# מבוא להסתברות וסטטיסטיקה לתלמידי פיזיקה

## פרק 10 - כלל ההכלה וההפרדה

### תוכן העניינים

1. כלל ההכלה וההפרדה ..... 1

# כלל ההכלה וההפרדה:

## רקע:

אנו מעוניינים בנוסחה לחישוב הסתברות של איחוד מאורעות. אם קיימים $n$ מאורעות זרים בזוגות, הסיכוי לאיחוד המאורעות הוא סכום ההסתברויות של כלל המאורעות.

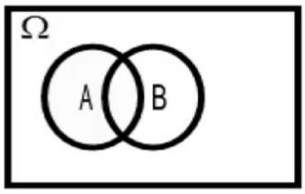
$$P\left(\bigcup_{i=1}^{n} A_i\right)=\sum_{i=1}^{n} p(A_i)\ .$$

אם דנים במאורעות שאינם בהכרח זרים בזוגות, סכימת ההסתברויות של כלל המאורעות תוביל לספירה כפולה של חלק מהמאורעות.
למשל: אדם מטיל קובייה. מה הסיכוי לקבל תוצאה זוגית או את התוצאה 2 לכל היותר?

בדוגמה שהוצגה לעיל מדובר בהסתברות לאיחוד שני מאורעות ומתקיים:

$$P(A_1\cup A_2)=P(A_1)+P(A_2)-P(A_1\cap A_2)\ .$$

אפשר להמחיש זאת באמצעות דיאגרמת ון:

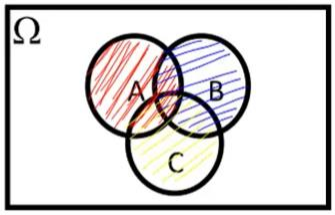



נוסחה זו היא נוסחת ההכלה וההפרדה לשני מאורעות.

במקרה של שלושה מאורעות נוסחת ההכלה וההפרדה תיראה כך:

$$P(A_1\cup A_2\cup A_3)=P(A_1)+P(A_2)+P(A_3)-P(A_1\cap A_2)-P(A_1\cap A_3)-$$
$$P(A_2\cap A_3)+P(A_1\cap A_2\cap A_3)\ .$$

אפשר להמחיש זאת באמצעות דיאגרמת ון:




כעת נכליל את הנוסחה ל-$n$ מאורעות:

$$P\left(\bigcup_{i=1}^{n} A_i\right)=\sum_{i=1}^{n} P(A_i)-\sum_{i<j} P(A_i\cap A_j)+\sum_{i<j<k} P(A_i\cap A_j\cap A_k)\ldots+(-1)^{n-1}P\left(\bigcap_{i=1}^{n} A_i\right)\ .$$


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

**דוגמה (פתרון בהקלטה):**

מטילים חמש קוביות. מה ההסתברות שלפחות אחת מהתוצאות הבאות לא תתקבל באף אחת מהקוביות: 1, 2, 3, 4?


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

## שאלות:

**1)** רני קיבלה ליום הולדתה חמש מתנות וסידרה אותן בשורה מימין לשמאל.

א. מה ההסתברות שהמתנה העטופה בנייר מנוקד לא תהיה הראשונה בשורה והמתנה העטופה בסרט ירוק לא תהיה האחרונה בשורה?

ב. מה ההסתברות שלפחות אחד מהמאורעות הבאים יתרחש?

i. המתנה העטופה בנייר מנוקד לא תהיה השנייה בשורה.

ii. המתנה הקטנה ביותר לא תהיה השנייה בשורה.

iii. המתנה העטופה בנייר חום לא תהיה השלישית בשורה.

**2)** אדם הטיל קובייה ארבע פעמים. נגדיר את המאורעות הבאים:

A: התוצאה 1 התקבלה לפחות פעם אחת.

B: התוצאה 2 התקבלה לפחות פעם אחת.

C: התוצאה 3 התקבלה לפחות פעם אחת.

חשבו את ההסתברויות הבאות:

א. $P(A\cap B)$.

ב. $P(A\cap B\cap C)$.

**3)** מפזרים באופן מקרי חמישה כדורים בעשרה תאים. הכדורים ממוספרים מ-1 עד 5. אין הגבלה על מספר הכדורים בכל תא.

חשבו את ההסתברויות הבאות:

א. לפחות אחד משני התאים השמאליים ריק.

