



הפיקוח על הוראת הפיזיקה

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית

אגף אי למדעים
הפיקוח על הוראת הפיזיקה



הפיקוח על הוראת הפיזיקה

היכרות עם נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה תשפ"ז

מדריך למורה

כתיבה ועריכה:

ד"ר יהונתן וייט

ד"ר אריאל אברשקין

מסמך זה מהווה מדריך למורה המציג את הקווים המנחים שבעדכון [נספח הנוסחאות והנתונים](#) [בפיזיקה](#) (להלן: "נוסחאון") החל מקיץ תשפ"ז. המסמך כולל דגשים דידקטיים חשובים להוראה בכיתה, להיבחות בבחינות הבגרות והצעות לפעילויות בכיתה.

היכרות מעמיקה ובקיאות בתוכן הנוסחאון הן מיומנויות חשובות שבכוחן לסייע לתלמידים רבות במהלך לימודיהם ובהיבחות בבחינות הבגרות. בהתאם, רצוי להציג ולתווך לתלמידים את הנוסחאון, תוכנו ואופני השימוש בו במהלך הלמידה.

תוכן	עניינים
חלק א': העוגנים והקווים המנחים בעדכון הנוסחאון	3
תפיסת תפקידו של הנוסחאון	3
דרישות בחינות הבגרות	3
תוכנית הלימודים בפיזיקה	3
סדר ונוחות	4
נוסחאות מתמטיות	4
נתונים על אודות כוכבי הלכת, והמסות של חלקיקים ואטומים אחדים	4
חלק ב': דגשים דידקטיים	5
היכרות עם תוכן הנוסחאון	5
הלימה לתוכנית הלימודים	5
שימוש בנוסחאות שלא מופיעות בנוסחאון	6
קשרים מתמטיים בין מושגים פיזיקליים ונוסחאות מתמטיות	7
נתונים על אודות כוכבי הלכת, והמסות של חלקיקים ואטומים אחדים	8
חלק ג': הצעות לפעילויות בכיתה	9
היכרות עם נספח "נוסחאות ונתונים בפיזיקה"	9
שליפים לבגרות	11
נספח א': פירוט השינויים שבוצעו בנוסחאון העדכני (תשפ"ז) יחסית לישן (תשפ"ג)	13
נספח ב': הצעה לפתרון לפעילויות המוצעות לכיתה	16

חלק א': העוגנים והקווים המנחים בעדכון הנוסחאון

בעדכון הנוסחאון נלקחו בחשבון מספר עוגנים וקווים מנחים. חלק מעוגנים אלה מהווים בסיס לדגשים דידקטיים חשובים להוראה בכיתה, שיפורטו בחלק ב' של מסמך זה, ואנו ממליצים למורים לקרוא אותם בעיון על מנת להבין ולהכיר בחשיבותם.

השוואה בין הנוסחאון הקודם (תשפ"ג) והעדכני (תשפ"ז) – נמצא בנספח א'.

תפיסת תפקידו של הנוסחאון

הנוסחאון משרת את כלל הנבחרים בכל בחינות הבגרות בפיזיקה (מכניקה, חשמל ומגנטיות, מעבדה רגילה, מעבדת חקר, וקרינה וחומר לנבחרים אקסטרניים) ותפקידו המרכזי הוא "נספח לכל בחינות הבגרות בפיזיקה". בהתאם לכך נקבעו הנוסחאות הנכללות בו, אופן הצגתן וסדר הופעתן.

דרישות בחינות הבגרות

הדרישה בבחינות הבגרות, כפי שכתובה בהנחיות בכל שאלון הינה: "בפתרון שאלות להן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה: רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, [...]". לכן:

- הנוסחאון מגדיר את הנוסחאות עליהן ניתן להסתמך במהלך הפתרון.
- לא ניתן להסתמך על נוסחאות שלא מופיעות בנוסחאון במהלך הפתרון, למעט מקרים מיוחדים המפורטים בחלק ב' של מסמך זה.
- שימוש בנוסחה שאינה מופיעה בדף הנוסחאות עלול להוביל לפגוע בציון.

