

אנרגיה פוטנציאלית כובדית - ניסוח כמותי

באמצעות דוגמאות פשוטות, התוודענו לעובדות:

(1) כאשר מרימים גוף מעל פני כדור-הארץ הוא צובר אנרגיה פוטנציאלית כובדית (אנרגיה כובדית).

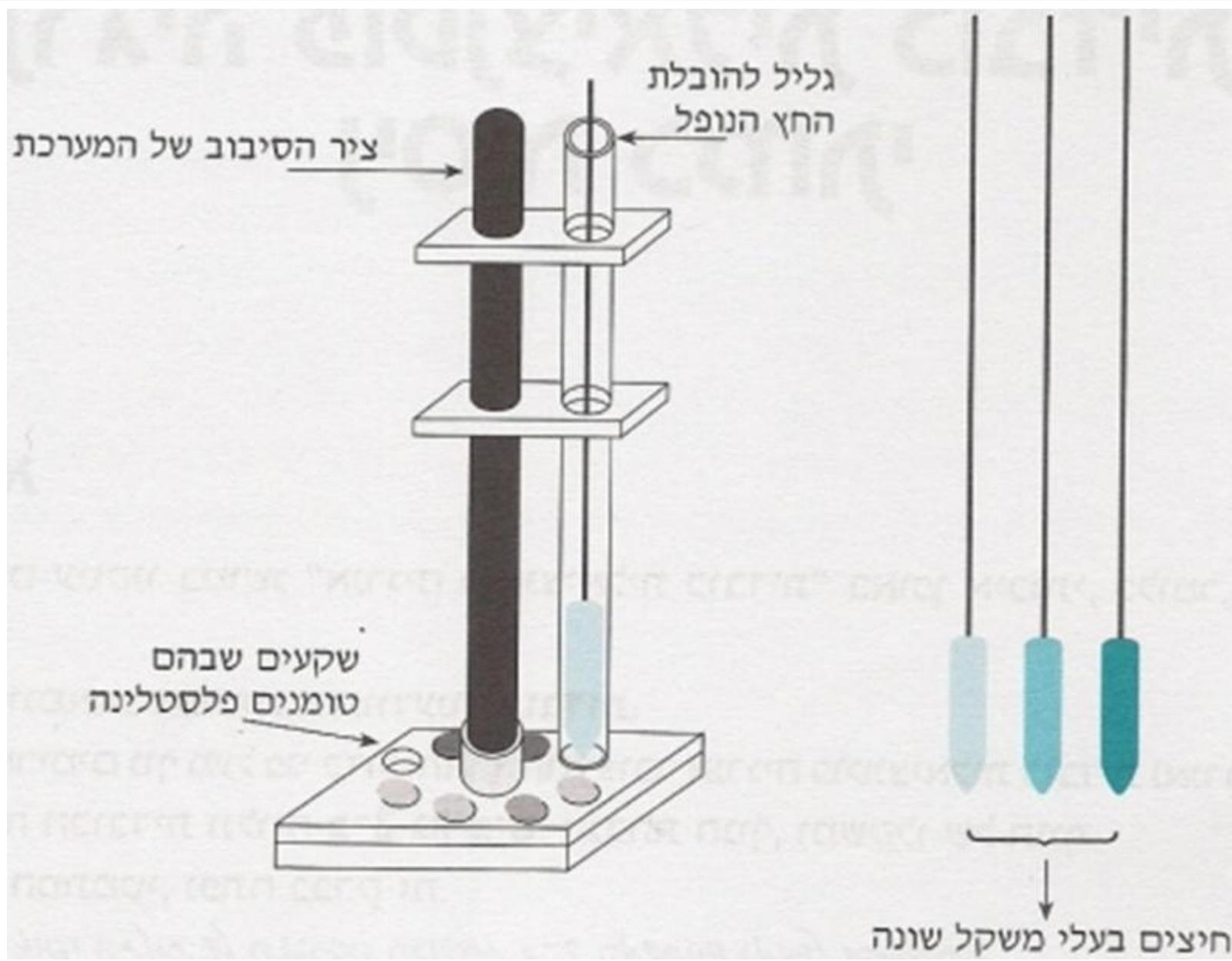
(2) האנרגיה הכובדית תלויה ב-2 גורמים: הגבהת הגוף, ומשקלו של הגוף.

את הניסוח המתמטי, נפתח בפרק זה.

אנרגיה פוטנציאלית כובדית - ניסוח כמותי

כוח (N) אט אופי הגאות של האנרגיה הכובדית 2-2 המשקל (משקל והגובה)?

