

שאלות רב בחירתיות בכחירות הבגרות בפיסיקה

מאת: דוד סלע - המפמ"ר על הוראת הפיסיקה
משרד החינוך והתרבות

מבוא

מזה שלוש שנים מופיעות במרכיב שאלוני בחינות הבגרות בפיסיקה שאלות סגורות (הנקראות גם רב בחירתיות או רב בחירותיות). משקלן של שאלות אלו מהווה 20% בבחינות של תלמידים הלומדים ברמה של 2 ו-3 יחידות לימוד ו 100% בשאלון ההשלמה בכחונה ברמה של 4 ו-5 י"ל; שאלון המהווה יחידת לימוד אחת מתוך סך כל יחידות הלימוד של תלמידים אלו. רק התלמידים הנבחרים במעבדה פטורים משאלון זה ולפיכך הם היחידים שאינם חייבים להשיב על שאלות סגורות במהלך בחינת הבגרות בפיסיקה. לא הייתי פותח בסקירה ובדיון בנושא זה אילו לא הממצא העיקרי שהתגלה תוך ניתוח תוצאות המבחנים והוא: רמת החישגים הנמוכה בשאלון מסוג זה, דבר הבולט במיוחד בשאלון ההשלמה.

טבלה 1 מופיעים הציונים הממוצעים, ובהזכיר נוספים על מידת ההצלחה בשאלונים השונים (המודולריים) ב 4 ו-5 י"ל בשני מועדי הבחינה האחרונים. ציונים אלו הינם עבור שאלון הבחינה בלבד, ועדיין ללא השפעת ציוני המגן. מסיבה זו הם מראים בצורה ברורה יותר את ההבדלים בהצלחה בין חלקיה השונים של הבחינה.

מועד קיץ תשמ"ג

מספר השאלון ותוכנו	מועד קיץ תשמ"ג ציון ממוצע	ציון ממוצע	אחוז הנכשלים (1)	אחוז המעולים (2)
917521 (חשמל)	65	71	16	37
917531 (מכניקה)	71	67	19	28
917541 (השלמה)	62	52	38	6
917551 (פרקי בחירה)	78	64	22	20
917553 (מעבדה)	88	88	0.2	63

- (1) - כנכשל הוגדר תלמיד שהשיג פחות מ 45% בשאלון.
(2) - כמעולה הוגדר תלמיד שהשיג למעלה מ 85% בשאלון.

הממצא הכולט בטבלה זו הוא ההישגים הנמוכים בשאלון ההשלמה, הוא השאלון הרב בחירתו. בשנת תשמ"ב הגיעו הנבחנים להישג ממוצע של 62% ואילו בתשמ"ג ירדו עד ל-52%, שזה רק מעט יותר ממחצית השאלות. כאשר נביא בחשבון כלי בנחיש גרידא ניתן להשיג ממוצע של 25% בסוג זה של שאלות (בקיץ האחרון היו בכל השאלות 4 מסיחים בלבד) הרי פירושה של התוצאה שהתקבלה הינו עוד יותר חמור.

מבנה שאלון ההשלמה

מהן הסיבות לחוסר ההצלחה של תלמידי 4 ו 5 י"ל בשאלון זה? כדי לנסות ולהשיב לשאלה זו נעמוד קודם על מבנהו של השאלון. השאלון מכיל 12 שאלות ועל התלמיד להשיב על 10 מהן. תחומי הפסיקה אותן בודקות שאלות אלו הן בדרך כלל אור וגלים ופיסיקה מודרנית, נושאים שעליהם אין התלמיד נבחן בהכרח בשאלונים אחרים. אחוז קטן של השאלות עשוי להכיל גם נושאים ממכניקה ומחשמל וכן שאלות הבודקות ידע כללי בפסיקה כגון קריאת גרפים, יישום עקרונות בסיסיים וכדומה.

מאחר ומשך הבחינה הינו שעה אחת, כנויות השאלות כך שאינן דורשות מן התלמיד מעבר ל-5 דקות של עיסוק בכל שאלה. מסיבה זו ומסיבות אחרות שאלות אלו בדרך כלל איכותיות. גם אם נזקק התלמיד לחישוב מסויים, ניתן לעשות חישוב זה בעל-פה ותפקידו בעיקר לבדוק אם התלמיד אכן השתמש בנוסחה המתאימה או ביצע את הפעולה הנכונה. על מנת שהתשובות לא תהיינה מיידיות וכדי שהשאלות תעמודנה על רמה מתאימה נבחרו כמובן המסיחים כך שכל אחד מהם יהיה עשוי למשוך תלמידים במידה זו או אחרת. זהו גם אחד הקריטריונים שלפיו נבחרו טיבן של שאלות מסוג זה.

