



תנכסיס

החלוקה

לפני כמה שנים הופיעה ידיעה בעיתון: נתפס מבריה הנעליים ש"שיגעו" את שלטונות המכס. בגוף הידיעה דווח על יבואן שמצא דרך מתוחכמת להבריח ארצה אלפי זוגות נעליים. האיש ידע שסחורה משוחררת מהנמל רק לאחר שהיבואן משלם תמורתה לשלטונות המכס. אם מסיבה כלשהי איש לא בא לדרוש את הסחורה, כעבור זמן מה המכס מציע אותה למכירה פומבית. הסחורה מוצעת אז לציבור הרחב במחיר בסיסי נמוך, ומי שמציע את המחיר הגבוה ביותר זוכה בה.

אותו מבריה העביר את הסחורה דרך המכס באופן גלוי, ומבלי לשלם עליה מס. כיצד עשה זאת?

ראשית, המבריה הפריד את זוגות הנעליים לשתי קבוצות: נעליים ימניות ונעליים שמאליות. הוא שלח את הנעליים הימניות לארץ, אך לא הגיע למחסני המכס כדי לדרוש אותן. מאחר שאף יבואן אחר לא טען שהסחורה שלו, הוצעו הנעליים למכירה פומבית במחיר נמוך במיוחד. היבואן שלנו הגיע למכירה הפומבית, מלווה באנשים שהתחזו למתחריו, וקנה את הנעליים במחיר סמלי, נמוך בהרבה ממחיר המכס שהיה צריך לשלם תמורת זוגות שלמים. כעבור זמן מה הגיעו הנעליים



השמאליות למחסני המכס, ושוב קנה אותן המבריה במחיר סמלי, במכירה הפומבית באותה שיטה. כעת היתה הסחורה בידיו בשלמותה, והוא מכר אותה לחנויות ברווח גדול.

דוגמה שנייה: כשמסגרים טיל לחלל, עליו לנוע במהירות העולה על 11.2 ק"מ בשנייה – מהירות המילוט – כדי להתגבר על כוח המשיכה.

שנים רבות התקשו המדענים לפתח טיל שיוכל לשמור על המהירות הזו לאורך זמן. כמויות הדלק שנדרשו למשימה היו אדירות, והיה צורך במכל דלק גדול במיוחד. המכל המשיך והכביד על הטיל לאחר שנוצל חלק גדול מהדלק שבתוכו, והכשיל בכך את המשימה.

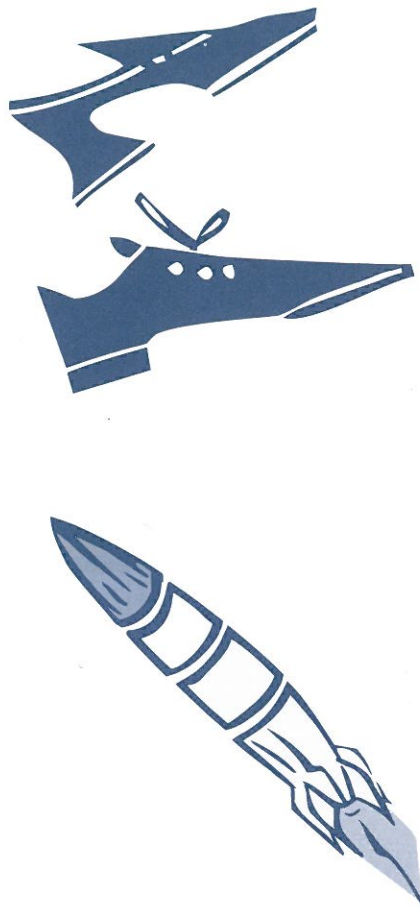
ב-1949 שוגר הטיל הראשון לחלל בהצלחה, לאחר שהומצא הטיל הרב-שלבי, שבו כל שלב מורכב ממנוע וממכל דלק. כאשר נגמר הדלק במכל, ניתק השלב מהטיל ומושלך לחלל, וכך קטנה המסה שנושא הטיל בהמשך טיסתו למטרה.

בשתי הדוגמאות פועל עיקרון דומה: כדי להתגבר על קושי או על בעיה במערכת כלשהי, מחלקים את אחד המרכיבים בה ומארגנים את המערכת מחדש. נציג דוגמה נוספת, שתמחיש כיצד רבים מאיתנו משתמשים ברעיון החלוקה כדי לפתור בעיה בחיי היומיום.

מכשיר רדיו-טייפ לרכב הוא אביזר המועד לגניבה. הגנב פורץ לרכב בתוך שניות, מפרק את המכשיר ונמלט מהמקום. יצרני רדיו-טייפ שכללו את המכשיר וחילקו את הדגמים החדשים לשני חלקים: גוף המקלט, המקובע ברכב, ופאנל שבו נמצאים כפתורי השליטה. כאשר הנהג יוצא מהרכב, הוא מפרק את הפנל ולוקח אותו אִתו. גוף המקלט שנתר במכונית הוא חסר תועלת, אלא אם כן מחברים אליו את הפאנל המסוים ששייך לו בלבד.

במחשבה ראשונה נראה רעיון החלוקה תמוה. מה הטעם להפריד נעל ימנית מנעל שמאלית? לכאורה, לנעל אחת בפני עצמה אין כל ערך. ומה הטעם במכשיר רדיו ללא כפתורי הפעלה? בשני המקרים, חלוקת המערכת המקורית נראית בלתי סבירה, משום שהיא פוגעת בתפקודה. כך גם חלוקת מכל הדלק, גוף שנתפס בעיני מדעני החלל כיחידה שלמה שלא ניתנת לחלוקה.

