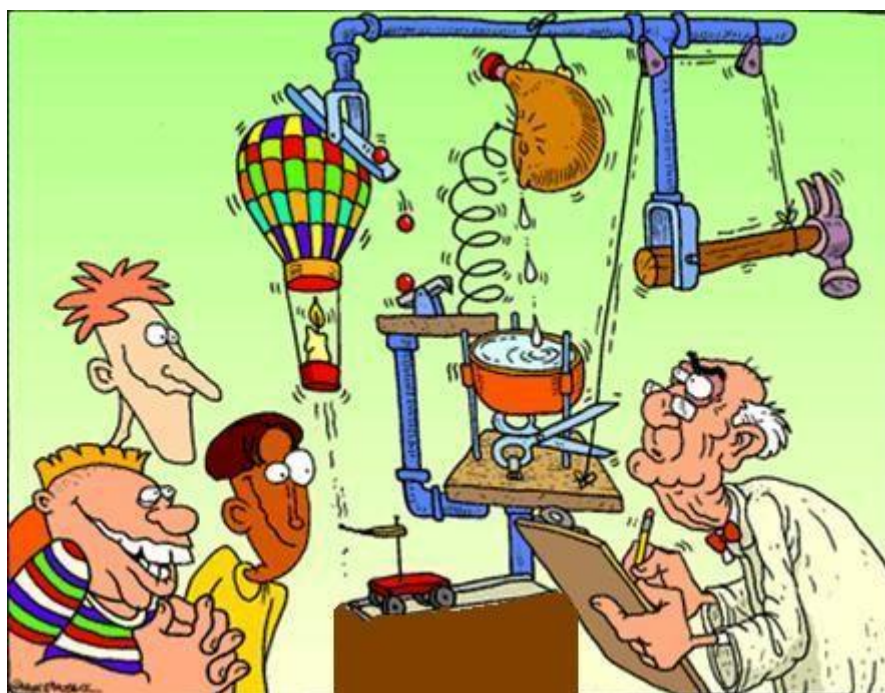




עבודה

כוח הוא סיבה לשינוי תנועתו או צורתו של גוף

כאשר על גוף פועלים מספר כוחות, ניתן להחליף את כולם בכוח אחד (שקול) שהשפעתו תהיה זהה להשפעה של מספר כוחות שכוח שקול מחליף אותם. אם כוחות פועלים באותו כיוון, מחברים את הערכים המוחלטים של הם וכיוונו של כוח שקול יהיה בכיוון של הכוחות המקוריים. אם כוחות מנוגדים בכיוונם, כוח שקול שווה לערך מוחלט של כוח גדול פחות ערך מוחלט של כוח קטן וכיוונו בכיוון של הכוח הגדול.

עבודה שהכוח מבצע על גוף היא מכפלת כוח בהעתק (מרחק), שגוף עובר בהשפעת הכוח

גודל של עבודה ניתן לחשב לפי נוסחה:

$$W = F \cdot x$$

- אם כוח פועל בכיוון התנועה, עבודתו חיובית
- אם כוח פועל נגד כיוון התנועה, עבודתו שלילית
- אם כוח מאונך לכיוון התנועה, עבודתו שווה לאפס
- יחידת מדידה של עבודה היא ג'אול [J]

w	עבודה של כוח קבוע	J	ג'אול
F	כוח קבוע	N	ניוטון
x	העתקו של הגוף שנע בהשפעת כוח קבוע	m	מטר

תרגילים:

1. מהי עבודה?
2. באילו יחידות נמדדת עבודה?
3. מהו תנאי שעבודה של כוח חיובית, שלילית, או שווה לאפס?
4. ספר מונח על פני שולחן. חשב את עבודת כוח הכובד.
5. איש דוחף עגלה בכוח קבוע של 50 ניוטון לאורך מסלול ישר של 5 מטרים. חשב את עבודה של כוח שהאיש מפעיל על העגלה (**20 J**).
6. ילד שמסתו 60 ק"ג קופץ משולחן שגובהו 60 סנטימטר לרצפה. מהי עבודה שמבצע כוח הכובד? ($F_G = m \cdot g$, כאשר m – מסה של הילד בקילוגרם ו- $g \approx 10 \text{ m/s}^2$) (**360 J**).
7. תלמיד יושב על כיסא. מהי עבודה שמשקלו של תלמיד מבצע על הכיסא?
8. כתר מושך קרון שמסתו 20 טון במהירות של 50 קמ"ש. מהי עבודתו של הכתר (אי אפשר לדעת)

אנרגיה

אנרגיה היא יכולת לבצע עבודה

קיימים מספר סוגים של אנרגיה :

1. אנרגיה מכנית מתחלקת לשלושה סוגים :

– אנרגיית גובה (פוטנציאלית כובדית)

– אנרגיית תנועה (קינטית)

– אנרגיה אלסטית (קפיץ)

2. אנרגיית חום (תרמית)

3. אנרגיה חשמלית

4. אנרגיית קרינה (אור)

