

**פיסיקה-כימיה בחטיבת-הביניים**  
**הצעה לתכניות-לימודים**

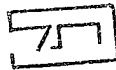
משרד החינוך והתרבות

פיסיקה - כימיה בחטיבת-הביניים

הצעה לתכנית לימודים

הוכן על-ידי

היחידה לתכניות לימודים



ירושלים, אלול תשכ"ח

הצעת התכנית להוראת פיסיקה - כימיה לחטיבת-הביניים

הוכנה על-ידי הוועדה:

פרופ' שמעון עופר	-	יו"ר
ד"ר שאול יציב	-	יועץ מדעי
נתן אורפז	-	מרכז תכנית
ד"ר רות בן-צבי	-	מרכזת תכנית
ג' אלק		
ד"ר מ' אוטולנגי		
ד"ר ל' בנדור		
מ' בן-דב		
ש' גטליב		
ל' גרין		
צ' גלר		
י' דויד		
פרופ' ס' כהן		
פרופ' ד' טמואל		
א"מ פויכטותנגר		
י' צילג		

הצעת תוכנית לימודים בפסיקה - כימיה בכיתות ז' - ט'

מ ב ר א

הנושאים העיקריים בתוכנית-הלימודים המוצעת בפסיקה-כימיה לכיתות ז' - ט' הם הכרת החומר ופיתוח מושג האנרגיה. התוכנית מתבססת על כך, שבכיתות בית-הספר הסודי (א' - ו') אומנם הכירו התלמידים מספר תופעות, אך לא חדרו לבעיית הקשר שבין התופעות הללו.

בחטיבת הביניים (ז' - ט') מועבר הדגש אל ההסברים הקושרים בין התופעות. מטרת התוכנית בשני הנושאים המרכזיים המוצעים 'מ' תות ז' - ט' היא בניית הסבר כזה.

התוכנית המוצעת מתכוונת להקנות לתלמיד גרעין של ידע מדעי, שהוא הכרחי לכל אזרח. לכן מודגשת בחירת התכנים, הממלאים תפקיד מרכזי במדע המודרני.

הנושא הראשון, המטפל במבנה החומר, מוביל מן ההכרה של תכונות החומרים אל הרעיון כי החומר אינו רצוף אלא הוא בנוי מחלקיקים. הנושא השני מטפל בהכרת תופעות חום וחשמל, והוא בונה את מושג האנרגיה כעיקרון המנחה תופעות רבות.

שיטת-ההוראה המוצעת מדגישה את הלימוד בדרך חקירה ועבודה עצמית של התלמיד, וניתוח תוצאות הניסויים, המבצעים על-ידי זל-ידי המורה. דרך הוראה זו במסגרת שלוש השנים של חטיבת-הביניים גוזל זמן רב יחסית והיא מצמצמת את האפשרות ללמוד את כל ענפי הפיסיקה והכימיה. הכרחית, איפוא, סלקציה קפדנית של החומר. מסיבה זו לא נכללו בתוכנית המוצעת נושאים רבים אחרים מתחום הפיסיקה והכימיה.

אין מופיעים בתוכנית פרקי מכניקה ופרקי אופטיקה ואקוסטיקה. פרקי המכניקה לא נכללו בתוכנית, כיוון שחומר-לימוד זה, אם רוצים לפתחו בצורה מדעית מדוייקת, דורש מערכת-מושגים כגון מסה, כוח, מהירות ותאוצה מושגים הקשורים מהשגח התלמידים בגיל כה צעיר.

אנו מניחים שבגיל מאוחר יותר, לאחר שיכיר ותלמיד תופעות רבות יותר בתחום הפיסיקה והמתמאטיקה, יהיה מוכן ללימוד פויקים אלה. בשלב זה, גם אין אנו מעוניינים במתימאטיזציה יתירה של לימוד הפיסיקה והכימיה, דבר העלול להכביד על רבים מן התלמידים.

שיטת-הלימוד בדרך החקירה מצמצמת, כאמור, את מספר הנושאים שאפשר לעסוק בהם במסגרת זמן מוגבל, אך לעומת זאת מדגישה היא את פיתוח הכשרים האינטלקטואליים שאפשר להחילם בשטחים אחרים.

החידושים העיקריים של התוכנית הם:

א. שינוי בגישה ובהדגשה.

