קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 21

האפקט הפוטואלקטרי

האפקט הפוטואלקטרי- הסבר ותרגילים 1
האפקט הפוטואלקטרי- בגרויות 4

האפקט הפוטואלקטרי:

שאלות:

1) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 1

תא פוטואלקטרי מסוים מוקרן באור בתדירויות משתנות.

ברגע שהוא מוקרן באור בתדירות: $f = 8 \cdot 10^{14} Hz$, מתחילים להיפלט אלקטרונים מהקתודה.

א. מה פונקציית העבודה של התא?

ב. כעת מקרינים את התא באור באורך גל של 300 ננומטר.
מה תהיה האנרגיה המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים?

ג. מה תהיה מהירותם?

ד. האם כל האלקטרונים הנפלטים בעלי מהירות זו? נמקו.

2) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 2

לתא פוטואלקטרי מסוים שורטט אופיין.

א. הסבר כיצד ישתנה אופיין זה אם נאיר את התא עם 2 מנורות זהות לבודדה שהארנו בה קודם.

ב. הסבר מה ישתנה באופיין אם נשתמש במקור אור בעל אורך גל ארוך יותר.

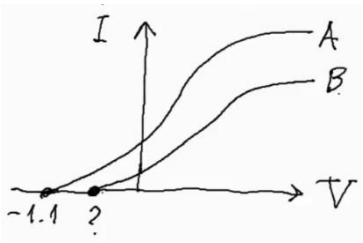
ג. כיצד ישתנה האופיין אם נחליף הלוח הפולט במתכת בעלת פונקציית עבודה קטנה יותר.

3) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 3

בוצעו 2 ניסויים בתא פוטואלקטרי:

בפעם הראשונה התא הואר באור באורך גל: $\lambda_1 = 500$, ובפעם השנייה הואר באור באורך גל: $\lambda_2 = 550$.

תוצאות האופיין של 2 הניסויים לפניך.



א. לאיזה מהאופיינים מתאים כל אחד מאורכי הגל?

ב. מצא את פונקציית העבודה של המתכת.

ג. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים באופיין B.

ד. מצא את ערך סימן השאלה באופיין.

ה. תאר כיצד ייראה אופיין B, אם נרחיק מעט את מקור האור שלו מהתא.

4) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 4

תוצאות הניסוי של מיליקן מ-1916 מופיעות בטבלה הבאה:

$f\left(10^{14}\,Hz\right)$	$E_k\left(eV\right)$
11.84	2.57
9.60	1.67
8.22	1.09
7.41	0.73
6.91	0.55

א. שרטט גרף של האנרגיה הקינטית כתלות בתדירות.

ב. מצא מהגרף את:

i. קבוע פלנק.

ii. את פונקציית העבודה של המתכת.

iii. את תדירות הסף של המתכת.

ג. הסבר את תוצאות המדידה האחרונה.

5) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 5

מנורה שהספקה 60 וואט מאירה באורך גל מונוכרומטי של 620 ננומטר על תא פוטואלקטרי. ידוע שהאור עוקר אלקטרונים מהקתודה.

א. מה אנרגיית פוטון בודד של נורה זו?

ב. מה הזרם שיראה האמפרמטר שמחובר לתא, אם 1% מהפוטונים שנפלטים מהנורה מגיעים לתא, 2% מהפוטונים שמגיעים לתא עוקרים אלקטרונים ו-5% מהאלקטרונים הנעקרים מגיעים לאנודה?

ג. מהו זרם הרוויה של התא?

תשובות סופיות:

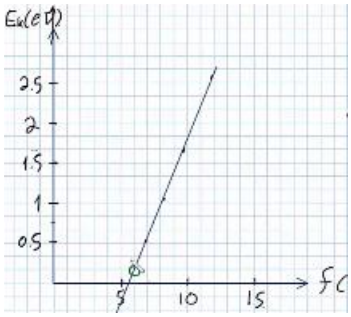
1) א. $3.31eV$ ב. $0.82eV$ ג. $V = 5.37 \cdot 10^5 \frac{m}{sec}$ ד. לא.

2) ראה סרטון.

3) א. $\lambda_1 = A$, $\lambda_2 = B$ ב. $B = 1.38eV$ ג. $1.4 \cdot 10^{-19} J$ ד. $0.87V$

ה. ראה סרטון.

4) א.



ב.i. $4.16 \cdot 10^{-15} eVS$ ii. $2.33eV$ iii. $5.6 \cdot 10^{14} Hz$

ג. ראה סרטון.

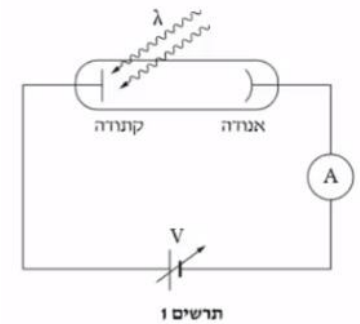
5) א. $2eV$ ב. $3 \cdot 10^{-4} A$ ג. $6mA$

האפקט הפוטואלקטרי - בגרויות:

שאלות:

1) בגרות 2020

מקרינים אלומה של אור מונוכרומטי על קתודה של תא פוטואלקטרי, כמתואר בתרשים 1. האנרגיה של כל פוטון היא: $2.75eV$. אורך גל הסף (המקסימלי) שמאפשר לאלקטרונים להיפלט מקתודה זו הוא: $\lambda_0 = 551nm$.



תרשים 1

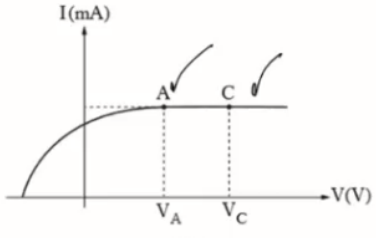
א. חשב את התדירות של האור המוקרן.

בעקבות פגיעת האור בקתודה, נפלטים ממנה אלקטרונים.

ב. חשב את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים שנפלטים.

ג. הסבר את משמעותו של "מתח העצירה", וקבע את ערכו.

