# חדוא 1

## פרק 27 - המשפט היסודי של החדו"א, משפטי הערך הממוצע לאינטגרלים

תוכן העניינים

1. המשפט היסודי של החדו״א - תרגילי חישוב ..... 1
2. המשפט היסודי של החדו״א - תרגילי תיאוריה ..... 4
3. משפטי הערך הממוצע לאינטגרלים ..... 7

# המשפט היסודי של החדו"א – תרגילי חישוב

## שאלות

בשאלות **1** ו-**2**, על סמך המשפט היסודי של החדו"א,
הוכיחו כי אם $f(x)$ רציפה וגם $a(x)$ ו-$b(x)$ גזירות, אזי:

**1)** $I(x)=\int_a^{b(x)} f(t)dt \Rightarrow I'(x)=f(b(x))b'(x)$

**2)** $I(x)=\int_{a(x)}^{b(x)} f(t)dt \Rightarrow I'(x)=f(b(x))b'(x)-f(a(x))a'(x)$

גזרו את הפונקציות בשאלות **3-6**:

**3)** $I(x)=\int_2^x e^{-t^2}dt$

**4)** $I(x)=\int_1^{x^3} \frac{\ln t}{t^2}dt$

**5)** $I(x)=\int_2^{x^3+x} t\ln t\,dt$

**6)** $I(x)=\int_{x^3}^{x^2} \frac{dt}{\sqrt{1+t^4}}$

חשבו את הגבולות בשאלות **7-9**:

**7)** $\lim_{x\to 0}\frac{\int_0^x \frac{tdt}{\cos t}}{\sin^2 x}$

**8)** $\lim_{x\to 0^+}\frac{1}{x^3}\int_0^{x^2}\sin\sqrt{t}\,dt$

**9)** $\lim_{x\to 4}\frac{x}{x-4}\int_4^x e^{t^2}dt$

**10)** חשבו את הגבול $\lim_{x\to\infty}\frac{\left(\int_0^x e^{t^2}dt\right)^2}{\int_0^x e^{2t^2}dt}$.

**11)** חקרו את הפונקציה $F(x)=\int_0^x (t+1)^4(t-1)^{10}dt$ , לפי הפירוט הבא:

תחום הגדרה, נקודות קיצון ותחומי עלייה וירידה, נקודות פיתול ותחומי קמירות וקעירות.

**12)** נתונה הפונקציה $g(t)=\int_0^{t^2-1} f(x)dx$ , כאשר $f(x)=2+\int_0^x \left(e^{y^2}+2\right)^2 dy$ .

חשבו את $g''(1)$ (הניחו כי $f$ רציפה).

**13)** תהי $f:\mathbb{R}\to\mathbb{R}$ פונקציה רציפה.

נגדיר $g(x)=\int_0^x (x-t)f(t)dt$ לכל $x\in\mathbb{R}$ .

הוכיחו כי $g''(x)=f(x)$ לכל $x\in\mathbb{R}$ .

**14)** תהי $f:\mathbb{R}\to\mathbb{R}$ פונקציה רציפה, ויהי $\alpha\neq 0$ .

נגדיר $g(x)=\frac{1}{\alpha}\int_0^x f(t)\sin\left[\alpha(x-t)\right]dt$ לכל $x\in\mathbb{R}$ .

הוכיחו כי $f(x)=g''(x)+\alpha^2 g(x)$ לכל $x\in\mathbb{R}$ .

**15)** תהי $f$ פונקציה רציפה וחיובית לכל $x\geq 0$ .

הוכיחו כי הפונקציה $z(x)=\frac{\int_0^x f(t)dt}{\int_0^x t\,f(t)dt}$ מונוטונית יורדת בקטע $[0,\infty)$.

**16)** מצאו את $\int_e^4 f(x)dx$ , אם נתון כי $\int_2^x \frac{t^3-t+2}{t^2-t}dt=\int_2^x f(t)dt+2\int_2^x \frac{1}{t-1}dt$ .