- (1) מודגשת הכרת יחסי-הגומלין שבין הניסוי ובין התיאוריה במדע. המקצועות פיסיקה וכימיה עשויים לתרום לרכישת גישה ביקורתית אל תיאוריות ואל הסברים מדעיים, ולהבליט את ההבחנה שבין עובדות ובין השערות.
- (2) ההצעה מנסה לרכז את התוכנית מסביב לרעיונות מרכזיים ולשמוד על רציפות ואחידות בהסבר העולם הפיסיקאלי.
- (3) נעשה שימוש רב בשיטת החקירה. המדע לא יילמד כלקט של אמינות בלתי-משתנות אלא כגוף-ידע מתפתח. הדבר ייעשה בדרך של איסוף עובדות, פיתוח מודל מחשבתי, בדיקתו בעזרת עובדות נוספות והחלתו או שינויו בשעת הצורך.

ב. מעורבות התלמיד.

- (1) הקודם מבסס בעיקר על עבודתו העצמית של התלמיד.  
- הלימוד מבוצע תוך כדי עשייה, מערכת המושגים שירכוש התלמיד תתבסס על תופעות מוחשיות שלמד להכיר.
- (2) המושגים והרעיונות המדעיים הם ברמה ההולמת את הפסיתו של התלמיד בגילים אלה, אך הם צריכים כמובן להיות נכונים מבחינה מדעית.
- (3) התוכנית בונה את העבודה במידה רבה על הסקרנות הטבעית של הילד בחיפושיו אחרי עובדות חדשות ואחרי אמות-מידה המתאימות לבדיקת השערות ותיאוריות.
- (4) התוכנית משתדלת להפעיל את דימונו של התלמיד בניסוח השערות חדשות.
- (5) הגישה המיטודית החדשה עשויה להגביר את ההנאה שיפיק התלמיד מלימודו ובכך לסייע להקניית עמדות חיוביות להמשך הלימוד של המדעים.

### מטרות

1. החלמיד ירכוש גרעין של מושגים, חוקים והכללות בפיסיקה וכימיה, החיוניים לכל אזרח בעולם המודרני, והיכולים לשמש גם כבסיס להמשך לימודי המדע.
2. התלמיד יכיר דוגמות אחדות המדגימות את אופיה של החקירה המדעית ומצביעות על שיטותיה השונות.

3. התלמיד יהיה מסוגל לראשית שימוש בדיעות קודמות להבנת חופעות חדשות.
4. הוא יהיה מסוגל להציע השערות לשם הסבר חופעה חדשה, ובמקרים לא מורכבים לתכנן ניסוי פשוט לשם בדיקת השערותיו.
5. הוא יפתח כושר לתצפית מדויקת, להבחנה בין תצפית עצמה לבין הקשים והסברים ויכול לפרש נתונים תצפיתיים.
6. יתפתחו בו כושר לבצע ניסויים פשוטים, לתארם, לדווח על התוצאות ולהבין אינפורמציה מדעית פשוטה.
7. הוא יפתח כושר לבקר הסברים אך יהיה גם נכון להפעיל את דימונו בחיפוש אחר הסברים חדשים.
8. התלמיד יהיה מוכן להתמיד בחקירתו על-אף הקשיים, ויהיה כן במסירת תוצאות ניסוייו.
9. הוא יבין, כי התפתחויות טכנולוגיות מבוססות על הידע הפיסיקאלי והכימי, וכי אלה שינו את הסביבה ואת התנאים הסוציאליים של האדם.

הצעת המסגרת

כיתה ז'

בשיעורים בפיסיקה-כימיה בכיתה ז' מוצע להציג את הרעיוות כי החומר מורכב מחלקים ואינו רציף. פיתוח הרעיון ייעשה בכמה שלבים: (1) היכרות ראשונה עם חומרים שונים והבחנה בין תכונות הגוף לתכונות החומר. (2) הכרת עובדות שונות ותופעות הקשורות במיבנה החומר (למשל: פיעפוע, שוני בנפחים בין נוזלים לגזים, מיבנה גבישים ותנועת בראון). (3) בניית השערה (מודל) של מיבנה החומר, שתסביר ותכלול את כל העובדות שהוכרו. (4) הבנת משמעותה של ההשערה וניסיונות לבדיקתה.

