

תיקונים למהדורה הראשונה, השניה, השלישית, והרביעית של הספר

מבוא למשוואות דיפרנציאליות חלקיות¹

יהודה פינצ'ובר ויעקב רובינשטיין

הפקולטה למתמטיקה

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

עודכן לאחרונה ביום

29 ביוני 2017

קובץ זה מעודכן ומורחב באופן שוטף.

תודה לילי איטקין, ד"ר בוריס ביגון, פרופ' מתניה בן-ארצי, ד"ר ציפי ברגר, פרופ' גרשון וולנסקי, פרופ' עמית זינגר, אולגה זלקמן-סמירין, ד"ר דניאל לוי, פרופ' איימי נוביק-כהן, יאיר נחום, ד"ר יאנה נץ, ד"ר תפארת סעדון, אורן פלס, ד"ר לידיה פרס-הרי, ד"ר תמר צמח, ד"ר דניאל ראם, ד"ר ניזאר רדואן, ד"ר אור שליט וגם ל B. Lang, A. Lutoborski Q.-A. Ngô, and D.A. Tuan.

"שגיאות מי יבין, מנסתרות נקני".

נשמח לקבל תוספות והערות אל:

Yehuda Pinchover,
Email: pincho@techunix.technion.ac.il

0.1 תיקונים למהדורה הרביעית

1. עמ' 16 שורה -1: החלף $\partial/\partial t$ ב d/dt .
2. עמ' 18 (1.21) ושורות 5 ו 7, החלף p_0 ו ρ_0 ב p^0 ו ρ^0 .
3. עמ' 54 שורה 7: כדי למוע אי-הבנה, כדאי לכתוב $u_x = (1 - yu_x)h'$.
4. עמ' 57 נוסחה (2.69) צ"ל:

$$u(x, y) = \begin{cases} 0 & x < \frac{y}{2}, \\ 1 & x > \frac{y}{2}. \end{cases}$$

5. עמ' 71 שורות 8, 11, 14: צ"ל

$$yu_x + uu_y = x.$$

6. עמ' 78 שורה 6 צ"ל

$$u_{yy} = \frac{9}{4}(v_{qq} + 2v_{qr} + v_{rr}).$$

7. עמ' 78 שורה 8: צ"ל

$$u_{xx} + xu_{yy} = -9 \left(\frac{q-r}{2} \right)^{2/3} \left[v_{qr} - \frac{v_q - v_r}{6(q-r)} \right] = 0.$$

8. עמ' 86 שורה 11 צ"ל

והקבוע $c \in \mathbb{R}$ ($c \neq 0$) נקרא

9. עמ' 86 שורה 11 יש להוסיף את ההערה הבאה:

הערה: כאן המקום להעיר כי זהות לגרנז' וטענה 6.20, תקפות גם עבור פונקציות המקבלות ערכים מרוכבים. ביתר דיוק, תוצאות אלו נכונות גם כאשר מתבוננים במרחב המכפלה הפנימית מעל המרוכבים עבור פונקציות הרציפות למקוטעין בקטע $[a, b]$ ומקבלות ערכים מרוכבים. במרחב זה המכפלה הפנימית הטבעית היא

$$\langle u, v \rangle_r := \int_a^b u(x) \overline{v(x)} r(x) dx.$$

מרחב מכפלה פנימית זה ימשיך להיות מסומן ב $E_r(a, b)$. נעיר כי במרחב מכפלה פנימית מעל המרוכבים לא מתקיימת סימטריות אלא הרמיטיות $\langle u, v \rangle = \overline{\langle v, u \rangle}$.

10. עמ' 100 שורה 16-: החלף w_{xx} ב $c^2 w_{xx}$.

11. עמ' 110 שורה 6: צ"ל פתרון לא טריביאלי.

12. עמ' 188 שורה 11- צ"ל (איור 7.4).

13. עמ' 192 שורה 10: החלף: המלבן ב: הריבוע.

14. עמ' 192 שורה 14: החלף: במלבן ב: בריבוע.

15. עמ' 199 שורה 1-: צ"ל

$$\tilde{f}_n(r) = \begin{cases} r^3 - r & n = 1, \\ 0 & n \neq 1, \end{cases}$$

16. עמ' 220 שורה 3-: החלף $k\Delta K$ ב kK_{xx} .

17. עמ' 234 שורות 4 ו 5: החלף f ב \tilde{f} .

18. עמ' 244 שורה 3: צ"ל: מקדמי פוריה-בסל עבור $n \geq 1$ הם

19. במשוואה (9.117): החלף $T(0)$ ב $T_m(0)$.

20. במשוואה (9.124): החלף $T(0)$ ו $T'(0)$ ב $T_m(0)$ ו $T_m'(0)$.

21. עמ' 354 שורה 9: צ"ל $[0, \pi]$.