בתרשים 2 שלפניך מתואר גרף של עוצמת הזרם בתא הפוטואלקטרי כפונקציה של המתח על התא.

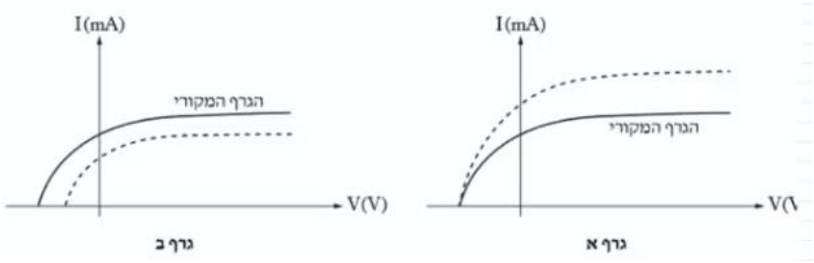


תרשים 2

ד. בגרף שבתרשים 2 עוצמות הזרמים בנקודות A ו-C שוות זו לזו (זרם רוויה), אף שהמתח בנקודה C גדול מן המתח בנקודה A. הסבר תופעה זו.

מקרינים על הקתודה הנתונה שתי אלומות אור מונוכרומטיות אחרות בזו אחר זו. השוני בין האלומות יכול להיות באורך הגל או בעוצמת האור של האלומה או בשניהם. הגרפים א-ב שלפניך מתארים את עוצמת הזרם כפונקציה של המתח בתא הפוטואלקטרי.

בכל גרף על אותה מערכת צירים מוצגות שתי עקומות, אחת בקו רציף – על פי הנתונים של האלומה המקורית שבפתיח של השאלה, ואחת בקו מקווקו – של האלומה האחרת.



גרף ב גרף א

ה. בנוגע לכל אחד משני הגרפים א-ב:

i. קבע אם אורך הגל של האלומה האחרת גדול מאורך הגל המקורי, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעותיך.

ii. קבע אם עוצמת האור של האלומה האחרת גדולה מעוצמת האור של האלומה המקורית, קטנה ממנה או שווה לה. נמק את קביעותיך.

ו. לפניך ארבעה היגדים i-iv. קבע מהו ההיגד הנכון. נמק את קביעתך:

i. אלקטרונים שנפלטו מן הקתודה יגיעו אל האנודה רק אם קיים מתח האצה בין האנודה לקתודה.

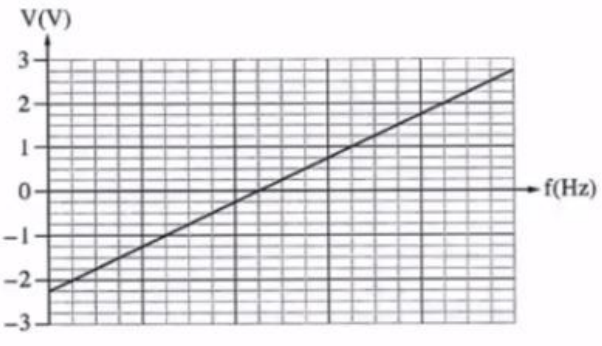
ii. מספר גדול של פוטונים מוסרים את האנרגיה שלהם כדי לעקור אלקטרון בודד מן הקתודה.

iii. בתדירות מסוימת, האנרגיה הקינטית של אלקטרונים שנפלטים מן הקתודה תלויה בעוצמת האור.

iv. הרחקת מקור האור (המנורה) מן הקתודה גורמת להקטנת זרם הרווייה.

2) בגרות 2019

תלמידים ערכו שני ניסויים באמצעות תא פוטואלקטרי שברשותם.
בניסוי הראשון הם האירו את הקתודה (הפולט) של התא בכמה אלומות אור מונוכרומטי, זו אחר זו, ומדדו – לכל אלומה בנפרד – את מתח העצירה (המתח המינימלי שעבורו לא זרם זרם בתא).
על סמך תוצאות הניסוי סרטטו התלמידים גרף. הגרף מוצג בתרשים 1.



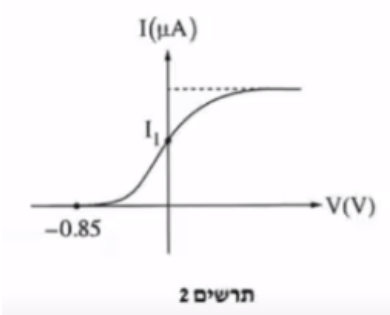
תרשים 1

א. הגדר את המושג "תדירות הסף f_0".

ב. מצא באמצעות הגרף את פונקציית העבודה B של הקתודה. פרט את שיקוליך.

ג. חשב את אורך הגל המרבי שעבורו מתרחש האפקט הפוטואלקטרי בתא זה.

בניסוי השני האירו התלמידים את הקתודה באלומת אור מונוכרומטי שתדירותה f_1, ומדדו את הזרם I בתא עבור ערכים שונים של המתח V בין האנודה לקתודה.
תוצאות הניסוי השני מוצגות בתרשים 2.



תרשים 2

ד. חשב את התדירות f_1.

ה. חשב ביחידות של ג'אול את האנרגיה הקינטית של האלקטרונים המהירים ביותר ברגע שהם נעקרו מן הקתודה המוארת באלומת האור שתדירותה f_1.

המשיכו להאיר את התא הפוטואלקטרי באלומה שתדירותה f_1 ובו זמנית האירו אותה באלומה נוספת, שתדירותה f_2.
מדדו את הזרם הכולל I בתא, עבור ערכים שונים של המתח V בין האנודה לקתודה.
נתון כי: $f_0 < f_2 < f_1$.

ו. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע אם הערך המוחלט של המתח שעבורו יתאפס הזרם I גדול מ- $0.85V$, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.

ii. קבע אם הזרם I עבור המתח $V = 0$ יגדל, יקטן או לא ישתנה לעומת הזרם I_1 המסומן בתרשים 2. נמק את קביעתך.

