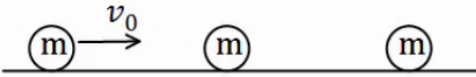
$$u_2 = -\frac{2}{3} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (2)$$

$$u_2 = 948 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{א.} \quad (3) \quad \text{ב.} \quad u_{2x} \approx 192.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_{2y} = 33.34 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

מקרים מיוחדים

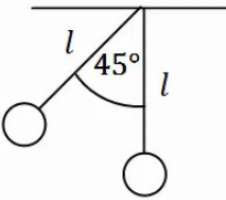
(1) פגיעה כפולה

- שלושה כדורים זהים נמצאים על מישור אופקי חלק.
 הכדור השמאלי נע במהירות v_0 כלפי הכדור האמצעי.
 מצא את מהירויות כל אחד מהגופים לאחר כל התנגשות, אם:
 א. כל ההתנגשויות הן אלסטיות מצחיות.
 ב. כל ההתנגשויות הן פלסטיות.



(2) מטוטלת פוגעת במטוטלת

- שני כדורים זהים תלויים באמצעות חוטים בעלי אורך זהה l .
 מסיתים את הכדור השמאלי בזווית של 45° מעלות ומשחררים אותו ממנוחה.
 א. מהי מהירותו רגע לפני הפגיעה בכדור הימני?
 ב. מהי מהירות הכדור השמאלי לאחר הפגיעה אם ההתנגשות היא אלסטית?
 ג. מהי הזווית המקסימלית אליה יגיע הכדור לאחר הפגיעה?
 ד. מה יקרה לאחר מכן?
 ה. חזור על סעיפים ב', ג' אם ההתנגשות היא פלסטית.



תשובות סופיות:

(1) א. הכדור הראשון והשני מהירותם 0, והכדור השלישי מהירותו v_0 . ב. $\tilde{u} = \frac{v_0}{3}$.

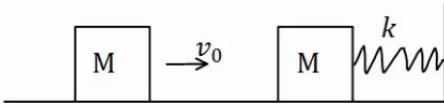
(2) א. $v = \sqrt{0.58gl}$ ב. $u_2 = v = \sqrt{0.58gl}$ ג. $\theta_{\max} = 45^\circ$

ד. התהליך חוזר על עצמו לנצח. ה. (ב) $u = \frac{1}{2}v$, (ג) $\theta \approx 21.95^\circ$

תרגילים נוספים

(1) שתי מסות וקפיץ

מסה M נעה במהירות v_0 ומתנגשת במסה M נוספת הנמצאת במנוחה. המסה הנוספת מחוברת לקפיץ רפוי. קבוע הקפיץ, המהירות ההתחלתית והמסות נתונים. מצא את הכיוון המקסימלי, אם:

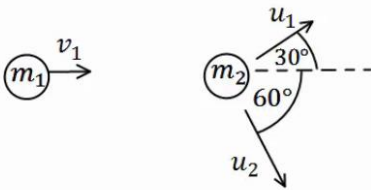


- ההתנגשות היא פלסטית.
- ההתנגשות אלסטית.
- חשב את המתקף שפעל על כל גוף בכל אחד מהמקרים.

(2) איבוד אנרגיה

כדור בעל מסה $m_1 = 2\text{kg}$ ומהירות $v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$,

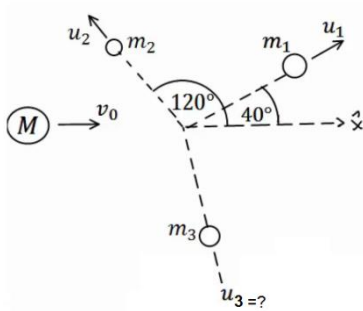
מתנגש בכדור בעל מסה $m_2 = 3\text{kg}$ הנמצא במנוחה. לאחר ההתנגשות, הכדור הראשון נע בכיוון 30° מעלות מעל לכיוון הפגיעה, והכדור השני נע בזווית 60° מעלות מתחת לכיוון הפגיעה (ראה איור).



- מצא את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות.
- האם ההתנגשות אלסטית? אם לא, כמה אנרגיה אבדה בהתנגשות?

(3) פצצה

פצצה בעלת מסה $M = 13\text{kg}$ נעה באוויר במהירות קבועה $v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.



