



אולימפיאדת רמון לחלל לחטיבות הביניים שנה"ל תשע"ח



משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה



המרכז הישראלי למצוינות בחינוך



ISRA
סוכנות החלל הישראלית
משרד המדע והטכנולוגיה

משרד המדע
והטכנולוגיה



26 פברואר 2018
י"א אדר תשע"ח

משימות הכנה לקראת אירוע הגמר

במהלך התחרות למדתם על השימושים המגוונים בלוויינים ועל חוקי הפיזיקה השולטים בתנועתם ובאופן פעולתם. לקראת הגמר, בצעו חזרה על חומר הלימוד הכולל של התחרות אותו למדתם לקראת שלבים א' ו-ג', וכן על תוכן [מצגת הפתיחה של התחרות](#). בנוסף, תעמיקו את הבנתכם בנושא החוק השלישי של קפלר (משימה 1 – מאזניים קוסמיים), ובנושא הצילום המולטיספקטרי (משימה 2 – שחור לבן בצבעים). **אין צורך להגיש לנו את תוצאות משימות ההכנה**, הן נועדו לעזור לכם להיערך לאתגרים בפעילויות הגמר.

1. מאזניים קוסמיים

במהלך התחרות נחשפתם לשלושת חוקי קפלר העוסקים בתנועת גרמי שמיים סביב עצם בעל מסה גדולה. קפלר הניח את היסודות שעליהם ינסח ניוטון כמה עשרות שנים לאחר מכן את חוק הכבידה העולמי. קראו ולימדו את המידע המופיע בהמשך ובצעו את המשימה שאחריו (חישוב מסתו של גרם שמים).

(א) מהו כוח הכבידה?

כוח הכבידה הוא כוח משיכה הפועל בין כל שני גופים. גודל כוח הכבידה שפועל על גוף תלוי בתכונה של הגוף שנקראת "מסה". אפשר לחשוב על מסה כמדד לכמות החומר שיש בגוף – ככל שיש בגוף יותר חומר, כך המסה שלו גדולה יותר. כוח הכבידה הפועל בין עצמים שאתם מכירים בחיי יומיום הוא חלש מאוד, ולא תוכלו לחוש בו. כדי שהוא יהיה מורגש, לפחות אחד הגופים המושכים צריך להיות בעל מסה עצומה: גרם שמיים כדוגמת השמש, כדור הארץ, הירח וכדומה. מלבד המסה, כוח הכבידה תלוי גם במרחק בין הגופים. ככל שמרחק זה גדול יותר כך כוח הכבידה ביניהם יהיה חלש יותר.

(ב) חוק הכבידה של ניוטון

ניוטון הצליח למצוא קשר מתמטי בין כוח הכבידה לבין מסות הגופים והמרחק ביניהם. הוא מצא שכוח הכבידה נמצא ביחס ישר למכפלת מסת הגוף הראשון במסת הגוף השני לחלק לריבוע המרחק ביניהם. עבור המקרה של לויין המקיף כוכב לכת, אפשר לנסח זאת במשוואה הבאה:

$$F = G \frac{m \cdot M}{r^2} \quad (1)$$

F – מייצג את הכוח הפועל בין הגופים, m – מייצג את מסת הלוויין, M – מייצג את מסת כוכב הלכת, ו- r מייצג את המרחק בין הגופים.

G הוא גודל קבוע שנקרא קבוע הכבידה העולמי, וגודלו המספרי הוא $66.7 \cdot 10^{-12}$ (66.7 לחלק לטריליון), כאשר המסות נמדדות בקילוגרמים, המרחק במטרים והזמן בשניות.

ג) הקשר בין החוק השלישי של קפלר וחוק הכבידה של ניוטון

בשלב ג' של התחרות השתמשנו בחוק השלישי של קפלר. חוק זה קובע שכאשר מספר לוויינים מקיפים את אותו כוכב הלכת, יש קשר בין רדיוס ההקפה של הלוויינים לבין זמן המחזור שלהם: ריבוע זמן המחזור נמצא ביחס ישר לרדיוס ההקפה בחזקה שלישית.