22. עמ' 364 שורה 3: החלף: ונקבל

$$f(\theta) = f_n(\theta) = A_n \cos n\theta + B_n \sin n\theta,$$

ב: ונקבל כי f צריכה לפתור את בעיית שטורס-ליוביל

$$f''(\theta) + n^2 f(\theta) = 0, \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi$$

עם תנאי שפה מחזוריים. לכן,

$$f(\theta) = f_n(\theta) = A_n \cos n\theta + B_n \sin n\theta$$

שהוא באמת פולינום טריגונומטרי ב θ .

23. עמ' 364 שורה 9: החלף: למרחב הפולינומים ההרמוניים מדרגה ב: למרחב הפולינומים ההרמוניים ההומוגניים מדרגה

0.2 תיקונים למהדורה השלישית

להלן רשימה חלקית של תיקונים ביחס למהדורה השלישית שהספר.

1. עמ' 5 שורה 4-: צ"ל <http://www.math.technion.ac.il/~pincho/corrections.pdf>

2. עמ' 20 (1.30): צ"ל $\frac{(\delta x)^2}{4\delta t} = k$

3. עמ' 21 שורה 1: צ"ל $u \in C^2$

4. עמ' 23 (1.42): צ"ל

$$i\hbar \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta u + Vu,$$

5. עמ' 33 שורה 26: צ"ל $(y'_0(s))^2 > 0$.

6. עמ' 39 שורה 18: צ"ל נשים לב שהפתרון שקיבלנו מוגדר בתחום

$$D = \{(x, y) \mid x < y\}.$$

לעומת זאת אם מתבוננים בתנאי ההתחלה

$$u = \sin x, \quad \text{on } y = x + x^2, \quad x \in \mathbb{R},$$

הפתרון שקיבלנו עבור $s > 0$ ניתן להמשכה רק לתחום

$$D_1 = \{(x, y) \mid 0 < x < y\} \cup \{(x, y) \mid x \leq 0 \text{ וגם } x + x^2 + \varepsilon(x) < y\},$$

כאשר $\varepsilon(x) > 0$ עבור $x \leq 0$. כמו כן, נשים לב כי u שקיבלנו אינה גזירה בנקודה $(0, 0)$.

7. עמ' 39 שורה 5-: צ"ל $y > x$.

8. עמ' 43 שורה 2: צ"ל נניח כי בנקודה s_0 על העקום ההתחלתי מתקיים תנאי החיתוך.

9. עמ' 43 שורה 11: כדאי להוסיף: בגלל תנאי החיתוך הפונקציה \tilde{u} מוגדרת היטב.

10. עמ' 44 שורה 6: כדאי להוסיף: קל לראות זאת באופן אנליטי. נניח שקיים פתרון $u = u(x, y)$. נתון כי $y'_0 = x'_0 b/a$. מצד שני, מתקיים

$$u_0(s) = u(x_0(s), y_0(s)) \Rightarrow u'_0 = u_x x'_0 + u_y y'_0 \Rightarrow u'_0 a = (u_x a + u_y b) x'_0 = c x'_0.$$

לכן,

$$\frac{x'_0}{a} = \frac{y'_0}{b} = \frac{u'_0}{c},$$

סתירה.

11. עמ' 44 שורה 9: צ"ל כמו כן נבנה עקום התחלתי חלק חדש Γ' העובר דרך P_0 ושמקיים את תנאי החיתוך.

12. עמ' 55 שורה 17-: צ"ל האי-רציפות נעה במהירות

13. עמ' 61 שורה 17: צ"ל: אבל קל למצוא וקטור מישורי בעל גודל ידוע והיטל ידוע, ומכאן תנאי ההתחלה המבוקש.

14. עמ' 62 שורה 5-: להוסיף: אנו מניחים כי $F \in C^2$.

15. עמ' 64 שורה 14: צ"ל מוודא שאם מתקיים $F = 0$ בנקודה כלשהיא על 'קו' אופייני, שוויון זה ($F = 0$) ימשיך להתקיים לאורכו (כי עליו $F_t = 0$).

16. עמ' 64 שורה 4-: צ"ל $u'_0(s_0)$.

17. עמ' 65 שורה 14-: צ"ל עבור (t, s) בסביבת $(0, s_0)$ המקיים את תנאי ההתחלה (נזכור כי הנחנו ש $F \in C^2$). כזכור, על פס אופייני $F_t = 0$, ולכן מתקיים

$$F(x(t, s), y(t, s), u(t, s), p(t, s), q(t, s)) = 0 \quad \forall |s - s_0| < \delta, |t| < \varepsilon, \quad (1)$$

כי שוויון זה מתקיים עבור $t = 0$.