בכל המקרים, פעולת החלוקה הראתה לנו דרכים מקוריות ויעילות להגיע לפתרון. רעיון חלוקת מרכיבי המערכת הוא תבנית החשיבה השלישית לפתרון בעיות. תבנית חשיבה זו מכונה תכסיס החלוקה.



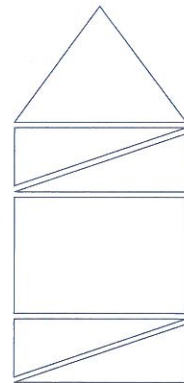
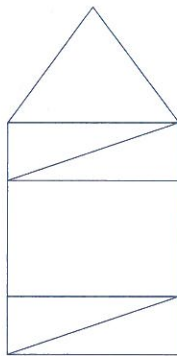
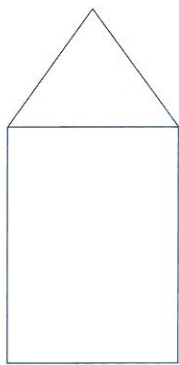
דוקטור, אני חולה

המטופל: דוקטור, אני גוחר כל כך חזק
שאני מעיר את עצמי.
הרופא: מה הבעיה? תישן בחדר השני.

תכסיס החלוקה

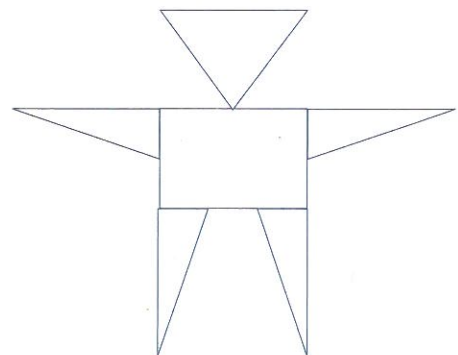
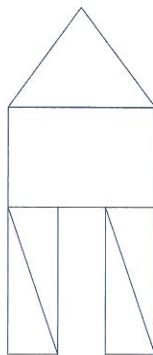
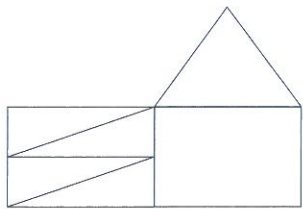
מחלקים מערכת או אחד ממרכיביה למספר חלקים.
לאחר מכן מארגנים את החלקים מחדש באופן שמאפשר
להתגבר על בעיה.

נמחיש את תכסיס החלוקה והארגון מחדש בעזרת תרשים. לפניכם מערכת במצב
התחלתי מוכר.



כעת, נחלק את המערכת למספר חלקים ונפריד אותם זה מזה.

עכשיו, אפשר לארגן את החלקים, שהיו מקובעים במבנה ההתחלתי, לצורות
שונות וחדשות:



כפי שאתם רואים, החלוקה יצרה אפשרויות שונות לסדור או לארגון המערכת.

מגוון אפשרויות זה מבטא את דרגת החופש של המערכת. ככל שדרגת החופש גדולה, גדול יותר מגוון האפשרויות. דרגות החופש יכולות להתבטא באופנים או בממדים שונים: אפשרויות לסידור העצמים במרחב, אפשרויות לגבי הפעולות שהמערכת יכולה לעשות, אפשרויות לביצוע הפעולות בזמנים שונים.

לא כל אפשרות חדשה תורמת לפתרון בעיה. בדוגמאות הגרפיות שהצגנו כאן רואים שישנן דרגות חופש או אפשרויות שהן חסרות משמעות.

ללא פעולה עקרונית

בשני הפרקים הקודמים ראינו כי בשלב הראשון בפתרון הבעיה מגדירים פעולה עקרונית. כאשר משתמשים בתכסיס החלוקה, אין מגדירים פעולה עקרונית אלא מנסים להגדיל את דרגות החופש במערכת, כדי לשנות אותה ולמנוע את הבעיה או לפתור אותה.

גישה זו מתאימה ליישום בבעיות שבהן מתקשים להגדיר פעולה עקרונית, או שאין מוצאים דרך לבצע אותה. הדוגמה הבאה תבהיר את הרעיון.

האומים האבודים

בפרק הדין בתכסיס האיחוד ראינו כיצד נעזר נהג במגבה (ג'ק) כדי לפתוח את האומים של גלגל הגייפ שלו. נחזור לאותו נהג ונמשיך להקשות עליו. תוך כדי הרכבת הגלגל הרזרבי, נתקלה רגלו של הנהג באומים שהיו מונחים בסמוך, ואלה נעלמו בתוך התעלה הבוצית שבצד הדרך. רבים היו מתייאשים בשלב זה, אך לא הנהג שלנו. לאחר כמה ניסיונות למצוא את האומים האבודים, הוא החליט להסתדר בלעדיהם.

נסו לפתור את הבעיה של הנהג שלנו באמצעות שימוש בתכסיס החלוקה. השוו את הפתרון שלכם לפתרון המוצע בשורות הבאות.

מחלקים ופותרים: האומים האבודים

דרך מקורית לפתור את הבעיה היא לפרק אום מכל אחד משלושת הגלגלים האחרים. בעזרת שלושת האומים שפורקו מבריגים את הגלגל הרביעי. אמנם כל גלגל מחובר כעת על ידי שלושה אומים בלבד, אך די בהם לנסיעה עד למוסך הקרוב.

פתרון זה מדגים עד כמה התפיסה שלנו יוצרת לנוחיותה ישות בלתי ניתנת לחלוקה. אמנם אנחנו יודעים שסט אומים שמחבר כל גלגל מורכב מארבעה אומים בודדים, אך קשה לנו להתייחס אליהם כפרטים הניתנים להפרדה מתוך היחידה השלמה. התכסיס מסב את תשומת הלב לפרטים המרכיבים את השלם ומאפשר להפריד אותם ולארגנם מחדש, באופן שפותר את הבעיה.

