

פיזיקה קרינה וחומר הוראות

א. משך הבחינה: שתיים ורבע.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה חמש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.

(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. הוראות מיוחדות:

(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברתכם.

יש לציין באופן ברור את מספר השאלה שבחרתם ואת הסעיף.

(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:

רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר מתאים של ספרות משמעותיות וכן יחידות המידה.

(3) את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. יש להשתמש בסרגל לסרטוט קווים ישרים.

(4) כאשר נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם;

במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g .

(5) בחישובים יש להשתמש בערך 10 m/s^2 לגודל של g – תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).

(6) יש לכתוב את התשובות בעט. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

(7) במקרה של טעות, אפשר להסתפק בהעברת קו חוצה כפול על המילים או המשפטים השגויים.

יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

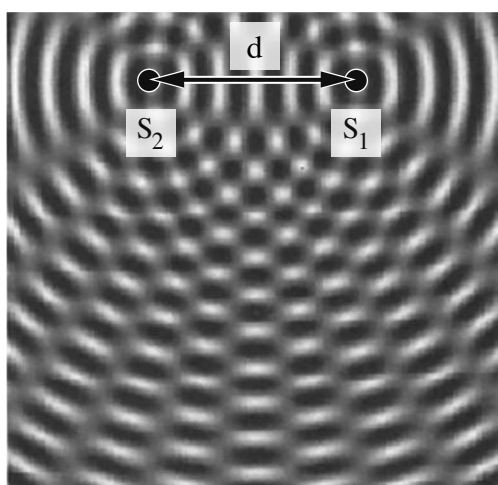
בהצלחה!

השאלות

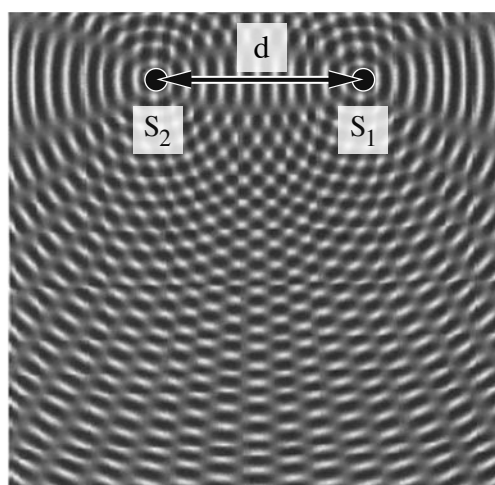
ענו על שלוש מן השאלות 1-5.

(לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שני כדורים קטנים מאוד מתנוודים באמבט גלים באותה תדירות. הכדורים הם שני מקורות נקודתיים, S_1 ו- S_2 , לגלי מים המתפשטים ומתאבכים. נתון כי שני המקורות הם שווי מופע ושווי משרעת. בתרשימים א, ב שלפניכם מוצגות תבניות ההתאבכות של הגלים בשתי תדירויות: תדירות התנודות בתרשים א היא f_1 ותדירות התנודות בתרשים ב היא f_2 . בשני התרשימים המרחק d בין שני מקורות הגלים הוא זהה.



