

בחינת הבגרות בפיזיקה בשנים 1990–2014

אירינה ויסמן

יוני 2014

מטרת מסמך זה היא הסתכלות מכמה זוויות על מבנה בחינת הבגרות בפיזיקה בשנים 1990–2014.

בחינות הבגרות – רקע כללי

בימים אלו, כמעט כבכל תקופה אחרת, מערכת החינוך בישראל מתמודדת בין שתי מטרות הלוקחות אותה לעתים לכיוונים מנוגדים: שוויון מול מצוינות. ברקע מתקיים "עימות" שקט בין השאיפה להקנות ידע (כבסיס המשותף לכל בוגרי המערכת) ובין השאיפה להקנות מיומנויות למידה (ככלי של כל הבוגרים ביציאתם מהמערכת). מבחינת המורה מדובר בניגודים הגורמים ויכוח תמידי בין המצדדים בהעמקה בדיסציפלינה מסוימת ובין המצדדים בטיפוח מיומנויות חשיבה ופיתוח סקרנות. שניות זו קיימת לא רק בישראל: היא מלווה את מערכות החינוך במרבית מדינות העולם המערבי. עם זאת לא נקבעו למערכת החינוך הישראלית סדרי עדיפויות שינחו אותה. בהיעדר סטנדרטים ברורים מערכת החינוך העל-יסודי בארץ מנותבת באמצעות בחינות הבגרות ונבחנת על פי שיעורי הזכאות לתעודת בגרות, שהם יעד נוח למדידה.

בחינות הבגרות משמשות מדד עיקרי להערכת התלמידים, בתי הספר ומערכת החינוך כולה. בשל מכך הן הפכו לאורך השנים לגורם רב-השפעה בחיי המורים ובוגרי מערכת החינוך.

בהסתכלות ארוכת טווח מתברר שמטרת בחינות הבגרות מכילה גם היא ניגודים פנימיים, למשל בין טיפוח היחיד ובין אחידות: מחד גיסא מטרת בחינות הבגרות היא לעודד מצוינות אישית, בהיותן מנגנון ממיין ומנתב להשכלה הגבוהה ולחלקים מגוונים משוק העבודה; מאידך גיסא הבחינות מכוונות לסייע ביצירת סטנדרטיזציה בין בתי הספר ובין תלמידים מאותו בית הספר.

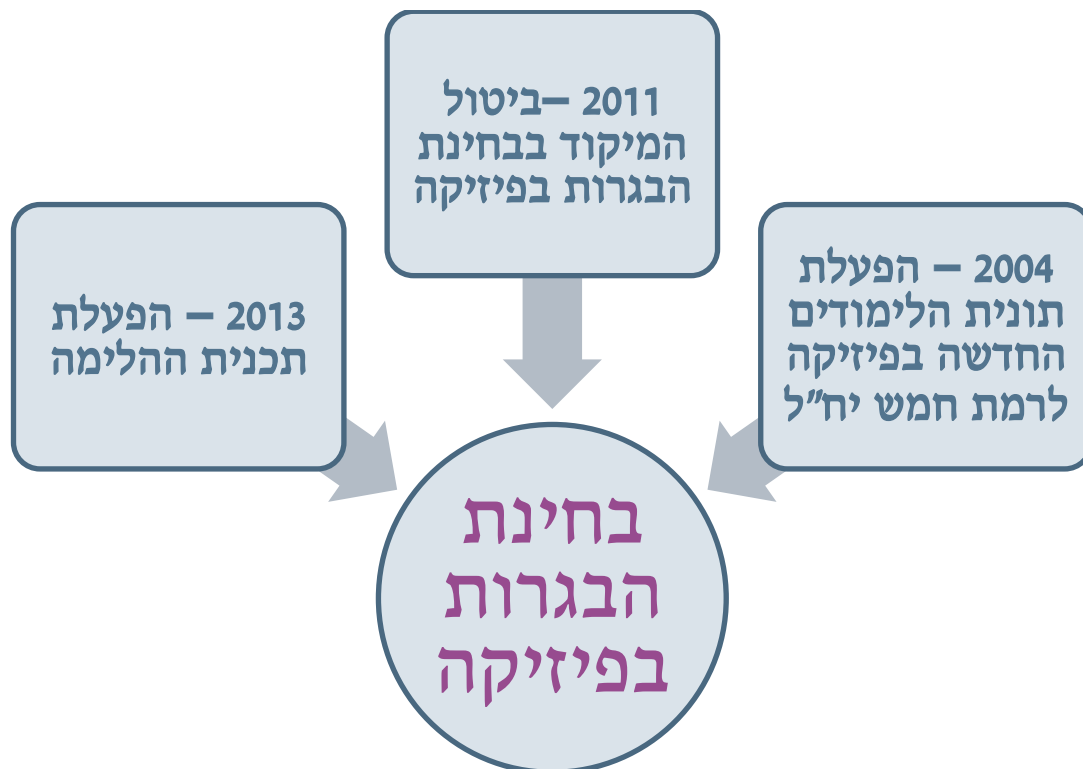
מתוך השינויים התכופים במערכת החינוך עולה מטרה אחת שנותרה עקבית לאורך השנים: עלייה בשיעור הזכאים לתעודת בגרות. עם השנים הפך שיעור הזכאים לתעודת הבגרות מדד כמעט יחיד לבחינת מערכת החינוך.