תוצאות: מסקנות כלליות

טבלה 2 נותנת את התפלגות התשובות למסיחים השונים בשאלון ההשלמה לקיץ תשמ"ג. הנחונים נאספו מתוך דפי התשובות של כ-400 נבחנים, מתוך כ-750 שהשיבו לשאלון (כולל האקסטרניים). מאחר ובחירת דפי התשובות נעשתה באופן אקראי, אפשר להניח כי מדגם זה של למעלה מ-50% מכלל האוכלוסיה שענתה לשאלון אכן מהווה מדגם מייצג, ולכן גם המסקנות תהיינה בעלות חוקף כללי.

של תלמידים נמנע מלגעת בהן ואילו בין אלו שהתמודדו איתן אחוז ההצלחה היה גבוה (למשל שאלות 7, 8).

2. מספר השאלות בכל אחד מתחומי הפסיקה נתון בטבלה 3.

מספר השאלות בתחום זה	תחום הפיסיקה
2	מכניקה
1 (2)	חשמל
2	אופטיקה גיאומטרית
4	אופטיקה פיסיקלית וגלים
3 (4)	פיסיקה מודרנית

טבלה 3

- חלוקה זו הינה בהתאם לעיקרון המנחה כי מרביתן של השאלות מתייחס לפיסיקה מודרנית ואור וגלים, הכלולים בתוכנית החובה, אך אין להן כיסוי בחלקי הבחינה האחרים.
3. השאלות שנבחרו על ידי מספר התלמידים הקטן ביותר: 9, 12, 7 הן כולן בנושאי האופטיקה הפיסיקלית (התאבכות ועקיפה). תופעה זו מצביעה על חוסר בטחון ו/או חוסר שליטה בתחום זה. אם נביא בחשבון את העובדה כי בשאלון זה חופש הבחירה הינו מצומצם ביותר (2 מתוך 12), ובכל זאת למעלה משליש מהתלמידים לא השיבו על כל אחת משלוש שאלות אלו, הדבר מחמיר עוד יותר את התופעה. חשוב כי תוסקנה המסקנות המחיימות לגבי הכנת התלמידים בעתיד בתחום זה.
4. כבר הצבענו על כך שתחום האופטיקה הפיסיקלית לקוי, אולם מפתיע הדבר שגם אחוז ההצלחה בשאלות האופטיקה הגיאומטרית (1, 11) היה נמוך. בדרך כלל מקובל כי תחום זה, הנלמד כרובו כבר בכיתה י', אינו קשה, ואכן רוב רובם של התלמידים בחר בשאלות אלו. על הסיבות האפשריות לכישלון נעמוד בהמשך כניתוח השאלות.
5. לעומת האופטיקה הפתיעה לטובה הפיסיקה המודרנית. 3 השאלות בתחום זה (3, 4, 8) בתוספת שאלה 7, שאף לה נגיעה בנושא מאחר והיא עוסקת בעקיפת האלקטרונים, הביאו להישגים גבוהים בהרבה מהממוצע. אמנם אחוז לא מבוטל של תלמידים נמנע מלהשיב לשאלות אלו אולם יש להניח כי לאור ההישגים אחוז התלמידים שיתמודדו עם שאלות בתחום זה ילך ויגדל.
6. דווקא השאלות במכניקה ובחשמל היוו מכשלה למרבית התלמידים. בנושאים אלו יש לתלמידים בטחון רב, עקב הטיפול היסודי במהלך שנות לימודיהם; אולם בטחון זה היה להם כאן לרועץ, מאחר והם לא הפעילו די הצורך את מערכת השיקולים המחשכתיים שהיתה אמורה להנחותם לחשובה הנכונה.

תוצאות: ניתוח פריטי המבחן

בנספח למאמר זה מופיעות השאלות בנוסח וכמכנה כפי שהופיעו בשאלוני המבחן (פרט לעובדה שהלמיד סימן את תשובותיו בדף תשובות נפרד ואילו בנספח מסומנות התשובות הנכונות בגוף השאלה).
להלן מובא ניתוח שאלות המבחן תוך הדגשת הנושאים הדורשים טיפול לשם שיפור המצב בעתיד. ניתוח זה מטרתו העיקרית מתן הדרכה למורה לשם הכנת תלמידיו בצורה טובה יותר לסוג כזה של שאלות, תוך טיפול בשגיאות הרווחות. כמו כן יכולה להתבצע חזרה כיתתית בשאלון מבחן זה עצמו תוך הפקת הלקחים מסעויותיהם של תלמידי מחזור קודם.