תוכנית הלימודים בפיזיקה

בעדכון הנוסחאון ניתנה תשומת לב מיוחדת להתאמתו לתוכנית הלימודים בפיזיקה. בהתאם לכך, נוספו נוסחאות הרלוונטיות לסעיפים מתוך תוכנית הלימודים, וכמו כן הוסרו נוסחאות המתאימות לנושאים שהוצאו מתוכנית הלימודים. לכן:

- כל נוסחה וכל נתון המופיעים בנוסחאון הינם רלוונטיים ועשויים להיות שימושיים בבחינות הבגרות.
- מצופה מהנבחנים לדעת לחלץ מידע מהנוסחאון גם במידה ומידע זה אינו מופיע במפורש בבחינות. למשל: נתונים על אודות כוכבי הלכת, מסות ומטענים חשמליים של חלקיקים, ערכים ויחידות מידה של קבועים פיזיקליים, וכד'.

סדר ונוחות

הנוסחאון העדכני סודר מחדש באופן שמיטיב עם נבחנים בבחינות בגרות:

- החלקים המרכזיים בנוסחאון (נוסחאות מכניקה, נוסחאות חשמל, נוסחאות קרינה וחומר, וכד') מתחילים בעמודים נפרדים.
- סדר הופעת החלקים המרכזיים בנוסחאון תואם יותר את סדר ההיבחות (למשל: נתונים על אודות השמש והירח ונתונים הקשורים בכוכבי הלכת מופיעים מיד לאחר נוסחאות מכניקה).
- הטבלאות בנוסחאון חולקו לנושאים שונים המובחנים זה מזה באמצעות כותרות מתאימות. כל נושא מופיע לכל היותר בעמודה אחת ללא מעברים בין עמודות או בין עמודים שונים.

נוסחאות מתמטיות

שינויים שהוטמעו לאחרונה בתוכנית הלימודים במתמטיקה עשויים ליצור הטרוגניות ברמה המתמטית של נבחנים בפיזיקה. חשוב להדגיש שהרמה המתמטית המצופה מתלמידי פיזיקה בבחינות הבגרות לא השתנתה. ומכאן שאינ שינוי במיומנויות המתמטיות הנדרשות מנבחני פיזיקה.

בעדכון הנוכחי של הנוסחאון לא נעשה ניסיון לגשר על פערים מתמטיים אפשריים בין תלמידים. עם זאת, נוספו לנוסחאון מספר נוסחאות מתמטיות, טכניות במהותן, שעשויות להיות שימושיות לנבחנים בבחינות בגרות. בנוסף, כל הנוסחאות המתמטיות חולקו לקטגוריות המובחנות זו מזו באמצעות כותרות מתאימות, וסודרו בצורה ברורה בכל קטגוריה.

נתונים על אודות כוכבי הלכת, והמסות של חלקיקים ואטומים אחדים

בנוסחאון הנוכחי עודכנו טבלת הנתונים הקשורים בכוכבי הלכת. המידע נשען על מחקריים עדכניים שפורסמו לאחרונה. להלן רשימת מקורות (חלקית) עבור נתונים על אודות השמש, הירח, וכוכבי הלכת, עליה מסתמך הנוסחאון:

- https://ssd.jpl.nasa.gov/planets/phys_par.html
- <https://solarsystem.nasa.gov/planet-compare/>
- <https://radiojove.gsfc.nasa.gov/education/sun/basics/material/sunfacts.htm>

הנתונים בטבלת המסות של חלקיקים ואטומים אחדים נערכו באופן דומה בהתאם לערכים העדכניים הידועים כיום, על פי רשימת המקורות (החלקית) הבאה:

- https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Results?search_for=mass+in+u
- <https://www-nds.iaea.org/amdc/index.html>
- https://physics.nist.gov/cgi-bin/Compositions/stand_alone.pl

חלק ב': דגשים דידיקטיים

היכרות עם תוכן הנוסחאון

בניתוח תשובות הנבחנים בבחינות הבגרות האחרונות עלו מספר טעויות שמקורן באי-שליפת מידע הקיים בנוסחאון. נציין כמה דוגמאות:

- [בשאלון חקר 2025](#) בשאלה 9 הנבחנים נדרשו לבחור אילו מבין 4 אפשרויות מתארת נכונה את יחידות המידה של מומנט דיפול מגנטי. נבחנים רבים בחרו במסיח המבוסס על תפיסה שגויה לפיה פרמיאביליות הריק μ_0 היא גודל חסר יחידות. ניתן היה להימנע מטעות זו משום שיחידות המידה של פרמיאביליות הריק מופיעות בטבלת הקבועים הבסיסיים בנוסחאון, לצד הערך שלה.
- [בשאלון חשמל 2026](#) בשאלה 2 הנבחנים נדרשו לחשב בסעיף ב' את המהירות המינימלית שיש להעניק לפרוטון על מנת שיגיע אל המעטפת הכדורית. חלק מהנבחנים לא הצליחו לחשב זאת בטענה שמסת הפרוטון לא נתונה בשאלה, בהתעלם מכך שהיא מופיעה בנוסחאון. בנוסף, עלו לא מעט שגיאות בסעיף ג' בשאלה זו בהמרת היחידה של גודל המטען הנתון מננו-קולון לקולון, למרות שהקידומות במערכת היחידות נתונות בנוסחאון.

שימוש עקבי בנוסחאון במהלך הלמידה והיכרות טובה של התלמידים עם תוכנו עשויים לסייע בהתמודדות עם קשיים אלה וקשיים נוספים.

הלימה לתוכנית הלימודים

הנוסחאון עודכן בהתאם [לתוכנית הלימודים](#) ומשקף תוכנית זו. יש לשים לב כי במסגרת זו נכללות בנוסחאון בהקשרים כפי שנקבעו בתוכנית הלימודים גם נוסחאות שהשימוש בהן במהלך הלמידה עשוי להיות מצומצם, או שהן נלמדות בהקשרים שונים מאלה המופיעים בתוכנית. להלן מספר דוגמאות:

- צפיפות ומשקל סגולי (חלק מסעיף 2.7 במכניקה).
 - מהירות זוויתית ממוצעת $\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ (חלק מסעיף 2.10 במכניקה).
 - המושג "הספק" בבגרות במכניקה (חלק מסעיף 4.6 במכניקה).
 - כא"מ מושרה בגנרטור AC (חלק מסעיף 5.2 בחשמל ומגנטיות).
 - שניאי אידיאלי (חלק מסעיף 5.2 בחשמל ומגנטיות).
- על כן, היכרות מעמיקה עם הנוסחאון יכולה לשמש גם כבקרה על מהלך הלמידה. יש לזכור שבמידה וחלקים בנוסחאון לא נלמדו בהקשר בו הם מופיעים, הדבר אינו בהלימה לתוכנית הלימודים.

בחלק ג' למסמך זה מוצעת למורים פעילות לכיתה שמטרתה [היכרות עם הנוסחאון](#).

שימוש בנוסחאות שלא מופיעות בנוסחאון

כאמור, הדרישה המפורשת בבחינות הבגרות בשאלות בהן נדרש חישוב היא להתחיל את תהליך הפתרון מרישום הנוסחה כפי שהיא מופיעה בנוסחאון. המשמעות היא שהנוסחאון למעשה מגדיר באילו נוסחאות מותר להשתמש בתהליך הפתרון ואילו יש לפתח.

עם זאת, שימוש בנוסחאות שהן ניסוח כמותי של עקרונות פיזיקליים בסיסיים או הגדרות של מושגים מותר בבחינות בגרות, למרות שאינן מופיעות בנוסחאון. ניסוח בשפה מתמטית (נוסחה) במקום בעברית הוא מקובל. למשל:

- מהירות זוויתית בתנועה מעגלית קצובה: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$. הנוסחה רשומה בנוסחאון כנוסחה לתדירות זוויתית תחת "תנועות מחזוריות". יישום שלה בתנועה מעגלית קצובה מבוסס על יישום של הגדרת התדירות הזוויתית במקרה של תנועה מעגלית קצובה.
- תאוצת נפילה חופשית: $g^* = \frac{GM}{r^2}$. הנוסחה רשומה בנוסחאון בצורתה הכללית "עוצמת שדה כבידה של גרם שמיים". יישום שלה בהקשר זה מבוסס על הגדרת שדה כבידה והגדרת תאוצת נפילה חופשית.
- מספר האלקטרונים במעבר מטען חשמלי: $N = \frac{\Delta Q}{e}$. זהו ניסוח כמותי של הגדרת "המטען החשמלי היסודי".
- חלוקת המטען החשמלי לאחר חיבור מוליכים: $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$. זהו ניסוח כמותי של חוק שימור המטען החשמלי.