5. אנרגיית קול

6. אנרגיה גרעינית

7. אנרגיה כימית

אנרגיה ועבודה נמדדות באותן יחידות – ג'אול [J]

חוק שימור אנרגיה :

אנרגיה לא נעלמת, לא נוצרת מאליה, אלא מומרת מסוג אחד

דוגמאות לגלגולי אנרגיה :

- אנרגיה כימית של דלק הופכת לאנרגיית תנועה של מכונית , אנרגיית חום שנפלטת ממנוע וגלגלים, אנרגיית קול של מכונית, אנרגיה חשמלית שמאפשר פעולה של מכשירים חשמליים באוטו (פנסים, רדיו וכו')
- אנרגיית גובה של מים נופלים מומרת לאנרגיית תנועה שלהם , שהיא מומרת לאנרגיית תנועה של טורבינה, שהיא מומרת לאנרגיה חשמלית. אנרגיה חשמלית יכולה להפוך לאנרגיית חום, תנועה, גובה בעזרת מכשירים שונים.
- בפיצוץ גרעיני, אנרגיה גרעינית מומרת לאנרגיית חום, אור, קול, תנועה, חשמלית.
- אנרגיה גרעינית שמשחררת בתוך כוכב הופכת לאנרגיית חום (אור) ואנרגיה כימית (נוצרים יסודות חדשים)
- בתחנת כוח תרמו אלקטרית אנרגיה כימית של גז (נפט או פחם) הופכת לאנרגיית חום, גורמת לשינוי מצב צבירה של מים ואנרגיית תנועה של גנרטור.

תרגילים

1. מהי אנרגיה?
2. באילו יחידות נמדדת אנרגיה?
3. הסבר תהליך גלגולי אנרגיה במקרים הבאים:
 - תחנת כוח תרמו אלקטרית לנורה בבית.
 - טיל ששוגר לחלל.
 - מכונית בולמת בהתקרבותה לרמזור אדום.

אנרגיית גובה (פוטנציאלית כובדית)

לכל גוף שנמצא בגובה ביחס לגוף אחר יש אנרגיית גובה, במילים אחרות בזמן נפילתו הוא יכול לבצע עבודה

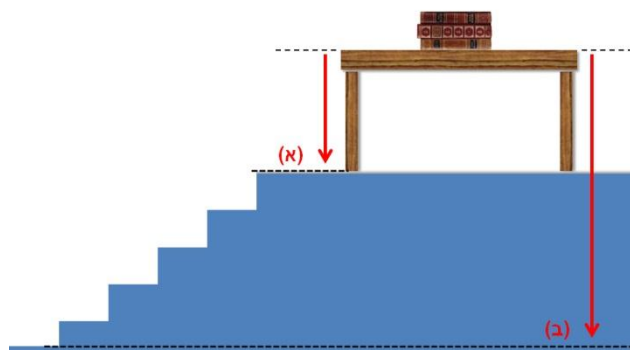
נוסחה לחישוב

$$E_p = mgh$$

ג'אול	J	אנרגיה פוטנציאלית כובדית	$E_p = mgh$
קילוגרם	kg	מסת הגוף	m
מטר לשנייה בריבוע	m/s^2	תאוצה של נפילה חופשית	g
מטר	m	גובה של גוף ביחס למישור יחוס	h

למכפלה $m \cdot g$ לפעמים קוראים משקל. (כוח שבו גוף לוחץ על משטח או מותח חוט שעליו הוא תלוי). שם נכון של המכפלה – כוח הכובד. מכפלת כוח הכובד (או משקל ברוב המקרים) בגובה מעל רמת הייחוס שווה לאנרגיית גובה.

אנרגיית גובה תלויה ברמת יחוס.



- אם גוף נמצא מעל מישור הייחוס – אנרגיית גובה שלו חיובית.
 - אם גוף נמצא מתחת למישור הייחוס – אנרגיית גובה שלו שלילית
- אם גוף נמצא מעל רמת הייחוס, אנרגיית גובה שלו חיובית, מתחת לרמת הייחוס – שלילית, על פני רמת הייחוס אנרגיית גובה שווה לאפס.
- בזמן נפילה אנרגיית גובה מומרת לאנרגיית תנועה (במצב אידיאלי ללא התנגדות האוויר) ולהפך, כאשר גוף נזרק כלפי מעלה, אנרגיית גובה גדלה ואנרגיית קינטית קטנה.
- אחד משימושים באנרגיית גובה – תחנת כוח הידרואלקטרית.

דוגמה :

חשב את אנרגיית גובה של כדור שמסתו 350 גרם שנמצא בגובה של 1.5 מטר מעל הרצפה.

