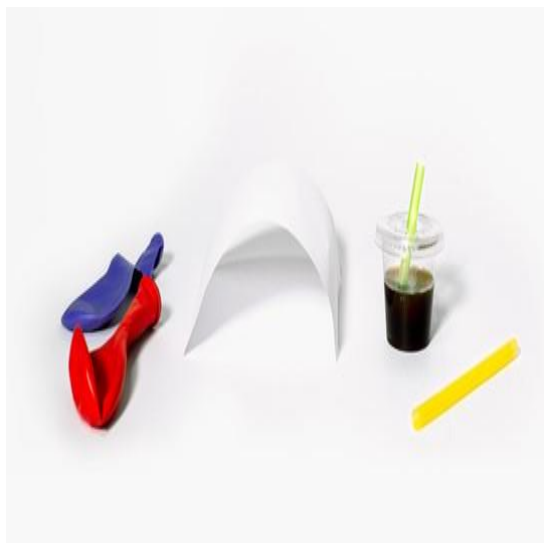


# ברוכים הבאים!

כשאני שומע - אני שוכח • כשאני רואה - אני זוכר • כשאני עושה - אני מבין!

- קונפוזיוס -

## משאבת ברנולי - ספריי



## אז מה עושים?



פוגשים  
מדען



מפליגים  
לארץ אחרת



קוראים  
ונהנים



בונים  
דגם טכנולוגי



מגלים  
חוקי מדע



חוקרים  
תופעות

- בהצלחה ובהנאה! -

## משאבת ברנולי – משאבת ספריי

בחיי היומיום אנחנו משתמשים במגוון רחב של משאבות ספריי.  
מהו עקרון הפעולה שלהן?  
מי גילה את החוקים?  
על כך נלמד בפעילות זו.





## שוויץ

נמצאת במרכז יבשת אירופה.

עיר הבירה: ברן

בראש המדינה: נשיא

שפות: גרמנית, צרפתית, איטלקית,

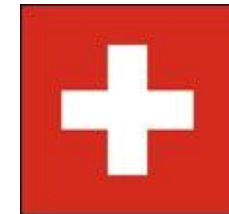
רומאנש

בצפון: גרמניה

במזרח: אוסטריה

במערב: צרפת

בדרום: איטליה





1782-1700

## דניאל ברנולי

ברנולי, כמו מדענים רבים בתקופתו, היה איש אשכולות, ועסק במגוון תחומי מדע. הוא היה מרצה לרפואה, מטאפיזיקה ומדעי הטבע.

בשנת 1724, בהיותו בן 24 בלבד, התמנה דניאל ברנולי כפרופסור למתמטיקה באוניברסיטת סנט פטרבורג. משנת 1733 ועד מותו שימש כמרצה באוניברסיטת באזל בשווייץ.

עבודתו המפורסמת ביותר של דניאל ברנולי פורסמה בשנת 1739, ועסקה בחקר המכניקה של הנוזלים - הידרודינמיקה.

לאחר מכן פרסם עבודה על התאוריה של הגאות, שעליה זכה בפרס מטעם האקדמיה הצרפתית.





## דניאל ברנולי

**עקרון ברנולי** - עקרון מרכזי באווירודינמיקה:

במקום בו יש תנועה מהירה של אוויר – לחץ האוויר נמוך.

בעזרת עקרון זה ניתן להסביר את תופעת העילוי של גופים הכבדים מן האוויר. (מציפורים זעירות ועד למטוסי ענק).

ברנולי גילה את העיקרון שהזכרנו, בעקבות תצפיות על ציפורים.

ברנולי שאל את עצמו איך הציפור מצליחה להתרומם בניגוד לכוח הכבידה.

הכוח הפועל על גוף ומאפשר לו לעלות לאוויר נקרא "כוח העילוי".

ברנולי החליט לבדוק איך נוצר כוח העילוי הפועל על הציפור.

גם אנחנו נערוך מספר ניסויים כדי להבין את התופעה.

## נלך בעקבות דניאל ברנולי

### נתחיל במספר הנחות יסוד:

הציפור מנפנפת בכנפיה בשעת ההמראה.

אנחנו לא נצליח להמריא גם אם נפנף המון זמן בידינו.