קר בבית, רועש בחוץ

מזגן מפוצל הוא דוגמה לחלוקה טבעית. עד לפני שנים אחדות היו בנמצא רק מזגני קיר שהותקנו בחלון מיוחד בקיר. חסרונו העיקרי של מזגן זה היה הרעש הרב שיצר בבית, כשהרעיד את הקירות בגלל קרבת המנוע שלו לקיר.

המזגן המפוצל פותר את הבעיה: מחלקים את המזגן ליחידת קירור ולמפזר אוויר. חלוקה זו יוצרת דרגת חופש בממד המקום, ומאפשרת להפריד את מפזר האוויר מהמזגן. את יחידת הקירור, שיוצרת את מרבית הרעש, מתקינים מחוץ לבית, ואת מפזרי האוויר מתקינים בחדרי הבית.

ממשיכים לצוף

כדי למנוע השבתת רכב שטח עקב תקר, מחלקים את הפנימית של גלגליו למספר רב של כיסי אוויר – זוהי חלוקה משמרת. כך, במקרה של תקר, האוויר ייצא מיחידה אחת בלבד, וניתן יהיה להמשיך בנסיעה. דוגמה נוספת לשימוש בחלוקה משמרת היא סירות גומי מתנפחות. מחלקים את הסירה לתאים שונים ומנפחים כל אחד מהם בנפרד. במקרה שאחד התאים מתרוקן מאוויר, הסירה מסוגלת להמשיך לצוף בזכות התאים האחרים.

שימו לב שלא הגדרנו כאן פעולה עקרונית בדרך לפתרון. להפך, החלוקה יצירה דרגת חופש שהובילה אותנו לפתרון.

סוגי חלוקה

קיימות צורות שונות של חלוקה. ראשית, החלוקה של השלם למרכיביו הטבעיים. כזאת היא חלוקת סט האומים לאומים שמהם הוא מורכב או חלוקת זוג הנעליים לנעל ימנית ונעל שמאלית. חלוקה מסוג זה מכונה חלוקה טבעית.

חלוקה טבעית

מפרידים מרכיב לחלקים הטבעיים שמהם הוא מורכב.

בדוגמה הראשונה בפרק זה, זוגות הנעליים חולקו למרכיבים שקיימים במערכת: נעל ימין ונעל שמאל. התקבלה דרגת חופש בממד הזמן, שאפשרה למבריה לשלוח את נעלי ימין בנפרד מנעלי שמאל. גם בדוגמאות של מקלט הרדיו וסט האומים, חולקו מרכיב או מערכת לחלקים טבעיים, והתקבלה דרגת חופש בממד המקום.

דרך נוספת לפתור את בעייתו של הנהג חסר המזל היא לחלק את האום הנוטר לשניים, בעזרת מסורית פלדה (אם יש כזו בארגז הכלים של הגייפ). בהנחה שהאום החצוי חזק דיו, מחברים את הגלגל בעזרת שני החצאים לנסיעה קצרה. חלוקה זו שונה מהחלוקה הקודמת ודומה לחלוקה של מכל הדלק של הטיל. חלוקה מסוג זה מכונה חלוקה משמרת.

חלוקה משמרת

מחלקים מרכיב למספר חלקים הדומים לו. החלקים משמרים את האופי הבסיסי של המרכיב המקורי.

הטיל הרב-שלבי הוא, כאמור, דוגמה לחלוקה משמרת. כאן, חלוקת מכל הדלק לכמה מכלים קטנים, נפרדים, פתרה את הבעיה של הצורך בכמות אדירה של דלק להטסת הטיל לחלל.

יתרון נוסף של חלוקה זו מצוי בכך שהיא יוצרת דרגת חופש המאפשרת להעניק לכל חלק תכונה שונה. במקרה של הטיל הרב-שלבי, החלוקה אפשרה להעניק לכל אחד מהשלבים שיצרנו כוח דחף שונה, שכן חיברנו מנוע נפרד לכל מכל.

הקיבעון שקדם לחלוקה

לא כל חלוקה מביאה לתוצאה יצירתית. למשל, כשמחלקים עוגה לפרוסות כמספר הסועדים, או מחלקים קובץ מחשב גדול לקבצים קטנים, כדי שנוכל להעתיקו לדיסקטים שנפח האחסון שלהם קטן מלהכיל אותו בשלמותו. בשני המקרים ברור מלכתחילה שהפתרון יושג על ידי חלוקת השלם. לעומת זאת, במקרים שבהם התוצאה יצירתית, עצם הבחירה בתבנית החלוקה כדרך לפתרון הבעיה היא לא שגרתית. בחלוקה היצירתית יש להתגבר קודם על הקיבעון בדרך שבה אנו תופסים עצמים.

הסיבה להתעלמות מהפרטים נעוצה בדרך שבה פועלת התפיסה שלנו. על-פי תיאוריית הגשטלט, המוח נוטה לארגן פרטים נפרדים לתבנית אחת שלמה. התבנית השלמה מקבלת משמעות חדשה ושונה מהמשמעות של אוסף הפרטים הבודדים. לדוגמה, אוסף של כתמים חסרי משמעות בתמונה מקבל משמעות חדשה כתוצאה מצירופם לכדי תמונה שלמה.