שלבי פתרון :

1. לרשום נתונים ולהמיר את כל הערכים ליחידות SI (מטר, קילוגרם, שנייה)

$m = 350 \text{ gr} = 0.35 \text{ kg}$
$g = 10 \frac{m}{s^2}$
$h = 1.5 \text{ m}$
$E_p = ?$

2. לרשום נוסחה לחישוב של אנרגיית גובה. אם יש צורך לבטא מתוך נוסחה ערכים

אחרים :

$$h = \frac{E_p}{m \cdot g} \quad m = \frac{E_p}{g \cdot h} \quad g = \frac{E_p}{m \cdot h}$$

$m = 350 \text{ gr} = 0.35 \text{ kg}$
$g = 10 \frac{m}{s^2}$
$h = 1.5 \text{ m}$
$E_p = ?$

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

3. להציב מספרים לפי נתוני השאלה ולבצע חישוב

$m = 350 \text{ gr} = 0.35 \text{ kg}$
$g = 10 \frac{m}{s^2}$
$h = 1.5 \text{ m}$
$E_p = ?$

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p = 0.35 \cdot 10 \cdot 1.5 = 5.25$$

4. לרשום את התשובה כולל יחידות מדידה

5.

$m = 350 \text{ gr} = 0.35 \text{ kg}$
$g = 10 \frac{m}{s^2}$
$h = 1.5 \text{ m}$
$E_p = ?$

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p = 0.35 \cdot 10 \cdot 1.5 = 5.25$$

תשובה :

$$E_p = 5.25 \text{ [J]}$$

$$g_{\text{ירח}} = \frac{10}{6} \approx 1.67 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

על פני הירח תאוצה של נפילה חופשית קטנה פי 6 בערך

שאלות:

1. מהי אנרגיית גובה של נברשת (ביחס לרצפה) שמסתה 3 ק"ג שתלויה בתקרה בגובה של 3 מטר מעל הרצפה ([J] 90)
2. באילו יחידות נמדדת אנרגיית גובה?
3. ילד שמסתו 60 ק"ג יורד מקומה 5 לקומה 3. גובה של כל קומה 2.5 מטר. בכמה קטנה אנרגיית גובה של הילד? ([J] 300)
4. ספר שמסתו 300 גרם מונח על פני השולחן שגובהו 80 ס"מ. חשב את אנרגיית גובה של הספר ([J] 2.4)
5. מסתו של אסטרונאוט היא 80 ק"ג. מסתה של חליפת חלל שהוא לובש היא 120 ק"ג. מהי אנרגיית גובה של האסטרונאוט הלבוש בחליפת חלל (ביחס לפני הירח) שנמצא בגובה ל 3 מטר מעל פני הירח? ([J] 3340)

אנרגיית תנועה (אנרגיה קינטית)

לכל גוף שנע יש אנרגיה קינטית (אנרגיית תנועה).



נוסחה לחישוב

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

E_k	אנרגיה קינטית של הגוף	J	ג'אול
m	מסת הגוף	kg	קילוגרם
v	מהירותו של הגוף	$\frac{m}{s}$	מטר לשנייה

עבודה של כוח שקול שווה לשינוי באנרגיה קינטית של גוף.

אם כוח מבצע עבודה חיובית, אנרגיה קינטית גדלה, אם כוח מבצע עבודה שלילית, אנרגיה קינטית שלו קטנה. אנרגיה קינטית תלויה במסה ומהירות. כאשר מהירות גדלה פי 2, אנרגיית תנועה גדלה פי 4 (חזקה שנייה של מהירות)

- אנרגיית תנועה **תמיד** חיובית.
- כאשר גוף נופל ללא חיכוך עם אוויר, אנרגיית גובה שלו מומרת לאנרגיית תנועה. סמוך לקרקע (ברגע הפגיעה) כל אנרגיית גובה מומרת לאנרגיית תנועה לפי חוק שימור אנרגיה.
- אם קיים חיכוך עם אוויר או משטח (למשל גוף מחליק במורד מישור משופע מחוספס), אז אנרגיית גובה מומרת לאנרגיית תנועה ואנרגיית חום (חיכוך), לכן

ברגע הגעה לקרקע, אנרגיית קינטית קטנה מאנרגיית גובה שהיית לגוף בתחילת התנועה.

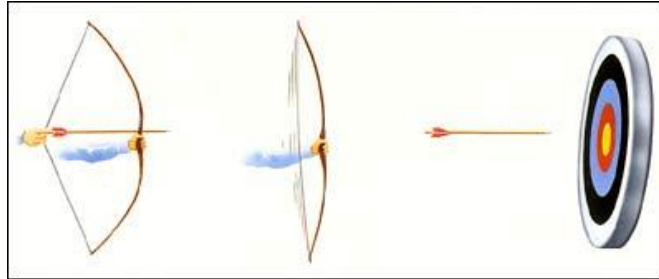
- כאשר גוף נזרק כלפי מעלה, אנרגיית קינטית מומרת לאנרגיית גובה (אם אין חיכוך עם אוויר) ואנרגיית קינטית מומרת לאנרגיית גובה ואנרגיית חום (אם יש חיכוך עם אוויר). אם אין חיכוך עם אוויר, אנרגיית תנועה התחלתית שווה לאנרגיית גובה סופית.