2. תלות האנרגיה הכובדית בהגבהה ובמשקל - ניסוי

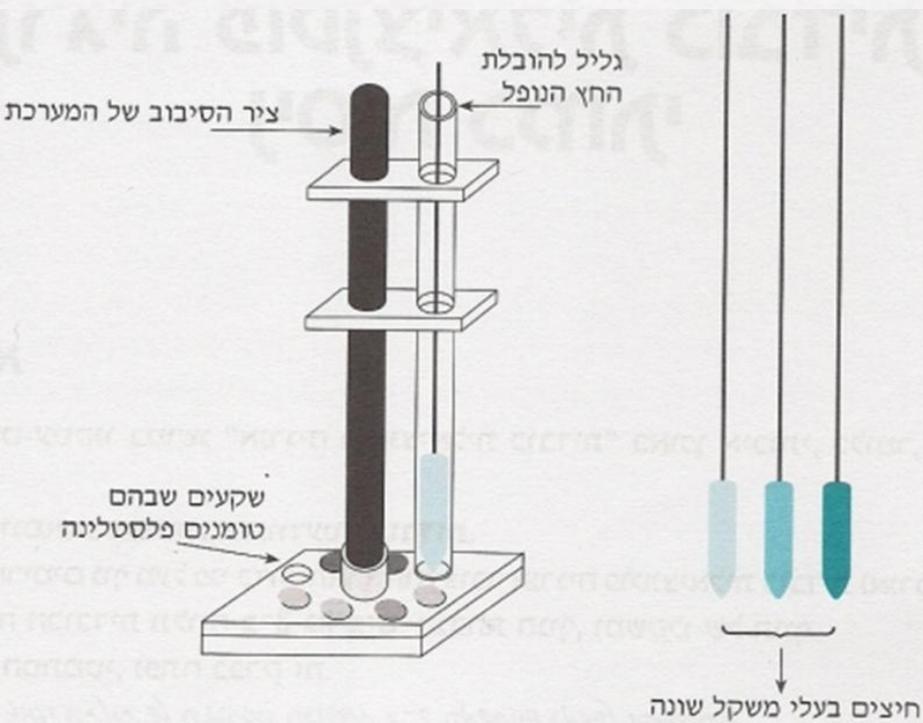


2. תלות האנרגיה הכובדית בהגבהה ובמשקל - ניסוי

2.2.1 חלק א - תלות האנרגיה הכובדית בהגבהה

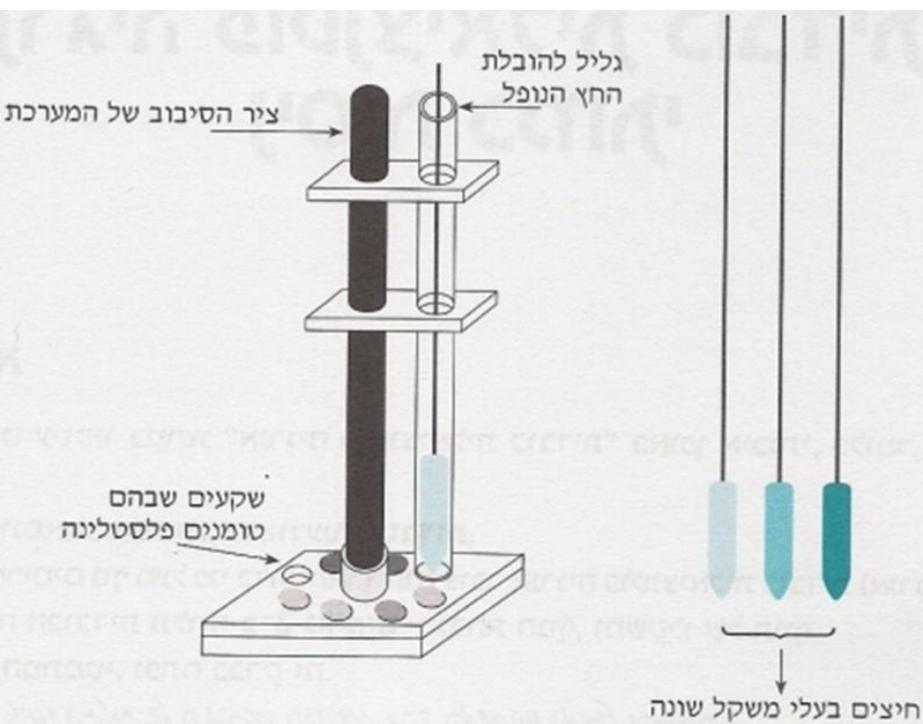
בחלק זה של הניסוי תפילו את אותו חץ מהגבהות שונות בהתאם להנחיות הבאות:

- (1) מלאו את השקעים שבבסיס המערכת בפלסטלינה.
- (2) השמיטו חץ דרך ראש הצינור.
- (3) סובבו את המתקן לשקע הבא, והשמיטו את אותו חץ ממחצית גובה הצינור.
- (4) סובבו את המתקן לשקע הבא והשמיטו את אותו חץ מגובה נמוך יותר (סמוך לפלסטלינה).
- (5) בידקו את העומקים של שלושת השקעים והשוו ביניהם.



2. תלות האנרגיה הכובדית בהגבהה ובמשקל - ניסוי

תוצאה – השקעים בפלסטלינה שונים בעומקם. ככל שהחץ מופל מהגבהה רבה יותר, כך הוא יוצר שקע עמוק יותר בפלסטלינה.



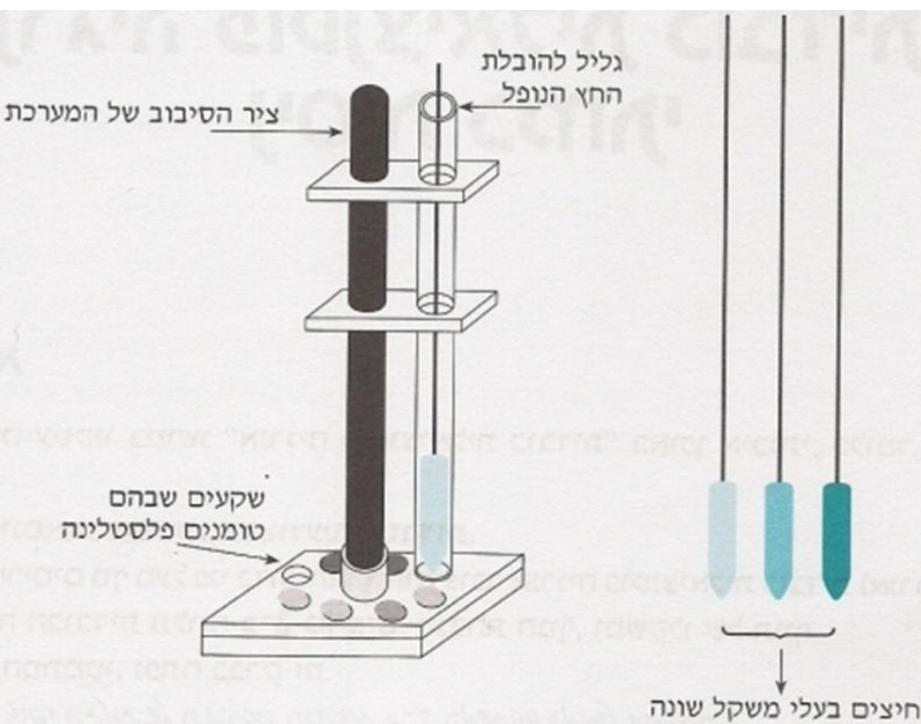
2. תלות האנרגיה הכובדית בהגבהה ובמשקל - ניסוי

תוצאה – השקעים בפלסטלינה שונים בעומקם. ככל שהחץ מופל מהגבהה רבה יותר, כך הוא יוצר שקע עמוק יותר בפלסטלינה.