**17)** מצאו את משוואת המשיק לגרף הפונקציה $F(x)=\int_0^{\sin x} e^{t^2}dt$ , בנקודה $x_0=2\pi$ .


כתב ופתר – גיא סלומון ©

## תשובות סופיות

1) שאלת הוכחה.

2) שאלת הוכחה.

3) $I'(x)=e^{-x^2}$

4) $I'(x)=\frac{\ln(x)^3}{(x^3)^2}\cdot 3x^2$

5) $I'(x)=(x^3+x)(3x^2+1)\ln(x^3+x)$

6) $I'(x)=\frac{2x}{\sqrt{1+x^8}}-\frac{3x^2}{\sqrt{1+x^{12}}}$

7) $\frac{1}{2}$

8) $\frac{2}{3}$

9) $4e^{16}$

10) $0$

11) תחום הגדרה: כל $x$.
נקודות קיצון: אין קיצון, עולה לכל $x$.
נקודות פיתול: $x=-1,1,-\frac{3}{7}$.
תחומי קמירות: $x>1$ , $-1<x<-\frac{3}{7}$.
תחומי קעירות: $-\frac{3}{7}<x<1$ , $x<-1$.

12) $40$

13) שאלת הוכחה.

14) שאלת הוכחה.

15) שאלת הוכחה.

16) $14-2\ln 4-\frac{1}{2}e^2-e$

17) $y=x-2\pi$


כתב ופתר – גיא סלומון ©

# המשפט היסודי של החדו"א – תרגילי תיאוריה

## שאלות

**1)** נתונה הפונקציה $f$ המוגדרת בקטע $[0,2]$ כך: $f(x)=\begin{cases}0 & 0\le x<1\\ 1 & 1\le x\le 2\end{cases}$.

א. הוכיחו ש- $f$ אינטגרבילית בקטע הנתון.

ב. מצאו את $F(x)=\int_0^x f(t)dt$ לכל $x$ בקטע הנתון.

ג. בדקו האם $F(x)$ רציפה/גזירה בקטע.

ד. האם $F'(x)=f(x)$ ?

**2)** נתונה הפונקציה $f$ המוגדרת בקטע $[-1,1]$ כך: $f(x)=\begin{cases}0 & x\ne 0\\ 1 & x=0\end{cases}$.

א. הוכיחו ש- $f$ אינטגרבילית בקטע הנתון.

ב. מצאו את $F(x)=\int_{-1}^x f(t)dt$ לכל $x$ בקטע הנתון.

ג. בדקו האם $F(x)$ רציפה/גזירה בקטע.

ד. האם $F'(x)=f(x)$ ?

**3)** נגדיר $f:[-1,1]\to\mathbb{R}$ על ידי $f(x)=\begin{cases}2x\sin\frac{1}{x^2}-\frac{2}{x}\cos\frac{1}{x^2} & ;\ x\ne 0\\ 0 & ;\ x=0\end{cases}$.

נגדיר $F:[-1,1]\to\mathbb{R}$ על ידי $F(x)=\begin{cases}x^2\sin\frac{1}{x^2} & ;\ x\ne 0\\ 0 & ;\ x=0\end{cases}$.

הוכיחו כי $F'=f$ ב- $[-1,1]$, אבל $\int_{-1}^1 f(t)dt$ לא קיים.

האם הדבר עומד בסתירה למשפט היסודי של החדו״א?

**4)** נתונה פונקציה אינטגרבילית $f:[a,b]\to\mathbb{R}$.

הוכיחו כי $\int_a^b f(t)dt=\lim_{x\to b^-}\int_a^x f(t)dt$.


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

**5)** תהי $f$ פונקציה אינטגרבילית בקטע $[a,b]$, המקיימת $\int_a^b f(t)dt > 1$.

הוכיחו שקיים $x_1$, בקטע $(a,b)$, עבורו $\int_a^{x_1} f(t)dt = 1$.

