

מפיזיקה 3ח' ל- "מבוא לפיזיקה קוונטית להנדסה"

שינוי פדגוגי בקורס "מבוא לפיזיקה קוונטית 3ח"
בטכניון: תוצרי ומסקנות ביניים

עמית קם ועדי חיים
הפקולטה לפיזיקה,
טכניון – מכון טכנולוגי לישראל

מבנה ההצגה

תוצאות



תחושות הסטודנטים
השינוי בציונים
הצעות להמשך

השינוי



השינוי במבנה הקורס
העשייה שלנו
שיטת הערכת חדשה

מבוא



המוטיבציה לשינוי
אתגרי הקורס
מטרות השינוי

תוצאות



תחושות הסטודנטים
השינוי בציונים
הצעות להמשך

השינוי



השינוי במבנה הקורס
העשייה שלנו
שיטת הערכת חדשה

מבוא



המוטיבציה לשינוי
אתגרי הקורס
מטרות השינוי

יתרון קוונטי מול עליונות: IBM וגוגל ראש בראש

שנה אחרי שגוגל הכריזה על פריצת מחסום העליונות הקוונטית, מכריזה IBM על הנפח הקוונטי הגבוה ומבטיחה להציג בתוך שלוש שנים מחשב קוונטי חזק פי עשרים מהנוכחי. השאלה המטרידה היא מה תעשה האנושות עם כוח המחשוב האדיר הזה

מוטטיבציה

השוק הבא של "טריליון הדולר"

טכנולוגיית הקוונטים עתידה לשנות את העולם שאנו מכירים בכל תחום; המעצמות הטכנולוגיות לצד הכסף החכם כבר מושקעות עמוק בשוק העתידי: מהו מחשב קוונטי וכיצד משקיעים?

מהפכת הקוונטים בשנים האחרונות גורמת לדרישה גוברת של מדענים ומהנדסים בתחומי הקוונטים השונים

1

"הגיע הכסף הגדול": אחרי עשורים באקדמיה - תעשיית המחשוב הקוונטי מעלה הילוך

למרות הסיכונים וחוסר הוודאות, תעשיית מחשוב הקוונטום מתפתחת בקצב מסחרר ברחבי העולם - עם חברות ענק וסטארט-אפים במרוץ להגיע למחשב קוונטי יעיל ■ ב-2021 ההשקעות בחברות בתחום זינקו ל-3.2 מיליארד דולר ■ משקיע: "דיברתי עם 13 חברות קוונטום בתוך שבועיים, כאילו זה הדבר הכי פופולרי שיש"

רשות החדשנות ומשרד הביטחון יממנו הקמת מחשב קוונטי ראשון למדינת ישראל בכ-200 מיליון שקל

יכולת חישוב קוונטי אמורה להניח את התשתית הטכנולוגית בין השאר לפיתוחי העתיד בתחומי הביטחון, הכלכלה והטכנולוגיה, ההנדסה והמדע • את הפרויקט יממנו רשות החדשנות והמרכז לפיתוח אמצעי לחימה (מפא"ת) במשרד הביטחון

הטכנולוגיה החדשה שנמצאת על הכוונת של מדינת ישראל: קוונטים

רשת זמן לאומית, קסדות למיפוי מוח, ומדידת תנועות קרקעיות בעומק האדמה - לא זה לא מדע בדיוני • חברת רפאל תארח היום את יום העיון הראשון של המאגד לטכנולוגיות קוונטיות QTC, שיועבר בשידור חי באתר "גלובס"

מחשוב קוונטי: התקווה הגדולה של ה-AI?