שאלות:

1. אופניים שמסתם עם הרוכב 90 קילוגרם נעות במהירות של 18 קמ"ש. חשב את האנרגיית הקינטית של האופניים
2. כדור פורח שמסתו 200 קילוגרם עולה במהירות קבועה של 5 מטר. חשב את האנרגיית הקינטית של הכדור.
3. מכונית נוסעת במהירות 90 קמ"ש. בהתקרבה לרמזור אדום היא מאיטה עד עצירה. בכמה קטנה האנרגיית הקינטית של המכונית?
4. גוף נופל מגובה של 10 מטר. מהי מהירותו ברגע הגעה לקרקע (זמן קצר מאוד לפני הפגיעה)
5. אבן נזרקת כלפי מעלה במהירות התחלתית של 30 מטר לשנייה. לאיזה גובה מרבי תעלה האבן? חשב את מהירותו בגובה של 10 מטר מנקודת הזריקה.

אנרגיה אלסטית

לכל גוף אלסטי (ששואף לחזור למצבו המקורי אחרי עיוות, כמו קפיץ מעוות) יש אנרגיה אלסטית



נוסחה לחישוב:

$$E_{el} = \frac{k\Delta l^2}{2}$$

E_{el}	אנרגיה אלסטית	J	ג'אול
k	קבוע קפיץ	N/kg	ניוטון לקילוגרם
Δl	התארכות של קפיץ ממצב רפוי	m	מטר

אנרגיה אלסטית **תמיד** חיובית

דוגמאות של גלגולי אנרגיה אלסטית:

יורים חץ מקשת כלפי מעלה. אנרגיה אלסטית הופכת לאנרגיית תנועה ובסוף לאנרגיית גובה בלבד (בשיא הגובה חץ נעצר)

שאלות:

- נתון קפיץ אופקי שקבוע שלו $40 \frac{N}{m}$. מכווצים אותו בשיעור של 10 סנטימטר. מהי האנרגיה האלסטית שאגורה בקפיץ?
- גוש פלסטלינה נמעך. האם יש לו אנרגיה אלסטית?
- משקולת שמסתה 100 גרם תלויה (במנוחה) על קפיץ שלקבוע שלו 50 ניוטון למטר. חשב את אנרגיה אלסטית שאגורה בקפיץ.
- * קרונית שמסתה 2 טון מתנגשת בקפיץ שקבוע שלו 500 ניוטון למטר ועוצרת. חשב את האנרגיה האלסטית שאגורה בקפיץ ברגע הזה.

אנרגיה פנימית

אנרגיה פנימית של גוף היא סכום של אנרגיה פוטנציאלית של המולקולות שמושכות זאת את זאת ואנרגיית תנועה שלהן

לכל גוף, אפילו שנמצא בגובה אפס ובמנוחה יש אנרגיה פנימית. ככל שמולקולות בגוף נעות מהר יותר, כך גם אנרגיה פנימית שלו גדולה יותר.

טמפרטורה - מידת האנרגיה הקינטית הממוצעת של המולקולות בגוף



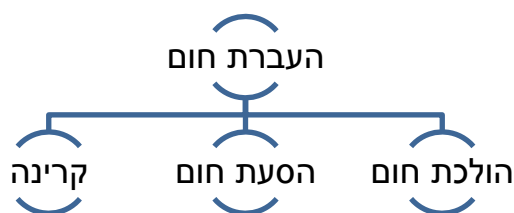
טמפרטורה נמדדת במעלות צלזיוס (C) או קלווין (K). ככל שטמפרטורה גבוהה יותר, כך גם אנרגיה קינטית ממוצעת גדולה יותר ולכן אנרגיה פנימית גדולה יותר. הבדל בין סולם צלזיוס וסולם קלווין בנקודה שנחרה כאפס. בסולם צלזיוס זאת טמפרטורת היתוך של קרח ובסולם קלווין – אפס מוחלט, טמפרטורה הכי נמוכה שקיימת שבה נפסקת תנועה של המולקולות

$$0 K = -273.14^{\circ}C$$

ניתן לשנות את האנרגיה הפנימית בשתי דרכים: ביצוע עבודה והעברת חום

דוגמה לביצוע עבודה: מכופפים סיכה מספר פעמים עד שהיא נשברת ונוגעים בקצה. ניתן להרגיש שהקצה חם. אם טמפרטורה עלתה, אז אנרגיה פנימית גם גדלה. דוגמה להעברת חום: חימום של קומקום חשמלי, הפשרת בשר קפוא.