שאלה 1: כאשר אלומת אור מקבילה פוגעת בעדשה מרכזת יודע מן הסתם כל תלמיד כי היא מתכנסת אל המוקד. מכאן ועד מציאת האיזור מעבר למוקד אליו קרני האור כמעט ואינן מגיעות נדרשת מהתלמיד אך זרק חשומת לב לגיאומטריה של התרשים. העובדה כי כשליש מהתלמידים נמשכו למסיח ג' מצביעה על נקודה חיובית בכך שהם בכל אופן הבינו כי באיזור הנקודה B כמעט ואין פוגע אור, אולם הם התעלמו מהכונתה המרכזת של העדשה הבאה לידי ביטוי בצפיפות הגדולה יותר של קרני האור באיזור A לעומת איזור C אליו מגיע האור שלא דרך העדשה. (ניתן היה לישים בבעיה זו גם את עקרון שימור האנרגיה אשר בהעדר עדשה היה מביא לצפיפות אחידה של קרני אור על פני המסך ואילו בהתווסף העדשה מתחלקת אותה כמות אנרגיה בצורה בלתי אחידה על פני שטח המסך (ריכוז באיזור מסויים תוך היחלשות באיזור אחר). גם אותם 22% מהתלמידים אשר בחרו במסיח א' היו ערים רק לפן אחד של הבעיה: ריכוז האור באיזור A. אולם הם התעלמו מתוצאת ריכוז זה שהביאה להחלשתו באיזור B, בעור שאיזור C לא הושפע כלל מהימצאות העדשה בסביבה.

שאלה 2: שאלה זו היוותה אחת מאבני הנגף המרכזיות בשאלון. לכאורה זי אם תלמיד היה קורא אותה בתשומת לב ומנחחה כדי להביאו לחשונה הנכונה. צירוף של ביטחון רב בנושאי המכניקה תוך קריאה שיטחית של הבעיה גרמו לכך ש 60% מהתלמידים שגו בבעיה זו. [אנלוגיה לחיבור נגדים (או קבלים) בטור ובמקביל אינה מוצדקת במקרה זה] הדרך ההגיונית לטיפול בבעיה היא מציאת קבוע הקפיץ, לפחות באופן איכותי, וניצול מידע זה בפתרון. אם בתליית הקפיצים במקביל הם נמתחים ב 1 ס"מ פירוש הדבר כי מסה של 100 גר' גורמת לקפיץ בודד להימתח ב 1 ס"מ, ולפיכך מסה בת 200 גרם תגרום לקפיץ בודד להימתח בשיעור של 2 ס"מ, וזו התשובה המבוקשת (ג). כיצד הגיעו 15% מכלל התלמידים לבחור במסיח א' ($\frac{1}{2}$ ס"מ)? אחת האפשרויות לכך

מס' השאלה	נושא השאלה	מס' התלמידים שהשיבו (מתוך כ-400 שבמדגם)	מתוכם בחרו כ -				אחוז החצלה	אחוז התלמידים שלא בחרו בשאלה
			א	ב	ג	ד		
1	אופטיקה - עדשות	377	82	171	119	5	45	
2	מכניקה - קפיצים	386	59	107	154	66	40	
3	פיסיקה מודרנית - האפקט הפוטו-אלקטרי	346	20	215	74	37	62	
4	פיסיקה מודרנית - רמות אנרגיה	306	182	23	22	79	59	
5	גלים - תנועת גל כחבל	360	37	38	107	178	49	
6	חשמל - אלקטרומגנטיות	363	143	20	85	115	39	
7	אופטיקה פיסיקלית ופיסיקה מודרנית: עקיפה באלקטרונים	225	31	180	17	27	71	
8	פיסיקה מודרנית - רדיואקטיביות	304	11	35	204	54	67	
9	אופטיקה - התאבכות	243	6	86	45	106	44	
10	מכניקה וחשמל - תנועת מטוטלת טעונה	343	26	141	131	45	41	
11	אופטיקה - עדשות	367	25	139	144	59	38	
12	גלים - התאבכות של גלי קול	227	24	32	63	108	48	

טבלה 2

- הערות לטבלה: 1. מספרי השאלות הם אלו שהופיעו בשאלון 917541. השאלות האלה הופיעו גם כן בשאלון 917081 (26) ושם מוספרו מ 23 עד 34 בהתאמה.
2. המספרים המודגשים מאייחסים לחספר התלמידים שענו נכון.

לפני שנעבור לבחן את השאלות השונות, נעמוד על מספר מסקנות כלליות מתוך הטבלה, אשר יכולה להיות להן השפעה על דרך הכנת התלמידים לבחינה זו בעתיד.