3) בגרות 2018

האירו את הפולט (קתודה) של תא פוטואלקטרי בשלוש אלומות אור זו אחר זו.
אורכי הגל של האלומות הם: $\lambda_1 = 200nm$, $\lambda_2 = 450nm$, $\lambda_3 = 650nm$.
אורך גל הסף (המתאים לתדירות הסף) הוא: $\lambda_0 = 539nm$.

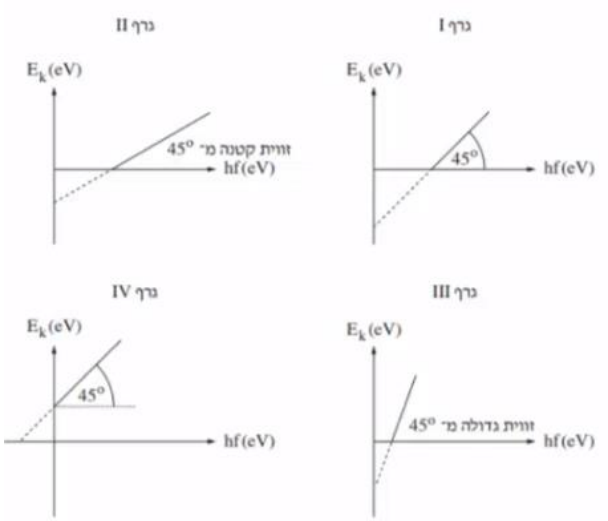
א. עבור כל אחת מן האלומות, קבע אם נוצר זרם בתא הפוטואלטרי.
אם לא נוצר זרם – נמק מדוע.

ב. הגדר את המושג "פונקציית עבודה" (אנרגיית קשר) של מתכת.

ג. חשב את פונקציית העבודה של המתכת שהפולט עשוי ממנה.

ד. חשב את תדירות האור שיגרום לפליטת אלקטרונים שיש להם אנרגיה קינטית מרבית: $E_k = 0.5eV$.

גרפים I-IV שלפניך מתארים אנרגיה קינטית של אלקטרון $E_k(eV)$ כפונקציה של אנרגיית פוטון $hf(eV)$. שני הצירים מסורטטים על פי אותו קנה מידה.



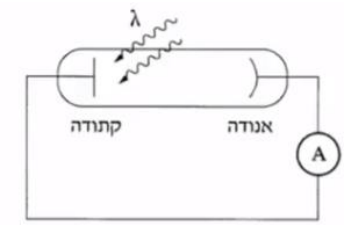
ה. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע איזה גרף מתאר נכון את התלות של האנרגיה הקינטית של אלקטרון שנפלט מן הפולט באנרגיית פוטון שפגע בפולט.

ii. העתק למחברתך את הגרף הנכון.
הוסף לגרף שבמחברתך ערכים מספריים בנקודות החיתוך של העקומה (הלינארית) עם הציר האופקי (hf) ועם הציר האנכי (E_k).
פרט את שיקוליך.

4) בגרות 2017

מערכת מורכבת מתא פוטואלקטרי, מד זרם (רגיש מאוד) ותילים אידיאליים.
פונקציית העבודה של הקתודה שבתא: $B = 2eV$.
אלומת אור באורך גל λ פוגעת בקתודה (ראה תרשים 1).



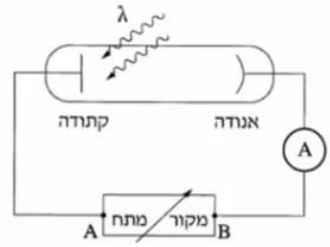
תרשים 1

א. חשב באיזה טווח של אורכי גל יזרום זרם במעגל.

נתון כי מד הזרם מורה על: $2 \cdot 10^{-8} A$.
ב. חשב את המספר המינימלי של פוטונים שפוגעים במשך שנייה אחת בקתודה.

נתון: אורך הגל של אלומת האור שפוגעת בקתודה הוא: $\lambda = 420nm$.
ג. חשב את המהירות המקסימלית של האלקטרונים שנפלטים מן הקתודה.

מוסיפים למערכת מקור מתח V שערכו ניתן לשינוי. הנקודות A ו-B שבתרשים 2 מסמנות את ההדקים של מקור המתח.



תרשים 2

במתח V_{AB} מסוים עוצמת הזרם במעגל מתאפסת.
ד. קבע אם ההדק A חיובי או שלילי. הסבר את קביעתך.
ה. מהו המתח (בערך מוחלט) בין ההדקים של מקור המתח? פרט את שיקוליך.

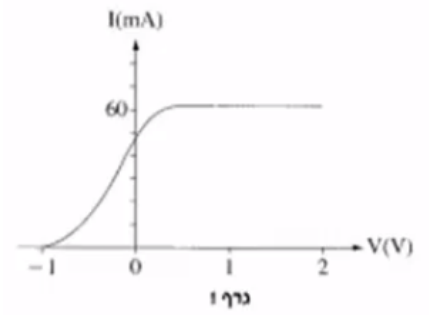
5) בגרות 2016

תלמידי פיזיקה חקרו את האפקט הפוטואלקטרי בשלושה ניסויים A, B ו-C.
בכל הניסויים השתמשו באותו תא פוטואלקטרי.

בניסוי A הם השתמשו במקור הפולט קרינה שתדירותה: $f = 7 \cdot 10^{14}\,Hz$
והספקה: $P = 1W$.

א. חשב את מספר הפוטונים שנפלטו מהמקור במשך דקה אחת.

האופיין של התא הפוטואלקטרי שנבדק בניסוי A, מוצג בגרף 1 שלפניך:



גרף 1

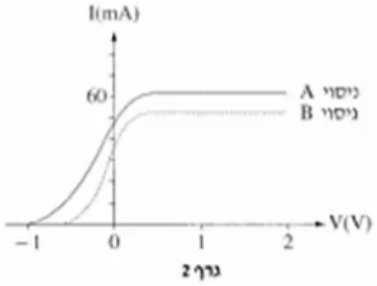
היעזר בגרף, וענה על הסעיפים ב'-ד'.