דרכים להעברת חום:



- כמות החום שגוף מקבל נחשבת חיובית
- כמות החום שגוף פולט נחשבת שלילית

שאלות:

1. כיצד אפשר להגדיל או להקטין אנרגיה פנימית של גוף מסויים?
2. בקבוק מים הוכנס למקרר. האם אנרגיה פנימית של המים השתנתה? איזה חלק של אנרגיה פנימית השתנתה? הסבר תשובתך.
3. בכוס אחת נמצאים מים קרים, בכוס שניה מים חמים. לאלה מהמים אנרגיה פנימית גדולה יותר? הסבר תשובתך.
4. גליל נחושת הכניסו לתוך שמן חם. האם אנרגיה פנימית של הגליל השתנתה? כיצד? הסבר תשובתך.
5. מהו הבדל בין תנועת המולקולות בגופים קרים וחמים?
6. מהו אפס של סולם צלסיוס? מה קורה כאשר מחממים מים עד ל- 100 מעלות צלסיוס?
7. מהו אפס של סולם קלווין? מה קורא עם מולקולות בטמפרטורה זאת?
8. מהן טמפרטורות הקיפאון והרתיחה של מים בסולם קלווין?
9. בכיתה ישנם גופים כגון שולחנות, כיסאות, תלמידים, מורה. לאילו מהם טמפרטורה נמוכה מטמפרטורת החדר, גבוהה ממנה, שווה לה?

אנרגיית חום

אנרגיית חום (כמות החום) שגוף מקבל בתהליך חימום או פולט בתהליך קירור



נוסחה לחישוב

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

Q	אנרגיית חום	J	ג'אול
c	חום סגולי	$\frac{J}{kg \cdot ^{\circ} C}$	ג'אול חלקי קילוגרם מעלת צלזיוס
m	מסת הגוף	kg	קילוגרם
Δt	הפרש טמפרטורות	מעלות צלזיוס	מעלות צלזיוס

שאלות:

מ'אול לקילוגרם מעלת צלזיוס	
מ'ים	4200
קרח	2100
צמר גפן	1400
פלסטיק	1300
שמן בישול	1200
אלומיניום	910
חול, אבן	840
זכוכית	830
ברזל	470
נחושת	400
פליז	390
כסף	235
כספית	140
זהב	135

1. מכניסים כפית לתוך כוס תא חם. מה עובר לכפית : חום, טמפרטורה או אנרגיה פנימית? מה גודל בזמן ההעברה : חום, טמפרטורה או אנרגיה פנימית? הסבר.
2. מכניסים כפית לתוך כוס תא חם. מתי העברת החום תסתיים? הסבר.
3. האם זה נכון שכאשר נוגעים במשטח קר הקור זורם מהמשטח אל היד? הסבר
4. הסבר ההבדל בין הטמפרטורה לבין החום.
5. אומרים שבמפל מים טמפרטורת המים למטה גבוהה יותר. האם זה אפשרי? מדוע?
6. מדוע מטבע מתחמם כשמכים בו בעזרת פטיש?
7. האם יתכן להבעיר אש על-ידי חיכוך של שתי חתיכות עץ? הסבר תשובתך.
8. מדוע לווין שנופל על פני כד"א נשרף באטמוספירה? הסבר תשובתך.

שינוי מצב צבירה מוצק-נוזל



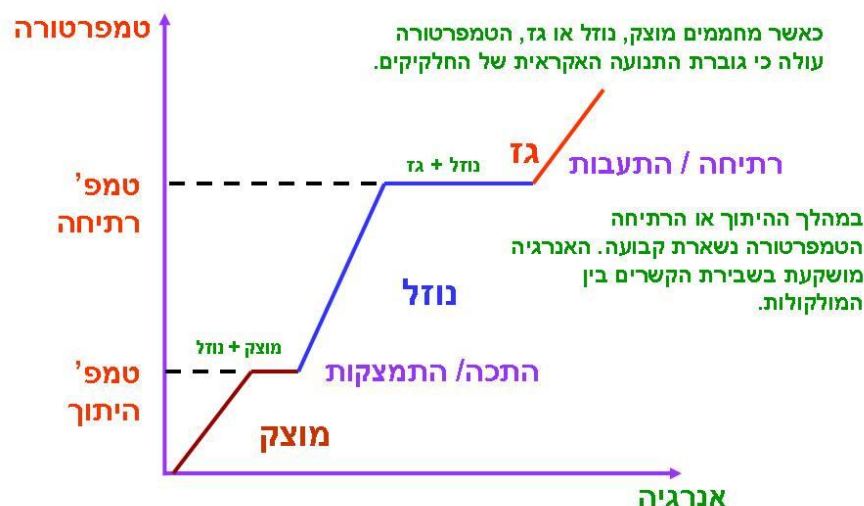
לשינוי מצב צבירה גם דרושה אנרגיה. האנרגיה הזאת תלויה בתכונות החומר ובמסתו.

