

1/7/2007

שיטות שערורך בפיסיקה - אוסף תרגילים

הערה: חלק מהתרגילים מעט קשים מהרמה של הבחינה.

הערכות

1. כמה מכווני פסנתרים יש להערכתכם בעיר שיקגו? (זו שאלה מפורסמת שאנריקו פרמי היה שואל את הסטודנטים שלו).
2. כמה גרגירי חול יש בחופי ישראל? לבטון של כמה בתים כמות זו מספיקה?
3. העריכו את מסתה הכוללת של אטמופירת כדור"א.
4. כמה שווה בממוצע הזמן שלכם? (כמה תרווחו בחיים? כמה תחיו?).
5. בכמה מקצרות תאונות הדרכים את תוחלת החיים? אם הסיכוי למות מגורם כלשהו לפני גיל שלושים הוא בערך פי 2 מתאונות דרכים בלבד, כמה אמור לעלות לכם ביטוח חיים של מליון דולר?
6. כמה שערות לראשכם?
7. העריכו, מהי תצרוכת הדלק של מדינת ישראל? אם מחיר הדלק עולה בפקטור 2, מה תהיה האינפלציה לה נצפה?

סקלינג (יחסי שקילות)

1. גובהם המקסימלי של הרים נקבע על פי הלחץ בבסיס שאינו יכול לעלות על ערך קריטי.
(א) בהנחה כי ערך זה ידוע, העריכו (במודל פשוט...) מה גובהו המקסימלי האפשרי של הר על כדור"א. כיצד משתנה התוצאה אם ההר נמצא ברובו מתחת לפני הים?
(ב) כיתבו ביטוי יחס שקילות (*scaling law*) המתאר את גובה ההרים המקסימלי עבור פלנטה כלשהי בעזרת ההר הגבוה על כדור"א, רדיוס כוכב הלכת, צפיפות ממוצעת, יחס הלחצים המסקסימלי (מי אמר שאותו כוכב עשוי מאותו חומר?) וכדומה.
(ג) מה רדיוס הגופים עבורם גודל ההרים מאותו סדר גודל כמו הגופים? האם התוצאה הגיונית? (רמז: אסטרואידיים, גוגל)
2. כח הגרר אוויר על גוף נתון ע"י $F_d = (1/2)C_d\rho_{air}v^2A$, כאשר C_d הוא קבוע מסדר גודל של יחידה ותלוי רק בגיאומטריה (ובמידה מסוימת גם במהירות...כך שהוא לא מאד קבוע...). A שטח החתך של הגוף, v המהירות ו- ρ_{air} צפיפות האוויר. (לכדור $C_d \approx 0.5$ ואילו למכונית $C_d \sim 0.4$).
- (א) מצאו יחס שקילות המתאר את המהירות נפילה הסופית של גוף כתלות בגודל הפיסי ℓ והצפיפות של הגוף ρ . (דהיינו, יחסית לגוף עם ρ_0 , ℓ_0 ומהירות נפילה סופית v_0 נתונים).

- (ב) רוב צריכת הדלק במהירויות גבוהות נובעת מתיכוך אוויר. מצאו ביטוי לצריכת הדלק למסע נתון כתלות במהירות. אם נגדיל את המהירות המקסימלית בכבישים הבין עירוניים ב-10 קמ"ש, בכמה תגדל צריכת הדלק?
- (ג) אם מחיר הדלק בטיסת ג'מבו מניו-יורק לת"א היא כ-150 דולר לאדם, ואילו מכונית צורכת 6 ליטר ל-100 ק"מ, בכמה קטנה צפיפות האויר ב-10 ק"מ לעומת גובה פני הים? (מחיר הדלק למכוניות הוא כחצי מהמחיר למטוסים בגלל המיסים). כמובן, התוצאה אינה מדויקת אך היא מלמדת שימוש בשקילות, ותודו, זו דרך מקורית למדוד את לחץ האוויר!
3. פצצה נתונה גורמת לנזק מסוים במרחק R . באיזה מרחק יגרם אותו הנזק מפצצה שהיא יותר מסיבית בפקטור k ? (תחת הנחות סבירות שתימצאו לנכון להניח).
4. לכוכב שדה מגנטי B אופיני. הכוכב מתכווץ, ורדיוסו קטן: $R \rightarrow \alpha R$. מה יהיה השדה המגנטי האופיני החדש אם:
- (א) השטף הכולל של השדה B נשמר (למשל, דרך מישור המשווה).
- (ב) האנרגיה הכוללת של השדה המגנטי נשמרת.
- (ג) היחס בין אנרגיה הכוללת בשדה המגנטי ואנרגיית הקשר הגרביטציונית של הכוכב נשאר קבוע.

