

הנדסת ניסויים ומדידות

ד"ר אבי זייפרט

ח' 209 בנין וולפסון

מל' 6405310

Seifert@eng.tau.ac.il

<http://www.eng.tau.ac.il/~seifert>

שעת קבלה: יום ב' 10:00 (ובכל עת שאני במשרד)

שעות: יום ב', 8:20 – 10:00 (רצוף)

מעבדות: יום ג', 8-17

1

Measure1

3/18/01

מבוא - מי אתה ד"ר אבי זייפרט

■ תואר 1-3 אונ' ת"א – הנדסה מכאנית (80-'91)

◆ זרימה ומעבר חום

■ 91 – '96 מהנדס, חוקר ומרצה – אונ' ת"א

■ 96 – '99 עמית מחקר ב- NASA Langley

■ 99 – מרצה בכיר – אונ' ת"א

■ התמחות: בקרת זרימה ומעבר חום, סביבה,

MEMS

■ מהי בקרת זרימה?

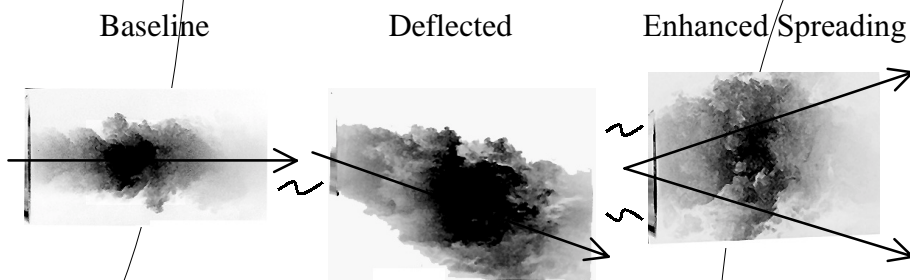
2

Measure1

3/18/01

מהי בקרת זרימה?