כוח המחשוב הפך בשנים האחרונות לצוואר בקבוק שמעכב את ההתקדמות בעולם הבינה המלאכותית, אך מומחים מאמינים שמחשוב קוונטי יוביל את התחום לפסגות חדשות בשנים הבאות: "הפוטנציאל לאנושות הוא מדהים". הבעיה: המחשבים הקוונטיים שקיימים היום עדיין לא יכולים לעמוד במשימה

044124
אלקטורניקה פיזיקאלית

046243
טכנולוגיות קוונטיות

116031
כימיה פיזיקאלית
וספקטרוסקופיה
מולקולרית

046214
מכניקה קוונטית

126604
מעבדה בטכנולוגיה
קוונטית

047006
מחשוב קוונטי מודרני

236990
מבוא לעיבוד
אינפורמציה קוונטית

127447
יישומי טכנולוגיה
קוונטית מולקולרית

117006
פיזיקה מוזוסקופית
קוונטית

046225
עקרונות של מ"מ

126603
מעבדה קוונטית
מתקדמת

116040
אינפורמציה קוונטית
מתקדמת

116041
פיזיקה של לייזרים
ואופטיקה קוונטית

046052
אופטואלקטרוניקה
קוונטית

046734
תורת האינפורמציה
לתקשורת קוונטית

127004
נושאים בתורת פיזור
קוונטית

116037
מחשוב קוונטי רועש

116031
מבוא לאינפורמציה
וחישוב קוונטי

127447
יישומי טכנולוגיה
קוונטית מולקולרית

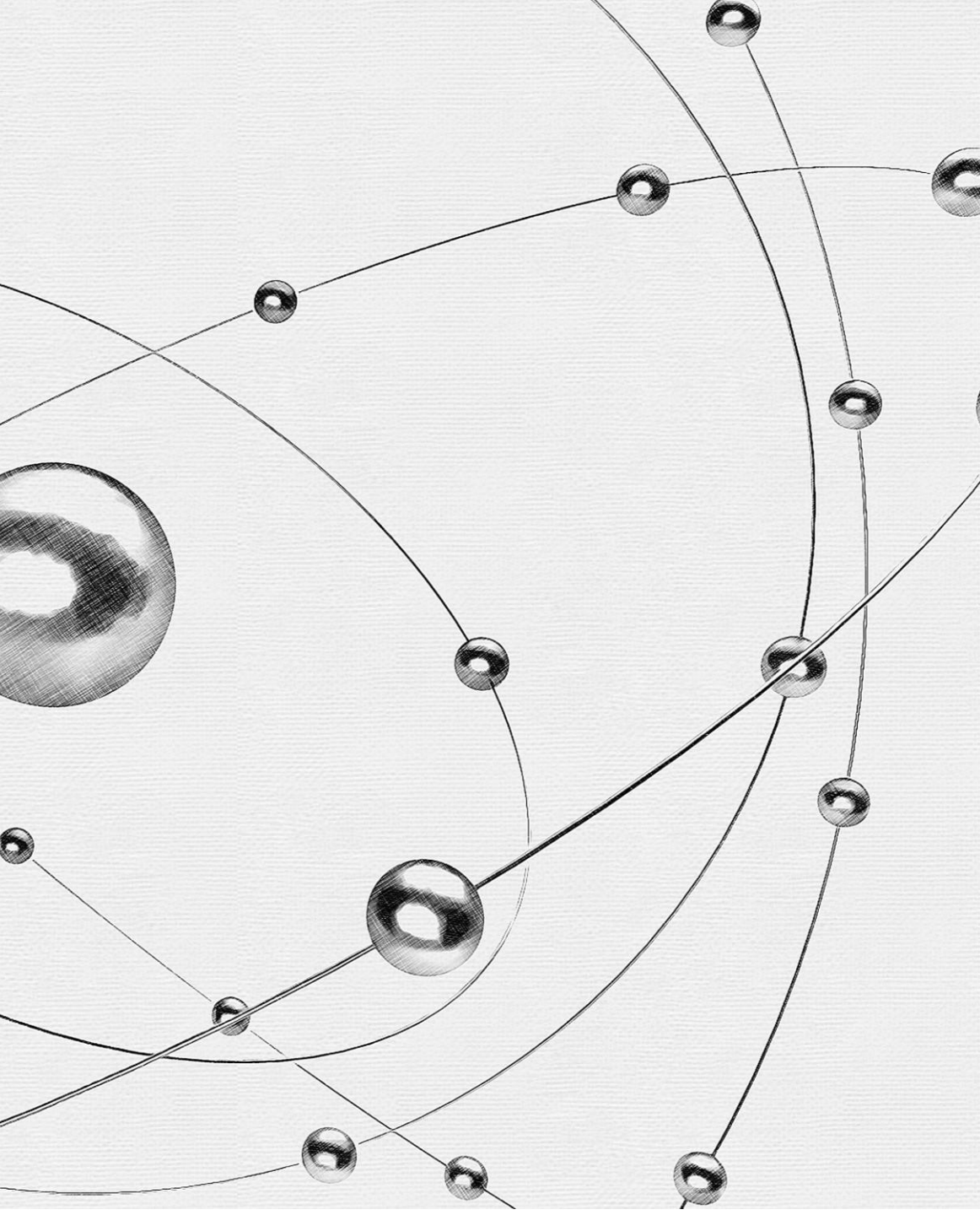
116003
פיזיקה של לייזרים

117015
פיזיקה של אטומים
ומולקולות

046240
התקנים קוונטים על
מוליכים

קורס "פיזיקה 3ח" מהווה קורס קדם ל-50 קורסים בתחום הקוונטים עבור סטודנטים מ-4 פקולטות שונות

2



**בוגרי הקורס הגיעו לקורסי המשך ללא
הידע הנדרש והתקשו להשתלב בקורסי
המשך בתחום הקוונטים**

3

מוטיבציה

יש ליצור קורס חדש שעומד בדרישות והצפיות החדשות שעולות משוק העבודה והעולם האקדמי כאחד

1 מהפכת הקוונטים והדרישה גוברת של מדענים ומהנדסים בתחומי הקוונטים

2 קורס קדם בתחום הקוונטים עבור סטודנטים מפקולטות שונות