תרשים ב



תרשים א

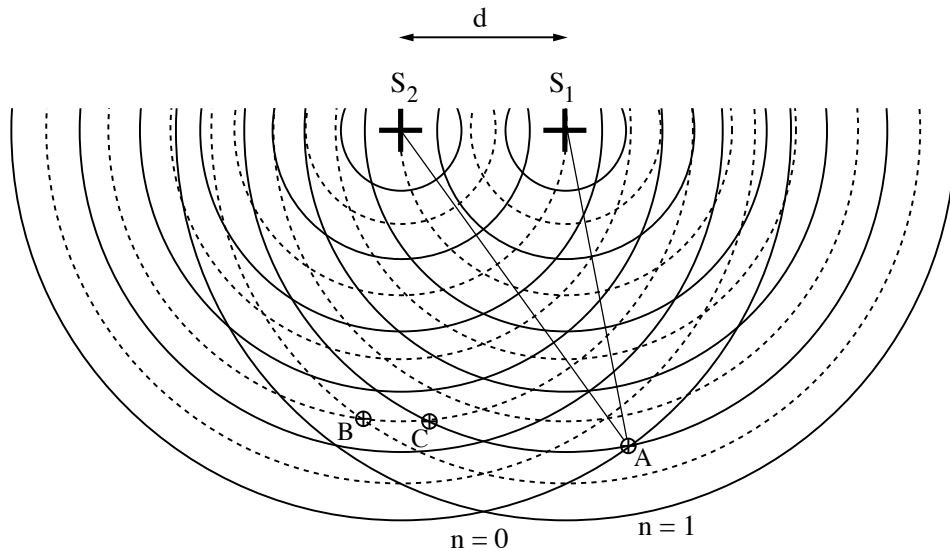
- א. קבעו על פי תבניות ההתאבכות של תרשים א ותרשים ב אם התדירות f_1 גדולה מן התדירות f_2 , קטנה ממנה או שווה לה. נמקו את קביעתכם. (7 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

תבנית ההתאבכות שנוצרת באמבט הגלים מתוארת באופן סכמטי בתרשים ג. השיאים של כל אחד משני הגלים המתפשטים באמבט הגלים מסומנים בקווים מלאים, והשפלים מסומנים בקווים מקווקים.

שימו לב: תרשים ג אינו בקנה מידה.

ענו על הסעיפים ב-ה לפי תרשים ג.



תרשים ג

נקודה A המסומנת בתרשים ג נמצאת על קו המקסימום מסדר ראשון ($n = 1$).

נתון: $S_1 A = 29 \text{ cm}$, $S_2 A = 30 \text{ cm}$.

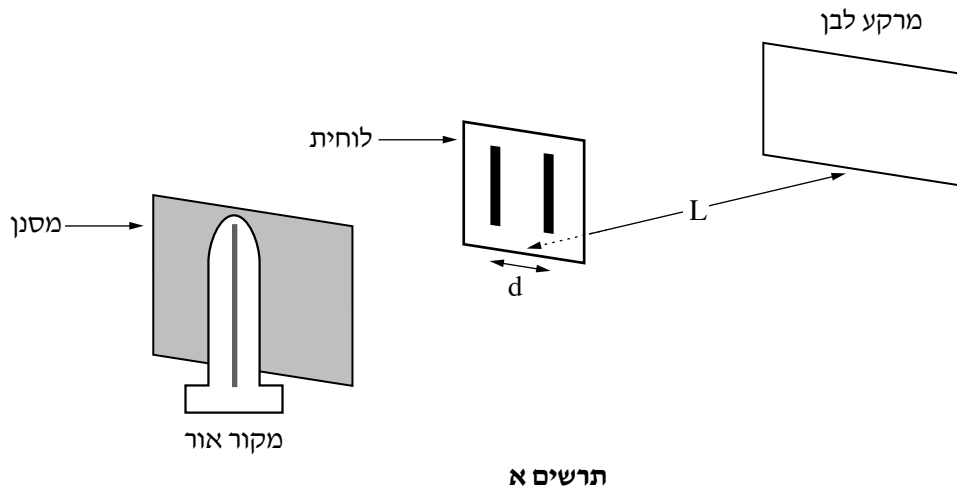
ב. חשבו את אורך הגל λ של הגלים שבתרשים ג. פרטו את חישוביכם. (7 נקודות)

ג. בנוגע לכל אחת מן הנקודות B ו- C שבתרשים, קבעו אם נוצרת בה התאבכות בונה, התאבכות הורסת או אם היא נקודת ביניים. נמקו את קביעותיכם. (8 נקודות)