1. ניתן למיין את השאלות לשלושה סוגים: קשות, בינוניות וקלות, בשני אופנים: לפי מידת ההצלחה בהן ולפי אחוז התלמידים שבחרו (או שנמנעו מלבחור) בהן. שני הסיווגים אינם תואמים. כלומר ישנן שאלות אשר

כמעט כל התלמידים בחרו בהן, ואף על פי כן אחוזי הכשלוניות בהן היה גבוה (למשל שאלות: 2, 6, 11). לעומת זאת ישנן שאלות אשר מספר רב היא שהם החליפו בין התרשימים, כלומר הניחו שכתחילה היו שני הקפיצים מחוברים כטור ואז נמתחו בשיעור של 1 ס"מ כפי הנתון בבעיה. כאשר עברו לחיבור במקביל פחת עד למחצית הכוח המותח כל קפיץ ולכן כל קפיץ נמתח רק בשיעור של $\frac{1}{2}$ ס"מ. זו עדות להתבוננות שטחית בבעיה ולא לקריאתה המדוקדקת. קשה יותר להבין מדוע 28% מהתלמידים בחרו במסחה ב' (1 ס"מ). בבחירתם טמונה ההנחה שאין כל הבדל בין חיבור קפיצים כטור או במקביל. במילים אחרות: כיוון שקבוע הכוח של הקפיצים אינו משתנה וכן המשקולת התלויה בהם, הם יימתחו באותה מידה בין אם יחוברו כטור או במקביל. אם כך הוא הדבר יש לנו כאן עדות לדרך חשיבה בלתי נכונה הדורשת טיפול. 17% מהתלמידים בחרו במסחה ד' (4 ס"מ). ההסבר לכך נעוץ שוב בקריאה בלתי מדויקת של הבעיה. אמנם שני הקפיצים יחד נמתחו בשיעור של 4 ס"מ אולם השאלה היתה לגבי שיעור התארכותו של כל אחד מהקפיצים. (ההדגשה הופיעה אף בבעיה המקורית).

שאלה 3: שאלה זו זכתה להצלחה גבוהה יחסית. סכיר להניח כי מרבית התלמידים המודעים לעקרונות האפקט הפוטואלקטרי אכן בחרו במסחה ב' הנכון. רק אחוזים בודדים מכלל התלמידים (6%) בחרו במסחה א' אשר ההגיון הפיסיקלי שלו מפוקפק ביותר. (קיום יחס ישר בין מרחק מקור האור לבין מתח העצירה). בחירתם של 21% מהתלמידים במסחה ג', המייצג יחס הפוך בין המתח הדרוש לבלימת האלקטרונים לבין המרחק ממקור האור, יכולה להיות הגיונית רק למי שאינו שולט בתחום הנדון בבעיה. 11% שבחרו במסחה 3 מייצגים את אותם התלמידים המודעים לחוק הפיסיקלי בו יורדת עוצמת האור באופן פרופורציוני לריבוע המרחק ממקור האור, אולם גם הם לא שקלו את אי הרלבנטיות של חוק זה ביחס לאפקט הפוטואלקטרי בו מתח העצירה אינו תלוי בעוצמת האור.

שאלה 4: גם בשאלה זו אחוז המשיבים נכונה היה יחסית גבוה, כ-60%. [מסתבר כי זהו אחוז התלמידים שידעו לקרוא ולהתייחס נכונה בצורה מספרית לדיאגרמת רמות אנרגיה.] התלמידים שבחרו במסחים ב' או ג' (בסה"כ כ-15%) לא קראו נכונה את הבעיה, בה מדובר בהתנגשות כאלטום הנמצא ברמת היסוד או לא חישבו נכונה את הפרשי האנרגיה בין הרמות. תמוהה יותר היא בחירתם של 26% מהתלמידים (!) כמסחה ו' שהוא לכאורה בוגד את חוק שימור האנרגיה. אי אפשר להסביר את בחירתם אלא בהחלפת E_k ב H'_k דבר המצביע על התיחסות שטחית בלבד לכתוב.

שאלה 5: שאלה זו מתחום תורת הגלים מסתמכת על כך כי התרשימים אכן סרטטו באופן מדוייק. זהו אכן המצב בשאלון 917541. לעומת זאת בשאלון 917081 שורכב סרטוט שאינו מדוייק המאפשר לתלמידים להצדיק גם את בחירת מסיח ב' או ג'. לפיכך ניתן בשאלון השגוי ניקוד מלא לבוחרים בכל אחת מהאפשרויות ב, ג, ד.