ב. לפחות אחד משלושת התאים השמאליים ריק.

ג. שני התאים השמאליים תפוסים.

ד. ארבעת התאים השמאליים תפוסים.

**4)** בוחרים מספר אקראי מהמספרים: $\Omega=\{1,2,...,1000\}$.

מה ההסתברות שהמספר שנבחר יתחלק לפחות באחד מהמספרים: 2 ,3 ,5?


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

**5)** עשרה ילדי גן נתבקשו לבחור גיבור-על מרשימה של 14 גיבורי-על. אם כל ילד בוחר באקראי מתוך הרשימה ללא תלות בילדים אחרים, מה ההסתברות שבדיוק שישה גיבורי-על ייבחרו?

**6)** ניסוי מקרי הוא בעל מרחב המדגם: $\Omega=\{1,2,3,...\}$.

$P(n)$ הוא ההסתברות לקבל את התוצאה $n$ ממרחב המדגם.

נתון ש: $P(n)=A\cdot 0.5^n$. כמו כן נתון ש-$A$ הוא קבוע חיובי.

א. מצאו את ערכו של הפרמטר $A$.

ב. חשבו את: $P(n>6)$.

ג. חשבו את הסיכוי שהתוצאה שתתקבל בניסוי תהיה אי-זוגית.

**7)** יוצרים מספר בן 8 ספרות מהספרות: $1,2,...,8$. במספר שיוצרים כל ספרה מופיעה בדיוק פעם אחת.

א. מה ההסתברות שבמספר לא מופיעים הרצפים: 56, 34, 12?

ב. מה ההסתברות שבמספר מופיע לפחות אחד מהרצפים: 567, 234, 123?

**8)** מסדרים בשורה שמונה נעליים שהן ארבעה זוגות. מה ההסתברות שלפחות שתי נעליים שהן זוג יהיו זו לצד זו בשורה?

**9)** מפזרים באופן מקרי $m$ כדורים ל-$n$ תאים שונים ($m\geq n$). תא יכול להכיל גם יותר מכדור אחד. מצאו ביטוי להסתברות שבכל תא יהיה לפחות כדור אחד. אין צורך לפשט את הביטוי שקיבלתם.

**10)** בכיתה יש $n$ תלמידים, ולכל תלמיד יומן אישי. המורה אסף את היומנים של כל התלמידים. יום למחרת חילק לכל תלמיד יומן מהיומנים שאסף, אך החלוקה הייתה אקראית (תלמיד לא בהכרח קיבל את היומן האישי שלו).

א. מה ההסתברות שאף תלמיד לא קיבל את היומן האישי שלו?

ב. למה שואפת ההסתברות מהסעיף הקודם אם: $n\to\infty$?


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל

**11)** על השולחן עשרה מסמכים. מכניסים כל מסמך לאחת משמונה תיקיות ריקות באופן אקראי. לכל תיקייה צבע אחר. אין הגבלה על מספר המסמכים שיכולים להימצא בכל אחת מהתיקיות.

א. מה ההסתברות שבתיקייה האדומה יהיו בדיוק שני מסמכים?

ב. מה ההסתברות שהתיקייה הצהובה תישאר ריקה וגם בתיקייה הירוקה יהיה לפחות מסמך אחד?

ג. מה ההסתברות שיהיו לפחות שש תיקיות ריקות?

ד. מה ההסתברות שיהיו בדיוק שתי תיקיות ריקות?

## תשובות סופיות:

**1)** א. 0.65 ב. $\frac{59}{60}$.

**2)** א. 0.233 ב. $\frac{1}{12}$.

**3)** א. 0.8533 ב. 0.9565 ג. 0.1467 ד. 0.0096

**4)** 0.734

**5)** 0.1706

**6)** א. 1 ב. 0.015625 ג. $\frac{2}{3}$.

**7)** א. 0.6756 ב. 0.0496

**8)** 0.6571

**9)** $1-\frac{\sum_{i=1}^{n}\binom{n}{i}(n-i)^m\cdot(-1)^{i-1}}{n^m}$.

**10)** א. $\sum_{i=2}^{n}\frac{(-1)^i}{i!}$. ב. 0.3679

**11)** א. 0.2416 ב. 0.2068 ג. 0.00003 ד. 0.4286


© כל הזכויות שמורות לברק קנדל