**6)** תהי $f$ פונקציה רציפה ומחזורית לכל $x$, עם מחזור $p$.

הוכיחו שלאינטגרל $\int_x^{x+p} f(t)dt$ יש את אותו הערך לכל $x \in \mathbb{R}$.

**7)** ענו על הסעיפים הבאים:

א. הראו כי הפונקציה $f(x) = \int_0^x \frac{1}{1+t^2}dt + \int_0^{1/x} \frac{1}{1+t^2}dt$ קבועה בקטע $(0,\infty)$,

ומצאו את הקבוע הממשי $C$ עבורו מתקיים $f(x) = C$ לכל $x \in (0,\infty)$.

ב. הוכיחו כי $\arctan x + \arctan\frac{1}{x} = \frac{\pi}{2}$ לכל $x > 0$.

**8)** תהי $f:[0,1] \to \mathbb{R}$ פונקציה רציפה ונניח כי $\int_0^1 f(x)dx = 1$.

הוכיחו שקיימת נקודה $c \in (0,1)$, כך ש- $f(c) = 3c^2$.

**9)** תהי $f$ פונקציה רציפה ב- $[0,\pi/2]$ ונניח כי $\int_0^{\pi/2} f(t)dt = 0$.

הוכיחו שקיימת נקודה $c \in (0,\pi/2)$, כך ש- $f(c) = 2\cos 2c$.

**10)** תהי $f:[0,\frac{\pi}{4}] \to \mathbb{R}$ פונקציה רציפה.

הוכיחו שקיים $c \in [0,\pi/4]$, כך ש- $2\cos 2c\int_0^{\pi/4} f(t)dt = f(c)$.

**11)** תהי $f:[0,1] \to \mathbb{R}$ פונקציה גזירה.

הוכיחו שקיים $c \in (0,1)$, כך ש- $\int_0^1 f(x)dx = f(0) + \frac{1}{2}f'(c)$.

**12)** תהי $f:[a,b] \to \mathbb{R}$ פונקציה רציפה.

נניח כי $\int_a^x f(t)dt = \int_x^b f(t)dt \quad \forall x \in [a,b]$.

הוכיחו כי $f(x) = 0 \quad \forall x \in [a,b]$.


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

**13)** תהי $f$ פונקציה רציפה ב-$[a,b]$, ונניח כי קיימות שתי נקודות, $x_1 < x_2$,
בקטע $(a,b)$, שעבורן מתקיים $\int_a^{x_1} f(t)\,dt = \int_a^{x_2} f(t)\,dt$.

א. הוכיחו כי קיים $c$, בקטע $(a,b)$, כך ש-$f(c)=0$.

ב. האם הטענה שבסעיף א' נכונה גם אם לא נדרוש ש- $f$ רציפה ב-$[a,b]$,
ונסתפק בדרישה החלשה יותר, ש- $f$ אינטגרבילית ב-$[a,b]$? נמקו.

**14)** מצאו פונקציה קדומה לפונקציה $f(x)=e^{-|x|}$.

**15)** תהי $f$ פונקציה אינטגרבילית בכל קטע $[a,b]$,
ונניח שלכל $x\in\mathbb{R}$ מתקיים $f(x)=\int_0^x f(t)dt$.
הוכיחו כי $f(x)\equiv 0$ (כלומר, לכל $x\in\mathbb{R}$ מתקיים $f(x)=0$).