מסקנה – ככל שהשקע עמוק יותר – אצורה בחץ אנרגיה כובדית גדולה יותר. לכן, עומק השקעים שקיבלנו מרמז כי:

אנרגיה פוטנציאלית כובדית של גוף – תלויה בהגבהתו.

ככל שגוף בעל משקל קבוע מוגבה יותר – אצורה בו אנרגיה פוטנציאלית כובדית גדולה יותר.



2. תלות האנרגיה הכובדית בהגבהה ובמשקל - ניסוי

חלק ב - תלות האנרגיה הכובדית במשקל

לרשותנו שלושה חיצים: (1) חץ שראשו עשוי עופרת (הכבד מבין השלושה); (2) חץ שראשו עשוי אלומיניום; (3) חץ שראשו עשוי עץ (הקל מבין השלושה).

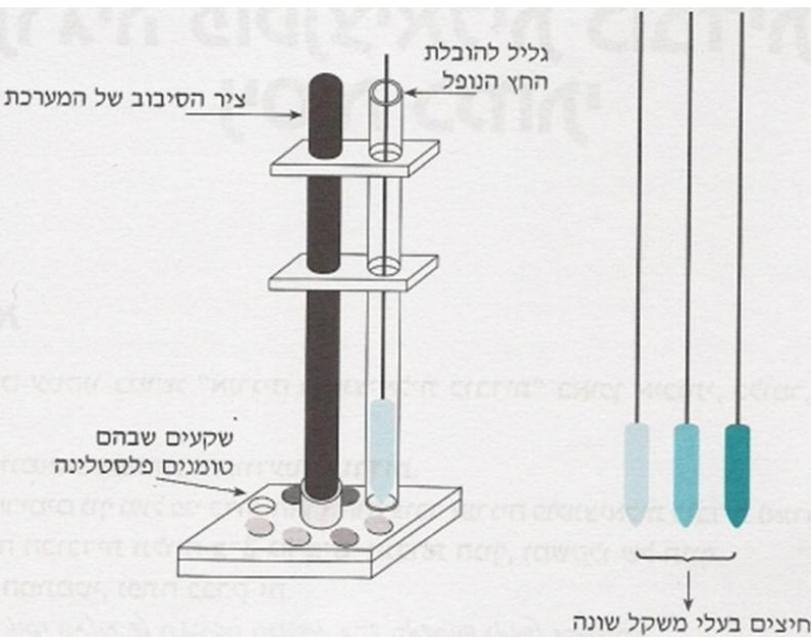
תפילו מאותו הגובה חיצים בעלי משקל שונה בהתאם להנחיות הבאות:

(1) השמיטו את החץ הראשון דרך ראש הצינור.

(2) סובבו את המתקן לשקע הבא, והשמיטו את החץ השני דרך ראש הצינור.

(3) סובבו את המתקן לשקע הבא, והשמיטו את החץ השלישי דרך ראש הצינור.

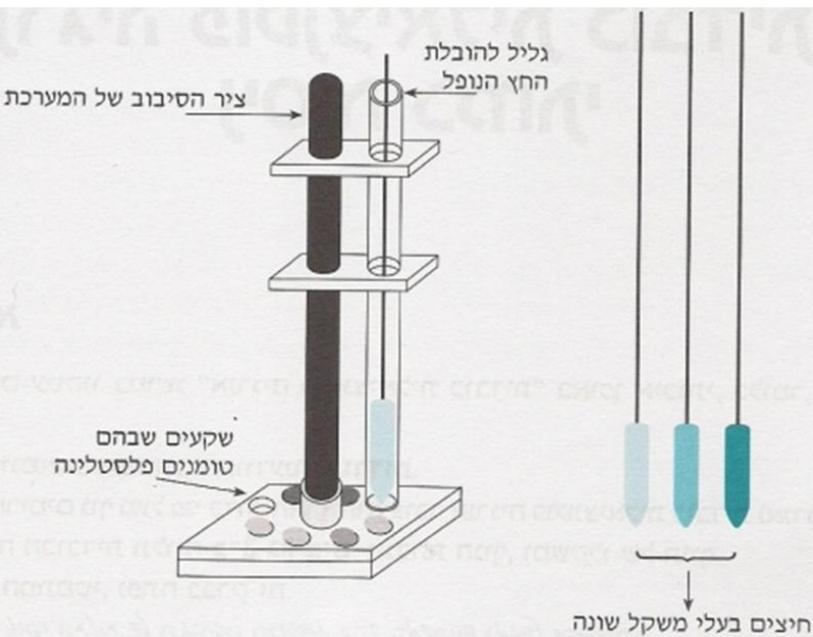
(4) בידקו את העומקים של שלושת השקעים והשוו ביניהם.



2. תלות האנרגיה הכובדית בהגבהה ובמשקל - ניסוי

חלק ב - תלות האנרגיה הכובדית במשקל

התוצאה – השקעים שבפלסטלינה שונים בעומקם. ככל שהחץ כבד יותר, כך הוא יצר שקע עמוק יותר בפלסטלינה.