לכן, ניתן להניח שיש קשר בין מאפיין ייחודי של כנף הציפור לבין יצירת כוח העילוי על ידי נפנוף בכנפיים.

כשהציפור מנפנפת בכנפיה היא יוצרת זרם אוויר. כן - נתחיל בחקר זרם האוויר.

### נהיה גם אנחנו מדענים:

- נפרוט את ההנחות למספר **שאלות חקר**.
- נעלה **השערות**.
- נערוך **ניסויים** כדי לבדוק אותן. [הערה חשובה: מדען אמיתי חוזר על כל ניסוי מספר פעמים. כדי לוודא שהתוצאות אינן מקריות ושלא היו גורמים זרים שהשפיעו עליהן].
- לסיום - על בסיס הממצאים, נסיק **מסקנות** ונבין את התופעות.



## החומרים הדרושים לכם לניסוי

- 2 בקבוקים אחד עגול ואחד מרובע
- נרית
- קופסת גפרורים





## ניסוי מספר 1 - שלב א

### ציוד

- בקבוק עגול | נרית | קופסת גפרורים

### התנסות

- **הניחו** את הבקבוק העגול על השולחן.
- **הניחו** את הנר מאחורי הבקבוק.
- **הדליקו** את הנר.
- **שבו** מול הבקבוק, כשהוא חוצץ ביניכם לבין הנר הדולק.
- **נשפו** לכיוון הבקבוק.







## ניסוי מספר 1 - שלב ב

### ציוד

- בקבוק מרובע | נרית | קופסת גפרורים

### התנסות

- **הניחו** את הבקבוק המרובע על השולחן.
- **הניחו** את הנר מאחורי הבקבוק.
- **הדליקו** את הנר.
- **שבו** מול הבקבוק, כשהוא חוצץ ביניכם לבין הנר הדולק.
- **נשפו** לכיוון הבקבוק.





## ניסוי מספר 1

### מה קורה?

ברוב הפעמים כאשר נושפים לכיוון הבקבוק העגול – הנר כבה.

ברוב הפעמים כאשר נושפים לכיוון הבקבוק המרובע – הנר אינו כבה. [בחלק מהפעמים השלהבת אולי רועדת...]

### למה זה קורה?

יש קשר בין מבנה הגוף החוסם לבין התנהגות האוויר.

**הנחת יסוד נוספת** [שאותה קשה לנו להוכיח בניסוי ביתי]:

כאשר זרם אוויר פוגש במחסום הוא מתפצל, בכל מקרה. אבל - לאור הממצאים שלנו ניתן להניח:

1. כשזרם האוויר פוגש בגוף מרובע הוא מתפזר, ורובו אינו מגיע מעבר לגוף החוסם.

2. כשזרם אוויר פוגש בגוף עגול – הוא אמנם מתפצל, אבל – "מחליק" משני צידי הגוף החוסם,

ושב ומתלכד מעבר לגוף זה ומצליח לכבות את הנר.



## ניסוי מספר 1 - הסבר

### הערה לבוגרים בלבד:

"זרימה" (של נוזלים, או של גזים) מבוארת היטב ב"משוואות הגלים", שהן משוואות דיפרנציאליות, הדורשות היכרות עם מתמטיקה גבוהה. וזה כמובן חורג מהמסגרת שלנו.

קשה לנו להסביר את התנהגות האוויר בלשון "ספרותית".  
לכן, נסתפק בכך שנרשום לפנינו, שהמתמטיקאים הבינו, ש:  
כאשר אוויר מתפצל, ומחליק משני עבריו של מחסום,  
שני הענפים שהתפצלו עוברים את המחסום באותו פרק זמן,  
והם שבים ומתלכדים מיד אחרי שהם "השאירו את המחסום מאחוריהם".

## נמשיך בדרכו של דניאל ברנולי

דניאל ברנולי טען שבמקום שיש תנועת אוויר מהירה – האוויר דליל ולחץ האוויר נמוך.

נערוך מספר ניסויים.

נבדוק - מה קורה כאשר אנחנו יוצרים תנועת אוויר מוגברת בסביבתו של גוף מסוים.