ראשי-הפרקים המוצעים

1. מיון והבחנה בין חומרים.
2. פירוק תערובת לחלקיה.
3. מוצק נוזל וגז.
4. בניית ההשערה למיבנה החומר ובדיקתה.
5. הכרת תהליכים שבהם נוצרים חומרים חדשים (פירוק וסינתזה).
6. חוק המנות הקבועות כאישור נוסף לחלקיקיות החומר.
6. מדידת העובי של שכבת הפרודות.

### כיתה ח'

בכיתה ז' למדו התלמידים, כי החומר מורכב מחלקיקים, אך לא נכנסו לפירוט ולהיכרות קרובה יותר עם מיבנה החומר.

בכיתה ח' יכירו התלמידים את מושג הסמפראטורה, יכירו התנהגות חומרים בסמפראטורות שונות, ינסו להסביר הבדלים בסמפראטורה על סמך המודל החלקיקי של החומר.

הניסויים בחשמל ילמדו התלמידים תופעות חדשות, ולקראת סוף השנה יכירו כי הזרם החשמלי במוליכים מתכתיים הוא תנועה של מיטענים, ובתמיסות - תנועה של אטומים נושאי מיטען (יונים חיוביים ושיליליים).

הקשיים הצפויים בכתיבת החומר לתוכנית כיתה ח': מציאת שיטה המאפשרת המחשה נוחה של הקשר בין מיטענים לבין זרמים.

### ראשי-הפרקים המוצעים

- א. הרחבת המודל החלקיקי של החומר
- (1) התפשטות חומרים בהשפעת חום;
  - (2) חוקי הגאזים;
  - (3) השערת אבוגאדרו.
- ב. ניסויים בחשמל.
- ג. מיטענים
- (1) אלקטרוליטים ולא-אלקטרוליטים;
  - (2) זרם הוא תנועת מיטענים;
  - (3) מיטענים חיוביים ושיליליים;
  - (4) אלקטרוליזה: תנועה של חלקיקים טעונים.



כיתה ט'

הלימודים במסגרת הפיסיקה-כימיה בכיתה ט' יוקדשו לפיחח מושג האנרגיה, על-ידי חקירת תופעות חום וחשמל. את נושאי האנרגיה מקדימים פרקים על תופעות אלקטרומאגנטיות (הדגמה של מעבר מאנרגיה לאנרגיה מיכאנית) ותופעות חום (מדידת כמות-החום הנפלטת בריאקציות כימיות). פרקים אלה הכרחיים כלימודי מבוא לנושא העיקרי של השנה.

הקשיים הצפויים: קבוצת רחובות לפיסיקה פיתחה את נושא האנרגיה בצורה שתוארה לעיל בשביל כיתה י' בכית-הספר העיוני. ההצעה היא לעבד חומר זה מחדש ולהתאימו לכיתה ט'. פיחוח נושא האנרגיה נעשה על-ידיהם מתוך גישה כמותית מדויקת, ואין ביטחון מה תהיה מידת ההצלחה של גישה זו בכיתות ט' בבתי-ספר בלתי-סלקטיוויים.

ראשי-הפרקים המוצעים

א. חשמל - מאגנטיות

ב. חום

- (1) טמפרטורה וכמות חום;
- (2) חום סגולי;
- (3) חום היתוך וחום רתיחה;
- (4) חום וריאקציות כימיות.

ג. אנרגיה

- (1) כמות-החום המשתחררת על-ידי זרם חשמל;
- (2) הקשר בין הרמת משקלות או ירידתן לבין שחרור חום;
- (3) מאזן החום ואנרגיה;
- (4) אנרגיה קינטית.

ראשי-פרקים מפורטים לכיתה ז' (מספר השעות המוקצב: 60 שעות)