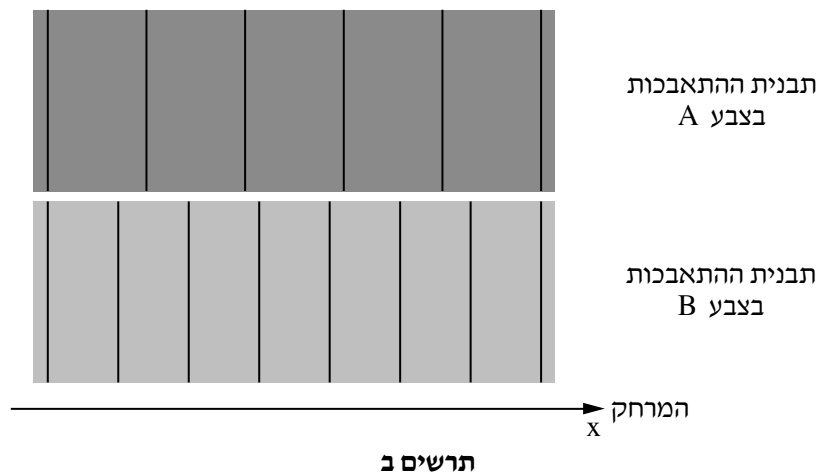
ד. נתון: מהירות ההתפשטות של הגלים היא $v = 3 \text{ cm/s}$.
חשבו את תדירות התנודות f של הכדורים. (7 נקודות)

ה. הציעו דרך להקטין את רוחב הפס (המרחק בין קו המקסימום מסדר אפס לבין קו המקסימום מסדר ראשון) באמבט הגלים הזה, בלי לשנות את התדירות. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

2. עורכים ניסוי עם מקור אור לבן ושני מסננים (פילטרים): מסנן אור כחול ומסנן אור אדום. האור הבוקע ממקור האור מועבר פעם דרך מסנן האור הכחול ופעם דרך מסנן האור האדום. האור הצבעוני (פעם כחול ופעם אדום) עובר דרך שני חריצים צרים בלוחית, הנמצאים במרחק d זה מזה, ופוגע במרקע (מסך) לבן הנמצא במרחק $L = 1.5 \text{ m}$ ממישור הלוחית ומקביל לו (ראו תרשים א). נתון: $L \gg d$.



על המרקע מתקבלת תבנית ההתאבכות פעם של האור האדום ופעם של האור הכחול. תרשים ב מתאר את שתי תבניות ההתאבכות על אותה מערכת צירים.



- א. ידוע שאורך הגל של אור אדום גדול מאורך הגל של אור כחול. קבעו אם תבנית ההתאבכות בצבע A היא של אור אדום או של אור כחול. נמקו את קביעתכם. (7 נקודות)
- ב. נתון כי אורך הגל של האור האדום גדול ב- 200 nm מאורך הגל של האור הכחול. היעזרו בתרשים ב וחשבו את אורך הגל של כל אחד משני הצבעים. (7 נקודות)
- ג. נתון כי הרוחב של כל פס אור המתקבל בתבנית ההתאבכות של האור הכחול הוא 0.8 cm . חשבו את המרחק d בין החריצים שבלוחית. (8 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

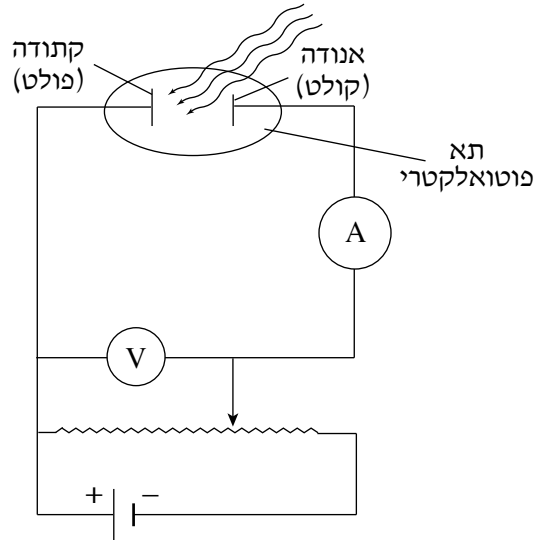
ד. לפניכם ארבעה היגדים 1–4. קבעו מהו ההיגד הנכון, והעתיקו אותו למחברתכם.

