

# אלסטיות

עדי כהן ומיכל יעקובסון

## מטרות הניסוי

- ▶ להכיר את נושא האלסטיות.
- ▶ למדוד מודול אלסטיות/יאנג של מתכות שונות.
- ▶ לבחון יחסי כפיפה  $\frac{F}{d}$  עבור פסי מתכת במימדים שונים.
- ▶ למדוד מודול גזירה של פלדה.

# רקע תיאורטי

▶ כאשר גוף שרוי במאמץ הוא משנה את צורתו או את ממדיו. שינוי זה נקרא מעוות.

▶ מודול האלסטיות מוגדר ע"י הנוסחה:  $(1) Y = \frac{\Delta F \cdot L}{\Delta L \cdot A}$

כאשר  $L$  הוא האורך המקורי של המוט,  $A$  הוא שטח החתך,  $\Delta L$  הוא השינוי בהתארכות המוט ו-  $\Delta F$  הוא הכוח המופעל על המוט.

▶ יחידות המדיה של מודול האלסטיות, הקרוי גם מודול יאנג הן  $\frac{N}{m^2}$ .

▶ לכל חומר יש עקומת מאמץ- מעוות המתאימה לו בה האזור הלינארי הוא מודול יאנג שמבטא את מידת האלסטיות של החומר וביציאה מאזור זה (yield point) מתחיל השינוי הפלסטי של החומר.

▶ ניתן להשוות בין מודול האלסטיות של פס המתכת לבין מודול הכפיפה המתקבל מכיפוף פס המתכת. מודול הכפיפה מתבטא ע"י הנוסחה:

$$(2) Y = \frac{L^3 F}{4dwh^3}$$

כאשר  $d$  הוא ההיסט האנכי,  $w$  הוא רוחב הפס ו- $h$  הוא גובה הפס.

▶ ניתן גם להגדיר את מודול הגזירה שהוא היחס בין מאמץ הגזירה למעוות הגזירה שמתקבל בפיתול גליל, ע"י הנוסחה:

$$(3) G = \frac{2L\tau}{\pi R^4\theta}$$

כאשר  $R$  הוא רדיוס המוט,  $\tau$  הוא מומנט הפיתול ו- $\theta$  היא זווית הפיתול ויחידות המידה שלו הן  $10^{10} Nm^{-2}$

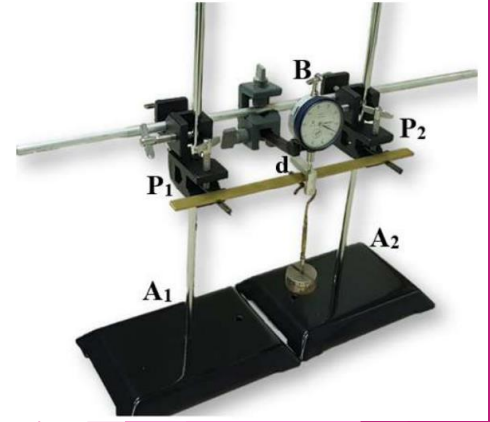
## המכשירים ושגיאותיהם

- ▶ מד דפורמציה  $\pm 0.01$  mm
- ▶ סרגל  $\pm 0.1$  cm
- ▶ מיקרומטר  $\pm 0.01$  mm
- ▶ מאזניים אנליטיים  $\pm 0.01$  g
- ▶ קליבר  $\pm 0.002$  cm
  
- ▶ פסי מתכת מחומרים שונים
- ▶ מעמדים עם מוטות
- ▶ מוט תמיכה
- ▶ מתלים ומשקולות של 10 ו-50 גר'
- ▶ מהדק מרובע
- ▶ מתקן למדידת מודול גזירה בעזרת מד זווית
- ▶ משקולות

תומאס יאנג  
Thomas Young



## 3.1 מדידת מודול יאנג מהלך הניסוי



- ▶ מדדנו את רוחב ועובי פסי המתכת כ-3 פעמים. את אורך פסי המתכת מדדנו כפעם אחת לפי מרחק התומכים.
- ▶ על כל מוט שהצבנו על התומכים הנחנו באמצעו את המתאם  $d$  והמיקרומטר שמחובר לאותו המתאם.
- ▶ כיילנו את המיקרומטר.
- ▶ בכל פעם שהעלנו את המסה הוספנו משקולת נוספת, שקלנו את המסה הכוללת עבור אותה המדידה.
- ▶ לאחר כל מדידת מסה, הנחנו את המסה על מתאם  $d$  ותיעדנו את הקריאה שמופיעה במיקרומטר (במילימטרים).
- ▶ חזרנו על הפעולות הנ"ל עבור כל פס מתכת.