שם הפרק	פירוט החומר	הניסויים הכלולים בפרק
1. מיון והבחנה בין חומרים (14)	א. הבחנה בין תכונות הגוף לתכונות החומר. ב. מיון גופים לפי אמת-מידה שונות.	א. מיון גופים. ב. אבחנה בין חומרים באמצעות החושים.
ג. המישקל הסגולי כאחת התכונות המאפשרות להבחין בין חומרים.	ג. קשיות חומרים ומסיסות חומרים.	ג. קשיות חומרים ומסיסות חומרים.
ד. ציפת גופים (הקשר בין ציפה לבין מישקלם הסגולי של הגוף הצף והנוזל שבו הוא שרוי).	ד. הדגמה של הצורך במדידות. ה. תרגילי מדידה ושקילה. ו. קביעת מישקלם הסגולי של 5 חומרים. ז. זיהוי חומרים לפי מישקלם הסגולי.	ד. הדגמה של הצורך במדידות. ה. תרגילי מדידה ושקילה. ו. קביעת מישקלם הסגולי של 5 חומרים. ז. זיהוי חומרים לפי מישקלם הסגולי.
ח. ציפת גופים במים ובמי-מלח. ט. ציפת נוזלים.	ח. ציפת גופים במים ובמי-מלח. ט. ציפת נוזלים.	ח. ציפת גופים במים ובמי-מלח. ט. ציפת נוזלים.
2. פירוק תערובת לחלקיה (8)	א. פירוק תערובת לחלקיה. הכרת תכונות שבהן יהיו חלקי-התערובת שונים זה מזה וש אפשר לנצלן, כדי להפרידם זה מזה. דוגמות לתכונות מפרידות: מסיסות, מאגנטיות, מישקל סגולי, נקודת-רתיחה שונה והתנהגות שונה בהרצה על-גבי נייר-סינון (כרומאטוגרפיה).	א. הפרדה בין חול למלח. ב. ניקוי מחצב מלח מסדרם וגיבוש מלחים. ג. בדיקת התכונות של תערובת גופרית וברזל. ד. פירוק תערובת גופרית וברזל. ה. ניסויים בדיו: (1) ייבוש (2) זיקוק

שם הפרק	פירוט החומר	הניסויים הכלולים בפרק
	ב. הבנת המושגים אנאלי זה וחומר אחיד לגבי תכונות שנבדקו.	(3) כרומאטוגרפיה.
3. מוצק, נוזל וגז (13)	<p>תכונות המאפיינות את מצבי-החומר והמאפשרות להבחין ביניהם:</p> <p>(א) הבחנה בין אוויר וריק;</p> <p>(ב) לגאזים יש מישקל והם חופפים נפח;</p> <p>(ג) גאזים שונים זה מזה גם במישקלם הסגולי;</p> <p>(ד) נפחם של גאזים אפשר לשנות בנקל. נפחם של נוזלים ומוצקים אינו משתנה באותה מידה;</p> <p>(ה) אפשר לקבל מוצקים בצורה גבישית אופיינית;</p> <p>(ו) חימום (או קירור) גורמים להעברה של חומר ממצב למצב.</p>	<p>א. הדגמת מיספר תכונות המאפיינות גאזים.</p> <p>ב. השוואה בין בקבוק מלא אוויר לבקבוק ריק.</p> <p>ג. שקילת אוויר;</p> <p>ד. המישקל הסגולי של בוטאן.</p> <p>ה. הפקת חמצן והכרת כמה מתכונותיו.</p> <p>ו. הפקת פחמן דו-חמצני והכרת כמה מתכונותיו.</p> <p>ז. זרימת אדי-יוד.</p> <p>ח. דחיסת אוויר ודחיסת נוזל.</p> <p>ט. נפחו של מוצק אינו משתנה כאשר משנים את צורתו.</p> <p>י. גידול גבישים.</p> <p>יא. העברת חומר ממצב למצב.</p>
4. שלושת המצבים של החומר (10)	<p>הצגת השערה היכולה להסביר ולקשר בין עובדות, כגון:</p> <p>(א) פיעפוע (דיפוזיה) של גאזים, נוזלים ומוצקים;</p> <p>(ב) תכונות המוצקים, הנוזלים והגאזים, כפי שהובאו בפרק הקודם;</p>	<p>א. פיעפוע של נוזלים.</p> <p>ב. פיעפוע של גז לחוך גז ושל גז לחוך ריק (ואקום).</p> <p>ג. ניסוי הקופסה הסגורה (קופסה המכילה גופים שונים. לפי עובדות שונות יש לבנות השערה על אופי הגופים שבקופסה).</p>