שאלה 6: שאלה זו שייכת לתחום שלכאורה נלמד היטב במהלך כיתה י"ב (אלקטרומגנטיות); מסיבה זו צפויה היתה הצלחה בשאלה זו. בכל זאת פחות מ 40% מכלל המשיבים בחרו את המסיח הנכון. ייתכן ושאלה פתוחה היתה מכיאה במקרה זה לתוצאה טובה יותר (אפילו לו היה נדרש בה לסרטט את הגרף המתאים), כי אז היתה מכריחה את התלמידים להתמודד עם המצב כאיזורים השונים בהם חולפת המסגרת. בניסוחה הנוכחי של הבעיה בחרו 6% מהתלמידים במסיח ב' (לא הביאו בחשבון את שינוי כיוון הזרם ביציאה מהשדה לעומת כיוונו בכניסה). 23% בחרו במסיח ג' (לא הביאו בחשבון את קביעות הזרם כל עוד צלע אחת חותכת את קווי השדה וזו שכנגדה לא), ואילו 32% (כ- $\frac{1}{3}$ מהתלמידים!) בחרו במסיח ד' הנותן זרם מקסימלי דווקא כאשר כל המסגרה נעה בתוך השדה (לא שמו לב כי הכא'מים המישרים הנוצרים בשתי הצלעות החותכות את קוי השדה מבטלים זה את זה ולכן לא זורם זרם). נראה כי התבוננות שטחית בארבעת המסיחים במקום ניתוח הגיוני של הבעיה היא אשר היתה בעוכרי מרבית התלמידים.

שאלה 7: בשאלה זו, המשלבת רמה של ידע באופטיקה פיסיקלית, עם הכרת התופעה של עקיפת אלקטרונים (עד כדי יכולת שימוש בנוסחה המתאימה, המקטרת בין התנע של אלומה אלקטרונית עם אורך הגל שלהם) הצליחו למעלה מ 70% מן התלמידים שכתרו בה. 30% מן התלמידים שלא השיבו נכון התפלגו בתשובותיהם על פני שלושת המסיחים האחרים (א, ג, ד). אלו שכתרו במסיח א' התעלמו לחלוטין מתכונותיה הגליות של אלומת האלקטרונים. גם הבוחרים במסיח ד' שגו בכך שלא התחשבו כלל במימדים הגיאומטריים של הסדק ומרחקו מהמסך. לגבי הבוחרים במסיח ג' סביר להניח שטעותם נבעה מהצבה בלתי נכונה בנוסחאות. מעניין כי על אף ההצלחה הרבה בשאלה זו כ-40% מהתלמידים נמנעו מלגעת בה - נושא שכבר התייחסנו אליו לעיל.

שאלה 8: גם שאלה זו זכתה בהצלחה של למעלה מ 2/3 מהתלמידים. התלמידים אשר שגו בשאלה זו פשוט לא היו מודעים לעובדה כי קצב התפרקותו של חומר דיאוקסיבי אינו תלוי כלל בטמפרטורה. בחירת המסיחים השונים נעשתה במקרה זה על פי הגיון כלשהו, כאשר מירב התלמידים השוגים הניחו כי אמנם זמן מחצית החיים אינו תלוי במסת החומר (שזו הנחה נכונה) אולם הוא יורד עם העליה בטמפרטורה המוחלטת. (אולי נעשתה כאן אנלוגיה להתפרקות כימית המושפעת אכן בדרך זו מהטמפרטורה).

שאלה 9: שאלה זו מתחום האופטיקה הפיסיקלית ניתן לסווגה כקשה, באשר כ 40% מהתלמידים לא בחרו בה, ואילו מבין אלו שבחרו בה רק 44% הגיעו לתשובה הנכונה. חלק גדול מהתלמידים (למעלה משליש) החליפו בין המינימום השני לבין המינימום הראשון כאשר נהעלמה מהם העובדה כי המינימום הראשון אינו מופיע בין המקסימום הראשון והשני אלא בין המקסימום מסדר אפס למקסימום הראשון. מסיח א' בכעיה זו כמעט ולא משך תשובות. כנראה שקיום קשר בין אורך הגל לבין מקומו של המקסימום או המינימום מקובל אף על התלמידים שאינם שולטים בנושא (אולם יודעים בכל זאת לאתר את הנוסחאות המתאימות כדף הנוסחאות).

שאלה 10: גם שאלה זו הוכחה כקשה, באשר רק כ 40% מהתלמידים השיבו נכון עליה. אחוז דומה של תלמידים בחר במסיח ג' ועוד כ 20% בחרו במסיחים א' ו ד'. המשותף לכל התלמידים הטועים הוא בכך שהניחו כי מטענים חשמליים בקצותיה של מטוטלת מהימטית ישפיעו על זמן המחזור שלה. ולא היא, שהרי הכוח בין המטענים פועל רק לאורך הקו המחבר ביניהם, הוא חוט המטוטלת, ואין לו כל רכיב המשפיע על תנועתה או על זמן מחזוריה. בכך הופכת שאלה זו להיות מתחום המכניקה בלבד כאשר אלמנט "החשמל" מופיע בה רק כ"קישוט". יתכן גם והופעת נתונים שאינם רלבנטיים הקשתה על התלמידים.