2. תלות האנרגיה הכובדית בהגבהה ובמשקל - ניסוי

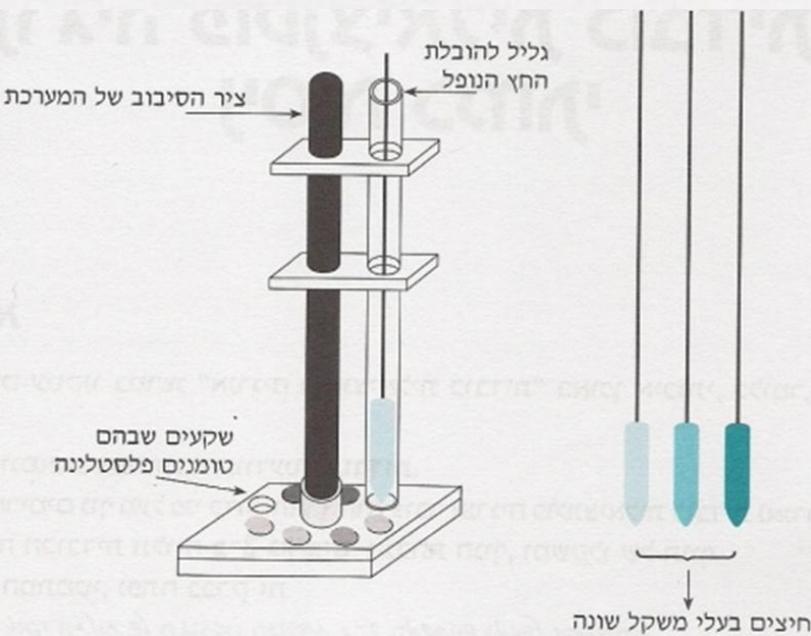
חלק ב - תלות האנרגיה הכובדית במשקל

התוצאה – השקעים שבפלסטלינה שונים בעומקם. ככל שהחץ כבד יותר, כך הוא יצר שקע עמוק יותר בפלסטלינה.

מסקנה – ככל שעומק השקע גדול יותר – אצורה בחץ אנרגיה כובדית גדולה יותר. לכן, על-פי עומק השקעים נוכל להסיק כי:

האנרגיה הפוטנציאלית כובדית של גוף אכן תלויה במשקלו.

ככל שמשקלו של גוף, המצוי בגובה מסוים, גדול יותר – אצורה בו אנרגיה פוטנציאלית כובדית גדולה יותר.



3. נוסחה לאנרגיה הכובדית

בעזרת ניסויים יותר כמותיים גזרו ביטוי מתמטי לאנרגיה הפוטנציאלית כובדית:

הגבהתו
של הגוף

•

משקל
הגוף

=

אנרגיה פוטנציאלית כובדית
של הגוף

3. נוסחה לאנרגיה הכובדית

$$U_G = w \cdot h$$

משום את הקשר בעזרת סימונים אלה באופן הבא:

$$w = m \cdot g$$

כפי שלמדנו בפרק ז' משקלו של גוף (w) נתון בנוסחה:

$$U_G = m \cdot g \cdot h$$

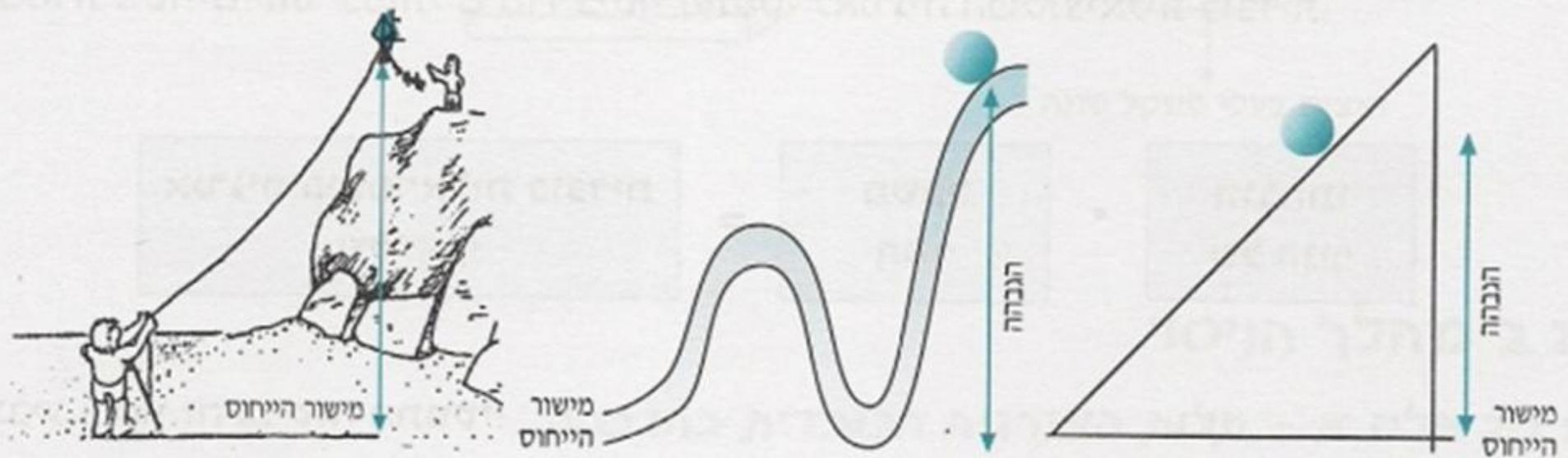
לכן, במקום w נוכל להציב (בנוסחה לאנרגיה הכובדית) $m \cdot g$, ונקבל:

יחידת המדידה	האות המייצגת	הגודל הפיסיקלי
(kg) — ק"ג	m	מסת גוף
$\left(\frac{N}{kg}\right)$ — ניוטון / ק"ג	g	עוצמת הגרביטציה
(m) — מטר	h	הגבהת גוף
(J) — ג'אול	U_G	אנרגיה פוטנציאלית כובדית (או אנרגיה כובדית)

3.1 הגבהה מיהי?

כיצד מוציאים את הגבהה - h - le גוף?