18. עמ' 65 שורה 3-: צ"ל בנינו אם כן, פונקציה חלקה $u(x, y)$ וראינו כי כל פתרון של בעיית קושי מוכל במשטח שבנינו (ומכאן תנבע היחידות).

19. עמ' 83 שורה 5-: צ"ל

$$u_{xx} - (1 + y^2)^2 u_{yy} - 2y(1 + y^2) u_y = 0.$$

20. עמ' 84 שורה 7-: צ"ל א. הוכיחו כי במקרה ההיפרבולי, ניתן למצוא טרנספורמציה המובילה לצורה קנונית בעלת יעקוביאן שונה מאפס ($J \neq 0$).

21. עמ' 100 שורה 1: צ"ל לפי נוסחת דלמבר

$$f(0) = f'_+(0) = g(0) = 0 \quad \text{צ"ל שורה 13: } f(0) = f'_+(0) = g(0) = 0$$

22. עמ' 101 שורה 13: צ"ל $f(0) = f'_+(0) = g(0) = 0$

23. עמ' 111 שורה 9-: צ"ל רק $\lambda > 0$ בא בחשבון.

24. עמ' 114 שורה 8-: צ"ל גזיר פעמיים ברציפות לפי x

25. עמ' 128 שורה 12-13: צ"ל 1892.

26. עמ' 129 שורה 7: צ"ל

$$E'(t) \leq - \int_0^\infty D(w_x)^2 dx - 2\beta E(t) \leq -2\beta E(t).$$

27. עמ' 129 שורה 9: צ"ל

$$E(T) \leq E(t)e^{-2\beta(T-t)} \leq Me^{-2\beta T} e^{2\beta t}.$$

28. עמ' 138 שורה 13-14: צ"ל $q(x) = -\nu^2/x$

29. עמ' 158 שורה 3: צ"ל $puu'|_0^1 = -h(u(1))^2 \leq 0$.

30. עמ' 173 שורה 15: צ"ל

$$u'(0) + i\alpha u(0) = 0, \quad u'(d) + i\alpha u(d) = 0.$$

31. עמ' 176 שורות 28-26: צ"ל

נשים לב כי במקרה הפרטי של משוואת לפלס ($F = 0$) מתקיים עבור כל פונקציה הרמונית D ב u

$$\int_\Gamma \partial_n u ds = 0, \quad (7.9)$$

כאן Γ היא מסילה סגורה וחלקה הנמצאת כולה ב D ומקיימת $\Gamma = \partial D_1$, כאשר D_1 הוא תת-תחום המוכל ממש ב D .

32. עמ' 184 שורה 13: צ"ל $M := \max_{\partial_P Q_T} u$

33. עמ' 184 שורה 4-: צ"ל

$$u_i(x, y, z, 0) = f_i(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \bar{D},$$

34. עמ' 188 שורה 13-: צ"ל

פרק 5.

35. עמ' 199 שורה 7: צ"ל

$$w(r, \theta) = \frac{1}{2} + (r^3 - r)\cos \theta + \frac{r^2}{2}\cos 2\theta.$$

36. עמ' 200 (7.81): כדאי לכתוב

$$w(r, \theta) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} K(r, \theta; a, \varphi) h(\varphi) d\varphi \quad 0 \leq r < a, \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi,$$

37. עמ' 200 (7.83): כדאי לכתוב

$$w(r, \theta) = \frac{\alpha_0}{2} + \frac{a}{\pi} \int_0^{2\pi} K_N(r, \theta; a, \varphi) g(\varphi) d\varphi \quad 0 \leq r < a, \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi,$$

38. עמ' 203 שורה 9-: צ"ל המקסימום של u ב \bar{D} מתקבל

39. עמ' 203 שורה 4-: צ"ל

יהי D תחום חסום, ויהי $u(x, y)$ פתרון חלק

40. עמ' 209 שורה 9-: צ"ל ואופרטור הגלים (עבור c קבוע)

41. עמ' 216 שורה 3: צ"ל ΔN .

42. עמ' 230 שורה 7-: צ"ל

$$v_t(x_1, x_2, x_3, 0) = u_{tt}(x_1, x_2, x_3, 0) = c^2 \Delta u(x_1, x_2, x_3, 0) = 0.$$

43. עמ' 233 שורה 5-: כדאי לרשום:

$$ds_\xi = \sqrt{1 + \left(\frac{d\xi_3}{d\xi_1}\right)^2 + \left(\frac{d\xi_3}{d\xi_2}\right)^2} d\xi_1 d\xi_2 = \left|\frac{ct}{\xi_3}\right| d\xi_1 d\xi_2.$$

44. עמ' 237 שורה 2: כדאי להוסיף: התחום בו פונקציה עצמית שומרת את סימנה נקרא תחום התאפסות (nodal domain). ידוע כי לפונקציה העצמית ה- n יש לכל היותר n תחומי התאפסות. כדוגמה נגדית שאין חסם מלרע למספר תחומי ההתאפסות קחו את התחום המלבני $\Omega_L := \{0 < x < \pi, 0 < y < L\}$, כאשר $L \rightarrow \infty$.