יש להדגיש כי זהו המקרה היחיד בו ניתן לעשות שימוש בנוסחאות שלא מופיעות בנוסחאון.

נתקלנו במקרים רבים של שימוש פסול בנוסחאות **שלא** מופיעות בנוסחאון שעלו מתשובות נבחנים לבחינות הבגרות. ניתן להציג בשני אופנים מרכזיים:

1) שימוש בנוסחאות שפותחו במהלך לימודי פיזיקה, כיישום פרטי של מקרה כללי יותר. להלן מספר דוגמאות:

- זמן הנפילה של עצם הנשמט ממנוחה מגובה מסוים: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.
- מהירות לווין במסלול מעגלי סביב כוכב: $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$.
- עוצמת הזרם במעגל עם מקור מתח בעל התנגדות פנימית: $I = \frac{\varepsilon}{R_T + r}$.
- רדיוס סיבוב בתנועת מטען בשדה מגנטי: $R = \frac{mv}{qB}$.

חשוב להדגיש לתלמידים שפיתוח של נוסחאות אלה, למרות שבוצע בעבר במהלך הלימודים, עשוי להיות ידע שהשאלה מבקשת לבדוק. חלק מהניקוד בסעיפים המבקשים פיתוח שכזה הוא בעבור הפיתוח עצמו. על כן, שימוש בנוסחאות שכאלה ללא פיתוחן עלול להוביל לפגוע בציון.

(2) שימוש בנוסחאות המוכרות לנבחנים ממגמת לימוד אחרת (כימיה, אלקטרוניקה, וכד').

נדגיש כי שימוש שכזה פסול לחלוטין. אין להשתמש בנוסחאות השייכות לתחומי דעת אחרים ומהווים חלק מהם. הנוסחאון הוא חומר העזר הכתוב היחיד המותר לשימוש בזמן בחינות בגרות בפיזיקה.

קשרים מתמטיים בין מושגים פיזיקליים ונוסחאות מתמטיות

בנוסחאון מופיעות מספר נוסחאות המתארות קשרים מתמטיים, בעיקר קשרי נגזרות ואינטגרלים, בין גדלים פיזיקליים שונים. כמו למשל:

- מהירות רגעית $v = \frac{dx}{dt}$, תאוצה רגעית $a = \frac{dv}{dt}$ וזרם רגעי $I = \frac{dq}{dt}$.
- עבודה של כוח משתנה $W = \int_{x_1}^{x_2} F_x(x) dx$ ומתקף של כוח משתנה $\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) dt$.

נוסחאות אלה הן ניסוח כמותי, תוך שימוש בשפה מהחשבון הדיפרנציאלי והאינטגרלי, של עקרונות פיזיקליים המוכרים לתלמידים. מכאן, עולה חשיבות להמשגה מעמיקה של הגדלים הפיזיקליים תוך שימת דגש על הקשרים המתמטיים האופרטיביים ביניהם (גזירה, אינטגרציה, וכד'). הדבר עשוי לסייע לתלמידים להשתמש בנוסחאות אלו גם במקרים בהם הפעולה המתמטית אינה מפורשת, מתוך הכרת המשמעות של קשרים מתמטיים אלה. לצורך המחשה: העקרון על פיו עבודה היא שטח מתחת לגרף כוח-דרך כתוב מפורשות בנוסחאון בנוסחה " $W = \int_{x_1}^{x_2} F_x(x) dx$ ". נוסחה זו שימושית למרות שפעולה מפורשת של אינטגרציה (מציאת אינטגרל מסוים) אינה נפוצה במהלך הלימודים.

מעבר לכך, בנוסחאון העדכני הורחב מעט סעיף הנוסחאות המתמטיות, כך שכעת נוסחאות כדוגמת נוסחת השורשים, זהויות טריגונומטריות בסיסיות ונגזרות בסיסיות נגישות לתלמידים. עם זאת, חשוב להדגיש שהופעת נוסחאות אלה אינה מחליפה את הצורך בבקיאות ושליטה בטכניקה מתמטית בכלל ובפתרון שאלות בפרט במהלך לימודי פיזיקה.

