Scaling

כלל אצבע חשוב בהערכות הוא השוואה לגדלים ידועים. למה הכוונה? ניתן למשל לחשב/להעריך את כח המשיכה g של הירח, ע"י שימוש בחוק הכבידה של ניוטון

$$g_{☾} = \frac{GM_{☾}}{R_{☾}^2}$$

והצבה של הגדלים $M_{☾}$, $R_{☾}$ ו- G. אולם אין לנו הבנה (אחרת לבדוק את עצמנו, או להבין) את הכמות הקודמת את g של כוכב לכת או ירח. מה כן כדאי לעשות? ניתן להשוות את $g_{☾}$ ל- $g_\oplus$ כנ"ל,

$$g_{☾} = \frac{GM_{☾}}{R_{☾}^2} \qquad g_\oplus = \frac{GM_\oplus}{R_\oplus^2}$$

ולכן:

$$g_{☾} = g_\oplus \left(\frac{M_{☾}}{M_\oplus}\right)\left(\frac{R_\oplus^2}{R_{☾}^2}\right)$$

כעת, אם יש לנו הערכה ליחס בין $M_{☾}$ ו- $M_\oplus$ ובין $R_\oplus$ ו- $R_{☾}$, ניתן להעריך את $g_{☾}$, וגם להבין כיצד המסה או הרדיוס משפיעים על g. היות ואנו לא יודעים להעריך את M, נביע אותו באופן אחר, בצפיפות (הממוצעת).

$$M_i = \bar{\rho}_i \frac{4\pi}{3} R_i^3$$

לכן,

$$g_{☾} = g_\oplus \left(\frac{\rho_{☾}}{\rho_\oplus}\right)\left(\frac{R_{☾}}{R_\oplus}\right)$$

כעת ניתן להעריך את g ביתר קלות. נניח כי יחס הצפיפויות של הירח ש- $\rho_{☾}$ היינו בערך $\rho_\oplus$ שניהם עשויים "סלעים" עם $\rho \sim$ few gr/cm^3.

מה שנשאר הוא להעריך את יחס הרדיוסים.

נשתמש באצבע כדי להעריך את גודל הירח. האצבע, רוחבה כ- 2cm. כשמושיטים את היד, מרחקה כ-60cm והאצבע מכסה את הירח. לכן, הגודל הזוויתי הוא: $\Theta \sim \frac{2}{60}$ rad $\simeq 2^\circ$

כדאי לזכור,

(אגב, "שבר" אגודל $15-20^\circ$ ...).

לאחר כתיבת שורות אלו, המרצה ביצע ניסוי. ומצא שהירח מתכסה כשלוש פעמים ע"י האצבע. לכן, הקוטר של הירח

$$\Theta_{☾} \simeq 2/3^\circ$$

(הערך האמיתי הוא $1/2^\circ$. נשתמש בו). ארכימדס מדד ומצא כ- $1/2^\circ$ למרות שהיה מקובל 2°!

כעת נשאר לנו למצוא את המרחק לירח. נשתמש בציון מחזור הסיבוב אותו כולם יודעים:

$$P = 30\,\text{days}$$

כדי למצוא את המרחק, למשל, נשתמש בעובדה שלוויינים במסלול נמוך מקיפים את כדוה"א ב-90 דקות. + בחוץ קצר (משהו על זמנים ושטחים). היא ואני לא זוכרים בדיוק, נביא אותו.

כח צנטריפוגלי = משיכה גרביטציונית:

$$\omega^2 r = \frac{GM_\oplus}{r^2} \rightarrow \omega^2 r^3 = \text{const}$$

$$\downarrow$$

$$(P \propto 1/\omega) \qquad P^2 \propto r^3$$

"סקיילינג"

לכן:

$$\left(\frac{r_☾}{R_\oplus}\right) = \Big(\frac{P_{Month}}{\underbrace{P_{LEO}}_{\text{Low Earth Orbit} = 90}}\Big)^{2/3} \Rightarrow \overset{\text{מרחק לירח.}}{r_☾} \cong \left(6.4\times10^6\,m\right)\Big(\underbrace{\frac{30\cdot24\cdot60}{90}}_{500^{2/3} \simeq 60}\Big)^{2/3}$$

$R_\oplus$ – לוויין במסלול נמוך.