## ניסוי מספר 2

### ציוד

- 1/2 דף נייר A4

### התנסות

- **החזיקו** את הדף מול הפנים שלכם
- **שערו** מה יקרה אם תנשפו מעל הדף
- **נישפו** מעל הדף





## ניסוי מספר 3

### ציוד

- 1/2 דף נייר A4

### התנסות

- **גלגלו** את הדף וצרו ממנו גליל.
- **הרפו** מהנייר המגולגל, כך שהוא יהיה פתוח, אך עדיין מעוגל.
- **הניחו** את הנייר על השולחן, כך **שתיצרו** מעין מנהרה.
- **שערו** מה יקרה אם תנשפו לתוך ה"מנהרה"
- **נישפו** לתוך המנהרה





## ניסוי מספר 4

### ציוד

- 1/2 דף נייר A4

### התנסות

- **קפלו** את הדף.
- **החזיקו** את הדף כשקו הקיפול נמצא בין שתי כפות ידיכם, ושני חלקי הדף נוטים לצדדים, ויוצרים צורה של האות "V"
- **שערו** מה יקרה אם תנשפו אל הרווח שנוצר בין שני חלקי ה"V"
- **נישפו** נשיפה חזקה ומהירה





## ניסויים 2-4

### מה קורה?

המכנה המשותף לכל הניסויים: **התוצאה מפתיעה...**

**בניסוי מספר 2:** הדף התרומם - למרות שנשפנו מעליו.

**בניסוי מספר 3:** הדף נע כלפי מטה - למרות שנשפנו מתחתיו. המנהרה הפכה שטוחה.

**בניסוי מספר 4:** ה-"V" סגר, למרות שהיינו מצפים שהוא ייפתח... כי נשפנו ברווח בין שתי זרועות ה-"V"





## ניסויים 2-4

### למה זה קורה?

כאשר נשפנו - יצרנו תנועת אוויר מהירה במקום שבו נשפנו.

כזכור - ברנולי קבע, לאור הניסויים שהוא ביצע, את החוק הבא: במקום שבו יש תנועת אוויר מהירה, לחץ האוויר נהיה נמוך יותר.

על פי עיקרון זה נסביר בשיקופיות הבאות מה קרה בכל אחד מהניסויים.



## ניסוי מספר 2 - הסבר

### למה זה קורה?

בניסוי מספר 2:

כאשר נשפנו מעל הדף -

האוויר שמעל לדף נע במהירות גדולה, ולכן לחץ האוויר מעל הדף נהיה נמוך יותר.

ואילו - לחץ האוויר שמתחת לדף נשאר כמו קודם - הלחץ האטמוספרי.

נוצר הפרש לחצים -

לחץ האוויר שמתחת ל"דף", גבוה יותר מלחץ האוויר שמעל לדף.

לכן הנייר נדחף כלפי מעלה.



## ניסוי מספר 3 - הסבר

**למה זה קורה?**

**בניסוי מספר 3:**

כאשר נשפנו לתוך המנהרה -

האוויר שבתוך המנהרה, מתחת לנייר, נע במהירות גדולה, ולכן לחץ האוויר במנהרה נהיה נמוך יותר.

לחץ האוויר שמעל למנהרה נשאר כמו קודם - הלחץ האטמוספרי.

**נוצר הפרש לחצים -**

לחץ האוויר שמתחת ל"מנהרה", נמוך יותר מלחץ האוויר שמעל למנהרה.

לכן הנייר נדחף כלפי מטה, והמנהרה נעשתה שטוחה.



## ניסוי מספר 4 - הסבר

### למה זה קורה?

#### בניסוי מספר 4:

מחוץ ל- "V" משני צדדיו החיצוניים של הדף פועל הלחץ האטמוספרי.

הוא "מבקש" לדחוף את שני חלקי הדף זה אל זה.

אבל, גם ברווח שבין שני חלקי ה- "V" פועל אותו לחץ אטמוספרי, והוא מתנגד לדחיפה של שני חלקי הדף "פנימה", זה כלפי זה.

אבל, כאשר אנחנו נושפים בחוזקה אל תוך הרווח, תנועת האוויר המהירה מדללת את האוויר שבתוך ה- "V"

לחץ האוויר שבתוך ה- "V" נהיה נמוך יותר.

נוצר הפרש לחצים -

בין לחץ האוויר בתוך ה- "V" לבין לחץ האוויר שמשני צידיו.