ב. חשב את מספר הפוטונים שגרמו לפליטת אלקטרונים מהקתודה במשך דקה אחת.

ג. מצא את האנרגיה הקינטית המרבית של האלקטרונים שנפלטו.
נמק את תשובתך.

ד. חשב את אורך הגל המרבי של קרינה שגורמת לפליטת אלקטרונים מקתודה זו.

ה. בגרף 2 מוצגות התוצאות של שניים משלושת הניסויים: ניסוי A המתואר בפתיח לשאלה וניסוי B.



גרף 2

i. קבע אם בניסוי B השתמשו התלמידים במקור הפולט קרינה שתדירותה קטנה מתדירות הקרינה בניסוי A, גדולה ממנה או זהה לה.
נמק את קביעתך.

בניסוי C התלמידים קירבו את אותו מקור קרינה שהשתמשו בו בניסוי B אל התא הפוטואלקטרי, וכך גדלה עוצמת האור שפגעה בקתודה.

ii. קבע אם מתח העצירה שנמדד בניסוי C שונה ממתח העצירה שנמדד בניסוי B. נמק את קביעתך.

6) בגרות 2015

קרינה אלקטרומגנטית מונוכרומטית, שבה לכל פוטון יש אנרגיה של $5eV$, פוגעת במתכת מסוימת ועוקרת ממנה אלקטרונים. האנרגיה הקינטית של האלקטרונים האנרגטיים ביותר שנעקרו היא: $2eV$.

א. הגדר את המושג "פונקציית עבודה" (אנרגיית קשר של מתכת).

ב. חשב את "פונקציית העבודה" של המתכת המוזכרת בפתיח.

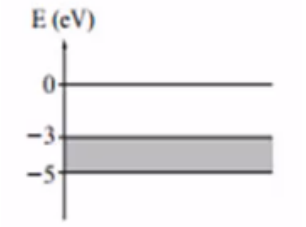
ג. חשב את גודל המהירות של האלקטרונים האנרגטיים ביותר שנעקרו מן המתכת.

לאלקטרונים החופשיים במתכת יש ערכי אנרגיה שונים, בין ערך מקסימלי לערך מינימלי.

לפניך דיאגרמת אנרגיה של מתכת מסוימת. דיאגרמה זו דומה לדיאגרמת רמות אנרגיה אטומיות, אך אין מדובר בקווים בדידים, אלא ברצף של קווים צפופים מאוד שאפשר להתייחס אליהם כאל פס יחיד שיש לו עובי.

בדיאגרמת האנרגיה שלפניך ערך האנרגיה המקסימלי של פס האנרגיה הוא: $-3eV$, וערך האנרגיה המינימלי שלו: $-5eV$. לכל אלקטרון חופשי במתכת המסוימת מיוחסת אנרגיה E המקיימת: $-5eV \le E \le -3eV$.

לאלקטרון שנמצא במנוחה מחוץ למתכת יש אנרגיה אפס (ראה תרשים).

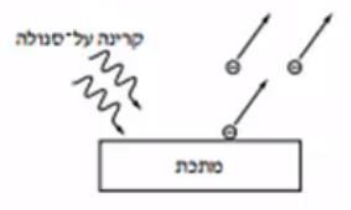


ד. מקרינים על המתכת קרינה מונוכרומטית שבה לכל פוטון יש אנרגיה של: $4eV$. קרינה זו עוקרת מן המתכת אלקטרונים חופשיים.
מהו תחום ערכי האנרגיה הקינטית של האלקטרונים האלה לאחר שנעקרו?

ה. הסבר מדוע חשוב להדגיש בפתיח שבראש העמוד שהאנרגיה הקינטית: $2eV$ היא של האלקטרונים האנרגטיים ביותר.

7) בגרות 2014

בשנת 1887 גילה היינריך הרץ כי אם מטילים קרינה על-סגולה על מתכת שהאוויר סביבה הוא ניטרלי מבחינה חשמלית, האוויר שבקרבת המתכת נטען במטען חשמלי שלילי (ראה תרשים).
לאחר כמה שנים כונתה תופעה זו "האפקט הפוטו-אלקטרי".



קבוצה I וקבוצה II של תלמידי פיזיקה החליטו לשחזר את הניסוי של הרץ.
לשם כך הם ערכו ניסויים שבהם הטילו על לוח מתכת בלתי טעון אלומות קרינה מונוכרומטיות שהתדירויות שלהן ידועות. האלומות הוטלו זו אחר זו, ועבור כל תדירות של אלומה מדדו התלמידים את הפוטנציאל של לוח המתכת אחרי התייצבותו לעומת מצבו ההתחלתי (הבלתי טעון). פוטנציאל הלוח נמדד באמצעות מכשיר מדידה מיוחד ללא צורך בחיבור המתכת למעגל חשמלי.
תוצאות המדידות של קבוצה I מוצגות בטבלה 1:

תדירות הקרינה $(10^{14}\,\mathrm{Hz})$	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
פוטנציאל הלוח (V)	0	0	0.03	0.3	0.5	0.67	0.86

א. על פי ערכי טבלה 1, סרטט גרף של הפוטנציאל של לוח המתכת כפונקציה של תדירות הקרינה הפוגעת בו.
ב. בגרף שסרטטת, מהי המשמעות הפיזיקאלית של נקודת החיתוך של החלק הנטוי של העקומה עם הציר האופקי?
ג. באמצעות הגרף שסרטטת מצא את פונקציית העבודה של המתכת.
הסבר את שיקוליך.
ד. באחד השלבים של הניסוי, פוטנציאל הלוח היה: $0.3\mathrm{V}$. התלמידים הקרינו על הלוח אלומת קרינה בתדירות של: $11.0\cdot10^{14}\,\mathrm{Hz}$ (ראה טבלה 1).
i. הסבר מדוע השתחררו אלקטרונים מלוח המתכת.
ii. מה קרה לפוטנציאל הלוח בעקבות השתחררות האלקטרונים?