לטענת חוקרים, אחד היתרונות של דרך פעולה זו בתהליך הארגון התפיסתי הוא שהיא מצמצמת את כמות המידע שבו על המוח לטפל. במקום לעבד פרטים אינספור, המוח מרכיב מהם יחידות בעלות משמעות, ומשחרר עצמו מהצורך להתייחס לפרטים הנפרדים.

דרך הפעולה של התפיסה האנושית משרתת אותנו היטב במרבית המקרים. עם זאת, במקרים מסוימים, כדי להתגבר על בעיה, יש להשתחרר מהנטייה הזאת ולהתמקד דווקא בפרטים הבונים את השלם.

שלבי תכסיס החלוקה

בשלב ראשון מכינים רשימה מפורטת של מרכיבי המערכת העיקריים. בשונה מתכסיס האיחוד וההכפלה, אפשר לרשום גם את המערכת עצמה כאחד הפריטים ברשימה. בשלב שני מנסים לחלק את הפריטים שברשימה בחלוקה משמרת או בחלוקה טבעית, בהתאם לצורך ולאפשרויות.

בשלב שלישי בודקים מהן דרגות החופש שהתקבלו בעקבות החלוקה. בהתאם לדרגות החופש מנסים לארגן את החלקים בממדי הזמן או המרחב. לאחר שמארגנים את החלקים, בוחנים האם הסידור החדש עשוי להוביל לפתרון הבעיה. בשלב האחרון מפרטים את הפתרון שנבחר ומסבירים אותו.



כשאתה אומר כן, למה אתה מתכוון?

לא לא לא	לא לא לא לא לא
לא לא לא	לא לא לא לא לא
לא לא	לא לא
לא לא	לא לא
לא לא	לא לא
לא לא	לא לא לא לא לא
לא לא	לא לא לא לא לא
לא לא	
לא לא	
לא לא	

שלב א': מכינים רשימה של מרכיבים

שלב ב': מחלקים של מרכיב לפי סוגי החלוקה השונים

שלב ג': מארגנים את החלקים שוב ומחפשים משמעות לצירוף החדש שנוצר

שלב ד': מתארים את הפתרון

נמחיש את סדר הדברים בעזרת דוגמה מתחום הרפואה.

קרניים מצטלבות

אחת השיטות להסרת גידול ממאיר מגוף האדם היא להקרין בעוצמה על התאים הסרטניים. הבעיה היא, שקרינה בעוצמה הדרושה כדי להרוס את התאים הסרטניים פוגעת גם ברקמות הבריאות שדרךן עוברת הקרן. לעומת זאת, קרינה בעוצמה חלשה מדי אינה משיגה את התוצאות הרפואיות הרצויות.

כיצד נקרין על גידול בלי לפגוע ברקמות הבריאות?

מחלקים ופותרים: קרניים מצטלבות

מרכיבי המערכת: גידול, חולה, מכשיר הקרנה, קרני רנטגן.

פתרון הבעיה במקרה זה מושג על ידי חלוקה משמרת של המכשיר. מחלקים את המכשיר הגדול למספר מכשירים ויוצרים דרגת חופש חדשה בממד המקום. מציבים את כל מכשירי ההקרנה מסביב לחולה ומקרנים מזוויות שונות. הקרניים תצטלבנה בנקודת הגידול, ושם עוצמתן תהיה מירבית. לעומת זאת, הרקמות הבריאות שדרךן עוברות הקרניים סופגות קרינה חלשה יחסית מקרן אחת ויחידה.

תוצאת החלוקה המשמרת כפי שתוארה כאן, נראית לכאורה דומה לפתרון שאליו עשויים להגיע על ידי תכסיס ההכפלה. עם זאת, קיים הבדל עקרוני בין התכסיסים. על כך בסעיף הבא.

באיזה תכסיס בוחרים? חלוקה לעומת הכפלה



כאמור, השימוש בתכסיס ההכפלה ולעתים גם השימוש בתכסיס החלוקה מולידים כמה מרכיבים מאותו סוג מערכת. ההבדל בין התכסיסים נובע מאופן השימוש שעושים בהעתקים שנוצרו.

בהכפלה, אנו משתמשים בהעתקים שיצרנו כדי לבצע פעולה חדשה במערכת. למשל, הכפלת המים אפשרה לפתור את בעיית ההידבקות של קוביות קרח לתבנית. ההעתק הנוסף של קוביות הקרח, שימש אותנו להפריד קוביות קרח מהתבנית שלהן (ולא לקרר משקאות).

לעומת זאת, העתקים שיצרנו בעזרת תכסיס החלוקה מאפשרים לנו לשפר פעולה שכבר בוצעה במערכת, וזאת על ידי ארגון המערכת ומרכיביה מחדש. למשל, נעזרנו בהעתקים הנוספים של מכשירי הקרנה כדי להקרין קרניים נוספות על גידול סרטני. פעולה שנעשתה כבר במערכת, נעשית שוב, אך הפעם מבלי לפגוע ברקמות הבריאות.

חשוב לציין שבשני המקרים לא השתמשנו בהעתקים שיצרנו כדי להעצים פעולה קיימת. שני התכסיסים משמשים אותנו כדי לכוון את החשיבה לעבר דפוסי חשיבה חדשים ובלתי שגרתיים. ייתכנו מצבים שבהם הדפוסים שאליהם מכוונים אותנו התכסיסים שונים רק מעט מדפוסי חשיבה שגרתיים, אך די בהבדלים קטנים אלה כדי לאפשר את פתרון הבעיה.

כל אחד מהתכסיסים מכוון את מחשבתנו בצורה שונה. בדוגמת האומים האבודים, תכסיס הכפלה היה מנחה אותנו להוספת אומים למערכת, אך לא היה מנחה אותנו כיצד לבצע זאת. לעומת זאת, כשמפעילים את תכסיס החלוקה, עצם השימוש במילה חלוקה מכוון לפתרון הבעיה. לדוגמה, חלוקת אום בודד לשני אומים, או חלוקת סט אומים לאומים בודדים.