45. משוואות (9.84) – (9.83) צ"ל עבור $n \geq 1$:

$$A_{n,m} = \frac{2}{\pi a^2 [J_{n+1}(\alpha_{n,m})]^2} \int_0^{2\pi} \int_0^a h(r, \theta) J_n\left(\frac{\alpha_{n,m}}{a} r\right) \cos n\theta r dr d\theta,$$

$$B_{n,m} = \frac{2}{\pi a^2 [J_{n+1}(\alpha_{n,m})]^2} \int_0^{2\pi} \int_0^a h(r, \theta) J_n\left(\frac{\alpha_{n,m}}{a} r\right) \sin n\theta r dr d\theta.$$

46. עמ' 248 שורה 7-: לכן נותר לחשב את הנורמה של הרמוניה ספרית, ואת האורתוגונליות במקרה של ערך עצמי שאינו פשוט.

47. למשוואה (9.110) יש להוסיף:

$$\int_0^\pi P_n^m(\cos \phi) P_n^{m'}(\cos \phi) \sin \phi d\phi = 0 \quad m \neq m'.$$

48. עמ' 252 שורה 12: במקום $\{0 \leq \phi \leq \pi, 0 \leq \theta \leq 2\pi\}$ צ"ל $[0, \pi] \times [0, 2\pi]$.

49. עמ' 267 שורה 13: צ"ל א. יהי $n \in \mathbb{N}$. ידוע כי בקטע $0 < x < \pi$ הפונקציות $\sin nx$ ו $\dots \sin(n+1)x$

50. עמ' 267 שורה 5-: צ"ל הוכיחו את מסקנה 9.24. בפרט, הוכיחו כי כל...

51. עמ' 287 שורה 7-: צ"ל $\|u_n\|_{H_1(D)} < C^2$.

52. עמ' 293 שורה 15-: צ"ל (Finite Difference Method)

53. עמ' 293 שורה 14-: צ"ל (Finite Element Method)

54. עמ' 297 שורה 14: צ"ל $1 - 4\alpha \sin^2(L\Delta x/2) < 1$

55. עמ' 297 שורה 1-: צ"ל אם פתרון משוואת החום מקיים את הסכימה הבדידה בגבול בו $\Delta x \rightarrow 0$ ו $\Delta t \rightarrow 0$, ושגיאת הקיטוע מתכנסת לאפס מהר יותר מאשר Δt .

56. עמ' 299 שורה 11-: צ"ל ... בכל צעד זמן עלינו לכתחילה לפתור...

57. עמ' 318 שורה 7-: צ"ל נתבונן בהיטל קו אופייני ...

58. עמ' 318 שורה 4-: צ"ל מינימום גלובלי ...

59. עמ' 319 שורה 1: צ"ל מכיוון שתנאי ההתחלה ומקדמי המשוואה אינם תלויים ב x ,

60. עמ' 321 שורה 6: צ"ל

$$u = \frac{1 - e^{(1-s)t}}{s - 1}.$$

61. עמ' 321 שורה 8: צ"ל

$$u(x, y) = y \frac{1 - y^{y-x/y}}{x - y^2}.$$

62. עמ' 322 שורה 14-: צ"ל $u(x, y) =$

63. עמ' 323 שורה 7-: צ"ל: הפתרון הכללי הוא $F(u - y, -x + u^2/2) = 0$, עבור F גזירה המקיימת $F_\alpha \phi_u + F_\beta \psi_u \neq 0$

64. עמ' 349 שורה 11-: צ"ל: ב. מתקבל פתרון אמיתי (קלסי) של המשוואה בתחום $(0, \pi) \times (0, \infty)$ המקיים את תנאי השפה לכל $t > 0$. לעומת זאת, תנאי התואמות בנקודה $x = 0, t = 0$ אינו מתקיים כי תנאי ההתחלה סותר את תנאי השפה בנקודה זו, ולכן אין פתרון אמיתי (קלסי) לבעיה.

65. עמ' 355 שורה 7: צ"ל $\int_0^1 \frac{dx}{1+x^2}$

0.3 תיקונים למהדורה השניה

להלן רשימה חלקית של תיקונים ביחס למהדורה השניה של הספר.

1. עמ' 11 שורה 2-: צ"ל $\int_D (u_t - q - \vec{\nabla} \cdot (k \vec{\nabla} u)) dV = 0$

2. עמ' 38 שורה 3: צ"ל היוצא מ $\Gamma(s)$

3. עמ' 78 שורה 1-: צ"ל $u(0, \frac{2}{3}) = \frac{5}{3}$

4. עמ' 79 שורה 1-: צ"ל הפירוש הפיסיקלי.