קבוצה II רצתה לאמת את ממצאי הניסויים של קבוצה I.
על לוח מתכת אחר, בלתי טעון, הטילו תלמידי קבוצה זו אלומות בתדירויות המוצגות בטבלה 1, זו אחר זו, ומדדו גם הם עבור כל תדירות את ערכי הפוטנציאל של הלוח לעומת מצבו ההתחלתי.
תוצאות המדידות מוצגות בטבלה 2:

תדירות הקרינה $(10^{14}\,\mathrm{Hz})$	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
פוטנציאל הלוח (V)	0	0	0	0.03	0.3	0.5	0.67

ה. כפי שעולה מטבלה 1 ומטבלה 2, יש הבדלים בין תוצאות המדידות של שתי הקבוצות.
התלמידים הציעו כמה הסברים להבדלים אלה.
קבע איזה מן המשפטים i-iv שלפניך יכול לספק הסבר נכון להבדלים האלה, ונמק את קביעתך.

i. בקבוצה I השתמשו בקרינה שעוצמתה גבוהה מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.

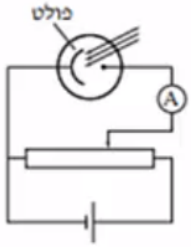
ii. בקבוצה I השתמשו בקרינה שעוצמתה נמוכה מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.

iii. בקבוצה I השתמשו בלוח העשוי מתכת אחרת מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.

iv. קבוצה I הציבה את לוח המתכת קרוב יותר למקור הקרינה מאשר הציבה אותו קבוצה II.

8) בגרות 2013

בתרשים שלפניך מעגל חשמלי שאפשר למדוד בו את זרם הרוויה בתא פוטואלקטרי. מקרינים אור בתדירות קבועה f על תא פוטואלקטרי.



א. נסמן ב- n_e את מספר האלקטרונים הנפלטים בכל שנייה מהפולט.
פתח ביטוי לחישוב של n_e באמצעות עוצמת זרם הרוויה I וערך המטען היסודי e.

ב. הסבר מדוע שינוי בהספק של מקור האור גורם לשינוי ב- n_e.

ג. הנוסחה לחישוב הספק היא: $P=\frac{\Delta E}{\Delta t}$.
פתח ביטוי המקשר בין ההספק של מקור האור P ובין n_e, בהנחה שכל

פוטון בעל תדירות f שיוצא ממקור האור משחרר אלקטרון.

למעשה, לא כל פוטון משחרר אלקטרון.
נסמן ב- η (נצילות) את היחס בין מספר הפוטונים המשחררים אלקטרונים בכל שנייה ובין מספר הפוטונים שמקור האור פולט בכל שנייה: $\eta = \frac{n_e}{n_{photons}}$.

ד. הוכח שהקשר בין מספר הפוטונים המשחררים אלקטרונים בכל שנייה ובין מספר הפוטונים שמקור האור פולט בכל שנייה מוצג בנוסחה: $\eta = \frac{hf \cdot n_e}{P}$.

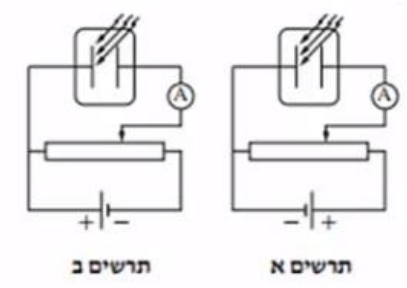
P – הספק מקור האור.
f – תדירות האור.

ה. במעגל המתואר בתרשים, הגדלת המתח על התא הפוטואלקטרי גורמת להגדלת הזרם, עד גבול מסוים שהוא זרם הרוויה. הסבר תופעה זו.

9) בגרות 2012

תלמידי פיזיקה ערכו ניסוי בתא פוטואלקטרי, והאירו את הפולט (הקתודה) באור שתדירותו: $6.67 \cdot 10^{14}\,Hz$. התלמידים בודקים את התלות של זרם הרוויה בהספק האור הפוגע בפולט.

א. באיזה משני המעגלים המוצגים בתרשימים א' ו-ב' השתמשו התלמידים בניסוי? נמק.



ב. בניסוי התלמידים הגדילו את הספק האור הפוגע בפולט.
האם כתוצאה מכך זרם הרוויה הנמדד גדל, קטן או לא השתנה? נמק.

נסמן ב- η את יעילות התא הפוטואלקטרי, המבטאת את היחס בין מספר הפוטונים שגרמו לפליטת אלקטרונים ובין מספר הפוטונים שפגעו בפולט.
כשהספק האור הפוגע בפולט היה: $6 \cdot 10^{-3}\,W$, מדדו התלמידים זרם רוויה של: $2.16 \cdot 10^{-7}\,A$.

ג. חשב את מספר האלקטרונים שנפלטים מהפולט בכל שנייה.

ד. חשב את יעילות התא הפוטואלקטרי.

ה. בתרשים ג' שתי עקומות א' ו-ב'. בעקומות מוצג הקשר בין זרם הרוויה, I, ובין הספק האור הפוגע בפולט, P, עבור שני תאים פוטואלקטריים שיעילותם שונה. איזה משתי העקומות מתאימה לתא שיעילותו גבוהה יותר? נמק.

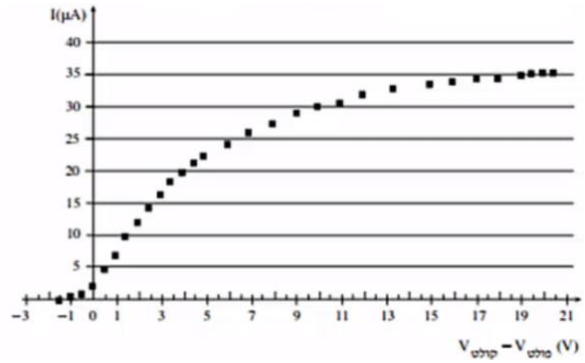
10) בגרות 2011

תלמידה מבצעת ניסוי לקבלת אופיין של תא פוטואלקטרי. לשם כך היא בונה מעגל חשמלי מתאים, ומקרינה על הפולט (קתודה) של התא אור לבן, הכולל את כל אורכי הגל בין: $400nm - 700nm$.