הגבהה משמעותה אורך האנך (המרחק הקצר ביותר) היורד מהגוף אל מישור אופקי מסוים, שאנו קבענו אותו כרמת האפס של האנרגיה הכובדית. למישור זה, אנו קוראים מישור הייחוס. שימו לב, שאנו יכולים לקבוע את מישור הייחוס כרצוננו. מרגע שקבענו אותו, נמדוד את הגבהת הגוף מעל מישור זה.



4. תרגילי דוגמה

צוגמה 1

נברשת שמסתה 10kg מצויה בגובה של 2m מעל הרצפה. מהי האנרגיה הכובדית של הנברשת ביחס לרצפה? (הרצפה היא מישור הייחוס)

4. תרגילי דוגמה

צוגמה 1

נברשת שמסתה $10(\text{kg})$ מצויה בגובה של $2(\text{m})$ מעל הרצפה.
מהי האנרגיה הכובדית של הנברשת ביחס לרצפה? (הרצפה היא מישור הייחוס)

פתרון:

אם הרצפה נבחרה כרמת האפס (מישור הייחוס) אז: $h = 2(\text{m})$ לכן:

$$U_G = ? \quad m = 10(\text{kg}) \quad h = 2(\text{m}) \quad g = 9.8 \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right)$$

$$U_G = m \cdot g \cdot h \longrightarrow U_G = 10 \cdot 9.8 \cdot 2 \longrightarrow U_G = 196(\text{J})$$

4. תרגילי דוגמה

צגה 2

לגוף שמסתו 10 (kg) יש אנרגיה כובדית בשיעור של $1,260\text{ (J)}$ ביחס לרצפה. מהי הגבהת הגוף?

לגוף שמסתו 10(kg) יש אנרגיה כובדית בשיעור של 1,260(J) ביחס לרצפה. מהי הגבהת הגוף?

פתרון:

$$U_G = 1,260(\text{J}) \quad m = 10(\text{kg}) \quad g = 9.8 \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right) \quad h = ?$$

$$U_G = m \cdot g \cdot h \longrightarrow 1,260 = 10 \cdot 9.8 \cdot h$$

$$1,260 = 98h \quad / : 98$$

$$h = 12.86(\text{m})$$

3 גומה

סלע שמשקלו על פני הירח $w = 166(N)$ מצוי בגובה של $20(m)$ מעל פני הירח.



שימו לב:

להזכירכם, לכל פלנטה במערכת השמש – עוצמת גרביטציה אופיינית לה. הערך של עוצמת שדה הגרביטציה g בפלנטות השונות מופיע בפרק ז' סעיף 5.4.

(א) מהי האנרגיה הכובדית של הסלע ביחס לפני הירח?

בגובה 3

סלע שמשקלו על פני הירח $w = 166(\text{N})$ מצוי בגובה של $20(\text{m})$ מעל פני הירח.

(א) מהי האנרגיה הכובדית של הסלע ביחס לפני הירח?

פתרון:

(א) כזכור $w = m \cdot g$. כיוון ש- w ידוע נשתמש בנוסחה $U_G = w \cdot h$ במקום בנוסחה

$$U_G = m \cdot g \cdot h$$

$$h = 20(\text{m})$$

$$w = 166(\text{N})$$

$$U_G = ?$$

$$U_G = w \cdot h$$

$$U_G = 166 \cdot 20$$

$$U_G = 3,320(\text{J})$$

סלע שמשקלו על פני הירח $w = 166(N)$ מצוי בגובה של $20(m)$ מעל פני הירח.

(ב) הסלע הובא מהירח אל כדור-הארץ. באיזו הגבהה עליו להיות מעל פני כדור-הארץ, כך שתהייה לו אותה אנרגיה כובדית כמו בירח?

3

סלע שמשקלו על פני הירח $w = 166(N)$ מצוי בגובה של $20(m)$ מעל פני הירח.

(ב) הסלע הובא מהירח אל כדור-הארץ. באיזו הגבהה עליו להיות מעל פני כדור-הארץ, כך שתהייה לו אותה אנרגיה כובדית כמו בירח?

פתרון:

(ב) כאמור, עוצמת הגרביטציה g על פני כדור-הארץ שונה מעוצמת הגרביטציה על פני הירח. לכן, כאשר נעביר גוף מהירח אל כדור-הארץ, משקלו ישתנה. נחלק את הפתרון ל-2 שלבים:

3

סלע שמשקלו על פני הירח $w = 166(\text{N})$ מצוי בגובה של $20(\text{m})$ מעל פני הירח.

(ב) הסלע הובא מהירח אל כדור-הארץ. באיזו הגבהה עליו להיות מעל פני כדור-הארץ, כך שתהייה לו אותה אנרגיה כובדית כמו בירח?

פתרון:

שלב א - נחשב את מסת הגוף לפי משקלו על פני הירח, באמצעות הנוסחה $w = m \cdot g$

$$w = 166(\text{N}) \quad g = 1.66 \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right) \quad m = ?$$

$$w = m \cdot g \quad \rightarrow \quad 166 = m \cdot 1.66 \quad / :1.66$$

$$m = 100\text{kg}$$

המסה הנה גודל מוחלט - יש לה אותו ערך מספרי על פני כדור-הארץ.

צגה 3

סלע שמשקלו על פני הירח $w = 166(N)$ מצוי בגובה של $20(m)$ מעל פני הירח.

(ב) הסלע הובא מהירח אל כדור-הארץ. באיזו הגבהה עליו להיות מעל פני כדור-הארץ, כך שתהייה לו אותה אנרגיה כובדית כמו בירח?

פתרון:

שלב ב – נחשב את הגבהת הסלע על פני כדור-הארץ. נסתמך על העובדה שיש לו אותה אנרגיה כובדית כמו בירח.

$$U_G = 3,320(J) \quad m = 100kg \quad g = 9.8 \left(\frac{N}{g} \right) \quad h = ?$$

$$U_G = m \cdot g \cdot h \longrightarrow 3,320 = 100 \cdot 9.8 \cdot h \longrightarrow 3,320 = 980 \cdot h \quad / : 980$$

$$h = 3.39(m)$$

4. תרגילי דוגמה

אנו רואים כי כדי שתהיה לסלע בכדור־הארץ כמות אנרגיה כובדית השווה לזו שיש לו בירח, עליו להיות בהגבהה קטנה מהגבהתו כשהוא מצוי בירח. הסיבה לכך נובעת מהעובדה שעוצמת הגרביטציה (g) על פני כדור־הארץ גדולה מזו שעל פני הירח.

