# משוואות דיפרנציאליות רגילות

## פרק 3 - משוואות ליניאריות מסדר n

### תוכן העניינים


1. משוואה חסרה מסדר שלישי ..... 1
2. משוואה לינארית הומוגנית עם מקדמים קבועים ..... 2
3. שיטת השוואת מקדמים ..... 5
4. שיטת וריאציית הפרמטרים ..... 7
5. משוואת אוילר מסדר שלישי ..... (ללא ספר)
6. הוורונסקיאן ושימושיו ..... 8
7. השיטה האופרטורית ..... 9

# משוואה חסרה מסדר שלישי

## שאלות

פתרו את המשוואות הבאות:

**1)** $y'y'''-(y'')^2-3y''(y')^2-4(y')^4=-16y(y')^3$,
עם תנאי ההתחלה $y(0)=0,\quad y'(0)=-3,\quad y''(0)=-12$.

**2)**
$$\begin{cases} y'''-\dfrac{(y'')^2}{y'}=y''y'-2(y')^2y \\ y(0)=0,\quad y'(0)=1,\quad y''(0)=2 \end{cases}$$

**3)**
$$\begin{cases} y'''-\dfrac{(y'')^2}{y'}=y''y'-2(y')^2y \\ y(0)=-1,\quad y'(0)=1,\quad y''(0)=0 \end{cases}$$

**4)**
$$3y'''y-y'y''=0$$
$$y(1)=1,\quad y'(1)=3,\quad y''(1)=6$$

**5)**
$$\left(y'y'''-2(y'')^2\right)y^2=-(y')^4$$
$$y>0$$
$$y(1)=y'(1)=y''(1)=1$$

## תשובות סופיות

**1)** $\frac{1}{4}\ln\left|-3+4y\right|=x+\frac{1}{4}\ln 3$

**2)** $y=\frac{1}{1-x}-1$

**3)** $y=\tan x-1$

**4)** $y=x^3$

**5)** $y=e^{x-1}$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# משוואה לינארית הומוגנית עם מקדמים קבועים

## שאלות

פתרו את המשוואות בשאלות **1-15**:

**1)** $y'''-2y''-3y'=0$

**2)** $y^{(4)}+3y'''-15y''-19y'+30y=0$

**3)** $y'''-2y''-y'+2y=0$

**4)** $y^{(4)}-5y''+4y=0$

**5)** $y^{(4)}-y=0$

**6)** $\frac{d^3y}{dx^3}+2\frac{d^2y}{dx^2}-3\frac{dy}{dx}+20y=0$

**7)** $y^{(4)}+y=0$

**8)** $y^{(6)}-y''=0$

**9)** $\left(D^5+3D^4+2D^3-2D^2-3D-1\right)y=0$

**10)** $y^{(8)}+8y^{(4)}+16y=0$

**11)** $z'''-6z''+12z'-8z=0$

**12)** $y^{(4)}-4y=0$

**13)** $x^{(6)}-3x^{(4)}+3x''-x=0$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

**14)**
$$\begin{cases} y'''-y''+y'-y=0 \\ y(0)=3 \\ y'(0)=4 \\ y''(0)=-1 \end{cases}$$

**15)**
$$\begin{cases} y''''-3y'''+6y''-12y'+8y=0 \\ y(0)=2 \\ y'(0)=5 \\ y''(0)=-19 \\ y'''(0)=-47 \end{cases}$$

**16)** נתונה משוואה דיפרנציאלית הומוגנית עם מקדמים קבועים מסדר 6, אשר אחד הפתרונות שלה הוא $x^2e^x\cos 2x$.

א. מצאו את הפתרון הכללי של המשוואה.

ב. מצאו את המשוואה.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

## תשובות סופיות

**1)** $y = c_1 + c_2 e^{-x} + c_3 e^{3x}$

**2)** $y = c_1 e^{x} + c_2 e^{-2x} + c_3 e^{3x} + c_4 e^{-5x}$

**3)** $y = c_1 e^{2x} + c_2 e^{x} + c_3 e^{-x}$

**4)** $y = c_1 e^{x} + c_2 e^{-x} + c_3 e^{2x} + c_4 e^{-2x}$

**5)** $y = c_1 e^{x} + c_2 e^{-x} + e^{0x}\left[c_3 \cos x + c_4 \sin x\right]$

**6)** $y = c_1 e^{-4x} + e^{x}\left[c_2 \cos 2x + c_3 \sin 2x\right]$

**7)** $y = e^{\frac{\sqrt{2}}{2}x}\left(c_1 \cos\frac{\sqrt{2}}{2}x + c_2 \sin\frac{\sqrt{2}}{2}x\right) + e^{-\frac{\sqrt{2}}{2}x}\left(c_3 \cos\frac{\sqrt{2}}{2}x + c_4 \sin\frac{\sqrt{2}}{2}x\right)$