3 סטודנטים הגיעו לקורסי המשך ללא הידע הנדרש והתקשו להשתלב בקורסי המשך

אתגרי הקורס

מועבר **2-3** פעמים
בשנה. לומדים כ-**800**
סטודנטים בשנה



משמש **קורס קדם**
להרבה מקורסי
הקוונטים הנגישים
למהנדסים



הקורס צריך להתאים
לסטודנטים מ-**4**
פקולטות שונות
ממסלולי לימוד ושנות
לימוד שונות



סילבוס ייחודי המקשר
בין קורסי פיזיקה
למהנדסים לקורסים
לפיזיקאים



נושא פיזיקלי המצריך
"זמן לעיכול" ופיתוח
אינטואיציה פיזיקלית
לא טריוויאלית



הקורס צריך להתאים
לסטודנטים בעלי **רקע**
מתמטי ופיזיקלי שונה



מטרות השינוי

הכנת הסטודנטים להמשך תחום הקוונטים בצורה מיטבית

הורדת עומס לאורך הסמסטר ללא פגיעה בלמידה

אפשרות לעבודה בקבוצות ולמידה קבוצתית

למידה מכוונת המשלבת מיומנויות תכנות ולמידה עצמית בעזרת כלים טכנולוגיים וסימולטיביים

הכנה פיזיקלית ושימוש בפורמליזם

מטלות רטובות

בקרת משוב שוטף מכלל הסטודנטים והפקולטות

תוצאות



תחושות הסטודנטים
השינוי בציונים
הצעות להמשך

השינוי



השינוי במבנה הקורס
העשייה שלנו
שיטת הערכת חדשה

מבוא



המוטיבציה לשינוי
אתגרי הקורס
מטרות השינוי



מבנה הקורס

צורת הלמידה של הסטודנט

מטלות ושיטות הערכה שוטפת

3 וקטורים

מבנה הקורס

חדש

2 שבועות	בסיס תוכן פיזיקאלי ומתמטי
3 שבועות	פיזיקה מודרנית
3 שבועות	פורמליזם והנחות יסוד
6 שבועות	פתרון מערכות קוונטיות

ישן

6 שבועות	פיזיקה מודרנית
5 שבועות	הכרות של מערכות קוונטיות
2 שבועות	הנחות היסוד

עקרונות מנחים לקורס:

- התעמקות בנושאי פיזיקה מודרנית
- הכרות בסיסית של מערכות קוונטיות
- הכרות עם הנחות היסוד של התורה הקוונטית
- הקורס הצריך שימוש בכלים מתמטיים מסורבלים