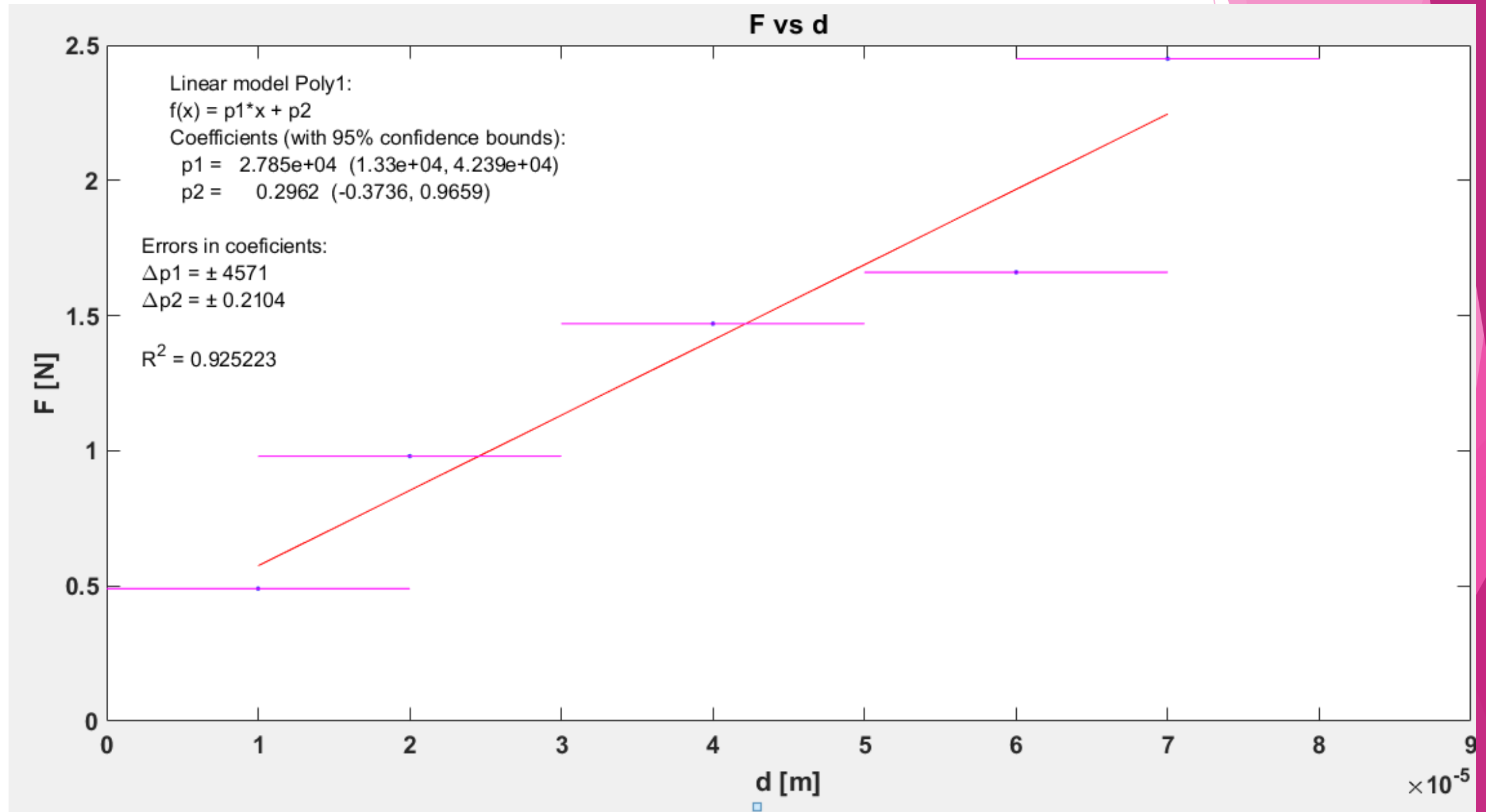


# עיבוד התוצאות

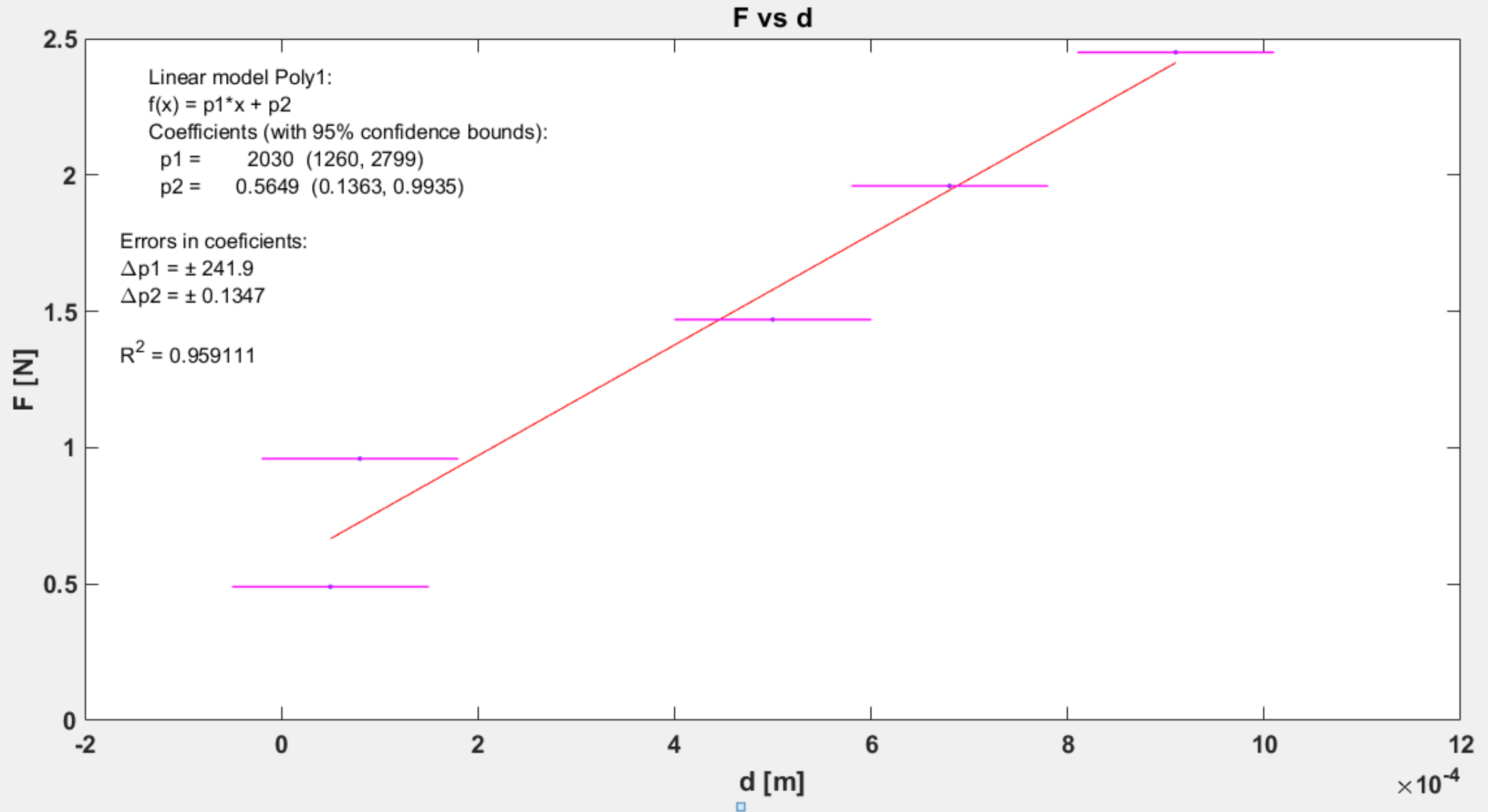
יחסי F/d של פסי המתכת: ▶

יחס F/d [N/m]	החומר
39,483	פלדה
6,062	פליז 1
21,764	פליז 2
33,913	אלומיניום 1
13,402	אלומיניום 2