Periodic Excitation for Jet Vectoring and Enhanced Spreading



שינוי ההתפתחות ה"טבעית" של הזרימה

3

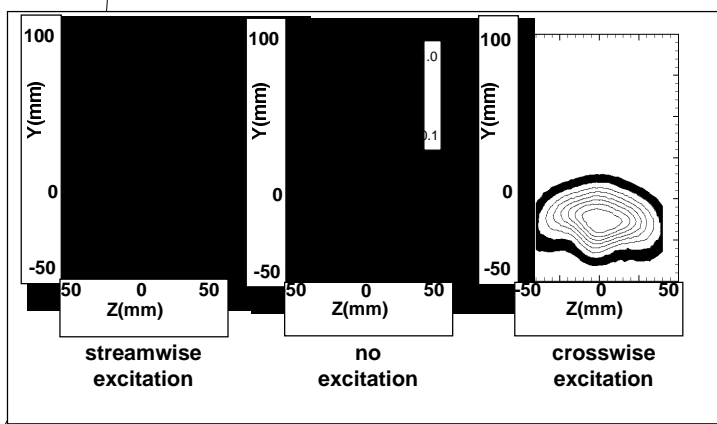
Measure1

3/18/01

בקרת זרימה – סילון טורבולנטי

Periodic Excitation for Jet Vectoring and Enhanced Spreading

Vector up + Spread Baseline Vector Down



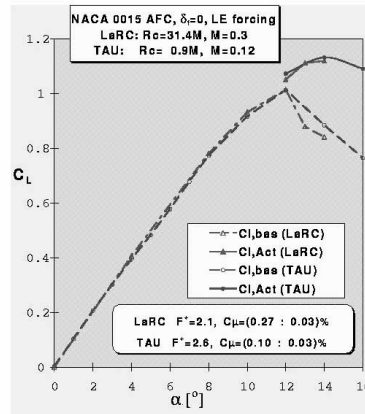
4

Measure1

3/18/01

בקרת זרימה – דחיית הינתקות

Delay of Airfoil Stall using Periodic Excitation



דחיית הינתקות זרימה ממודל כנף
 במספר Reynolds המדמה
 המראה של Boeing 747

תקנון המעבדה

כללי

- מעבדת מדידות מהווה חלק מהקורס "הנדסת ניסויים ומדידות". היא מחולקת לשני אזורי ניסוי בבנין וולפסון. אזור ניסוי זרימה ומעבר חום בחלקו הדרומי של הקמרון הגדול, קומה ב'. ניסויי מכאניקה חדר 270. באחריות הסטודנטים להגיע במועד למקום הנכון לפי השיבוץ שיתפרסם.
- הניסויים יתבצעו בקבוצות של לא יותר משלושה סטודנטים. השיבוץ יעשה בפגישה הראשונה לפי הרישום של מזכירות הסטודנטים. שינויים יתבצעו באישור המרצה בלבד.
- על הסטודנטים לבוא מוכנים למעבדה: להכיר את עקרונות הפעולה של מכשירי המדידה ואת מהלך הניסוי, לפי חוברת המעבדה והמקורות המצוינים בה. במידה ודבר מה אינו נהיר יש לברר לפני הניסוי.
- לפני ביצוע הניסוי יבחנו הסטודנטים בע"פ על עקרונות ומהלך הניסוי לפי החומר שהוזכר בסעיף הקודם. משקל הציון: 10% מהציון הכללי של הקורס. סטודנט שלא יעמוד במבחן לא יורשה לבצע את הניסוי באותו מועד ויקבל 0 עבור הבחינה בע"פ. על הסטודנט תהיה האחריות לתאם עם המדריך ביצוע הניסוי במועד אחר והציון מקסימלי שיוכל לקבל על אותה מעבדה יהיה 70%.
- כל סטודנט נדרש לבצע את כל הניסויים שהוגדרו באותה שנה. חובה עליו להחתיים את המדריך על דף ביצוע ניסוי.
- לאחר הניסוי יחתום המדריך על דף התוצאות במידה ויש כזה.
- חריגה מתקנון זה באישור המרצה בלבד.

דו"ח המעבדה

8. כל סטודנט מתבקש להגיש דוח מעבדה. הדו"ח יכול להתייחס לתוצאות שהתקבלו לפי הכתוב בחוברת ולפי הנחיות המדריך. אין צורך לשכתב את החוברת. הדוח יבחן בעיקר לפי התייחסות הסטודנט לתוצאות ולא לפי איכות התוצאות. ניתן ורצוי לפנות למדריכים או למרצה בכל שאלה ובעיה במהלך הכנת הדו"ח.
9. למרות האמור בסעיף הקודם, קבוצה שרוצה בכך יכולה להגיש דו"ח משותף לכל הקבוצה. במקרה זה תהיה האחריות על הכנת הדו"ח משותפת לכל קבוצה!
10. הדו"ח יוגש מודפס. חלקה להגיש עיבודים (טבלאות ואיורים) מודפסים מגיליון אלקטרוני אך יש לציינ בגוף הדו"ח יחידות ואת כל הנוסחאות לפיהן בוצעו העיבודים.
11. הדו"ח יוגש תוך שבועיים מיום ביצוע הניסוי. כל שבוע איחרו יגרור הורדה של 10% ציון (כלומר אם הציון היה 80% לאחר שבוע איחור הוא יהיה 70% וכ"ו עד אפס)
12. למרות האמור בסעיף הקודם, במקרה וקבוצה נתקלה בקשיים במהלך הכנת הדו"ח, היא רשאית, ומומלץ לה, לפנות למדריך או למרצה בבקשת להארכה, ללא פגיעה בציון.
13. חובה לצרף לדו"ח את דף התוצאות חתום על ידי המדריך, במידה ויש כזה.
14. בעת הגשת הדו"ח יש להחתיים את המדריך בדף החתימות המצורף.

הבחינה ומבנה הציון הסופי

הציון יהיה מורכב משני חלקים:

- א. 60% ציון משוקלל של מעבדות. 10% בחינה בעל פה ו 50% דו"חות מעבדה.
- ב. 40% בחינה סופית. הבחינה הסופית תכלול חומר מהמעבדות ומהקורס.

שימו לב!!! תנאי המעבר של הקורס הוא ציון עובר בכל אחד משני חלקי הציון (גם מעבדות וגם מבחן) והגשת כל דו"חות המעבדה.