- בשבועיים הראשונים: **בהרצאות** - תוכן פיזיקאלי מקשר בין פיזיקה קלאסית לקוונטית, **בתרגולים** - רקע בהסתברות ואלגברה לינארית
- למידה רציפה של נושאים הנבנים אחד על השני
- מתן דגש על פתרון מערכות קוונטיות מתוך הכרות עם הפורמליזם הקוונטי
- לימוד ובחינה בשימוש בכתוב דיראק ככלי מרכזי ובהיר לפתרון תרגילים

צורת למידה בקורס

חדש

הרצאה

תרגול

סדנה העשרה לשם העמקה בחומר

- שיח משותף

פרונטאלי, משודר לייב ומוקלט - היברידי

ישן

הרצאה

תאורטי פיתוח נוסחאות

תרגול פרקטי

פרונטאלי

קווים מנחים למבנה הערכה

האתגרים

התמודדות אישית
עבודה עם עמיתים
חשיבה משותפת

תחושת הצלחה
פרק זמן קצר יותר

בדיקה ידנית – פחות גיליונות
משוב מתקבל קרוב יותר ללמידה
משוב ממוחשב מיידי

עבודה בקבוצות
תוך שילוב התמודדות עצמית של הסטודנט

פחות זמן עבודה
לסטודנט על מטלה

משוב מהיר וקרוב
לזמן הלמידה

מטלות ישלבו אפשרות להבנת חומר מופשט –
ויזואליזציה של התוכן

התמודדות אישית
נתקע ולא יכול להתקדם
תסכול

עבודה רבה
זמן רב

בדיקה ידנית של כל גיליון
לא תמיד מוגש חזרה לסטודנט בזמן

עבודה עצמית

משוב אישי

שיטת הערכה

חדש

ישן

אקסטרה

מאפשר הכנה להרצאה ותרגול נוסף



5



רטוב - שיעורי הכנה

יישור קו בטכניקה המתמטית
הנדרשת לצמצום פערים
(מערכות קוונטיות) ושאלה עוקבת

עבודה ביחידים

כ-10 דק'

משוב ממוחשב מיידי

5



רטוב - מטלות ממוחשבת

(פיזיקה מודרנית)

עד 2 שעות

8

תרגילי בית **יבשים**
עם חלק **רטוב** המאפשר
ויזואליזציה של התוכן



עבודה בקבוצות

6-8 שעות לגיליון

בדיקה ידנית
פחות גיליונות



10

תרגילי בית **יבשים**



עבודה ביחידים

12-16 שעות לגיליון

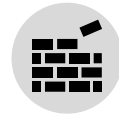
בדיקה ידנית
של כל גיליון

תוצאות



תחושות הסטודנטים
השינוי בציונים
הצעות להמשך

השינוי



השינוי במבנה הקורס
העשייה שלנו
שיטת הערכת חדשה

מבוא



המוטיבציה לשינוי
אתגרי הקורס
מטרות השינוי

משובים בקורס

משוב סטודנטים משוב אמצע ומשוב סיום

"הגשת תרגילים
בקבוצות מאוד עוזר
עם ההתמודדות עם
עומס הקורס וגם נותן
לנו ללמוד אחד
מהשני..."

"השינוי שעבר הקורס
מוצלח מאוד אני מרגיש
שאני מגיע לקורסים
הבאים מוכן. בנוסף אני
מרגיש שההשקעה
לאורך הסמסטר
השתלמה..."