שם הפרק	פירוט החומר	הניסויים הכלולים בפרק
	<p>(ג) ההבדל הגדול בנפחים שבין נוזלים לגאזים;</p> <p>(ד) תנועת בראון;</p> <p>(ה) המיבנה הגבישי של מוצקים. ההשערה היא, כי החומר מורכב מחלקיקים. בכל שלב בחקר המדעי יש להבחין בין עובדות לבין השערות, הבאות להסביר את העובדות הללו.</p>	<p>ד. מודל להשערת החלקיקים (מסגרת הכדורים).</p> <p>ה. תנועת בראון בנוזלים ובגאזים.</p> <p>ו. השוואת הנפחים של מוצקים, נוזלים וגאזים.</p>
5. פירוק והרכבה (10)	<p>(א) קבלת חומרים בעלי תכונות חדשות - לדוגמה - בהשפעת חימום או כאשר מעבירים זרם חשמלי דרך תמימות;</p> <p>(ב) בפירוק מים; על-ידי העברת זרם חשמלי מקבלים יחס קבוע נפחי בין החומרים המתקבלים - מימן וחמצן. מימן וחמצן מתחברים למים באותו יחס הנפחים.</p> <p>(ג) חוק המנות הקבועות בסינתוזות כימיות;</p> <p>(ד) הכרת המושגים: יסוד, אטום ופרודה.</p>	<p>א. השפעת חימום על נחושת גופרתית מימית.</p> <p>ב. פירוק עץ על-ידי זיקוק יבש.</p> <p>ג. פירוק מים באלקטרוליזה.</p> <p>ד. קבלת נחושת-גופרית.</p> <p>ה. מודל לחוק המנות הקבועות.</p>
6. העובי של שכבת פרודות (6)	<p>מדידת העובי של שכבת פרודות על-ידי ניסוי טיפת-השמן. פרקי-הכנה: הכרת מספרים גדולים מאוד וקטנים מאוד, אומדן וסדרי-גודל להערכת העובי של עלה-מתכת דק.</p>	<p>א. הערכת העובי של עלה-מתכת.</p> <p>ב. ניסוי טיפת-השמן (טיפת שמן בעלת נפח ידוע מתפזרת על-פני המים. מימשח הכתם הנוצר ניתן לחשב את עובי שכבת-השמן).</p>

ראשי-פרקים לכיתה ח' - מיספר-השעות המוקצב: 60 שעות

א. הרחבת המודל החלקי של החומר הזמן המוערך לנושא זה: 25 שעות

(1) התפשטות חומרים בהשפעת חום. כיוול תרמומטר; קביעת שחי נקודות-טמפרטורה קבועות - נקודת-היתוך ונקודת-רתיחה. כיוול של חום ביניים. נפח גאזים בתרמומטר.

(2) חוקי הגאזים

בגאזים הנמצאים בטמפרטורה קבועה יש תלות של נפח הגאז בלחץ המופעל עליו: חוק בויל.

חימום גאזים בנפח קבוע - קביעה של תלות הלחץ בטמפרטורה

חימום גאזים בלחץ קבוע - קביעה של תלות הנפח בטמפרטורה

הקשר בין טמפרטורה לבין מהירות הפרודות של הגאז.

(3) השערת אבוגאדרו

לנפחים שווים של גאזים שונים יש מישקלים שונים.

בריאקציות שבהן נוצר חומר חדש משני גאזים (למשל: יצירת אמון כלורי

ממימן ואמוניה) מתרכבים תמיד נפחים קבועים של שני הגאזים ליצירת החומר החדש.

ההשערה המתקבלת על הדעת ביותר מניסויים אלה: בנפחים שווים של גאזים,

הנתונים בתאים שווים, יש מיספר שווה של חלקיקים.

הצגה של מישקלים אטומיים כמישקלים יחסיים.

הזמן המוערך לנושא זה: 10 שעות

ב. ח ש מ ל

(1) מעגל חשמלי פשוט

(2) תופעות חימום ותופעות מאגנטיות

(3) בניית מאזני-זרם פשוטים ושימוש במד-זרם (אמפרמטר)

(4) מוליכים ומבודדים

(5) הסתעפויות פשוטות במעגל - חיבור צרכנים בטור ובמקביל.

מ ט ע נ י ם .ג.

הזמן המוערך לנושא זה: 20 שעות

אלקטרוליטיים ולא-אלקטרוליטיים - תופעות שונות של אלקטרוליזה: שיחרור מימן, שיחרור חמצן וציפוי של האלקטרודות על-ידי מתכת שונות.  
זרם הוא תנועה של מיטענים. מיטען יסודי.  
מיטען חיובי. מיטען שלילי וגוף ניטראלי.