על סמך המדידות סרטטה התלמידה את האופיין, והוא מוצג בתרשים שלפניך:

עוצמת הזרם, I, כפונקציה של הפרש הפוטנציאלים (פולט V – קולט V).

(קרא משמאל לימין).



א. הסתמך על הגרף ותאר כיצד הגדלת הפרש הפוטנציאלים משפיעה על עוצמת הזרם הנמדד. התייחס לטווח: $0V - 21V$.

ב. חשב את מספר הפוטונים שגורמים לעקירת אלקטרונים מהפולט בכל שנייה.

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע את הערך של האנרגיה הקינטית המקסימלית של אלקטרונים הנעקרים מהפולט.

ii. מהו אורך הגל של הפוטון שגרם לעקירת אלקטרונים עם אנרגיה זאת?

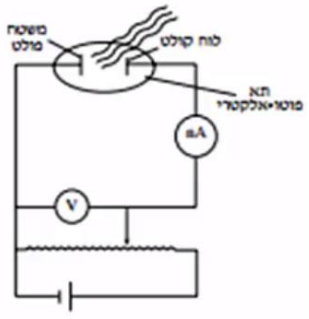
ד. חשב את פונקציית העבודה של המתכת שממנה עשוי הפולט הנתון.

ה. האם אלקטרונים נעקרים מהפולט גם כאשר הפרש הפוטנציאלים הוא אפס? הסבר.

11) בגרות 2010

תלמיד ביצע ניסוי כדי לחקור אפקט פוטואלקטרי. לרשותו עמדו, מקור אור לבן, מסננים בצבעים שונים (על כל מסנן כתוב אורך הגל המינימלי, λ_0, המועבר על ידי המסנן) ותא פוטואלקטרי.

התלמיד הרכיב מעגל חשמלי המתואר בתרשים. בכל פעם הוא הציב בדרכה של אלומת האור הלבן את אחד המסננים, ומדד את מתח העצירה (V).



הנתונים שהתקבלו מוצגים בטבלה שלפניך:

מתח העצירה (V)	אורך הגל המינימלי λ_0 (nm)
0.4	650
0.5	620
0.7	560
0.8	540
1.0	500
1.2	460
1.6	400

א. ענה:

i. בלי להסתמך על תוצאות הניסוי, פתח ביטוי המתאר את מתח העצירה (V) כפונקציה של אורך הגל המינימלי (λ_0).

ii. האם הקשר שהתקבל הוא ליניארי? נמק.

ב. ענה:

i. העתק את הטבלה למחברתך, והוסף לה עמודה שבה תרשום את הערכים המתאימים של $\frac{1}{\lambda_0}$.

ii. סרטט גרף של מתח העצירה, V, כפונקציה של $\frac{1}{\lambda_0}$.

ג. ענה:

i. מצא על פי הגרף את קבוע פלנק. פרט את חישוביך.

ii. מצא על פי הגרף את אורך הגל המקסימלי שעבורו תתקבל פליטת אלקטרונים מן המשטח הפולט. פרט את שיקוליך ואת חישוביך.

ד. הסבר מדוע קיים אורך גל מקסימלי שעבורו תתקבל פליטת האלקטרונים מן המשטח הפולט.

12) בגרות 2008

אלקטרוסקופ הוא מתקן לבדיקת מטען של גופים שונים. לאלקטרוסקופ שני חלקים עיקריים. חלק אחד הוא מוט מתכת הקבוע במקומו, כך שהקצה העליון של המוט – "ראש" האלקטרוסקופ – בולט מעל גוף האלקטרוסקופ. החלק האחר הוא מחוג עשוי ממתכת המחובר במרכזו למוט הקבוע, והוא צמוד אליו כאשר האלקטרוסקופ אינו טעון. כאשר מביאים גוף טעון במגע עם "ראש" האלקטרוסקופ – האלקטרוסקופ נטען, ומחוג האלקטרוסקופ סוטה ממצבו האנכי, ונוצרת זווית גדולה מאפס בין המחוג ובין המוט הקבוע. תלמיד ערך חמישה ניסויים, כמפורט להלן.

א. בניסוי הראשון הרכיב התלמיד על "ראש" האלקטרוסקופ לוח אבץ, וטען את האלקטרוסקופ במטען חשמלי שלילי (ראה תרשים), ומחוג האלקטרוסקופ סטה.



לאחר מכן כיוון התלמיד פנס שפלט קרינה על-סגולה על לוח האבץ. בדיוק ברגע שהקרינה פגעה בלוח האבץ, החלה פריקת האלקטרוסקופ, והסטייה של מחוג האלקטרוסקופ הלכה וקטנה.
הסבר את התופעה.

ב. בניסוי השני הגדיל התלמיד את המרחק בין הפנס לבין לוח האבץ, וערך שוב את הניסוי הראשון.
האם גם הפעם, כמו בניסוי הראשון, החלה פריקת האלקטרוסקופ בדיוק ברגע שבו פגעה הקרינה בלוח האבץ? נמק.

ג. בניסוי השלישי טען התלמיד את האלקטרוסקופ במטען חשמלי חיובי, ורק לאחר מכן הקרין באותו פנס שהשתמש בו קודם (בניסוי הראשון והשני). לאחר ההקרנה הסטייה של מחוג האלקטרוסקופ לא השתנתה (האלקטרוסקופ לא נפרק). הסבר מדוע.

ד. בניסוי הרביעי טען התלמיד את האלקטרוסקופ במטען חשמלי שלילי, וכיוון אל לוח האבץ פנס הפולט אור נראה. הסטייה של מחוג האלקטרוסקופ לא השתנתה. ציין סיבה אפשרית לכך.