# פלדה

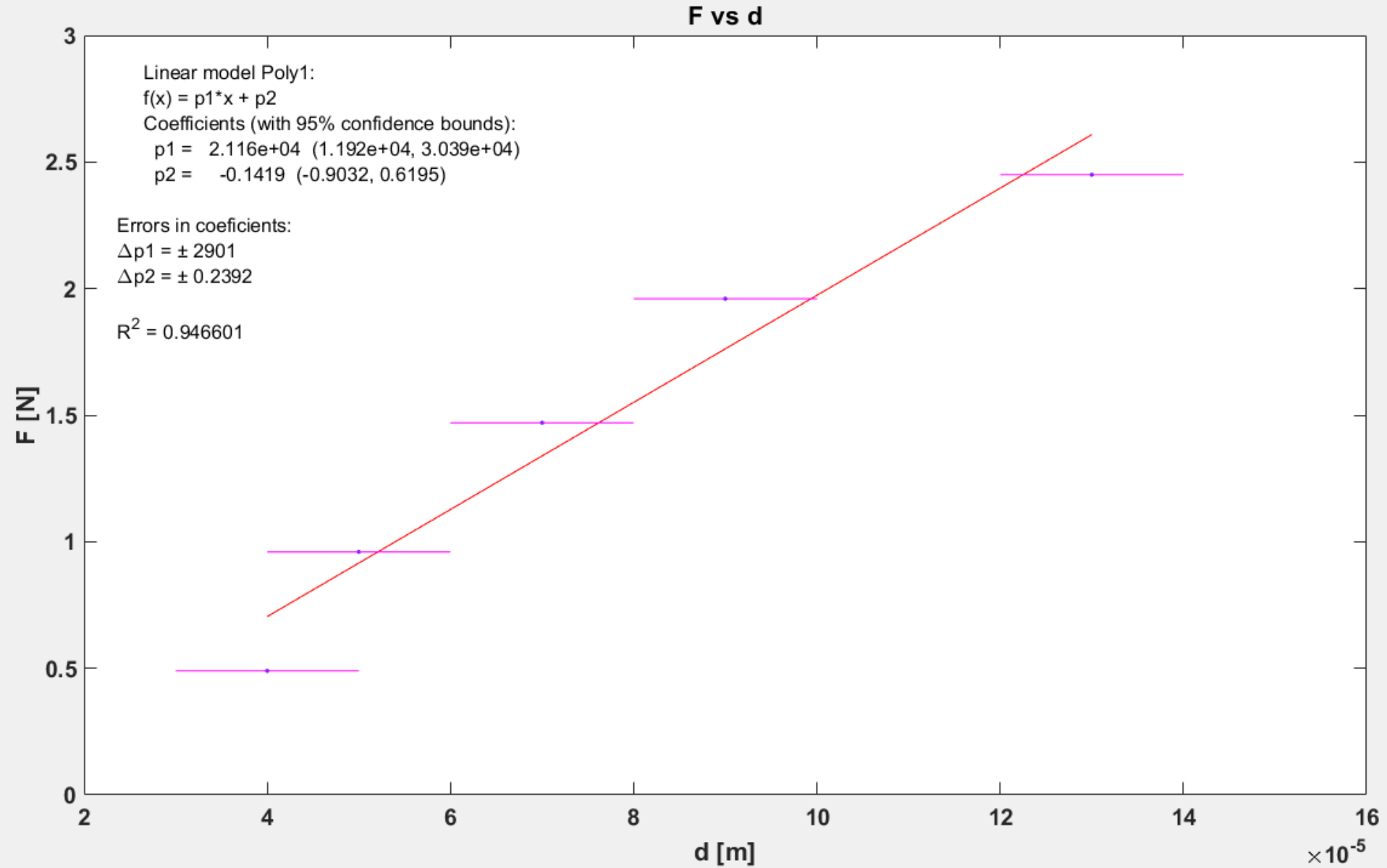


# פליז 1

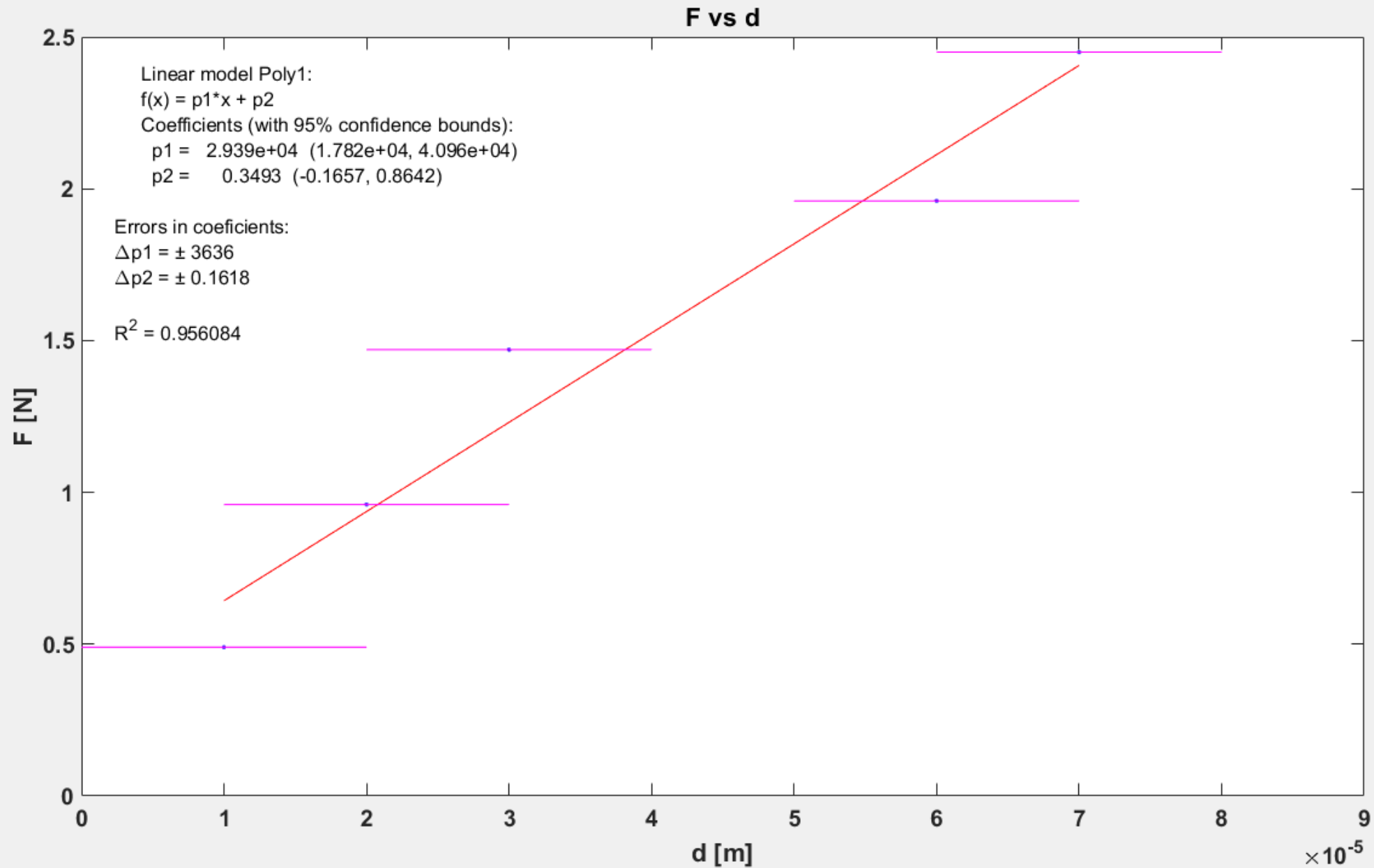




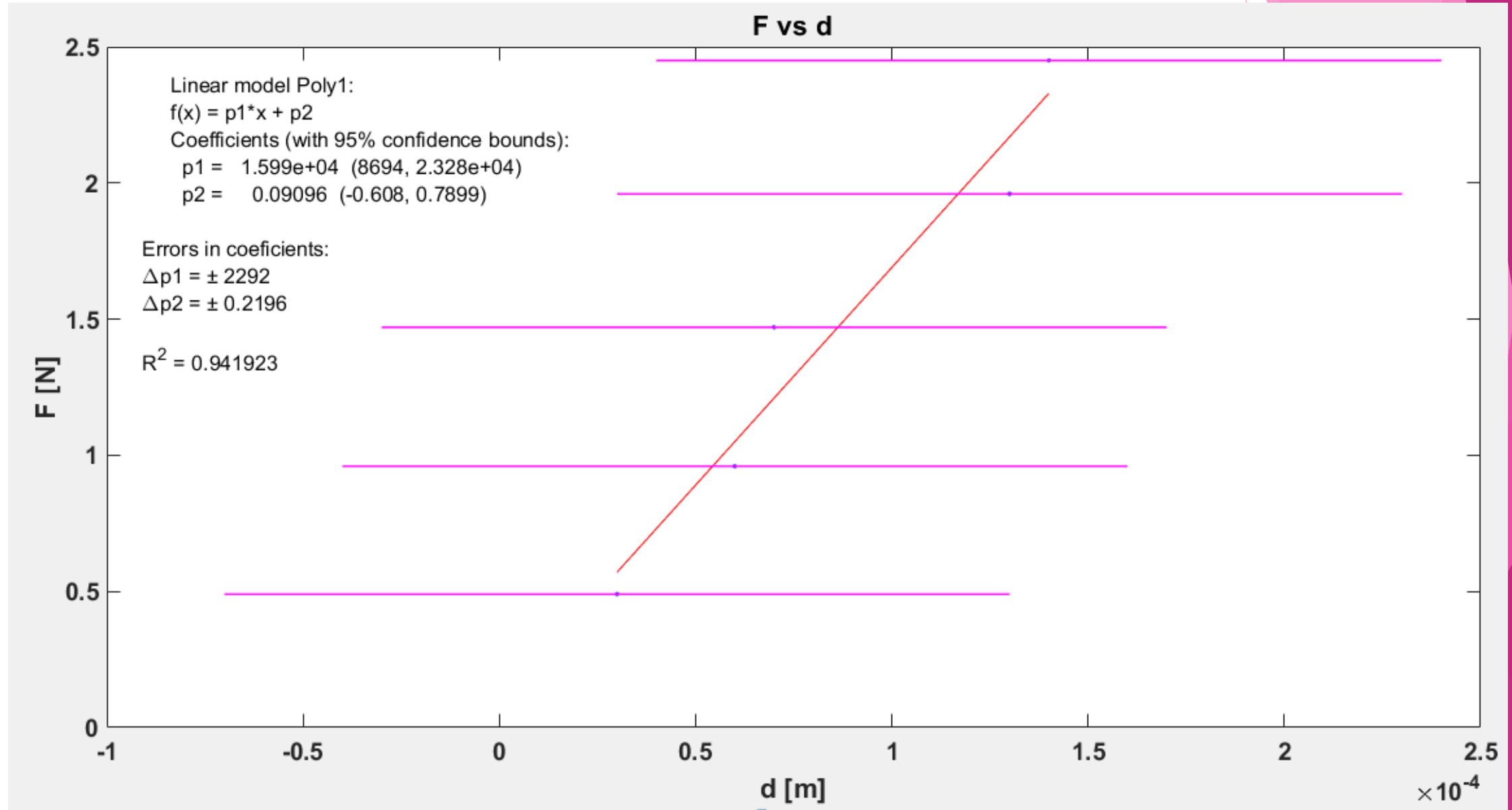
## פליז 2



# אלומיניום 1



# אלומיניום 2



# עיבוד תוצאות סופי- מציאת מודול יאנג משיפוע הגרף

$$(2)F = \frac{4Ywh^3}{L^3} d \blacktriangleright$$

החומר	מודול יאנג הניסיוני [GPa]
פלדה	110±20