נתונים על אודות כוכבי הלכת, והמסות של חלקיקים ואטומים אחדים

כפי שצינו בחלק א', חלק מהנתונים על אודות כוכבי הלכת והמסות של חלקיקים ואטומים אחדים שהופיעו בגרסאות קודמות של הנוסחאון אינם עדכניים. אנו ממליצים למורים להשתמש במקורות שצירפנו למסמך אם ברצונם לקבל ערכים מדויקים יותר לצרכים שונים בהוראתם. ניתן להשתמש בקישורים אלה בכדי לדעת מהי רמת הדיוק של הנתונים. ניתן אף לקיים בכיתה דיון מדעי פורה על גבולות הידע המדעי ועל התפתחותו בזמן.

נוסף על כך, מורים צריכים לקחת בחשבון בהוראתם שכל חומרי הלימוד שבהם נעשה שימוש עד כה עשויים להכיל נתונים לא עדכניים. למשל: ספרי לימוד, ספרי תרגול, בגרורות משנים קודמות, וכד'. יש להיות ערניים לכך שפתרונות המבוססים על הנתונים העדכניים עשויים להיות שונים במעט מפתרונות המבוססים על הנתונים שפורסמו בגרסאות קודמות של הנוסחאון.

חלק ג': הצעות לפעילויות בכיתה

בחלק זה נציג שתי הצעות לפעילויות בכיתה. "היכרות עם נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה" ו-"שליפים לבגרות". אנו ממליצים להעביר לתלמידים פעילויות אלה בסיום הוראה של כל יחידת הוראה, תוך התמקדות בחלקים הרלוונטיים בנוסחאון (יש להשלים את הפרטים החסרים בראש דפי עבודה אלה). [בנספח ב'](#) של מסמך זה ניתן למצוא הצעות לפתרון המבוססות על קינמטיקה כיחידת הוראה לדוגמה.

הערה: הפעילויות תוכננו בהקשר לנושאים השונים במכניקה, חשמל ומגנטיות, וקרינה וחומר. עם זאת, בתיווך מתאים ניתן להשתמש בהן גם להיכרות עם חלקים אחרים של הנוסחאון: טבלת הקבועים הבסיסיים, טבלת הקידומות במערכת היחידות, הקשרים בין היחידות, הנוסחאות המתמטיות, וכד'.

היכרות עם נספח "נוסחאות ונתונים בפיזיקה"

פעילות זו מעובדת מתוך הפעילות "[אוף כמה נוסחאות](#)" באלקטרוסטטיקה שפרסם בעבר המרכז הארצי למורי הפיזיקה.

מטרת הפעילות היא לוודא שהתלמידים מבינים את כל הנוסחאות בנוסחאון בחלק הרלוונטי (לבחירת המורה). בפעילות זו התלמידים ינסחו את המשמעות הפיזיקלית של כל גודל המופיע בנוסחה תוך ציון יחידות המידה המתאימות. וכן ימשיגו לעצמם את משמעות הנוסחה, תחום התוקף שלה, ויציגו דוגמה לשימוש בה.

בעמוד הבא מוצג דף עבודה לתלמידים.

דף עבודה – היכרות עם הנספח "נוסחאות והנתונים בפיזיקה"

פתחו את נספח הנוסחאות והנתונים בפיזיקה בעמוד ____ והתמקדו בנוסחאות המופיעות תחת הכותרת _____

(1) ציינו מה מייצגת כל אות המופיעה בנוסחאות

אות	מה היא מייצגת	יחידות מידה	אות	מה היא מייצגת	יחידות מידה	אות	מה היא מייצגת	יחידות מידה

(2) מלאו את הטבלה שלפניכם:

	הנוסחה	מה הנוסחה? מתארת	דוגמא לשימוש בנוסחה	מה התוקף של הנוסחה?
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

שליפים לבגרות

פעילות זו מבוססת על הקורסים הדיגיטליים בהכנה לבגרות במכניקה ובחשמל הנמצאים ב-CampusIL, ובפרט היחידה **שליפים**: [שליפים לבגרות – מכניקה](#); [שליפים לבגרות – חשמל ומגנטיות](#).

מטרת הפעילות היא חשיפת התלמידים לתכנים שבקורסים הדיגיטליים ב-CampusIL, זיהוי נוסחאות שאינן מופיעות בנוסחאון ותרגול פיתוח של אותן נוסחאות.

בעמוד הבא מוצג דף עבודה לתלמידים.