נגד בחינות הבגרות נטען לא פעם כי אינן מעודדות את היכולת האינטלקטואלית של התלמידים, כי הן ממקדות אותם בבחינות עצמן ולא בתכנים הנלמדים, וכי עצם קיומן מעלה את רמת המתח, החרדה והלחץ במערכת כולה. טענה נוספת הנשמעת לא פעם היא כי ההתמקדות בבחינות יצרה עם הזמן לחצים על המערכת להורדת הדרישות ורמת הבחינות, ולצדם תופעות הונאה בבחינות. השאלה העולה לעתים קרובות היא האם בחינות הבגרות הופכות מאמצעי למטרה. על פי משרד החינוך, הבחינות הן כלי לבדיקת המערכת ולשימור סטנדרטים קיימים. אבל האם קיימים סטנדרטים ברורים? לדעת מורים רבים התשובה שלילית.

בחינת הבגרות בפיזיקה – רקע כללי

בחינות הבגרות בפיזיקה משמשות הערכה מסכמת לתהליך למידה שהסתיים, ואמורות לתת משוב למורה בנוגע להוראה בעתיד, והן כוללות בחינה עיונית ובחינה במעבדה. שני סוגי הבחינה אמורים לבדוק ידע והבנה של תכנים ושליטה במיומנויות, ועל כן הן כוללות פריטי מבחן מגוונים. מבחינת המערכת (משרד החינוך, הפיקוח, ועדת המקצוע וכו') הבחינה היא דרך כמעט יחידה לכוון את ההוראה. כמו במקצועות אחרים גם בפיזיקה אין מערכת סטנדרטים מסודרת שתהיה בסיס להערכת בחינות הבגרות. בשום גרסה של תכנית הלימודים לא מובאות בבירור הדרישות באשר לידע התלמידים בתום לימודיהם. על פי הפיקוח על הוראת הפיזיקה, על בחינת הבגרות לכלול שילוב היבטים איכותיים בצד היבטים כמותיים, דהיינו התמחות תלמידי הפיזיקה אינה צריכה להסתכם בפתרון בעיות כמותיות אלא עליה להתבסס גם על אוריינות מדעית וחשיבה פיזיקלית. ב-25 שנים האחרונות התרחשו כמה שינויים מערכתיים שהשפיעו על בחינת הבגרות ככלל ועל בחינת הבגרות בפיזיקה בפרט, ונזכיר כאן רק את השינויים העיקריים.





נתונים על הבחינה ועל הנבחנים

לאורך כל השנים הייתה הבחינה בפיזיקה מורכבת מכמה שאלונים: מכניקה ואלקטרומגנטיות הופיעו תמיד.