מדוע חשוב להבחין בין שני התכסיסים?

כדי שאדם יוכל לבחור בין שתי דרכים שונות, עליו לדעת להבחין ביניהן. ללא הבחנה זו, הוא עלול לנסות להתגבר על בעיה בדרך אחת, מבלי שיהיה מודע לכך שקיימת דרך נוספת. ייתכן שדווקא היא תוביל אותו לפתרון הבעיה. נציג דוגמאות נוספות לשימוש בתכסיס החלוקה.

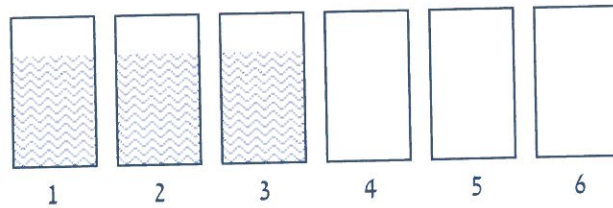
כוסות בסדר

לפניכם שש כוסות. שלוש הכוסות השמאליות מלאות במים ושלוש הימניות ריקות.

כיצד אפשר, באמצעות הזזת כוס אחת בלבד, לסדר את שש הכוסות לסירוגין (כוס אחת מלאה, אחת ריקה, אחת מלאה וכן הלאה)?

מחלקים ופותרים: סידור כוסות

הדרך המקובלת לסדר את הכוסות היא להחליף את הכוס השנייה בכוס החמישית. הבעיה היא שהדבר כרוך בהזזת שתי כוסות, ואילו התרגיל מתיר לנו להזיז כוס אחת בלבד.

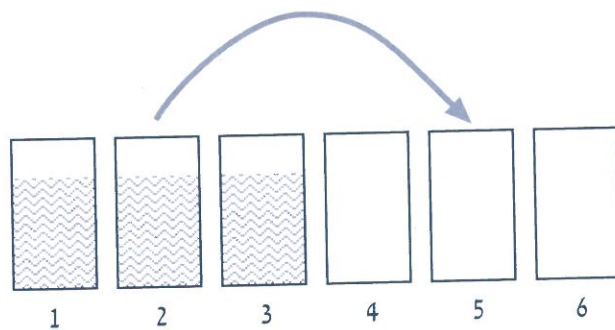


עשה לך חבר

אדם בא אל הפסיכיאטר ומבקש:
דוקטור, פצל לי את האישיות, אני כל כך בודד.

תכסיס החלוקה מציע לחלק את מערכת הכוס והמים שבתוכה, הנתפסת כיחידה שלמה, ולהפרידה לכוס ולמים. חלוקה טבעית זו מוסיפה למערכת דרגת חופש בממד המקום. ההפרדה מאפשרת לנו למזוג את המים בכוסות שונות.

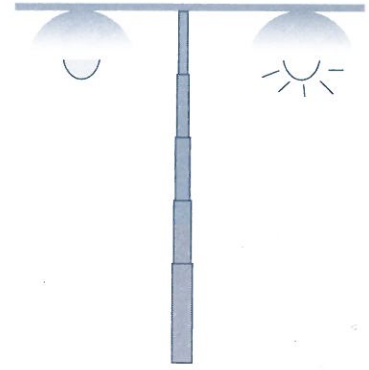
תיאור הפתרון: בוחרים בכוס המלאה השנייה, מוזגים את המים שבתוכה לכוס החמישית ומחזירים את הכוס למקומה. וכך, בהזזת כוס אחת (כוס 5 נשארה במקומה), הצלחנו ליצור רצף של כוס מלאה וכוס ריקה לסירוגין.



האור שבקצה העמוד

באתרי בנייה רבים מקובל לעבוד 24 שעות ביממה, בשלוש משמרות. בשעות החשיכה נוהגים להאיר את האתר בזרקורים המורכבים על עמודים גבוהים. הבעיה היא שבכל פעם שנשרפת נורה צריך לטפס למרומי העמוד כדי להחליף אותה.

היעזרו בתכסיס החלוקה לפתרון הבעיה. השוו את הפתרון שלכם לפתרון המוצג בהמשך.



מחלקים ופותרים: האור שבקצה העמוד

מרכיבים: עמוד, נורות, משטחים, רפלקטורים.

חלוקת העמוד: מחלקים את העמוד בחלוקה משמרת, לכמה עמודים בעלי קטרים שונים. מרכיבים את העמודים זה מעל זה. מתקבל עמוד טלסקופי, המזדקר מעלה בדומה לאנטנה במכונית. בעת הצורך מנמיכים את העמוד, מורידים את המשטח ומחליפים את הנורה השרופה.

חלוקת המשטח: מחלקים את המשטח בחלוקה משמרת למשטחים רבים שעליהם תלויים בתי נורה. חלוקה זו מאפשרת לשלשל מקטע של המשטח אל הקרקע, בעזרת מערכת גלגליות, או אמצעי אחר.

הדרך המקורית והפשוטה ביותר לפתרון הבעיה היא חלוקה טבעית של יחידות התאורה.

חלוקה זו מציעה להפריד את הרפלקטורים מהנורות ולארגן אותם מחדש במקום המקום. הרפלקטורים נשארים למעלה ואילו הנורות שהופרדו מהם מורכבות על משטח קרוב לקרקע. הנורות מאירות לכיוון הרפלקטורים, שמפזרים את האור חזרה כלפי האתר. כאשר מחליפים נורה, אין צורך לטפס או להוריד שום מרכיב כיוון שהנורה נמצאת במקום נגיש ונוח לעבודה.