דף עבודה – שליפים לבגרות

היכנסו לקורס הדיגיטלי ב-CampusIL, שליפים לבגרות, והיכנסו ליחידה _____

עליכם לזהות אילו נוסחאות מופיעות בשליפים ואין מופיעות בנספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה.

עבור נוסחאות אלה השלימו את הטבלה שלפניכם:

הנוסחה	הציגו פיתוח שלה מתוך נוסחאות שמופיעות בנספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

נספח א': פירוט השינויים שבוצעו בנוסחאון העדכני (תשפ"ז) ביחס לקודם (תשפ"ג)

מכניקה

תיאור הנוסחה	הנוסחה	השינויים שבוצעו
תאוצה ממוצעת	$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	נוספה לנוסחאון, חלק מסעיף 1.7
מהירות של B ביחס ל-A	$v_{B,A} = v_B - v_A$	הוסרה מהנוסחאון
החוק השלישי של ניוטון	$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$	נוספה לנוסחאון, חלק מסעיף 2.2
צפיפות חומר	$\rho = \frac{m}{V}$	נוספה לנוסחאון, חלק מסעיף 2.7
עבודה של כוח משמר	$W_{\text{כוח משמר}} = -\Delta U$	נוספה לנוסחאון, חלק מסעיף 4.2
הספק ממוצע	$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t}$	הוסרה האות "Δ" מ-"ΔW"
התנגשות אלסטית חד ממדית	$v_A - v_B = -(u_A - u_B)$	הוסרו סימני ווקטור
עוצמת שדה כבידה של גרם שמים	$g^* = \frac{GM}{r^2}$	נוספה לנוסחאון, חלק מסעיף 7.2

אלקטרומגנטיות

תיאור הנוסחה	הנוסחה	השינויים שבוצעו
כל החלק בנוסחאון הועבר לעמודים 5-6, לאחר נתונים על אודות השמש, הירח וכוכבי הלכת		
כוח על מטען בשדה חשמלי	$\vec{F} = q\vec{E}$	נושא הנוסחה שונה משדה חשמלי לכוח חשמלי
גודל שדה חשמלי הנוצר על ידי לוח טעון	$E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ $\sigma = \frac{Q}{A}$	הוסרה ההגדרה " $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$ " ונוסף השוויון " $E = 2\pi k\sigma$ " במקומה.
אנרגיה פוטנציאלית חשמלית של מערכת שני מטענים נקודתיים	$U_E = k \frac{q_1 q_2}{r}$ ($U_{E(r \rightarrow \infty)} = 0$)	נוספה לנוסחאון, חלק מסעיף 2.1
אנרגיה פוטנציאלית חשמלית	$U_E = qV$	נושא הנוסחה שונה מפוטנציאל לאנרגיה פוטנציאלית
אנרגיה של מוליך טעון	$U = \frac{1}{2} QV$	הוסרה מהנוסחאון
עבודת חשמלי	$W_{A \rightarrow B} = qV_{AB}$	הוסר השוויון " $V_{AB} \Delta t$ " והנוסחה הועברה מ-"זרם חשמלי" ל-"אלקטרוסטטיקה"
זרם ממוצע	$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$	נוספה לנוסחאון, חלק מסעיף 3.1

התנגדות של מוליך	$R = \rho \frac{\ell}{A} = \lambda \ell$	נוסף השוויון $\lambda \ell$ והמילה "תיל" שונתה ל-"מוליך"
חוקי קירכהוף		נכתבו כשני חוקים נפרדים עם שמות שונים
מתח בין שתי נקודות במעגל חשמלי	$V_{AB} = \Sigma IR - \Sigma \varepsilon$	הוסרה מהנוסחאון
כל הנוסחאות הקשורות בקיבול וקבלים		נוספה כותרת "קיבול וקבלים" אחרי "זרם חשמלי" והנוסחאות הועברו לשם
אנרגיה של קבל טעון	$U = \frac{1}{2} Q V_{AB}$ $= \frac{1}{2} C V_{AB}^2 = \frac{Q^2}{2C}$	נוספו השוויות $\frac{1}{2} Q V_{AB}$ ו- $\frac{Q^2}{2C}$
קבוע הזמן האופייני	$\tau = RC$	נוספה לנוסחאון, חלק מסעיף 3.5
זרם ומתח בטעינה ופריקה של קבל	$\dots e^{-\frac{t}{\tau}}$	בכל האקספוננטים נעשה שימוש ב- τ במקום RC
גודל שדה מגנטי במרכז סליל מעגלי (בעל אורך L , רדיוס R ו- N כריכות)	$B = \mu_0 \frac{NI}{\sqrt{L^2 + (2R)^2}}$	נוספה לנוסחאון, חלק מסעיף 4.3 ושימושית למעבדה "השדה המגנטי במרכז סילונית"
שדה מגנטי במרכז סליל מעגלי דק	$B = \mu_0 \frac{NI}{2R}$	הודגש שזהו מקרה פרטי עבור $R \gg L$
שדה מגנטי בתוך סילונית ארוכה	$B = \mu_0 \frac{NI}{L}$	הודגש שזהו מקרה פרטי עבור $R \ll L$