אנליזת מימדים - dimensional analysis

1. נתונה מטוטלת פיסיקלית בעלת מסה m ואורך ℓ . על-ידי שיקולי יחידות, מה יהיה הביטוי הכללי ביותר לזמן המחזור ω לתנודות? מהו ω אם המטוטלת היא פיסיקלית? (דהיינו, נתון I ולא m).
- חבל בעל מסה m ואורך ℓ תלוי מהתקרה. כמה זמן יקח להפרעה לעבור מצד אחד לצידו השני של החבל?
2. כורים מנהרה דרך כדור"א, בהנחה כי צפיפות כדור"א אחידה ושווה ל- ρ , מה יהיה מחזור התנודות לתנועה דרך מרכז כדור"א אם לתנועה משרעת r ?
3. נתון שדה מגנטי B . מהו הלחץ (או המתוחות...) שניתן להרכיב מ- B ? (שימו לב שהתשובה שונה אם אתם עובדים ב- $c.g.s.$ או $m.k.s.$).
4. נתון דיפול מגנטי m שהשתנותו בזמן היא בתדירות ω . ע"י שימוש באנליזת מימדים, מצאו מה יהיה הביטוי עבור איבוד האנרגיה על-ידי הדיפול. מה קצב האיבוד אנרגיה של קואדרופול חשמלי שמשתנה בתדירות ω ? מה יהיה איבוד האנרגיה מקואדרופול גרבי-טציוני המשתנה מחזורית בזמן? (להבדיל מתא"מ, דיפול גרביטציוני אינו קורן).
5. מהו אורך גל קומפטון של האלקטרון? (האורך גל בו לאלקטרון יש אנרגיה שווה למסת המנוחה). משיקולי מימדים, מה חתך הפעולה שמתקבל מאורך זה? איך קוראים לו? מה יהיה חתך הפעולה האקוילנטי עבור הפרוטון?
6. מצאו את האנרגיה בה תהליכים קוונטים וכבידתיים חשובים באותה מידה. העריכו את המסה האופינית הקשורה לאנרגיה זו (שהיא מסת פלנק), עבורה אנרגיה זו היא אנרגיית המנוחה.
7. העריכו את הלחץ במרכז כדור הארץ ובמרכז השמש, ע"י שימוש בשיקולי מימדים ושימוש ברדיוס ומסת האוביקטים. היות והשמש היא גז, מה תהיה הטמפ' במרכזה?

8. נתון גז אידאלי, המאופיין על-ידי לחץ וצפיפות. מה תהיה המהירות האופיינית להפרעות בגז? (דהיינו, מהירות הקול). מה תהיה צפיפות האנרגיה הפנימית? שוב, על-ידי אנליזת מימדים!

9. נתון נוזל בלתי דחיס, בעל צפיפות ρ ובעל שפה (למשל, פני הים). מה תהיה מהירות הגלים על פני השטח? (למשל, גלי ים).

מספרים חסרי מימדים - dimensionless numbers

1. חלקיק בעל מטען q מואץ בשדה E , למשך זמן t . החלקיק יכול להגיע למהירויות יחסותיות. מהו המספר חסר המימדים שמאפיין את הבעיה? מהו הביטוי הכללי ביותר שיכול להיות לאנרגיה כתלות בזמן?

2. נתונים אלקטרונים בצפיפות מספרית n . כל אלקטרון הינו בעל מטען e ומסה m . כמובן, החלקיקים הם חלק ממערכת קוונטית. הם גם יכולים להיות יחסותיים. מהו המספר (או המספרים) חסר המימדים שמאפיין את המערכת? מה יהיה הביטוי הכללי לאנרגיה האופיינית שמתקבלת מגדלים אלה? מה משמעותה?

3. נתונה מערכת המכילה נוזל בעל צפיפות ρ ומתח פנים σ . המערכת נמצאת בשדה כבידה. כמו כן, למערכת גודל אופייני ℓ . מהו המספר חסר המימדים שניתן להרכיב מגדלים אלו? מה המשמעות הפיסיקלית של מספר זה? מצאו דוגמא בה מספר זה חשוב.