מספר שאלות	משך הבחינה	מ-1988
שלוש מתוך חמש	90 דקות	מכניקה
שלוש מתוך חמש	90 דקות	אלקטרומגנטיות
שתיים מתוך ארבע; משני פרקים שונים	90 דקות	פרקי בחירה*
בעל פה או בכתב		

חמישה פרקי בחירה, בכל פרק שתי שאלות

משך הבחינה	מספר שאלות	מ-2006
105 דקות	שלוש מתוך חמש	מכניקה
105 דקות	שלוש מתוך חמש	אלקטרומגנטיות
105 דקות	שלוש מתוך חמש	קרינה וחומר
	בעל פה או בכתב	

משך הבחינה	מספר שאלות	מ-2013
150 דקות	שלוש מתוך חמש (מכניקה); שתיים מתוך שלוש (אופטיקה וגלים)	מכניקה, גלים ואופטיקה גאומטרית
105 דקות	שלוש מתוך חמש	אלקטרומגנטיות
105 דקות	שלוש מתוך חמש	קרינה וחומר
	בעל פה או בכתב	

סיכום: לא היה שינוי במספר השאלות (9–11), משך הבחינה התארך מאוד לאורך השנים (מ-90*3 ל-315 דקות, ואחר כך ל-355 דקות); לא היה שינוי בפרופורציית הבחירה. תמיד היו שלושה נושאים מרכזיים. הציון הסופי מחושב לפי משקלן היחסי של הבחינות:

מ-2014	מכניקה	אלקטרומגנטיות	קרינה וחומר	מעבדה
כולל גלים ואופטיקה גאומטרית – 40%	30%	30%	20%	20%
עד 2013	30%	30%	20%	20%

רוב הנבחנים בפיזיקה ניגשים לבגרות במכניקה – ומרביתם הם בוגרי כיתה יא, מאחר שבין סוף יא לתחילת יב תלמידים רבים עוזבים את לימודי הפיזיקה עקב הציון הלא גבוה שקיבלו בבגרות במכניקה. ממוצע ציוני השאלון במכניקה נע סביב 75, ואחוז הנכשלים הוא כ-15%. הציון הממוצע בשאלון בחשמל נע סביב 76, ואחוז הנכשלים דומה לזה שבמכניקה. השאלון הבעייתי ביותר, מכמה סיבות, הוא השאלון בקרינה וחומר. ממוצע הציונים בו נע סביב 71% ואחוז הנכשלים מגיע ל-19% לערך.

הציונים בבחינת הבגרות אינם משקפים רק את ידע התלמיד ואת מיומנויותיו. גורמים משפיעים נוספים הם התשובון שנכתב לבחינה ו"תוקן" אחרי בדיקת מדגם מייצג שהמעריכים הבכירים בודקים וההנחיות שהמעריכים מקבלים בתקופת הבדיקה. כאשר הבדיקה המדגמית מצביעה על ציונים נמוכים, הבדיקה תהיה מקלה, כך שבסוף התהליך הממוצע נשאר כמעט קבוע.

בהיעדר סטנדרטים, קביעת רמת הקושי של הבחינות תלויה במידה רבה בגוף המעריך. הרבה פעמים דעת המורים שונה שינוי ניכר מדעת התלמידים. דעות אלו מופיעות בבירור בפורומים של מורים ושל תלמידים.

תוכן השאלון

הסילבוס בפיזיקה מייחס חשיבות להדגשת עקרונות פיזיקליים במהלך הוראת הפיזיקה וליצירת קשרי רוחב בין הפרקים השונים לכדי תמונה כוללת של עולם הפיזיקה. על כן מובאת בסילבוס המלצה לשלב מדי פעם בפעם בתרגילים, בבעיות ובעבודת המעבדה, סעיפים הדנים בעקרונות ושאלות על "העולם האמתי". עוד נכתב בסילבוס שהוראת העקרונות הפיזיקליים צריכה להשתקף גם בשלבי ההערכה, ולכן יש לכלול בבחינות שאלות מתאימות למטרה זו.

לפי ההיגיון, מבנה נכון של בחינת הבגרות משמש סמן והגדרה מעשית לרעיונות המובאים בסילבוס, ולכן על מבנה הבחינה להלום את הסילבוס הקיים ואת הרעיונות שמערכת הוראת הפיזיקה מנסה לעודד. בהסתכלות זו, למידת הפיזיקה ובחינת הבגרות הם שני צדדים של אותו המטבע.