למעשה, נוקטים פה פעולת חלוקה כפולה. ממקדים את קרני הנורות לעבר הרפלקטורים שבקצה העמוד, וזאת בעזרת רפלקטורים שנמצאים ליד הנורה. כלומר, מחלקים את הרפלקטורים עצמם בחלוקה משמרת, וממקדים בעזרתם את אור הנורות לעבר הרפלקטורים המקוריים שנתרו בראש העמוד.

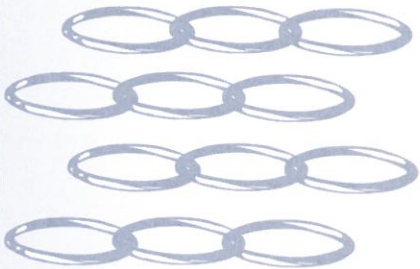
באולמות בעלי תקרות גבוהות משתמשים בפתרון דומה. מקרינים את האור אל התקרה הלבנה, המשמשת כרפלקטור. הפתרון משלב את תכסיס החלוקה עם תכסיס האיחוד: מנצלים את התקרה לתפקיד שלא נועדה לו במקור – החזרת קרני האור. יתרון נוסף של שיטה זו הוא שהנורה עצמה מוסתרת, כך שהנוכחים באולם אינם מסתנוורים מעוצמת קרניה.



תרגילים

נסו לפתור את השאלות הבאות. מומלץ להעלות כמה רעיונות ולנסות להפעיל את תכסיס החלוקה. הצעות לפתרונות תוכלו למצוא בעמ' 71-72.

זהב בשרשרת



אישה נכנסת אל הצורף ומציגה בפניו ארבע שרשראות זהב, ובכל שרשרת שלוש חוליות. היא מבקשת ממנו לחבר את כל השרשראות לשרשרת אחת ארוכה וסגורה.

כדי לחבר את השרשראות צריך לפתוח ולסגור חוליות. המחיר לפתיחת כל חוליה הוא חמישה שקלים. סגירת חוליה עולה שני שקלים.

האישה מבקשת מהצורף לבצע את העבודה במחיר הנמוך ביותר. מהי הצעת המחיר הזולה ביותר שיכול להציע לה הצורף?

שעון החול

כיצד מודדים בעזרת שני שעוני חול, האחד של 7 דקות והשני של 11 דקות, פרק זמן של 15 דקות?

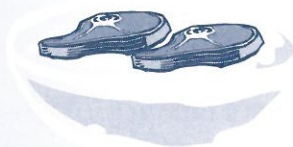
על האש

שלושה מטיילים עצרו בצד הדרך והכינו לעצמם שלושה סטייקים על האש. כיוון שהיתה עדיין דרך ארוכה לפניהם, ביקשו המטיילים לצלות את הסטייקים במהירות המירבית ולחזור למסלול הליכתם.

בהתחשב בנתונים האלה:

- על הגריל יש מקום לשני סטייקים בלבד.
- יש לצלות כל צד של סטייק במשך 10 דקות.
- המטיילים רוצים לאכול סטייקים שלמים, לא נתחים שיחולקו ביניהם.

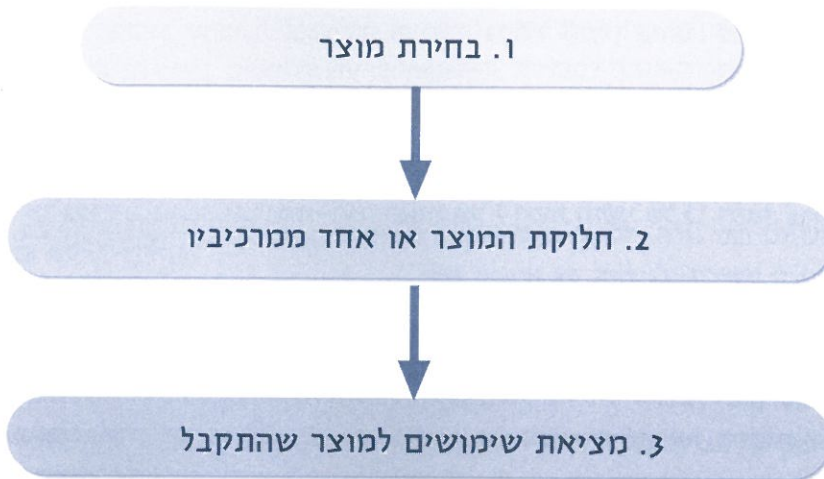
כיצד ניתן לצלות את שלושת הסטייקים בזמן הקצר ביותר?



מחלקים וממציאים

עיקרון החלוקה מסייע גם הוא בהמצאת מוצרים חדשים. בדומה לתכסיסים קודמים, מנסים לשנות מוצר קיים במטרה להגיע לרעיון למוצר חדש. רק לאחר מכן מאתרים צרכים שהמוצר החדש עונה עליהם. כאשר משתמשים בתכסיס החלוקה כדי לשנות מוצר, מחלקים את המוצר או את מרכיביו. חלוקה זו יוצרת דרגות חופש המאפשרות לסדר את החלקים באופן שמוביל למוצר החדש.

התהליך מתבצע בכמה שלבים:



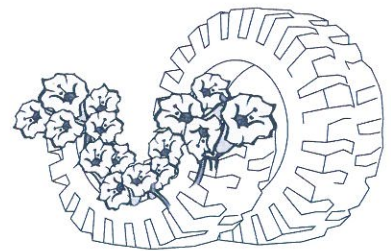
לפנינו כמה דוגמאות לשימוש בתכסיס החלוקה לפיתוח רעיונות למוצרים חדשים.