1. כאשר המרחק d בין החריצים גדל, רוחב פס האור הכחול גדל, ורוחב פס האור האדום קטן.
 2. כאשר המרחק d בין החריצים קטן, רוחב פס האור האדום גדל ורוחב פס האור הכחול אינו משתנה.
 3. כאשר המרחק d בין החריצים גדל פי 2, רוחב פס האור האדום ורוחב פס האור הכחול קטנים פי 2.
 4. כאשר המרחק d בין החריצים גדל פי 2, רוחב פס האור האדום ורוחב פס האור הכחול גדלים פי 2.
- (7 נקודות)

ה. כדי שתתקבל תבנית התאבכות של אור נדרשים לפחות שני מקורות אור קוהרנטיים.

מה הם התנאים הנדרשים כדי ששני מקורות אור יהיו קוהרנטיים? ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

3. תלמידת מגמת פיזיקה בבית ספר תיכון ביצעה סדרת ניסויים כדי לקבוע מאפיינים של תא פוטואלקטרי. לשם כך היא הרכיבה את המעגל החשמלי המתואר בתרשים שלפניכם, ובו המרכיבים האלה:
- מקור אור לבן, מסנני אור בצבעים שונים (על כל מסנן רשום אורך הגל, λ , המועבר על ידי המסנן), מד מתח V , מד זרם רגיש A (בתחום הננואמפר), מקור מתח, נגד משתנה ושפופרת פוטואלקטרית שפונקציית העבודה שלה היא B .



בכל מדידה הצמידה התלמידה את אחד המסננים למקור האור הלבן, שינתה את מיקום הגרר של הנגד המשתנה עד לנקודה שבה התאפס הזרם במד זרם A , ומדדה את המתח.

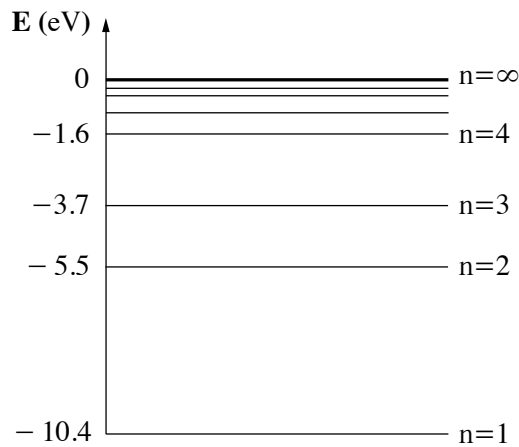
- א. בלי להסתמך על המדידות, פתחו ביטוי של מתח העצירה V , כפונקצייה של אורך הגל, λ . (8 נקודות)
- תוצאות המדידות של התלמידה מוצגות בטבלה שלפניכם (שימו לב ליחידות בראש העמודות).

$1/\lambda$ (1/m)	מתח העצירה (V)	אורך הגל λ (nm)
$1.92 \cdot 10^6$	0.2	520
$2.00 \cdot 10^6$	0.3	500
$2.08 \cdot 10^6$	0.4	480
$2.27 \cdot 10^6$	0.6	440
$2.50 \cdot 10^6$	0.9	400

כדי לסרטט גרף ליניארי של תוצאות הניסוי, התלמידה הגדירה משתנה חדש, $1/\lambda$, ורשמה את הערכים של המשתנה החדש בעמודה הנוספת בטבלה.