שני שינויים בולטים התרחשו ב-25 השנים האחרונות בדרישות בחינות הבגרות בפיזיקה:

1. המעבר משאלות שפתרון דורש טכניקה ועבודה רבה לשאלות הדורשות ביצועי הבנה: "פחות חישובים, יותר חשיבה" היא הגדרה נכונה של שינוי זה. לדוגמה, השאלות בנושא מעגלים חשמליים.
2. עקב הגדלת הצורך לבוגרים בעלי כישורי אוריינות המתאימים לדרישות החיים במאה ה-21, הדגש בבחינות הבגרות עבר משימוש בטכניקות של פתרון בעיות להוכחת הבנת העקרונות הפיזיקליים והשימוש בהם. לכן שינוי נוסף הבולט בשנים האחרונות הוא הדגש האורייני שקיבלה הבחינה. ראו לדוגמה את שתי השאלות האלה בנושא תנע:

<p>2013</p> <p>א. ניוטון כתב את החוק השני באמצעות הגדל "כמות התנועה", $\Delta p = m\Delta v$. הראה שכאשר מסת הגוף קבועה: $\frac{\Delta p}{\Delta t} = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$</p> <p>(4 נקודות) הבנת חוק</p> <p>במשחק טניס מהירותו של הכדור משתנה בהטבעת הכוח שהמחבט מפעיל עליו. הגרף שלמניך מתאר את גודל הכוח שהמחבט מפעיל על הכדור, כמנוקדת של הזמן, במהלך חבטה אחת של שחקן טניס. נתונים: מים 100</p> <p>אוריינות</p> <p>היעור בגרף וינה על סעיפים ב ו ג.</p> <p>ב. חשב בקירוב את גודל השינוי שחל בתנע הכדור בעקבות חבטת המחבט. (6 נקודות) נתון: מסת הכדור היא $m = 0.06 \text{ kg}$. משמעות של גרף</p> <p>השחקן חובט אפקות בכדור הנע כלפי מעלה במהירות של $v = 5 \frac{m}{s}$ (פיקת מידע מוקטט)</p> <p>ג. חשב את מהירות הכדור (גודל וכיוון) מיד לאחר החבטה. (9 נקודות)</p> <p>ד. כדור טניס מגיע לרצפה במהירות אנכית $v_1 = 12 \frac{m}{s}$, וחוזר כלפי מעלה במהירות אנכית $v_2 = 12 \frac{m}{s}$.</p> <p>לכל אחד מההיגדים (1)-(3) קבע אם הוא נכון או לא נכון. נמק את קביעותיך. הסבר של תשובה לא נכונה</p> <p>(1) התנע של הכדור והתנע של כדור הארץ השתנו. (2) התנע של הכדור השתנה, ואילו בתנע של כדור הארץ לא חל שום שינוי. (3) התנע והאנרגיה הקינטית של הכדור השתנו.</p> <p>(6 נקודות) /המשך בעמוד/</p>	<p>2010</p> <p>הלמידים עורכים ניסויים בהתנגשות של דסקיות על שולחן אופקי חלק. באחת הפגמים דסקיות שהמסה שלה m_1 נעה במהירות v ומוגעת בדסקיות נחה שהמסה שלה m_2. אחרי ההתנגשות (הפגמיות) הדסקיות הנחה מתחילה לנוע בכיוון התנועה של הדסקיות המוגעת. הנח כי ההתנגשות אלסטית.</p> <p>א. נתונות המסות $m_1 = 50 \text{ g}$, $m_2 = 25 \text{ g}$. ומהירות הדסקיות המוגעת $v = 0.3 \frac{m}{s}$. חשב את:</p> <p>(1) מהירות הדסקיות המוגעת (m_2) לאחר ההתנגשות. v_2 (גודל וכיוון). חישוב</p> <p>(2) מהירות הדסקיות השנייה (m_1) לאחר ההתנגשות. v_1 (גודל וכיוון).</p> <p>הסבר את חישוביך.</p> <p>ב. מתח ביטוי עבור מהירות v_2 של הדסקיות m_2 פוגעת בדסקיות הנחה m_2. בטא את תשובתך בעזרת m_1, m_2 ו-v. שימוש בפרמטרים</p> <p>ג. הראה שכאשר $m_1 > m_2$ מהירות הדסקיות m_2 אחרי ההתנגשות, v_2 תהיה גדולה מן המהירות של הדסקיות המוגעת. שימוש בכלים מתמטיים</p> <p>ד. לדסקיות המוגעת (m_1) מחובר חיישן כוח (שמסתו ניתנה) גרף הכוח שפעל עליה בזמן ההתנגשות מתואר בתרשים I.</p> <p>(1) קבע איזה מהגרפים A, B או C שבתרשים II מתאר נכון את גודלו של הכוח שפעל על הדסקיות השנייה (m_2). כאשר $m_1 = m_2$.</p> <p>(2) קבע איזה מהגרפים A, B או C שבתרשים II מתאר נכון את גודלו של הכוח שפעל על הדסקיות השנייה (m_2). כאשר $m_1 > m_2$.</p> <p>נמק את קביעותיך בנייה המקרים.</p>
--	---