4. "דבש ניגר כמי נהר": מגדירים מספר חסר מימדים כיחס בין הכח הגרביטציוני על נוזל לכוחות הצמיגות. עבור דבש, הצמיגות היא $\nu \approx 10^{-3} m^2/s$. מה צריך להיות רוחב הזרימה מכלי דבש על מנת שהדבש יזרום בחופשיות? נהר דבש זורם על מישור משופע. היות ובמישור המגע אין תנועה, מתקבלת זרימה קבועה (שאינה שתלויה במיקום לאורך מורד המישור, אך כן תלויה במרחק מפני המישור). אם עובי הזרימה הוא ℓ וזווית המישור α , מהי צורת הפתרון הכללית ביותר לשדה הזרימה? (מהירות כתלות במיקום).

5. זרימת דם בגופינו: זרימה פולסטילית (pulsatile) בצינור מאופיינת על-ידי מספר ריינולדס ומספר וומרסלי (womersley), המוגדר כ- $\alpha = L\omega^{1/2}\nu^{-1/2}$ כאשר ω הוא התדירות הזוויתית של התנועה הפולסטילית. L הוא מימד אורך אופייני (למשל קוטר הצינור).

(א) מה המשמעות של הגדלים חסרי היחידות?

(ב) נסו להעריך את גודלם של גדלים אלה בזרימה בגוף האדם.

(ג) כלי הדם הם אלסטיים. נסו להגדיר את האלסטיות, ואת גודלה עבור כלי הדם שלנו. מצאו גודל חסר יחידות שמתאר את חשיבות האלסטיות. למה הוא שווה?

6. כח מגנוס: כח זה הוא הכח שפועל על גוף מסתובב. למשל, כדורגלן הבועט בעיטה "מוסבבת". כדור זה לא יעוף בקו ישר אלא בקשת (ללא קשר לכבידה). הניחו כי הכדור נע באוויר במהירות v , והמהירות הסיבובית שלו נתונה על ידי ω .

(א) מהם המספרים חסרי המימדים המאפינים את הבעיה?

(ב) למה הם שווים (בערך) בבעיטת כדורגלן?

(ג) מצאו ביטוי כללי לגודלו של כח מגנוס. העריכו אותו עבור בעיטת כדורגלן. איזו זווית קשת אופקית ניתן להשיג? (אנכית זו לא חוכמה, כמובן, כי יש את הכבידה!).

7. פיצוץ גרעיני. בהמשך לחישוב שעשינו בכיתה,

(א) העריכו את רדיוס הבסיס של משטח הגל הלם שבתמונה (המשטח הגדול יותר).
(רמז: הוא לא עגול!).



- (ב) אם מתחשבים בלחץ האוויר, איזה גודל חסר מימדים ניתן להגדיר כדי לאפיין את בעיית הפיצוץ? מה משמעותו?
- (ג) מה הרדיוס בו גודל זה נהיה מסדר גודל של יחידה? למה הוא שווה בפיצוץ שהיה בהירושימה? (15 קילוטון ט.נ.ט.) למה שווה בפיצוץ הגדול ביותר שנעשה על-ידי בני אדם? (57 מגה טון ט.נ.ט.)? מה המשמעות שלו?

בעיות דיפוזיה

1. דיפוזיה של קרינה קוסמית בגלקסיה: פרוטונים באנרגיה של 1GeV אינם נעים בקו ישר, כי אם לאורך קווי השדה המגנטי. לשדה מרחק קורלציה אופייני ℓ . (דהיינו, ניתן להניח שחלקיקי הקרינה נעים בקו ישר לאורך מרחקים קטנים ממרחק הקורלציה ואילו בכיוון אקראי מעבר למרחק זה).

- (א) העריכו את מקדם הדיפוזיה של הקרינה הקוסמית. (נוסחה, לא מספר).
- (ב) נתון כי גיל הקרינה הקוסמית הוא כ-20 מיליון שנה (יודעים זאת מיחס איזוטופים של בריליום בקרינה הקוסמית). כמו כן, מקורות הקרינה אינם יכולים להימצא במרחקים הגדולים מבערך 3000 שנות אור (עובי הדיסקה בה הקרינה עושה דיפוזיה, כי מעבר למרחק זה, הקרינה בורחת משביל החלב במקום להגיע אלינו). מה ניתן לומר על מרחק הקורלציה ℓ ?

2. התפרקות חשמלית משחררת יונים חיוביים ושלילים לאורך קו, בצפיפות אורכית λ לית' אורך. נניח כי מקדם הדיפוזיה D זהה עבור שני סוגי היונים (האלקטרונים נתפסים מהר בידי אטומים כך ששני סוגי היונים כבדים). משוואת הדיפוזיה / ריקומבינציה עבור הצפיפות המספרית של היונים הינה:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} - \alpha n^2$$

כאשר α הינו מקדם הריקומבינציה.