ברגע מסוים הפצצה מתפוצצת לשלושה חלקים קטנים יותר. מסת החלק הראשון היא $m_1 = 4\text{kg}$ והוא נע במהירות

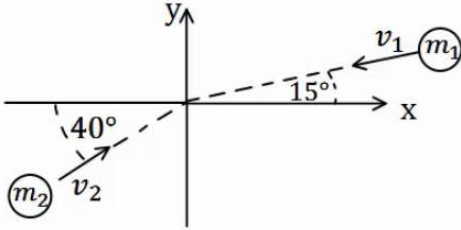
מסת החלק השני היא $m_2 = 2\text{kg}$ והוא נע במהירות

מסת החלק השלישי היא 7kg . מצא את מהירות החלקיק השלישי.

(4) שני גופים שני מימדים

שני גופים, בעלי מסות $m_1 = 2\text{kg}$, $m_2 = 3\text{kg}$, נעים לכיוון הראשית.

מהירויות הגופים הן $v_1 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, בהתאמה, וכיוונם נתון באיור.



הגופים מתנגשים בראשית.

מצא את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות, אם:

א. ההתנגשות היא פלסטית.

ב. ההתנגשות היא אלסטית, והגוף נע בכיוון

החיובי של ציר ה- y לאחר ההתנגשות.

(5) כדור גולף על כדורסל

כדור גולף וכדור כדורסל מוחזקים במנוחה אחד מעל השני בגובה $H = 1.5\text{m}$.

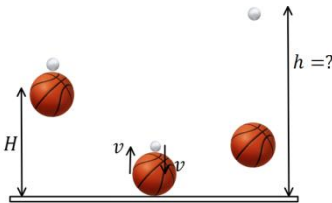
משחררים אותם ליפול ממנוחה.

מה יהיה הגובה המרבי אליו יגיע כדור הגולף,

אם נניח שכל ההתנגשויות אלסטיות ומצחיות.

מסת כדור הגולף היא $m = 46\text{gr}$,

ומסת הכדורסל היא $M = 624\text{gr}$.



(6) ארגז בתוך קרונית המתנגשת בקיר

ארגז שמסתו m מונח בתוך קרונית סגורה בצמוד

לדופן השמאלי של הקרונית.

מסת הקרונית היא $3m$ והיא מתחילה ממנוחה.

מפעילים כוח F קבוע ימינה במשך T שניות.

אין חיכוך בין הקרונית לקרקע. נתון: F, T, m .

א. מהי מהירות הקרונית בתום הזמן T ?

ב. מהו הכוח N שהארגז מפעיל על הדופן השמאלית של הקרונית?

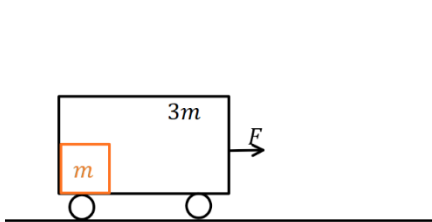
ג. בתום פעולת הכוח הקרונית מתנגשת בקיר התנגשות אלסטית לחלוטין.

הארגז ממשיך את תנועתו מלפני ההתנגשות עד אשר הוא מתנגש בדופן

הימנית של הקרונית התנגשות פלסטית.

מהי מהירות הקרונית לאחר ההתנגשות השנייה בארגז?

ד. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד בהתנגשות הפלסטית של הארגז בדופן הימנית?



תשובות סופיות:

$$\Delta x_{\max} = \sqrt{\frac{m}{k}} v_0^2 \quad \text{ב.} \quad \Delta x_{\max} = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{1}{2} v_0^2 \quad \text{א.} \quad (1)$$

$$\vec{J}_1 = -mv_0 \hat{x}, \quad \vec{J}_2 = mv_0 \hat{x} \quad \text{(ב)}, \quad \vec{J}_1 = -\frac{1}{2} mv_0 \hat{x}, \quad \vec{J}_2 = \frac{1}{2} mv_0 \hat{x} \quad \text{(א)}. \quad \text{ג.}$$

$$Q = 8.27 \text{ J}, \quad \text{ל.א.} \quad \text{ב.} \quad u_1 = 8.66 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_2 = 3.34 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$u_{3,x} \approx 152 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_{3,y} \approx -32 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (3)$$

$$u_x \approx -3.13 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_y \approx 1.79 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad \text{ב.} \quad (4)$$

$$u_{1,x} \approx -7.83 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_{1,y} \approx -15.20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_2 = 13.11 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$h \approx 12.3 \text{ m} \quad (5)$$

$$E = \frac{3F^2 T^2}{32m} \quad \text{ד.} \quad \tilde{u} = \frac{FT}{8m} \quad \text{ג.} \quad N = \frac{F}{4} \quad \text{ב.} \quad v(T) = \frac{F}{4m} T \quad \text{א.} \quad (6)$$