**8)** $y = c_1 + c_2 x + c_3 e^{x} + c_4 e^{-x} + \cos x + \sin x$

**9)** $y = c_1 e^{x} + c_2 e^{-x} + c_3 x e^{-x} + c_4 x^2 e^{-x} + c_5 x^3 e^{-x}$

**10)** $y = e^{x}\left[c_1 \cos x + c_2 \sin x\right] + xe^{x}\left[c_3 \cos x + c_4 \sin x\right] + \\ + e^{-x}\left[c_5 \cos x + c_6 \sin x\right] + xe^{-x}\left[c_7 \cos x + c_8 \sin x\right]$

**11)** $y = c_1 e^{2x} + c_2 x e^{2x} + c_3 x^2 e^{2x}$

**12)** $y = c_1 e^{\sqrt{2}x} + c_2 e^{-\sqrt{2}x} + c_3 \cos\sqrt{2}x + c_4 \sin\sqrt{2}x$

**13)** $y = c_1 e^{x} + c_2 x e^{x} + c_3 x^2 e^{x} + c_4 e^{-x} + c_5 x e^{-x} + c_6 x^2 e^{-x}$

**14)** $y = e^{x} + 2\cos x + 3\sin x$

**15)** $y = e^{x} - 2e^{2x} + 3\cos 2x + 4\sin 2x$

**16)** א. $y = e^{x}\left[c_1 \cos 2x + c_2 \sin 2x\right] + xe^{x}\left[c_3 \cos 2x + c_4 \sin 2x\right] + \\ + x^2 e^{x}\left[c_5 \cos 2x + c_6 \sin 2x\right]$

ב. $y'''''' - 6y''''' + 27y'''' - 68y''' + 135y'' - 150y' + 125y = 0$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# שיטת השוואת מקדמים

## שאלות

פתרו את המשוואות הבאות:

**1)** $y'''-2y''-3y'=2\sin x-4\cos x$

**2)** $y^{(4)}+3y'''-15y''-19y'+30y=-28e^{2x}$

**3)** $y'''-2y''-y'+2y=2x^3-3x^2-12x+14$

**4)** $y'''-3y'+2y=e^x$

**5)** $y'''-y''+y'-y=2\sin\frac{x}{2}\cos\frac{x}{2}$

**6)** $\begin{cases} y'''-y'=4e^{-x}+3e^{2x} \\ y(0)=0 \\ y'(0)=-1 \\ y''(0)=2 \end{cases}$

**7)** $y^{(4)}+y''=3x^2+4\sin x-2\cos x$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

## תשובות סופיות

1) $y = c_1 + c_2 e^{-x} + c_3 e^{3x} + \sin x$

2) $y = c_1 e^{x} + c_2 e^{-2x} + c_3 e^{3x} + c_4 e^{-5x} + e^{2x}$

3) $y = c_1 e^{2x} + c_2 e^{x} + c_3 e^{-x} + x^3 + 4$

4) $y = c_1 e^{x} + c_2 x e^{x} + c_3 e^{-2x} + \frac{1}{6} x^2 e^{x}$

5) $y = c_1 e^{x} + c_2 \cos x + c_3 \sin x + \frac{1}{4} x\left(\cos x - \sin x\right)$

6) $y = -4.5 + 4e^{-x} + 2xe^{-x} + \frac{1}{2} e^{2x}$

7) $y = c_1 + c_2 x + c_3 \cos x + c_4 \sin x + \frac{1}{4} x^4 - 3x^2 + x \sin x + 2x \cos x$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# שיטת וריאציית הפרמטרים

## שאלות

פתרו את המשוואות הבאות:

**1)** $y'''+y'=\frac{1}{\cos x}$

**2)** $y'''-3y''+2y'=\frac{e^x}{1+e^{-x}}$

**3)** $y'''-3y''+3y'-y=\frac{e^x}{x}$

## תשובות סופיות

**1)** $y=c_1+c_2\cdot\cos x+c_3\cdot\sin x+\ln\left|\tan x+\frac{1}{\cos x}\right|-x\cos x+\sin x\ln|\cos x|$

**2)** $y=c_1+c_2e^x+c_3e^{2x}+$
$+\frac{1}{2}\left(e^x+1-\ln\left(e^x+1\right)\right)+e^x\left(-\ln\left(e^x+1\right)\right)+e^{2x}\left(-\frac{1}{2}\ln\left(1+e^{-x}\right)\right)$

**3)** $y=c_1e^x+c_2xe^x+c_3x^2e^x-\frac{3}{4}x^2e^x+\frac{1}{2}x^2e^x\ln|x|$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# הוורונסקיאן ושימושיו

## שאלות

**1)** האם קיימת מד"ר מהצורה $y'''+p(x)y''+q(x)y'+r(x)y=0$,
בעלת מקדמים רציפים בקטע $[-1,1]$,
כך שהפונקציות $y_1(x)=x$ , $y_2(x)=x^2$, $y_3(x)=x^3$ הן פתרונות שלה?