פליז 1	7.7±0.9
פליז 2	30±4
אלומיניום 1	19±2
אלומיניום 2	25±4

# מסקנות

יחס גדול = חומר חזק ▶

החומר	יחס $F/d$ [N/m]	עובי (w) [cm]
פלדה	39,483	1.634+0.0002
פליז 1	6,062	1.506+0.002
פליז 2	21,764	1.760+0.002
אלומיניום 1	33,913	2.110+0.004
אלומיניום 2	13,402	1.566+0.003

החומר	מודול יאנג הניסיוני [GPa]	ערך תיאורטי [GPa]
פלדה	110±20	180
פליז 1	7.7±0.9	100
פליז 2	30±4	
אלומיניום 1	19±2	69
אלומיניום 2	25±4	

## 3.2 מדידת מודול הגזירה מהלך הניסוי

▶ מדדנו את קוטר הגלגל עליו מופעל הכוח ואת רדיוס המוט במספר מקומות.

### תוצאות הניסוי

▶  $d = 0.0955 \pm 0.0001m$  - קוטר הגלגל.

▶  $r = 0.0020 \pm 0.00001m$  - הרדיוס הממוצע של המוט

▶  $L = 0.567 \pm 0.001m$  - המרחק ממד הזווית עד הגלגלת.