דוגמה 4

מיכל מלא דלק נמצא בגובה של 1(km) מעל פני-הקרקע.

מסת הדלק 1.5(kg) ומסת המיכל הריק 2(kg). ידוע כי במסה של 1(kg) דלק אצורה אנרגיה

כימית בשיעור של 45,000,000(J).

מהי כמות האנרגיה הכוללת (כימית + כובדית) שיש למיכל הדלק?

4. תרגילי דוגמה

דוגמה 4

מיכל מלא דלק נמצא בגובה של 1(km) מעל פני-הקרקע.
מסת הדלק 1.5(kg) ומסת המיכל הריק 2(kg). ידוע כי במסה של 1(kg) דלק אצורה אנרגיה כימית בשיעור של 45,000,000(J).
מהי כמות האנרגיה הכוללת (כימית + כובדית) שיש למיכל הדלק?

פתרון:

למיכל ולדלק יש שני סוגים של אנרגיה:
אנרגיה כימית האצורה בדלק ואנרגיה כובדית שיש למיכל ולדלק גם יחד.

4. תרגילי דוגמה

דוגמה 4

מיכל מלא דלק נמצא בגובה של 1(km) מעל פני-הקרקע.
מסת הדלק 1.5(kg) ומסת המיכל הריק 2(kg). ידוע כי במסה של 1(kg) דלק אצורה אנרגיה כימית בשיעור של 45,000,000(J).
מהי כמות האנרגיה הכוללת (כימית + כובדית) שיש למיכל הדלק?

פתרון:

למיכל ולדלק יש שני סוגים של אנרגיה:
אנרגיה כימית האצורה בדלק ואנרגיה כובדית שיש למיכל ולדלק גם יחד.

שלב א – נחשב את האנרגיה הכובדית של המיכל ותכולתו:

$$m = 1.5(\text{kg}) + 2(\text{kg}) = 3.5(\text{kg}) \quad h = 1(\text{km}) \cdot 1,000 = 1,000(\text{m}) \quad U_G = ?$$

$$U_G = m \cdot g \cdot h \longrightarrow U_G = 3.5 \cdot 9.8 \cdot 1,000 \longrightarrow U_G = 34,300(\text{J})$$

4. תרגילי דוגמה

דוגמה 4

מיכל מלא דלק נמצא בגובה של 1(km) מעל פני-הקרקע.
מסת הדלק 1.5(kg) ומסת המיכל הריק 2(kg). ידוע כי במסה של 1(kg) דלק אצורה אנרגיה כימית בשיעור של 45,000,000(J).
מהי כמות האנרגיה הכוללת (כימית + כובדית) שיש למיכל הדלק?

פתרון:

למיכל ולדלק יש שני סוגים של אנרגיה:
אנרגיה כימית האצורה בדלק ואנרגיה כובדית שיש למיכל ולדלק גם יחד.

שלב ב – נחשב את האנרגיה הכימית האצורה בדלק. נייצג אנרגיה זו ב- E_1 .
בכל 1(kg) דלק אצורה אנרגיה כימית בשיעור של 45,000,000(J).
לכן ב-1.5(kg) דלק תהייה אצורה אנרגיה כימית בשיעור:

$$E_1 = 1.5 \cdot 45,000,000 \longrightarrow E_1 = 67,500,000(J)$$

4. תרגילי דוגמה

דוגמה 4

מיכל מלא דלק נמצא בגובה של 1(km) מעל פני-הקרקע.
מסת הדלק 1.5(kg) ומסת המיכל הריק 2(kg). ידוע כי במסה של 1(kg) דלק אצורה אנרגיה כימית בשיעור של 45,000,000(J).
מהי כמות האנרגיה הכוללת (כימית + כובדית) שיש למיכל הדלק?

פתרון:

למיכל ולדלק יש שני סוגים של אנרגיה:
אנרגיה כימית האצורה בדלק ואנרגיה כובדית שיש למיכל ולדלק גם יחד.



שימו לב:

- (1) TOTAL = כולל. אנרגיה כוללת מיוצגת על-ידי E_T .
- (2) אפשר לסכם אנרגיות – גם אם הן אנרגיות מסוגים שונים. הסיבה לכך נובעת מהעובדה שהאנרגיות השונות נמדדות באותן יחידות (J).

4. תרגילי דוגמה

דוגמה 4

מיכל מלא דלק נמצא בגובה של 1(km) מעל פני-הקרקע.
מסת הדלק 1.5(kg) ומסת המיכל הריק 2(kg). ידוע כי במסה של 1(kg) דלק אצורה אנרגיה כימית בשיעור של 45,000,000(J).
מהי כמות האנרגיה הכוללת (כימית + כובדית) שיש למיכל הדלק?

פתרון:

למיכל ולדלק יש שני סוגים של אנרגיה:
אנרגיה כימית האצורה בדלק ואנרגיה כובדית שיש למיכל ולדלק גם יחד.