- ב. סרטטו דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של מתח העצירה V כפונקצייה של המשתנה $1/\lambda$, והוסיפו את הישר המתאים לו ביותר (קו המגמה). (8 נקודות)
- ג. חשבו את קבוע פלאנק על פי שיפוע הגרף שסרטטתם. (6 נקודות)
- ד. (1) מהי המשמעות הפיזיקלית של נקודת החיתוך בין קו המגמה לבין ציר המתח V ?
- (2) חשבו או מצאו על פי הגרף את ערכה של נקודה זו. (7 נקודות)
- ה. חשבו את התדירות המינימלית f_0 שעבורה ייפלטו אלקטרונים מן הקתודה במערכת זו. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

4. בניסוי מקרינים בקרינה אלקטרומגנטית שפופרת המכילה אטומי כספית דמויי מימן בלחץ נמוך. בשאלה כולה יש להניח כי במצב ההתחלתי, לפני שהחלה ההקרנה, כל אטומי הכספית נמצאים ברמת היסוד ($n = 1$). בתרשים שלפניכם נתונות רמות אנרגייה אחדות של אטום כספית.



- א. קבעו אם פוטונים שהאנרגייה שלהם $E_{ph} = 5.5 \text{ eV}$ יעוררו את אטומי הכספית מרמת היסוד ($n = 1$) לרמה המעוררת הראשונה ($n = 2$). נמקו את קביעתכם. (7 נקודות)
- ב. קבעו מהי האנרגייה המינימלית של פוטון הדרושה כדי ליינן את אטום הכספית מרמת היסוד ($n = 1$). (7 נקודות)
- הקרינה עוררה חלק מאטומי הכספית לרמה מעוררת $n = 4$. במהלך חזרת האלקטרונים לרמת היסוד נפלטת קרינה אלקטרומגנטית (נפלטו פוטונים).
- ג. העתיקו למחברתכם את תרשים רמות האנרגייה וסמנו בו חיצים המייצגים את כל המעברים האפשריים (ספקטרום הפליטה) מרמה $n = 4$ לרמה $n = 1$. (8 נקודות)
- ד. בספקטרום הפליטה המתקבל מן המעברים שסימנתם בסעיף ג, קו אחד לפחות נמצא בתחום האור הנראה (400 nm – 700 nm). חשבו את אנרגיית הפוטון או הפוטונים בתחום האור הנראה. (7 נקודות)
- ה. ציינו מה הן האנרגיות של הפוטונים בספקטרום ה**בליעה** של אטומי הכספית עד לרמה $n = 4$. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

5.

גנרטור רדיואיזוטופי תרמואלקטרי (RTG) משמש למשימות מחקר בחלל שמשך הזמן שלהן ארוך במיוחד. אחד החומרים המתאימים ביותר כמקור אנרגייה בגנרטור כזה הוא פלוטוניום שסימונו $^{238}_{94}\text{Pu}$, וזמן מחצית החיים שלו הוא 88 שנה.

אטום פלוטוניום $^{238}_{94}\text{Pu}$ יכול להתקבל מהתפרקות של איזוטופ של נפטוניום $^{238}_{93}\text{Np}$.