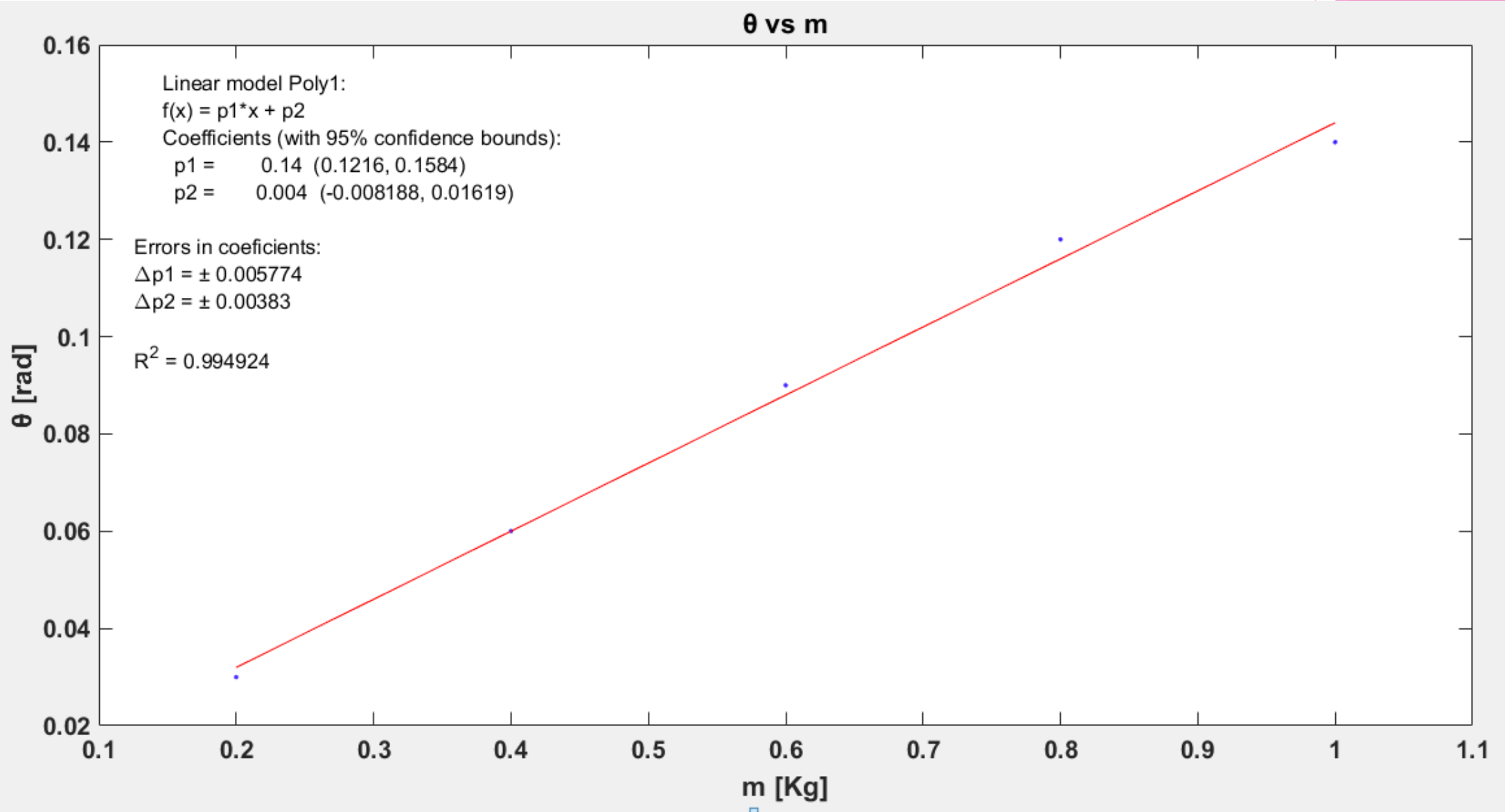
## 3.2.1 מדידות במרחק קבוע

### מהלך הניסוי

- ▶ קיבענו את הזרוע במרחק L כלשהו ומדדנו אותו.
- ▶ העמסנו בהדרגה משקולות של 200 גרם עד 1000 גרם על הוו שנתלה מהיקף הגלגל, ותיעדנו את זווית הפיתול, ביצענו את אותו תהליך בהורדת המשקולות.