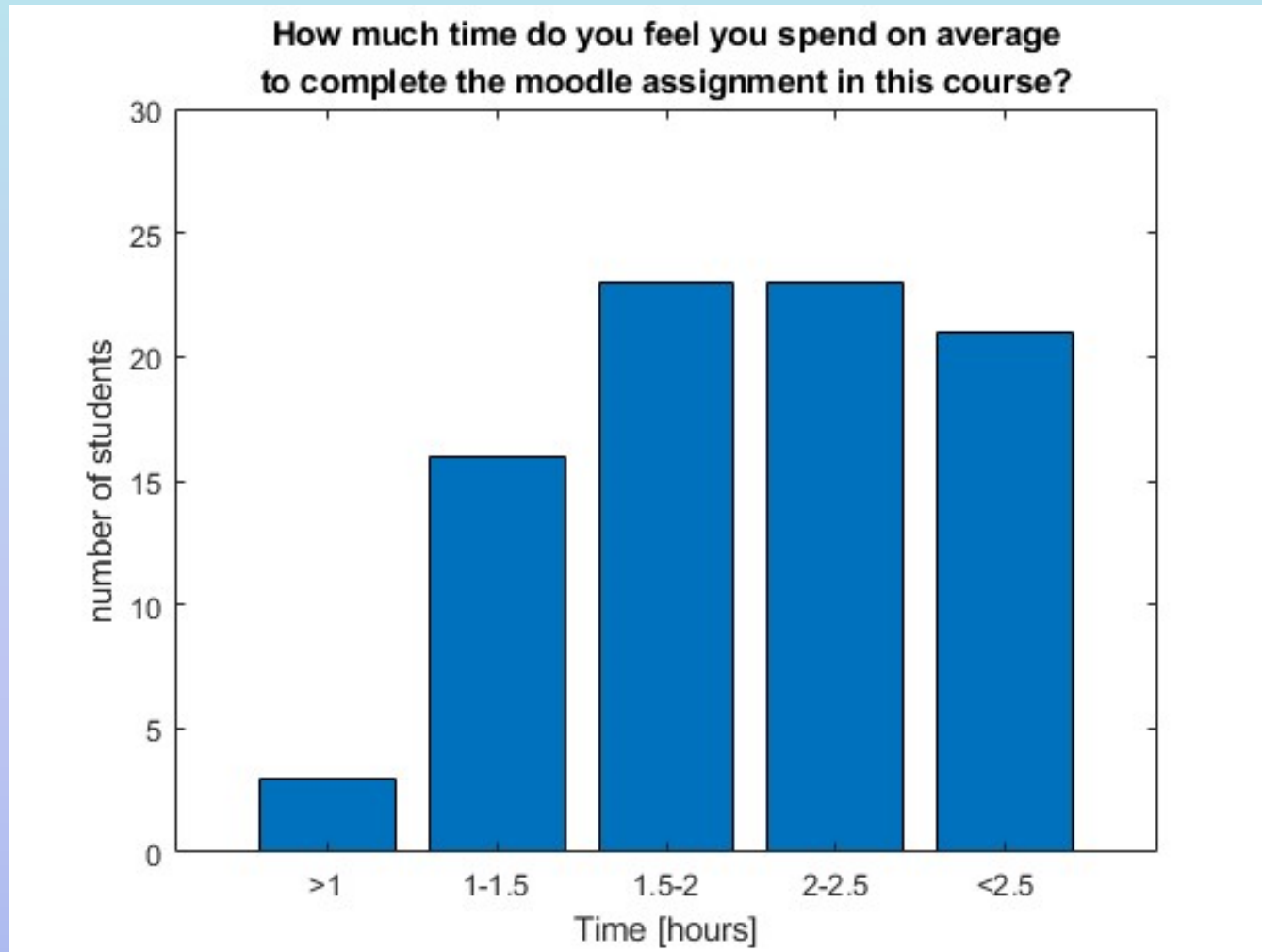
"תרגילי ההכנה עזרו
מאוד בהתמודדות עם
הנושאים
החדשים..."

"התרגילים הממוחשבים
עזרו בחזרה על החומר וגם
עזרו לי בהבנה של דברים
שלא הבנתי בכיתה"