Low Earth Orbit = 90 דקות.

$$\simeq 3.8\times10^8\,m$$

כדור הירח הוא לכן:

$$R_☾ = \overset{\text{קוטר זוויתי}}{\frac{\theta}{2}} \cdot r_☾ = \frac{0.25^\circ}{\underbrace{60^\circ}_{\text{נמדד ברדיאן.}}} \cdot 380{,}000\,km \cong 1600\,km$$

דהיינו, כרבע מגודל כדור הארץ.

לכן, אני מצפה כי g של הירח יהיה

$$g_☾ = g_\oplus \cdot \left(\frac{\rho_☾}{\rho_\oplus}\right)\left(\frac{1600\,km}{6400\,km}\right)$$

עבור $\rho_☾ \simeq \rho_\oplus$ אני מצפה כי $g_☾ \simeq g_\oplus/4$ אולם אנו יודעים כי הפקטור האמיתי הוא בערך $1/6$. הסיבה נובעת מכך שהצפיפות הממוצעת של הירח נמוכה מזו של כדו"א בפקטור 1.5. זאת מפני שכדור הארץ מכיל ליבת ברזל ואילו הירח שנוצר מהמעטפת של כדו"א אינו מכיל הרבה ברזל!

אם יחס הצפיפות בין ברזל לבין אבן הוא $\overbrace{3\sim}^{=\alpha}$ (לצורך 3+), אנו יכולים לנחש את כמות הברזל בליבה. נניח שפרקציה f ממסת כדוה״א היא ברזל. אזי הצפיפות הממוצעת תהיה:

$$\rho_\oplus = \frac{M_{rock}+M_{Fe}}{V_{rock}+V_{Fe}} =$$

$$= \frac{M_\oplus}{(1-f)M_\oplus/\rho_a + f M_\oplus/\alpha\rho_a} = \rho_a \frac{1}{(1-f)+f/\alpha} =$$

$$= \rho_a \frac{1}{1+f(\alpha-1)} \Rightarrow f \simeq \frac{1-(\rho_a/\rho_\oplus)}{1-1/\alpha} = \frac{1/3}{2/3} \simeq 1/2$$

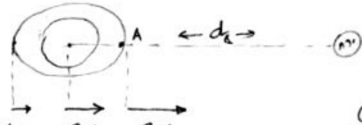
התשובה האמיתית קרובה יותר ל-1/3. סיבה אחת ל-overestimate היא כי האבן בכדור-הארץ נמצאת בממוצע בלחץ גבוה יותר מזה שבירח.

בכל מקרה, אנו רואים כי ע״י השוואה וע״י הצבת מספרים, ניתן להבין יותר טוב את הפיזיקה של הבעיה.

סקלינג

נסתכל כיצד ניתן להעריך את גאות השמש ע"י השוואה לגאות של הירח.
כדי לעשות זאת, נסתכל כיצד כח הגאות תלוי במסה ובמרחק לגוף מפעיל הכח, ונראה כיצד כח הגאות מתקשר לדרגת המשיכה.

כח הגאות הוא הכח שפועל בנקודה מסוימת יחסית לכח הממוצע: $\frac{GM}{d_{\leftmoon}^2}$



סה"כ כח: $\frac{GM_{\leftmoon}}{(d_{\leftmoon}+R_{\oplus})^2}$ $\quad \frac{GM_{\leftmoon}}{d_{\leftmoon}^2}$ $\quad \frac{GM_{\leftmoon}}{(d_{\leftmoon}-R_{\oplus})^2}$

בנקודה A, למשל, הכח הכולל הוא: $F \quad \frac{GM}{(d_{\leftmoon}-R_{\oplus})^2}$

אולם יחסית לכח הממוצע הפועל על כדור, הכח הוא:

"נטו"

$$\underbrace{\Delta F = F_{T,\leftmoon}}_{\text{כח הגאות מהירח}} = \frac{GM_{\leftmoon}}{(d_{\leftmoon}-R_{\oplus})^2} - \frac{GM_{\leftmoon}}{d_{\leftmoon}^2} \simeq \frac{2GM_{\leftmoon}}{d_{\leftmoon}^2}\frac{R_{\oplus}}{d_{\leftmoon}}$$

$\Leftarrow$ (ע"י שימוש בטיילור $\frac{1}{1+a^n} \simeq 1-na$, $a \ll 1$).

באותה דרך, כח הגאות מהשמש (או כל גוף אחר) יראה אותו הדבר:

$$\begin{cases} F_{T,\leftmoon} = \alpha \dfrac{R_{\oplus} GM_{\leftmoon}}{d_{\leftmoon}^3} \\[2ex] \underbrace{F_{T,\odot}}_{\text{שמש}} = \alpha \dfrac{R_{\oplus} GM_{\odot}}{d_{\odot}^3} \end{cases}$$

α הוא פקטור גיאומטרי שאינו ממש חשוב (שווה ל-2 עבור הנקודה A למשל).

היחס בין כוחות הגאות הוא:

$$\frac{F_{T,\leftmoon}}{F_{T,\odot}} = \left(\frac{M_{\leftmoon}}{M_{\odot}}\right)\left(\frac{d_{\odot}}{d_{\leftmoon}}\right)^3$$

את המסות ניתן לקשר לצפיפות (אותם אנו רוצים למצוא), ואת d ניתן לקשר לרדיוס הגודל הזוויתי α הגופים.

הקשר הוא: $\mathcal{R} = \theta \cdot d$

כאשר θ היא זווית הנראות של הגרם. לכן:

$$\frac{F_{T,\odot}}{F_{T,☾}} = \left(\frac{M_\odot}{M_☾}\right)\left(\frac{R_☾}{\mathcal{R}_\odot}\right)^3\left(\frac{\theta_\odot}{\theta_☾}\right)^3$$

הצפיפות יחסית - $\rho \propto M/R^3$ ולכן:

$$\frac{F_{T,\odot}}{F_{T,☾}} = \left(\frac{\rho_\odot}{\rho_☾}\right)\left(\frac{\theta_\odot}{\theta_☾}\right)^3$$

זהו יחס סקיילינג או יחס שקילות (scaling law) המקשר בין כח הגאות לבין הצפיפות של הגוף. במקרה הגודל הזוויתי של השמש שווה לגודל הזוויתי של הירח,

ולכן:

$$\frac{F_{T,\odot}}{F_{T,☾}} = \frac{\rho_\odot}{\rho_☾}$$

ידוע כי כח הגאות של הירח הוא פי 2 מכח הגאות של השמש. ניתן לראות זאת בדוגמא בגרף הבא:

התרומה במחזור של 12.5 שעות (הירח) גדולה מהתרומה במחזור של 12 שעות (מהשמש).
לכן, צפיפות השמש היא חצי מצפיפות הירח. אם צפיפות הירח כ- $3 gr/cm^3$ (אבן...)
אזי זו של השמש היא כ- $1.5 gr/cm^3$.

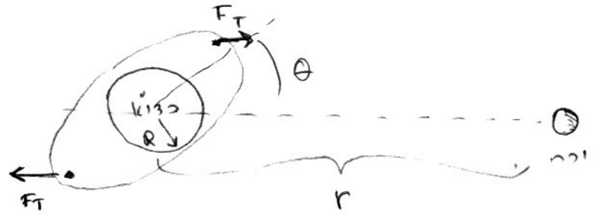
סקלינג - השוואת המערכת לעצמה

ראינו כי ניתן להשוות מערכת אחת למערכת אחרת תקף יחס "סקלינג". ניתן לעשות משהו דומה - להשוות מערכת לעצמה בתנאים שונים. אם "התנאי" השונה הוא פרמטר שמשתנה בבעיה, ניתן בקלות ללמוד על ההתנהגות של הבעיה. לדוגמא נסתכל כיצד תלוי כח הגאות והספין במרחק הירח מכדו"ה. אם נשאל את השאלה כיצד משתנה המרחק בזמן כתלות בכח הגאות והספין, נוכל בקלות לקבל את ההתנהגות הכוללת.