הסבר לתופעות האלקטרוליזה. מעבר זרם בתמיסה נעשה על-ידי מעבר חלקיקים טעונים. אטום הנושא מיטען חיובי (למשל: יון-הנחושת) נודד אל כיוון הקתודה, מקבל מיטען שלילי יסודי מן האלקטרודה והופך לחלקיק ניטראלי - אטום-הנחושת. אטום הנושא מיטען שלילי נודד אל האלקטרודה השניה, ומוסר שם את מיטענו.

הדגמה של תנועת חלקיקים טעונים - תופעות אלקרופוריזה.

ראשי-פרקים לכיתה ט' - מיספר השעות המוקצב: 90 שעות

א. חשמל - מאגנטיות הזמן המוערך לנושא: 15 שעות

- (1) מאגנטים ושדה-מאגנטי; קטבים
- (2) ניסוי ארסטד, השדה-המאגנטי של סליל
- (3) גאלוואנומטר פשוט ואלקטרומאגנט
- (4) זמזום ופעמון
- (5) כוח לורנץ
- (6) בניית מד-זרם (סליל נע) ומנוע חשמלי.

ב. חום הזמן המוערך לנושא: 25 שעות

- (1) טמפראטורה וכמות חום  
חימום מישקלים שונים (כמויות שונות) של מים במחמם אחד.  
קביעה של עליית הטמפראטורה בתלות בזמן ושל עליית הטמפראטורה בתלות במישקל (כמות) המים.  
חימום מישקלים שונים של מים בעזרת מחממים שונים - יחס בין כמות החום המסופקת למים לבין עליית הטמפראטורה.
- (2) חום סגולי  
חימום חומרים אחדים. השוואה של כמות-החום, הדרושה להעלאת הטמפראטורה של חומרים שונים במעלה אחת.
- (3) חום-היתוך וחום-רתחה  
חימום חומרים ושינויי מצב. פירוט של עקומות טמפראטורה לעומת זמן החימום. חוספת של חום יכולה לגרום לעליית טמפראטורה או למעבר החומר ממצב למצב (חום-היתוך או חום-רתחה).
- (4) חום וראקציות כימיות  
חימום חומרים עשוי לגרום ליצירת חומר חדש (חזרה והרחבה של החומר שנלמד בכיתה ז').

בריאקציות כימיות מסוימות משחרר חום - ריאקציות אקסותרמיות ספונטאניות.

עיקוב אחרי ריאקציה שבה נוצר חומר חדש ומשתחרר חום. הריאקציה תיערך ביחסים שונים בין המרכיבים, ותיקבע התלות שבין יחסי הכמויות של המרכיבים לבין כמויות-החום המשתחררות. במקרים אחדים ניתן לראות כי בעירבוב שני חומרים נוצר חומר חדש (הופעת מישקע או יצירת גאז). במקרים אחרים (עירבוב בסיס וחומצה) נוכל לדעת, כי נוצר חומר חדש, על-פי מדידות של שינוי הטמפרטורה החלים תוך כדי העירבוב. ריאקציות אקסותרמיות: ריאקציות בעירה (מודרה ואיטית) חום שריפה (בדלק ובמוזנות).

## ג. אנרגיה

הזמן המוערך לנושא: 40 שעות

- (1) כמות-החום המשתחררת על-ידי זרם חשמלי מתח (כ"מ) מוגדר כחום ליחידת מיטען. יבוצע ניסויים בקאלורימטרים מיוחדים. זרם חשמלי, העובר דרך נגד, גורם להתחממותו. מדידה של כמות-החום המשתחררת בנגד, ובכמות-החום המשתחררת בסוללה. מדידת כמות-החום המשתחררת בסוללה מקוצרת. שיחורור החום באלקטרוליזה בשני מקרים: (1) פירוק כימי; (2) ציפוי (העברת החומר מאלקטרודה אחת לשניה).
- (2) הקשר בין הרמת משקלות וירידת משקלות לבין שיחורור חום. מדידת טמפרטורה במנוע, הפועל ללא העמסה. מדידת הטמפרטורה של מנוע המויים משקולות. ניסוי ז'אול: החום הנפלט על-ידי ירידת משקולות.
- (3) מאזן חום ואנרגיה בניסויים המובאים בסעיפים ג-1 וג-2 מוצגים המושגים אנרגיה חשמלית, אנרגיה כימית ואנרגיה פוטנציאלית של כובד. יחידות לאנרגיה - ז'אול.
- (4) הפעלת מנוע כגיניראטור מעבר אנרגיה-כובד לאנרגיה-חשמלית.
- (5) אנרגיה קינטיטית.