צמיגים משומשים

צמיגים ישנים שנפלטים מהשוק מהווים מטרד אקולוגי. תכסיס החלוקה עשוי לעזור לנו למחזר את הצמיגים ולמצוא להם שימושים חדשים ומועילים.

בוחרים מוצר: צמיג משומש.

מחלקים את המוצר או את אחד ממרכיביו: חותכים את הצמיג לשניים. מחפשים שימושים למוצר: אפשר ליצור מהצמיג החתוך נדנדה במגרש משחקים או אוגר מים במדשאות.



חברת טייר-פארמס (Tire Farms) בארצות-הברית העלתה הצעה מקורית לשימוש בצמיגים חצויים. החברה אוספת את הצמיגים, חותכת אותם לשניים ומניחה את החצאים במדשאות של מגרשי גולף בעומק 30 ס"מ. כאשר משקים את הדשא, המים נאגרים בצמיגים, סמוך לשורשים, ואינם ממשיכים לחלחל לעומק האדמה. אנשי החברה טוענים שהרעיון החדש חוסך כ-70 אחוז מכמות המים הדרושה להשקיית משטחי הדשא הגדולים.

בשונה מהדוגמאות הקודמות, שבהן קודם הגדרנו את העולם של המוצר ורק לאחר מכן שינינו את המוצר ובדקנו אילו שימושים ניתן לעשות בו, הפעם הפכנו את סדר השלבים. קודם משנים את המוצר ורק אז מוצאים עבורו שימושים חדשים.

שלט רחוק טלפתי

כל מזגן מצויד בתרמוסטט (התקן שמכוון את עוצמת המזגן לטמפרטורה הרצויה בחדר). התרמוסטט ממוקם בתוך ארגז המזגן ומפעיל אותו בכל פעם שהטמפרטורה בחדר שונה מהטמפרטורה שנקבעה מראש.

קורה שהתרמוסטט מפסיק את פעולת המזגן למרות שבחלק הדירה שבו נמצאים אנשים הטמפרטורה עדיין גבוהה. הסיבה לכך היא שבסביבת המזגן הושגה הטמפרטורה הרצויה.



נוסע חלק ומחולק

האוטובוס הארוך מאפשר לנהג יחיד להסיע מספר רב של נוסעים. לצורך תמרון בסיבובים חדים, חולק האוטובוס בחלוקה משמרת לשני חלקים המחוברים על ידי אקורדיון.

הפתרון: מפרידים את התרמוסטט מיחידת המזגן ומתקינים אותו בתוך השלט רחוק. בדרך כלל, השלט נמצא בקרבת בני הבית, וכך התרמוסטט מודד את הטמפרטורה בסביבתם וקובע את פעולת המזגן בהתאם.

דבקים במטרה

בעיה נפוצה בסוגי דבק רבים היא שבמהלך הזמן הם מתקשים בתוך מכל האחסון שלהם. נסו, באמצעות תכסיס החלוקה, ליצור דבק שאינו מתייבש גם כאשר מאחסנים אותו לתקופה ממושכת.



אם מחלקים את הדבק בחלוקה טבעית לשני מרכיבים כימיים, שאינם מתקשים במגע עם האוויר כאשר הם מנותקים זה מזה, אפשר לארגן את שני המרכיבים מחדש בממד המקום, כל אחד בשפופרת נפרדת. בעת הצורך, מערבבים את שני המרכיבים, ורק אז נוצרת התערובת שמתקשה ומדביקה את החלקים. דבק זה הוא למעשה דבק אפוקסי שקיים בשוק.

בחירת מוצר: פאזל

חלוקת המוצר או מרכיב בו:
כל יחידה של הפאזל תחולק למספר יחידות

מציאת שימושים למוצר שהתקבל: המשחק יכול להציע תפיסה חדשה למשחק לשני אחים בגילאים שונים. המבוגר בניהם יכין חתיכות גדולות מהחלקים הקטנים והאח הקטן ישלים את הפאזל בעזרת החתיכות הגדולות

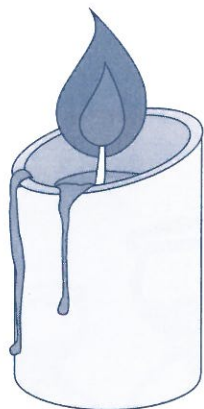
נר לי ועוד נר לי

בחירת מוצר: נר

חלוקת המוצר או מרכיב בו:
מחלקים את משטח החלב לשני היקפים (איור)

מציאת שימושים למוצר שהתקבל:
החלב שבהיקף הפנימי ישמש כחומר בעירה, בעוד שהחלב בהיקף החיצוני ישמש בתפקיד כפול: חומר בעירה ומניעת גלישת החלב על השולחן.

לצורך התפקיד החדש, צריך לשנות את החלב החיצוני כך שיהיה בעל טמפרטורת היתוך גבוהה יותר. הדבר יבטיח שהחלב החיצוני יותך לאט יותר, ויצור מעין קיר שימנע את גלישת החלב מטה. הקיר יותך בחלקו העליון על-ידי הלהבה, אך בקצב איטי מהחלב הפנימי. המצאה זו משלבת את עיקרון החלוקה ועיקרון האיחוד. החלוקה כיוונה אותנו לעבר הרעיון, אך לאחר מכן יש צורך לשנות את החלב כדי שיוכל למלא את התפקיד החדש שמטילים עליו.



הערה:

ניתן להגיע לרעיון זה גם בעזרת תכסיס ההכפלה וכן באמצעות תכסיס נוסף שיוצג בהמשך.