כח הגאות כתלות במרחק והתרחקות הירח מכדו"ה

אנו ראינו כי כח הגאות הוא: $F_T \sim \frac{GM_m}{R^2}\frac{R}{r}$ כאשר r המרחק אל הירח ו- R רדיוס כדור הארץ.

כח גאות זה יוצר הפרעה על פני כדו"ה באופן אובאלי, היא תראה:



הסיבה שמקבלים זווית סופית θ היא מפני שצורת ההפרעה צריכה להשתנות כל הזמן במערכת של צופה על כדו"א (שמסתובב על צירו). אם יש חיכוך משהו הצורה לא תוכל לעקוב אחרי הירח באופן אידיאלי ותיפתח הפרש פאזה שיתבטא בזווית סופית θ.

הזווית הסופית הזו תגרום להשפעה מעניינת - יווצר מומנט שרוצה לשנות את קצב סיבוב כדו"א (במקרה שלנו.. להאט את סיבובו).

מה יהיה גודל המומנט?

$$N \sim a \cdot F_T$$

כאשר a הוא גודל שמוסיף לרכיב הניצב של ההפרעה (דהיינו, תלוי ב- θ וכמובן ב- F_T שיוצר אותו)

מה ניתן לומר על a? ראשית, בבטחון רב ניתן לומר כי a חייב לגדול עם הכח שיוצר אותו (אחרת F_T יגרום התרחבות של a!). כמו כן, סביר, אם כי לא הכרחי, שה- a יגדל לינארית עם F_T, לפחות בקירוב. הרי כל אוסצילטורים לינאריים היו לינאריים בכח המאלץ. אולם ברור שזה יהיה רק בקירוב. הסיבה היא שכאשר הירח קרוב יותר, מהירות "סיבובו" יחסית לצופה שונה, הזווית θ יכולה להיות שונה וכו'...

לכן, נניח בקירוב כי $a \propto F_T$ (אולם נצטרך רק כי a חייב לגדול עם F_T)

דהיינו, אם $F_T \propto \frac{1}{r^3}$ נקבל:

$$N \propto F_T^2 \propto \frac{1}{r^6} \equiv \frac{1}{r^\beta}$$

כלומר, נצפה כי $\beta \approx 6$. האילוץ החלש הוא ש- a גדל עם F_T ולכן ש- $\beta > 3$.

כיצד אם כן ישתנה התנע הזוויתי של כדוה"א?

המומנט מקטין את התנע הזוויתי:

$$\frac{dL_\oplus}{dt} = N \propto -\frac{1}{r^\beta}$$

הואיל והתנע הזוויתי הכולל של המערכת נשמר, התנע הזוויתי של הירח חייב לגדול באותה מידה:

$$\frac{dL_☾}{dt} = -\frac{dL_\oplus}{dt} \propto \frac{1}{r^\beta}$$

כמו כן, אנו יודעים כי במסלולים קפלריים:

$$\omega^2 r \sim \frac{GM}{r^2} \Rightarrow \omega \sim r^{-3/2}$$

(תאוצה צנטריפטלית = תאוצת משיכה)

$$\Rightarrow L \sim \omega r^2 \sim r^{1/2}$$

$$\xrightarrow{\ln} \ln L = (\,) + \tfrac{1}{2}\ln r$$

$$\xrightarrow{\text{גזירה}} \frac{d\ln L}{dt} = \frac{1}{2}\frac{d\ln r}{dt}$$

לכן:

מצד אחד:

$$\frac{1}{L_☾}\frac{dL_☾}{dt} \propto \frac{1}{r^{1/2}} \cdot \frac{1}{r^\beta} = \frac{1}{r^{\beta+1/2}}$$

מצד שני:

$$\frac{1}{L_☾}\frac{dL_☾}{dt} = \frac{d\ln L_☾}{dt} = \frac{1}{2}\frac{d\ln r}{dt} = \frac{1}{2}\frac{1}{r}\frac{dr}{dt}$$

לכן:

$$\frac{dr}{dt} \propto \frac{1}{r^{\beta-1/2}} \Rightarrow \frac{dr}{dt} = \underbrace{C}_{\text{קבוע}}\frac{1}{r^{\beta-1/2}}$$

דהיינו, ככל שהירח מתרחק, כך קצב ההתרחקות שלו קטן. כדי לפתור את ההתנהגות בזמן, אנו יכולים לנרמל ולמצוא את הקבוע C ע"י השוואה לקצב ההתרחקות היום שהוא $3.8\ \mathrm{cm/yr}$:

$$3.8\ \mathrm{cm/yr} = \left.\frac{dr}{dt}\right|_{today} \equiv \left.\frac{dr}{dt}\right|_0 = \frac{C}{r_0^{\beta-1/2}} \Rightarrow \underline{\frac{dr}{dt} = \left.\frac{dr}{dt}\right|_0 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-\beta+1/2}}$$

ניתן אפילו לפתור משוואה זו בקלות. נפריד משתנים:

$$r^{\beta-1/2}\,dr = C\,dt$$

$$\frac{1}{\beta+1/2}\left(r^{\beta+1/2} - r_0^{\beta+1/2}\right) = (t - t_0)\cdot C$$

בזמנים עברו, $t-t_0$ היה שלילי ו- $r<r_0$.

כעת נשאל את השאלה, מתי יצא הירח מכדו"א?

ההערכה הפשוטה ביותר היא להניח כי המהירות היתה קבועה בעבר, ואז:

$$\Delta t = \frac{r}{|dr/dt|_0} = \frac{380{,}000\,km}{3.8\,cm/yr} = 10^{10}\,yr \;!$$

אולם בעזרת יחס השקילות שלנו, אנו מקבלים תוצאה הרבה יותר מדויקת:

$$\underset{\substack{\Uparrow\\ r\to 0}}{\Delta t} = \frac{1}{\beta+1/2}\frac{r_0^{\beta+1/2}}{C} = \frac{1}{\beta+1/2}\frac{r}{|dr/dt|_0} = \frac{10^{10}\,yr}{\beta+1/2}$$

עבור ההערכה ההגיונית ביותר $\beta \simeq 6$ ואז:

$$\Delta t \simeq \frac{10^{10}\,yr}{6.5} \simeq 1.5\times 10^{9}\,yr$$

בכל מקרה, $\beta > 3$ ולכן

$$\Delta t < \frac{10^{10}\,yr}{3.5} \simeq 2.8\times 10^{9}\,yr$$

ואולם גיל כדו"א $\sim 4.6\times10^{9}\,yr$
משמעה כי הירח לא נוצר
"בזמן" האחרון...

<u>מה אנו למדים?</u>

ראשית, השוואת המערכת לעצמה מאפשרת לנו ללמוד רבות על ההתנהגות. אם היינו מנסים לפתור את הבעיה השלמה היינו נדרשים לפתור את בעיית תנועת גלי הכבידה באוקיינוסים, את בעיית החיכוך שלהם במדפים היבשתיים (מקור החיכוך!) וכו'... לבסוף כשהיינו מקבלים כי הירח נדרש היה לצאת מכדו"א לפני כמו מיליארד שנה, לא היינו בטוחים שלא עשינו שגיאות בחישוב. בכך שנירמלנו את ההתנהגות להתנהגות היום טאטאנו מתחת לשטיח את כל הפיזיקה המלוכלכת, ויכולנו לראות שישנה בעיה אמיתית.

ובכן, מה הפתרון לבעיה?