שאלה 11: שאלה זו עוסקת לכאורה בעובדות היסוד של האופטיקה הגיאומטרית. לפיכך סביר היה להניח כי מרבית התלמידים יוכלו להתמודד איתה. התוצאות לעומת זאת היו מאכזבות, כאשר פחות מ 40% ענו עליה נכון. מפתיע במיוחד כי למעלה ממחצית התלמידים חושבים שאם יאטמו מחציתה של העדשה יתקבל על המסך רק חציו של העצם (מסיחים ג' ו ד'). האם תלמידים אלו אינם מודעים לכך כי מכל נקודה בעצם יוצאים קרני אור לכל נקודה בעדשה, ובין השאר גם למחציתה הגלויה? סביר יותר להניח כי תלמידים אלו פשוט לא התעמקו בכעיה, אלא השיבו לאחר קריאתה השטחית בלבד. אם לא כך הוא הדבר הרי יש מקום

להרהר אחר דרך (ואולי גם עיתוי) לימוד האופטיקה הגיאומטרית בכלל שאינו רק שינון מצבים הדדיים של עצמים, עדשות ותמונות, אלא גם הבנת מהלך של קרני האור.

שאלה 12: כשאלה זו בחרו המספר הקטן ביותר של תלמידים. אינני חושב כי הסיבה העיקרית לכך היא היותה אחרונה בשאלון, אלא היותה שיכת לתחום הבעייתי של תורת הגלים הפיסיקלית. העובדה, שדובר על התאבכות של גלי קול הקשתה עוד יותר, שכן רק מספר קטן של מורים מספיקים לטפל בגלי קול: ואכן פחות מ 50% השיבו נכון לבעיה, על אף שניתן היה להגיע לתשובה הנכונה משיקולים גיאומטריים בלבד.

סיכום: ניתוח הפריטים שנעשה כאן, בצירוף המסקנות הכלליות מצביע על הצורך בשיפור המצב בעיקר בשני תחומים:

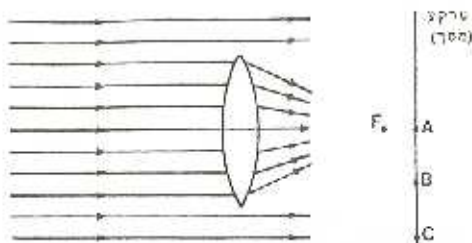
א. יש לשים דגש רב בהכנת התלמידים לקריאה נכונה ומדויקת של בעיה תוך תשומת לב לכל האינפורמציה המובאת בה. הבנת הבעיה הינה שלב מכריע בדרך אל הפתרון הנכון.

ב. ישנם תחומי פיסיקה בהם התלמידים מרגישים חוסר בטחון וכנראה שגם אינם שולטים בהם די הצורך. הכוונה לנושאי תורת האור והגלים, ובמיוחד האופטיקה הפיסיקלית. כיוון שעיקרו של הנושא נלמד בכיתה י', כאשר במקרים רבים הכיתה עדיין הטרוגנית מבחינת יחס התלמידים להמשך לימודי הפיסיקה, ברור כי במסגרת זו אין הנושא ממוצה עד תומו. לפיכך יש להקדיש פרק זמן מתאים לחזרוה ולהרחכות של נושא זה במהלך ההכנה לבחינות הכגרות.

נספח: שאלון ההשלמה, קיץ תשמ"ג

בשאלון זה שהים-עשרה שאלות (1-12) ועליך לענות על עשר מתוכן (לכל שאלה 10 נקודות). לכל שאלה מספר אפשרויות לתשובה, אך רק אחת מהן נכונה.

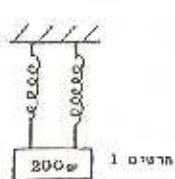
1. התרשים שלפניך מתאר, בקנה-מידה מדויק, חתך של עדשה מרכזת המוצבת בזרקה של אלומה מקבילה של אור. בסמוך למוקד העדשה F מוצב מרקע (מסך), אף הוא ניצב לאלומה.



על המסך מסומנות 3 נקודות: A, B ו-C. באיזו נקודה מבין השלוש עוצמת האור היא החזקה ביותר, ובאיזו נקודה היא החלשה ביותר?

- כ- A החזקה ביותר; כ- C החלשה ביותר
- כ- A " " ; כ- B " "
- כ- A ו- C חזקה באותה מידה; כ- B החלשה ביותר
- עוצמת האור שווה בכל שלוש הנקודות.

2. גוף שמסתו 200 גרם תלוי על שני קפיצים זהים כמתואר בתרשים 1. כתוצאה מכך מתארך כל אחד מהקפיצים ב-1 ס"מ. מה תהיה התארכותו של כל אחד מהקפיצים אם התלייה תתבצע בצורה המתוארת בתרשים 2?