ה. בניסוי החמישי הסיר התלמיד את לוח האבץ והרכיב במקומו לוח ברזל, טען את האלקטרוסקופ במטען שלילי, וכיוון אל לוח הברזל את הפנס שהשתמש בו בניסוי הראשון הפולט קרינה על-סגולה. הסטייה של מחוג האלקטרוסקופ לא השתנתה. ציין סיבה אפשרית לכך.

ו. ציין יישום אחד בחיי היומיום של תופעת האפקט הפוטואלקטרי.

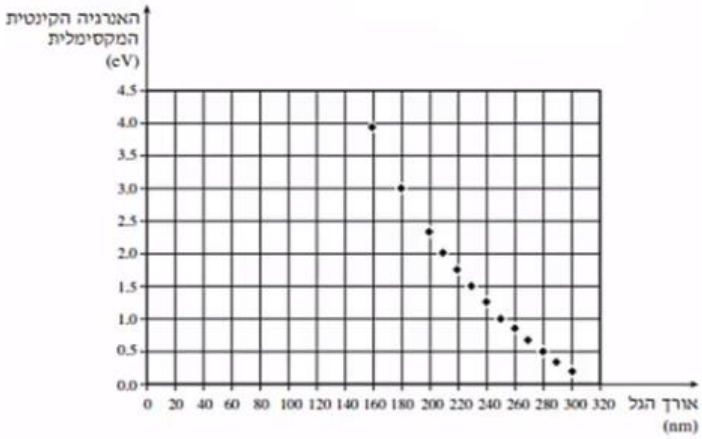
13) בגרות 2007

עורכים ניסוי בתא פוטואלקטרי ומאירים את הפולט (הקתודה) באלומות מונוכרומטיות של קרינה על-סגולה, בזו אחר זו. האלומות שונות זו מזו באורכי הגל שלהן.

לכל אלומה מודדים את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים שנעקרים.

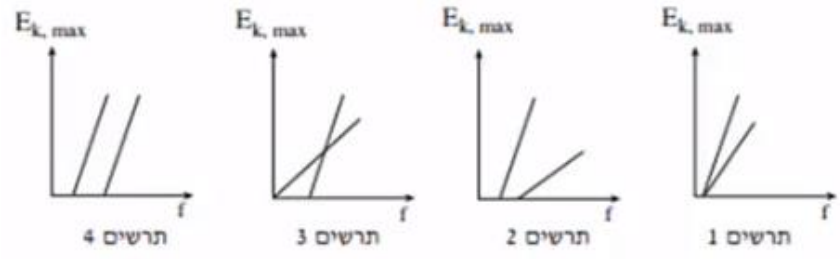
א. מסרטטים גרף של האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנעקרים, כפונקציה של אורך הגל של האלומות הפוגעות.
קבע על סמך התאוריה, אם גרף זה צפוי להיות לינארי. נמק את קביעתך.

ב. הגרף שלפניך מציג את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנעקרים, כפונקציה של אורך הגל של האלומה הפוגעת, כפי שהתקבלה בניסוי.
בחר בשתי נקודות מהגרף, וחשב בעזרתן את פונקציית העבודה של המתכת המוארת ואת קבוע פלאנק.



ג. הגדר את המושג "מתח עצירה", וחשב את גודלו של מתח העצירה הדרוש כאשר מאירים את הפולט של התא בקרינה בעלת תדירות: $1.25\cdot10^{15}\,Hz$.
השתמש בערך של קבוע פלאנק שקיבלת בסעיף ב'.

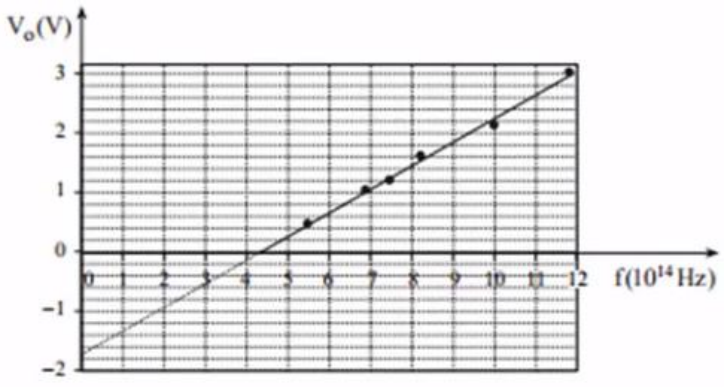
ד. בחלק האחרון של הניסוי משתמשים בשני תאים פוטואלקטריים שונים, ומסרטטים במערכת צירים אחת עבור שני התאים את הגרפים של האנרגיה הקינטית המקסימלית, $E_{k_{max}}$, של האלקטרונים הנעקרים, כפונקציה של תדירות הקרינה f.
איזה מהתרשימים 1-4 שלפניך מציג נכון את תוצאות הניסוי? הסבר.



14) בגרות 2006

בניסוי לחקר האפקט הפוטואלקטרי, הטילו אלומות קרינה מונוכרומטיות, בזו אחר זו, על הפולט (קתודה) של תא פוטואלקטרי העשוי מנתרן, ומדדו את המתח העוצר, V_0. האלומות נבדלות זו מזו בתדירותן, f.

לפניך גרף של המתח העוצר, V_0 (הנמדד בוולטים), כפונקציה של התדירות, f, ביחידות: $10^{14}\,Hz$.



א. מצא את פונקציית העבודה של נתרן.

ב. בטבלה שלפניך מוצגים שלושה מקרים:

	המתח בין הפולט לקולט $V_{קולט} - V_{פולט}$	תדירות הקרינה הפוגעת (Hz)
מקרה (1)	-0.5	$3\cdot10^{14}$
מקרה (2)	0.7	$8\cdot10^{14}$
מקרה (3)	2.8	$8\cdot10^{14}$

ענה על הסעיפים i-iii, בנוגע לכל אחד מהמקרים (3)-(1).

i. קבע אם אלקטרונים נפלטים או אינם נפלטים מן הפולט. הסבר.

ii. אם אלקטרונים נפלטים מן הפולט, קבע אם הם יכולים לפגוע בקולט או אינם יכולים לפגוע בו. הסבר.

iii. אם אלקטרונים נפלטים מן הפולט אך אינם פוגעים בפולט, קבע אם צריך להגיל את המתח $V_{קולט} - V_{פולט}$ או להקטין אותו, כדי שהאלקטרונים הנפלטים יגיעו אל הקולט. הסבר.