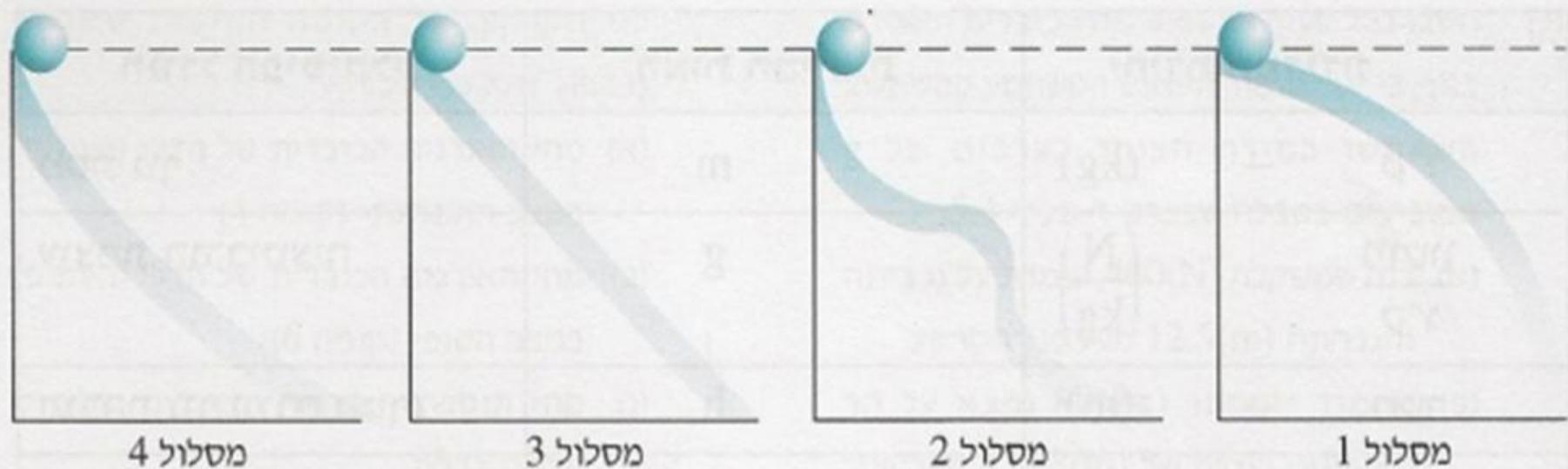
שלב ג – נחשב את האנרגיה הכוללת של המיכל והדלק על-ידי סיכום האנרגיה הכימית והאנרגיה הכובדית.

$$E_T = E_1 + U_G = 67,500,000 + 34,300 \longrightarrow E_T = 67,534,300(\text{J})$$

5. חודה נא לנו חידה



נתונים ארבעה מסלולי החלקה, השונים בצורתם ובאורכם.



כל אחד מהמסלולים מאפשר לגוף כלשהו להחליק מהקצה העליון של המסלול אל הקרקע ללא חיכוך. מניחים את אותו הכדור (פעם אחר פעם) בקצהו העליון של כל אחד מהמסלולים, ומרפים (מהירות התחלתית = 0).

איזה מבין המסלולים יאפשר לכדור להגיע לקרקע במהירות הגדולה ביותר?

6. עיקרי פרק ט'

- כאשר גוף מוגבה מעל פני-הארץ הוא רוכש אנרגיה פוטנציאלית כובדית (אנרגיה כובדית).
- האנרגיה הכובדית תלויה במשקל הגוף וברמת הגבהתו.
- הגבהת הגוף = אורך האנך היורד מהגוף אל מישור אופקי מסוים, שקבענו אותו כרמת אפס המישור שקבענו כרמת האפס נקרא "מישור הייחוס".
- האנרגיה הכובדית נתונה בנוסחה:

$$U_G = w \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

הגודל הפיסיקלי	האות המייצגת	יחידת המדידה
מסת גוף	m	(kg) — ק"ג
עוצמת הגרביטציה	g	$\left(\frac{N}{kg}\right)$ — $\frac{\text{ניוטון}}{\text{ק"ג}}$
הגבהת גוף (גובה הגוף)	h	(m) — מטר
אנרגיה פוטנציאלית כובדית (או אנרגיה כובדית)	U_G	(J) — ג'אול

(1) העתיקו למחברת את המשפטים הנכונים.

אנרגיה כובדית של גוף תלויה בגורמים הבאים:

(א) משקל הגוף והגבהתו של הגוף.

(ב) אך ורק בהגבהתו של הגוף ובמסתו של

הגוף.

(ג) במהירותו של הגוף ובמסתו.

(ד) במסתו של הגוף, בהגבהתו ובעוצמת

הגרביטציה.

(2) גוף מוגבה מעל מישור יחוס מסוים. העתיקו

למחברת את המשפטים הנכונים לגבי הגוף:

(א) ככל שהגבהתו של הגוף גדולה יותר –

האנרגיה הכובדית האצורה בו גדולה יותר.

(ב) ככל שמשקלו של הגוף גדול יותר, האנרגיה

הכובדית האצורה בו גדולה יותר.

(ג) ככל שעוצמת הגרביטציה בפלנטה שעליה

נמצא הגוף גדולה יותר – האנרגיה

הכובדית שלו קטנה יותר.

(ד) ככל שמסת הגוף גדולה יותר, האנרגיה

הכובדית האצורה בו גדולה יותר.

(3) חשבו בכל סעיף את האנרגיה הכובדית האצורה

בגוף, ביחס למישור הייחוס המשתמע מהשאלה.

השתמשו במידת הצורך בערכים של g

המופיעים בטבלה שבפרק ז' סעיף 5.4.

(א) דנה שמשקלה $400(N)$, עומדת על גג ביתה

והגבהתה $12.5(m)$ מעל פני-הקרקע.

(ב) מחמוד שמסתו $80(kg)$ נמצא על הר

האורסט בגובה של $8,888(m)$ מעל-פני-

הים.

(ג) ספר תורה שמסתו $16(kg)$ נמצא בארון

הקודש (בבית-הכנסת) בגובה של $1.2(m)$

מעל פני הרצפה.

(4) סל פירות שמסתו הכוללת $7(kg)$ נמצא על

שולחן חדרה של סביחה. האנרגיה הכובדית

האצורה בסל (ביחס לרצפה) היא $137.2(J)$.

(א) באיזה גובה מעל הרצפה מונח סל הפירות?

(ב) מה תהיה האנרגיה הכובדית של הסל

ותכולתו ביחס לפני הירח, אם יעבירו את

השולחן אל פני הירח? (השתמשו ב- g של

הירח).