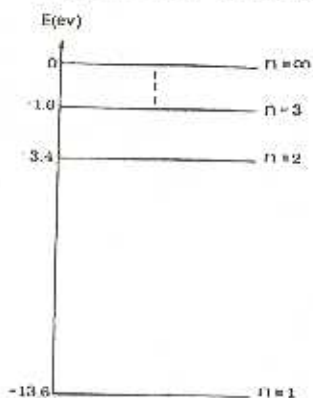


- 0.5 ס"מ
- 1 ס"מ
- 2 ס"מ
- 4 ס"מ

3. בניסוי להדגמת האפקט הפוטו-אלקטרי, מקור האור המונוכרומטי הוא מקור-אור נקודתי, הניצב במרחק d מהתא הפוטואלקטרי, והמתח הדרוש לכלימת האלקטרונים הנפלטים הוא V. לאחר שמרחיקים את מקור האור למרחק 2d מהתא הפוטואלקטרי, יהיה המתח תכולם (זאת אומרת - המתח המוריד את הזרם במעגל לאפס):

- 2V
- V
- $\frac{1}{2} V$
- $\frac{1}{4} V$

4. בתרשים שלפניך מתוארות כמה רמות אנרגיה של אטום מימן. אלקטרון בעל אנרגיה קינטית E_k

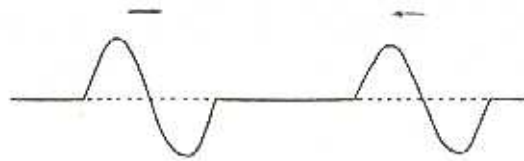


באטום כזה הנמצא ברמת היסוד ($n=1$) וממשיך בתנועתו עם אנרגיה קינטית E'_k .

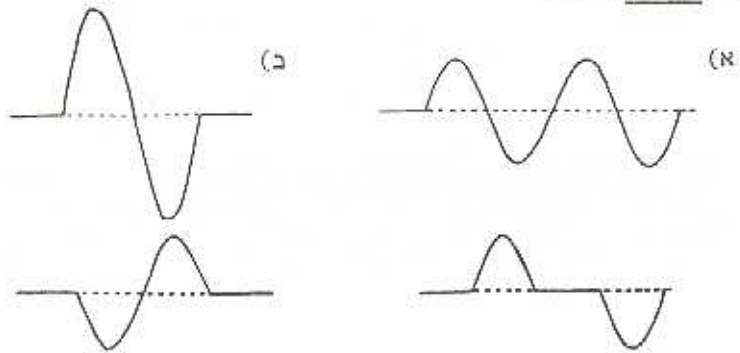
איזה זוג ערכים (E_k, E'_k) מבין הרשומים להלן ייתכנו?

E'_k	E_k	
5.4	15.6	א.
1.6	3.4	ב.
1.8	10.2	ג.
13.6	3.4	ד.

5. לפניך תיאור של שני זעזועים הנעים זה לקראת זה בחבל מתוח.



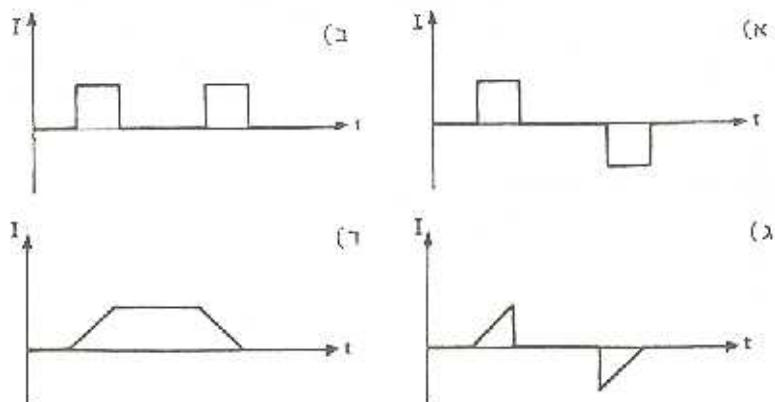
התרשמים שלהלן מתארים את החבל בזמנים שונים. איזה מביניהם מתאר מצב שאינו אפשרי?



6. בתרשים הבא מתוארת מסגרת ריבועית, העשויה חומר מוליך והנעה כמחירות קבועה v דרך אזור בו שורר שדה מגנטי אחיד הניצב למישור במסגרת.



איזה מכין הגרפים הכאים מתאר בצורה נכונה את עוצמת הזרם I במסגרת, כפונקציה של הזמן t ?