5. עמ' 100 שורה 11: צ"ל מצויר בקו מקוטע,

6. עמ' 100 שורה 13: צ"ל מתואר בקו רציף.

7. עמ' 101 שורה 1: צ"ל (5.24)

8. עמ' 108 שורה 1-: צ"ל

$$\frac{1}{2}T_0'' + \sum_{n=1}^{\infty} (T_n'' + n^2\pi^2 T_n) \cos n\pi x = \cos 2\pi t \cos 2\pi x.$$

9. עמ' 125 שורה 10: צ"ל $\int_0^\pi \cos mx \cos nx dx$

10. עמ' 125 שורה 11: צ"ל $\cos nx$

11. עמ' 152 שורה 9: צ"ל $u(0, t) = 0, u(\pi, t) = 1$

12. עמ' 152 שורה 6-: צ"ל $0 < x < 1$

13. עמ' 152 שורה 5-: צ"ל $u_x(1, t) = 0$

14. עמ' 152 שורה 4-: צ"ל $0 \leq x \leq 1$

15. עמ' 166 שורה 8: צ"ל $c < y < d$

16. עמ' 166 שורה 11-: צ"ל (7.33)

17. עמ' 170 שורה 6: צ"ל $\int_0^\pi (x - \pi/2) dx$

18. עמ' 173 שורה 13: צ"ל $|\alpha_n|, |\beta_n| \leq Ma^{-n}$

19. עמ' 175 שורה 16 – 13: צ"ל

$$\begin{aligned}\tilde{f}_n(r) &= \int_0^r K_1^{(n)}(r, a, \rho) \delta_n(\rho) \rho d\rho + \int_r^a K_2^{(n)}(r, a, \rho) \delta_n(\rho) \rho d\rho, \\ \tilde{g}_n(r) &= \int_0^r K_1^{(n)}(r, a, \rho) \epsilon_n(\rho) \rho d\rho + \int_r^a K_2^{(n)}(r, a, \rho) \epsilon_n(\rho) \rho d\rho,\end{aligned}$$

כאשר אנו מסמנים

$$K_1^{(0)} = \log \frac{r}{a}, \quad K_2^{(0)} = \log \frac{\rho}{a}$$

$$K_1^{(n)} = \frac{1}{2n} \left[\left(\frac{r}{a} \right)^n - \left(\frac{a}{r} \right)^n \right] \left(\frac{\rho}{a} \right)^n, \quad K_2^{(n)} = \frac{1}{2n} \left[\left(\frac{\rho}{a} \right)^n - \left(\frac{a}{\rho} \right)^n \right] \left(\frac{r}{a} \right)^n \quad n \geq 1.$$

20. עמ' 176 שורה 3: צ"ל $w(1, \theta) = \cos^2 \theta$

21. עמ' 225 משוואה (9.147): צ"ל \hbar^2

22. עמ' 244 שורה 9: צ"ל $\Delta t \leq \frac{(\Delta x)^2}{2k}$

23. עמ' 249 משוואה (11.32): צריך לכפול את אגף ימין ב 16.

24. עמ' 259 שורה 3: צ"ל $u_{yy} = v_{ss}$

25. עמ' 263 שורה 8: צ"ל בתחום $y > 0$

26. עמ' 263 שורה 16: צ"ל $t(\tau, s) = \tau$

27. עמ' 275 שורה -5, -3: צ"ל $\frac{1}{8}(e^{-t} - e^{-9t})$

28. עמ' 276 שורה 8: צ"ל $\frac{1}{8}(e^{-t} - e^{-9t})$

29. עמ' 280 שורה 7: צ"ל מאחר ש $E(t) \geq 0$ ומתקיים $E(0) = 0$

30. עמ' 282 שורה 4: צ"ל $-\frac{(1+4\alpha^2-4\lambda)\sin(\alpha \ln x)}{4\sqrt{x}} = 0$

31. עמ' 283 שורה 12: צ"ל $u(x) = x^{-1/2} \left(a \sin \left(\sqrt{\frac{4\lambda-1}{2}} \ln(x) \right) + b \cos \left(\sqrt{\frac{4\lambda-1}{2}} \ln(x) \right) \right)$

32. עמ' 283 שורה 14: צ"ל $\lambda_n = n^2 \pi^2 + 1/4$

33. עמ' 283 שורה -6: צ"ל שאלה 5

34. עמ' 283 שורה -1 ו 284 שורה 2: צ"ל $\lambda_n = \frac{n^2 \pi^2}{\ln^2(2)} + 1/4$

35. עמ' 285 שורה 2: צ"ל $v_t - v_{xx} + v = 0$

36. עמ' 286 שורה -12: צ"ל $(0, \pi) \times (0, \infty)$

37. עמ' 287 שורה -6, -4: צ"ל $\forall n \neq 0, 2$

38. עמ' 288 שורה 11: צ"ל $\frac{x\pi}{2}$

39. עמ' 290 שורה 13: צ"ל $t \cos(2001x)$

40. עמ' 291 שורה 6: צ"ל x

41. עמ' 296 שורה 4: צ"ל $-\frac{4}{n^3} \frac{a^2}{\pi^3} (1 - (-1)^n)$

42. עמ' 297 שורה 12: צ"ל r^2

43. עמ' 297 שורה 9: צ"ל מתקבל רק על שפת העיגול.