אנרגיה שדרושה לשינוי מצב צבירה ממוצק לנוזל או אנרגיה שמשחררת במעבר מנוזל למוצק

$$Q = \lambda \cdot m$$

Q	אנרגיית חום	J	ג'אול
λ	חום כמוס	$\frac{J}{kg}$	ג'אול חלקי קילוגרם מעלת צלזיוס
m	מסת הגוף	kg	קילוגרם

חום כמוס של היתוך/קיפאון זאת אנרגיית חום שדרושה לשינוי מצב צבירה ממוצק לנוזל או מנוזל למוצק עבור 1 ק"ג של חומר



החומר	חום כמוס של היתוך	חום כמוס של רתיחה	טמפ' היתוך	טמפ' רתיחה
	ג'אול לקילוגרם	ג'אול לקילוגרם	מעלות צלזיוס	מעלות צלזיוס
מימן	58000	455000		
חמצן	13900	213000	-219	-183
כספית	11400	29600	-39	357
מים	333000	2256000	0	100
עופרת	23200	5858000	327	1750
כסף	105000	2336000	961	2193
נחושת	207000	4730000		
זהב	66200			

שאלות:

1. מחממים מים בסיר עד לרתיחה. כאשר ממשיכים לחממם אותם, הטמפרטורה לא עולה. לאן "נעלמת" אנרגיית חום שמסופקת למים?
2. מוקדם בבוקר בשעות הכי קרות, אחרי שמופיע טל על העלים, הטמפרטורה קצת עולה. מדוע?
3. כמה אנרגיה צריך להשקיע כדי להפוך 2 ק"ג קרח בטמפרטורה של 0 מעלות צלזיוס למים באותה טמפרטורה?
4. כמה אנרגיה משתחררת בהתמצקות של 0.5 ק"ג של עופרת בטמפרטורה של 327 מעלות צלזיוס (ללא שינוי בטמפרטורה)?
5. 200 גרם כסף בטמפרטורה של 25 מעלות צלזיוס חייבים להפוך למצב נוזלי בטמפרטורה של 1000 מעלות צלזיוס. כמה אנרגיה דרושה לתהליך הזה?

שינוי מצב צבירה נוזל-גז

אנרגיה שדרושה לשינוי מצב צבירה מנוזל לגז או אנרגיה שמשתחררת במעבר מגז לנוזל

חום כמוס של אידוי/עיבוי (אנרגיית חום שדרושה לשינוי מצב צבירה מנוזל לגז)

$$Q = L \cdot m$$

Q	אנרגיית חום	J	ג'אול
L	חום סגולי	$\frac{J}{kg}$	ג'אול חלקי קילוגרם מעלת צלזיוס
m	מסת הגוף	kg	קילוגרם

חום כמוס של אידוי/עיבוי (אנרגיית חום שדרושה לשינוי מצב צבירה מנוזל לגז)

שאלות:

1. חשב את אנרגיית חום הדרושה לאידוי של 50 גרם מים בטמפרטורה של 20 מעלות צלזיוס
2. מהי כמות החום שדרושה לאידוי של 0.5 ק"ג קרח בטמפרטורה של 20- מעלות צלזיוס.

זרם חשמלי

החומרים שונים מתחלקים לשתי קבוצות עיקריות לפי מוליכות חשמלית: מוליכים ומבודדים (קיימים גם קבוצות אחרות כמו מוליכים למחצה ומוליכי על).

במוליכים קיימים מטענים חשמליים שיכולים לנוע חופשי ובמבודדים לא קיימים מטענים חופשיים.

במתכות מטענים חופשיים הם אלקטרונים שמטען שלהם שלילי.

כיוון של זרם חשמלי הוא מפלוס של סוללה למינוס שלה, למרות שכיוון תנועת האלקטרונים ממינוס לפלוס

אלקטרונים במוליך שלא מחובר למקור מתח (סוללה) נעים בתנועה אקראית. כאשר מחברים מוליך לסוללה, בנוסף לתנועה אקראית האלקטרונים מתחילים לנוע בכיוון אחד. (להקת דבורים)

עוצמת הזרם חשמלי שווה לכמות המטען שעוברת דרך שטח חתך בשנייה אחת

זרם חשמלי נמדד ביחידות אמפר [A].

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

עוצמת זרם חשמלי

I	עוצמת זרם חשמלי	A	אמפר
q	מטען חשמלי	C	קולון
t	זמן שבו מטען עובר דרך שטח חתך	sec	שניות

שאלות

1. במעגל חשמלי זורם זרם של 3 אמפר. מהו מטען שעובר בשטח חתך של המעגל במשך חצי שעה?
2. דרך מכשיר חשמלי עבר מטען של 10 קולון במשך 2 דקות. חשב את הזרם שעבר דרך המכשיר.
3. שני פלאפונים נטענים בשקע חשמלי. דרך שניהם עובר אותו זרם. פלאפון אחד נטען במשך 3 שעות ופלאפון שני במשך 4 שעות. דרך איזה מכשיר עבר מטען גדול יותר?

4. שתי מכוונות כביסה עובדות זמן זהה. דרך מכונה ראשונה עבר מטען של 20 קולון ודרך השנייה- מטען של 15 קולון. דרך איזו מכוונת כביסה זרם חשמלי גדול יותר?

5. בתא את יחידת "קולון" בעזרת יחידות "קולון" ו-"שנייה"

חוק אום

חוק אום מקשר בין זרם חשמלי במעגל, מתח של מקור אנרגיה חשמלית והתנגדות המעגל

$$I = \frac{V}{R}$$

I	עוצמת זרם חשמלי	A	אמפר
V	מתח חשמלי	V	וולט
R	התנגדות חשמלית	Ω	אום

התנגדות חשמלית תלויה באורך התיל (מוליך), שטח חתך שלו חומר שממנו עשוי התיל וטמפרטורה.