7. אלומת אלקטרונים שהתנע שלהם הוא p , נעה ימינה. בדרכה היא עוברת דרך פתח צר שרוחבו d . במרחק L מהסדק ובמקביל לו נמצא מרקע (מסך) פלווארסנטי $d \ll L$ (ראה תרשים). מהו המרחק בין נקודות מינימום העוצמה שמשני צידי המקסימום המרכזי של תבנית העקיפה המתקבלת על המרקע? (h הוא קבוע פלנק)



- א. d
- ב. $\frac{2hL}{pd}$
- ג. $\frac{2hd}{pL}$
- ד. $\frac{2h}{p}$

8. בניסוי שנערך ב- m גרמים של חומר רדיואקטיבי, שהטמפרטורה שלו T מעלות קלווין, מצאו שזמן מחצית החיים של החומר הוא t שניות. מה יהיה זמן מחצית החיים של אותו חומר רדיואקטיבי, אם יערכו את הניסוי עם $2m$ גרמים של החומר, בטמפרטורה $2T$ מעלות קלווין?

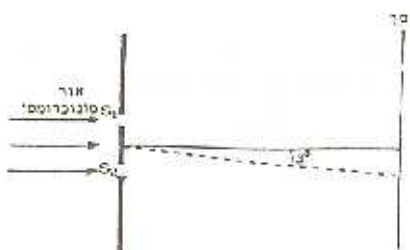
- א. $4t$
- ב. $2t$
- ג. t
- ד. $\frac{t}{2}$

9. S_1 ו- S_2 הם שני סדקים קרובים מאוד זה לזה. אלומה מקבילה של אור אדום באורך גל של 6000\AA עוברת דרך הסדקים, ועל מסך לחוק נוצרת תבנית ההתאככות (ראה תרשים).

- נקרא למקסימום העוצמה המרכזי: $n = 0$
- למקסימום הראשון שלידו: $n = 1$
- למקסימום השני: $n = 2$, וכו'.

מתברר כי בזווית של 3° עם האנך לקטע המחבר את הסדקים נוצר המקסימום הראשון ($n=1$) של תבנית ההתאככות. מחליפים את מקור האור במקור אחר, הפולט אלומת אור סגול באורך גל של 4000\AA . כהוצאה מכך מתקבל בזווית הנ"ל:

- 1. המקסימום הראשון של תבנית ההתאככות
- 2. המינימום " " "
- 3. המקסימום השני " " "
- 4. המינימום " " "



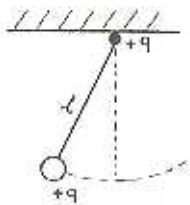
10. בקצהו של חוט שאורכו l תלוי כדור מתכת שמסתו m . הכדור טעון במטען $+q$. גם בנקודת התלייה של החוט קבוע מטען חשמלי $+q$. זמן המחזור של המוטטלת, כשהיא מבצעת תנודות קטנות הוא:

א.
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g - \frac{kg^2}{m}}}$$

ב.
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

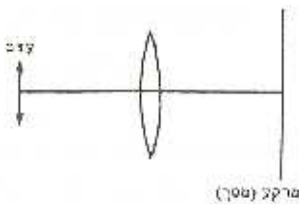
ג.
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g + \frac{kg^2}{m}}}$$

ד.
$$T = 2\pi \sqrt{l \left(\frac{1}{g} + \frac{m}{kp^2} \right)}$$



(הזנח את מסת החוט) ; $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

11. עצם מואר ניצב לפני עדשה מרכזת, ותמונתו החדה מתקבלת בעוצמה מסוימת על מרקע (מסך) הניצב מצידה השני של העדשה (ראה תרשים).



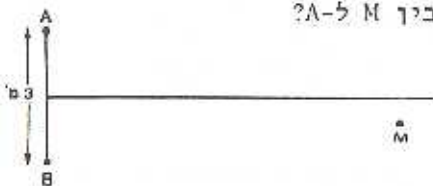
עתה משחירים את חציה התחתון של העדשה, כך שאור אינו עובר דרכו. כתוצאה מכך התקבל על המרקע:

- א. תמונה של העצם כולו, ובאותה עוצמה.
 ב. תמונה של העצם כולו בעוצמה פחותה.
 ג. תמונה של חציו העליון של העצם.
 ד. תמונה של חציו התחתון של העצם.

12. בתרשים שלפניך A ו-B מייצגים שני רמקולים זעירים, המרוחקים זה מזה מרחק של 3 מטר. שני הרמקולים מחוברים לאותו מחולל (מקור חשמלי) ופולטים גלי קול באורך גל של 2 מטר, לכל הכיוונים. מהירות הקול היא $\frac{300 \text{ מטר}}{\text{שנייה}}$.

יודקה באמצעות מיקרופון זעיר ונייד את עוצמת הקול בנקודות שונות, ומוצאים כי בנקודה M, שמרחקה מ-B הוא 8 מטר, העוצמה מקסימלית. (ראה תרשים).

מהו המרחק המינימלי שיכול להיות בין M ל-A?



- א. 4 מטר.
 ב. 7 מטר.
 ג. 9 מטר.
 ד. 10 מטר.