44. עמ' 297 שורה 7: צ"ל

$$u(x, y) < \max_{(x, y) \in \partial B_{r_2}} u(x, y) = M(r_2), \quad \forall (x, y) \in B_{r_1}.$$

45. עמ' 297 שורה 5: צ"ל

$$M(r_1) = \max_{(x, y) \in \partial B_{r_1}} u(x, y) < M(r_2).$$

46. עמ' 298 שורה 7: צ"ל למרחב הפולינומים ההרמוניים מדרגה n

47. עמ' 299 שורה 5: צ"ל אנו מקבלים עבור $f \geq 0$:

48. עמ' 302 שורה 10, 14: צ"ל Q_T

49. עמ' 302 שורה 10: צ"ל $\frac{1}{4\pi}$

50. עמ' 302 שורה 8: צ"ל $\frac{a}{4\pi}$

51. עמ' 302 שורה 5, 6: צ"ל

$$\frac{a^{-2}}{4\pi} \Delta_x \int_{|\vec{x}-\vec{\xi}| < a} h(\vec{\xi}) d\vec{\xi} = \frac{a^{-2}}{4\pi} \Delta_x \int_0^a d\alpha \int_{|\vec{x}-\vec{\xi}| = \alpha} h(\vec{\xi}) dS_\xi =$$

$$a^{-2} \Delta_x \int_0^a \alpha^2 M_h(\alpha, \vec{x}) d\alpha.$$

52. עמ' 303 שורה 4, 13: צ"ל $\frac{d^n}{dt^n} (t^2 - 1)^n$

53. עמ' 303 שורה 10: צ"ל $(P_n^m(\cos \phi))^2$

54. עמ' 303 שורה 7, 8: צ"ל $(1 - t^2)^m$

55. עמ' 303 שורה 5: צ"ל $a_n t^n$

56. עמ' 303 שורה 3: צ"ל $\frac{(n+m)!}{(n-m)!} a_n P_n t^n$

0.4 תיקונים למהדורה הראשונה

להלן רשימה חלקית של תיקונים ביחס למהדורה הראשונה של הספר.

1. עמ' 5 שורה 14: צ"ל $u_{x_1}, u_{x_1 x_1}$.
 2. עמ' 11 שורה 5: צ"ל זו משוואה קוואזי-לינארית ...
 3. עמ' 15 שורה 5: צ"ל \vec{g} .
 4. עמ' 17 שורה 10 ו 14: צ"ל $\frac{f(x,t)}{\rho}$.
 5. עמ' 19 שורה 3: צ"ל $t \geq 0$.
 6. עמ' 20 שורה 3, 9 ו 15: צ"ל $t \geq 0$.
 7. עמ' 20 שורה 15: צ"ל $u(x, y, z, t)$.
 8. עמ' 38 שורה 14: צ"ל הנוצרות
 9. עמ' 41 שורה 9 ו 18: צ"ל h' במקום h_s
 10. עמ' 56 שורה 10 – 9: החלף t ב y .
 11. עמ' 56 שורה 11: צ"ל $-\delta(\ell) = AC - B^2 = J^2(ac - b^2) = -J^2\delta(L)$.
 12. עמ' 58 שורה 4: צ"ל
- $$\frac{dx}{dt} = a, \quad \frac{dy}{dt} = b \pm \sqrt{b^2 - ac}, \quad \frac{d\xi}{dt} = 0 \quad (\text{או } \frac{d\eta}{dt} = 0).$$
13. עמ' 60 שורה 9: צ"ל:

$$x^2(y^2 v_{\eta\eta} + 2y v_{\xi\eta} + v_{\xi\xi}) - 2xy(v_{\eta} + xy v_{\eta\eta} + xv_{\xi\eta}) + x^2 y^2 v_{\eta\eta} + xy v_{\eta} + xv_{\xi} + xy v_{\eta} = 0.$$
 14. עמ' 68 שורה 5: צ"ל $s = 2 + 2ct$.
 15. עמ' 79 שורה 3: צ"ל $\frac{1}{2c} \int_{\tau=0}^{\tau=t} \int_{\xi=x-c(t-\tau)}^{\xi=x+c(t-\tau)} F(\xi, \tau) d\xi d\tau$
 16. עמ' 87 שורה 15: צ"ל יחיד),
 17. עמ' 91 שורה 6: למחוק (5.1).
 18. עמ' 105 שורה 14: $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} u(x, t)$
 19. עמ' 106 שורה 2: למחוק "לפקולטה".
 20. עמ' 109 שורה 13: צ"ל $0 < r$.
 21. עמ' 110 שורה 16: צ"ל אבל $0 > |\alpha| + |\beta|$...