פתרון פרדוקס זה (שנקרא הפרדוקס של שליכטר בשנות ה-60) הוא שהחיכוך היום בין האוקיינוסים לבין המדפים היבשתיים הוא גדול מהממוצע. הסיבה היא שבעבר מבנה היבשות היה שונה וגובה פני הים גם כן. ובאמת ניתן לראות מעדויות גאולוגיות שלפני כ-600 מליון שנה, אורך היום היה כ-22 שעות, שמתאים לקצב התרחקות ממוצע של $2\,cm/yr$ בלבד.

דוגמא פשוטה ליחס שקילות ב"מערכת" ביולוגית

(בהמשך נראה דוגמאות יותר מורכבות).

מה גובה הקפיצה המקסימלי של חיה אופיינית במסה m? (למשל, האם חיה יותר גדולה יכולה לקפוץ יותר גבוה?).

כדי לקבל את התלות של h ב-m, נבנה מודל פשוט.

כמות האנרגיה הדרושה על מנת להגיע לגובה h: $E_{jump} \simeq mgh$

האנרגיה הזו מגיעה מאנרגיה שהיתה אגורה בשרירים. גרם שריר, לא משנה איזה סוג או באיזה חיה, מסוגל לאגור ϵ אנרגיה ליח' מסה. הסיבה היא שהרכבם של השרירים זהה לכן אנרגיה שאגורה בקשרי אקטין ומיוזין, לא משנה אם אלו רגל של עכבר או הרגל של איל.

כמו כן, אנו מניחים שישנו פקטור f מהמסה הכוללת שהיא בצורה של שרירים שמשתתפים בפעולת הקפיצה. גם זה לא ישתנה משמעותית (יותר מפקטור 3 למשל) מחיה לחיה (כמה חיות קופצות ע"י כיפוף אצבעות הרגליים למשל או האוזניים?). לכן, אנו יכולים להניח שהאנרגיה האגורה שהפכה לאנרגיה קינטית היא:

$$E_{stored} = f m \epsilon$$

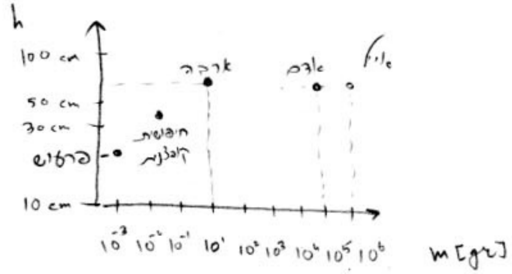
משוויון אנרגיה:

$$E_{stored} = E_{jump}$$

$$mgh = fm\epsilon \longrightarrow h = \frac{f\epsilon}{g}$$

אנו רואים כי הגובה אינו תלוי מפורשות במסת החיה! ז"א, אם כמות המסה המשתתפת בקפיצה בעכבר ובאיל זהה, אז חיות אלו אמורות לקפוץ ולהגיע לאותו הגובה!

ואכן, אם מסתכלים על חיות הגדולות מכ- 10 גרם, הגובה הוא כ- 50 ס"מ



השוני שיש בין חיות שונות הוא בכמות השריר המשתתפת בקפיצה, אם שונה חיה עבורה המתאם שונה משמעותית הקשר יכול להיות לא רלוונטי, לאחרות אנו אומרים מקבל את אותו ה-ϵ ו-α שאינו שונה משמעותית.

בגדלים קטנים, הגובה נהיה קטן יותר. הסיבה היא שההנחה הבסיסית על ש-

$$E_{store} \to E_{jump}$$

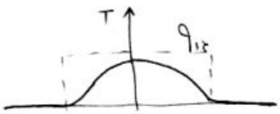
אינה נכונה, חלק נכבד מהאנרגיה הולך על חיכוך אוויר.

דוגמא נוספת

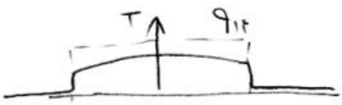
ניתן עוד דוגמא לסקלינג.