את הקשר בין רדיוס ההקפה לזמן המחזור אפשר להסביר על ידי חוק הכבידה של ניוטון. כאשר גוף נע בתנועה מעגלית הוא משנה את כיוון תנועתו בכל רגע. ניוטון הראה שלשם כך יש להפעיל עליו כוח רצוף בכיוון מרכז המעגל. גודל הכוח הנדרש תלוי במסת הגוף המקיף (m), ברדיוס המעגל עליו הוא נע (r) ובזמן המחזור של ההקפה (T) בצורה הבאה:

$$F = m \frac{4\pi^2 r}{T^2} \quad (2)$$

כאשר משווים את הכוח שנדרש כדי לקיים תנועה מעגלית (משוואה 2) עם הביטוי של הכוח מחוק הכבידה (משוואה 1), מקבלים (לאחר העברת אגפים):

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3 \quad (3)$$

כלומר מתקבל שהריבוע של זמן המחזור של תנועת גוף בהשפעת כוח הכבידה נמצא ביחס ישר לרדיוס ההקפה בשלישית, כאשר מקדם הפרופורציה הוא $4\pi^2/GM$. שימו לב שהביטוי $4\pi^2/GM$ תלוי רק במסה של כוכב הלכת שסביבו מתבצעת ההקפה. עבור כל הלוויינים שמקיפים את אותו כוכב לכת, הביטוי הזה הוא זהה, ולכן אפשר להתייחס אליו כקבוע עבור כוכב לכת נתון.

ד) משימה: חישוב מסתו של גרם שמיים

בעזרת המשוואה האחרונה תוכלו לקבוע את מסתו של כדור הארץ. לשם כך עליכם להשתמש בתוצאות הניסויים שביצעתם בשלב ג' של התחרות.

1) העבירו אגפים בביטוי המתמטי של החוק השלישי של קפלר (משוואה 3), והביעו את מסת כוכב הלכת כפונקציה של רדיוס תנועת הלוויין וזמן המחזור של ההקפה.

2) רשמו לעצמכם בטבלה את זמן המחזור של כל אחד מהלוויינים שחקרתם ואת ממוצע המרחקים באפוגיאה ובפריגאה של כל לוויין בתנועתו ביחס למרכז כדור הארץ.

3) חשבו את מסת כדור הארץ על ידי הצבת הנתונים שמצאתם בסעיף 2 במשוואה שמצאתם בסעיף 1. שימו לב שעליכם להמיר את זמני המחזור ליחידות של שנייה, ואת רדיוס ההקפה ליחידות של מטר, ושהמסה שתחשבו תתקבל ביחידות של קילוגרם.

4) השוו את התשובה שקיבלתם עם הערך המקובל של מסת כדור הארץ.

2. שחור לבן בצבעים

אחד מהתוצרים הנפוצים שמתקבלים מלווייני חישה מרחוק הוא תמונות מולטיספקטרליות. בתוצר זה מצולם היעד בו זמנית במספר אורכי גל שונים, הנקראים "ערוצים". כאשר מנתחים את צילומי הלוויין, אפשר לבחון כל ערוץ לגופו, אולם פעמים רבות יש יתרון בראייה של מידע ממספר ערוצים בו זמנית. לשם כך משתמשים בצבעים שונים לייצוג ערוצי קלט שונים. אפשר להשתמש בערוצי הקלט בשתי צורות:

1) ליצירת תמונת צבע אמת (True color), שהיא תמונה שמדמה את המראה שהיה נשקף לעיני מתבונן אנושי.

2) ליצירת תמונה בצבעים מדומים (False color), כדי להדגיש פרטים שקשה לראות בתמונה הרגילה, או כאשר חלק מערוצי הקלט אינם בתחום הנראה.