קרינה וחומר

תיאור הנוסחה	הנוסחה	השינויים שבוצעו
כל החלק בנוסחאון הועבר לעמוד 8, לאחר קבועים בסיסיים וקידומות במערכת היחידות		
מקדם שבירה	$n = \frac{c}{v}$	נוספה לנוסחאון, חלק מסעיף 1.3
אנרגייה של פוטון	$E[eV] = \frac{1240}{\lambda[nm]} = \frac{12400}{\lambda[\text{\AA}]}$	הסוגריים מרובעים, והוחלף הסדר כך שננומטר יופיע קודם
רדיוסי המסלול המותרים של האלקטרון באטום המימן	$r_1 = \dots = 0.0529nm$ $= 0.529\text{\AA}$	נוסף הערך בננומטר
עקרון אי-הוודאות	$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$	הוסרה מהנוסחאון
פעילות של מקור רדיואקטיבי	$R = \lambda N = -\frac{dN}{dt}$	נוסף השוויון $-\frac{dN}{dt}$

קבועים בסיסיים

השתנה סדר הופעת הקבועים באופן שיותר תואם את סדר הلمידה.

נוסחאות מתמטיות

תיאור הנוסחה	הנוסחה	השינויים שבוצעו
כל החלק בנוסחאון הועבר לסוף עמוד 9, לאחר קשרים בין יחידות, וסודר מחדש עם תת-כותרות		
נוסחת שורשים	$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	נוספה לנוסחאון
הגדרת טנגנס	$\tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$	נוספה לנוסחאון
נגזרות בסיסיות	נוספו לנוסחאון נגזרות של הפונקציות הבאות: $x^t, e^x, \ln x, \sin x, \cos x, \tan x$	

פירוש קיצורי היחידות

כל החלק הוסר מהנוסחאון.

קשרים בין יחידות

תיאור הקשר	הקשר	השינויים שבוצעו
כל החלק בנוסחאון הועבר לעמוד 9, לאחר נתוני מסות של חלקיקים ואטומים אחדים		
אורך	$1nm = 10^{-9}m$	הוסר מהנוסחאון, הקידומת "ננו" קיימת בקידומות במערכת היחידות
מעבר מקלווין למעלות צלזיוס	$t_C = T_K - 273$	הוסר מהנוסחאון
תנע	$1 \frac{kg \cdot m}{s} = 1.87 \cdot 10^{21} \frac{MeV}{c}$	הוסר מהנוסחאון
זווית	$1rad = \frac{360^\circ}{2\pi} \approx 57.3^\circ$	נוסף לנוסחאון

קידומות במערכת היחידות

הוזז לעמוד 7 לאחר קבועים בסיסיים ולפני נוסחאות קרינה וחומר.

נתונים על אודות השמש והירח + נתונים הקשורים בכוכבי הלכת

עודכנו בהתאם לנתונים עדכניים שפורסמו והוזזו לעמוד 4, אחרי נוסחאות מכניקה ולפני נוסחאות אלקטרומגנטיות.

המסות של חלקיקים ואטומים אחדים

עודכנו בהתאם לנתונים עדכניים שפורסמו והוסרה העמודה של המסה ב- $\frac{MeV}{c^2}$.