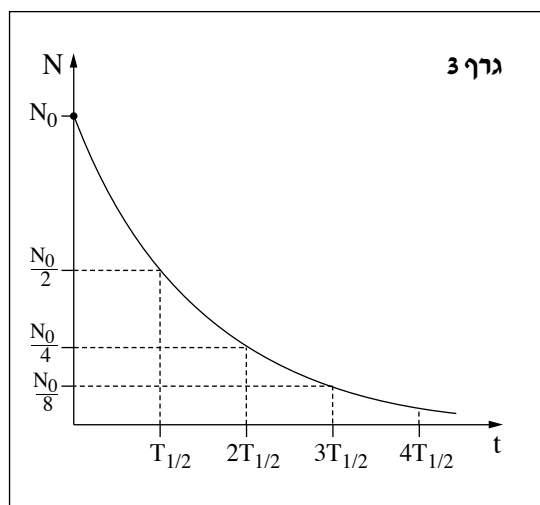
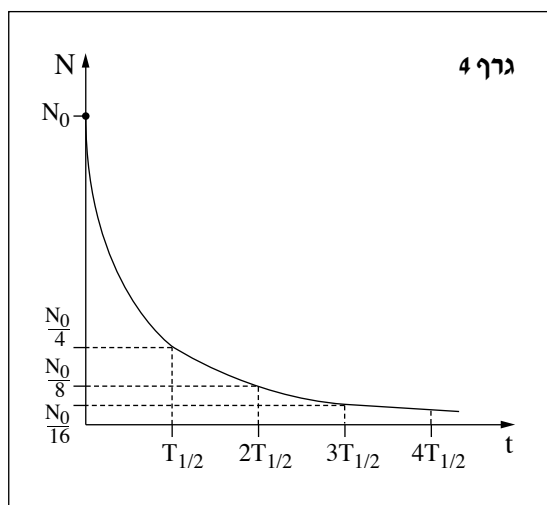
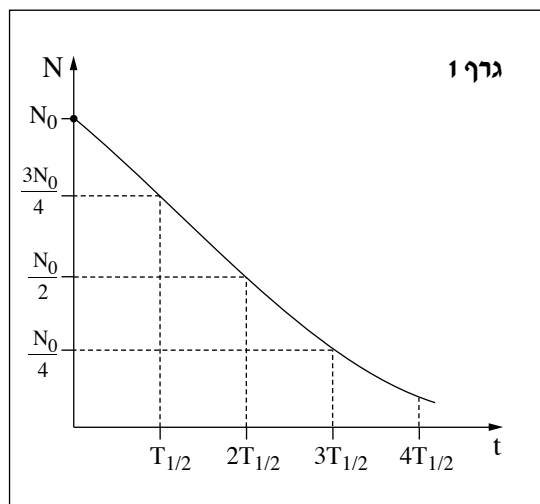
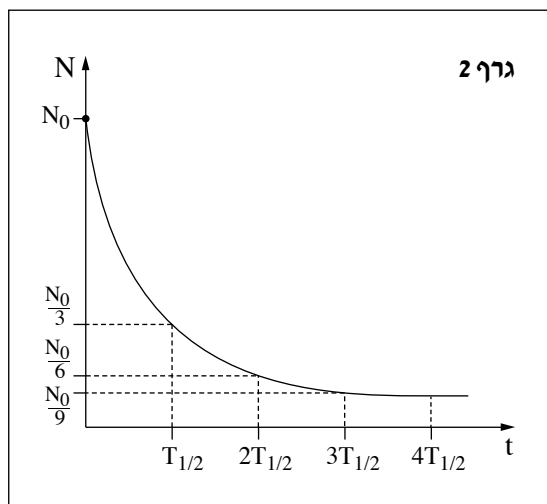
א. כתבו את המשוואה המתארת את ההתפרקות של איזוטופ נפטוניום $^{238}_{93}\text{Np}$ שהתוצר שלה הוא אטום פלוטוניום $^{238}_{94}\text{Pu}$. (7 נקודות)

במשימת החלל "New Horizons" העמיסו על החללית ששיגרו לעבר גרם השמיים פלוטו גנרטור RTG שהכיל בתחילת המשימה $2 \cdot 10^{25}$ אטומי פלוטוניום. החללית הגיעה לפלוטו כעבור 10 שנים מיום שיגורה.

ב. חשבו את הפעילות, R, של הפלוטוניום ב־ RTG בתחילת המשימה. (7 נקודות)

ג. חשבו את מספר גרעיני אטום הפלוטוניום $^{238}_{94}\text{Pu}$ ב־ RTG שלא התפרקו כעבור 10 שנים. (8 נקודות)

ד. קבעו איזה מן הגרפים 1–4 שלפניכם הוא הגרף המתאר נכון את תהליך ההתפרקות הגרעינית. (7 נקודות)



ה. בנוגע לכל אחד מן החלקיקים α , β , ו- γ , ציינו את החדירות היחסית שלו באוויר: קצרה, בינונית או ארוכה. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!