סיכום

תכסיס החלוקה הוא הראשון בסדרת התכסיסים שאין מגדירים בו תחילה פעולה עקרונית. במקום זאת משנים את המערכת בניסיון לפתור בעיה שקיימת בה. מכיוון שהשינויים נעשים מבלי שהגדרנו פעולה עקרונית שיש לבצע, מתקדמים בדרך של ניסוי ותעייה, בתקווה שניתקל בפתרון בלתי צפוי לבעיה.

תכסיס החלוקה מנחה את הפותר לנסות ולחלק מרכיבים שונים מתוך המערכת. באופן זה מתגברים על הנטייה האנושית לתפוס עצמים כשלמות אחת תוך התעלמות מהפרטים המרכיבים את השלם.

חלוקת מרכיבים אלו יוצרת דרגות חופש חדשות במערכת. אנו מנצלים את דרגות החופש הללו כדי לארגן את המערכת בדרך חדשה במרחב או בזמן. כתוצאה, הבעיה המקורית נעלמת והמערכת יכולה לבצע את תפקידה ללא הפרעה.



פתרונות

זהב בשרשרת

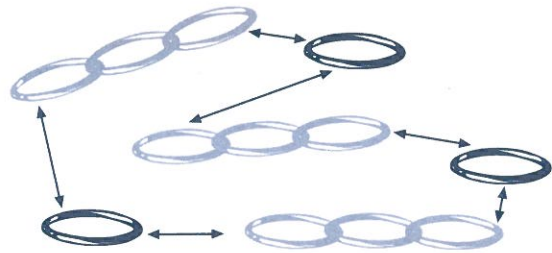
מרבית האנשים שמנסים לפתור את הבעיה, בוחרים לחבר כל קצה של שרשרת קטנה לקצה אחר של שרשרת קטנה נוספת. אך בדרך זו נצטרך לפתוח ולסגור ארבע טבעות, תהליך שעלותו גבוהה:

$$(4 \text{ טבעות}) \times (5 \text{ שקלים}) + (4 \text{ טבעות}) \times (2 \text{ שקלים}) = 28 \text{ שקלים}$$

בפתרון זה הקיבעון בחשיבה גורם לנו לשמר את שלמות היחידות המקוריות – יחידות השרשראות הקטנות – שאסור לפרקן למרכיביהן.

אבל אם מחלקים בחלוקה טבעית יחידה אחת של טבעות, יתקבלו שלוש טבעות פתוחות. בעזרת שלוש הטבעות מחברים את שאר השרשראות הזול ביותר.

$$(3 \text{ טבעות}) \times (5 \text{ שקלים}) + (3 \text{ טבעות}) \times (2 \text{ שקלים}) = 21 \text{ שקלים}$$



שעון החול

הפתרון מתבסס על חלוקת שתי יחידות הזמן הנתונות (7 דקות ו-11 דקות), ליחידות זמן נוספות.

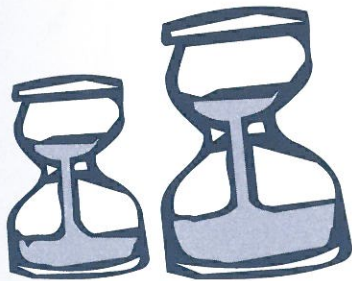
א. הופכים את שני השעונים.

ב. כאשר תם הזמן בשעון 7 הדקות, הופכים אותו.

ג. כעבור 4 דקות נוספות, אוזל החול בשעון 11 הדקות. בסך הכל חלפו 11 דקות, כשבשעון החול של 7 הדקות חלפו 4 דקות.

ד. הופכים שוב את שעון 7 הדקות. החול בשעון זה – המודד כעת משך זמן של 4 דקות – זורם מטה. כאשר החול נשפך עד תומו, חלפו בסך הכל 15 דקות.

הקושי בחידה זו נובע מצורת החשיבה שלנו. אנו נוטים לחשוב ששעון חול נועד למדוד את מלוא הזמן שהוא מסוגל למדוד, אך במקרה זה יש להתייחס לא ליחידות זמן שלמות של 7 או 11 דקות, אלא לחלקים מהן.



בפתרון אנו מחלקים את יחידת המדידה הנתונה ("השלב הבלתי ניתן לחלוקה") לחלקים שלא קל להגדיר ולחשוב עליהם.

על האש

הדרך המקובלת היא לצלות צד אחד של שני סטייקים, להפוך אותם כעבור עשר דקות ולסיים את הכנתם. לאחר מכן לצלות את הסטייק השלישי במשך 20 דקות נוספות. צליית שלושת הסטייקים בדרך זו נמשכת ארבעים דקות.

בפתרון המתבסס על תכסיס החלוקה מניחים שני סטייקים על הגריל וצולים צד אחד של שניהם. כעבור עשר דקות הופכים סטייק אחד ואת הסטייק השני מורידים מהגריל. מוסיפים כעת את הסטייק השלישי, וצולים צד אחד שלו, במקביל לצליית הצד השני של הסטייק הראשון.

כעבור עשר דקות נוספות, הסטייק הראשון מוכן משני צדדיו, בעוד שני הסטייקים האחרים צלויים מצד אחד בלבד. צולים את צדם האחר במשך 10 דקות נוספות ובכך מסתיימת מלאכת הכנת הסטייקים. להכנת שלושת הסטייקים בדרך זו נדרשות 30 דקות בלבד.

פתרון זה מראה כיצד חלוקת התהליך יצרה דרגת חופש בממד הזמן, ואפשרה ביצוע של סדרת פעולות בשלבים שונים מהמקובל.