1.

דוגמה נוספת היא השאלה הזו, מהבגרות בחשמל, 2012:

I(A)	V(V)
0	0
0.19	1
0.39	2
0.57	3
0.79	4
0.96	5

א. על פי הנתונים המוצגים בטבלה, סרטט גרף המתאר את המתח כפונקציה של הזרם, וקבע אם בתחום הנתונים בטבלה התיל מקיים את חוק אוהם.

ב. אם כן – חשב את ההתנגדות התיל. אם לא – הסבר מדוע. (9 נקודות)

ב. בהנחה שאורך התיל הוא 1 m והחתך שלו הוא עיגול בקוטר 0.5 mm, חשב את ההתנגדות הסגולית ρ של החומר שממנו התיל עשוי. בטא את ההתנגדות הסגולית ביחידות $\Omega \times m$ (אוהם מטר). (7 נקודות)

לתלמיד תיל נוסף (תיל ב) העשוי מאותו חומר שממנו עשוי תיל א, וזהה באורכו לתיל א, אבל שטח החתך שלו גדול יותר.

ג. קבע אם ההתנגדות של תיל ב קטנה מההתנגדות של תיל א, גדולה ממנה או שווה לה. הסבר את תשובתך.

הוסף במערכת הצירים של הגרף שסרטטת בסעיף א גרף איכותי המתאים לתיל ב. (9 $\frac{1}{3}$ נקודות)

לפניך ארבעה היגדים (1)-(4). העתק למחברתך את ההיגדים המתאימים לגרף המתואר, ונמק את קביעותיך.

(1) הזרם משתנה ביחס ישר למתח.

(2) הזרם קבוע בלי תלות במתח בין הדקי הידודה.

(3) כדי שזרם זורם בדיודה, חשוב לאיזה משני הדקי הידודה מחובר הפוטנציאל הגבוה של מקור המתח.

(4) כאשר זרם זורם דרך הידודה, ההתנגדות קטנה ככל שעולה המתח בין הדקי הידודה. (8 נקודות)

שלושת הסעיפים הראשונים הם כמעט סטנדרטיים, והציון הממוצע של השאלה היה 78. אבל בסעיף האחרון, שדרש מיומנות בהפקת מידע מגרף, היה הציון הממוצע רק 69.

מאפיינים נוספים:

ניתוח בחינות הבגרות מגלה חוסר אחידות בין הטפסים השונים של אותה השנה. גם בטפסים באותו הנושא בולט היעדר הסטנדרטיזציה, הגורם לרמת קושי שונה משנה לשנה, כמו לדוגמה בחינה ברמה נמוכה בשנה אחת אחרי בחינה קשה מאוד בשנה הקודמת.

כמה גורמים, שאינם תלויים בתלמידים, משפיעים על הציון הסופי:

- ספרי הלימוד שבשימוש בבתי ספר שונים אינם זהים, ולכן חלק מהתלמידים עונים באופן מקובל פחות.
- אין כמעט ספרי תרגול, ותלמידים הרוצים ללמוד לבד מתקשים לעשות זאת. הדבר נכון בנוגע לנושאי הלימוד, ופי כמה וכמה בנוגע לדגשים האורייניים.
- קיום שיעורי המעבדה תלוי במורה ובבית הספר; תלמיד שלא ערך ניסוי (מרשימת ניסויי החובה), יתקשה לענות על שאלות מסוג זה.