נספח ב': הצעה לפתרון לפעילויות המוצעות לכיתה

היכרות עם הנספח "נוסחאות והנתונים בפיזיקה"

(1) ציינו מה מייצגת כל אות המופיעה בנוסחאות

אות	מה היא מייצגת	יחידות מידה	אות	מה היא מייצגת	יחידות מידה	אות	מה היא מייצגת	יחידות מידה
t	זמן	s	$\bar{a}$	תאוצה ממוצעת	m/s^2	$\Delta x; dx$	שינוי מקום (העתק)	m
x	מקום	m	x_0	מקום התחלתי	m	$\Delta v; dv$	שינוי מהירות	m/s
v	מהירות	m/s	v_0	מהירות התחלתית	m/s	$\Delta t; dt$	פרק זמן	s
$\bar{v}$	מהירות ממוצעת	m/s	Δ	שינוי	-			
a	תאוצה	m/s^2	d	שינוי קטן	-			

(2) מלאו את הטבלה שלפניכם:

	הנוסחה	מה הנוסחה? מתארת	דוגמא לשימוש בנוסחה	מה התוקף של הנוסחה?
1	$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	מהירות ממוצעת בפרק הזמן Δt	חישוב מהירות על ידי שיפוע גרף מקום-זמן ישר	התנועה בקו ישר
2	$v = \frac{dx}{dt}$	מהירות רגעית	הערכת מהירות על פי שיפוע גרף מקום-זמן לא ישר	התנועה בקו ישר
3	$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	תאוצה ממוצעת בפרק הזמן Δt	חישוב תאוצה על ידי שיפוע גרף מהירות-זמן ישר	התנועה בקו ישר
4	$a = \frac{dv}{dt}$	תאוצה רגעית	הערכת תאוצה על פי שיפוע גרף מהירות-זמן לא ישר	התנועה בקו ישר
5	$v = v_0 + at$	קשר בין מהירות, מהירות התחלתית, זמן ותאוצה	מציאת הזמן שלוקח לגוף להאיץ למהירות מסוימת	התנועה בקו ישר ובתאוצה קבועה
6	$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$	קשר בין מקום, מקום התחלתי, זמן ותאוצה	מציאת מיקום בהינתן תנאי התחלה (מיקום, מהירות) וזמן התנועה	התנועה בקו ישר ובתאוצה קבועה
7	$x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2} t$	קשר בין מקום, מקום התחלתי, מהירות התחלתית, מהירות סופית, וזמן	מציאת מיקום כאשר לא נתונה התאוצה ונתונה מהירות סופית במקום	התנועה בקו ישר ובתאוצה קבועה
8	$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$	קשר בין העתק (מקום סופי והתחלתי), מהירות התחלתית, מהירות סופית, ותאוצה	מציאת מיקום כאשר לא נתון זמן התנועה	התנועה בקו ישר ובתאוצה קבועה

שליפים לבגרות

הנוסחה	הציגו פיתוח שלה מתוך נוסחאות שמופיעות בנספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה
1	$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ <p>כאשר המהירות קבועה, $a = 0$, ומתקבלת הנוסחה.</p>
2	$v = \frac{dx}{dt}$ <p>הסימון המקובל לנגזרת הוא d/dt והנוסחה היא הגדרת הנגזרת.</p>
3	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \Delta v = a \Delta t$
4	$v(t) = v_0 + at$ <p>בנפילה חופשית כאשר ציר המקום כלפי מעלה, הגוף נזרק אנכית מעלה ו-$a = -g$, אזי מתקבלת הנוסחה.</p>
5	$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ <p>בנפילה חופשית, המקום מסומן ב-y וכאשר ציר המקום כלפי מעלה, הגוף נזרק אנכית מעלה ו-$a = -g$, אזי מתקבלת הנוסחה.</p>
6	$v(t) = v_0 + at$ <p>בנפילה חופשית כאשר ציר המקום כלפי מטה, הגוף נזרק אנכית מעלה ו-$a = g$, אזי מתקבלת הנוסחה.</p>
7	$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ <p>בנפילה חופשית, המקום מסומן ב-y וכאשר ציר המקום כלפי מטה, הגוף נזרק אנכית מעלה ו-$a = g$, אזי מתקבלת הנוסחה.</p>

הערה: הנוסחאות ופיתוחן מתייחסות במפורש לתוכן כפי שמוצג בשליפים ב-CampusIL. בפרט: נוסחאות 4-7 עשויות להיראות כלא תקינות מבחינה פיזיקלית, אך ב-CampusIL הן הוצגו בהקשר ספציפי ותחת הנחות מסוימות.