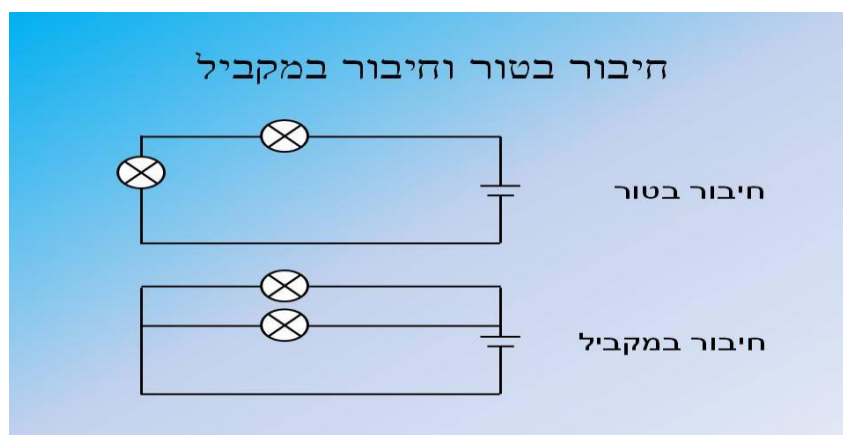
- ככל שאורך התיל גדול יותר, כך גם התנגדותו החשמלית גדולה יותר
- ככל שאורך התיל עבה יותר, כך גם התנגדותו החשמלית קטנה יותר
- תכונה של חומר שמשפיעה על התנגדות נקראת "התנגדות סגולית". ככל שההתנגדות הסגולית גדולה יותר, כך גם התנגדות המוליך גדולה יותר.
 - דוגמאות של חומרים עם התנגדות סגולית גבוהה: מבודדים (עץ, גומי,
 - פלסטיק) ממוליכים – **סופֶרֶקונְדֶּקְטִיבְּ** (וולפרם)
 - דוגמאות של חומרים עם התנגדות סגולית נמוכה: אלומיניום, נחושת, כסף, זהב
- ככל שטמפרטורה גבוהה יותר, כך גם ההתנגדות החשמלית גדולה יותר.

שאלות

1. המשך את המשפט:

- א. ככל שמתח של סוללה גדול יותר כך גם זרם במעגל חשמלי...
 - ב. ככל שהתנגדות גדולה יותר, כך גם זרם...
 - ג. מתח חשמלי נמדד ביחידות ...
 - ד. זרם חשמלי נמדד ביחידות...
 - ה. התנגדות חשמלית נמדדת ביחידות...
2. מכשיר רדיו מחובר לשקע חשמלי בעלת מתח של 220 וולט וזורם בו זרם של 500 מיליאמפר. חשב את התנגדותו של המכשיר.
 3. התנגדותה של נורה היא 30 אום והיא מחוברת לסוללה של 1.5 וולט. חשב את עוצמת הזרם בנורה.
 4. במעגל חשמלי שהתנגדותו 10 קילואום זורם זרם של 50 מיליאמפר. חשב את מתח הסוללה שמפעילה את המעגל.

חיבור נגדים בטור ובמקביל



חיבור בטור: זרם קבוע, מתח שווה לסכום המתחים בכל אחד מנגדים

$$I_T = I_1 = I_2 = \text{const}$$

$$V_T = V_1 + V_2 + \dots$$

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

חיבור במקביל: מתח קבוע, זרם שווה לסכום הזרמים בכל אחד מנגדים

$$V_T = V_1 = V_2 = \text{const}$$

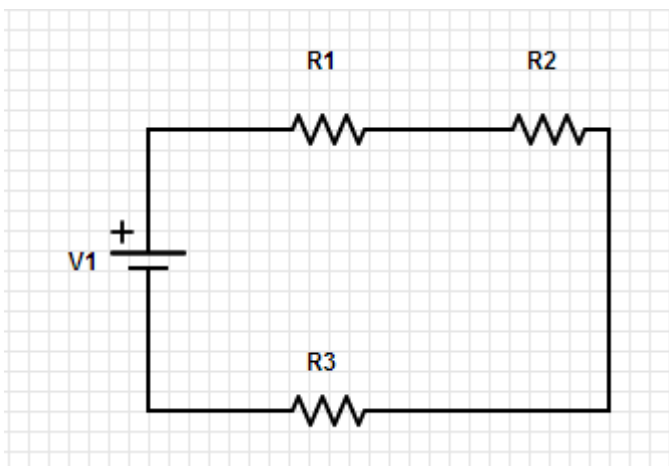
$$I_T = I_1 + I_2 + \dots$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

לשני נגדים בלבד קיימת נוסחה נוחה יותר:

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

שאלות



במעגל חשמלי שבשרטוט

$$R_1 = 5\Omega$$

$$R_2 = 7\Omega$$

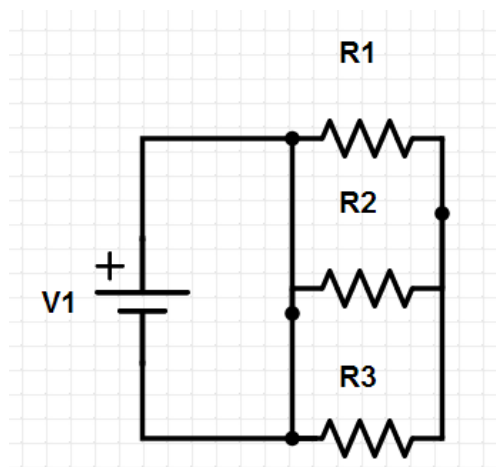
$$R_3 = 3\Omega$$

$$V_1 = 30V$$

חשב את

- א. ההתנגדות השקולה
- ב. הזרם שעובר דרך הסוללה
- ג. הזרם שעובר דרך כל אחד מהנגדים
- ד. מתח על כל נגד
- ה. תבדוק שסכום המתחים על כל נגד שווה למתח של הסוללה

במעגל חשמלי שבשרטוט



$$R_1 = 3\Omega$$

$$R_2 = 6\Omega$$

$$R_3 = 1\Omega$$

$$V_1 = 10V$$

חשב את

- א. ההתנגדות השקולה
- ב. הזרם שעובר דרך הסוללה
- ג. הזרם שעובר דרך כל אחד מהנגדים
- ד. מתח על כל נגד
- ה. תבדוק שסכום הזרמים דרך כל נגד שווה לזרם שעובר דרך הסוללה

אנרגיה חשמלית

$$E_{EL} = q \cdot V$$

ג'אול	J	אנרגיה חשמלית	E
קולון	C	מטען חשמלי	q
ולט	V	מתח חשמלי	V

$$E_{EL} = I \cdot V \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = \frac{V^2}{R} \cdot t$$

אמפר	A	עוצמת זרם חשמלי	I
וולט	V	מתח חשמלי	V
אום	Ω	התנגדות חשמלית	R
שניות	sec	זמן	t

לצורך חישוב תשלום לחברת החשמל משתמשים ביחידות אנרגיה שונות שנקראות קילוואט-שעה (קוט"ש או kWh)

קילוואט-שעה זאת אנרגיה שצורך מכשיר חשמלי שהספקו 1 קילוואט במשך שעה אחת של פעילות.

לדוגמה: נורה של 60 וואט: הספקה בקילוואט הוא $P = \frac{60}{100} = 0.06 \text{ kW}$. לכן במשך שעה היא צורכת כמות אנרגיה של 0.06 קוט"ש. אם מחיר של קוט"ש אנרגיה חשמלית הוא 0.5 ₪, אז עלות הפעלה של הנורה במשך שעה אחת הוא $0.5 \cdot 0.06 = 0.03$ ₪, כלומר 3 אגורות. עלות הפעלה של הנורה במשך חודש רצוף: $0.06 \cdot 24 \cdot 30 = 43.2$ ₪.

שאלות

1. זרם שעובר דרך תנור חשמלי הוא 3 אמפר. המעגל מחובר לשקע בעלת מתח 220 וולט. מהי אנרגיה חשמלית שמומרת לחום במהלך שעתיים אם כל אנרגיה חשמלית הופכת לאנרגיית חום.

הספק חשמלי

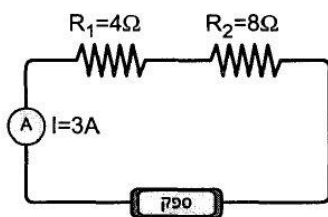
הספק חשמלי הוא אנרגיה חשמלית שמומרת לסוג אחר ביחידת זמן

יחידת הספק היא וואט [W]

וואט אחד הוא הספק שבו אנרגיה של 1 ג'אול משתחררת בשנייה אחת

$$P = I \cdot V = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

אמפר	A	עוצמת זרם חשמלי	I
וולט	V	מתח חשמלי	V
אום	Ω	התנגדות חשמלית	R
וואט	W	הספק חשמלי	P



שאלות:

1. בתרשים משורטט מעגל חשמלי.

נתון: $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 8\Omega$.

האמפרמטר במעגל מורה על זרם של 3 אמפר.

איזה מבניהם יתחמם יותר? (הניחו שהנגדים זהים במסתם ובהרכבם ובעלי טמפרטורה התחלתית זהה).

2. תנור שהספקו $2.5 kW$ עובד במשך 3 שעות. מהי עלות החימום אם מחיר של 1 קוט"ש הוא 0.5 ₪.

3. קומקום חשמלי שהספקו $2 kW$ מחמם 1.5 ליטר של מים מטמפרטורה של 20 מעלות צלזיוס עד לרתיחה. הקומקום מחובר למקור מתח של 220 וולט. כמה זמן פעל הקומקום?