# עיבוד התוצאות



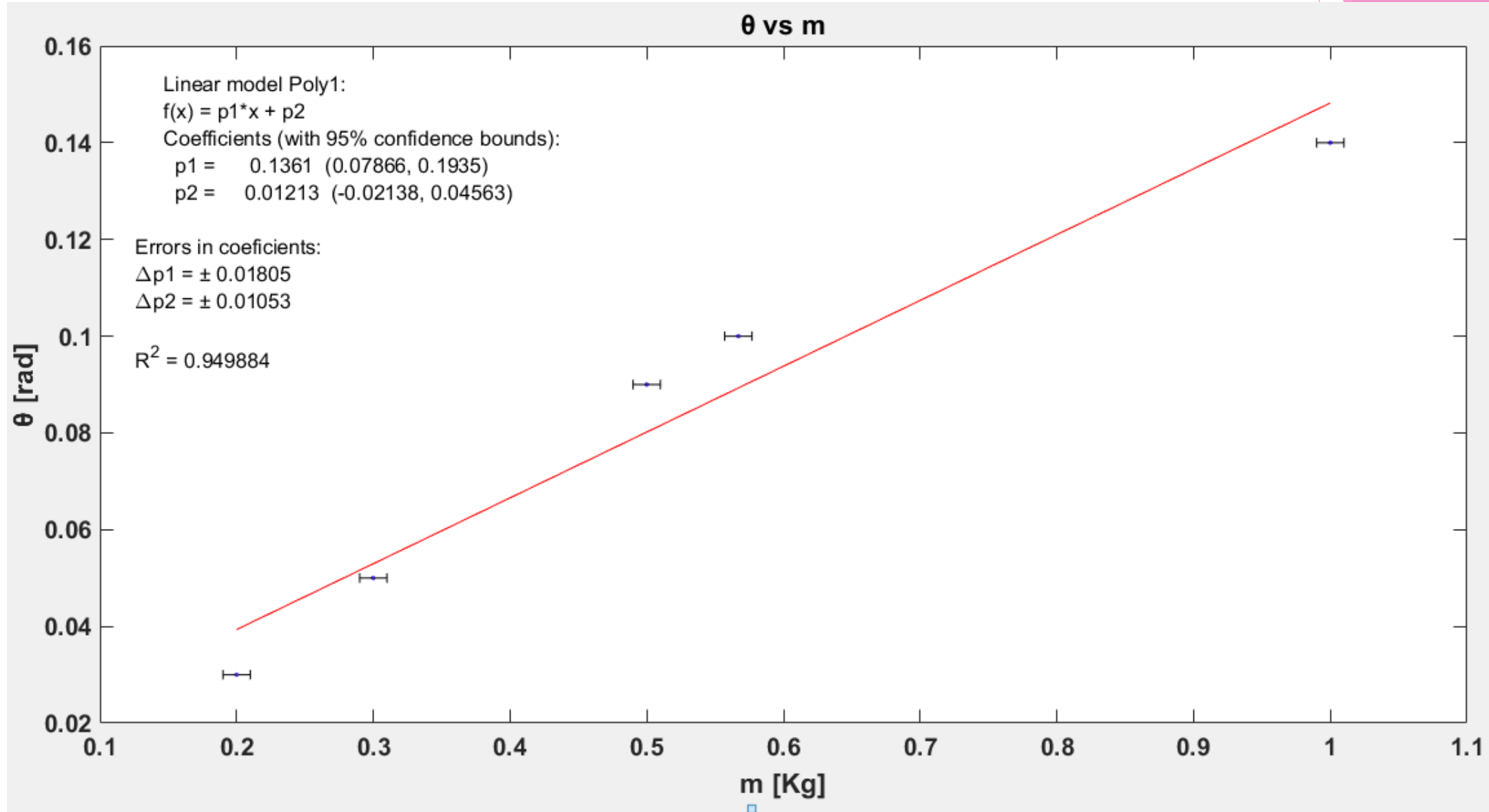


## 3.2.2 מדידות במסה קבועה

### מהלך הניסוי

- ▶ תלינו מסה של 800 גרם על החוט שנמצא על היקף הגלגל.
- ▶ ביצענו כ-3 מדידות שונות בשלושה L שונים ולכל אחד מהם מדדנו את זווית הפיתול.
- ▶ בין כל מדידה איפסנו את מד הזווית.

# עיבוד התוצאות



## עיבוד התוצאות

$$G = (8 \pm 1) \cdot 10^{10} Nm^{-2} - \text{גרף ראשון}$$

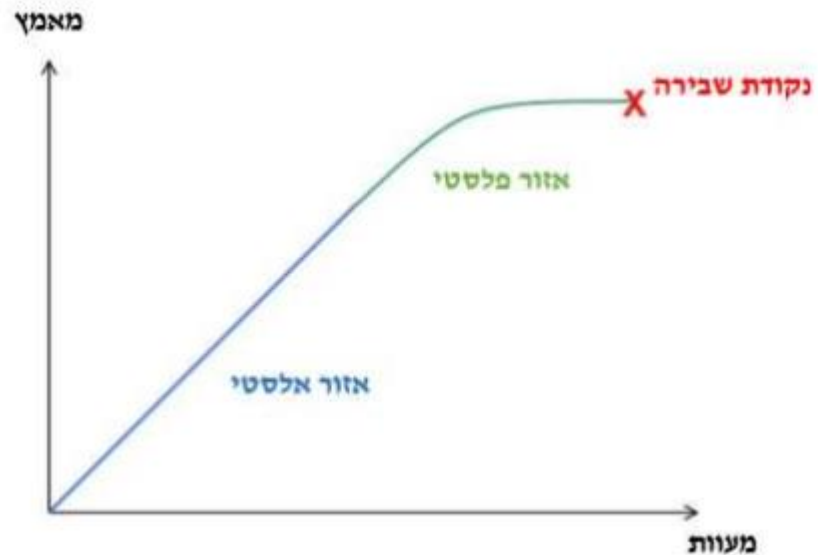
$$G = (11 \pm 1) \cdot 10^{10} Nm^{-2} - \text{גרף שני}$$

## מסקנות

- ▶ הערך התיאורטי של מודול הגזירה הוא  $8.4 \cdot 10^{10} Nm^{-2}$ .
- ▶ בניסוי הראשון ערך מודול הגזירה התיאורטי כלול בשגיאה של הערך הניסיוני.
- ▶ בניסוי השני ערך מודול הגזירה אינו נכנס בערך בשגיאה של הערך הניסיוני ועל כן חישבנו שגיאה יחסית והיא 30% מה שעולה על 15%.
- ▶ ההנחה היא שהשגיאה כה גדולה לאור אומדן לא נכון של הערכים ממד הזווית, המדידה של האורכים השונים לא הייתה נכונה ואף כיול לא נכון של מד הזווית.

# מסקנות כלליות

- ▶ בשני הניסויים אי אפשר לקבל דיוק מקסימלי לאור גורמים שאין ביכולתנו להשפיע עליהם כמו עובי פסי המתכת או הרכב המתכות.
- ▶ ככל שיחס  $F/d$  גדול יותר החומר חזק יותר, ובכך המשיכות שלו נמוכה יותר. כלומר, השטח שמתחת לגרף יהיה קטן יותר ואנחנו נראה פחות שינוי,  $d$ , על פס המתכת.





תודה