הסתכלות השוואתית בבחינות הבגרות במשך 25 שנים האחרונות:

הנבדק	מתחילת שנות ה-90 ועד לשנים האחרונות		
כמות החומר הדרושה לבחינה	קטנה לאורך כל התקופה, בעיקר עקב קיצוץ שעות לימוד	נכון להיום פרקים שלמים, לדוגמה "תנועה הרמונית", הוצאו מתכנית הלימודים	
מספר הנושאים בתכנית הלימודים לבחינה	קטן קיטון ניכר	כמעט בכל נושא יש נושאים שאינם נלמדים: זריקה משופעת, הינתקות ממסלול מעגלי אנכי, אנרגיה של שדה כבידה, כבלים, מעגל מורכב ועוד	
אורך השאלונים	בלא שינוי	מספר הסעיפים הממוצע בבחינה קטן במעט; השינוי מורגש בקושי	
התמודדות עם טקסט ועם הבנת הנקרא	גדלה בשנים האחרונות בשל הדגש האורייני	בשל הדגש הרב על האוריינות, הרבה שאלות כוללות פתיחים הדורשים הבנה	ראו שאלה 3, חשמל, 2011, ושאלה 1, קרינה וחומר, 2013
מספר הסעיפים או השאלות עם נתונים פרמטריים	גדל בשל הדגש על אוריינות. השינוי אינו מעיד בהכרח על שינוי ברמת ההבנה אלא במיומנות טכנית		ראו שאלה 2, מכניקה, 2012
דרישה להפקת מידע מגרף	גדלה גידול ניכר בשנים האחרונות, בעיקר בשל הדגש על אוריינות	מספר השאלות הדורשות הבנת גרף גדל גידול ניכר (בתחילת התקופה מיומנות זו כמעט שלא נדרשה)	ראו שאלה 2, מכניקה, 2011
דרישה להפקת גרף מתיאור מילולי	גדלה גידול ניכר בשנים האחרונות, בעיקר בשל	מספר השאלות הדורשות הבנת גרף והקשר בין הייצוגים גדל גידול של	

	ממש (בתחילת התקופה מיומנות זו כמעט שלא נדרשה)	הדגש על אוריינות	
		גדל בהתמדה	צורך במעבר בין ריבוי ייצוגים
ראו שאלה 4, חשמל, או 2011, שאלה 4, מכניקה, 2009	מספר הסעיפים הדורשים הסבר מדעי הוכפל	גדלה גידול ניכר בשנים האחרונות, בעיקר בשל הדגש על אוריינות	דרישה לכתיבת הסבר מדעי
ראו שאלה 5, מכניקה, 2009	דרישה זו לא הופיעה בשאלונים מתחילת התקופה הנבדקת	גדלה גידול של ממש בשנים האחרונות, בעיקר ששל הדגש על אוריינות	דרישה לידע שמקורו מחוץ לשיעורי הפיזיקה
ראו שאלות 1 ו-3, מכניקה, 2011	דרישה זו לא הופיעה בשאלונים מתחילת התקופה הנבדקת	גדלה גידול ניכר בשנים האחרונות, בעיקר בשל הדגש על אוריינות	דרישה לשימוש בידע מקשר בין העבודה במעבדה ובין ידע עיוני
	שימוש נבון בכלים מתמטיים מקצר את הזמן הדרוש לפתרון בעיות	גדלה בקצב נמוך	דרישה לשימוש נכון ונבון בכלים מתמטיים

נספחים:

שאלה 3, חשמל, 2011;
 שאלה 5, מכניקה, 2010;
 שאלה 1 ו-3, מכניקה, 2011;
 שאלה 2, מכניקה, 2011;
 שאלה 4, חשמל, 2009;
 שאלה 3, חשמל, 2000;
 שאלה 3, חשמל, 2010;
 שאלה 1, קרינה וחומר, 2013;
 שאלה 4, חשמל, 2011;
 שאלה 4, מכניקה, 2009.