22. עמ' 112 שורה 11-: צ"ל וכך שכל נקודה $x \in [0, 1]$ שייכת וגם לא שייכת לאינסוף מהקטעים $[a_n, b_n]$.
23. עמ' 113 שורה 6-: למחוק .;
24. עמ' 115 שורה 3-: צ"ל במרחב הפונקציות בעלי נגזרות חסומות מסדר $2 \leq k \leq 0$.
25. עמ' 119 שורה 5 ושורה 8: צ"ל $v'' + \lambda v = 0$.
26. עמ' 123 שורה 9-: צ"ל כאשר λ_n מסודרים באופן מונוטוני.
27. עמ' 127 שורה 12: צ"ל $u_0(x) = x$.
28. עמ' 131 שורה 9 ו 12: צ"ל $a \leq x \leq b$.
29. עמ' 131 שורה 6-: צ"ל v'' .
30. עמ' 132 שורה 1: צ"ל (6.77) במקום (5.49).
31. עמ' 132 שורה 14-: צ"ל $\frac{1}{2m\pi}$.
32. עמ' 133 שורה 14: צ"ל $B_a[v] = B_b[v] = 0$.
33. עמ' 135 שורה 13-: צ"ל $\frac{1}{8}(e^{-t} - e^{-9t})\sin 3x$.
34. עמ' 135 שורה 5-: צ"ל הפיתוח $a_n(0)$ חסומים.
35. עמ' 136 שורה 15: צ"ל $\frac{x}{\pi} + \frac{1}{8}(e^{-t} - e^{-9t})\sin 3x - \frac{8}{\pi^3} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\sin(2k+1)x}{(2k+1)^3} e^{-(2k+1)^2 t}$.
36. עמ' 143 שורה 8: צ"ל $F = 0$.
37. עמ' 146 שורה 8: צ"ל $\frac{R}{2\pi} \frac{\partial}{\partial R}$.
38. עמ' 149 שורה 7: צ"ל $-\int_{\partial D} \alpha (\partial_n v)^2 ds$.
39. עמ' 150 שורה 6 ו 15: צ"ל $v_t - k\Delta v < 0$.
40. עמ' 150 שורה 7: צ"ל $\partial_P Q_T$.
41. עמ' 153 שורה 9: צ"ל $x < b$.
42. עמ' 153 שורה 11: צ"ל $\{\sinh \frac{n\pi x}{d}\}$.
43. עמ' 164 שורה 2: צ"ל $K_N(r, \theta; a, \phi)$.
44. עמ' 167 שורה 11- ועמ' 175 שורה 18-: צ"ל פואסון.
45. עמ' 170 שורה 5: צ"ל \mathbb{R}^2 .
46. עמ' 172 שורה 9: צ"ל $K(x, y; \xi, \eta) := -\partial_n G(x, y; \xi, \eta)$.
47. עמ' 172 שורה 16: צ"ל משפט 8.7.
48. עמ' 180 שורה 4: צ"ל $\lim_{k \rightarrow 0} (G_k(x, \xi) - \frac{1}{2k})$.

49. עמ' 185 שורה 2: צ"ל $\sum_{k,l=1}^n a_{kl} \frac{\partial \phi_i}{\partial x_l} \frac{\partial \phi_j}{\partial x_k}$.

50. עמ' 186 שורה 16: רשום משוואה במקום בעיה.

51. עמ' 188 שורה 3: צ"ל נחשב $u(2, \frac{3}{2}), u(2, \frac{1}{2})$ ו $u(2, 4)$. מהצבה ב 9.26 ושימוש בהרחבה הזוגית של תנאי ההתחלה אנו מקבלים:

$$u(2, \frac{1}{2}) = \frac{1}{4} \int_{3/2}^{5/2} s \tilde{g}(s) ds = 0,$$

$$u(2, \frac{3}{2}) = \frac{1}{4} \int_{1/2}^{7/2} s \tilde{g}(s) ds = \frac{1}{4} \int_{1/2}^1 s ds = \frac{3}{32},$$

$$u(2, 4) = \frac{1}{4} \int_{-2}^6 s \tilde{g}(s) ds = \frac{1}{4} \int_{-1}^1 s ds = 0.$$

52. עמ' 189 שורה 9: צ"ל $u(r, 0) = f(r)$.