גוף מייצר חום בקצב של ϵ אנרגיה ליח' נפח ליח' זמן. בכמה יהיה הגוף יותר חם מהסביבה? ויותר חשוב, כיצד טמפ' זו תהיה תלויה בגודל של הגוף?

כדי לענות על שאלה זו יש צורך לדעת כיצד מסולק החום מהגוף ומה ה"צוואר בקבוק".
למשל, החום מתוך הגוף יכול להגיע לקצה ע"י הולכה ובקצה הוא יכול לקרון את החום (גוף שחור, סטפן בולצמן) או הוא יכול להעביר את החום לאויר שליד. הצוואר בקבוק יכול להיות ההולכה בתוך הגוף, ואז הפרופיל נקבע ע"י ההולכה:



או, הצוואר בקבוק יכול להיות האיבוד אנרגיה מהקצה (ע"י קרינה או הסעה) ואז הטמפ' תראה:



בשני המקרים יהיה מצב תהליך אחר שיקבע את הפרש הטמפ' האופייני בין המרכז לקצה.

נניח כי הצוואר בקבוק הוא ההולכה לקצה. במקרה כזה, שטף האנרגיה האופייני הוא:

$$F = k\nabla T$$ – חוק פוריה.

הולכת החום נעשית ע"י הולכה עם מקדם דיפוזיה k. על חשבון, איבוד האנרגיה הכולל יהיה:

$$P_F = 4\pi R^2 F \sim R^2 k\frac{\Delta T}{R} = kR\Delta T$$

וזאת מפני שהגרדיאנט יהיה מסדר גודל של $\Delta T/R$ הוא לא יכול להיות משהו אחר!

סה"כ האנרגיה המיוצרת היא:

$$P_\epsilon = \frac{4\pi R^3}{3}\cdot\epsilon$$

שוויון בין ייצור האנרגיה והולכת החום נותן את השיווי משקל של המערכת.

$$P_\epsilon \approx P_F \Rightarrow KR\Delta T \sim R^3\epsilon$$

לכן:

$$\Delta T \sim \frac{R^2\epsilon}{K}$$

ובכך מצאנו את התנהגות הטמפ' ברדיוס הגוף, בקצב יצירת האנרגיה וכו'... הפתרון המדויק של הבעיה יהיה:

$$\Delta T = \underbrace{f\left(\frac{r}{R}\right)}\frac{R^2\epsilon}{K}$$

פונקציה חסרת מימדים.

זהו יחס השקילות (scaling law) של ΔT.

מה למדנו בשיעור זה?

- קשר פיזיקלי, גם אם הוא פשוט או מקורב, נותן לנו יחס שקילות (scaling law) בין הגדלים הפיזיקליים של הבעיה. קשרים כאלו מאפשרים חישוב מקורב של גדלים (למשל את גודל השמש מגודל הירח) אבל גם מלמד הרבה על ההתנהגות של המערכת.
- המודל והפתרון המלא מסובך, מודל פשוט ומאפשר לנו לקבל מודל מקורב (ביותר) המתאר את התנהגות המערכת (למשל מודל לאגירת אנרגיה בשריר)
- אם גודל מסוים אינו ידוע, ניתן להשאירו כקבוע, ורק נותר לקבוע חסר מימדים (למשל, הפונקציה מהסעיף שהיא שרירותית) שישאר בפתרון הסופי. כך, גם אם לא נדע מהו, ניתן לראות כיצד משפיע על התוצאה הסופית.
- בקבלת סקלינג אין לנו צורך בנירמול אבסולוטי ולכן ניתן לבצע הרבה קירובים (למשל: $\nabla y \sim y/x$ וכדומה).
- לא להציב מספרים כמו מהנדס. במקום זאת, הרבה יותר טוב להשוות את הגודל המבוקש לגודל אחר כבר ידוע. כך ניתן להבין יותר טוב את הבעיה וגם להעריך את התוצאה נומרית יותר טוב (בהנחה שהגודל הלז משהו ידוע טוב גם כן...)