- (א) מצאו צפיפות קריטית λ_{crit} שמאפיינית את הבעיה. כיצד יתנהגו היונים אחרי שיתר-ורם עבור $\lambda > \lambda_{crit}$ ועבור $\lambda < \lambda_{crit}$?
- (ב) בשפורפרת התפרקות, המשחררת 10 ואט, ישנן 50 התפרקויות בשניה. מהו התנאי על צפיפות הגאז (למשל ניאון) בשפורפרת כך שהתפרקויות תהיינה "מרוחות" ולא חדות כמו ניצוצות? (באוויר $\alpha \approx 1.4 \times 10^{-6} \text{cm}^3 \text{sec}^{-1}$)

מידול

1. מידול זרימה במנהרת רוח: אנו רוצים למדל את הזרימה סביב מטוס הנע במהירות של 800 קמ"ש על-ידי שימוש במודל 1:10 של המטוס במנהרת אוויר.

- (א) מה צריכים להיות התנאים במנהרה כדי שנמדל את הזרימה באותו מספר ריינולדס?
(ב) מה צריכים להיות התנאים במנהרה כדי שנמדל את הזרימה באותו מספר מאך?
(ג) מהו היחס בין הכח על המודל לבין הכח על המטוס האמיתי בשני המקרים?
(ד) האם ניתן למדל את המטוס על-ידי תנאים מורכבים יותר כך שגם מספר ריינולדס וגם מספר מאך יהיו זהים? אם לא, מדוע? ואם כן, מהם התנאים ומהו הכח המתקבל?

2. מהירות שיא של חותרים: כעת מעניין אותנו למצוא קשר פשוט בין מספר החותרים בסירת חותרים לבין מהירותה המירבית. כיאה לפיסיקאים, נניח מספר הנחות (שאינן רחוקות יותר מדי מן המציאות): ראשית, סירות עם מספר שונה של חותרים דומות גיאומטרית זו לזו. שנית, הנפת שתופס כל חותר זהה (זאת מפני שהמשקל דומה ולכן והנפת של הסירה שבתוך המים יהיה דומה גם כן). שלישית, הכח לחותר קבוע. כמו כן, מספר פרוד נמוך ולכן החיכוך שפה הוא דומיננטי (בדומה לכדור במספרי ריינולדס גבוהים). תחת הנחות אלו, מהי המהירות המירבית כתלות במספר החותרים? רמז: מספר החותרים הוא מספר חסר מימדים אולם הוא יכול להיכנס לפתרון רק דרך גדלים אחרים ולא בנפרד.

חפשו באינטרנט את שיא המהירות לחתירה כתלות במספר החותרים. האם התלות החזקתית של המהירות המירבית כתלות במספר החותרים זהה לנתונים שמצאתם? נסו גם להעריך את מקדם הנירמול, האם מתאים לזמנים שמצאתם?

עקרון החלוקה השווה

1. אנרגיית מינימום בפוטנציאל אנהרמוני:
 $U = \alpha|x|^p$ מהצורה: נתון פוטנציאל מהצורה:

(א) מהי אנרגיית המינימום (הקוונטית) בפוטנציאל זה?

(ב) מה יהיה ה- x האופיני? (למשל $\langle x^2 \rangle^{1/2}$).

2. ננסים לבנים וכוכבי נויטרונים:

בכיתה ראינו כי מצב שיווי המשקל של ננס לבן מתקבל משיוון בין אנרגיית הקשר הכבידתית-ית ואנרגיית הניוון של האלקטרונים.

(א) חיזרו אל החישוב בכיתה, אולם הניחו כי האלקטרונים מאד יחסותיים (ללא מסת מנוחה). הפעם לא תוכלו לקבל קשר בין M ל- R , אלא מסה אופיינית. מהי ומה משמעותה?

(ב) כיצד משתנות התוצאות שקבלנו בכיתה ובסעיף א' אם במקום אלקטרונים, מורכב הכוכב בעיקר מנויטרונים שיוצרים את לחץ הניוון? מה ניתן לומר על כוכבים אלו? (הנקראים כמובן כוכבי נויטרונים).

3. העיקרון הוויריאלי:

נתון צביר כוכבים בעל רדיוס אופיני R , המורכב מ- N כוכבים בעלי מסה ממוצעת M , הנעים אקראית במהירות אופיינית v .