ג. ציין תופעה הקשורה לאפקט הפוטואלקטרי שאי אפשר להסביר אותה באמצעות מודל הגלים האלקטרומגנטיים של האור. נמק.

תשובות סופיות:

1) א. $f = 6.64 \cdot 10^{14}\,Hz$. ב. $E_{k_{max}} = 8 \cdot 10^{-20}\,J$. ג. $0.5volt$. ד. ראה סרטון.

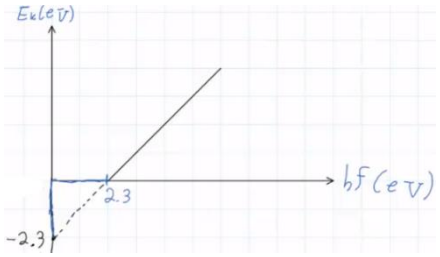
ה.i. גרף א : שווה , גרף ב : גדול. ii. גרף א : גדול , גרף ב : קטן. ו. iv.

2) א. ראה סרטון. ב. $B = 3.6 \cdot 10^{-19}\,J$. ג. $\lambda_{max} = 552.5nm$. ד. $f_1 = 7.48 \cdot 10^{14}\,Hz$.

ה. $E_k = 1.36 \cdot 10^{-19}\,J$. ו.i. שווה. ii. יגדל.

3) א. λ_1 : כן , λ_2 : כן , λ_3 : לא. ב. ראה סרטון. ג. $B = 2.3eV$.

ד. $f = 6.76 \cdot 10^{14}\,Hz$. ה.i. I .ii



4) א. $\lambda \le 622nm$. ב. $N_{ph} = 1.25 \cdot 10^{11}$. ג. $V_{max} = 5.78 \cdot 10^5 \frac{m}{sec}$.

ד. $V_A > V_B$. ה. $|V_{BA}| = 0.95$.

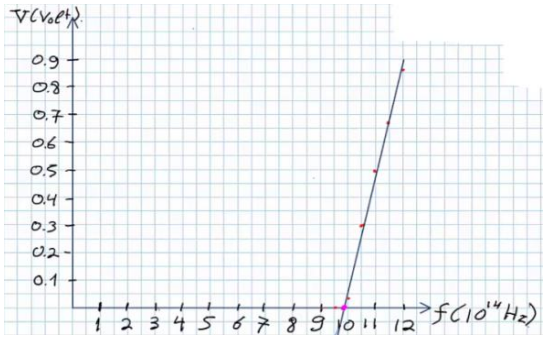
5) א. $1.29 \cdot 10^{20}$. ב. $Ne = 2.25 \cdot 10^{19}$. ג. $E_k = 1eV$. ד. $\lambda_{max} = 654nm$.

ה.i. קטן. ii. זהה.

6) א. ראה סרטון. ב. $B = 3eV$. ג. $V = 8.39 \cdot 10^5 \frac{m}{sec}$. ד. $1eV \ge E_k \ge 0$.

ה. ראה סרטון.

7) א.



ב. ראה סרטון. ג. $B = 4.2eV$.

ד.i. $E_{k_\infty} > 0$. ii. גדל. ה. iii.

8) א. $n_e = \frac{I}{e}$. ב. ראה סרטון. ג. $P = n_e \cdot h \cdot f$. ד. הוכחה.

ה. ראה סרטון.

9) א. תרשים א'. ב. גדל. ג. $1.35 \cdot 10^{12}$. ד. $\eta \approx 0.01\%$.

ה. עקומה א'.

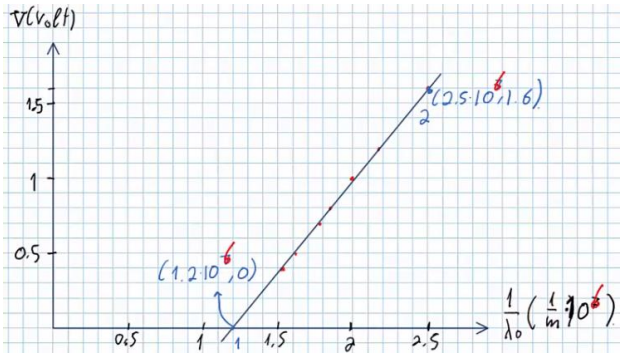
10) א. ראה סרטון. ב. $1.875 \cdot 10^{13}$. ג.i. $E_k = 1.5eV$. ii. $\lambda_{min} = 400nm$.

ד. $B = 1.6eV$. ה. כן.

11) א.i. $V=\frac{hc}{e}\cdot\frac{1}{\lambda_0}-\frac{B}{e}$. ii. לא. ב.i.

$\frac{1}{\lambda_0}\left(\frac{1}{m}\right)$
$1.54\cdot10^6$
$1.61\cdot10^6$
$1.79\cdot10^6$
$1.85\cdot10^6$
$2\cdot10^6$
$2.17\cdot10^6$
$2.5\cdot10^6$

ii.



ג.i. $h=6.56\cdot10^{-34}\,J\cdot sec$. ii. $\lambda_{max}=833nm$. ד. ראה סרטון.

12) א. ראה סרטון. ב. כן. ג. ראה סרטון. ד. ראה סרטון.
ה. ראה סרטון. ו. מנגנון בקרת סגירת דלת במעלית.

13) א. לא. ב. $h=6.72\cdot10^{-34}\,J\cdot sec$, $B=6.4\cdot10^{-19}\,J$. ג. $V=1.25V$.
ד. תרשים 4.

14) א. $B=1.7eV$. ב.i. (1) – לא , (2) – כן , (3) – כן.
ii. (1) - כן , (2) – כן , (3) – לא.
iii. (3) – להקטין לפחות מ- $1.615V$.
ג. ראה סרטון.