7

Measure1

3/18/01

הנדסת ניסויים ומדידות – שימוש באינטרנט

- הכנה למעבדות – שליפת חומר מאתר המרצה
- <http://www.eng.tau.ac.il/~seifert>
- תחת [/measure.html](http://www.eng.tau.ac.il/~seifert/measure.html)
- ייעוץ ע"י המרצה והמדריכים ב- email
- הגשה אלקטרונית של דוח"ות מעבדה
- משוב, קבוצות דיון,
- קבצי ההרצאות
- סיכום ע"י הסטודנטים
- אתר VITUAL @ TAU

8

Measure1

3/18/01

"הנדסת ניסויים ומדידות": תחומים נכללים



- תיכון הניסוי
- פיקוח על ניסוי
- ◆ סביל: מדידה ותיעוד

- בקרה
- ◆ מדידים כחלק ממערכת בקרה בחוג סגור
- שיטות מדידה – הכנה ללימוד עצמי
- דגימה באמצעות מחשב
- ניתוח, עיבוד והצגת תוצאות

- ◆ סטטיסטיקה, תחום תדר, שגיאות-מהימנות
- ◆ דווח, גרפים
- ◆ השוואה לניסויים אחרים, לחישובים, לתיאוריה



9

Measure1

3/18/01

הנדסת ניסויים ומדידות - נושאי הקורס

- מדוע לערוך ניסוי?
- סוגי ניסויים: מחקר בסיסי, פתוח, תקינה ורישוי
- ניסויים מדידות ותיעוד
- הגדרות: מערכת המדידה הכללית, מתמרים, מדידות ישירות ועקיפות
- סטטיקה: כיוול, רגישות, הדירות, לינאריות, דיוק. חישובי שגיאות
- דינמיקה: תגובת תדר, מדרגה, הלם, מערכות מסדר 0, 1 ו-2
- תפקידו של המחשב: בקרה, דגימה, עיבוד נתונים והפקדת דוחות
- תיכון הניסוי: סקר ספרות, שיקולים תיאורטיים, אנליזת ממדים, תחומי השתנות פרמטרים, קביעת גודל מדגם, ניסוי בשלבים, בחירת אמצעי מדידה, תקצוב, לוח
- עיבוד תוצאות: ניתוח שגיאות, עיבודים סטטיסטיים וספקטרליים
- דיווחים בכתב ובע"פ: הצגת תוצאות הניסוי
- עקרונות פעולה של מכשירי מדידה – הכנה ללימוד עצמי

10

Measure1

3/18/01

מדוע לערוך ניסוי? כאשר יש...

- שיטות אנליטיות:
 - ◆ דורש ראש, עיפרון ונייר בלבד, כלליות
 - ◆ הנחות מקלות, סיבוכיות מתמטית
- קורלציות אמפיריות:
 - ◆ נוחיות למשתמש
 - ◆ יעילות לצורכי אינטרפולציה בלבד!
- סימולציות מחשב:
 - ◆ מיידית, רב שימושי, לעתים האפשרות היחידה
 - ◆ יקרות, יישומים מוגבלים, דורש מודלים

11

Measure1

3/18/01



סוגי ניסויים

- ניסויי מודל: (דוגמות:...)
 - ◆ חסרון קשה לדמות כל הפרמטרים, תמונה חלקית, דמיות גיאומטרית
 - ◆ יתרון ניתן לבדד השפעות פרמטרים שונים, זול, מבוקר
- ניסויי אב-טיפוס: (דוגמות:...)
 - ◆ יקח, מסוכן, הפרש זמן בין איטרציות, חיוני לתקינה ורישוי
 - ◆ הדבר האמיתי, הנחות לא נדרשות
- ניסויי מחקר בסיסי: (דוגמות:...)
 - ◆ קשר רופף לאב-טיפוס
 - ◆ מאפשר בידוד ובקרת פרמטרים – הבנת תופעות

12

Measure1

3/18/01

סוגי ניסויים - המשך

- ניסויי פיתוח: (דוגמה: יישום בקרה אקטיבית למז"לט)
 - ◆ מחייב ידע בסיסי, קשה לפרש תופעות
 - ◆ הוכחת ישימות, קרוב לאב-טיפוס, זול יחסית, מבוקר
- ניסויי תקינה ורישוי: (דוגמה: יישום בקרה אקטיבית למטוס נוסעים)
 - ◆ יקר, ממושך, מסורבל, לא מבוקר ומסוכן לעתים
 - ◆ בטחון בתוצאות, דמוי תנאי סביבה, תנאי הפעלה בשטח