- (א) מהי אנרגיית הקשר הכבידתית של מערכת זו, בקרוב?
 (ב) משווייון בין אנרגיית הקשר הכבידתית והאנרגיה הקינטית (העקרון הוויריאלי), למה שווה v כתלות בפרמטרים האחרים המאפיינים את הצביר?
 4. גלים קפילריים (גלי מתח פנים) :
- בגלים קפילריים, האנרגיות שמשחקות תפקיד הן האנרגיה הקינטית והאנרגיה הקשורה למתח פנים (יותר גל = יותר שפה = יותר אנרגיה).

- (א) העריכו את יחס הדיספרסיה לגלים אלו.
 (ב) מהי האנרגיה הכבידתית כתלות באורך הגל בגלים אלו? באיזה תחום אורכי גל הקרוב הקפילרי תקף?
 (ג) ציירו איכותית את $\omega(k)$ עבור כל תחומי אורכי הגל, הכוללים גם גלי כבידה (ביים עמוק) וגם גלים קפילריים.
 (ד) מהי המהירות הנמוכה ביותר לגלי שטח כלשהם? מהו אורך הגל שלהם? למה שווים גדלים אלו עבור מים ועבור כספית? (חפשו בגוגל את מתח הפנים של כספית).

הערכות בחומר מעובה

1. גובה המירבי של הרים :
 מצאו ביטוי לגובה המירבי של הרים כתלות בפרמטרים המאפיינים את כוכב לכת (למשל רדיוס וצפיפות), את הגיאומטריה של ההר (למשל שיפוע צדדי), והפרמטרים המיקרו-סקופיים המאפיינים את חומר ההר (צפיפות, המודולוס האלסטי הרלוונטי, העיבור המירבי וכו'). אם העיבור המירבי הוא מסדר גודל של 0.001, מה הגובה המירבי האפשרי על כדור"א, להר ששיפועו כ- 45° ?
2. קורי עכביש :
 נתון זבוב במשקל $30mg$ הנע במהירות של $1m/s$ ופוגע בקורי עכביש. הזבוב נעצר ע"י שני קורים בעובי $0.7\mu m$ ואורך של כ-5 ס"מ. קורים אלו מתארכים עד כדי פקטור 2 מאורכם המקורי. כשליש מהאנרגיה עוברת דיסיפציה לחום כל התארכות והתכווצות של הקורים. פגיעה חזקה יותר תקרע את הקורים.
- (א) ציירו איכותית כיצד נראה גרף המאמץ/עיבור של הקורים בהתארכות והתכווצות (כולל הערכות לגדלים השונים). השוו חומר זה לסיבי פלדה.
 (ב) העריכו כמה חום נפלט כתוצאה ממחזור התארכות והתכווצות של קור יחיד. בכמה תעלה הטמפ' אם אין חילוף חום עם הסביבה? (דהיינו, כאשר ישנם הרבה סיבים עבים)?
 (ג) מה צריכים להיות המאפיינים של חבל קורי העכביש של ספיידרמן? של כבל עצירת מטוסי קרב? (למשל על נושאת מטוסים), ומה המאפיינים של שכפ"ץ העשוי מסיבים אלו? (התיחסו לתוצאות הסעיפים הקודמים).
- לידע כללי, ישנה חברה המנסה ליצור סינטטית סיבים אלו ע"י הנדסה גנטית. ישנן כבר עיזות המייצרות את חלבוני קורי העביש בחלב!
3. מתח פנים ומהירות סופית של טיפות :
 העריכו את המהירות הסופית וגודל הטיפות המירבי של נוזל הנע בתוך נוזל שונה תחת ההנחה כי הזרימה למינרית (וכן שהנוזלים אינם מתערבבים). נתונים הצפיפויות ומתח הפנים. קחו לדוגמה טיפות שמן זית בתוך מים. צפיפות השמן 0.92 גר' לסמ"ק ואילו מתח הפנים בין המים והשמן הוא 21 דין לס"מ.