**2)** נתונות הפונקציות $y_1(x)=4-x,\ y_2(x)=4+x,\ y_3(x)=20+x$.

א. חשבו את הוורונסקיאן של הפונקציות.

ב. קבעו האם הפונקציות תלויות בקטע $(-\infty,\infty)$.

ג. ענו שוב על סעיף ב', בידיעה ששלוש הפונקציות הן פתרון של המד"ר $y''=0$.

**3)** פתרו את הסעיפים הבאים:

א. יהיו $y_1(x)$ , $y_2(x)$ , $y_3(x)$ פונקציות גזירות ברציפות שלוש פעמים בקטע $I$ , ונניח כי הוורונסקיאן שלהן שונה מאפס ב- $I$.
הוכיחו כי קיימת משוואה הומוגנית מסדר 3, בעלת מקדמים רציפים בקטע $I$ , כך ש- $y_1(x)$ , $y_2(x)$ , $y_3(x)$ הם פתרונות שלה.

ב. רשמו משוואה לינארית, הומוגנית, מסדר שלישי, עם מקדמים רציפים, שהפונקציות $y_1(x)=x$ , $y_2(x)=x^2$, $y_3(x)=x^3$ הן פתרונות שלה.

## תשובות סופיות

**1)** לא. הפונקציות מתאפסות רק בנקודה אחת $x=0$.

**2)** א. $W=0$ ב. הפונקציות תלויות. ג. הפונקציות תלויות.

**3)** א. שאלת הוכחה. ב. $x\neq 0$ , $y'''-\frac{3}{x}y''+\frac{6}{x^2}y'-\frac{6}{x^3}y=0$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# השיטה האופרטורית

## שאלות

פתרו את המשוואות הבאות:

**1** $\left(D^3-2D^2-3D\right)y=4e^x-10e^{-2x}$

**2** $y^{(4)}+3y'''-15y''-19y'+30y=10e^{4x}+2e^x-1$

**3** $\left(D^4-6D^3+13D^2-12D+4\right)y=10e^x+4e^{2x}$

**4** $\left(D^5-8D^4+22D^3-28D^2+17D-4\right)y=24e^x+81e^{4x}$

**5** $\left(D^6+D^4+D^2\right)y=104\sin\left(2x+1\right)+\cos\left(x+10\right)$

**6** $\left(D^5-8D^4+22D^3-28D^2+17D-4\right)y=-5\sin 2x$

**7** $\left(D^4-3D^3+6D^2-12D+8\right)y=30\sin\frac{x}{2}\cos\frac{x}{2}+48\cos^2 x-16$

## תשובות סופיות

**1** $y=c_1e^{0x}+c_2e^{-x}+c_3e^{3x}-e^x+e^{-2x}$

**2** $y=c_1e^x+c_2e^{-2x}+c_3e^{3x}+c_4e^{-5x}+\frac{5}{81}e^{4x}-\frac{1}{18}xe^x-\frac{1}{30}$

**3** $y=c_1e^x+c_2xe^x+c_3e^{2x}+c_4xe^{2x}+5x^2e^x+2x^2e^{2x}$

**4** $y=c_1e^x+c_2xe^x+c_3x^2e^x+c_4x^3e^x+c_5e^{4x}-\frac{1}{3}x^4e^x+xe^{4x}$

**5** $y=c_1+c_2x+c_3e^{2x}+c_4e^{-2x}+c_5e^{3x}+c_6e^{-3x}-2\sin\left(2x+1\right)-\cos\left(x+10\right)$

**6** $y=c_1e^x+c_2xe^x+c_3x^2e^x+c_4x^3e^x+c_5e^{4x}+\frac{1}{500}\left[4\sin 2x-22\cos 2x\right]$

**7** $y=c_1e^x+c_2e^{2x}+c_3\cos 2x+c_4\sin 2x+\frac{5\sin x+25\cos x}{26}+\frac{-3\cos 2x-18\sin 2x}{37}+1$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©