53. עמ' 189 שורה 11: צ"ל $\tilde{f}(r-t)$.

54. עמ' 189 שורה 9: צ"ל בה $f(\vec{x}) \equiv 0$.

55. עמ' 190 שורה 4: \vec{x} .

56. עמ' 200 שורה 1: צ"ל λ_{nm} .

57. עמ' 201 שורה 7: צ"ל $Y(\phi, \theta) = Y(\phi, \theta + 2\pi), Y_\theta(\phi, \theta) = Y_\theta(\phi, \theta + 2\pi)$.

58. עמ' 203 שורה 11: להוסיף \square .

59. עמ' 204 שורה 7: צ"ל $\frac{1}{\sqrt{r}} J_{n+\frac{1}{2}}(\frac{\alpha n r}{a})$.

60. עמ' 208 שורה 10: צ"ל אופרטור לפלס בספרה.

61. עמ' 212 שורה 4: צ"ל $\mathbb{R}^N, N \geq 3$.

62. עמ' 212 שורה 8: צ"ל $\Gamma(|\vec{x} - \vec{y}|)$.

63. עמ' 213 שורה 8: למחוק (ראו פרק 9).

64. עמ' 215 שורה 16: צ"ל מצד שני, $u_2 \geq 0$ על $\partial D_1 \times [0, \infty]$ ולכן

65. עמ' 217 שורה 6 ו 9: צ"ל ואת נוסחת פוריה המוכללת עבור מקדמי פוריה ...

66. עמ' 217 שורה 15: צ"ל המלבן.

67. עמ' 217 שורה 5: שאלה 13 מיותרת כיוון שהיא שאלה 3.

68. עמ' 218 שורה 3: להוסיף - (עם תנאי דיריכלה).

69. עמ' 221: באיור 10.1 החלף j ב i .

70. עמ' 231 שורה 12: צ"ל $\frac{\Delta x}{\Delta t} \geq c$.

71. עמ' 234 שורה 7: צ"ל $M(V^{(p)} - V)$.

72. עמ' 235 שורה 14: צ"ל וקטור עצמי של $-(L + S)$.

73. עמ' 235 שורה 10: צ"ל המתאימים לערכים העצמיים $\lambda_k = \alpha \cos k\Delta x$. כיוון ש D היא מטריצה אלכסונית, אנו מקבלים שהרדיוס הספקטרי של מטריצת האיטרציות של שיטת יעקובי לסכימת קרנק-ניקולסון הוא

$$\lambda_{\text{Jacobi}} = \frac{\alpha}{1 + \alpha} \cos(\Delta x) \sim \frac{\alpha}{2 + 2\alpha} \left(1 - \frac{\Delta x^2}{2}\right).$$

באופן דומה ניתן להראות כי עבור סכימת קרנק-ניקולסון

$$\lambda_{\text{Gauss-Seidel}} \sim \frac{\alpha}{1 + \alpha} (1 - \Delta x^2),$$

הרדיוס הספקטרי עבור איטרציות SOR תלוי בבחירה של הפרמטר ω . מתברר שהבחירה האופטימלית (לסכימת קרנק-ניקולסון למשוואת החום) היא $\omega \approx 1.8$. עבור פרמטר זה מתקבל

$$\lambda_{\text{SOR}} \sim \frac{\alpha}{1 + \alpha} (1 - 2\Delta x).$$

74. עמ' 242 שאלה 12 - ד': צ"ל $(s + 1)0 - 1 = -1 \neq 0$

75. עמ' 246 שאלה 3 - ד': יש טעות בחישוב. התוצאה הסופית נכונה ללא אילוץ על $g(0)$.

76. עמ' 248 שורה 4: צ"ל $+\frac{1}{2} \left(\int_{1-\cos x-x+y}^{1-\cos x+x+y} g(s) ds \right)$.

77. עמ' 249 שורה 4: צריך להוסיף, $0 \leq x \leq 1$

78. עמ' 250 שורה 2: צ"ל $f(x - 4t)$

79. עמ' 254 שורה 8: צ"ל $\frac{2}{Cn\pi} \int_0^L g(x) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx$

80. עמ' 263 שורה 12: צ"ל שאלה 2.

81. עמ' 263 שורה 10: צ"ל $b \cos(|\mu| \ln(x))$.

82. עמ' 263 שורה 6: צ"ל $u_n(x) = \sin\left(\left(n + \frac{1}{2}\right)\pi \ln(x)\right)$

83. עמ' 265 שורה 7: צ"ל כי.

84. עמ' 285 שורה 16: צ"ל

$$\frac{k(k+1) - \mu}{2(k+1)^2} \rightarrow \frac{1}{2}.$$

כלומר הטור מתבדר עבור $t < -1$. יתר על כן, מתברר שהטור מתבדר ב $t = -1, \dots$