4. מתח פנים וצורת הרטבה :
 טיפות קטנות נראות כחלק מכדור כאשר הן באות במגע עם משטח. טיפות גדולות נהיות שטוחות במגע עם משטח. מהו הגודל חסר המימדים הרלוונטי שיתאר אם הטיפה תישאר טיפתית או תהפוך למשטחית? למה הוא שווה עבור טיפות הגשם הגדולות ביותר הנופלות על חלון האוטו?
5. התפשטות תרמית:
 נתון מוט קשיח בעל חתך A ואורך ℓ הכלוא בין שני קירות קשיחים (עוד יותר), במרווח ℓ זה מזה.
 (א) העריכו, כתלות במודולוס האלסטי, בעיבור הקריטי ובמקדם התפשטות, מהו השינוי טמפ' המינימלי הדרוש על-מנת שהמוט ישבר?
 (ב) למה שווה שינוי טמפ' זה עבור חומר טיפוסי? (חפשו ערכים לשני חומרים טיפוסיים).
 (ג) באילו תנאים יסדק אחד מהקירות במקום המוט?
6. האפקט הפיזואלקטרי :
 גבישים פיזואלקטריים הם גבישים שאם מפעילים עליהם מאמץ, אזי נוצר הפרש מתחים בין צידי הגביש (קוורץ הוא דוגמא קלסית). מקור תופאה זו הוא המבנה הלא סימטרי של הגביש (תחת שיקוף). אמנם בשיווי משקל אין הסחה ממוצעת בין המטען החיובי והשלילי, אולם אם מעוותים את הגביש, נוצר קיטוב ממוצע האחראי להפרש המתחים שנוצר בין צידי הגביש.
 (א) העריכו את המתח V שיכול להוצר בגביש לא סימטרי טיפוסי, אם מופעל על הגביש כוח F .
 (ב) אם מוחצים גביש קוורץ באצבעות, לאיזה מתח אופייני ניתן להגיע?
7. קשר בין זרם למתח בגז דליל :
 במודל דרוד המתאר חומרים צפופים, איבוד התנע של אלקטרון מוליך נעשה תוך זמן הקצר מזמן התאוצה למהירויות תרמיות. בגזים דלילים, אין הנחה זו נכונה.
 (א) האריכו באילו תנאים (על הצפיפות למשל) פלזמה דלילה (גז בו האלקטרונים חופשיים-ים) אינה מקיימת עוד את חוק אוהם. הניחו כי המהלך החופשי הוא ℓ .
 (ב) מהו הקשר החדש המתקבל בין השדה החשמלי וצפיפות הזרם?

הערכות בביולוגיה

1. אנמיה חרמשית ומלריה:
 אנמיה חרמשית נגרמת כתוצאה מגן פגום. אם הוא מופיע פעמיים (הומוזיגוט), אותו נושא יחלה באנמיה חרמשית (sickle-cell anemia) הגורמת לאוסף ולא יגיע לגיל פוריות. לעומת זאת, אם יש רק עותק פגום אחד, העותק הנורמלי יאפשר חיים נורמלים והגעה לגיל פוריות. בנוסף, הגן הפגום מחסן טבעית את האדם הנושא ממחלת המלריה. כתוצאה מיתרון זה, גן האנמיה חרמשית אינו נכחד.
 (א) העריכו מהו מצב שיווי המשקל בין ריכוז גן האנמיה באוכלוסייה לבין הסיכוי לקבל מלריה ולמות לפני הבאת ילדים לעולם.
 (ב) חפשו בגוגל (או כל מקום אחר) מפות המראות את ריכוז המלריה וריכוז האנמיה החרמשית, ובדקו אם אכן יש התאמה. נסו למצוא מספרים (למשל למדינה ספצי-פית) ולראות אם מצב השיווי משקל שהערכתם אכן מתאים.

(ג) אם יעלימו את המלריה (למשל כי יחליטו שעדיף להלחם במלריה שהורגת מעל מליון איש בשנה, במקום בהתחממות גלובלית שלמעשה די קטנה), תוך כמה זמן תעלם האנמיה החרמשית גם היא?

(ד) העריכו מה צריך להיות ריכוז האנמיה החרמשית כיום באוכלוסיה השחורה בארה"ב, והשהו למצב האמיתי כפי שניתן למצוא בגוגל למשל. הניחו כי האוכלוסיה השחורה הגיעה לארה"ב לפני בממוצע 200 שנה, מאיזורים מוכי מלריה באפריקה.

2. אמבה ודיפוזיה: נניח כי אמבה צריכה אנרגיה כדי לשרוד, בהספק של וואט אחד לגרם (זה לפחות מה שאנו צריכים כמינימום). מה צריך להיות ריכוז מולקולות האוכל (נניח סוכר) המינימלי על מנת שהאמבה תשרוד? הניחו פעם אחת שהאמבה נעה באוכל ופעם שניה שהיא מחכה שהאוכל יגיע בעזרת דיפוזיה.