- (א) מהי האנרגיה הכובדית של הדלי (העמוס) במצב ההתחלתי (קומה 4)?
- (ב) מהי האנרגיה הכובדית של הדלי (העמוס) במצב הסופי (קומה 6)?
- (ג) מהי תוספת האנרגיה הכובדית שהעניק הבנאי לדלי?
- (ד) מהו המקור לתוספת האנרגיה הכובדית של הדלי (איזו אנרגיה הומרה לתוספת האנרגיה הכובדית)?

- (7) מסתו של דן היא 60 kg . הוא נמצא על פסגת "גבעת האהבה" בגובה 210 m מעל פני הארץ. סלים הוא אסטרונואוט שמסתו 80 kg . הוא נשלח למאדים.

- (5) בטבלה הבאה כל שורה מתייחסת למקרה מסוים. העתיקו את הטבלה למחברת והשלימו את הגודל החסר בכל שורה. (רשמו מתחת לטבלה את חישוביכם)

Ug (J)	h (m)	g ($\frac{\text{N}}{\text{kg}}$)	m (kg)	המקרה
?	3	4	2	דרדס נס על ענף
210	7	10	?	עציץ מונח על אדן חלון
36	12	?	1.5	קופיף על עץ בפלנטה קופיפה
891	?	1.65	3	ציפור דואה בפלנטה ציץ

- (א) מהי האנרגיה הכובדית שיש לדן ביוחס לפני הארץ?
- (ב) לאיזה גובה צריך להעפיל סלים על פני המאדים, כך שתהיה לו שם (ביחס לפני המאדים) אותה אנרגיה כובדית כמו לדן?

- (6) בנאי מרים דלי מלא מלט שמסתו 21 kg . הוא מרים את המשא (באמצעות חבל העובר על פני גלגלת) מהקומה הרביעית, שגובהה 12 m מעל פני הקרקע, אל הקומה השישית שגובהה 18 m מעל פני הקרקע.

(8) 20 תפוזים מונחים בתוך סל. מסת כל תפוז $0.2(\text{kg})$. מסת הסל $0.5(\text{kg})$. כל אלה מונחים על שולחן בגובה $1.2(\text{m})$ מעל הרצפה. חשבו את האנרגיה הכובדית של הסל ותכולתו ביחס לרצפה.

(9)* מיכל מים נמצא בגובה כלשהו מעל פני כדור-הארץ. הסתמכו על הנוסחה לאנרגיה הכובדית $(U_G = m \cdot g \cdot h = w \cdot h)$, ענו על הסעיפים הבאים והסבירו:

(א) פי כמה תקטן האנרגיה הכובדית של המיכל אם מקטינים את הגבהתו פי 2.
 (ב) פי כמה תגדל האנרגיה הכובדית של המיכל אם יגדילו את הגבהתו פי 4.
 (ג) פי כמה תגדל האנרגיה הכובדית של המיכל אם יגדילו את משקלו פי 3.

(ד) פי כמה תגדל האנרגיה הכובדית של המיכל אם יגדילו את מסתו פי 3.

(ה) פי כמה תגדל האנרגיה הכובדית של המיכל אם יגדילו את הגבהתו פי 4 ואת משקלו פי 2.
 (ו) פי כמה תקטן האנרגיה הכובדית של המיכל אם יגדילו את הגבהתו פי 2 ויקטינו את משקלו פי 4.

(ז) כיצד תשתנה האנרגיה הכובדית של המיכל אם יקטינו את הגבהתו פי 2 ויגדילו את משקלו פי 2.

(10) נתונים 3 מיכלי דלק:

מיכל א': הגבהתו $20(\text{m})$. מסת המיכל $1.5(\text{kg})$. מסת הדלק שבתוכו $0.5(\text{kg})$.

מיכל ב': הגבהתו $0(\text{m})$. מסת המיכל $1.5(\text{kg})$. מסת הדלק שבתוכו $1.5(\text{kg})$.

מיכל ג': הגבהתו $1,000(\text{m})$. מסת המיכל $150(\text{kg})$. מיכל זה אינו מכיל דלק.

כמות האנרגיה הכימית האצורה בק"ג דלק היא $45,000,000(\text{J})$.

דרגו את המיכלים בסדר עולה לפי כמויות האנרגיה (כימית + כובדית) האצורות בכל אחד ואחד מהם. (היעזרו בדוגמה 4 בגוף הפרק).

תשובות לחלק מהשאלות

$$188.16(\text{J}) \text{ (ג)} \quad 6,968,192(\text{J}) \text{ (ב)} \quad 5,000(\text{J}) \text{ (א)} \quad (3)$$

$$22.4(\text{J}) \text{ (ב)} \quad 2(\text{m}) \text{ (א)} \quad (4)$$

$$180(\text{m}) \text{ (ד)} \quad 2 \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right) \text{ (ג)} \quad 3(\text{kg}) \text{ (ב)} \quad 24(\text{J}) \text{ (א)} \quad (5)$$

$$1,234.8(\text{J}) \text{ (ג)} \quad 3,704.4(\text{J}) \text{ (ב)} \quad 2,469.6(\text{J}) \text{ (א)} \quad (6)$$

$$h = 398.83(\text{m}) \text{ (ב)} \quad 123,480(\text{J}) \text{ (א)} \quad (7)$$

$$52.92(\text{J}) \quad (8)$$

$$3 \text{ פי } (ד) \quad 3 \text{ פי } (ג) \quad 4 \text{ פי } (ב) \quad 2 \text{ פי } (א) \quad (9)$$

$$\text{ז) אין שינוי} \quad 2 \text{ פי } (ו) \quad 8 \text{ פי } (ה)$$

$$22,500,392(\text{J}) - \text{מיכל א'} \quad 1,470,000(\text{J}) - \text{מיכל ג'}$$

$$67,500,000(\text{J}) - \text{מיכל ב'}$$

אנרגיה קינטית - ניסוח כמותי