לחץ האוויר משני הצדדים גבוה יותר, והוא דוחף את שני חלקי ה- "V" זה אל זה.



## החומרים הדרושים לכם לניסוי

- **ציוד:**

2 בלונים

חוט

סלוטייפ

- **הכנות:**

**נפחו** את שני הבלונים

**קשרו** חוטים באורך כ-40 ס"מ אל הבלונים

**הדביקו** את קצות החוטים אל משקוף הדלת, במרחק של 40-50 ס"מ זה מזה.





## ניסוי מספר 5

### ציוד

2 בלונים תלויים

### התנסות

- **עמדו** בין שני הבלונים.
- **שערו** מה יקרה אם תנשפו למרווח בין שני הבלונים.
- **נשפו** למרווח שבין הבלונים – נשיפה חזקה וחדה.





## החומרים הדרושים לכם לבנייה

- כוסית [אפשר גם כוס רגילה]
- מכסה עם חור [לא הכרחי]
- שתי קשיות קטנות





## מכינים את המשאבה

1. **צקו** מים אל תוך הגביע עד שימלאו את רוב הגביע.
2. **סגרו** את הגביע במכסה.
3. **השחילו** קשית קטנה אל תוך החור שבמרכז המכסה, כך שהקצה התחתון של הקשית יטבול במים.

1







## ניסוי מספר 6

### ציוד

- הדגם שהכנתם | קשית

### התנסות

- **החזיקו** את הקשית השנייה במאונך לקשית שבתוך הכוס.
- **הקפידו** שהפתח של הקשית יהיה מכוון אל שפת הקשית שבתוך הכוס.
- **נשפו** לתוך הקשית הסמוכה לפה – נשיפה חזקה וחדה.





## ניסוי מספר 6

### מה קורה?

מתוך הקשית שבכוס פורצים רסיסי מים כמו מממטרה.

שימו לב! לא בכל נשיפה מצליחים.

לפעמים יש לנסות 4-5 פעמים עד שמגיעים לתוצאה הרצויה.



## ניסוי מספר 6

### למה זה קורה?

#### שלב א: לפני הנשיפה

על המים שבתוך הגביע פועל הלחץ האטמוספרי (האוויר חודר דרך החור במכסה).  
הלחץ האטמוספרי "מבקש" לדחוק את המים אל תוך הקשית שטבולה במים, ולהוציא אותם דרך הקשית אל מחוץ לגביע.  
אבל גם מעל הקשית פועל בדיוק אותו לחץ אטמוספרי, והוא "מתנגד" לזרימה של המים מהגביע החוצה.

#### שלב ב: בזמן הנשיפה

כאשר אנחנו נושפים בחוזקה דרך הקשית האופקית אל האזור שבקצה העליון של הקשית המאונכת –  
מעל הקשית האוויר נע במהירות גדולה, ולכן לחץ האוויר נמוך יותר, יש שם "תת לחץ".  
על המים שבתוך הגביע פועל הלחץ האטמוספרי "הרגיל".  
במצב זה, הלחץ האטמוספרי על המים שבתוך הגביע מצליח לדחוק את המים מהגביע, דרך הקשית הטבולה בו – החוצה.  
כיוון שטיפות המים שנשאבו כלפי מעלה פוגשות בזרם חזק של אוויר (הנשיפה החזקה שלנו) הטיפות מתפזרות לרסיסים של מים.

# מה היה לנו היום? << >>



## סיכום...

- היינו "מגלי עולם" - הפלגנו לשווייץ.
- היינו "היסטוריונים" - פגשנו מדען דגול: דניאל ברנולי
- היינו "מדענים" - ערכנו ניסויים וגילינו איך הפרשי לחצים מסייעים לשאיבת מים
- היינו "טכנולוגים" - בנינו משאבת ברנולי - משאבת ספריי

כשאני שומע - אני שוכח • כשאני רואה - אני זוכר • כשאני עושה - אני מבין!

- קונפוזיוס -

## רוצים עוד?

היכנסו לחנות שלנו!



## נהניתם?

נשמח שתמלאו משוב קצר!

4 שאלות ושלתם...

< בטח שנמלא חשוב! >



© כל הזכויות שמורות לחברת טכנוקט.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או בכל אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבמצגת זו.

שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מחברת טכנוקט.