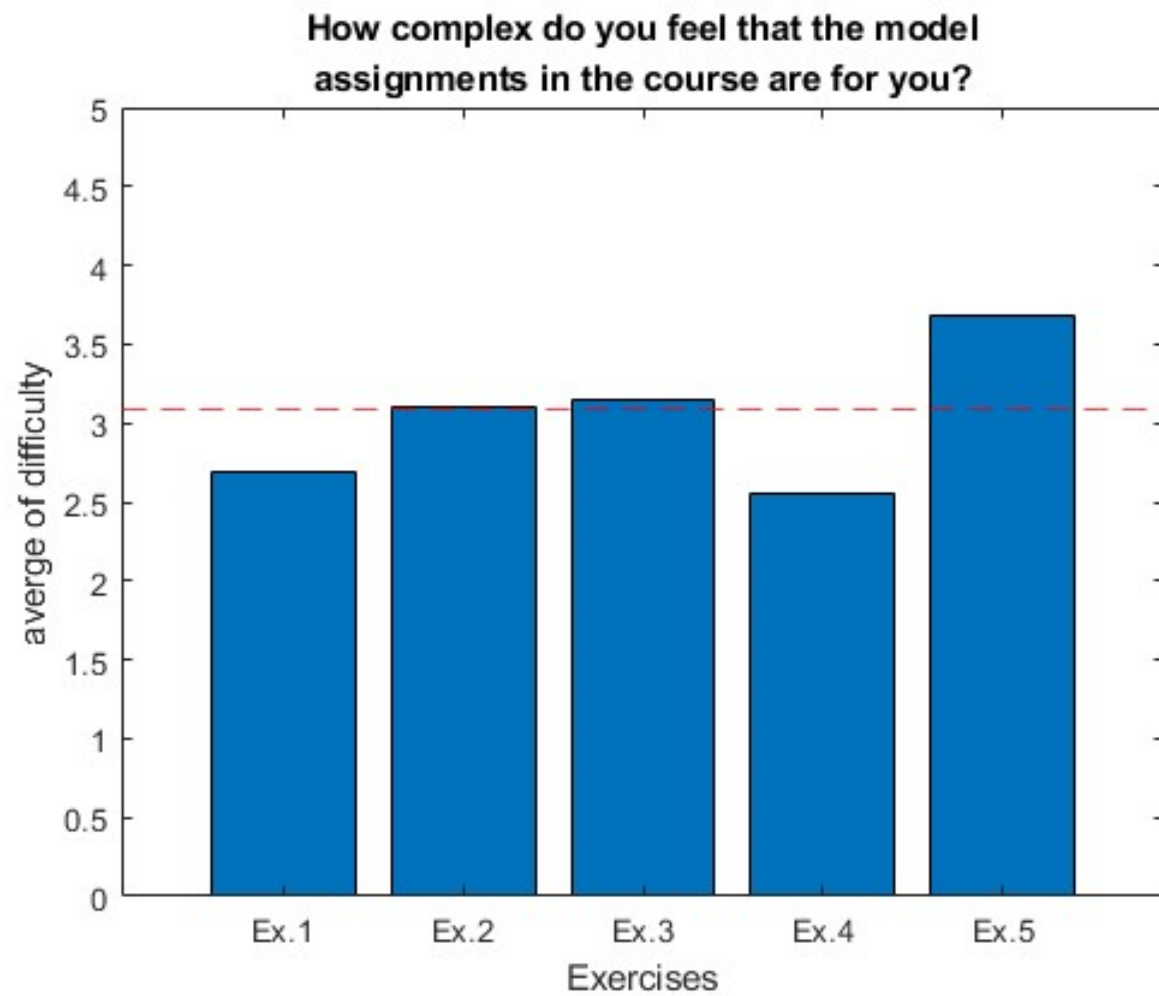
תגובות סטודנטים סקר סוף קורס

הערכת הסטודנטים לזמן העבודה
למטלה ממוחשבת



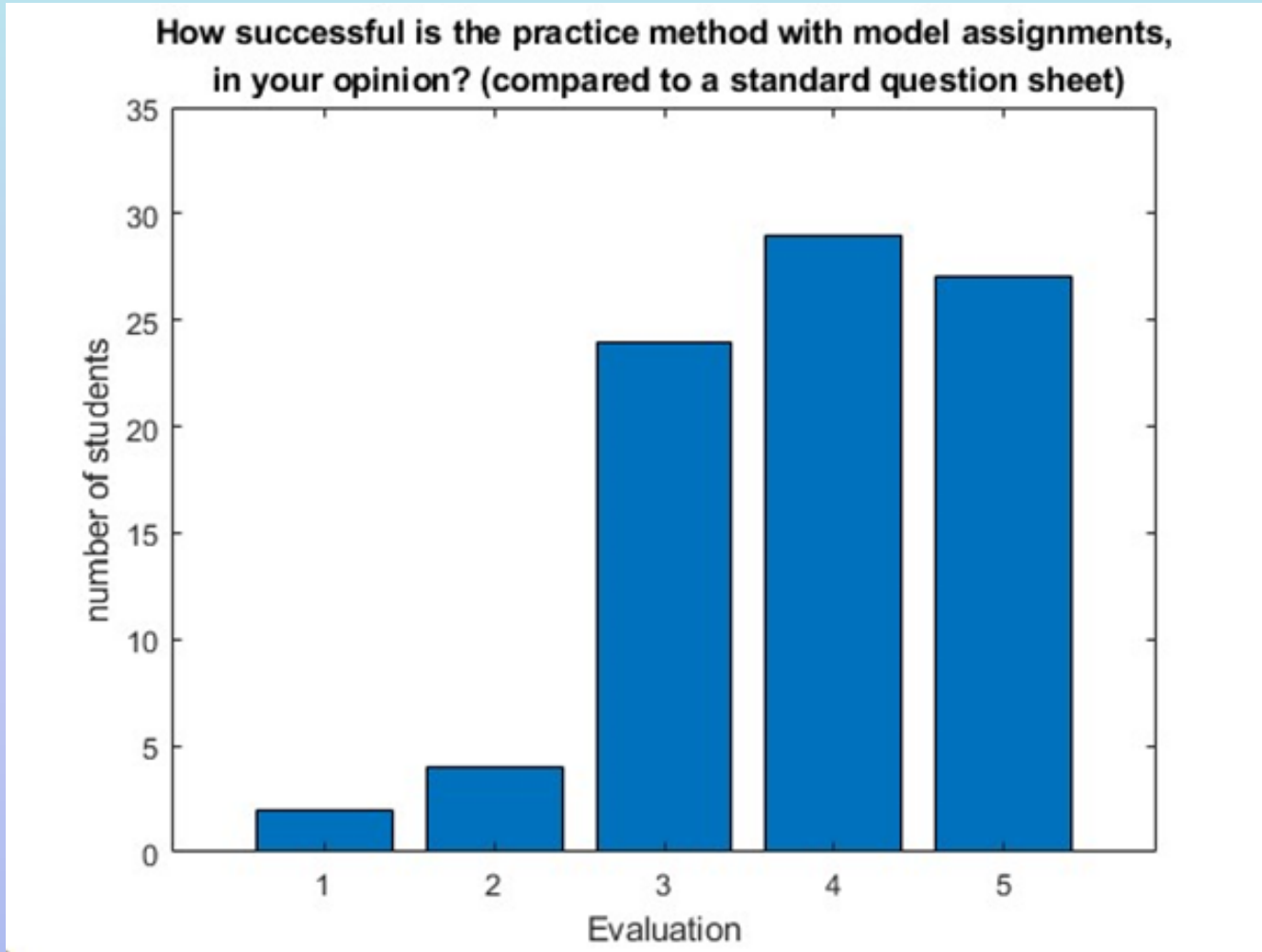
תגובות סטודנטים סקר סוף קורס

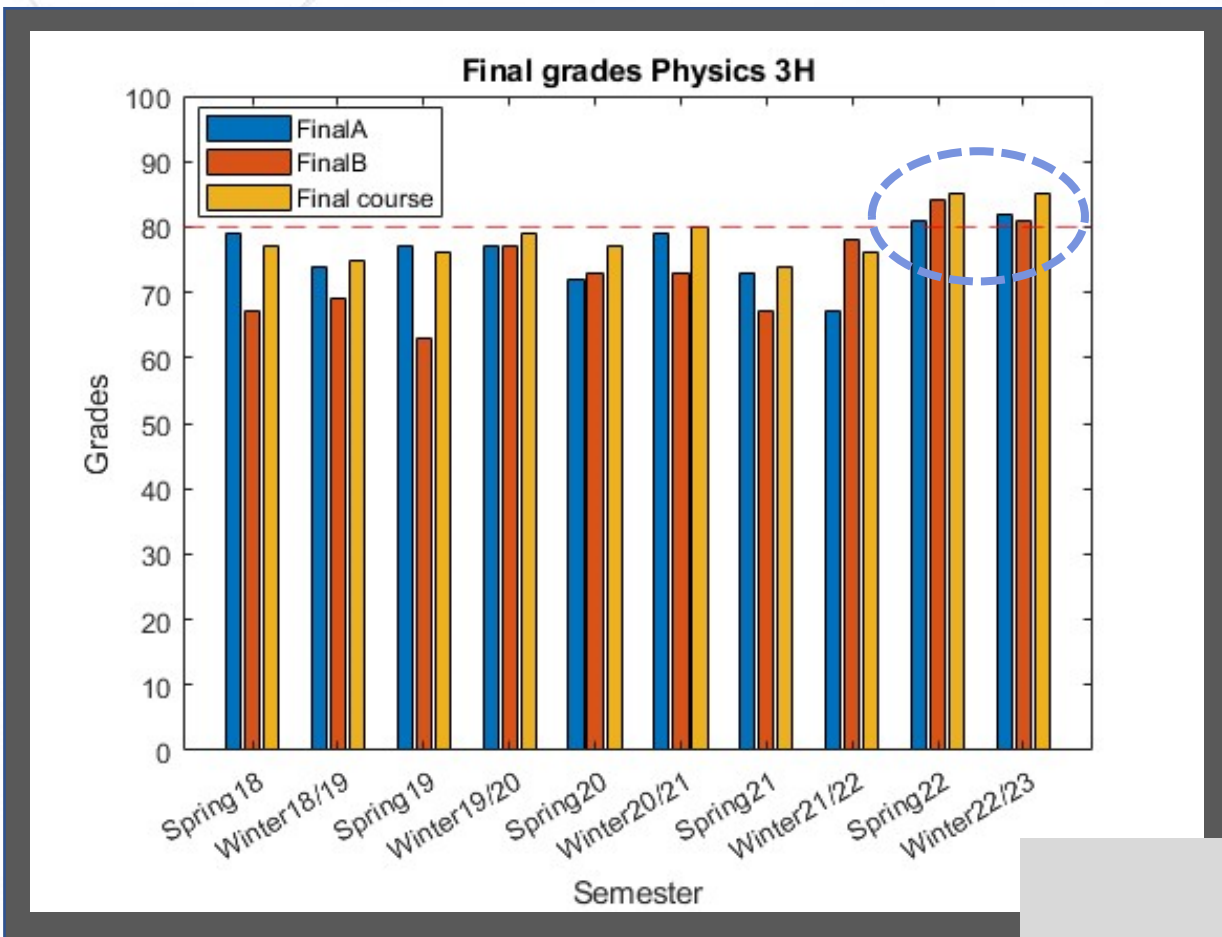
הערכת הסטודנטים של מורכבות
העבודה במשימות moodle



תגובות סטודנטים סקר סוף קורס

הערכת הסטודנטים את מטלות
ה- moodle אל מול מטלות
מוכרות כתובות





ציוני הקורס

ציונים גבוהים יותר, לראשונה ממוצע מעל 80

מוכנות טובה יותר והבנה לטובת קורסי ההמשך

העשייה בקורס

◆ שינוי מבנה הקורס דגש על ההבנה הפיזיקלית והפורמליזם הקוונטי עבור פתרון בעיות

◆ התאמה וכתובה של תרגולים למבנה החדש ולתוכן החדש בקורס

◆ פיתוח מטלות הגשה ממחושבות לטובת הורדת העומס תוך שילוב מיומנות של כתיבת קוד

◆ הוספת סדנאות לאורך הסמסטר לסיוע והעמקה בחומרי הלימוד הקורס

◆ שינוי מבנה ההערכה והמעקב לאורך הסמסטר

המשך פיתוח והתאמה של
הקורס עם תכנים בהלימה
לדרישות והצפיות החדשות

שיח משותף והיזון חוזר
מהפקולטה להנדסת חשמל
לטובת יצירת קורס קדם
אפקטיבי

מסקנות
להמשך