## תשובות סופיות

**1)** א. שאלת הוכחה. ב. $F(x)=\begin{cases}0 & 0\le x\le 1\\ x-1 & 1<x\le 2\end{cases}$ ג. רציפה ולא גזירה.
ד. לא.

**2)** א. שאלת הוכחה. ב. $F(x)=0$ לכל $x$ בקטע הנתון. ג. רציפה וגזירה.
ד. לא.

**7)** א. $C=0$ ב. שאלת הוכחה.

**14)** $F(x)=\begin{cases}-e^{-x}+D+2 & x\ge 0\\ e^{x}+D & x<0\end{cases}$

לתשובות מלאות בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il

# משפטי הערך הממוצע לאינטגרלים

## שאלות

**1)** בסרטון התיאוריה הוכחנו את משפט הערך הממוצע לאינטגרלים בעזרת משפט ערך הביניים של קושי.
נסחו והוכיחו את משפט הערך הממוצע לאינטגרלים בעזרת משפט הערך הממוצע של לגראנז'.

**2)** תהי $f$ רציפה ב-$[a,b]$, ו-$\int_a^b f(x)dx=1$.
הוכיחו שקיים פתרון למשוואה $(b-a)f(x)=1$.

**3)** תהי $f$ פונקציה רציפה בקטע $[a,b]$, ונניח כי $a\le x_1<x_2\le b$
וכי $\int_a^{x_1} f(t)dt=\int_a^{x_2} f(t)dt$.
הוכיחו שקיים $x$, בקטע $(a,b)$, שעבורו $f(x)=0$.

**4)** הוכיחו, ללא חישוב האינטגרל, כי $\int_n^{n+1}\frac{1}{x}dx<\frac{1}{n}$ לכל $n\in\mathbb{N}$.

**5)** תהי $f$ פונקציה רציפה ויורדת בקטע $[n,n+1]$.
הוכיחו כי $f(n+1)<\int_n^{n+1} f(x)dx<f(n)$ לכל $n\in\mathbb{N}$.

**6)** יהיו $f,g:[a,b]\to\mathbb{R}$ פונקציות רציפות המקיימות $\int_a^b f(x)dx=\int_a^b g(x)dx$.
הוכיחו שקיימת נקודה $c\in[a,b]$ כך ש- $f(c)=g(c)$.

**7)** תהי $f:[0,1]\to\mathbb{R}$ פונקציה רציפה.
הוכיחו כי $\lim_{n\to\infty}\int_0^1 f(x^n)dx=f(0)$.


כתב ופתר – גיא סלומון ©

**8)** תהי $f:[0,\infty)\to\mathbb{R}$ פונקציה רציפה.

נתון כי $\lim_{x\to\infty} f(x)=a$.

הוכיחו כי $\lim_{n\to\infty}\int_0^1 f(nx)dx=a$.

**9)** חשבו את הערך הממוצע של הפונקציה $f(x)=\sin x\sin(x+\alpha)$ בקטע $[0,2\pi]$.

**10)** ניזכר במשפט הערך הממוצע לאינטגרלים.

תהי $f:[a,b]\to\mathbb{R}$ פונקציה רציפה.

אז קיימת נקודה $c\in(a,b)$ כך ש- $\int_a^b f(x)dx=f(c)(b-a)$

הראו שהמשפט לעיל אינו נכון, אם נחליף את דרישת הרציפות בדרישה לאינטגרביליות.

**11)** הוכח כי $\frac{3}{\ln 2}\le\int_2^4\frac{x}{\ln x}dx\le\frac{6}{\ln 2}$.

**12)** הוכח כי $\frac{\pi^2}{9}\le\int_{\pi/6}^{\pi/2}\frac{x}{\sin x}dx\le\frac{2\pi^2}{9}$.

**13)** הוכח כי $\frac{1}{2e}\ln 2\le\int_0^{\pi/4}e^{-x^2}\tan x dx\le\frac{1}{2}\ln 2$.

**14)** תהי $f:[0,1]\to\mathbb{R}$ פונקציה רציפה.

הוכח כי $\lim_{n\to\infty}\int_0^1 x^n f(x)dx=0$.

**15)** נסחו והוכיחו את משפט הערך הממוצע האינטגרלי השני.

לתשובות מלאות בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il