לפני שתוכלו לנסות כוחכם בניתוח תמונות מולטיספקטרליות, עליכם להבין כיצד מיוצגים צבעים במחשב. לשם כך תוכלו לקרוא את ההסבר בקישור:

https://davidson.weizmann.ac.il/online/askexpert/math_and_comp-מה-ההבדל-שלום-cmy-rgb-בין-

להסבר בשפה הערבית כנסו לקישור הבא:

https://ar.wikipedia.org/wiki/النموذج_اللونِي_أحمر_أخضر_أزرق

כמו כן, מומלץ להיעזר במורה למחשבים כדי להבין את האופן שבו נוצרת תמונה על צג המחשב. לאחר מכן, השתמשו בתוכנה שבקישור

<http://masteringmatter.com/space/combineRGB.html>

כדי לבצע את משימות (א)–(ד) בהמשך. כדי לבצע כל אחת מהמשימות, עליכם לבחור תחילה את תמונת הבסיס המתאימה בכפתור הבחירה שבראש העמוד. לאחר מכן, תוכלו לבחור את הקלט עבור כל אחד מערוצי ההקרנה במחשב: B, G, R, באמצעות כפתור הבחירה שנמצא מתחת לערוץ ההקרנה המתאים. כל קלט הוא תמונה בגווני אפור, שמייצגים את עוצמת ההארה של ערוץ הקרנה מסוים בכל נקודה (בהיר = עוצמה גבוהה, כהה = עוצמה נמוכה). מתחת לשלושת ערוצי הקלט מופיעה תמונה משולבת של כל שלושת ערוצי ההקרנה, שבה העוצמה של הפיקסלים האדומים נקבעת על פי הקלט בערוץ R, העוצמה של הירוקים על פי ערוץ G, והכחולים על פי ערוץ B.

א) צבע אחיד

כאן תוכלו ללמוד כיצד אפשר ליצור צבעים שונים באמצעות ערבוב עוצמות תאורה שונות של שלושת ערוצי ההקרנה. עוצמת התאורה של כל ערוץ מיוצגת באמצעות גווני אפור: ככל שהצבע בהיר יותר, כך עוצמת התאורה של הערוץ חזקה יותר. שחור משמעו שהערוץ כבוי, ולבן – תאורה מקסימלית.

נסו ליצור את הצבעים הבאים: אדום, כחול, ירוק (רגיל, לא בוהק), צהוב, כתום, חום וזית.

ב) כלניות

התחילו ביצירת תמונת צבע אמת: התאימו לכל ערוץ הקרנה את הקלט המתאים לו, כך שבתמונה המשולבת הכלנית האמצעית תופיע בצבע אדום. בחנו את הקלט בכל אחד מהערוצים, ושנו את סדר הקלטים כך שהכלנית האמצעית תופיע בצבע:

(1) ירוק

(2) כחול

(3) צהוב

ג) סביונים

בתמונת הסביונים השתבש סדר הקלטים. נסו למצוא איזה קלט מתאים לאיזה ערוץ הקרנה, כך שתקבל תמונת צבע אמת: פרחי הסביונים בצבע צהוב, וגבעוליהם – ירוקים.

ד) תמונת לוויין

תמונה זו צולמה בארבעה ערוצים: כחול (490 nm), ירוק (560 nm), אדום (665 nm) ותת-אדום קרוב (842 nm).

(1) מצאו במצגת הפתיחה את הגרף שמתאר את התלות של החזרת האור באורך הגל של הקרינה הפוגעת, עבור סוגי תכסית שונים.

(2) השוו את עוצמת הקרינה המוחזרת מהצמחייה בכל אחד מהקלטים.

(3) השוו את עוצמת הקרינה המוחזרת מהמים בבריכה בכל אחד מהקלטים.

(4) בנו באמצעות שלושה מהקלטים תמונת צבע מדומה שבה הצמחייה מודגשת בצבע אדום,

והמים בצבע כחול עמוק. השוו את התוצאה שלכם עם התמונה שמופיעה [במצגת הפתיחה](#)

(תחת הכותרת "לראות מעבר לחושים").

ה) תרגול

השתמשו בתוכנה שבקישור <http://masteringmatter.com/space/satelliteRGB.html>

כדי להתאמן בזיהוי קלטים מולטיספקטרליים. חפשו סוגי נוף שונים ברחבי העולם במפת גוגל

שבאתר, פצלו את התמונות לשלושה ערוצים בתחום הנראה. ובחנו את ההבדלים בין הערוצים.

תוכלו לשנות את מיקומכם במפה על ידי גרירתה באמצעות העכבר. התבוננו בנופים גם מרחוק

וגם מקרוב, באמצעות לחיצה על כפתורי ה+ וה- שבפינה הימנית התחתונה.

בהצלחה!